Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

PROVVEDITORATO PER LE OPERE PUBBLICHE
PIEMONTE VALLE D'AOSTA LIGURIA

COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE

PROGETTAZIONE DEFINITIVA
PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)

SI-R01: RELAZIONE SISMICA
Aggiornamento Dicembre 2015



Progettazione

D'APPOLONIA S.P.A.

BETA STUDIO S.R.L

MONTALDO ENGINEERING S.R.L

GEOTECHNICAL SERVICES S.R.L

STEGEO

Coordinatore della Progettazione
(Provveditorato per le OO.PP.)
Dr. Ing. Francesco Caldani

Responsabile del Procedimento
(Provveditorato per le OO.PP.)
Dr. Ing. Alessandro Pentimalli

INDICE

			Pagina
1	**INTRODUZIONE**		**1**
2	**RIFERIMENTI**		**2**
	2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
	2.2	RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	2
	2.3	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	2
	2.4	DOCUMENTI DI PROGETTO	2
3	**INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO**		**3**
	3.1	INQUADRAMENTO NAZIONALE	3
	3.2	INQUADRAMENTO REGIONALE	4
	3.3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
	3.4	AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	10
		3.4.1 Periodo di riferimento e tempo di ritorno	10
		3.4.2 Azione sismica di riferimento	11
4	**POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE**		**13**

RELAZIONE SISMICA
PROGETTAZIONE DEFINITIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE) – AGGIORNAMENTO DICEMBRE 2015

1 INTRODUZIONE

Il presente rapporto costituisce la relazione di sintesi in materia di analisi sismica per il sito di realizzazione dell'opera.

Il documento definisce le ipotesi di progetto da adottare conformemente all'attuale quadro normativo nazionale e regionale in materia, individuando l'accelerazione di picco orizzontale da prevedersi nella progettazione dell'opera per effetto dell'azione sismica.

Il presente documento, redatto da D'Appolonia S.p.A., costituisce l'aggiornamento del documento SI-R01, redatto nel 2005 dall'ATI D'Appolonia S.p.A. (mandataria) – Beta Studio S.r.l. – Stone S.p.A. – prof. Ing. M. Mancini (mandanti) nell'ambito dell'attività di progettazione definitiva, in conformità alla normativa tecnica entrata successivamente in vigore.

2 RIFERIMENTI

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 14 gennaio 2008, Nuova Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 617 del 02/02/2009;
- UNI EN 1990, Eurocodice 0: Criteri generali di progettazione strutturale, versione italiana del gennaio 2014;
- UNI EN 1997-1, Eurocodice 7: Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole Generali, versione italiana del maggio 2009.

2.2 RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

- Associazione Geotecnica Italiana, 2005, Aspetti geotecnici della progettazione in zone sismiche;

2.3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- R. Frank et Al., 2004, Designer's guide to EN 1997-1, Eurocode 7: Geotechnical Design – General Rules;
- Associazione Geotecnica Italiana, 2005, Aspetti geotecnici della progettazione in zone sismiche, Patron Editore;
- Associazione Geotecnica Italiana, 2005, Aspetti geotecnici della progettazione in zone sismiche, Patron Editore;
- Mayne P.W., 2007, In-situ test calibrations for evaluating soil parameters. Characterization & Engineering Properties of Natural Soils, Vol. 3, Taylor & Francis Group, London: 1602-1652;
- Gardner G.H.F., and Harris M.H., 1968, Velocity and attenuation of elastic waves in sands: 9th Annual SPWLA Log Symposium, Transitions, M1–M19.

2.4 DOCUMENTI DI PROGETTO

- D'Appolonia 2005, Relazione Sismica
- Geotechnical Services, 2015, Relazione Geologica e Idrogeologica;
- Montaldo Engineering S.r.l., 2015, Relazione Geomeccanica;
- D'Appolonia, 2015, Relazione Geotecnica;
- Comune di Santa Margherita Ligure, 2015, Indagini Geognostiche specifiche per gli approfondimenti di studio nell'area DGPV.

3 INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

3.1 INQUADRAMENTO NAZIONALE

La tettonica italiana è controllata dal movimento relativo delle piastre Eurasiatica ed Africana, organizzate in varie sottopiastre, formatesi durante le subduzioni e le collisioni delle cinture Alpina ed Appenninica (Dercourt et al., 1986; Malinverno and Ryan, 1986; Doglioni et al., 1994; Patacca et al.,1990); ad oggi la convergenza fra queste due piastre è accompagnata da un complesso campo deformativo dei sistemi Alpino ed Appenninico.

L'area in esame si trova nella porzione nord occidentale della sottopiastra denominata "arco nord appenninico", caratterizzata da sforzi di compressione dovuti al moto delle sottopiastre mediterranea, sardo-corsa e adriatica verso la piastra nord appenninica; la figura seguente mostra un tipico esempio di moto in atto.

