



AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

1° LOTTO Piovene Rocchette - Valle dell'Astico

PROGETTO DEFINITIVO

CUP	G21B1 30006 60005
WBS	B25.A31N.L1
COMMESSA	J16L1

COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA
Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA
PER LA PROGETTAZIONE
Dott. Ing. Gabriella Costantini

PRESTATORE DI SERVIZI:
CONSORZIO RAETIA



RAPPRESENTANTE: Dott. Ing. Alberto Scotti

RESPONSABILI DELL'INTEGRAZIONE
TRA LE PROVAZIONI SPECIALI TECNICHE:
Technital S.p.A. - Dott. Ing. Andrea Renzo



PROGETTAZIONE:



Il Responsabile: Ing. G. Cassani
Il Geologo: Dott. Geol. F. Pennino



Il Responsabile: Ing. A. Renzo
Il Geologo: Dott. Geol. E. Fresia



Il Responsabile: Ing. S. Possati
Il Geologo: Dott. Geol. V. Federici

ELABORATO: STUDI PER LA CONOSCENZA DEL CONTESTO
SISMICA

RELAZIONE SISMICA

Progressivo	Rev.
03 09 01 001 02	02

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA:
00	MARZO 2017	PRIMA EMISSIONE	TECHNITAL / Fresia - ROCKSOIL / Pennino - 3TI / Federici	TECHNITAL / Fresia - ROCKSOIL / Pennino - 3TI / Federici	TECHNITAL / Renzo - ROCKSOIL / Gatti - 3TI / Possati	NOME FILE: J16L1_03_09_01_001_0101_OPD_02.doc
01	GIUGNO 2017	REVISIONE PER VERIFICA	TECHNITAL / Fresia - ROCKSOIL / Pennino - 3TI / Federici	TECHNITAL / Fresia - ROCKSOIL / Pennino - 3TI / Federici	TECHNITAL / Renzo - ROCKSOIL / Gatti - 3TI / Possati	CM. Progr. FG. Liv. Rev.
02	LUGLIO 2017	RECEPIMENTO OSSERVAZIONI	TECHNITAL / Fresia - ROCKSOIL / Pennino - 3TI / Federici	TECHNITAL / Fresia - ROCKSOIL / Pennino - 3TI / Federici	TECHNITAL / Renzo - ROCKSOIL / Gatti - 3TI / Possati	J16L1_03_09_01_001_0101_OPD_02

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO
PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

Committente:



Progettazione:

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO DEFINITIVO

STUDI PER LA CONOSCENZA DEL CONTESTO

Geologia e Geomorfologia

Relazione sismica

INDICE

1.	EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA RECENTE ANTISISMICA	3
1.1.	Introduzione	3
1.2.	Evoluzione della normativa recente antisismica	4
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	8
3.	SISMICITA’	11
3.1.	Generalità su basi geologiche	11
3.1.	Sismicità su basi storiche	12
3.2.	Classificazione sismica	15
4.	PERICOLOSITA’ SISMICA DELL’AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO E DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO	23
4.1.	Pericolosità sismica	23
4.2.	Azione sismica locale e spettro di risposta elastico dell’area percorsa dalla nuova infrastruttura	26
5.	LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	63

1. EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA RECENTE ANTISISMICA

1.1. Introduzione

Il presente documento costituisce la relazione sismica a corredo del progetto definitivo del 1° lotto funzionale dell'A31 Valdastico nord; di fatto rappresenta la prosecuzione del tracciato dallo svincolo di Piovene Rocchette, dove oggi termina il tratto in esercizio, fino allo svincolo di Pedemonte ubicato in prossimità della frazione Casotto. Altri comuni interessati dai lavori sono Cogollo del Cengio e Valdastico.

Il 1° lotto funzionale ha una lunghezza di circa 18 Km, dei quali ben 13,1 Km in galleria corrispondenti a circa il 73% dell'intero tracciato; comprende inoltre n° 2 svincoli, a Cogollo e Pedemonte, e n° 4 viadotti. In dettaglio le opere principali sono le seguenti:

Gallerie:

Opera	Carreggiata dir. Nord	Carreggiata dir. Sud
	L (m)	L (m)
Galleria artif.. S. Agata 1	100,00	100,00
Galleria S. Agata 2	1.325,28	1.314,62
Galleria Cogollo	6.584,50	6.591,00
Galleria Pedescala	1.763,30	1.732,80
Galleria S. Pietro	3.465,00	3.589,00

Viadotti:

Opera	Carreggiata dir. Nord	Carreggiata dir. Sud
	L (m)	L (m)
Viadotto Piovene	285,50	285,50
Viadotto Assa	107,20	107,20
Viadotto Settecà	412,25	412,25
Viadotto Molino	490,51	489,36

La galleria S. Agata 1 è artificiale, tutte le altre naturali.

Le gallerie S. Agata 2, Pedescala e San Pietro sono previste con sistema di scavo in tradizionale mentre la galleria Cogollo, che ha una lunghezza di oltre 6.500 m per senso di marcia, sarà scavata con sistema meccanizzato (TBM). La presenza di stretti fondovalle delimitati da ripide scarpate che terminano in vasti altopiani come quelli di Asiago, Tonezza e Luserna, determina importanti ricoprimenti che vanno dagli oltre 1.000 m sulla galleria Cogollo ai circa 400 m delle gallerie Pedescala e San Pietro.

Il territorio attraversato dal tracciato è sub pianeggiante fra Piovene Rocchette e l'imbocco sud della Cogollo, mentre fra lo stesso imbocco sud della Cogollo e lo svincolo di Valle dell'Astico è, tolti gli attraversamenti dell'Astico risolti con i viadotti Settecà e Molino, montuoso.

Per lo studio dell'area si sono utilizzate documentazioni bibliografiche integrate da rilievi in sito, indagini geognostiche pregresse ed indagini specificamente effettuate nello sviluppo della presente fase progettuale.

La documentazione progettuale, relazione ed elaborati grafici, riferita al capitolo geologia-idrogeologia-geomorfologia-geotecnica-geomeccanica-sismica è stata redatta congiuntamente dai seguenti tecnici delle Società Consorziate Technital, Rocksoil e 3TI Progetti Italia, ciascuno per la parte di propria competenza:

- Dott. Fresia (Technital) per il tratto in materiali sciolti fra inizio intervento e l'imbocco sud della galleria Cogollo (viadotto Piovene escluso)
- Dott.ssa Pennino (Rocksoil) per la parte in roccia con particolare riferimento alle gallerie Cogollo, Pedescala e S Pietro
- Dott. Federici (3Ti) per i rimanenti settori in materiali sciolti, con particolare riferimento per gli attraversamenti dell'Astico e Assa in corrispondenza dei viadotti Piovene, Assa, Settecà e Molino, oltre allo svincolo di Pedemonte.

1.2. Evoluzione della normativa recente antisismica

O.P.C.M. n. 3274 del 2003

Il recente riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 2003 che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. E' in questa ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base al parametro Vs30.

DGP Provincia Autonoma di Trento n. 2813 23/10/03

Delibera di Giunta Provinciale con cui la Provincia di Trento ha recepito l'Ordinanza n. 3274/03.

DGR Regione Veneto n. 67 03/12/03

Delibera di Giunta Regionale con cui la Regione Veneto ha recepito l'Ordinanza n. 3274/03.

NTC 23 settembre 2005

Il 23 settembre 2005 vengono pubblicate in Gazzetta Ufficiale le nuove NTC, che contengono tutta la normativa italiana relativa alla progettazione degli edifici.

È previsto che le nuove NTC entrino in vigore il 23 ottobre 2005; per la precisione in tale data inizia un periodo di 18 mesi di applicazione sperimentale durante il quale è possibile far riferimento alla vecchia normativa (legge 1086/1971, legge 64/1974).

O.P.C.M. n. 3519 del 2006

Nel corso del 2006 una nuova Ordinanza (OPCM 3519/2006) ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale, e ha definito i criteri che le Regioni devono seguire per aggiornare le afferenze dei Comuni alle 4 zone sismiche.

Tuttavia questa Ordinanza non obbliga le Regioni ad aggiornare tali afferenze.

DGR Regione Veneto n. 71 22/01/08

Delibera di Giunta Regionale con cui la Regione Veneto prende atto dei criteri generali di classificazione delle zone sismiche, allegati all'O.P.C.M. 28 aprile 2006, n. 3519 recante, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", pubblicata nella G.U. dell'11 maggio 2006, n. 108 e della mappa di pericolosità sismica di riferimento su scala regionale, allegato A).

DM 14 gennaio 2008

Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il *DM 14 gennaio 2008* contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, la cui entrata in vigore era prevista per il 5 marzo 2008.

Le norme definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio,

e di durabilità. Forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

A fine gennaio 2008 una Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri fornisce indicazioni per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle NTC.

La proroga assegnata al decreto non si applica alle verifiche tecniche e alle nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici di interesse strategico e alle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.

Lo stesso vale per gli edifici e le opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un loro eventuale collasso.

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fornisce, con la Circolare 617/2009, le istruzioni per l’applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14 gennaio 2008, che rappresenta – ha spiegato il Ministero – “la più avanzata espressione normativa a tutela della pubblica incolumità nel settore delle costruzioni”.

L’8 aprile del 2009 la Commissione Ambiente della Camera ha impegnato il Governo a rendere nel più breve tempo possibile obbligatoria l’applicazione del DM 14 gennaio 2008, abrogando la proroga al 30 giugno 2010.

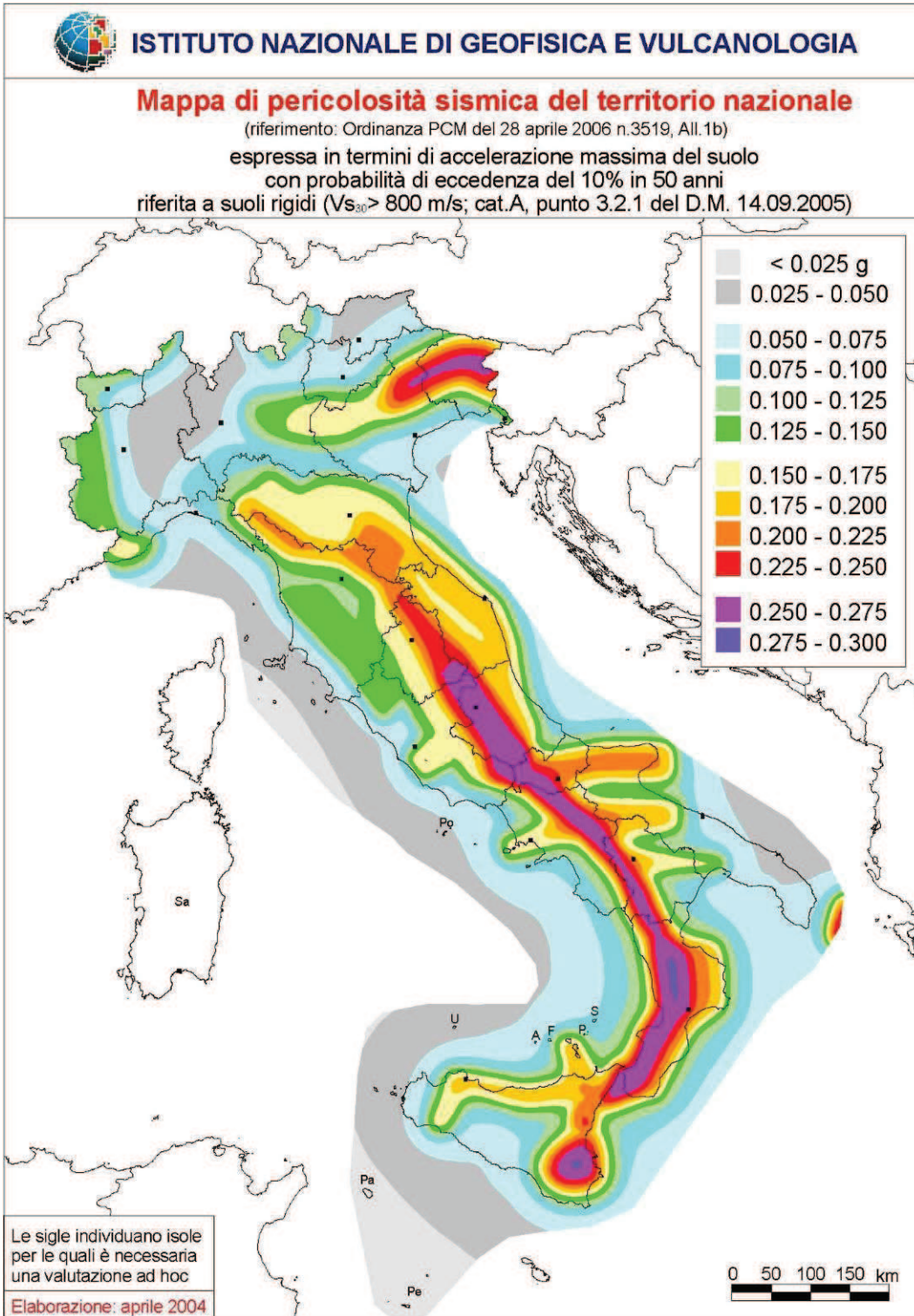


Figura 1.1 - Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/06)

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L’area entro cui si sviluppa il tracciato di progetto ricade in un contesto regionale che può essere distinto in due macro domini geologici: un settore meridionale (Piovene – imbocco sud galleria Cogollo) rappresentato da una potente coltre di depositi quaternari alluvionali, glaciali e fluvioglaciali ghiaioso sabbiosi, e un settore settentrionale (da galleria Cogollo a fine intervento) posto a margine degli altopiani di Asiago e Tonezza e rappresentato da una successione carbonatica Triassico-Cretacea costituita da vulcaniti ladiniche e Dolomia Principale, su cui poggia il Gruppo dei Calcari Grigi e le formazioni del Rosso Ammonitico e Maiolica. In sintesi la sequenza litologico-stratigrafica d’interesse progettuale è così rappresentata, dal deposito più antico al più recente:

- Vulcaniti indifferenziate riolitico-dacitiche, affioranti nella Valdastico in lembi isolati la cui genesi è collegata a colate sottomarine. Sono fratturate e/o alterate e localmente possono presentare fenomeni di argillificazione. La loro età è ascrivibile all’acme vulcanico del Ladinico superiore.
- Dolomia Principale, affiorante lungo buona parte della Valdastico e posta in corrispondenza del 90% delle tratte in sotterraneo. E’ costituita da dolomie chiare, da grigio a biancastre, ben stratificate per uno spessore intorno a 500 - 600 metri circa. L’età è ascrivibile al Carnico superiore nella parte basale ed al Retico nella parte superiore.
- Gruppo dei Calcari Grigi, costituito da sequenze di calcari micritici di colore prevalentemente grigio, grigio-bruno o nocciola, talora bianco avorio o più raramente su toni rosati. La successione è ben stratificata, l’età è attribuita al Lias medio ed inferiore. Lo spessore complessivo nell’area dell’altopiano di Folgaria, Asiago e Vigolana meridionale è stimato attorno ai 330 metri circa. Questa litologia non interessa il tracciato autostradale perché, come rappresentato in figura seguente ed al pari delle formazioni del Rosso Ammonitico e Maiolica, si sviluppa nella porzione superiore dei versanti che delimitano gli altopiani strutturali dell’area di studio rimanendo a quote francamente superiori rispetto quelle di progetto (figura 2.1).

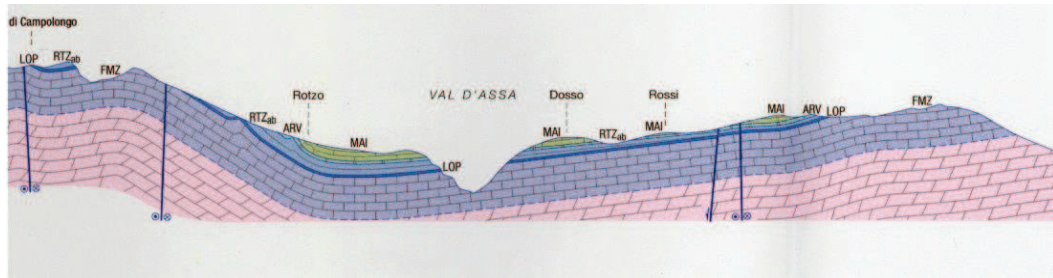


Figura 2.1 – Sezione geologica e sequenza litologica caratteristica (tratto da “Carta Geologica d’Italia 1:50000, Regione Veneto, foglio 082 Asiago) circa parallela al tracciato di progetto fra la galleria Cogollo e la galleria Pedesca, in sinistra idrografica del Torrente Astico.

Dalla documentazione bibliografica consultata risulta che l’area di studio costituisce la porzione meno deformata del Sudalpino, risultando priva di significative strutture compressive. In particolare è evidente la separazione del settore posto a nord della linea della Valsugana, caratterizzato dalla diffusa presenza di vulcaniti, da quello posto a sud dove prevalgono litologie calcaree e sono sostanzialmente assenti le vulcaniti.

L’assetto strutturale è strettamente legato alle fasi di rifting che hanno portato alla formazione della catena alpina, schematizzabili nelle 3 seguenti fasi:

- fase eoalpina (Cretaceo): avvicinamento della placca europea e del promontorio africano detto Adria. La crosta oceanica europea va in subduzione su quella africana;
- fase mesoalpina (Eocene – Oligocene): scomparsa dell’oceano ligure – piemontese e collisione delle due placche con conseguente ispessimento crostale. Si sviluppa una struttura a doppia vergenza: le Alpi vere e proprie con vergenza europea e le Alpi meridionali o Sudalpino con vergenza meridionale;
- fase neoalpina (Miocene – Attuale): sviluppo della catena alpina nord e sud vergente.

I due domini sono separati dalla Linea Insubrica o Lineamento Periadriatico, che si sviluppa dal Piemonte fino alla Slovenia. Le principali deformazioni hanno termine nel Pliocene.

In tale contesto la Val d’Astico è caratterizzata da ampie pieghe aventi direzione all’incirca E-W, concorde al lineamento della Valsugana. In particolare si ricorda:

- l’anticlinale del M.Lisser che termina ad oriente in Valsugana;
- la sinclinale di Gallio, susseguente a sud alla sovrastante anticlinale e lunga oltre 30 Km.

La continuità di queste pieghe è interrotta da sistemi di faglie trasversali sub verticali a carattere prevalentemente trascorrente. In particolare il fascio di faglie con direzione

compresa tra N10°E e N25°W rappresenta la riattivazione, durante il Neogene, delle strutture tettoniche distensive mesozoico – paleogeniche come faglie di svincolo.

Appartengono a questo sistema:

- la faglia della Val di Centa;
- la faglia di Posina;
- la faglia del passo della Vela;
- la faglia Masetti – Tonezza del Cimone.

L'intero sistema di pieghe e faglie è dislocato da un fascio di faglie verticali trascorrenti sinistre, con direzione N45°W, di cui la più importante è la faglia Schio – Vicenza. Questo fascio rappresenta un svincolo cinematico tra il settore a SW dei monti Lessini poco deformato e quello a NE bassanese a strutturazione più complessa.

A nord di Arsiero si sono individuati alcuni elementi strutturali con direzione circa N – S, caratterizzati da scarpate rocciose a forte risalto morfologico. Strutture con risalto analogo sono individuabili a sud – est di Settecà e presso Lastebasse – Busatti.

Ne deriva che le strutture tettoniche sono riconducibili alle seguenti 4 famiglie con andamento:

- E – W di tipo valsuganese, trasversale alla val d’Astico;
- N10°E e N25°W del sistema della faglia val di Centa;
- N45°W di tipo scledense;
- N – S probabilmente riconducibile alla linea Trento – Cles.

La cartografia geologica allegata al progetto riporta i lineamenti morfo – strutturali individuati tramite foto – interpretazione, le cui direzioni sono congruenti con le famiglie sopra riportate.

3. SISMICITA'

3.1. Generalità su basi geologiche

Gli annali storici relativi agli eventi sismici registrati non segnalano una significativa attività sismica nell'area. Per effetto della rilevante distanza degli epicentri nei territori di interesse sono stati registrati sporadici eventi sismici, generalmente di modesta intensità.

Dall'insieme dei dati si evince quindi una modesta pericolosità sismica, dove i livelli risentibili sono prevalentemente dovuti ad epicentri localizzati nelle aree circostanti che ben s'inquadrano e giustificano su basi geologiche e tettoniche, mentre la sismicità locale è assente o ha carattere per lo più modesto.

Ciò premesso la figura 3.1 mostra la distribuzione delle faglie attive, ovvero delle zone sismogenetiche, nel nord est d'Italia. Va specificato che come zona sismogenetica s'intende una zona caratterizzata da persistente attività sismica con manifestazioni a carattere uniforme, localizzate all'interno di un settore strutturale lungo la superficie di discontinuità divisoria di differenti condizioni strutturali, cinematiche o meccaniche. Come si evince dalla figura, ed a parte un parallelismo con la linea Schio Vicenza (che rimane più ad ovest) non sono segnalate zone sismogenetiche in corrispondenza dell'area in studio .

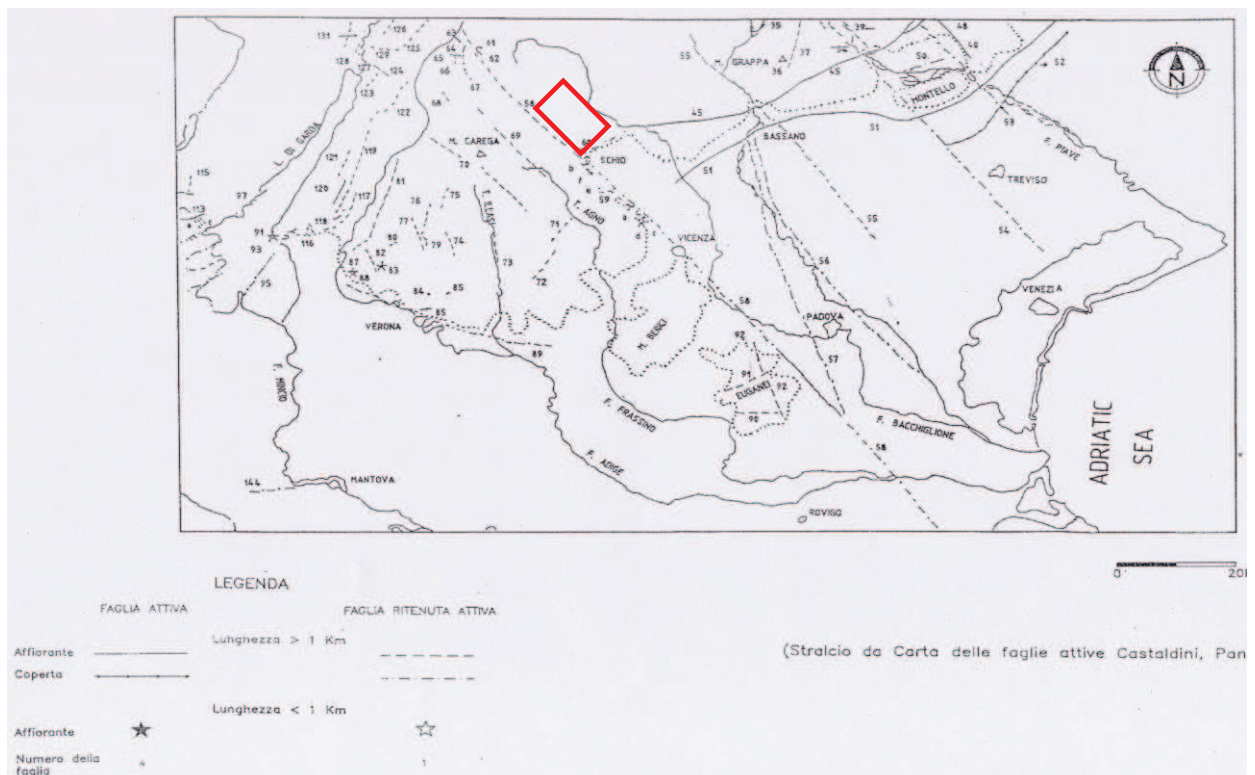


Figura 3.1 Carta delle faglie attive. Castaldini, Panizza, 1991

3.1. Sismicità su basi storiche

L’analisi storica della sismicità dell’area in studio viene estrapolata sulla base delle informazioni visualizzabili tramite il sito dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che raccoglie il database dei sismi registrati in Italia dal 1985 ad oggi. In accordo con i contenuti dell’OPCM 3519/06, con la precedente normativa che classifica il territorio nazionale su base comunale e con l’assetto geostrutturale generale del territorio in studio, risultano condizioni di modesta pericolosità sismica con intensità registrata raramente superiore a 4 e comunque non oltre 5. Il quadro informativo disponibile mostra una particolare concentrazione di epicentri lungo un allineamento orientato NE-SW fra Verona e Trento, ad est del Garda (in particolare sul Monte Baldo). Lungo ed a ridosso della Val d’Astico tale concentrazione decresce sensibilmente e gli epicentri sono al più confinati esternamente al sito di progetto.

