

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN - NUOVA LINEA TORINO LIONE PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE - PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO - REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE
CUP C11J05000030001

GENIE CIVIL – OPERE CIVILI

TUNNEL DE BASE – TUNNEL DI BASE
GALERIE DE LA MADDALENA – GALLERIA DI LA MADDALENA
PORTAIL – OUVRAGES DEFINITIFS – IMBOCCO – OPERE DEFINITIVE

NOTE GEOTECHNIQUE ET SISMIQUE – RELAZIONE GEOTECNICA-SISMICA

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	09/11/2012	Première diffusion / Prima emissione	C. SALOT (BG) E. GARIN (BG)	M. RUSSO C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
A	08/02/2013	Révision suite aux commentaires LTF / Revisione a seguito commenti LTF	C. SALOT (BG))	M. RUSSO C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO

CODE DOC	P	D	2	C	3	A	T	S	3	3	8	4	5	A		A	P	N	O	T
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente				Numero			Indice	Statut / Stato		Type / Tipo				

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C3A	//	//	26	48	30	10	02
------------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----

ECHELLE / SCALA


Tecnimont
Civil Construction
Dott. Ing. Aldo Mancarella
Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271/R




LYON TURIN FERROVIAIRE

LTF sas - 1091 Avenue de la Boisse - BP 80631 - F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)
Tél. : +33 (0)4-79-68-56-50 - Fax : +33 (0)4-79-68-56-75
RCS Chambéry 439 556 952 - TVA FR 03-439556952
Propriété LTF Tous droits réservés - Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

Ce projet
est cofinancé par
l'Union européenne
(DG-TREN)



Questo progetto
è cofinanziato
dall'Unione europea
(TEN-T)

SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO.....	4
1. INTRODUZIONE	5
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1 Documenti di progetto	5
2.2 Normativa	5
3. INQUADRAMENTO DEL CONTESTO GEOTECNICO	5
3.1 Contesto geotecnico.....	5
3.2 Caratteristiche geotecniche nella zona interessata dalle opere definitive.....	7
4. CONDIZIONI D'ACQUA	9
5. CONDIZIONI SISMICHE.....	10
5.1 Opere definitive.....	10
5.2 Opere provvisorie	13
6. CADUTA MASSI.....	16

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Stralcio di carta geologica dell'area di cantiere del cunicolo La Maddalena con ubicazione delle indagini integrative 2012 (estratto da MAD_EXE_VEN_0011).....	6
Figura 2 – Moduli di deformazione stimati sulla base dei risultati delle prove pressiometriche Menard eseguite nei fori S1 e S2 per l'unità "GI"	8
Figura 3 – Valori dei parametri c' e φ' derivati dalle prove di taglio diretto CD eseguite su campioni prelevati dai sondaggi S1, S2 ed S3 per l'unità "GI"	9
Figura 4 – Spettro di risposta elastico per opere definitive	12
Figura 5 – Spettro di risposta elastico per opere provvisorie	15

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Risultati delle prove pressiometriche Menard eseguite nei fori S1 ed S2 per l'unità "GI"	7
Tabella 2 – Risultati delle prove di taglio diretto CD sui campioni prelevati dal sondaggio S3 per l'unità "AL"	8
Tabella 3 – Parametri geotecnici per l'unità "GI".....	9
Tabella 4 – Probabilità di superamento nel periodo di riferimento.....	10
Tabella 5 – Parametri di pericolosità sismica in funzione degli stati limite per opere definitive	11
Tabella 6 – Espressioni di S_s e C_c	13
Tabella 7 – Valori di progetto dei parametri S_s , C_c e S_t	13
Tabella 8 – Probabilità di superamento nel periodo di riferimento.....	14
Tabella 9 – Parametri di pericolosità sismica in funzione degli stati limite per opere provvisorie	14

Tabella 10 – Espressioni di Ss e Cc.....	16
Tabella 11 – Valori di progetto dei parametri Ss, Cc e St	16

RESUME/RIASSUNTO

Le présent rapport décrit les éléments géotechniques et sismiques de la zone concernée par le portail de la galerie de La Maddalena et les ouvrages associés. Ils sont situés sous le viaduc autoroutier Clarea de l'A32 "Turin-Bardonecchia".