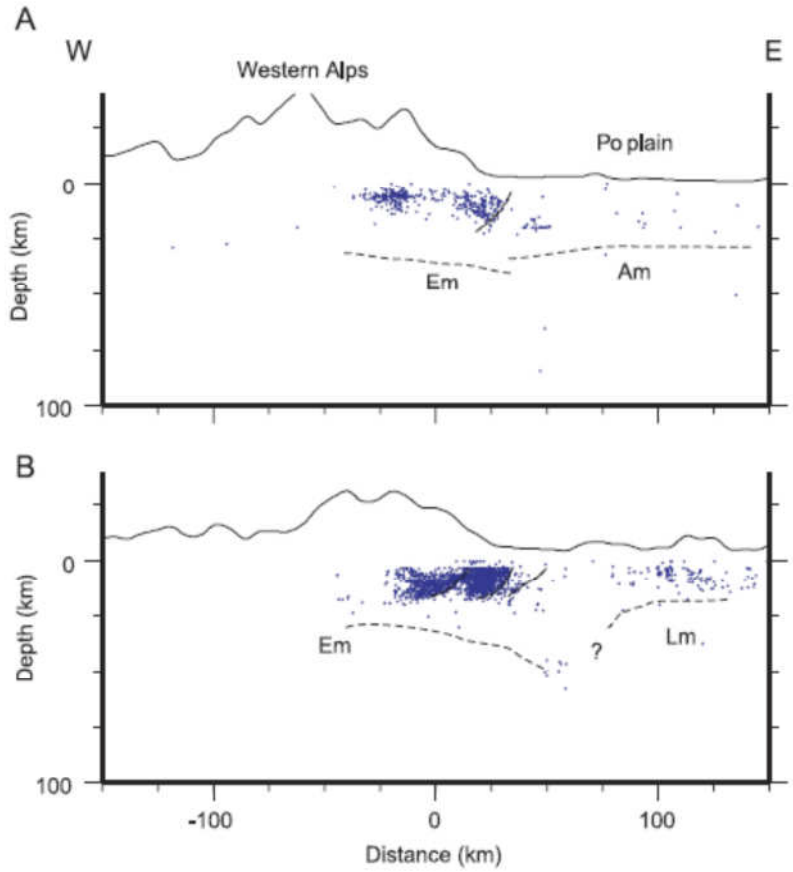


Figura 3-1: Movimento delle piastre – sezione mar ligure (in blu sono indicati gli ipocentri dei sismi registrati).

La figura seguente mostra, in maniera sintetica, le direzioni di movimento delle sotto piastre precedentemente identificate.

Le frecce rappresentano la direzione ed il verso degli spostamenti rilevati mediante stazioni GPS appositamente tarate per scopi geodetico-tettonici.

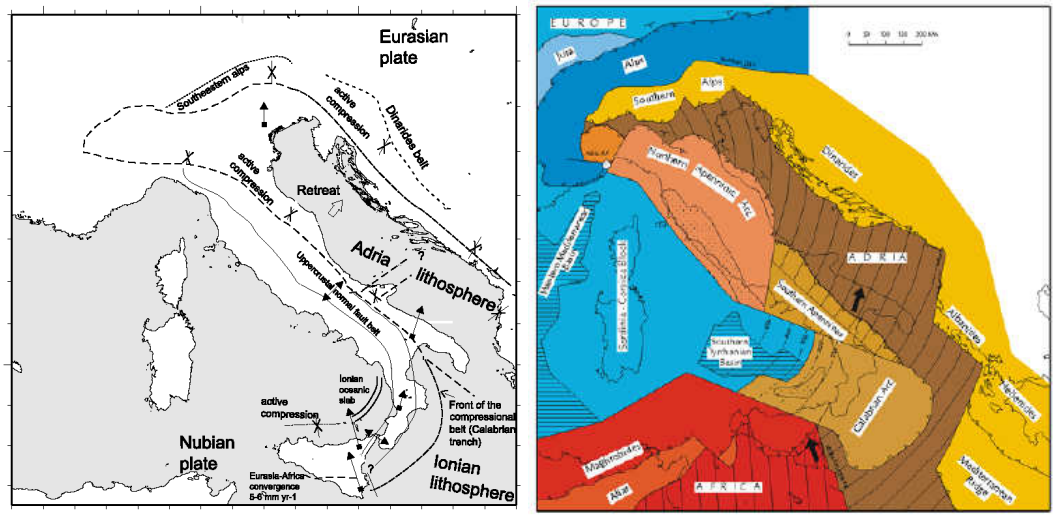


Figura 3-2: Schema tettonico con sovrapposte le direzioni cinematiche.