Come rappresentato graficamente in figura 3.2 tra gli eventi registrati dal 1985 ad oggi nel nord est uno dei più significativi è quello di magnitudo 3.9 del 29-10-2011 con epicentro ad Avio (TN, coordinate geografiche lat 45.71, long 10.91) ed ipocentro a profondità di poco inferiore ai 10 km. La magnitudo massima degli eventi registrati, e rappresentati in figura, è inferiore a 4, o al massimo compresa fra 4,0 e 4,9.

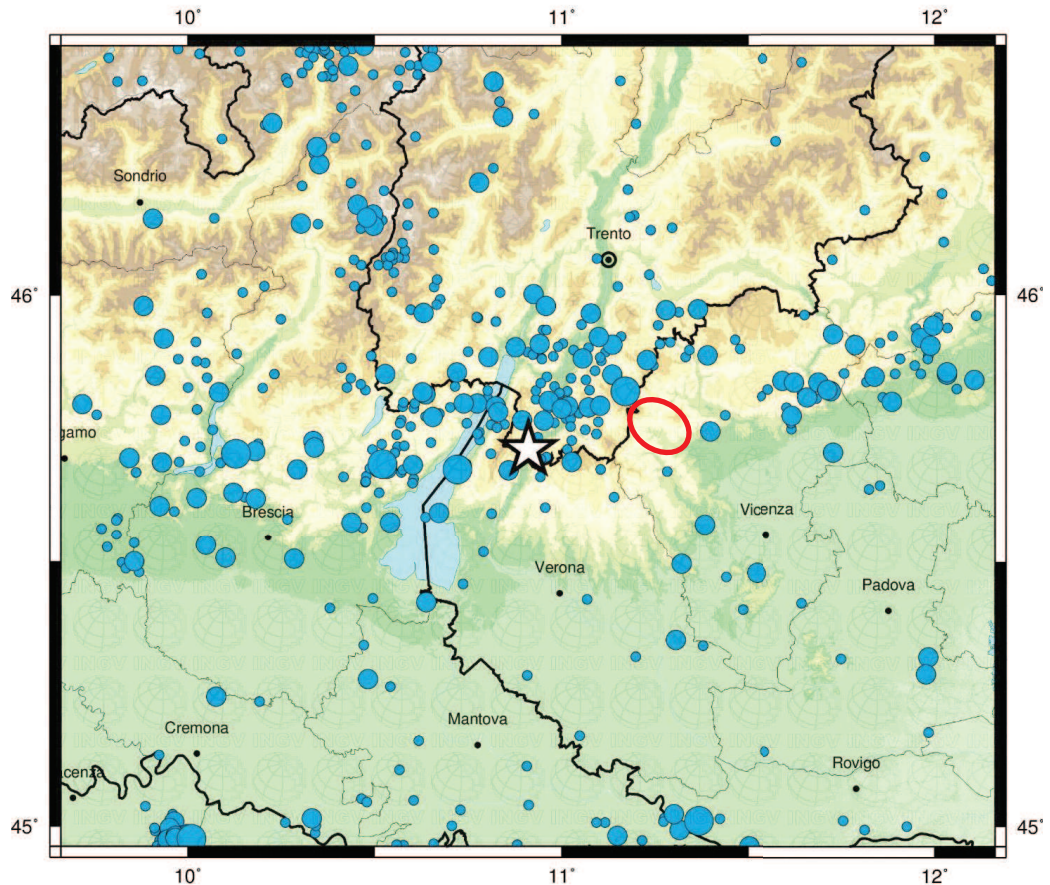
Per l’evento di Avio è anche disponibile una mappa del PGA (Peak Ground Acceleration), rappresentata in figura 3.3, che mostra un risentimento sostanzialmente trascurabile nell’areale di progetto.

Per sismi aventi epicentro lungo la fascia fra Verona e Trento con una magnitudo compresa fra 3,0 e 4,3 la stazione di Navene (in prossimità di Malcesine, sponda est del Garda ad una distanza pari o inferiore rispetto quella dal lotto 1 della A31) ha registrato un’accelerazione massima di 0.07g sostanzialmente in linea, o inferiore, ai valori di PGA previsti dalla mappa di cui all’OPCM 3519 del 28 aprile 2006 e più dettagliatamente esposti al paragrafo successivo.

Dal database macrosismico italiano DBMI04, che raccoglie gli eventi sismici a partire dall’anno 1000, per Piovene Rocchette (figura 3.4) e Pedemonte (per Cogollo e Valdastico non vi sono dati) risulta un unico evento con intensità significativa. Trattasi del terremoto del 13.09.1989 avente come epicentro il Pasubio ed Is (intensità MCS al sito) pari a 5,0, magnitudo momento Mw di poco inferiore a 5 e intensità massima Ix compresa fra 6-7 MCS.

I terremoti dal 1985 ad oggi

Evento del 2011-10-29 04:13:34 (UTC) Magnitudo 3.9



Magnitudo

- da 2.5 a 2.9
- da 3.0 a 3.9
- da 4.0 a 4.9
- da 5.0 in su

Tempi

- ultima ora
- ultime 24 ore
- ultime 72 ore
- giorni precedenti

*Sono riportati gli eventi sismici localizzati dalla Rete Sismica Nazionale dal 1985 ad oggi di magnitudo ≥ 2.5 .
Dati: iside.rm.ingv.it*

Figura 3.2 Terremoti nel nord est dal 1985 ad oggi e relativo epicentro rispetto al tracciato in studio. La stella indica l'epicentro del sisma dell'ottobre 2011 richiamato nel testo.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL’ASTICO

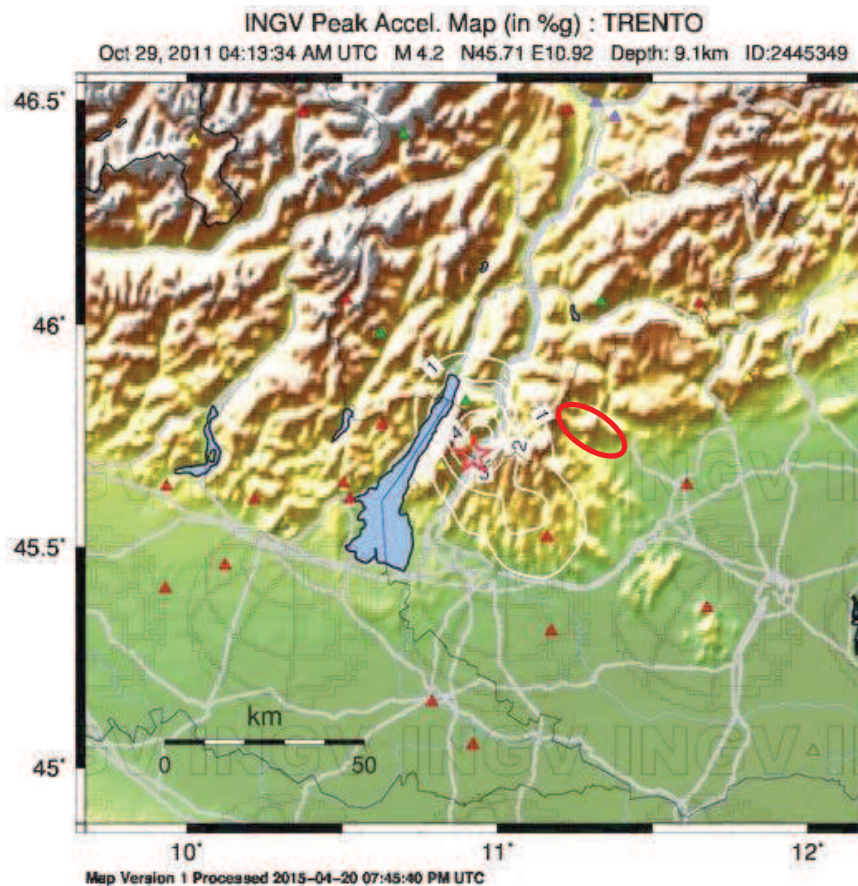


Figura 3.3 Accelerazione di picco per l’evento dell’ottobre 2011 senza risentimenti nell’area in studio

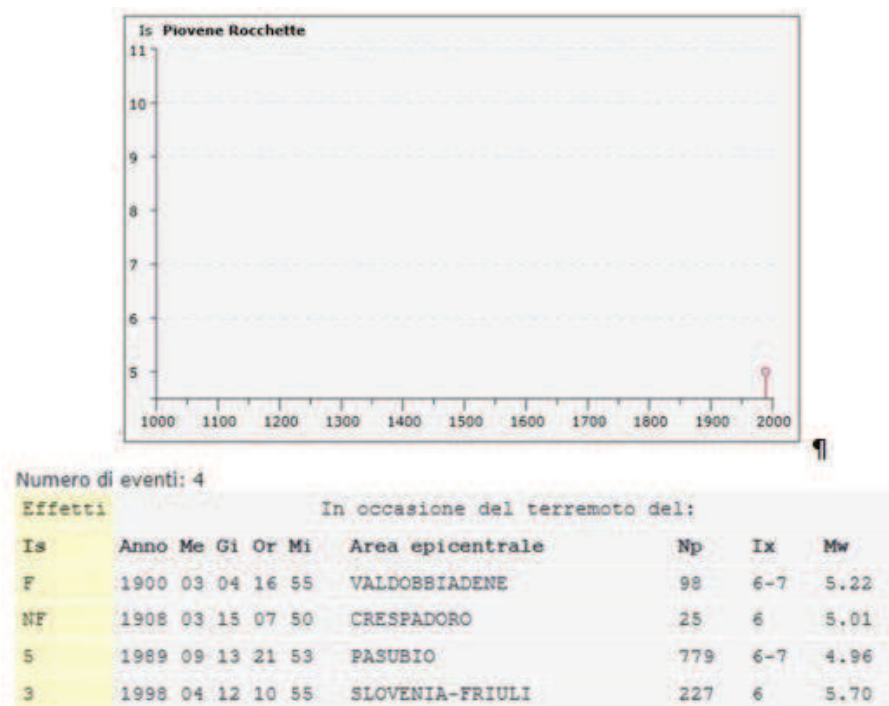


Figura 3.4 Storia sismica di Piovene Rocchette (fonte INGV, database DBMI04)

3.2. Classificazione sismica

Con l’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003 recante “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*”, è stata introdotta una nuova classificazione sismica del territorio nazionale articolata in 4 zone a diverso grado di sismicità espresso dal parametro a_g (accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A). I valori convenzionali di a_g , espressi come frazione dell’accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella tabella sottostante.

Zona	Valore di a_g
1	0.35g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g

Le zone 1, 2 e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di a_g intermedi rispetto a quelli riportati in tabella e intervallati da valori non minori di 0,025. In tal caso i vari territori saranno assegnati alle sottozone in base ai valori di a_g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

Con DGR n. 67 del 03/12/2003 la Regione Veneto ha recepito l’Ordinanza 3274; stessa cosa ha fatto con D.G.P. n. 2813 del 28/10/03 la Giunta Provinciale dell’attigua provincia di Trento. La mappa sismica del tratto di territorio in studio viene riportata in figura 3.5.

Come visualizzato in tabella 3.1, e congruentemente con la modesta sismicità messa in luce dai contenuti di cui ai paragrafi precedenti, tutti i comuni attraversati dal 1° lotto della A31 fra gli svincoli di Piovene Rocchette e Pedemonte ricadono in zona sismica 3.

Comune	Zona
Cogollo Del Cengio	3
Pedemonte	3
Piovene Rocchette	3
Valdastico	3

Tabella 3.1 – *Classificazione sismica dei comuni interessati dal 1° Lotto della A31 nord*

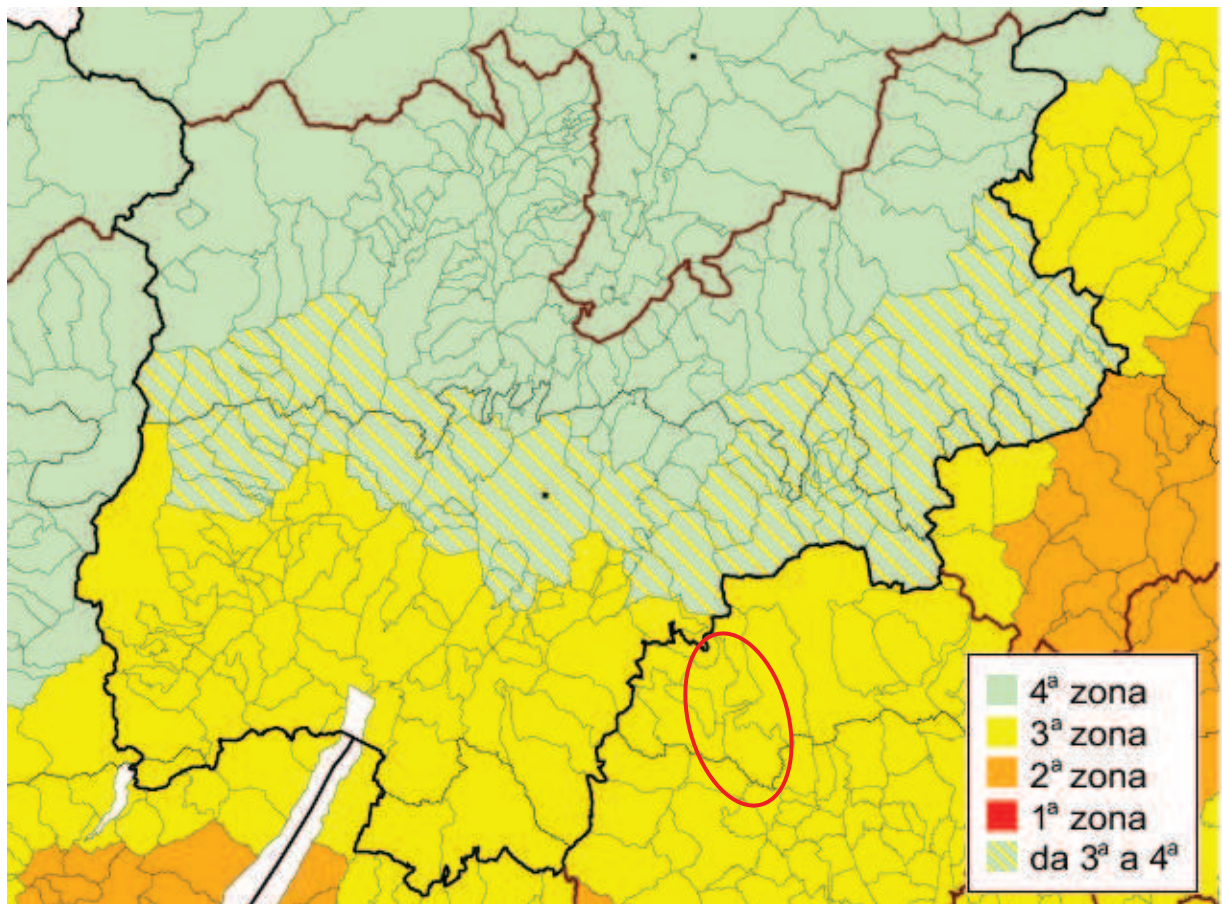


Figura 3.5 – Mappa delle zone sismiche del territorio interessato dal lotto 1 della A31 nord

Nel corso del 2006 la nuova Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 (figura 1.1) quale riferimento ufficiale ed ha definito i criteri nazionali che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. Questo strumento normativo, per la prima volta, ha portato a valutare la classificazione sismica del territorio secondo parametri sismologici svincolati dal solo criterio politico del limite amministrativo utilizzato fino a quel momento.

Con Delibera n. 71 del 22 gennaio 2008 la Giunta Regionale del Veneto prende atto dei criteri generali di classificazione delle zone sismiche, allegati all'O.P.C.M. 28 aprile 2006, n. 3519 recante, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", pubblicata nella G.U. dell'11 maggio 2006, n. 108 e della mappa di pericolosità sismica di riferimento su scala regionale (allegato A alla DGR n. 71/2008 – figura 3.6).

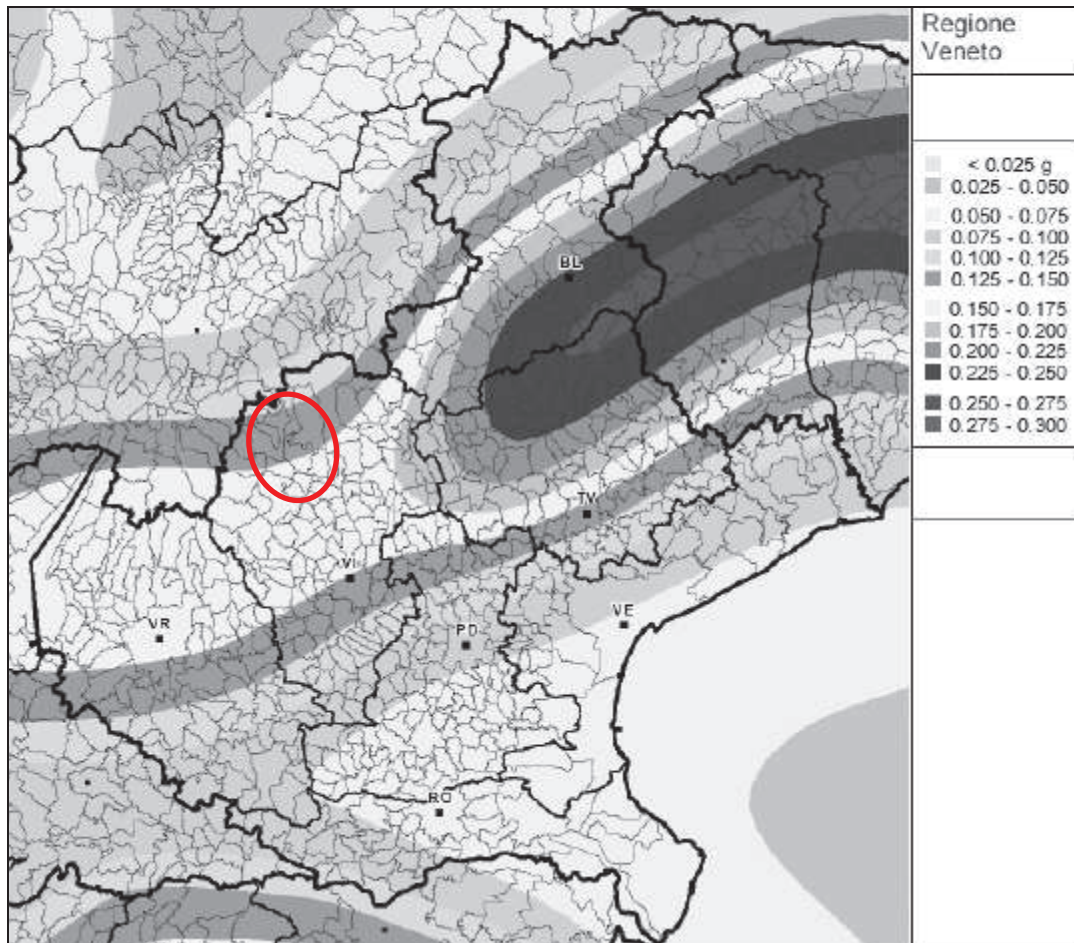


Figura 3.6 – *Mappa di Pericolosità sismica della Regione Veneto (Allegato A alla Dgr n. 71 del 22/01/2008) espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, All. 2.3.1)*

Per gli aspetti amministrativi è confermata la classificazione sismica dei Comuni del Veneto di cui all'elenco (Allegato I) della Delibera di Consiglio Regionale n.67/03.

Tale suddivisione in zone del territorio è rimasta in vigore ai soli fini “amministrativi”, cioè per l’individuazione dell’obbligatorietà della progettazione sismica. Ai fini della progettazione stessa, infatti, le Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14/01/2008 hanno modificato le modalità di valutazione delle azioni di progetto. Alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale il 4 febbraio 2008, è allegato, infatti, un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), che prevede che l’azione sismica di riferimento per la progettazione (paragrafo 3.2.3) venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica.

La figura 3.7 riporta i valori di pericolosità sismica secondo l’OPCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b per l’area in esame. Nella mappa sono rappresentati i valori medi (con deviazione

standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (acronimo di Peak Ground Acceleration). Dalla citata figura è possibile evincere che l'area in oggetto ha una PGA dell'ordine di 0.100 - 0.150g.

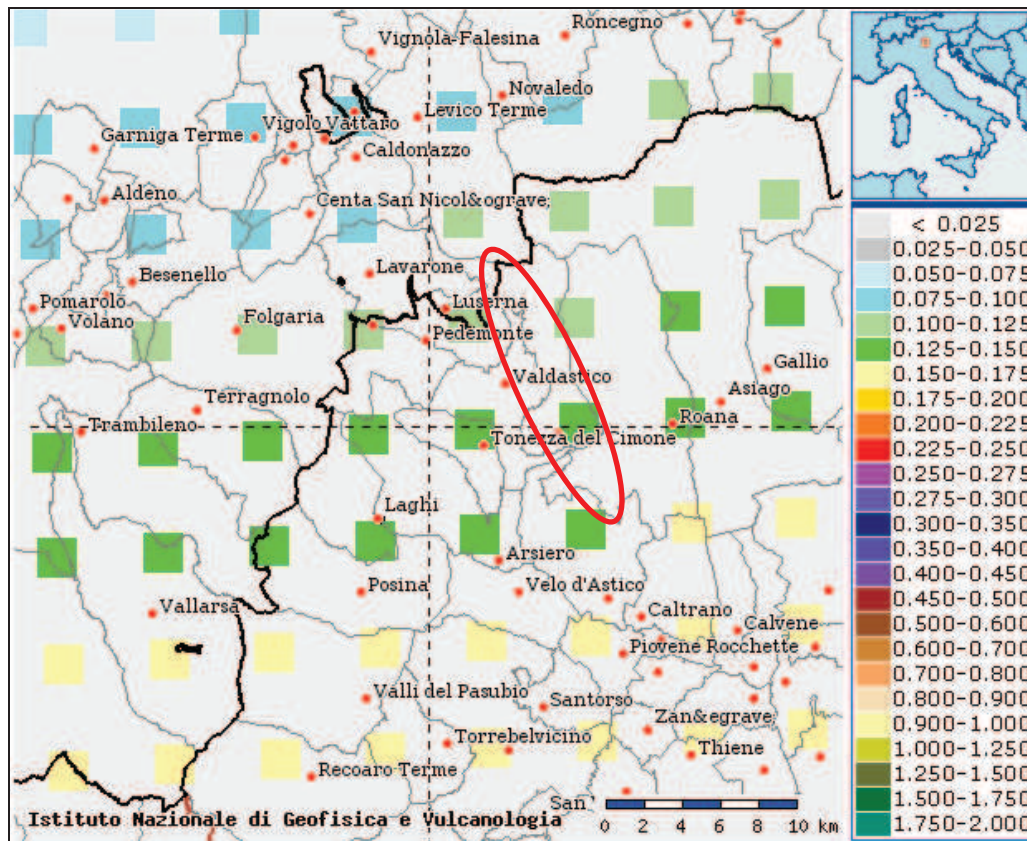


Figura 3.7 Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto e della risposta sismica locale le NTC 2008 al paragrafo 3.2.2 definiscono 7 categorie di sottosuolo distinte in base ai valori di velocità delle onde sismiche trasversali nei primi 30 m sotto il piano di posa della fondazione (V_{s30}) e/o in base ai valori di N_{spt} nei terreni a grana grossa e/o dei valori di C_u nei depositi a grana fina (Tabella 3.2).

