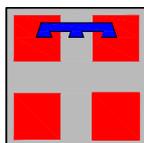




Autostrada Asti-Cuneo



PROVINCIA DI ASTI



REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DI CUNEO

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE ASTI - CUNEO

TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE)

LOTTO 6 RODDI - DIGA ENEL

PROGETTO ESECUTIVO
STUDI E INDAGINI

GEOLOGIA E IDROLOGIA

RELAZIONE SISMICA - TRATTA ALL'APERTO

Aggiornato: 00	Data : Apr. 2013	Descrizione: EMISSIONE	Redatto: Dott. Anselmi	Controllato: Ing. Ossesia	Approvato: Ing. Ghislandi	Codifica: 2.6 E - r B.1.1.02
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Lotto Prog. Tipo Elaborato
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data: Marzo 2015
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Scala: -



PROGETTISTA E RESP. INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Enrico Ghislandi
Albo di Milano
N° A 16993

GEOLOGO :
Dott. Geol. Maurizio Conte
Albo dei Geologi delle Marche
N° 409

CONCESSIONARIA:





INDICE

1. PREMESSA	2
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE	4
4. CLASSIFICAZIONE SISMICA (MACROZONAZIONE) DELL'AREA	6
5. DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (MICROZONAZIONE)	8
5.1 STRATIGRAFIA DEI TERRENI	8
5.2 CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	9
6. PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA E DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO	10
6.1 AZIONE SISMICA LOCALE E SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DELL'AREA PERCORSO DALLA NUOVA INFRASTRUTTURA	22
6.2 LIQUEFACIBILITÀ DEI TERRENI	30
7. BIBLIOGRAFIA	33



1. PREMESSA

La presente relazione è finalizzata a definire gli elementi sismici per il Progetto Esecutivo del Collegamento Stradale Cuneo-Asti, Tronco 2 - Lotto 6 (Roddi-Diga ENEL).

Complessivamente il Tronco 2 interessa la fascia di fondovalle legata al corso del F. Tanaro, da Asti fino all'altopiano di Marene, nella zona dove è previsto il raccordo con l'attuale A6 Autostrada Torino-Savona. Il Lotto 6, in particolare, si sviluppa lungo il fondovalle del F. Tanaro dal versante sottostante la Cascina dello Spià (Comune di La Morra) sino al margine ovest del territorio Comunale di Alba. Il primo tratto si svolge quasi completamente in galleria, da poco oltre l'inizio del Lotto (Lato Cuneo) allo svincolo di Verduno.

In particolare si è proceduto ad illustrare la sismicità dell'area ed a fornire una caratterizzazione sismica preliminare dei terreni di fondazione interessati dal tracciato e dalle opere principali con le seguenti finalità:

- macrozonazione sismica dell'area attraverso l'individuazione delle zone sismiche dei comuni attraversati dalla nuova infrastruttura autostradale ai sensi della D.G.R. 19 gennaio 2010, n. 11-13058 e s.m.i.
- definire la categoria del suolo di fondazione lungo il tracciato (microzonazione) attraverso i profili di velocità ottenuti con le prove geofisiche in sito e con i valori NSPT misurati nei sondaggi geognostici, secondo quanto specificato al paragrafo 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 - "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- caratterizzare la pericolosità sismica dell'area mediante l'individuazione dei parametri a_g (accelerazione orizzontale massima del terreno) e dell'Intensità macrosismica I_{max} ;
- definire per ogni comune i parametri spettrali che definiscono lo spettro di risposta elastico di riferimento in accelerazione $S_e(T)$, dai quali viene poi ricavato dal progettista lo spettro di progetto $S_d(T)$ caratteristico del tipo d'opera seguendo le modalità riportate nel D.M. 14 gennaio 2008.

La prima fase ha pertanto comportato una ricerca bibliografica per l'acquisizione della documentazione scientifica e tecnica relativa all'area, la consultazione dei documenti ed elaborati prodotti dai Servizi Tecnici della Regione Piemonte, della provincia di Cuneo, la raccolta dati e le informazioni provenienti dagli studi geologici allegati ai PRG dei territori comunali interessati dal tracciato e, per quanto riguarda la pericolosità sismica dell'area, si è fatto riferimento alle mappe ed ai dati pubblicati dal Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti GNDT, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV e dal CNR Istituto Nazionale di Geofisica. L'elenco dei documenti consultati è riportato al capitolo 8 in coda al presente rapporto.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- **D.G.R. 3 febbraio 2012, n. 7-3340:** Modifiche e integrazioni alle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011.

- **D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084:** D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010. Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese.

- **D.G.R. 18 febbraio 2011, n. 8-1517:** Modifica del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio piemontese come approvata con D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010 e ulteriori disposizioni.

- **D.G.R. 1 marzo 2010, n. 28-13422:** Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio piemontese approvata con D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010 e ulteriori disposizioni.

- **D.G.R. 19 gennaio 2010, n. 11-13058:** Aggiornamento ed adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006).

- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione del territorio nazionale.

- **D.M. 14.01.2008:** Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni

- **O.P.C.M. 3519 del 28/04/2006 (G.U. 11.5.2006 n.108):** Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.

- **O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 (Supplemento ordinario alla G.U. 8.5.2003 n.105).** Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE

Il tracciato autostradale in progetto si sviluppa nella zona occidentale della Pianura padana in corrispondenza della porzione meridionale del Piemonte, a nord-est della provincia di Cuneo, nell'area posta a valle della confluenza del torrente Stura di Demonte nel Fiume Tanaro. Il contesto geologico regionale nel quale è inserita l'area in esame è compreso nei Fogli 68-Carmagnola, 69-Asti, della Carta Geologica d'Italia, a scala 1:100.000.

L'area interessata dal progetto rientra a scala regionale nel margine settentrionale delle colline delle Langhe, le quali dal punto di vista geologico, sono impostate su di una sequenza sedimentaria marina molto potente, prevalentemente terrigena, argille e sabbie, depositatesi all'interno del Bacino Terziario Ligure-Piemontese, golfo marino instauratosi nel corso dell'Eocene, a seguito delle principali fasi orogenetiche alpine; in particolare la porzione di dominio marino corrispondente alle attuali Langhe coincideva con una depressione sinclinalica allungata da ovest verso est, caratterizzata, durante il Miocene, da tassi di subsidenza maggiori rispetto a quelli marini limitrofi quali ad esempio l'Alto Monferrato (De la Pierre *et alii* 1995).

L'area in esame è inoltre caratterizzata dalla presenza discontinua di coperture, generalmente di ridotto spessore, rappresentate da depositi quaternari.

Dal punto di vista geomorfologico gli elementi principali che caratterizzano l'area percorsa dalla nuova autostrada sono pertanto legati alla dinamica dei corsi d'acqua.

Infatti l'assetto del fondovalle del fiume Tanaro, genera un profondo solco erosionale sul fondo del quale è stata depositata una sottile coltre di depositi alluvionali. La potenza di questi ultimi tende ad aumentare in direzione dei fianchi collinari e a ridursi in direzione dell'alveo del fiume, pur mantenendosi generalmente inferiore alla decina di metri.

Si osserva un netto passaggio tra il substrato, costituito da sedimenti marini appartenenti al BTP, ed i ridotti spessori di depositi alluvionali quaternari.

L'incisione del Fiume Tanaro, nel tratto Cherasco - Alba, si sviluppa trasversalmente, rispetto all'asse della struttura geologica nota come "sinclinale artigiana", e ne attraversa, in particolare, il fianco meridionale, dove affiorano unità stratigrafiche terziarie via via più recenti procedendo verso N-E, con l'avvicinarsi al nucleo della struttura (Carraro *et alii*, 1995).

Al termine del Pliocene l'emersione del settore preso in considerazione risulta pressoché conclusa e i depositi risultano riferibili ad un ambiente di sedimentazione di tipo continentale, depositi quaternari,; pertanto nell'intervallo compreso tra il Pleistocene medio e l'attuale prevalgono fenomeni di erosione a spese del substrato terziario, intervallati da più brevi fasi deposizionali (Cavallo *et alii*, 1986), condizionati dalla diversione del fiume Tanaro, che provocando l'abbassamento del livello di base, innescò un processo generalizzato di erosione regressiva.

L'evoluzione quaternaria dell'area risulta infatti, profondamente condizionata da una serie di importanti fenomeni di deviazione fluviale ("diversione del Po", "tracimazione del fiume Tanaro", ecc), derivanti dall'interazione tra la mobilità tettonica recente, la situazione morfologica al contorno, l'elevata erodibilità delle formazioni presenti (Carraro *et alii*, 1995).

Dal punto di vista idrogeologico, si può affermare che in generale l'acclività dei versanti e la natura geologica dei terreni collinari, depositi a granulometria prevalentemente fine, non favoriscono l'infiltrazione dell'acqua ma il suo ruscellamento superficiale,



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco Il Lotto 6
Roddi – Diga Enel
PROGETTO ESECUTIVO
Relazione sismica – tratta all'aperto**

determinando la presenza di acquiferi poco produttivi, che hanno un bacino di alimentazione estremamente ridotto.

Analizzando l'area di pianura, si può notare, che nel fondovalle della valle del Tanaro, è sempre presente una falda libera, soggetta ad oscillazioni legata ai cicli meteorici stagionali ed al prelievo irriguo da pozzi. Quest'ultima presenta una direzione di deflusso verso il fiume Tanaro e l'alimentazione della stessa è legata principalmente alle acque di infiltrazione provenienti dalla superficie, sia dai settori di monte sia di quelli direttamente soprastanti.

Sono stati inoltre rilevati acquiferi confinati sia nell'area collinare sia nella pianura della valle del Tanaro.

4. CLASSIFICAZIONE SISMICA (MACROZONAZIONE) DELL'AREA

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 nella tabella e intervallati da valori non minori di 0,025.

Con la Delibera della Giunta Regionale n.4-3084 del 12.12.2011 pubblicata sul Bollettino Ufficiale n.50 del 15.12.2011 è stato approvato l'aggiornamento e l'adeguamento delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico - edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico ed è stata recepita la classificazione sismica di cui alla DGR n. 11-13058 del 19.01.2010 **IN VIGORE A PARTIRE DAL 1.01.2012** a seguito dell'approvazione della DGR n.4-3084 del 12.12. 2011 (B.U.R.P n.50 del 15.12.2011).

Come visualizzato nella Tabella 1 sotto riportata, sono elencati tutti i comuni interessati dal collegamento stradale Asti-Cuneo appartenente al tronco 2 – Lotto 6, tutti appartenenti alla provincia di Cuneo e ricadenti in zona sismica 4 (D.G.R. 19 gennaio 2010, n. 11-13058 e s.m.i).