Come si osserva tutta la penisola italiana tende a muoversi in direzione della ex Jugoslavia con un moto di rototraslazione con cerniera nella regione del Friuli Venezia Giulia.

3.2 INQUADRAMENTO REGIONALE

A completamento dell'O.P.C.M, 3274/2003, l'istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha redatto per tutto il territorio nazionale la mappa di pericolosità sismica riorganizzando tutto il territorio secondo una nuova zonazione sismogenetica denominata ZS9.

Nell'ambito di questa zonizzazione l'arco appenninico settentrionale è stato riorganizzato in cinque fasce parallele longitudinali alla catena (dalla 912 alla 916) ed è delimitato a nord-ovest dalla zona ZS911, comprende il cosiddetto "arco di Pavia" e le strutture ad esso relative, che ne rappresenta il limite settentrionale e costituisce un ruolo di svincolo "cinematico" tra il sistema alpino e quello appenninico; il meccanismo di fagliazione prevalente risulta essere trascorrente.

Il territorio in oggetto risulta inserito all'interno della ZS911 ed è rappresentato nella seguente Figura 3-3.

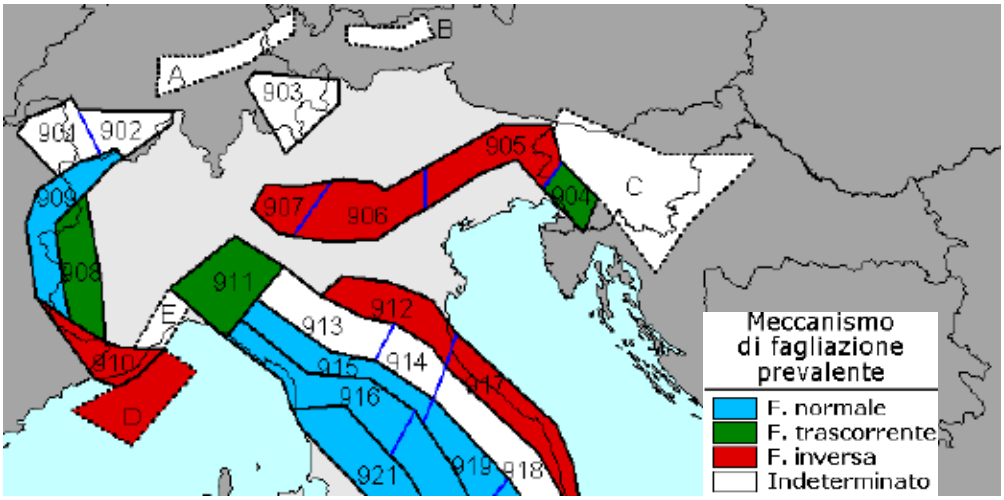


Figura 3-3: Meccanismo di fogliazione prevalente atteso per le diverse zone sismogenetiche individuate dalla ZS9.

La Zona Sismogenetica in oggetto risulta essere caratterizzata da eventi sismici che hanno magnitudo di momento M_w compresa tra 4,1 (calcolata con il metodo storico Activity Rates) e 4,72 (calcolata secondo relazioni tipo Gutemberg-Richter troncate).

Sono ora affrontati gli aspetti di sismicità regionale nell'intorno dell'area in esame; la seguente Figura 3-4 mostra la dislocazione spaziale degli epicentri dei sismi occorsi fra il 1981 ed il 2002, per un totale di circa 45.000 registrazioni di sismi avvenuti in tutta la nazione.

