

Comune di **BELLUNO**

Provincia di **BELLUNO**

Committente

BELLUNO 2 S.R.L.

VARIANTE STRALCIO 1

AL PIANO URBANISTICO ATTUATIVO IN ZONA RESIDENZIALE - TERZIARIA (C.RT) IN VIA VITTORIO VENETO

approvato con delibera di Giunta Comunale n° 205 del 29.11.2012

Foglio n° 59

mappali: parte 234 - 291 - parte 25 - 1131 - 1127 - 257 - parte 21 - parte 24 - 465 - 14

RELAZIONE DI MICROZONAZIONE SISMICA

Progettista

Architetto Orlando Dal Farra

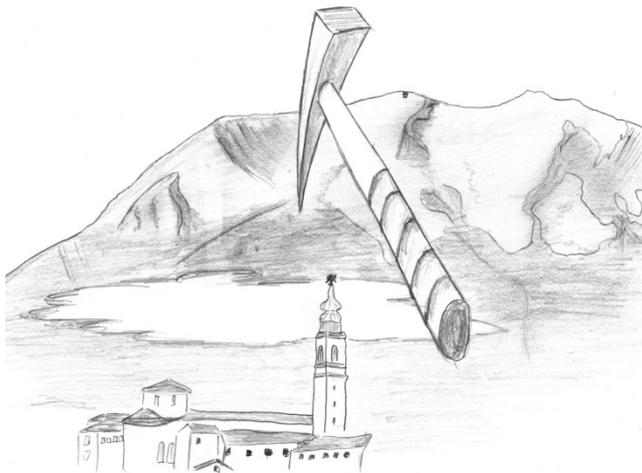
Scala

Data

16 dicembre 2019

Allegato:

H2



Dott. Geol.Salti Luca

RELAZIONE DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO - AREA EX FAENA

PROVINCIA DI BELLUNO

COMUNE BELLUNO

1	PREMESSA ED INQUADRAMENTO	4
2	STUDIO DI MICROZONAZIONE DI PRIMO LIVELLO.....	4
3	FAGILITA' E COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA ART.89 DPR.380/2001	5
4	PROGETTAZIONE SISMICA	6
4.1	CONSIDERAZIONI GENERALI.....	6
4.2	INDAGINI SISMICHE ESEGUITE IN AMBITO DELLO STUDIO.....	7
4.3	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE	8
4.4	INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA M.A.S.W.	8
4.5	INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA HVSR.....	12
4.6	DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA TOPOGRAFICA	15
4.7	POTENZIALE ALLA LIQUEFAZIONE.....	15
5	ANALISI DELLE FREQUENZE E DELLA PERICOLOSITA' SISMICA.....	15
5.1	FREQUENZE.....	15
5.2	PERICOLOSITÀ.....	15
5.3	ANALISI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA	16
6	CONCLUSIONI.....	17

1 PREMESSA ED INQUADRAMENTO

Su incarico della committenza è stato condotto uno studio di microzonazione sismica di secondo livello supportato da prove geofisiche indirette (Figura 4 e 6) di tipo MASW ed HVSR nell'ambito della zona di progetto. Lo scopo è quello di definire il modello del sottosuolo in base alla differente velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno dello stesso, e calcolare il periodo fondamentale di vibrazione del terreno.

La presente è stata redatta in ottemperanza alle nuove norme tecniche sulle costruzioni D.M. 17 gennaio 2018 e del D.M. L.L. P.P. 11.03.88.

Considerato che la zona è stata oggetto già di analisi geologica di dettaglio con prove geotecniche (trincee esplorative), ed indagini sismiche, si rimanda alla relazione del dott. Da Roit, agli atti e la relazione idraulica del dott. Salti.

Si riportano delle considerazioni di compatibilità geomorfologica e sismica ai sensi delle leggi urbanistiche in vigore.

L'area di realizzazione dell'intervento è localizzata in Comune di Belluno, in via Vittorio Veneto nella zona denominata ex Faena Marmi.

Dal punto di vista catastale la zona oggetto del PUA ricade nel foglio 59 mappali 234-291-25-1131-1127-257-21-24-465-41 del censuario amministrativo del comune di Belluno.

Il lavoro è stato svolto ai sensi della O.P.C.M. n.3907 del 13/11/2010, O.P.C.M. n.4007 del 29/02/2012, O.P.C.M. n.52 del 20/02/2013 e secondo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.0b" redatti dalla commissione tecnica nazionale per la Microzonazione Sismica. Sono state inoltre rispettate le "Linee guida per l'esecuzione di studi di microzonazione sismica", riportate nell'allegato A alla D.G.R.V. n.1572/13 e rispettate le successive D.G.R.V.

2 STUDIO DI MICROZONAZIONE DI PRIMO LIVELLO

Il comune di Belluno ha redatto lo studio di microzonazione di primo livello nel 2013.

La zona di studio nella carta delle MOPS, viene classificata come un'area zona 4 di depositi alluvionali amplificazioni per litologia e topografia.

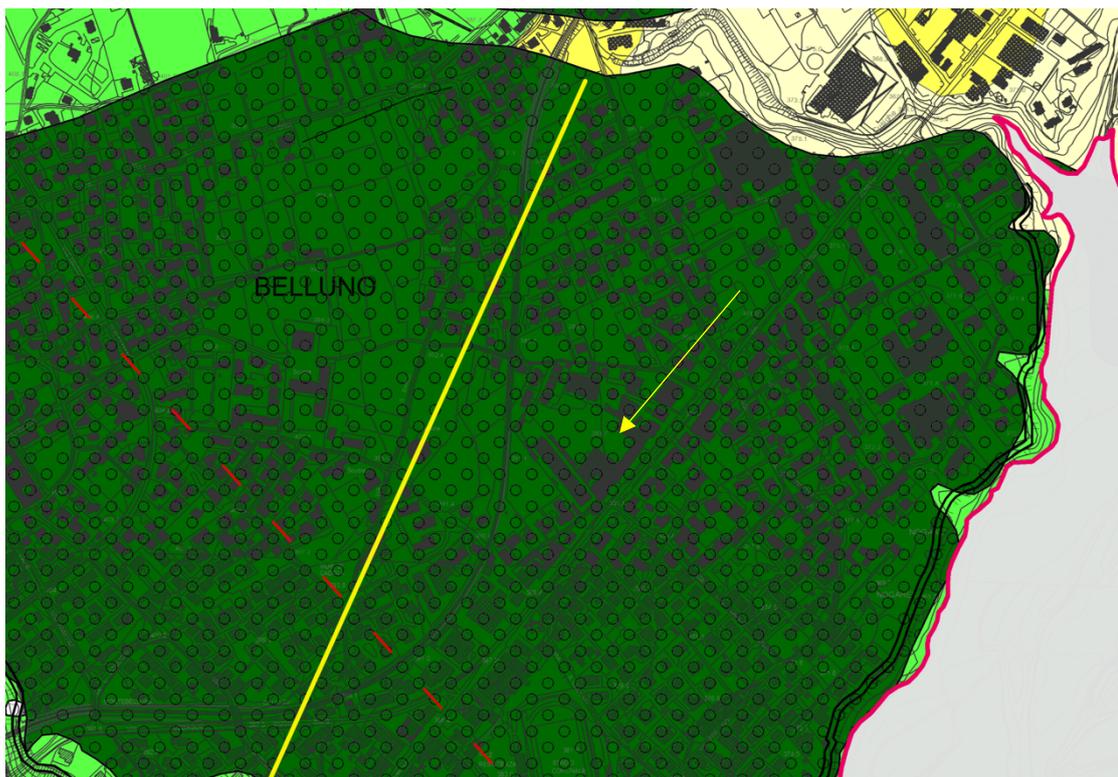


Figura 1 - Estratto carta MOPS studio di primo livello.

3 FAGILITA' E COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA ART.89 DPR.380/2001

Come emerso dalle varie indagini geologiche geotecniche eseguite in passato (Dott. Da Roit) la zona è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali antichi e stabilizzati.

Si tratta di alluvioni del torrente Ardo costituite da ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa a tratti con lenti sabbiose limose coesive.

Le trincee eseguite a -4m di profondità non hanno evidenziato la presenza del substrato, che si stima essere comunque ad una profondità elevata. Questo è costituito dall'alternanza marnoso arenacea del Flysch di Belluno.

L'idrogeologia, vista la natura grossolana dei terreni e l'assenza di corsi d'acqua vicini, non vede la presenza di falde. Le varie trincee eseguite negli anni non hanno evidenziato particolari problematiche legate alle circolazioni idriche.

Tale condizione di assenza di falde, permette il corretto smaltimento delle acque di dispersione nel terreno/suolo.

La morfologia è pianeggiante regolare, senza segni di cedimenti, brusche variazioni etc...il censimento degli edifici al contorno ha messo in evidenza una buona qualità strutturale a prova della stabilità morfologica del sito.

Dal punto di vista geomorfologico, idrogeologico, si assevera ai sensi dell'art 89 del DPR380/01, che la variante dei PI risulta compatibile e le opere previste si inseriscono nel naturale contesto senza alterare le condizioni geomorfologiche locali.

4 PROGETTAZIONE SISMICA

4.1 Considerazioni generali

La normativa sismica ha subito e sta subendo un'importante evoluzione. Per dare un po' di chiarezza al quadro normativo venutosi a creare, la Regione del Veneto ha deliberato con Del GRV n.71/2008 una serie di considerazioni. Per quanto riguarda la zonizzazione sono ancora valide le direttive impresse dalla deliberazione del Consiglio Regionale n.67/2003 per cui si fa riferimento ai confini comunali per determinare l'area sismica in cui ricade il progetto nonostante l'OPCM 3519/06 abbia definito le zone.

A livello nazionale sono entrate in vigore le nuove norme tecniche sulle costruzioni (DM 17/01/2018).

Ai sensi del OPCM3274/03 il territorio del comune di BELLUNO ricade nella zona sismica 2.

In funzione della mappa della pericolosità riportata dall'OPCM 3519/06 si considera un'accelerazione al suolo rigido compresa 0.225-0.250.

Il punto della griglia di quattro nodi sismici più vicino alla zona di progetto e maggiormente sfavorevole è il 9639.

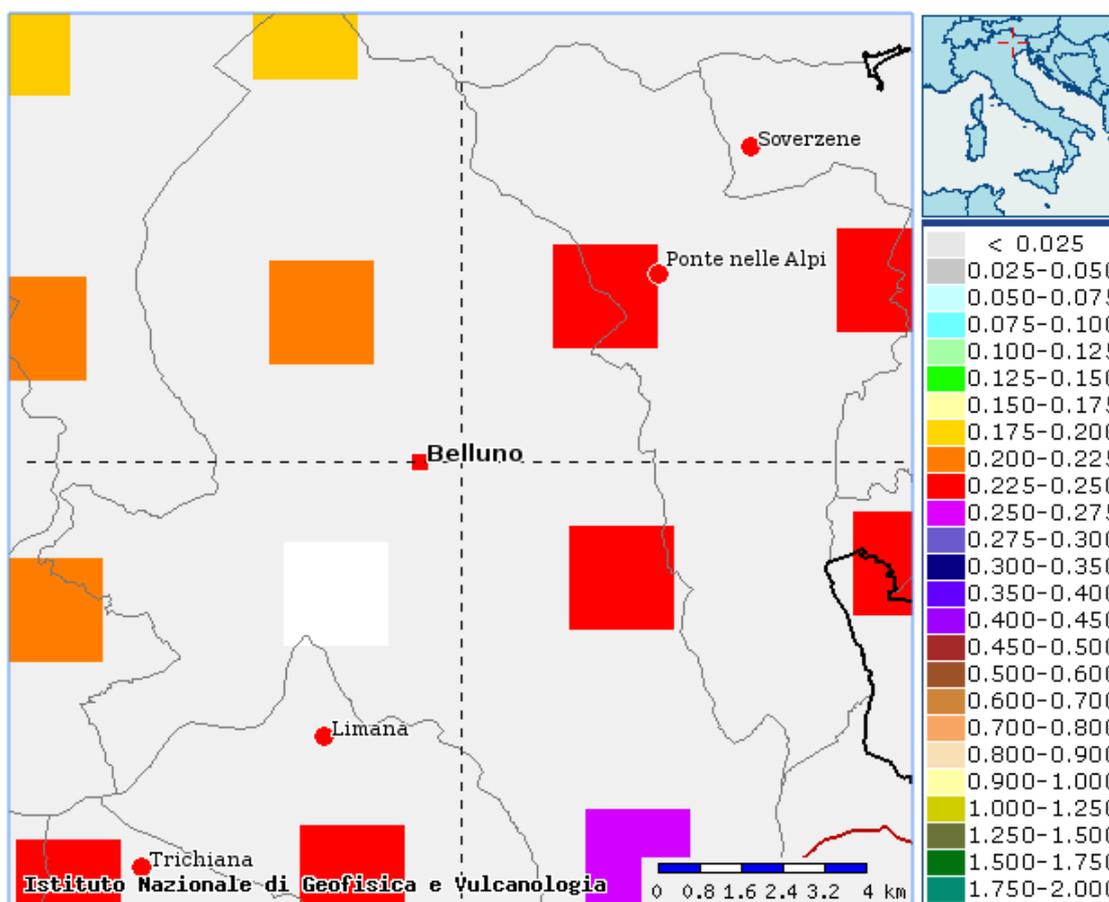


Figura 2 - Mappa sismicità Belluno. In bianco il nodo 9639

4.2 Indagini sismiche eseguite in ambito dello studio

In data 18/11/2019 è stata eseguita un'indagine geofisica per la determinazione della velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,30}$, così come definita al § 3.2.2. delle *Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al D.M. 17/01/2018. La campagna di indagine geofisica si è così sviluppata:

- n°1 indagine sismica passiva a stazione singola HVSR;
- n°1 indagine sismica con metodologia M.A.S.W. (multi-channel analysis of surface waves).

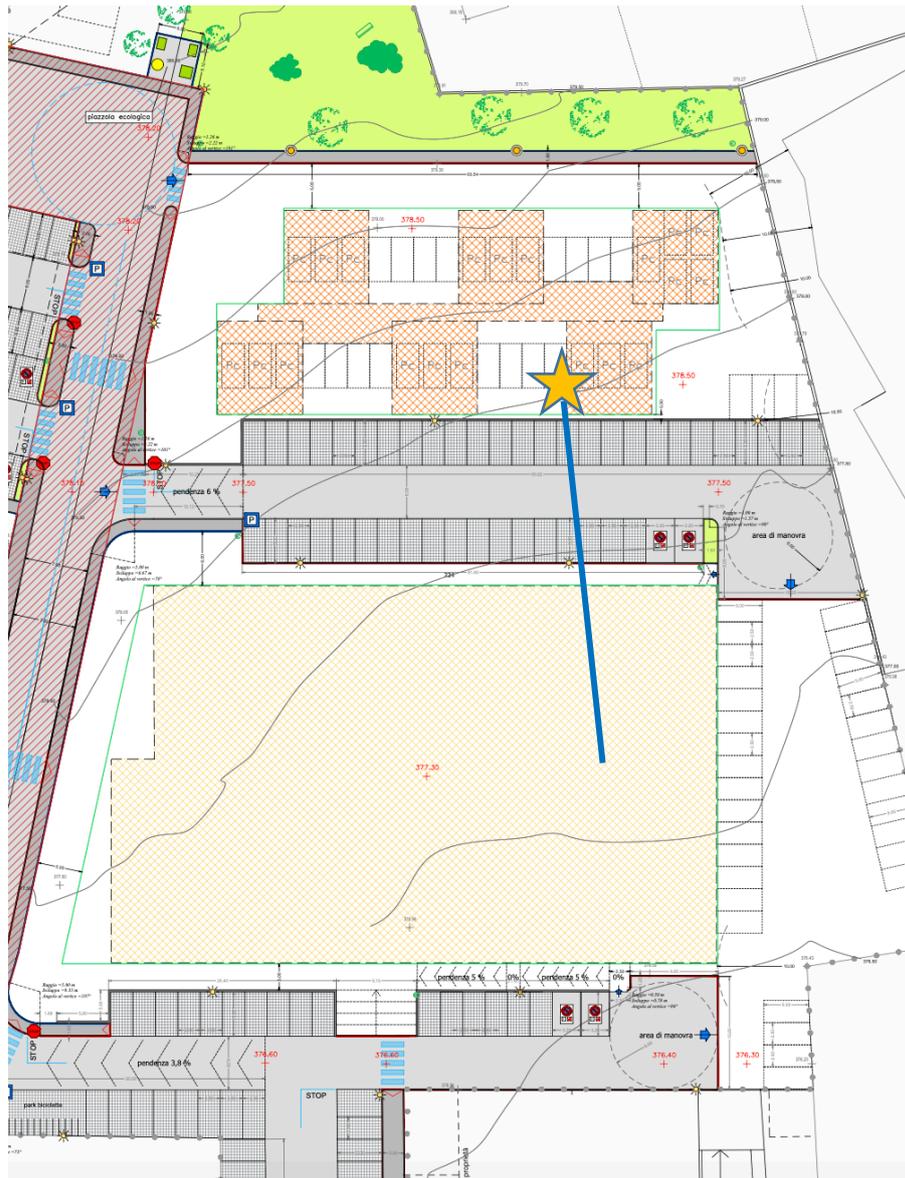


Figura 3 - Ubicazione indagini geofisiche. Linea blu indagine MASW; Stella gialla indagine HVSR



Figura 4 - Posizione dello stendimento sismico durante l'indagine

4.3 Strumentazione utilizzata e metodologia di acquisizione

Per la presente indagine è stato utilizzando un geofono tridimensionale da superficie modello GEMINI-2 della PASI.

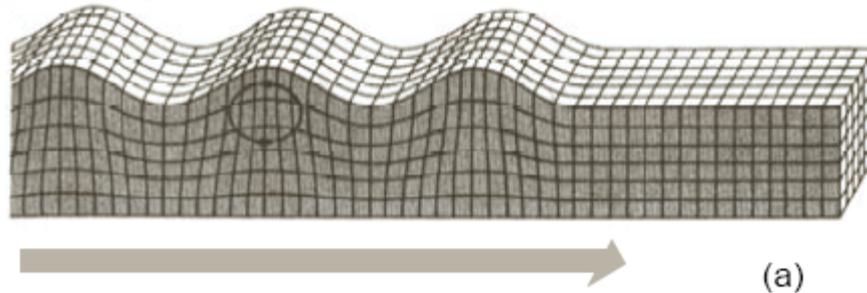
Per la prova MASW, il geofono è stato mantenuto nella stessa posizione per tutte le acquisizioni e sono stati realizzati 14 punti di scoppio distanziati di 3.0 m e con un offset minimo dal geofono di 2 m. Per l'energizzazione del terreno è stata impiegata una mazza da 5 Kg ed un piattello di battuta di alluminio.

Mentre per la prova HVSR il geofono è stato mantenuto nella stessa posizione ed effettuato una registrazione dei microtremori protratta per 20 minuti.

4.4 Indagine sismica con metodologia M.A.S.W.

La metodologia chiamata M.A.S.W. si basa sull'analisi della propagazione, lungo un profilo, delle onde superficiali denominate onde di Rayleigh e prevede che tali onde vengano generate artificialmente mediante una percussione al suolo di una massa. Questo tipo di onde superficiali è contraddistinto da una velocità di propagazione che è funzione di quella delle onde S proprie dei terreni al di sotto del profilo investigato.

Le onde di Rayleigh si propagano in corrispondenza di una superficie libera e causano un movimento ellittico retrogrado delle particelle del mezzo attraversato su un piano verticale comprendente la direzione di propagazione.



Schema illustrante movimento delle particelle in un'onda di Rayleigh

L'ampiezza dello spostamento indotto alle particelle del terreno decresce con la profondità ed è maggiore per lunghezze d'onda più grandi (frequenze più basse). Pertanto, lunghezze d'onda maggiori interferiscono con porzioni più profonde del sottosuolo.

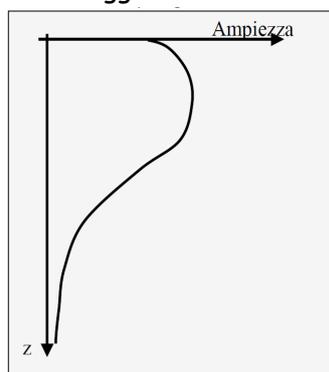


Grafico illustrante l'ampiezza del movimento delle particelle con la profondità in un'onda di Rayleigh

Le onde superficiali in esame possono essere trasmesse sulla superficie di un semispazio uniforme o di un mezzo in cui la velocità di propagazione cambia con la profondità. In questo ultimo caso le onde sono dispersive, cioè le varie componenti a lunghezza d'onda diversa viaggiano con velocità differenti. Questo fenomeno è determinato dal fatto che le varie lunghezze d'onda interessano profondità diverse e quindi interferiscono con materiali contraddistinti da caratteristiche di rigidità e velocità di propagazione delle onde S differenti. Pertanto, ogni frequenza contenuta nel treno d'onde si propagerà con una propria velocità (velocità di fase). Il fenomeno appena descritto viene analizzato mediante lo spettro di velocità che riporta la velocità di fase e la frequenza. Su tale grafico viene calcolata la curva di dispersione relativa al modello monodimensionale di velocità di propagazione delle onde S ipotizzato che viene ottimizzato fino a quando la curva di dispersione si sovrappone allo spettro di velocità.

Lo studio delle caratteristiche di dispersione delle onde superficiali costituisce quindi un metodo per la determinazione della velocità di propagazione delle onde S (V_s) nelle porzioni più superficiali del sottosuolo.

I sismogrammi acquisiti sono stati elaborati con il software winMASW 7.0 versione 3C, con il quale è stato calcolato lo spettro di velocità.

La modellazione della velocità delle onde S è stata eseguita con un'elaborazione congiunta del grafico del rapporto spettrale, determinato con l'indagine HVSR, e dello spettro di velocità della componente radiale delle onde di Rayleigh, ottenuto con il profilo MASW. La modellazione è stata eseguita sovrapponendo alla curva del rapporto spettrale la curva teorica calcolata con il modello ipotizzato e sovrapponendo allo spettro di velocità

le curve di dispersione modali per vari modi (fondamentale e superiori) e lo spettro di velocità (contour) calcolato con sismogrammi sintetici, generati sulla base del modello secondo il metodo della "Modal Summation" (Herrmann, 2003).

Di seguito vengono riportati il sismogramma acquisito, il modello di velocità delle onde S risultante dall'elaborazione congiunta e lo spettro di velocità sul quale sono evidenziati, modo principale e modi superiori corrispondenti al modello ipotizzato. L'ultima immagine rappresenta la curva del rapporto spettrale con la curva teorica calcolata con lo stesso modello, considerando le onde superficiali (curva magenta).

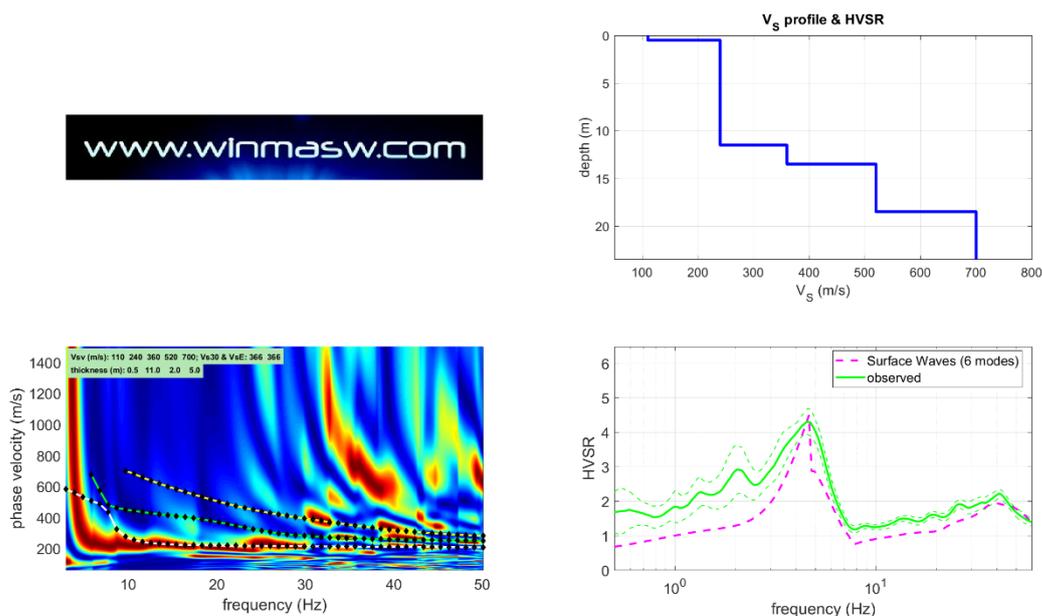


Figura 5 - Estratto indagine

Qui di seguito viene esposta una tabella con la relativa caratterizzazione sismica dei sismostrati individuati.

Il calcolo dei moduli elastici si basa sulla teoria dell'elasticità, la quale prevede che per sforzi impulsivi e di piccola energia, i corpi subiscono deformazioni linearmente proporzionali, alle forze che le originano. Pertanto, per sollecitazioni impulsive e di bassa energia, terreni e rocce rispondono nel campo della deformazione elastica. Le velocità di propagazione delle onde sismiche variano al variare delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi coinvolti e quindi, consentono di ottenere informazioni sulle proprietà elastiche dei mezzi attraversati.

Sismostrato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità (gr/cm3)	Mod. di Poisson	Mod. di Taglio (Mpa)
I	0,5	269	110	1,74	0,34	21
II	11,0	500	240	1,89	0,35	109
III	2,0	674	360	1,96	0,30	254
IV	5,0	973	520	2,05	0,30	554
V	Semispazio inf.	1212	700	2,10	0,25	1029

Tabella 1 - caratterizzazione sismica dei sismostrati individuati

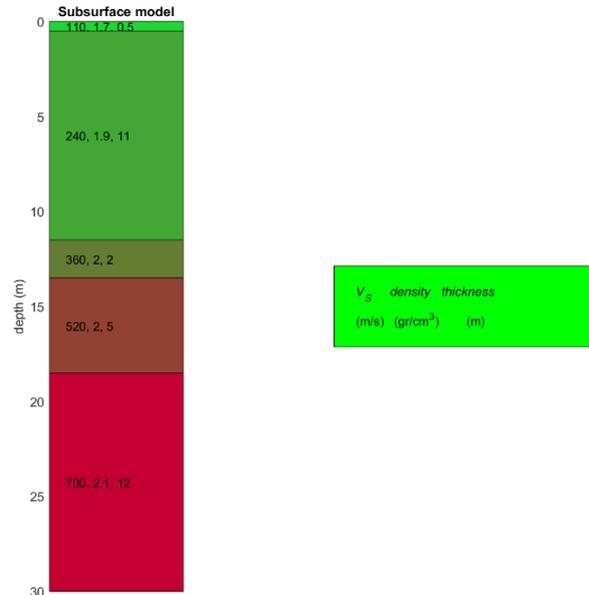


Figura 6 - Modello geofisico del sottosuolo indagato

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h(strato) e dalla velocità delle onde S Vs(strato). Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro Vs30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Sulla base del modello di distribuzione di velocità delle onde S calcolato risulta una velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq} = V_{s30} = 366 \text{ m/s}$, considerando nel calcolo i 30 m a partire dalla superficie topografica.

La velocità delle onde di taglio calcolata farebbe rientrare il terreno nella categoria B; ad ogni modo, dato il margine di incertezza derivato dalle indagini indirette, in via cautelativa si propende per classificare il terreno in categoria C

TERRENO DI CATEGORIA C.



Figura 7 - Esecuzione indagine MASW

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA - NTC 2018							
SISMICITA' LOCALE E CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO							
Provincia	Belluno	Comune	Belluno	Località	Via Vittorio Veneto		
Coordinate Y				Coordinate Y			
Sismicità OPCM 3274/03		2		ID punto + vicino e + sfavorevole		9639	
CALCOLO DEL TEMPO DI RIFERIMENTO				VALORI MASSIMI DI ACCELERAZIONE AL SUOLO			
Periodo di riferimento	anni	50	Tempo rit	50	Ag	Fo	Tc*
Vita nominale	anni	50		0,602	2,48	0,25	
Coefficiente d'uso	-	1,5	T1	T2	T3	T4	
Probabilità di superamento	num	0,63	SUOLO A	1,49	1,791552	1,791552	2,090144
Tempo di ritorno	anni	50,28905	SUOLO B	1,791552	2,1498624	2,1498624	2,508173
Descr.	Zona poco acclive . Pendenze blande		SUOLO C	2,23944	2,687328	2,687328	3,135216
Topograf			SUOLO D	2,687328	3,2247936	3,2247936	3,762259
Classe Topografica	T1		SUOLO E	3,182336	3,8188032	3,8188032	4,45527
Descr.	Terreni alluvionali generalmente a matrice ghiaiosa con intercalazioni di sabbie e limi. Circolazioni idriche anche concentrate. La falda non è stata interecettata dalla trincea esplorativa.					Classe suolo	C
Stratigraf							
Descr. prove							
Coeff. Sism. Oriz Kh E		0,063984		Coeff. Di riduzione Bs		0,28	

4.5 Indagine sismica con metodologia HVSR

E' stata effettuata successivamente un'indagine di tipo HVSR (vedi fig.2).

L'indagine consiste nella misurazione, e nella successiva elaborazione, del microtremore ambientale nelle sue tre componenti spaziali (x, y e z opp. E-W, N-S e Up Down) a varie frequenze. Dall'analisi delle componenti spettrali delle tracce registrate è possibile:

- ricavare la frequenza fondamentale (o di risonanza) del sito;
- ottenere un'interpretazione del profilo stratigrafico-sismico ad elevata profondità con stima sullo spessore della copertura (substrato sismico o litologico) e del parametro V_{s30} (velocità media delle onde S - di taglio - nei primi 30 metri di profondità).

L'indagine sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto agisce come sorgente di eccitazione. Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione:

$$f = V_s / 4h$$

(formula semplificata) dove V_s è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e h è lo spessore di detto strato. La prova, comunemente nota con il termine H/V o HVSR (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali H e verticale V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989).

Infatti, è proprio dal grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontale e verticale che viene evidenziata la frequenza (o più frequenze se si è in presenza di un profilo stratigrafico multistrato con contrasti di minimo della componente verticale, riscontrabile negli spettri delle singole componenti).

La frequenza fondamentale del sito è da intendersi quella più significativa a bassa frequenza. Eventuali altre frequenze evidenziate (picchi secondari) se vicine alle frequenze di interesse ingegneristico (struttura) possono essere comunque significative.

Per l'Analisi spettrale delle tracce e la modellazione viene utilizzato uno specifico software winMASW 7.0 versione 3C, conforme alle direttive fornite dal progetto di ricerca europeo SESAME (2005).

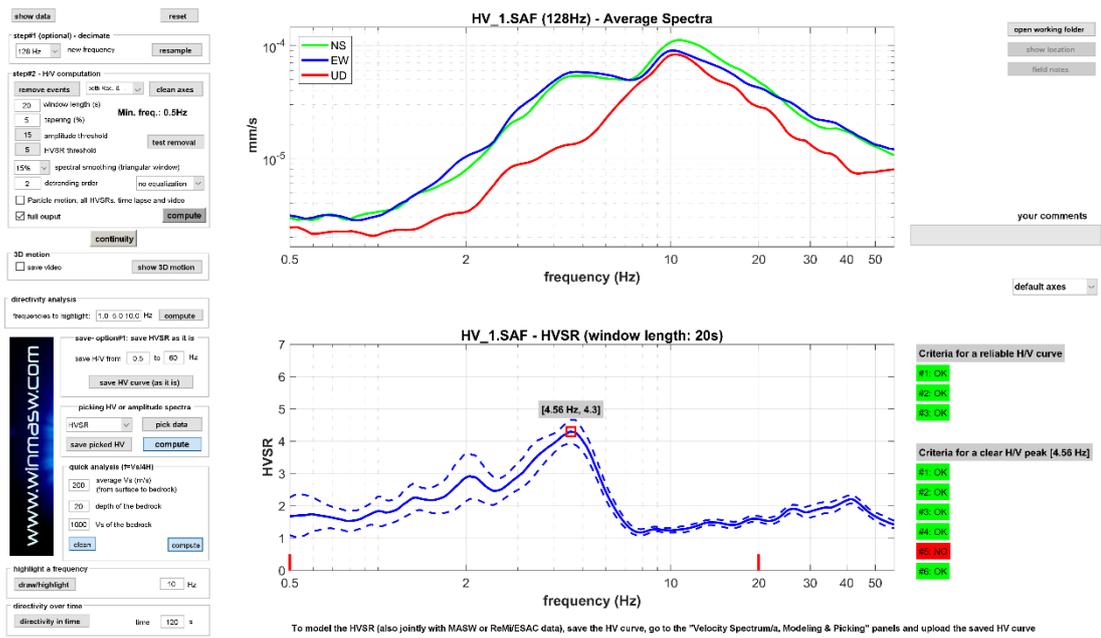


Figura 8 - Estratto indagine HVSR

Dal punto di vista della frequenza propria del terreno, l'indagine HVSR ha permesso di delineare una frequenza $f_{\sigma} = 4,56$ Hz.

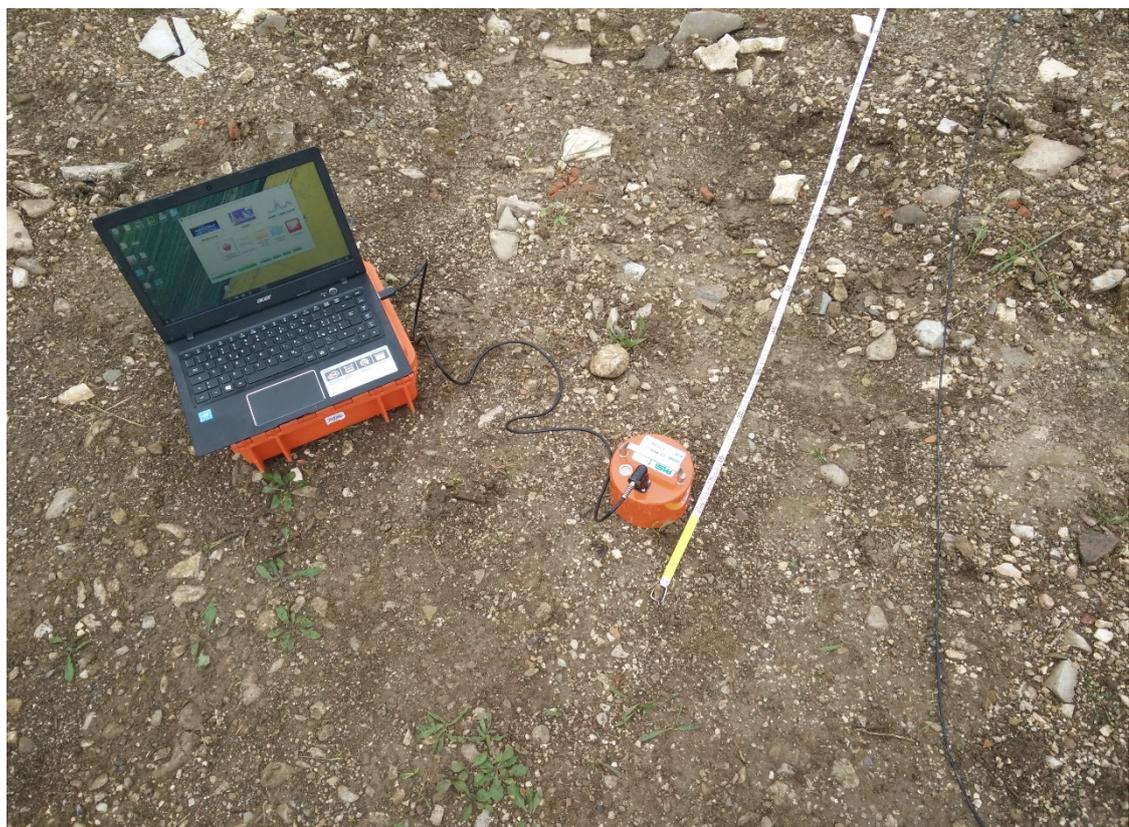


Figura 9 - Esecuzione indagine HVSR

4.6 Definizione della categoria topografica

Il sito insiste su un'area del tutto pianeggiante, in una valle ampia, lontano da orli morfologici.

Tale condizione fa rientrare il sito nella Categoria Topografica **T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

4.7 Potenziale alla liquefazione

Le condizioni che devono coesistere affinché si possa verificare la liquefazione sono due: a) che i terreni siano prevalentemente sabbiosi. b) che i terreni siano saturi.

Assunte queste due prerogative, in determinate condizioni di sollecitazione tra cui quella sismica, si possono verificare degli aumenti delle pressioni neutre interne che annullano gli sforzi resistivi del terreno causando delle notevoli deformazioni.

Dalle considerazioni fatte e dalle analisi eseguite si ricava che la granulometria grossolana e l'assenza di falda, porta a scarse probabilità di fenomeni di liquefazione.

5 ANALISI DELLE FREQUENZE E DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

5.1 Frequenze

Si riportano di seguito delle considerazioni sulle frequenze e sulla pericolosità sismica.

Vengono indicati i due valori ricavati dai grafici di picco H/V delle indagini HVRS.

Il valore della frequenza è infatti funzione della profondità del bedrock: i risultati che si possono ottenere da questa tecnica rivelano principalmente la frequenza caratteristica di risonanza del sito. Essa rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nel realizzare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, al fine di evitare effetti di "doppia risonanza", estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti. La forma di un'onda registrata in un sito da uno strumento dipende:

1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s ,
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
3. dalla risposta dello strumento.

Dalle indagini eseguite è emerso che si ha un valore di frequenza pari a 4,56.

5.2 Pericolosità

Secondo le direttive della Regione del Veneto (DGRV 1572/13), è stata elaborata l'analisi delle pericolosità sismiche locali, che permette di identificare le aree in funzione dei possibili effetti locali.

L'approccio si intende indispensabile per la scelta successiva del grado di approfondimento di secondo e terzo livello, così come indicato dalla tabella della fig.2 del DGRV 1572/13.

L'area di studio è omogenea e risulta un unico fattore di pericolosità sismica.

Condizione P4a

Si tratta di materiale alluvionale di fondovalle con forma ampia senza la possibilità di amplificazioni per valle stretta. Morfologicamente siamo in un terrazzo ampio e stabile.

L'area quindi è stabile e soggetta ad amplificazione stratigrafica, e non necessita di studio di microzonazione di III livello.

5.3 ANALISI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

Lo scopo finale dello studio di microzonazione di secondo livello, una volta verificato che per le aree di studio non siano necessarie verifiche di terzo livello, è quello di stilare l'analisi della microzonazione.

Tale cartografia costituisce il documento fondamentale all'interno del quale si ricaveranno i valori numerici oggettivi di amplificazione derivate dalle analisi geofisiche condotte. In particolare si ricaveranno nei punti di indagine i valori F_a ed F_v dovuti ad effetti litologici.

Si sono utilizzati gli abachi contenuti nella pubblicazione di indirizzi di microzonazione sismica della protezione civile.

La grandezza F_a esprime il valore del **fattore di amplificazione** in termini di accelerazione sismica (valore di ancoraggio dello spettro di risposta elastico).

LA DGRV 1572/13 indica che il territorio comunale debba essere mappato secondo 3 casistiche:

aree "stabili", nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico posto a profondità inferiore a 3 metri con morfologia piatta o semipianeggiante);

aree "stabili suscettibili di amplificazioni sismiche", nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;

aree "suscettibili di instabilità", nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). Le principali cause di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive, cedimenti differenziali.

Nelle zone di studio, come si vedrà di seguito, saranno contemplate solamente aree stabili suscettibili di amplificazione sismica. Non ci sono scarpate morfologiche e non saranno presenti fattori di amplificazione topografica.

Il fattore di amplificazione, applicando gli abachi dettati dalla regione assumendo:

- 1 - V_s nei primi 10m pari a 250m/sec
- 2 - Spessore di 10m
- 3- $A_g = 0,06$

Si ricava per il sito omogeneo dal punto di vista della risposta sismica:

$F_a = 2,08$

$F_v = 1,34$

6 CONCLUSIONI

Le risultanze delle indagini MASW e HVSR hanno consentito di caratterizzare sismicamente l'area secondo il II livello di indagine di microzonazione. Come da normativa si sono ricavati i valori di Frequenza e i fattori di amplificazione in questo caso, stratigrafici.

Belluno, dicembre 2019