

REGIONE PIEMONTE

CITTA' METROPOLITANA DI TORINO



Comune di Vigone



Comune di Cercenasco

Progetto Esecutivo:

Rifacimento del ponte in Via Torino sul torrente Lemina.

ELABORATO: Relazione Sismica

Il progettista:

Dott. Ing. Alberto Gallo

Via Torino n. 6 – 10067 – Vigone (To)

cod. fis.: GLLLRT73S03L219P - p.iva: 08113410016

Il Responsabile del procedimento:

Geom. Mario Druetta

P.zza Palazzo Civico n. 18 – 10067 – Vigone

Geologo Incaricato

Dott. Geol. Bosco Claudio

Studio di Geologia Bosco



STUDIO DI GEOLOGIA BOSCO

P.IVA: 11386130014

cell: 3286997196

e-mail: claudio.bosco@outlook.com

P.E.C.: claudio.bosco@pec.geologiapiemonte.it

www.studiogeologiabosco.it



Claudio Bosco

Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3. DOCUMENTAZIONE ESISTENTE	6
4. INDAGINI SISMICHE	15
4.1 Tomografia sismica.....	17
4.2 Indagine M.A.S.W.....	18
4.3 Indagine HVSR	22
4.4 Spettri di risposta sismica.....	28
5. CONCLUSIONI	30

1. PREMESSA

Il presente elaborato è redatto dal sottoscritto Dott. Geol. Claudio BOSCO (BSCCLD87A27B791B), con Studio in Poirino, Via Arpino 27/A, su incarico affidato dal Dott. Ing. Alberto GALLO (GLLLRT73S03L219P), con Studio in Vigone, Via Torino 6.

Sulla base della D.G.R. 11-13058 del 19/10/2010 "*Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)*" e della D.G.R. 30 dicembre 2019 n.6-887 - OPCM 3519/2006 "*Preso d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte*", i territori comunali di Vigone e Cercenasco sono compresi in Zona Sismica 3, caratterizzata da valori di 0,05 <ag/g< 0,15 e dove l'accelerazione orizzontale di riferimento per la normativa tecnica e di 0,15.

Per valutare la sismicità dell'area, come prescritto nelle D.M. 17/01/2018 "*Norme Tecniche per le costruzioni*", è necessario definire: la categoria topografica e la categoria di sottosuolo.

Nell'area oggetto di studio, la superficie sub-pianeggiante o con inclinazione media < 15°, permette di definire la categoria topografica T1.

La categoria di sottosuolo dipende dalla misura della velocità equivalente $V_{s,eq}$ di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità; la misura diretta è stata ottenuta attraverso l'indagine geofisica per onde superficiali di tipo M.A.S.W., eseguendo uno stendimento lineare lungo 44 m, con 12 geofoni da 4.5 Hz, equidistanti tra loro 4 m.

Per quanto riguarda la vita nominale di progetto dell'opera, definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purchè soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali, come riportato nella Tab. 2.4.I del D.M. 17/01/2018, l'intervento è da considerarsi della tipologia 3 "costruzioni con livelli di prestazioni elevati", per la quale il valore minimo V_n è pari a 100 anni.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

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

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso; il ponte in progetto appartiene alla classe d'uso IV "costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità", paragrafo 2.2.4 del D.M. 17/01/2018.

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio è stato realizzato secondo quanto previsto dalle seguenti normative:

- D.Lgs. 152/2006 "*Codice dell'Ambiente*";
- D.M. 17/01/2018 "*Norme Tecniche per le Costruzioni*";
- D.P.C.M. 24-5-2001 *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*;
- D.G.R. 11-13058 del 19/10/2010 "*Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)*";
- D.G.R. 30 dicembre 2019 n.6-887 - OPCM 3519/2006. "*Preso d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte*";
- D.G.R. 7-4-2014 n. 64-7417 "*Indirizzi procedurali e tecnici in materia di difesa del suolo e pianificazione urbanistica*";
- Circolare P.G.R. 7/LAP/1996 e N.T.E. 1999 "*Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici*";
- D.Lgs. 49/2010 "*Direttiva Alluvioni*";
- L.R. 56/77 "*Tutela ed uso del suolo*";
- *Norme Tecniche di Attuazione* dei comuni di Vigone e Cercenasco.

3. DOCUMENTAZIONE ESISTENTE

E' stato consultato lo Studio di Microzonazione sismica di I livello del Comune di Cercenasco, redatto dal Dott. Geol. Almo Olmi nel 2013, del quale si riportano di seguito i contenuti.

Con riferimento alla Zonazione Sismogenetica ZS9 (**Fig. 1**), si osserva che l'attività sismica locale è compresa nella zona 908, entro la quale ricade l'estrema parte occidentale del territorio di Cercenasco.

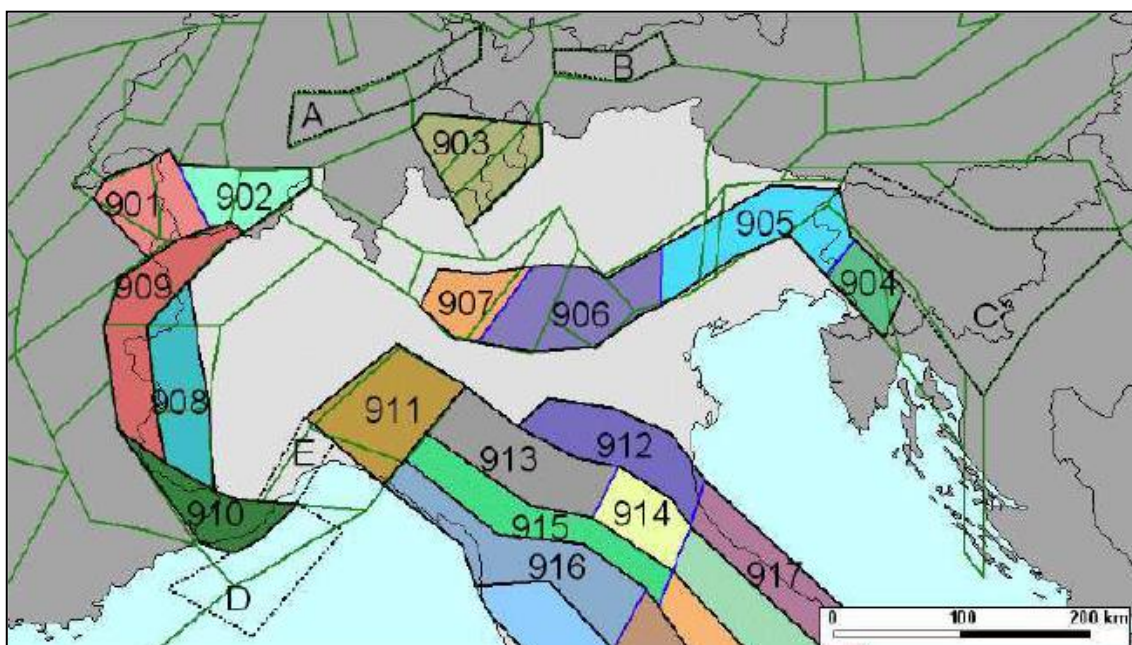


Fig. 1: zonazione sismogenetica ZS9 per il nord Italia.

Dall'Appendice 2 di cui alla nota 4 del p.d.p. si riportano le seguenti note descrittive:

pag. 11: "Le zone che disegnano l'arco delle Alpi occidentali sono disposte secondo due fasce parallele all'asse della catena. In accordo con quanto esposto nei criteri generali, sono state create due zone (908 e 909). Esse derivano dall'unione di più zone di ZS4. La distribuzione della sismicità sembra confortare questa scelta (la fascia interna ha terremoti di magnitudo maggiore, per quanto non frequenti). Rispetto a ZS4, la zona 908 è stata ridotta nella parte settentrionale, area per la quale non sono noti in catalogo eventi significativi.";

pag. 26:

La Tabella 1 e la figura 15 mostrano i valori delle profondità efficaci ottenute per le 36 ZS. Nelle 4 zone dominate dalla presenza di attività vulcanica recente la profondità è stata fissata *a priori*. In 9 casi sui 32 rimanenti si è fatto ricorso al giudizio esperto. La figura 16 mostra la classe di profondità di appartenenza di ogni zona di ZS9 per le quali l'attribuzione è stata fatta in base al valore della moda e della forma della distribuzione di frequenza degli eventi in funzione della profondità. Tutti i risultati dell'analisi sono riassunti in Tabella 1.

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7 *
905	181	110	32	4.8	5-8	8 *
906	41	34	13	4.7	5-8	8 *
907	33	19	7	4.2	5-8	8 *
908	495	128	25	3.7	8-12	10
909	263	94	9	4.1	8-12	10

Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Dalla tabella 2.8.1, degli ICMS si constata che alla zona 908 è stato assegnato il valore di

Magnitudo Momento Massima $M_{wmax} = 6,14$.

Ai fini della verifica a liquefazione, la magnitudo è da valutarsi con il metodo esposto al Cap.

2.8.2 degli ICMS, di seguito riportato:

“1. Si considera sempre la zonazione sismogenetica (ZS9) (Figura 2.8-1), secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima M_{wmax} .
 2. Per i siti che cadono in una delle 36 zone sismogenetiche predette si assume come M il valore di M_{wmax} (Tabella 2.8-1).
 3. Ai fini della verifica a liquefazione e per i siti che non ricadono in alcuna zona sismogenetica si determinano le minime distanze (R_i) dalle zone (i) circostanti e si controlla per ciascuna di esse se la magnitudo M_i della zona è inferiore alla magnitudo fornita dalla relazione $M_s = 1 + 3 \log(R_i)$. Se ciò accade, la verifica a liquefazione non è necessaria. Se invece è necessaria, si assume il valore di magnitudo M_i più alto fra quelli per i quali la verifica è necessaria.”

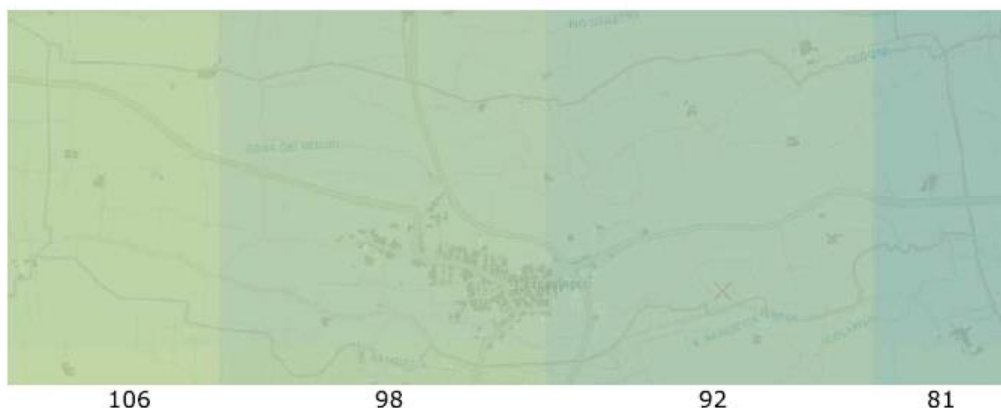
Nel caso in esame, essendo il territorio adiacente al limite orientale della zona 908 e da questa marginalmente ricoperto, risulta che la verifica a liquefazione è da effettuarsi con riferimento al valore di magnitudo assegnato alla zona 908.