Les ouvrages définitifs se situent principalement au droit de dépôts glaciaires non différenciés de composition sablo-limoneuse et limono-sableuse avec graviers. Localement, ces ouvrages concernent également les dépôts de cônes alluvionnaires et mixtes essentiellement constitués de sable graveleux et de gravier sableux avec limon.

Les paramètres sismiques du site ont été déterminés en accord avec les NTC 2008 dont le DM 14.1.2008.

La presente relazione descrive gli aspetti geotecnici e sismici delle aree interessate dall'imbocco e dagli edifici della galleria di La Maddalena. Sono ubicati al di sotto del viadotto Clarea dell'Autostrada A32 "Torino-Bardonecchia".

Gli edifici definitivi interesseranno principalmente i depositi glaciali indifferenziati a composizione sabbioso-limosa e limoso-sabbiosa con ghiaia. Interessano localmente i depositi di conoide alluvionale/misto essenzialmente costituiti da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con limo.

I parametri sismici dell'area sono stati definiti in accordo alle NTC 2008 di cui al DM 14.1.2008

1. Introduzione

L'imbocco della galleria di La Maddalena si localizza al disotto dell'omonimo viadotto dell'Autostrada A32 "Torino-Bardonecchia", ai piedi del versante orografico destro del Torrente Clarea, poco a monte della sua confluenza nella Dora Riparia.

Lo scavo della galleria esplorativa di La Maddalena e le opere di sostegno provvisorio sono oggetti di un progetto esecutivo.

Le opere realizzate all'imbocco della galleria nel presente progetto sono:

- Centrale di ventilazione;
- Diga paramassi.

Par maggiori dettagli, si veda la planimetria PD2-C3A-TSE3-3841.

L'obiettivo di questa nota è di presentare il contesto geotecnico generale preso in considerazione nel progetto.

2. Documenti di riferimento

2.1 Documenti di progetto

Il documento di riferimento risulta della campagna geognostico-geotecnica integrativa condotta nell'ambito del progetto esecutivo dell'area di cantiere del cunicolo esplorativo di La Maddalena (MAD_EXE_VEN_0011 Relazione illustrativa di interpretazione delle indagini_A).

2.2 Normativa

Il quadro normativo di riferimento è trattato all'interno del documento PD2-C3A-TSE3-1113 "Soumission 44 - Normes Techniques - Cadre réglementaire".

3. Inquadramento del contesto geotecnico

3.1 Contesto geotecnico

Si sviluppa al centro di un'ampia depressione morfologica modellata a conca entro depositi quaternari prevalentemente di origine fluviale, glaciale e fluvioglaciale.

Il substrato roccioso metamorfico pre-quaternario non risulta praticamente affiorante in quest'area; affioramenti relativamente limitati sono, invero, individuabili lungo il margine orientale della conca, da dove si estendono, con relativa continuità, fino al fondo della Dora.

Il fondo del pianoro occupato dall'area di cantiere e della centrale di ventilazione in fase definitiva risulta mantellato, nella parte più prossima al viadotto autostradale, da una coltre di depositi misti detritico-colluviali, in parte comprendenti anche materiali di origine antropica verosimilmente messi a dimora durante la costruzione delle vicine opere autostradali.

Si fa specifico riferimento al complesso delle conoscenze geologiche e geotecniche derivanti dagli studi Italferr, nonché ai risultati delle indagini geotecniche integrative recentemente eseguite nell'ambito del progetto esecutivo dell'area di cantiere del cunicolo esplorativo de La Maddalena (MAD_EXE_VEN_0011).