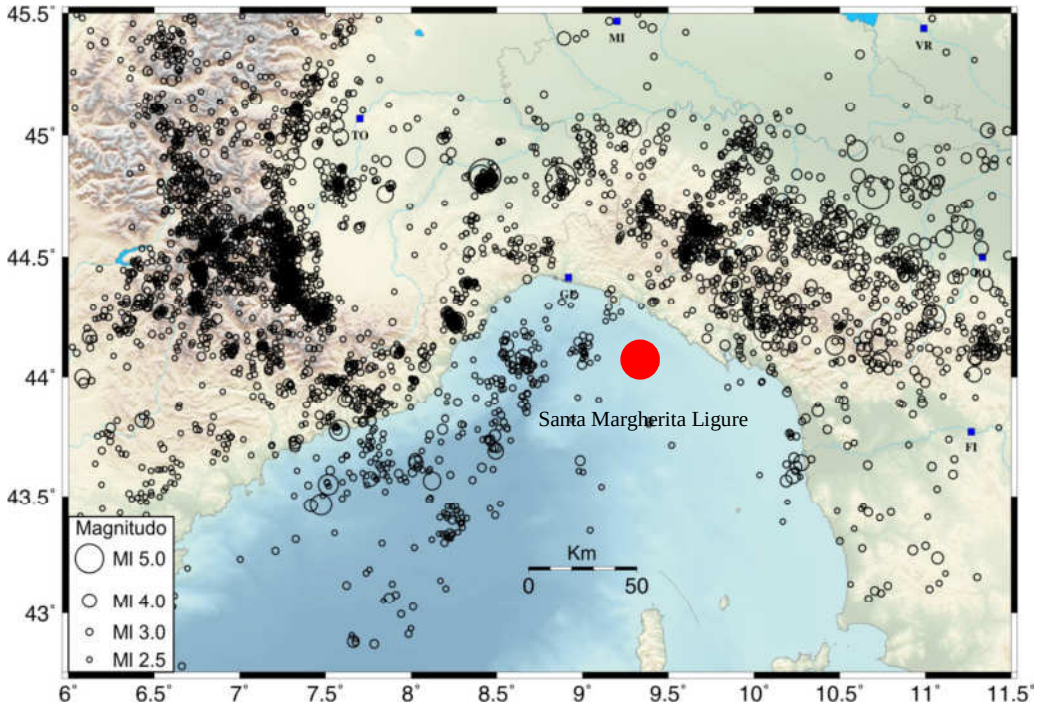


Figura 3-4: Sismicità regionale dell'area Ligure (fonte UNIGE-DIPTERIS).

Come si osserva l'area di Santa Margherita Ligure è circondata da zone sede di eventi sismici aventi profondità generalmente compresa prevalentemente fra 0 e 35 km, salvo alcuni di profondità maggiore (compresi fra 35 e 190 km) e magnitudo compresa fra 4 e 5.

3.3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area che interessa l'opera è caratterizzata da una stratigrafia è costituita da coltri superficiali e depositi alluvionali di limitato spessore sovrastanti il substrato di calcare; l'opera è realizzata interamente all'interno della Formazione dei Calcari Marnosi del Monte Antola.

Sono ora affrontati gli aspetti legati alla sismicità locale, con particolare riferimento alla determinazione della velocità delle onde S che caratterizza i depositi reperiti in sito.

La determinazione della velocità delle onde S è fatta attraverso l'analisi delle prove geofisiche in foro effettuate e presentate nella seguente Figura 3-5.

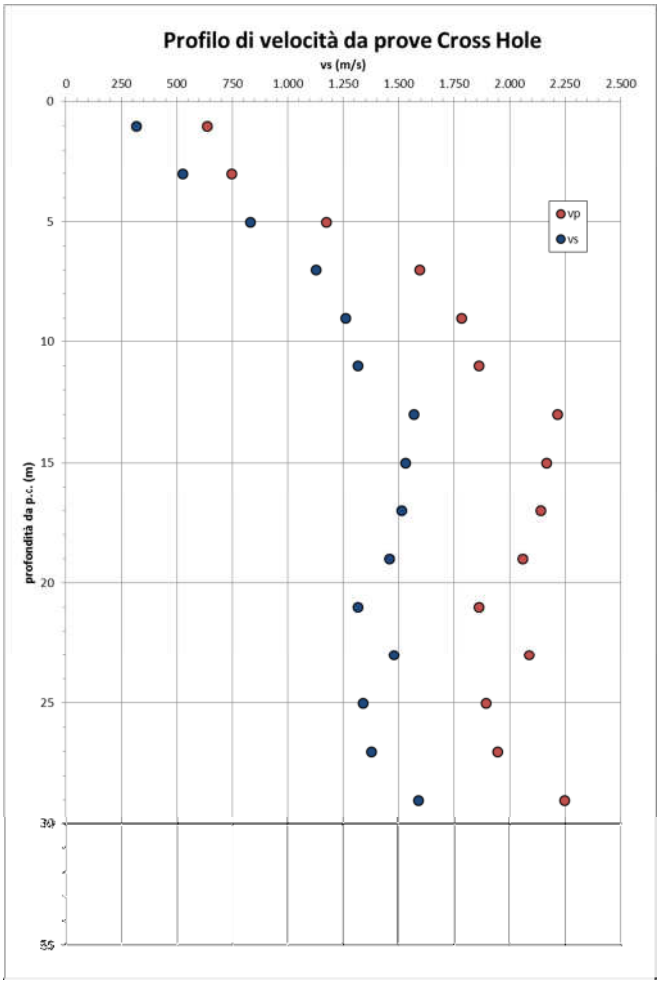


Figura 3-5: Profilo delle velocità delle onde p ed s

Si osserva un decremento di vs tra 12 m e 22 m dal piano di campagna e, successivamente, un sostanziale incremento della velocità delle onde di taglio con la profondità, segno di un miglioramento delle caratteristiche del terreno con la profondità.