Si riporta di seguito un estratto dello Studio di Microzonazione Sismica di I livello sopra citato, relativo alla valutazione della pericolosità sismica.

Con accesso al sito <http://www.webgis.arpa.piemonte.it/risknat> sono stati consultati i temi sismici di seguito elencati con i relativi esiti:

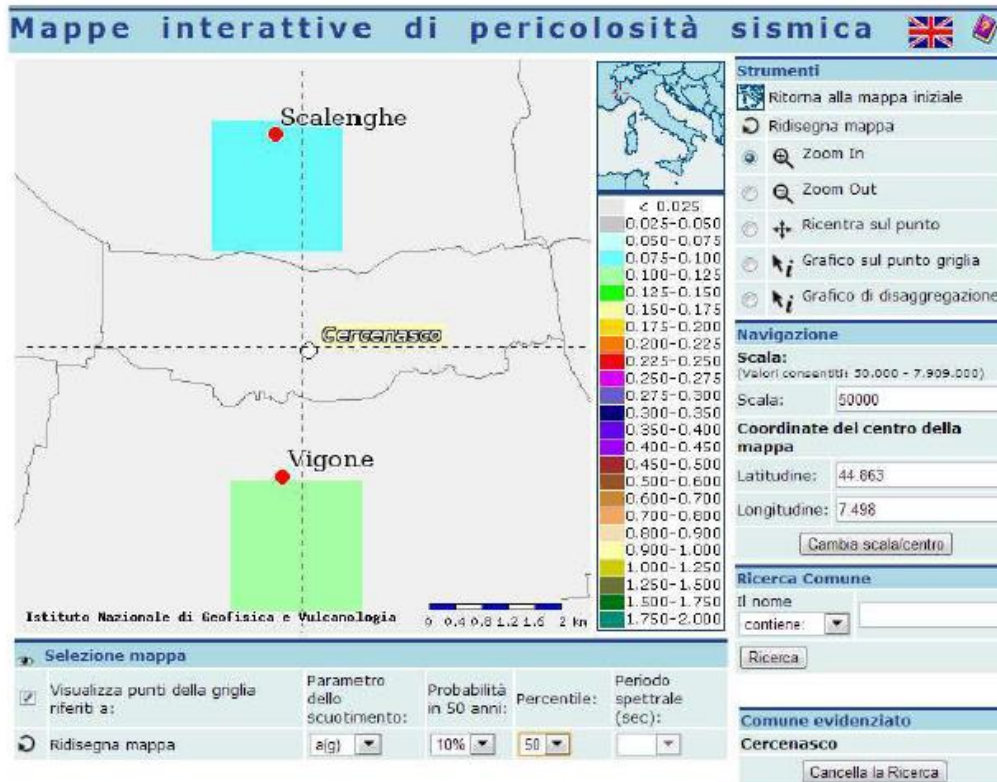
- *Sismicità strumentale e sismicità recente*: nessun dato;
- *Catalogo parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI04)*, riportante la localizzazione dei terremoti storici sin oal 2002: nessun dato.

Con accesso al sito <http://www.webgis.arpa.piemonte.it> >Geologia e processi di dissesto è stata consultata la mappa di pericolosità sotto riportata.

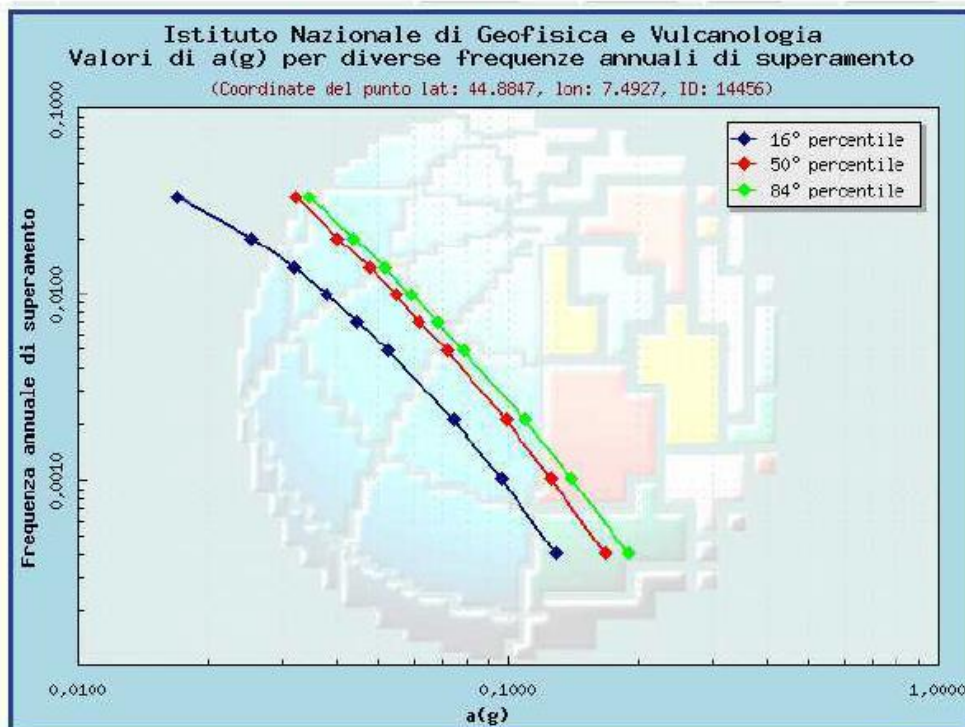


Pericolosità sismica in territorio di Cercenasco, in termini di a_w (cm/s²).

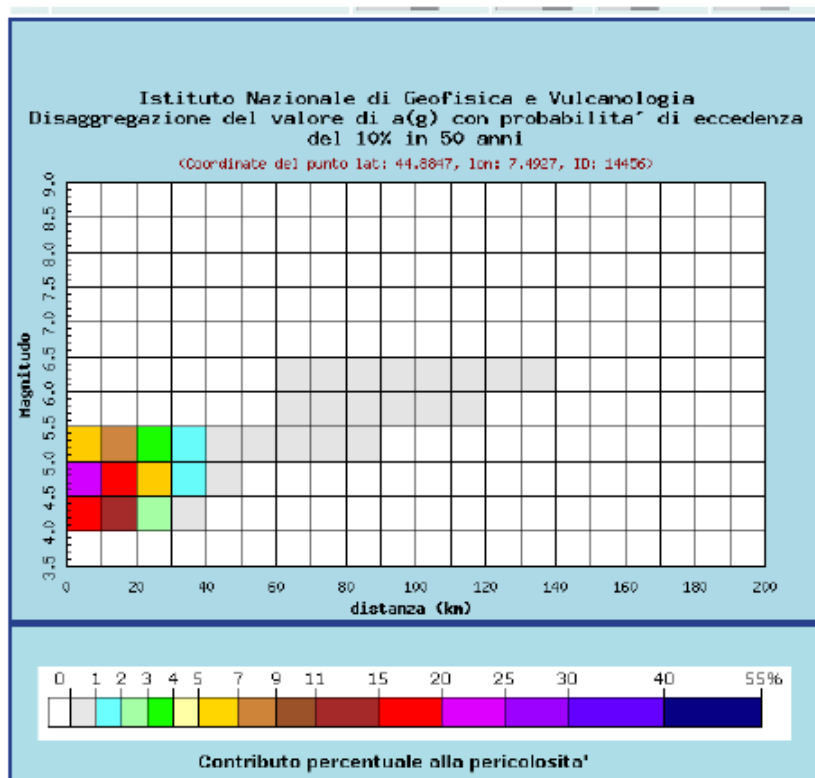
Con accesso al sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it> sono state consultate le *Mappe interattiva di pericolosità sismica*, dalle quali sono stati estratti le mappe ed i grafici dei parametri di scuotimento $a(g)$ e $Se(T)$ di seguito riportati.



INGV – Mappa del parametro di scuotimento $a(g)$ (10% in 50 anni, 50° percentile). Con riferimento al punto griglia più prossimo al baricentro comunale (Scalenghe), il territorio di Cercenasco è attribuibile al campo di valori 0.075-0.100



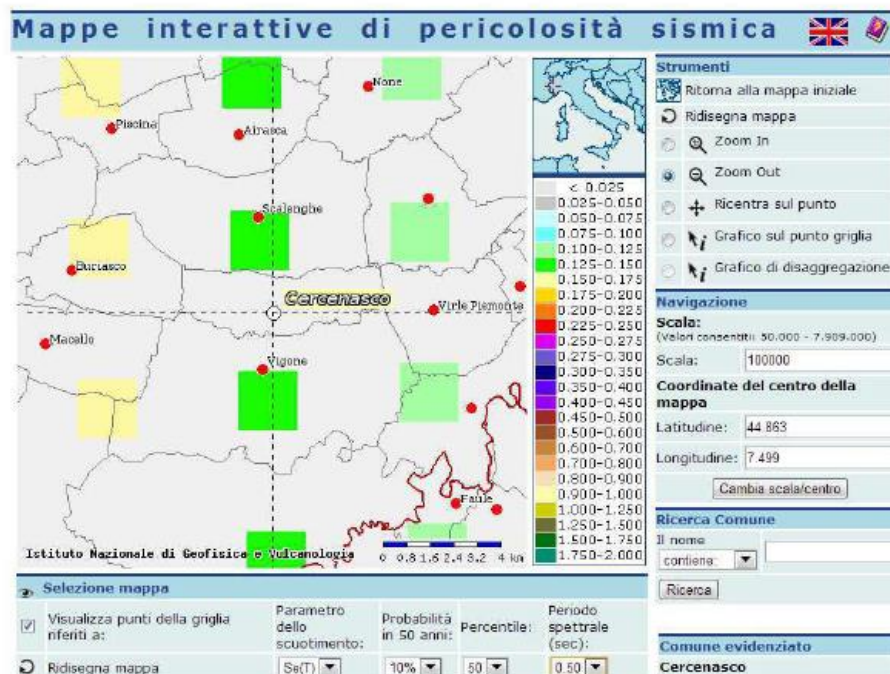
INGV – Valori di $a(g)$ per diverse frequenze annuali di superamento.