La carta geologica è riportata nella seguente figura.

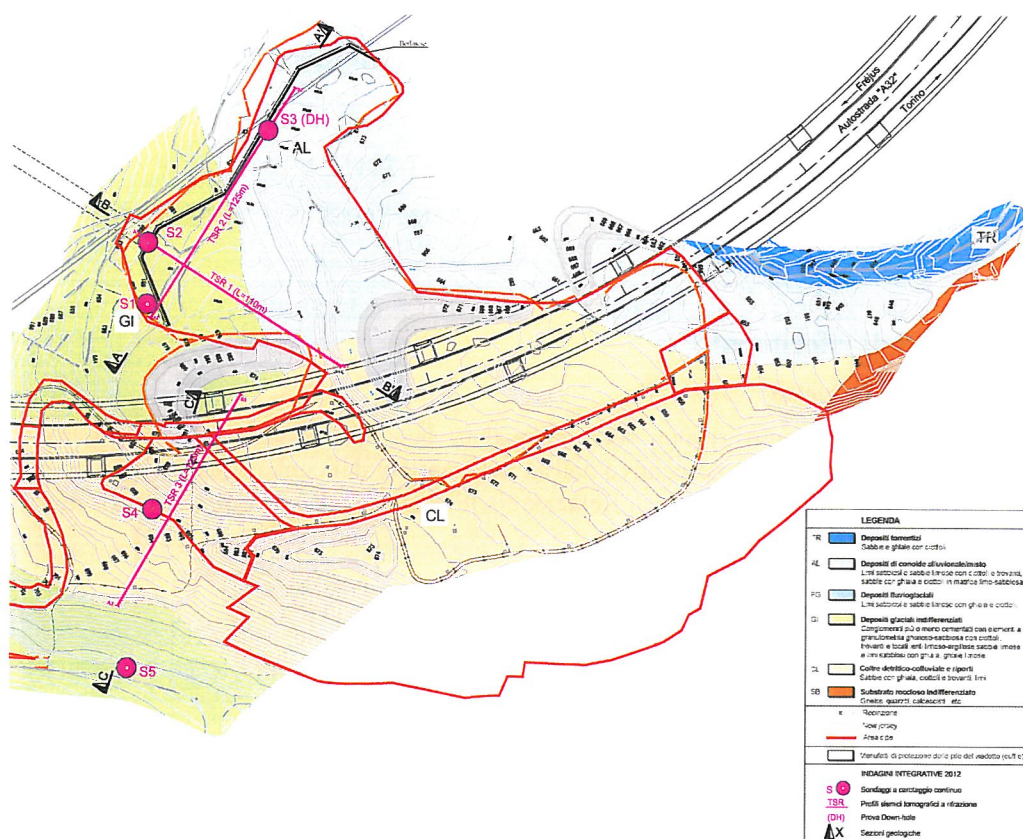


Figura 1 – Stralcio di carta geologica dell'area di cantiere del cunicolo La Maddalena con ubicazione delle indagini integrative 2012 (estratto da MAD_EXE_VEN_0011)

Risultano individuate le seguenti unità principali:

- **DEPOSITI ALLUVIONALI DI CONOIDE ALLUVIONALE/MISTO ("AL"):** Sono costituiti da depositi misti di limi sabbiosi e sabbie limose con ghiaia, ghiaie con ciottoli, sabbie ghiaiose e livelli di ciottoli in matrice limoso-sabbiosa. All'interno si rinvencono locali blocchi e trovanti lapidei derivanti dall'erosione del substrato roccioso. Tale unità occupa la porzione settentrionale della zona di progetto più prossima all'attuale corso del T. Clarea;