Comune	Zona sismica
Cherasco	4
La Morra	4
Verduno	4
Roddi	4
Alba	4

Tabella 1 – Classificazione sismica dei comuni interessati dal tracciato autostradale

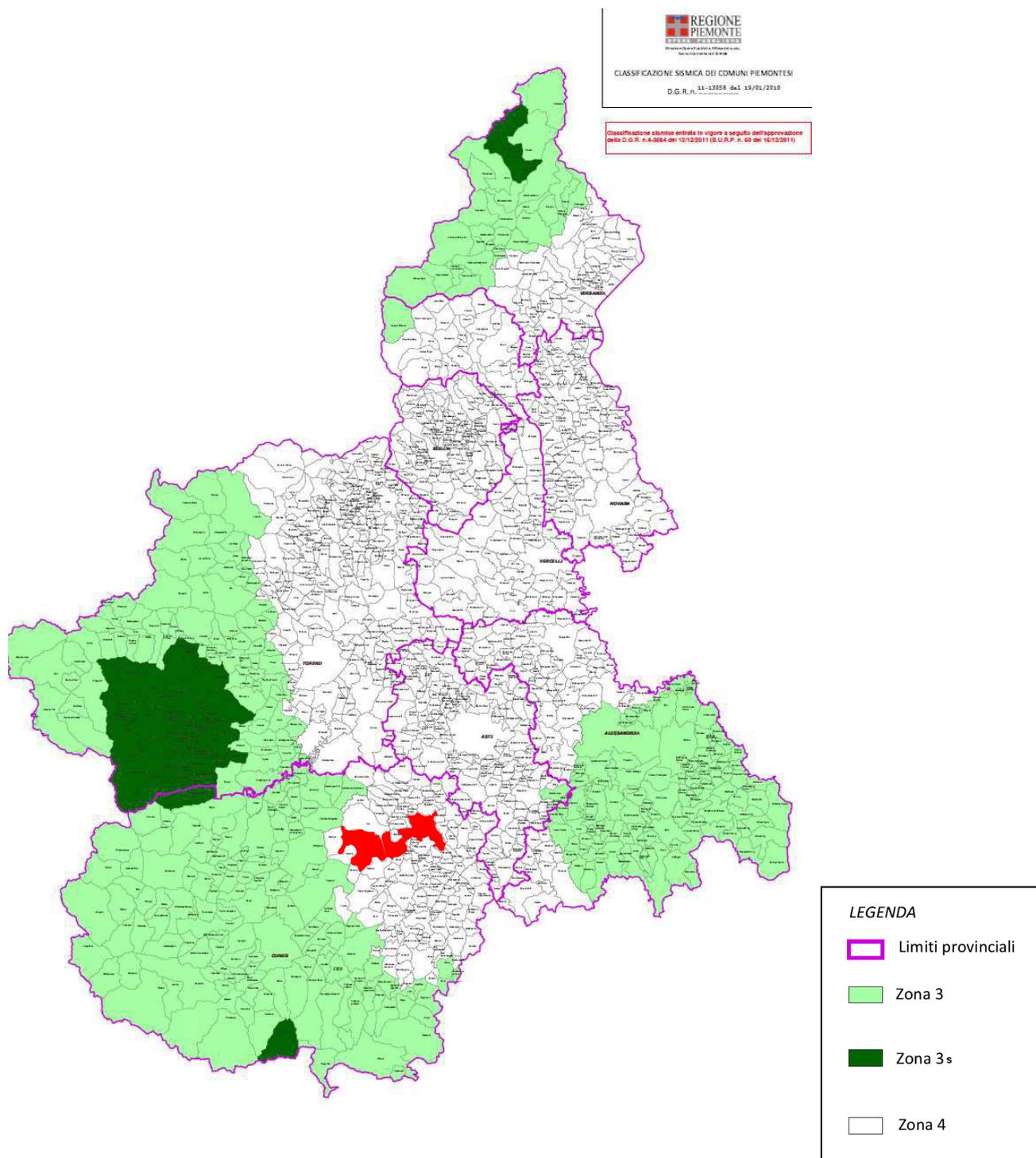


Fig. 1

Classificazione sismica del Piemonte **D.G.R. 19 gennaio 2010, n. 11-13058.**

In rosso i comuni interessati dall'opera autostradale.

5. DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (MICROZONAZIONE)

La categoria del suolo di fondazione lungo il tracciato è stata definita, secondo quanto specificato al punto 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 “*Nuove norme tecniche per le costruzioni*”, sulla base del valore di V_{s30} (velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo) determinata con le prove geofisiche, e con i valori di N_{SPT} ricavati dalle prove eseguite nei sondaggi geognostici.

5.1 STRATIGRAFIA DEI TERRENI

Sulla base dei sondaggi e delle prove geofisiche l'assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dal tracciato autostradale è rappresentato da terreni di origine alluvionale costituiti al di sotto di uno strato superficiale di copertura vegetale e/o di riporto, da alternanze di ghiaie, sabbie e argille. In particolare si possono distinguere le seguenti tipologie litologiche:

- Strato superficiale composto da terreno di copertura vegetale e/o di riporto relativi agli accumuli principali presenti in corrispondenza di rilevati, argini, colmamento di scavi. Copertura costituita da limi sabbiosi e a tratti limi argillosi, localmente sabbia con ghiaia fine.
- Depositi di frana e colluviali: accumuli di frana e coltri di terreno rimaneggiato dallo scorrimento superficiale, corrispondenti alle unità geologiche Fr e Cl
- Depositi alluvionali medio-recenti, recenti ed attuali (corrispondenti alle unità geologiche a6, a6', a7a, a7b)
- Argille di Lugagnano (Pa)
- Formazione Gessoso-Solfifera (corrispondente all'unità geologica M5)
- Corpi sabbioso-ghiaiosi intercalati nella Formazione delle Marne di S. Agata.
- Orizzonte alterato delle argille marnose.
- Marne di Sant'Agata Fossili: argille-marnose relative al substrato locale comprendenti le Marne di S. Agata propriamente dette e le marne con analogo aspetto e comportamento geotecnico appartenenti al Messiniano inferiore.

Il Lotto 2.6 è caratterizzato dal susseguirsi di due tratte con caratteristiche nettamente differenziate.

Procedendo da Cuneo verso Asti, nella prima parte il tracciato (0.530 - 3.800), si svolge quasi interamente in sotterraneo interessando dapprima, la Formazione Gessoso-Solfifera e successivamente le Marne di S. Agata. A partire dalla fine del Lotto 2.7, dopo un breve tratto in superficie, il percorso si addentra al piede del rilievo per attraversare la collina di Verduno in galleria. Il percorso in sotterraneo comprende una prima parte in galleria artificiale, quindi una galleria naturale.

La seconda parte del tracciato, realizza il collegamento con il Lotto 2.5 e si svolge in superficie sul fondovalle del F. Tanaro, intessando i depositi alluvionali medio-recenti e recenti che mascherano, con una sottile copertura, le Marne di S. Agata. Il percorso



segue il versante idrografico destro, mantenendosi quasi interamente nell'ambito del terrazzo più antico posto a quote poco superiori alla pianura alluvionale attuale.

Per un maggior dettaglio, vengono di seguito elencate le litologie che interessano l'opera autostradale con le relative progressive:

- 0.000 – 0.210: Argille di Lugagnano (Pliocene)
- 0.210 – 0.280: depositi colluviali
- 0.280 – 0.400: M5 Formazione Gessoso-Solfifera
- 0.400 – 0.620: Argille di Lugagnano (Pliocene)
- 0.620 – 0.680: M5 Formazione Gessoso-Solfifera
- 0.680 – 1.100: depositi colluviali
- 1.380 – 1.600: Argille di Lugagnano (Pliocene)
- 1.600 – 1.220: depositi colluviali
- 1.220 – 3.400: M5 Formazione Gessoso-Solfifera
- 3.400 – 3.540: Frana all'interno di M5
- 3.540 – 3.600: M4 Marne di S.Agata Fossili
- 3.600 – 3.830: Frana quiescente secondo "Dissesti – Cartografia PAI"
- 3.830 – 8.050: Depositi alluvionali medio-recenti terrazzati relativi al fiume Tanaro (a6)
- 8.050 – 8.350: Depositi alluvionali attuali (a7a)
- 8.350 – 9.800: Depositi alluvionali medio-recenti terrazzati relativi al fiume Tanaro (a6)

5.2 CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Considerando i valori di N_{SPT} misurati nei sondaggi geognostici si evince che i terreni interessati dalle opere appartengono alle categorie B e C del suolo di fondazione definite dal D.M. 14 gennaio 2008.

Per i calcoli di progetto sono da considerarsi i terreni seguenti:

SUOLO B: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di 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).

SUOLO C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{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).

La categoria topografica è la **T1**.

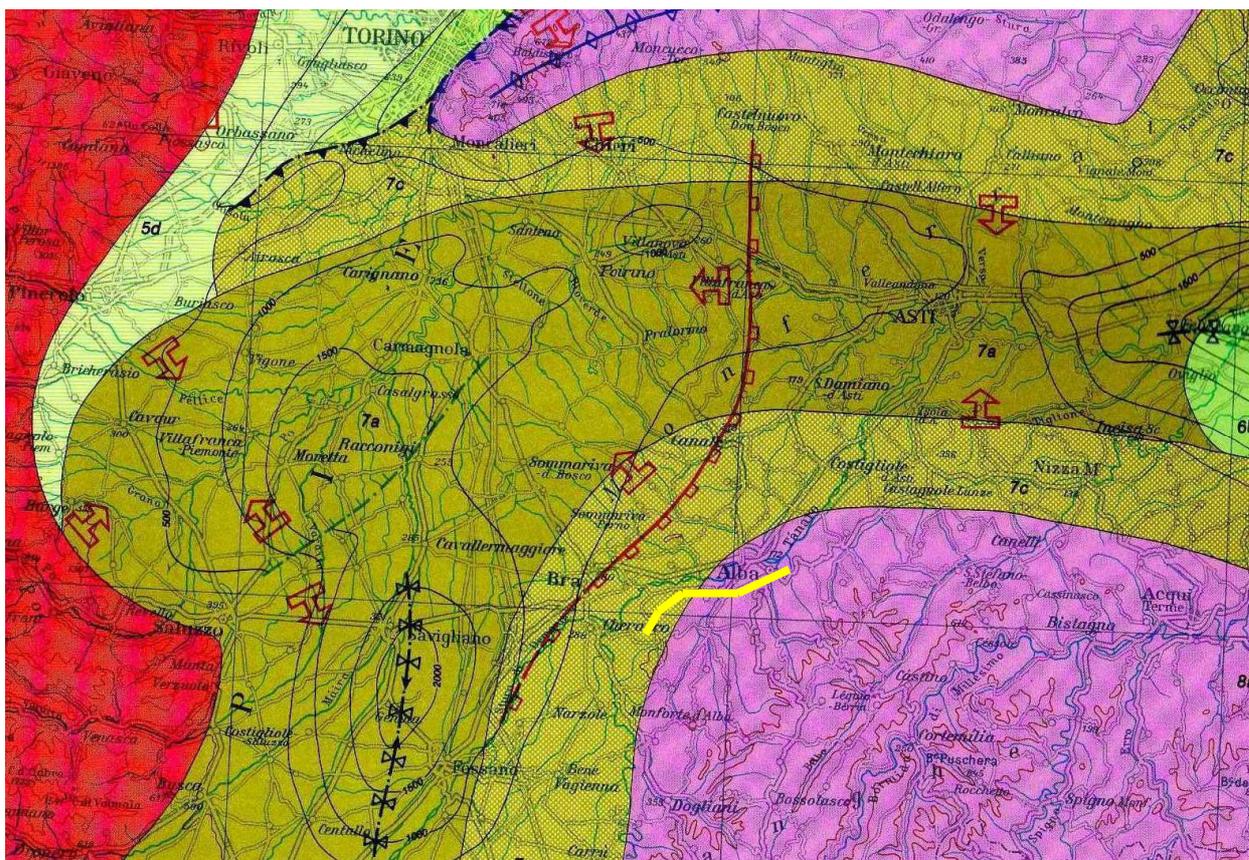
6. PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA E DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO

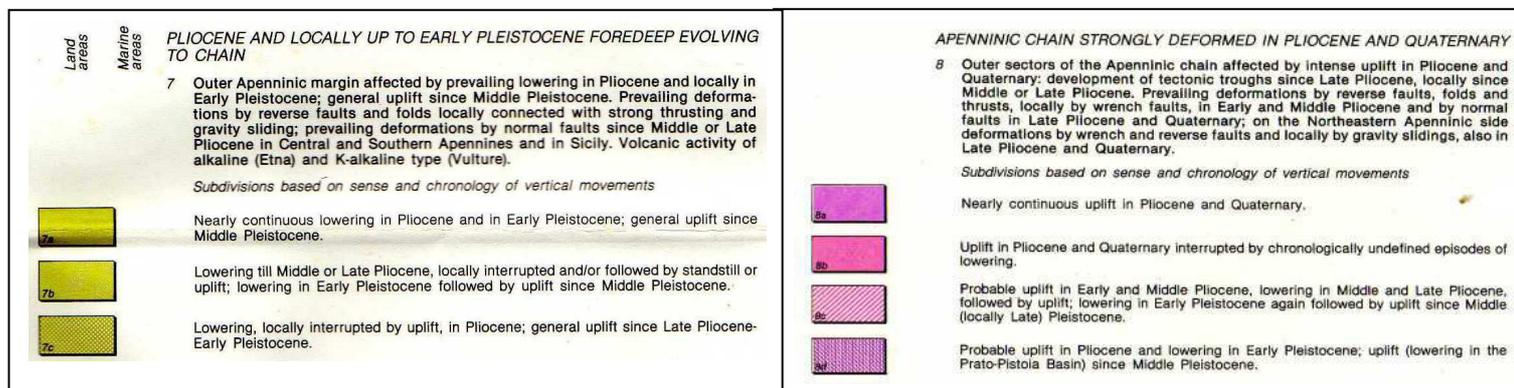
La sismicità del territorio è legata alla presenza di attività neotettonica intendendo con questo termine i movimenti tettonogenetici relativi al periodo compreso tra il Pliocene e l'attuale (cioè negli ultimi 5,2 milioni di anni). Si possono distinguere movimenti neotettonici lineari che si sviluppano lungo superfici di discontinuità preesistenti (faglie o superfici di sovrascorrimento) e movimenti neotettonici areali che determinano sollevamenti e/o abbassamenti differenziali.