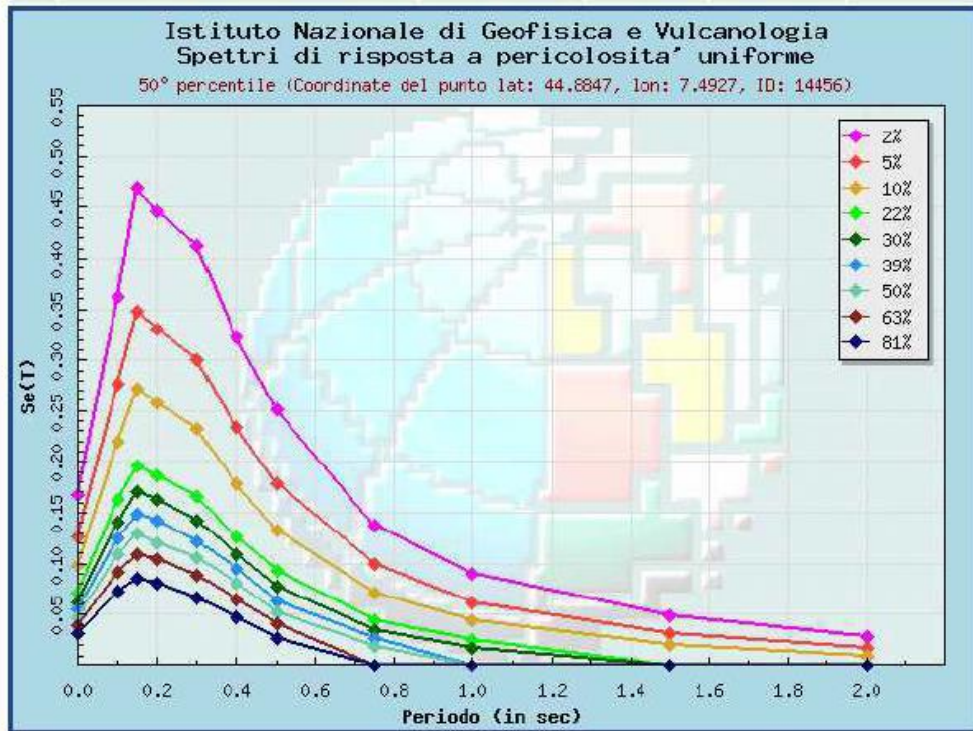
INGV – Disaggregazione del valore di $a(g)$ (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).
 Per eventi localizzati fino a 20 km di distanza, i contributi percentuali alla pericolosità
 sono così distribuiti: $M=4,5-5,0$: 15-25%; $M=4,0-4,5$: 11-20%; $M>5,0$: 5-9 %.
 L'evento sismico medio è localizzato a 13.2 km, con $M=4.74$.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.8847, lon: 7.4927, ID: 14456)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	18.100	22.200	6.660	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	11.000	18.100	8.240	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	2.170	5.290	3.640	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.122	1.200	1.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.094	0.472	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.087	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.011	0.020	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.029	0.223	0.321	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.002	0.092	0.174	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.740	13.200	0.900



INGV – Mappa del parametro di scuotimento **Se(T)** per periodo di 0,5 s
(probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, 50° percentile).
Con riferimento al punto griglia più prossimo al baricentro comunale (Scalenghe),
il territorio di Cerenasco è attribuibile al campo di valori 0.125-0.150



INGV – Spettri di risposta a pericolosità uniforme **Se(T)** per periodi sino a 2,0 s, (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, 50° percentile).
 Si osservano picchi di risposta allineati sul periodo $T = 0,15$ s.

In **Fig. 2** è riportata mappa di zonazione sismica della Regione Piemonte aggiornata (i Comuni di Vigone e Cercenasco sono compresi in Zona Sismica 3).

In **Fig. 3** è riportata la mappa di pericolosità sismica, sulla base del parametro PGA (Peak ground acceleration), che è la misura della massima accelerazione del suolo indotta dal terremoto e registrata dagli accelerometri.

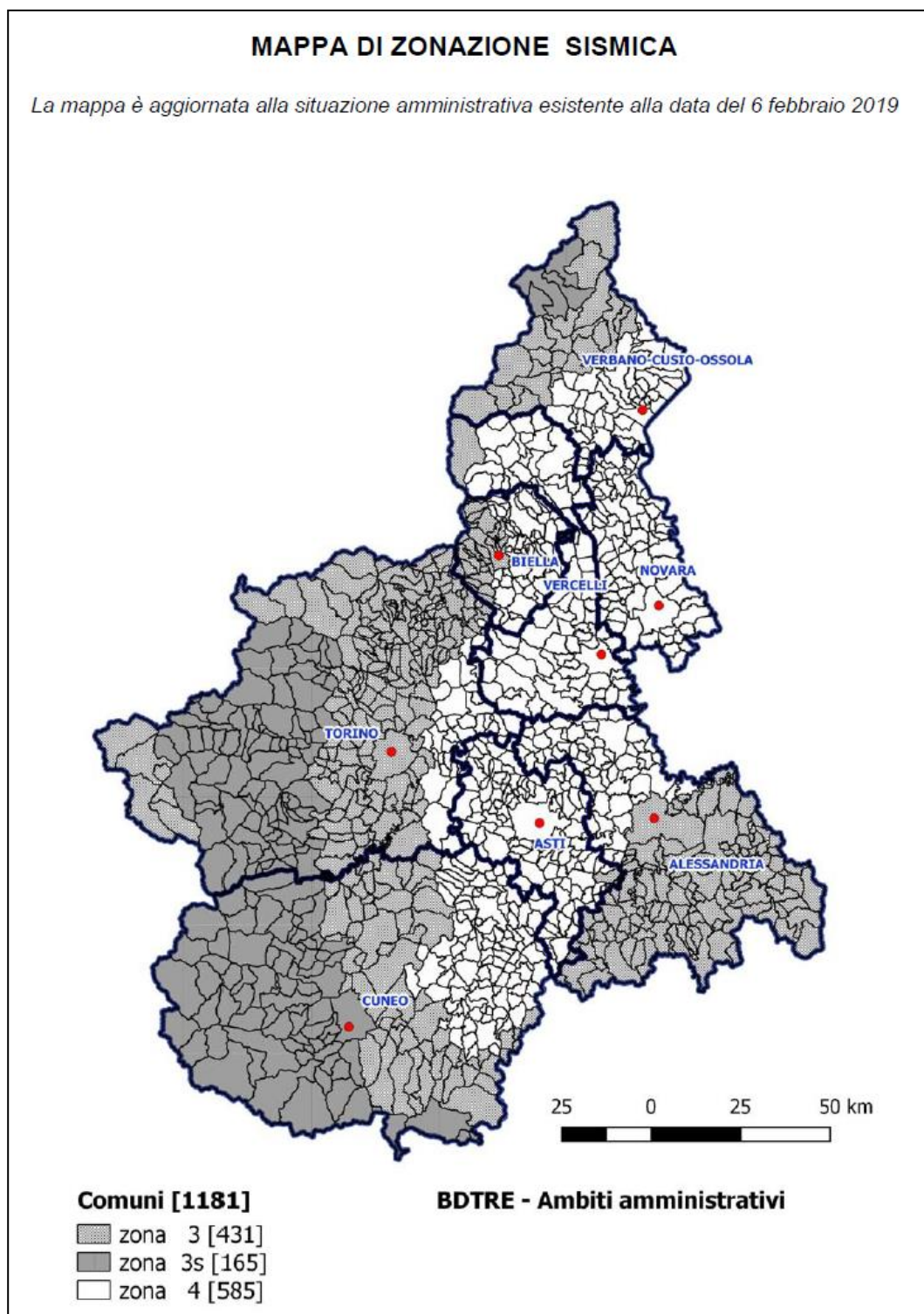


Fig. 2: mappa di zonazione sismica della Regione Piemonte, tratta dalla D.G.R. 30 dicembre 2019 n.6-887 - OPCM 3519/2006. "Preso d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte".

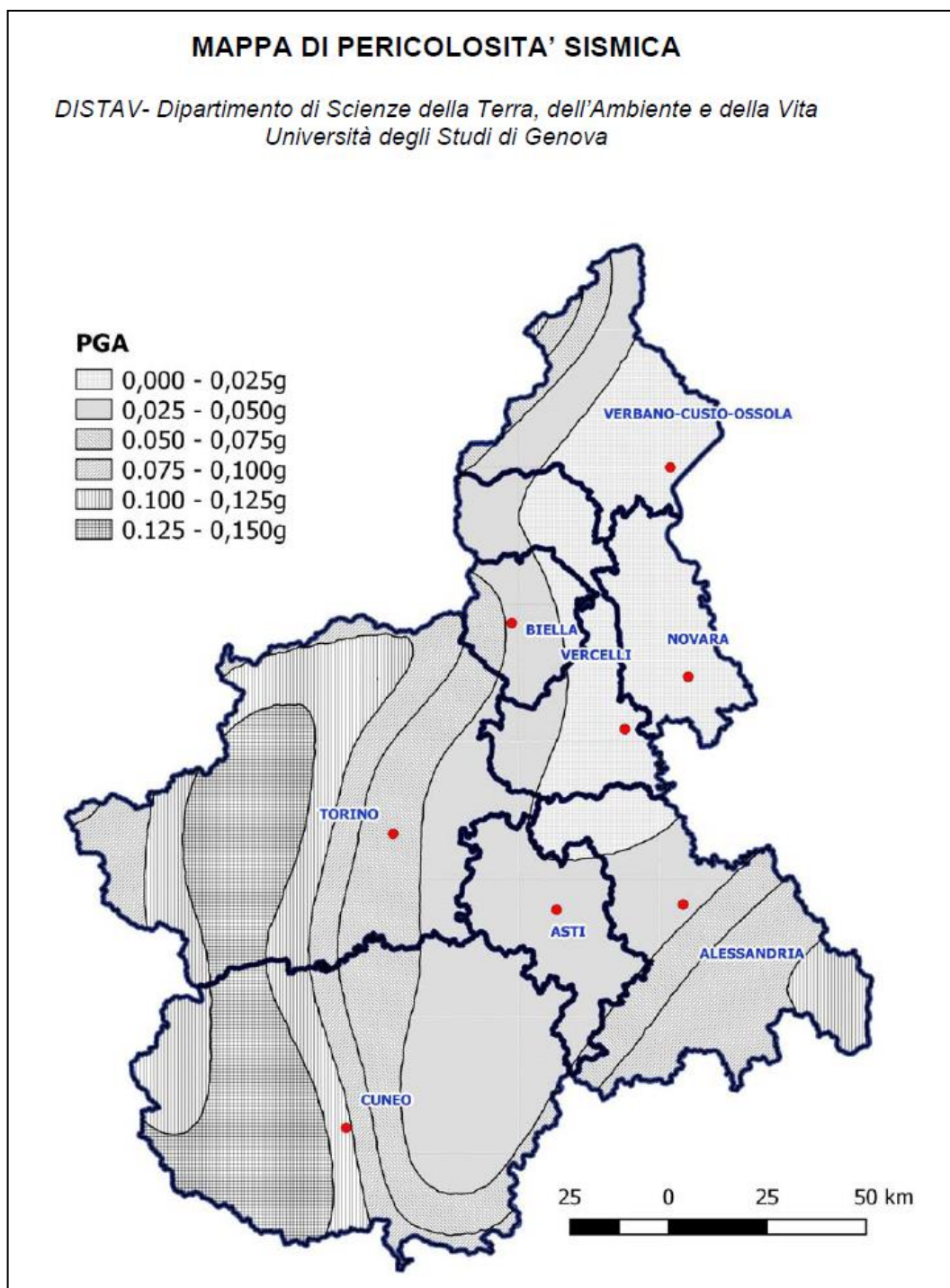


Fig. 3: mappa di pericolosità sismica della Regione Piemonte, tratta dalla D.G.R. 30 dicembre 2019 n.6-887 - OPCM 3519/2006. "Preso d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte".