- COLTRI DETRITICO-COLLUVIALI ("CL"): Comprendono depositi detritici sciolti costituiti in prevalenza da sabbia medio fine limosa con ghiaia eterometrica da subarrotondata ad angolare e limi sabbiosi. Nell'ambito dell'area studiata includono, in parte, anche depositi rimaneggiati di probabile deposizione antropica;
- DEPOSITI GLACIALI INDIFFERENZIATI ("GI"): Comprendono un'ampia gamma di depositi, tra cui depositi con scarsi ciottoli e ghiaia in abbondante matrice limoso-sabbiosa fortemente addensata, sabbie limose con ghiaia, ghiaie limose e ghiaie argillose, oltre a conglomerati più o meno cementati a prevalente componente ghiaioso-sabbiosa con ciottoli, blocchi e locali lenti limoso-argillose. Generalmente tale unità giace in appoggio diretto sul bed-rock ed occupa ampie porzioni dell'area in studio; in particolare, si rinviene in corrispondenza dell'imbocco della futura galleria e lungo gran parte del tracciato della strada di accesso al cantiere. I depositi "glaciali indifferenziati" attraversati con i sondaggi hanno evidenziato, nel complesso, caratteristiche di terreni prevalentemente incoerenti, comprendenti sabbie limose con ghiaia, limi ghiaiosi e ghiaie limose con ciottoli e trovanti sparsi.

3.2 Caratteristiche geotecniche nella zona interessata dalle opere definitive

Le opere definitive (centrale di ventilazione e diga paramassi) interesseranno i depositi glaciali indifferenziati "GI" scarsamente addensati a prevalente composizione sabbioso-limosa e limoso-sabbiosa con ghiaia.

La parte est della diga paramassi interesserà i depositi di conoide alluvionale/misto (unità "AL"), essenzialmente costituiti, in questo settore, da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con limo.

Per la caratterizzazione meccanica di detti terreni, in termini di resistenza al taglio e deformabilità, risultano disponibili, dalla recente campagna di indagine integrative, soprattutto i risultati di alcune prove pressiometriche in foro (tipo Menard) e di una serie di prove di taglio diretto eseguite su campioni di laboratorio prelevati dai sondaggi verticali S1, S2 ed S3.

I risultati di dette prove sono riepilogati nelle tabelle seguente:

Sond.	Prof. prova (m)	Litologia alla profondità della prova	Unità GEO	Em (kPa)	Gm (kPa)	Plim (kPa)
S1	11,0	limo sabbioso debolmente ghiaioso	GI	34.745,4	13.062,2	3.426,6
S2	13,5	ghiaia sabbioso-limosa	GI	36.885,6	13.866,8	3.243,4
S2	21,0	limo sabbioso debolmente ghiaioso	GI	56.700,6	21.316,0	4.821,5
S2	30,5	ghiaia sabbioso-limosa	GI	58.977,3	22.171,9	4.761,5
S2	35,5	ghiaia sabbioso-limosa	GI	120.907,6	45.453,9	5.999,4

Tabella 1 – Risultati delle prove pressiometriche Menard eseguite nei fori S1 ed S2 per l'unità "GI"

Sondaggio	Prof. campione (m)	Unità GEO	Class. USCS	c' (kPa)	ϕ' (°)
S3	7,3	AL	ML	15,0	31,0
S3	14,4	AL	SM	0,0	30,1
S3	19,0	AL	SW-SM	0,0	28,4
S3	28,1	AL	SM	0,0	28,8

Tabella 2– Risultati delle prove di taglio diretto CD sui campioni prelevati dal sondaggio S3 per l'unità "AL"

Nei grafici riportati nelle figure seguenti sono plottati, con riferimento ai medesimi fori, i valori dei moduli di deformazione desunti dall'elaborazione delle prove pressiometriche Menard ed i parametri di resistenza c' e ϕ' derivati dalle prove di taglio diretto su campioni.