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL’ASTICO

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} 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 fine).
C	<i>Deposit</i> i 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_{s30} 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 fine).
D	<i>Deposit</i> i 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_{s30} 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 fine).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 3.2 – Categorie di sottosuolo (da tabella 3.2.II delle NTC 2008)

La velocità delle onde sismiche trasversali nei primi 30 m sotto il piano di posa della fondazione (V_{s30}) è definita come:

$$V_{s30} = 30 / S_i = 1, N_{hi} / V_i$$

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i esimo, entro i 30 m dalla fondazione.

Inoltre per tenere in considerazione l’effetto delle condizioni topografiche sono definite le seguenti quattro categorie, da considerarsi qualora l’altezza del pendio sia maggiore di 30 m.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $< 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa fra $15 - 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$

Tabella 3.3 Categorie topografiche (da tabella 3.2.IV delle NTC 2008)

Nel corso della campagna geognostica di progetto definitivo sono stati eseguiti sistematici sondaggi con prove SPT nei materiali sciolti, traverse sismiche a riflessione e rifrazione agli imbocchi delle gallerie o sulle spalle dei viadotti, e n° 9 indagini tipo Masw (Multi Channel Analysis of Surface Waves) lungo l'intero tracciato ed in corrispondenza delle opere principali. Quest'ultima tipologia d'indagine analizza le onde superficiali di Rayleight tramite geofoni a componente verticale utilizzando una sorgente ad impatto verticale (massa battente). Poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo, e in particolare dalle sue variazioni verticali, attraverso la determinazione delle curve di dispersione vengono ricavate le caratteristiche del mezzo in termini di velocità delle onde di taglio e spessore degli strati. I risultati delle citate Masw, riportate nell'elaborato 03.05.01.004.0101 "Indagini geofisiche" ed elaborate in termini di Vs30, sono riepilogati in tabella seguente.

INDAGINE MASW	Vs30 (m/s)	Tipologia di terreno
VS30_1	631	B
VS30_2	772	B
VS30_3	634	B
VS30_4	635	B
VS30_5	893	A
VS30_6	678	B
VS30_7	568	B
VS30_8	843	A
VS30_9	603	B

Tabella 3.4 Valori di Vs30 elaborati dalle indagini tipo Masw

Dalle indagini eseguite si evince che i terreni interessati dalla infrastruttura in esame appartengono prevalentemente alla categoria B di suolo di fondazione (depositi alluvionali, fluvio-glaciali e glaciali granulari per spessori pluridecimetri) e più limitatamente alla categoria A (bedrock affiorante o subaffiorante al di sotto di una modesta copertura).

La categoria topografica è generalmente T1; si è cautelativamente considerata categoria T2 per il viadotto Piovene, dove sono presenti alte scarpate naturali di erosione fluviale ad elevata pendenza, e di alcune sezioni di calcolo poste in corrispondenza delle paratie d'imbocco di gallerie naturali.

Nel calcolo delle azioni sismiche l’effetto della risposta locale è ottenuto dal coefficiente S espresso come: $S = S_s \times S_t$

Con:

- S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- S_t = coefficiente di amplificazione topografica;

dove il coefficiente S_s vale 1,00 in categoria di suolo tipo A, mentre il coefficiente S_t vale 1 in categoria topografica T1.

Per le altre categorie di suolo di fondazione S_s è dedotto attraverso le formule di tabella 3.5 in funzione del parametro F_0 , mentre S_t assume i valori massimi riportati in tabella 3.6 con un decremento lineare con l’altezza del pendio (quindi del rapporto h/H) dalla cresta alla base dove assume valore unitario.

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Tabella 3.5 Espressioni di S_s in funzione della categoria di sottosuolo (NTC 2008 tab 3.2.V)

Categoria topografica	Ubicazione dell’opera o 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

Tabella 3.6 Valore massimo di S_t in funzione della categoria topografica (NTC 2008 tab 3.2.VI)

La tabella seguente riepiloga la categoria di suolo di fondazione e topografica assunta per le diverse parti di tracciato e per le opere principali fermo restando che, avente il presente documento carattere generale, si rimanda alle specifiche relazioni di calcolo delle singole opere per maggiori dettagli e per una analisi tarata sull’opera specifica.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL’ASTICO

VALDASTICO NORD LOTTO 1 TRATTO PIOVENE SVINCOLO PEDEMONTE					
CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE E CATEGORIA TOPOGRAFICA					
Opera di riferimento	pk (m - circa)	Vs30 (m/s)	Riferimento	Categoria suolo di fondazione	Categoria topografica
Viadotto Piovene	1.000	631	Masw 1	B	T2
Tratto in scavo	1.400	772	Masw 2	B	T1
Galleria S Agata 1 e cavalcavia Colombara	2.150	634	Masw 3	B	T1
Galleria S Agata 2 e svincolo Cogollo	3.550	635	Masw 4	B	T1 (T2 per S Agata nord)
(Intero tratto Piovene - imbocco sud GN Cogollo)	0-4280	600-700	Masw1 - 4	B	T1
Imbocco sud GN Cogollo	4.280	893	Masw 5	B	T1
Imbocco nord GN Cogollo	11.200	> 800 m/s	TSD3 - TSD4	A	T2 (T1 per GA)
Viadotto Assa	11.300	> 800 m/s	TSD4bis	B	T1
Imbocco sud GN Pedescala	11.380	> 800 m/s	TSD5	A	T1
Imbocco nord GN Pedescala	13.100	> 800 m/s	TSD6 - TSD7	A	T2 (T1 per GA)
Viadotto Settecà	13.400	678	Masw 6	B	T1
Viadotto Settecà - imbocco sud GN S Pietro	13.600	568	Masw 7 - TSD8 - TSD9	B	T1
Imbocco nord GN S Pietro	17.200	650	TSD11	B	T1 (T2 per GA e per paratia sez. 1)
Viadotto Molino e svincolo Pedemonte	17.200- 17.900	600-840	Masw 8-9	B	T1

Tabella 3.7 Riepilogo categoria di suolo di fondazione e categoria topografica

4. PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO E DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO

4.1. Pericolosità sismica

La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un certo sito su base probabilistica. Più precisamente è la probabilità che un valore prefissato di pericolosità, espresso da un parametro di moto sismico al suolo (ad esempio l'accelerazione massima) o da un grado di intensità macrosismica, venga superato in un sito dato (o in un insieme di siti) entro un dato periodo di tempo.

La pericolosità sismica può essere pertanto rappresentata attraverso due indicatori:

- l'accelerazione orizzontale massima del terreno a_g
- l'intensità macrosismica

Con la Mappa di Pericolosità Sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20.03.20031 viene elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9, comprendente 42 zone sorgente (ZS) identificate da un numero (da 901 a 936) o da una lettera (da A ad F), ciascuna delle quali corredata da un meccanismo focale prevalente e da una profondità. L'arco Alpino interessa le ZS da 901 a 910; il settore dove si è osservata la massima convergenza fra placca adriatica ed europea è quello di competenza delle ZS 904 – 905 e, subordinatamente, 906, caratterizzato da strutture a pieghe sud vergenti del sudalpino orientale e faglie inverse associate (Zanferrari et al 1982 et al.). In quest'ottica l'area in studio ricade al limite ed a nord della ZS 906 "Garda Veronese" che va da Bassano del Grappa fino a Verona ed i cui limiti sono riportati in figura 4.1.

Secondo i dati disponibili la convergenza fra Adria ed Europa è ancora considerata il principale meccanismo responsabile della tettonica attiva in Italia settentrionale.

All'interno della SZ 906 la profondità efficace (intesa come quella profondità all'interno della quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità della zona) rientra nella classe 8 – 12 Km; il meccanismo prevalente è per faglia inversa (angolo di rake $>45^\circ$, $< 135^\circ$). La magnitudo massima prevista nella SZ 906 (tabella 6 del rapporto conclusivo) è $M_w = 6,60$.

¹ Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV aprile 2004. M. Stucchi et al.

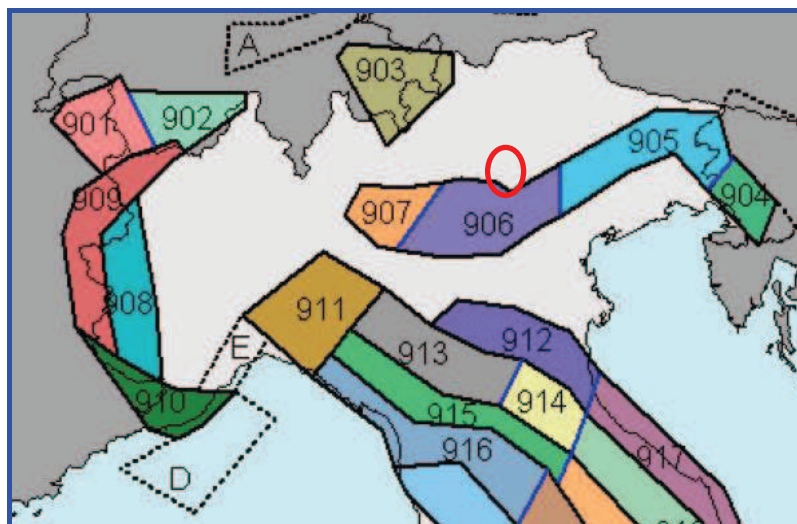


Figura 4.1. Delimitazione delle ZS nell’ambito della ZS9 nel nord Italia con ubicazione del lotto 1

Ciò premesso, per quanto attiene la definizione della pericolosità sismica attraverso l’accelerazione orizzontale massima del terreno a_g , nel 2004 è stata elaborata la nuova mappa di pericolosità sismica del territorio italiano (figura 1.1 e 3.7). Tale mappa definisce localmente i livelli di accelerazione massima su suolo roccioso (suolo di categoria A, $V_{s30} > 800$ m/s) con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni, ovvero un periodo di ritorno pari a 475 anni. Come già esposto i territori comunali percorsi dal nuovo tracciato autostradale ricadono in un’area caratterizzata da valori di a_g compresi tra 0.100g e 0.150g, tendenzialmente in diminuzione procedendo da sud verso nord.

Per avere una quadro completo della pericolosità sismica è possibile considerare anche il secondo parametro, ossia l’intensità macrosismica. L’intensità macrosismica (MCS) rappresenta, in un certo senso, le conseguenze socio-economiche di un evento sismico in termini di grado di danneggiamento; una carta di pericolosità in intensità macrosismica si avvicina, con le dovute cautele derivate da diverse approssimazioni insite nel parametro intensità, al concetto di rischio sismico.

La sismicità dell’area interessata dal progetto in esame si conferma di livello moderato sia per quanto riguarda l’attività locale che il risentimento di eventi distanti: nel territorio attraversato dalla strada di progetto non si conoscono eventi catastrofici.

Dalla consultazione del DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI04 (sito internet: <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04>), è stato osservato che la massima intensità macrosismica stimata nel territorio interessato dal progetto in esame è pari al V-VI grado MCS; tale intensità è stata risentita nei comuni di Folgaria e Lastevasse in occasione del terremoto del

Friuli del 06 maggio 1976 ($M_w=6.43$), e nei comuni di Pedemonte e Piovene Rocchette in occasione del terremoto del 13/09/1989 con epicentro nel Pasubio ($M_w=4.96$).

Per un maggior approfondimento sono state valutate le Massime intensità macrosismiche a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA; tali intensità macrosismiche vengono rappresentate in figura 4.2 (*“Massime Intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Veneto”,* Molin, Stucchi, Valensise).

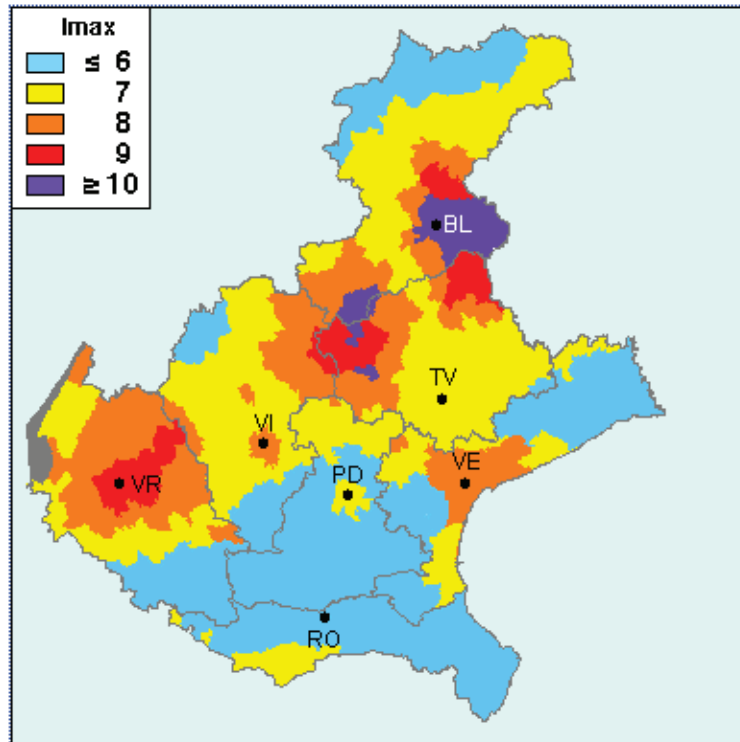


Figura 4.2 – Massime intensità macrosismiche osservate nella regione Veneto valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA (Elaborato per il DPC a cura di D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise)

Con riferimento alle suddette figure ed alla Tabella 4.1 sotto riportata la massima intensità macrosismica osservata nei comuni di Pedemonte e Valdastico è $I_{max} \leq 6$ MCS mentre nei più meridionali Comuni di Cogollo Del Cengio e Piovene Rocchette risulta I_{max} uguale a 7 MCS.

Come si può osservare i valori delle Massime Intensità Macrosismiche risultano superiori rispetto a quelli riportati nel DBMI04 ed ai valori di I_s registrati storicamente.

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
COGOLLO DEL CENGIO	5	24	32	45.78599	11.42133	7
PEDEMONTE	5	24	76	45.90767	11.31146	<= 6
PIOVENE ROCCHETTE	5	24	78	45.76034	11.43448	7
VALDASTICO	5	24	112	45.88529	11.36256	<= 6

Tabella 4.1 – Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni interessati dal lotto 1

Relativamente alle Massime intensità macrosismiche valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA (Elaborato per il DPC a cura di D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise) va sottolineato che ad ogni comune è stato associato un valore di intensità massima osservata oppure "ponderata", espresso in una delle cinque classi seguenti: <= 6, 7, 8, 9, >= 10 e che non si è ritenuto utile differenziare i valori al di sotto del 6 grado ed al di sopra del 10. I valori intermedi sono stati associati alla classe superiore (es.: 6/7 è stato considerato equivalente a 7); questa scelta, unitamente a quella di associare all'intero territorio comunale il valore massimo di intensità osservata in almeno una località appartenente al comune stesso, e di assegnare un valore "ponderato" nei casi in cui il *record* storico è incompleto, determina una rappresentazione tendenzialmente "pessimista" degli effetti dei terremoti del passato.

4.2. Azione sismica locale e spettro di risposta elastico dell'area percorsa dalla nuova infrastruttura

La valutazione della pericolosità sismica locale è stata effettuata utilizzando la procedura indicata nelle NTC/2008 e nella successiva Circolare n°617/2009. In tal senso la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_s > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nell'Allegato B delle NTC/2008. Più precisamente la pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in tale sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Il suddetto lasso di tempo è denominato “periodo di riferimento” V_R , mentre la probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” P_{VR} . Il periodo di riferimento V_R è dato per ciascun tipo di costruzione dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N * C_U$$

V_N = vita nominale della costruzione

C_U = coefficiente d’uso dipendente dalla classe d’uso dell’opera

In particolare la vita nominale di una costruzione V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo alla quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.1 dell’Allegato A delle NTC 2008 (Tabella 4.2) e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.1 – 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 ¹	≤ 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

Tabella 4.2 – Vita Nominale V_N per diversi tipi di opere da NTC 2008

Il coefficiente d’uso C_U esprime la Classe d’uso nella quale sono suddivise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso.

In presenza di Azioni Sismiche, le costruzioni sono suddivise in quattro classi d’uso, la cui definizione viene di seguito sinteticamente riportata:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l’ambiente, ponti e reti viarie 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, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti

- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l’ambiente, reti viarie di tipo A o B (come definite nel D.M. 5 novembre 2001 n.6792) importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica

Sulla base di quanto indicato nelle normative per le opere in progetto si è assunto, in linea con quanto previsto in sede di progettazione preliminare, $V_N \geq 100$ anni (grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica) e una classe d’uso IV a cui corrisponde un valore di C_U pari a 2 (Tabella 4.3.3)

Tab. 2.4.II – 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

Tabella 4.3 – Parametri per il calcolo del coefficiente d’uso da NTC 2008

ottenendo quindi il seguente periodo di riferimento:

$$V_R = 200 \text{ anni}$$

Per le opere provvisorie, come ad esempio le paratie d’imbocco sulle gallerie naturali, la vita nominale V_N è inferiore a 10 anni, da cui si otterrebbe $V_R = 20$, ma si è comunque considerato $V_R = 35$ anni come previsto al paragrafo 2.4.3 delle NTC 2008 garantendo, di fatto, un adeguato e cautelativo dimensionamento dell’opera.

Per quanto riguarda le probabilità P_{VR} di superamento nel periodo di riferimento V_R esse variano al variare dello stato limite considerato. In particolare i valori cui riferirsi per individuare l’azione sismica sono riportati in Tabella 4.4. Il termine di riferimento per la progettazione è generalmente la condizione di Stato Limite di salvaguardia della Vita, salvo dove diversamente indicato nelle specifiche relazione di calcolo delle singole opere.

STATO LIMITE		P _{VR} - Probabilità di superamento nel periodo di riferimento	
		V _R	
Stati Limite di Esercizio	SLO	81%	
	SLD	63%	
Stati Limite Ultimi	SLV	10%	
	SLC	5%	

Tabella 4.4 – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato da NTC 2008

Dove:

SLO = Stato Limite di Operatività: 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;

SLD = Stato Limite di Danno: 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.

SLV = Stato Limite di Salvaguardia della Vita: 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 di resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli nei 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.

Fissato il periodo di riferimento V_R e la probabilità di superamento P_{VR} il periodo di ritorno T_R si ricava mediante l’espressione:

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

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_0 = valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I parametri a_g , F_0 , e T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascun SL, che definiscono lo spettro di risposta elastico di riferimento in accelerazione $S_e(T)$ dai quali viene poi ricavato lo spettro di progetto $S_d(T)$ sono stati ricavati con il programma “*Spettri-NTC.ver.1.03*” realizzato dal Ministero delle Infrastrutture – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sulla base del comune o delle coordinate sito specifiche di ciascuna opera.



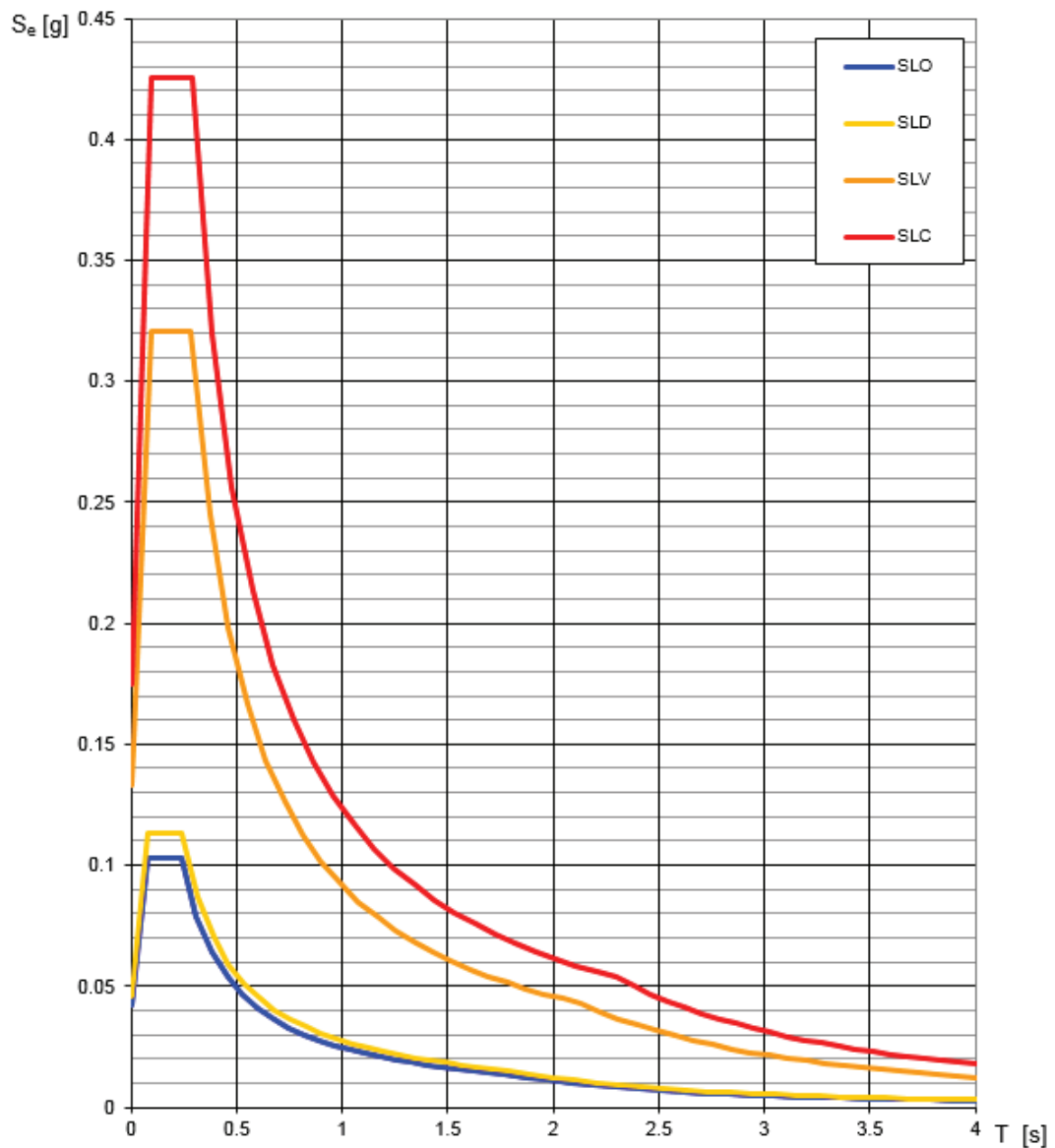
Figura 4.3 Schermata del programma spettri

I suddetti parametri e i grafici degli spettri di risposta elastici di riferimento relativi ai diversi stati limite, calcolati in corrispondenza delle opere principali distribuite lungo il tracciato, sono rappresentati nelle schede di seguito riportate. Tali schede hanno comunque valore indicativo e permettono di apprezzare la variabilità dei parametri stessi lungo l’asse autostradale. Per maggiori dettagli e per il dimensionamento delle opere si rimanda alle specifiche relazioni di calcolo ed alle scelte del progettista.