4. INDAGINI SISMICHE

In data 7/05/2020, in destra idrografica del torrente Lemina, sono state condotte dallo scrivente le indagini sismiche (**Fig. 4**), costituite da:

- n° 1 tomografia sismica a rifrazione, finalizzata alla valutazione dell'assetto stratigrafico generale (**Fig. 5**);
- n° 1 indagine di tipo M.A.S.W., per definizione della categoria sismica di sottosuolo (**Fig. 6**);
- n° 1 indagine H.V.S.R., per la valutazione della frequenza caratteristica di risonanza di sito, che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento delle strutture in termini di risposta sismica locale (**Fig. 7**).

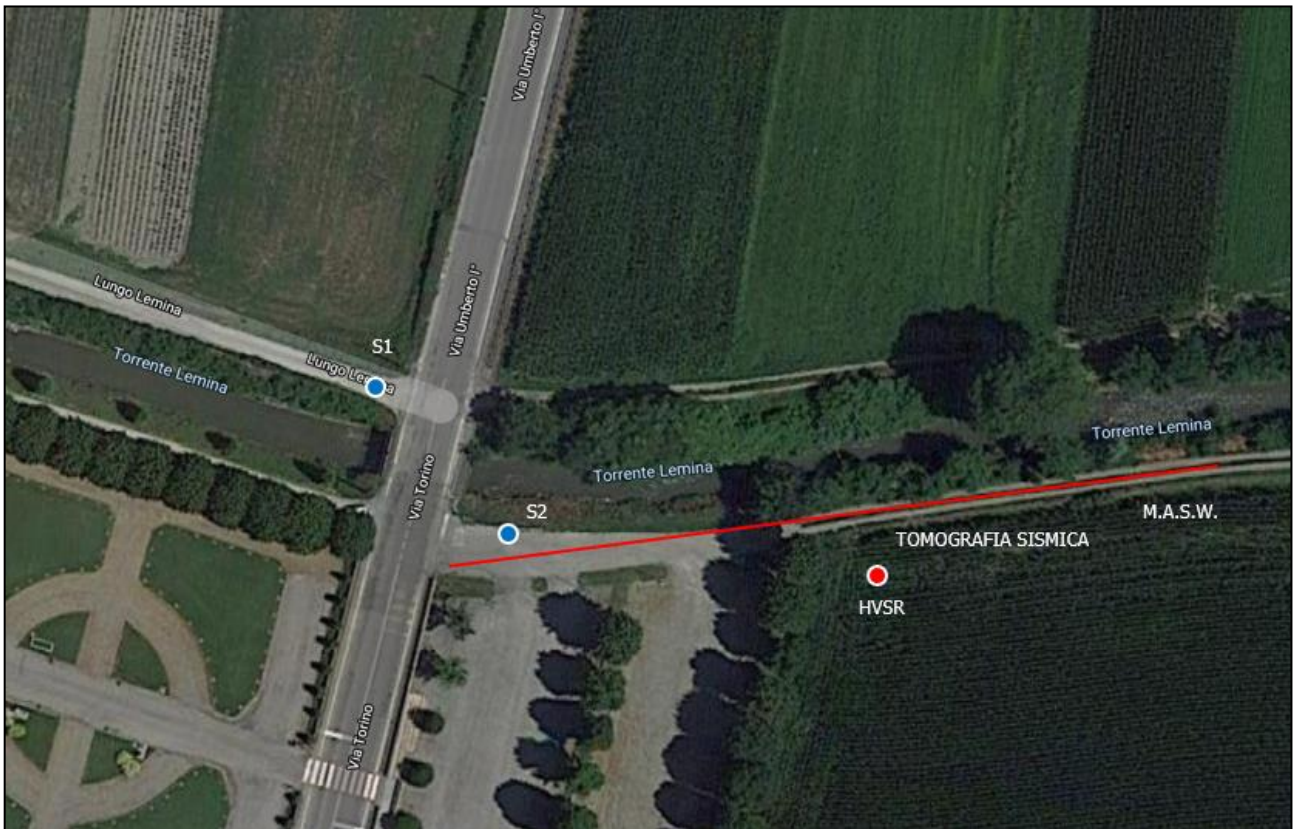


Fig. 4: indagini geognostiche eseguite (S1, S2 = sondaggi a carotaggio continuo, profondità 15 m; stendimento sismico per tomografia sismica e indagine M.A.S.W.; HVSr).



Fig. 5: tomografia sismica a rifrazione, eseguita in destra idrografica del torrente Lemina.



Fig. 6: indagine sismica tipo M.A.S.W. eseguita in destra idrografica del torrente Lemina.

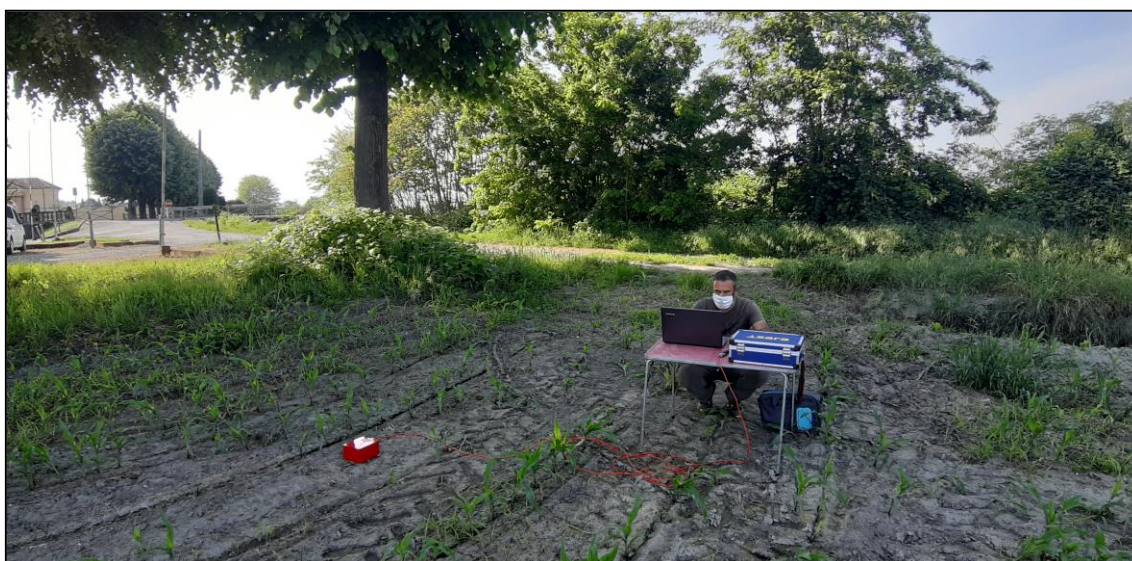


Fig. 7: indagine sismica H.V.S.R. eseguita in destra idrografica del torrente Lemina.

4.1 Tomografia sismica

La tomografia sismica è stata eseguita col sismografo Do.Re.Mi della Sara electronic instruments S.r.l. di Perugia, con n°12 geofoni da 4,5 Hz posizionati a 4,0 m di distanza l'uno dall'altro. Posizionando il 1° geofono in corrispondenza del punto avente coordinate $x, y = 0,0$, la geometria dello stendimento sismico è la seguente: G1 (0,0 m), G2 (4,0 m), G3 (8,0 m), G4 (12,0 m), G5 (16,0 m), G6 (20,0 m), G7 (24,0 m), G8 (28,0 m), G9 (32,0 m), G10 (36,0 m), G11 (40,0 m), G12 (44,0 m).

Con una mazza battente da 10 Kg sono state effettuate n°5 energizzazioni posizionando il piattello di battuta in PVC, rispettivamente a -8,0 m, -4,0 m, +22,0 m, +48,0 m, +52,0 m di distanza dal primo geofono G1 (coordinate $x=0$ e $y=0$). Per ciascuna energizzazione sono state effettuate 4 battute ("shot"), sommando e mediando i risultati di ciascuna acquisizione.

L'interpretazione è stata eseguita utilizzando il software SmartTomo® 2019.3 (**Fig. 8**).

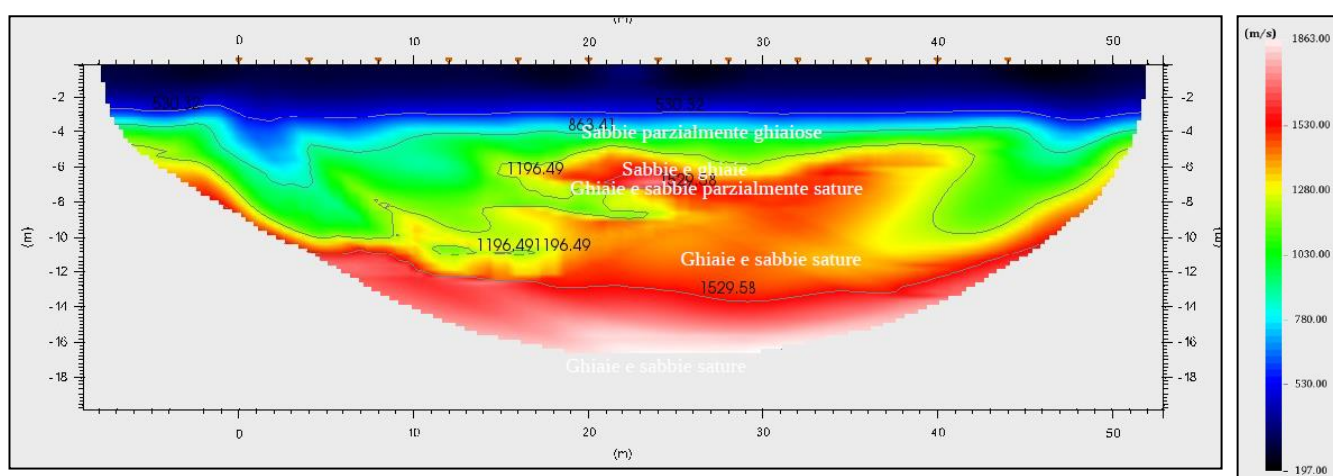


Fig. 8: interpretazione della tomografia sismica.

Sono stati individuati n°4 "sismostrati" con diverse velocità di propagazione delle onde Vp.

- 1) da p.c. fino a 3,0 m circa di profondità: sabbie parzialmente ghiaiose (velocità delle onde Vp da 200 a 530 m/s circa, di colore blu scuro);
- 2) da 3,0 m fino ad un massimo di 7,0 m circa (generalmente fino a 4,0 m): sabbie e ghiaie (Vp da 530 a 865 m/s circa, di colore blu e azzurro);
- 3) da 4,0 m circa fino ad una profondità massima di circa 10,0 m: ghiaie e sabbie parzialmente sature (da 865 m/s fino a 1200 m/s circa, di colore verde);
- 4) da un minimo di 5,0 m fino a 12 m circa: ghiaie e sabbie sature (da 1200 m/s fino a 1530 m/s circa, di colore giallo e rosso).

4.2 Indagine M.A.S.W.

Lo strumento utilizzato è il sismografo Do.Re.Mi® della Sara Electronic Instruments s.r.l. e i dati di campagna sono stati acquisiti tramite il software DoReMi V. 1.2.32.

Si è provveduto ad eseguire uno stendimento sismico della lunghezza di 44,0 metri posizionando n°12 geofoni con equidistanza di 4,0 m. Al primo geofono viene assegnata, arbitrariamente, ascissa pari a 0 metri. Posto come punto di riferimento il primo geofono (G1), la stesa ha la seguente geometria: G1 (0m), G2 (4m), G3 (8m), G4 (12m), G5 (16m), G6 (20m), G7 (24m), G8 (28m), G9 (32m), G10 (36m), G11 (40m), G12 (44m).

I geofoni, provvisti di una punta in acciaio della lunghezza di 8 cm, sono stati fatti aderire al piano campagna con l'uso di supporti in pvc, in quanto la superficie stradale era asfaltata e in terra battuta, rispettando rigorosamente l'interdistanza geofonica di 4,0 m l'uno dall'altro e mantenendo lo stendimento rettilineo.

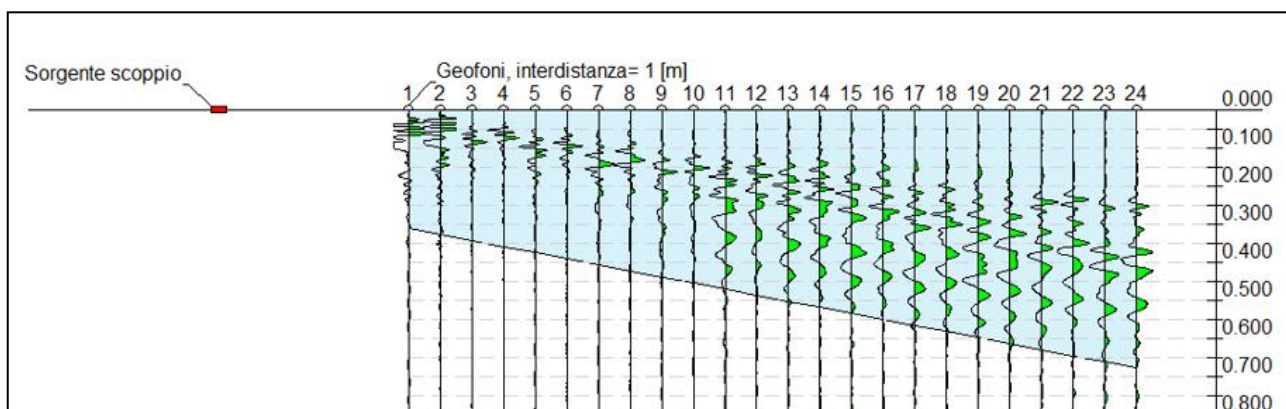
Successivamente è stato posizionato il piattello di battuta alla distanza di -6,0 m dal primo geofono (G1), il trigger (geofono starter) a circa 20 cm sulla destra del piattello, per eseguire la prima battuta (prima acquisizione) e salvare il relativo file. In seguito è stato posizionato il piattello di battuta alla distanza di -4,0 m dal primo geofono (G1), il trigger sempre a 20 cm circa alla destra del piattello per eseguire la seconda battuta (seconda acquisizione) e salvare il relativo file. L'energizzazione è stata effettuata tramite una mazza battente da 10 kg.

Il software di acquisizione utilizzato è il DoReMi V.1.2.32 sviluppato da Sara Electronic Instruments S.r.l. di Perugia, Via Marconi n° 4.

Tramite il software Easy Masw della GeoStru software, sono stati "sommati" (procedimento chiamato interlaccia) i due file (acquisizione 1 e acquisizione 2) ottenendo in questo modo un file costituito da uno stendimento fatto con 2*n geofoni spazati di 2 metri, quindi con la seguente geometria di acquisizione: posizione del piattello a -4.0 m dal primo geofono G1 e stendimento dei geofoni come G1 (0m), G2 (2m), G3 (4m), G4 (6m), G5 (8m), G6 (10m), G7 (12m), G8 (14m), G9 (16m), G10 (18m), G11 (20m), G12 (22m), G13 (24m), G14 (26m), G15 (28m), G16 (30m), G17 (32m), G18 (34m), G18 (36m), G19 (38m), G20 (40m), G21 (42m), G22 (44m), G23 (46m), G24 (48m). Quest'ultimo file è stato quindi caricato all'interno del programma Easy Masw per essere interpretato: di seguito si riporta la relazione di calcolo relativa all'elaborazione dei dati acquisiti.

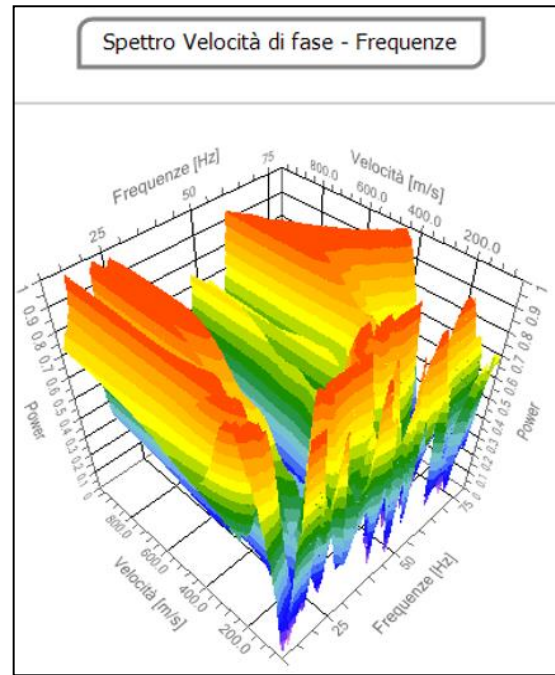
TRACCE

Numero tracce	24
Durata acquisizione (msec.)	2000
Interdistanza geofoni (m)	2
Periodo di campionamento (msec.)	1.00



ANALISI SPETTRALE

Frequenza minima di elaborazione (Hz)	20
Frequenza massima di elaborazione (Hz)	80
Velocità minima di elaborazione (m/s)	50
Velocità massima di elaborazione (m/s)	1250
Intervallo velocità (m/s)	50



CURVA DI DISPERSIONE

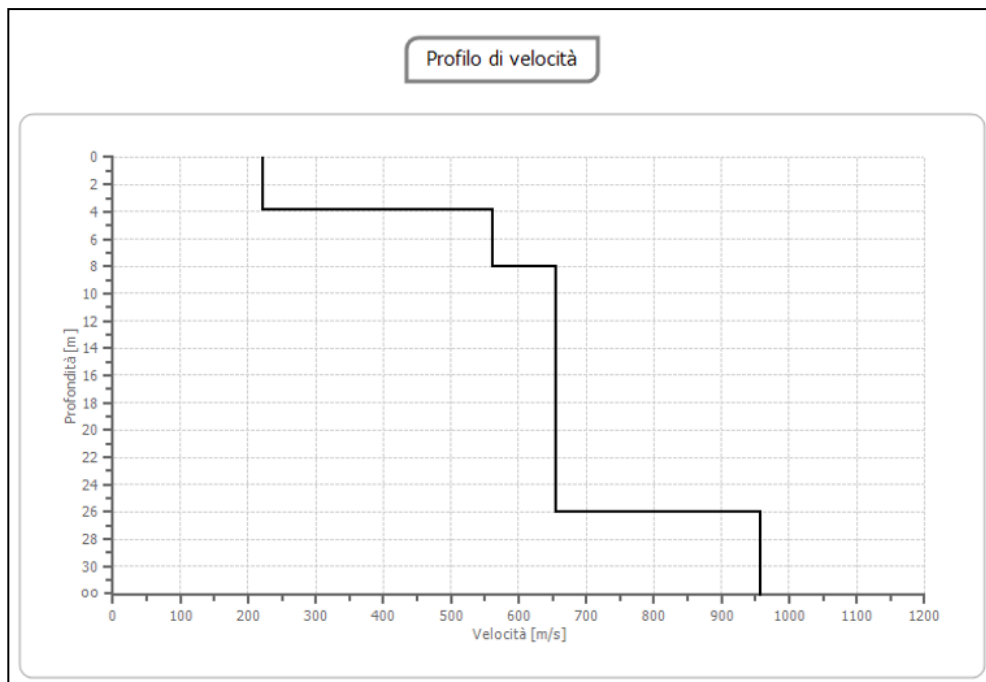
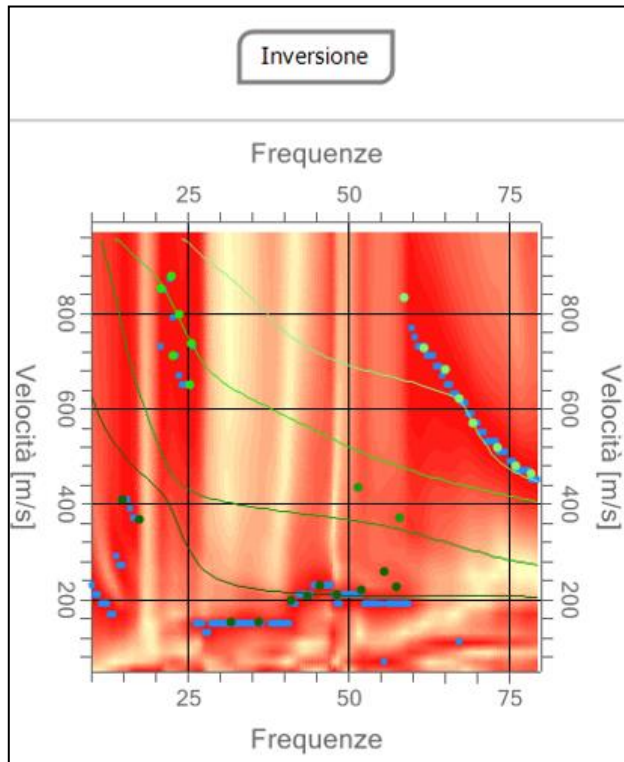
n.	Frequenza (Hz)	Velocità (m/s)	Modo
1	14.9	408.1	0
2	17.4	366.8	0
3	20.7	852.3	2
4	22.3	876.4	2
5	22.5	711.1	2
6	23.6	797.2	2
7	25.3	649.1	2
8	25.6	735.2	2
9	31.7	153.3	0
10	36.1	153.3	0
11	40.9	198.1	0
12	43.5	208.4	0
13	45.6	229.0	0
14	48.1	211.8	0
15	51.4	435.6	1
16	51.9	218.7	0
17	55.5	260.0	0
18	57.3	225.6	0
19	57.8	370.2	1
20	58.6	831.6	3
21	61.7	728.3	3
22	65.0	683.6	3
23	67.3	621.6	3
24	69.3	569.9	3
25	73.2	518.3	3
26	76.0	480.4	3
27	78.3	463.2	3
28	80.3	457.3	3
29	83.9	454.5	3
30	90.4	454.5	3
31	93.2	454.5	3
32	96.6	492.2	3

INVERSIONE

n.	Profondità (m)	Spessore (m)	Peso unità di volume (Kg/mc)	Coefficiente Poisson	Falda	Vp (m/s)	Vs (m/s)
1	3.65	3.65	1800.0	0.35	No	413.2	220.9
2	5.65	2.00	1900.0	0.34	Si	862.1	460.8
3	23.65	18.00	2000.0	0.31	Si	1225.5	655.1
4	oo	oo	2000.0	0.30	No	1614.7	863.1

Percentuale di errore: 1.193 %

Fattore di disadattamento della soluzione: 0.162



RISULTATO INDAGINE M.A.S.W.

Profondità piano di posa (m)	6.00
Vs,eq [m/sec] (H=20.15 m)	655.07
Categoria del suolo	B

La velocità equivalente delle onde di taglio calcolata risulta pari a 655,07 m/s.

I depositi ricadono nella **categoria B** dei suoli di fondazione così definita "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

4.3 Indagine HVSR

Lo strumento utilizzato è stato il GEOBOX HVSR della Sara Electronic Instruments, che ha acquisito il rumore ambientale, cioè le vibrazioni del terreno indotte da sorgenti non controllate.

Il segnale sismico è registrato per la durata di 30 minuti, lungo le tre componenti direzionali: Nord-Sud, Est-Ovest e verticale (**Fig. 9**).

Il principio su cui si basa la prova, è che le modalità con le quali le vibrazioni ambientali si propagano, dipendono dalle caratteristiche del sottosuolo.

SIGNAL AND WINDOWING	
<i>Sampling frequency:</i>	300 Hz
<i>Recording start time:</i>	2020/05/07 16:19:41
<i>Recording length:</i>	30 min
<i>Windows count:</i>	45
<i>Average windows length:</i>	40
<i>Signal coverage:</i>	100%

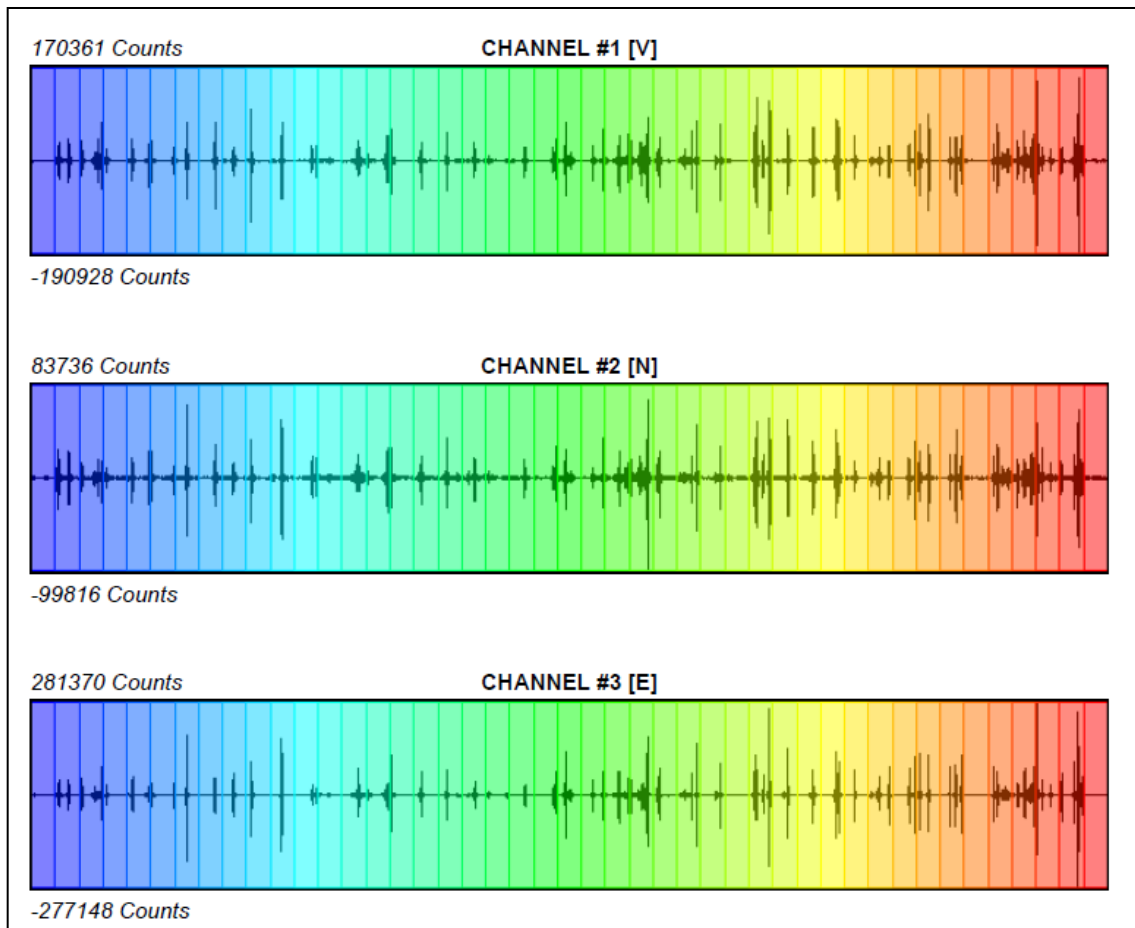


Fig. 9: acquisizione suddivisa nelle tre componenti verticale, nord ed est; il segnale è stato registrato per un intervallo di tempo pari a 30 minuti, con copertura del 100%.

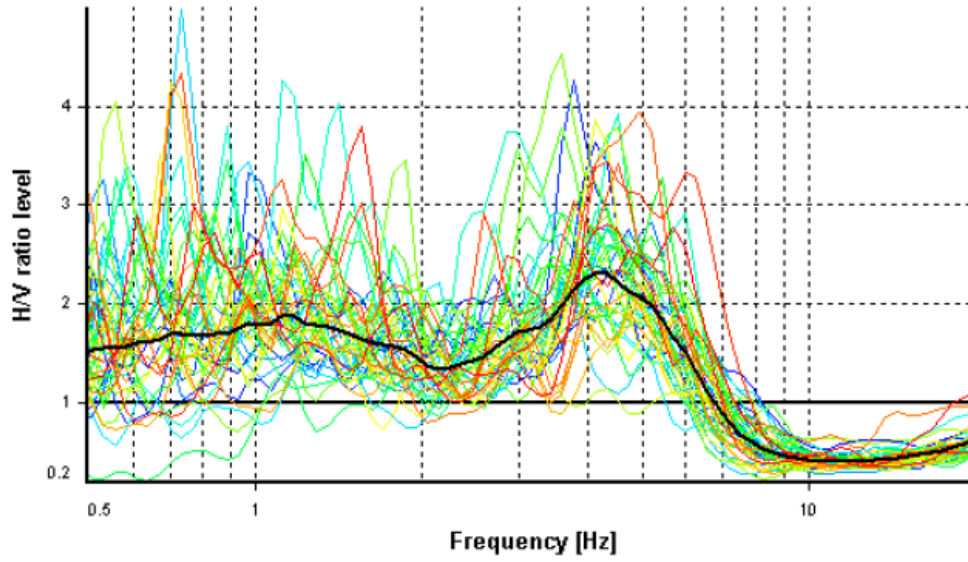
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

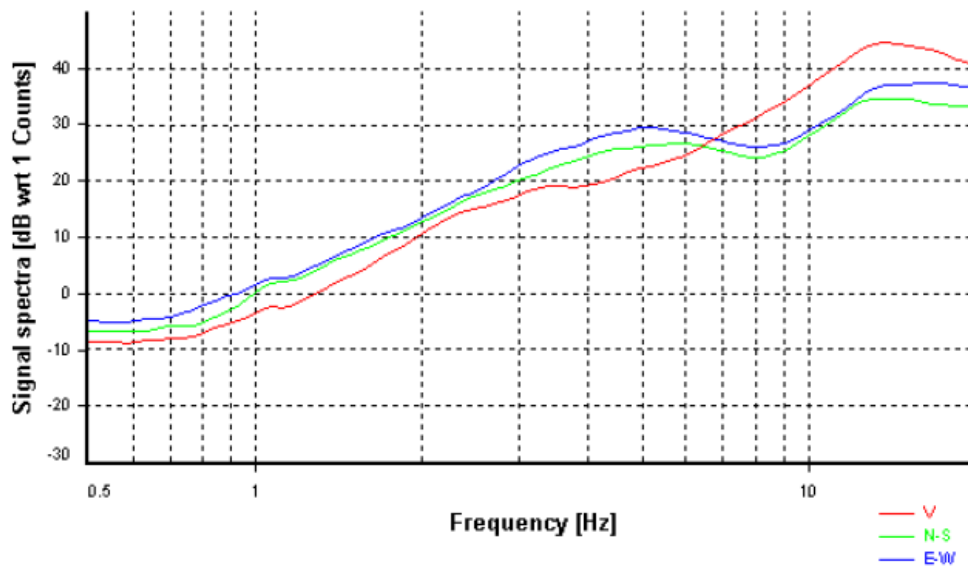
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