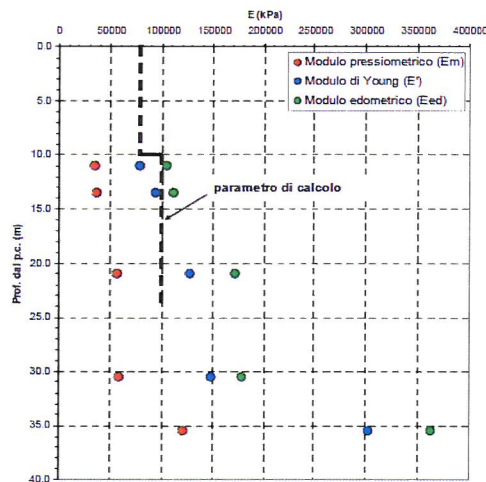


Figura 2– Moduli di deformazione stimati sulla base dei risultati delle prove pressiometriche Menard eseguite nei fori S1 e S2 per l'unità "G1"

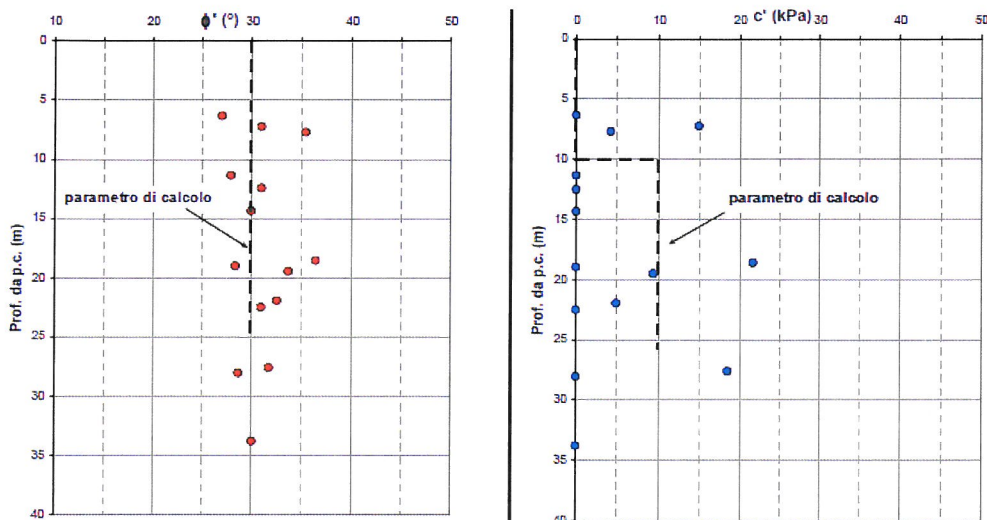


Figura 3 – Valori dei parametri c' e ϕ' derivati dalle prove di taglio diretto CD eseguite su campioni prelevati dai sondaggi S1, S2 ed S3 per l'unità "GI"

Nella seguente tabella sono riepilogati per i terreni presenti alle profondità direttamente interessate, i parametri geotecnici caratteristici adottati per l'unità "GI". Il modulo di Young E' è ottenuto assumendo $E' = 2.5 \cdot E_m$.

Profondità (m)	γ (kN/m ³)	ϕ' [°]	c' [kPa]	E' [kPa]
0-10	20	30	0	80.000
>10	20	30	10	100.000

Tabella 3– Parametri geotecnici per l'unità "GI"

Per l'unità "AL", i parametri geotecnici caratteristici seguenti sono adottati:

- Angolo di attrito ϕ 29.0°
- Coesione c' 0 kPa
- Peso specifico γ 20 kN/m³

4. Condizioni d'acqua

Dalle informazioni disponibili nel progetto esecutivo del cunicolo, risulta la presenza della falda idrica a profondità di circa 25 m dal piano campagna nella zona del futuro deposito provvisorio dello smarino, mentre in corrispondenza della paratia di imbocco e della strada di accesso, i piezometri recentemente realizzati non segnalano la presenza di una falda permanente almeno entro i primi 30 m di profondità durante la stagione di usuale ricarica delle falde della zona.