Comune di Cogollo del Cengio

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.042	2.463	0.238
SLD	35	0.046	2.474	0.242
SLV	332	0.133	2.404	0.286
SLC	682	0.175	2.430	0.289

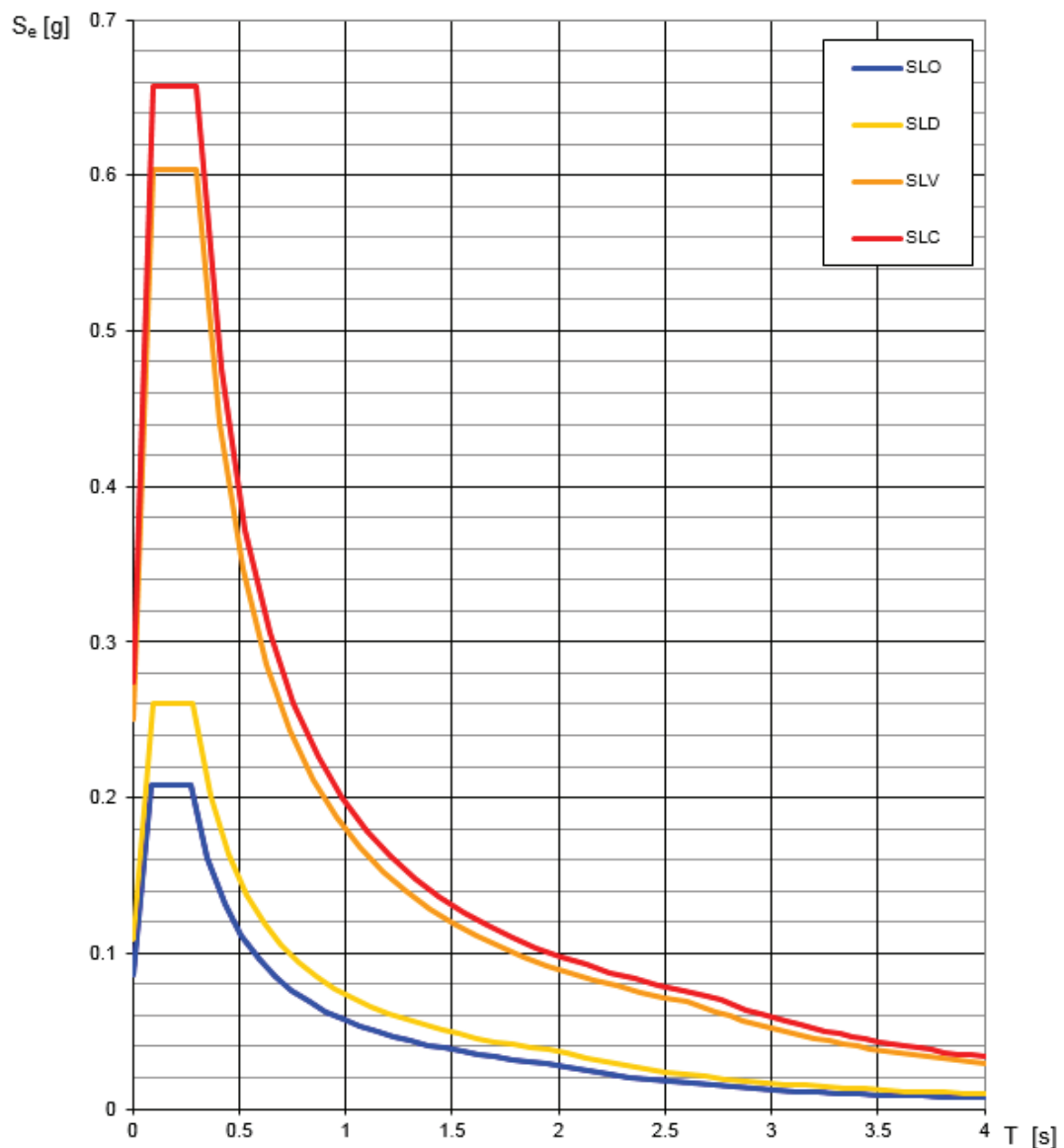
Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=35$ anni

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	120	0.086	2.426	0.274
SLD	201	0.109	2.383	0.283
SLV	1898	0.251	2.408	0.297
SLC	2475	0.274	2.394	0.299

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

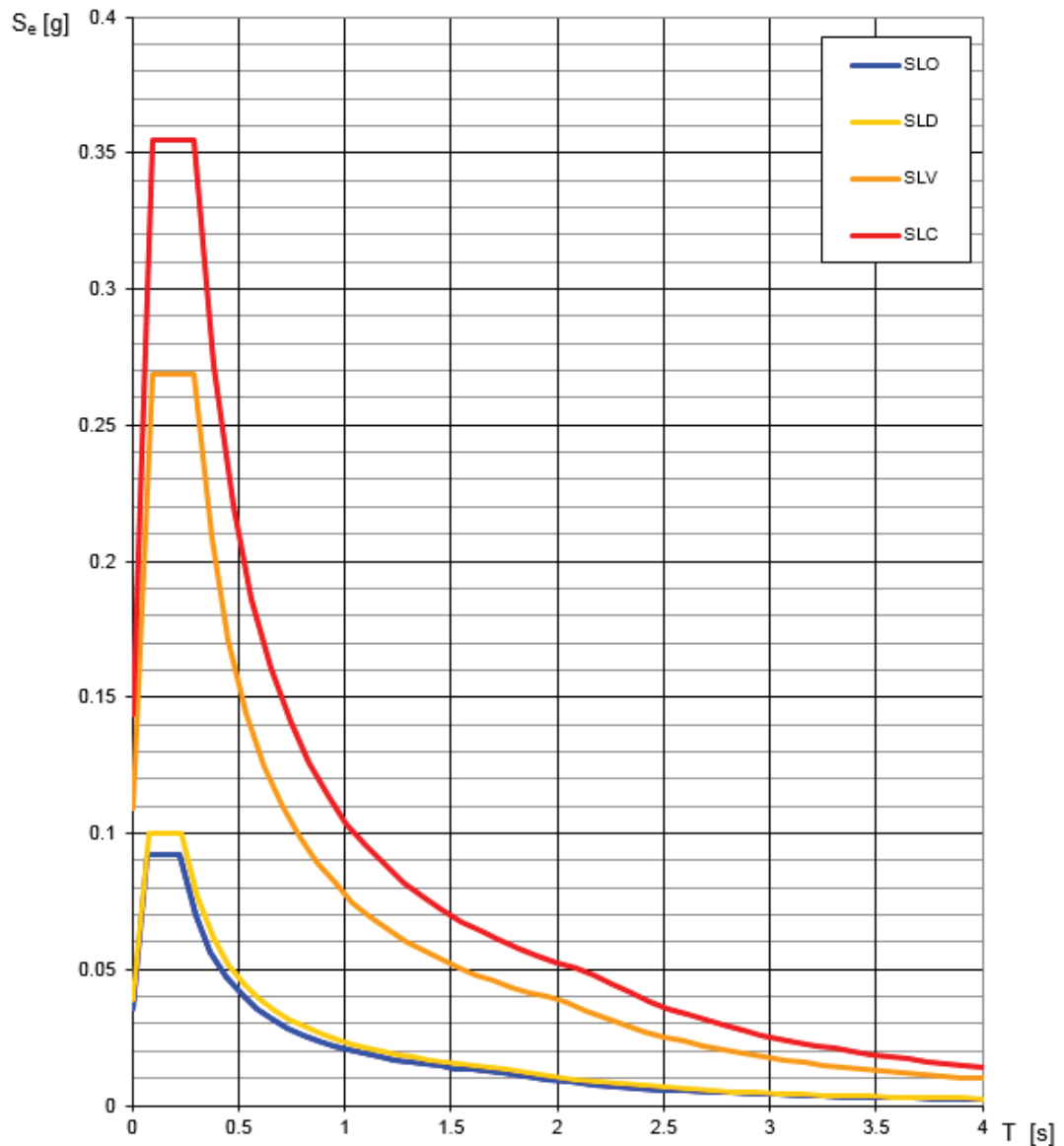


Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

Comune di San Pietro Valdastico

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.036	2.581	0.227
SLD	35	0.039	2.552	0.235
SLV	332	0.109	2.470	0.289
SLC	682	0.144	2.469	0.295

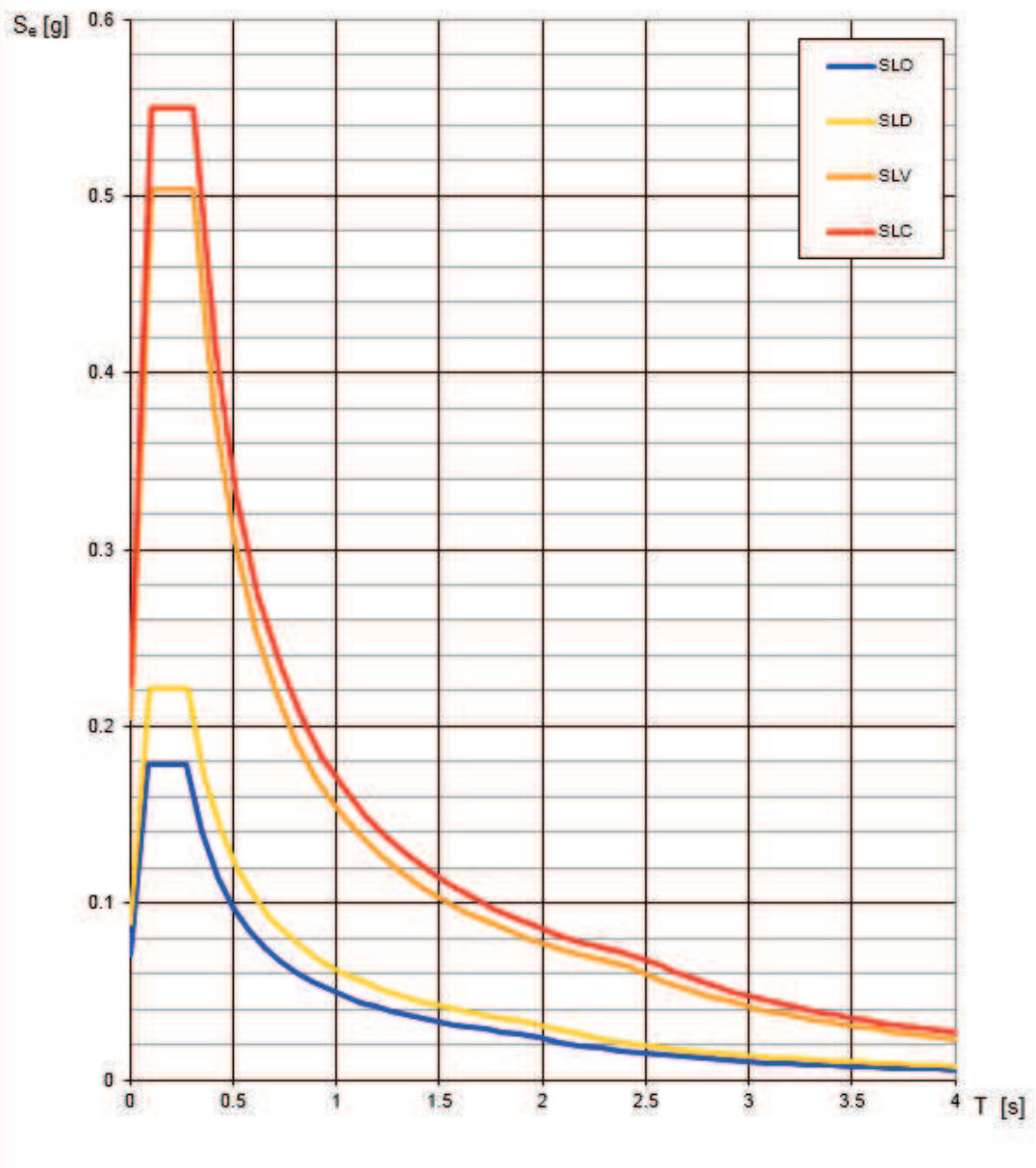
Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=35$ anni

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	120	0.071	2.532	0.275
SLD	201	0.089	2.491	0.283
SLV	1898	0.205	2.463	0.307
SLC	2475	0.224	2.455	0.311

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

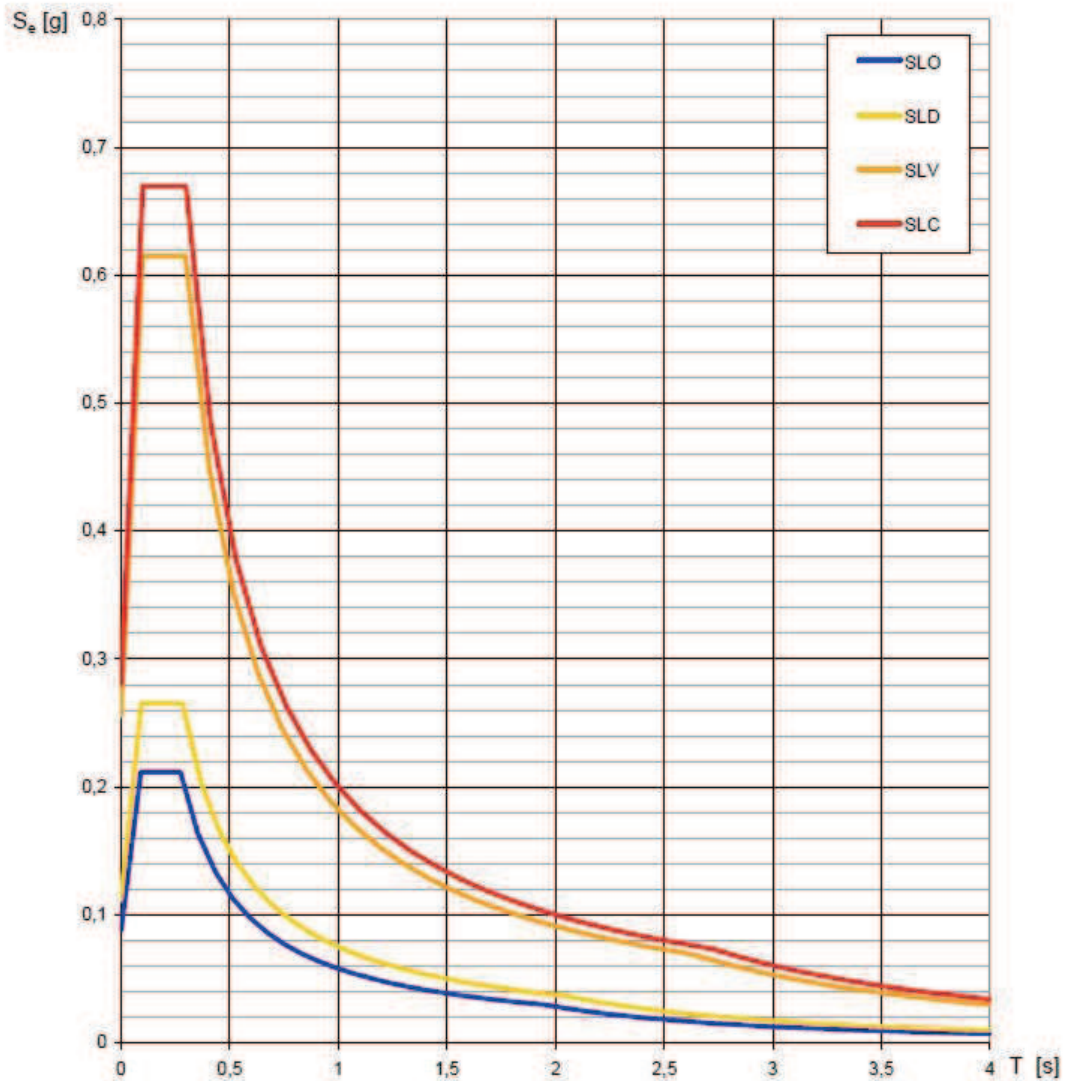
Viadotto Piovene

Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro S_s per suolo tipo B: 1,154

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,088	2,416	0,274
SLD	201	0,112	2,378	0,283
SLV	1898	0,256	2,403	0,296
SLC	2475	0,280	2,389	0,299



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

Viadotto Piovene

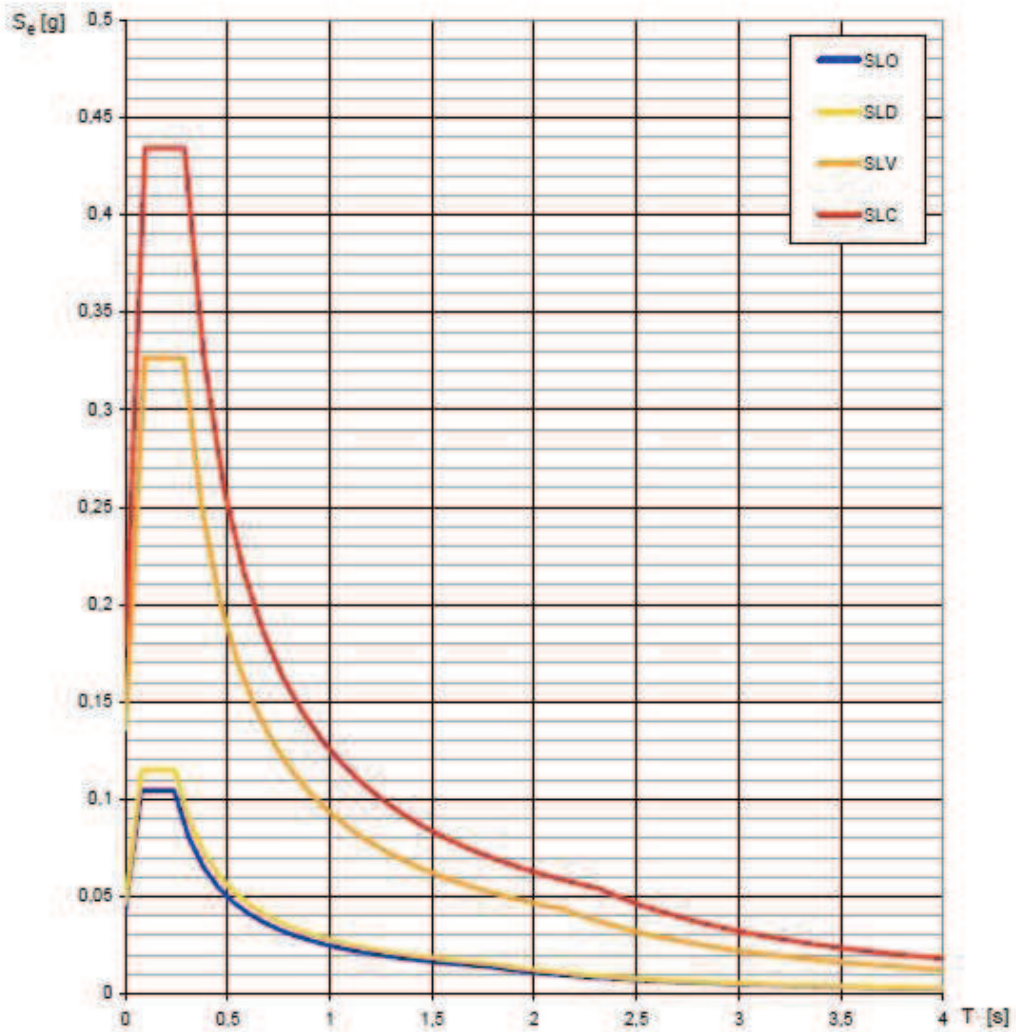
Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro S_s per suolo tipo B: 1,2

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
SLO	30	0,043	2,451	0,238
SLD	35	0,047	2,468	0,242
SLV	332	0,136	2,399	0,286
SLC	682	0,179	2,427	0,289

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=35$ anni

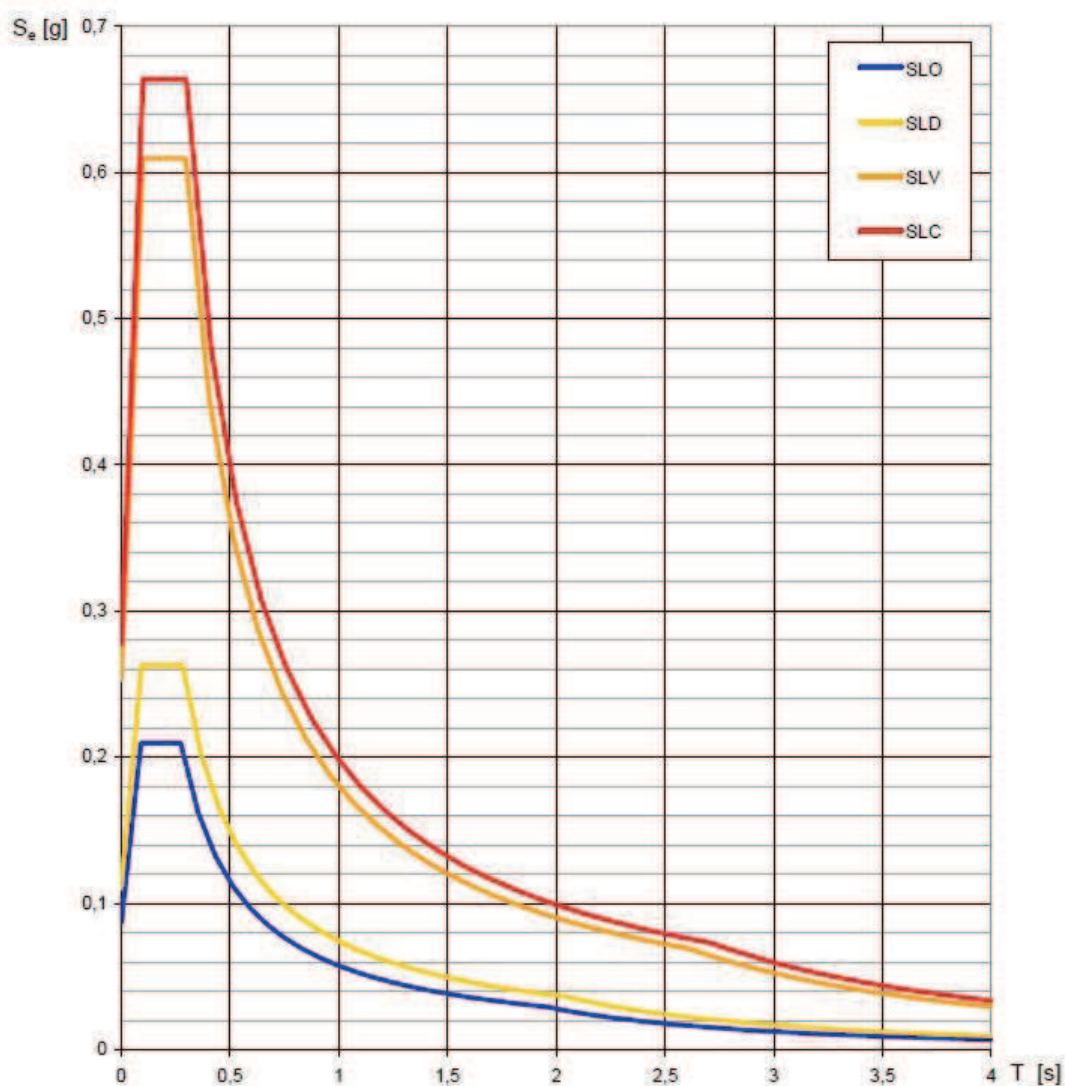
Galleria artificiale S Agata 1 e viadotto Colombara

Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro S_s per suolo tipo B: 1,156

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,087	2,421	0,274
SLD	201	0,110	2,380	0,282
SLV	1898	0,253	2,405	0,296
SLC	2475	0,278	2,391	0,299



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

Galleria artificiale S Agata 1 e viadotto Colombara

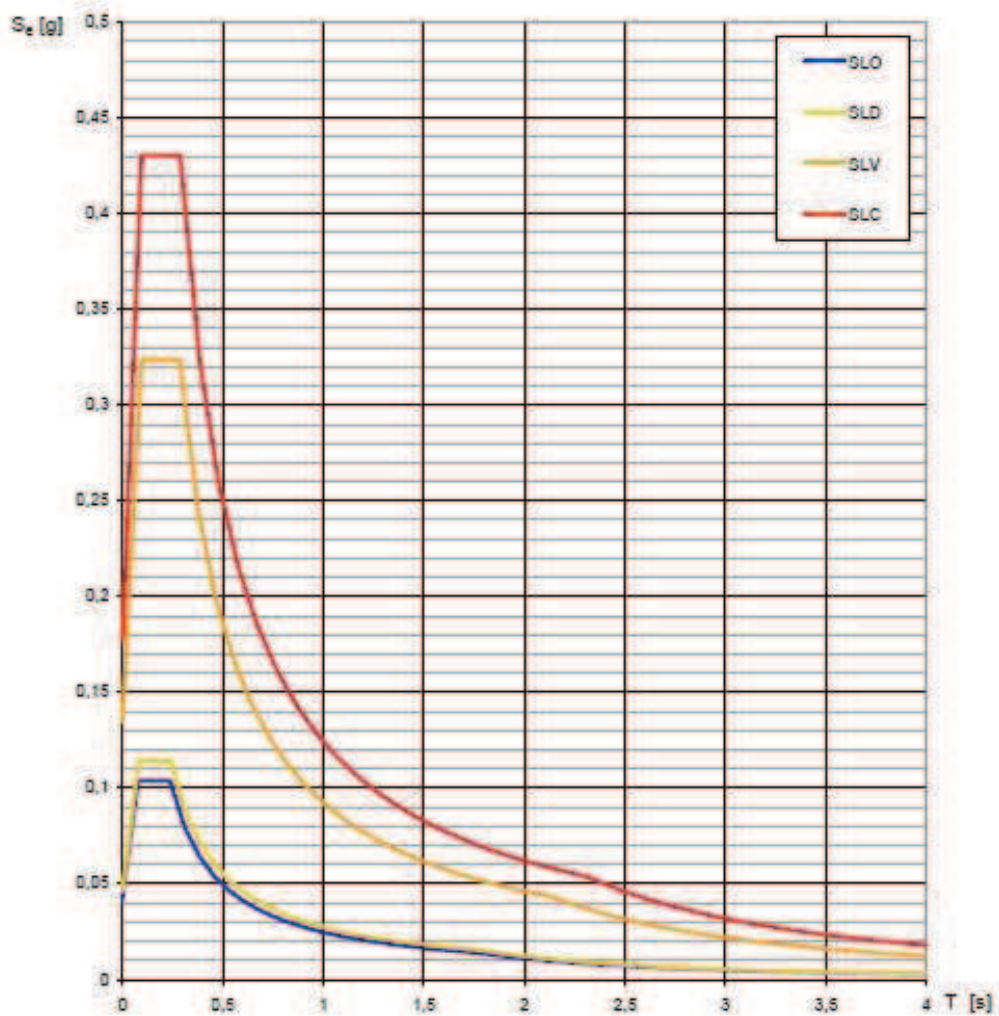
Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro S_s per suolo tipo B: 1,2

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C' [s]
SLO	30	0,042	2,455	0,239
SLD	35	0,046	2,469	0,242
SLV	332	0,135	2,401	0,286
SLC	682	0,177	2,429	0,289

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=35$ anni

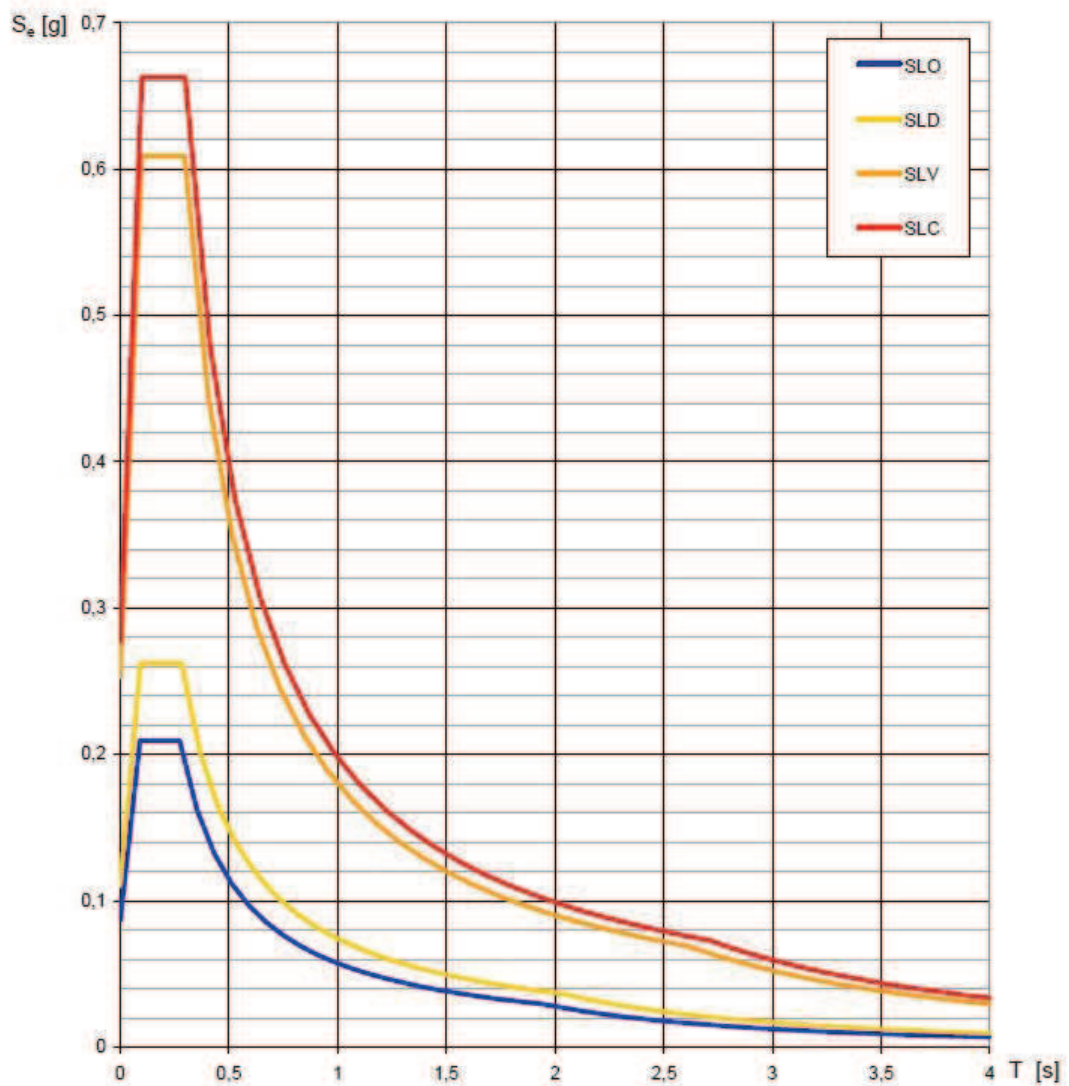
Galleria artificiale S Agata 2 (sud)

Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro S_s per suolo tipo B: 1,156

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,086	2,422	0,274
SLD	201	0,110	2,380	0,282
SLV	1898	0,253	2,406	0,296
SLC	2475	0,277	2,391	0,299



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

Galleria artificiale S Agata 2 (sud)

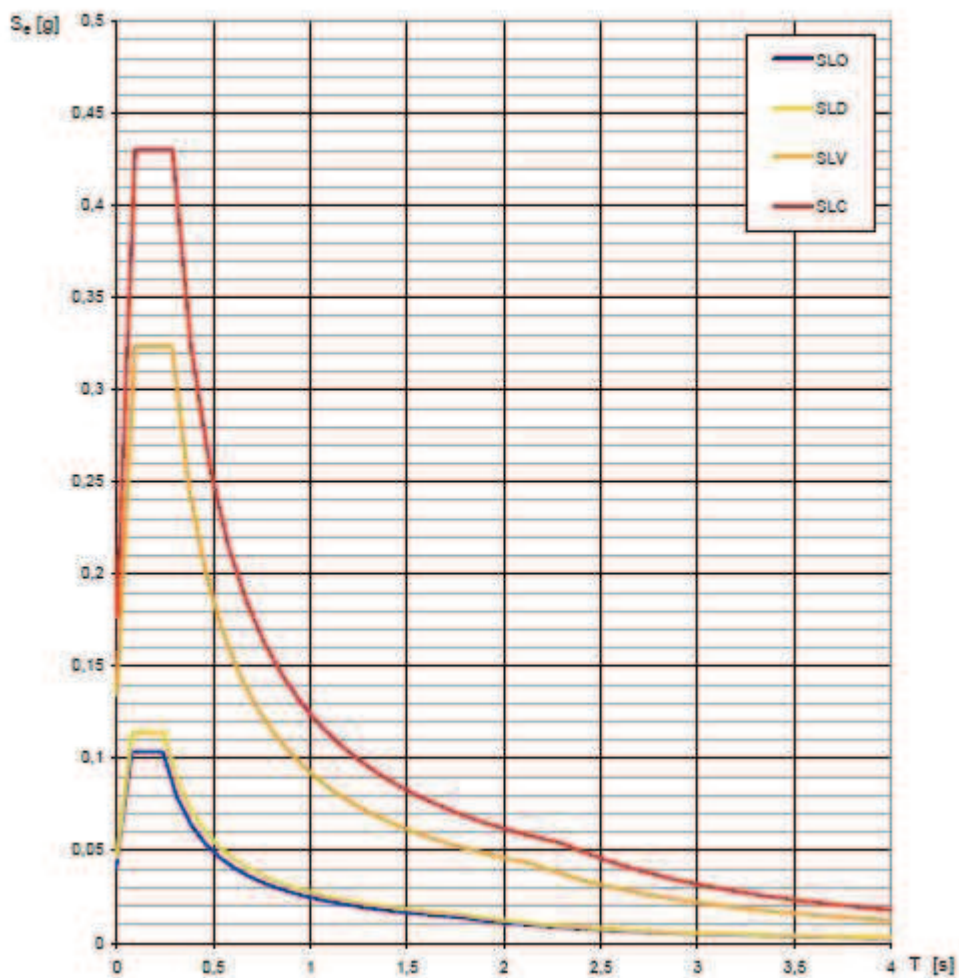
Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro Ss per suolo tipo B: 1,2

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C' [s]
SLO	30	0,042	2,455	0,239
SLD	35	0,046	2,469	0,242
SLV	332	0,135	2,401	0,285
SLC	682	0,177	2,430	0,289

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – Vr=35 anni

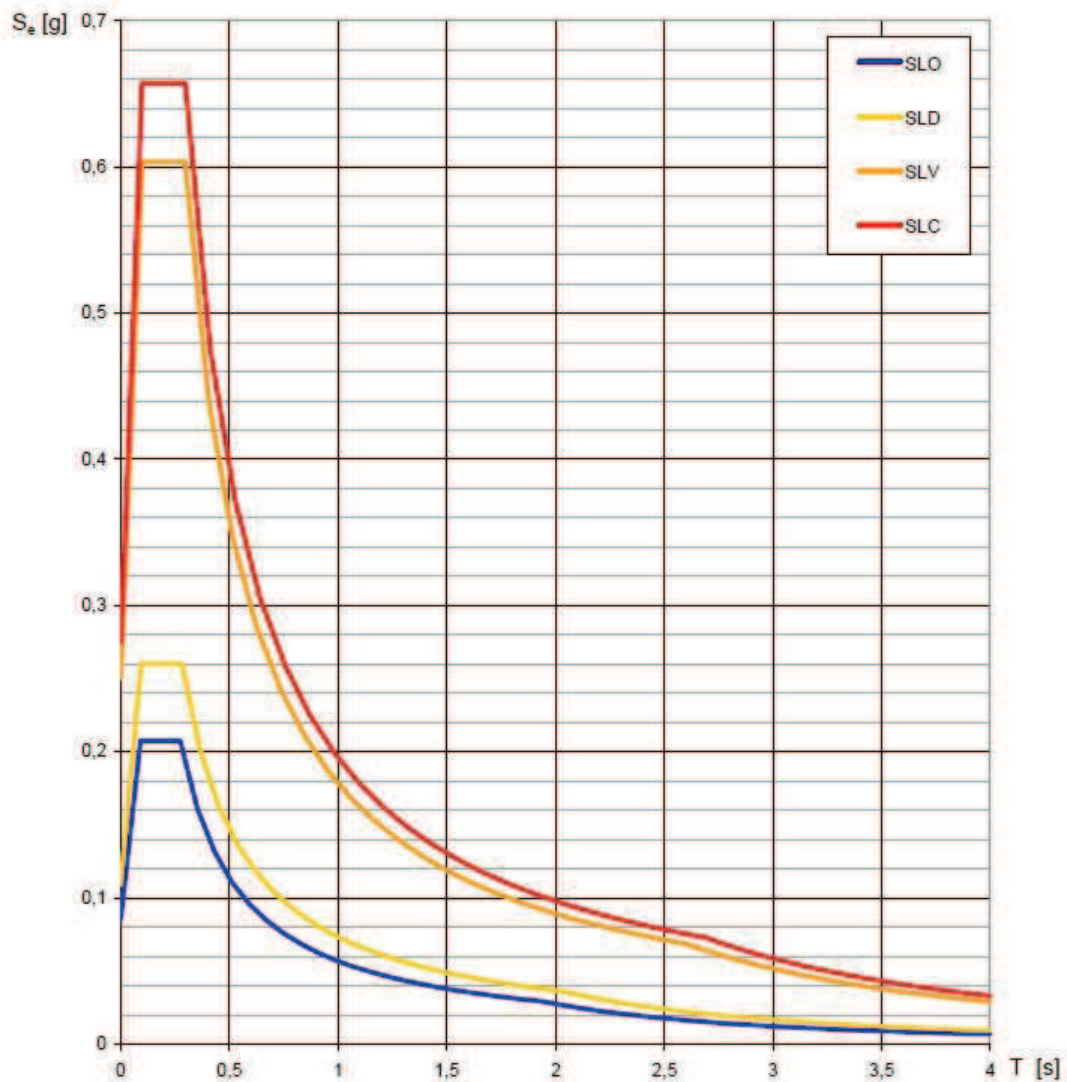
Galleria artificiale S Agata 2 (nord)

Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro Ss per suolo tipo B: 1,159

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,086	2,427	0,273
SLD	201	0,109	2,383	0,282
SLV	1898	0,251	2,408	0,296
SLC	2475	0,275	2,394	0,298



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – Vr=200 anni

Galleria artificiale S Agata 2 (nord)

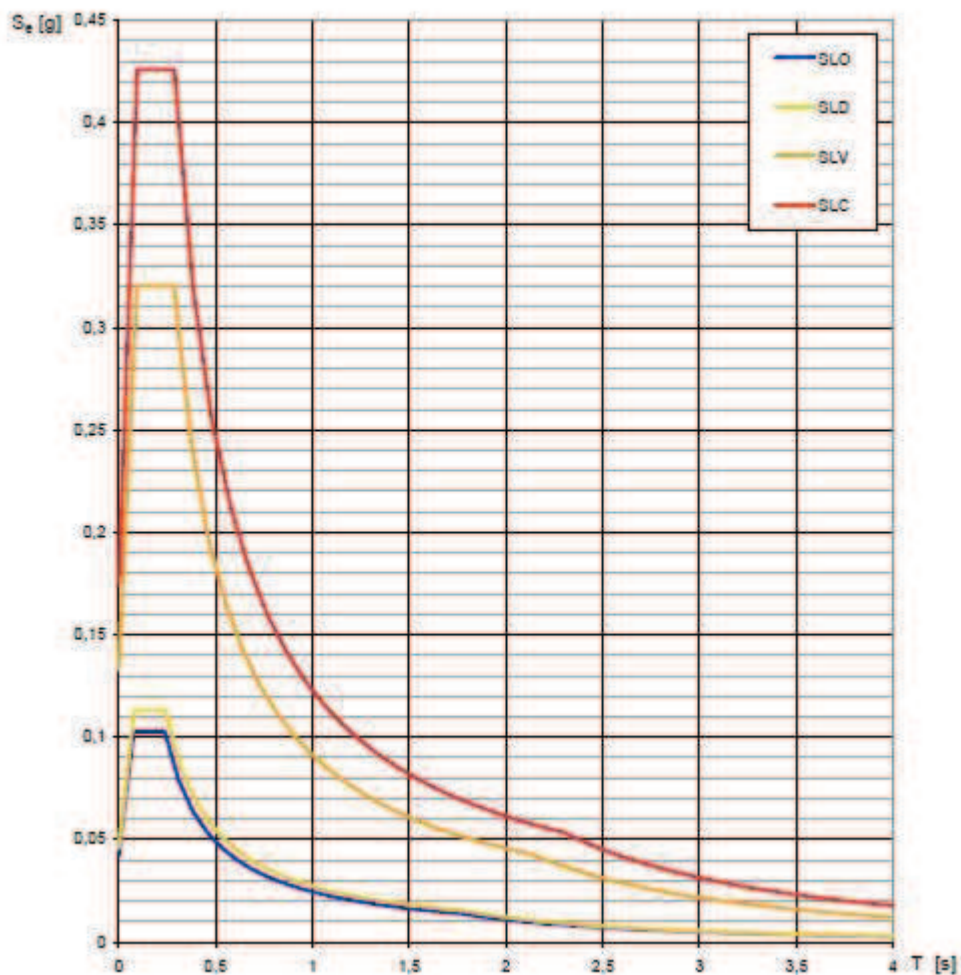
Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro Ss per suolo tipo B: 1,2

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C' [s]
SLO	30	0,042	2,460	0,238
SLD	35	0,046	2,472	0,242
SLV	332	0,133	2,403	0,285
SLC	682	0,175	2,432	0,289

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – Vr=35 anni

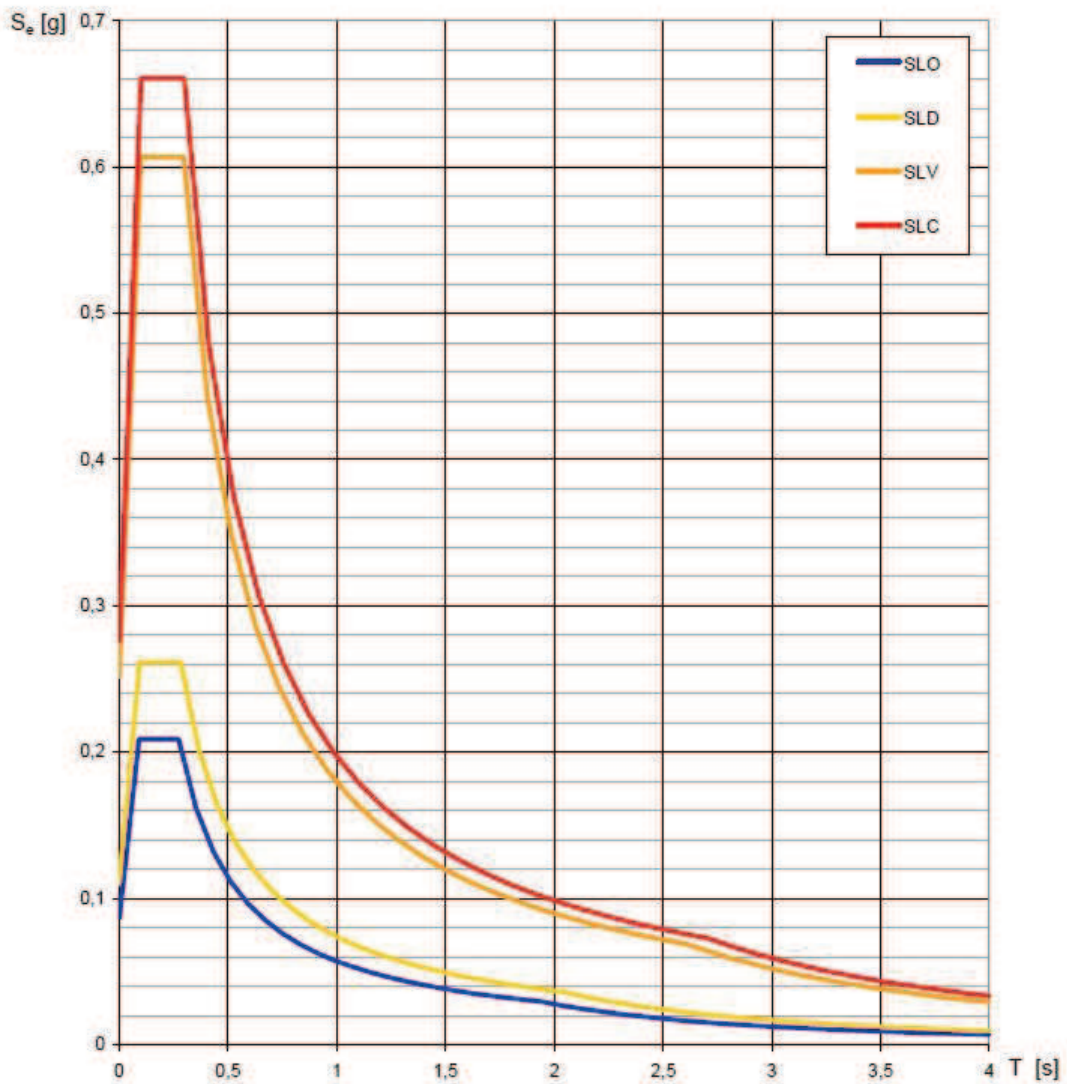
Svincolo Cogollo del Cengio

Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro S_s per suolo tipo B: 1,157

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,086	2,424	0,273
SLD	201	0,110	2,381	0,282
SLV	1898	0,252	2,407	0,296
SLC	2475	0,276	2,392	0,298