Nella Carta Neotettonica d'Italia, 1983 (realizzata da C.N.R. "Progetto finalizzato geodinamica" – "Sottoprogetto Neotettonica") visualizzata nella figura seguente l'intero territorio interessato dal tracciato del collegamento autostradale Asti-Cuneo 2.6 appartiene all'area 7c e 8a rispettivamente ad ovest e ad est dell'area in esame.

La zona 7c è interessata da un abbassamento generalizzato, localmente interrotto da sollevamenti nel Pliocene e accompagnato da un sollevamento generale dalla fine del Pliocene all'inizio del Pleistocene.

La zona 8a è interessata da un probabile sollevamento continuo del Pliocene-Quaternario.





Stralcio Carta Neotettonica d'Italia, 1983

In giallo la traccia del collegamento autostradale.

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

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. In particolare la 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. Con riferimento al suddetto elaborato i territori comunali percorsi dal nuovo tracciato autostradale ricadono in un'area caratterizzata da un valore di a_g compreso: tra 0.025g e 0.050g, per i comuni di Alba e la porzione orientale di Roddi e tra 0.050g e 0.075g, per i comuni di Roddi (settore occidentale), La Morra e Cherasco. Questa mappa è stata elaborata basandosi:

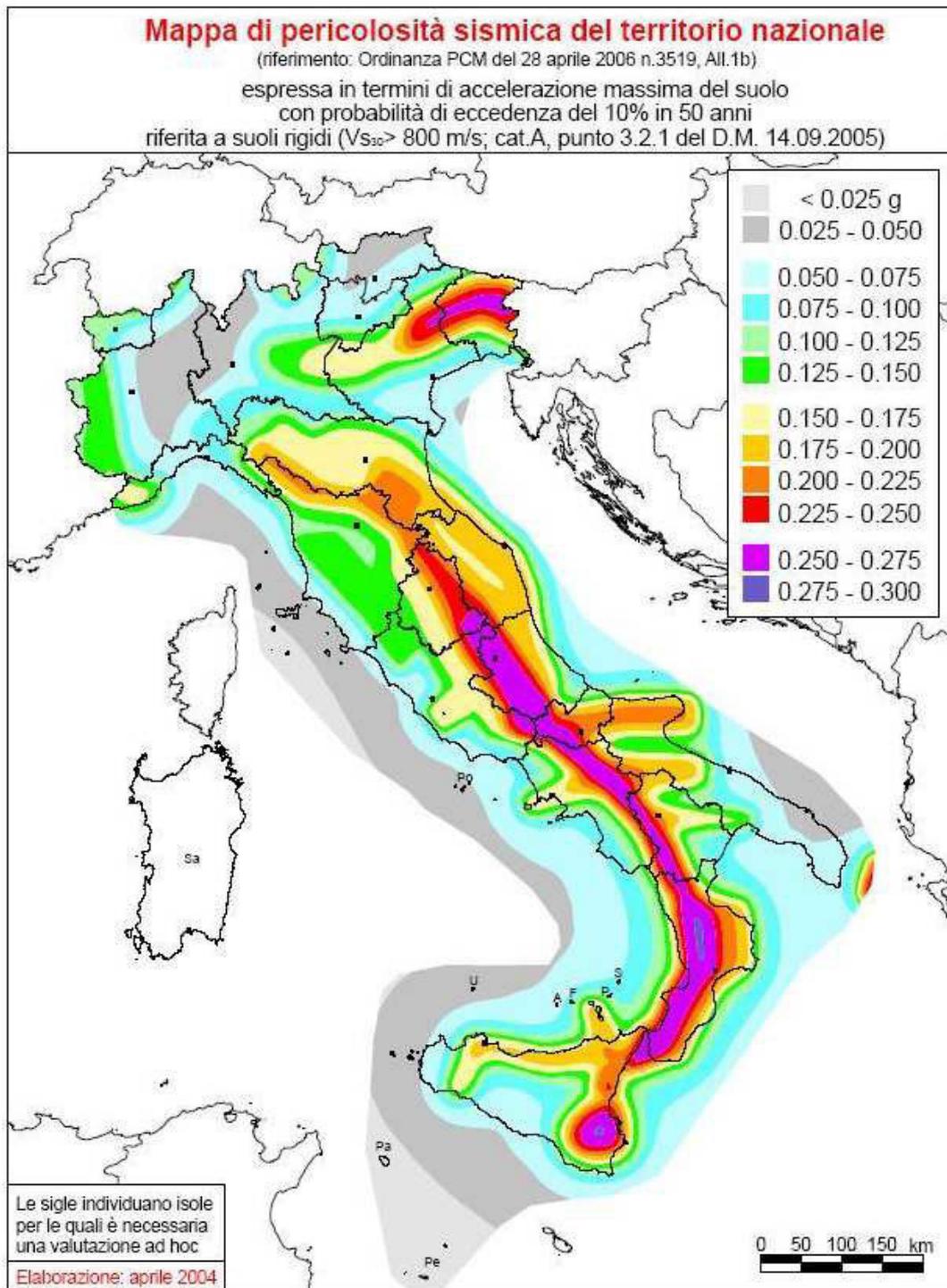
- sulla "carta di zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9";
- sull'uso di relazioni di attenuazione (Ambrayses et al., 1996; Sabetta e Pugliese, 1996) modificate per tenere conto dei meccanismi di fagliazione prevalenti nelle diverse ZS, secondo i fattori correttivi determinati da Bomber et al. (2003);
- sull'approccio probabilistico alla Cornell per ricostruire la storia sismica di un sito;
- su una struttura ad albero logico che tenga conto delle principali alternative decisionali, quali la relazione di attenuazione adottata, la modalità di valutazione dei periodi di completezza del catalogo, il calcolo dei tassi di sismicità, la magnitudo massima per le diverse ZS.



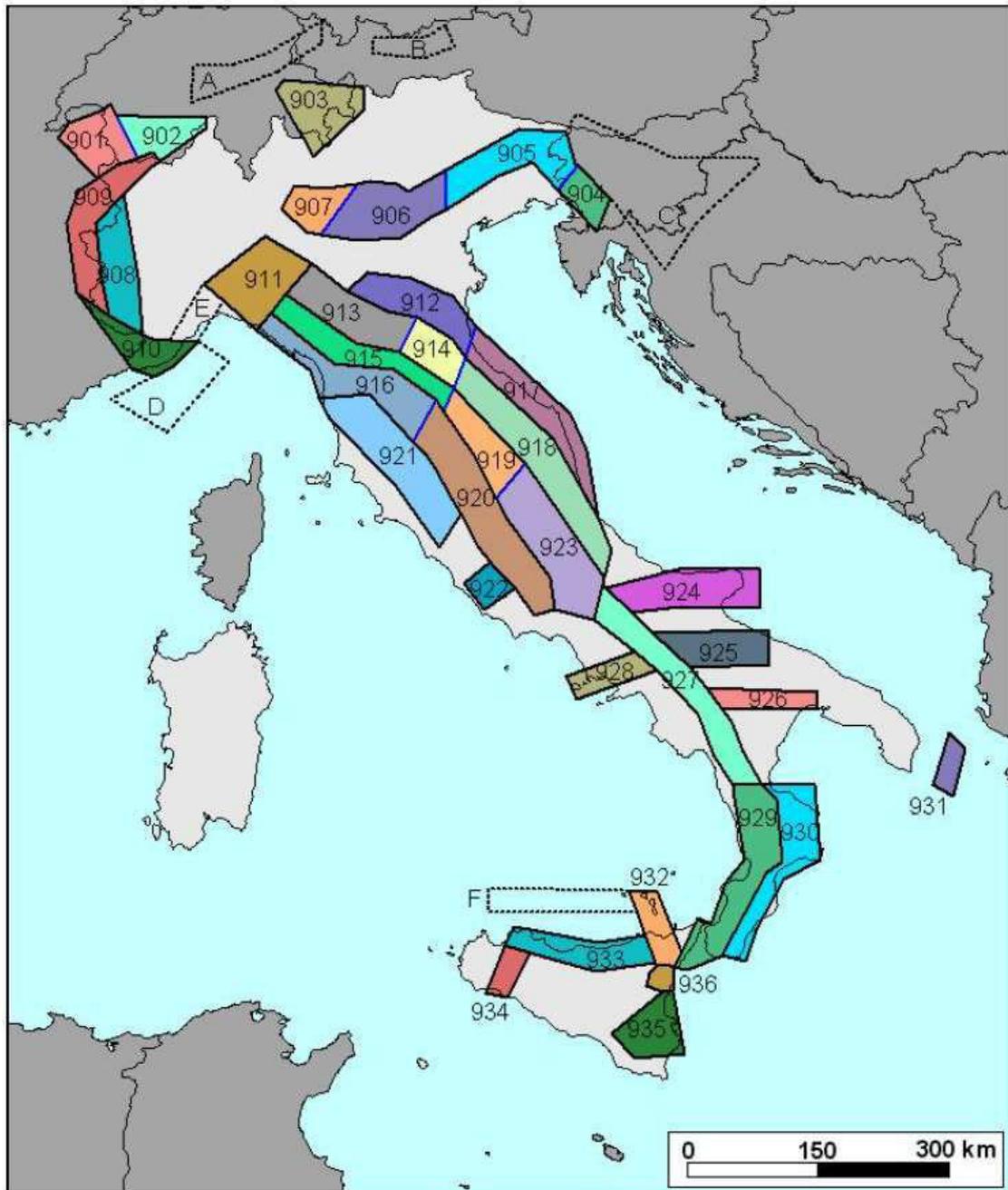
**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco Il Lotto 6
Roddi – Diga Enel
PROGETTO ESECUTIVO
Relazione sismica – tratta all'aperto**

Nel nuovo modello sismogenetico usato in Italia, la cosiddetta zonazione ZS9, il territorio italiano è stato suddiviso in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da "A" a "F" fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F). Per ogni zona sismogenetica, caratterizzata da una propria sismicità, è stata effettuata una stima della profondità media dei terremoti e del meccanismo di fagliazione prevalente. Si è valutato inoltre il grado d'incertezza nella definizione dei limiti delle zone.

