

RELAZIONE GEOLOGICA

PIANO DI RECUPERO "VIA VITTORIO VENETO" IN VARIANTE AL PI

COMMITTENTE: ACIL SRL

RELAZIONE GEOLOGICA – ELABORATO A8



Studio di Geologia e Ambiente

Geo Padovan

dott. geol. Tiziano Padovan

DATA: 13 SETTEMBRE 2021

AGG.: 18 DICEMBRE 2024

INDICE

1.	PREMESSA	1
2.	MODELLO GEOLOGICO	2
	2.1. Riferimenti geografici	2
	2.2. Cenni geomorfologici e condizioni di stabilità.....	2
	2.3. Litologia	3
	2.4. Cenni idrografici ed idrogeologici	3
3.	SISMICITÀ DELL'AREA	4
4.	ASPETTI GEOLOGICO-TECNICI PRELIMINARI E CONCLUSIONI	6

1. PREMESSA

La presente relazione valuta gli aspetti geologici riguardanti il PUA – *Piano di Recupero “Via Vittorio Veneto” in variante al PI* promosso dalla Ditta ACIL S.r.l. in Via Vittorio Veneto a Belluno, come previsto dalle specifiche normative in materia (art. 19 LR 11/2004 ¹ e art. 89 DPR 380/2001 ²).

Nell’area oggetto di questi lavori (Foglio n. 59, mappali n. 1310, 519, 163, 1427, 1705 e viabilità) e nelle zone circostanti sono stati effettuati dei sopralluoghi. In occasione delle stesse visite è stata ripresa l’allegata documentazione fotografica.

Per la realizzazione degli studi di Microzonazione Sismica di III° livello, come previsti all’Allegato A alla DGR nr. 899 del 28/06/2019 ³, è stata realizzata, in data 27/08/2021, una specifica campagna di indagini geofisiche, a cura del dott. geol. Alessandro Pontin, i cui risultati sono riportati nella specifica relazione in allegato.

Di seguito sono illustrati i lineamenti geologici generali della zona in esame, i caratteri sismici generali e gli aspetti geologico-tecnici preliminari relativi ai lavori di urbanizzazione in progetto.

-
- 1 Art. 19, comma 2, punto d) della Legge Regionale 23 aprile 2004, n. 11 (*Norme per il governo del territorio*)
 - 2 Art. 89 DPR 6 giugno 2001, n. 380 (*Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*); ex art. 13 della Legge n° 64/1974 (*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*)
 - 3 D.G.R. nr. 899 del 28 giugno 2019 – *Studi di Microzonazione Sismica – Direttive per l’applicazione dei livelli di approfondimento.*

2. MODELLO GEOLOGICO

2.1. Riferimenti geografici

L'area in esame è localizzato nel settore orientale dell'abitato di Belluno tra la rotonda che collega Via Vittorio Veneto con Viale Medaglie d'Oro e Piazzale della Resistenza (cfr. Inquadramento topografico - All. n° 1).

La stessa zona, in corrispondenza del fabbricato in oggetto, ha i seguenti riferimenti geografici (da CTR Sezione 063070):

Quota	Coordinate	Latitudine	Longitudine
381 ÷ 388 m s.l.m.	Nazionali Gauss-Boaga, fuso Ovest	N 5115457	E 1749108
	Geografiche piane (ED50)	46,147834°	12,226318°
	Geografiche (WGS 84)	46° 08' 49,02"	12° 13' 31,21"

In riferimento ai vincoli ambientali presenti, l'area si trova all'esterno della zona soggetta a vincolo idrogeologico, così come definito dal R.D. 3267/1923 e successive modificazioni, ai Siti di Importanza Comunitaria (S.I.C.) e alle Zone di Protezione Speciale (Z.P.S.).

2.2. Cenni geomorfologici e condizioni di stabilità

L'ambito compreso dal PUA è distribuito su un'antica conoide alluvionale/fluvioglaciale formata dal Torrente Ardo alla confluenza con il Fiume Piave ⁴ (cfr. Carta geologica - All. n° 2 e Documentazione fotografica – All. n° 6).

Si tratta di una zona quasi pianeggiante (cfr. Sezione geologica – All. n° 3), compresa tra la rotonda di Via Vittorio Veneto (S.S. n° 50) e Piazzale Resistenza, circondata da aree in parte già urbanizzate.

Nel complesso questa zona, da tempo urbanizzata, è caratterizzata da buone condizioni di stabilità e non vi sono indizi di fenomeni franosi od erosivi.

La stessa zona non rientra nelle aree soggette ad eventuali vincoli previsti dal PTCP ⁵ e/o dal PAI ⁶.

⁴ Foglio 063 "Belluno" della Carta geomorfologica d'Italia alla scala 1:50.000 (a cura di G.B. Pellegrini, 2000)

⁵ PTCP - Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Belluno, approvato con Deliberazione della Giunta Regionale n. 1136 del 23 marzo 2010, pubblicata sul BUR Bollettino Ufficiale della Regione del Veneto n. 39 del 11 maggio 2010

⁶ PAI - Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del Piave, adottato di nuovo dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico (delibera n° 3 del 09/11/2012, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 280 del 30/11/2012, con le rispettive norme di salvaguardia

2.3. Litologia

Come accennato ed indicato nella Carta e nella Sezione geologiche (cfr. All. n° 2 e n° 3), nell'area in esame sono presenti, dopo un primo livello di materiali di riporto, depositi alluvionali/fluvioglaciali antichi costituiti generalmente da *ghiaie, ciottoli e blocchi sabbiosi e limosi, talora cementati*.

Gli stessi sondaggi meccanici a carotaggio realizzati in occasione della dismissione del PV Eni n. 3045, realizzati dalla ditta Geoservizi2 nel 2016, hanno evidenziato la presenza di ghiaie più o meno cementate fino a -6,0 m da p.c. (cfr. All. n° 4).

2.4. Cenni idrografici ed idrogeologici

Per i terreni di copertura presenti nell'area considerata si possono stimare medi e medio-alti coefficienti di permeabilità, in relazione alla maggiore o minore presenza di materiale fine.

La rete idrografica principale è rappresentata dal citato F. Piave che scorre a 600 m ad est del sito in oggetto, circa 50 m di quota più in basso.

Per quanto riguarda la rete minore, essa risulta del tutto assente a causa dell'urbanizzazione diffusa con le relative opere di smaltimento delle acque meteoriche.

In prossimità dell'ambito del PUA, come anche verificato da alcuni sondaggi realizzati in zona, non vi sono indizi di una falda freatica, almeno per le quote interessate dall'imposta delle nuove fondazioni.

3. SISMICITÀ DELL'AREA

Il territorio del Comune di Belluno risulta classificato sismico fin dal 1937 (R.D.L. 22.11.1937, n° 2105) a seguito dell'evento tellurico del 18 ottobre 1936, successivamente definito sismico di 2° categoria (Legge 25.11.1962, n° 1684) e quindi confermato con grado di sismicità $S = 9$ (D.M. 14.05.1982).

Con Delibera della Giunta Regionale ⁷ n. 244/2021 il Comune di Belluno è stato inserito tra le *zone 1*.

In merito alla "pericolosità sismica di base" (Ordinanza n. 3519/2006 ⁸ ripresa nell'Allegato A del DM 14/01/2008), la località oggetto dell'intervento risulta compresa, come da citate coordinate geografiche (cfr. Figura n° 1) tra punti con accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (riferita a suoli rigidi caratterizzati da $V_{S30} > 800$ m/s) di $a_g = 0,200 - 0,225$ g (cod. ID 9417) e di $a_g = 0,225 - 0,250$ g (cod. ID 9418, 9639, 9640).

Figura n° 1

The screenshot displays the 'FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO' interface. It features two search methods: 'Ricerca per coordinate' (selected) with fields for longitude (12.22632) and latitude (46.14783), and 'Ricerca per comune' with dropdown menus for 'REGIONE' (Veneto), 'PROVINCIA' (Belluno), and 'COMUNE' (Belluno). On the left, there are sections for 'Elaborazioni grafiche' (Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri) and 'Elaborazioni numeriche' (Tabella parametri). The main area shows a map of Italy with a red dot in the north, and a detailed view of the site location relative to grid nodes 9417, 9418, 9639, and 9640. A legend indicates 'Controllo sul reticolo' with options for 'Sito esterno al reticolo', 'Interpolazione su 3 nodi', and 'Interpolazione corretta' (selected). Below the legend is an 'Interpolazione' dropdown menu set to 'media ponderata'. At the bottom, there are navigation buttons for 'INTRO', 'FASE 1' (highlighted in red), 'FASE 2', and 'FASE 3'. A text box explains that 'Ricerca per comune' uses ISTAT coordinates and that seismic actions can vary within the comune territory, recommending 'Ricerca per coordinate'.

Da programma sperimentale "Spettri di risposta versione 1.03" – Fase 1 individuazione della pericolosità del sito

⁷ Delibera della Giunta Regionale n. 244 del 09 marzo 2021 (Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto. D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, articolo 83, comma 3; D. Lgs. 31 marzo 1998, n. 112, articoli 93 e 94 G.G.R./CR n. 1 del 19/01/2021.)

⁸ Ordinanza n. 3519 del 28.04.2006 della Presidenza del Consiglio dei Ministri (Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone)

Sulla base dell'attuale suddivisione del territorio italiano (ZS9) ⁹ in zone sismogenetiche, la località in oggetto si trova all'interno della zona 905 (fascia pedemontana tra Bassano del Grappa ed il Friuli-Venezia Giulia).

Per una stima della "magnitudo momento" attesa al sito M_w , per il prefissato periodo di ritorno di 475 anni, si può far riferimento ai dati forniti dall'INGV ed ottenuti attraverso il processo della disaggregazione della pericolosità sismica. Tale procedimento fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R , dal sito oggetto di studio, che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

In particolare, con riferimento al nodo con cod. ID 9640, i valori medi di M e R risultano, rispettivamente, pari a 5,27 e 7,29 km.

Tali coordinate sono associate ai valori dei parametri a_g (accelerazione orizzontale massima al sito), F_o (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_C^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) così come riportati nella Tabella n° 1 per i specifici periodi di ritorno T_R .

Tabella n° 1

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.059	2.485	0.237
50	0.080	2.468	0.253
72	0.097	2.450	0.265
101	0.115	2.423	0.278
140	0.135	2.412	0.287
201	0.159	2.399	0.298
475	0.232	2.411	0.325
975	0.313	2.409	0.344
2475	0.451	2.401	0.372

Per quanto riguarda la definizione dell'azione sismica di progetto, considerando l'ambito del PUA, è stato realizzato uno specifico studio di Microzonazione Sismica di III° livello, come previsto all'Allegato A alla DGR nr. 899 del 28/06/2019, ed è stata quindi predisposta una specifica analisi di risposta sismica locale (punto 7.11.3 del DM 17/01/2018), come riportato nell'allegato n° 5.

Per quanto riguarda la "Stabilità nei confronti della liquefazione" (punto 7.11.3.4 del DM 17/01/2018), si può escludere tale problematica e rispettive verifiche vista l'assenza della falda nei primi 15 m da p.c..

⁹ Gruppo di Lavoro MPS (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*

4. ASPETTI GEOLOGICO-TECNICI PRELIMINARI E CONCLUSIONI

Come illustrato nei paragrafi precedenti, il piano urbanistico attuativo in esame fa riferimento ad una zona caratterizzata da condizioni geomorfologiche favorevoli, dove sono presenti, dopo un primo livello di terreno vegetale e/o di riporto, depositi alluvionali per lo più grossolani.

Nella stessa zona sono state realizzate specifiche indagini geofisiche, utili per l'analisi di risposta sismica locale e per lo studio di microzonazione sismica di III° livello, riportato in allegato al presente elaborato.

Dello stesso intervento si riportano in allegato (a scala ridotta rispetto all'originale) la planimetria e una sezione rappresentativa di progetto (All. n° 2 e 3). Si tratta di un ambito di 7.584,34 m² su cui costruire un nuovo complesso commerciale, con la relativa viabilità di accesso ed i parcheggi.

Per il dimensionamento delle strutture dei nuovi edifici o di altri manufatti, sarà necessario prevedere, in sede di progettazione, ulteriori accertamenti per confermare la natura e le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione.

Le stesse indagini ed analisi dovranno essere oggetto delle specifiche "Relazione geologica" e "Relazione geotecnica", come prescritto rispettivamente ai punti 6.2.1 e 6.2.2 del citato DM 17/01/2018 ¹⁰ e successiva Circolare 21/01/2019 ¹¹, n. 7 C.S.LL.PP..

In conclusione non si riscontrano specifiche pregiudiziali di carattere geologico al piano attuativo in esame, fatte salve le prescrizioni sopra riportate e la presente nota costituisce un parere di *compatibilità geologica, geomorfologica e idrogeologica* così come previsto dal citato art. 19, comma 2, punto d) della L.R. n° 11/2004.

Alpago, 13 settembre 2021 (agg. 18 dicembre 2024)

dott. geol. Tiziano Padovan

¹⁰ D.M. 17/01/2018 del Ministero Infrastrutture e Trasporti (*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*)

¹¹ Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 (Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni 2018") del Consiglio Superiore LL.PP. pubblicata su GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5

ALLEGATI

1. *Inquadramento topografico – scala 1:10.000*
2. *Carta geologica - scala 1:1.000*
3. *Sezione geologica – scala 1:500*
4. *Stratigrafie e foto cassette sondaggi ENI*
5. *Relazione di Microzonazione sismica di III° livello*
6. *Documentazione fotografica*



Studio di Geologia e Ambiente

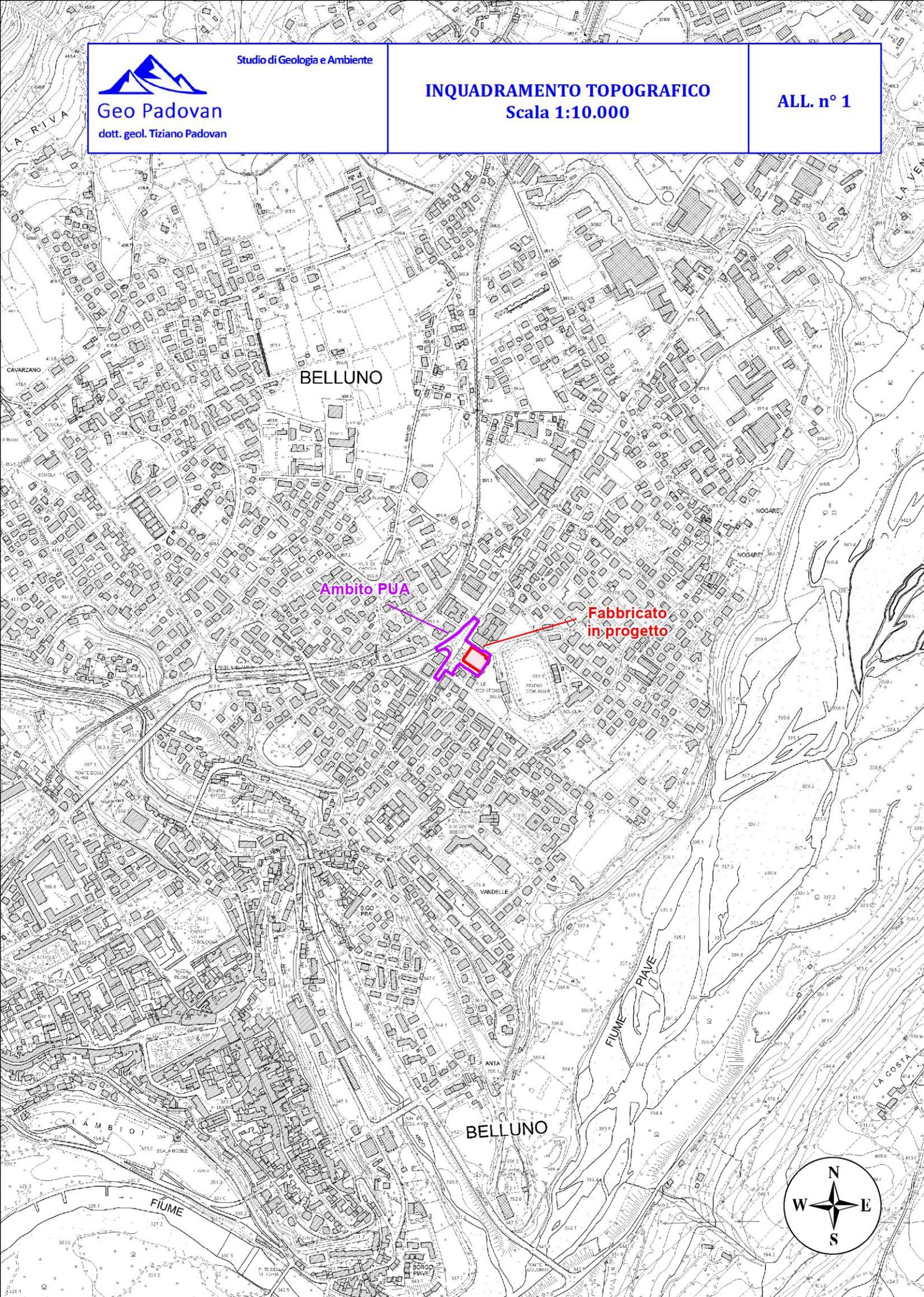
Geo Padovan

dott. geol. Tiziano Padovan

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Scala 1:10.000

ALL. n° 1



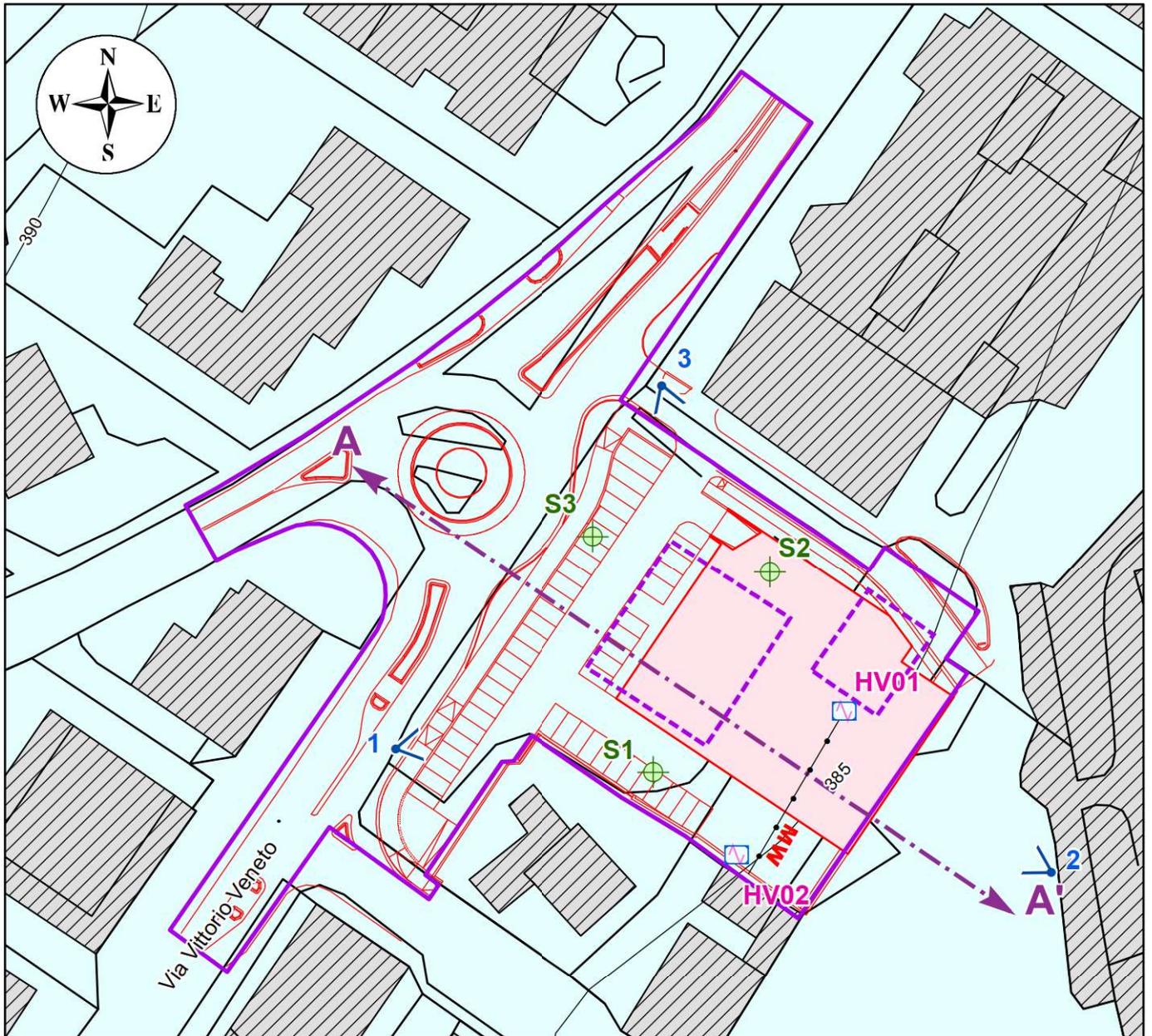
BELLUNO

Ambito PUA

Fabbricato
in progetto

BELLUNO





Legenda

Litologia



Ghiaie, ciottoli e blocchi, più o meno cementate in matrice limoso-sabbiosa più o meno argillosa (depositi fluvioglaciali e alluvionali antichi)

Indagini geofisiche

HV1



Indagine geofisica tipo HVSR

MW



Indagine geofisica tipo MASW

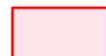
Altri simboli

A---A'

Traccia della sezione geologica

1 <

Punti di ripresa e coni visuali delle foto



Fabbricato in progetto



Ambito PUA

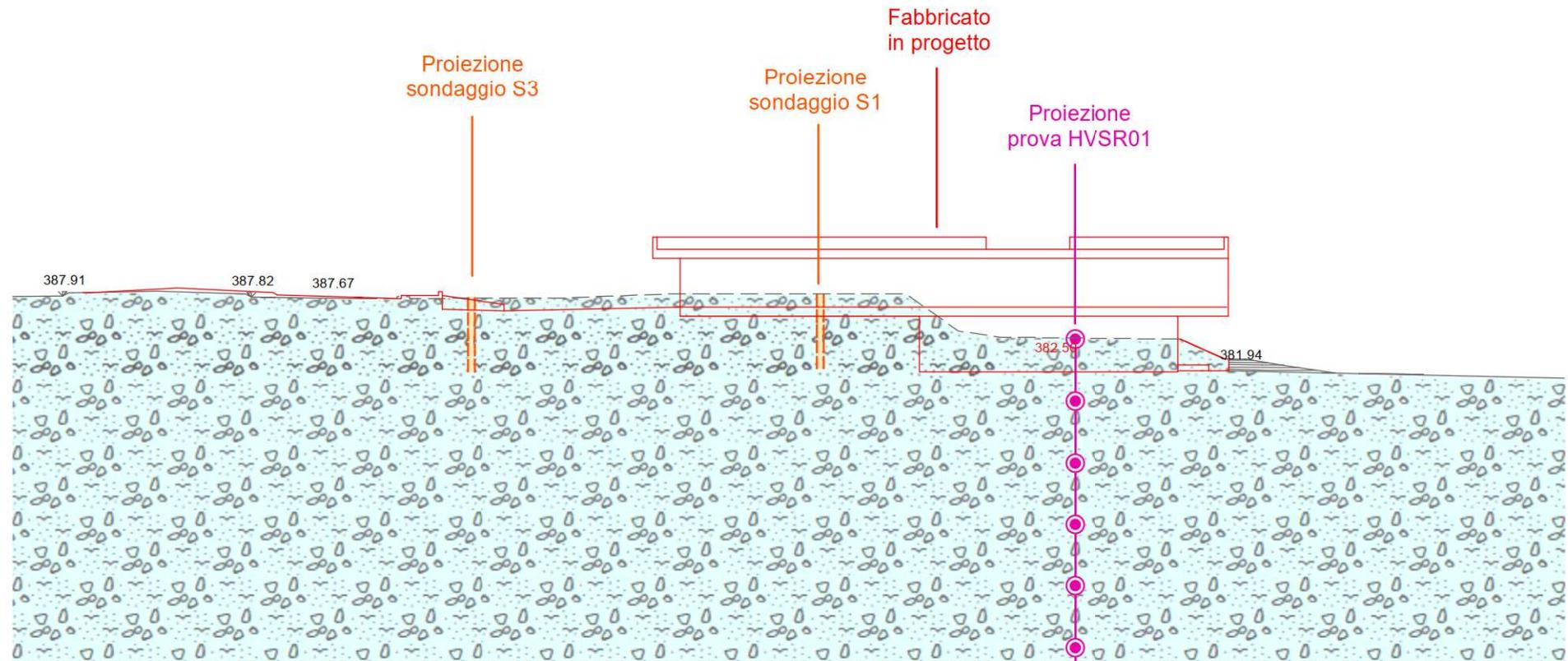
S1 ⊕

Sondaggi meccanici (febbraio 2016)

Legenda



Ghiaie, ciottoli e blocchi, più o meno cementate in matrice limoso-sabbiosa più o meno argillosa (depositi fluvio-glaciali e alluvionali antichi)



SONDAGGI MECCANICI ENI E FOTO CASSETTE

Cliente: Syndial SpA

Data inizio: 15/02/2016

Data fine: 15/02/2016

Società perforatrice: GeoServizi2

Geologo/Tecnico di cantiere: Mancioffi Paolo

Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Falda	Completam. Pozzo
	0.3		ASFALTO						
1.0	1.6		TERRENO DI RIPORTO CON GHIAIA, CIOTTOLI, SABBIA E LIMI.			0.1	S1-1 (-1.00)		
2.0	0.8		CALCARI E CALCARI MARNOSI FRATTURATI FINI CON BRECCE			0.6	S1-3 (-3.00)		
3.0	0.3		MARNE ARGILLOSE NOCCIOLA CON INCLUSIONI CALCAREE.						
4.0						0.4			
5.0			CALCARI E CALCARI MARNOSI FRATTURATI FINI CON BRECCE GRIGIO CHIARE.			0.3			
6.0						0.3	S1-6 (-6.00)		
7.0			Fine perforazione						
8.0									
9.0									
10.0									