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

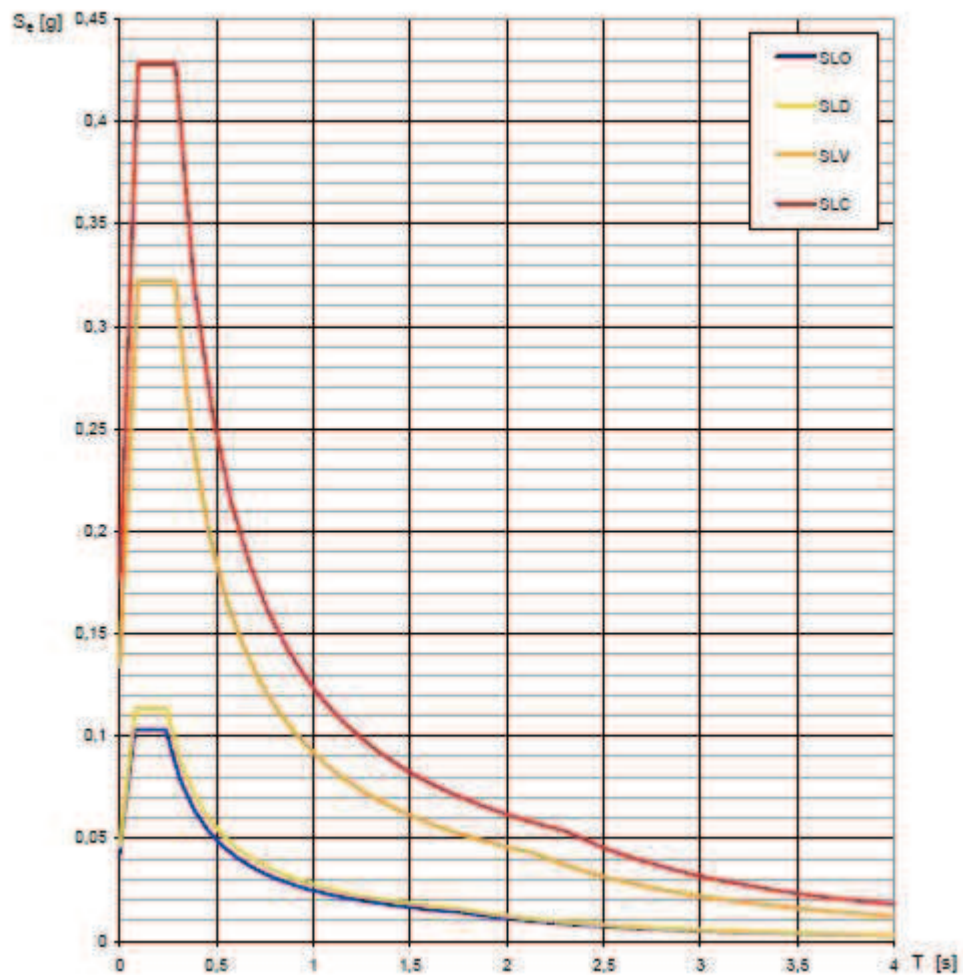
Svincolo Cogollo del Cengio

Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro S_s per suolo tipo B: 1,2

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,042	2,456	0,239
SLD	35	0,046	2,470	0,242
SLV	332	0,134	2,402	0,285
SLC	682	0,176	2,431	0,289



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=35$ anni

Imbocco Galleria naturale Cogollo Sud

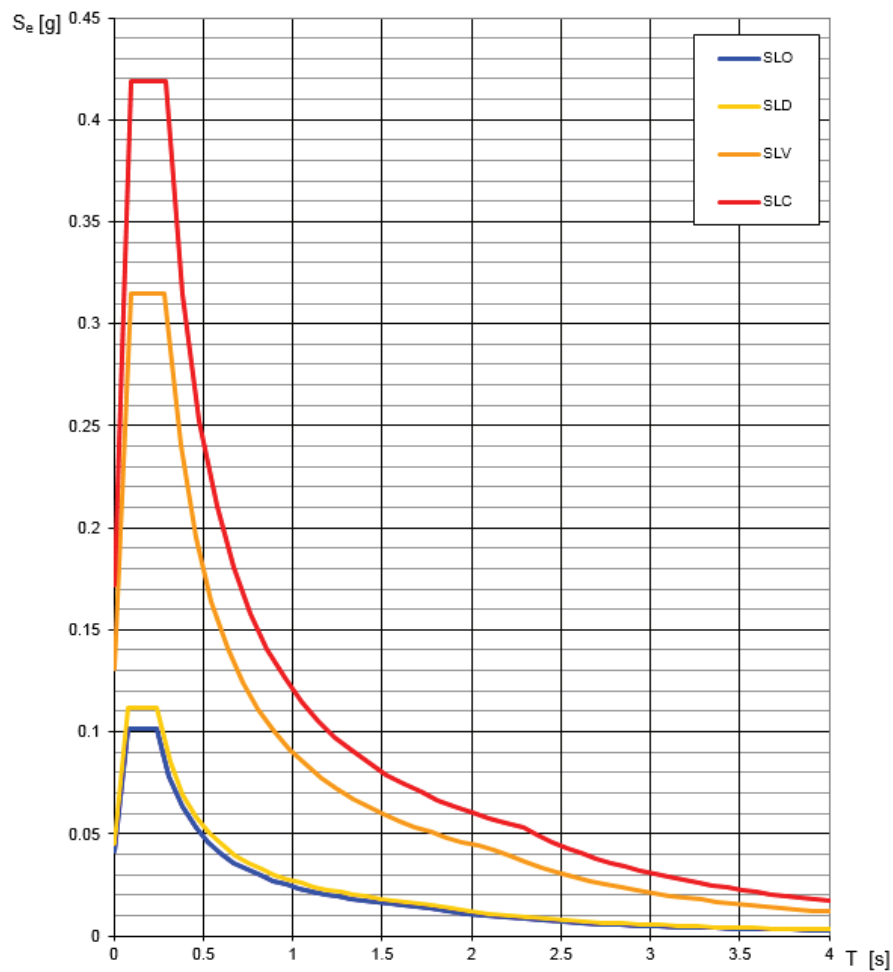
Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro Ss per suolo tipo B: 1.2

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.041	2.476	0.238
SLD	35	0.045	2.480	0.242
SLV	332	0.131	2.411	0.285
SLC	682	0.172	2.436	0.288

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

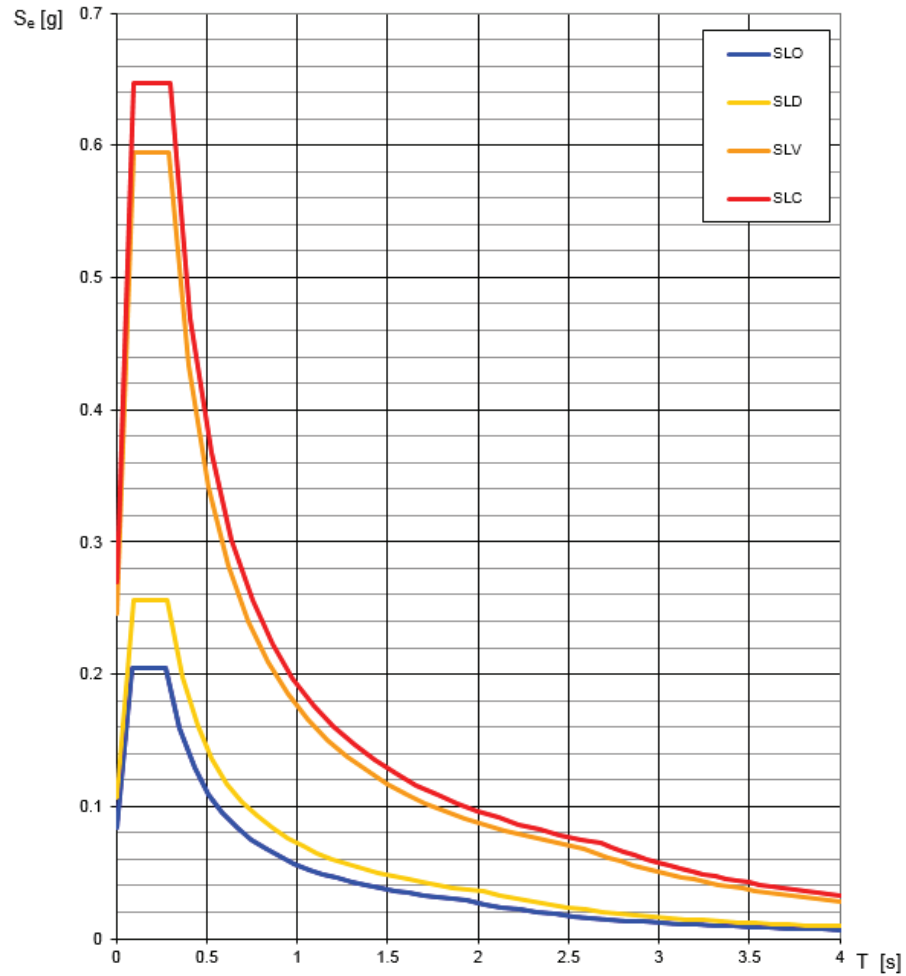


Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – Vr=35 anni

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.084	2.438	0.273
SLD	201	0.107	2.396	0.281
SLV	1898	0.246	2.413	0.295
SLC	2475	0.270	2.398	0.298

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

Imbocco Galleria Naturale Cogollo Nord

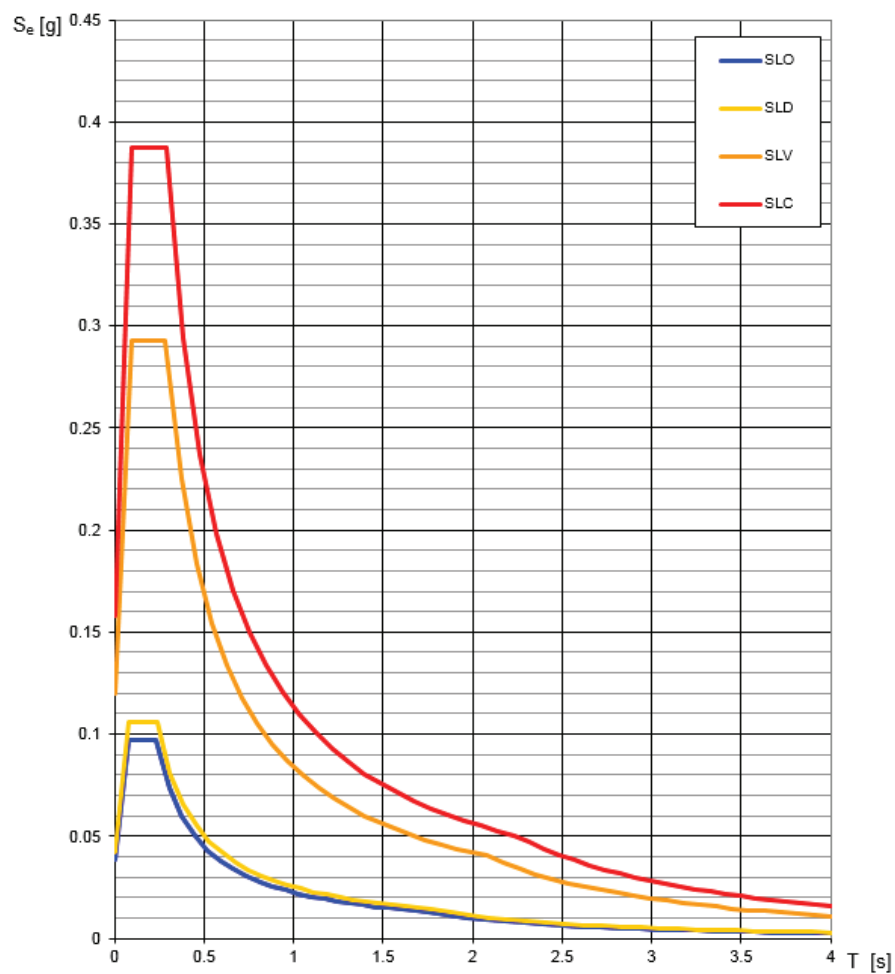
Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = A

Parametro S_s per suolo tipo A: 1.0

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.038	2.538	0.232
SLD	35	0.042	2.517	0.239
SLV	332	0.120	2.440	0.287
SLC	682	0.158	2.449	0.291

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

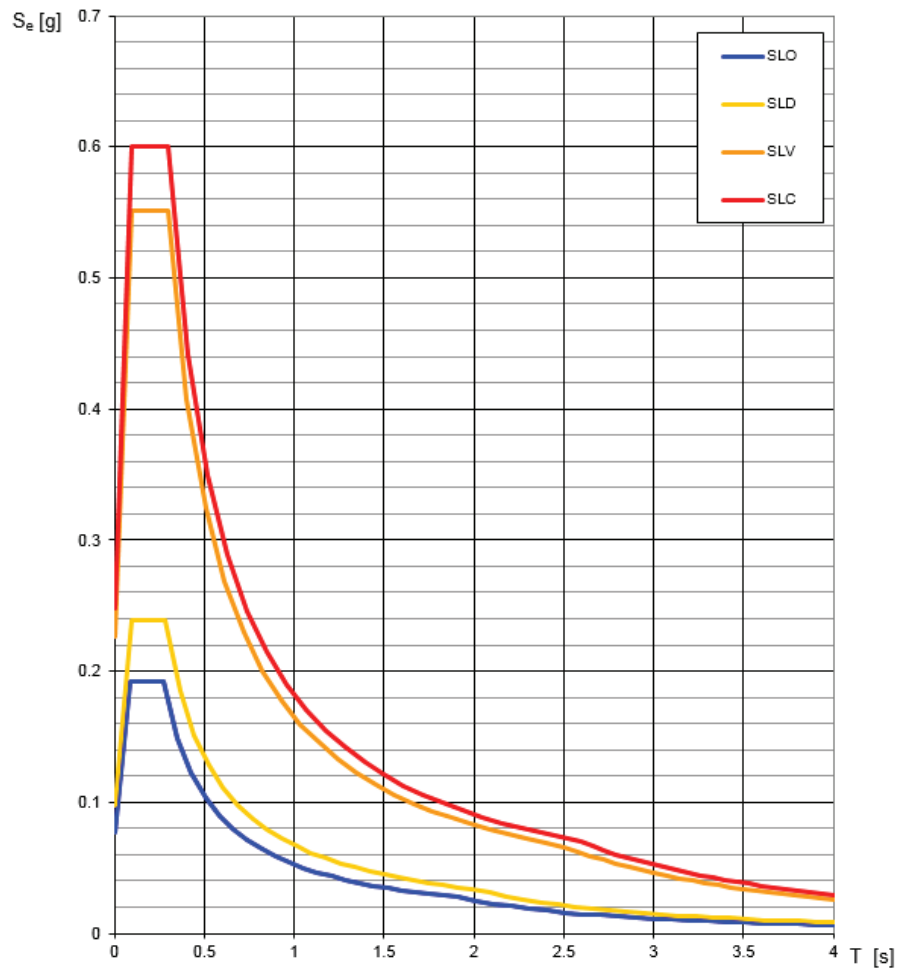


Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=35$ anni

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.077	2.478	0.274
SLD	201	0.098	2.445	0.282
SLV	1898	0.226	2.433	0.300
SLC	2475	0.248	2.422	0.303

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

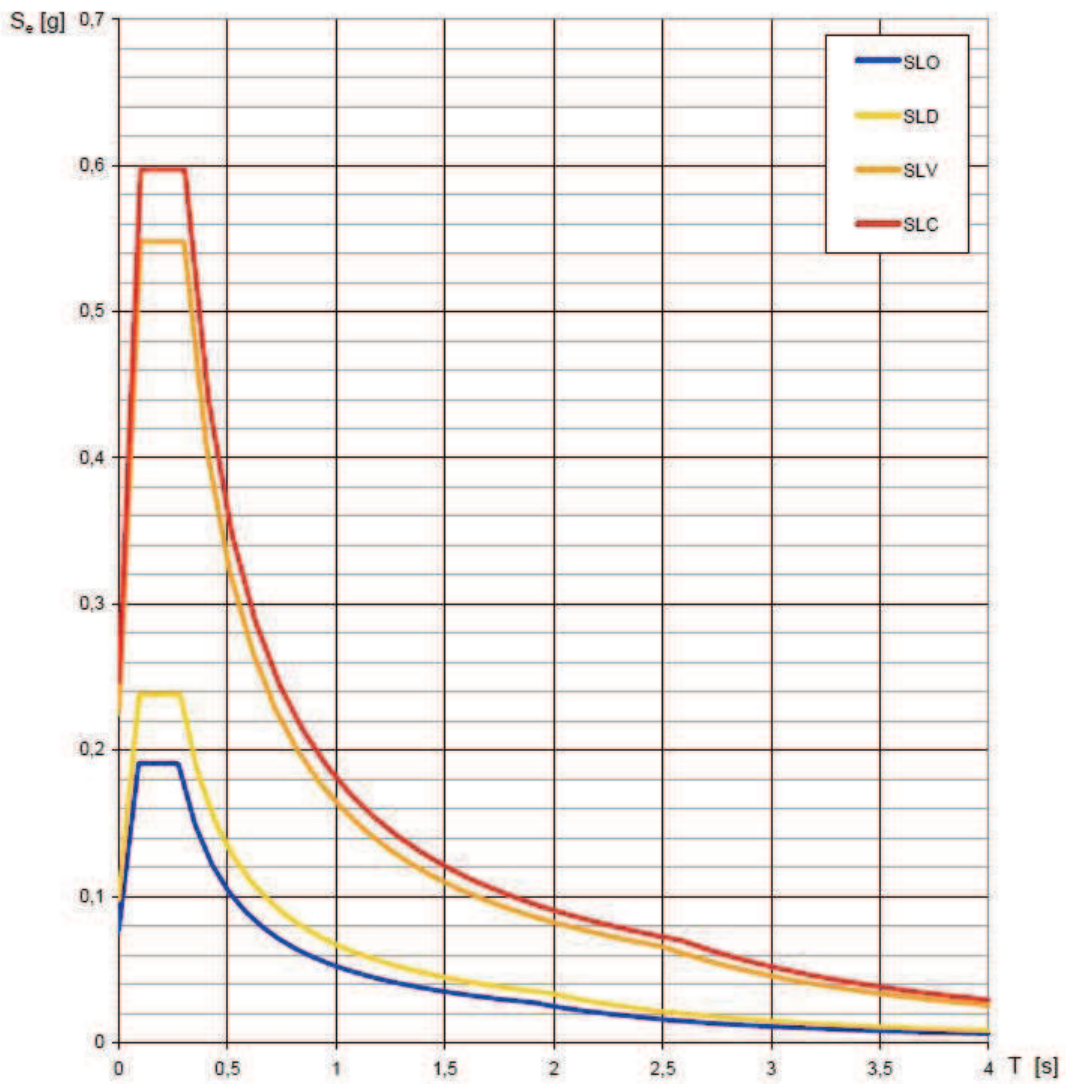
Viadotto Assa

Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = A

Parametro S_s per suolo tipo B: 1,187.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,077	2,481	0,274
SLD	201	0,097	2,449	0,282
SLV	1898	0,225	2,435	0,300
SLC	2475	0,246	2,423	0,303



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

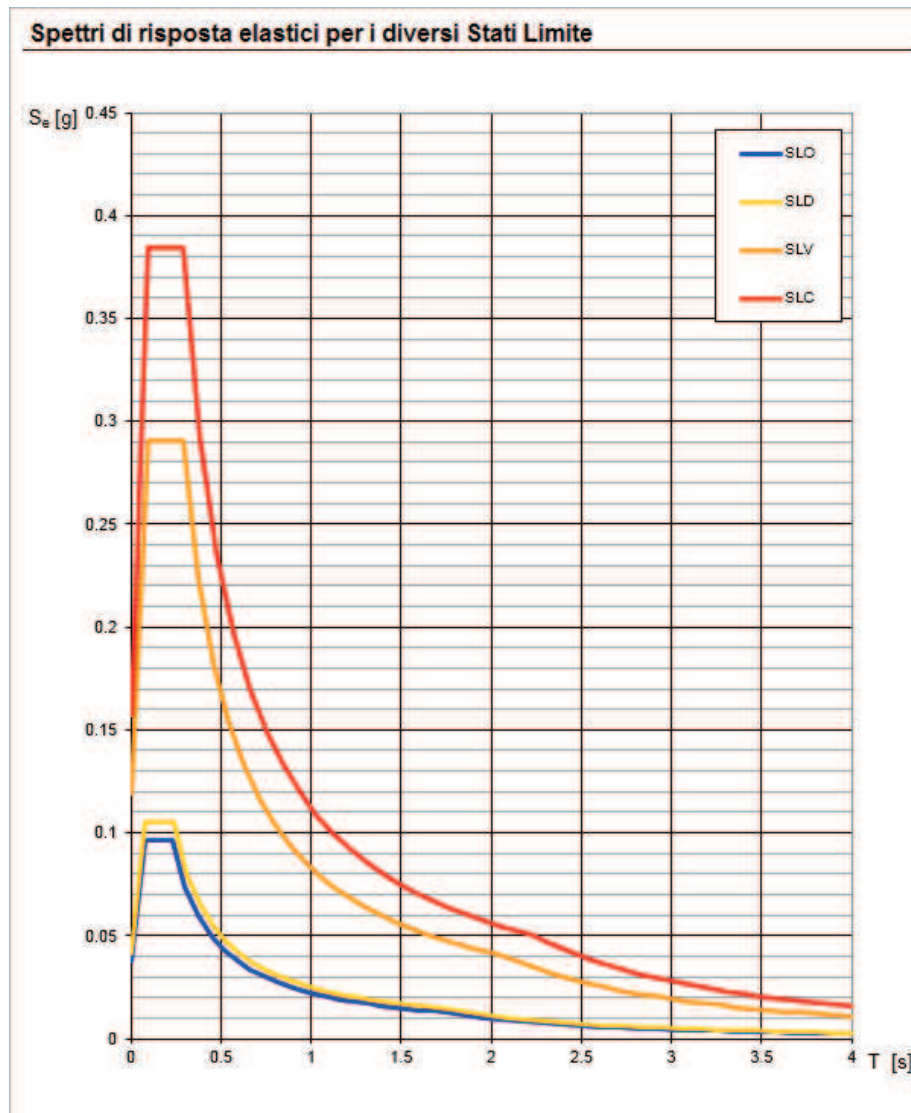
Imbocco Galleria Naturale Pedescala Sud

Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = A

Parametro S_s per suolo tipo A: 1,0.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.038	2.543	0.231
SLD	35	0.042	2.521	0.238
SLV	332	0.119	2.443	0.287
SLC	682	0.157	2.450	0.292

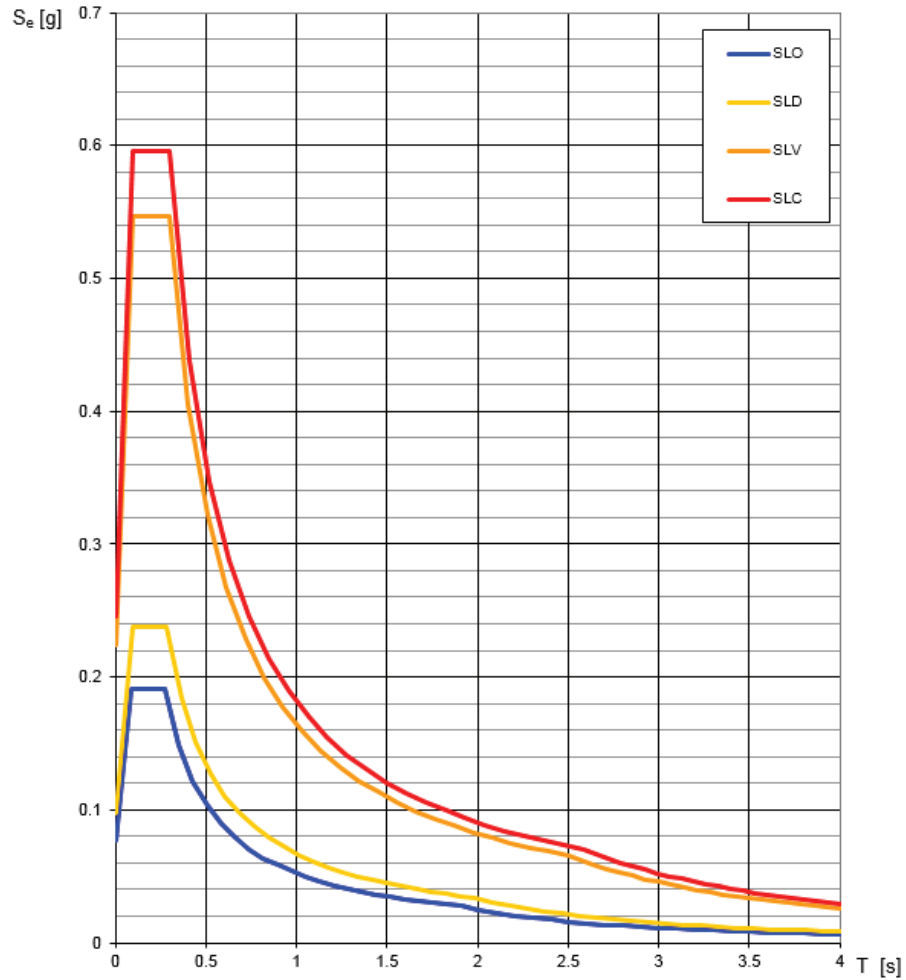


Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=35$ anni

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.077	2.482	0.274
SLD	201	0.097	2.450	0.282
SLV	1898	0.224	2.435	0.300
SLC	2475	0.246	2.424	0.304