5. Condizioni sismiche

Il carico indotto dall'azione sismica è stato applicato secondo le indicazioni contenute nel DM2008. In particolare, la normativa consente di valutare l'azione sismica in funzione della posizione geografica dell'opera. Partendo dall'ubicazione dell'opera è possibile definire, per il sito di interesse, le accelerazioni orizzontali di progetto. Nota l'accelerazione sismica a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, bisogna fissare la vita nominale V_N dell'opera in esame.

5.1 Opere definitive

I parametri sismici da utilizzare sono stati definiti in accordo alle NTC 2008 di cui al DM 14.1.2008.

- $V_n = 100$ anni vita nominale della struttura (grandi opere)
- $C_u = 2.0$ classe d'uso della struttura IV
- $V_R = V_n * C_u = 200$ anni vita di riferimento dell'opera

Il comune di Giaglione è situato in zona sismica 3.

Nella tabella seguente è definita la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} in ciascuno degli stati limite.

Stati Limite		P_{V_R} : 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 4– Probabilità di superamento nel periodo di riferimento

Le analisi sismiche condotte negli studi (si rimanda alle relazioni geotecniche-sismiche di dettaglio per ogni opera) fanno riferimento allo SLO (Stato Limite di Operatività), SLD (Stato Limite di Danno), SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) e allo SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso) per i quali i periodi di ritorno T_r sono ottenuti con la relazione seguente:

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

Ne risultano i valori seguenti di T_r :

- Allo SLO $T_R = 120$ anni
- Allo SLD $T_R = 201$ anni
- Allo SLV $T_R = 1898$ anni
- Allo SLC $T_R = 3899$ anni

Mediante l'utilizzo del foglio di calcolo *Spettri-NTCver.1.0.3.xls* fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e sulla base del D.M. 14 gennaio 2008 sono stati individuati i parametri sismici.

I valori dell'accelerazione massima in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a_g e il valore massimo del fattore di amplificazione F_0 ed il periodo di inizio del tratto a velocità costante T_c^* dello spettro in accelerazione orizzontale sono determinati nella tabella seguente sulla base della localizzazione geografica delle opere per le opere definitive. Si fornisce inoltre lo spettro di risposta elastico per i diversi stati limite.

Coordinate LTF2004C: Nord 43975.405 ; Est 163566.563

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	120	0.078	2.432	0.246
SLD	201	0.097	2.440	0.254
SLV	1898	0.202	2.530	0.282
SLC	2475	0.218	2.545	0.285

Tabella 5– Parametri di pericolosità sismica in funzione degli stati limite per opere definitive