È ora eseguita la ricerca della velocità media delle onde di taglio, S, che caratterizza il deposito identificante il sito in analisi; la relazione di riferimento è la seguente:

$$v_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{n} \frac{h_i}{v_{s,i}}} \text{ dove:} \qquad (1)$$

- h_i rappresenta la potenza dell'i-esimo strato di terreno;
- $v_{s,i}$ rappresenta la velocità delle onde di taglio durante l'attraversamento dell'i-esimo strato di terreno.

Con riferimento alla (1) ed ai valori riscontrati, la velocità media delle onde di taglio è pari a 1381 m/s se calcolata con riferimento alla prove geofisiche.

Con riferimento alle categorie di suolo indicate in normativa, il suolo che caratterizza il VS dell'area in esame è: SUOLO TIPO A.

La determinazione della magnitudo di momento attesa per il sito è effettuata con riferimento alla procedura di disaggregazione della pericolosità sismica.

Esso si basa sul concetto sommare i contributi dovuti alle singole coppie magnitudo-distanza degli epicentri ricadenti all'interno di un'area di riferimento allo scopo di individuare, con una procedura tipo probabilistico, l'evento sismico dominante.

Il terremoto così individuato, detto terremoto di scenario, è caratterizzato da una magnitudo, una distanza dal sito indagato e un tempo di ritorno contestualizzati al sito di riferimento, interno al reticolo di suddivisione, e pertanto utilizzabile per le verifiche richieste dal D.M. 14 gennaio 2008.

La determinazione del terremoto di scenario è effettuata ricorrendo alla risorsa web-gis messa a disposizione dall'Istituto Italiano di Geofisica e Vulcanologia, all'indirizzo "esse1-gis.mi.ingv.it".

Le mappe presenti sono state tutte determinate per vari valori di probabilità di accadimento in 50 anni; ciò porta, nel caso delle verifiche agli SLU, ad un valore del tempo di Ritorno pari a 475 anni associato ad una probabilità di superamento del 10%.

Nello specifico l'opera in esame ha un periodo di riferimento pari a 100 anni, corrispondente ad un tempo di ritorno di 949 anni associato ad una probabilità di superamento del 10% secondo la (3).

Al fine di omogeneizzare probabilità, tempo di ritorno e periodo di riferimento si è invertita la (3) impostando come dati di ingresso il tempo di ritorno di 949 anni ed il periodo di riferimento di 50 anni che rappresenta un parametro fisso delle mappe di

disaggregazione e ricercando il valore della probabilità di superamento ad esse associato.

Così facendo si è pervenuto ad un valore di probabilità di superamento, PVR, pari al 5% che pertanto è il valore selezionato per la disaggregazione.