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

Imbocco Galleria Naturale Pedescala Nord

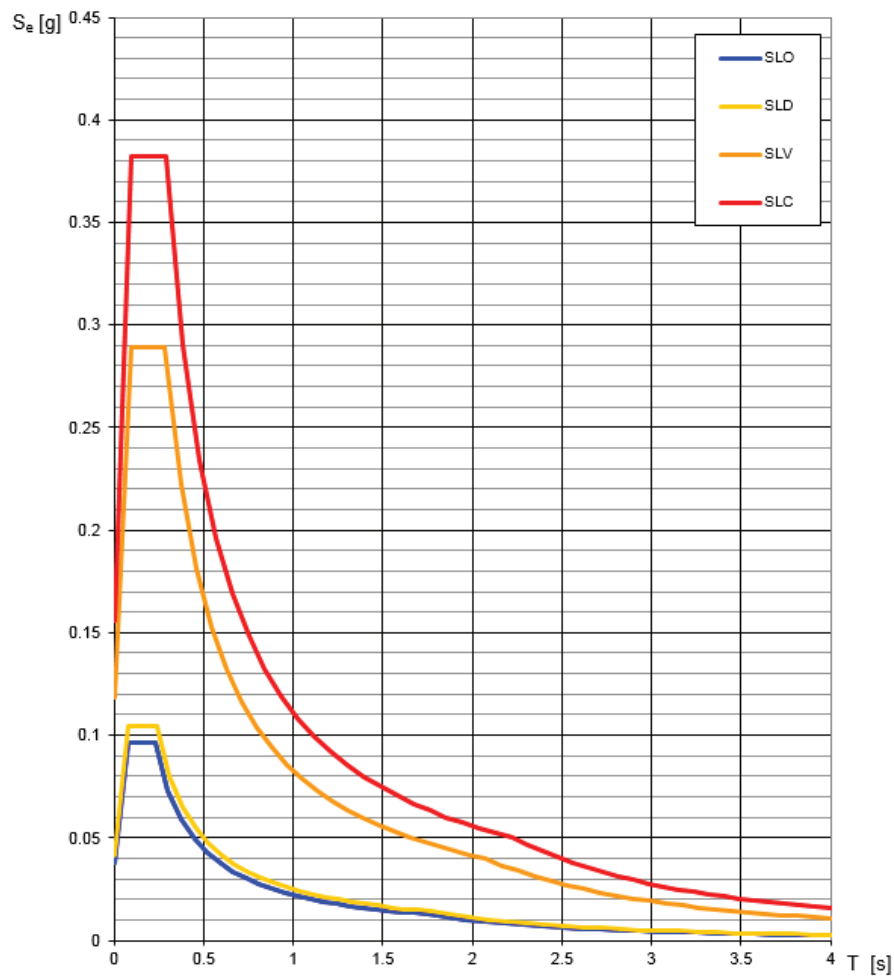
Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = A

Parametro S_s per suolo tipo A: 1,0.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.038	2.548	0.231
SLD	35	0.041	2.524	0.238
SLV	332	0.118	2.445	0.287
SLC	682	0.156	2.451	0.292

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

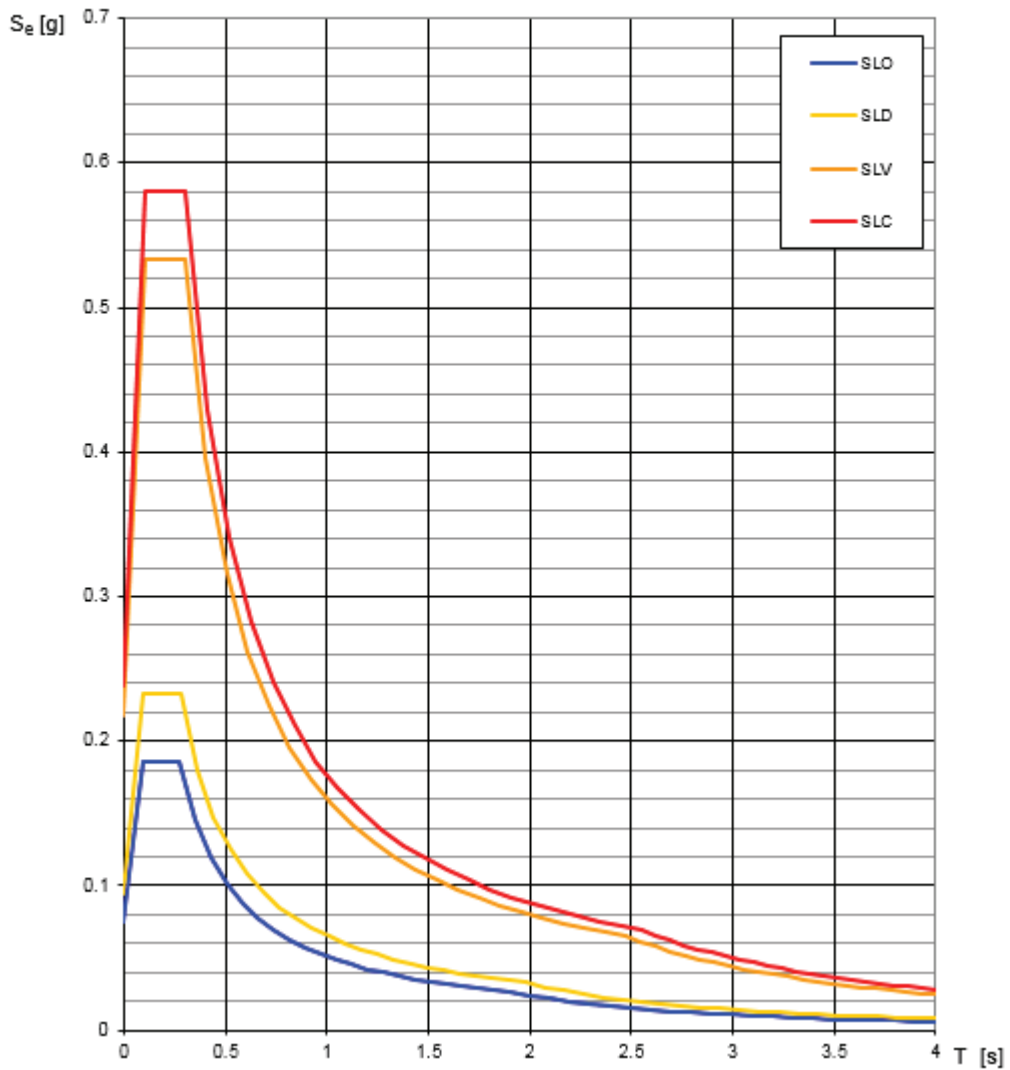


Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=35$ anni

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	120	0.075	2.498	0.274
SLD	201	0.094	2.469	0.281
SLV	1898	0.218	2.443	0.301
SLC	2475	0.239	2.432	0.304

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – Vr=200 anni

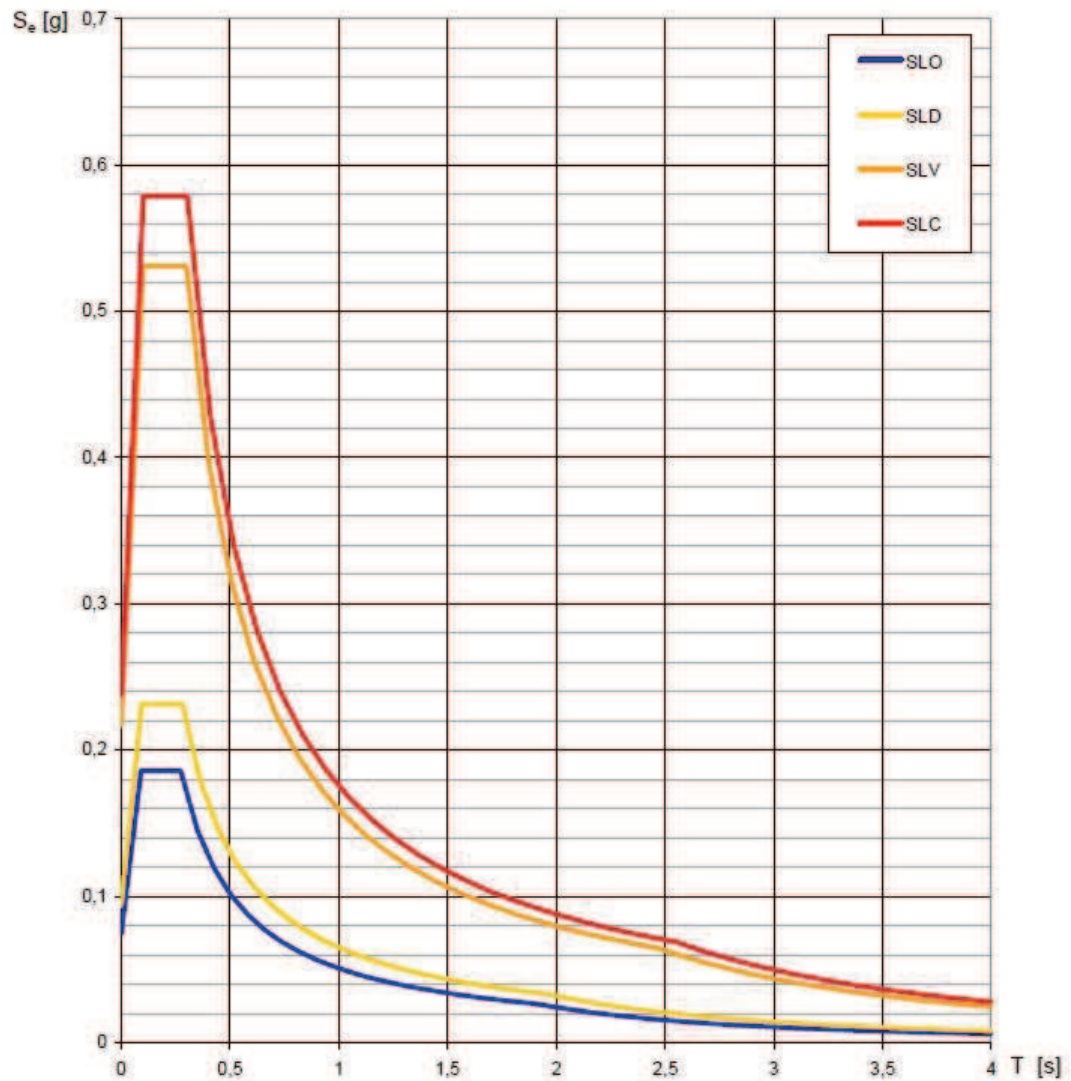
Viadotto Settecà

Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro S_s per suolo tipo B: 1,188

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C' [s]
SLO	120	0,074	2,501	0,274
SLD	201	0,094	2,472	0,281
SLV	1898	0,217	2,444	0,300
SLC	2475	0,238	2,434	0,304



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

Viadotto Settecà

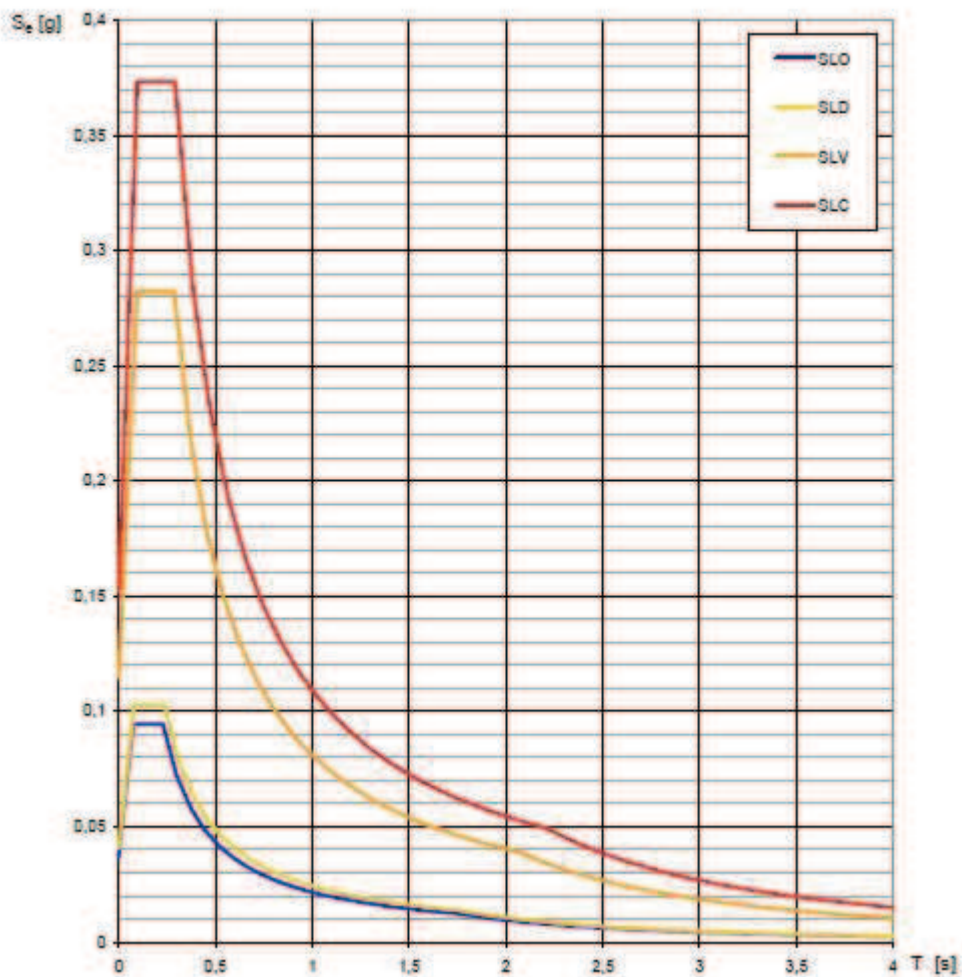
Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro S_s per suolo tipo B: 1,2

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
SLO	30	0,037	2,564	0,229
SLD	35	0,041	2,535	0,237
SLV	332	0,115	2,454	0,287
SLC	682	0,152	2,456	0,292

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=35$ anni

Imbocco Galleria Naturale San Pietro Sud

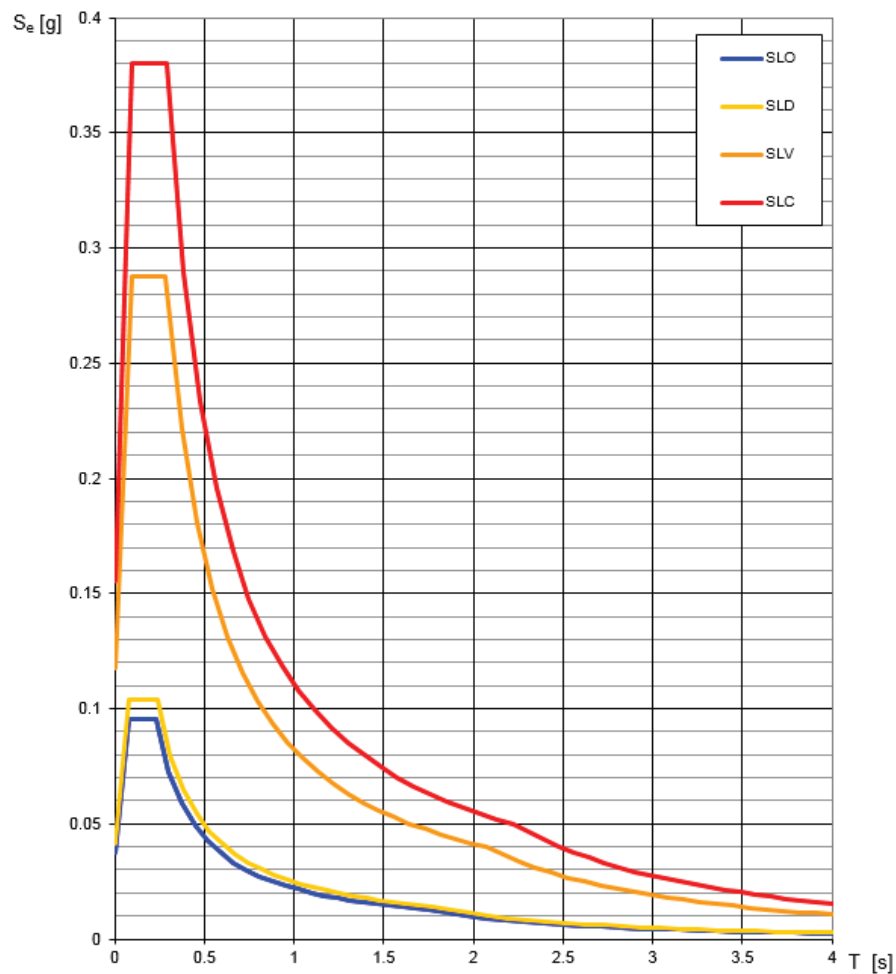
Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro Ss per suolo tipo B: 1,2

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.038	2.551	0.231
SLD	35	0.041	2.527	0.238
SLV	332	0.117	2.447	0.287
SLC	682	0.155	2.452	0.292

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

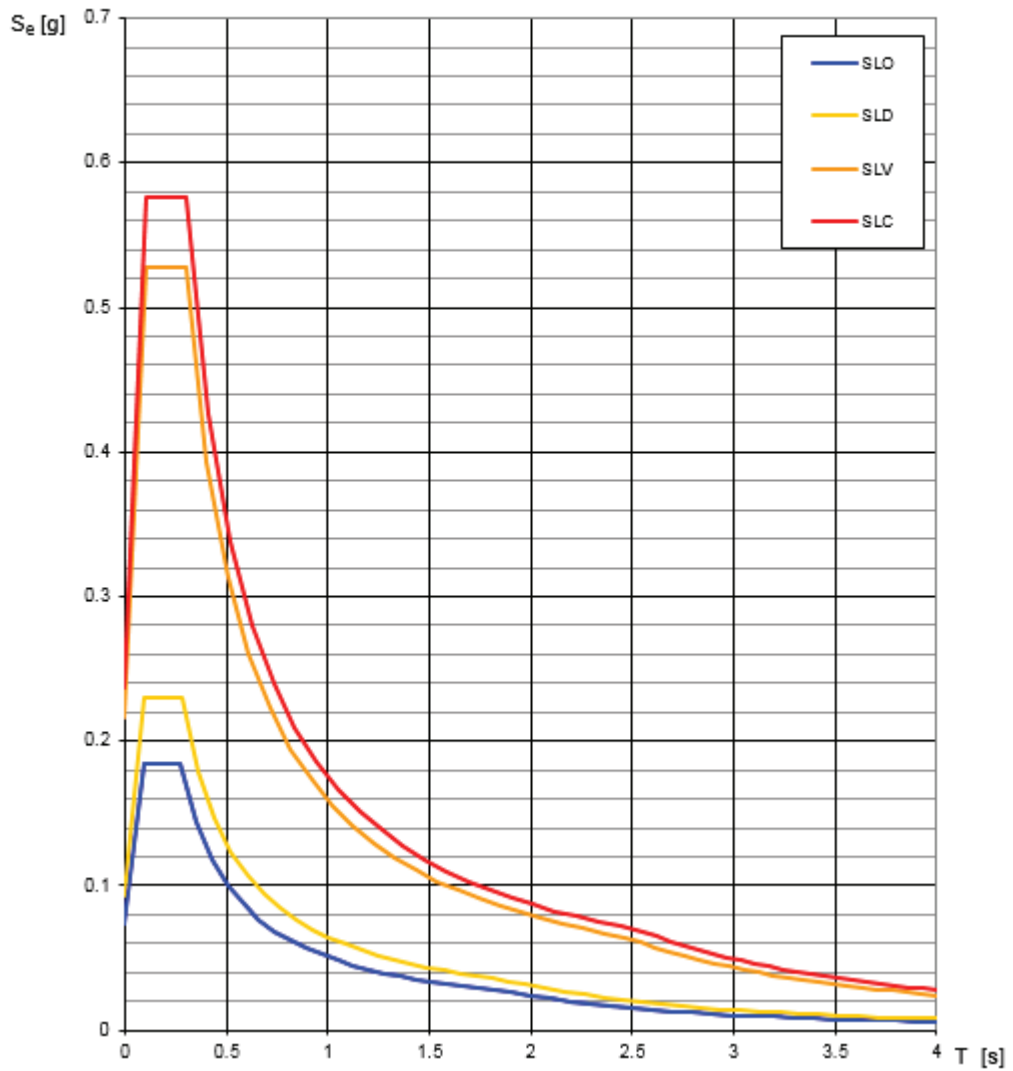


Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – Vr=35 anni

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.074	2.504	0.274
SLD	201	0.093	2.475	0.281
SLV	1898	0.216	2.445	0.300
SLC	2475	0.237	2.435	0.303

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

Imbocco Galleria Naturale San Pietro Nord

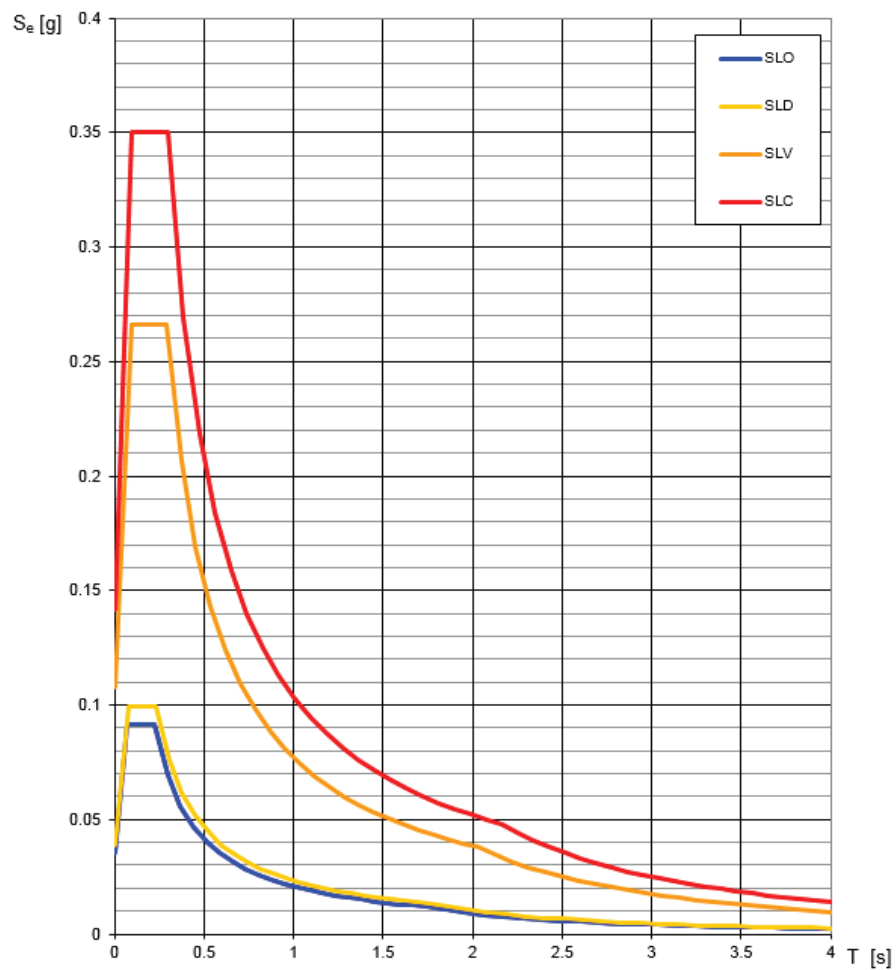
Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro Ss per suolo tipo B: 1,2