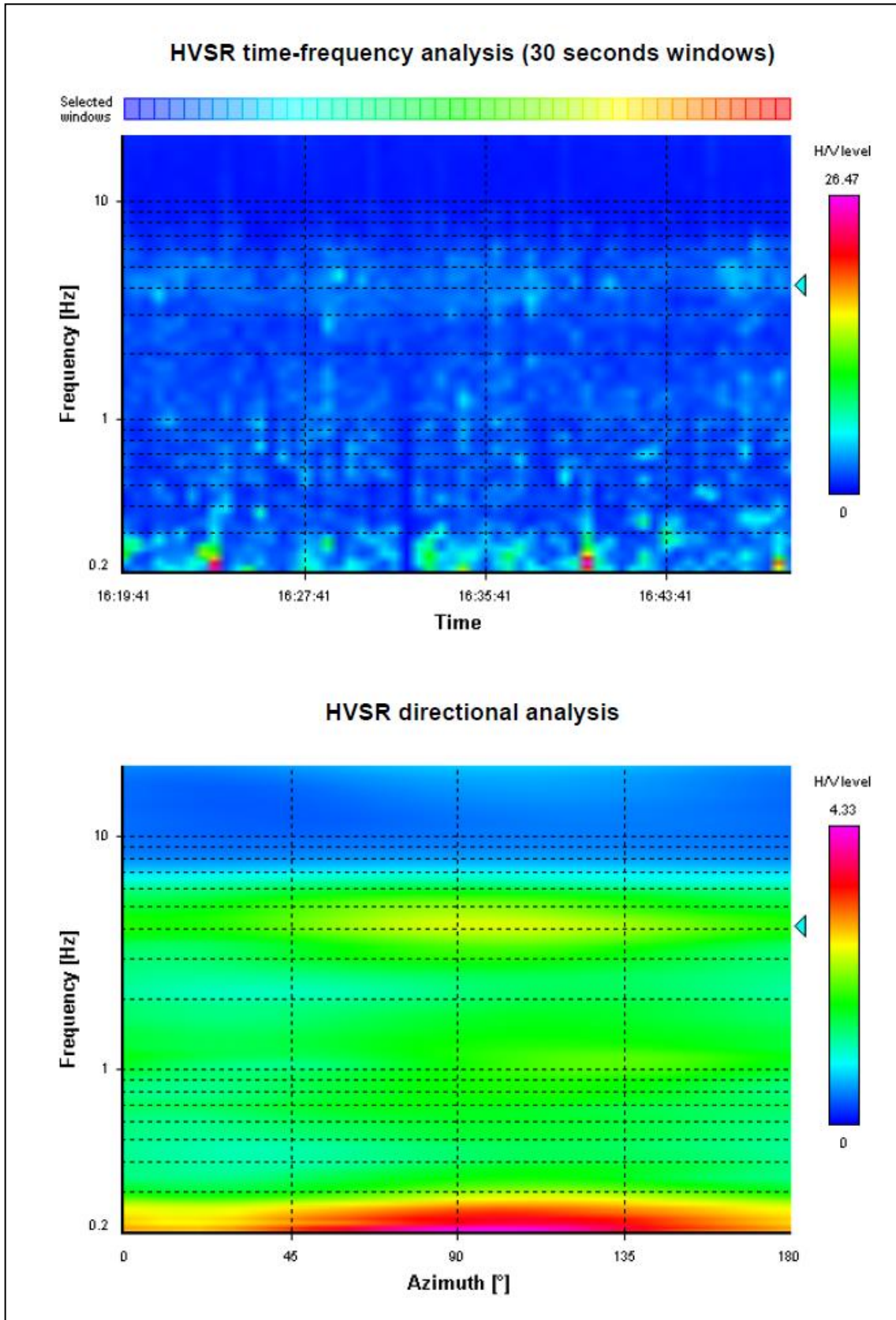
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average

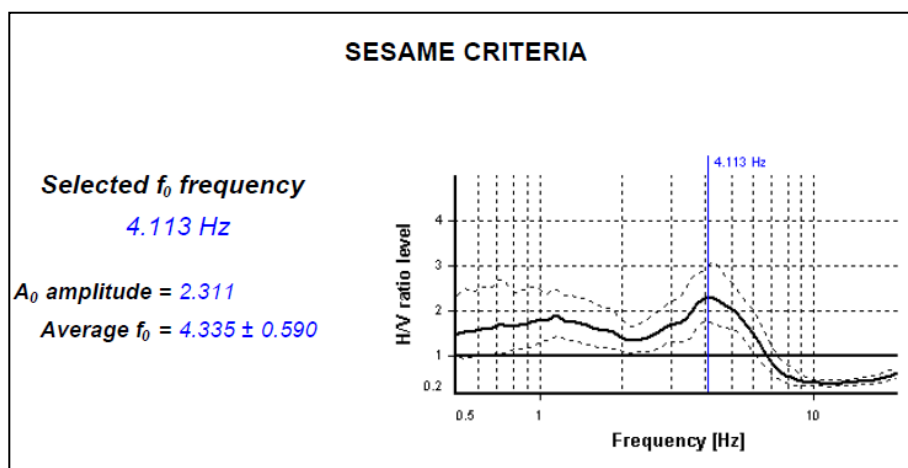




Il rapporto H/V massimo è stato di 2.311 Hz a cui corrisponde il valore di A0 amplitude.

In corrispondenza di tale picco si ha la frequenza caratteristica di risonanza di sito, che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale: la frequenza di risonanza delle nuove strutture non dovrà coincidere con quella di sito (nel caso specifico pari a 4,313 Hz) per evitare l'effetto di "doppia risonanza", pericoloso per la stabilità delle stesse strutture.

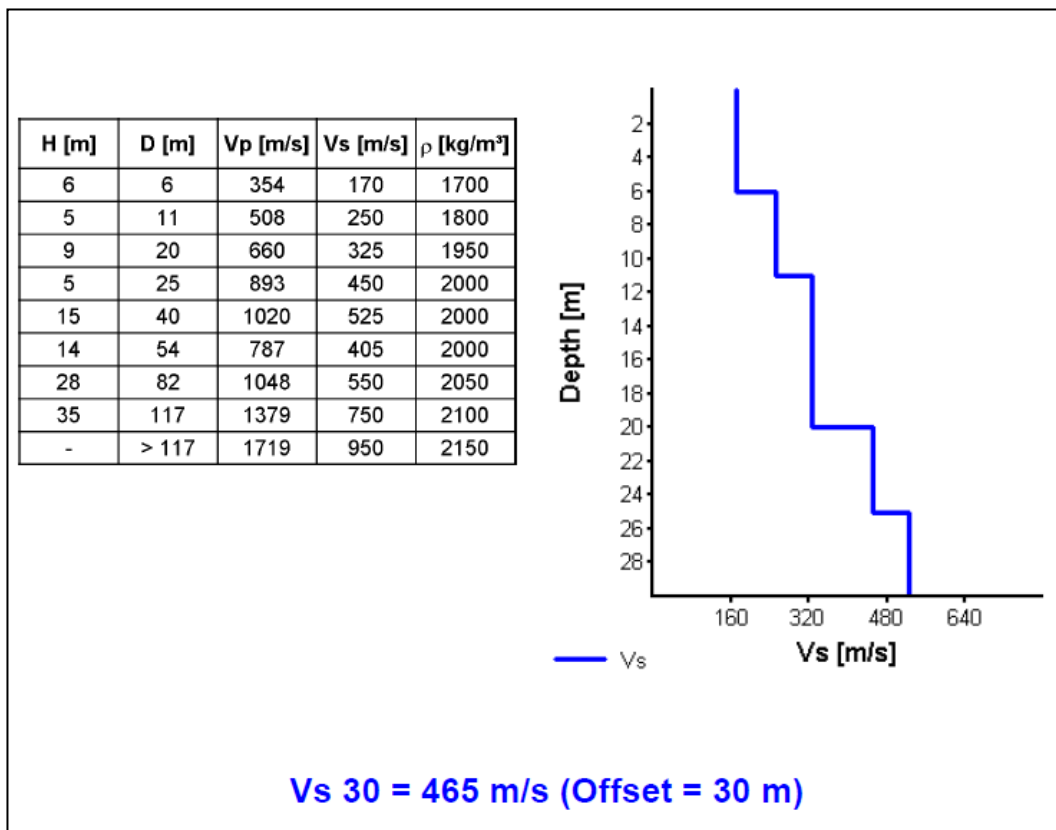
Il protocollo utilizzato è stato quello di SESAME; i criteri sono risultati soddisfatti.



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	45 valid windows (length > 2.43 s) out of 45	OK
$n_c(f_0) > 200$	7403.44 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 29	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^*$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	6.5491 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.31 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.76% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.59029 >= 0.20565	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.30588 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

La **frequenza caratteristica di risonanza di sito** individuata dalla prova risulta pari a **4,113 Hz**.

Lo strumento consente anche di ricavare il parametro Vs30 e dal risultato si evince che i terreni sono compresi nella categoria B di sottosuolo; la differenza di velocità delle onde sismiche misurata, è dovuta al fatto che l'indagine M.A.S.W. considera la profondità di base delle fondazioni, mentre la prova HVSR considera il piano campagna.



4.4 Spettri di risposta sismica

Per quanto riguarda la vita nominale di progetto dell'opera, definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purchè soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali, come riportato nella Tab. 2.4.I del D.M. 17/01/2018, l'intervento è da considerarsi della tipologia 3 "costruzioni con livelli di prestazioni elevati", per la quale il valore minimo V_n è pari a 100 anni.

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso; il ponte in progetto appartiene alla classe d'uso IV "costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità", paragrafo 2.2.4 del D.M. 17/01/2018.

Si riporta di seguito il calcolo degli spettri di risposta sismica, con l'uso del software Spettri Win.

Pericolosità sismica

Tipo costruzione (Art. 2.4.1) Tipo 3 ($V_n \geq 100$ anni) Classe d'uso (Art. 2.4.2) Classe IV

Vita Nominale di progetto V_n (anni): 100.

Periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_n \cdot C_u = 100.00 \cdot 2.00 = 200.00$ anni

Pvr % (Art. 3.2.1)

SLO	81.00
SLD	63.00
SLV	10.00
SLC	5.00

Periodo di ritorno T_r (anni)

SLO	120.43
SLD	201.16
SLV	1898.24
SLC	2475.00

Posizione del sito

Comune: Vigone - (TO)

Longitudine: 7.4980

Latitudine: 44.8440

Cerca con Google Map

Isola: Sardegna

Nodi intorno al sito

ID	Longitudine	Latitudine	Dist. sito (Km)
14456	7.4927	44.8850	4.5824
14678	7.4977	44.8350	1.0020
14679	7.5679	44.8380	5.5567
14457	7.5630	44.8880	7.0904

Parametri di pericolosità sismica

	ag (g/10)	F0 (adim)	TC*(sec)
SLO	0.58082731	2.54304351	0.24422321
SLD	0.71067902	2.54413668	0.25118055
SLV	1.52068396	2.54829693	0.27920321
SLC	1.64941247	2.54995957	0.28208813

Ricalcola >

Ok e avanti >

Annulla e avanti >

?