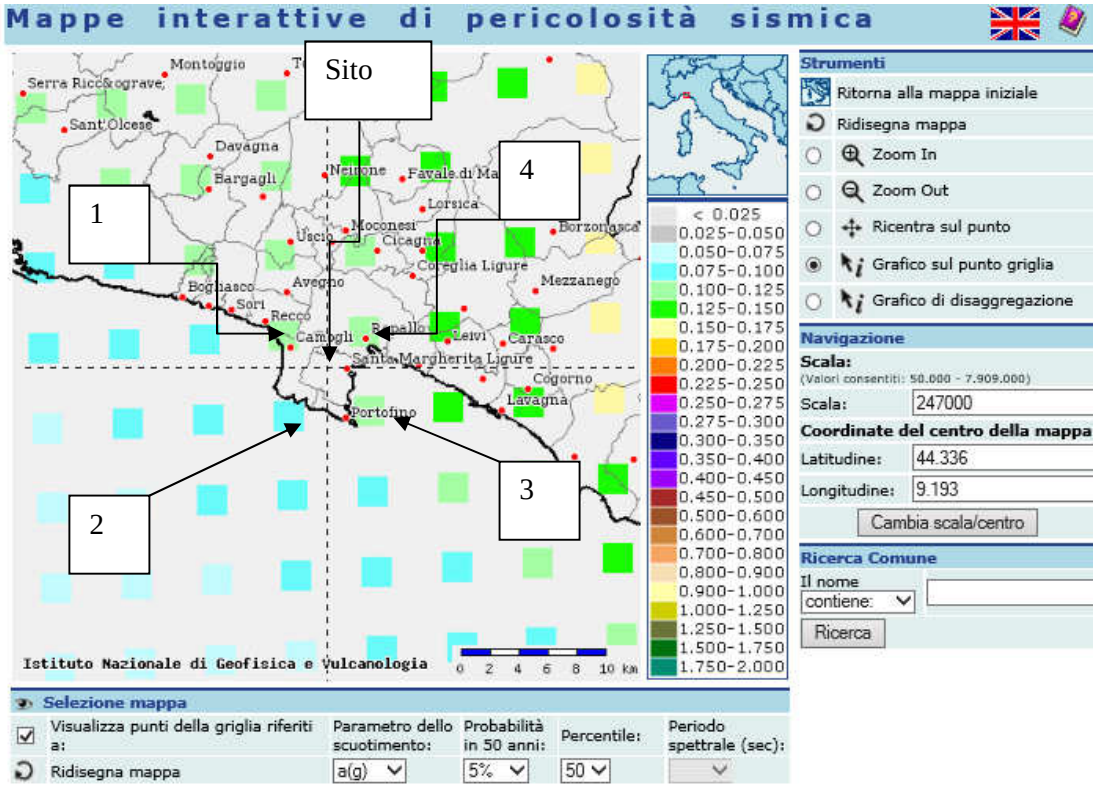


Figura 3-6: Mappa di pericolosità sismica per le coordinate di riferimento della del sito con reticolo con i quattro punti ad esso più vicini.

Selezionando i quattro punti del reticolo individuati, tutti a distanza inferiore ai 5 km dal sito, si ottengono le mappe di disaggregazione riportate in Figura 3-7.

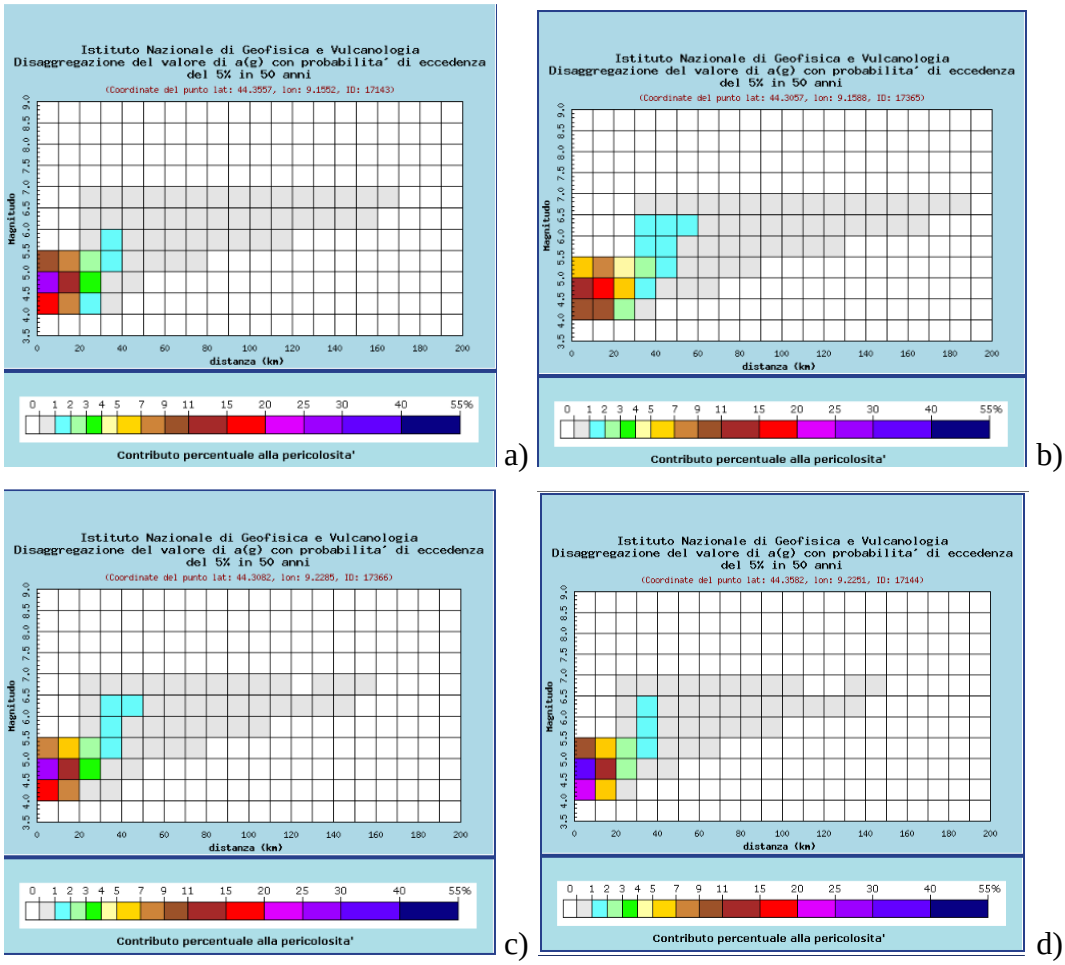


Figura 3-7: Mappe di disaggregazione della magnitudo di momento per i punti 1 (a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d) di Figura 3-6.

