PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

REGIONE DEL VENETO

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA
LIVELLO 2

Relazione illustrativa SISMICA

Regione del Veneto

Comune di Mareno di Piave

Regione	Soggetto realizzatore	Data
	ORDINE DEI GEOLOGI Dr. Geol. GINO LUCCHETTA N° 242 REGIONE DEL VENETO	21 febbraio 2018

INDICE

1 INTRODUZIONE E GENERALITA' 3
1.1 Generalità ... 4
1.2 Riferimenti normativi ... 5
1.3 Ambiti di studio ... 7

2 PERICOLOSITA' DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO 9
2.1 Generalità ... 9
2.2 Definizione della pericolosità di base ... 10
2.3 Sismicità storica del comune ... 13
2.4 La classificazione sismica del territorio comunale ... 15
2.5 I sistemi di faglie attive ... 17
2.5.1 Le sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti distruttivi ... 20
2.5.2 Pericolosità sismica locale ... 26

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA 28
3.1 Inquadramento geologico- geomorfologico ... 28

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI 29
4.1 Breve descrizione dei metodi ... 30
4.2 interpretazioni ed incertezze ... 32
4.3 Esito Indagini geognostiche ... 34

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO 36
5.1 Individuazione delle microzone ... 36

6 LIVELLO 2 41
6.1 Metodologia di studio livello 2 ... 41
6.2 elaborati cartografici ... 45
6.2.1 Carta delle Indagini ... 46
6.2.2 Carta delle Frequenze Naturali dei Depositi ... 47
6.2.3 Carta di Microzonazione Sismica ... 49

7 CONCLUSIONI 56
8 BIBLIOGRAFIA 59
9 ALLEGATI 61

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

1 INTRODUZIONE E GENERALITA'

L'ufficio tecnico del comune di Mareno di Piave (Treviso) nella persona del responsabile di servizio geom. Marcello Favero, mi ha affidato, unitamente a MATE s.c., l'incarico dello studio di Microzonazione Sismica (di seguito indicata come MS) di livello 2 del territorio comunale ai fini dell'attuazione del Piano di Assetto del Territorio (PAT) ed in preparazione del Piano degli Interventi PI.

Questo in considerazione del fatto che il comune di Mareno di Piave è classificato in zona sismica 3, a seguito della OPCM3274/2003, entrata in vigore il 8/5/2003, recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3/12/2003 ovvero con sismicità medio-bassa. L'accelerazione di riferimento per il comune è ag=0,218411 come riportato in all. 7 della OPCM 3907/2010.

Il comune di Mareno di Piave è già dotato di Microzonazione Sismica di Livello 1, redatta dallo scrivente nel 2015 con poi alcuni aggiornamenti ed integrazioni nel 2017, seguendo i dettati, da un lato, delle DGRV 3308/2008 e 1572/2013 e dall'altro le indicazioni delle Linee Guida Nazionali ICMS 2008 (vedi in seguito).

La metodologia, disciplinata a livello nazionale, prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente:

1° LIVELLO: si applica in sede di P.A.T. consente di delineare gli scenari della pericolosità sismica ed identifica, nella carta MOPS, le parti del territorio comunale suscettibili di effetti locali: amplificazione del moto sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, liquefazione, rottura del terreno.

2° LIVELLO (oggetto di questo studio): ha come obiettivo la redazione della carta di MS e si applica in sede di P.I. a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio od incremento dei carichi urbanistici e per il territorio compreso nel perimetro del "centro abitato" così come previsti dalla normativa vigente.

3° LIVELLO: restituisce una Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

La definizione della velocità sismica dei primi 30 m di sottosuolo e delle frequenze proprie di risonanza dei terreni, argomenti principali dello studio di Microzonazione Sismica, sono la prima importante fase per lo studio di Microzonazione Sismica (MS) vero e proprio (cfr. Allegati A DGR 3308 del 4/11/2008 e DGR 1572 del 03/09/2013) come specificato negli indirizzi e criteri emanati a scala nazionale.

Il documento tecnico di riferimento per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica è rappresentato dagli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (di seguito indicato con la sigla ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome in accordo con la Presidenza del Consiglio dei Ministri e del Dipartimento della Protezione Civile. Gli standard per la stesura della carta delle indagini, della carta geologico-tecnica e la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica e la loro informatizzazione sono quelli indicati dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) con le linee guida 2012 della Protezione Civile nazionale "standard di rappresentazione e archiviazione informatica" versione 4.0 ottobre 2015. A questo si aggiungono le "linee guida per gli studi di microzonazione sismica" pubblicati come allegato A alla DGRV 1572 del 03/09/2013.

La presente relazione illustra i dati riguardanti gli approfondimenti effettuati e fa riferimento alla cartografia allegata ma anche alla documentazione del livello 1; le varie cartografie riportano l'ubicazione delle indagini, l'individuazione delle microzone omogenee e le relative condizioni predisponenti l'amplificazione delle onde sismiche.

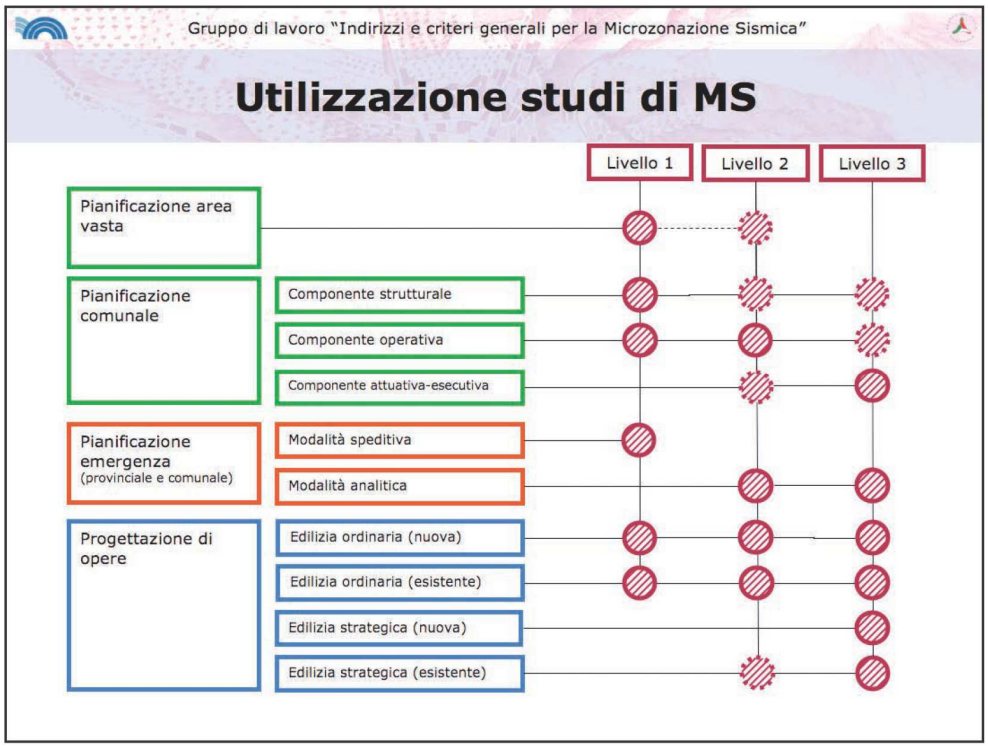
1.1 Generalità

Gli studi di MS si propongono di:

- identificare e perimetrare le aree a differente pericolosità sismica locale (microzone, solitamente grandi alcuni ettari o alcuni isolati);
- stimare le risposte dei terreni delle diverse microzone, in modo da stabilire gerarchie di pericolosità e fornire elementi conoscitivi per una pianificazione del territorio e progettazione delle opere, adeguate alla pericolosità sismica del sito.

Nella sua interezza il documento nazionale ICMS intende costituire un elemento utile all'approfondimento della pericolosità sismica locale, necessario all'analisi del rischio sismico, applicabile ai settori della programmazione territoriale, della pianificazione urbanistica, della pianificazione dell'emergenza e della normativa tecnica per la

progettazione. Il documento individua e determina criteri, metodi e procedure per l'esecuzione di azioni di microzonazione a diverse scale e con diversi livelli di approfondimento. La figura seguente rappresenta schematicamente tali livelli di utilizzo.



La microzonazione sismica (MS) ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande (scala comunale o sub comunale) le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture. In sostanza, lo studio di MS viene sintetizzato in una carta del territorio nella quale sono indicate le zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono superiori a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base.

1.2 Riferimenti normativi

Il lavoro è stato svolto in accordo con la D.G.R. 3308/2008 e la D.G.R. 1572/2013 per arrivare alle cartografie definite "livello 2" in quest'ultimo documento.

La base di partenza sono stati gli elaborati della relazione geologica del PATI e relative cartografie a cura del dott. geol. Jacopo De Rossi e del PAT 2016 a cura del sottoscritto.

Altre norme considerate:

- L. 02.02.1974, n. 64, "*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le*

zone sismiche";

- D. M. 14.05.1982, "*Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto*";
- D.M. 11.03.1988, "*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*";
- Circ. LL. PP. 24 settembre 1988, n° 30483 "*Norme tecniche per terreni e fondazioni - Istruzioni applicative*";
- Circ. Reg, Veneto 05.04.2000, n. 9, "*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*";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003, "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03.05.2005 "*Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»*";
- D.M. 14.09.2005, "*Norme tecniche per le costruzioni*";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*";
- Legge n. 77 del 24 Giugno 2009, "*Interventi urgenti di Protezione Civile in materia di prevenzione del rischio sismico*".
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, "*Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni*".
- D.M. 14.01.2008, "*Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*".
- D.G.R. del Veneto n. 71 del 22 gennaio 2008, "Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*". Direttive per l'applicazione.

- Circolare 02 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP..
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 del 13 novembre 2010.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 4007 del 29/02/2012.
- Deliberazione della Giunta Regionale n. 1496 del 20 settembre 2011, "*Fondo statale per interventi di prevenzione del rischio sismico di cui all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 in data 13 novembre 2010*".
- D.G.R. del Veneto n. 1572 del 03/09/2013 (BUR del 24/09/2013) allegato A: *Linee Guida Regionali per la Microzonazione Sismica.*
- DGR del Veneto n. 1896 del 14 ottobre 2014, allegato B: Indagini di microzonazione sismica di cui all'art. 2, comma 1, lett. a) dell'OCDPC 171 del 19/06/2014.
- D.G.R. del Veneto n. 1664 del 21 ottobre 2016 "*Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24.06.09, n.77. O.C.D.P.C. 293 del 26 ottobre 2015 (G.U. n. 257 del 4 novembre 2015). O.C.D.P.C. 344 del 09 maggio 2016. (L. 77/09, art. 11)*"

1.3 Ambiti di studio

Nell'ambito della pianificazione territoriale del comune di Mareno di Piave lo studio di MS è stato condotto su quelle aree per le quali le condizioni normative consentono o prevedono l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, o la loro potenziale trasformazione a tali fini. Sono stati privilegiati quindi gli ambiti di sviluppo insediativo, siano essi a destinazione residenziale, produttiva, dei servizi o infrastrutturale. Per completezza le indagini sono state estese anche ad aree dove non sono al momento previste trasformazioni urbanistiche ma puntando alla caratterizzazione di aree presumibilmente omogenee dal punto di vista geologico.

Il territorio comunale di Mareno di Piave (circa 27,8 km^2), collocato nella parte centro-orientale della Provincia di Treviso, si estende entro una fascia sostanzialmente pianeggiante. I caratteri litologici dei terreni quaternari sono ascrivibili a depositi fluvioglaciali wurmiani e postglaciali e risentono in particolare della presenza di estese conoidi detritiche in rilevante spessore (centinaia di metri) sopra ad un substrato geologico prequaternario.

Oltre alla cartografia di base costituita dalla Carta Tecnica Regionale a scala 1: 5.000, le cartografie tematiche di riferimento utilizzate sono state quelle dello studio geologico 2011 del PATI (Santa Lucia di Piave, Mareno di Piave e Vazzola) a cura del collega dott. Jacopo

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

De Rossi e del PAT 2016 a cura del sottoscritto.

La base conoscitiva di partenza per la predisposizione della rete di caratterizzazione sismica, individuata da una serie di stazioni di misura del parametro VS_{30} e della frequenza propria dei terreni HVSR distribuiti sul territorio in relazione alla distribuzione dei principali corpi deposizionali è certamente la carta geolitologica e dei sistemi morfo-deposizionali, facilmente ricostruibile dalla cartografia tematica disponibile nella documentazione già citata, in particolare gli allegati al PATI 2011.

Per quanto riguarda i terremoti storici che hanno colpito l'area si è fatto riferimento al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI), disponibile al sito http://emidius.mi.ingv..it/CPTI04/, frutto di un progetto portato avanti da un Gruppo di Lavoro formato da ricercatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica (ING), del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) del CNR, della società SGA Storia Geofisica Ambiente (SGA) e del Servizio Sismico Nazionale (SSN). Il catalogo viene aggiornato periodicamente sulla scorta delle nuove conoscenze. Dalla prima formulazione del 1999 (CPTI99), ne è seguita una seconda nel 2004 (CPTI04), una terza nel 2008 (CPTI08) ed una quarta nel 2011 (CPTI11) che aggiornava quella precedente per gli anni dal 1901 al 2008. Gli ultimi aggiornamenti, del 2015, del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), sono sempre disponibile all'indirizzo: http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/.

Per quanto riguarda le faglie capaci che interessano il territorio comunale si è invece fatto riferimento al catalogo ITHACA "ITaly HAzard from CApable faults", disponibile on-line all'indirizzo: http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci.

La base cartografica utilizzata è la Carta Tecnica Regionale a scala 1:5000, i cui riferimenti specifici sono i seguenti:

- Elemento 105041 Villa Rosa;
- Elemento 085134 Mareno di Piave;
- Elemento 085133 Tezze di Vazzola;
- Elemento 085131 Vazzola;
- Elemento 085093 San Felice;
- Elemento 085092 Cimavilla;
- Elemento 084162 Santa Maria di Piave di Mareno;
- Elemento 084161 Madonna di Ramoncello;
- Elemento 084122 Bocca di strada.

Alcuni aspetti sono stati definiti anche sulla scorta dell'osservazione allo stereoscopio delle fotoaeree IGMI volo del 1993 e delle immagini CGR del 1998-99, 2003 e 2007 nonché Telespazio 2007, DigitalGlobe 2011, TerraItaly 2012 e GoogleEarth 2014-2015-2017.

2 PERICOLOSITA' DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Generalità

La pericolosità sismica di base, definita ai sensi del D.M. 14/01/2008, è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). Essa calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza, con riferimento a condizioni ideali di bedrock sismico affiorante e privo di irregolarità morfologiche (superficie topografica orizzontale) e fornisce le caratteristiche del terremoto di riferimento (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali). La scala di studio è solitamente regionale e costituisce una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica.

Questo presuppone un affinamento della pericolosità sismica di base attraverso studi appropriati sulla risposta sismica locale. La risposta sismica locale è la modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito. Si può quantificare mediante il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito e quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale. Se questo rapporto è maggiore di 1, si parla di amplificazione locale.

L'obiettivo del presente studio di Microzonazione Sismica è quello di costruire un modello di velocità di propagazione delle onde elastiche, in modalità trasversale, nei primi 30 metri di profondità e di operare la previsione, su scala locale, del rischio sismico atteso e dei suoi effetti sull'ambiente fisico e costruito. La finalità è quindi quella di operare una suddivisione dettagliata del territorio comunale in sottozone a diversa pericolosità sismica locale, tenendo conto sia della sismicità di base (distanza dalle sorgenti sismogenetiche, energia, frequenza e tipo dei terremoti attesi), sia delle caratteristiche geologiche, morfologiche e geofisiche locali. La MS, individuando microzone a comportamento sismico omogeneo, consente, in particolare, di indirizzare le scelte di pianificazione verso gli ambiti a minore rischio.

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

In funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi gli studi di MS possono essere effettuati a vari livelli di approfondimento, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3:

- il livello 1 consiste in una raccolta di dati preesistenti oltre alla esecuzione di indagini mirate ad acquisire i parametri sismici del sottosuolo, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee rispetto alle fenomenologie sopra descritte;
- il livello 2 definisce la Carta di Microzonazione Sismica; consente di meglio definire il modello geologico del sottosuolo e di fornire per ciascuna microzona identificata una quantificazione numerica degli effetti, ottenuta con metodi semplificati (abachi); lo studio in corso attiene a questo livello;
- il livello 3 restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari o su ambiti di rilevanza strategica; è il livello di maggiore approfondimento per la definizione e caratterizzazione delle zone suscettibili di amplificazioni o di instabilità, perché consente di risolvere le situazioni geologiche e geotecniche complesse, ad esempio inversioni di velocità, non risolvibili con abachi o metodi semplificati, modificando sostanzialmente le carte di microzonazione di livello 1 e 2. Il livello 3, naturalmente richiede un impegno di risorse economiche e professionali importante, giustificato, ad esempio, nel caso di una fase di ricostruzione post-terremoto ma anche, in fase preventiva, nelle aree a più elevato rischio sismico.

Come detto in precedenza il presente studio costituisce il livello 2, in quanto si occupa dell'acquisizione dei dati di base utili per individuare i valori numerici di amplificazione locale riferiti alle microzone (o porzioni di esse) già individuate al precedente livello 1. Eventuali aspetti relativi a zone suscettibili di amplificazione topografica e/o instabilità per i quali non vi è evidenza nel territorio comunale sono semmai rimandati a successivi approfondimenti del livello 3.

2.2 Definizione della pericolosità di base

La più recente normativa sismica italiana, entrata in vigore il 08/5/2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274, recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3/12/2003, suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando la precedente terminologia di categorie sismiche. In linea teorica, l'ingresso in zona sismica è agganciato al valore dell'accelerazione orizzontale di picco (Peak Ground Acceleration, PGA, indicata anche come accelerazione massima orizzontale) riferita ad un terreno a

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

comportamento assimilabile alla roccia, ottenuta per un predeterminato livello di probabilità da studi di pericolosità sismica a carattere nazionale. I valori di PGA convenzionalmente associati alle zone sismiche sono riportati nella tabella successiva.

Zona	***Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)***	***Accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g)***
1	> 0.25	0.35
2	0.15 ÷ 0.25	0.25
3	0.05 ÷ 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Un ulteriore affinamento delle zone sismiche è stato fatto con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 recante "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", pubblicata nella G.U. dell'11 maggio 2006, n. 108, in cui sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche che supera il concetto di categoria legato alle suddivisioni amministrative della precedente Ordinanza. Con il medesimo provvedimento è stata approvata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale che contiene le accelerazioni orizzontali massime convenzionali al suolo di tipo A, necessarie per redigere il calcolo sismico delle costruzioni.

Quindi la OPCM 3519 di fatto supera il concetto stesso di zonazione, imponendo valori discretizzati nello spazio: la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido (V_{s30}>800 m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

In sostanza si è passati da una mappa di pericolosità sismica (2004) utilizzabile dalle Regioni come riferimento per aggiornare l'assegnazione di un Comune a una delle quattro zone sismiche a una dettagliata descrizione dello scuotimento atteso, espresso in termini di parametri ingegneristici. Successive elaborazioni (Progetto INGV-DPC S1, realizzato nell'ambito della Convenzione triennale 2004-2006 fra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, e INGV, avente come oggetto l'assistenza scientifica e manutenzione dell'elaborato di pericolosità rilasciato nel 2004) hanno portato ad ampliare la disponibilità di valori di pericolosità, riferiti a diverse probabilità di eccedenza, e/o valori di accelerazione spettrale.

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

In particolare alcuni dati estrapolati dalla griglia:

- A_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,

servono per ricavare gli spettri di progetto da utilizzare nella progettazione secondo le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) approvate col D.M. 14/01/2008. I punti della griglia sono consultabili on-line presso un sito WebGis appositamente predisposto: http://esse1.mi.ingv.it.

Le zone sismiche tradizionali dell'Ordinanza 3274/2003 sopravvivono solo per scopi amministrativi e per la zona 4.

I valori dei parametri ag, Fo e Tc* determinati sono relativi a situazioni geologiche corrispondenti ad un sito con assenza di effetti locali dei terreni (Categoria A), ovvero con presenza di substrato sismico (Vs30 > 800m/s) affiorante o subaffiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti.

Sulla base di quanto detto sopra e utilizzando software specifici disponibili in rete (Geostru PS Parametri Sismici v. 1.5 oppure EdiLus-MS ACCA piuttosto che il software predisposto dal Consiglio Superiore LL.PP. Spettri di risposta ver. 1.03), il valore mediato del moto sismico rispetto ai quattro punti di maglia che lo comprendono e riferito al Municipio in Piazza Municipio a Mareno di Piave, può essere descritto convenientemente dallo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali del moto che tengono in debito conto delle amplificazioni locali:

stratigrafiche: la categoria di terreno è la B (da microzonazione sismica di livello 1)

topografiche: .la categoria topografica è la T1 in quanto pendio con inclinazione media inferiore ai 15°.

Nella tabella sotto sono riportati i dati di ingresso e quelli di uscita, deducibili come detto dallo spettro di accelerazione, da utilizzare nelle verifiche allo stato limite di salvaguardia della vita SLV come richiesto dalla normativa mediando dai valori di griglia del Ministero.

Da notare l'attribuzione di classe d'uso II che è propria di edifici residenziali e non di fabbricati ad elevato affollamento o strategici. I dati di longitudine e latitudine del sito sono desunti da Google Maps.

	Coordinate ED50	Coordinate WGS 84
Latitudine e Longitudine sito	N 45,842004 E 12,352672	N 45,841108 E 12,351679
	Dati di ingresso	Dati in uscita
Vita nominale dell'opera	50 anni	
Classe d'uso	II	
Fo	2,429	
Tc*	0,326	
Accelerazione orizzontale max al sito ag(g)	**0,201**	
Categoria terreno	B	
Categoria topografica	T1	

Per una più rigorosa analisi della risposta sismica locale vanno quindi considerate sia le caratteristiche della superficie topografica che quelle stratigrafiche le quali possono modificare il moto sismico in superficie amplificandolo e favorendo anche eventuali fenomeni di instabilità. Il valore di accelerazione orizzontale max al sito ag(g) = 0,201 è riferito a terreno di tipo A e quindi andrà corretto con le amplificazioni stratigrafiche e tipografiche.

2.3 Sismicità storica del comune

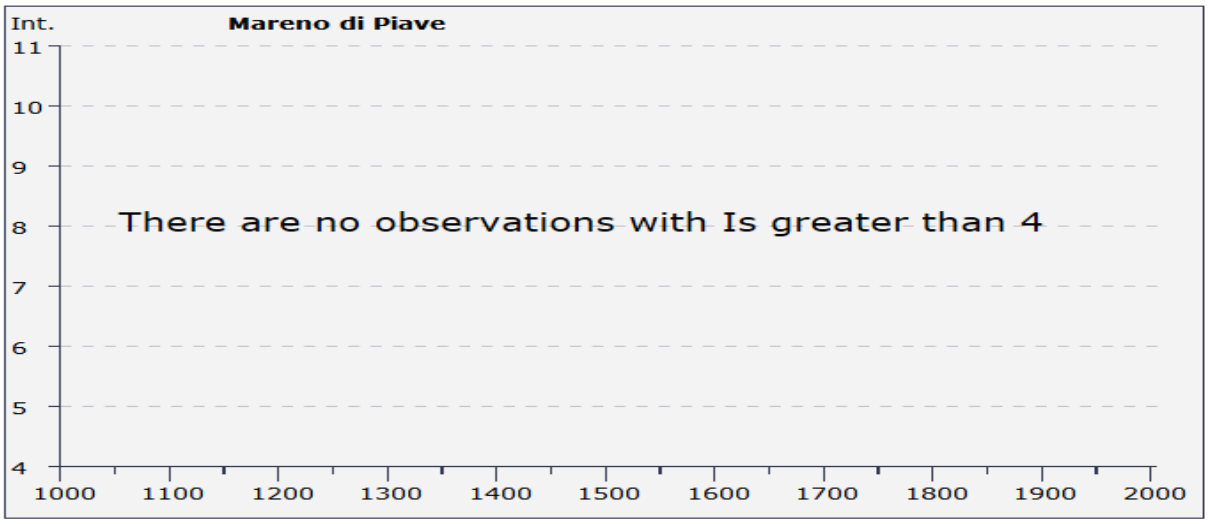
Per quanto riguarda i dati sismici storici di Mareno di Piave e stato utilizzato sia il catalogo NT4.1 (Camassi e Stucchi, 1996) e sia il Data Base Macrosismico Italiano del 2004 (DBMI04) e successivi aggiornamenti: entrambi non danno notizia di eventi significativi nell'area in epoca storica. Per i valori di intensità risentita sono stati invece utilizzati i dati contenuti nel solo Data Base Macrosismico Italiano del 2004 (DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04), redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), disponibile nel suo ultimo aggiornamento al sito http://emidius.mi.ingv..it/DBMI11/. Secondo il

database, nel territorio in esame, non sono stati registrati eventi specifici con magnitudo superiore a 4.5 della scala Richter:

Storia sismica di Mareno di Piave

Numero di eventi: 4

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
NF	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
NF	1994 04 20 21:25	CADORE	159	5-6	4.15 ±0.09
3	2004 07 12 13:04	Alpi Giulie	366		5.19 ±0.09
NF	2004 12 04 22:20	Valle del Piave	115	5	4.18 ±0.14



Più ricca è la documentazione di scuotimenti sismici di una certa entità (intensità registrata al sito Is ≥ 5). Di seguito, per alcune località, il numero (NMO) di eventi registrati:

Località vicine (within 10km)			
Località	Stato	NMO	Distanza
Cimadolmo	IT	3	6km
Codognè	IT	7	7km
Conegliano	IT	31	6km
Fontanelle	IT	3	7km
Ormelle	IT	3	9km
San Fior (di Sopra)	IT	6	9km
San Polo di Piave	IT	4	7km
San Vendemiano	IT	6	6km
Susegana	IT	3	8km
Vazzola	IT	4	2km

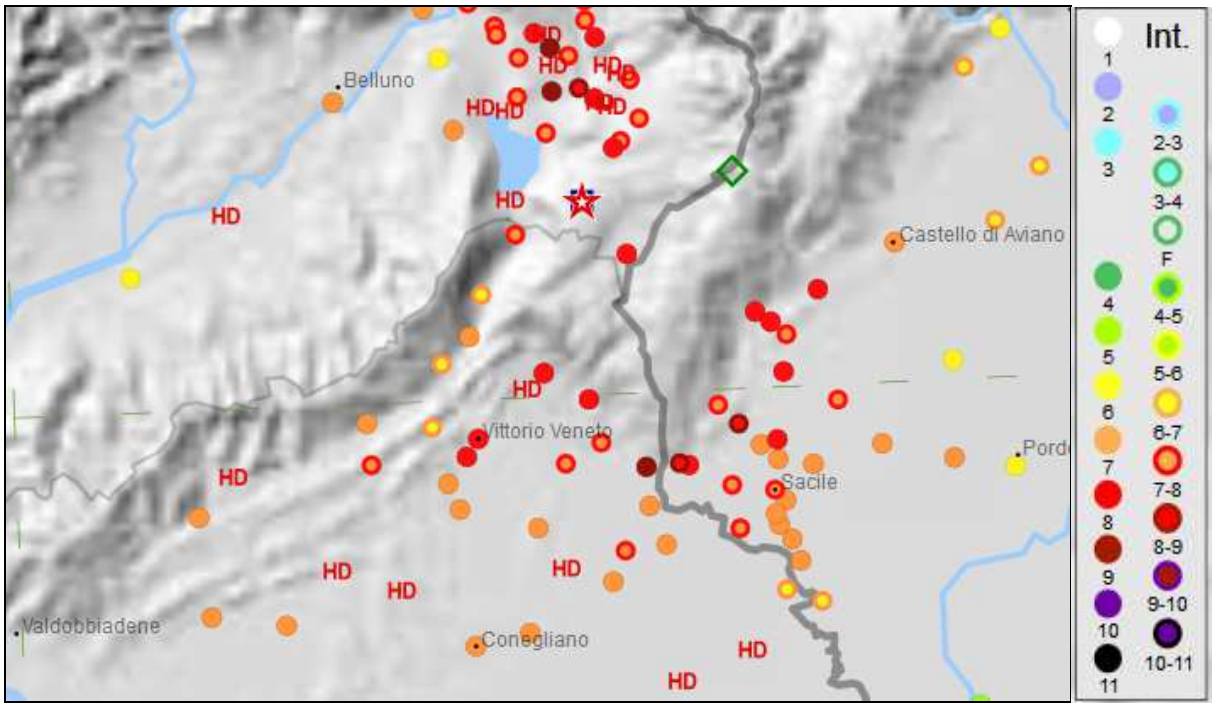
Nella relazione di MS livello 1 erano riportati i dati sismici storici relativi ad alcuni comuni circostanti quello di Mareno di Piave per i quali si ha una storia sismica maggiormente documentata; da tale analisi risulta che gli eventi che hanno avuto maggiori risentimenti in zona sono stati quello del 29/06/1873 e del 18/10/1936 che a Conegliano hanno fatto registrare livelli di intensità di grado 7 MCS.

Per il terremoto del 1936 risultano le seguenti caratteristiche:

1936 ottobre 18 03:10
Alpago Cansiglio

EqID 19361018_0310_000

	Rif	Lat	Lon	Io	Mw ErMw	Profond.
☆ CPTI15	BARAL986	46.089	12.380 MI	9	6.06 ± 0.08 Wmim	
□ Macro	BARAL986	46.089	12.380 bx0	9	6.19 ± 0.10 bxn	
◇ Instr	SANAL014	46.100	12.480		5.84 ± 0.14 Pry_msmb	13



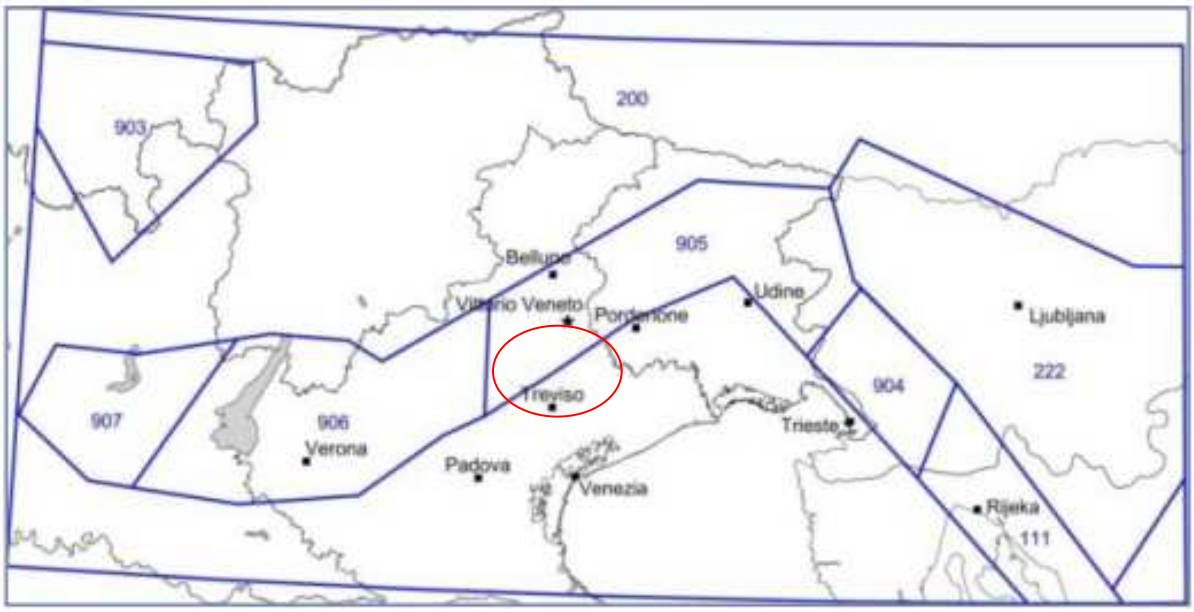
2.4 La classificazione sismica del territorio comunale

Il comune di Mareno di Piave è classificato in zona sismica 3, a seguito della OPCM3274/2003, entrata in vigore il 8/5/2003, recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3/12/2003 ovvero con sismicità medio-bassa. L'accelerazione di riferimento per il comune è ag=0,218411 come riportato in all. 7 della OPCM 3907/2010.

In precedenza era considerato NC (non classificato) anche se già il Gruppo di Lavoro del

1998 aveva fatto la proposta di portarlo in classe III. Questa zona, zona 3, prevede una accelerazione massima di picco su suolo di riferimento rigido tra 0,05÷0,15g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, che corrisponde al valore con tempo di ritorno di 475 anni.

In base alla zonazione attualmente adottata dall'INGV (ZS9), il territorio di Mareno di Piave si trova a ridosso della zona sismotettonica ZS905 (Friuli – Veneto Orientale, vedi figura seguente).



Il meccanismo di fagliazione responsabile dei terremoti che si sono verificati in questa zona è di tipo faglia inversa, con "profondità efficace" (profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti) ipocentrale media stimata di 8-12 km. La magnitudo massima attesa Mwmax per la ZS905 è di M=6.60 come risulta da ICMS (tabella seguente).

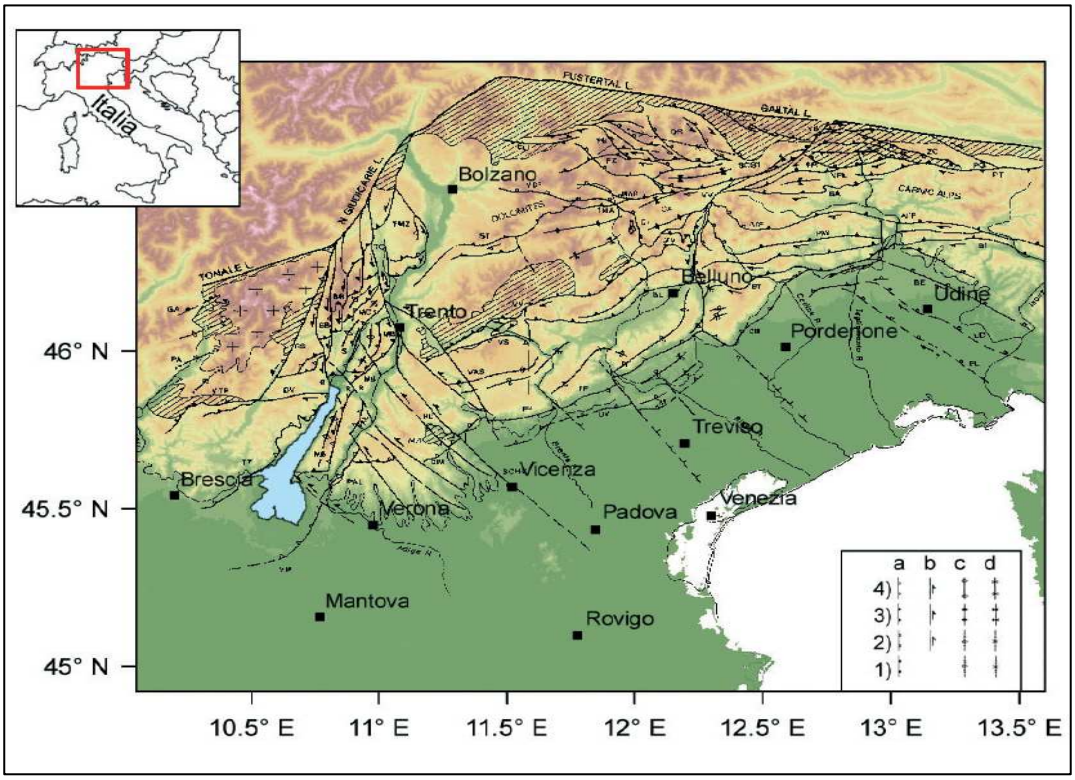
Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

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

2.5 I sistemi di faglie attive

Negli anni ’60 e ’70 furono raccolti un gran numero di dati sull’attività Plio-Quaternaria delle faglie dell’Italia del NE, poi sintetizzati nella “Mappa Neotettonica dell’Italia” (CNR-PFG 1987). In questa vennero mappati i maggiori sistemi di *thrust* sud-vergenti che bordavano le pianure Veneta e Friulana ed influenzavano il dominio pre-Alpino, come strutture continue attive durante il Pliocene ed il Quaternario. Essere vennero definite faglie capaci ovvero faglie attive ritenute in grado di produrre fagliazione in superficie cioè la dislocazione istantanea – cosismica – verticale e/o orizzontale dei terreni lungo uno o più piani di taglio; Secondo un’altra definizione è detta faglia capace la faglia che si è mossa almeno una volta negli ultimi 40.000 anni.

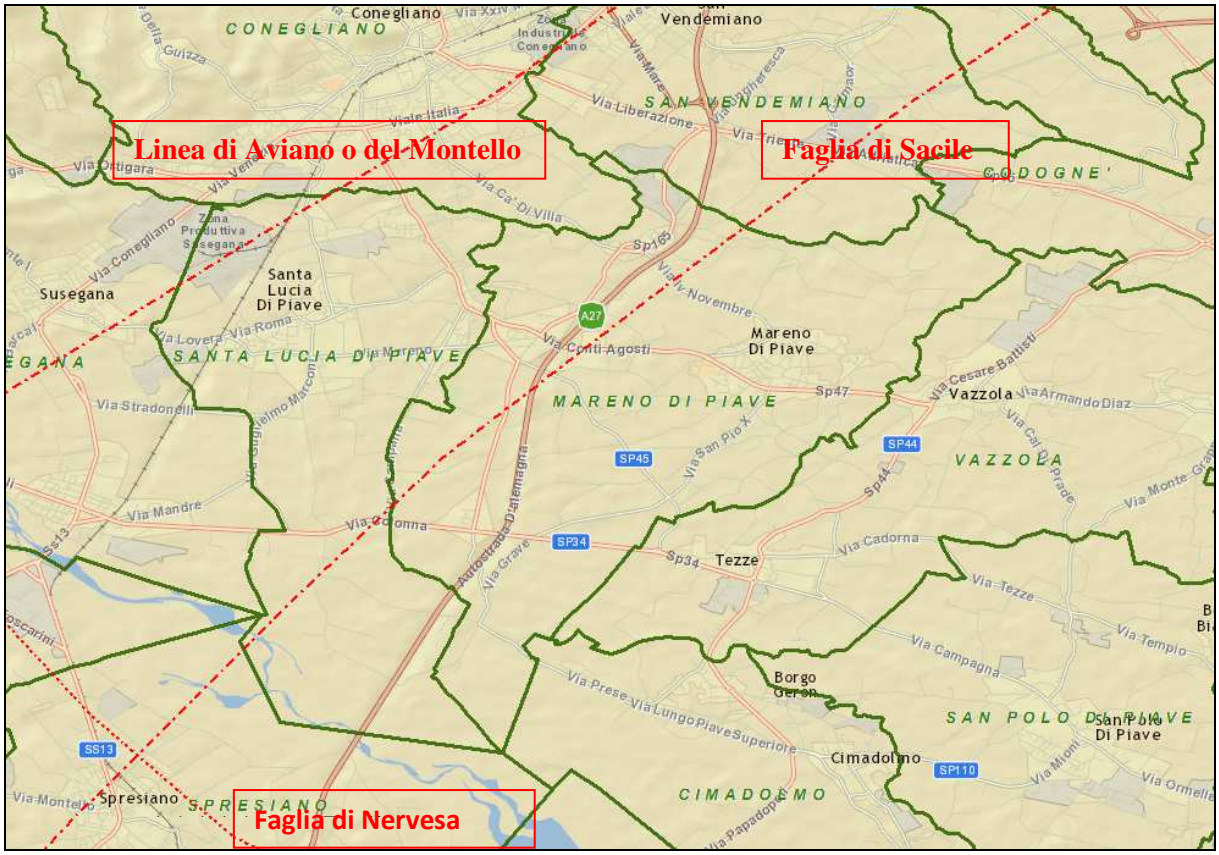
La recente attività dei sovrascorrimenti che delimitano le pianure Veneta e Friulana viene rimarcata anche nella “Map of active faults between the Po and Piave Rivers and Lake Como” (Castaldini & Panizza, 1991), che riporta 112 faglie attive nell’area compresa tra il lago di Garda e la regione Friulana. Gli autori hanno mappato 4 principali strutture compressive dirette ENE-WSW: le linee Valsugana Sud, Bassano-Valdobbiadene, Aviano e Sacile, insieme con un gran numero di faglie minori.



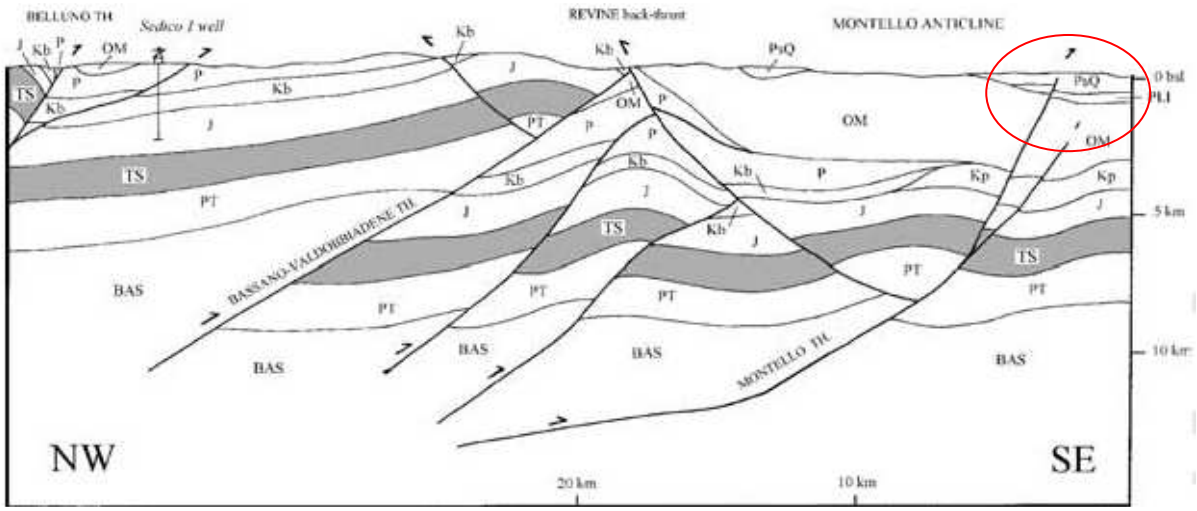
Un sommario a scala regionale delle faglie attive che interessano la catena orientale delle Alpi Meridionali è stato proposto da Galadini *et al*. (2001b). Il lavoro, che rileggeva criticamente

la letteratura disponibile, riportava nuovi dati di campagna del settore W dell'area indagata. La mappa elaborata includeva le faglie principali (come tracce superficiali) la cui lunghezza era coerente con terremoti di magnitudo M ≥ 6,2. Le faglie mappate sono caratterizzate dall'evidenza di attività o dall'indicazione di probabile attività durante il tardo Pleistocene-Olocene (dopo l'ultima Massima Espansione Glaciale, LGM). Il risultato di questa operazione fu un inventario di otto faglie (si tratta di strutture continue maggiori) che interessavano l'area tra Thiene ed il bordo orientale Friulano. Una successiva rivisitazione critica del lavoro ridusse ulteriormente il numero di faglie attive.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio può essere verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA "ITaly HAzard from CApable faults" disponibile on-line all'indirizzo http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA_-_Catalogo_delle_faglie_capaci (figura seguente).



Dai dati geologici disponibili si può vedere come la recente attività tettonica sia il risultato di sovrascorrimenti "ciechi" responsabili di movimenti verticali differenziali e continua deformazione dei depositi e della morfologia del tardo Quaternario, ubicati sopra la linea di estremità delle faglie sepolte (Benedetti *et al.* 2000; Merlini *et al*. 2002; Peruzza *et al*. 2002).



Sezione geologica attraverso il margine meridionale delle Alpi Meridionali orientali nell'area del Montello (da Fantoni et al., 2001). Legenda: PsQ: Pliocene sup.-Quaternario; PLI: Oligo-Miocene; P: Paleocene; Kb: Cretaceo (bacino); Kp: Cretaceo (piattaforma); J: Giurassico; TS: Trias superiore; PT: Permo-Trias; BAS: Basamento magnetico.

Il sottosuolo dell'alta pianura attorno a Mareno di Piave risulta interessato dalle faglie di Sacile e di Aviano (nota anche come linea del Montello) e dalla faglia di Nervesa. Questo stile deformativo (vedi figura precedente) impedisce di comprendere il comportamento delle faglie attraverso il solo uso esteso delle ricerche paleosismologiche. Il quadro si complica ulteriormente qualora le faglie attive della tettonica Neo-Alpina riattivino faglie di sovrascorrimenti più antichi, in particolare quelli Dinarici (diretti NW-SE).

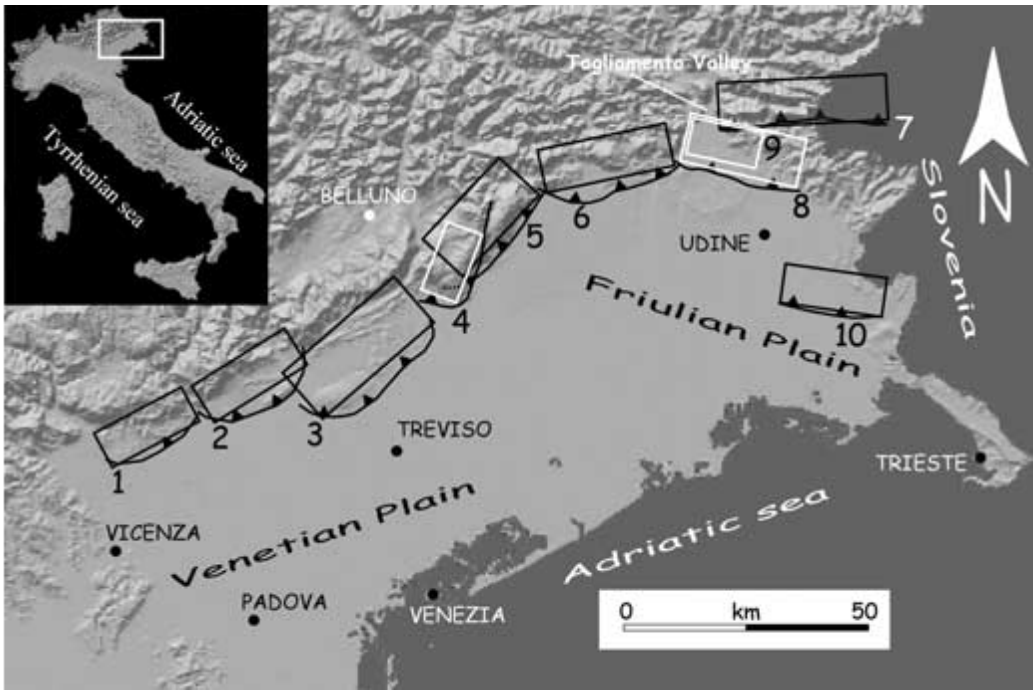
La definizione della geometria tridimensionale delle faglie in profondità, soprattutto quando, come in questo caso, si tratta di sistemi di faglie "cieche" cioè mascherate dalla copertura dei sedimenti sciolti, viene ricavata:

- dall'interpolazione e dal confronto di dati che vengono dallo studio geomorfologico superficiale (che danno informazioni sull'interazione tra la crescita del sovrascorrimento e le forme del territorio);
- dai profili sismici a riflessione trasversali ad esse. I dati geofisici (insieme ai dati dei sondaggi) aiutano a definire il profilo profondo della faglia, permettendo così di legare l'espressione superficiale di questa ad una superficie di faglia profonda;
- se la sorgente sismogenetica è stata responsabile di un terremoto in tempi recenti (es. Friuli 1976), dalla localizzazione epicentrale delle scosse principali e di assestamento e dallo studio dei parametri focali;
- dalla distribuzione dei danni dei terremoti storici.

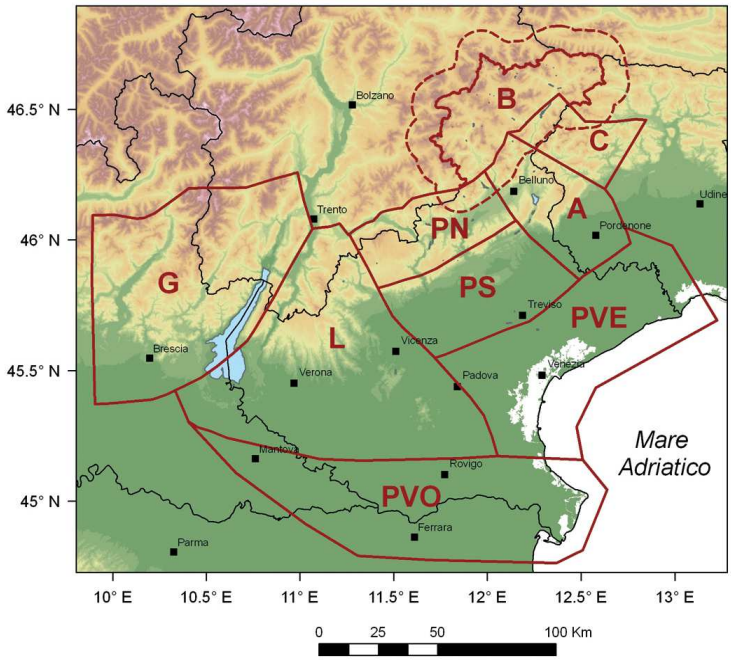
Secondo questa filosofia, per la definizione della geometria dei maggiori sovrascorrimenti ciechi che interessano la nostra zona, sono stati utilizzati dati strutturali del sottosuolo, derivati da più di 1700 km di profili sismici a riflessione, che hanno permesso di definire la geometria profonda dei segmenti di faglia, fino a profondità comprese tra 5 e 14 km. I vettori di spostamento delle faglie sono stati ricavati da dati strutturali di superficie e dalla precedente conoscenza dei campi di stress che interessano la nostra regione. I tassi di spostamento a lungo termine sono stati invece ricavati dalle dislocazioni dei depositi quaternari.

2.5.1 Le sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti distruttivi

Per quanto riguarda la fascia Prealpina, l'elaborazione di un gran numero di dati ha permesso di segmentare il fronte della deformazione attuale in diverse strutture sismogenetiche individuali che possono essere potenzialmente responsabili di terremoti con magnitudo $M \geq 6$ (ricordiamo che l'energia rilasciata dipende dalla dimensione della sorgente). Sono state così riconosciute 9 strutture tettoniche potenzialmente sismogenetiche rispetto alle quali il territorio di Mareno di Piave ricade nella fascia antistante il settore Montello-Conegliano (settore 3 della figura seguente).

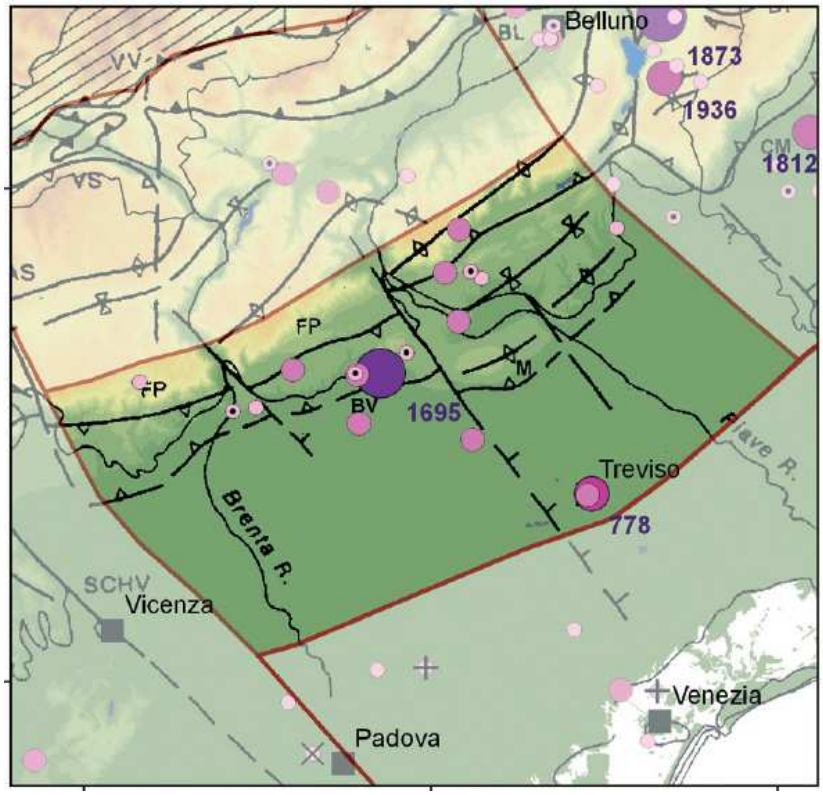


Mappa delle sorgenti sismogenetiche nel settore Thiene-Udine della catena delle Alpi Meridionali orientali: (1) Thiene-Bassano; (2) Bassano-Cornuda; (3) Montello-Conegliano; (4) Cansiglio; (5) Polcenigo-Maniago; (6) Arba-Ragogna; (7) Gemona-Kobarid; (8) Susan-Tricesimo; (9) Trasaghis; (10) Medea. Le sorgenti contornate da rettangoli neri sono state definite principalmente attraverso dati geologici (superficiali e profondi); quelle dai rettangoli bianchi da dati misti geologici-sismici (da Galadini *et al.*, 2005)



Va però citata anche una proposta più recente, del 2011, contenuta nella pubblicazione Distretti sismici del Veneto (M. SUGAN e L. PERUZZA) dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS); in questo lavoro viene riconosciuto un Distretto Pedemontana-Sud – PS – (vedi figura a lato) con caratteristiche sismogenetiche particolari.

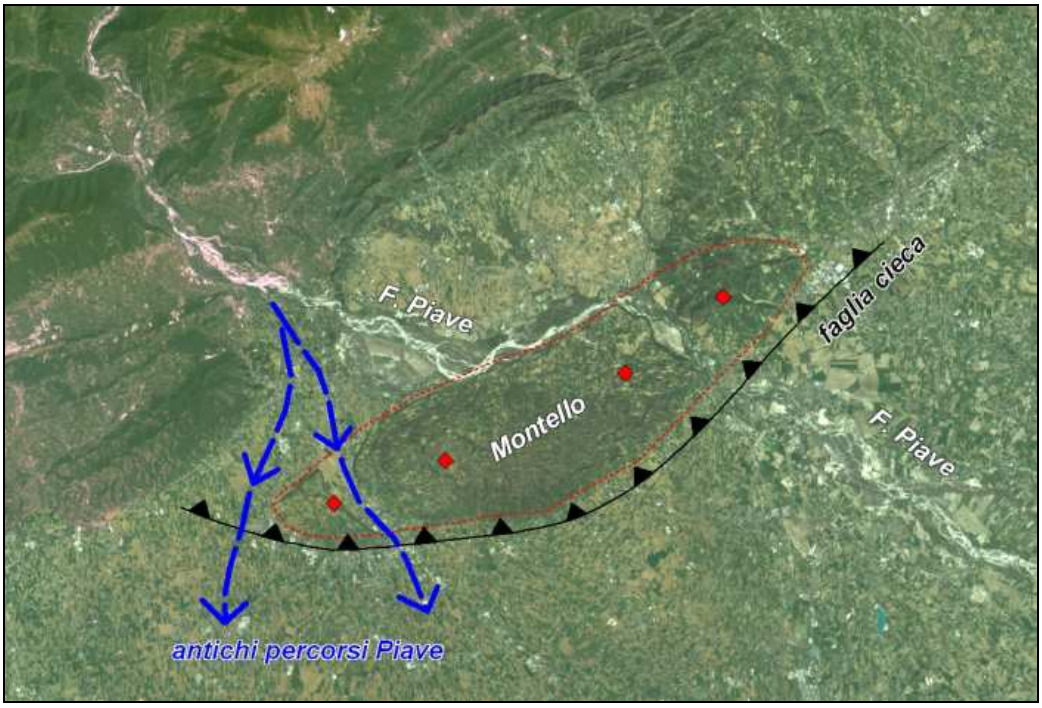
In tale lavoro, seguendo la suddetta suddivisione, la struttura tettonica che più influenza la zona in esame è quella denominata sovrascorrimento del Montello-Conegliano (M). La zona indagata è, infatti, collegata all'innalzamento che proviene dall'attività dei sottostanti sovrascorrimenti ciechi (vedi figura seguente).



Distretti sismici del Veneto: Distretto Pedemontana Sud. A Nord dei sovrascorrimenti di Bassano-Cornuda (BV) e Montello-Conegliano (M) si possono notare le aree ripiegate della Flessura pedemontana (FP) (da Sugan e Peruzza, 2011)

Le altre strutture tettoniche importanti per il settore sono:

- lungo il margine dei rilievi montani delle Prealpi la grande flessura Bassano-Valdobbiadene-Vittorio Veneto, elemento neotettonico principale di tutta l'area allargata;
- la Faglia di Longhere o della Valcalda: grossomodo si snoda al piede e parallelamente alla flessura Bassano-Valdobbiadene, sul fondo della Vallata; si tratta di un fascio di faglie inverse con direzione WSW-ENE, rigetti complessivi dell'ordine di 4 km e lunghezza di circa 25 km;
- parallela alla faglia della Valcalda è la faglia di Farrò che interessa il substrato poco a Nord del centro della località omonima.
- più a Sud-Ovest la sinclinale del Soligo, con asse parallelo ai rilievi collinari e cerniera all'altezza del centro di Refrontolo. Il fianco della sinclinale è complicato, all'altezza della sede dell'ASCO Piave a Pieve di Soligo, dalla faglia del Quartier del Piave (vedi sotto per la sua descrizione).
- Anticlinale del Montello: costituisce il rilievo che chiude a S la pianura del Quartier del Piave; è formata da strati conglomeratici piegati ad anticlinale con fianchi molto aperti che tende a chiudersi lateralmente (brachianticlinale);
- Faglia del Montello: la piega del Montello è il riflesso superficiale di questa deformazione che ha provocato durante il quaternario la deviazione del corso del f. Piave e che è tuttora attiva prodotta dal suo movimento inverso ad alto angolo immergente a NNW che rappresenta la faglia più esterna della catena Sudalpina orientale;



- poco oltre il limite settentrionale del Montello, verso NE, la faglia del Quartier del Piave; è costituita in realtà da uno stretto fascio di faglie dirette, attive, con direzione WSW-ENE, obliterate dai sedimenti di copertura;
- Faglia di Nervesa: circa ortogonale alle strutture precedenti, si insinua dentro la stretta di Nervesa e prosegue poi a monte sulla traiettoria del torrente Raboso (dove dà ragione della spaccatura della dorsale collinare e del versante meridionale del m. Cesen); secondo altri studi essa taglia i rilievi collinari dietro a Farra di Soligo per proseguire poi sulla direttrice Campea-Miane-Carmine fino oltre il crinale delle Prealpi; si tratta di una faglia trascorrente sinistrorsa a trend Dinarico (NW-SE);
- Faglia di Pedeguarda: si insinua nel medio corso del fiume Soligo con direzione circa NW-SE, incidendo il versante prealpino verso il m. Crep. Verso S la sua presenza è ancora documentabile nella zona di Collalto.

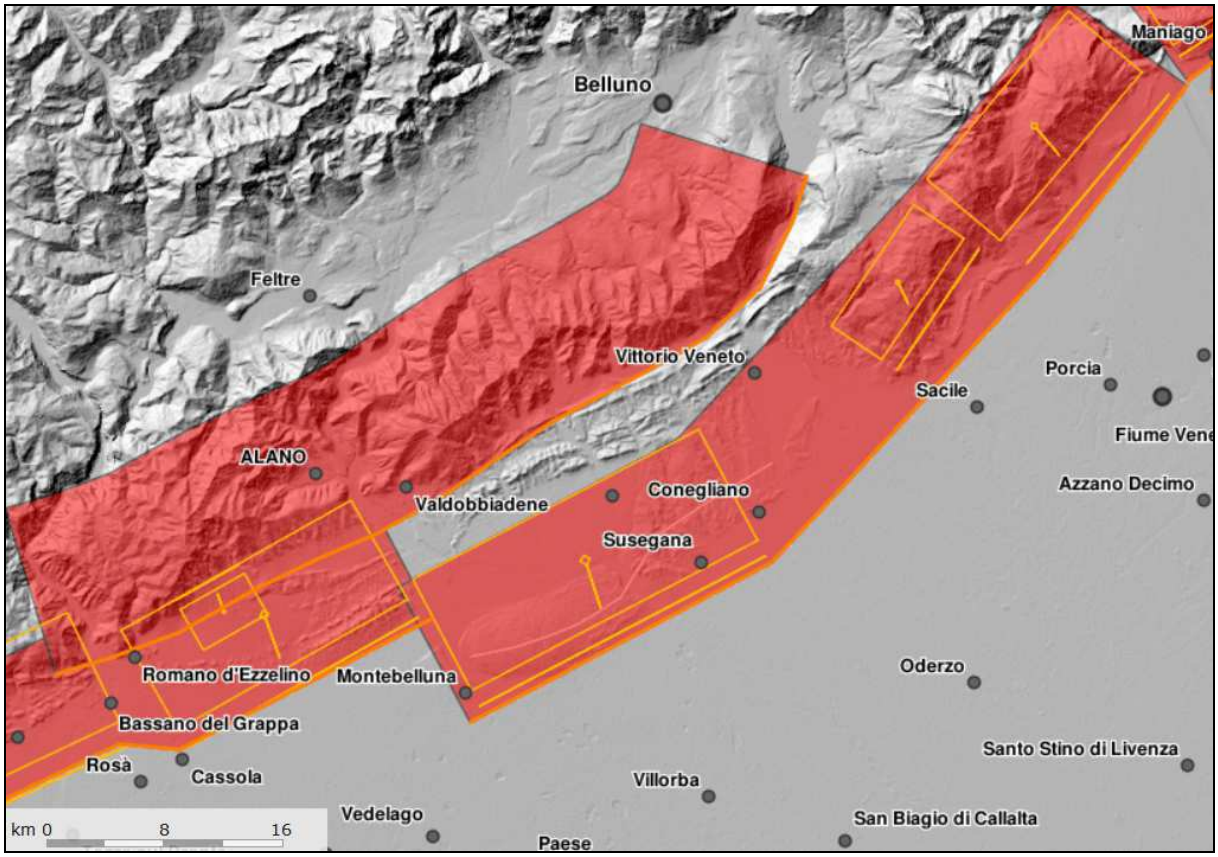
Secondo questo modello, Distretti sismici del Veneto, (ma anche per il DISS come si dirà tra poco) il territorio di Mareno di Piave non è attraversato da lineamenti tettonici principali a differenza del catalogo ITHACA che riporta la faglia di Sacile (vedi figura a pag. 18).

Nella elaborazione delle tavole di Microzonazione Sismica di Livello 1 si è deciso di non considerare la linea di Sacile, atteso che, in ogni caso, essa si colloca a diverse centinaia di metri di profondità sotto al materasso alluvionale quaternario e la sua posizione non risulta condivisa e confermata dagli studi più recenti.

Dal DISS Working Group (2015). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Versione 3.2.0 è possibile ricavare una compilazione di potenziali sorgenti sismiche di magnitudo maggiore di M = 5.5 in Italia (http://diss.rm.ingv.it/diss/, © INGV 2015).

Nella Figura seguente sono riportate le caratteristiche geometrico-cinematiche delle sorgenti sismogenetiche che interessano il Veneto Nord-Orientale.

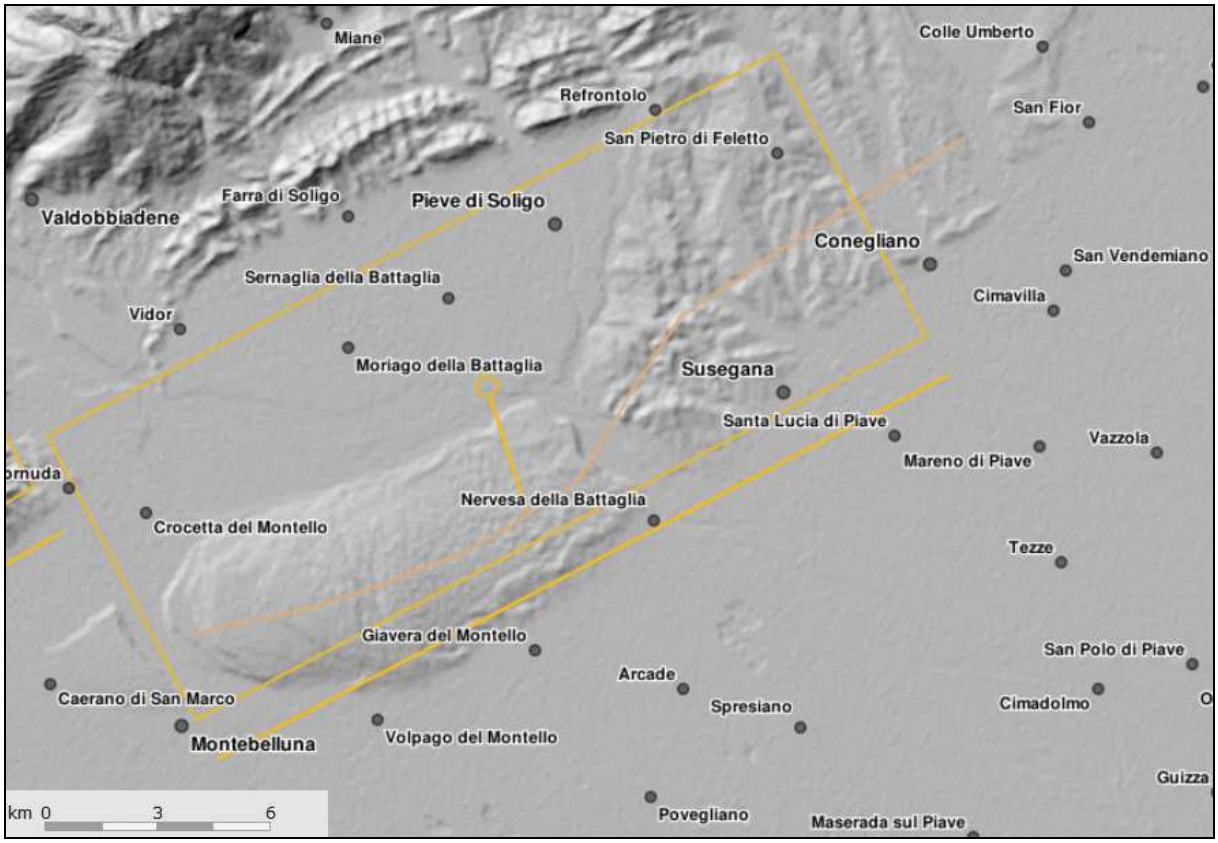
In questo distretto, DISS, identifica una sorgente composita denominate Montebelluna-Montereale (ITCS060), dallo sbocco in pianura del f. Piave, a quello del t. Cellina. Essa, come le altre sorgenti composite verso Est e verso Ovest, rappresenta un segmento di sovrascorrimenti vergenti S-SE, implicati nella sismogenesi degli eventi maggiori fino a profondità modeste (7-9 Km) e frammentati da elementi trasversali.



Alla sorgente composita Thiene-Cornuda (ITCS007) appartengono le sorgenti individuali di Thiene-Bassano (ITIS127), che risulta quiescente in epoca storica e la struttura Bassano-Cornuda (ITIS102), cui viene associato il terremoto di Asolo del 25 febbraio 1695, nonché la sorgente individuale di Monte Grappa (ITIS113). Quest'ultima viene interpretata come il back-thrust della più grande sorgente di Bassano-Cornuda e ad essa è associato il terremoto di Bassano del 1836, Mw = 5,48.

Procedendo verso Est, della sorgente composita Montebelluna-Montereale fa parte la sorgente sismogenetica individuale del Montello (ITIS101), collegata al sovrascorrimento Montello-Conegliano e la sorgente Cansiglio (ITIS121), responsabile del terremoto verificatosi nella regione Alpago-Cansiglio nel 1936; mentre la sorgente Polcenigo-Maniago (ITIS121) di quello del 1873 che ha interessato il territorio Bellunese.

Nella figura seguente, sempre tratta da DISS, è mostrata la sorgente Montello-Conegliano.



Per il Montello non vi sono indizi di forti terremoti storici associati. Sebbene le evidenze geomorfologiche e geologiche (terrazzi fluviali deformati, diversione del Piave, vedi Benedetti et al. (2000), confermino l'attività recente dei fronti di deformazione del thrust Montello-Conegliano, non vi sono chiare informazioni che permettano di definire quanto la deformazione venga rilasciata attraverso eventi sismici e quanto questo fenomeno avvenga in modo asismico con deformazioni di tipo plastico.

In ogni caso la sorgente Montello-Conegliano è ritenuta in grado di generare sismi di Magnitudo pari 6,69 quindi con l'energia più elevata dell'intero settore. Di seguito si riporta quanto indicato nel lavoro di Galadini F., Poli M. E. and Zanferrari A. 2005, riguardo le sorgenti sismogenetiche.

Seismogenic source	Rupture length (km)	Downdip rupture width (km)	Rupture area (km^2)	Minimum depth (km)	Maximum depth (km)	Rake	Vertical slip rate (mm/yr)	Min. vertical slip rate (mm/yr)	Magnitude	Associated historical earthquake
Thiene-Bassano (1)	20	9.5	190	≈1	5.75	100°	<1*	-	6.43	1117 (Jan. 3) (?)
Bassano-Cornuda (2)	22	11	242	≈1	6.2	100°	<1*	0.42-0.5	6.49	1695 (Feb. 25
Montello-Conegliano (3)	30	15	480	≈1	12	100°	1+	0.32-0.4	6.69	-
Cansiglio (4)	15	10	150	0	7	120°	<1*	0.4-0.47	6.24	1936 (Oct. 18)
Polcenigo-Maniago (5)	21	14	294	≈1	9	100°	<1*	0.17-0.25	6.55	1873 (June 29)

Ulteriori elaborazioni eseguite dagli stessi e da altri autori hanno modificato leggermente i valori di M riportati ma si tratta di variazioni in genere nella seconda cifra decimale.

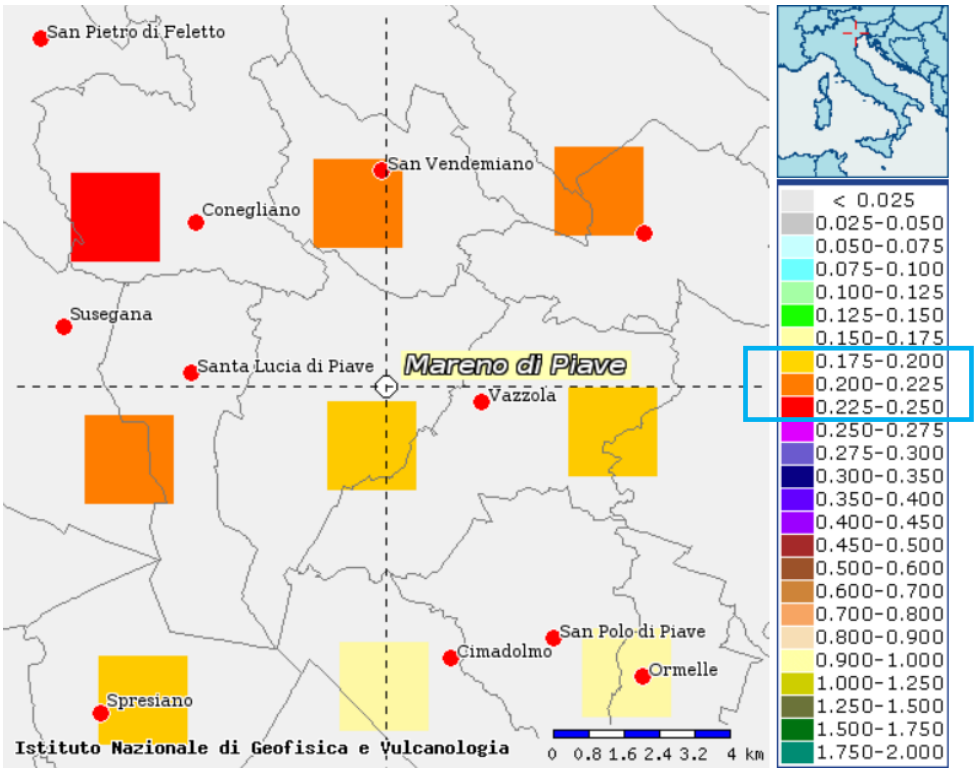
Per l'area di Mareno di Piave, la struttura sismogenetica principale appare la linea Montello-Conegliano che determina un piano di movimento immergente verso NW a profondità comprese tra 1 e 12 km. Dai vari studi citati, si ricava che la magnitudo massima attesa per la struttura sismogenetica Montello-Conegliano è di M=6,69.

Nelle elaborazioni che seguiranno si farà però riferimento alla magnitudo massima di Zona prevista dagli ICMS che prevede, per SZ905, il valore di 6,60.

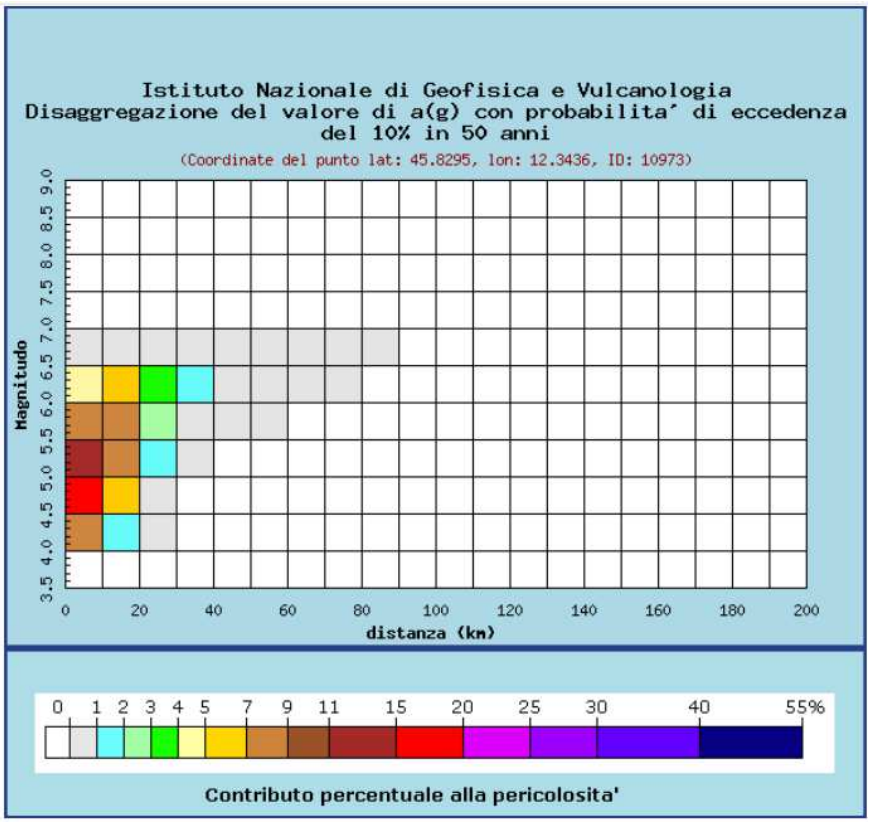
2.5.2 Pericolosità sismica locale

La distribuzione e caratterizzazione delle zone sismogenetiche finora riconosciute e descritte in precedenza è stata tradotta in una carta di pericolosità sismica, valida su tutto il territorio nazionale ed entrata in vigore con l'O.P.C.M. n. 3519 del 28 Aprile 2006.

Secondo la mappa di pericolosità sismica elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si vede come il comune di Mareno di Piave è compreso nella fascia di accelerazione massima al suolo (riferita a suolo rigido di tipo A) tra 0,225÷0,175g. Pertanto i valori di riferimento da utilizzarsi nella progettazione degli edifici devono essere compresi entro questa fascia.



A partire dalla griglia dell'INGV è anche possibile eseguire il calcolo della disaggregazione della pericolosità: questa ha lo scopo di individuare il maggior contributo alla pericolosità del sito in termini di magnitudo - distanza di un evento. Le tabelle riportate sotto sono relative al punto della griglia denominato 10973 che è l'unico che ricade all'interno del territorio comunale; la disaggregazione è stata fatta anche per gli altri tre punti più vicini al contorno del comune ottenendo esiti del tutto simili.



Valori medi		
Magnitudo	**Distanza**	**Epsilon**
5.310	10.800	0.907

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.8295, lon: 12.3436, ID: 10973)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	8.910	19.800	14.500	8.880	4.680	0.586	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.660	6.290	8.040	7.860	6.170	0.970	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.001	0.386	1.670	2.760	3.170	0.615	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.151	0.782	1.300	0.295	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.074	0.251	0.066	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.069	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M-R 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.

Per Mareno di Piave: un evento di Magnitudo 5,31 ad una distanza di 10,8 km.

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 Inquadramento geologico- geomorfologico

Come si può dedurre dalla cartografia C.T.R., usata come base per le carte tematiche e dagli elaborati del P.A.T., il territorio del Comune di Mareno di Piave si estende su una superficie di 27,77 kmq. Sostanzialmente allungato in direzione NE-SW, risulta costituito da depositi alluvionali dell'alta pianura trevigiana in prossimità del passaggio (linea delle risorgive) alle alluvioni più fini della media pianura.

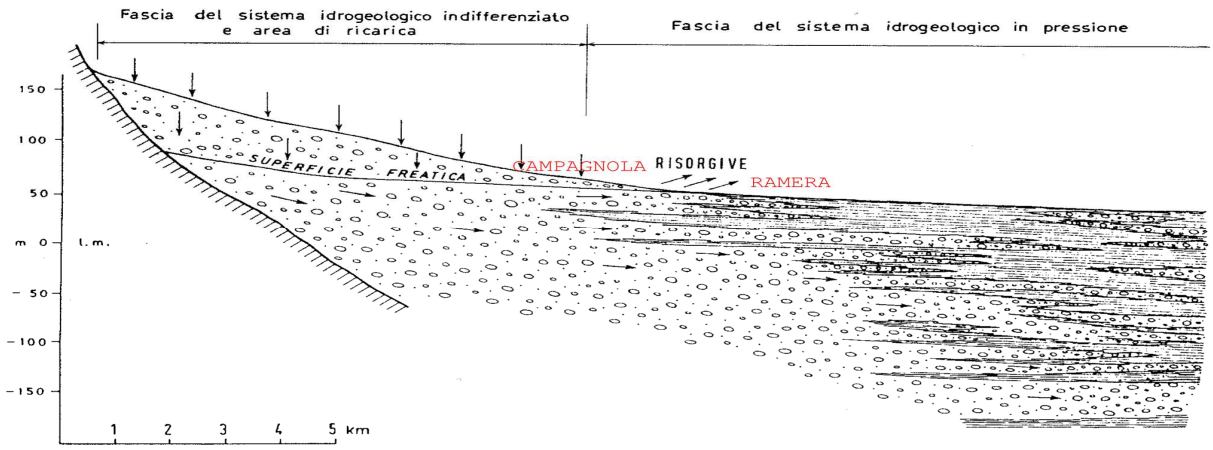
Come riportato dalla Relazione Geologica del dott. geol. Iacopo De Rossi e anche nella relazione geologica del PAT 2016 a cura del sottoscritto, l'impronta geomorfologica del territorio presenta una connotazione divisa chiaramente in due parti:

- la parte centrale e meridionale del comune è condizionata dal megafan del f. Piave, con depositi prevalentemente granulari e con alcuni dossi fluviali leggermente rilevati rispetto all'andamento generale della superficie topografica:
- la porzione di NordEst, area di Ramera e poi lungo il f. Monticano, è interessata invece dalle conoidi minori di Conegliano e del Monticano. È caratterizzata da bassure con terreni coesivi, fossati ad andamento meandriforme e corsi d'acqua arginati con prevalenza di sedimenti più fini, da sabbiosi ad argillosi.

Si tratta, ovviamente, di una suddivisione di comodo, priva di un confine ben preciso, introdotta per facilitare la zonazione sismica del territorio comunale.

Lo schema dei rapporti litostratigrafici dell'area può essere espresso attraverso il consueto modello idrogeologico della pianura veneta:

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it



La maggior parte del territorio comunale interessa la zona del materasso ghiaioso indifferenziato mentre la zona di Ramera vede la presenza dei depositi fini, coesivi, di passaggio alla media pianura.

Per quanto riguarda l'altimetria il territorio di Mareno di Piave si estende tra una quota massima di 53 s.l.m in corrispondenza del confine con Santa Lucia di Piave, poco a Nord di Borgo Campana ed una minima di circa 30 s.l.m nella bassura percorsa dal f. Monticano all'estremità di NE del territorio comunale.
L'inclinazione della superficie topografica è in genere modesta e si mantiene attorno allo 0,3%. Le sole scarpate significative sono quelle delle ex cave di ghiaia presenti attorno a Mareno e a Nord di Santa Maria.

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per la redazione della seguente relazione ci si è avvalsi dei dati provenienti da indagini e rilievi effettuati nel corso di numerosi anni, sia personalmente che gentilmente messi a disposizione da colleghi e dall'Amministrazione Comunale.

In particolare sono state riprese le indagini pregresse documentate nel PAT e già inserite in allegato per lo studio di livello 1 unitamente alle indagini sismiche realizzate nel 2014-15.

Appositamente per lo studio in corso, inoltre, sono state effettuate una serie di stazioni di misura HVSR. I dati relativi a queste nuove indagini sono reperibili in allegato (cartella "Indagini MS 2018").

Le indagini sono state nominate con la sigla MDP per indicare Mareno di Piave seguita da SMC nel caso di stese sismiche con rifrazione, MASW e ReMi e sigla HVSR nel caso di misura dei microtremori.

Tali dati per un totale di 75 misure sono stati inseriti nella carta delle Indagini. Nel complesso le indagini utilizzate sono:

Tipologia di prova	**Quantità**
Prove pregresse	
Prova penetrometrica dinamica media (DPM)	8
Sondaggio-pozzo per acqua	14
Trincee eplorative	1
Prove acquisite 2014-15	
Profilo sismico a rifrazione	7
MASW + ReMi	7+7
HVSR (TROMINO)	15
Prove di nuova acquisizione 2017-18	
HVSR (TROMINO)	16

Di seguito vengono riassunte le caratteristiche principali dei parametri di acquisizione utilizzate per tutti i siti di indagine:

	Lunghezza stesa sismica	Distanza intergeofonica	Recording Time
rifrazione	**46 m**	**2 m**	**0.3 s**
MASW	**46 m**	**2 m**	**0.3 s**
ReMi	**46 m**	**2 m**	**Più acquisizioni da 44 s**
		Frequenza	Recording Time
HVSR		**128 Hz**	**20 o 26 min**

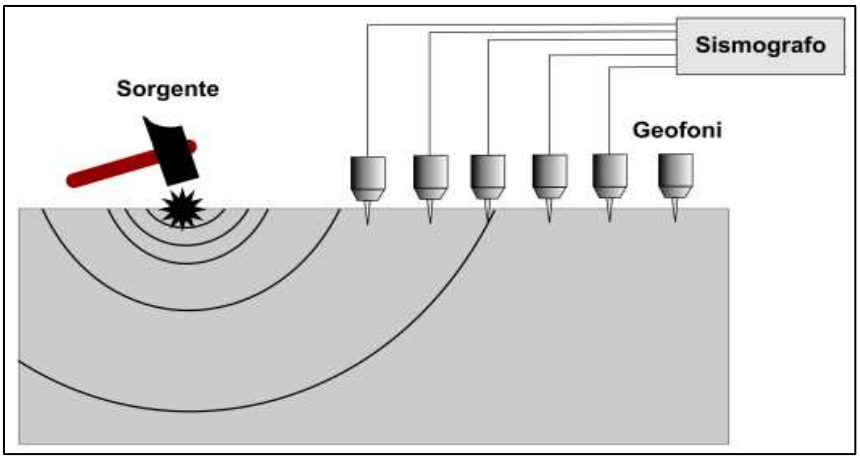
Ulteriori dettagli riguardanti i parametri dell'acquisizione vengono riportati negli allegati all'interno del rapporto di elaborazione di ciascuna prova.

Ovviamente in questa fase sono stati anche rielaborati alcuni dati raccolti durante lo studio di Microzonazione di Livello 1.

4.1 Breve descrizione dei metodi

I fondamenti teorici dei metodi di indagine impiegati sono meglio descritti nella relazione del Livello 1. Qui vengono ripresi solo alcuni aspetti essenziali.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.



Il metodo di indagine MASW attivo consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30 m di profondità, con una maggiore precisione entro i primi 15 m.

Il materiale per l'acquisizione dei nostri dati è costituito da un sismografo (in questo caso si tratta di un sismografo Dolang DBS280 a 24 canali), collegato a dei geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz tramite dei cavi multipolari ed un sistema di energizzazione sismica del terreno tramite piastra e mazza da 5 kg.

La **tecnica ReMi (Refraction Microtremor)** è un metodo passivo d'indagine geofisica che sfrutta invece le modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare delle onde di Rayleigh, generate però da sorgenti ambientali.

A differenza di quanto avviene nell'indagine eseguita con la tecnica MASW, dove la posizione delle sorgenti è nota ed è allineata allo stendimento, nel caso del ReMi i punti di origine dei microtremori sono spesso non identificabili. Quindi la registrazione viene protratta per tempi più lunghi. A differenza dei pochi secondi necessari per acquisizioni MASW sono

qui necessarie alcune decine di secondi di acquisizione (in genere 30 - 60 secondi sono sufficienti). Nel nostro caso è stata usata una registrazione di 44 secondi.

I principi teorici e gli aspetti di acquisizione ed elaborazione dei dati sono sostanzialmente gli stessi della tecnica MASW con la differenza che con ReMi si ha una maggior definizione degli strati profondi. Per questo diventa complementare alla MASW per le profondità comprese tra 15 m e 30 m (e oltre).

Infine la **Tecnica di misure ed interpretazione HVSR (tramite TROMINO®)** è una prospezione sismica che si basa sull'acquisizione e sull'analisi del Rumore Sismico Ambientale (Seismic Noise) ovvero la continua vibrazione del suolo dovuta sia a cause naturali che antropiche. Con la tecnica a " Stazione Singola" viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSR ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios) (Nakamura, Y. [1989]). Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno e individuare la frequenza fondamentale (f_o) di questa vibrazione. Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra f, lo spessore della parte più soffice del terreno (ovvero la parte di materiali sovrastante il bed-rock) e la velocità media (Vs) delle onde simiche nel sottosuolo, attraverso le misure HVSR è possibile risalire allo spessore di questo strato.
Per la valutazione del periodo proprio di risonanza del sottosuolo è stata utilizzata la tecnica a stazione singola Horizontal to Vertical Spectral Ratio (Kanai,1957; Igarashi 1970; Nakamura 1989) che permette di estrarre informazioni relative alla frequenza di vibrazione del suolo a partire dagli spettri di rumore sismico registrati in sito. La strumentazione utilizzata (Tromino) prevede una misura di rumore sismico della durata di 20 o 26 minuti per ogni punto di misura è stata eseguita con una frequenza di campionamento a 128 Hz.

4.2 interpretazioni ed incertezze

Gli ambiti di indagine sono quelli a sviluppo insediativo, sia esso a destinazione residenziale, produttiva, dei servizi o infrastrutturale: questi ambiti si distribuiscono in maniera molto diffusa entro il territorio comunale con tutta una serie di borghi e nuclei abitati sparsi, sia sulle dorsali collinari che nei fondovalle, con la sola eccezione dell'ambito collinare settentrionale in cui gli insediamenti sono veramente sporadici e dispersi. Per completezza le indagini sono state estese anche ad aree dove non sono al momento previste trasformazioni urbanistiche ma

puntando alla caratterizzazione di aree presumibilmente omogenee dal punto di vista geologico.

I dati di campagna sono stati elaborati con i programmi **GeoMASW, GeoReMi e SismaCon (ProgramGeo - Carpenedolo BS)**, softwares per l'interpretazione e l'archiviazione rispettivamente di prove MASW, ReMi e sismica a rifrazione. Per i dati HVSR è stato usato l'apposito software **Grilla®** (Micromed).

I metodi di elaborazione dei dati di campagna MASW e ReMi consistono in tre fasi: (1) la prima fase prevede la generazione dello spettro f-k (spettro frequenza-numero d'onda) e l'individuazione delle frequenze minima e massima utili al calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, (2) la seconda fase consiste nell'interpretazione attraverso un algoritmo di inversione che consente di generare una curva di dispersione teorica, (3) la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

È evidente che in questo tipo di approccio non c'è univocità del risultato in quanto alla formazione del parametro fondamentale contribuiscono due variabili: lo spessore dello strato e la velocità, e lo stesso valore parametrico può essere ricavato con combinazioni diverse delle due variabili. In genere l'ambiguità viene risolta con l'ausilio di vincoli che consentano di "bloccare" una delle due variabili (disponibilità di dati stratigrafici o di altre misure geofisiche, etc.).

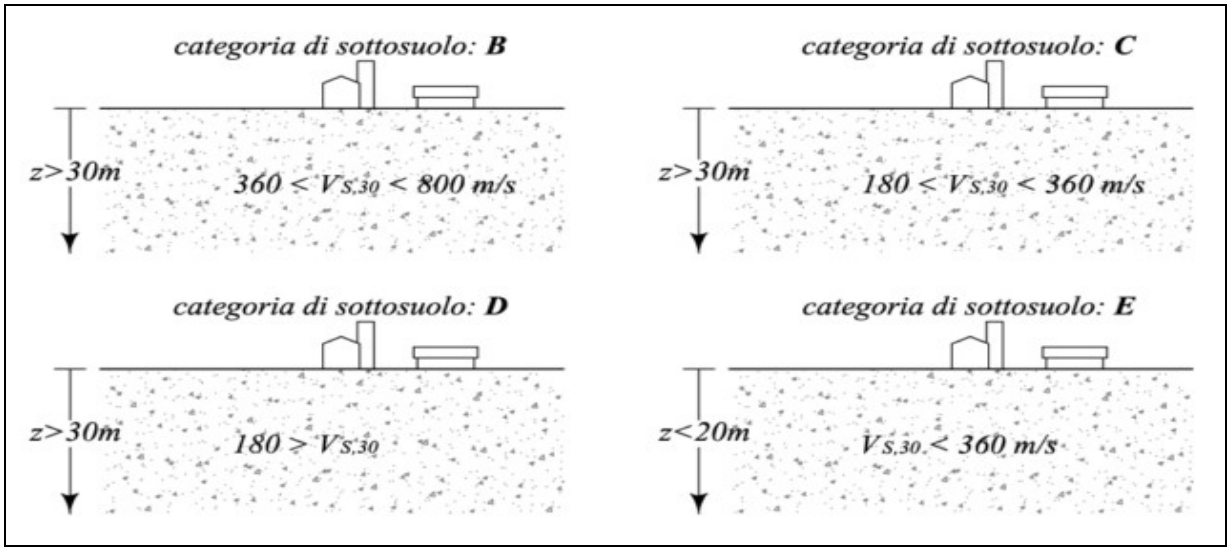
Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità Vs30 e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

Gli aspetti più critici del metodo MASW utilizzato riguardano la scelta della curva di dispersione sperimentale e la determinazione del profilo di rigidezza (o di velocità delle onde di taglio Vs) finale che generi una curva di dispersione apparente numerica in accordo ottimale con la curva di dispersione sperimentale. La determinazione del profilo di rigidezza finale è il risultato di un compromesso tra informazioni a priori sul sito, metodo manuale e procedura automatica.

Alla luce delle osservazioni fatte, le tecniche MASW e ReMi richiedono quindi l'acquisizione di una certa esperienza da parte di chi esegue ed interpreta la prova, per giungere alla

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

ricostruzione dell'andamento dei sismostrati con i relativi parametri di riferimento, in primo luogo la velocità Vs, e poi da questi alla determinazione corretta della categoria sismica del suolo secondo il DM 14/01/2008 (figura seguente), aspetto ingegneristico di indubbio interesse anche nell'ambito di una microzonazione sismica di ambito urbanistico.



Per le prove HVSR, al fine di consentire una rapida valutazione della bontà del dato, è stato utilizzato il metodo di controllo della qualità denominato SESAME. Per la completa affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri; in caso contrario la prova risulterà meno affidabile ed è cura dell'operatore scartala o mantenerla. Nel nostro caso alcune prove sono state completamente scartate e poi riacquisite in campagna in maniera che, per tutte le prove, i primi tre criteri SESAME fossero positivi per almeno 2/3. Del resto i risultati erano congruenti con le conoscenze pregresse del sito.

Gli altri sei criteri invece si riferiscono ad un chiaro e pulito segnale del picco massimo; in questo caso dovrebbero essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri; se così non è, significa che il segnale è sporco e possono esserci altri picchi o nessun picco.

4.3 Esito Indagini geognostiche

Le misure HVSR effettuate ex novo nel territorio comunale, unitamente al riesame delle misure HVSR e delle stese sismiche effettuate ai fini del livello 1, hanno consentito di ottenere una serie di informazioni sul campo di velocità delle onde S nei primi 30 m di profondità e dei periodi propri di vibrazione dei terreni indagati (vedi carta di microzonazione sismica), dai quali si sono potuti calcolare tramite gli appositi abachi, come si vedrà in seguito, i parametri Fa e Fv.

Per le stese sismiche abbiamo:

indagine	località	Vs30 m/s
MDP_SMC51	Via Venezia	**590**
MDP _SMC52	Via San Marco	**483**
MDP_SMC53	Via Zanin	**487**
MDP_SMC54	Via Bidoli	**602**
MDP_SMC55	Via Friuli	**597**
MDP_SMC56	Vicolo Piemonte	**354**
MDP_SMC57	Vicolo Cansiglio	**353**

Per le prove HVSR vengono riassunte nella seguente tabella alcune delle caratteristiche principali precisando che in questa sede si dà risalto alla Fo ed al relativo picco (compreso tra 0,1 e 20 Hz) e, se non coincidente, al picco con massima amplificazione fmax. Il primo troverà poi riscontro nella carta delle frequenze mentre il secondo (o anche altri picchi secondari) potrà essere impiegato per valutazioni di tipo stratigrafico (spessore delle coperture).

indagine	località	Fo Hz	H/V	Fmax Hz	H/V	Vs30 m/s
MDP_HVSR51	Via Venezia	**1,6**	**2,9**	**4,6**	**4,5**	
MDP_HVSR52	Via San Marco	**1,56**	**3,9**			
MDP_HVSR53	Via Zanin	**1,44**	**10,2**			
MDP_HVSR54	Via Bidoli	**1,5**	**2,7**			
MDP_HVSR55	Via Friuli	**1,3**	**2,2**	**10,4**	**3,1**	
MDP_HVSR56	Vicolo Piemonte	**2,4**	**2,1**	**10,6**	**3,9**	
MDP_HVSR57	Vicolo Cansiglio	**5,13**	**4,8**	**12**	**4**	
MDP_HVSR58	Via Barca	**1,7**	**3,1**			
MDP_HVSR59	Via Grave	**1,7**	**2,6**	**9,2**	**2,8**	
MDP_HVSR60	Via Mantese	**1,56**	**2,8**			
MDP_HVSR61	Via Castaldia	**1,6**	**2,2**			
MDP_HVSR62	Via Campana	**1,4**	**2**	**11**	**2,8**	
MDP_HVSR63	Via Sant'Antonio	**1,6**	**2,6**			
MDP_HVSR64	Via Della Vittoria	**2**	**3,1**	**24**	**4,5**	
MDP_HVSR65	Via San Felice Benedetti	**1,28**	**5**			
MDP_HVSR66	Via Campana	**1,5**	**2,7**			**405**
MDP_HVSR67	Via San Pio X Sud	**1,5**	**2,1**	**8,2**	**2,3**	**433**
MDP_HVSR68	Via Cal Larga	**1,2**	**2,6**			**313**
MDP_HVSR69	Via Campi	**1,4**	**2,2**	**10**	**3,4**	**339**
MDP_HVSR70	Via Biffis	**1,5**	**4,2**			**569**

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

indagine	località	Fo Hz	H/V	Fmax Hz	H/V	Vs30 m/s
MDP_HVSR71	Via Bardei	**1,5**	**3,1**			**554**
MDP_HVSR72	Via IV Novembre	**1,7**	**3,2**			**284 ?**
MDP_HVSR73	Via Pellizzioli	**1,4**	**2**	**8,7**	**4,9**	**463**
MDP_HVSR74	Via Carnia	**2,1**	**2**	**8,7**	**3,8**	**400**
MDP_HVSR75	Via Distrettuale	**1**	**2,6**			**332**
MDP_HVSR76	Via S. Anna	**1,5**	**2**			**357**
MDP_HVSR77	Via E. Fermi	**1,3**	**3,1**	**4,9**	**4,7**	**401**
MDP_HVSR78	Via G. Galilei	**1,1**	**4**	**4,7**	**4,9**	**411**
MDP_HVSR79	Santa Maria Nord	**1,3**	**3**	**11**	**3,9**	**564**
MDP_HVSR80	Santa Maria Sud	**1,5**	**2,5**	**10**	**3**	**521**
MDP_HVSR81	Via San Michele	**1**	**3,4**			**679**

A scanso di equivoci, si precisa ancora una volta che vi è una netta differenza tra "bedrock sismico" e "substrato geologico" (o semplicemente "bedrock"). Le definizioni riportate nel glossario "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica" sono le seguenti:

Bedrock: Roccia compatta, rigida, non alterata, in affioramento o alla base di rocce / terreni rigidi o di sedimenti sciolti. Usato comunemente dai geologi per riferirsi a qualsiasi roccia / terreno diagenizzato / consolidato che non ha subito i processi meteorici di alterazione e degrado o deformazioni tettoniche pervasive.

Bedrock sismico: Sequenza litostratigrafica caratterizzata da una velocità delle onde di taglio maggiore o uguale a 800 m/s.

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

5.1 Individuazione delle microzone

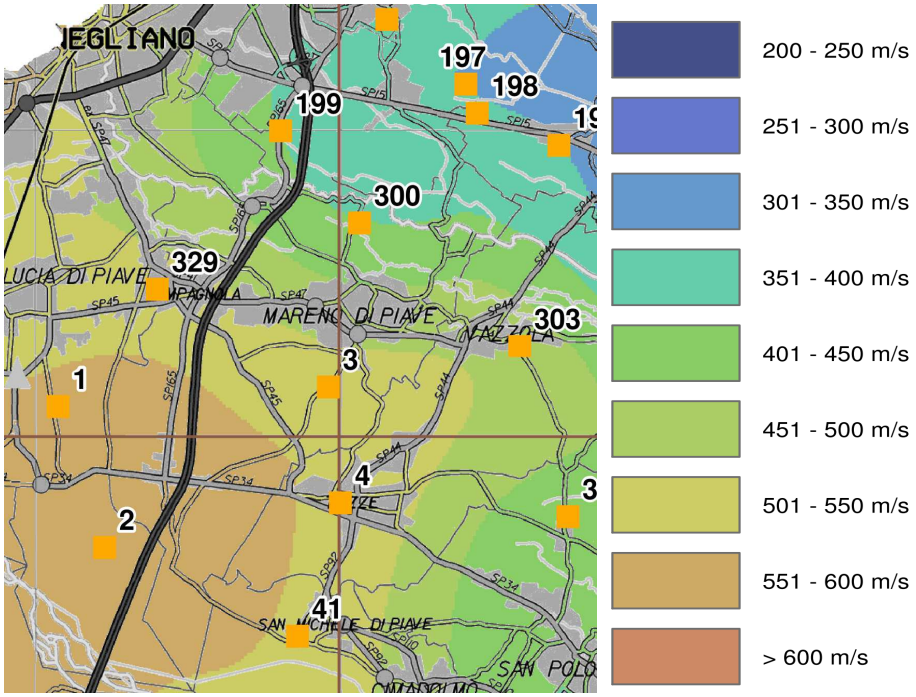
La scelta delle varie microzone da indagare è fatta sulla base delle parti di territorio suscettibili di amplificazione sismica individuate nella precedente fase (MS Livello 1) e per la quale si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio od incremento dei carichi urbanistici. Questo ha permesso di ottimizzare l'ubicazione della rete di punti di misura in funzione del suddetto criterio nonché sulla base della genesi deposizionale dei materiali integrando, correlando e confrontando i dati stratigrafico-sedimentologici con quelli elastico-acustici provenienti dalle misurazioni di campagna.

Le stazioni di misura HVSR sono state ubicate in corrispondenza oppure in vicinanza delle aree su cui sono previste trasformazioni urbanistiche e/o su siti significativi dal punto di vista urbanistico oggetto di azioni nell'attuale PI, propagando poi i risultati attraverso un processo di validazione pesata e di generalizzazione ad microzone considerate sufficientemente omogenee sulla base di precedenti conoscenze geologiche-litologiche in possesso di questo Studio.

Ovviamente un limite di questa procedura è il numero, comunque circoscritto, di indagini disponibili: un maggior dettaglio e anche una maggiore estensione delle aree zonate sarebbe stato possibile con un numero maggiore di indagini.

Questo tipo di approccio, utilizzato anche dagli autori della "Cartografia sismica della pianura della Provincia di Treviso", presenta il grande vantaggio di poter investigare il territorio in modo mirato, evitando quindi di produrre carte "cieche", dove l'interpolazione dei dati è governata da una generica griglia di campionamento che rischia di sottovalutare gli ambiti di maggior interesse.

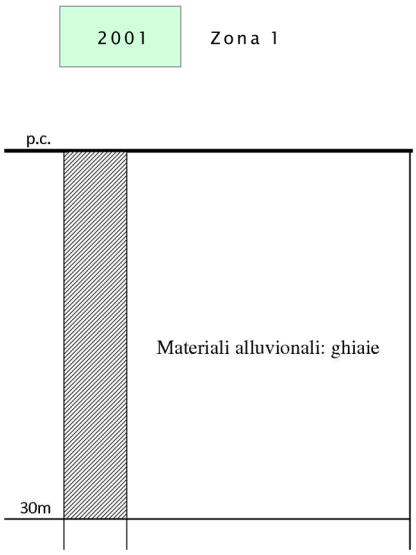
A questo proposito, la carta della Vs30 allegata al PTCP della provincia di Treviso ha già compiuto una sorta di mesozonazione sismica del territorio di pianura della provincia individuando delle fasce di velocità Vs30 le quali trovano sostanzialmente riscontro anche nel presente lavoro. Di seguito si riporta uno stralcio della carta del PTCP:



Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

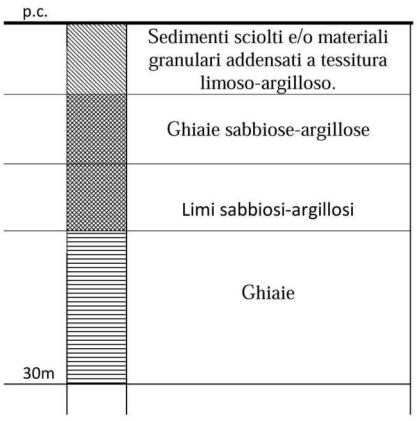
La base di partenza di questo studio di Livello 2 sono state le cartografie della MS di Livello 1 che già suddividono il territorio in zone omogenee in prospettiva sismica impostando per ciascuna zona un modello geologico-stratigrafico di riferimento con i relativi valori delle Vs. Il criterio utilizzato per la carta della MOPS è stato prevalentemente basato sui dati geologici e geofisici specifici utili alla conoscenza dell'andamento delle velocità relative alle onde S (Vs) nei primi 30 m del sottosuolo.

Sulla base delle nuove indagini geofisiche eseguite per il livello 2, si sono confermate le unità omogenee in prospettiva sismica coerenti con quanto riportato nel precedente livello 1, riportate nella carta MOPS (Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica). I modelli litostratigrafici sintetici sono ovviamente molto schematizzati e, soprattutto in profondità, in alcuni casi accomunano litologie diverse ma che dal punto di vista delle trasmissione delle onde sismiche presentano caratteristiche analoghe.



Zona 1 - Categoria di suolo B

Appartiene a questa categoria gran parte del territorio comunale, a partire dall'argine maestro del f. Piave e fino a Nord dei centri abitati di Soffratta, Mareno e Campagnola. In queste aree sono presenti "rocce tenere o terreni a grana grossa molto addensati …." con valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina). Il modello stratigrafico dei primi 30 m vede la presenza di ghiaie e sabbie con ciottoli, molto addensate e, a tratti, cementate.



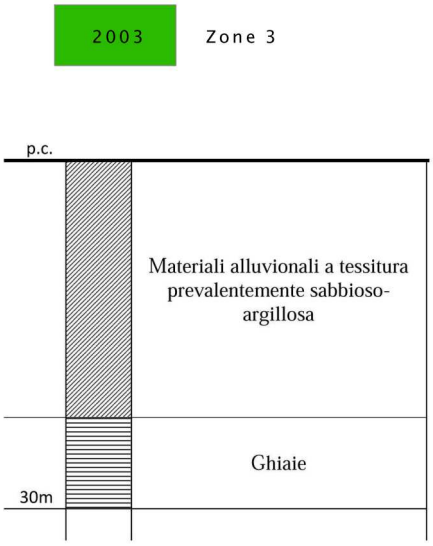
Zona 2 - Categoria di suolo B

La zona è posta nel settore settentrionale del territorio comunale dove vi sono materiali sciolti di depositi alluvionali attribuibili in parte al f. Piave ed in parte al f. Monticano; essi sono caratterizzati, fino a 30 m di profondità, da intercalazioni di ghiaie sabbiose ed argille

sabbiose, comunque con un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

È sostanzialmente una fascia di transizione tra la Zona 2001 e la successiva zona 2003.

Zona 3 - Categoria di suolo C



Tale Zona occupa una piccola porzione del territorio, limitrofa alla precedente Zona 2, lungo la fascia più settentrionale del territorio comunale a partire da Ramera e procedendo verso Est, ricalcando all'incirca la fascia depressa del f. Monticano. Qui troviamo terreni argillosi e sabbiosi depositati dal f. Monticano che si appoggiano attorno a 20 m di profondità sulle ghiaie antiche del f. Piave. Si tratta quindi di "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina)".

A questo punto va aggiunto che nello studio per il livello 1 non è stata proposta la carta della pericolosità sismica locale (carta facoltativa) ma gli eventuali elementi di riferimento dei vari scenari di pericolosità sono stati riportati direttamente nella carta delle MOPS.

Dallo studio di MS è emerso che, nelle aree urbanisticamente sensibili, non sussistono zone "stabili", nelle quali cioè non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico rigido di tipo A posto a profondità inferiore a 3 m con morfologia piatta o semi-pianeggiante).

Dalle indagini è emerso che l'intero territorio comunale rientra in aree "stabili suscettibili di amplificazione sismica", nelle quali cioè sono attese amplificazioni del moto sismico. Queste in linea teorica possono dipendere da due possibili fattori: come effetto dell'assetto litostratigrafico (non sono stati rilevati infatti suoli di categoria A in posizione pianeggiante) oppure come effetto della morfologia locale (pendenze maggiori di 15°, presenza di cigli di scarpata).

La MS di livello 1 ha già escluso la presenza di aree potenzialmente soggette a liquefazione. Si ritiene non sussistono zone di deformazione permanente caratterizzate da suscettibilità alla liquefazione in quanto il fuso granulometrico dei terreni sciolti del territorio indagato è esterno alle fasce indicate nel Testo delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (fig. 7.11.1), trattandosi prevalentemente di terreni grossolani ghiaiosi oppure con significativa componente coesiva. In ogni caso si tratta di terreni dotati di un grado di addensamento o consistenza, dovuti alla loro "antichità" di deposizione, ben superiore agli intervalli di possibilità di innesco di fenomeni di liquefazione.
La successione stratigrafica in talune zone lungo il f. Monticano è caratterizzata da terreni abbastanza "soffici" e pertanto potenzialmente suscettibili di cedimenti differenziali; si considera comunque basso anche il rischio di tali cedimenti sulla base del fatto che si tratta di depositi antichi, non con sabbie sciolte, così come non ci sono marcate eteropie laterali con forte contrasto di comprimibilità.

Le forme di instabilità legate a possibili amplificazioni dovute ad effetti topografici, come previsto dal D.M. 14-01-2008 - § 3.2, per cui la relativa categoria topografica è la T2 e/o T3 sono i casi dei pendii con inclinazione maggiore di 15°, le posizioni di cresta di dorsale e la fascia retrostante il ciglio di scarpate di rilevante altezza.

Nel caso di Mareno di Piave si osserva che non vi sono elementi di penalizzazione di tipo topografico: le pendenze delle superfici topografiche sono ampiamente inferiori ai 15°; le sole scarpate esistenti sono quelle delle ex cave la cui altezza arriva a valori dell'ordine dei 10 m o poco più: si ritiene quindi che tale elemento morfologico non possa costituire fattore di amplificazione topografica locale. Inoltre già la normativa del PAT legata alla carta delle fragilità ha stabilito una fascia di rispetto nei confronti di tali scarpate. Parimenti è stata esclusa la possibilità di fenomeni di instabilità di versante in quanto i progetti di ricomposizione delle stesse dovrebbero avere ampiamente verificato tale condizione.

Per quanto riguarda le faglie attive e capaci, come già detto in precedenza, sono state riportate in questa relazione le strutture note dalla letteratura e desumibili dal catalogo delle faglie capaci ITHACA "ITaly HAzard from CApable faults" disponibile on-line all'indirizzo http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA_-_Catalogo_delle_faglie__capaci . In particolare la faglia di Sacile non è stata inserita nelle tavole di microzonazione sismica in quanto la sua posizione è opinabile e non riconosciuta o confermata dagli ultimi lavori scientifici disponibili in letteratura. In ogni caso tale struttura interessa il substrato prequaternario posto ad alcune

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

centinaia di metri di profondità e quindi la capacità di produrre rotture in superficie è del tutto da escludere.

6 LIVELLO 2

Scopo del Livello 2 di approfondimento, secondo la DGRV 1572/2013, è di supplire le incertezze del Livello 1 con nuovi approfondimenti volti ad attribuire quantificazioni numeriche, tramite abachi e leggi empiriche a determinate aree soggette a modificazione locale del moto sismico in superficie e/o fenomeni di deformazione permanente.
Tale obiettivo si raggiunge prendendo in considerazione alcuni fattori di amplificazione e di instabilità e quantificandoli, per quanto possibile, in forma numerica stimando i fattori di amplificazione e i fattori di sicurezza.

In particolare, per gli scenari P4 (vedi in seguito) la quantificazione numerica degli effetti sarà rappresentata dai fattori amplificativi FA (fattore di amplificazione a basso periodo in termini di accelerazione) e FV (fattore di amplificazione a periodo proprio in termini di pseudo velocità), calcolati tramite procedura semplificata.

6.1 Metodologia di studio livello 2

Va ribadito che il livello 2 non ha interessato l'intera superficie del territorio comunale ma solo le parti interessate da insediamenti urbanistici significativi. Sono state tralasciate le porzioni prettamente agricole in cui l'interesse urbanistico è certamente marginale: si tratta di aree poco infrastrutturate e con al più qualche casa sparsa o piccoli nuclei abitati.

Sulla base di quanto detto, come specificato anche nell'All. A della DGR 1572 del 03/09/2013, la procedura di microzonazione sismica viene applicata ai vari scenari di pericolosità sismica locale:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	***EFFETTI***
P1 a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	*Instabilità per frana*
P1 b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
P1 c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	***EFFETTI***
P2 a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	*Instabilità per cedimenti e/o liquefazioni*
P2 b	Zona con depositi granulari fini saturi	
P2 c	Zona caratterizzate da coltri di terreni di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	***EFFETTI***
P3 a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc..)	*Amplificazioni topografiche*
P3 b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	***EFFETTI***
P4 a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	*Amplificazioni litologiche e geometriche*
P4 b	Zona di fondovalle stretta (*C>0.25) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale* .	
P4 c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio - lacustre	
P4 d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loess)	
P4 e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	***EFFETTI***
P5 a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	*Comportamenti differenziali*
P5 b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	

L'applicazione avviene in maniera differenziale e conseguente secondo il seguente schema:

PROCEDURA DI MICROZONAZIONE SISMICA

SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	Verifica di assoggetabilità	(soglia)	1°livello	(soglia)	2°livello	(soglia)	3°livello
P1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi				cartografia			Analisi stabilità
P1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti				cartografia			Analisi stabilità
P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana				cartografia	Analisi di stabilità	Fs prossimo a 1	Analisi stabilità
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	zona 4 pga>0,100 zona 3 pga<0,100	pga di sito >0,125		raccolta dati - cartografia	Cedimenti Eventuale verifica	PREV.URBAN.*	Cedimenti
P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	zona 4 pga>0,100 zona 3 pga<0,100	pga di sito >0,125		raccolta dati - cartografia	Liquefazione Eventuale verifica	PREV.URBAN.*	Liquefazione
P2c	Zona caratterizzata da coltri di terreno di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	zona 4 pga>0,100 zona 3 pga<0,100	pga di sito >0,125		raccolta dati - cartografia	Cedimenti	PREV.URBAN.*	Cedimenti
P3a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc...)				H=10 m;a>15°	Effetti topografici		
P3b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita - arrotondata				h=1/3H; a e a2>15°	Effetti topografici		
P4a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi				Vs30<800m/s;C<0,25 Vs30<800m/s;C<0,25	Effetti litologici	h/l>0,65/√Cv-1	Effetti lito-geometrici
P4b	Zona di fondovalle stretta (C>0.25) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale				Vs30<800m/s-C>0,25			Effetti lito-geometrici
P4c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre				Vs30<800m/s	Effetti litologici		
P4d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)				Vs30<800m/s	Effetti litologici		
P4e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale				Vs30<800m/s	Effetti litologici		
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse				cartografia	Comportamenti differenziali		
P5b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole				cartografia			Comportamenti differenziali

ABITATI* = centri abitati esistenti
PREV.URBAN.* = esistenza di previsioni urbanistiche espansive

Sempre prendendo dal citato allegato A DGRV 1572/2013, *"Il risultato fondamentale del 2° livello è la CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA (scala di rappresentazione adeguata, es. 1:5.000), ottenuta associando la quantificazione numerica degli effetti, alle parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica.*

La quantificazione numerica degli effetti sarà così rappresentata:

- per gli scenari P1c e P2 da differenti parametri quantitativi;

- per gli scenari P3 e P4 dai fattori di amplificazione Fa e Fv.

I valori dei fattori di amplificazione, ottenuti con la procedura semplificata di secondo livello per gli scenari P3 e P4, consistono nei valori di Fa, fattore di amplificazione a basso periodo, e di Fv, fattore di amplificazione a periodo proprio. Il primo corrisponde al fattore di amplificazione determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione. Il secondo corrisponde al fattore di amplificazione a periodo proprio per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità.".

Seguendo quindi le indicazioni previste dall'allegato A della DGR 1572/13 (ma con anche il riferimento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" nazionali) sono state analizzate le condizioni specifiche del territorio comunale individuando gli elementi oggetto di approfondimento nell'ambito della MS di livello 2.

In particolare, viste le condizioni del territorio comunale e del Piano degli Interventi, è stata prevista una posticipazione alla fase progettuale di alcune analisi puntuali proprio per renderle più efficienti in base alla ubicazione dell'intervento, alla sua complessità e alla tipologia. Nella tabella seguente viene esplicitata, per ogni singola tipologia di instabilità/amplificazione, la presenza sul territorio comunale, inteso come urbanizzato/urbanizzabile, e le procedure applicate nel presente studio, per le porzioni di territorio zonate.

SIGLA	**Scenario di pericolosità**	**Presenza nel territorio**	**Procedura utilizzata**
P1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	NO	Non presente nel territorio comunale
P1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	NO	Non presente nel territorio comunale
P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	NO	Non presente nel territorio comunale
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative per area urbanizzata.
P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	SI, lungo il f. Monticano	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative per area urbanizzata.
P2c	Zona caratterizzata da coltri di terreno di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P3a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava,	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.

	nicchia di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc...)		
P3b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	NO	Non presente nel territorio comunale
P4a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	SI	Stimato l'effetto litostratigrafico sulla base degli abachi.
P4b	Zona di fondovalle stretta (C>0.25) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale	NO	Non presente nel territorio comunale
P4c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	NO	Non presente nel territorio comunale
P4d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	NO	Non presente nel territorio comunale
P4e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	NO	Non presente nel territorio comunale
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative (faglia di Sacile).
P5b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	NO	Non presente nel territorio comunale

6.2 elaborati cartografici

Le attuali Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica riportate nella Deliberazione della Giunta Regionale N. 1572 del 03 settembre 2013 prevedono i contenuti degli studi di MS di livello 2 in termini di grafie e di elaborati da presentare, che sono:

- **Carta delle Indagini**: la localizzazione delle indagini per la predisposizione del secondo livello sarà riportata nella suddetta carta andrà ad integrare la carta delle indagini già predisposta nel livello 1. N

N.B.: non è stato possibile integrare il database SoftMS in quanto esso è attualmente in fase di valutazione per il Livello 1 da parte del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale. Esso sarà integrato in un momento successivo.

- **Carta di Microzonazione Sismica:** la carta riporta i risultati delle analisi per la quantificazione numerica degli effetti di amplificazione o di instabilità nelle zone individuate nella fase di livello 1. La carta sarà costruita sulla base dei valori di amplificazione ottenuti per ciascuna zona attraverso l'uso degli abachi e sulla base dei valori numerici attribuiti con le metodologie semplificate prescritte; in tale carta saranno segnalate anche le aree dove sono previste nuove indagini per la predisposizione dell'eventuale livello 3 di approfondimento
- **Carta delle Frequenze Naturali dei Depositi:** ricavata dalla precedente carta delle indagini riprendendo le sole indagini HVSR ed indicando in carta, per ciascun punto indagato, la frequenza del picco fondamentale f_0 (considerata nell'intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 20 Hz) con la relativa misura del rapporto H/V da specifico grafico.

- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS**: da redigere in caso di eventuali modifiche da apportare alla carta MOPS di livello 1.

Nel nostro caso la Carta MOPS del Livello 1 viene confermata.

6.2.1 Carta delle Indagini

La carta delle indagini del Livello 1 è stata integrata con le nuove indagini; essa indica l'ubicazione delle stesse e la tipologia secondo gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (versione 4.0). La documentazione relativa alle varie categorie di indagine è riportata nei tre allegati (indagini pregresse, indagini MS 2014 e indagini MS 2018).

Dall'esame della carta emerge chiaramente come la maggior parte delle indagini sia concentrata all'interno dei centri abitati o nelle aree più prossime a questi poiché la quasi totalità è finalizzata a scopi edificatori e sono quindi ricavate da documentazione progettuale per interventi edilizi archiviata presso il Comune. Le aree prettamente agricole sono quasi del tutto scoperte ma, in considerazione che la MS di livello 2 ha come obiettivo primario gli ambiti urbani, tale differenza può essere ammessa.

Nell'ambito delle indagini pregresse, pur a fronte di un discreto numero di indagini raccolte, appare evidente come la gran parte di esse corrispondano ad indagini che difficilmente possono raggiungere profondità significative dal punto di vista geofisico e di conseguenza,

pur avendo un discreto significato dal punto di vista geotecnico, sono poco utili agli scopi tipici degli studi di Microzonazione Sismica.

6.2.2 Carta delle Frequenze Naturali dei Depositi

Come prevedibile per un contesto geologico di pianura, la scarsa variabilità litostratigrafica del sottosuolo porta ad una notevole monotonia delle misure di frequenza propria dei terreni. La maggior parte di esse si colloca tra 1 e 2 Hz e solo tre misure nella zona di Ramera portano a valori di frequenza superiori a 2, probabilmente per la presenza di livelli cementati oppure per superfici di interfaccia argilla-ghiaia.

In funzione di questi risultati dell'ampiezza H/V è possibile fornire indicazioni qualitative (e relative) sull'entità del contrasto di impedenza responsabile del fenomeno di risonanza e informazioni sullo spessore delle coperture che ne sono responsabili .

F_0 (Hz)	h (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

Sulla base delle frequenze di risonanza determinate, sperimentalmente, sarà poi possibile fornire una stima degli spessori responsabili dei possibili fenomeni di risonanza osservati come riportati nella tabella a lato (da Albarello 2011).

Si noti che frequenze comprese tra 1 e 2 Hz corrispondono a substrato sismico (con Vs >800 m/s) a profondità tra 50 e 100 m. Geologicamente si tratta probabilmente di livelli cementati all'interno del materasso alluvionale quaternario e non della base del quaternario che, per la zona in esame, si colloca ad almeno 3-400 m di profondità.

La carta è stata predisposta con le sole HVSR disponibili, definendo la dimensione dei simboli in base all'ampiezza del picco di risonanza ed indicando, per ciascun punto indagato la frequenza del picco fondamentale f_0 (considerata nell'intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 20 Hz) con la relativa misura H/V da specifico grafico.

Naturalmente non è detto che il picco con la massima amplificazione corrisponda alla fo che, generalmente, viene considerata corrispondente al picco a frequenza più bassa.

A questo punto può essere inserita una considerazione in merito all'interazione terreno-strutture edilizie in occasione di in terremoto.

Per le costruzioni la situazione più pericolosa in termini di fenomeni di amplificazione si verifica quando la frequenza dell'eccitazione armonica (w) è pari ad una delle frequenze fondamentali del terreno (wn). Quando si verifica tale condizione (w=wn) si ha la risonanza dello strato, ed il fattore di amplificazione è teoricamente infinito. E' quindi di fondamentale importanza porre attenzione ai fenomeni di "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei fabbricati.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

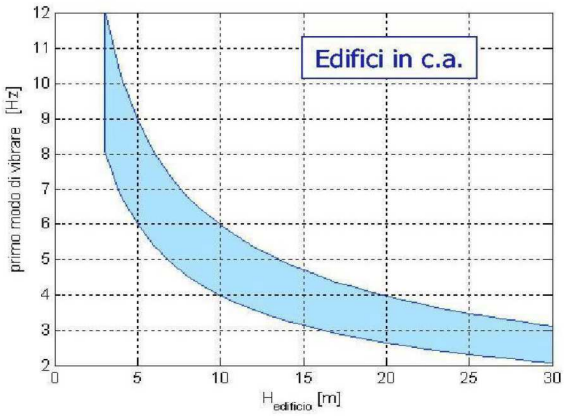
Freq. naturale edificio = 10 Hz / numero piani

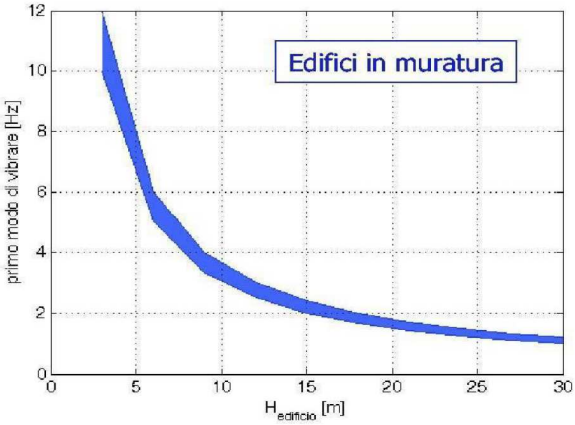
E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

Freq. naturale edificio = Freq. fondamentale di risonanza del sito

ad essere particolarmente pericolosa, poiché dà luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

Di seguito due grafici che consentono una stima di massima degli intervalli di frequenza che danno i maggiori effetti sui fabbricati in relazione al numero di piani.





6.2.3 Carta di Microzonazione Sismica

La Carta di Microzonazione Sismica costituisce il documento fondamentale del livello 2 di approfondimento. Tale carta deve essere redatta ad una scala adeguata di rappresentazione (es.1:5.000). La carta riporta i risultati delle analisi per la quantificazione numerica degli effetti di amplificazione o di instabilità nelle zone individuate nello studio di microzonazione di primo livello.

La carta è costruita sulla base dei valori di amplificazione ottenuti per ciascuna zona attraverso l'uso di specifici abachi e sulla base dei valori numerici attribuiti con le metodologie semplificate descritte nei par.3.2.4.1, par.3.2.4.2, par.3.2.4.3, par.3.2.5 nell'Allegato A della DGR 1572/13 e dalla versione 4.0 delle grafie di rappresentazione di ICMS. Nella carta e nella relativa legenda esplicativa sono contemplate due tipologie di zone; queste sono:

a) **Zone stabili suscettibili di amplificazione (colore da giallo a rosso)** 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 e FV dedotti dagli abachi e dalle tabelle.

b) **Zone suscettibili di instabilità** nelle quali gli effetti sismici attesi sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio. Le zone identificano delle categorie di effetti deformativi:
   - Le eventuali instabilità di versanti in terra saranno contrassegnate dalla sigla FRR e da un retino in base alle classi di massimo spostamento atteso (cm) individuate. Le instabilità di versante in roccia saranno contrassegnate dalla sigla FRR e da un retino in base alle classi di massima distanza di arrivo dei blocchi (m) individuate.
   - Liquefazione. Queste aree saranno contraddistinte dalla sigla LQ e da un retino in base alle classi di potenziale di liquefazione individuate.
   - Densificazione di terreni insaturi. Queste aree saranno contraddistinte dalla sigla DE e da un numero progressivo da 1 a n in base alle classi di cedimento individuate.

Nel caso di sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità e zone stabili suscettibili di amplificazione, il colore di fondo indicherà la zona stabile suscettibile di amplificazione locale, mentre la zona suscettibile di instabilità sarà rappresentata dal retino sovrapposto.

Si ricorda che lo studio di Livello 1 non ha riscontrato, per il territorio comunale, zone suscettibili di instabilità.

ZONE STABILI - Identificazione della zona con colore blu			
	FA	FV	Informazioni sulle zone stabili
	1	1	Si ricorda che zone con substrato geologico con J_e > 10-15 o con V_s < 800 m/s potrebbero non essere classificate come zone stabili

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI - Identificazione della zona con colore dal giallo al rosso			
	FA	FV	Informazioni sulle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ - Identificazione della zona con colore verde, sigla dell'instabilità e numerazione progressiva da 1 a n		
	Parametri quantitativi	Informazioni sulle zone suscettibili di instabilità
Instabilità di versante (FRT_n, FRR_n)	*Terreni(T): max spostamento (cm)* *Roccia(R): max distanza blocchi (m)* Es.FRT_1 = 20 cm ... Es. FRR_n = 150 m	
ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ - Identificazione della zona con colore verde, sigla dell'instabilità e numerazione progressiva da 1 a n		
Liquefazione (LI_n)	Potenziale di liquefazione *LI* Es. LI_1 = 7 ... Es. LI_n = 18	
Cedimenti differenziali (CD_n)	(nessuno)	
Faglie attive e capaci (FA_n)	(nessuno)	
Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità a zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	Il colore di fondo indica la zona stabile suscettibile di amplificazione locale (da giallo a rosso), mentre la zona suscettibile di instabilità è indicata da un tratteggio sovrapposto verde obliquo, da sinistra a destra e dal basso verso l'alto, dalla sigla e dal numero progressivo.	

Va qui precisato che, seguendo le indicazioni delle linee Guida Nazionali (standard di rappresentazione 4.0) sono stati fatti i vari arrotondamenti e suddivisioni in classi dei parametri FA e FV seguendo le seguenti modalità:

classe uguale a 1.0: sono comprese tutte le zone con amplificazioni fino a 1.04.

classe 1.1-1.2 sono compresi valori di amplificazione da 1.05 a 1.24,

classe 1.3-1.4 sono compresi valori di amplificazione da 1.25 a 1.44

classe ……..

e così via.

6.2.3.1 Valutazione degli effetti litologici

Per la valutazione degli effetti litologici, la normativa vigente indica che per la microzonazione di livello 2, si possa far ricorso a metodi semplificati che prevedono l'uso di abachi. Allo stato attuale non essendo disponibili abachi specifici per la Regione Veneto, come indicato nella DGRV n. 1572 del 3 settembre 2013 – Allegato A, si sono utilizzati quelli inseriti nel Volume "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica " della Protezione Civile Nazionale. Gli abachi forniscono due valori di amplificazione sismica FA ed FV così definiti

- FA: fattore di amplificazione a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione);

- FV: fattore di amplificazione a periodo proprio (per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità).

Gli abachi assumono l'ipotesi che il sottosuolo sia assimilabile ad una successione di strati approssimativamente piano paralleli, con modeste irregolarità morfologiche. Per tali condizioni sono ipotizzabili differenti procedure da adottare da parte della regione, conformemente al proprio contesto normativo, a partire dal confronto fra l'azione sismica dedotta dagli abachi con quella che si ottiene utilizzando la categoria di sottosuolo e lo spettro per essa previsto dalla norma. Allo stato attuale non sono disponibili abachi specifici per la Regione Veneto.

Per la valutazione di FA ed FV a partire dagli abachi è necessario conoscere la litologia prevalente del sottosuolo nel sito considerato, l'andamento della velocità delle onde di taglio (Vs) con la profondità e la profondità del bedrock sismico. Gli abachi sono costruiti per tre diversi profili di velocità nel sottosuolo:

- Profilo 1: velocità costante (V SH) lungo tutto lo spessore del deposito
- Profilo 2: velocità crescente con la profondità con il gradiente massimo
- Profilo 3: profilo di velocità crescente con la profondità con gradiente intermedio tra i due precedenti

L'utente sulla base delle conoscenze geologiche e geofisiche dell'area deve scegliere quale profilo è più idoneo a rappresentare la situazione in esame. Per il territorio considerato nel corso del presente studio nessuno dei sondaggi eseguiti ha mostrato profilo costante mentre in molti casi si è visto il profilo intermedio ed in pochi quello con brusco aumento di velocità. Quindi è stato utilizzato il profilo con gradiente intermedio.

Per quanto riguarda la litologia gli abachi nazionali prevedono soltanto tre tipologie di depositi sciolti: ghiaie, sabbie e argille; nelle necessarie semplificazioni per poter utilizzare gli abachi stessi sono sempre stati utilizzati approcci conservativi che, nel caso di dati in ingresso non ben classificabili nell'ambito della griglia prevista dagli ICMS, è stato preferito il dato che determina un Fa più elevato.

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

Tale scelta è stata applicata anche nella classificazione litologica, anche in considerazione del fatto che le litologie prevalenti nella parte settentrionale del territorio comunale (zone 2002 e 2003 della carta MOPS) sono quelle fini, coesive, assumendo i parametri relativi alle argille mentre per la parte centromeridionale (zona 2001 della carta MOPS) sono nettamente prevalenti i termini ghiaiosi.

Infine, gli abachi forniscono i valori di amplificazione per tre classi di ag: 0,06g, 0,18g, 0,26g. Per il Comune di Mareno di Piave sono stati utilizzati gli abachi riferiti al valore di 0,26g in quanto il valore di griglia di partenza è di 0,201g (vedi pag. 13).

La stima degli FA ed FV litostratigrafici è stata ottenuta tramite il profilo delle Vs ricavato da indagini MASW, REMI e HVSR eseguite sia per il livello 1 che per il presente livello 2. La stima dello spessore dei depositi quaternari è stato desunto dall'interpolazione dei dati geofisici sopra citati, nonché dall'osservazione delle prove pregresse a disposizione.
Le diverse tecniche di indagini geofisiche forniscono dettagli differenti rispetto ai risultati e pertanto, questi ultimi, devono essere adattati al relativo modello geologico.
In particolare, attraverso il modello geologico del sito, si schematizza l'andamento del profilo di velocità delle Vs con la profondità, in ogni unità geologico-geofisica individuata che deve avere almeno uno spessore $h \geq 3$ m e una differenza di Vs con l'unità contigua di almeno 50 m/s, arrotondando i singoli valori di Vs alla decina.

Nel caso in cui l'indagine geofisica evidenzi la presenza di un'unità sismica con Vs > 700 m/s per uno spessore almeno di 10 m; tale unità rappresenta il substrato rigido; nel caso in cui l'indagine geofisica non evidenzi la presenza di un'unità sismica con Vs > 700 m/s ci si basa sul modello geologico del sito. Se il modello permette di assegnare una profondità al substrato rigido vengono estrapolati i dati sperimentali fino a tale profondità, utilizzando un gradiente di Vs di tipo lineare; se, al contrario, il modello geologico non permette di assegnare una profondità al substrato rigido, in via cautelativa, si devono considerare solo i dati sperimentali, assegnando implicitamente il substrato rigido alla profondità di fine indagine.

Riassumendo, pur nella consapevolezza che l'utilizzo degli abachi degli ICMS presenta dei limiti, le scelte delle tabelle per il calcolo dei fattori di amplificazione sono state fatte con criteri cautelativi, assumendo il profilo intermedio di velocità e le litologie argille per il settore settentrionale e ghiaie per quello centromeridionale.

In molti casi il substrato geologico non raggiunge la velocità Vs prossima od uguale a 800 m/s (substrato sismico). L'utilizzo degli abachi in questi casi non sarebbe corretto poiché com'è ben specificato negli Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica: "…… Si ricorda che tutte le elaborazioni effettuate prevedono la presenza di un bedrock sismico avente Vs =800 m/s al di sotto della profondità H. …."

La stima può comunque essere effettuata, come previsto dagli stessi ICMS utilizzando velocità e spessori apparenti e maggiorando il risultato del 10%. Ovviamente l'incremento del 10% non viene fatto se il substrato è a velocità di 800 m/s o più.

Nella tabella seguente sono riportate le aree indagate e i dati che permettono di valutare i relativi Fattori di amplificazione FA ed FV.

Per le prove MASW-ReMi:

località	**indagine**	**Profondità substrato m**	**Vsh m/s**	**Vs subst. m/s**	**Vs30 m/s**	**FA**	**FV**
Via Venezia	MDP_SMC51	**22**	**560**	**790**	**590**	**1,18**	**1,03**
Via San Marco	MDP _SMC52	**30**	**483**	**800**	**483**	**1,40**	**1,19**
Via Zanin	MDP_SMC53	**30**	**487**	**800**	**487**	**1,38**	**1,20**
Via Bidoli	MDP_SMC54	**30**	**600**	**800**	**602**	**1,22**	**1,09**
Via Friuli	MDP_SMC55	**30**	**600**	**800**	**597**	**1,22**	**1,09**
Vicolo Piemonte	MDP_SMC56	**30**	**350**	**800**	**354**	**1,52**	**1,96**
Vicolo Cansiglio	MDP_SMC57	**30**	**350**	**800**	**353**	**1,62**	**1,79**

Per le prove HVSR:

località	**indagine**	**Fo Hz**	**Profondità substrato m**	**Vsh m/s**	**Vs substrato m/s**	**FA +10%**	**FV +10%**
Via Venezia	MDP_HVSR51	**1,6**	**22**	**560**	**780**	**1,18**	**1,03**
Via San Marco	MDP_HVSR52	**1,56**	**80**	**550**	**800**	**1,15**	**1,46**
Via Zanin	MDP_HVSR53	**1,44**	**90**	**600**	**800**	**1,08**	**1,24**
Via Bidoli	MDP_HVSR54	**1,5**	**80**	**550**	**800**	**1,08**	**1,24**
Via Friuli	MDP_HVSR55	**1,3**	**100**	**600**	**800**	**1,03**	**1,24**
Vicolo Piemonte	MDP_HVSR56	**2,4**	**45**	**400**	**800**	**1,52**	**1,52**
Vicolo Cansiglio	MDP_HVSR57	**5,13**	**45**	**400**	**800**	**1,52**	**1,52**
Via Barca	MDP_HVSR58	**1,7**					
Via Grave	MDP_HVSR59	**1,7**					
Via Mantese	MDP_HVSR60	**1,56**					

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

località	indagine	Fo Hz	Profondità substrato m	Vsh m/s	Vs substrato m/s	FA +10%	FV +10%
Via Castaldia	MDP_HVSR61	**1,6**					
Via Campana	MDP_HVSR62	**1,4**					
Via Sant'Antonio	MDP_HVSR63	**1,6**					
Via Della Vittoria	MDP_HVSR64	**2**					
Via S. F. Benedetti	MDP_HVSR65	**1,28**					
Via Campana	MDP_HVSR66	**1,5**	**180**	**630**	**1400**	**0,93**	**1,23**
Via San Pio X Sud	MDP_HVSR67	**1,5**	**100**	**580**	**990**	**1,03**	**1,24**
Via Cal Larga	MDP_HVSR68	**1,2**	**90**	**380**	**750**	**1,15**	**1,53**
Via Campi	MDP_HVSR69	**1,4**	**80**	**400**	**760**	**1,20**	**1,54**
Via Biffis	MDP_HVSR70	**1,5**	**130**	**700**	**1450**	**0,92**	**1,10**
Via Bardei	MDP_HVSR71	**1,5**	**130**	**700**	**1450**	**0,92**	**1,10**
Via IV Novembre	MDP_HVSR72	**1,7**	**90**	**400**	**810**	**1,33**	**1,64**
Via Pellizzioli	MDP_HVSR73	**1,4**	**110**	**650**	**1150**	**1,07**	**1,22**
Via Carnia	MDP_HVSR74	**2,1**	**60**	**520**	**830**	**1,18**	**1,43**
Via Distrettuale	MDP_HVSR75	**1**	**130**	**530**	**950**	**0,99**	**1,42**
Via S. Anna	MDP_HVSR76	**1,5**	**100**	**560**	**870**	**1,09**	**1,43**
Via E. Fermi	MDP_HVSR77	**1,3**	**150**	**680**	**1400**	**1,02**	**1,20**
Via G. Galilei	MDP_HVSR78	**1,1**	**21**	**360**	**800**	**1,75**	**1,22**
Santa Maria Nord	MDP_HVSR79	**1,3**	**12**	**230**	**825**	**2,02**	**1,17**
Santa Maria Sud	MDP_HVSR80	**1,5**	**130**	**700**	**1470**	**0,92**	**1,10**
Via San Michele	MDP_HVSR81	**1**	**17**	**600**	**1040**	**1,12**	**1,02**

Da notare che per le prove HVSR realizzate nel 2014 (da 58 a 65) non è stata fatta la rielaborazione di inversione per ricavare il modello sismo stratigrafico.

Nei casi in cui erano presenti, a pochi metri di distanza indagini diverse (MASW-ReMi e HVSR) si è preso, a seconda dei casi, o il valore più elevato oppure quello prevalente su più prove.

Meritano una riflessione il fatto che per diversi punti l'applicazione degli abachi porti a valori di FA ed FV attorno a 1 o anche al di sotto di 1. Si tratta evidentemente di uno dei limiti dell'utilizzo degli abachi, noto come "deamplificazione teorica". Per prudenza, ma anche perché altre misure poste a breve distanza da quello con deamplificazione, portavano a valori di amplificazione superiori, si è deciso di tralasciare tali valori particolarmente bassi e di attribuire la classe di amplificazione ancorandola alle altre prove che mostrano una maggiore coerenza con il modello sismo stratigrafico del sottosuolo. Lo stesso ragionamento è stato

applicato a un paio di punti, ad esempio la prova 79 a Santa Maria (caselle vuote nella tabella seguente), che davano valori di FA o FV fuori linea rispetto alle prove vicine.

A questo punto, come da ICMS, si possono attribuire i valori calcolati alle varie classi del parametro di amplificazione:

località	indagine	Fa	classe	Fv	classe
Via Venezia	MDP_SMC51	**1,18**	**1.1-1.2**	**1,03**	**1.1-1.2**
Via San Marco	MDP _SMC52	**1,40**	**1.3-1.4**	**1,19**	**1.1-1.2**
Via Zanin	MDP_SMC53	**1,38**	**1.3-1.4**	**1,20**	**1.1-1.2**
Via Bidoli	MDP_SMC54	**1,22**	**1.1-1.2**	**1,09**	**1.1-1.2**
Via Friuli	MDP_SMC55	**1,22**	**1.1-1.2**	**1,09**	**1.1-1.2**
Vicolo Piemonte	MDP_SMC56	**1,52**	**1.5-1.6**	**1,96**	
Vicolo Cansiglio	MDP_SMC57	**1,62**	**1.5-1.6**	**1,79**	
località	**indagine**	**Fa**	**classe**	**Fv**	**classe**
Via Venezia	MDP_HVSR51	**1,18**	**1.1-1.2**	**1,03**	**1.1-1.2**
Via San Marco	MDP_HVSR52	**1,15**	**1.1-1.2**	**1,46**	**1.5-1.6**
Via Zanin	MDP_HVSR53	**1,08**	**1.1-1.2**	**1,24**	**1.1-1.2**
Via Bidoli	MDP_HVSR54	**1,08**	**1.1-1.2**	**1,24**	**1.1-1.2**
Via Friuli	MDP_HVSR55	**1,03**	**1.1-1.2**	**1,24**	**1.1-1.2**
Vicolo Piemonte	MDP_HVSR56	**1,52**	**1.5-1.6**	**1,52**	**1.5-1.6**
Vicolo Cansiglio	MDP_HVSR57	**1,52**	**1.5-1.6**	**1,52**	**1.5-1.6**
Via Campana	MDP_HVSR66	**0,93**	**1.1-1.2**	**1,23**	**1.1-1.2**
Via San Pio X Sud	MDP_HVSR67	**1,03**	**1.1-1.2**	**1,24**	**1.1-1.2**
Via Cal Larga	MDP_HVSR68	**1,15**	**1.1-1.2**	**1,53**	**1.5-1.6**
Via Campi	MDP_HVSR69	**1,20**	**1.1-1.2**	**1,54**	**1.5-1.6**
Via Biffis	MDP_HVSR70	**0,92**	**1.1-1.2**	**1,10**	**1.1-1.2**
Via Bardei	MDP_HVSR71	**0,92**	**1.1-1.2**	**1,10**	**1.1-1.2**
Via IV Novembre	MDP_HVSR72	**1,33**	**1.3-1.4**	**1,64**	**1.5-1.6**
Via Pellizzioli	MDP_HVSR73	**1,07**	**1.1-1.2**	**1,22**	**1.1-1.2**
Via Carnia	MDP_HVSR74	**1,18**	**1.1-1.2**	**1,43**	**1.3-1.4**
Via Distrettuale	MDP_HVSR75	**0,99**	**1.1-1.2**	**1,42**	**1.3-1.4**
Via S. Anna	MDP_HVSR76	**1,09**	**1.1-1.2**	**1,43**	**1.3-1.4**
Via E. Fermi	MDP_HVSR77	**1,02**	**1.1-1.2**	**1,20**	**1.1-1.2**
Via G. Galilei	MDP_HVSR78	**1,75**		**1,22**	**1.1-1.2**
Santa Maria Nord	MDP_HVSR79	**2,02**		**1,17**	**1.1-1.2**
Santa Maria Sud	MDP_HVSR80	**0,92**	**1.1-1.2**	**1,10**	**1.1-1.2**
Via San Michele	MDP_HVSR81	**1,12**	**1.1-1.2**	**1,02**	**1.1-1.2**

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

La carta MS è stata divisa in due tavole con riferimento a FA ed FV, rispettivamente. Questo perché, per alcuni siti, gli esiti di amplificazione per i due intervalli di frequenza risultavano nettamente divergenti. Per ciascuna tavola sono riportate le classi dei valori di FA ed FV e in corrispondenza di ciascun punto di misura sono inseriti i valori calcolati sia di FA che di FV. Il valore di FA puntuale è stato esteso ad un intorno per il quale esso può essere considerato rappresentativo. Nel caso in cui più punti vicini dessero valori discordanti si è assunto il valore più verosimile in base al modello geologico di zona.

Questa procedura ha portato a zonare una serie di "macchie" di territorio che corrispondono ai centri abitati e frazioni principali in cui la tonalità di colore contraddistingue il valore della classe di FA e di FV di tale microzona.

7 CONCLUSIONI

La D.G.R.V. n. 1572 del 03.09.2013 "*Definizione di una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi sismica locale a supporto della pianificazione. Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica. (D.G.R. 71/2008, D.G.R. 2877/2008 e D.lgs. 163/2006 e abrogazione D.G.R. n. 3308/08)*" stabilisce che per definire la carta di microzonazione sismica, il territorio comunale sia mappato secondo la seguenti tipologie:

- ***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.

Le risultanze dello studio di Microzonazione Sismica di livello 1, eseguito nel 2014-15 dal sottoscritto ed aggiornato nel 2017, hanno permesso di stabilire che nell'ambito del territorio comunale non esistono aree classificate come *Aree "stabili"*, *nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo*.

Il livello 1 ha individuato tre diverse microzone omogenee in prospettiva sismica caratterizzate da un determinato modello geologico del sottosuolo e, per ciascuna, è stata attribuita una categoria di suolo (secondo il D.M. 14/01/2008) sulla base della Vs30; non sono state individuate aree potenzialmente interessate da fenomeni locali di instabilità di versante o con presenza di particolari forme di superficie e sepolte.

Con il livello 2 sono state implementate le indagini geofisiche del sottosuolo al fine di perfezionare il quadro di conoscenza degli ambiti di maggiore interesse dal punto di vista urbanistico e sono state valutate le amplificazioni locali di tipo litostratigrafico.

Da queste valutazioni è scaturita una carta della Microzonazione Sismica, frazionata nelle componenti FA ed FV, utilizzabile (unitamente alla carta MOPS del livello 1) in modo organico ai fini di progettazione:

- per interventi ordinari: la carta risulta un utile strumento di valutazione diretta;
- per interventi di un certo impegno o rilievo: è un utile strumento che può indirizzare verso specifici e ulteriori approfondimenti, con misure puntuali di Vs, frequenze di risonanza dei suoli, ecc.) fino alla valutazione della Risposta Sismica Locale RSL del sito come previsto dal D.M. 14/01/2008.

Anche la carta delle frequenze può avere un utilizzo diretto nella valutazione di eventuali fenomeni di doppia risonanza terreno-edificio.

Un'eventuale verifica con approfondimenti di livello 3, attraverso l'acquisizione di specifici parametri geotecnici/geofisici, viene rimandata alle successive fasi progettuali di singoli interventi urbanistico/edilizi di particolare rilevanza strategica, come previsto dal D.M. 14/01/2008.

Identico discorso per le aree che in questa fase non sono state indagate in quanto non interessate da zone urbanizzate o di espansione urbanistica oppure nei casi di insediamenti isolati. Ipotesi progettuali successive prevedranno indagini mirate, tese alla verifica degli aspetti geologici e morfologici (rilievi di superficie) geotecnici (indagini geognostiche e di laboratorio) e geofisici (stese sismiche e/o prove puntuali, attive e/o passive, indagini elettriche o magnetiche) e valuteranno, se del caso, anche il potenziale di liquefazione e/o densificazione dei terreni sciolti più soffici lungo il f. Monticano, piuttosto che le condizioni di stabilità di scarpate di cava, come previsto dal D.M. 14/01/2008.

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

Potrà essere così definita la compatibilità del singolo intervento con le condizioni litostratigrafiche locali, vincolando le singole possibilità edificatorie alle condizioni sito-specifiche.

Pieve di Soligo, 21 febbraio 2018

Dott. Geol. Gino Lucchetta

Ordine Geologi del Veneto n. 242

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

8 BIBLIOGRAFIA

AA.VV. Seismogenetic sources potentially responsible for earthquakes with M ≥ 6 in the Southern Alps (Thiene – Udine sector, NE Italy)" Geophysical Journal International (2005).

AA.VV. "Modello sismotettonico dell'Italia Nord Orientale", C.N.R., Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Rendiconto N. 1, Trieste, 1987.

Benedetti, L., Tapponnier, P., King, G. C. P., Meyer, B., Manighetti, I., 2000. Growth folding and active thrusting in the Montello region, Veneto, northern Italy. J. Geophys. Res., 105, 739-766.

Castaldini, D. & Panizza, M., 1991. Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave e il Lago di Como (Italia settentrionale), Il Quaternario, 4, 333–410.

Castellarin A. Nicolich R., Fantoni R., Cantelli L., Sella M., Selli L., 2006 b. Structure of the lithosphere beneath the Eastern Alps (southern sector of the TRANSALP transect). Tectonophysics vol. 414, pp. 259 - 282.

Cruden D.M. & Varnes D. J. (1996) - Landslide types and processes. In: TURNER A.K. & SCHUSTER R.L. (eds) - "Landslide: Investigation and Mitigation. Trasportation Research Board", Special Report 247, National Academy Press, pp. 36-75, Waschington D.C.

Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.4: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5,5 in Italy and surrounding areas, in I. N. d. G. e Vulcanologia, ed., http://diss.rm.ingv.it/diss/.

Ferrarese, F., Sauro, U. & Tonello, C., 1998. The Montello Plateau. Karst evolution of an alpine neotectonic morphostructure, Zeit. für Geomorph., N.F. Suppl.-Bd., 109, 41–62.

Galadini, F., Poli, M. E., Zanferrari, A., 2005. Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with M ≥ 6 in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). Geophys. J. Int., 161, 739-762.

Galadini, F., Meletti, C. & Vittori, E., 2001b. Major active faults in Italy: available surficial data, Geol. en Mijn. (Netherlands Journal of Geosciences), 80, 273–296.

Meletti, C., Galadini, F., Valensise, G., Stucchi, M., Basili, R., Barba, S., Vannucci, G., Boschi, E., 2007. The ZS9 seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. Tectonophysics.

Merlini, S., Doglioni, C., Fantoni, R. & Ponton, M., 2002. Analisi strutturale lungo un profilo geologico tra la linea Fella-Sava e l'avampaese adriatico (Friuli Venezia Giulia-Italia), Mem. Soc. Geol. It., 57, 293–300

Peruzza, L., Poli, M.E., Rebez, A., Renner, G., Rogledi, S., Slejko, D. & Zanferrari, A., 2002. The 1976–1977 seismic sequence in Friuli: new seismotectonic aspects, Mem. Soc. Geol. It., 57, 391–400

Sirovich, L., Pettenati, F. & Bobbio, M., 2000. Inversione di intensità macro-sismiche per le faglie di terremoti storici, in Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996–1999), pp. 237–245, eds Galadini, F., Meletti, C. & Rebez, A., CNR—Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, Italy.

M. Sugan e L. Peruzza, Distretti Sismici del Veneto in Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata Vol. 52 n. 4 supplement., dicembre 2011

TRANSALP Working Group, 2002. First deep reflexion images of the Eastern Alps reveal giant crustal wedges and transcrustal ramps. Geophysical Research Letters Vol.29, N. 10, pp. 92-1 / 92-4.

Valensise, G., Pantosti, D. (Eds.), 2001a. Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy. Annali di Geofisica, 44(4), Suppl., 797–964, with CD-ROM.

Zanferrari, A. et al., 1982. Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale, Mem. Sc. Geol., 35, 355–376.

Per quanto riguarda i riferimenti bibliografici dei cataloghi sismici citati nel testo:

NT4.1 - Camassi R. e Stucchi M., 1998. NT4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno

CPTI04 (maggio 2004) - Gruppo di lavoro CPTI (2004).
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna.
ttp://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/

CPTI11 - *A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI*

DOM4.1 - Monachesi G. e Stucchi M.: "DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno"

DBMI04 - Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/

Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.

DBMI11 - M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11.

DBMI15 - Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/

9 ALLEGATI

Gli allegati alla Relazione Illustrativa sono così suddivisi:

- **Allegato "Indagini Pregresse"** contiene le indagini pregresse già documentate nel PRG - P.A.T.I. e P.A.T.. (SOLO IN FILE NELLA CARTELLA INDAGINI)

- **Allegato "Indagini MS 2014"**: contiene le indagini sismiche realizzate per il livello 1 (SOLO IN FILE NELLA CARTELLA INDAGINI).

- **Allegato "Indagini MS 2018"**: contiene le indagini sismiche realizzate ex novo:

Via Rivette, 9/2 – 31053 Pieve di Soligo. Tel/Fax 0438 842312; e-mail: ginolucchetta@tiscali.it ginolucchetta@libero.it

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR66

Via Campana

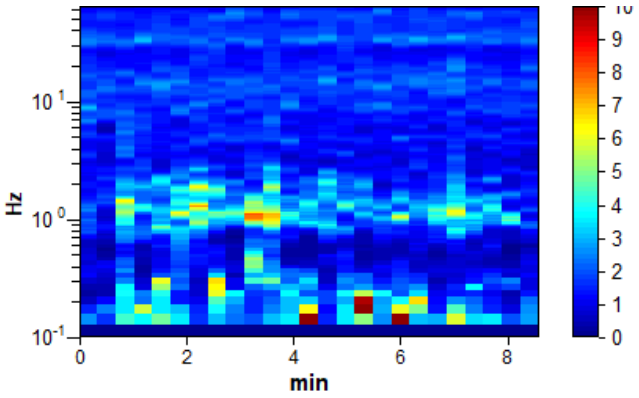
Coordinate WGS84
Lat. N 45.83497370 Long. E 12.31278454
Coordinate ED50
Lat. N 45.836729 Long. E 12.313612

---

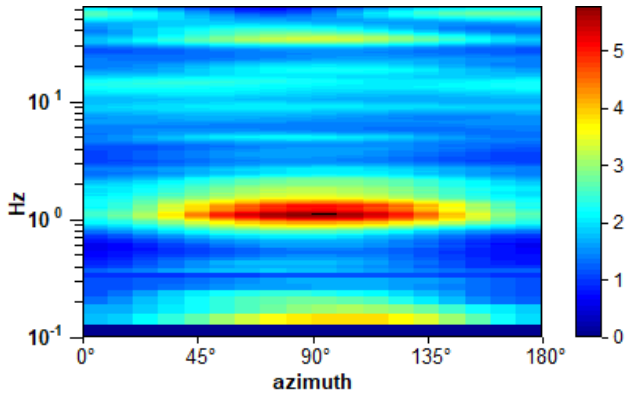
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{66})

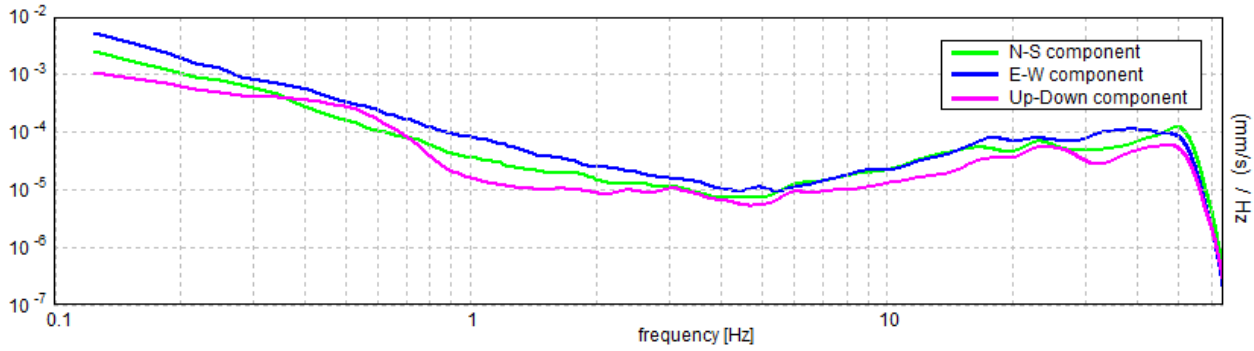
H/V TIME HISTORY



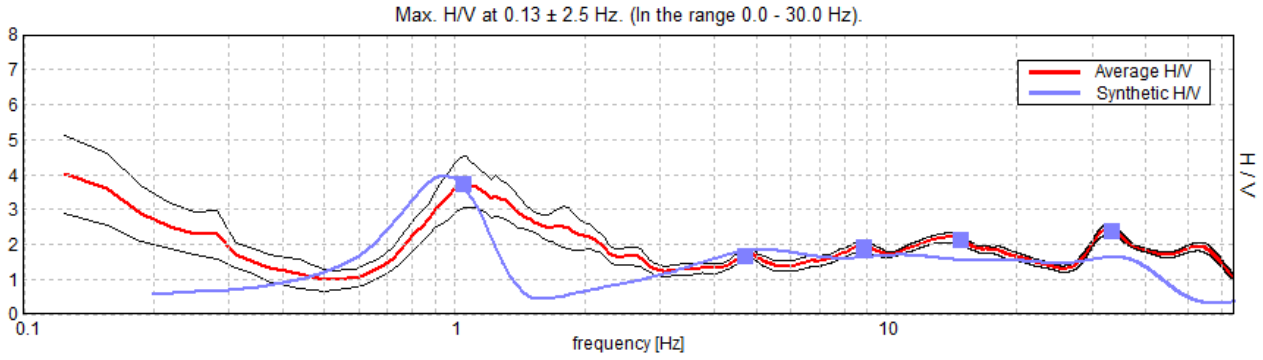
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	133	0.42
4.30	3.30	265	0.42
11.30	7.00	379	0.42
29.30	18.00	522	0.42
179.30	150.00	660	0.42
inf.	inf.	1398	0.42

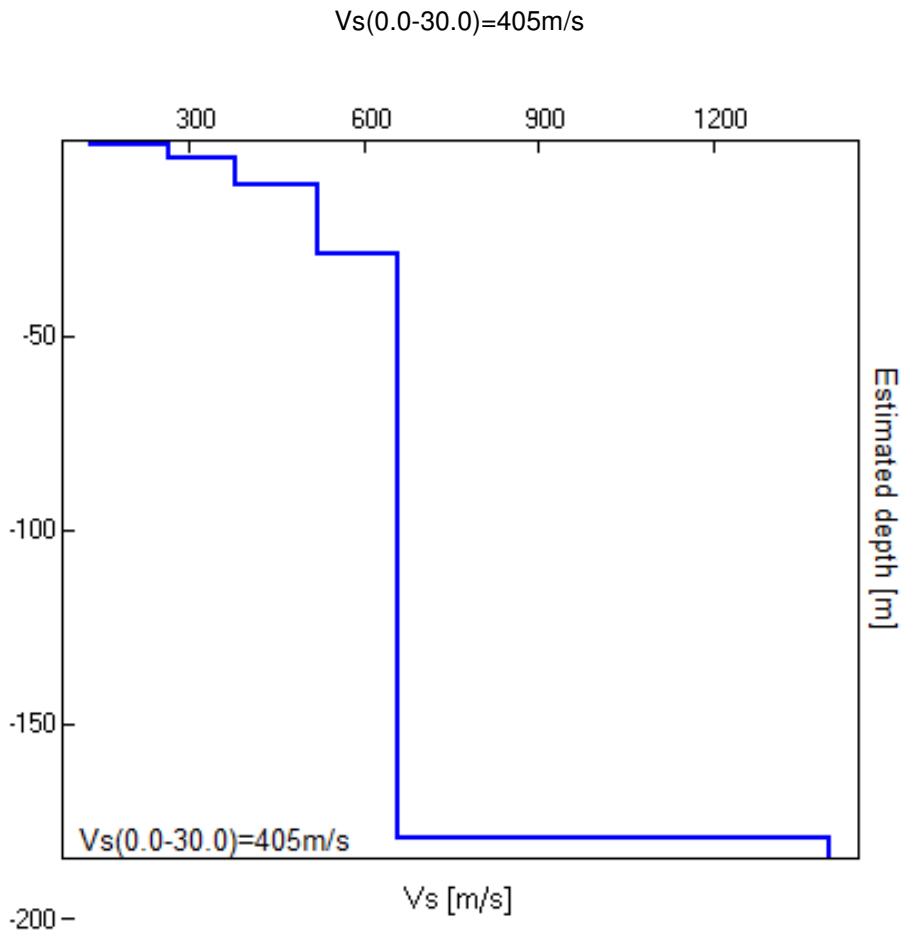


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**1.5 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 1.5 ± 2.03 Hz (in the range 1.5 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	750.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 73 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.656 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.71 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|1.35203| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.02805 < 0.15		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.311 < 1.78	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

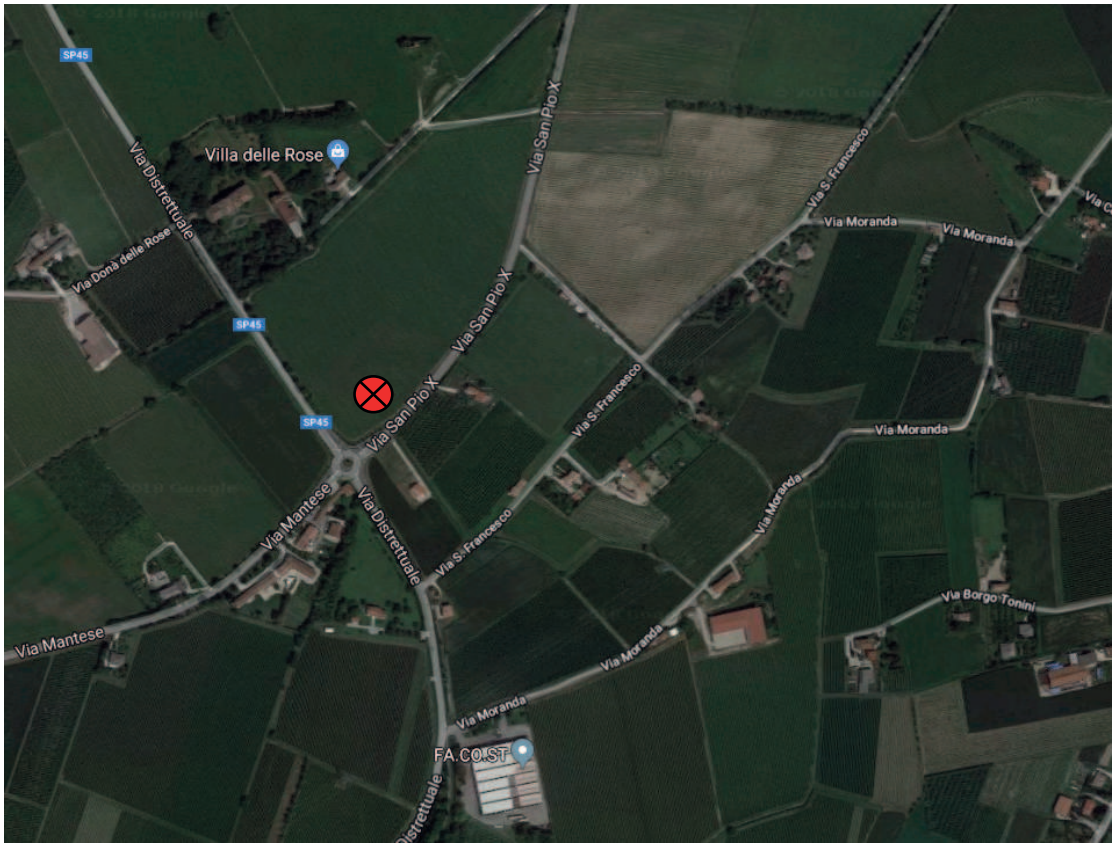
Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR67

Via San Pio X Sud

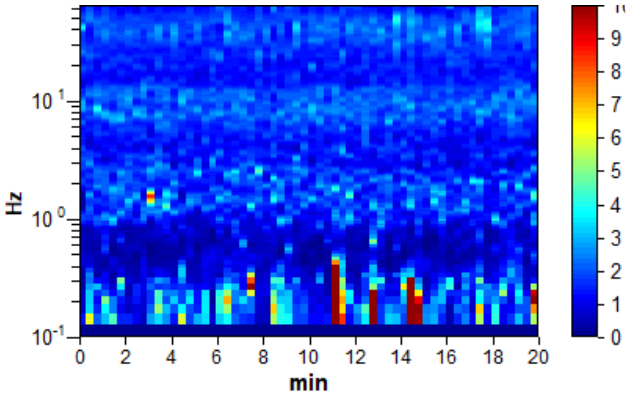
Coordinate WGS84
Lat. N 45.824811 Long. E 12.337516
Coordinate ED50
Lat. N 45.825708 Long. E 12.338509



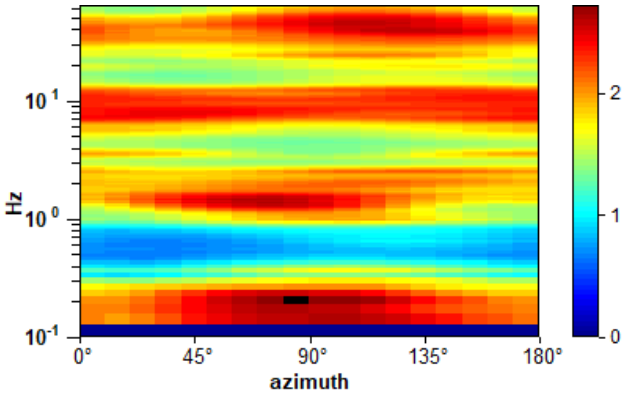
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{67})

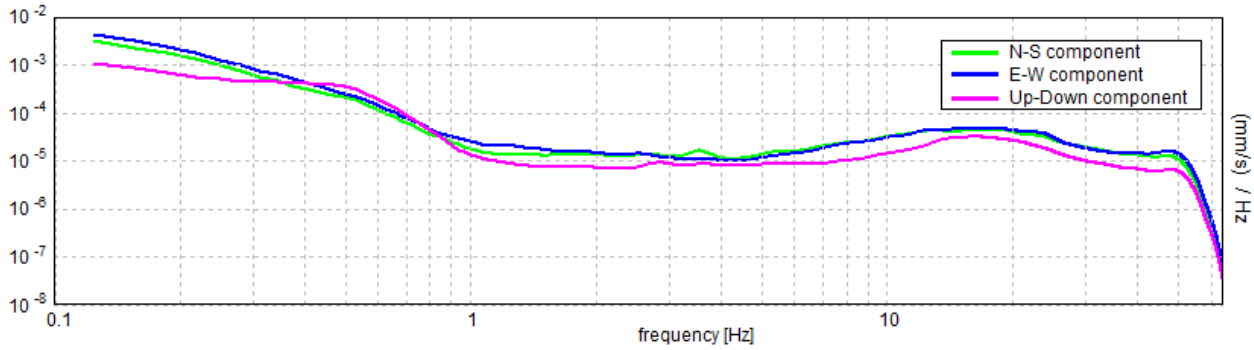
H/V TIME HISTORY



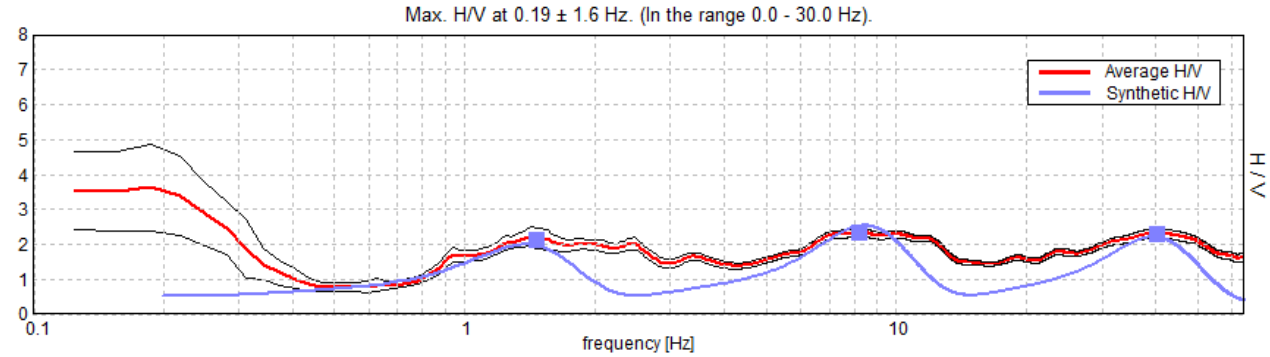
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	160	0.42
9.00	8.00	307	0.42
99.00	90.00	569	0.42
inf.	inf.	989	0.42

Vs(0.0-30.0)=433m/s

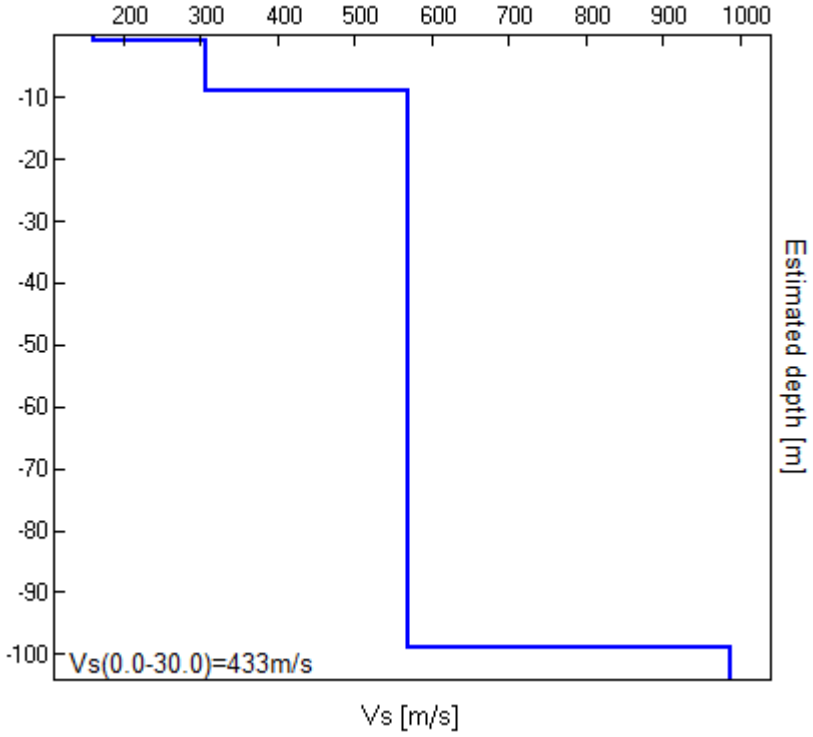


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**1.5 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 1.5 ± 1.6 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.19 > 0.50		NO
$n_c(f_0) > 200$	225.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 10 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.63 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|8.53655| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.6006 < 0.04688		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2464 < 3.0	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

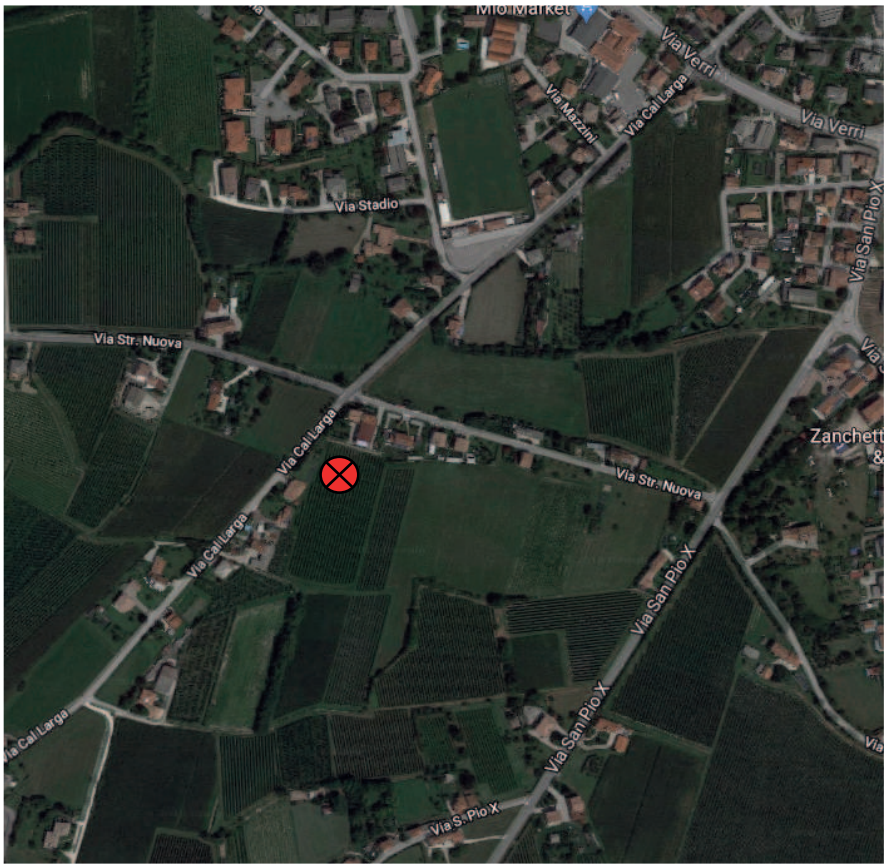
Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR68

Via Cal Larga

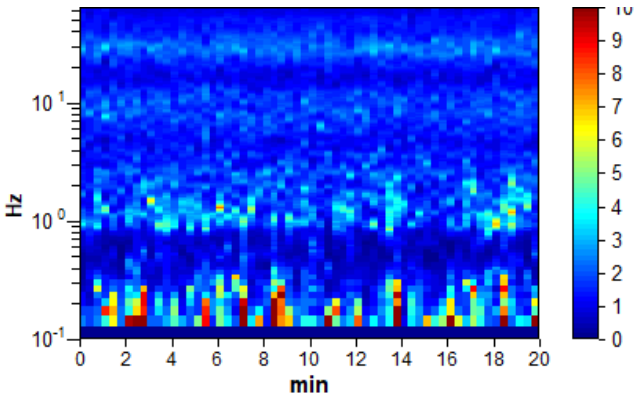
Coordinate WGS84
Lat. N 45.836553 Long. E 12.344263
Coordinate ED50
Lat. N 45.837449 Long. E 12.345256



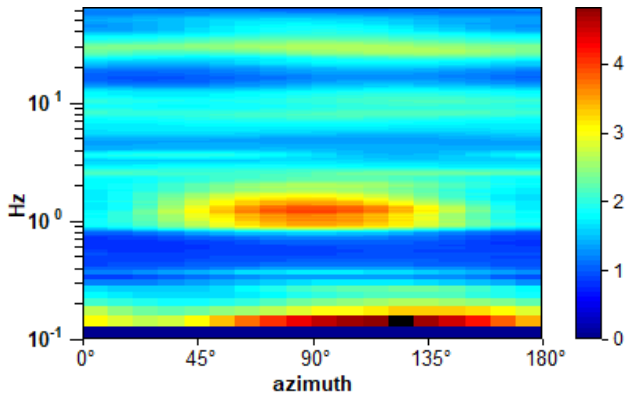
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{68})

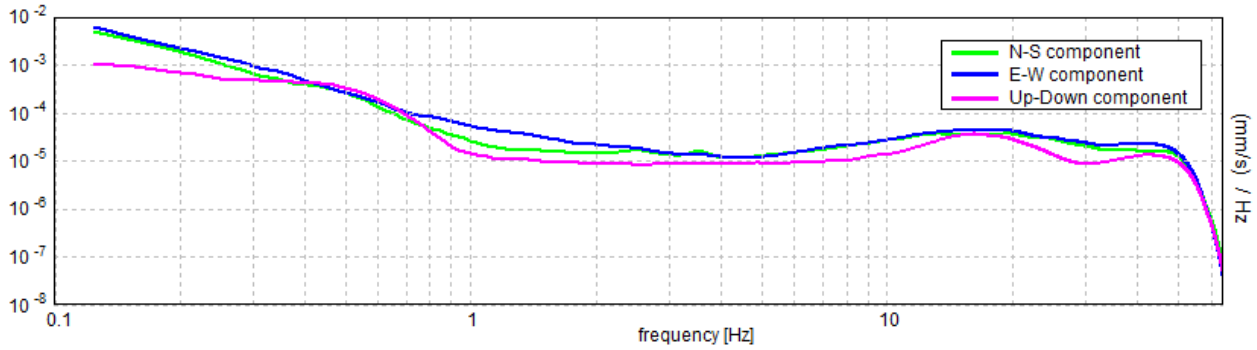
H/V TIME HISTORY



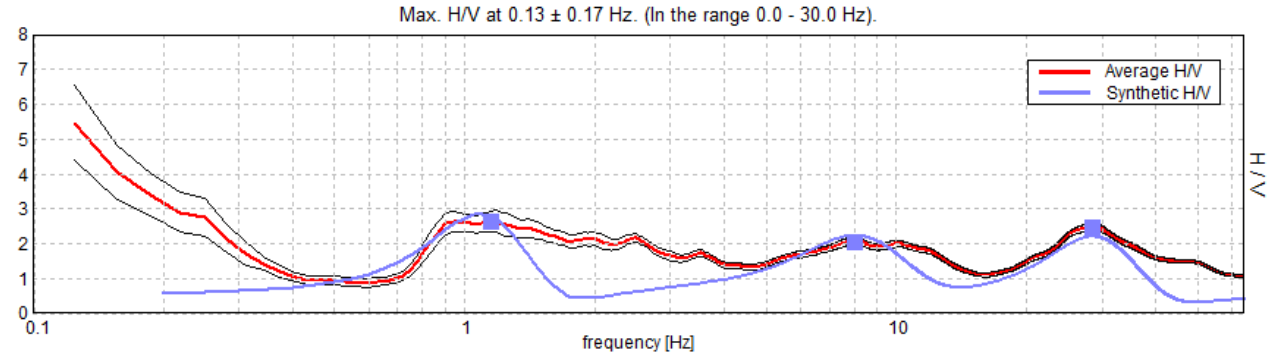
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	113	0.42
7.00	6.00	227	0.42
87.00	80.00	379	0.42
inf.	inf.	735	0.42

Vs(0.0-30.0)=313m/s

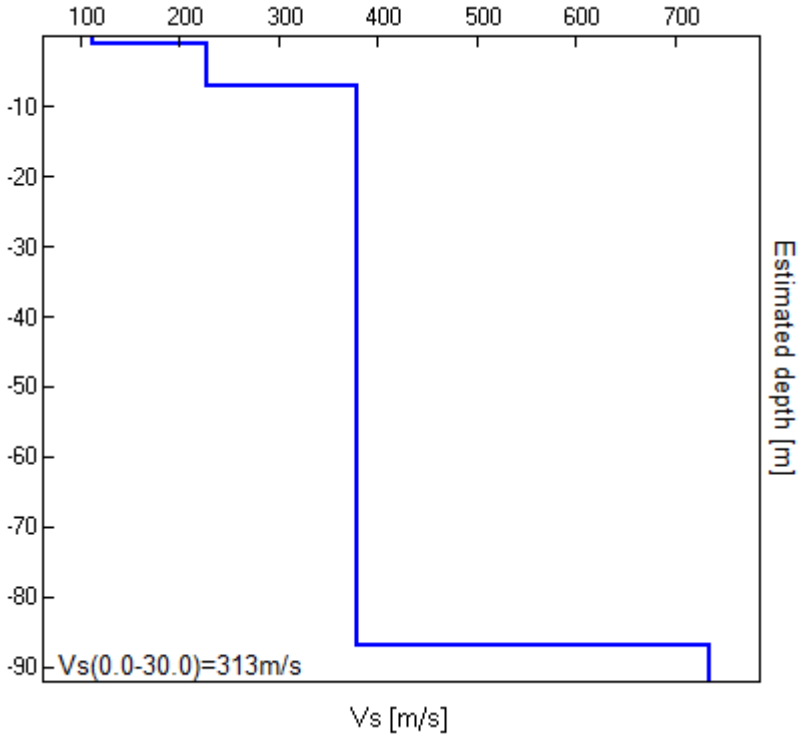


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**28 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 28.44 ± 0.54 Hz (in the range 1.5 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	28.44 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	34125.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 1366 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	18.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	54.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.48 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.01907| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.54242 < 1.42188	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1008 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR69

Via Campi

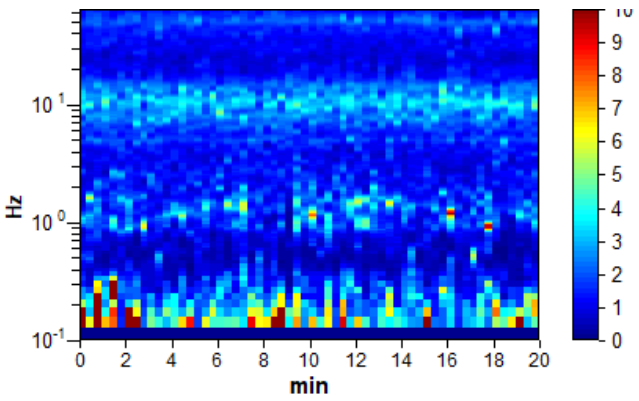
Coordinate WGS84
Lat. N 45.84174495 Long. E 12.33947819
Coordinate ED50
Lat. N 45.8435 Long. E 12.340307

---

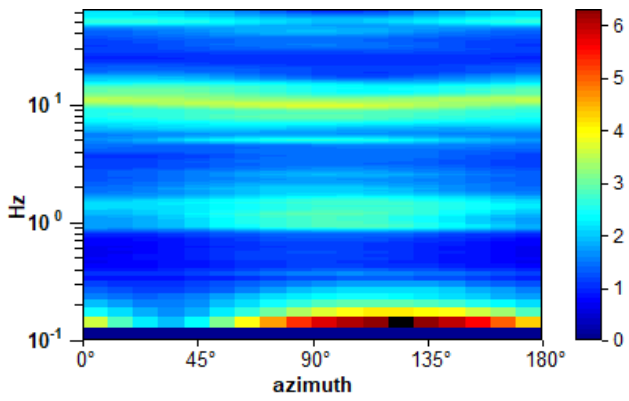
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{69})

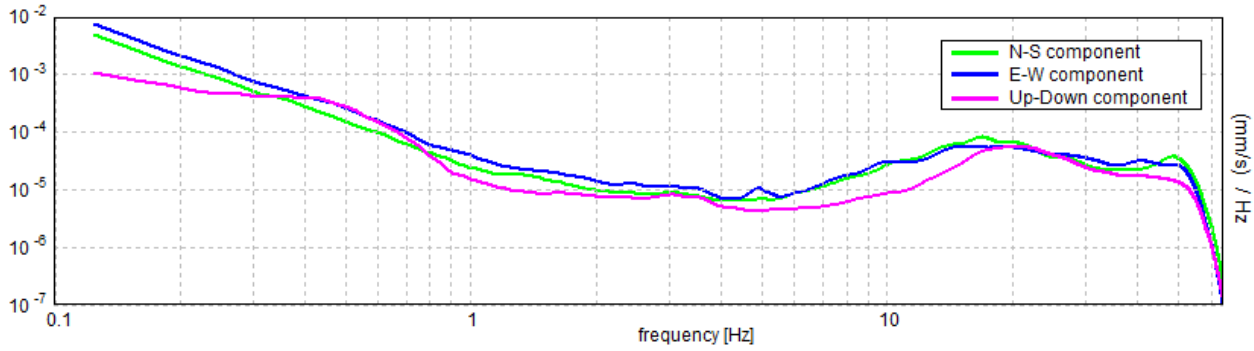
H/V TIME HISTORY



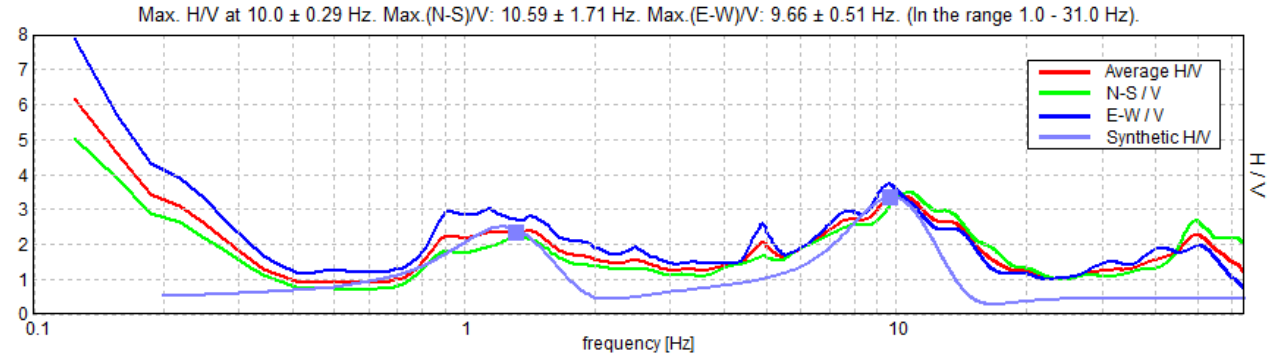
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.00	5.00	193	0.42
80.00	75.00	399	0.42
inf.	inf.	756	0.42

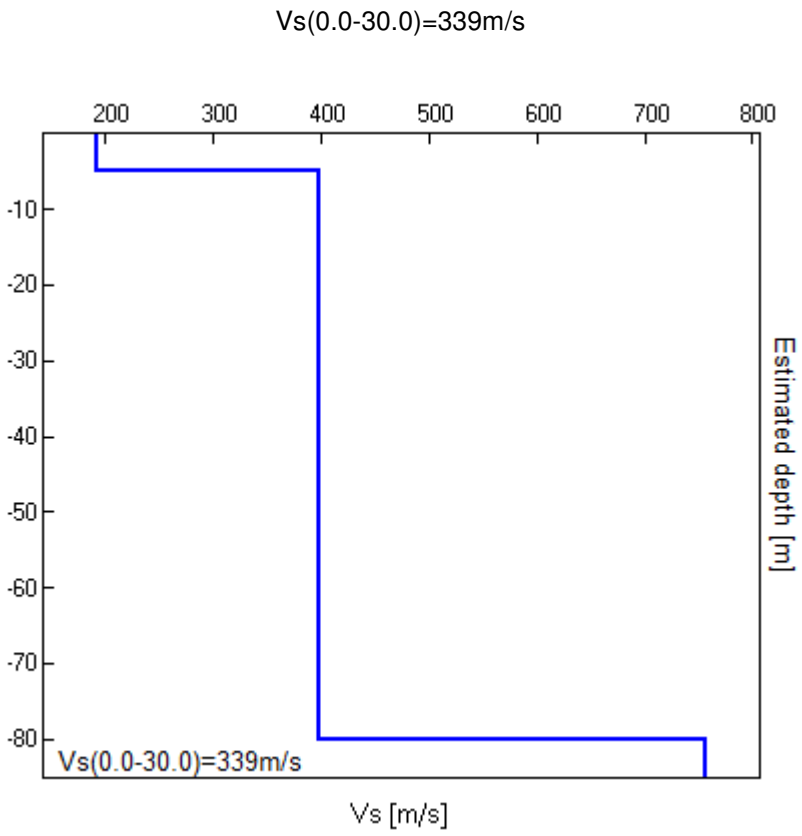


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	**Frequenza max H/V**	**Considerazioni**
HV	**10 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 10.0 ± 0.29 Hz (in the range 1.0 - 31.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	10.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	12000.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 481 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.688 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	16.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.42 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.02911| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.29106 < 0.5	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.174 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

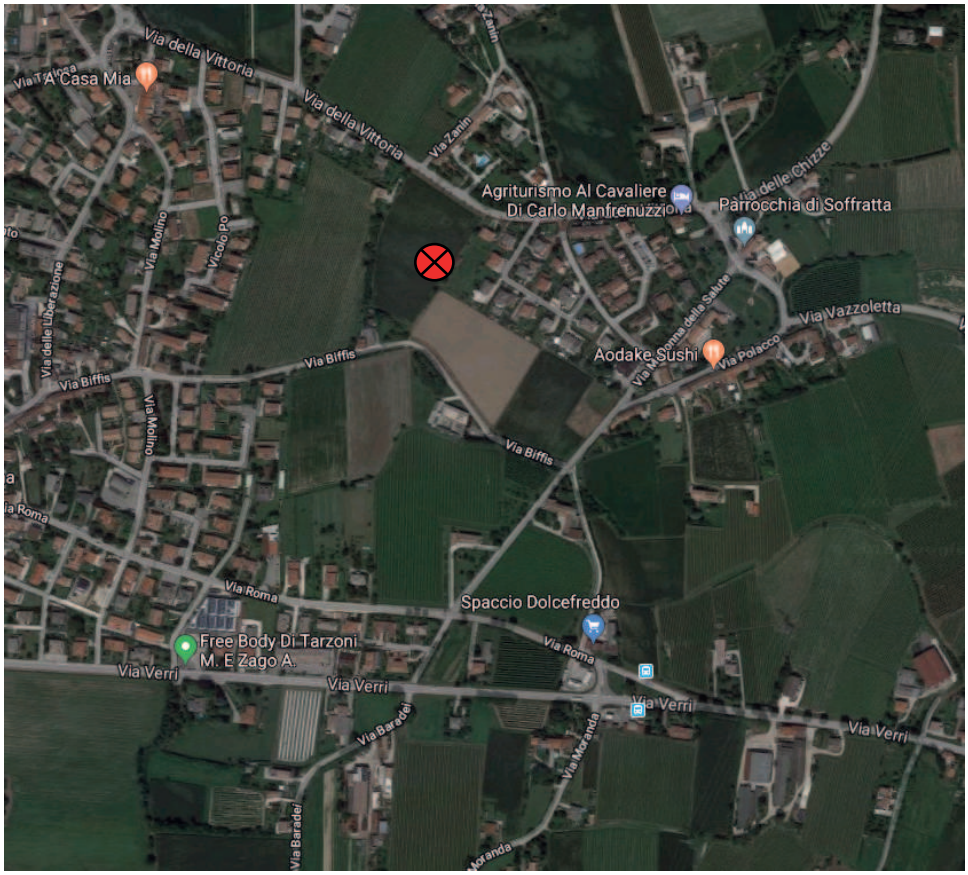
Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR70

Via Biffis

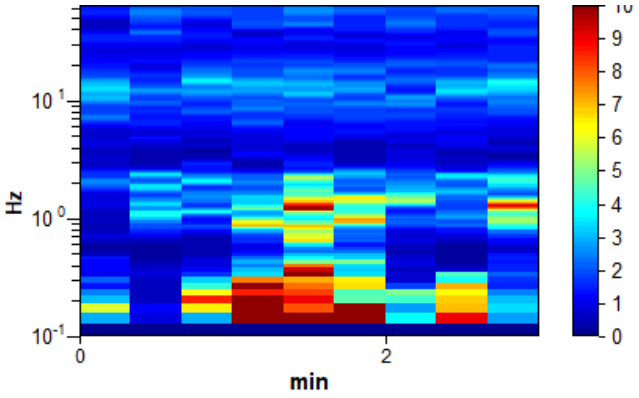
Coordinate WGS84
Lat. N 45.84371810 Long. E 12.35928362
Coordinate ED50
Lat. N 45.845473 Long. E 12.360113



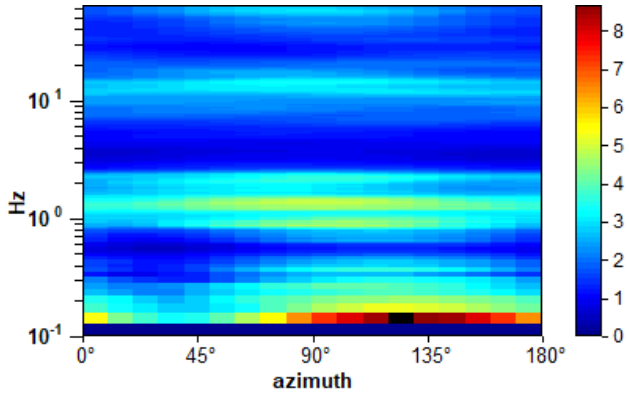
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{70})

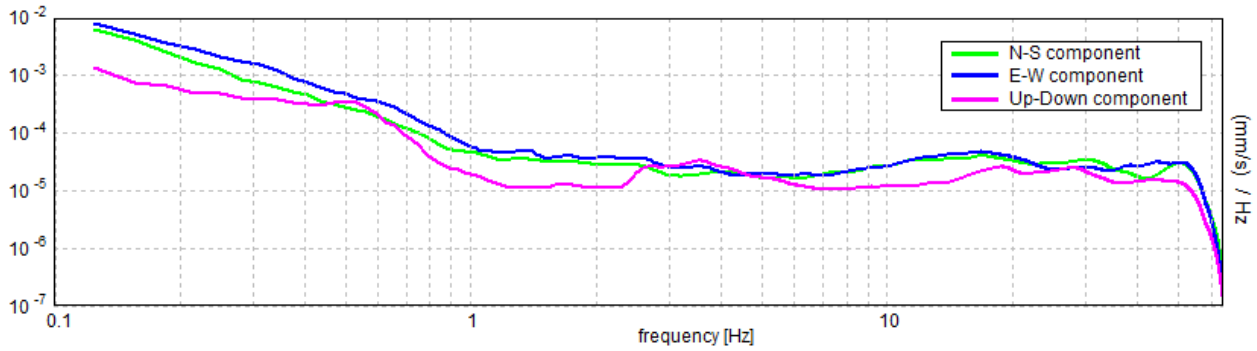
H/V TIME HISTORY



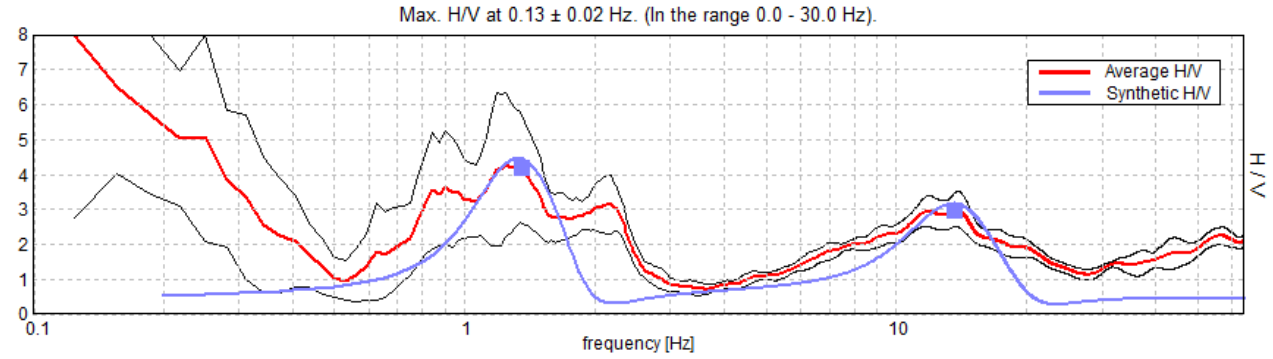
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
6.00	6.00	326	0.42
136.00	130.00	699	0.42
inf.	inf.	1542	0.42

Vs(0.0-30.0)=569m/s

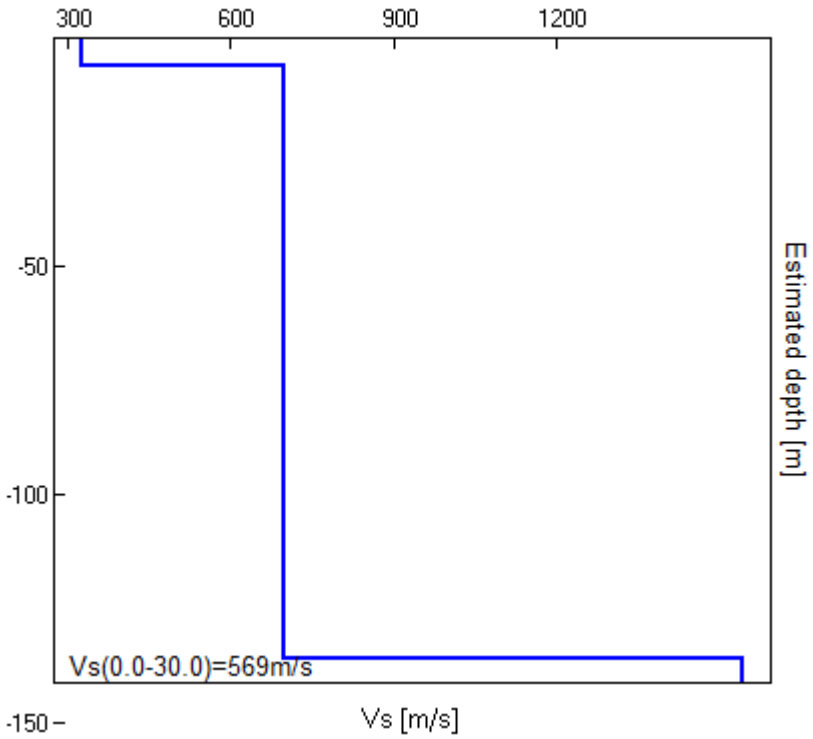


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**1.5 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 1.5 ± 6.97 Hz (in the range 1.5 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	270.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 3 out of 73 times		NO
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.594 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.33 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|4.64399| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	6.96599 < 0.15		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.1146 < 1.78	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

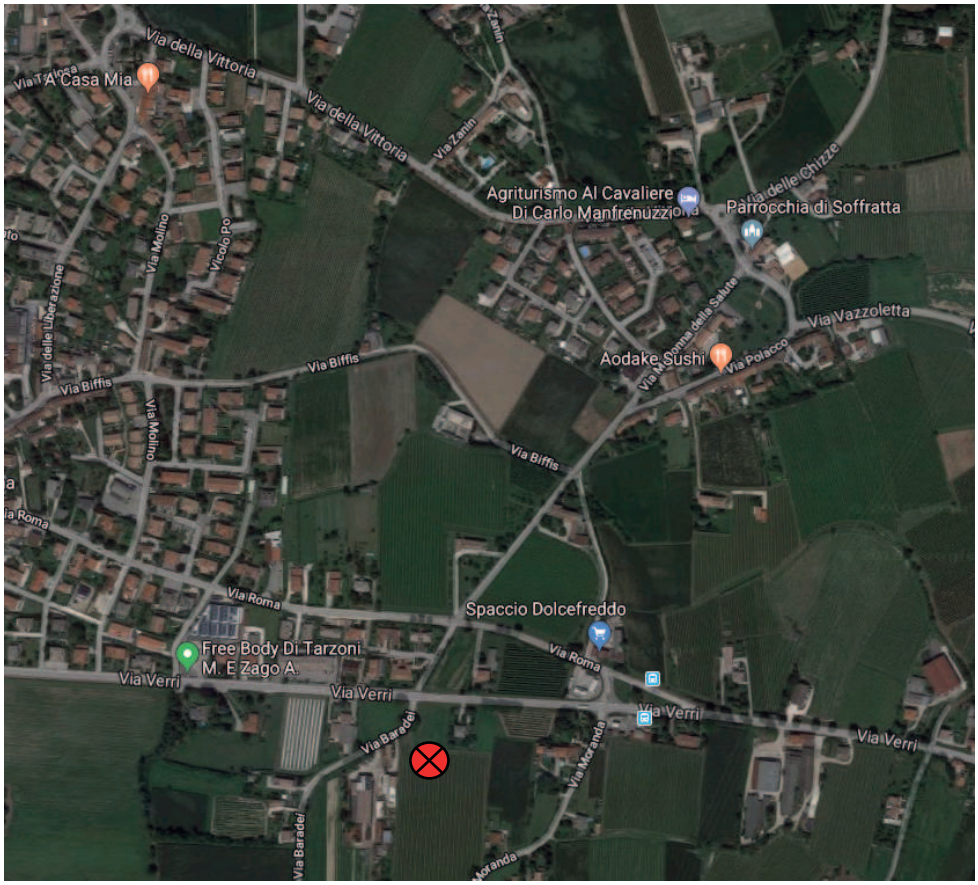
Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR71

Via Bardei

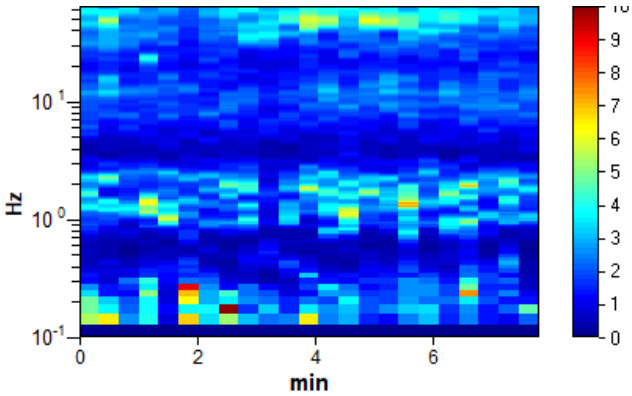
Coordinate WGS84
Lat. N 45.83826188 Long. E 12.35971278
Coordinate ED50
Lat. N 45.840017 Long. E 12.360542



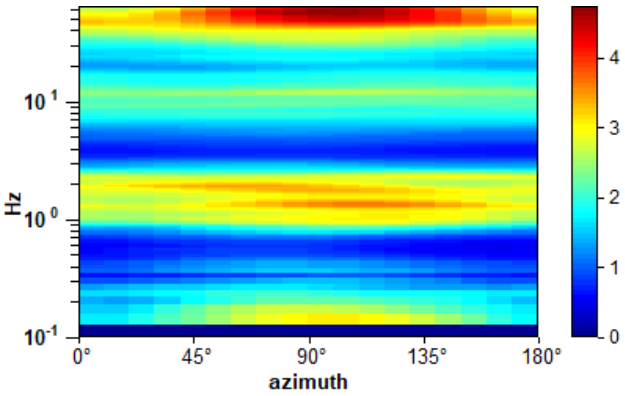
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{71})

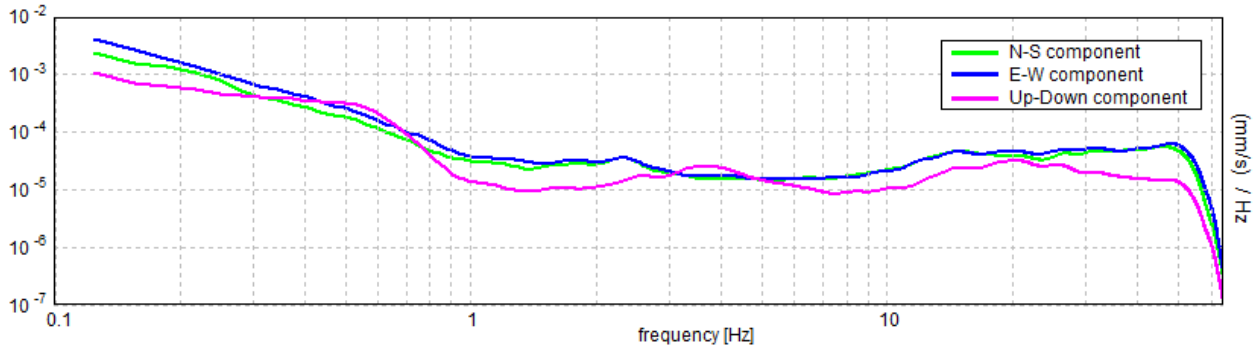
H/V TIME HISTORY



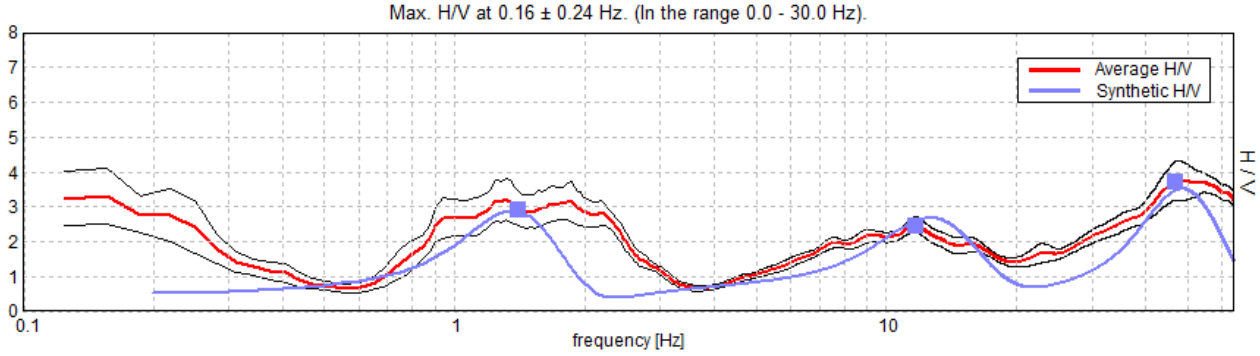
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	186	0.42
7.90	6.90	396	0.42
127.90	120.00	706	0.42
inf.	inf.	1453	0.42

Vs(0.0-30.0)=554m/s

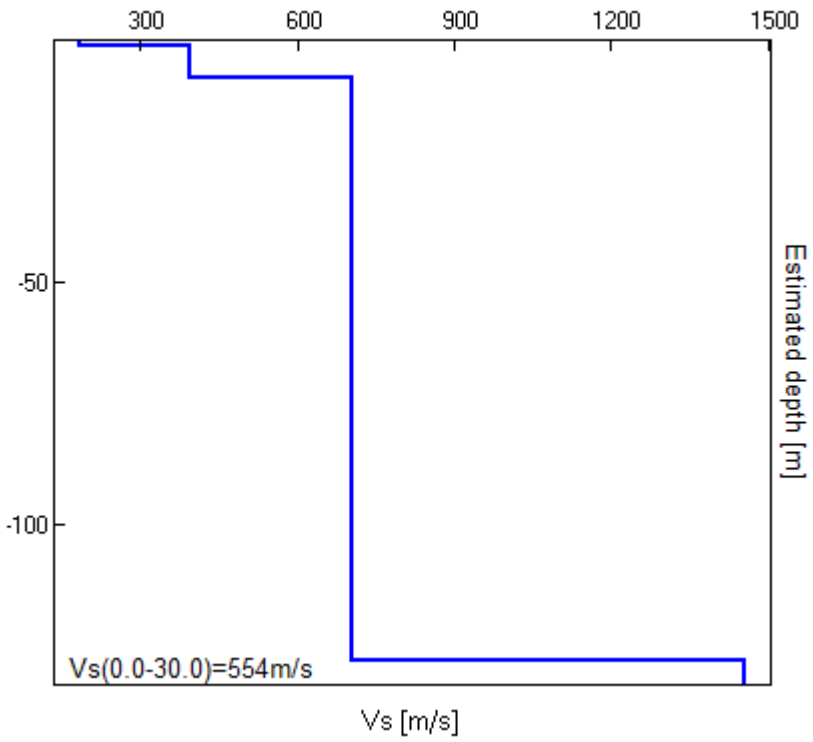


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**1.8 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 1.84 ± 0.25 Hz (in the range 1.5 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.84 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	848.1 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 90 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.781 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.14 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.13402| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.2471 < 0.18438		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5476 < 1.78	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

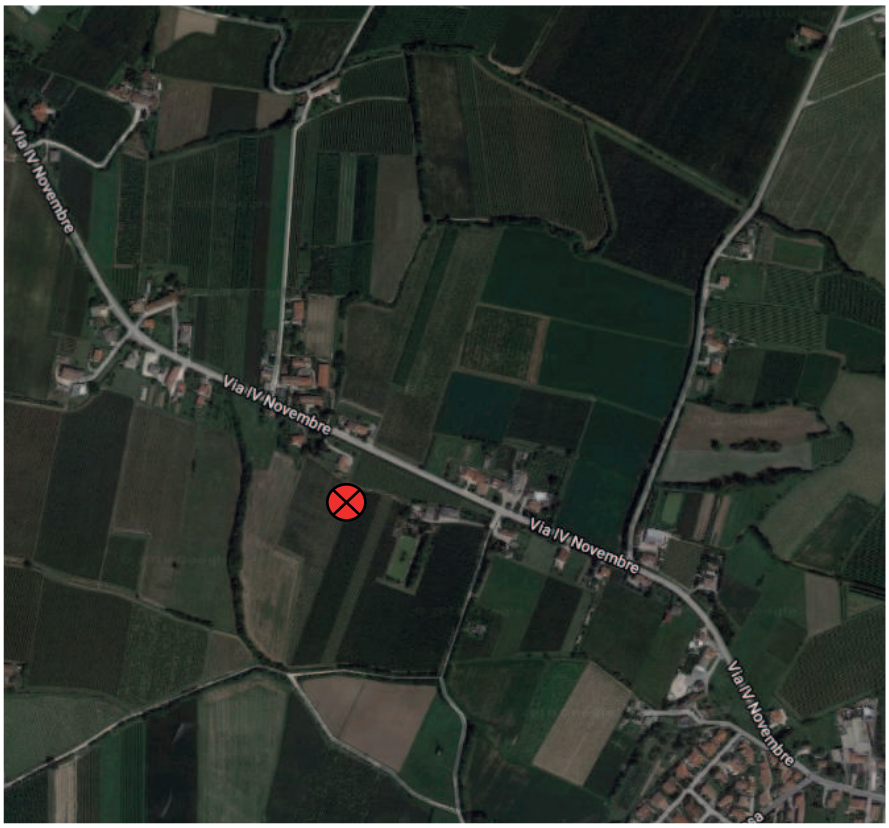
Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR72

Via IV Novembre

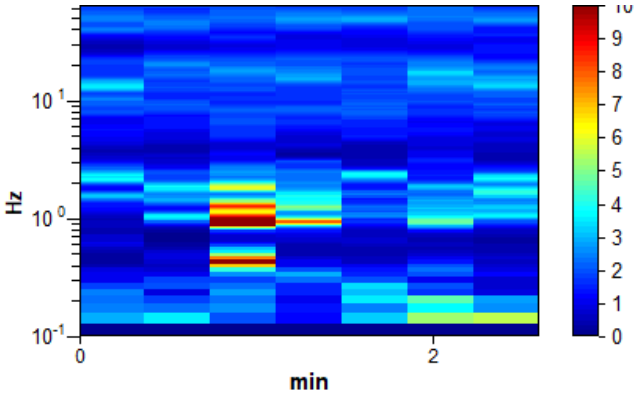
Coordinate WGS84
Lat. N 45.85059366 Long. E 12.34353369
Coordinate ED50
Lat. N 45.852349 Long. E 12.344363



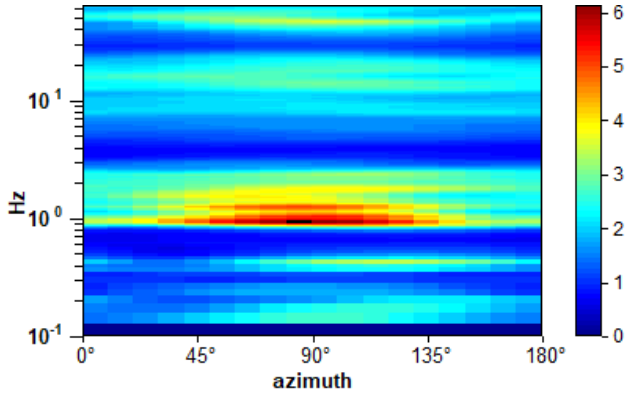
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{72})

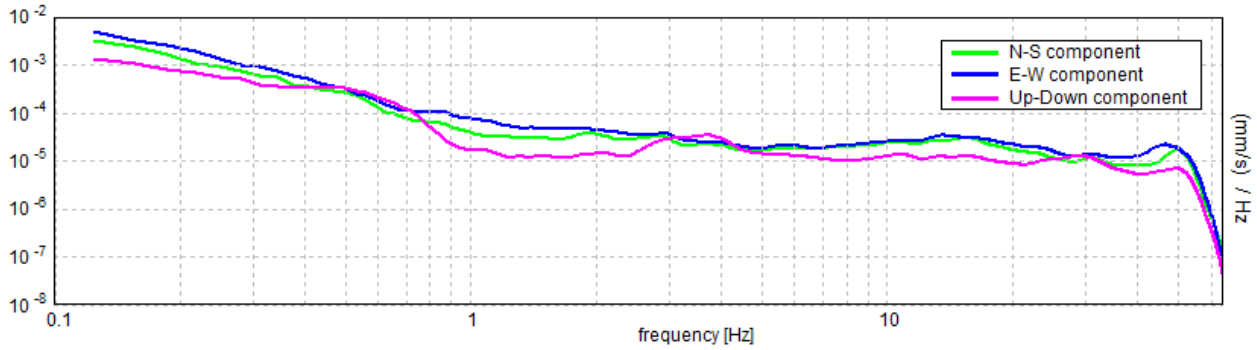
H/V TIME HISTORY



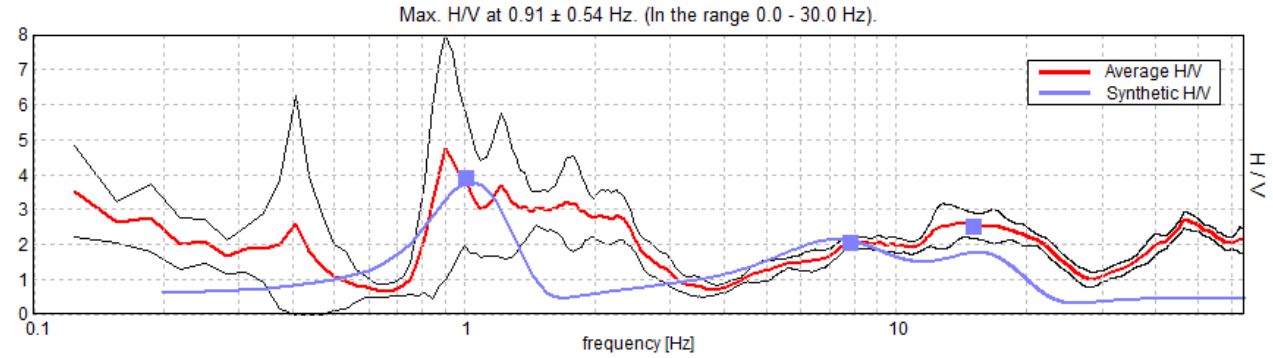
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	120	0.42
9.00	7.00	243	0.42
89.00	80.00	350	0.35
inf.	inf.	814	0.30

Vs(0.0-30.0)=284m/s

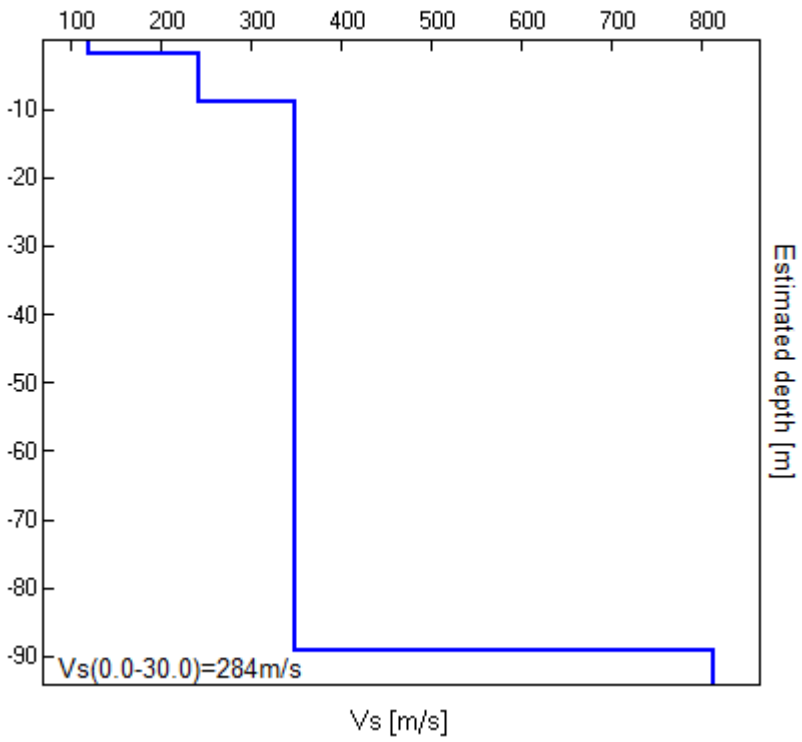


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**1.7 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 1.72 ± 0.17 Hz (in the range 1.5 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.72 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	240.6 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 5 out of 84 times		NO
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.781 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.20 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.09935| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.17076 < 0.17188	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2483 < 1.78	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

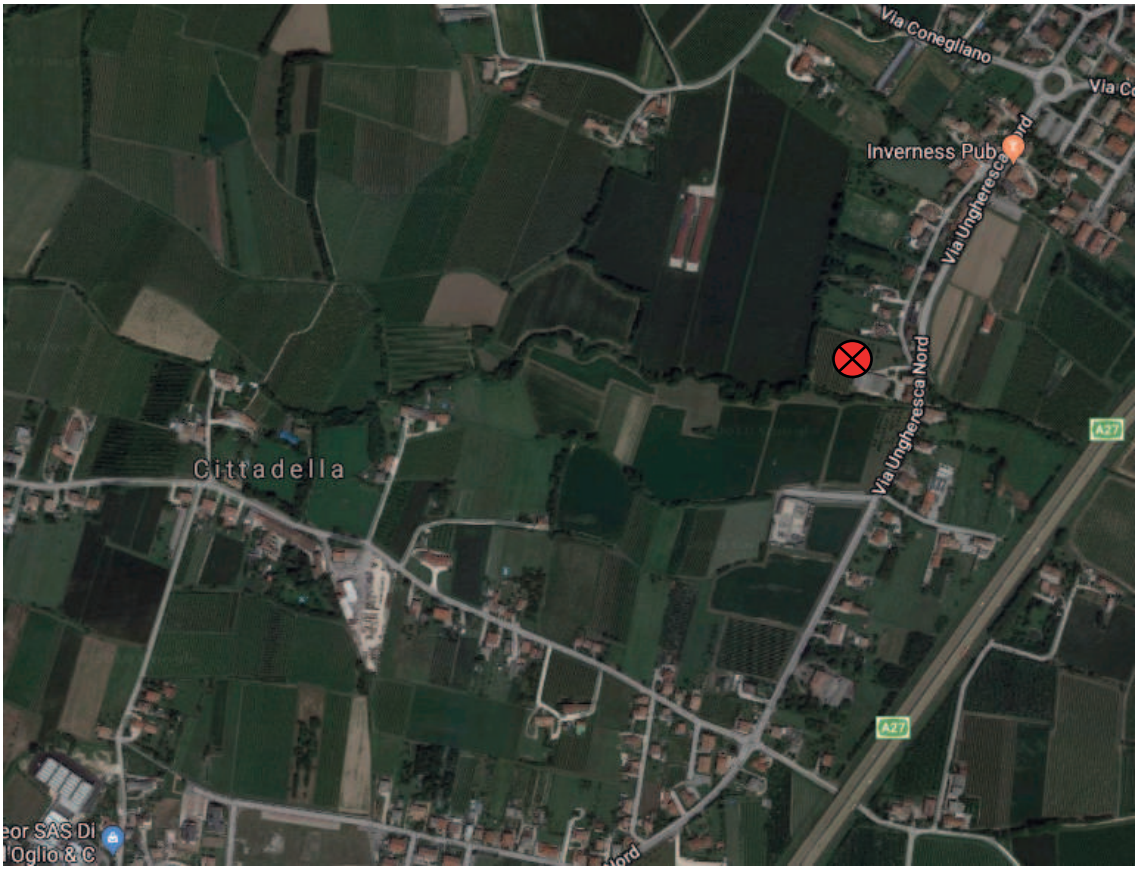
Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR73

Via Pellizioli

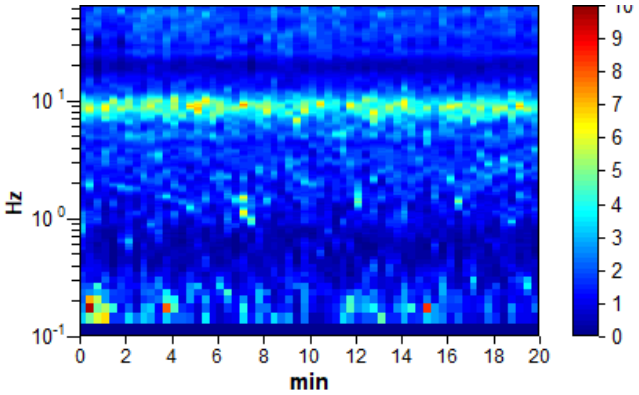
Coordinate WGS84
Lat. N 45.85577966 Long. E 12.32671088
Coordinate ED50
Lat. N 45.857535 Long. E 12.32754



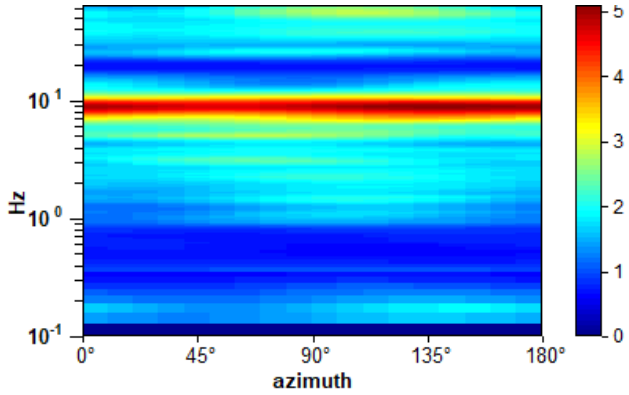
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{73})

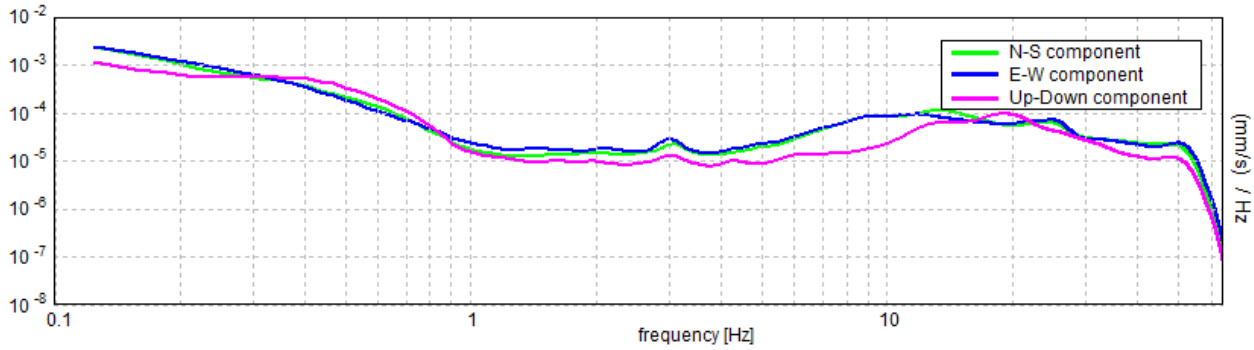
H/V TIME HISTORY



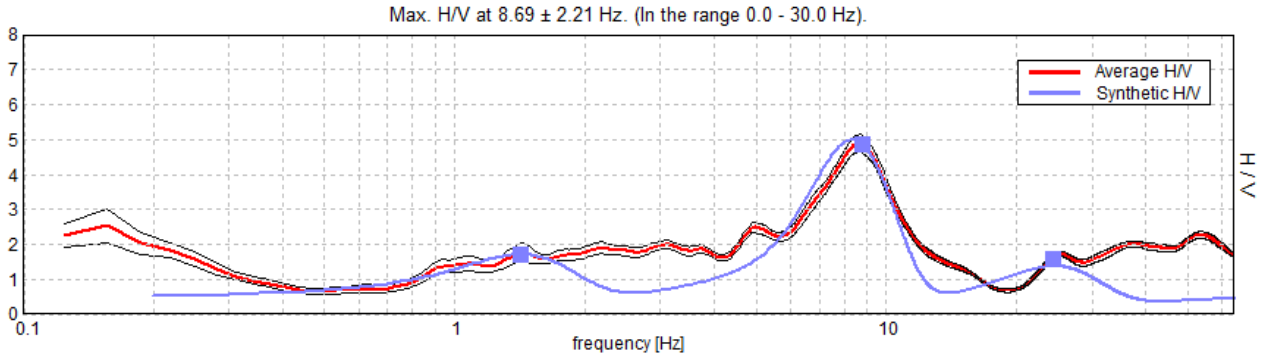
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	194	0.42
11.00	9.00	343	0.42
111.00	100.00	671	0.42
inf.	inf.	1149	0.42

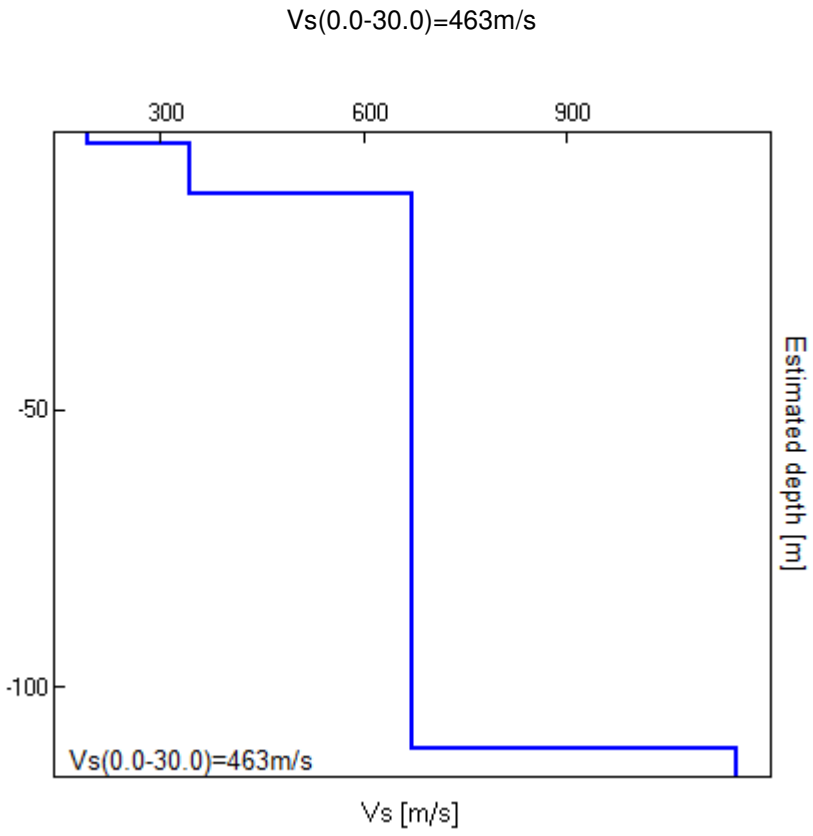


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**8.7 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 8.69 ± 2.21 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	8.69 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	10425.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 418 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	6.125 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	11.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.90 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.25424| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.2087 < 0.43438		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2531 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

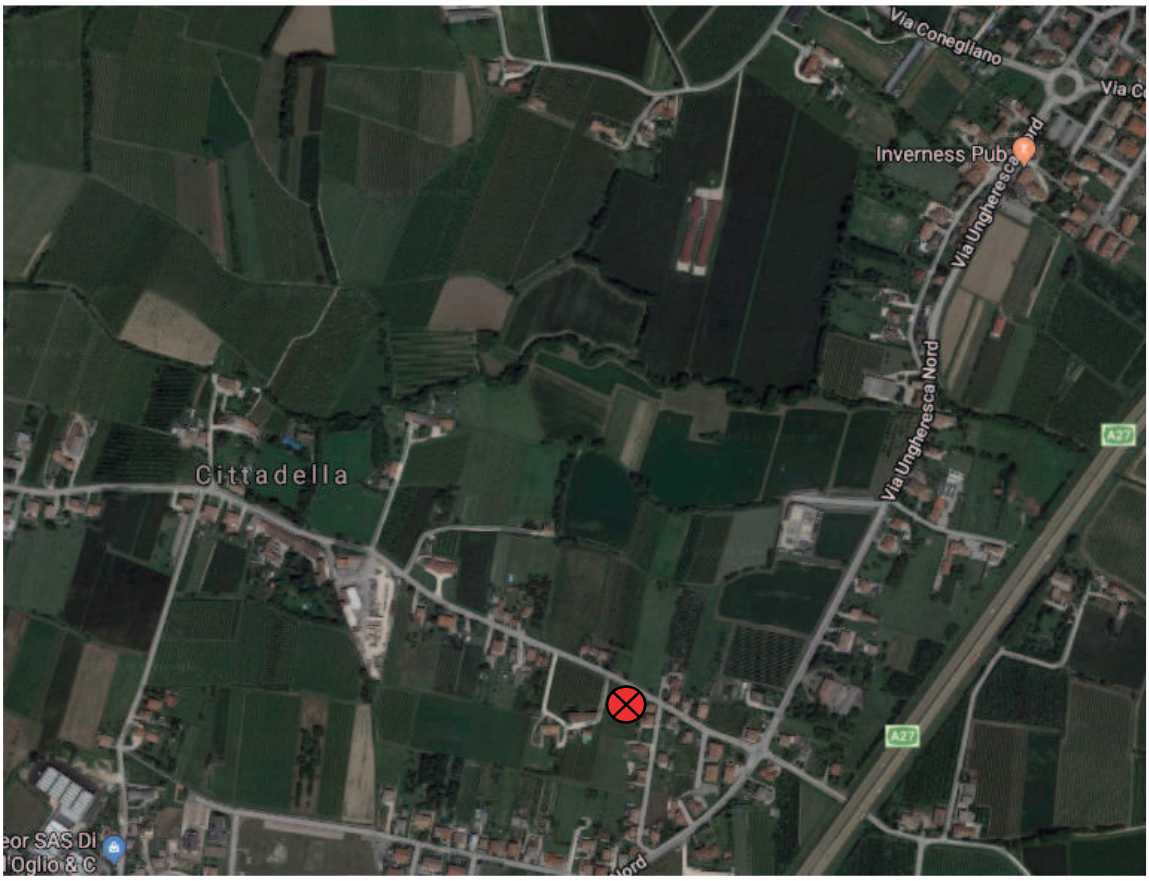
Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR74

Via Carnia

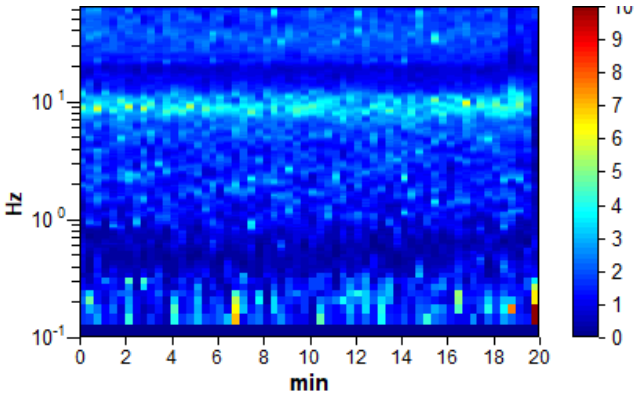
Coordinate WGS84
Lat. N 45.85077301 Long. E 12.32256954
Coordinate ED50
Lat. N 45.852529 Long. E 12.323398



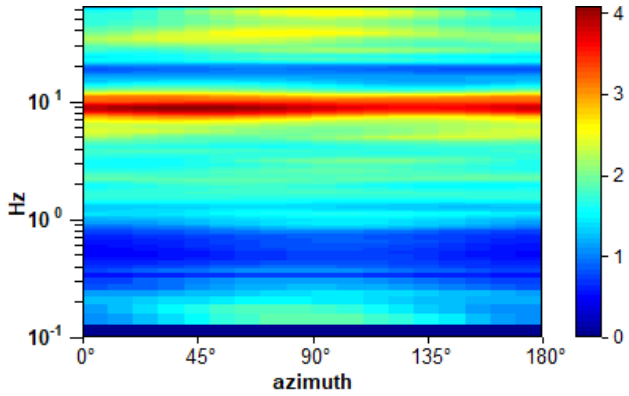
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{74})

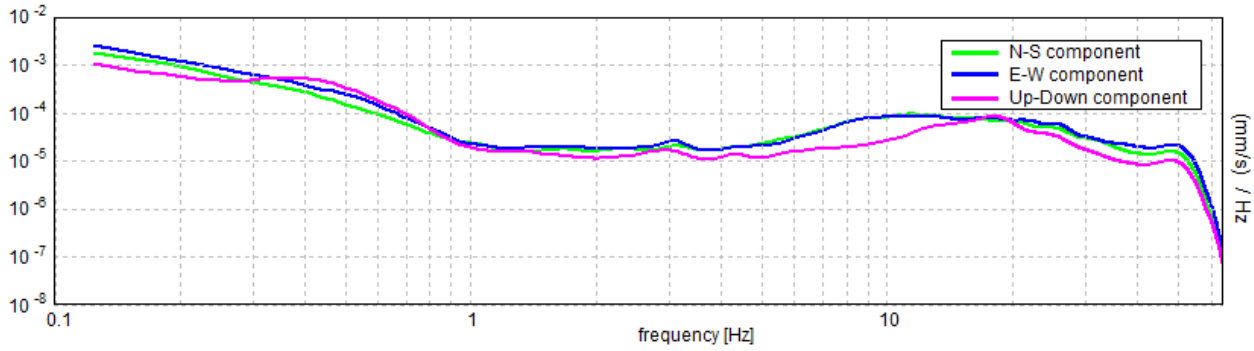
H/V TIME HISTORY



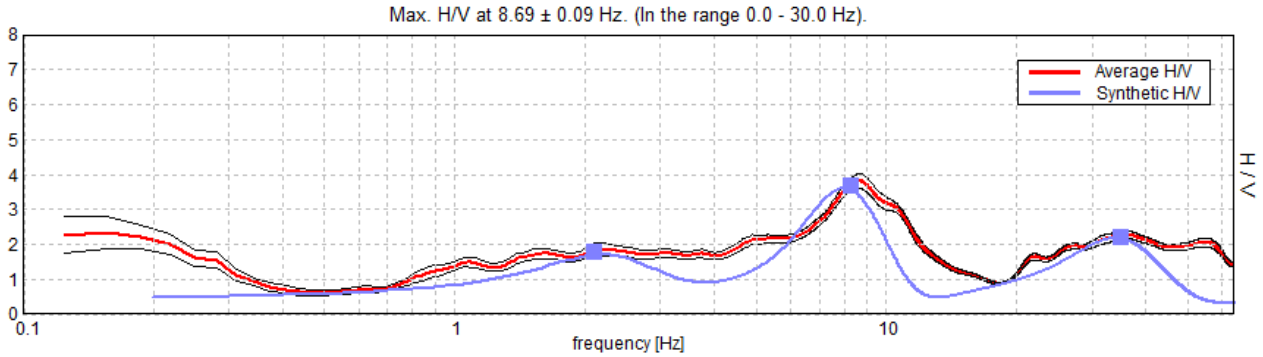
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	139	0.42
9.00	8.00	272	0.42
61.00	52.00	546	0.42
inf.	inf.	833	0.42

Vs(0.0-30.0)=400m/s

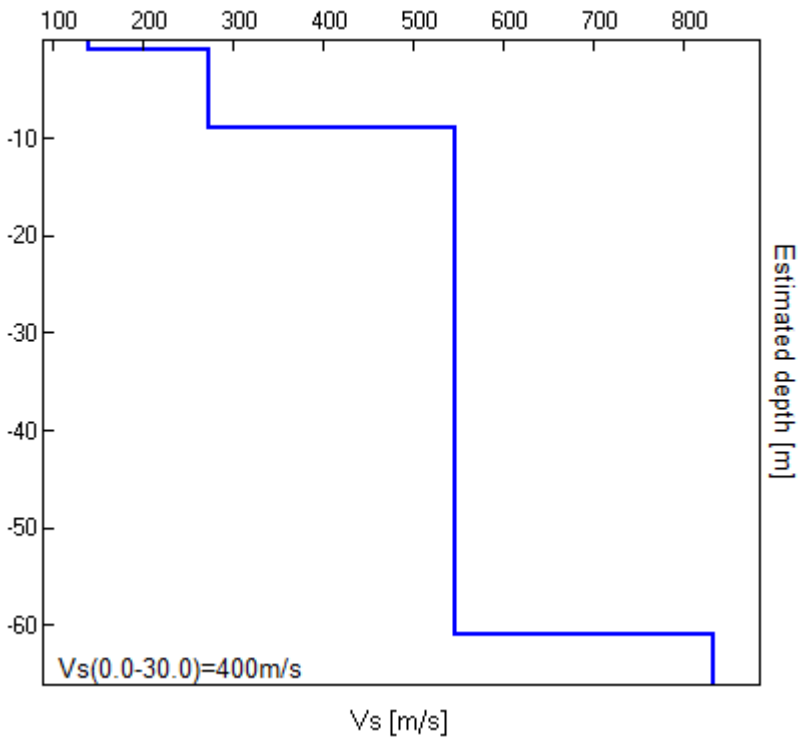


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**8.7 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 8.69 ± 0.09 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	8.69 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	10425.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 418 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.5 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	12.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.82 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.01025| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.08903 < 0.43438	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2162 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

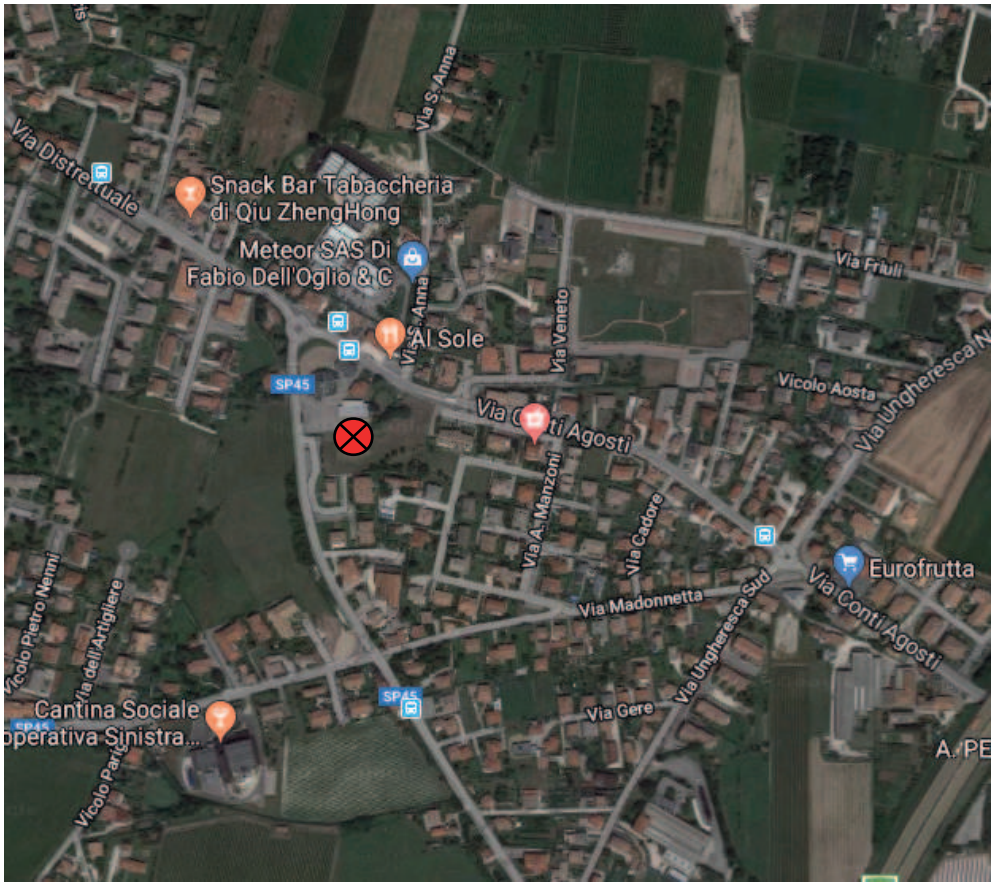
Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR75

Via Distrettuale

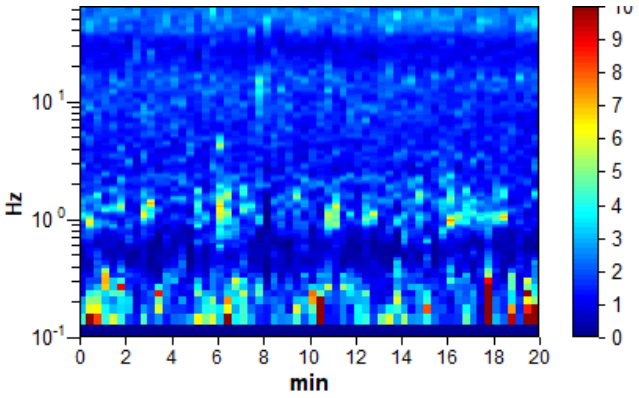
Coordinate WGS84
Lat. N 45.84781364 Long. E 12.31297797
Coordinate ED50
Lat. N 45.849569 Long. E 12.313806



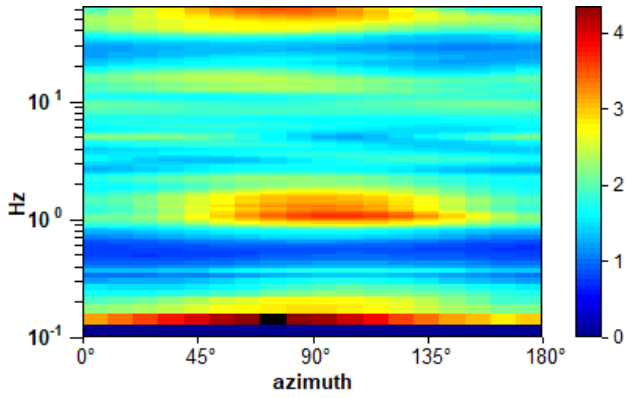
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{75})

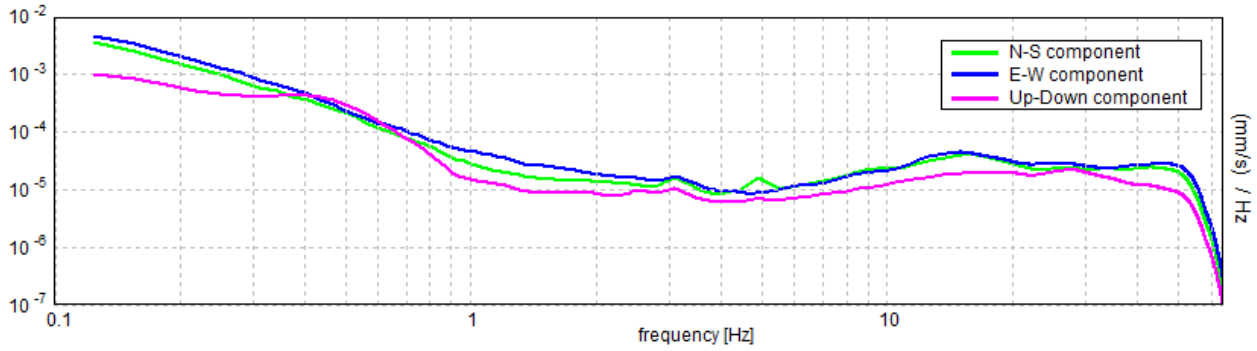
H/V TIME HISTORY



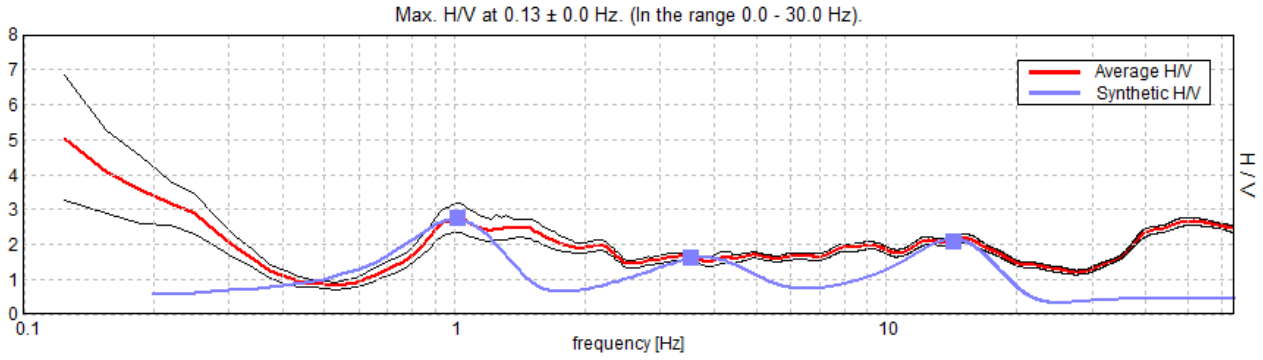
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	171	0.42
22.00	19.00	329	0.42
132.00	110.00	533	0.42
inf.	inf.	949	0.42

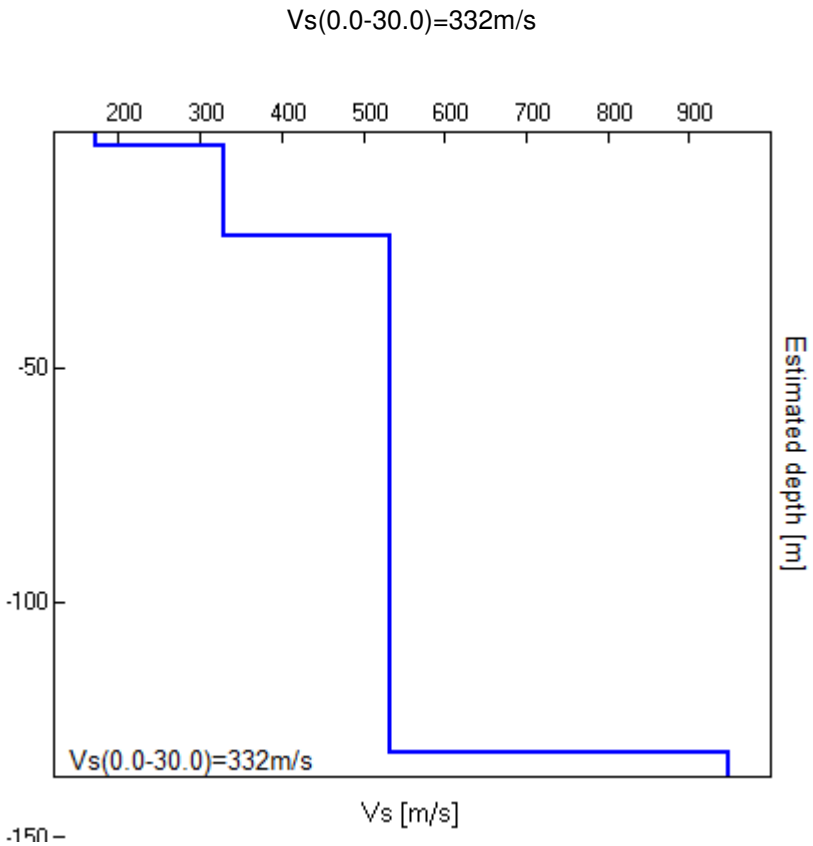


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**1.5 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 1.5 ± 0.17 Hz (in the range 1.5 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1800.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 73 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.656 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.44 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.11322| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.16983 < 0.15		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2713 < 1.78	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

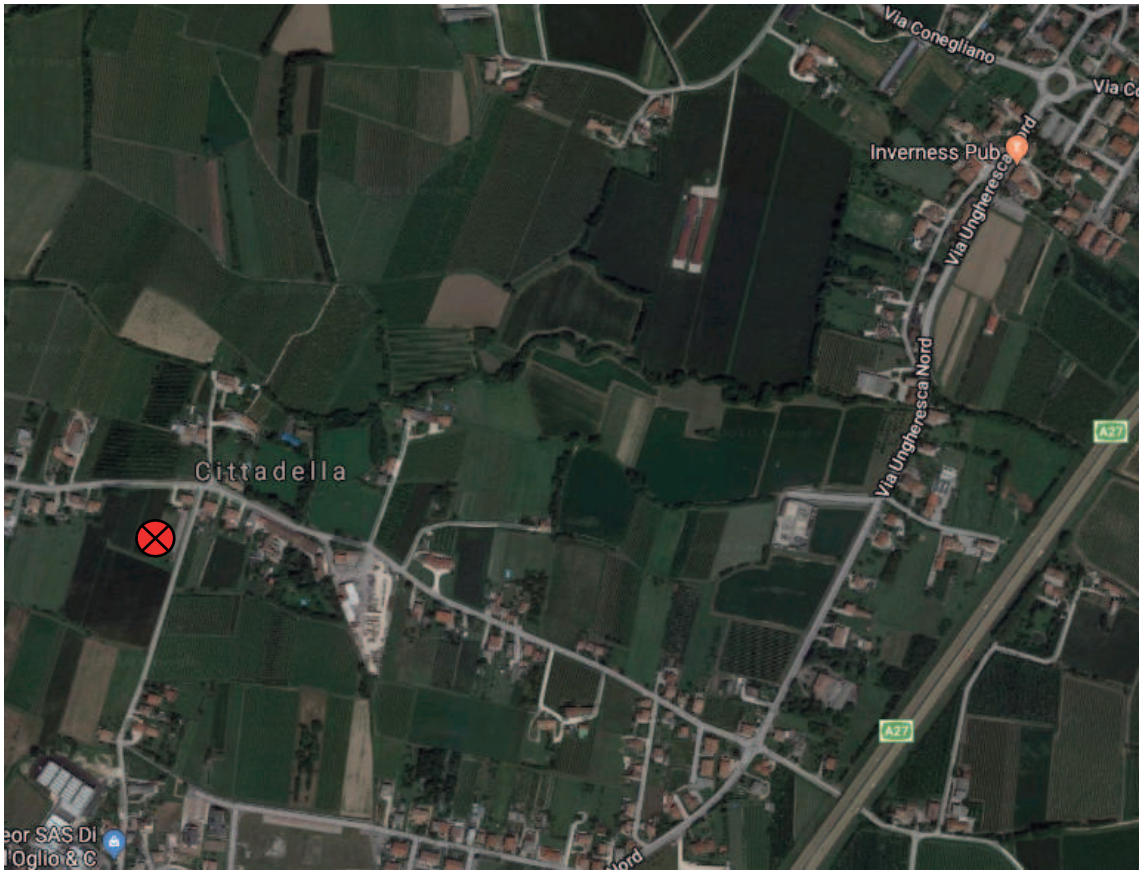
Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR76

Via S. Anna

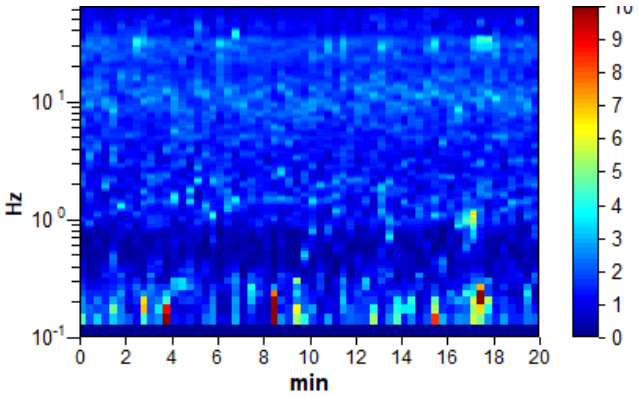
Coordinate WGS84
Lat. N 45.85276078 Long. E 12.31452292
Coordinate ED50
Lat. N 45.854516 Long. E 12.315351



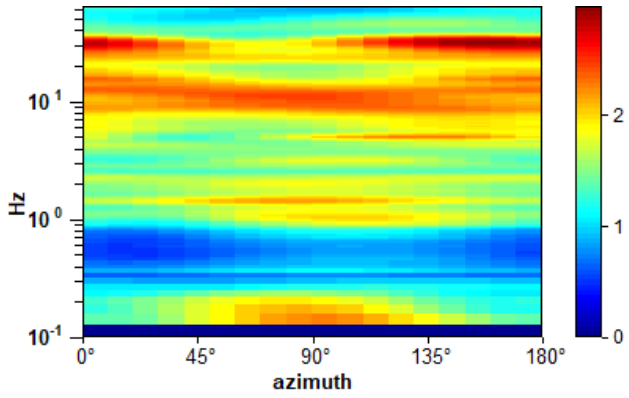
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{76})

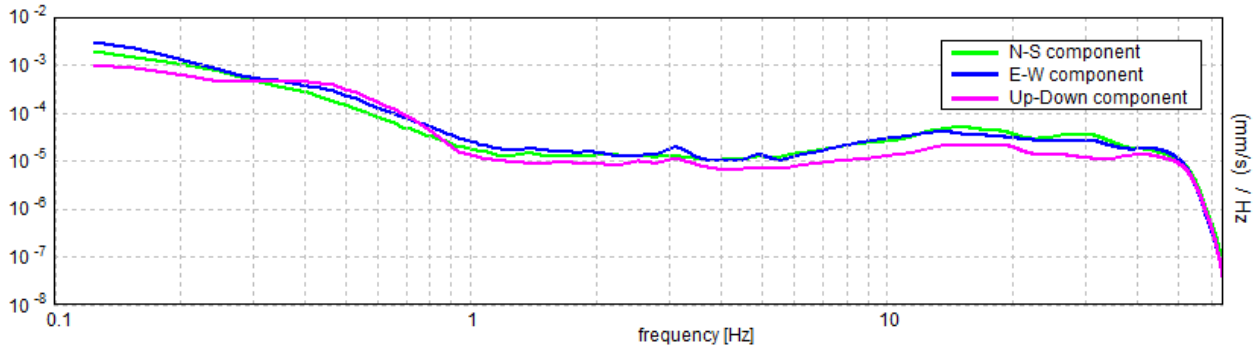
H/V TIME HISTORY



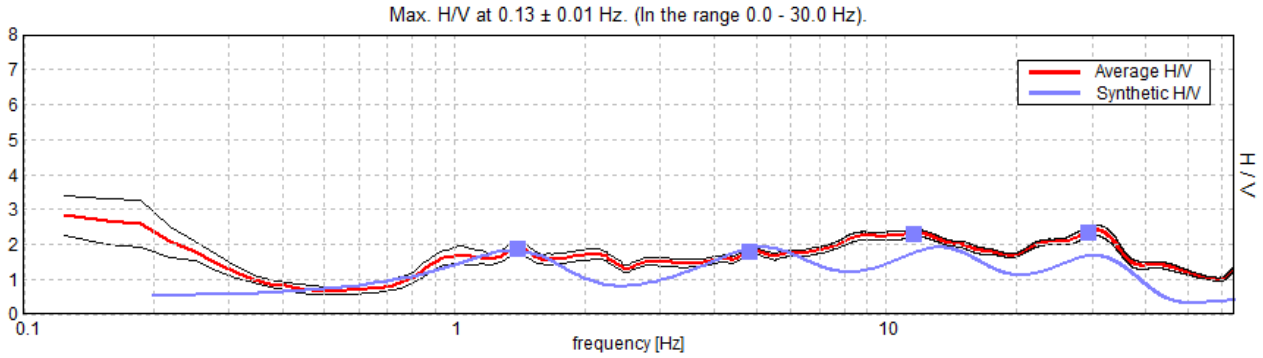
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	117	0.42
4.90	3.90	231	0.42
18.90	14.00	362	0.42
98.90	80.00	556	0.42
inf.	inf.	867	0.42

Vs(0.0-30.0)=357m/s

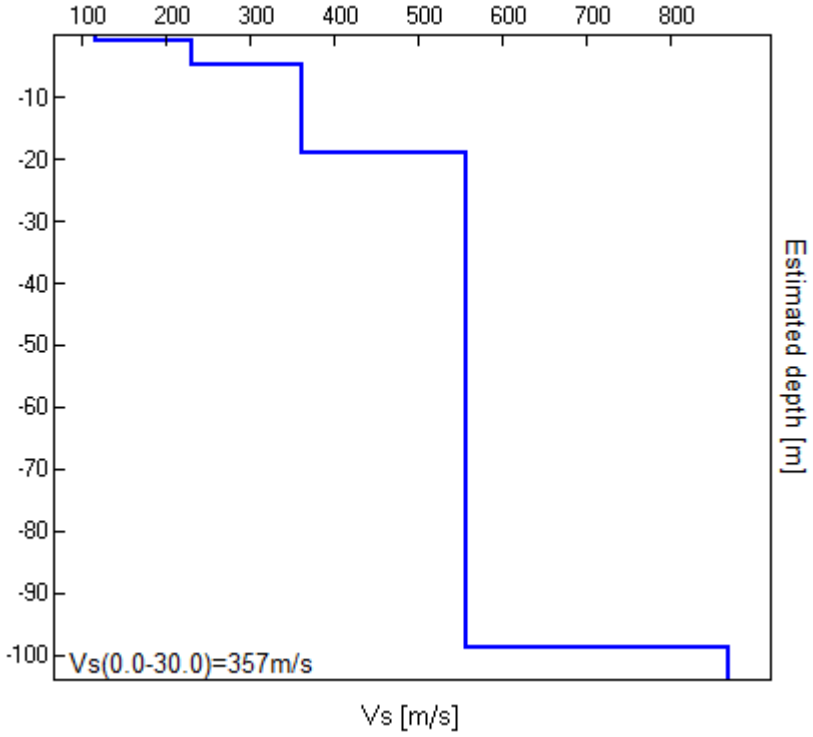


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**30 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 29.97 ± 6.76 Hz (in the range 1.5 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	29.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	35962.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 1440 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	49.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.40 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.2254| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	6.75503 < 1.49844		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1507 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

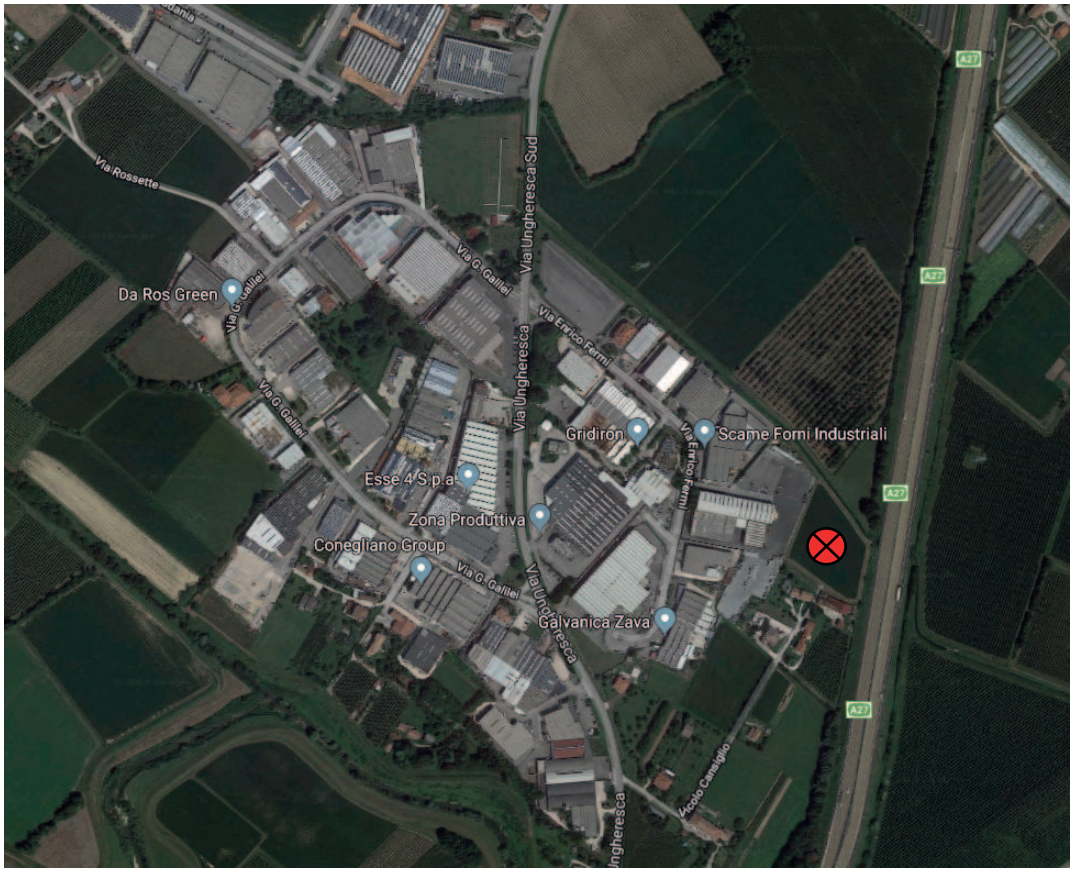
Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR77

Via Enrico Fermi

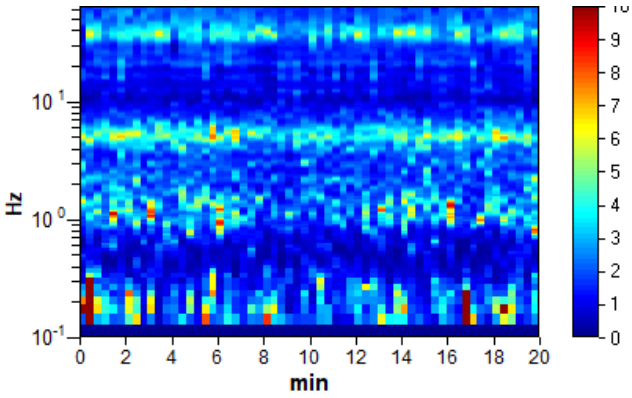
Coordinate WGS84
Lat. N 45.86559737 Long. E 12.34035795
Coordinate ED50
Lat. N 45.867353 Long. E 12.341187



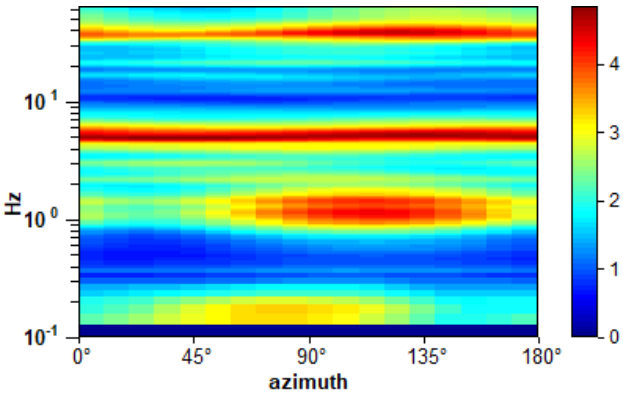
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{77})

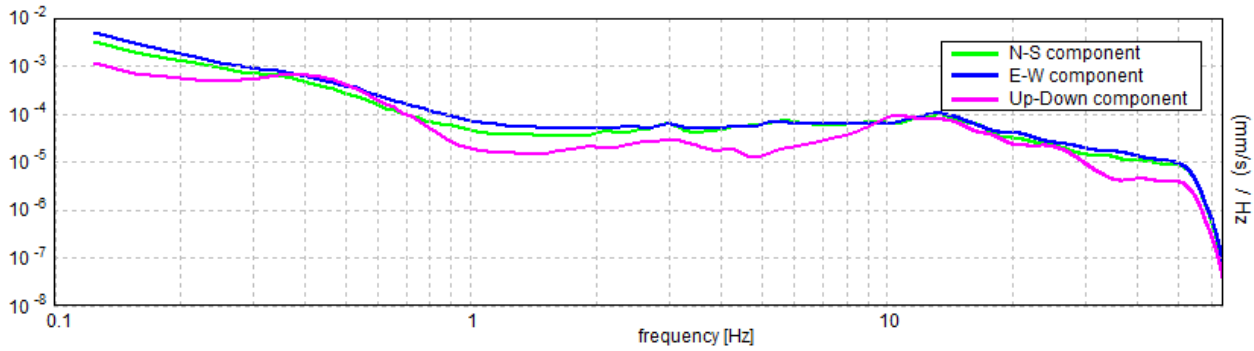
H/V TIME HISTORY



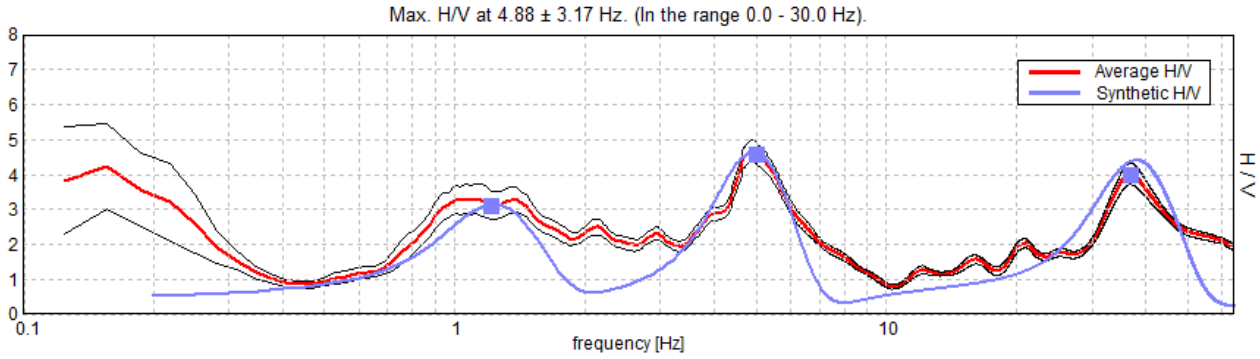
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	147	0.42
18.00	17.00	331	0.42
148.00	130.00	721	0.42
inf.	inf.	1409	0.42

Vs(0.0-30.0)=401m/s

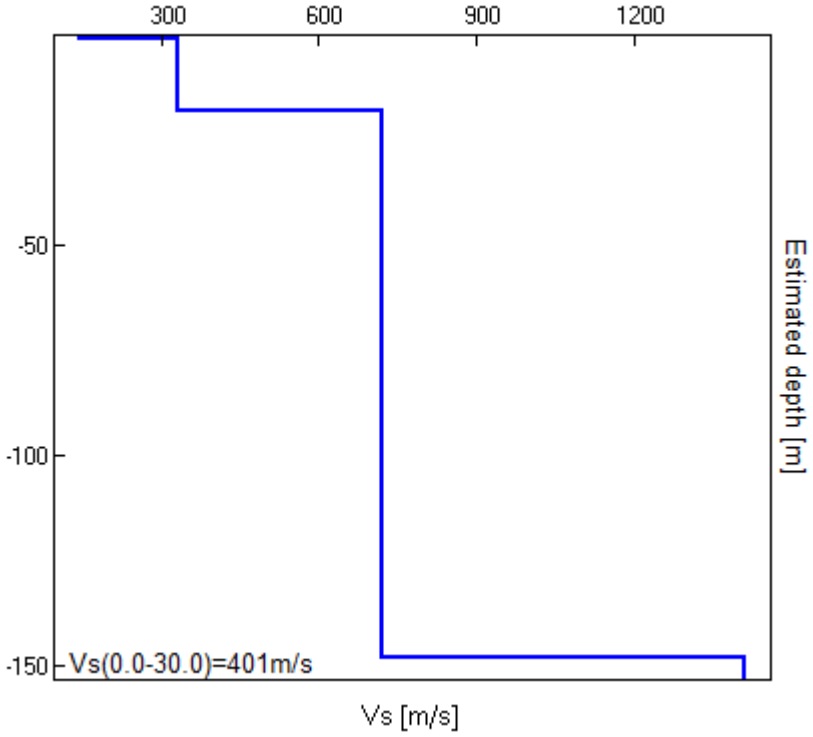


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**4.9 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 4.88 ± 3.17 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	4.88 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5850.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 235 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.625 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.70 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.6495| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	3.16631 < 0.24375		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3109 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

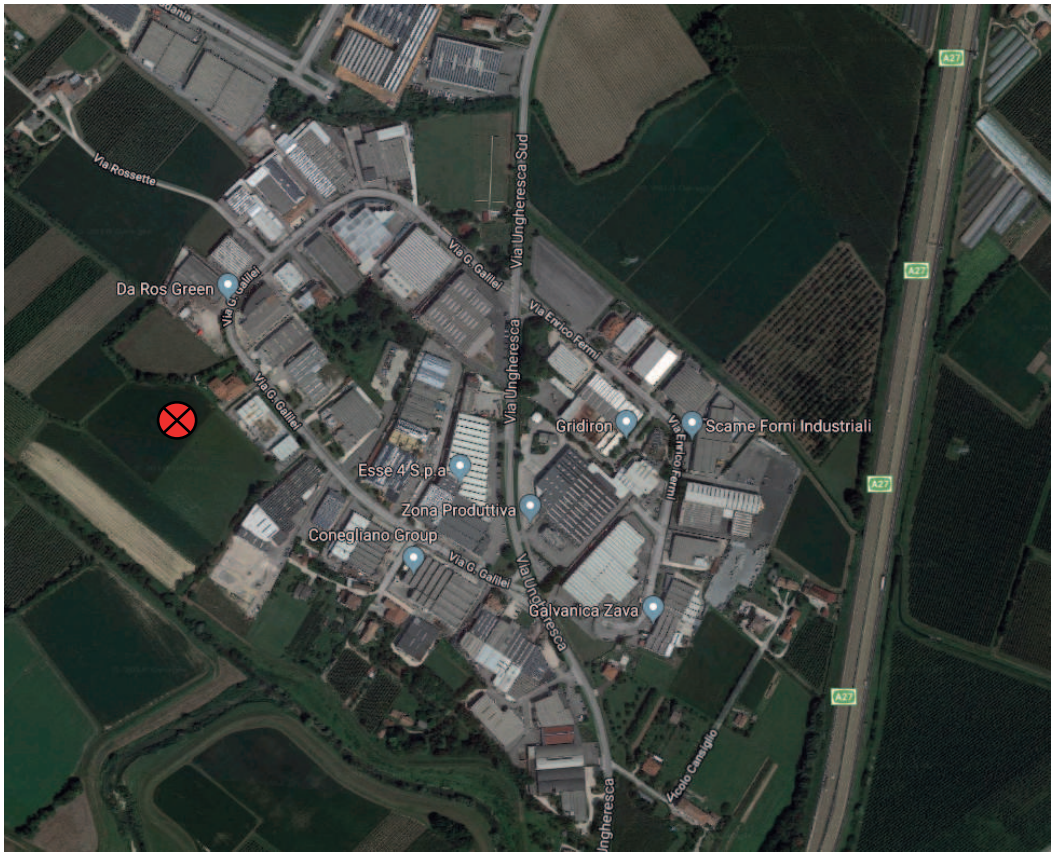
Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR78

Via Galileo Galilei

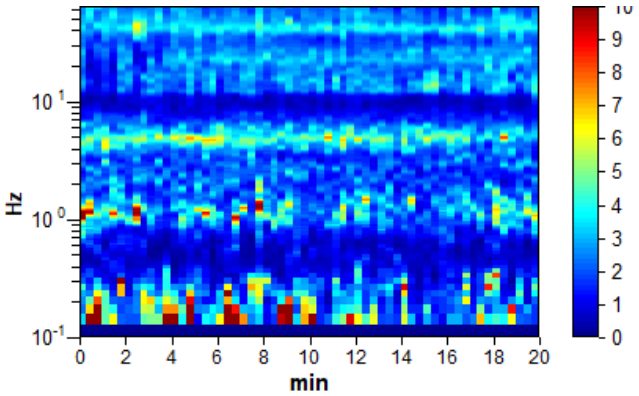
Coordinate WGS84
Lat. N 45.86688236 Long. E 12.33158177
Coordinate ED50
Lat. N 45.868638 Long. E 12.332411



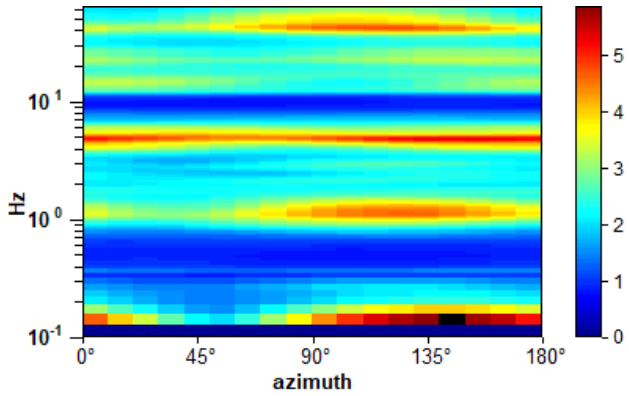
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{78})

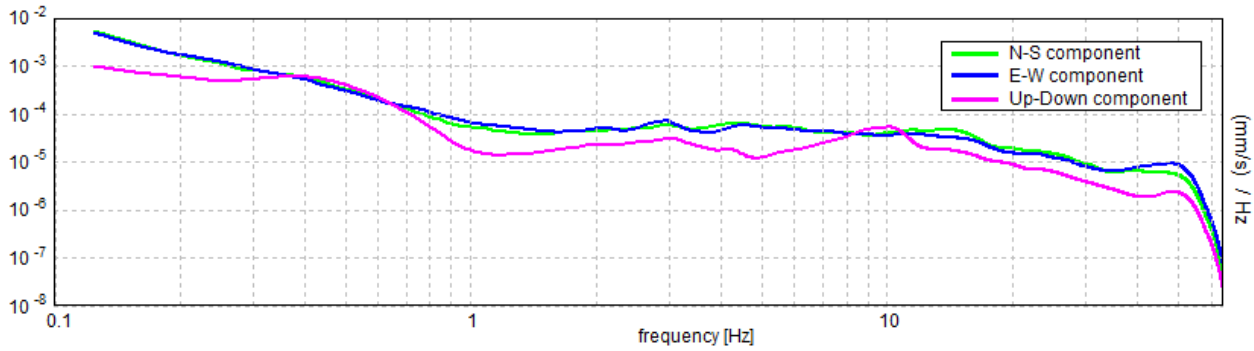
H/V TIME HISTORY



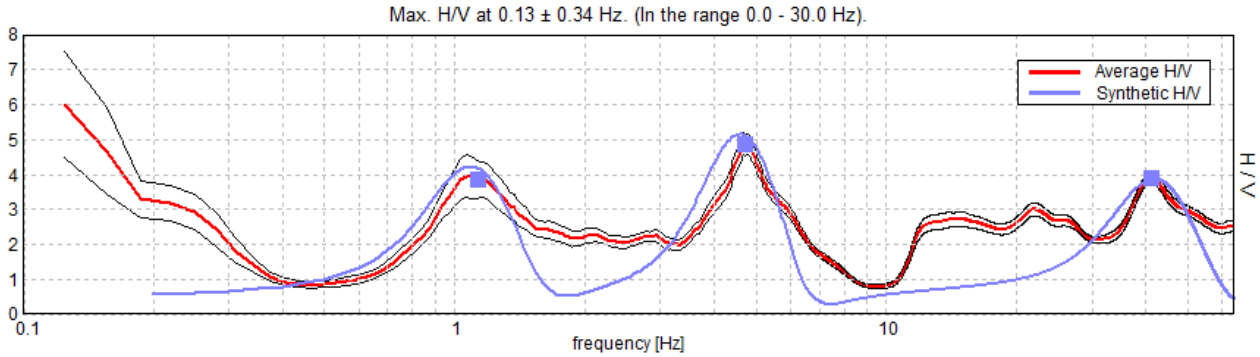
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	183	0.42
21.00	20.00	381	0.42
191.00	170.00	805	0.42
inf.	inf.	1675	0.42

Vs(0.0-30.0)=411m/s

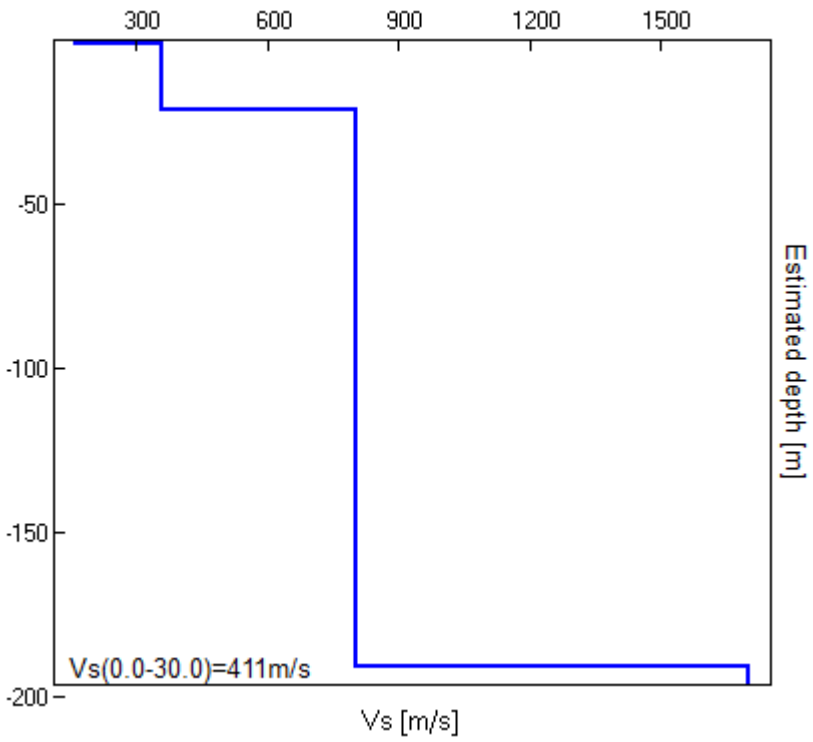


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**4.7 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 4.69 ± 0.06 Hz (in the range 1.5 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	4.69 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5625.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 226 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.625 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.87 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.01208| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.05662 < 0.23438	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3177 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

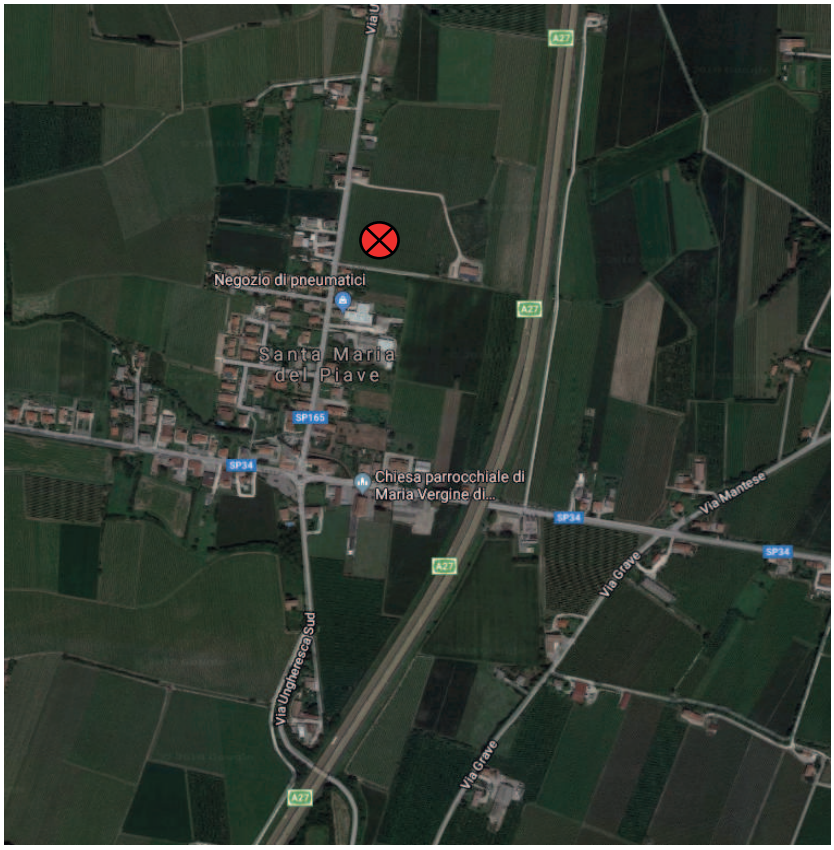
Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR79

Via Santa Maria di Piave Nord

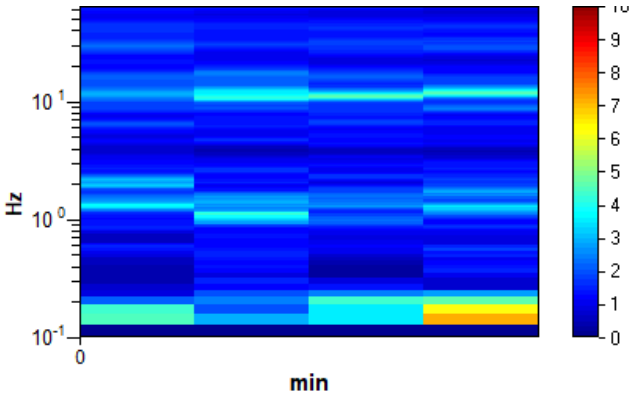
Coordinate WGS84
Lat. N 45.82314612 Long. E 12.31096094
Coordinate ED50
Lat. N 45.824902 Long. E 12.311789



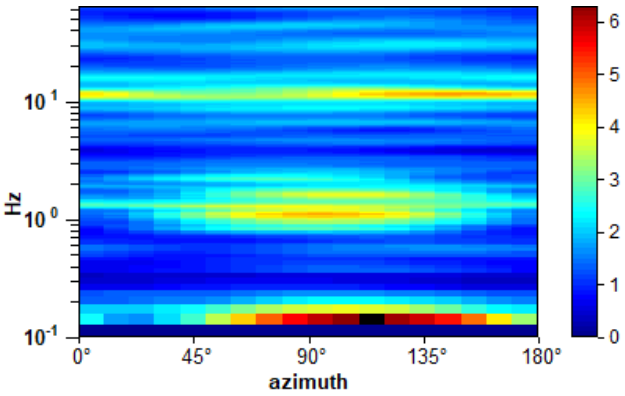
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{79})

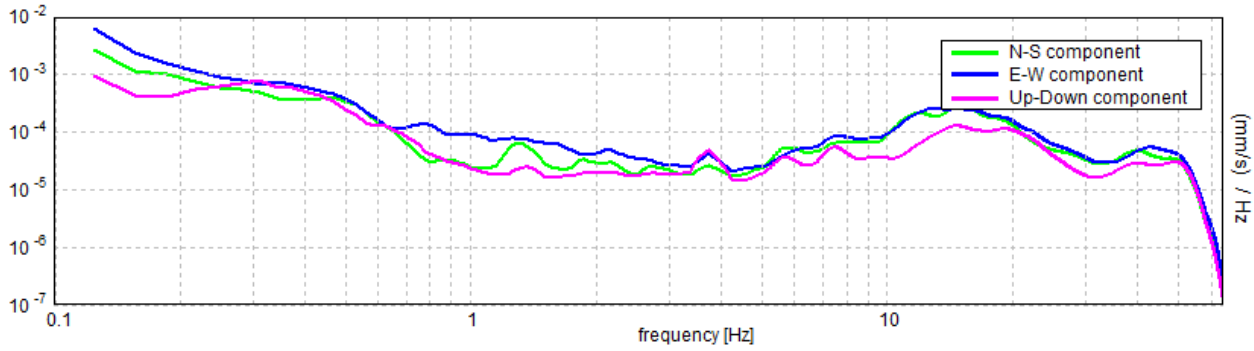
H/V TIME HISTORY



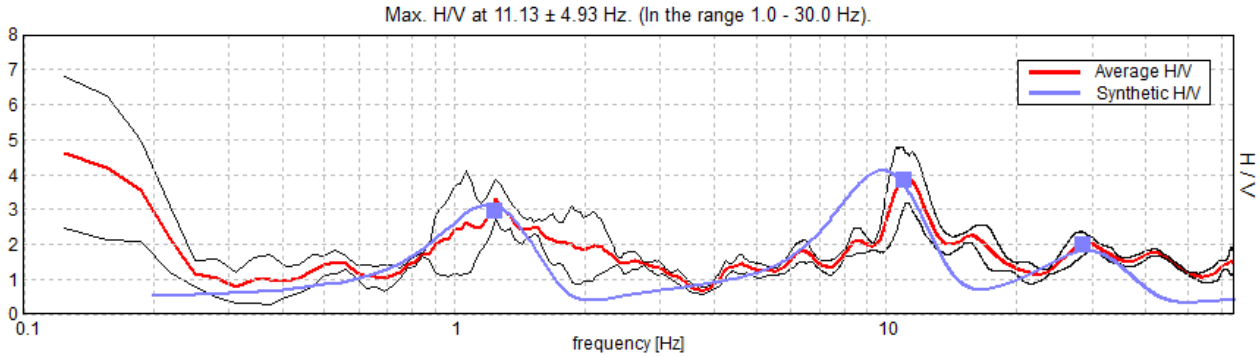
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	227	0.42
11.60	9.60	434	0.42
171.60	160.00	825	0.42
inf.	inf.	1718	0.42

Vs(0.0-30.0)=564m/s

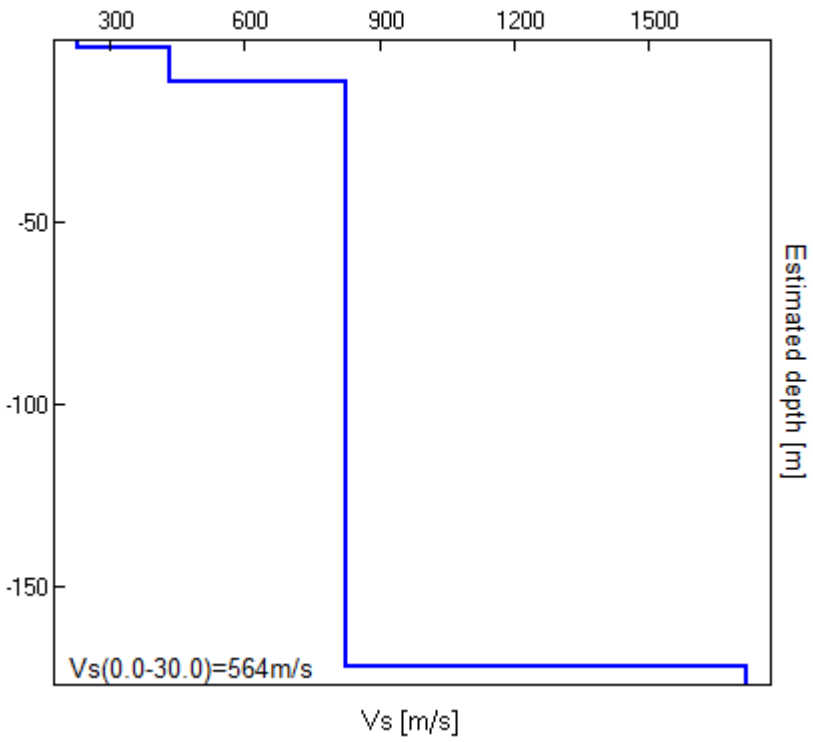


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**11.1 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 11.13 ± 4.93 Hz (in the range 1.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	11.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	890.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 535 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.375 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	17.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.90 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.44283| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	4.92646 < 0.55625		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.7128 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

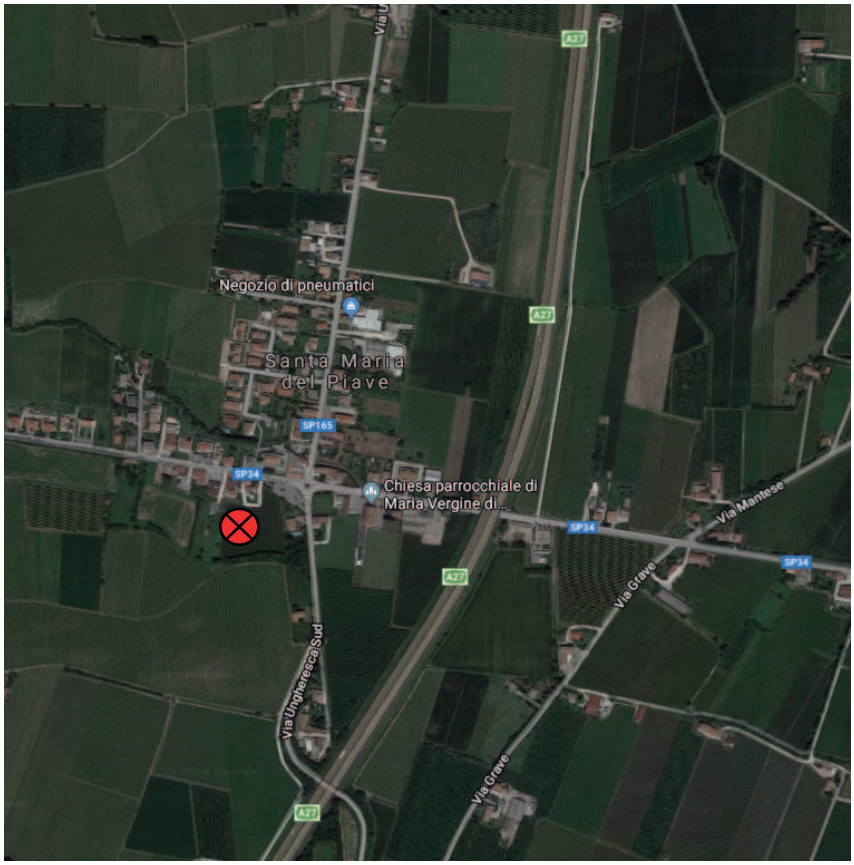
Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR80

Via Santa Maria di Piave Sud

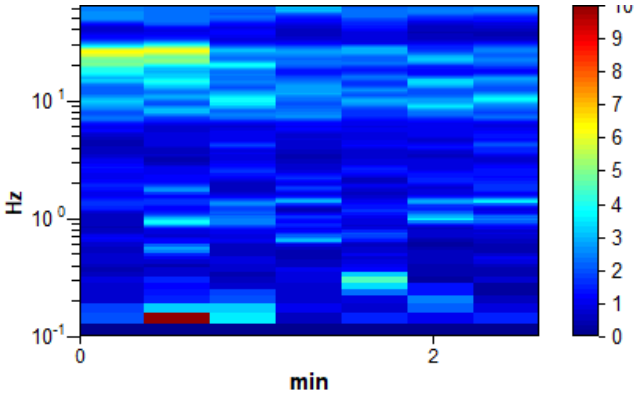
Coordinate WGS84
Lat. N 45.81788230 Long. E 12.31010264
Coordinate ED50
Lat. N 45.819638 Long. E 12.31093



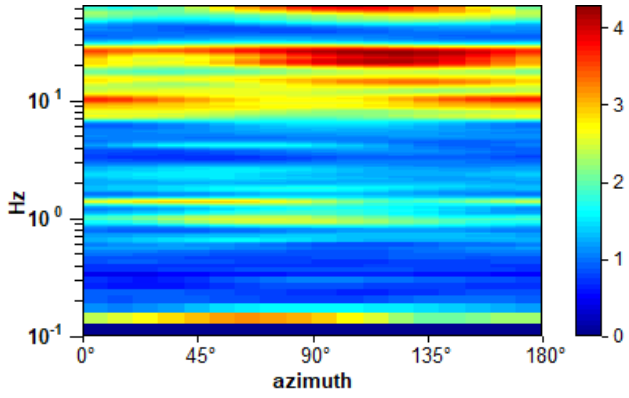
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{80})

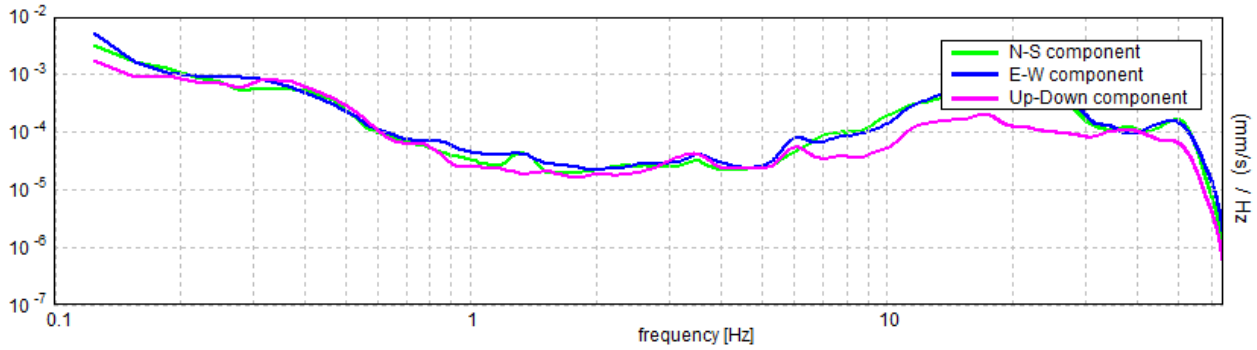
H/V TIME HISTORY



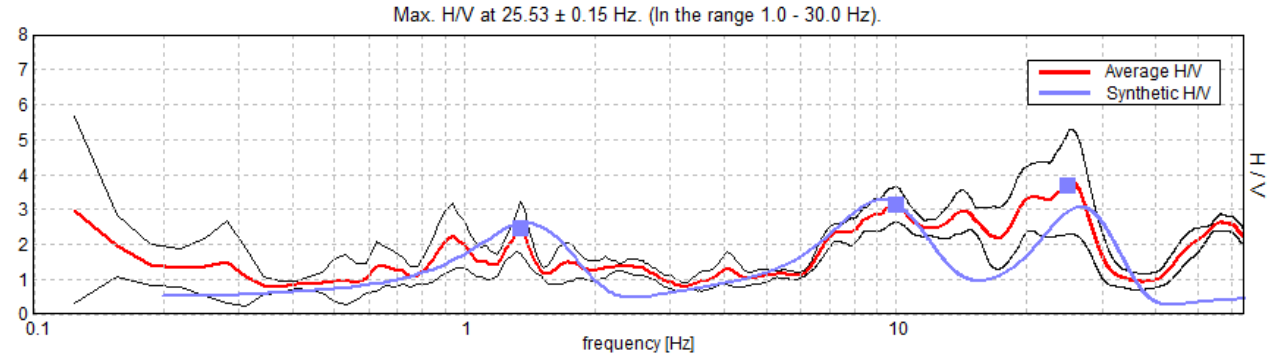
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	199	0.42
12.00	10.00	425	0.42
132.00	120.00	751	0.42
inf.	inf.	1469	0.42

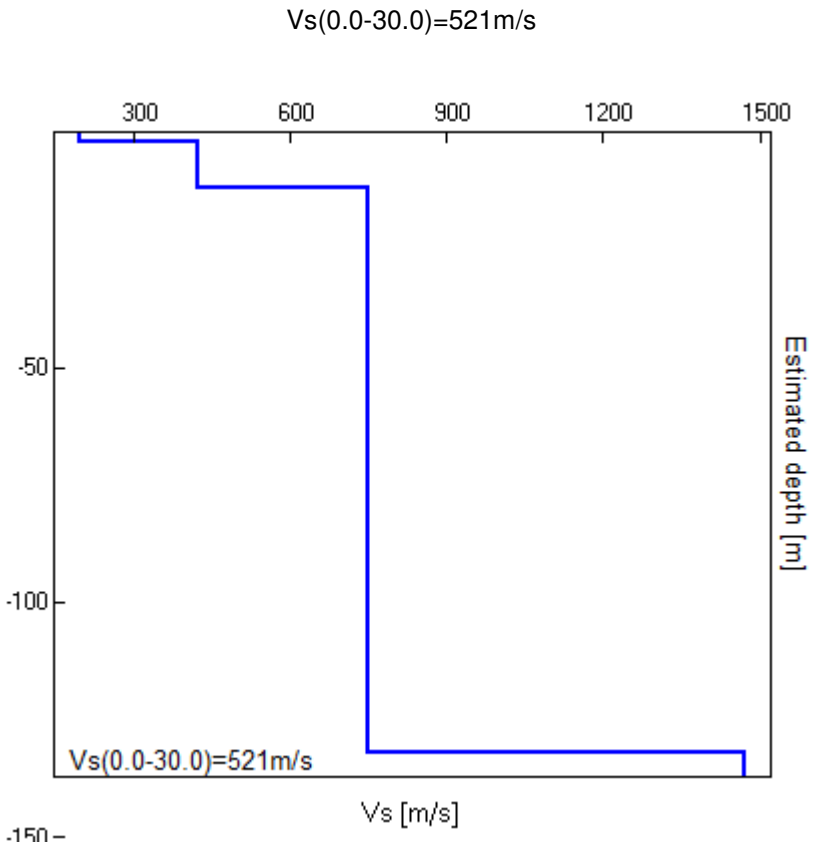


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**25.5 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 25.53 ± 0.15 Hz (in the range 1.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	25.53 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	3574.4 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 1226 times	**OK**	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	6.719 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	29.563 Hz	**OK**	
$A_0 > 2$	3.79 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00594| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.15172 < 1.27656	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.5008 < 1.58	**OK**	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
dott. geol. GINO LUCCHETTA via Rivette, 9/2 Pieve di Soligo (TV)
tel./fax 0438.842312

Relazione

Sismica passiva HVSR

per definizione della frequenza f_0

MDP_HVSR81

Via San Michele

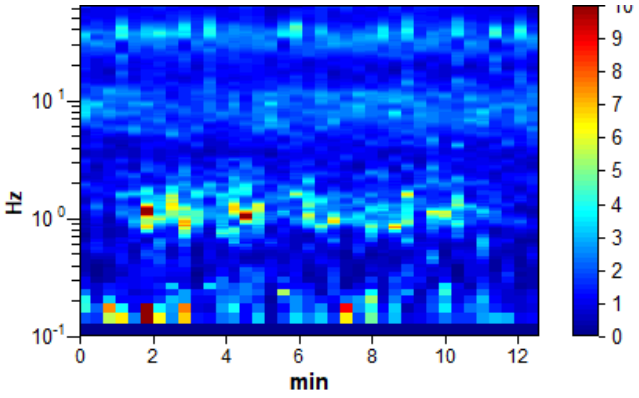
Coordinate WGS84
Lat. N 45.80470738 Long. E 12.31672401
Coordinate ED50
Lat. N 45.806463 Long. E 12.317552

---

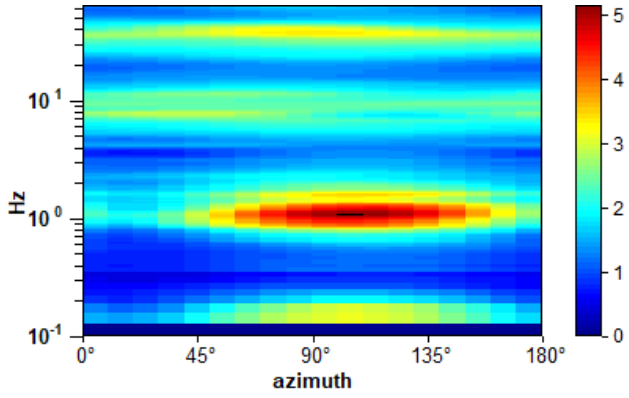
il Geologo
dott. Gino Lucchetta

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV_{81})

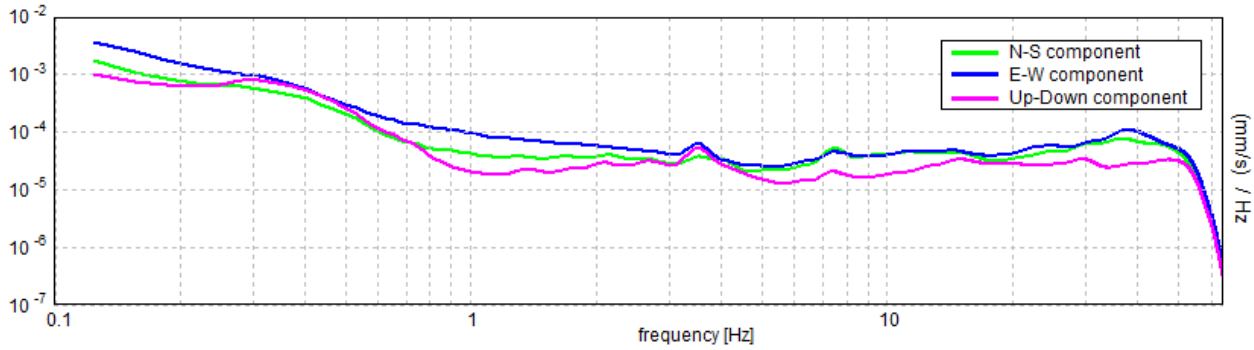
H/V TIME HISTORY



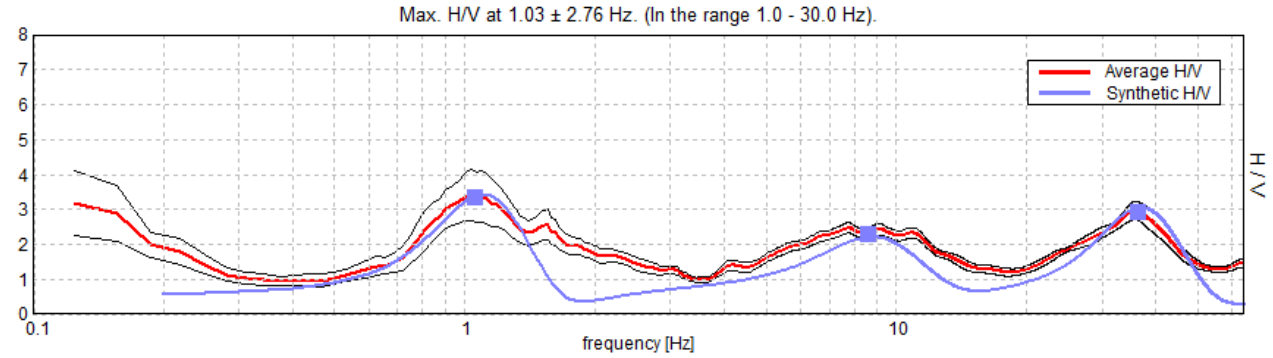
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	289	0.42
17.00	15.00	606	0.42
237.00	220.00	1041	0.42
inf.	inf.	2222	0.42

Vs(0.0-30.0)=679m/s

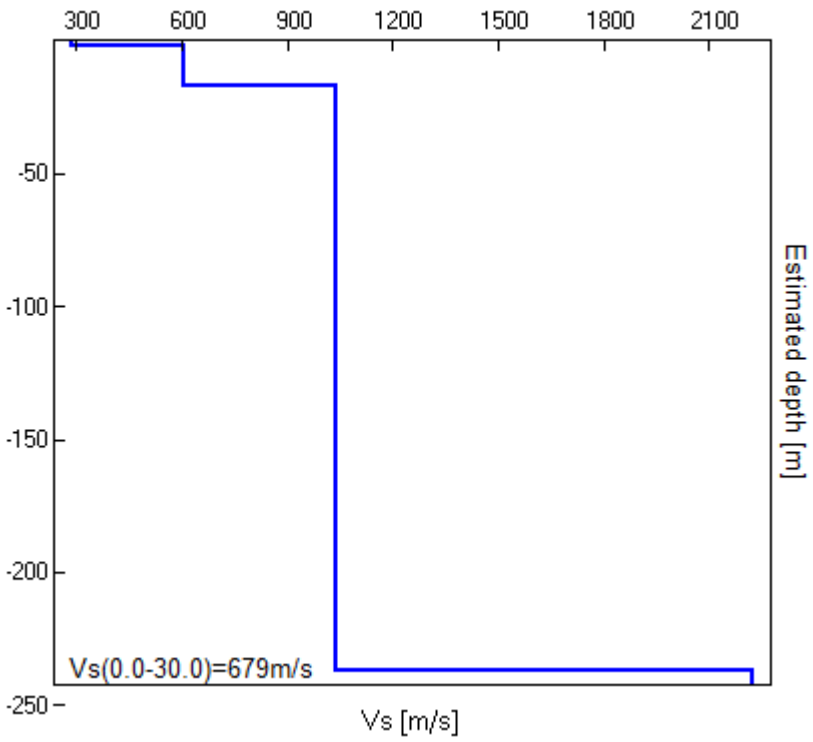


Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	**1 Hz**	Dato registrato in condizioni di rumore ambientale (traffico automobilistico)

Max. H/V at 1.03 ± 2.76 Hz (in the range 1.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.03 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	763.1 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 50 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.719 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.42 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|2.6772| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.76087 < 0.10313		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.7441 < 1.78	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Pieve di Soligo, 19/02/2018

il Geologo

dott. Gino Lucchetta