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.035	2.585	0.226
SLD	35	0.039	2.555	0.235
SLV	332	0.108	2.473	0.289
SLC	682	0.142	2.472	0.296

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

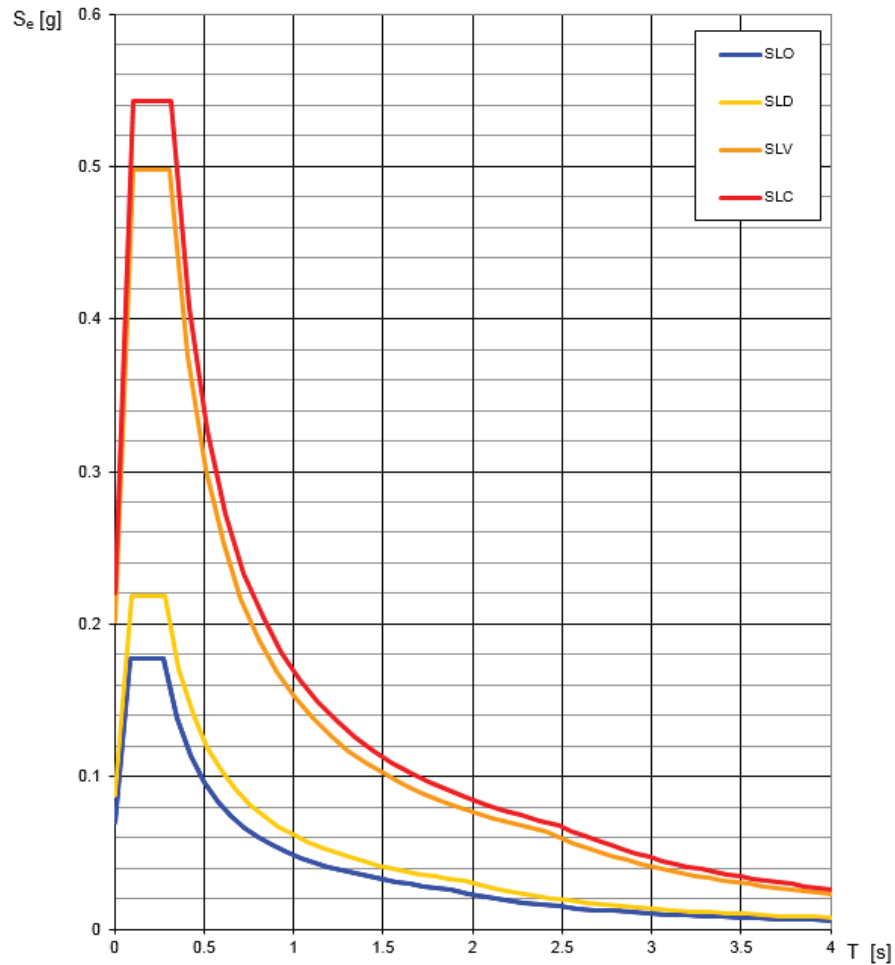


Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – Vr=35 anni

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.070	2.540	0.275
SLD	201	0.088	2.496	0.283
SLV	1898	0.202	2.467	0.308
SLC	2475	0.221	2.460	0.312

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

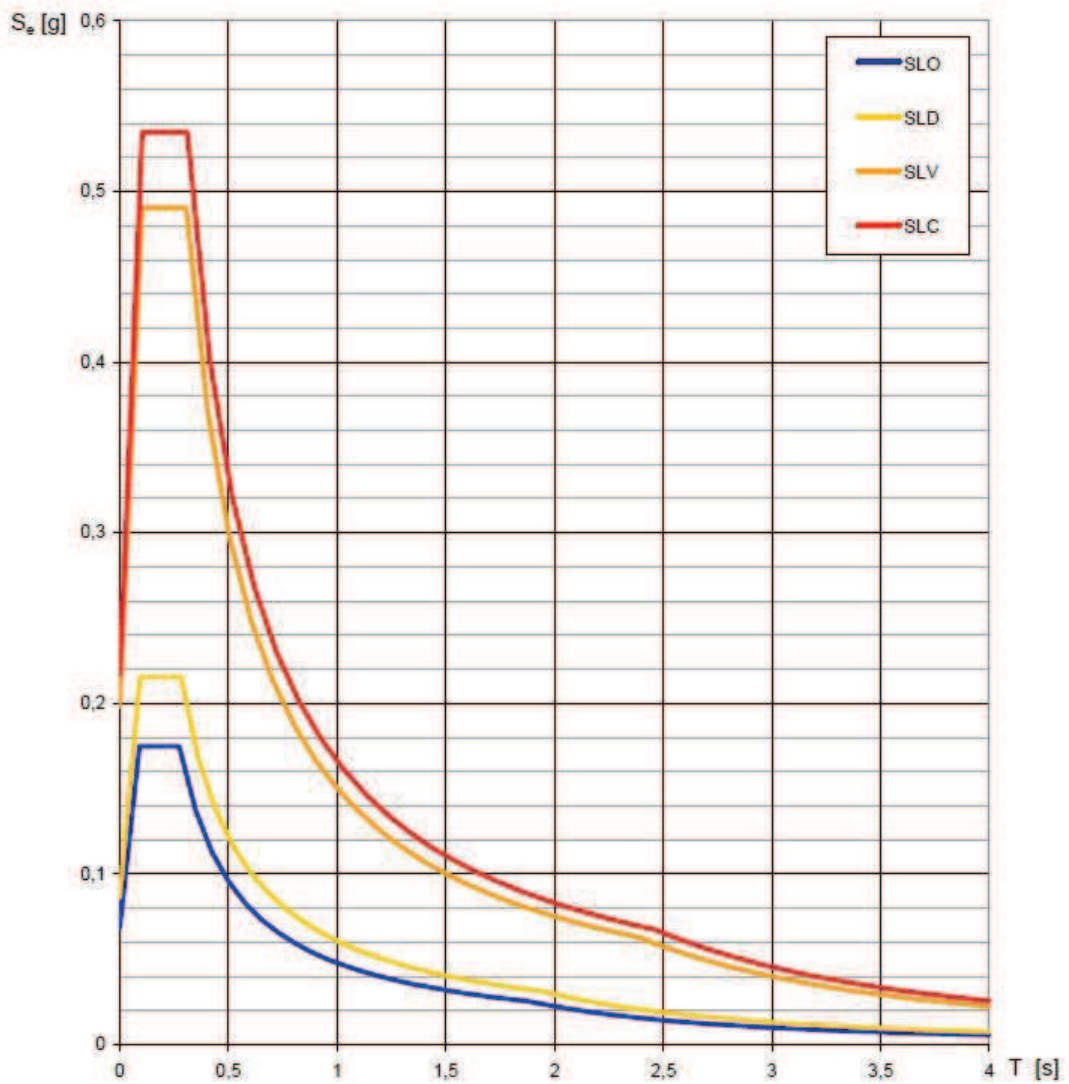
Viadotto Molino e svincolo Pedemonte

Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro S_s per suolo tipo B: 1,200

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,068	2,554	0,274
SLD	201	0,086	2,508	0,282
SLV	1898	0,198	2,471	0,306
SLC	2475	0,217	2,464	0,311



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=200$ anni

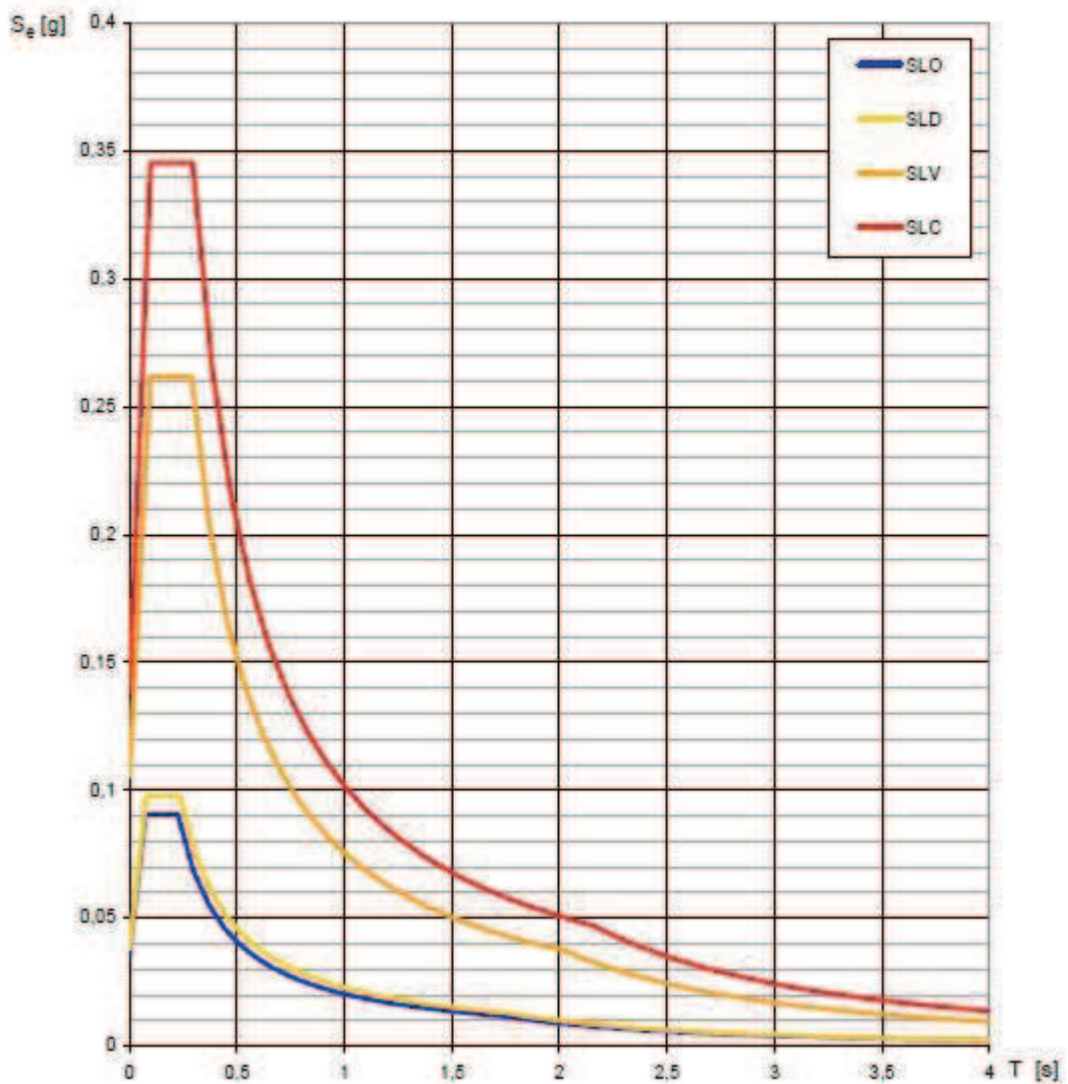
Viadotto Molino e svincolo Pedemonte

Classificazione sismica = Zona 3

Categoria di suolo di fondazione = B

Parametro S_s per suolo tipo B: 1,200

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,035	2,586	0,225
SLD	35	0,038	2,560	0,234
SLV	332	0,106	2,478	0,289
SLC	682	0,140	2,474	0,295



Spettro di risposta elastico di riferimento per i diversi stati limite – $V_r=35$ anni

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL’ASTICO

Come si evince dalla tabella seguente, la differenza in termini di accelerazione sismica è minima se si considera il comune in cui è prevista la realizzazione dell’opera o la coordinata esatta in cui verrà realizzata. In base a questa osservazione si rimanda quindi allo specifico elaborato di progetto per la definizione dell’accelerazione sismica utilizzata per il dimensionamento di ogni struttura.

Opera	Coordinate ED50		$a_g - SLV$		Comune	$a_g - SLV$	
	Long.	Lat.	VR 35	VR 200		VR 35	VR 200
Viadotto Piovene	11.438	45.769	0.136	0.256	Cogollo del Cengio	0.133	0.251
Galleria S. Agata 1	11.427	45.775	0.135	0.253			
Viadotto Colombara	11.422	45.776	0.135	0.253			
Galleria S. Agata 2 - sud	11.425	45.776	0.135	0.253			
Galleria S. Agata - nord	11.413	45.781	0.133	0.251			
Svincolo Cogollo	11.419	45.778	0.132	0.252			
Imbocco Cogollo Sud	11.404	45.793	0.131	0.246			
Imbocco Cogollo Nord	11.378	45.847	0.120	0.226			
Viadotto Assa	11.376	45.846	0.120	0.225	San Pietro Valdastico	0.109	0.205
Imbocco Pedescala Sud	11.377	45.848	0.119	0.224			
Imbocco Pedescala Nord	11.366	45.861	0.118	0.218			
Viadotto Settecà	11.363	45.862	0.118	0.217			
Imbocco San Pietro Sud	11.361	45.865	0.117	0.216			
Imbocco San Pietro Nord	11.344	45.893	0.108	0.202			
Viadotto Molino	11.339	45.895	0.108	0.198			
Svincolo Pedemonte	11.339	45.895	0.108	0.198			

5. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

La presenza di materiali sciolti granulari richiede alcuni commenti circa la possibilità o meno di sviluppo di fenomeni di liquefazione durante eventuali attività sismiche. La liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o rigidità causata dall’aumento di pressione interstiziale in un terreno sabbioso saturo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l’annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Vale la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell’area può non verificarsi mai un sisma con energia sufficiente. Viceversa possono esserci le energie sufficienti ma le caratteristiche granulometriche dei litotipi possono essere tali da non essere suscettibili di liquefazione.

Il “Testo Unico - Norme tecniche per le costruzioni”, DM 18/01/2008, indica al punto 7.11.3.4.2 che le verifiche alla liquefazione per le opere possono essere omesse quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero inferiori a $0.1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e per strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$, dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata attraverso le prove SPT, normalizzata ad una tensione efficace di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna all’ambito dei fusi forniti nella fig. 7.11.1 delle NTC 2008 (figura 5.1 del testo) in funzione di un coefficiente di uniformità superiore o inferiore a 3,5.

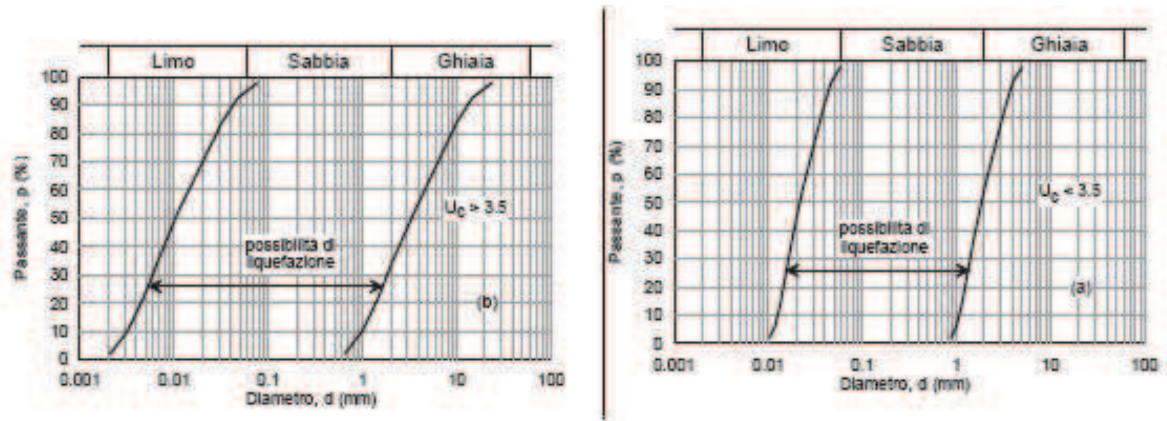


Figura 5.1 Fusi granulometrici di figura 7.1.1 delle NTC 2008

Nel caso in studio si ritiene di poter escludere il rischio liquefazione in quanto i valori di magnitudo massima attesi al sito, sulla base dell'analisi storica, sono tendenzialmente inferiori a 5, la falda nei materiali sciolti staziona a profondità significative e superiori a 15 m da p.c. (ci si riferisce in particolare al tratto Piovene – Svincolo Cogollo, mentre fanno eccezione gli attraversamenti dell'Astico dove la falda staziona a modesta profondità), i valori di (N1)60 dedotti dalle prove SPT sono (laddove il numero di colpi, come spesso accade, non raggiunge condizioni di rifiuto) normalmente superiori a 30 (vedi appendice relazione geotecnica, di cui la figura 5.2 allegata costituisce un esempio), la granulometria dei terreni è fondamentalmente ghiaiosa solo debolmente sabbiosa (40-60% di ghiaia con punte fino al 70% nei depositi alluvionali dell'Astico, e contenuto di fine variabile fra 5 – 20% - figura 5.2) con curva in massima parte esterna ai fusi granulometrici riportati in figura 5.1.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

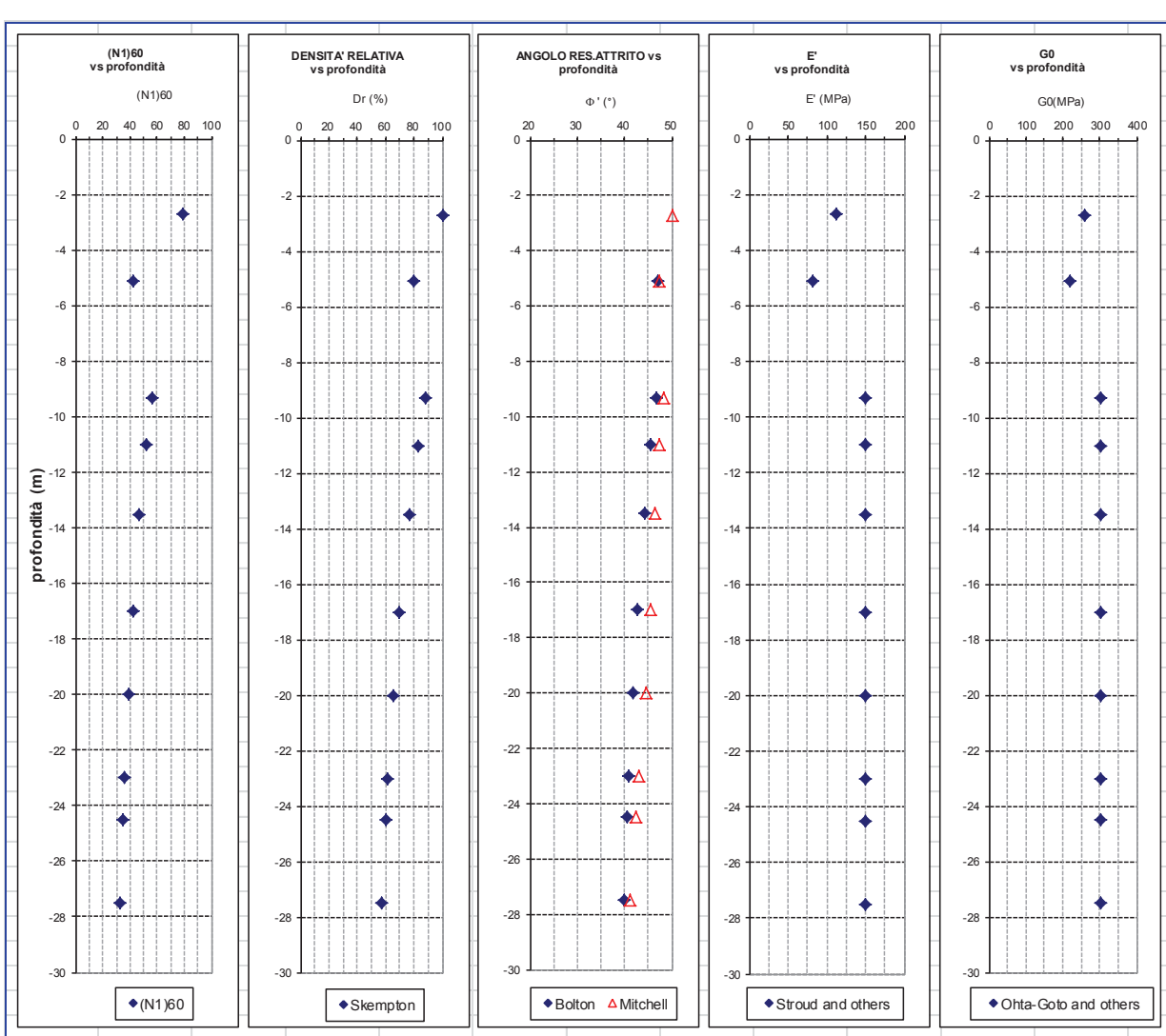


Figura 5.2 Interpretazione prove SPT sondaggio S2D con rappresentazione dei valori di (N1)60

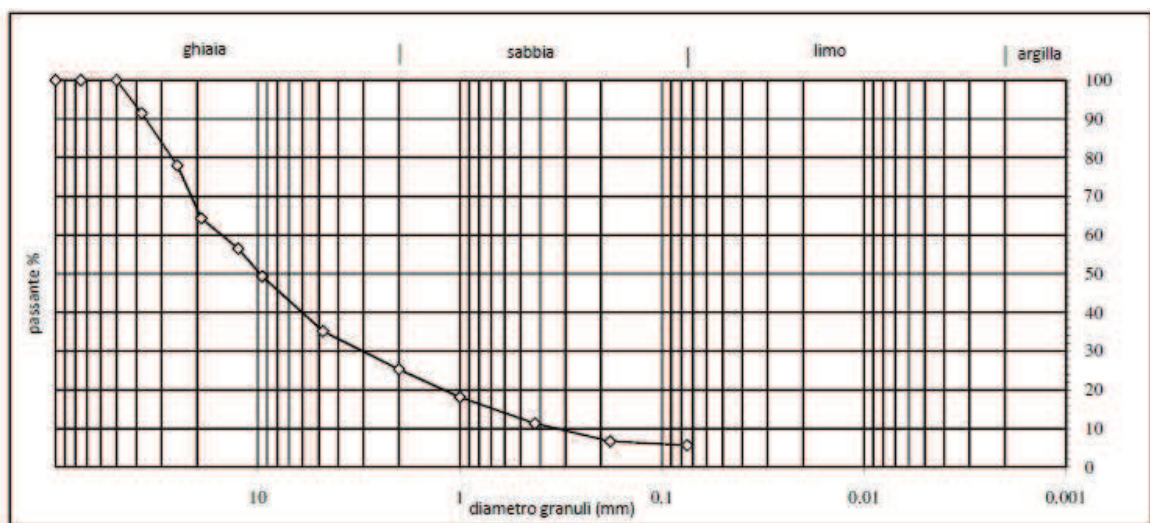


Figura 5.3 Sondaggio S12D viadotto Settecà. Analisi granulometrica campione CR4 prelevato a profondità 6,0-6,5 m da p.c. (la falda staziona a circa 3,5 m da p.c.)