Dall'esame della Figura 3-7 si osserva che la massima magnitudo di momento statisticamente prevedibile è compresa tra 4,50 e 5 e la distanza epicentrale è compresa tra i 5 km ed i 10 km.

Alla luce di quanto sopra osservato la magnitudo sismica attesa per il sito in esame è pari a 5.

3.4 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

3.4.1 Periodo di riferimento e tempo di ritorno

Con riferimento al paragrafo 2.4.3 del D.M. 14 gennaio 2008, le azioni sismiche sulla costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento, VR, che si ricava moltiplicando la vita nominale, VN, per il coefficiente d'uso, CU, secondo la seguente relazione:

$$VR = VN * CU \quad (2)$$

dove:

- CU = 1,0 essendo l'opera in Classe II (opera infrastrutturale non ricadente in Classe III e/o in Classe IV, secondo quanto indicato nel par. 2.4.2 del D.M. 14 gennaio 2008);
- VN = 100 anni essendo l'opera infrastrutturale ascrivibile alla tipologia di grandi opere.

Con riferimento alla (2) il periodo di riferimento per l'azione sismica vale:

VR = 100 anni * 1,0 = 100 anni.

La verifica sismica considerata è quella di stato limite di conservazione della vita (SLV) la cui probabilità di superamento PVR risulta pari al 10% (Tab. 3.2.I del D.M. 14/01/2008):

Il tempo di ritorno del sisma, TR, è determinabile attraverso la seguente relazione:

$$TR = -VR/\ln(1 - PVR) \quad (3)$$

dove:

- VR = 100 anni secondo quanto determinato in base alla (1);
- PVR = 10% = 0,10 in accordo con la Tab. 3.2.I del D.M. 14/01/2008.

Con riferimento alla (3) il tempo di ritorno del sisma è pari a:

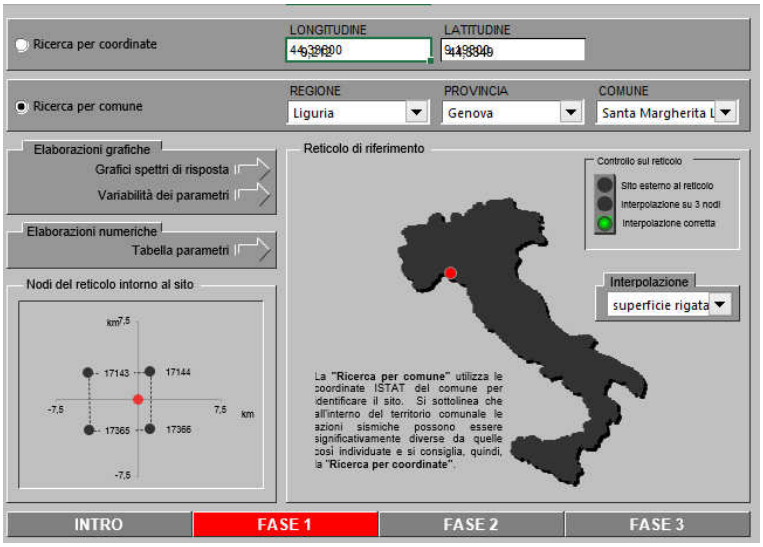
TR = -100/ln(1 – 0,10) = 949 anni.