Il territorio regionale piemontese è sede di attività sismica, modesta come intensità, ma notevole come frequenza. Con riferimento alla "carta di zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9" considerando la regione da nord a sud una prima zona sismogenetica coincide col Vallese, indicata col codice 902. Il maggior numero di terremoti si distribuisce prevalentemente lungo l'arco alpino occidentale, secondo due direttrici principali: una (zona 908) segue la direzione dell'arco alpino nella sua parte interna, in corrispondenza del massimo gradiente orizzontale della gravità; l'altra (zona 909) risulta più dispersa e segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni, in corrispondenza del minimo gravimetrico lungo il versante francese; le due direttrici convergono nel Cuneese, mentre verso la costa si nota una maggiore dispersione che interessa il Nizzardo e l'Imperiese (zona 910). Un'ulteriore area di attività sismica per il Piemonte è costituita dall'estremità settentrionale degli Appennini (zona 911) ed interessa le zone sudorientali della regione.



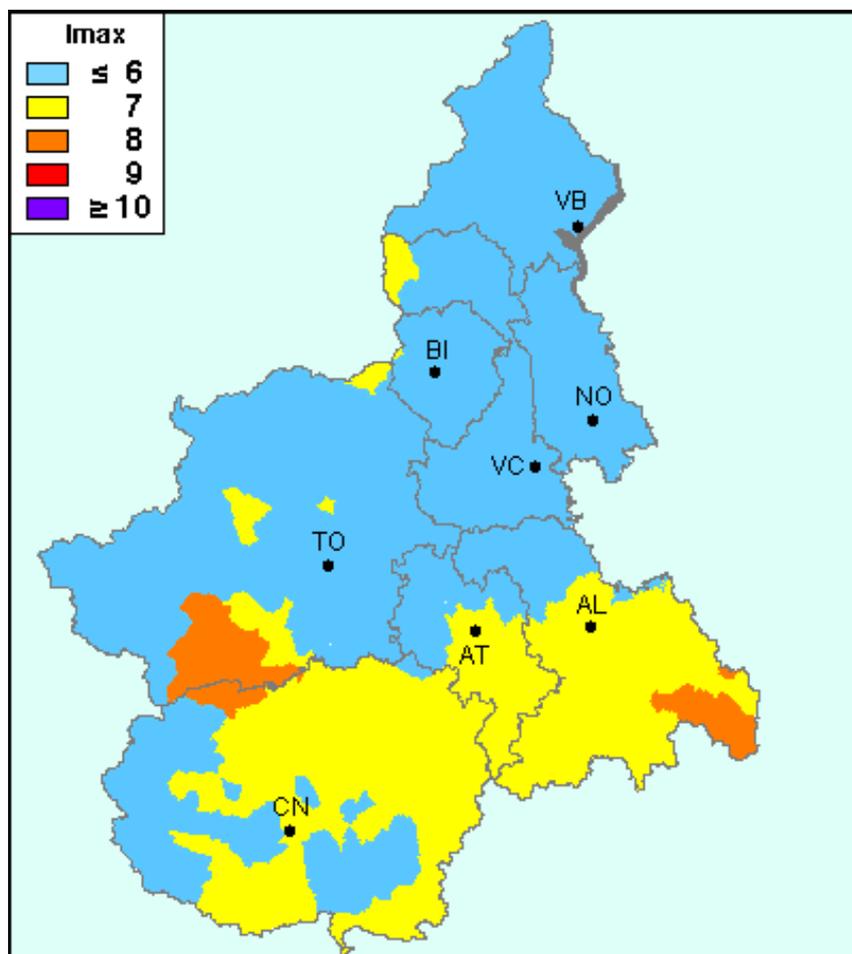
Mapa di pericolosità sismica del territorio italiano (2004)



Zonazione sismogenetica del territorio italiano, ZS9
(Gruppo di Lavoro, 2004)

Per avere una quadro completo della pericolosità sismica è necessario 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; descrivendo, infatti, il grado di danneggiamento causato dai terremoti; 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. Per l'area in esame le massime intensità macrosismiche sono visualizzate nella carta "Massime Intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Piemonte", Molin, Stucchi, Valensise, quest'ultime valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.



"Massime Intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Piemonte"

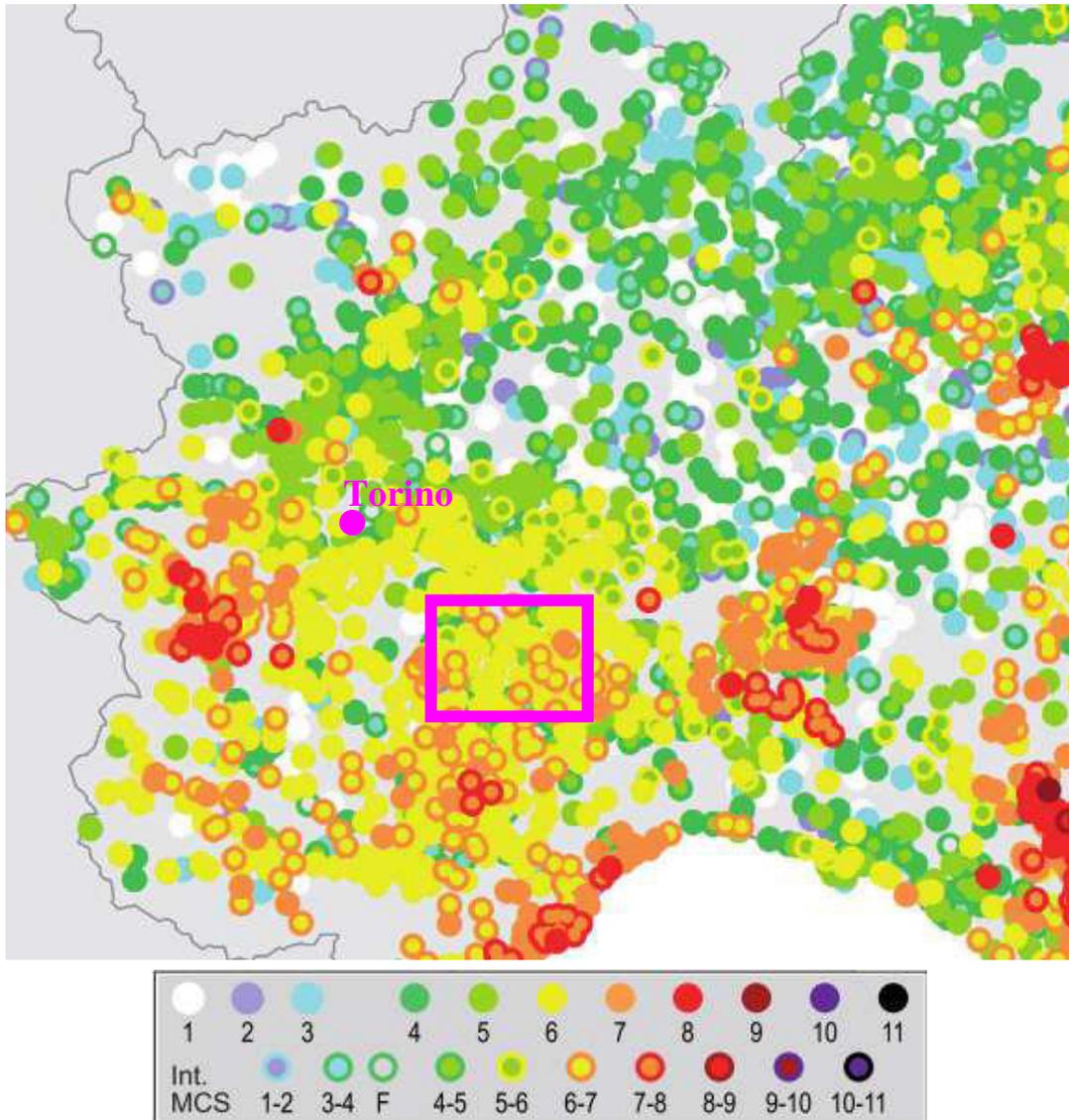
(<http://emidius.mi.ingv.it>)

(Molin, Stucchi, Valensise), Aprile 1996

Con riferimento alle suddette figure ed ai tabulati sotto riportati le massime intensità macrosismiche osservate nei comuni della provincia di Cuneo interessati dalle opere in progetto sono $I_{max} = 7$ MCS. Sulla base di queste informazioni la sismicità dell'area interessata dalla nuova autostrada può quindi essere definita di moderata entità.

n.	zona sismica	ora UTC	Mag.	LAT LONG
1)	Macra (CN)	01/02/1971 12:26:55	4,83	44.500, 7.2000
2)	Valdieri (CN)	07/04/1966 19:38:00	4,68	44.277, 7.3960
3)	Villar San Costanzo (CN)	04/05/1958 10:52:45	4,70	44.500, 7.4000
4)	Oncino (CN)	01/06/1956 08:32:45	4,83	44.683, 7.2000
5)	Sampeyre (CN)	12/05/1955 14:15:00	4,68	44.552, 7.2000
6)	Musso (CN)	28/11/1919 21:38:00	4,95	44.173, 7.7640
7)	Vinadio (CN)	19/08/1916 05:30:00	4,64	44.308, 7.1730
8)	Valloriate (CN)	24/07/1913 05:15:00	4,63	44.333, 7.3330
9)	Gaiola (CN)	30/05/1905 04:55:52	4,63	44.333, 7.4000
10)	Bagni di Vinadio (CN)	21/03/1903 21:35:00	4,63	44.300, 7.0500
11)	Borgo San Dalmazzo (CN)	20/04/1901 09:35:05	4,83	44.333, 7.5000
12)	Bagni di Vinadio (CN)	05/04/1900 22:27:30	4,83	44.300, 7.0500
13)	Vernante (CN)	26/11/1892 08:00:00	4,83	44.250, 7.5670
14)	Roccabruna (CN)	01/10/1887 03:05:00	4,63	44.467, 7.3170
15)	Canosio (CN)	03/03/1887 01:00:00	4,63	44.417, 7.1000
16)	Vernante (CN)	01/07/1885 06:15:00	4,83	44.250, 7.5000
17)	Brondello (CN)	07/03/1883 09:15:00	4,83	44.600, 7.4000
18)	Cartignano (CN)	07/06/1878 22:25:00	5,17	44.467, 7.3000
19)	Saluzzo (CN)	22/01/1878 06:44:00	4,83	44.667, 7.5000
20)	Limone Piemonte (CN)	18/06/1849 06:25:00	4,83	44.200, 7.5670
21)	Boves (CN)	23/05/1835 08:30:00	4,83	44.330, 7.5500
22)	<u>Alba (CN)</u>	<u>24/11/1786 06:00:00</u>	<u>4,63</u>	<u>44.693, 8.0330</u>
23)	Dronero (CN)	01/03/1584 00:00:00	5,03	44.466, 7.3620
24)	Cuneo (CN)	28/02/1550 16:00:00	5,03	44.381, 7.5380
25)	Grinzane Cavour (CN)	14/05/1549 00:00:00	4,83	44.667, 8.000
26)	Tarantasca (CN)	23/09/1502 00:00:00	5,17	44.500, 7.5000
27)	Cuneo (CN)	00/05/1502 00:00:00	4,83	44.400, 7.5000

Storico dei terremoti italiani dal 217 a.c. al 2002 d.c. (fonte INGV CPTI04)



Database Macrosismico Italiano massime intensità macrosismiche osservate.
 Versione DBMI11 (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi). Nel riquadro l'area
 interessata dal tracciato

Di seguito vengono inserite le “Massime intensità macrosismiche osservate nella Provincia di Cuneo” estratte da emidius.mi.ingv.it:

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
ACCEGLIO	1	4	1	44.47451	6.98948	<= 6
AISONE	1	4	2	44.31279	7.21855	<= 6
ALBA	1	4	3	44.69278	8.03258	7
ALBARETTO DELLA TORRE	1	4	4	44.59584	8.06269	7
ALTO	1	4	5	44.10789	8.00305	7
ARGENTERA	1	4	6	44.39568	6.93691	<= 6
ARGUELLO	1	4	7	44.58170	8.10935	7
BAGNASCO	1	4	8	44.30179	8.04157	7
BAGNOLO PIEMONTE	1	4	9	44.76228	7.31457	8
BALDISSERO D`ALBA	1	4	10	44.76025	7.91291	7
BARBARESCO	1	4	11	44.72383	8.08311	7
BARGE	1	4	12	44.72662	7.32408	8
BAROLO	1	4	13	44.61048	7.94211	7
BASTIA MONDOVI`	1	4	14	44.44190	7.89326	7
BATTIFOLLO	1	4	15	44.31993	8.00825	7
BEINETTE	1	4	16	44.36352	7.64519	<= 6
BELLINO	1	4	17	44.58002	7.01596	<= 6
BELVEDERE LANGHE	1	4	18	44.49388	7.97298	7
BENE VAGIENNA	1	4	19	44.54331	7.82900	7
BENEVELLO	1	4	20	44.62860	8.10532	7
BERGOLO	1	4	21	44.54683	8.18127	7
BERNEZZO	1	4	22	44.38488	7.43504	<= 6
BONVICINO	1	4	23	44.50340	8.01583	7
BORGOMALE	1	4	24	44.61993	8.13163	7
BORGO SAN DALMAZZO	1	4	25	44.33135	7.48704	<= 6
BOSIA	1	4	26	44.60171	8.14628	7
BOSSOLASCO	1	4	27	44.52781	8.05264	7
BOVES	1	4	28	44.32952	7.55088	7
BRA	1	4	29	44.69818	7.84937	7
BRIAGLIA	1	4	30	44.39467	7.87606	7
BRIGA ALTA	1	4	31	44.08206	7.74860	7
BRONDELLO	1	4	32	44.60002	7.40476	7
BROSSASCO	1	4	33	44.56978	7.35998	7
BUSCA	1	4	34	44.51755	7.47448	7
CAMERANA	1	4	35	44.42345	8.14027	7
CAMO	1	4	36	44.69437	8.19354	7
CANALE	1	4	37	44.79639	7.99304	<= 6
CANOSIO	1	4	38	44.45560	7.08182	<= 6
CAPRAUNA	1	4	39	44.11553	7.95416	7
CARAGLIO	1	4	40	44.41663	7.42758	<= 6
CARAMAGNA PIEMONTE	1	4	41	44.78007	7.73925	7
CARDE`	1	4	42	44.74455	7.47812	7
CARRU`	1	4	43	44.47881	7.87769	7
CARTIGNANO	1	4	44	44.47677	7.28631	7
CASALGRASSO	1	4	45	44.81934	7.62718	7
CASTAGNITO	1	4	46	44.75442	8.03158	7
CASTELDEFINO	1	4	47	44.58920	7.06911	<= 6
CASTELLAR	1	4	48	44.62105	7.43533	7
Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
CASTELLETTO STURA	1	4	49	44.44381	7.63853	7
CASTELLETTO UZZONE	1	4	50	44.49264	8.18555	7
CASTELLINALDO	1	4	51	44.77411	8.03017	7
CASTELLINO TANARO	1	4	52	44.42727	7.97900	7



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
Roddi – Diga Enel
PROGETTO ESECUTIVO
Relazione sismica – tratta all'aperto**

CASTELMAGNO	1	4	53	44.40851	7.21134	<=	6
CASTELNUOVO DI CEVA	1	4	54	44.35351	8.12811		7
CASTIGLIONE FALLETTO	1	4	55	44.62308	7.97559		7
CASTIGLIONE TINELLA	1	4	56	44.72474	8.19011		7
CASTINO	1	4	57	44.61779	8.18252		7
CAVALLERLEONE	1	4	58	44.73860	7.66326		7
CAVALLERMAGGIORE	1	4	59	44.70618	7.68738		7
CELLE DI MACRA	1	4	60	44.48194	7.17890	<=	6
CENTALLO	1	4	61	44.49961	7.58431	<=	6
CERESOLE ALBA	1	4	62	44.79919	7.81983		7
CERRETO LANGHE	1	4	63	44.57350	8.09755		7
CERVASCA	1	4	64	44.38207	7.46795	<=	6
CERVERE	1	4	65	44.63490	7.79066		7
CEVA	1	4	66	44.38645	8.03198		7
CHERASCO	1	4	67	44.64938	7.85720		7
CHIUSA DI PESIO	1	4	68	44.32157	7.67756	<=	6
CIGLIE`	1	4	69	44.43571	7.92545		7
CISSONE	1	4	70	44.56237	8.02952		7
CLAVESANA	1	4	71	44.48161	7.91122		7
CORNELIANO D`ALBA	1	4	72	44.73510	7.96251		7
CORTEMILIA	1	4	73	44.57908	8.19005		7
COSSANO BELBO	1	4	74	44.66815	8.19810		7
COSTIGLIOLE SALUZZO	1	4	75	44.56405	7.48420		7
CRAVANZANA	1	4	76	44.57340	8.12556		7
CRISSOLO	1	4	77	44.69865	7.15693	<=	6
CUNEO	1	4	78	44.38081	7.53841		7
DEMONTE	1	4	79	44.31483	7.29626		7
DIANO D`ALBA	1	4	80	44.65043	8.02666		7
DOGLIANI	1	4	81	44.53015	7.94856		7
DRONERO	1	4	82	44.46642	7.36245		7
ELVA	1	4	83	44.53923	7.08891	<=	6
ENTRACQUE	1	4	84	44.23994	7.39751		7
ENVIE	1	4	85	44.68177	7.37192		7
FARIGLIANO	1	4	86	44.51128	7.91300		7
FAULE	1	4	87	44.80469	7.58105		8
FEISOGGIO	1	4	88	44.54323	8.10339		7
FOSSANO	1	4	89	44.55040	7.72131		7
FRABOSA SOPRANA	1	4	90	44.28772	7.80566	<=	6
FRABOSA SOTTANA	1	4	91	44.30088	7.79627	<=	6
FRASSINO	1	4	92	44.57124	7.27383	<=	6
GAIOLA	1	4	93	44.33516	7.40584	<=	6
GAMBASCA	1	4	94	44.62836	7.34681		7
GARESSIO	1	4	95	44.20257	8.02189		7
GENOLA	1	4	96	44.58719	7.66343		7
GORZEGNO	1	4	97	44.51184	8.13407		7
GOTTASECCA	1	4	98	44.46034	8.16684		7
GOVONE	1	4	99	44.80425	8.10066		7
GRINZANE CAVOUR	1	4	100	44.65628	7.98031		7
GUARENE	1	4	101	44.73782	8.03402		7
IGLIANO	1	4	102	44.44291	8.01166		7
Comune		Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
ISASCA	1	4	103	44.58707	7.38036		7
LAGNASCO	1	4	104	44.62476	7.55499		7
LA MORRA	1	4	105	44.63726	7.93253		7
LEQUIO BERRIA	1	4	106	44.60507	8.09730		7
LEQUIO TANARO	1	4	107	44.55854	7.88123		7
LESEGNO	1	4	108	44.40140	7.96701	<=	6
LEVICE	1	4	109	44.53750	8.15468		7
LIMONE PIEMONTE	1	4	110	44.19988	7.57599		7



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
Roddi – Diga Enel
PROGETTO ESECUTIVO
Relazione sismica – tratta all'aperto**

LISIO	1	4	111	44.30696	7.97968	<=	6
MACRA	1	4	112	44.49971	7.17797		7
MAGLIANO ALFIERI	1	4	113	44.76652	8.06907		7
MAGLIANO ALPI	1	4	114	44.45731	7.79936	<=	6
MANGO	1	4	115	44.68659	8.14892		7
MANTA	1	4	116	44.61621	7.48425		7
MARENE	1	4	117	44.66134	7.72776		7
MARGARITA	1	4	118	44.40188	7.68474		7
MARMORA	1	4	119	44.45786	7.09329	<=	6
MARSAGLIA	1	4	120	44.45327	7.98196		7
MARTINIANA PO	1	4	121	44.62578	7.36366		7
MELLE	1	4	122	44.56212	7.31838		7
MOIOLA	1	4	123	44.31989	7.38866	<=	6
MOMBARCARO	1	4	124	44.46732	8.08591		7
MOMBASIGLIO	1	4	125	44.36517	7.96641	<=	6
MONASTERO DI VASCO	1	4	126	44.34101	7.82116	<=	6
MONASTEROLO CASOTTO	1	4	127	44.32696	7.94309	<=	6
MONASTEROLO DI SAVIGLIANO	1	4	128	44.68694	7.62034		7
MONCHIERO	1	4	129	44.57022	7.91728		7
MONDOVI`	1	4	130	44.39085	7.81994		7
MONESIGLIO	1	4	131	44.46463	8.11812		7
MONFORTE D`ALBA	1	4	132	44.58250	7.96750		7
MONTA`	1	4	133	44.81281	7.95968	<=	6
MONTALDO DI MONDOVI`	1	4	134	44.31945	7.86392	<=	6
MONTALDO ROERO	1	4	135	44.76848	7.92411		7
MONTANERA	1	4	136	44.46102	7.66446		7
MONTELUPO ALBESE	1	4	137	44.62218	8.04554		7
MONTEMALE DI CUNEO	1	4	138	44.43649	7.37518		7
MONTEROSSO GRANA	1	4	139	44.40806	7.32183	<=	6
MONTEU ROERO	1	4	140	44.78029	7.93265		7
MONTEZEMOLO	1	4	141	44.37714	8.14066		7
MONTICELLO D`ALBA	1	4	142	44.71789	7.94166		7
MORETTA	1	4	143	44.76285	7.53868		7
MOROZZO	1	4	144	44.42242	7.70984		7
MURAZZANO	1	4	145	44.47318	8.01983		7
MURELLO	1	4	146	44.75148	7.60068		7
NARZOLE	1	4	147	44.59390	7.87027		7
NEIVE	1	4	148	44.72566	8.11451		7
NEVIGLIE	1	4	149	44.69112	8.11689		7
NIELLA BELBO	1	4	150	44.51251	8.07871		7
NIELLA TANARO	1	4	151	44.41019	7.92519	<=	6
NOVELLO	1	4	152	44.58764	7.92588		7
NUCETTO	1	4	153	44.34021	8.06018		7
ONCINO	1	4	154	44.67591	7.18972	<=	6
ORMEA	1	4	155	44.15310	7.91353		7
OSTANA	1	4	156	44.69223	7.18800	<=	6
Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax	
PAESANA	1	4	157	44.68347	7.27641	<=	6
PAGNO	1	4	158	44.61295	7.42761		7
PAMPARATO	1	4	159	44.27613	7.91405	<=	6
PAROLDO	1	4	160	44.43198	8.07133		7
PERLETTO	1	4	161	44.59854	8.21253		7
PERLO	1	4	162	44.33261	8.08258		7
PEVERAGNO	1	4	163	44.33037	7.61751	<=	6
PEZZOLO VALLE UZZONE	1	4	164	44.53828	8.19244		7
PIANFEI	1	4	165	44.37015	7.70808		7
PIASCO	1	4	166	44.56559	7.45399		7
PIETRAPORZIO	1	4	167	44.34315	7.03209	<=	6
PIOBESI D`ALBA	1	4	168	44.73432	7.97798		7



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6
Roddi – Diga Enel
PROGETTO ESECUTIVO
Relazione sismica – tratta all'aperto**