N.B. Dal valore tabellato, per ottenere ag in (g), dividerlo per 10; per ottenerlo in m/sec², moltiplicarlo per 0.9806

Parametri sismici

Categoria di sottosuolo (Art. 3.2.2) Categoria topografica (Art. 3.2.2)

Rapporto h/H altezza pendio: Coeff. amplif. topografica St:

Coeff. smorzamento (%) ξ : $\Rightarrow \eta = 1.000$

Parametri spettri orizzontali e Fv

	S	TB	TC	TD	Fv	Cc	Ss
SLD	1.200	0.119	0.356	1.832	0.827	1.458	1.200
SLD	1.200	0.121	0.364	1.884	0.916	1.450	1.200
SLV	1.200	0.132	0.396	2.208	1.342	1.420	1.200
SLC	1.200	0.133	0.400	2.260	1.398	1.417	1.200

Ricalcola =>

Parametri spettri verticali

Ss	TB	TC	TD
1.000	0.050	0.150	1.000

Tipo comportamento
 Non dissipativo
 Dissipativo

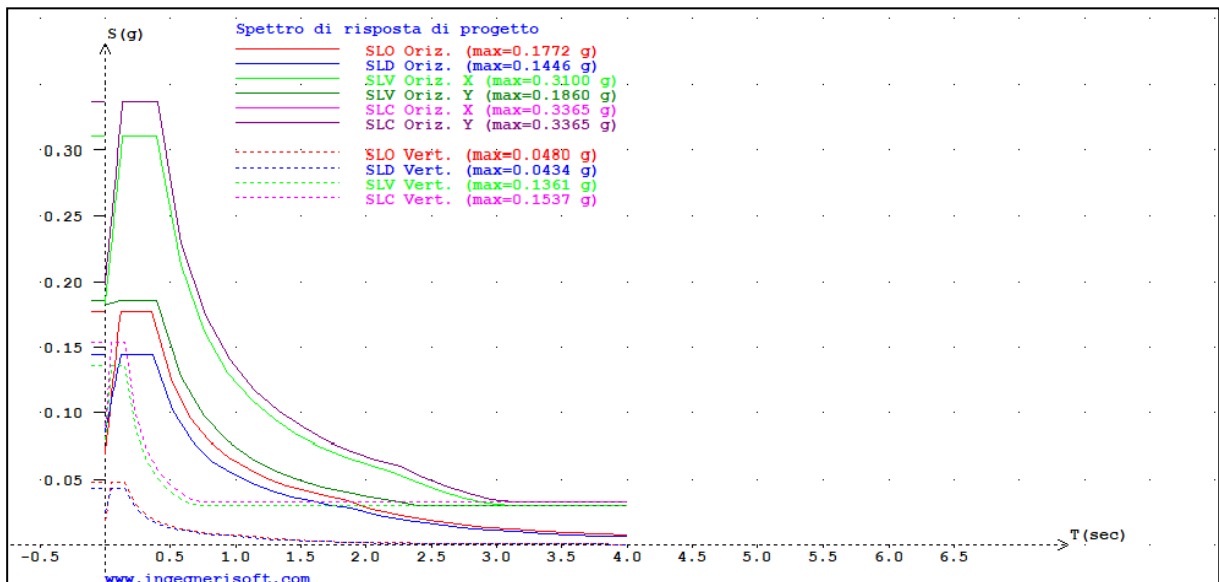
Classe di duttilità
 Alta (CD'A)
 Media (CD'B')

Fattori di comportamento q (par. 7.3 NTC)

	SLD	SLV	SLC
Direz. X1	1.000	1.500	1.500
Direz. Y1	1.000	1.500	1.500
Direz. Z	1.000	1.500	1.500

Regolarità edificio
 In pianta
 In altezza

Ok e avanti >
 Annulla e avanti >
 ?
 < Indietro



5. CONCLUSIONI

Sulla base della D.G.R. 11-13058 del 19/10/2010 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)" e della D.G.R. 30 dicembre 2019 n.6-887 - OPCM 3519/2006 "Preso d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte", i territori comunali di Vigone e Cercenasco sono compresi in **Zona Sismica 3**, caratterizzata da valori di $0,05 < a_g/g < 0,15$ e dove l'accelerazione orizzontale di riferimento per la normativa tecnica e di 0,15.

Per valutare la sismicità, come prescritto nelle D.M. 17/01/2018 "*Norme Tecniche per le costruzioni*", è stata definita:

- la categoria topografica: **T1** "superficie sub-pianeggiante o con inclinazione media $< 15^\circ$ ";
- la categoria di sottosuolo: **B** "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s". La velocità equivalente delle onde di taglio calcolata risulta pari a 655,07 m/s.

Per quanto riguarda la vita nominale di progetto dell'opera, definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purchè soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali, come riportato nella Tab. 2.4.I del D.M. 17/01/2018, l'intervento è da considerarsi della tipologia 3 "costruzioni con livelli di prestazioni elevati", per la quale il valore minimo V_n è pari a 100 anni.

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso; il ponte in progetto appartiene alla classe d'uso IV "*costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità*", paragrafo 2.2.4 del D.M. 17/01/2018.

Con riferimento alla Zonazione Sismogenetica ZS9 si evince che l'attività sismica locale è compresa nella Zona 908, alla quale è stato assegnato il valore di Magnitudo Momento Massima $M_{wmax} = 6,14$. Nel caso in esame, essendo il territorio adiacente al limite orientale della zona 908

e da questa marginalmente ricoperto, risulta che la verifica a liquefazione è da effettuarsi con riferimento al valore di magnitudo assegnato alla zona 908.

Il fenomeno della liquefazione si verifica in depositi di sabbie e ghiaie a grana fine, di età Olocenica o tardo Pleistocenica, con livelli di falda posti a meno di 15 m dal piano campagna.

Sulla base dell'età dei depositi (Olocene-attuale) e della posizione della falda (- 2,70 m da p.c.) (**Fig. 10**), è possibile definire il rischio di liquefazione alto.

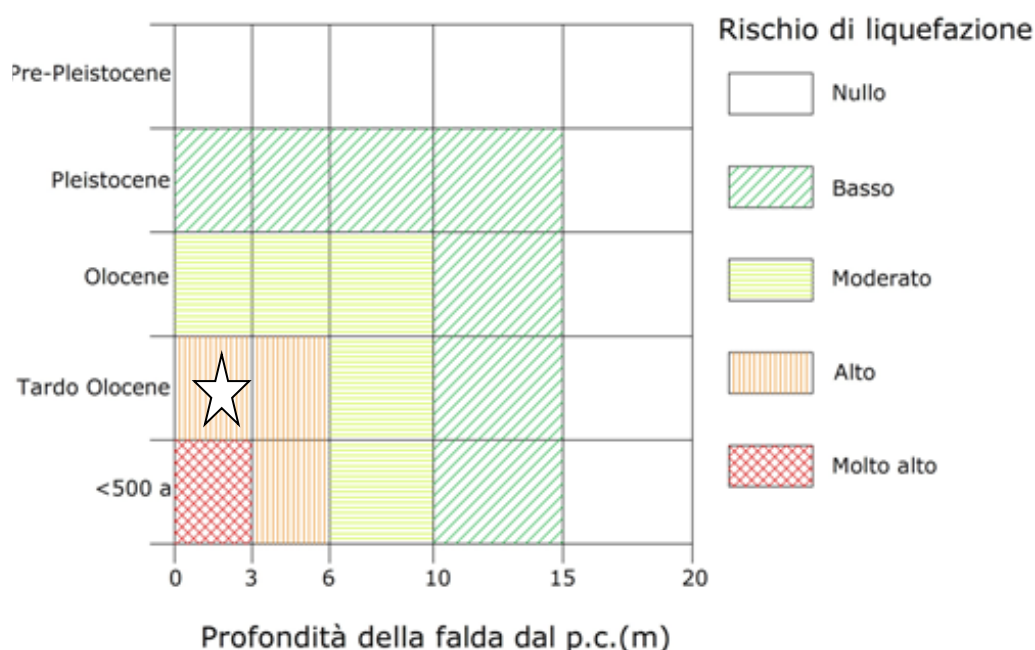


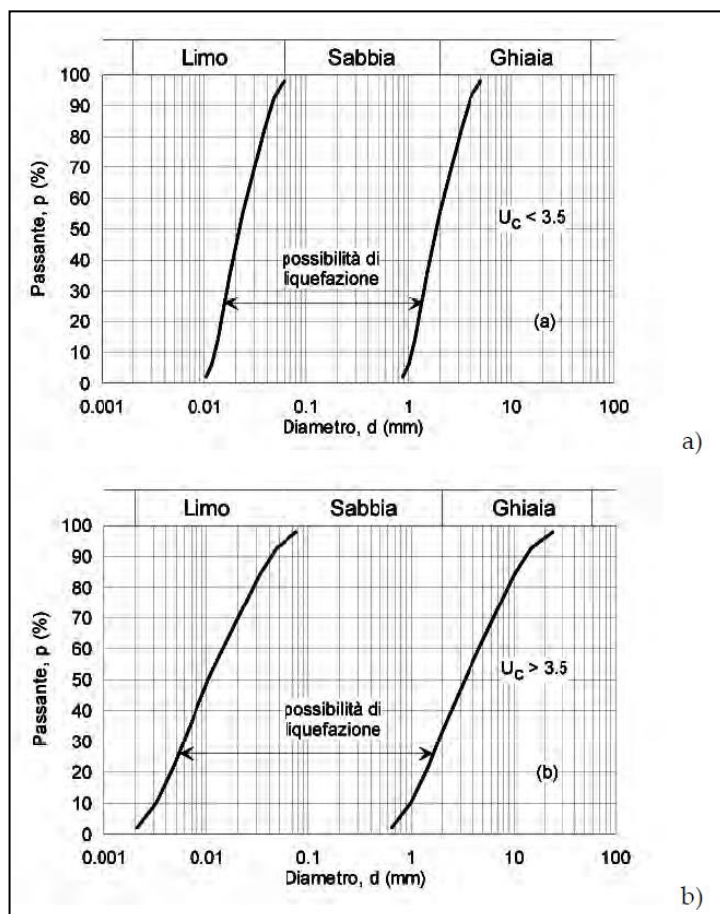
Fig. 10: grafico di valutazione del rischio di liquefazione dei terreni.

Sulla base del DM. 17/01/2018, paragrafo 7.11.3.4.2 "Stabilità nei confronti della liquefazione": la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche

dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Sarà necessario in fase di progettazione geotecnica eseguire la verifica a liquefazione dei terreni.

La tomografia sismica eseguita ha permesso di individuare quattro "sismostrati", caratterizzati da diverse velocità di propagazione delle onde V_p .

- 1) da p.c. fino a 3,0 m circa di profondità: sabbie parzialmente ghiaiose (velocità delle onde V_p da 200 a 530 circa m/s);
- 2) da 3,0 m fino ad un massimo di 7,0 m circa (generalmente fino a 4,0 m): sabbie e ghiaie (V_p da 530 a 865 m/s circa);

- 3) da 4,0 m circa fino ad una profondità massima di circa 10,0 m: ghiaie e sabbie parzialmente sature (da 865 m/s fino a 1200 m/s circa);
- 4) da un minimo di 5,0 m fino a 12 m circa: ghiaie e sabbie sature (da 1200 m/s fino a 1530 m/s circa).

L'indagine H.V.S.R. ha consentito di valutare la **frequenza caratteristica di risonanza di sito**, che è risultata essere pari a **4,113 Hz**.

Poirino, 16/04/2024

IL TECNICO INCARICATO

Dott. Geol. Claudio Bosco

(Ordine dei Geologi del Piemonte n° 830 sez. A)