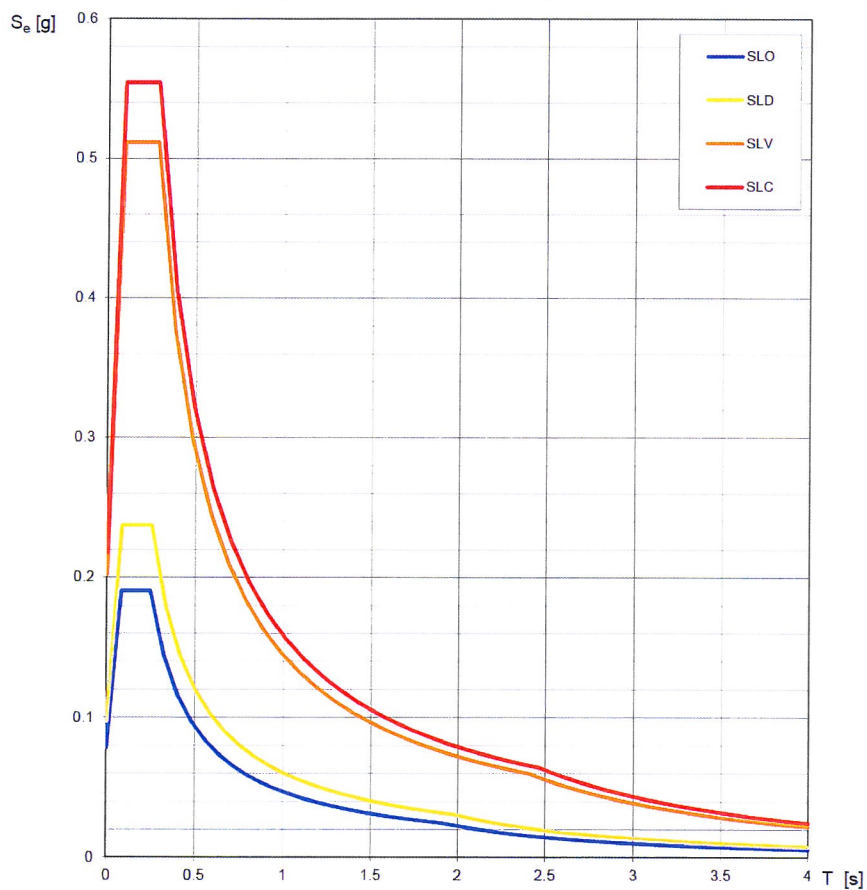


Figura 4 – Spettro di risposta elastico per opere definitive

Il sottosuolo è di categoria C al senso delle NTC 2008. Le formazioni incontrate non sono suscettibili di liquefazione.

La tabella seguente permette la determinazione dei valori del coefficiente stratigrafico S_s e del coefficiente C_c per ogni classe di suolo.

Categoria sottosuolo	S _s	C _c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 6– Espressioni di S_s e C_c

Le condizioni topografiche che permettono il calcolo del coefficiente topografico St sono di categoria T2 con inclinazione media superiore a 15°.

Stato limite	S _s	C _c	ST
SLO	1.50	1.67	1.2
SLD	1.50	1.65	1.2
SLV	1.39	1.59	1.2
SLC	1.37	1.59	1.2

Tabella 7– Valori di progetto dei parametri S_s, C_c e St

5.2 Opere provvisorie

Per le opere provvisorie (ad esempio sbancamenti), con durata superiore a 2 anni, la normativa prevede di considerare l'effetto del sisma. I parametri sismici da utilizzare sono stati definiti in accordo alle NTC 2008 di cui al DM 14.1.2008:

- V_n = 10 anni vita nominale della struttura (opere provvisorie)
- C_u = 0.7 classe d'uso della struttura (I)
- V_R = V_n * C_u ≥ 35 anni periodo di riferimento dell'opera

Nella tabella seguente è definita la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} in ciascuno degli stati limite.

Stati Limite		P_{V_R} : 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 8– Probabilità di superamento nel periodo di riferimento

Le analisi sismiche condotte fanno riferimento allo SLO (Stato Limite di Operatività), SLD (Stato Limite di Danno), SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) e allo SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso) per i quali i periodi di ritorno T_R sono ottenuti con la relazione seguente:

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

Ne risultano i valori seguenti di T_R :

- Allo SLO $T_R = 30$ anni
- Allo SLD $T_R = 35$ anni
- Allo SLV $T_R = 332$ anni
- Allo SLC $T_R = 682$ anni

Mediante l'utilizzo del foglio di calcolo *Spettri-NTCver.1.0.3.xls* fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e sulla base del D.M. 14 gennaio 2008 sono stati individuati i parametri sismici.

I valori dell'accelerazione massima in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a_g , il valore massimo del fattore di amplificazione F_0 ed il periodo di inizio del tratto a velocità costante T_C^* dello spettro in accelerazione orizzontale sono determinati nella tabella seguente sulla base della localizzazione geografica delle opere per le opere provvisorie. Si fornisce inoltre lo spettro di risposta elastico per i diversi stati limite.

Coordinate LTF2004C: Nord 45903.052 ; Est 161004.467

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.039	2.436	0.206
SLD	35	0.043	2.428	0.213
SLV	332	0.117	2.452	0.260
SLC	682	0.150	2.476	0.269

Tabella 9– Parametri di pericolosità sismica in funzione degli stati limite per opere provvisorie

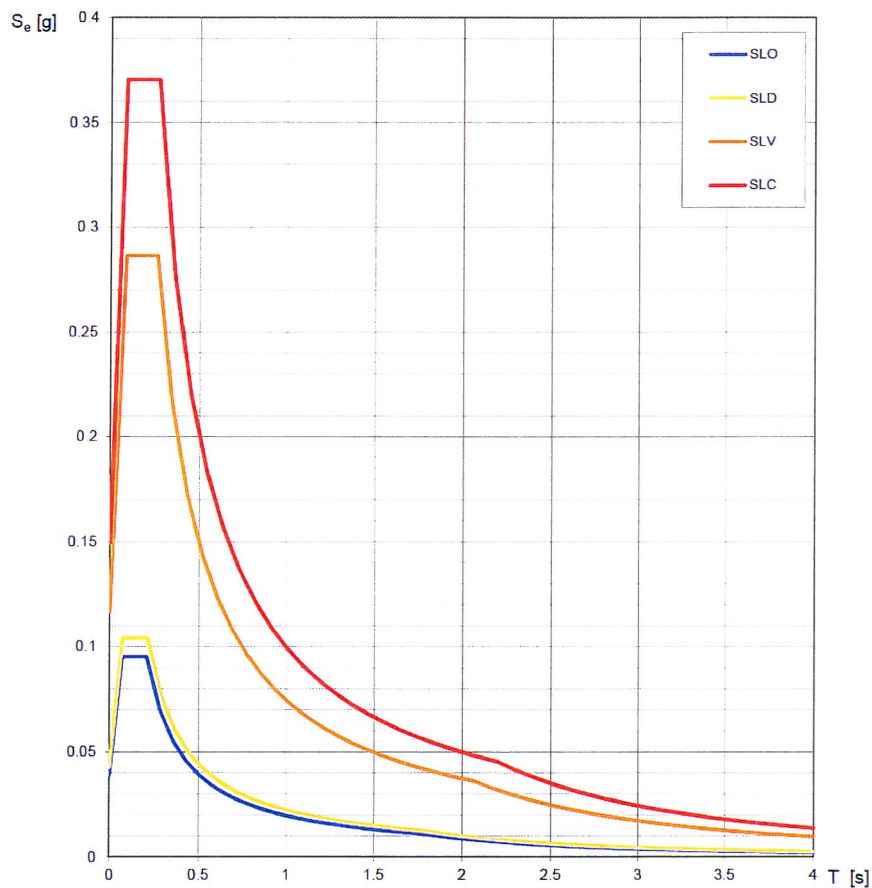


Figura 5 – Spettro di risposta elastico per opere provvisorie

Il sottosuolo è di categoria C al senso delle NTC 2008. Le formazioni incontrate non sono suscettibili di liquefazione.

La tabella seguente permette la determinazione dei valori del coefficiente stratigrafico S_s e del coefficiente C_c per ogni classe di suolo.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tabella 10– Espressioni di S_s e C_c

Le condizioni topografiche che permettono il calcolo del coefficiente topografico St sono di categoria T2 con inclinazione media superiore a 15° .

Stato limite	S_s	C_c	ST
SLO	1.50	1.77	1.2
SLD	1.50	1.75	1.2
SLV	1.50	1.64	1.2
SLC	1.48	1.62	1.2

Tabella 11– Valori di progetto dei parametri S_s , C_c e St

6. Caduta massi

Per maggiori dettagli sui fenomeni legati ad attività di versante, si veda la relazione PD2_C3A_TS3_3850.