PIOZZO	1	4	169	44.51523	7.89145	7
POCAPAGLIA	1	4	170	44.71801	7.88501	7
POLONGHERA	1	4	171	44.80289	7.59716	7
PONTECHIANALE	1	4	172	44.62150	7.02755	<= 6
PRADLEVES	1	4	173	44.41836	7.27971	<= 6
PRAZZO	1	4	174	44.48284	7.05437	<= 6
PRIERO	1	4	175	44.37573	8.09339	7
PRIOCCA	1	4	176	44.78769	8.06210	7
PRIOLA	1	4	177	44.24446	8.02126	7
PRUNETTO	1	4	178	44.48968	8.14326	7
RACCONIGI	1	4	179	44.76746	7.68043	7
REVELLO	1	4	180	44.65481	7.38950	7
RIFREDDO	1	4	181	44.65019	7.34789	7
RITTANA	1	4	182	44.35001	7.39848	<= 6
ROASCHIA	1	4	183	44.26937	7.45479	7
ROASCIO	1	4	184	44.41540	8.02084	7
ROBILANTE	1	4	185	44.29398	7.51148	7
ROBURENT	1	4	186	44.30885	7.89088	<= 6
ROCCABRUNA	1	4	187	44.47665	7.34124	<= 6
ROCCA CIGLIE`	1	4	188	44.44436	7.94964	7
ROCCA DE` BALDI	1	4	189	44.42930	7.74532	<= 6
ROCCAFORTE MONDOVI`	1	4	190	44.31721	7.74456	<= 6
ROCCASPARVERA	1	4	191	44.34066	7.43955	<= 6
ROCCAIONE	1	4	192	44.31404	7.48061	7
ROCCHETTA BELBO	1	4	193	44.63557	8.17434	7
RODDI	1	4	194	44.67806	7.97565	7
RODDINO	1	4	195	44.57294	8.01835	7
RODELLO	1	4	196	44.63017	8.05769	7
ROSSANA	1	4	197	44.54252	7.43221	7
RUFFIA	1	4	198	44.70551	7.60394	7
SALE DELLE LANGHE	1	4	199	44.39375	8.07690	7
SALE SAN GIOVANNI	1	4	200	44.39940	8.07788	7
SALICETO	1	4	201	44.41415	8.16796	7
SALMOUR	1	4	202	44.57812	7.78976	7
SALUZZO	1	4	203	44.64423	7.48960	7
SAMBUCO	1	4	204	44.33751	7.07410	<= 6
SAMPEYRE	1	4	205	44.57753	7.18945	<= 6
SAN BENEDETTO BELBO	1	4	206	44.48958	8.05756	7
SAN DAMIANO MACRA	1	4	207	44.48825	7.25473	7
SANFRE`	1	4	208	44.75056	7.80347	7
SANFRONT	1	4	209	44.64568	7.31727	7
SAN MICHELE MONDOVI`	1	4	210	44.37556	7.90760	<= 6
Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
SANT`ALBANO STURA	1	4	211	44.50948	7.72101	7
SANTA VITTORIA D`ALBA	1	4	212	44.69775	7.93503	7
SANTO STEFANO BELBO	1	4	213	44.70697	8.23021	7
SANTO STEFANO ROERO	1	4	214	44.78828	7.94135	7
SAVIGLIANO	1	4	215	44.64758	7.65510	7
SCAGNELLO	1	4	216	44.33361	7.98546	<= 6
SCARNAFIGI	1	4	217	44.68063	7.56773	7
SERRALUNGA D`ALBA	1	4	218	44.60992	7.99923	7
SERRAVALLE LANGHE	1	4	219	44.56034	8.05707	7
SINIO	1	4	220	44.59991	8.01971	7
SOMANO	1	4	221	44.53579	8.00876	7
SOMMARIVA DEL BOSCO	1	4	222	44.76969	7.78381	7
SOMMARIVA PERNO	1	4	223	44.74431	7.90333	7
STROPPO	1	4	224	44.50577	7.12604	7
TARANTASCA	1	4	225	44.49332	7.54387	7
TORRE BORMIDA	1	4	226	44.56237	8.15406	7

TORRE MONDOVI`	1	4	227	44.35169	7.89897	<= 6
TORRE SAN GIORGIO	1	4	228	44.73620	7.52913	7
TORRESINA	1	4	229	44.43166	8.03333	7
TREISO	1	4	230	44.68858	8.08834	7
TREZZO TINELLA	1	4	231	44.67626	8.10790	7
TRINITA`	1	4	232	44.50757	7.75671	7
VALDIERI	1	4	233	44.27703	7.39603	7
VALGRANA	1	4	234	44.41099	7.37918	<= 6
VALLORiate	1	4	235	44.33796	7.37294	<= 6
VALMALA	1	4	236	44.54356	7.34473	7
VENASCA	1	4	237	44.56157	7.39539	7
VERDUNO	1	4	238	44.66655	7.93306	7
VERNANTE	1	4	239	44.24342	7.53362	7
VERZUOLO	1	4	240	44.59830	7.48380	7
VEZZA D`ALBA	1	4	241	44.76293	7.99432	7
VICOFORTE	1	4	242	44.37488	7.86273	<= 6
VIGNOLO	1	4	243	44.35934	7.47001	<= 6
VILLAFALLETTO	1	4	244	44.54413	7.53927	7
VILLANOVA MONDOVI`	1	4	245	44.34639	7.76549	<= 6
VILLANOVA SOLARO	1	4	246	44.72867	7.57503	7
VILLAR SAN COSTANZO	1	4	247	44.48215	7.38038	7
VINADIO	1	4	248	44.30796	7.17345	<= 6
VIOLA	1	4	249	44.28985	7.96465	<= 6
VOTTIGNASCO	1	4	250	44.56324	7.57691	7

6.1 AZIONE SISMICA LOCALE E SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DELL'AREA PERCORSO DALLA NUOVA INFRASTRUTTURA

La valutazione della pericolosità sismica locale è stata effettuata utilizzando la procedura indicata nelle NTC/2008 e nella successiva Circolare n°17/2009. 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'All. 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:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco Il Lotto 6
Roddi – Diga Enel
PROGETTO ESECUTIVO
Relazione sismica – tratta all'aperto**

usata per lo scopo alla quale è destinata. 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.

Sulla base di quanto indicato nelle normative per le opere in progetto si assume $V_N \geq 100$ 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 e quindi si ottiene il seguente periodo di riferimento:

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

In particolare nella classe d'uso IV sono comprese costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità; industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente; reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*", e del tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strada di tipo A o B; ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico; dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per 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 nella tabella sottostante.

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%

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. I suddetti parametri e i grafici degli spettri di risposta elastici di riferimento relativi ai diversi stati limite sono stati calcolati per ogni comune percorso dalla nuova infrastruttura e sono visualizzati nelle schede di seguito riportate.



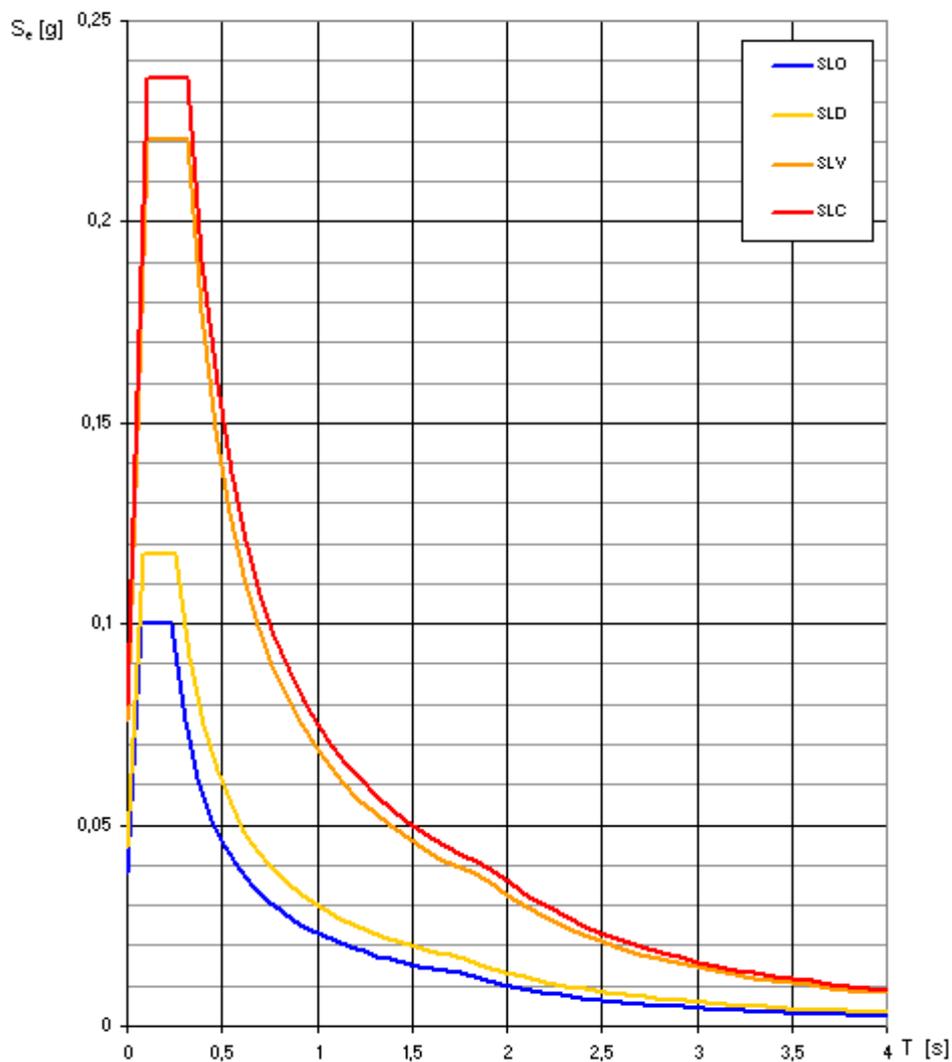
Comune di Cherasco (CN)

Classificazione = Zona 4

Suolo = B/C

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [g]	T_c^* [s]
SLO	120	0.038	2.637	0.231
SLD	201	0.045	2.636	0.255
SLV	1898	0.076	2.912	0.313
SLC	2475	0.080	2.949	0.319

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



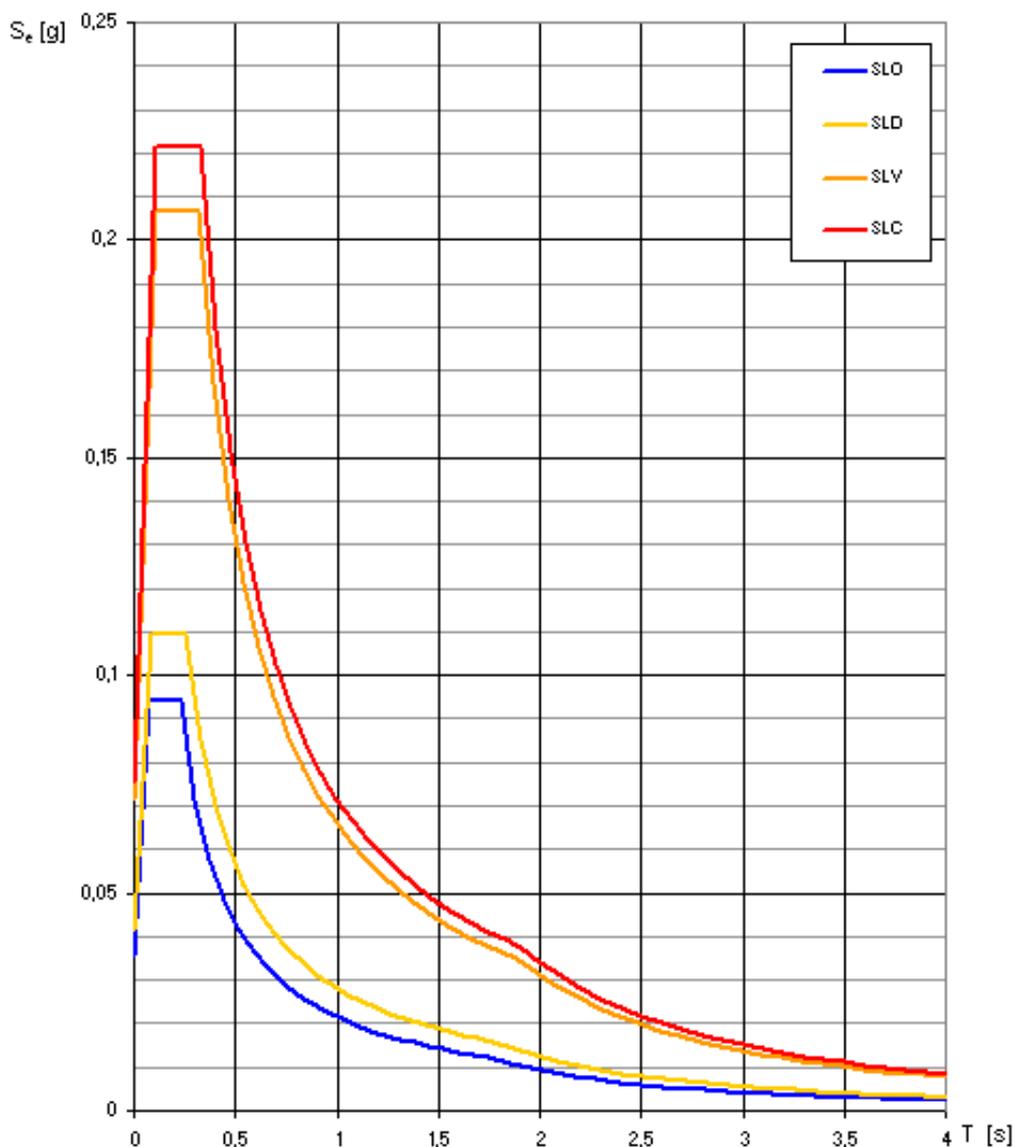
Comune di La Morra (CN)