Località: Belluno	Diametro carotiere: 101mm
Sito: PV 3045 Via V.Veneto 144	Diametro foro:-
Sondaggio/PM: S1	Tipo piezometro: -
Cassette N°: -	Diam. PZ: -
	Tratto cieco: -
	Tratto finestrato: -
Profondità foro: mt. 6,00	
Sistema di perforazione: Rotazione	
Geologo/Tecnico di cantiere: Mancioffi Paolo	

Cliente: Syndial SpA

Data inizio: 15/02/2016

Data fine: 15/02/2016

Società perforatrice: GeoServizi2



S1 0-5



S1 5-6



Località: Belluno Diametro carotiere: 101mm

Sito: PV 3045 Via V.Veneto 144 Diametro foro:-

Sondaggio/PM: S2 Tipo piezometro: -

Cassette N°: - Diam. PZ: -

Profondità foro: mt. 6,00 Tratto cieco: -

Sistema di perforazione: Rotazione Tratto finestrato: -

Cliente: Syndial SpA

Data inizio: 15/02/2016

Data fine: 15/02/2016

Società perforatrice: GeoServizi2

Geologo/Tecnico di cantiere: Mancioffi Paolo

Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Falda	Completam. Pozzo
	0.25		ASFALTO						
1.0			TERRENO DI RIPORTO CON GHIAIA, CIOTTOLI, SABBIA E LIMI.			0.5	S2-0.8 (-0.80)		
2.0	2.65					0.3			
3.0						1.0	S2-3 (-3.00)		
4.0			CALCARI FRATTURATI FINI CON BRECCE E BLOCCHI, SONO PRESENTI LIVELLI CALCAREI MARNOSI DECIMETRICI GRIGIO CHIARI			0.7			
5.0	3.1					0.6			
6.0						0.5	S2-6 (-6.00)		
			Fine perforazione						
7.0									
8.0									
9.0									
10.0									

Miscela di cemento, bentonite e acqua
 Ghiaio siliceo



Località: Belluno	Diametro carotiere: 101mm
Sito: PV 3045 Via V.Veneto 144	Diametro foro:-
Sondaggio/PM: S2	Tipo piezometro: -
Cassette N°: -	Diam. PZ: -
	Tratto cieco: -
	Tratto finestrato: -
Profondità foro: mt. 6,00	
Sistema di perforazione: Rotazione	
Geologo/Tecnico di cantiere: Mancioffi Paolo	

Cliente: Syndial SpA

Data inizio: 15/02/2016

Data fine:15/02/2016

Società perforatrice: GeoServizi2



S2 0-5



S2 5-6



Località: Belluno Diametro carotiere: 101mm

Sito: PV 3045 Via V.Veneto 144 Diametro foro:-

Sondaggio/PM: S3 Tipo piezometro: -

Cassette N°: - Diam. PZ: -

Profondità foro: mt. 6,00 Tratto cieco: -

Sistema di perforazione: Rotazione Tratto finestrato: -

Cliente: Syndial SpA

Data inizio: 15/02/2016

Data fine: 15/02/2016

Società perforatrice: GeoServizi2i

Geologo/Tecnico di cantiere: Mancioffi Paolo

Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Falda	Completam. Pozzo
	0.3		ASFALTO						
	1.0		TERRENO DI RIPORTO CON GHIAIA, CIOTTOLI, SABBIA E LIMI.			0.5	S3-0.8 (-0.80)		
	1.6					1.3			
	2.0		CALCARI E CALCARI MARNOSI FRATTURATI CON BRECCIE FINI ABBONDANTI.			0.9	S3-3 (-3.00)		
	3.0					1.1			
	4.0					1.2			
	4.1					2.2	S3-6 (-6.00)		
	6.0	Fine perforazione							
	7.0								
	8.0								
	9.0								
	10.0								

Miscela di cemento, bentonite e acqua
 Ghiaio siliceo



Località: Belluno	Diametro carotiere: 101mm
Sito: PV 3045 Via V.Veneto 144	Diametro foro:-
Sondaggio/PM: S3	Tipo piezometro: -
Cassette N°: -	Diam. PZ: -
	Tratto cieco: -
	Tratto finestrato: -
Profondità foro: mt. 6,00	
Sistema di perforazione: Rotazione	
Geologo/Tecnico di cantiere: Mancioffi Paolo	

Cliente: Syndial SpA

Data inizio: 15/02/2016

Data fine: 15/02/2016

Società perforatrice: GeoServizi2i



S3 0-5



S3 5-6

RELAZIONE DI MICROZONAZIONE SISMICA DI III° LIVELLO

REGIONE DEL VENETO

**COMUNE DI
BELLUNO**

**PROVINCIA DI
BELLUNO**

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI 3[^] LIVELLO

“Piano di recupero attuativo (PUA) di via Vittorio Veneto”

COMMITTENTE: ACIL Srl

Belluno, Settembre 2021

I geologi

Alessandro dott. Pontin

Livio dott. Sartor

1. PREMESSA

Su incarico della ditta "Acil srl", questo studio ha effettuato una indagine di Microzonazione sismica di terzo livello, richiesta dagli organi tecnici competenti, per il "*Piano di recupero (PUA) di via Vittorio Veneto*" nel Comune di Belluno.

In seguito all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.2003 questo comune è stato classificato sismico e rientra nella "zona n.2", con DGRV n.244 del 09.03.2021 questo comune è stato invece inserito in "zona 1". Nel D.M. 21.01.1981 sono contenute le " Norme Tecniche ... " di attuazione della sopracitata legge n. 64 poi precisata dalle " Istruzioni con circolare LL.PP. 03.06.1981 n. 21597. Nel D.M. 11.03.1988 sono contenute le " Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. La Regione Veneto con circolare n.9 del 05.04.2000 "Indirizzi in materia di prescrizioni tecniche da osservare per la realizzazione di opere pubbliche e private. Obblighi derivanti dalla L. 02.02.1974 n.64 e dal D.M. 11.03.1988", ha prescritto a tutti gli Enti locali del Veneto la relazione geotecnica "per le opere pubbliche o private ...". Con la Legge del 24.06.2009 n.77 "Interventi urgenti a favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo di aprile 2009...", all'art. 1 bis, si anticipa al 01.07.2009 l'entrata in vigore delle "Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14.01.2008. Successivamente aggiornata dal DM 17.01.2018.

Le indagini sono consistite in:

- rilievo geologico, geomorfologico e idrogeologico di un'area convenientemente estesa;
- indagine sismica;
- elaborazione dei dati di campagna.

Le informazioni e le indagini locali sono state inquadrare nelle conoscenze geologiche e idrogeologiche regionali, reperibili nella bibliografia ufficiale e in studi editi e inediti.

Gli elaborati cartografici realizzati sono i seguenti:

➤ Microzonazione sismica di terzo livello

- Carta delle Indagini;
- Carta della Pericolosità Sismica Locale;
- Carta delle Frequenze Naturali dei Depositi;
- Carta di Microzonazione Sismica di 3^a livello (Fa0105);
- Carta di Microzonazione Sismica di 3^a livello (Fv0510).

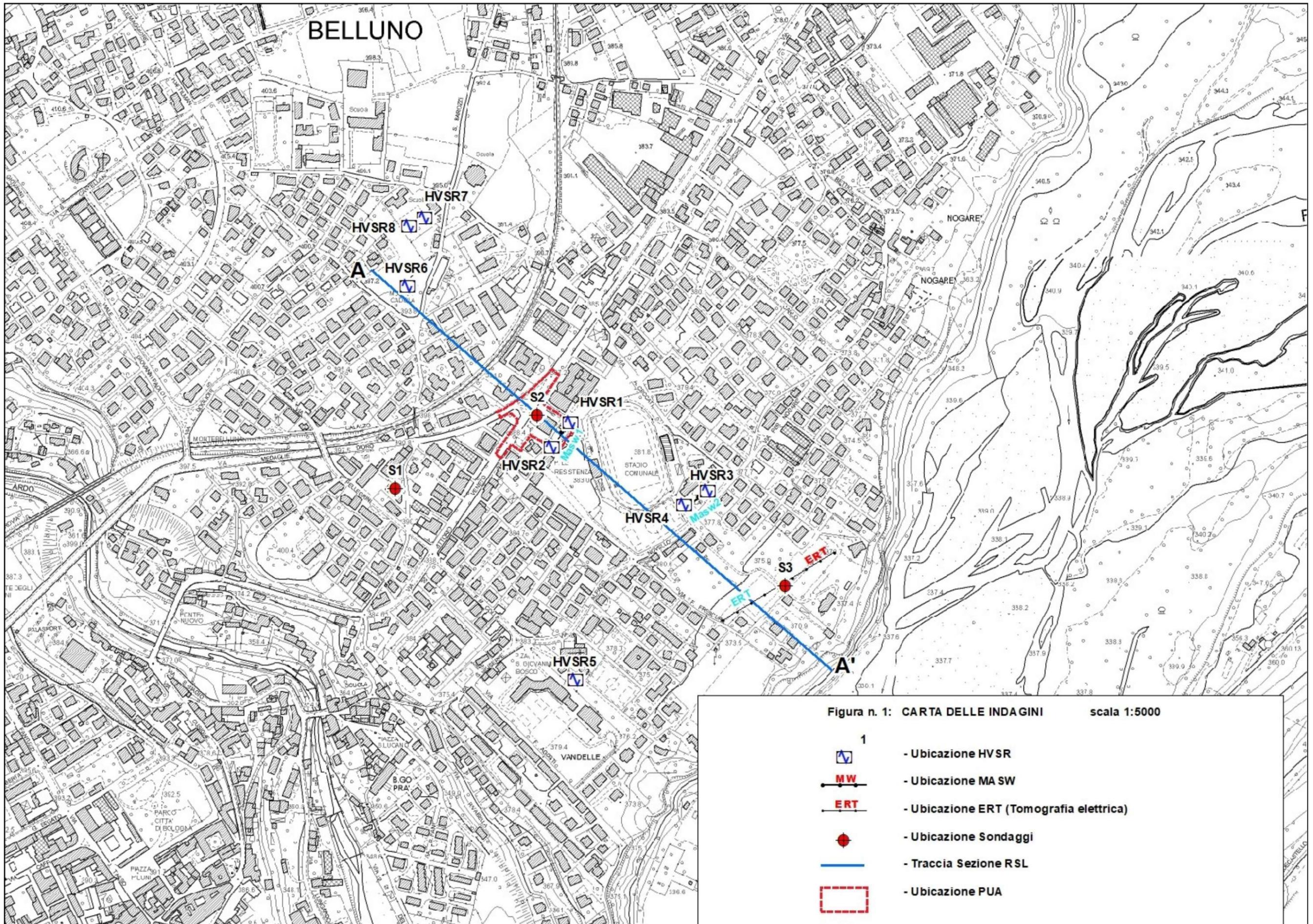
2. MODELLO GEOLOGICO

L'ambito compreso dal PUA è distribuito su un'antica conoide alluvionale/fluvioglaciale formata dal Torrente Ardo alla confluenza con il Fiume Piave. Si tratta di una zona quasi pianeggiante compresa tra la rotonda di Via Vittorio Veneto (S.S. n° 50) e Piazzale Resistenza, circondata da aree in parte già urbanizzate.

Nel complesso questa zona, da tempo urbanizzata, è caratterizzata da buone condizioni di stabilità e non vi sono indizi di fenomeni franosi od erosivi. La stessa zona non rientra nelle aree soggette ad eventuali vincoli previsti dal PTCP e/o dal PAI.

Nell'area in esame sono presenti, dopo un primo livello di materiali di riporto, depositi alluvionali/fluvioglaciali antichi costituiti generalmente da *ghiaie, ciottoli e blocchi sabbiosi e limosi, talora cementati*.

Gli stessi sondaggi meccanici a carotaggio realizzati in occasione della dismissione del PV Eni n. 3045, realizzati dalla ditta Geoservizi2 nel 2016, hanno evidenziato la presenza di ghiaie più o meno cementate fino a -6,0 m da p.c. . Per i terreni di copertura presenti nell'area considerata si possono stimare medi e medio-alti coefficienti di permeabilità, in relazione alla maggiore o minore presenza di materiale fine. La rete idrografica principale è rappresentata dal citato F. Piave che scorre a 600 m ad est del sito in oggetto, circa 50 m di quota più in basso. Per quanto riguarda la rete minore, essa risulta del tutto assente a causa dell'urbanizzazione diffusa con le relative opere di smaltimento delle acque meteoriche. La superficie della falda acquifera è a profondità superiore a 15.00 metri dal piano campagna.



3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo scopo di definire le caratteristiche sismiche del sottosuolo sono stati reperiti dei sondaggi nell'area di studio, per ricostruire il modello geologico e la sezione di risposta sismica locale e una tomografia elettrica.

Comittente Dott. Tiziano Padovan		Sondaggio S1		S1	Son.geo.Srl		
Località Condominio sito in Baidenich - (BL)		Profondità raggiunta - 7 m					
Impresa esecutrice Son.Geo.Srl		Data 15/04/2021					
Tipo Carotaggio Continuo a rotazione		Redattore Geologo: Giuseppe Filippin					
Quota (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	(PC) punta chiusa (PA) punta aperta	Prove di permeabilità	Note
		Riporto: Sottofondo di ghiaia e sabbia	-0.60				
-1		Argilla limosa nocciola marrone con rara ghiaia fine	-2.50			-1.50	
-2				-2.10			
-3		Conglomerato poligenico e polimetrico	-3.40				
-4		Ghiaia e sabbia debolmente limosa nocciola grigia con rari ciottoli	-7.00			-3.00	
-5				-4.50			
-6				-6.00			
-7						-7.00	FINE FORO
-8							
-9							
-10							
-11							

Committente
 Impresa Fontana S.r.l
 Località
 Cusighe (BL)
 Impresa esecutrice
 Son.Geo.Srl
 Tipo Carotaggio
 Continuo a rotazione

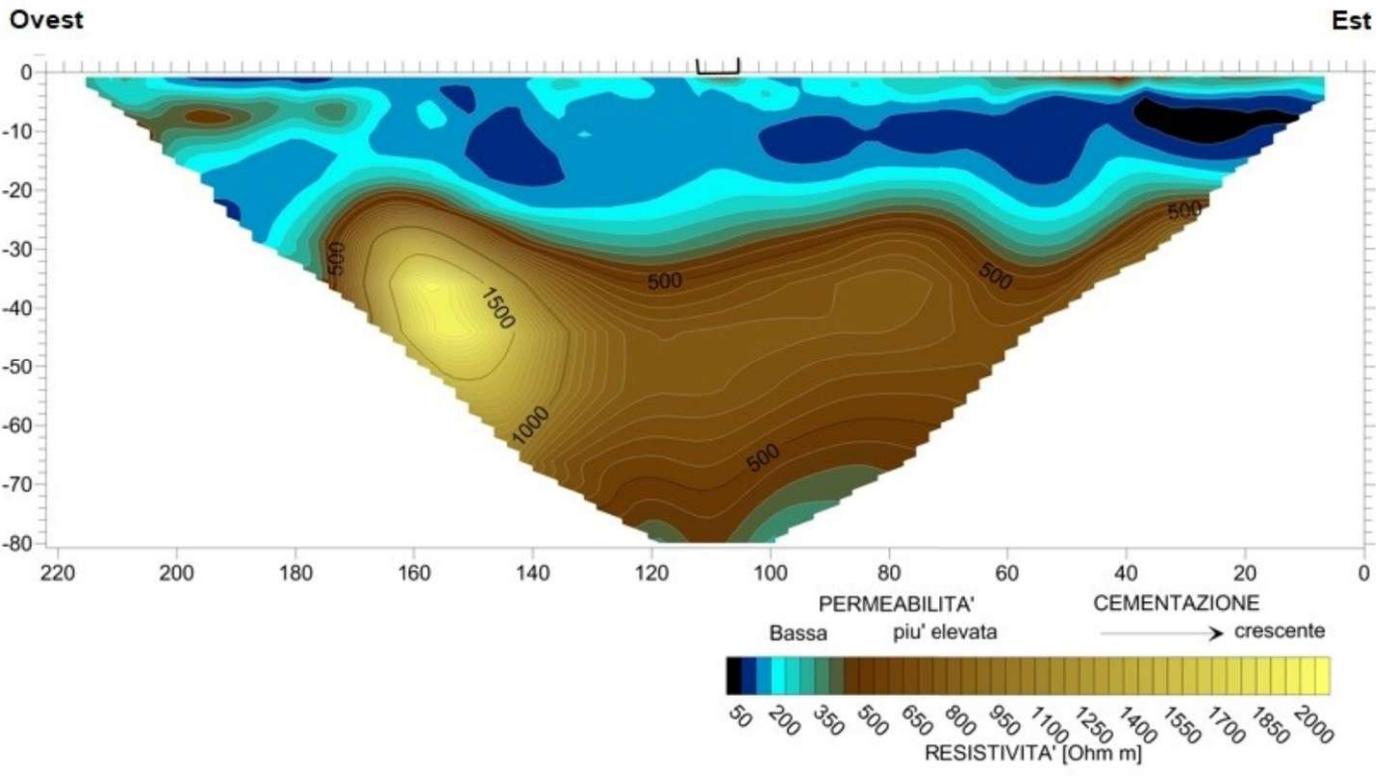
Sondaggio
 S1 - Verticale
 Profondità raggiunta
 - 30.00 m
 Data
 26/05/2020
 Redattore
 Geologo: Giuseppe Filippin

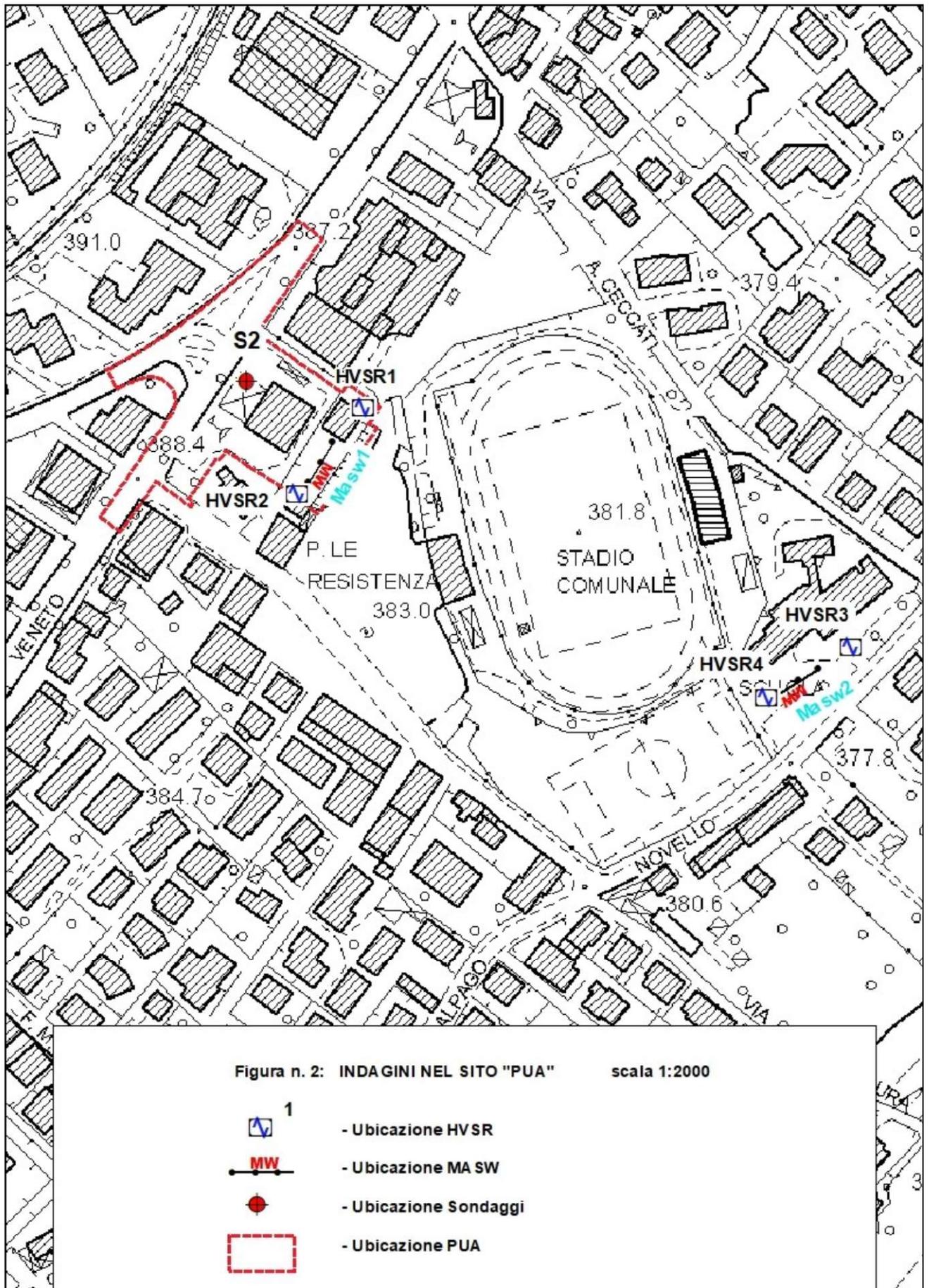
S3

Son.geo.srl

Pag: 1/1

Quota (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Prove di permeabilità Lefranc
1		Terreno di riporto: ciottoli con sabbia ghiaia			
2			2.00		
3		Ghiaia e sabbia limosa debolmente argillosa nocciola , da fine a grossolana con rari ciottoli	3.50		
4		Sabbia limosa nocciola con rara ghiaia fine			
5					
6					Lefranc L1 6.00
7		Argilla debolmente limosa grigia nocciola	7.10		
8		Argilla debolmente limosa sabbiosa con rara ghiaia fine	7.70		
9					
10		Sabbia limosa debolmente argillosa nocciola con rara ghiaia fine	10.00		
11			12.00		
12		Ghiaia e sabbia limosa debolmente argillosa grigia nocciola , da fine a grossolana con rari ciottoli			
13			15.00		
14		Ghiaia e sabbia debolmente limosa grigia nocciola con rari ciottoli			
15			17.80		
16			18.30		Lefranc L2 18.00
17		Trovante			
18		Ghiaia e sabbia debolmente limosa grigia nocciola con rari ciottoli			
19					
20					
21					
22					
23					Lefranc L3 23.50
24					
25					
26					
27					
28					
29			30.00		
30					FINE FORO



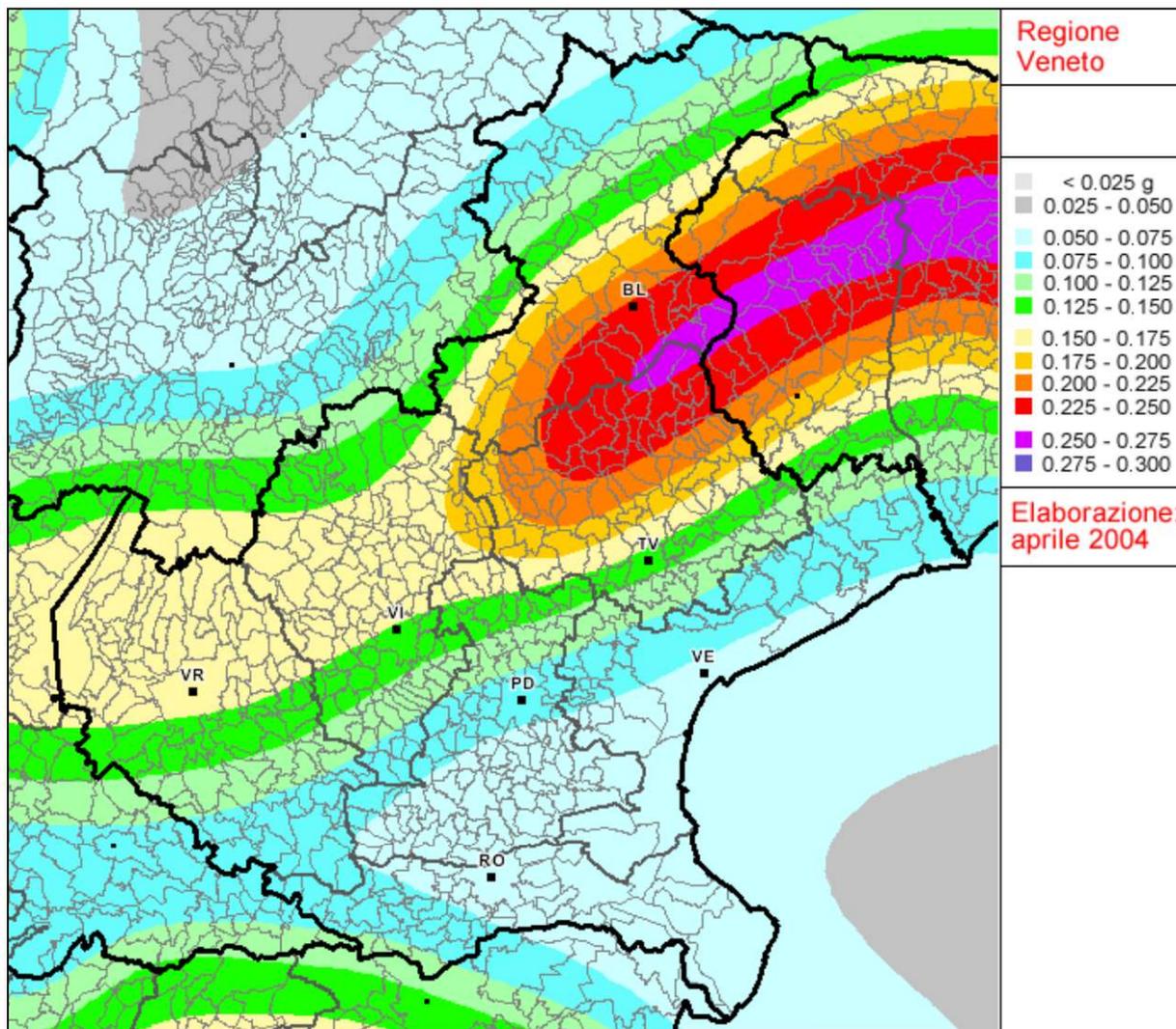


4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI RIFERIMENTO

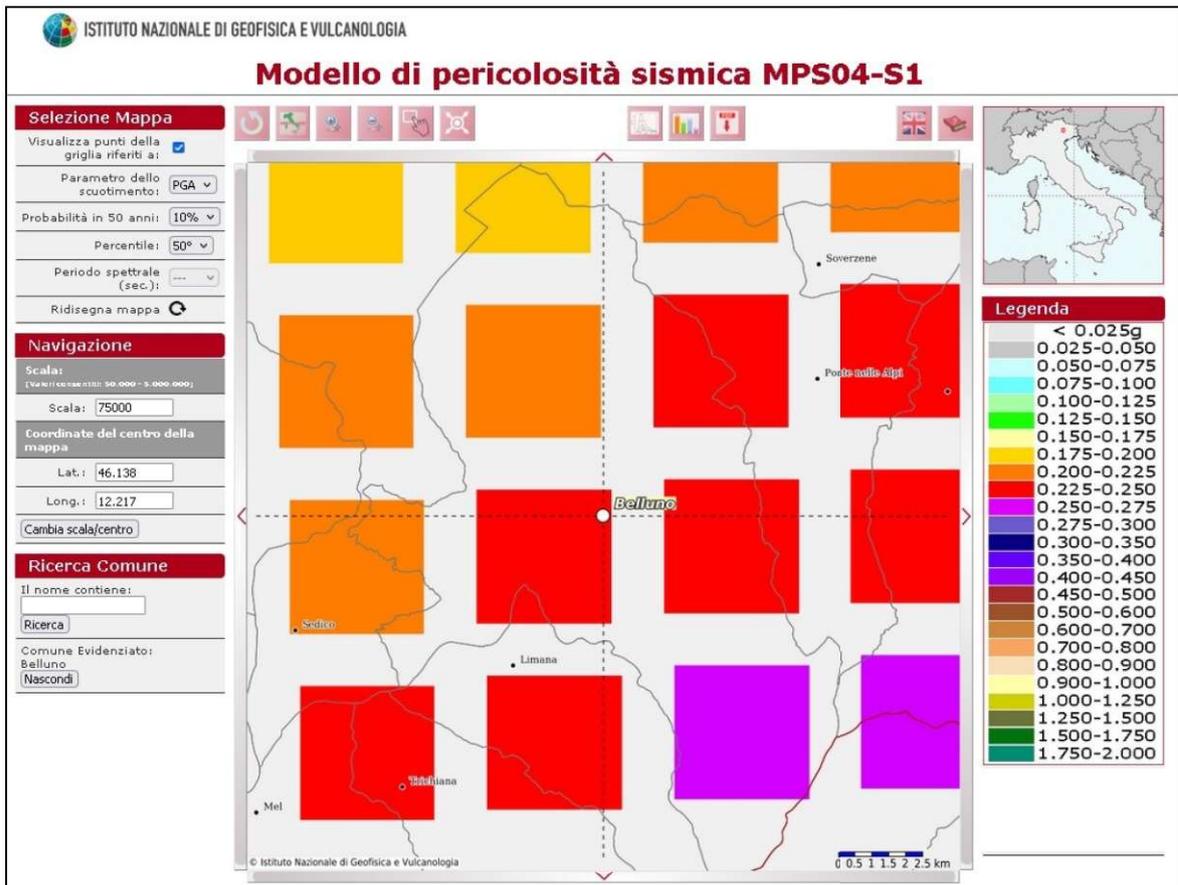
4.1 Zonazione sismica del territorio nazionale