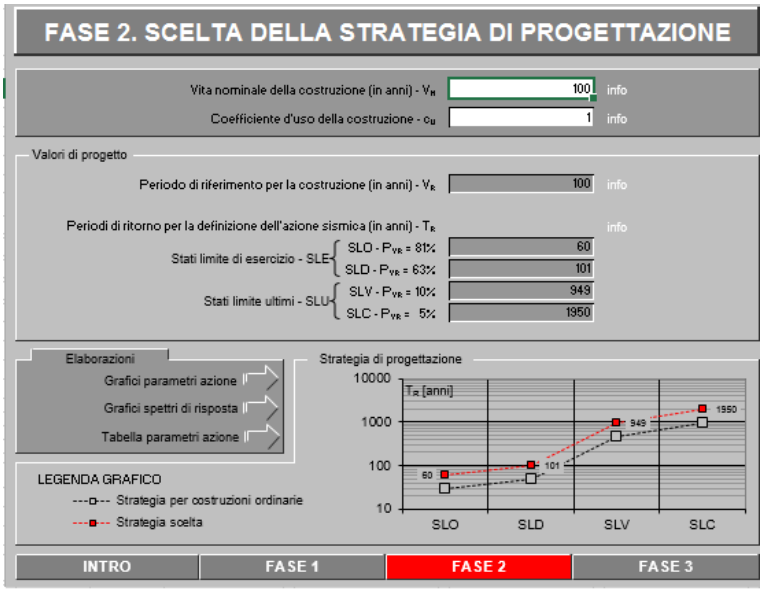
3.4.2 Azione sismica di riferimento

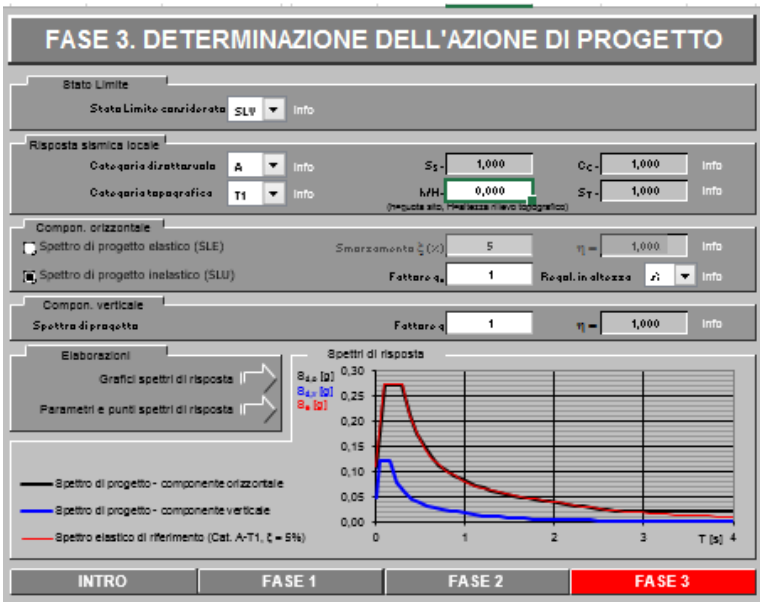
La determinazione dell'azione sismica di riferimento è stata eseguita tramite l'ausilio del foglio excel "Spettri-NTC, versione 1.03", rilasciato dal Consiglio Superiore del Lavori Pubblici.

Per l'analisi dell'azione sismica si sono considerate le seguenti coordinate del sito:

- Latitudine: 40,165445° N;
- Longitudine: 16,636453° E.







L'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido, a_g, risulta quindi pari a 0,108g in SLV.

4 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

La liquefazione è un fenomeno che comporta una perdita di resistenza ed a causa del quale, in seguito ad un evento sismico, alcuni tipi di terreni possono presentare un comportamento analogo a quello di un fluido. Il fenomeno della liquefazione interessa tipicamente le sabbie sciolte poste sotto il livello di falda che, per effetto dell'azione sismica, possono essere soggette ad un incremento della pressione interstiziale. Se la pressione interstiziale aumenta al punto da uguagliare la tensione verticale totale in sito, la tensione efficace scende a zero, la sabbia perde totalmente la propria resistenza a taglio e assume il comportamento di un liquido. Il fenomeno della liquefazione è pertanto governato sia dalla magnitudo dell'evento sismico che dalla natura e dalle caratteristiche meccaniche dei terreni.

Per le finalità progettuali sono state individuate due differenti tipologie di terreno sovrastanti il substrato roccioso: il terreno di copertura superficiale sui versanti e i depositi alluvionali in alveo. Come descritto in dettaglio nella Relazione Geotecnica, i due terreni presentano caratteristiche simili dal punto di vista della resistenza geomeccanica, anche se differiscono in termini di composizione granulometrica e natura dei materiali che li costituiscono. Dai risultati delle analisi granulometriche allegate alla Relazione Geotecnica si può osservare che i primi sono formati da detriti di roccia in una matrice limo argillosa (mediamente dell'ordine del 40%) e presentano spessori molto limitati, mentre i secondi sono costituiti prevalentemente da ciottoli e ghiaie, con una limitata percentuale di sabbia (dell'ordine del 15-20%) per spessori generalmente inferiore ai 10 m. Al di sotto di entrambi gli strati si incontrano i calcari marnosi.

Per quanto riguarda gli strati di copertura dei versanti, si può ritenere che il problema della liquefazione non sussista, in quanto il loro comportamento è controllato dai materiali a granulometria fine che non sono suscettibili al fenomeno. Inoltre, questi strati presentano spessori limitati e, nelle zone di interesse per il presente lavoro, non si trovano mai sotto il livello di falda. Per le alluvioni, la presenza di ciottoli e ghiaie a granulometria grossolana garantisce un efficace il drenaggio dei sedimenti anche sotto l'effetto dell'azione ciclica del sisma, prevenendo il possibile aumento di pressioni interstiziali. Data la natura dei terreni e lo spessore relativamente contenuto di questi sedimenti sul substrato roccioso, congiuntamente alla modesta magnitudo del possibile evento sismico, si ritiene pertanto che, anche per le alluvioni, il rischio di liquefazione al sito di Santa Margherita Ligure sia del tutto trascurabile.