Classificazione = Zona 4

Suolo = B/C

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [g]	T_c^* [s]
SLO	120	0.036	2.637	0.229
SLD	201	0.041	2.636	0.257
SLV	1898	0.071	2.900	0.318
SLC	2475	0.075	2.939	0.324

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite





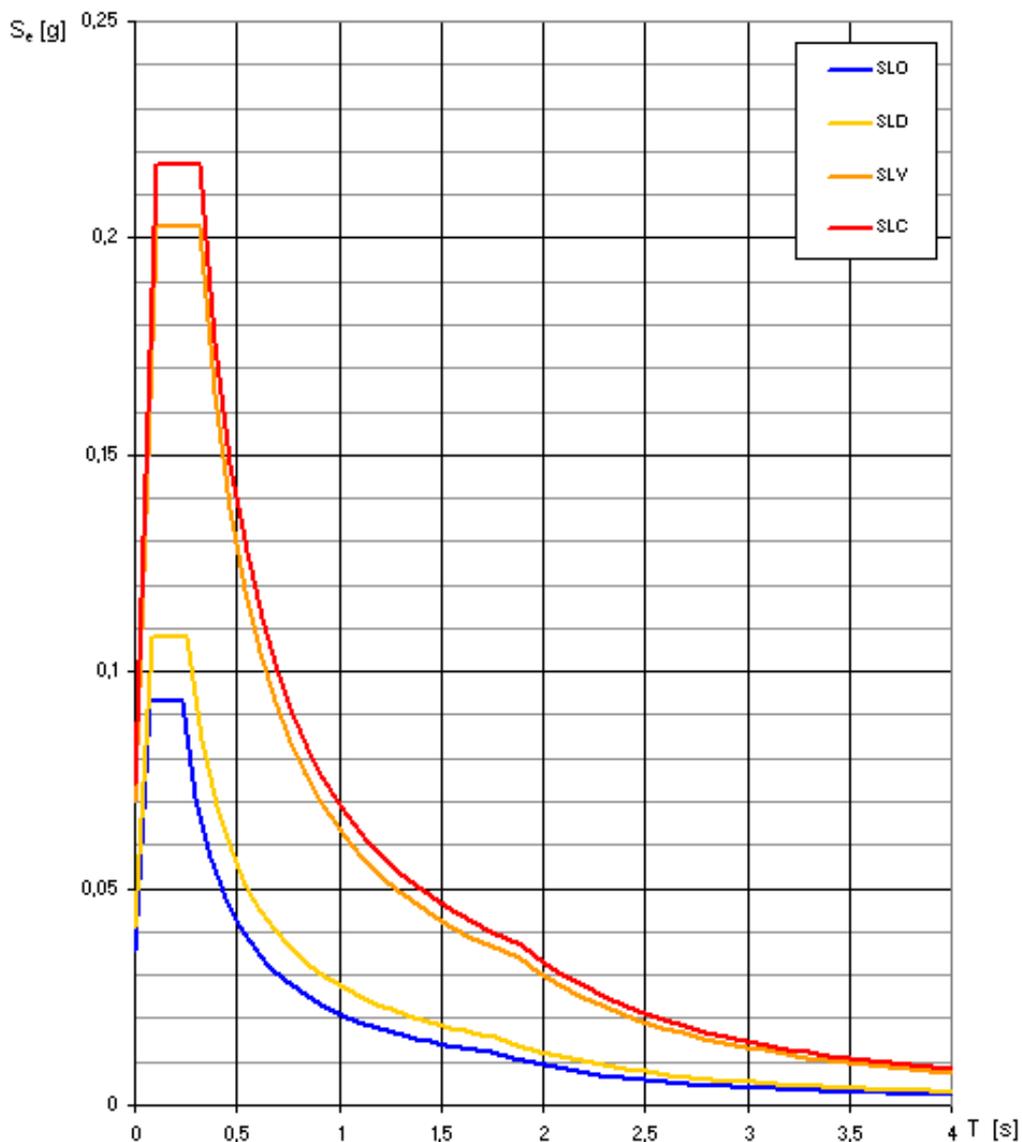
Comune di Verduno (CN)

Classificazione = Zona 4

Suolo = B/C

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [g]	T_c^* [s]
SLO	120	0.035	2.640	0.228
SLD	201	0.041	2.645	0.256
SLV	1898	0.070	2.903	0.316
SLC	2475	0.074	2.942	0.321

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



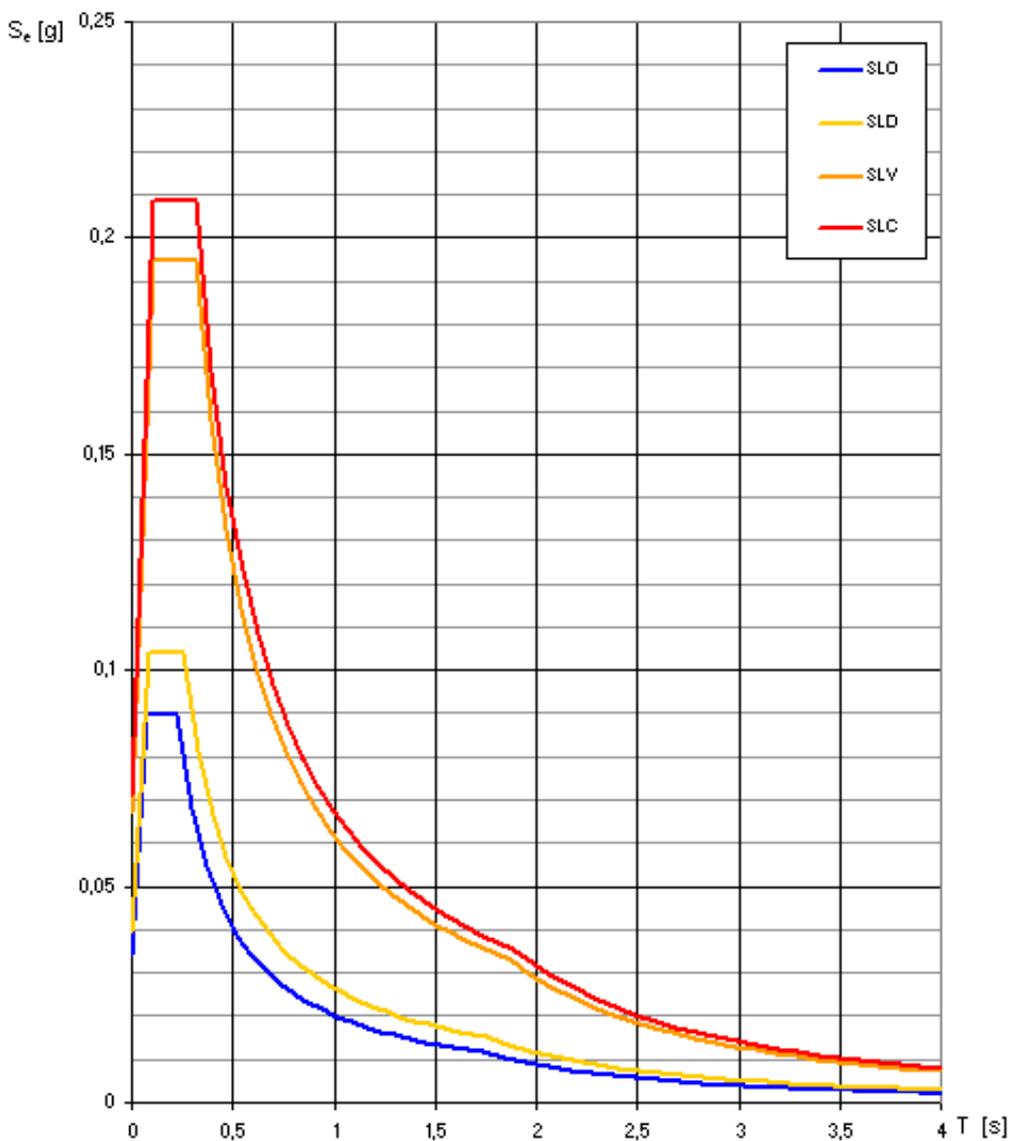
Comune di Roddi (CN)

Classificazione = Zona 4

Suolo = B/C

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [g]	T_c^* [s]
SLO	120	0.034	2.646	0.225
SLD	201	0.039	2.657	0.254
SLV	1898	0.067	2.898	0.317
SLC	2475	0.071	2.937	0.322