➤ Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

Con la nuova normativa sismica, per definire l'azione sismica di progetto, si deve valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. In alternativa si può utilizzare la classificazione dei terreni presente nelle "Norme tecniche per le Costruzioni" (DM 17.01.2018), basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_s entro 30 metri di profondità. Un modello di riferimento per la descrizione del moto sismico sul piano di fondazione è costituito dallo spettro di risposta elastico, altro modello consiste nel descrivere il moto del suolo mediante accelerogrammi. Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita allo smorzamento convenzionale del 5% e considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima convenzionale del terreno fondale "ag" che caratterizza il sito. Nella espressione dello spettro di risposta elastico, sia nella sua componente orizzontale che verticale, assume importanza non solo il parametro "ag" ma anche "S", quest'ultimo è il fattore che tiene conto della categoria del suolo di fondazione in funzione alla velocità delle onde di taglio V_s nei primi trenta metri di profondità, e della componente di amplificazione topografica del sito. Con l'OPCM n. 3519 del 28.04.2006 e DGRV n.71/2008 si approva la "Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale" espressa in termini di accelerazione massima al suolo (ag_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec). Il valore di "ag", per il Comune di Belluno, in zona "1", riferita a suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/s) varia da 0,175g a 0.275g.



TAV. 1 - Mappa della pericolosità sismica della Regione del Veneto espressa in termini di accelerazione massima al suolo ($a_{g \max}$) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec)



Tav. 2 - Mappa della pericolosità sismica relativa al territorio comunale di Belluno, espressa in termini di accelerazione massima al suolo (ag_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec)

➤ Carta delle zone sismogenetiche ZS9

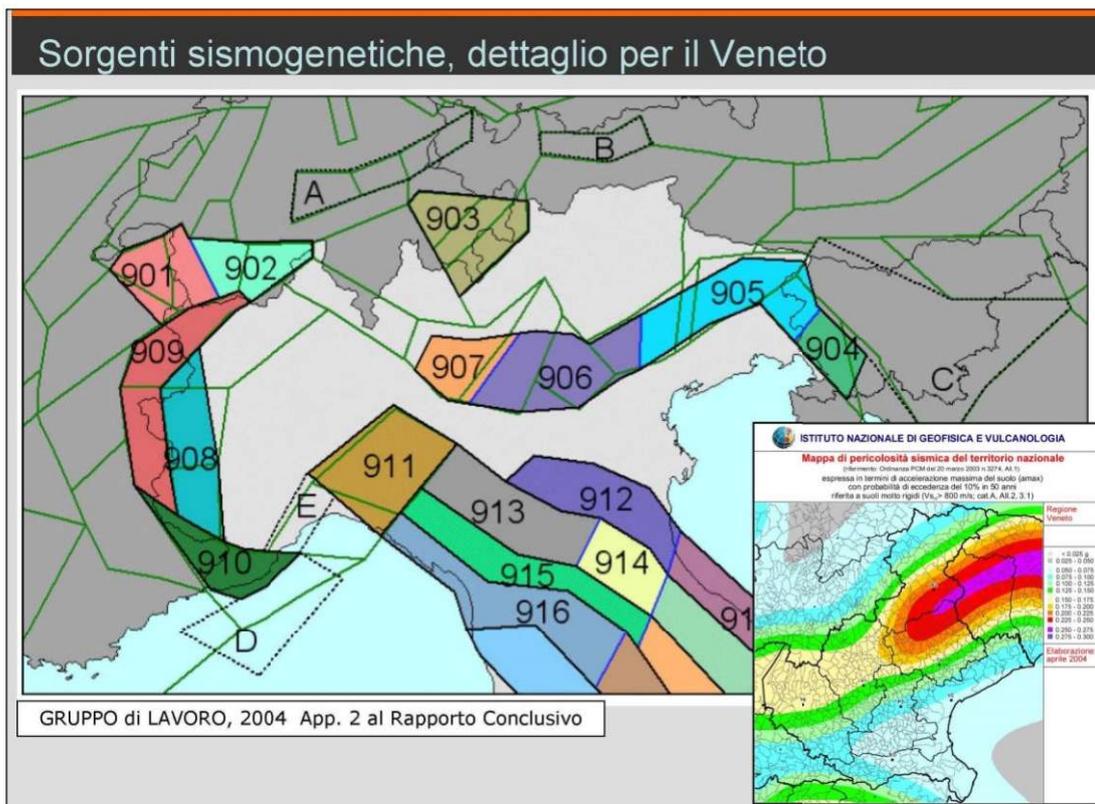
Oltre alla “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale” è stata redatta la “Carta delle zone sismo genetiche ZS9”, che suddivide il territorio italiano in 36 zone, in base a un modello cinematico che sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di simulazioni. Le zone sismogenetiche sono state definite in base a uniformità dello stile deformativo e della congruenza cinematica con il modello deformativo.

In base alla cartografia ZS9 le aree del trevigiano settentrionale, e in parte le bellunesi e vicentine, possono essere associate alle zone 905 e 906, caratterizzate da strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate; la zona 905 include sorgenti sismogenetiche potenzialmente responsabili di terremoti con magnitudo $M > 6$, e racchiude un’area in cui la frequenza di eventi sismici (anche di magnitudo medio-alte) è nettamente superiore a quella delle zone adiacenti. La zona 905 comprende anche la sorgente del Montello (potenzialmente responsabile di terremoti con $M > 6$), che, in base ai dati attualmente disponibili, è definita come “silente” (cioè mancano, nei cataloghi disponibili, terremoti storici con magnitudo prossima a quella massima attesa). La zona 906 interessa l’area che va da Bassano del Grappa fino a Verona.

Il potenziale sismico di tutta l’area compresa circa tra Thiene, Carmignano sul Brenta, Treviso, Oderzo e Revine, resta in ogni caso ancora piuttosto controverso, e si moltiplicano gli studi per comprendere la relativa assenza di sismicità su faglie ritenute capaci di generare forti terremoti. Sono attualmente in corso monitoraggi specifici per caratterizzare la deformazione geodetica e la microsismicità.

Tutte le zone sismogenetiche vengono considerate omogenee ai fini della probabilità di

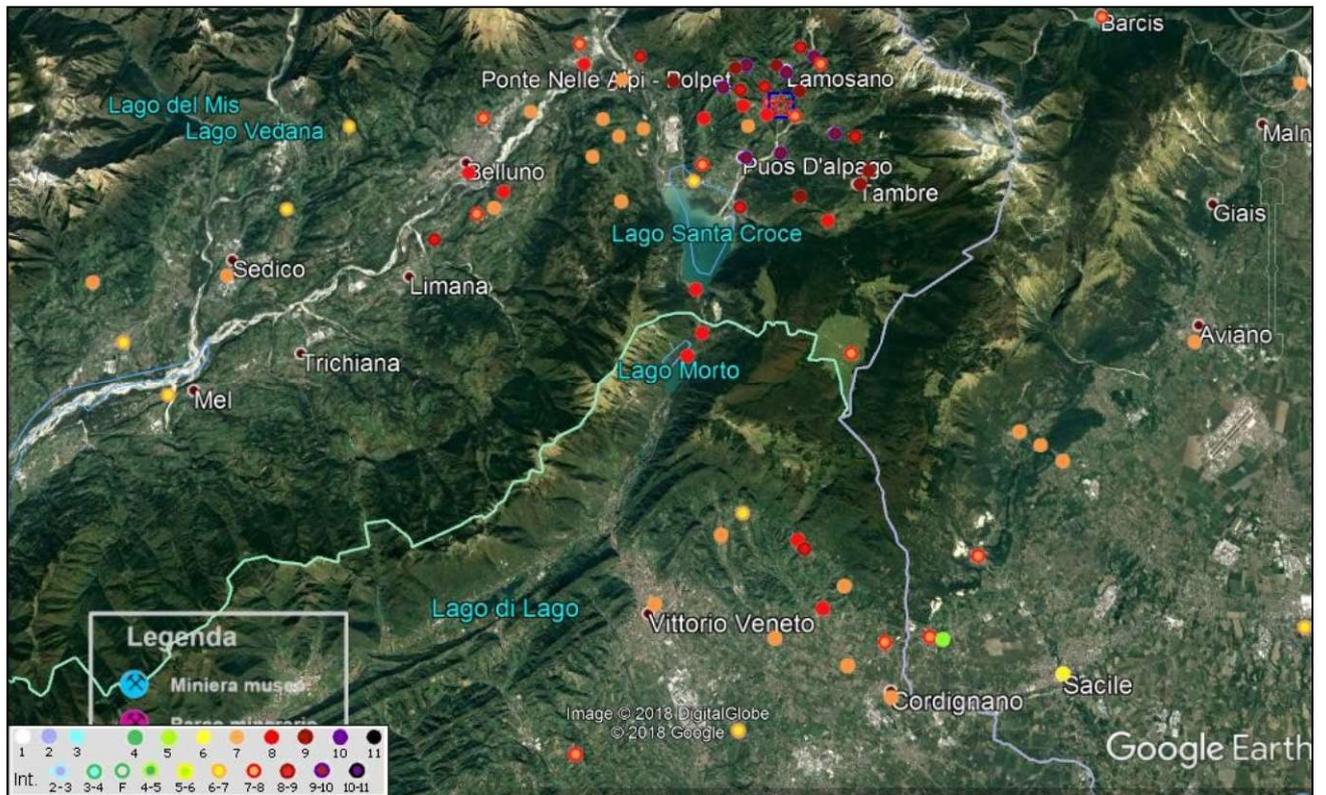
accadimento degli eventi sismici e in rapporto agli epicentri noti, ne consegue che non esiste l'effetto distanza. L'ICMS 2008 al paragrafo 2.8.2 stabilisce che può essere utilizzato, a favore della sicurezza, per alcune tipologie di verifiche (es. liquefazione), la magnitudo attesa massima della zona sismogenetica di appartenenza. Per le aree 905 e 906 la magnitudo massima attesa è $M_{wmax}= 6.60$.



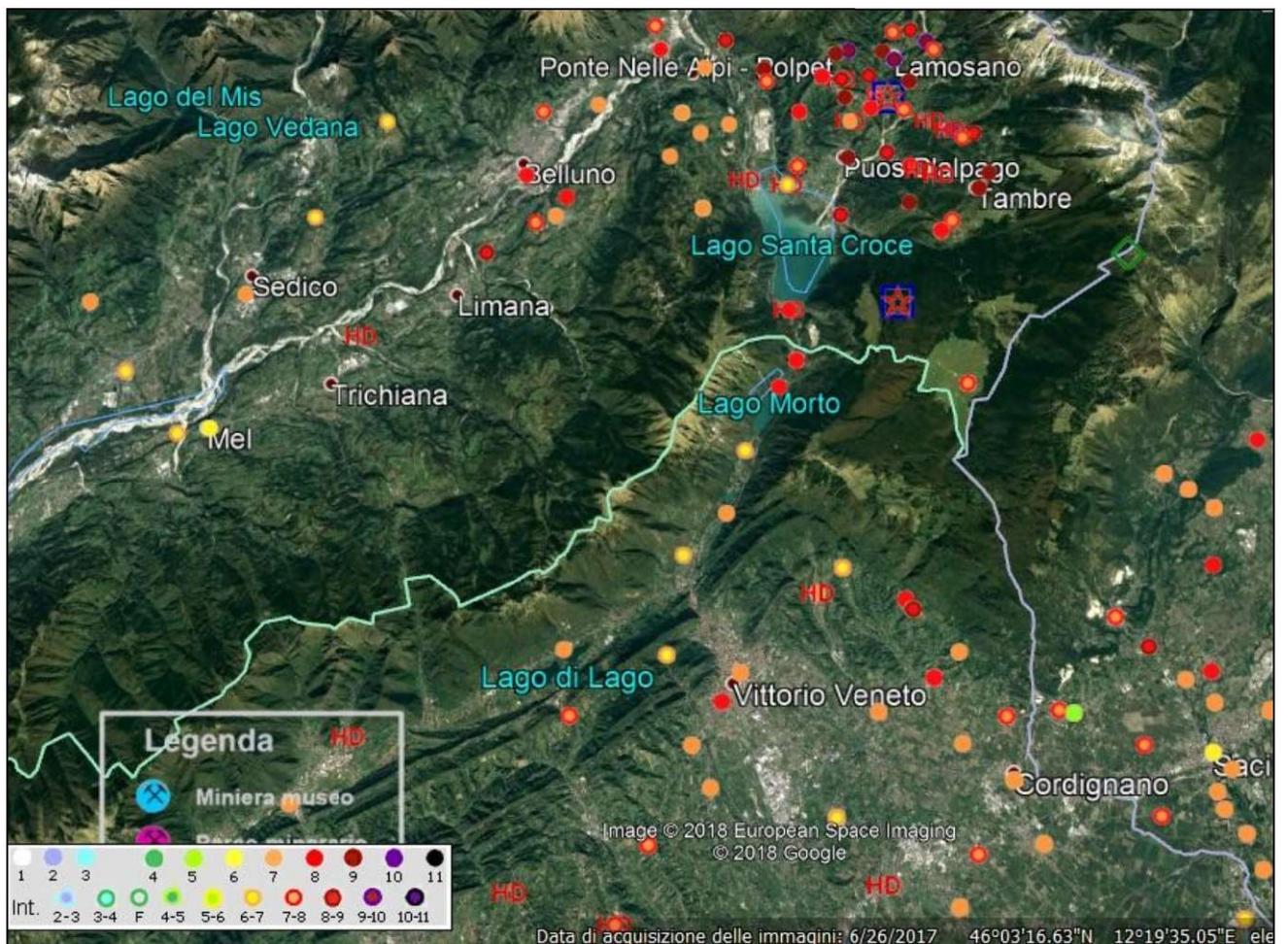
Tav. 3 - Zonazione sismogenetica ZS9 del Veneto

Nel 2019 è stato aggiornato il Catalogo Parametrico dei Terremoti (CPTI15 vers.2.0 – catalogo dei terremoti dal 1000 al 2017) da parte di INGV; dall'analisi di questo catalogo possiamo rilevare che i terremoti che hanno procurato la maggiore intensità sismica a Belluno sono i seguenti

- anno 1873 nell'Alpago-Cansiglio con $M_{w}=6.33$;
- anno 1936 nell'Alpago-Cansiglio con $M_{w}=5.90$.

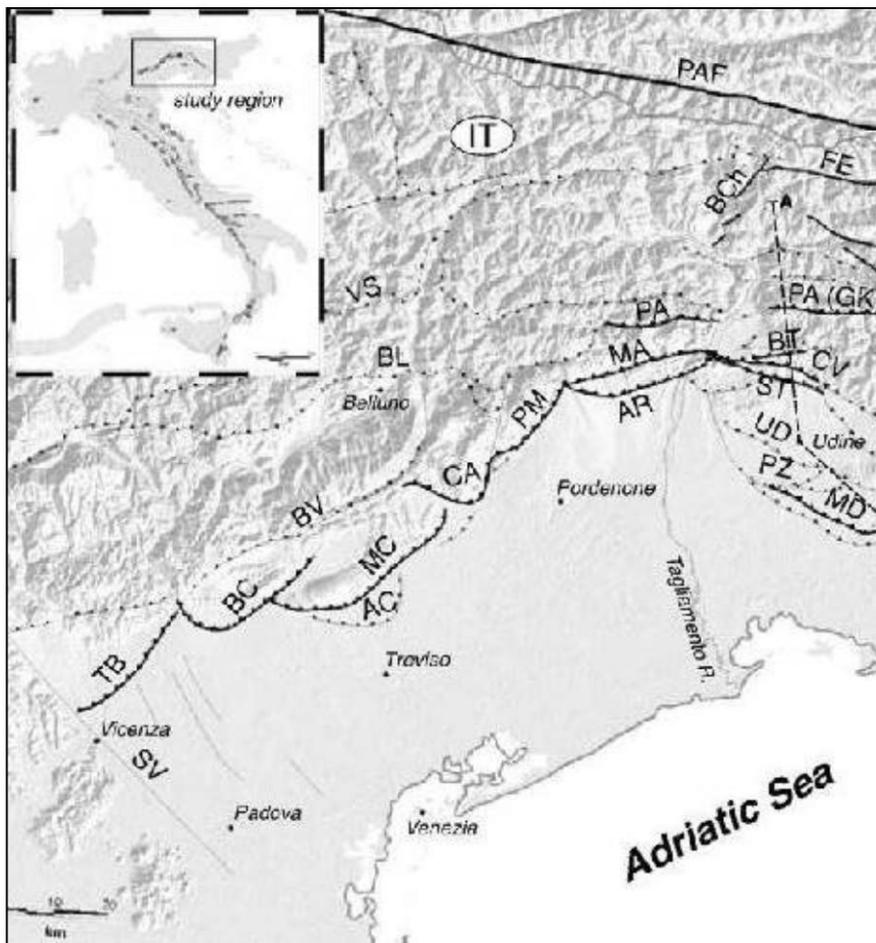


Tav. 4 - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1873 con epicentro nell'Alpago (BL).



Tav. 5 - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1936 con epicentro nell'Alpago (BL)

lateralmente su un altro. Analisi morfotettoniche e neotettoniche applicate a tali strutture hanno permesso in vari casi di datarne l'attività e di definirne la cinematica quaternaria.



Tav. 7 - Schema strutturale semplificato del Sudalpino orientale (da Burrato e altri - 2009).
 Legenda: **BC**=sovrascorrimento Bassano-Cornuda; **BV**= sovr. Bassano-Valdobbiadene;
TB= sovr. Thiene- Bassano; **MC**: sovr. Montello-Conegliano; **AC**: sovr. Arcade.

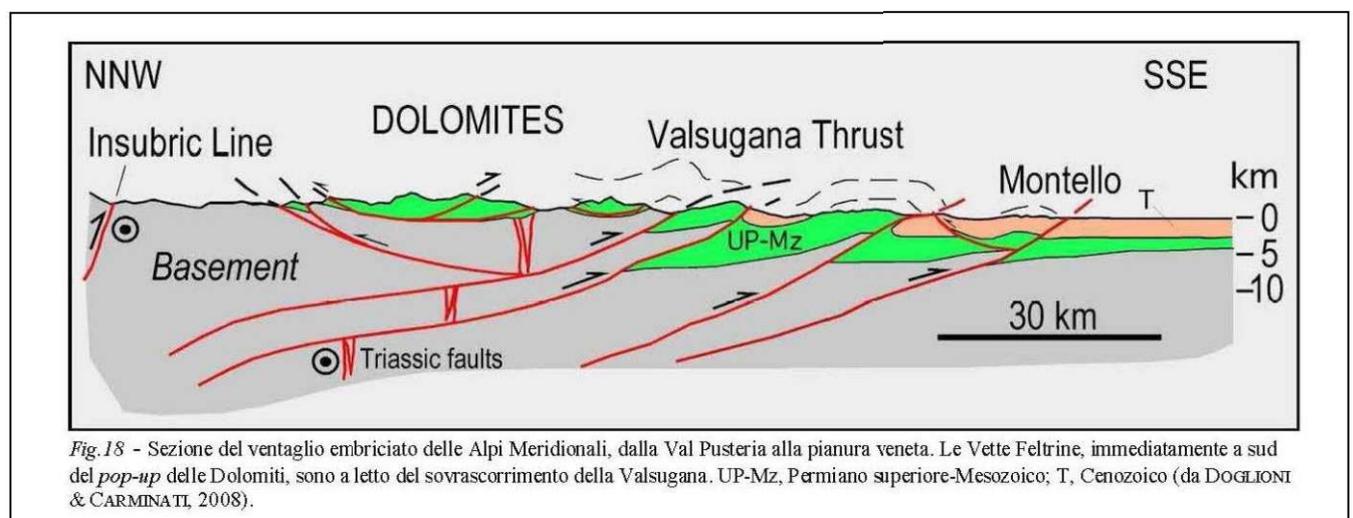
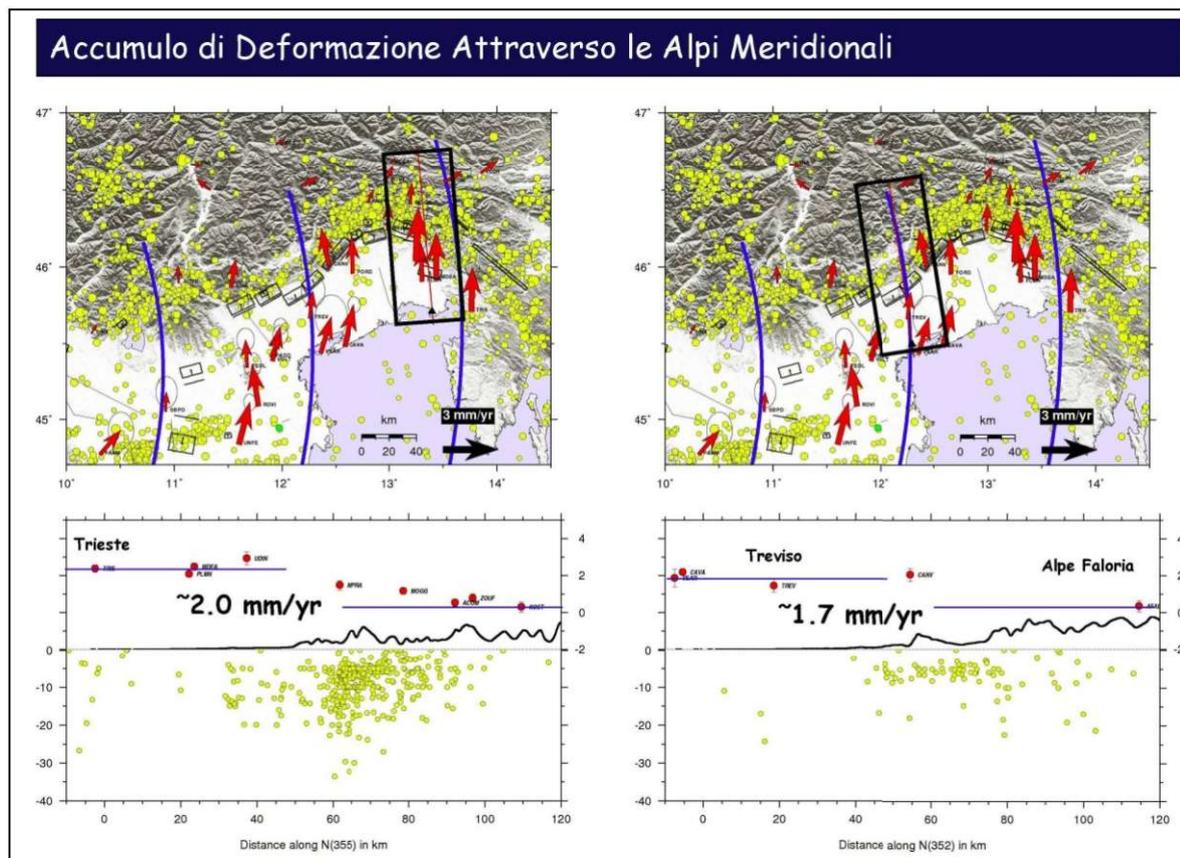


Fig.18 - Sezione del ventaglio embriciato delle Alpi Meridionali, dalla Val Pusteria alla pianura veneta. Le Vette Feltrine, immediatamente a sud del *pop-up* delle Dolomiti, sono a letto del sovrascorrimento della Valsugana. UP-Mz, Permiano superiore-Mesozoico; T, Cenozoico (da DOGLIONI & CARMINATI, 2008).

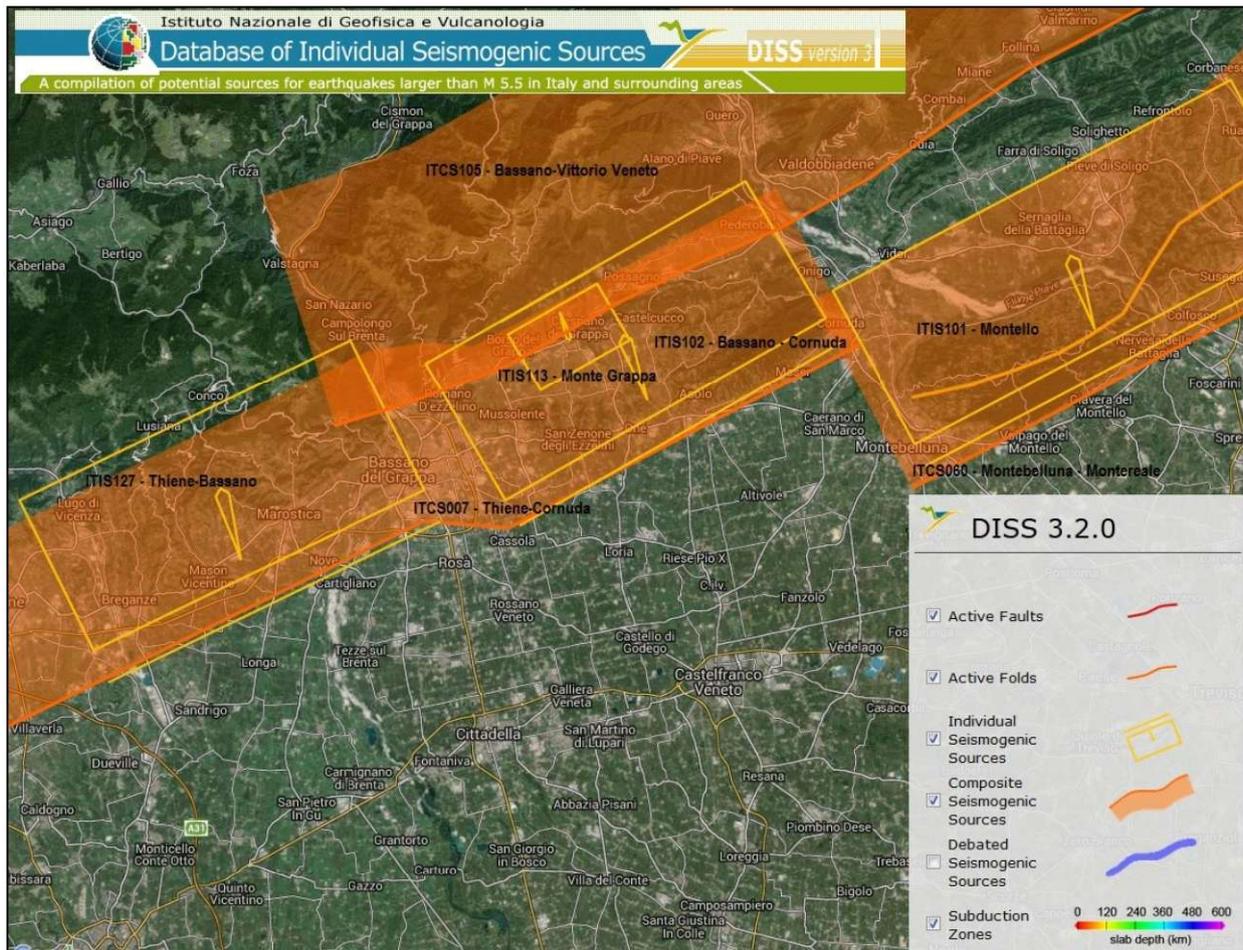
Tav. 8 - Sezione geologico strutturale rappresentativi

La catena alpina è stata prodotta dalla convergenza della micro-placca Adriatica verso

l'Europa; attualmente in corrispondenza del Veneto, il raccorciamento misurabile tramite GPS è dell'ordine di circa 2mm/anno, con una velocità di circa 2 km ogni milione di anni, compatibile con un raccorciamento di circa 20 km per gli ultimi 10 milioni di anni. In particolare nell'area in oggetto è stimabile in circa 1.7 mm/anno (v. Tav. 9).



Tav. 9 - Accumulo di deformazione attraverso le Alpi Meridionali, con evidenziate l'area Trieste-Salzburg e Treviso-Belluno (E. Serpelloni –2008)



Tav. 10 - Sorgenti sismogenetiche del Vicentino-Trevigiano-Bellunese; le frecce gialle, all'interno dei rettangoli gialli (sorgenti individuali), rappresentano la direzione del vettore di movimento, vettore di slip sotto forma di angolo di rake (da DISS 3.2.0)

Il DISS 3.2.0 (*Database of Individual Seismogenic Sources versione 3.2.0*) dell'INGV (*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*) individua tre tipi di sorgenti sismogenetiche:

- Sorgenti Sismogenetiche dibattute: sono aree di sorgenti in fase di studio, presenti in letteratura ma ritenute ancora non sufficientemente attendibili (in Tav. 10 individuate con la linea azzurra)
- Sorgenti composite: sono zone molto estese, all'interno delle quali vi sono sorgenti sismogenetiche minori ancora non sufficientemente studiate. Queste aree non sono associate a specifici terremoti storici (in Tav. 10 individuate con un retino arancione).
- Sorgenti individuali: aree a cui sono associati specifici terremoti storici. Viene proposta una rappresentazione tridimensionale della faglia, e sono stabilite le caratteristiche di massima magnitudo, movimento ed estensione (in Tav. 10 individuate con un rettangolo giallo).

In Tav. n. 10 è rappresentato lo schema delle sorgenti sismogenetiche, accompagnati dalla proiezione in superficie del piano di rottura rettangolare. In particolare per l'area del vicentino e del trevigiano Nord-occidentale, evidenziamo tre sorgenti sismogenetiche :

- ITIS101 - Montello (Sorgente individuale) alla quale non è associato alcun terremoto significativo (zona silente), ed è associata alla sorgente sismogenetica composta ITCS060 Montebelluna-Montereale;
- ITIS113 - Monte Grappa (Sorgente individuale) a cui è associato il sisma del 12.06.1836 con epicentro nel Bassanese; appartiene alla sorgente sismogenetica composta ITCS007 - Thiene-Cornuda;

- *ITIS102 - Bassano-Cornuda* (Sorgente individuale) a cui è associato il sisma del 25.02.1695 con epicentro nell'Asolano; appartiene alla sorgente sismogenetica composita ITCS007 - Thiene-Cornuda;
- *ITIS127 - Bassano-Thiene* (Sorgente individuale) alcuni autori l'associano l'area al terremoto del 03.01.1117 con epicentro nel Veronese; appartiene alla sorgente sismogenetica composita ITCS007 - Thiene-Cornuda;
- *ITCS105 – Bassano- Vittorio Veneto* è una sorgente sismogenetica composita ancora infase di studio.

In Tab.1 sono riportate le sorgenti sismiche di terremoti di $M \geq 6$ e i relativi parametri geometrici e cinematici. La struttura Montello-Conegliano sembra essere caratterizzata da comportamento silente, sulla base dell'assenza di terremoti storici riferibili alla sua attuazione, mentre per la Thiene-Bassano alcuni autori l'associano al terremoto del 03.01.1117 con epicentro nel Veronese.

ID	Name	LAT	LON	Length (km)	Width (km)	Depth (km)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Slip rate (mm/a)	Associated earthquake	M_w
ITIS127	Thiene-Bassano	45.69	11.54	18.0	9.5	1.0-5.8	244	30	80	0.10-1.00	Unknown	6.6
ITIS102	Bassano-Cornuda	45.75	11.79	18.0	9.5	1.0-6.4	240	35	80	0.70-0.87	25 Feb 1695	6.6
ITIS113	Monte Grappa	45.85	11.85	5.0	3.9	0.5-2.7	60	35	80	0.10-1.00	12 Jun 1836	5.5
ITIS101	Montello	45.88	12.31	22.0	11.2	1.0-8.2	242	40	80	0.47-1.56	Unknown	6.7
ITIS124	Cansiglio	45.98	12.41	10.0	6.4	1.5-6.4	214	50	60	0.52-0.65	18 Oct 1936	6.1

Tab. n. 1 - Caratteristiche sismogenetiche di alcune sorgenti di Tav. 12

4.3 Principali faglie nell'area in studio

Nella Tav. 11 sono indicate le faglie attive, in prossimità del Comune di Belluno, dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) aggiornato al Settembre 2021. Si tratta di un progetto che si occupa di censire le faglie capaci, ovvero tali da poter creare deformazioni in superficie.

La presenza di "faglie attive" nelle vicinanze del territorio comunale di Belluno, è stato effettuato da dati bibliografici, attraverso i tabulati sotto allegati, presenti nel progetto. La lineazione che interessano il territorio di Belluno è la "Faglia Valle del T. Boite" posta nel settore occidentale del comune, con andamento NW-SE. La presenza di "faglie attive" nel territorio comunale di Belluno, è stato effettuato da dati bibliografici presenti nel progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults):

NOME DELLA FAGLIA	ULTIMA ATTIVITA'	POSSIBILITA' CHE LA FAGLIA SI RIATTIVI IN FUTURO	TIPO DI FAGLIA
Faglia Valle del Medone	9000-15000 anni fa (Ultima glaciazione)	(bassa)	Non determinata

Viewer Map



September 14, 2021

Kinematics — Normal Fault - - Reverse Fault
- - - Unknown - - - Oblique Fault - - - Strike Slip

1:9,028

0 0.05 0.1 0.2 mi
0 0.07 0.15 0.3 km

Servizio Geologico d'Italia - ISPRA, Maxar, Microsoft, Esri, HERE, Garmin,

Me
Copyright 2014

Tav. 11 - Faglie attive nelle vicinanze del Comune di Belluno dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) – le linee verdi sono i confini comunali, quelle rosse/arancioni sono le faglie.

Si sottolinea che l'individuazione delle faglie attive e capaci è di fondamentale importanza. Per faglia attiva si intende una faglia che si è rotta almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (limite inferiore certo dalle datazioni radiometriche). Una faglia attiva è detta capace se raggiunge la superficie producendo una frattura del terreno ovvero deformazioni in superficie; l'andamento di questa rottura in superficie è la superficie della faglia (v. cap. 3.1.4 "Indirizzi e criteri di microzonazione sismica –2008 Conferenza Stato Regioni).

4.4 Indagini sismiche in sito

4.4.1 Premessa

Per ottenere la caratterizzazione del sottosuolo ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, sono state eseguite dagli scriventi alcune indagine sismiche: Masw, HVSR. Le "Linee Guida per la Microzonazione Sismica - 2008" hanno individuato (per la definizione di carte di II livello) parametri dinamici simili ma con importanti differenze in merito:

- andamento della velocità delle onde S (V_s) fino al basamento, ovvero fino alla

profondità alla quale le velocità $V_s > 800$ m/sec: questa informazione viene utilizzata per dedurre il valore medio di V_s fino al basamento sismico.

- in assenza di questa informazione, valore del periodo proprio (frequenza di risonanza) delle coperture, accompagnato da una stima affidabile della profondità del substrato geologico, oppure da una stima della velocità media V_{SH} delle onde S fino al primo contrasto significativo nei valori di impedenza sismica, purché questo corrisponda ad un transizione brusca ad un substrato da $V_s > 600$ m/sec.

In questo studio sono stati perciò realizzati profili Masw, e test di Nakamura (HVSR), per la misura della curva di risposta elastica del terreno ovvero per i seguenti obiettivi:

- ricostruire la stratigrafia sismica del sottosuolo;
- stimare il profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) per fornire indicazioni della categoria di suolo di fondazione secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17.01.2018);
- caratterizzare le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica effettuate possono restituire si basa sul contrasto d'impedenza. Per strato s'intende un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Le prove a stazione singola (HVSR) sono state effettuate ponendo il Nord strumentale secondo il Nord geografico. Nella elaborazione dei dati, sono stati eseguiti prima gli array (MASW), in quanto servono da vincolo per l'inversione delle curve H/V, derivanti dalle prove a stazione singola (HVSR). Si sottolinea che le tecniche in array, si fondano sull'assunto di sottosuolo a strati piani e paralleli; questo è un requisito fondamentale per l'inversione dei dati sperimentali. Al fine di verificare se l'assunto sia o meno soddisfatto è buona norma effettuare alcune registrazioni a stazione singola in punti diversi lungo lo stendimento, o ripetere le misure Masw lungo altre direzioni e confrontare le curve di dispersione ottenute.

4.4.2 Indagine sismica mediante la tecnica dei microtremori "MASW"

Il metodo d'indagine MASW, basato su un'energizzazione sismica artificiale del suolo e sull'analisi spettrale delle onde di Rayleigh presenti nel segnale, consente di ricostruire il modello sismostratigrafico del sottosuolo. La propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei, non esiste più un'unica velocità, ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione, a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda che interessano il terreno a diverse profondità e che risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche. Questo comportamento viene definito "dispersione" ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

Le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno a interessare il terreno più in profondità, quelle più piccole, che sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze alla superficie. Lo studio dello spettro della velocità derivante dall'analisi di un sismogramma registrato, consente di definire la "curva di dispersione" che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è estraibile (*picking*) dallo spettro del segnale, poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

In particolare, utilizzando specifiche tecniche di analisi spettrale risulta possibile identificare non solo il modo di vibrazione fondamentale, ma anche gli eventuali modi superiori e

definire le curve di dispersione. Queste curve andranno interpretate ed invertite, per ricavare informazioni utili sul profilo di velocità nel sottosuolo. La profondità d'investigazione dipende dalla massima lunghezza d'onda misurata, questa determina la massima profondità di esplorazione. A parità di velocità di propagazione "V_R" la lunghezza d'onda (λ) dipende dalla frequenza (f) di vibrazione considerata $\lambda = V_R / f$. Quindi la massima lunghezza d'onda misurabile dipende dalla minima frequenza osservabile. L'esperienza mostra che le sorgenti artificiali risultano povere delle basse frequenze, in pratica, scendere sotto i 10 Hz è assai difficile e implica che lunghezze d'onda maggiori di 40-50 metri (e quindi h>30 metri) sono difficilmente utilizzabili con sorgenti artificiali. Una stima conservativa della profondità d'investigazione indica un valore pari a circa 1/3-1/2 della massima lunghezza d'onda misurabile, quindi la profondità massima raggiungibile è dell'ordine della grandezza delle dimensioni dello stendimento. Per superare questo problema si utilizzano le sorgenti e/o vibrazioni naturali o antropiche (tecniche passive, esempio Masw – HVSR).

La tecnica MASW sottintende un metodo interpretativo indiretto attraverso il quale, a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri sismici. La procedura è articolata in tre passi successivi:

- acquisizione, registrazione e analisi dei dati sismici, contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;
- individuazione sullo spettro, della curva di dispersione funzione delle caratteristiche geosismiche del terreno;
- inversione, ovvero reiterazioni successive per la definizione di un modello geosismico finale, le cui caratteristiche (densità e V_s) meglio si approssimano a quelle reali.

Dal punto di vista esecutivo, le acquisizioni sono state effettuate con stendimenti lineari, in cui i geofoni sono collocati su una linea retta, ad una distanza reciproca costante, determinata dalle condizioni geologiche e logistiche. E' importante che non vi siano variazioni stratigrafiche laterali nell'ambito della lunghezza dello stendimento e che lo stesso non subisca brusche variazioni di quota. La sorgente è stata posizionata esternamente allo stendimento (prima del primo geofono G1), e sempre in asse con esso. Operativamente è stati utilizzati geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz), con spaziatura di due metri, la lunghezza dell'array è di 16 metri. Nello studio del sito in questione è stata adottata la tecnica sopradescritta e l'elaborazione dei dati è stata facilitata dall'uso di un software dedicato denominato *Grilla*.

4.4.3 Indagine sismica mediante la tecnica "HVSR" a stazione singola

La tecnica di indagine adottata a supporto di questo studio e conosciuta come *metodo di Nakamura* (1989), dal nome dello scienziato giapponese che l'ha messa a punto, parte dal presupposto che:

1. Il rumore ambientale è generato da riflessioni e rifrazioni di onde di taglio con gli strati superficiali e dalle onde di superficie;
2. Le sorgenti di rumore superficiale non interessano il rumore ambientale alla base di una struttura non consolidata;
3. Gli strati soffici non amplificano la componente verticale del rumore ambientale: questo è composto da onde di superficie tipo Rayleigh generate dall'interazione del vento con le strutture, dal traffico e da altre attività urbane.

Le funzioni di trasferimento **SE** e **AS** che sono rispettivamente l'effetto intrinseco di sito e l'effetto della singola onda Rayleigh possono essere definite come:

$$SE = H_s / H_b \quad As = V_s / V_b$$

dove **H** e **V** sono gli spettri per le componenti orizzontali e verticali delle registrazioni di rumore ambientale alla superficie (s) o al top del basamento rigido.

Gli effetti di sito, che non comprendono il contributo della sorgente, sono definiti da **SM** come:

$$SM = Se/As \Leftrightarrow SM = HsVb/VsHb$$

Nakamura e Theodulidis *et al.* (1996) hanno dimostrato che gli spettri delle componenti verticali (Vb) e orizzontali (Hb) sono equivalenti al top del basamento rigido:

$$\text{se } Hb/Vb = 1 \quad \text{allora } SM = Hs/Vs$$

Alla fine quindi, gli effetti di sito **SM** (ampiezza del rapporto spettrale) posso essere espressi come *rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali del rumore ambientale alla superficie del suolo*. In conclusione questa affermazione implica che una stima della risposta del terreno in un determinato sito può essere ottenuta con un singolo sismometro a tre componenti. Esperienze di campagna hanno dimostrato che registrazioni di una quindicina di minuti per sito sono sufficienti per fornire risultati stabili nei differenti contesti urbani.

Le curve H/V possono essere convertite dal dominio H/V - frequenza, al dominio Vs - profondità, tramite inversione vincolata. Nel caso presente il vincolo è fornito dalla Vs del primo strato riferita dalle indagini in array. Più in generale il vincolo è costituito dalla profondità di un riflettore sismico nota tramite prove dirette (sondaggio/ penetrometria / geofisica indipendente) il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V. A partire da questo elemento noto si genera una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato) e si considera per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

Nei siti in esame si è correlato i valori di picco, degli spettri di risposta HVSR, con le frequenze fondamentali di risonanza del sito. Si sono ricavate le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica, interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH.

Le misure di microtremore ambientale HVSR sono state effettuate per mezzo di un tomografo digitale portatile progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino, Micromed spa) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente.

Le caratteristiche di tutte le misure effettuate HVSR sono le seguenti:

- terreno di misura naturale, non artificiale o compattato, e privo di vegetazione;
- condizioni meteorologiche buone senza la presenza di vento;
- orientamento dello strumento parallelo alla dorsale;
- durata di registrazione 20 minuti;
- frequenza di campionamento 128 Hz;
- lunghezza finestre 30 secondi;
- tipo di lisciamento triangolare;
- lisciamento al 10%.

I risultati delle prove H/V sono stati classificate sia con i "criteri SESAME 2004", sia con quelli "Albarelo et al. 2010". Quest'ultimo metodo non interpreta la curva in chiave geologico-stratigrafica, che può essere eseguita invece con i criteri SESAME. Nella classificazione "**Albarelo et al. 2010**" si distinguono tre classi di qualità: "A", "B", "C".

Le caratteristiche di queste classi sono le seguenti:

- **Classe "A"** : curva H/V affidabile e interpretabile; può essere utilizzata anche da sola e deve avere:

- a. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (*stazionarietà*);
- b. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (*isotropia*);
- c. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda delle frequenze di interesse (*assenza di disturbi*);
- d. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (*plausibilità fisica*);
- e. i criteri SESAME per una curva H/V attendibile (primi tre criteri) sono verificati (*robustezza statistica*);
- f. la misura è durata almeno 15/20 minuti (*durata*).

ECCEZIONE: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico profondo (tipicamente > 1 km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta e con ampiezza circa pari a 1, il criterio "e" risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile. In questo solo caso la misura può ricadere nella classe "A", ma si consiglia di ripetere la misura per confermare l'effettiva assenza di massimi significativi.

- **Classe "B"** : curva H/V sospetta (da interpretare); va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze e deve avere:
 - a. almeno una delle condizioni della classe "A" non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE citata per la classe "A".
- **Classe "C"** : curva H/V scadente e di difficile interpretazione; non va utilizzata. Essa può presentare:
 - a. misura tipo "B" nella quale la curva H/V mostra un'ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura;
 - b. misura tipo "B" nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse.

Per le classi "A" e "B" si possono pertanto definire due sottoclassi delle classi precedenti, ossia:

- **Tipo 1** : Presenta almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (parte 2):
possibile risonanza.
- **Tipo 2** : Non presenta picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze d'interesse:
assenza di risonanza.

4.4.4 Analisi delle risultanze

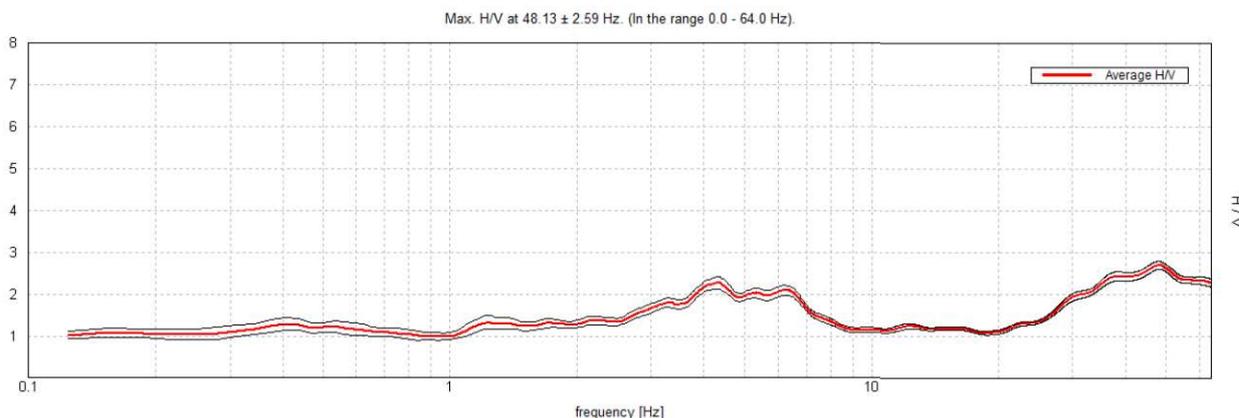
Le prove "sismiche" realizzate lungo la sezione A-A' (v. Fig. 1) sono misure HVSR e Masw .

Le tecniche in array (es. Masw) usate si fondano sull'assunto di sottosuolo a strati piani e paralleli. Questo è un requisito fondamentale per l'inversione dei dati sperimentali. Al fine di verificare se l'assunto sia o meno soddisfatto è buona norma effettuare alcune registrazioni a stazione singola in punti diversi lungo lo stesso stendimento. Essendo il metodo a stazione singola particolarmente sensibile, nei primi metri, alla stratigrafia "puntuale" sotto il punto di misura, eventuali differenze tra curve registrate in punti vicini sarebbero indicative di sottosuolo non assimilabile a strati piani e paralleli. L'inversione delle curve di dispersione è stata effettuata congiuntamente a quella delle curve H/V, pertanto il modello di Vs è stato dato dal miglior "fit" con le curve di dispersione Masw e H/V.

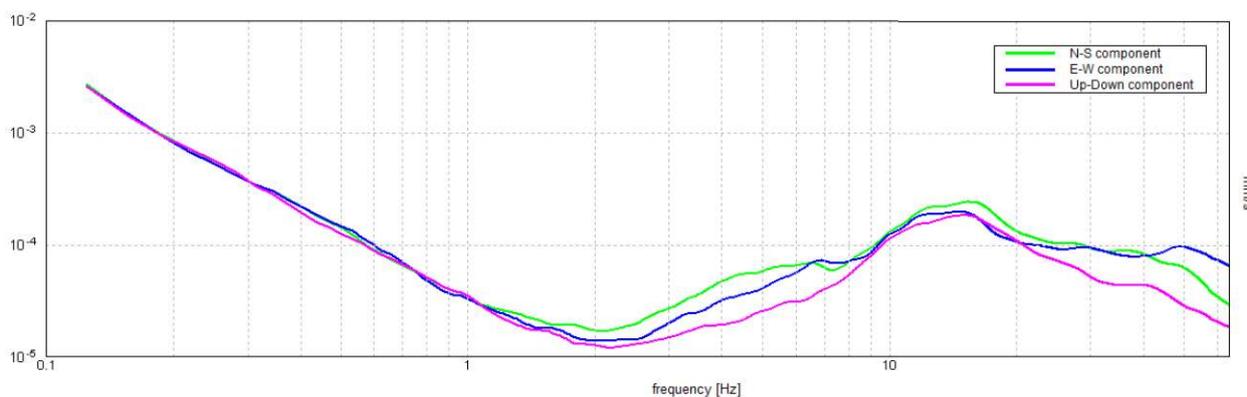
Nelle curve H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

L'esito delle analisi Masw è rappresentato dal contouring a colori. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale della Masw e risultano visibile nell'intervallo tra circa 30 e 50 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto nel sito in oggetto, dall'interpretazione delle indagini sismiche, è il seguente:

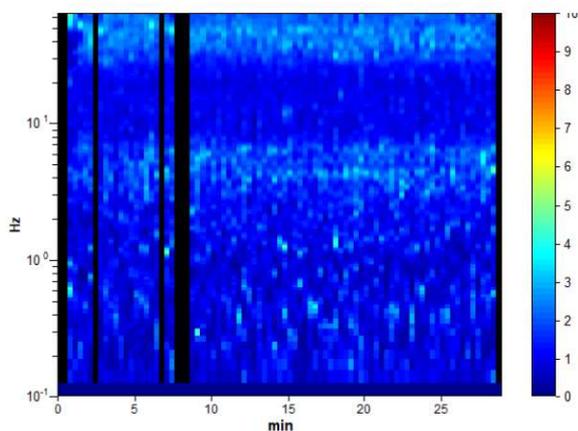
Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
10.5	210
30	410
0	540



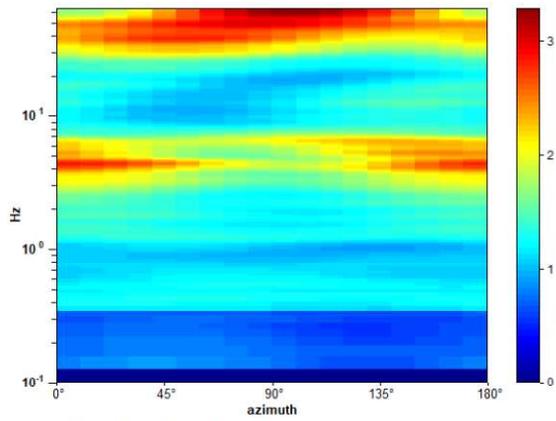
HVSR 1: rapporto spettrale H/V



HVSR1: spettri delle singole componenti

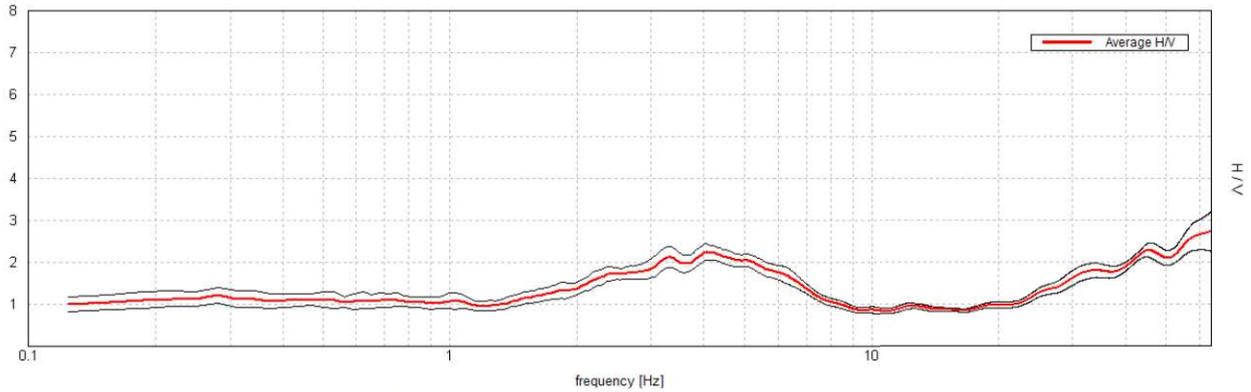


HVSR1: serie temporale

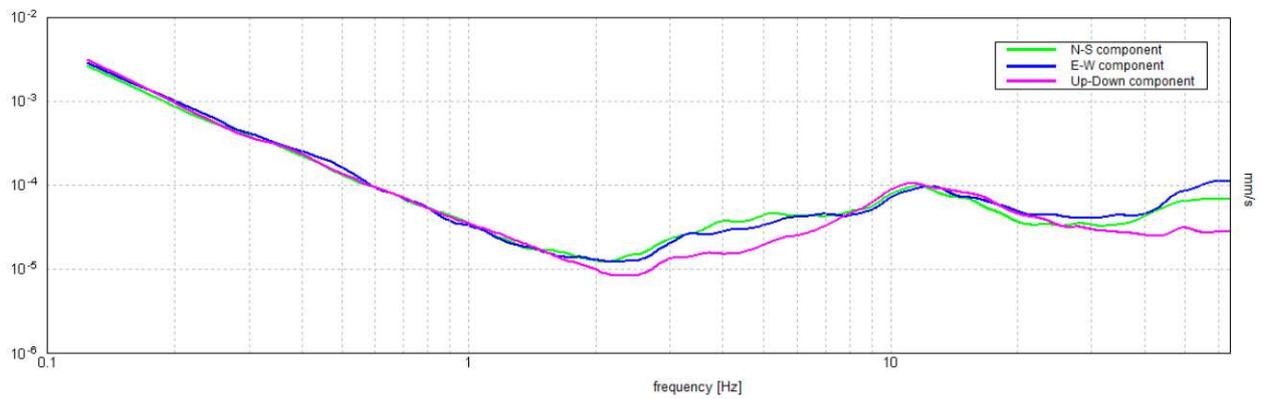


HVSR1: direzionalità

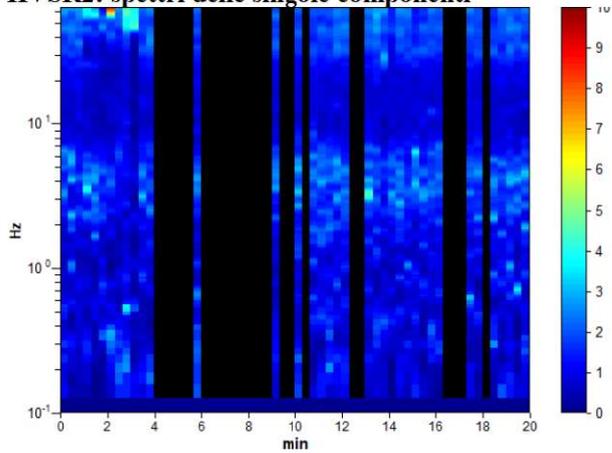
Max. H/V at 63.97 ± 1.39 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



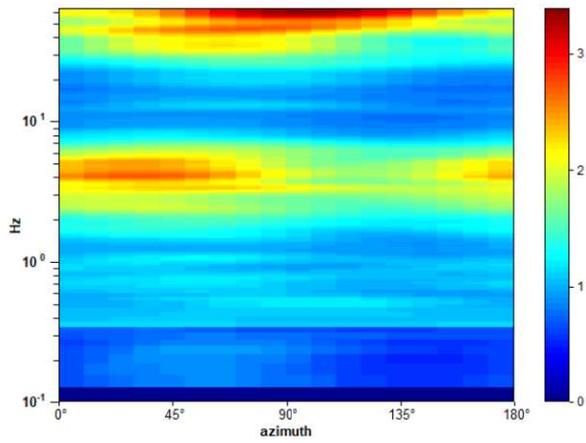
HVSR 2: rapporto spettrale H/V



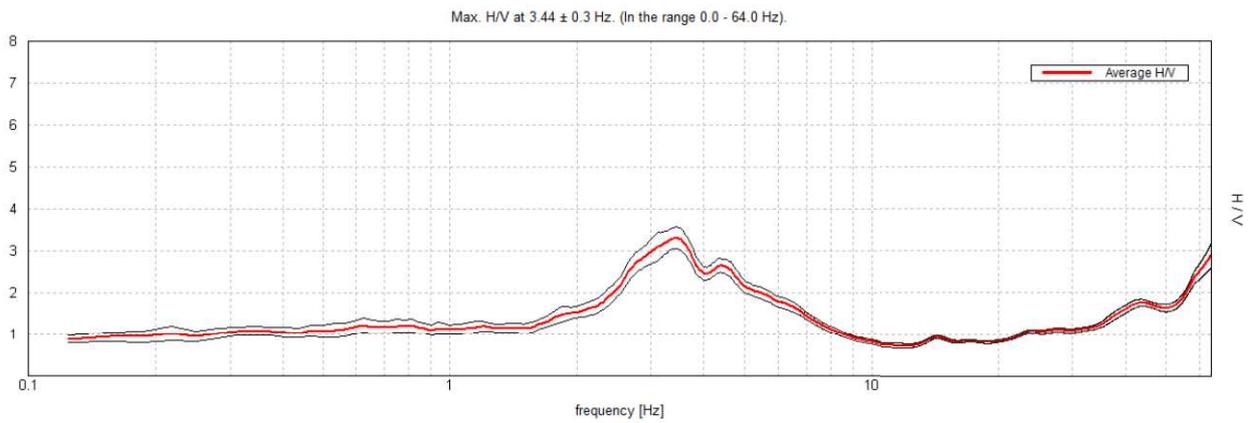
HVSR2: spettri delle singole componenti



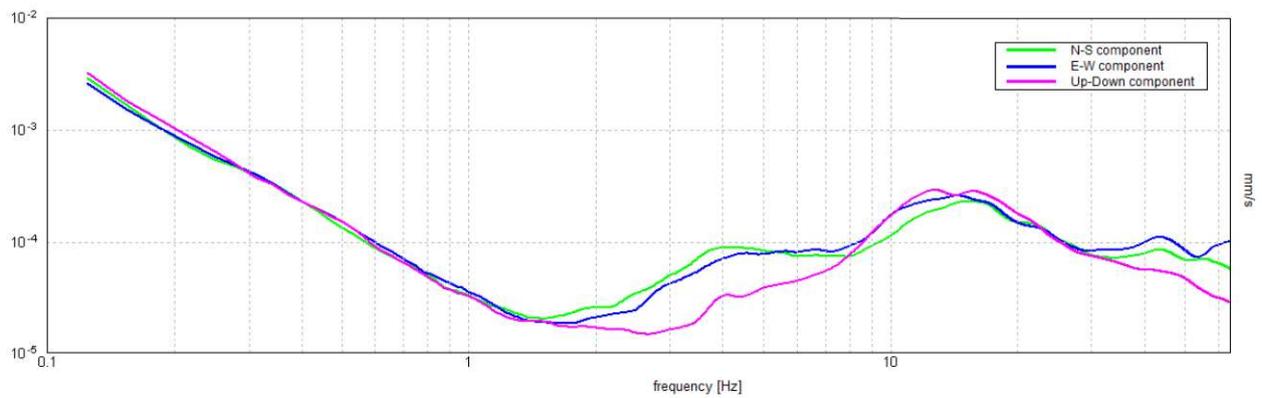
HVSR2: serie temporale



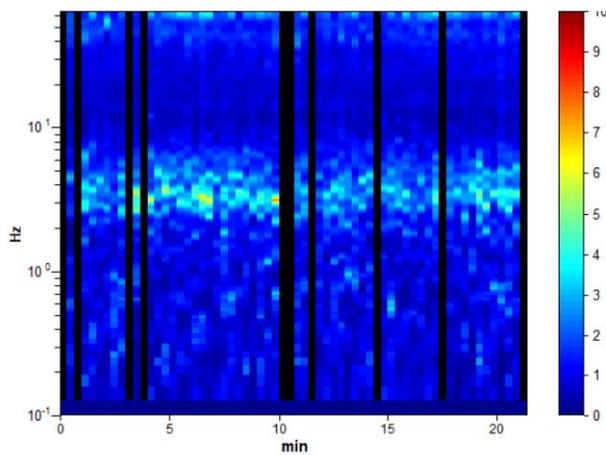
HVS2: direzionalità



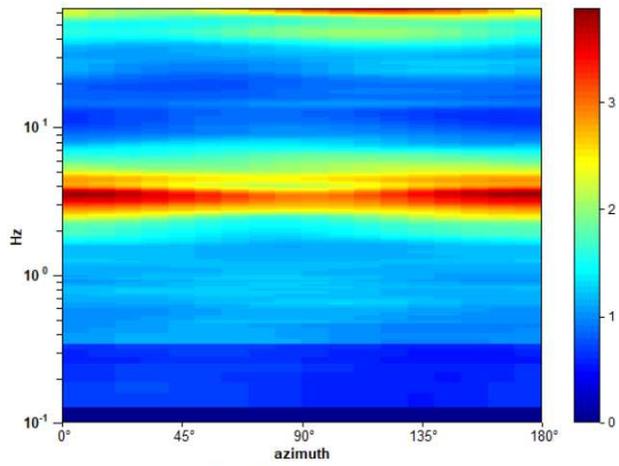
HVS3: rapporto spettrale H/V



HVS3: spettri delle singole componenti

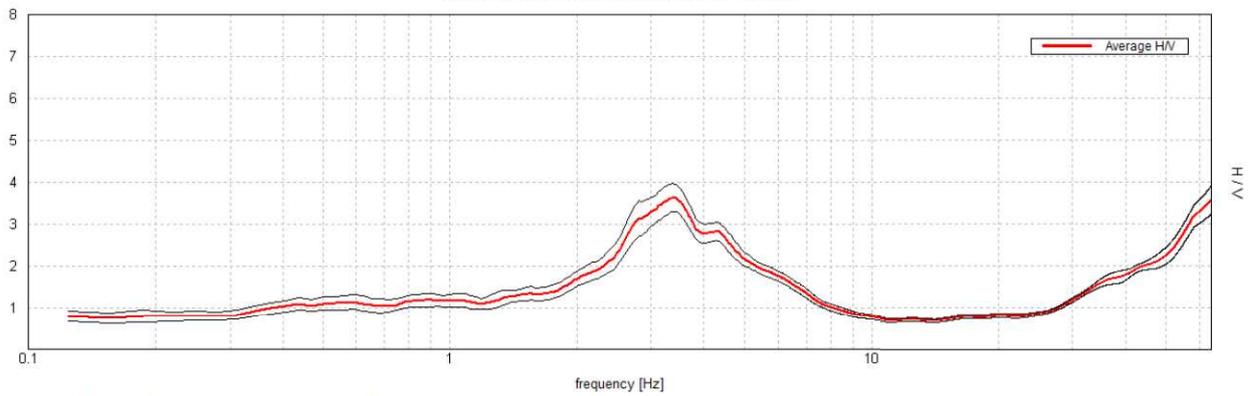


HVS3: serie temporale

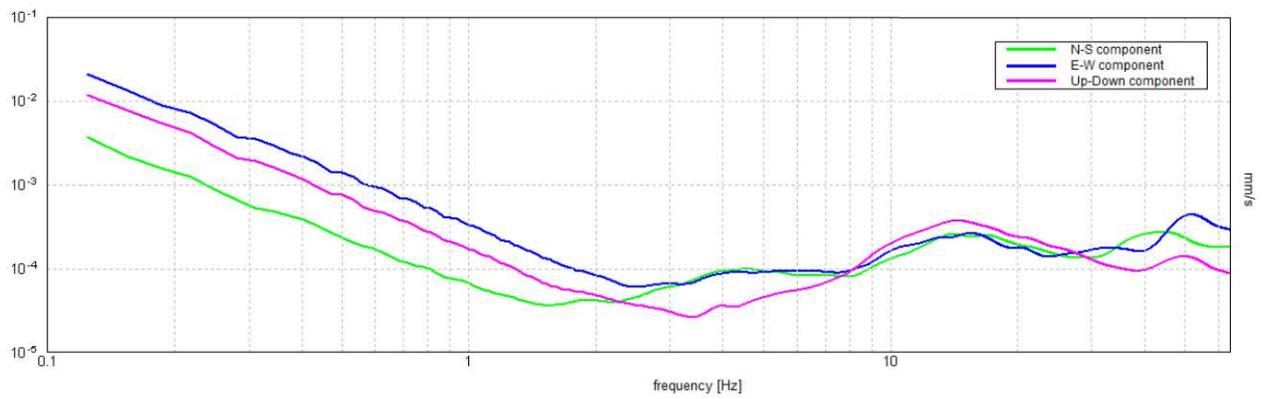


HVS3: direzionalità

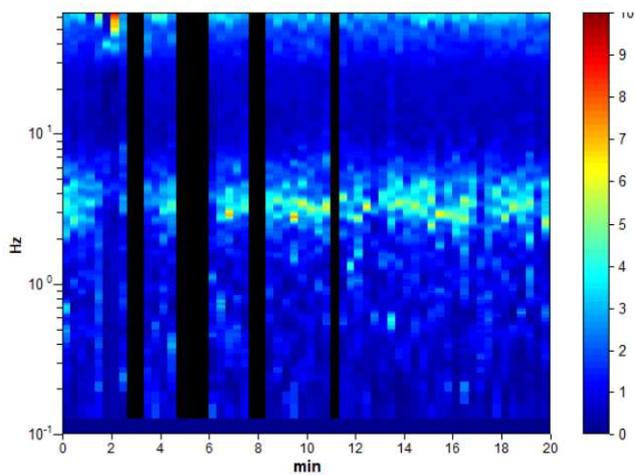
Max. HV at 3.41 ± 41.55 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



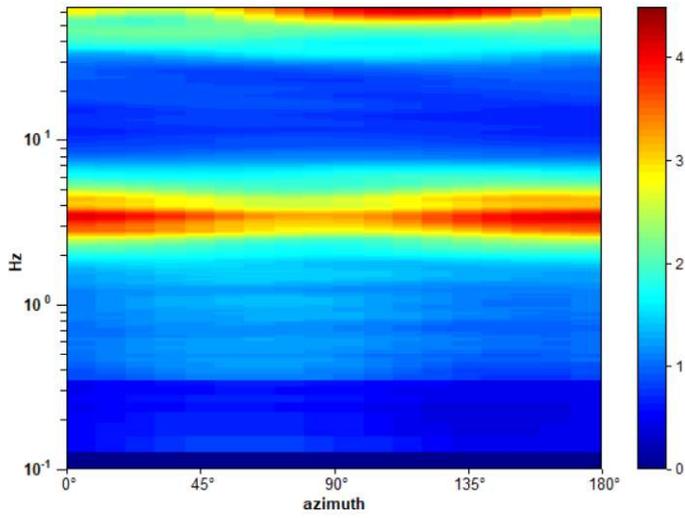
HVS3 4: rapporto spettrale H/V



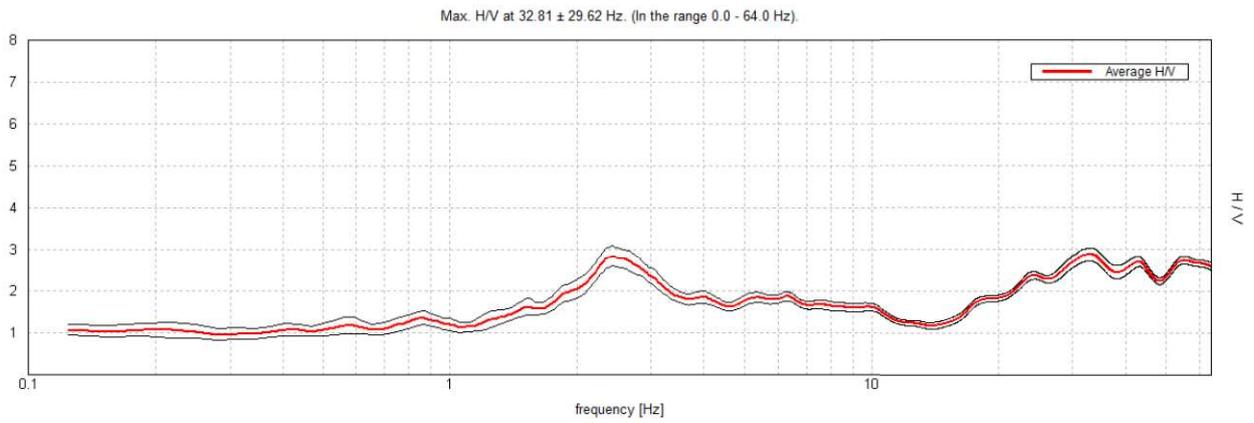
HVS4: spettri delle singole componenti



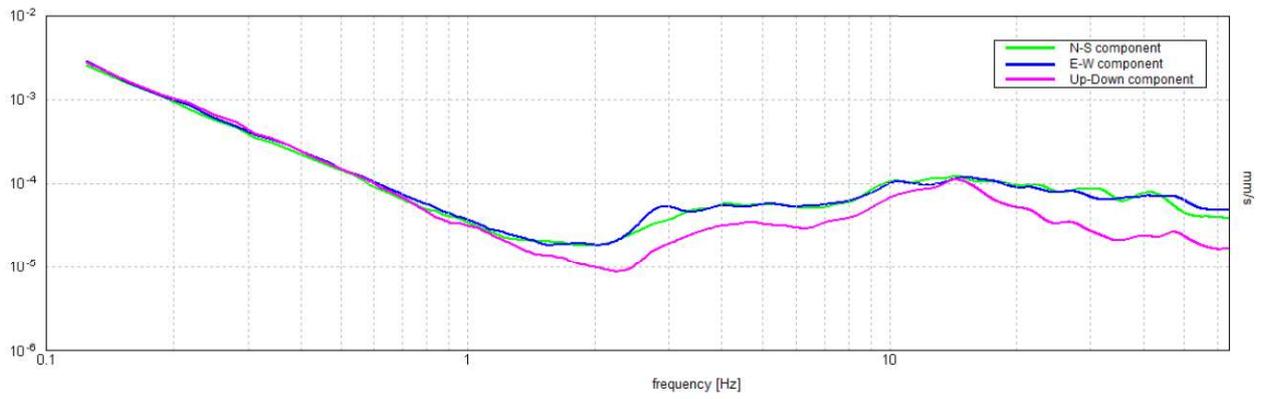
HVS4: serie temporale



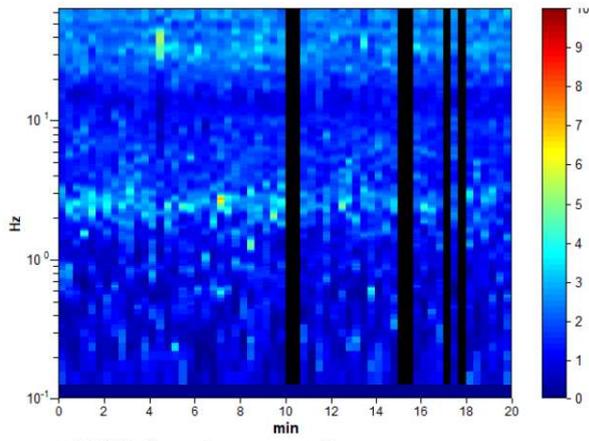
HVSR4: direzionalità



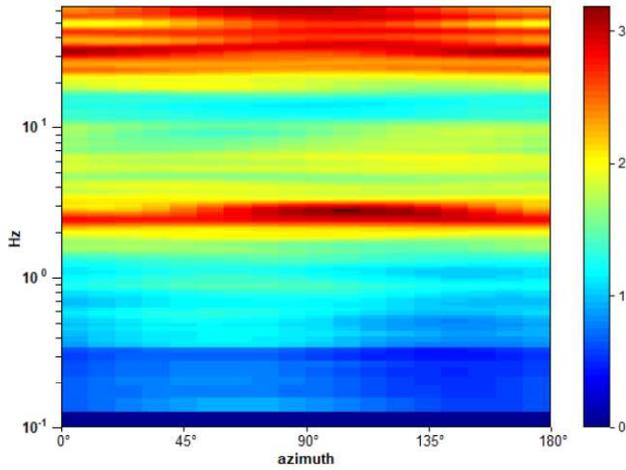
HVSR 5: rapporto spettrale H/V



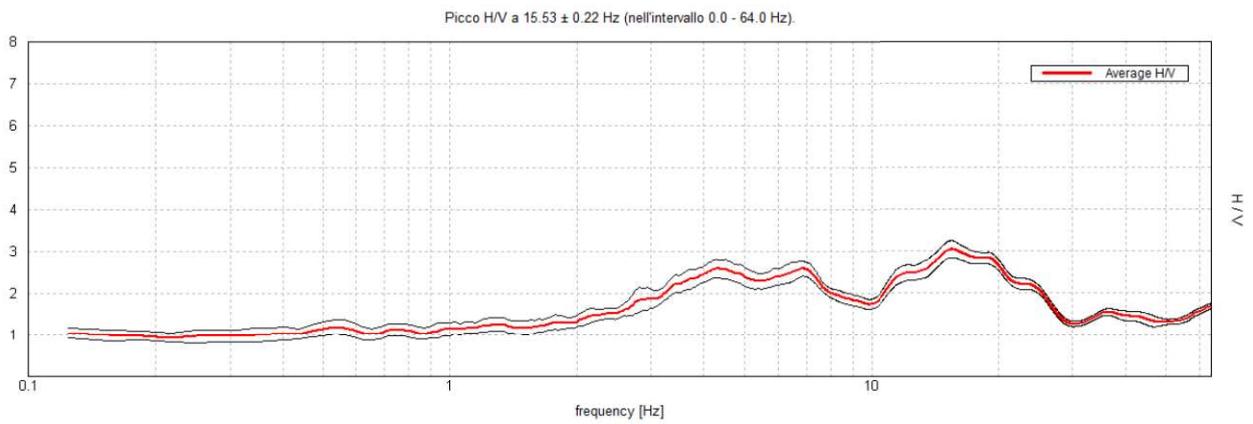
HVSR5: spettri delle singole componenti



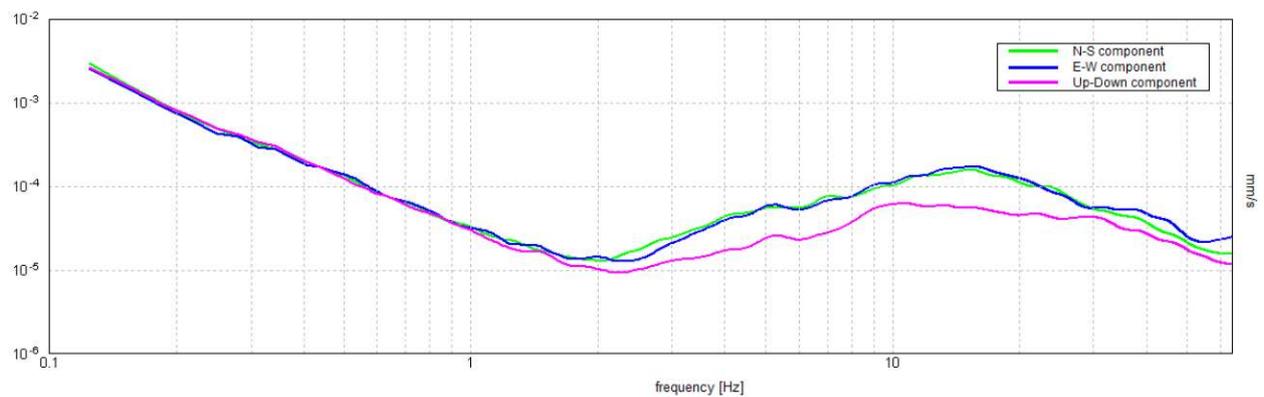
HVSR5: serie temporale



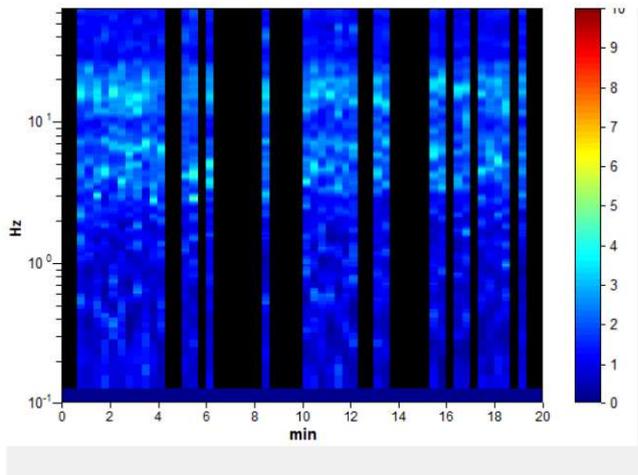
HVSR5: direzionalità



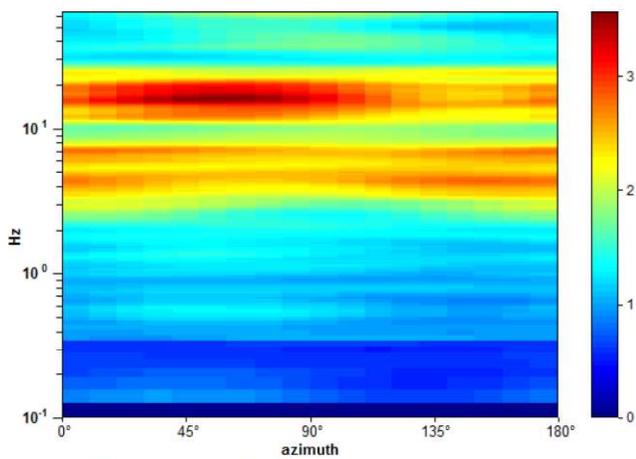
HVSR 6: rapporto spettrale H/V



HVSR6: spettri delle singole componenti

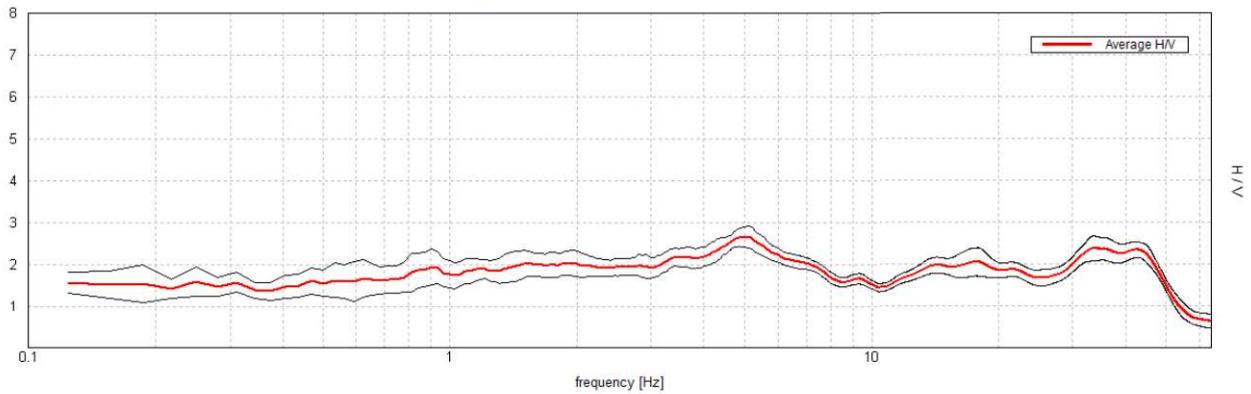


HVSR6: serie temporale

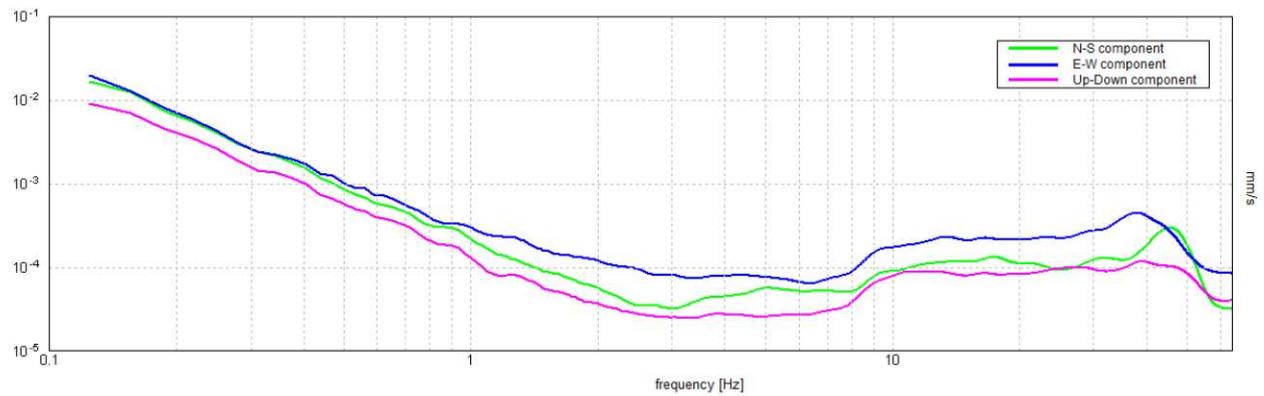


HVSR6: direzionalità

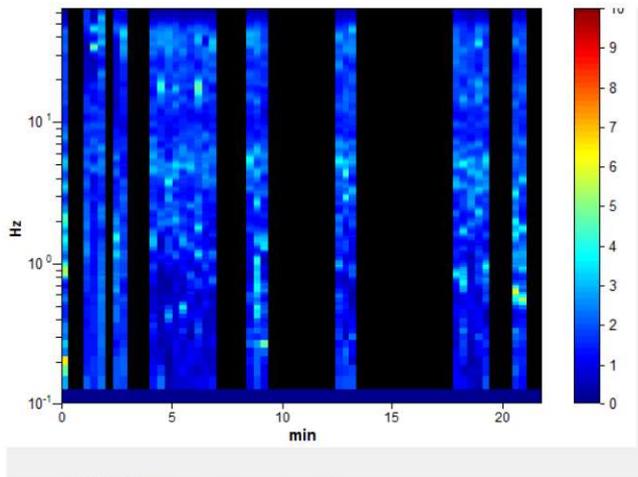
Picco H/V a 5.0 ± 12.99 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



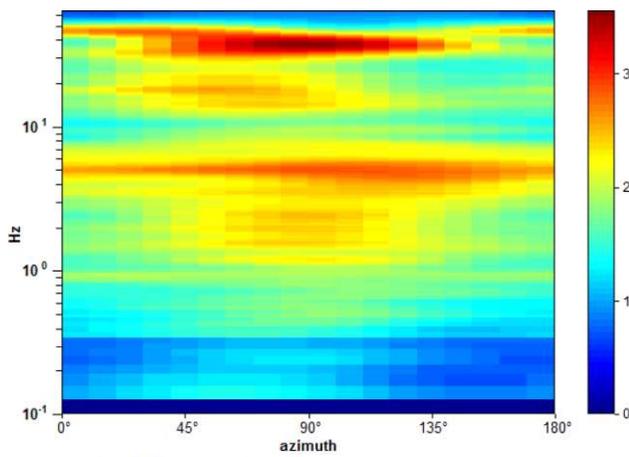
HVSR7: rapporto spettrale H/V



HVSR7: spettri delle singole componenti

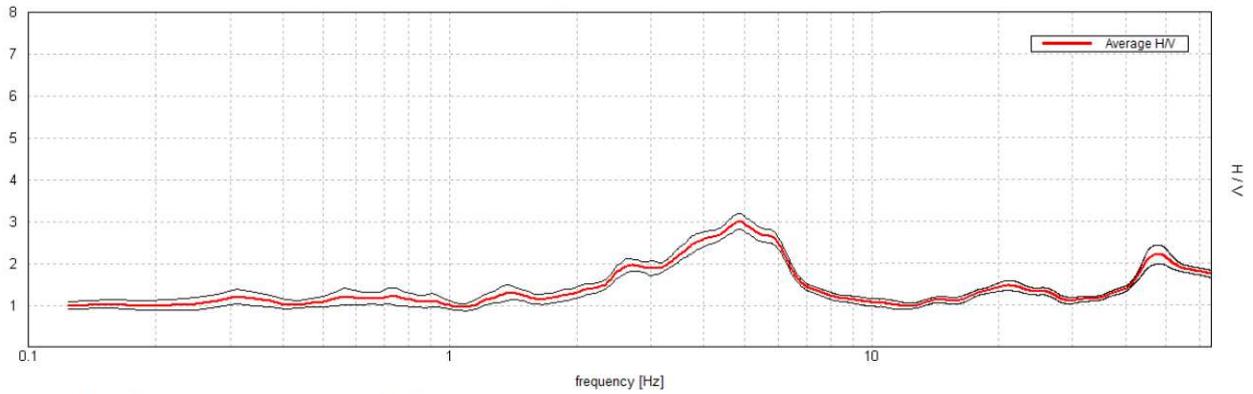


HVSR7: serie temporale

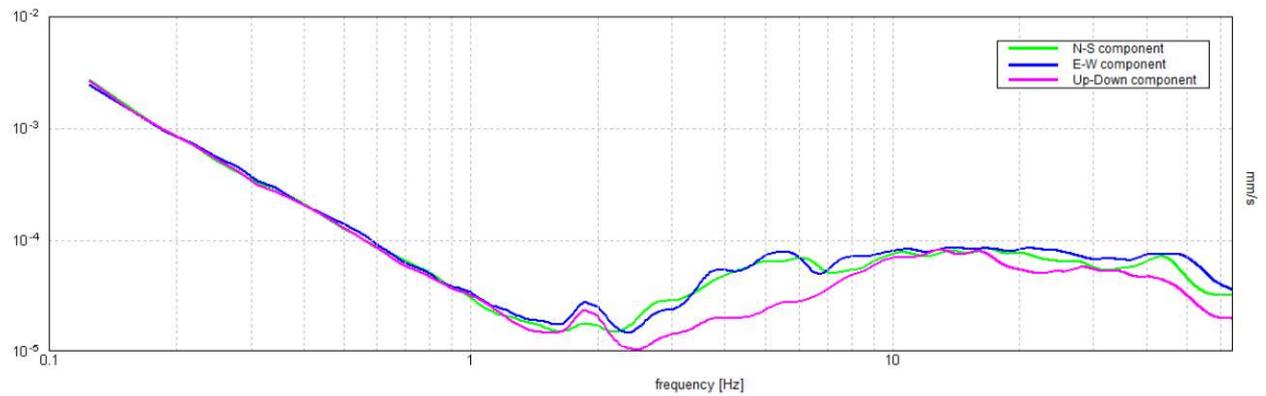


HVSR7: direzionalità

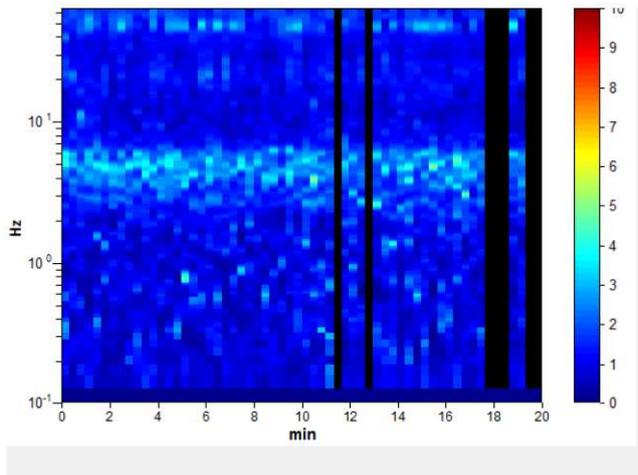
Picco H/V a 4.84 ± 0.05 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



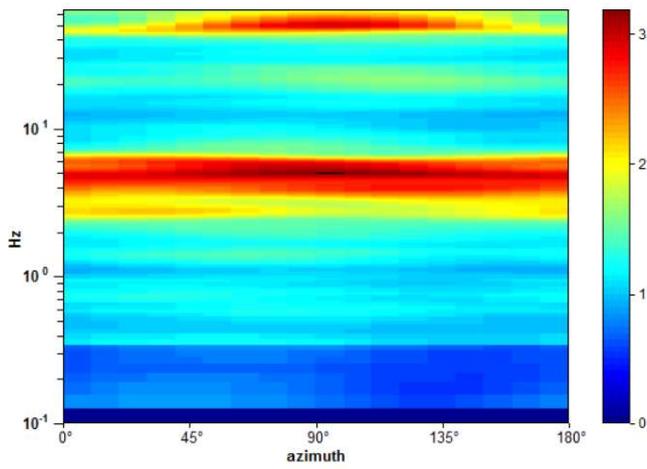
HVSR8: rapporto spettrale H/V



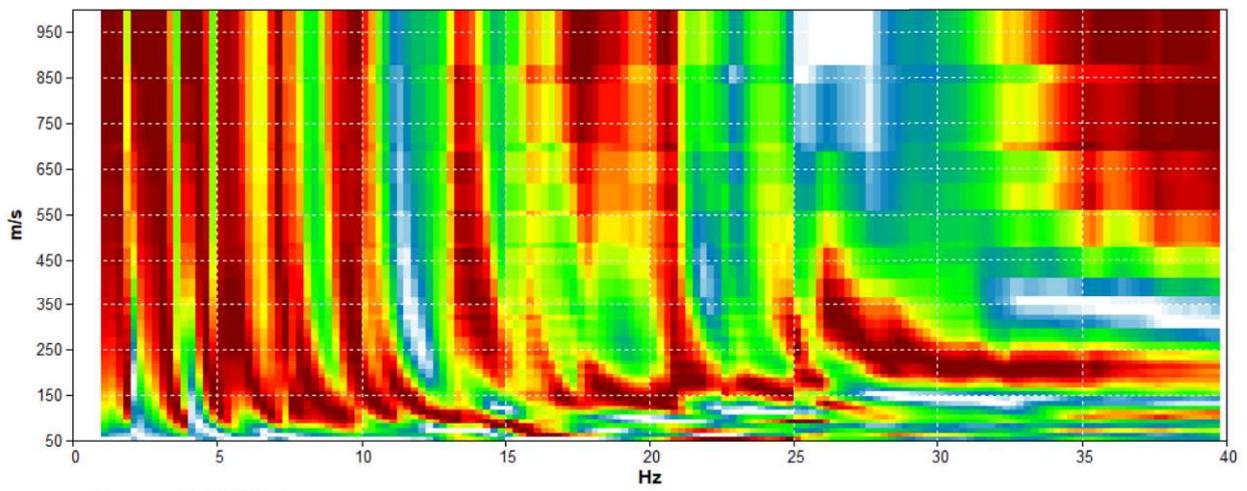
HVSR8: spettri delle singole componenti



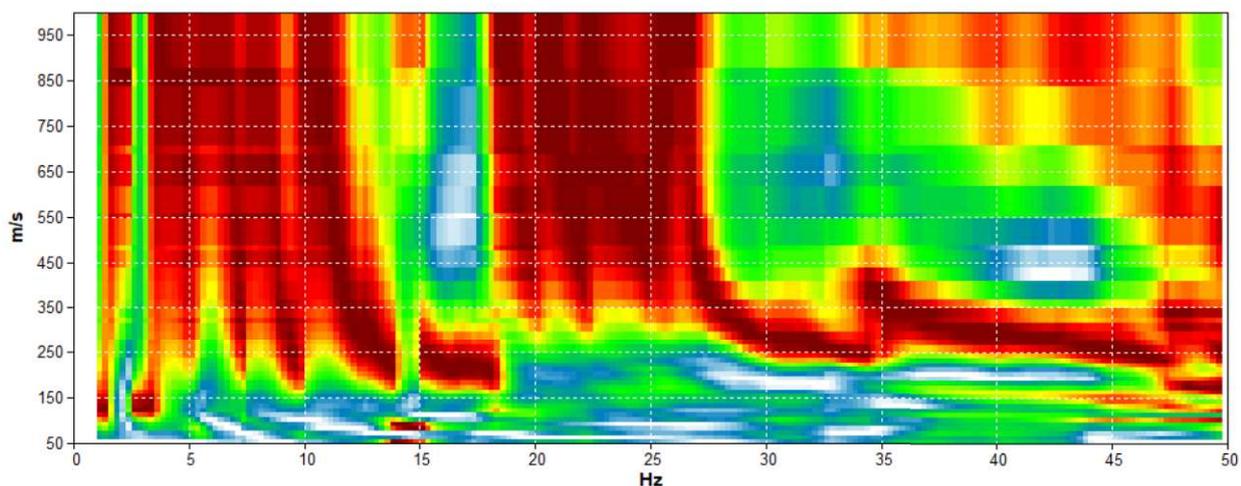
HVSR8: serie temporale



HVSR8: direzionalità

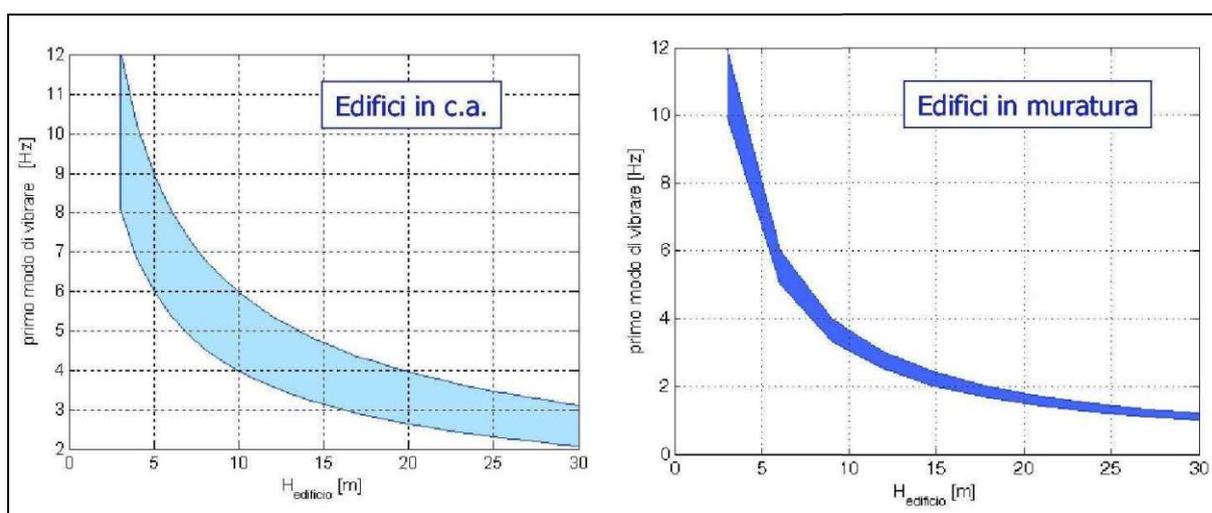


Spettro MASW 1



Spettro MASW 2

Il grafico rappresentato in Tav. n.12, permette di ottenere un'indicazione degli edifici a maggiore rischio e vulnerabilità, per fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura in caso di terremoto. La curva vale per edifici standard in c.a. e in muratura. La prassi migliore è eseguire il confronto o con la misura diretta dei modi di vibrare degli edifici se esistenti o con i risultati del calcolo dello strutturista attraverso l'analisi modale, nel caso di fabbricati in progetto. I modi principali di vibrare di un edificio si possono misurare con tecniche passive molto rapide e simili a quelle descritte in questo studio; le misure dirette sono raccomandabili, rispetto al calcolo da modello o alla stima attraverso relazioni standard come quelle riportate nei grafici di figura n.8, in quanto esiste una notevole variazione da struttura a struttura. Le strutture subiscono le maggiori sollecitazioni sismiche quando vi è la coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito dall'onda sismica e quella naturale del fabbricato. Le frequenze dei modi di vibrare superiori a 10/12 Hz interessano strutture in cemento armato di altezza inferiore ai tre metri, mentre frequenze inferiori a 2 Hz interessano altezze superiori ai 30 metri.



Tav. 12: Esempi di modi di vibrare di edifici (rapporto frequenze e altezze)

Particolare attenzione va posta perciò alle strutture esistenti e di progetto, al fine di evitare i fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura, in caso di terremoto.

Nel contesto sismico è sfavorevole la doppia risonanza suolo-struttura.

Nella valutazione del valore massimo di frequenza dei picchi, è opportuno considerare le condizioni più sfavorevoli è perciò l'intervallo del +/- 40% del picco.

5. MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO

5.1 Finalita' dello studio di microzonazione sismica

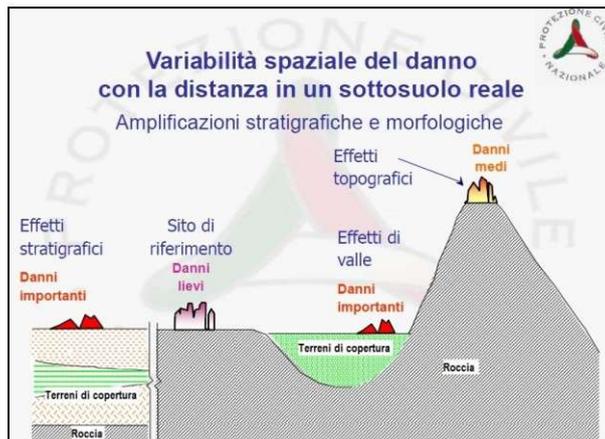
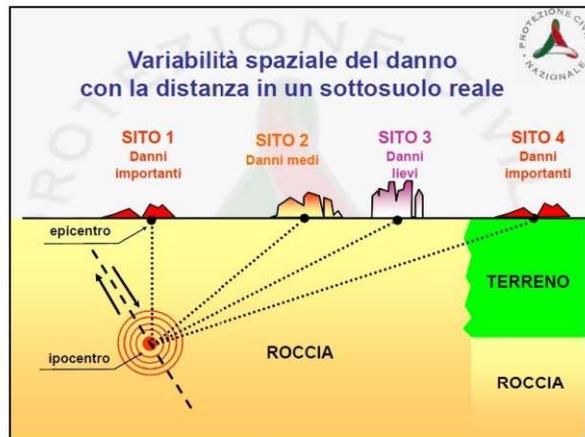
La Microzonazione Sismica ha lo scopo di riconoscere, normalmente a scala comunale, le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso in termini di ampiezza, durata e frequenza o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture. Essa si pone tra la classificazione sismica a scala nazionale, che fa riferimento a un terreno ideale rigido ($V_s > 800$ m/sec) e pianeggiante per il quale fornisce dei parametri indicativi della pericolosità di base, e la progettazione antisismica dei singoli manufatti.

Si è constatato che un terremoto può creare danni differenti nel territorio, anche a breve distanza: sono gli "effetti di sito", che possono amplificare le sollecitazioni nelle strutture, provocare cedimenti nei terreni soffici e fenomeni di liquefazione in terreni incoerenti saturi (sabbie), movimenti franosi, rotture nel terreno (faglie capaci). Possiamo distinguere due tipi principali di "effetti di sito": stratigrafici e morfologici, quest'ultimi possiamo distinguerli in effetti di valle e topografici.

Nello studio di Microzonazione Sismica di primo livello si evidenziano le zone il cui comportamento può essere instabile, stabile o suscettibile di amplificazione locali, nel secondo e terzo livello si valuta la risposta sismica dei terreni.

Gli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (2008), e la normativa regionale prevedono tre livelli di approfondimento:

- il Livello 1 prevede una raccolta di dati preesistenti, qualora mancanti è necessario eseguire nuove indagini. L'elaborato finale prevede l'esecuzione della "*Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica*" con indicate le *Zone stabili*, le *Zone suscettibili di amplificazioni locali*, le *Zone di attenzione per instabilità*, e le *Forme di superficie e sepolte*.
- il Livello 2 prevede l'esecuzione di indagini sismiche in modo da associare alle zone omogenee dei parametri quantitativi di interesse strutturale. In particolare le indagini sismiche in sito permettono di determinare il grado di rigidità del sottosuolo, le frequenze di risonanza dei depositi, e calcolare il fattore di amplificazione "Fa" e "Fv", tramite l'utilizzo degli abachi nazionali. L'elaborato finale è "*Carta di microzonazione sismica*" di secondo livello.
- il Livello 3 prevede la definizione dell'amplificazione del moto sismico atteso in superficie tramite un'analisi numerica monodimensionale o bidimensionale. L'elaborato finale è "*Carta di microzonazione sismica*" di terzo livello. Lo studio di Microzonazione Sismica fornisce perciò ai Comuni delle informazioni sulla pericolosità sismica utili per la pianificazione territoriale, per la gestione delle emergenze e per l'eventuale ricostruzione dopo il terremoto.



Tav.13 - Effetti di sito con stima dei danni a una certa distanza dall'ipocentro

5.2 Microzonazione sismica di secondo e terzo livello

Lo studio di Microzonazione Sismica di 2° livello si propone di raggiungere i seguenti obiettivi:

- approfondire le tematiche incerte del livello 1;
- fornire quantificazioni numeriche della modificazione locale del moto sismico in superficie con metodi semplificati (abachi) e dei fenomeni di deformazione permanente (zone suscettibili di instabilità).

Lo studio di Microzonazione Sismica di 3° livello si applica nelle zone:

- stabili suscettibili di amplificazione sismica non risolvibili con l'uso degli abachi o per opere di particolare importanza;
- nelle zone suscettibili d'instabilità particolarmente gravose.

Il documento fondamentale di questo 2° e il 3° livello è la "Carta di microzonazione sismica" in cui si sono rappresentate tre tipologie di zone:

a) **zone stabili**: aree in cui non si ipotizzano effetti di alcuna natura, se non lo scotimento funzione dell'energia e della distanza del sisma.

b) **zone stabili suscettibili di amplificazione**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Le zone di questa categoria saranno caratterizzate numericamente dai valori di "Fa" (Fattore di amplificazione a basso periodo, determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione) e "Fv" (Fattore di amplificazione a periodo proprio, per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità), dedotti dagli abachi.

c) **zone suscettibili d'instabilità**

- per **instabilità di versante**: le linee guida della Regione del Veneto prevedono un secondo livello per le aree potenzialmente di frana, e un terzo livello per le frane attive e le frane quiescenti.

- per **liquefazione**: le linee guida della Regione del Veneto prevedono che la suscettibilità di liquefazione può essere calcolata utilizzando la PGA degli abachi nel secondo livello e invece la “ a_{max} ” alla superficie con la RSL (analisi di risposta sismica locale) nel terzo livello.
- per **comportamenti differenziali**: le linee guida della Regione del Veneto prevedono l'individuazione con il modello geologico delle aree che possono produrre effetti differenziali sia di amplificazione che di cedimento. Nel caso di densificazione di terreni insaturi, il valore di “ a_{max} ” alla superficie dovrà essere eseguito con la RSL (analisi di risposta sismica locale).
- per la presenza di **faglie attive e capaci**: l'approfondimento deve essere di livello 3.

5.3 Abachi di riferimento

5.3.1 Abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici

Gli abachi per la stima della risposta sismica locale non possono essere applicati in zone con effetti di amplificazione topografica, o con effetti 2D, o con aggravamenti del moto dovuti a deformazioni permanenti. L'utilizzo degli abachi è raccomandato perciò nel caso di un assetto geologico e geotecnico assimilabile a un modello fisico monodimensionale, con strati poggianti su un basamento sismico (bedrock). La presenza nella Carta di Microzonazione sismica di primo livello di forme acclivi, forme articolate del substrato geologico sepolto, successioni stratigrafiche che prevedono terreni rigidi su terreni soffici (inversioni di velocità V_s), aree soggette di instabilità, potranno orientare alla necessità di ricorrere a modelli più complessi.

E' il caso delle **zone di fondovalle** ovvero ai bacini sepolti (forme concave del basamento sismico con riempimenti costituiti da terreni soffici), in cui si possono verificare effetti bidimensionali che rendono irrealistica la stima eseguita con gli abachi. Se è verificata la formula $h/l \leq 0.65/\sqrt{C_v - 1}$ (dove “ h ” è il massimo spessore del deposito nella valle, “ l ” la semiampiezza della valle, C_v il rapporto tra la V_s del basamento e quella media dei terreni di riempimento) e se ci si trova al centro della valle, l'amplificazione si potrà stimare con modelli 1D e con gli abachi, altrimenti bisogna procedere con metodi bidimensionali ovvero con il terzo livello.

I dati d'ingresso per l'utilizzo degli abachi sono:

- la macrozona di pericolosità sismica;
- la litologia prevalente dei terreni di copertura deducibile dai risultati di primo livello;
- la profondità del basamento sismico, in cui le V_s sono superiori a 800 m/sec;
- l'andamento della velocità di taglio media dei terreni di copertura sino al basamento Sismico:

$$V_{sh} \approx H / (\sum h_i / V_{si})$$

- dove: - H è lo spessore totale in metri dei terreni di copertura sino al bedrock;
 - h_i è lo spessore in metri dell' i -mo degli n strati che costituiscono la copertura;
 - V_{si} è la velocità in m/sec dell' i -mo strato.

Nel caso in cui la posizione del bedrock non sia determinabile sperimentalmente si possono utilizzare indicazioni indirette, utilizzando ad esempio le misure del periodo proprio “ T_0 ” del sito della copertura sedimentaria. Questa procedura può essere utilizzata nel caso in cui:

- il **contrasto di velocità in h_a** (profondità del substrato geologico ovvero con un contrasto di impedenza, che può non essere il bedrock sismico) è **rilevante (circa >2)**;
- il terreno al di sotto di h_a è **abbastanza rigido (orientativamente V_s al di sotto di h_a è almeno pari a 600 m/sec; se tale velocità è compresa tra 500 e 600 m/sec si possono utilizzare gli abachi, ma il risultato deve essere maggiorato del 10%)**.

5.3.2 Abachi di riferimento per gli effetti topografici

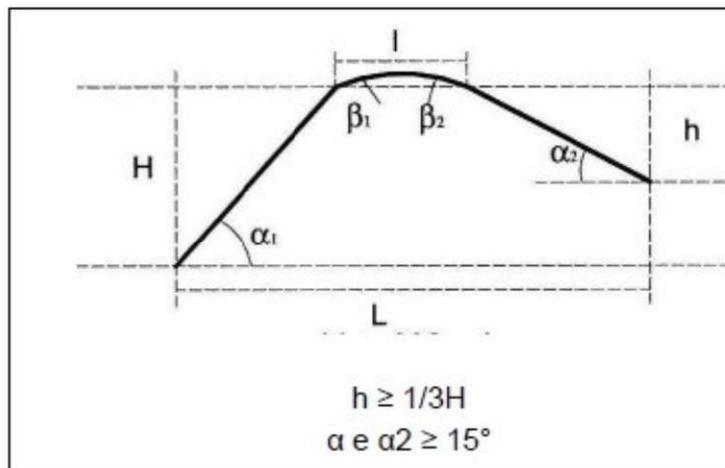
Negli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica (2008) si specifica che gli abachi sono utilizzabili per il calcolo di fattori di amplificazione F_a per le creste rocciose (bedrock sismico affiorante) caratterizzate da pendii con inclinazione maggiore o uguale a 10° e per scarpate rocciose caratterizzate da fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 metri ed inclinazione (α) del fronte principale uguale o superiore a 10° . Nel codice di calcolo per l'elaborazione degli abachi si è utilizzato un peso di unità di volume della roccia variabile tra 22 e 24 kN/m³, e una V_s variabile tra 800 e 1500 m/s.

Si afferma inoltre che l'effetto litologico prevale su quello morfologico, e nel caso vi siano i due effetti congiunti, si predilige quello litologico.

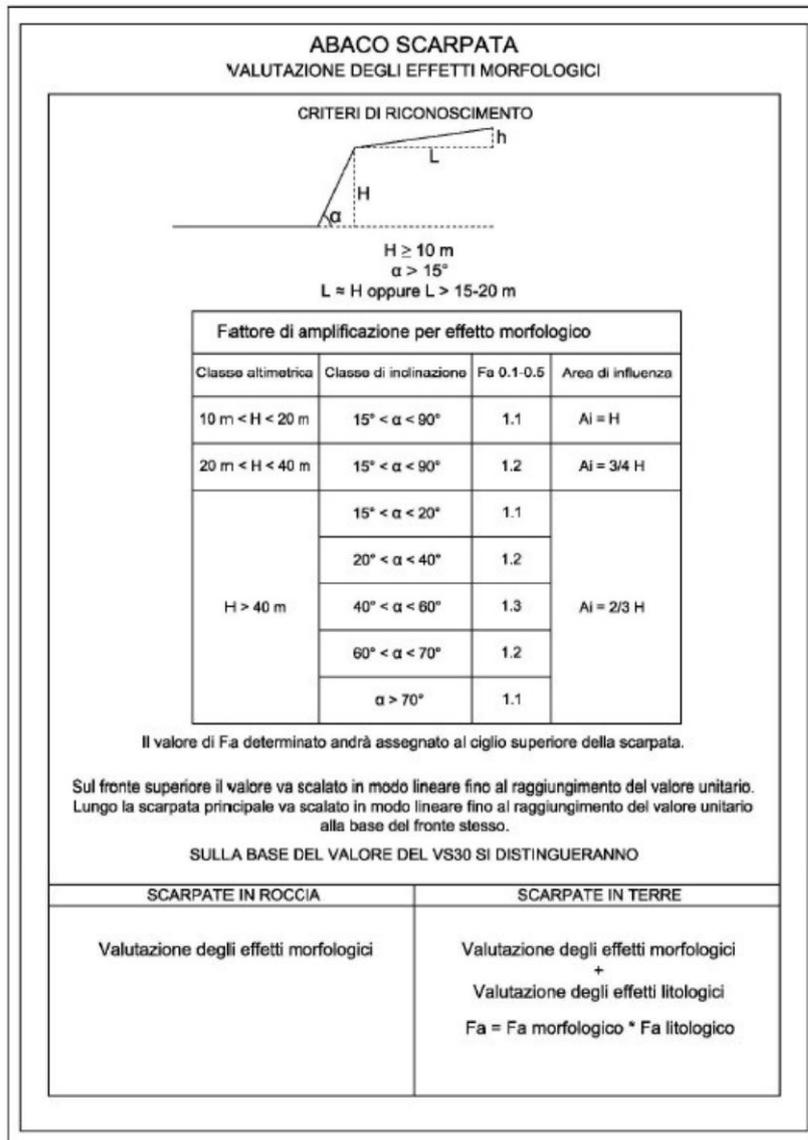
Nella DGRV n. 1572/2013 si introduce il fattore di amplificazione per effetti morfologici, non solo per scarpate o creste rocciose, ma anche per i terrazzi fluviali, scarpate antropiche, e nicchie di distacco di frana e bordi di cava non in roccia.

In particolare si considerano le zone di scarpata (scenario "P3a" da Carta di Pericolosità sismica locale) caratterizzate da fronti di altezza (H) maggiori o uguali a 10 metri, inclinazione (α) del fronte principale maggiore o uguale a 15° ed estensione del fronte superiore (L) almeno pari all'altezza (H) o comunque non inferiore a 15-20 metri (v. fig. 9). Per il calcolo del fattore di amplificazione si deve tener conto sia della valutazione degli effetti litologici che morfologici, per cui, nel caso di scarpate in "terre": $F_a = F_a \text{ morfologico} * F_a \text{ litologico}$.

Per le creste o cucuzzoli (scenario "P3b" da Carta di Pericolosità sismica locale) si considerano suscettibili ad amplificazioni le situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore od uguale a un terzo del dislivello altimetrico massimo (H) ed inclinazione dei versanti maggiore o uguale a 15° (v. Fig. 9). La larghezza della base deve essere scelta in corrispondenza di evidenti rotture.



Tav. 14 - Criteri di riconoscimento delle creste e/o cocuzzoli suscettibili di amplificazioni morfologiche (v. all. A dgrv 1572/2013)



Tav. 15 - Valutazione degli effetti morfologici delle scarpate (v. all. A dgrv 1572/2013)

5.4 Elaborati cartografici per la Microzonazione Sismica di 3° livello

Le cartografie fondamentali per la Microzonazione Sismica sono:

- la *Carta delle Indagini*;
- la *Carta di Pericolosità Sismica* (prevista dalle linee guida regionali);
- la *Carta delle Frequenze fondamentali di vibrazione*;
- le *Carte di Microzonazione sismica*

5.5 Modellazione numerica della risposta sismica locale di 3^ livello

5.5.1 Premessa

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.2003 questo comune è stato classificato sismico e rientra nella "zona n.2", con DGRV n.244 del 09.03.2021 questo comune è stato inserito in "zona 1".

L'oggetto della norma, ripresa successivamente dalle "Norme tecniche per le costruzioni"

DM 14 gennaio 2008, e dal successivo decreto 17.01.2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”, qui di seguito riportata, disciplina la progettazione e la costruzione di opere d’arte soggette ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento su opere esistenti soggette al medesimo tipo di azioni sismiche.

Al paragrafo 3.2.2 «*Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*» si fa espresso riferimento ad indagini sismiche allo scopo di classificare il suolo di fondazione sulla base del valore di V_{seq} . Si sottolinea inoltre che “...i valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove, oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all’approccio semplificato, ...con prove ad esempio penterometriche dinamiche ...e statiche”.

La DGRV n. 1572/2013 stabilisce che il terzo livello deve essere applicata per le seguenti categorie determinate nella Carta della Pericolosità sismica:

- P1c : Area con movimenti franosi attivi;
- P1a e P1b: Area con movimenti franosi quiescenti o potenzialmente franosi, qualora si intervenga con infrastrutture e/o altre attività non direttamente localizzabili;
- P2a: terreni di fondazione particolarmente scadenti quali quelli altamente compressibili;
- P2b: terreni con depositi granulari fini saturi;
- P2c: terreni di riporto;
- P4a: zona di pianura o di fondovalle ampia quando si sia verificato che $h/l > 0.65/\sqrt{(C_v - 1)}$;
- P4b: zona di fondovalle stretta;
- P5b: zone in cui sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole.

Inoltre la DGRV n. 1572/2013 e la DGRV n. 899/2019 prevedono che il 3° livello sia eseguito “*sempre nel caso di opere di rilevante interesse pubblico (infrastrutture viarie, di servizio, edifici strategici, strutture d’emergenza, edifici rilevanti, attività produttive a rischio d’incidente rilevante, beni culturali di particolare importanza)*”.

Il terzo livello di microzonazione sismica è stato concepito per quantificare correttamente la risposta sismica locale di sito, in quanto la procedura di secondo livello, con gli abachi, a volte non risulta corretta perché creata con modelli che non riescono a riprodurre il comportamento dinamico di tutti i terreni. L’edificio in oggetto rientra tra gli edifici rilevanti, in base v. art. 2 comma 3 – Ordinanza PCM n. 3247/03, e perciò necessita della microzonazione sismica di terzo livello.

5.5.2 Elaborazione di calcolo di Risposta Sismica Locale (RSL) nell’area in esame

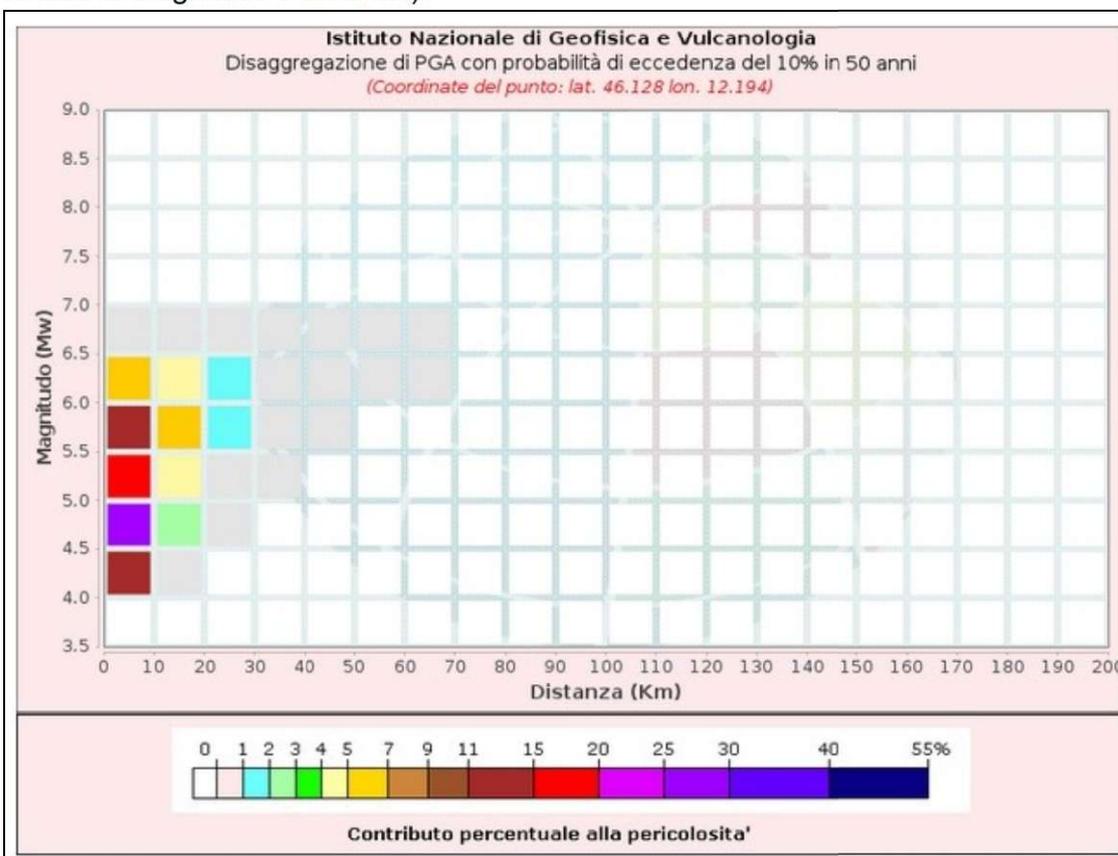
Considerato il DM 17.01.2018 paragrafo 3.2.1 “*Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, l’effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel capitolo 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab 3.2.II, si può fare riferimento ad un approccio semplificato*”, si è ritenuto opportuno procedere a un calcolo di risposta sismica locale in sito.

Nel sito in oggetto è stata condotta perciò una modellazione monodimensionale, la quale ha considerato gli effetti amplificativi del moto sismico dovuti alla stratigrafia. Per eseguire la modellazione numerica di risposta sismica locale (RSL) si è utilizzato il software LSR 2D, utilizzando l’analisi lineare equivalente. L’elaborazione permette di valutare l’amplificazione dell’impulso sismico al suolo e di quantificare gli spettri di risposta sulla base di terremoti di riferimento.

5.5.3 Scelta dell’input sismico

L’ input sismico utilizzato è rappresentato da una settupla di storie accelerometriche applicate alla base del modello e riferite agli spettri di normativa calcolati per il sito in esame, considerando un sottosuolo di roccia affiorante (classe A) con topografia

orizzontale (T1). In particolare, i sette accelerogrammi sono stati ricavati tramite l'utilizzo del portale SEISM-HOME creato dall'Eucentre di Pavia, che seleziona gli input con il massimo rigore da parte di operatori esperti, evitando in particolare di inserire più di una registrazione proveniente dallo stesso evento o dalla stessa stazione e selezionando l'insieme migliore di accelerogrammi spettro-compatibili registrati su sottosuolo roccioso di Categoria A e disponibili nelle principali banche dati accelerometriche mondiali accreditate. Per la definizione di tale parametro sono necessari i seguenti dati: coordinate del sito, vita di riferimento (V_R), stato limite del progetto, i dati di disaggregazione (variabilità di "ag" in termini di magnitudo e distanza).



Tav. 16: Disaggregazione del valore di "ag" con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Le "NTC18" definiscono le azioni sismiche su ciascuna costruzione in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U , perciò sarà: $V_R = V_N \cdot C_U$. Nel caso in esame, su indicazione del progettista, si è fatto riferimento ai seguenti valori:

$V_N = 50$ anni e $C_U = 1$ (con classe d'uso II), per cui $V_R = 50$.

E' stato scelto di eseguire il calcolo con lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**), per cui, con una classe d'uso III e un coefficiente d'uso $C_U=1.0$, si avrà un T_r di 475 anni. Utilizzando il software dei LL.PP. "Spettri-NTC", è stato possibile calcolare i parametri "ag", " F_0 ", " T_c ".

L'estrazione degli accelerogrammi di input prevede, oltre al valore di "ag", anche la determinazione della disaggregazione ovvero la sua variabilità in termini di magnitudo e distanza. Questo calcolo è stato desunto dal sito INGV dedicato alla pericolosità sismica; non essendoci i valori corrispondenti al tempo di ritorno di 475 anni, corrispondente a 10% di probabilità di superamento in 50 anni.

5.5.4 Analisi della risposta sismica locale (RSL)

Per quantificare l'azione sismica in superficie in corrispondenza del sito in esame e valutare il fattore di amplificazione, è stato realizzato un modello bidimensionale sul quale sono state successivamente condotte le modellazioni numeriche. Le sismostratigrafie e i valori di rigidità utilizzati sono quelli ottenuti dalle indagini sismiche eseguite appositamente e precedentemente descritte. Lungo le frontiere laterali dei modelli sono stati introdotti particolari elementi assorbenti (free-field boundaries) che forzano i nodi delle frontiere laterali a riprodurre il moto di free-field, essenziale per le analisi di risposta sismica locale. L' input sismico utilizzato è rappresentato da una settupla di storie accelerometriche applicate alla base del modello e riferite agli spettri di normativa calcolati per il sito in esame. La prima informazione necessaria per la definizione dell'input sismico è l'accelerazione di base del sito di progetto (a_g), al valore del quale bisognerà scalare ognuno dei sette accelerogrammi, costituenti l'input sismico. Per la definizione di tale parametro sono necessari i seguenti dati: coordinate del sito, vita di riferimento (V_R), stato limite del progetto, i dati di disaggregazione (variabilità di "ag" in termini di magnitudo e distanza).

Le "NTC18" definiscono le azioni sismiche su ciascuna costruzione in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U , perciò sarà: $V_R = V_N \cdot C_U$. Nel caso in esame, su indicazione del progettista, si è fatto riferimento ai seguenti valori:

$V_N = 50$ anni e $C_U = 1$ (con classe d'uso II), per cui $V_R = 50$.

È stato scelto di eseguire il calcolo con lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), per cui, con una classe d'uso II e un coefficiente d'uso $C_U=1$, si avrà un T_r di 475 anni.

Utilizzando il software dei LL.PP. "Spettri-NTC", è stato possibile calcolare i parametri "ag", "F₀", "T_c".

Nel rispetto del D.M. 17/01/2018 è stata assunta una severità dell'azione sismica con la probabilità di superamento (P) e con il periodo di ritorno (Tr) relativi allo stato limite considerato.

Riepilogando, la verifica dell'amplificazione sismica locale si compone di tre fasi principali:

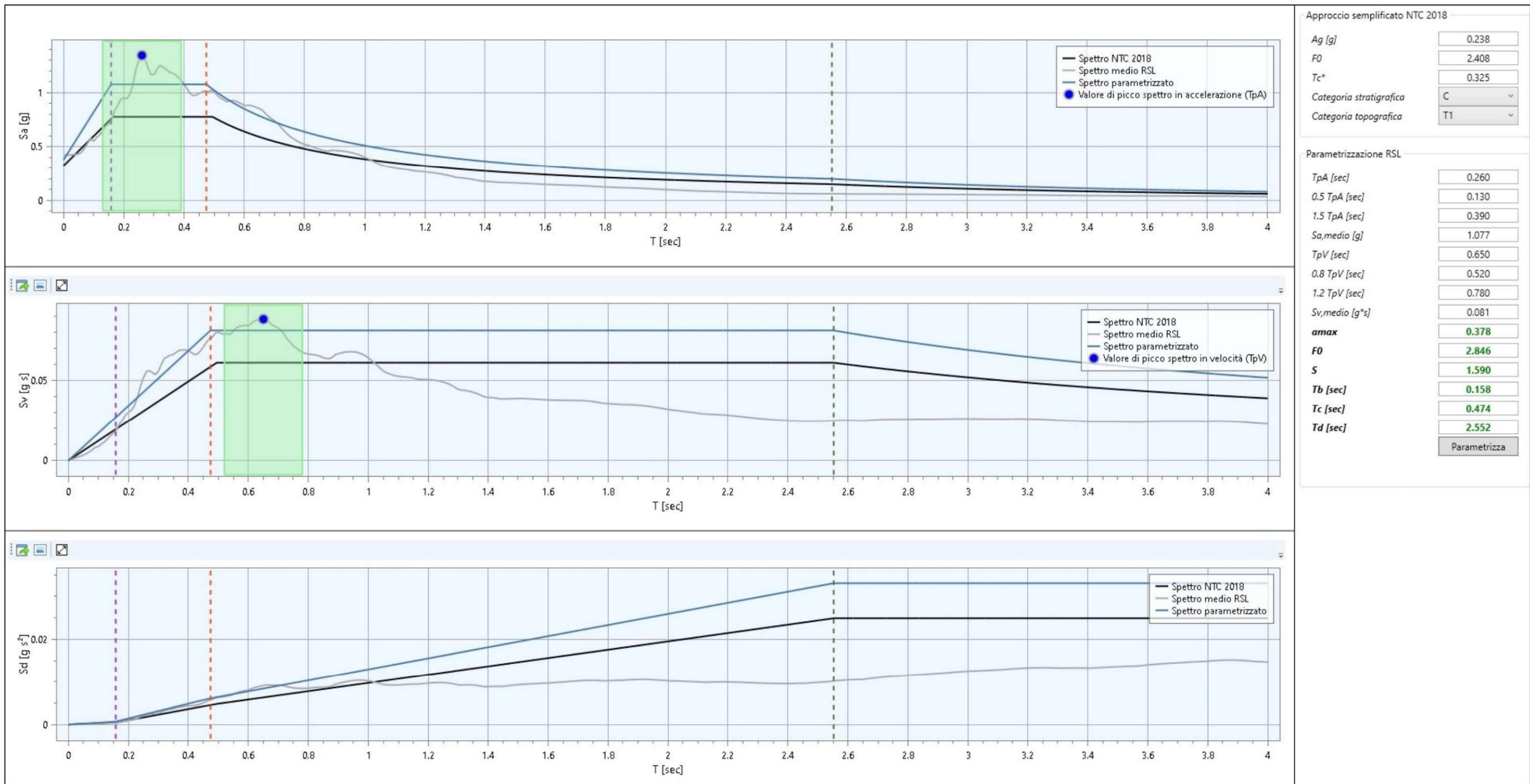
1- elaborazione del modello del sottosuolo. In questa fase sono stati inseriti i parametri di profondità, spessore, peso di volume, Vs, smorzamento (0.02% per il bedrock e quello delle curve di decadimento della Regione Lombardia per i terreni di copertura) per ogni strato.

2- inserimento dei dati di input sismico.

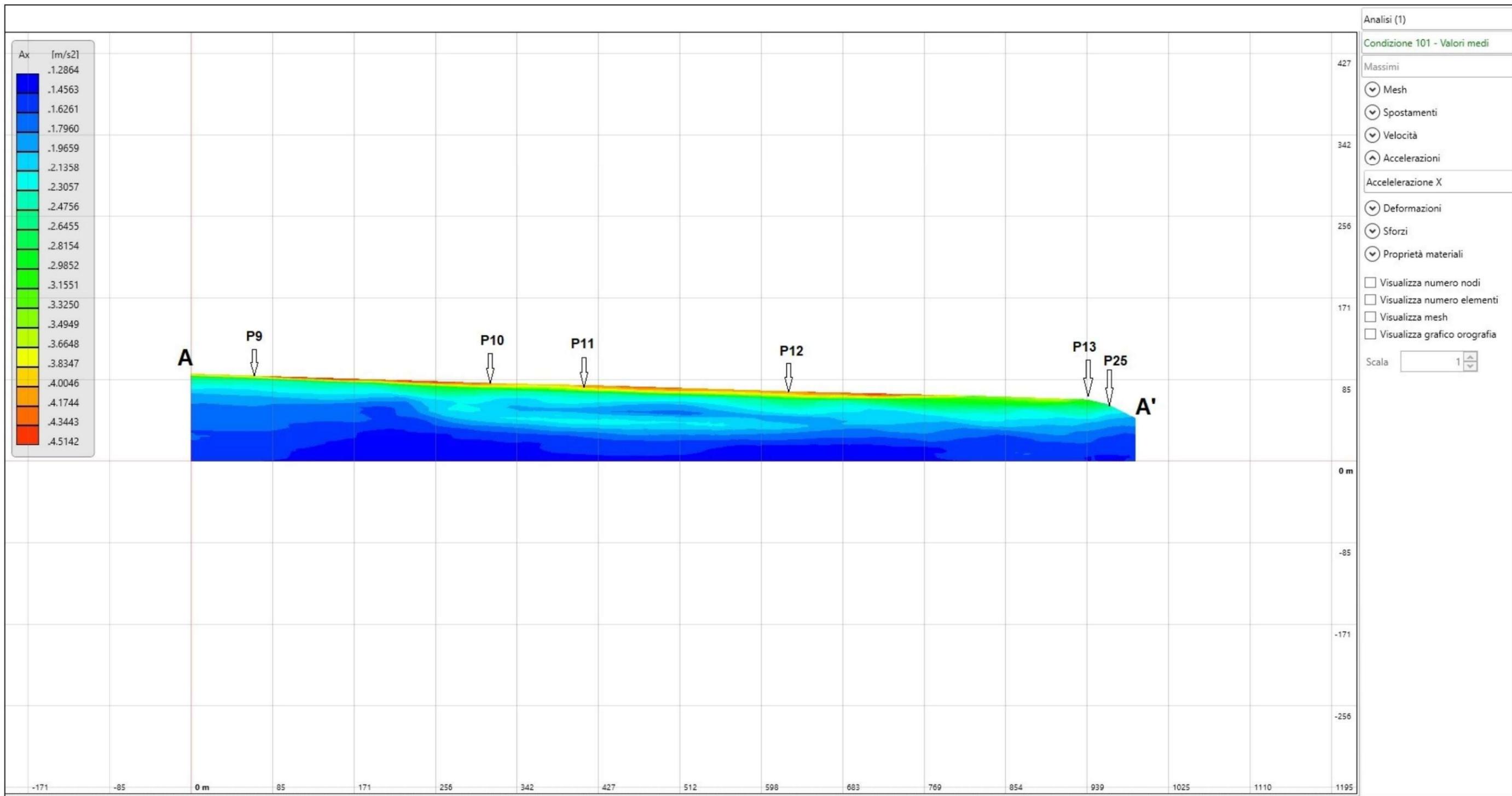
3- elaborazione dei dati che ci consente di ottenere diverse informazioni, tra cui il comportamento dell'accelerazione, velocità, spostamento, lo Stress-strain, gli spettri di risposta della velocità e dello spostamento relativi, lo spettro elastico in accelerazione e lo spettro normalizzato.

Dall'analisi dei risultati della modellazione numerica possiamo trarre le seguenti conclusioni:

Punti di controllo della RSL	$a_{g \max}$ (g)	F ₀	T _c	Rapporto intensità Housner (FA0105) T= 0.5 - 1 sec	Rapporto intensità Housner (FV0510) T= 0.5 - 1.0sec
P11(sito in oggetto)	0.378	2.846	0.474	1.99	2.18



Tav. 17 – Confronto spettri di risposta medio RSL, NTC 2018, parametrizzato e valore di picco spettro in accelerazione nel punto di controllo del sito in oggetto



Tav. 18 – Modello delle accelerazioni orizzontali lungo la sezione A-A', con evidenziati i punti di controllo (P11 corrisponde al sito in oggetto) di fig.1

5.6 Elaborati cartografici per la Microzonazione Sismica di 3° livello

Per la stesura della cartografia propedeutica alla Microzonazione di 3^a livello, si è fatto riferimento alle “Linee guida per l’esecuzione di studi di microzonazione sismica”, allegato “A” della DGRV n. 1572 del 03.09.2013 e successive modifiche, in particolare sono state realizzate le seguenti cartografie:

- Carta delle indagini;
- Carta della pericolosità sismica locale;
- Carta delle frequenze naturali dei depositi;
- Carta di Microzonazione sismica di 3^a livello (FA0105);
- Carta di Microzonazione sismica di 3^a livello (FV0510).

Nella “**Carta delle Indagini**” sono state ubicate le indagini descritte nei capitoli 3 e 4 (v. Fig. 1).

Nella “**Carta della pericolosità sismica locale**”, l’area in esame rientra in:

- Zona suscettibile ad amplificazioni litologiche: **P4b**: *“Zona con presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale (zona suscettibile di amplificazioni litologiche)”*.



Figura n. 3: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE scala 1:5.000



- P 4b: Zona con presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale (Zona suscettibile ad amplificazioni litologiche)



- Ubicazione sito di variante

I risultati delle misure HVSR sono state rappresentate nella **“Carta delle frequenze naturali dei depositi”**.

La misura delle vibrazioni ambientali (note anche come rumore sismico ambientale o microtremori) o della sismica di fondo (weak motion) consentono di analizzare la variazione della risposta sismica di un sito al variare delle condizioni lito-stratigrafiche. Durante le indagini di microzonazione sismica dell'area aquilana dopo il terremoto del 06.04.2009, i risultati di tali analisi si sono rivelati estremamente utili. L'analisi dei microtremori attraverso misure HVSR ha consentito di mettere in luce fenomeni di risonanza sismica e di stimare le frequenze alle quali il moto del terreno può essere amplificato. Il metodo ha consentito inoltre di valutare qualitativamente l'entità dell'amplificazione, anche se l'ampiezza del picco HVSR è una grandezza da interpretare con cautela, e fornire stime di massima circa la profondità del contrasto di impedenza che causa la risonanza sismica (soprattutto se le misure HVSR vengono utilizzate in associazione ad altre informazioni sismo-stratigrafiche). I risultati delle analisi HVSR da microtremori hanno aiutato a definire e delimitare le **“Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica”** (es. curve H/V piatte per zone stabili, picchi per aree stabili suscettibili di amplificazione stratigrafica, picchi con diversi valori di frequenza per diverse zone suscettibili di amplificazione), potranno dare informazioni su locali criticità utili in fase di pianificazione territoriale (es. frequenze fondamentali del terreno prossime a quelle proprie di una determinata tipologia di edifici) ed in generale saranno utili nella pianificazione delle indagini di approfondimento successive.

I risultati delle misure HVSR sono state rappresentate nella **“Carta delle frequenze naturali dei depositi”**. Sono state riscontrate frequenze di risonanza ben riconoscibili come picchi nei grafici H/V. I risultati delle indagini HVSR, considerando le frequenze da 0.1 a 20 Hz (quelle d'interesse ingegneristico sono normalmente da 0.1 a 12 Hz), e sono state descritte nel cap.4.

Nelle **“Carte di Microzonazione Sismica di Livello 3^A (FA0105 e FV0510)”** sono stati rappresentati i valori dei fattori di amplificazione dell'intensità di Housner, calcolati per bassi periodi ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$) e per alti periodi ($0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$).

L'area in esame appartiene alle *Zone suscettibili di amplificazioni locali*.

Per il calcolo di “FA0105” e “FV0510” sono stati utilizzati i dati calcolati con la risposta sismica locale, e si è giunti alla seguente conclusione:

Punti di controllo della RSL	Rapporto intensità Housner (FA0105) T= 0.5 - 1 sec	Rapporto intensità Housner (FV0510) T= 0.5 – 1.0sec
P11(sito in oggetto)	1.99	2.18
P10	1.96	1.91
P12	2.17	2.13

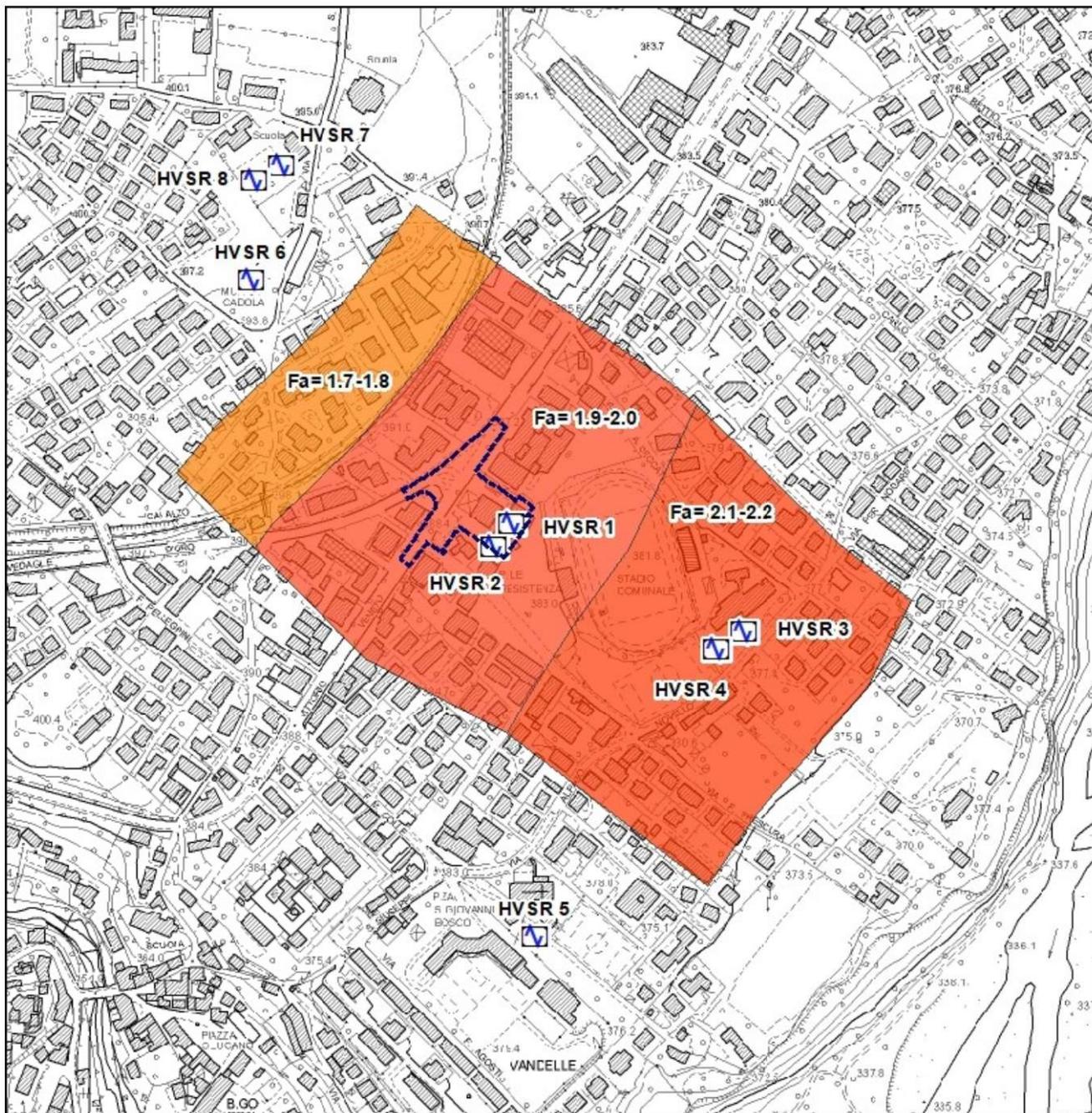


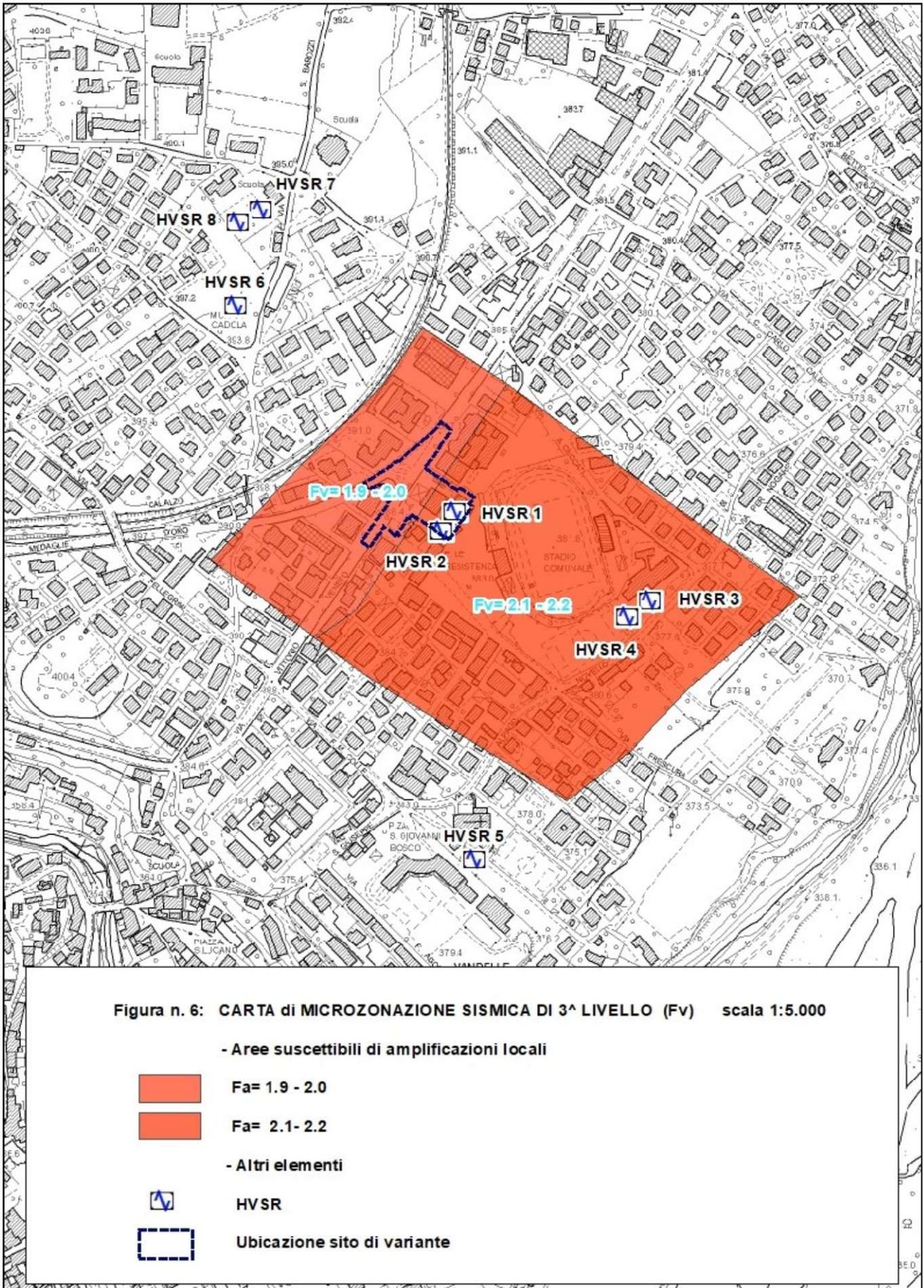
Figura n. 5: CARTA di MICROZONAZIONE SISMICA DI 3^a LIVELLO (Fa) scala 1:5.000

- Aree suscettibili di amplificazioni locali

	Fa= 1.7 - 1.8
	Fa= 1.9 - 2.0
	Fa= 2.1 - 2.2

- Altri elementi

	HVSR
	Ubicazione sito di variante



6. CONCLUSIONI

In questo lavoro si è realizzata la Microzonazione sismica di terzo livello. Si è fatto riferimento agli “*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione sismica*” vers. 4.1” della Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica e alle linee guida della DGRV 1572/2013 e alla DGRV 899 del 28.06.2019.

E' stata redatta la seguente cartografia:

- Carta delle Indagini;
- Carta della Pericolosità Sismica Locale;
- Carta delle Frequenze Naturali dei Depositi;
- Carte di Microzonazione Sismica di 3^a livello.

In questa relazione sono stati inoltre considerati i principali fattori di natura geologica, idrogeologica necessari per l'intervento in oggetto:

- vicinanza della falda al piano campagna, possibilità di saturazione del terreno;
- caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche;
- natura litologica e determinazione dei parametri geotecnici dei terreni, contatti tra formazioni geologiche a comportamento marcatamente diverso.

Si può perciò concludere che, nel sito in oggetto:

- 1) non vi è rischio di liquefazione in quanto la superficie della falda acquifera è a profondità superiore ai 15 metri dal piano campagna;
- 2) la faglia attiva e capace (da Ithaca) di Valle del Medone è posta a una distanza superiore a 500 metri dal sito in esame;
- 3) vi sono effetti di amplificazione stratigrafica, come valutati dalle analisi condotte.

Belluno, Settembre 2021

I geologi

**Alessandro dott. Pontin
Livio dott. Sartor**



FOTO n° 1 (27/08/2021)
Veduta da ovest dell'area oggetto del PUA.



FOTO n° 2 (27/08/2021)
Veduta da sud-est dell'area oggetto del PUA.



FOTO n° 3 (27/08/2021)
Veduta da nord dell'area oggetto del PUA.

COMUNE DI BELLUNO

**ATTESTAZIONE STUDIO DI MICROZONAZIONE
SISMICA DI 3[^] LIVELLO**

**PIANO DI RECUPERO
“VIA VITTORIO VENETO”
IN VARIANTE AL PI**

Committente: ACIL S.R.L.

Regione Veneto

Soggetto realizzatore

Alpago, 16.04.2024

1. PREMESSA

Su incarico della Ditta ACIL S.r.l., è stata redatta questa attestazione per il PUA - Piano di Recupero di Via Vittorio Veneto; le opere consistono nella realizzazione di un nuovo complesso commerciale con la relativa viabilità di accesso ed i parcheggi, come dettagliatamente descritto nel progetto.

Il comune di Belluno ha redatto lo studio di Microzonazione sismica di primo, secondo e terzo livello. In particolare con nota protocollo n. 50636 del 30/10/2023 il professionista incaricato dal comune ha depositato lo "Studio di Microzonazione Sismica di 2° e 3° livello", completo di quanto previsto dalla vigente normativa e dagli approfondimenti indicati dalla Regione Veneto

Con determina n. 1075 del 23/11/2023 del coordinatore d'Ambito Tecnico e Governo del territorio è stato preso atto dell'avvenuta redazione dello "Studio di Microzonazione Sismica di 2° e 3° livello del territorio del comune di Belluno" e disposto l'invio dello stesso al competente Ufficio Regionale del Genio Civile di Belluno al fine di consentire l'espressione del parere richiesto ai sensi dell'art. 89 del d.P.R. 380/2001 sugli strumenti di pianificazione urbanistica.

L'invio agli uffici regionali del Genio Civile di Belluno dello "Studio di Microzonazione Sismica di 2° livello e di 3° livello" del territorio comunale di Belluno, ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3907 del 13/11/2010, dell'O.P.C.M. n. 4007 del 29/02/2012 e dell'O.P.C.M. n. 52 del 20/02/2013, è avvenuto con nota n. 1435 del 10/01/2024.

2. STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI 2^A e 3^A LIVELLO

Lo studio di Microzonazione sismica di 2^A e 3^A livello è costituito dalla seguente documentazione:

- RELAZIONE ILLUSTRATIVA
- Carta delle indagini - scala 1:10.000
- Carta di Microzonazione sismica livelli 2-3 - scala 1:10.000

In ottemperanza alla Circolare della Regione del Veneto n. 71886 del 16.02.2022, all'art. 89 del DPR 180/2001, alla DGRV 1572/2013 e s.m.i.,

ATTESTA CHE

Il comune di Belluno ha redatto lo studio di Microzonazione sismica di primo, secondo e terzo livello. Lo studio di primo livello è stato eseguito nel 2013, mentre lo studio di Microzonazione sismica di 2^A e 3^A livello, nell'Ottobre 2023.

L'area in oggetto prevede la realizzazione di opere che ricadono all'interno del Piano di Recupero (PUA) denominato "Via Vittorio Veneto"; le opere consistono nella realizzazione di un nuovo complesso commerciale con la relativa viabilità di accesso ed i parcheggi.

Si allegano i seguenti estratti di Microzonazione sismica di 3^a livello, con l'individuazione dell'area oggetto:

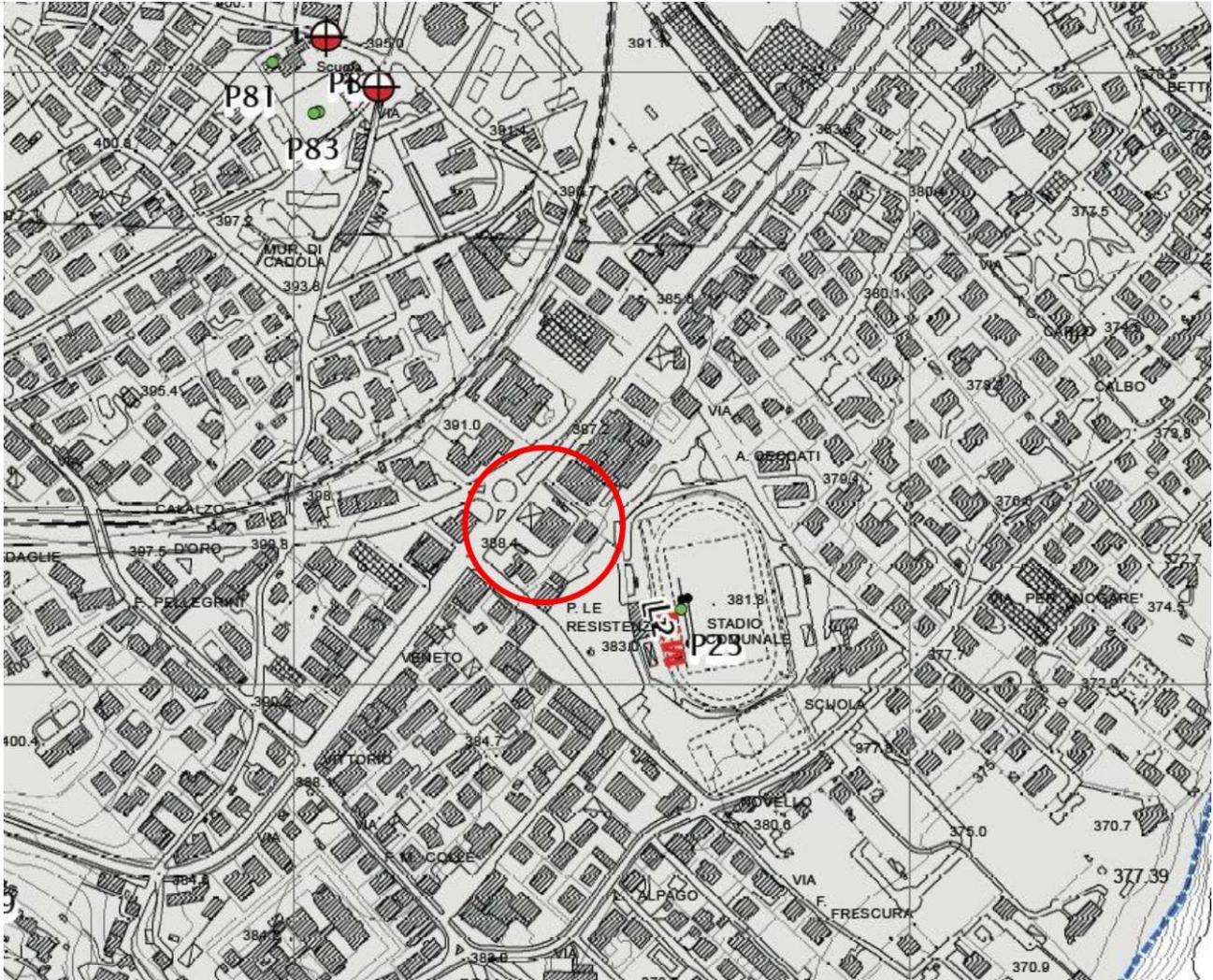
- Carta delle indagini - scala 1:10.000
- Carta di Microzonazione sismica livelli 2-3 - scala 1:10.000

Alpago, 16 Aprile 2024

IL GEOLOGO

ESTRATTO “CARTA DELLE INDAGINI”

da Studio di Microzonazione sismica di 2^a e 3^a livello
con ubicazione del sito in oggetto



Legenda

	Sito d'indagine puntuale		Prova sismica in foro tipo Downhole
	Trincea o pozzetto esplorativo		Prova penetrometrica dinamica leggera
	Sondaggio a carotaggio continuo		Prova penetrometrica dinamica media
	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato		Stazione microtremore a stazione singola
	Prova penetrometrica in foro (SPT)		Array sismico ESAC
	Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni		MASW
	Sondaggio con piezometro		SASW
	Prova penetrometrica in foro (SPT)		Profilo sismico a rifrazione

Altri simboli

	Area di studio MS2-3
	Confine comunale

ESTRATTO “CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA”
da Studio di Microzonazione sismica di 2^a e 3^a livello
con ubicazione del sito in oggetto



Legenda

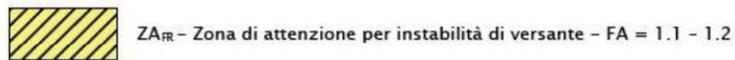
Zone stabili



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Zone di attenzione per instabilità (Livello 2)



Altri simboli