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



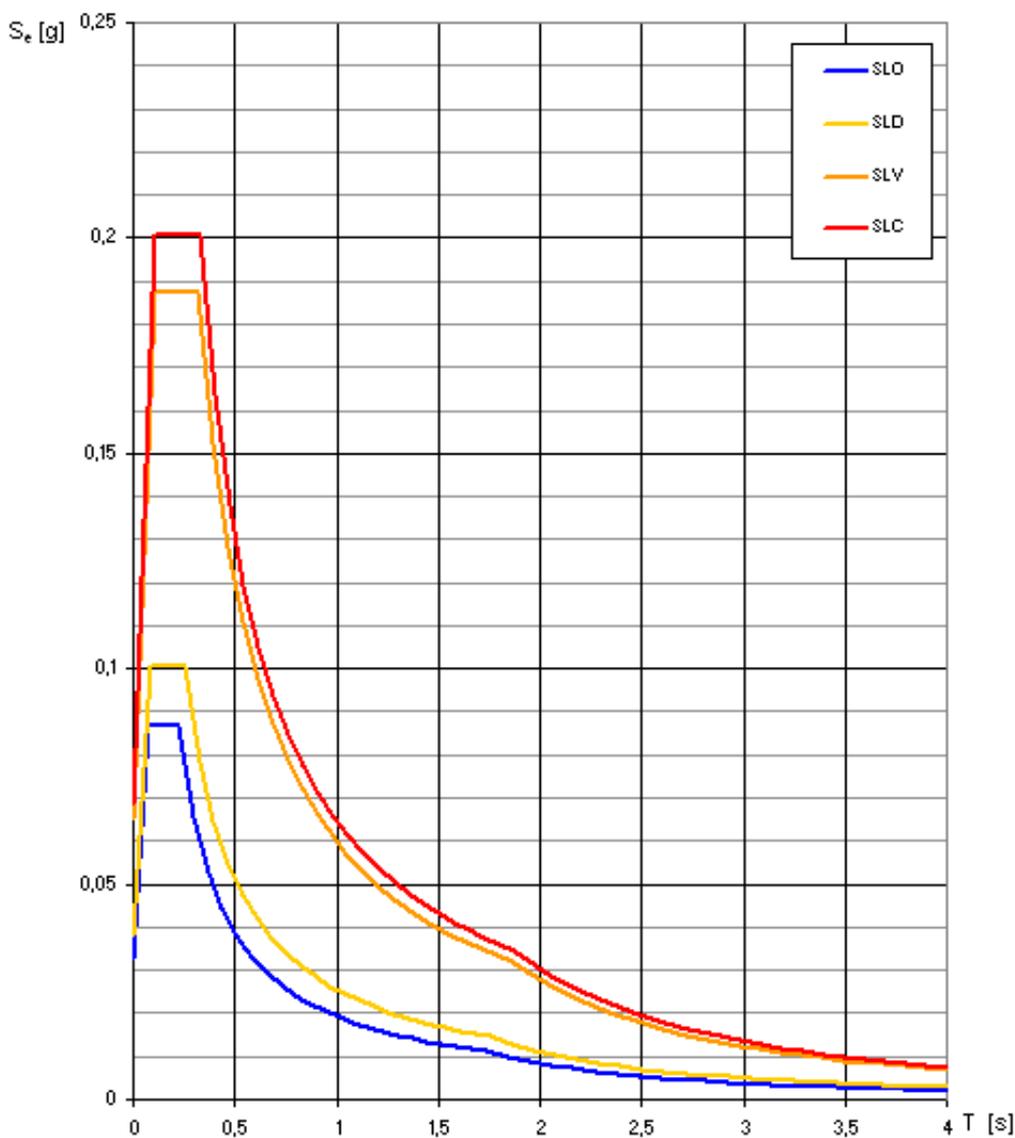
Comune di Alba (CN)

Classificazione = Zona 4

Suolo = B/C

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [g]	T_c^* [s]
SLO	120	0.033	2.652	0.223
SLD	201	0.038	2.662	0.253
SLV	1898	0.065	2.892	0.319
SLC	2475	0.069	2.931	0.323

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

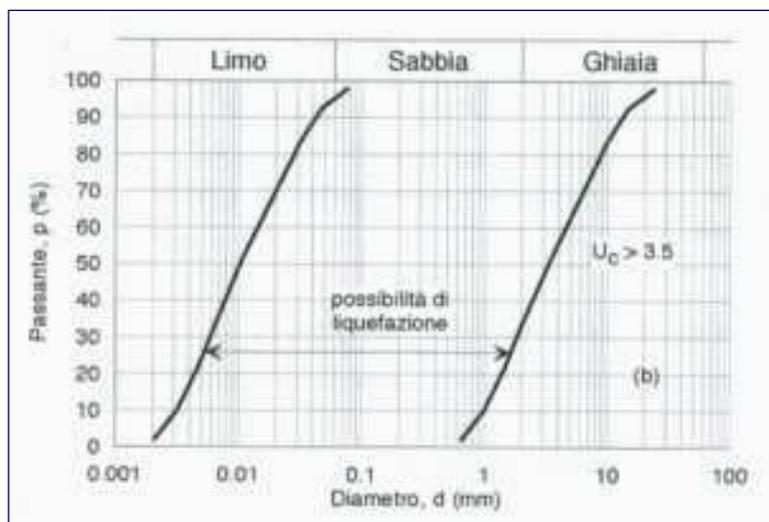


6.2 LIQUEFACIBILITÀ DEI TERRENI

La nuova normativa introduce, nell'ambito dello studio della risposta sismica del sito, il problema della stabilità del sito nei confronti del fenomeno della liquefazione dei terreni in fase dinamica: tale fenomeno fisico rappresenta la perdita di resistenza a taglio causata dall'aumento di pressione interstiziale dovuta al sisma in terreni non coesivi saturi ed in presenza di una falda superficiale.

La stessa normativa prevede tuttavia che la verifica a liquefazione può essere omessa quando sia verificata almeno una delle seguenti 5 circostanze: (par. 7.11.3.4.2 del DM 14/01/2008):

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$
3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub – orizzontale e strutture con fondazioni superficiali
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ colpi/30 cm
5. Distribuzione granulometrica esterna al fuso indicato nella figura seguente



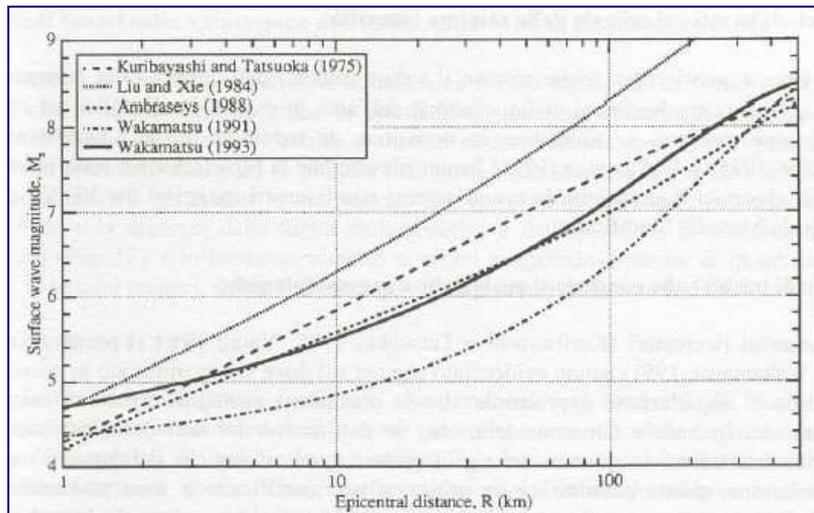
Fuso granulometrico di possibile liquefazione (DM 14/01/2008 fig. 7.11.1 (b))

Nel caso in esame la circostanza 1, “eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5, è verificata per cui può essere omessa la verifica a liquefazione.

A supporto di quanto appena affermato si evidenzia che:

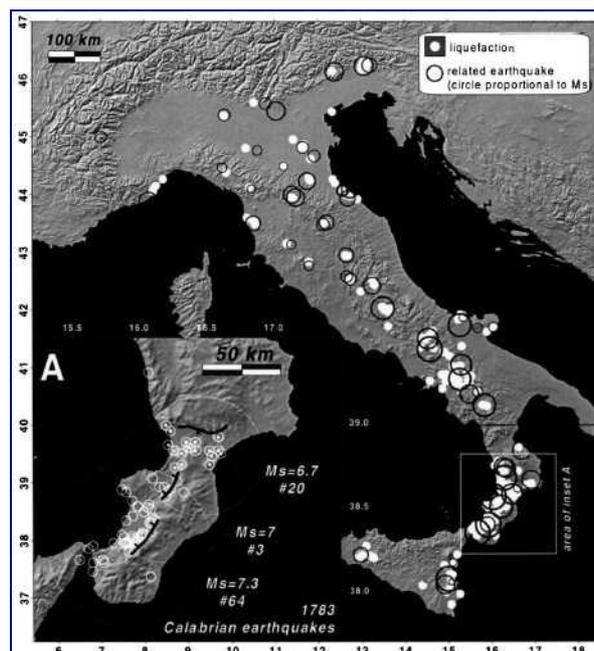
- la distribuzione geografica della sismicità storica non evidenzia, nel territorio in cui si inserisce l'infrastruttura in esame, terremoti di magnitudo superiori a 5; epicentri di eventi sismici comunque sempre inferiori alla magnitudo massima registrata di 5,67 sono invece riscontrabili solo per distanze sempre superiori ai 25-30 km

- la letteratura specialistica permette, alla luce dei dati storici di cui al punto appena sopra, di valutare la possibilità di liquefazione in funzione della distanza epicentrale e della magnitudo del terremoto. La figura successiva, riportante correlazioni proposte da diversi Autori (la curva inferiore, elaborata da Wakamatsu (1991) è particolarmente conservativa considerando anche la presenza di effetti minori), esclude per la situazione in esame la possibilità di liquefazione.



Distanza epicentrale massima di casi di liquefazione indotti da terremoti in funzione della magnitudo

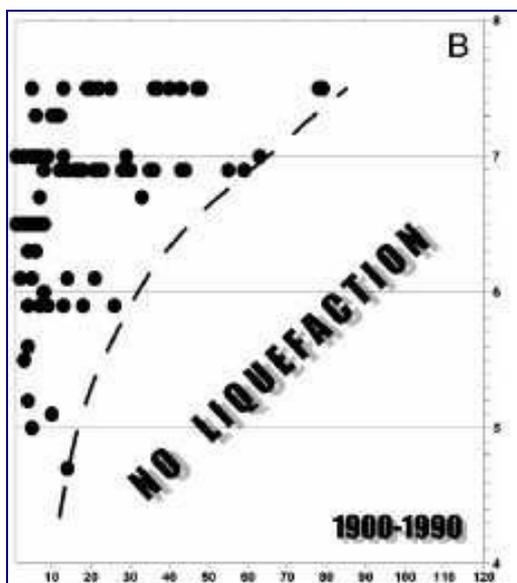
Anche il censimento storico di Galli (2000) non evidenzia nell'area in esame manifestazioni riconducibili a fenomeni di liquefazione.



Distribuzione storica dei casi di liquefazione riportati nel lavoro di Galli (2000)

Lo stesso lavoro di Galli ha ricostruito le curve della distanza epicentrale massima di casi di liquefazione indotti da terremoti in funzione della magnitudo.

La figura seguente riporta quella relativa al periodo storico 1900-1990 già caratterizzato da dati sismologici strumentali; anche questo grafico fa ricadere il caso in esame nel campo in cui può essere esclusa la possibilità di liquefazione.



Distanza epicentrale massima di casi di liquefazione indotti da terremoti in funzione della magnitudo (Galli 2000).

7. BIBLIOGRAFIA

- Servizio Geologico d'Italia (1931) - Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000 - Foglio n. 68-Carmagnola e foglio 69-Asti
- Bortolami et alii.(1976)-Lineamenti di litologia e geoidrologia del settore piemontese della Pianura Padana.-Quad.dell'Ist. di Ricerca delle acque.1995
- Regione Piemonte, Direzione Pianificazione Risorse Idriche - Piano di Tutela della Acque
- Regione Piemonte, Settore Pianificazione e verifica attività estrattive - Documento di Pianificazione delle Attività Estrattive D.P.A.E.: Relazione e relative carte tematiche
- Autorità di Bacino del F. Po - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, PAI: tavole di delimitazione delle fasce fluviali
- Studi geologici allegati ai PRG dei territori comunali interessati dal tracciato autostradale
- Ambraseys, N. N., K. Simpson e J. Bommer (1996). Prediction of HorizontalResponse Spectra in Europe. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 25(4):371-400.
- Ambraseys, N.N., J. Douglas, R. Sigbjörnsson, C. Berge-Thierry, P. Suhaldolc, G. Costa e P.Smit "Dissemination of European Strong-Motion Data", vol. 2, using Strong-Motion Datascape Navigator, CD ROM collection, Engineering and Physical Sciences Research Council, United Kingdom (feb. 2004)
- Cornell, C. A. (1968). "Engineering seismic risk analysis". Bulletin of the Seismological Society of America, 58:1583-1606.
- Gruppo di Lavoro (2004). "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003" Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Monachesi, G. e M. Stucchi (2000). "DOM4.1 un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana ad di sopra della soglia del danno"
- http://gndt.ingv.it/Banche_dati/Banche_dati_home.htm
- <http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp>