

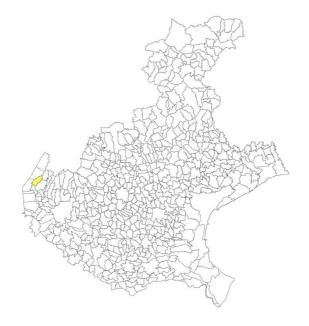
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

LIVELLO 2

Relazione illustrativa SISMICA

Regione del Veneto Comune di San Zeno di Montagna



Regione

Soggetto realizzatore

Data

28 dicembre 2017

SOMMARIO

1 1.1	INTRODUZIONE E GENERALITA' 1 Generalità							
1.2	Riferimenti normativi							
1.3								
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE	8						
2.1	Generalità							
2.2	Definizione della pericolosità di base							
2.3	Sismicità storica del comune							
2.4	La classificazione sismica del territorio comunale							
2.5	I sistemi di faglie attive	16						
	2.5.1 Le sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti distruttivi	19						
	2.5.2 Pericolosità sismica locale	24						
3 3.1	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA Inquadramento geologico- geomorfologico	26 26						
4	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	32						
4 .1	Breve descrizione del metodo							
4.2	interpretazioni ed incertezze							
4.3	Esito Indagini geognostiche							
5 5.1	MODELLO DEL SOTTOSUOLO Microzone sismiche del livello 1							
6	LIVELLO 2	39						
6.1	Metodologia di studio livello 2	39						
6.2	elaborati cartografici	44						
	6.2.1 Carta delle Indagini							
	6.2.2 Carta delle Frequenze Naturali dei Depositi							
	6.2.3 Carta di Microzonazione Sismica							
	6.2.3.1 Considerazioni su modellazione numerica del livello 1	49						
	6.2.3.2 Valutazione degli effetti morfologici	51						
	6.2.3.3 Valutazione degli effetti litologici	57						
	6.2.3.4 Zona di fondovalle	62						
	6.2.3.5 Instabilità di versante	63						
	6.2.3.6 Liquefazione	68						
	6.2.3.7 Densificazione terreni insaturi	70						
	6.2.3.8 Comportamenti differenziali	71						
7	PROPOSTA DI NORMA TECNICA	73						
8	CONCLUSIONI	<u>74</u>						
9	BIBLIOGRAFIA	77 70						
10	ALLEGATI	79						

1 INTRODUZIONE E GENERALITA'

L'ufficio tecnico del comune di San Zeno di Montagna (Verona), nella persona del responsabile di servizio arch. Cesare Benedetti, mi ha affidato l'incarico per compiere lo studio di Microzonazione Sismica di livello 2 del territorio comunale ai fini dell'attuazione del Piano degli Interventi (P.I.). La determinazione n. 220 del 27-10-2017 di affidamento dell'incarico riporta come riferimento il C.I.G: ZF1208307E.

Il comune di San Zeno di Montagna è classificato sismico fin dal 1982; oggi ricade in zona sismica 2, a seguito della OPCM 3274/2003, entrata in vigore l'8/5/2003, recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3/12/2003 ovvero con sismicità medio-alta. L'accelerazione di riferimento per il comune è ag= 0.163113 come riportato in all. 7 della OPCM 4007/2012.

Il comune di San Zeno di Montagna è già dotato di Microzonazione Sismica di Livello 1, redatta nel 2013 dal collega dott. geol. Matteo Collareda, seguendo i dettati, da un lato, della DGRV 3308/2008 e dall'altro le indicazioni delle Linee Guida Nazionali ICMS 2008 (vedi in seguito).

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

1° LIVELLO (eseguito dal dott. Collareda nel 2013): 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 Microzonazione Sismica e si applica in sede di P.I. a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuate nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio o 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. Lo studio del 2013 del dott. Collareda già conteneva alcuni approfondimenti di livello 3 per un paio di limitate aree del territorio comunale.

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 (di seguito indicata come MS), sono la prima importante fase per lo studio di Microzonazione Sismica 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: Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (di seguito indicato con la sigla ICMS).

Il documento tecnico di riferimento per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica è rappresentato dagli 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 cartografia 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.

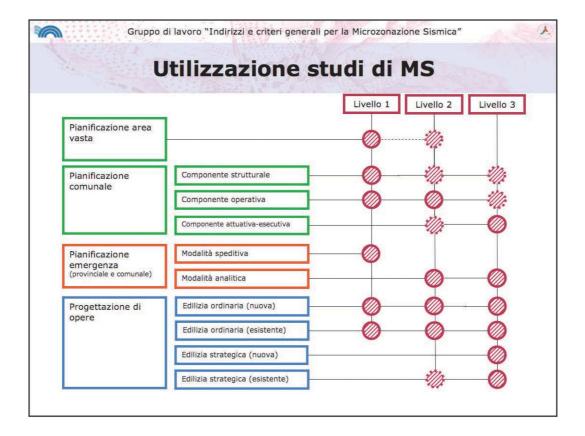
1.1 Generalità

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.V. 1572/2013 per arrivare alle cartografie definite "livello 2" in quest'ultimo documento, avendo come base di partenza gli elaborati della relazione geologica di compatibilità sismica e relative cartografie del PAT, a cura del dott. geol. Cristiano Mastella oltre allo studio di MS livello 1 a cura del dott. geol. Matteo Collareda.

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 San Zeno di Montagna, all'interno del P.I., in funzione delle varie scale e dei vari livelli di intervento, 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, sia esso a destinazione residenziale, produttiva, dei servizi o infrastrutturale segnalati dall'amministrazione comunale. Per completezza le indagini sono state estese anche a siti 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 San Zeno di Montagna (circa 28,26 kmq), si estende tra i 250 m ed i 1875 m di quota s.l.m., occupando la porzione Sud - occidentale del Monte Baldo che si allunga da Nord – Est a Sud - Ovest tra il lago di Garda ad Ovest e la val d'Adige ad Est.

Il territorio ricade, prevalentemente, in un ambito di tipo montano che può essere suddiviso in tre parti principali: il versante del Monte Baldo a Nord - Est dominato dal carsismo, la Zona di Prada e Lumini di origine tettonica nella porzione centrale e, infine, la zona prossima al paese di San Zeno di Montagna ad Ovest (presenza di depositi morenici e, a quote più alte, di

forme carsiche), cui corrisponde il terrazzo morfologico su cui si è sviluppato il capoluogo comunale, all'incirca a 600 m di quota s.l.m.

La base conoscitiva di partenza per la predisposizione della rete di caratterizzazione sismica, individuata da una serie di stazioni di misura del parametro VS₃₀ e della frequenza propria dei terreni HVSR distribuiti sul territorio in relazione alla distribuzione dei principali corpi deposizionali è certamente la carta geolitologica del PAT, facilmente ricostruibile dalla cartografia tematica disponibile nella documentazione già citata.

Per quanto riguarda i terremoti storici che hanno colpito l'area si è fatto riferimento al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). disponibile 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 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.

Alcuni aspetti sono stati definiti anche sulla scorta dell'osservazione delle immagini CGR del 1998-99, 2003 e 2007 nonché Telespazio 2007, DigitalGlobe 2011, TerraItaly 2012 e GoogleEarth 2010, 2014 e 2015.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE

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, della pericolosità sismica attesa 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.

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. Inoltre definisce e dirime alcuni aspetti relativi alle zone suscettibili di amplificazione topografica e/o instabilità rimandando, per alcuni di questi agli 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 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	$0.15 \div 0.25$	0.25
3	$0.05 \div 0.15$	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 4 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.

In particolare alcuni dati estrapolati dalla griglia:

- A_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F₀ = 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 nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) approvate col D.M. 14/01/08. 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 (Spettri di risposta ver. 1.03 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Geostru PS Parametri Sismici v. 1.5 oppure EdiLus-MS ACCA), il valore

mediato del moto sismico, ricavato da Geostru PS, rispetto ai quattro punti di maglia che lo comprendono e riferito al Municipio in Contrada Ca' Montagna, 11 a San Zeno di Montagna, 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 e topografiche) che sono, per l'appunto, oggetto di studio del livello 2 della microzonazione sismica.

Nella tabella seguente sono riportati i dati deducibili 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.

	Coordinate ED50	Coordinate WGS 84
Latitudina a Langitudina sita	N 45,638832	N 45,637916
Latitudine e Longitudine sito	E 10,733280	E 10,732253
Vita nominale dell'opera	50 anni	
Classe d'uso	II	
Fo	2,434	
Tc*	0,276	
Accelerazione orizzontale max al sito ag(g)	0,163	
Tipo terreno	В	

Il valore di accelerazione orizzontale max al sito ag(g) = 0.163 sarà impiegato nel calcolo

della instabilità potenziale sismoindotta nella seconda parte della relazione.

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

2.3 Sismicità storica del comune

Per quanto riguarda i dati sismici storici di San Zeno di Montagna è 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 particolarmente 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/DBMI15/. Secondo il database nel territorio in esame, preso in un intorno di raggio 10 km da San Zeno di Montagna, non sono stati registrati eventi specifici con magnitudo superiore a 4.5 della scala Richter se non quello del 1932, oltre ad una serie di scuotimenti sismici di una certa entità (intensità registrata al sito Is ≥ 5) in occasione dei terremoti con epicentro in località vicine. La tabella seguente riporta, per ciascuna località il numero degli eventi noti e la distanza da San Zeno di Montagna:

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza	(km)
San Zeno	2		1
Pai	1		2
Lumini	3		2
Castion Veronese	2		4
Albisano	1		4
Torri del Benaco	14		4
Pesina	3		5
Castelletto di Brenzone	5		5
Marciaga	1		6
Costermano	10		6
Caprino Veronese	27		6
Garda	20		7
Bogliaco	2		8
Albaré Stazione	2		8
Gargnano	24		8
Brenzone (Magugnano-Marniga)	10		8
Muslone	1		9
Navazzo	2		9
Gaino	2		9
Toscolano Maderno	14		10
Rivoli Veronese	3		10
Cocche	1		10
Preabocco	1		10

I dati riassuntivi delle osservazioni in merito all'intera storia sismica per San Zeno di Montagna sono riportati nella tabella sottostante:

Storia sismica di San Zeno di Montagna

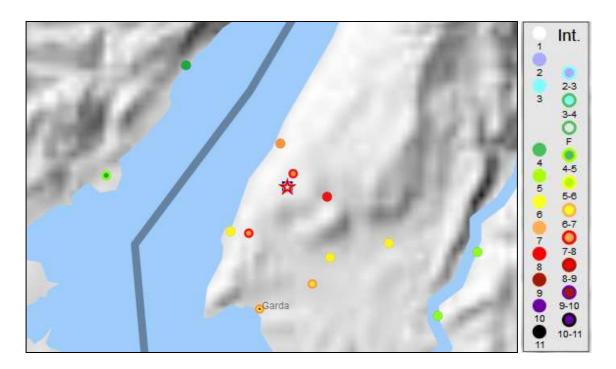
Effetti		In occasione del terremoto del			
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NIMDP	Io	Mw
7-8	1932 02 19 12 57 1	Garda orientale	21	7-8	5.16
4-5	1989 09 13 21 54 0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
2	2001 07 17 15 06 1	Val Venosta	657	5-6	4.78
5	2004 11 24 22 59 3	Garda occidentale	176	7-8	4.99

Per il terremoto del 1932 risultano le seguenti caratteristiche:

1932 febbraio 19 12:57:11.00 Garda orientale

EqID 19320219_1257_000

		Rif	Lat	Lon	Io	Mw ErMw	Profond.
*	CPTI15	CFTI4med	45.632	10.729 MM	7-8	5.16 ± 0.34 Mdm	
	Macro	CFTI4med	45.632	10.729 bx0	7-8	5.16 ± 0.34 bxn	

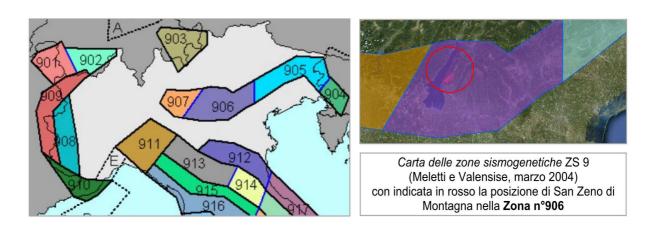


Nella relazione sismica del livello 1 del dott. Collareda sono riportati i dati sismici storici relativi anche ad altri comuni circostanti quello di San Zeno di Montagna .

2.4 La classificazione sismica del territorio comunale

Il comune di San Zeno di Montagna è classificato sismico dal 1982; oggi ricade in zona sismica 2, 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-alta. L'accelerazione di riferimento per il comune è ag= 0.163113 come riportato in all. 7 della OPCM 4007/2012.

In base alla zonazione attualmente adottata dall'INGV (ZS9), il territorio di San Zeno di Montagna si trova nella zona sismotettonica ZS906 (Garda – Veronese, vedi figura seguente), caratterizzato dalle strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate.



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 ZS906 è di M=6.60 come risulta da ICMS (tabella seguente).

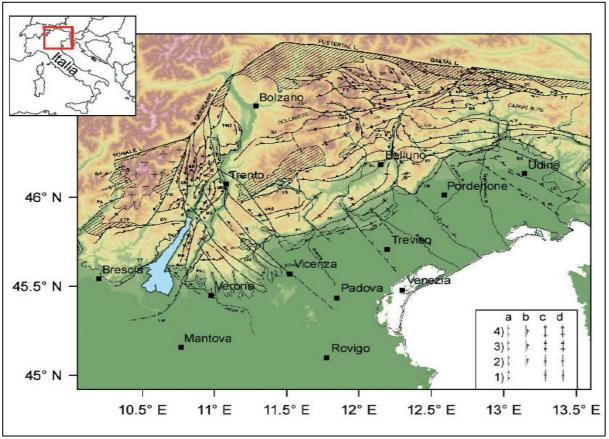
Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

THIMA						
Numero ZS	M _{wmax}					
922, 936	5.45					
928	5.91					
901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14					
⁰ . 918, 919, 910	6.37					
905, 906, 915, 930	6.60					
924, 925, 931	6.83					
923, 927	7.06					
929, 935	7.29					
	922, 936 928 901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934 918, 919, 910 905, 906, 915, 930 924, 925, 931 923, 927					

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 furono mappati i maggiori sistemi di *thrust* sud-vergenti che bordavano le pianure Padana e Veneta-Friulana ed influenzavano il dominio pre-Alpino, come strutture continue attive durante il Pliocene ed il Quaternario (faglie capaci).

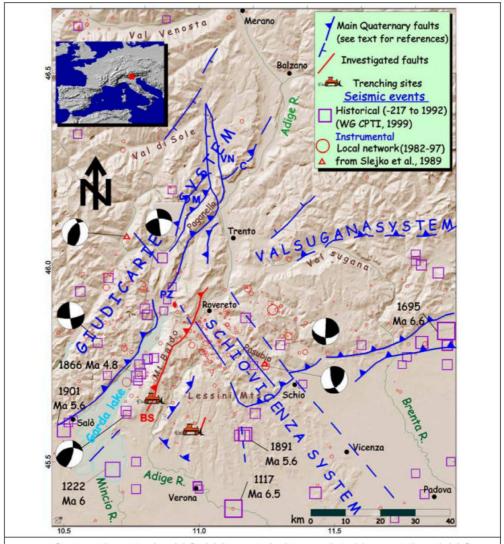
La recente attività dei sovrascorrimenti che delimitano le pianure Padana, Veneta e Friulana viene rimarcata anche nella "Map of active faults between the Po and Piave Rivers and Lake Como" (Castaldini & Panizza, 1991, figura seguente), che riporta 112 faglie attive nell'area compresa tra il lago di 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) di cui si riporta uno stralcio nella figura seguente.

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 consistente 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 8 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. Nella zona del lago di Garda abbiamo il sistema di sovrascorrimenti delle Giudicarie ed il sovrascorrimento del M. Baldo.

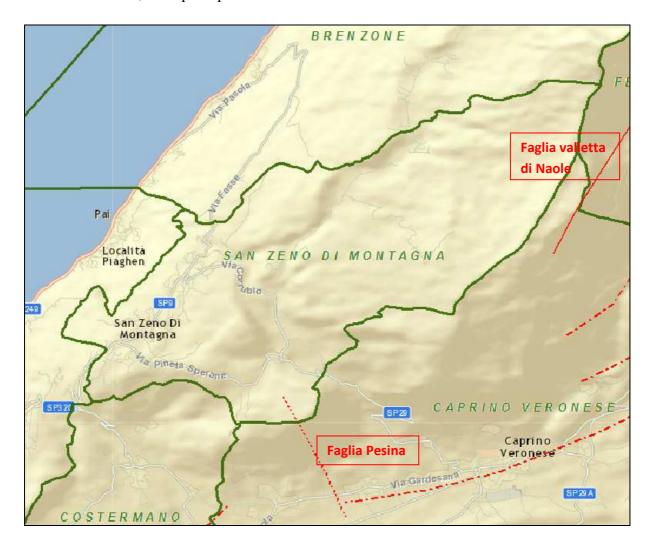


Struttura sismotettonica del Sudalpino centrale; i terremoti storici sono stati presi dal Gruppo di Lavoro CPTI99, mentre gli eventi sismici compresi tra il 1982 e il 1997 sono stati tratti dalla rete sismica della Provincia Autonoma di Trento. I meccanismi focali sono tratti dal lavoro di Slejko et alii (1989). **C** = faglia di Cortaccia; **VN** = strutture della Val di Non; **M** = thrust di Molveno; **PZ** = thrust della Paganella - Zambana; **BS** = thrust del Mt. Baldo - Mt. Stivo (da Galadini et alii, 2001**b**).

La presenza di faglie capaci (faglie che si sono "rotte" almeno una volta negli ultimi 40.000 anni, raggiungendo la superficie e producendo una rottura del terreno) 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 . Il catalogo riporta tutte le informazioni disponibili sulle strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali.

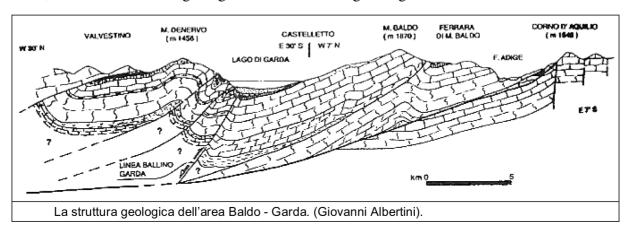
Di seguito lo stralcio cartografico, tratto dal webgis ISPRA, in cui si vede che il solo tratto di faglia capace che interessa il territorio di San Zeno di Montagna è la faglia Pesina (codice 80900) mentre la faglia della valletta di Naole si pone poche centinaia di metri all'esterno del confine comunale, nella parte più alta del territorio.



La faglia Pesina entra invece nel territorio comunale all'estremità di SE e si perde sui pendii che sovrastano il borgo di Lumini; le principali caratteristiche di questa linea tettonica sono riportate nella tabellina seguente.

Nome faglia	Pesina
Tipo Faglia	Faglia trascorrente sinistra (STRIKE SLIP SX)
Codice faglia	80900
Macrozona	2
Regione	Veneto
Sistema	Pesina
Direzione media	160
Immersione	0
Lunghezza (km)	2
Profondità (km)	0
Ultima attività (anni)	Oligocene (< 10.000)
Affidabilità dato sull'attività	Media
Intervallo ricorrente (anni)	0
Velocità di slittamento (mm/anno)	0
Massima lunghezza attesa di rottura	0
Massimo scivolamento atteso (m)	0

Dai dati geologici disponibili la faglia Pesina risulta essere una sorta di svincolo per i blocchi tettonici ad andamento giudicariense che si accavallano sul fronte di sovrascorrimento del m. Baldo, secondo la struttura geologica mostrata nella figura seguente.

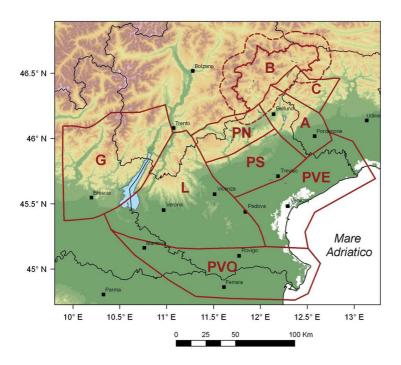


Il quadro delle dinamiche recenti si complica ulteriormente in quanto eredita e interferisce con preesistenti faglie mesozoiche e paleogeniche, riattivate con differenti cinematismi dalla tettonica neo-Alpina.

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).

Il riferimento più recente, del 2011, è contenuto nella pubblicazione Distretti sismici del Veneto (M. SUGAN e L. PERUZZA) dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS).

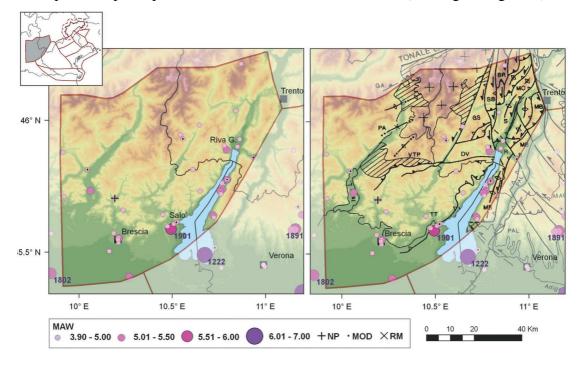


In questo lavoro il Veneto e la parte orientale della Lombardia sono divise in una serie di distretti sismici: l'area del Garda viene riconosciuta nel Distretto Giudicarie – G – (vedi figura a lato) con caratteristiche sismogenetiche particolari.

In tale lavoro, seguendo la suddetta suddivisione, le strutture tettoniche che più influenzano la zona in esame sono date da thrusts e faglie inverse nel settore

posto a SE (Giudicarie meridionali, es.: area del Lago di Garda), con strutture prevalentemente orientate NNE-SSO, trasversali rispetto alla direzione della Catena Sudalpina, con pieghe e sovrascorrimenti SE-vergenti indicati in figura a pag 16 come: PAL (linea M. Pastello-Ala), MB (linea M. Baldo-M. Stivo-M. Bondone) e GS (Sistema delle Giudicarie).

Il territorio di San Zeno di Montagna non è attraversato da lineamenti tettonici principali; all'interno dell'area di interesse coesistono altresì strutture minori alcune delle quali rivestono grande importanza per capire l'assetto strutturale a livello locale (vedi figura seguente):



La sismicità si concentra nella parte superficiale della crosta. I terremoti con magnitudo superiore a 3 (orientativamente corrispondente alla soglia di percezione) sono localizzati lungo la fascia esterna del sistema giudicariense, nella zona del Lago di Garda. In epoca strumentale il terremoto più forte in questo distretto si è verificato il 24 novembre 2004 vicino a Salò (I₀ =VII-VIII MCS, M_w=5,2), nella stessa area dove, in epoca storica, è stato localizzato il terremoto di Salò del 1901 (I₀ =VIII MCS, M_w =5,7). La sorgente del terremoto del 2004 stimata ad una profondità variabile tra 5 e 10 km, conferma il meccanismo di deformazione della catena sudalpina centro-orientale, con stile delle faglie sismogeniche del sistema giudicariense. La direzione di massimo sforzo compressivo per il settore Giudicarie è SE-NO, circa perpendicolare al fronte di sovrascorrimento delle Giudicarie e compatibile con la direzione di massimo raccorciamento crostale.

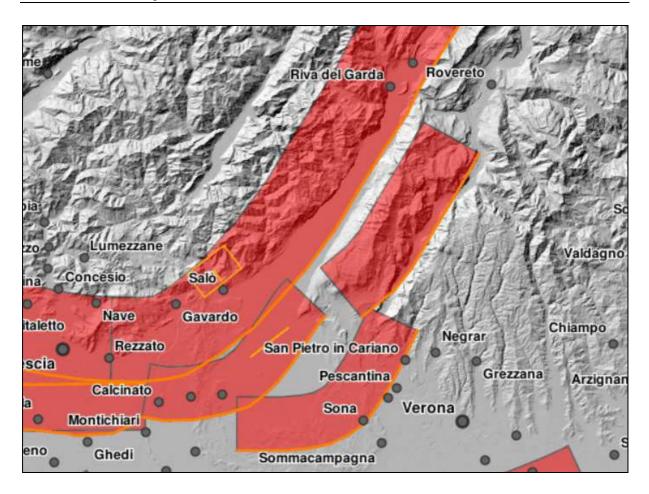
La delimitazione orientale del distretto Giudicarie adottata in questo lavoro non comprende, se non molto parzialmente nella porzione orientale, al confine con il distretto dei Lessini-Schio, la sorgente composita denominata Monte Baldo (ITCS073), che rappresenta invece per altri autori il fronte più esterno di sovrascorrimenti del sistema delle Giudicarie meridionali.

Una diversa prospettiva, complementare, è quella proposta dal DISS Working Group (2015). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Versione 3.2.0 da cui 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).

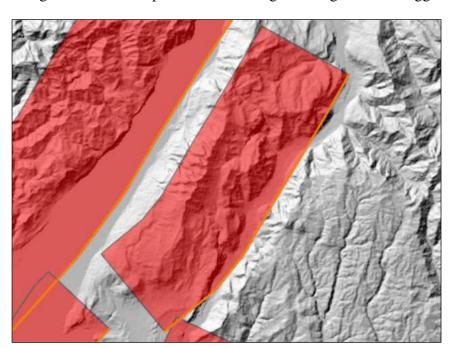
La mappa del DISS mostra tre tipologie di sorgenti sismogenetiche.

- Sorgenti individuali (IS), per le quali viene proposta una rappresentazione tridimensionale semplificata del piano di faglia. Questo tipo di sorgente esibisce caratteristiche definite di estensione, movimento e massima magnitudo attesa.
- Sorgenti composite (CS): sono regioni estese contenenti un numero non specificato di sorgenti minori allineate che non è ancora conosciuto singolarmente. Le sorgenti composite non sono associate ad uno specifico gruppo di terremoti storici.
- Sorgenti dibattute (DS): sono zone proposte in letteratura come potenziali sorgenti, ma considerate ancora non sufficientemente attendibili per entrare nel database.

Nella Figura seguente sono riportate le caratteristiche geometrico-cinematiche delle sorgenti sismogenetiche che interessano l'area benacense.



In questo distretto, DISS, identifica una sorgente composita principale denominata Giudicarie (ITCS048), che interessa il lago e tutto il settore occidentale verso Brescia. Essa, come le altre sorgenti composite verso Est e verso Ovest, rappresenta un segmento di sovrascorrimenti vergenti NW-SE, implicati nella sismogenesi degli eventi maggiori fino a profondità modeste



(7-9 Km) e frammentati da elementi trasversali.

La mappa del DISS inserisce il Comune di San Zeno di Montagna all'interno della sorgente composita ITCS073 "Monte Baldo". Essa interessa l'intera struttura del monte Baldo a partire dalla costa orientale del

lago di Garda e fino alla valle dell'Adige. Essa rappresenta il fronte più esterno del sistema di sovrascorrimenti Giudicariensi con vergenza verso SE.

La figura seguente, sempre tratta dal DISS, mostra il possibile andamento in profondità della superficie di faglia localizzando anche, in corrispondenza della costa orientale del lago di Garda, le più probabili posizioni degli epicentri a profondità dell'ordine dei 6-7 km, a partire dagli ipocentri dei terremoti storici.

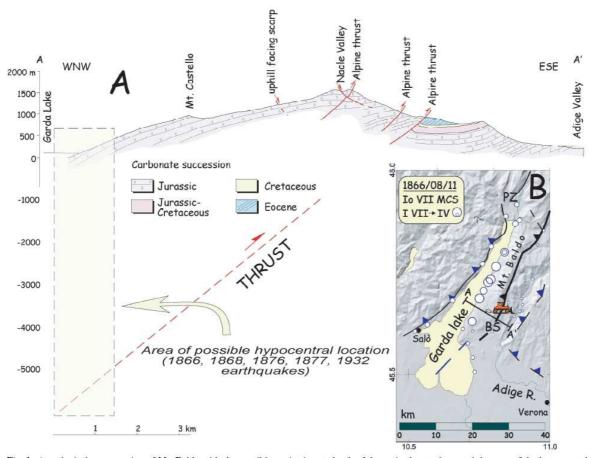


Fig. 3. a) geological cross-section of Mt. Baldo with the possible projection at depth of the main thrust plane and the area of the hypocentral locations of the 1866, 1868, 1876, 1877 and 1932 earthquakes and b) Intensity datapoints related to the 1866 earthquake (Ma=4.8, according to Working Group CPTI, 1999).

Le principali caratteristiche della struttura sismo genetica Monte Baldo sono riassunte nella tabella seguente:

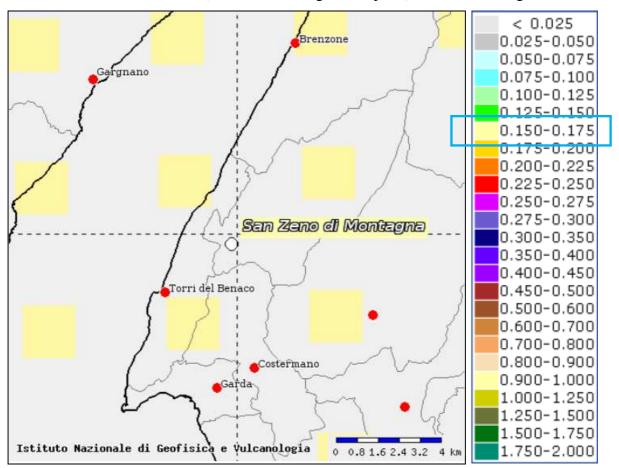
Minima profondità (km)	3
Massima profondità (km)	9
Direzione (°)	200 - 250
Inclinazione(°)	25 - 45
Rake (°)	70 - 100
Velocità di movimento (mm/anno)	0,1 - 0,5
Magnitudo massima	5,5

Per l'area di San Zeno di Montagna, nelle elaborazioni che seguiranno si farà però riferimento alla magnitudo massima di Zona prevista dagli ICMS che prevede, per SZ906 il valore di 6,60 (vedi tabella a pag. 15).

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.

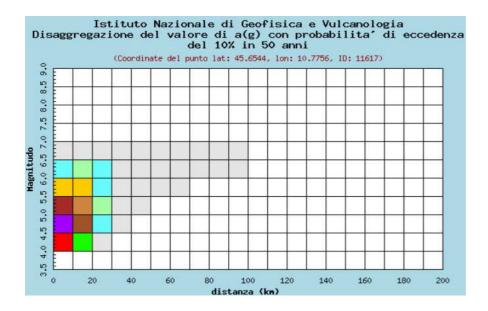
Secondo la mappa di pericolosità sismica elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si vede come il comune di San Zeno di Montagna è compreso nella fascia di accelerazione massima al suolo (riferita a suolo rigido di tipo A) tra 0,150÷0,175g.



Pertanto i valori di riferimento da utilizzarsi nella progettazione degli edifici, secondo il D.M. 14/01/2008, 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 relativi al

punto della griglia denominato 11617 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.



	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.6544, lon: 10.7756, ID: 11617)										
Distanza in km	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	15.700	26.100	12.600	5.210	1.890	0.187	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.740	9.540	7.810	5.060	2.680	0.327	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.159	1.330	2.080	1.980	1.420	0.210	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.030	0.352	0.554	0.508	0.089	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.024	0.137	0.169	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.045	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.012	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi							
Magnitudo	Distanza	Epsilon					
5.020	9.840	0.748					

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 San Zeno di Montagna: un evento di Magnitudo 5,02 ad una distanza di 9,84 km.

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 Inquadramento geologico- geomorfologico

Per l'inquadramento geologico dell'area si fa riferimento alla sintesi riportata dal dott. Collareda nella relazione di livello 1, la quale a sua volta riprendeva una serie di pubblicazioni consultate, integrate con le considerazioni riportate nel P.A.T. comunale e con le osservazioni condotte durante i sopralluoghi eseguiti. Rispetto a quanto riportato nella relazione del dott. Collareda, la descrizione delle litologie viene, in alcuni punti, leggermente riassunta.

Dal punto di vista morfologico, il Comune di San Zeno di Montagna ricade, prevalentemente, in un ambito di tipo montano che può essere suddiviso in tre parti principali: il versante del Monte Baldo a Nord - Est, la Zona di Prada e Lumini di origine tettonica nella porzione centrale e, infine, la zona prossima al paese di San Zeno di Montagna ad Ovest.

Nel corso del Pleistocene il basamento roccioso è stato eroso e modellato sia dall'azione glaciale sul fianco occidentale del Monte Baldo sia dalla dissoluzione carsica al di sopra del limite raggiunto dalla spalla del ghiacciaio benacense (cui corrisponde il terrazzo morfologico su cui si è sviluppato il capoluogo comunale, all'incirca a 600 m di quota s.l.m.).

Il ghiacciaio ha lasciato sul basamento roccioso più o meno spesse coltri di depositi morenici, costituiti da ghiaia, ciottoli e blocchi inclusi in matrice limosa da compatta a mediocremente cementata. Sul versante a valle della spalla glaciale l'erosione post-glaciale ha smantellato buona parte dei depositi morenici riportando alla luce il basamento roccioso.

Il carsismo si è invece sviluppato sia alla superficie (mediamente fino ad un paio di metri sotto il piano di campagna, specie in corrispondenza ai calcari ben stratificati del Rosso Ammonitico) che in profondità entro i più massivi calcari oolitici di San Vigilio. I condotti carsici si sono approfonditi per parecchie centinaia di metri e fin sotto al livello del vicino Lago di Garda, come attestano le numerose sorgenti carsiche emergenti presso la linea di costa od anche al di sotto di questa. Il paesaggio morfologico derivante dal carsismo è dominato, specie nell'areale di affioramento dei calcari di San Vigilio, da numerosissime doline di varia estensione e profondità, originate dal crollo delle sottostanti cavità e più o meno colmate da terra rossa residuale.

Al carsismo va correlata anche la Conca di Lumini, rappresentata da una valle relitta declinante da NNW a SSE ed attualmente priva di linee di drenaggio superficiali; la valle è colmata da una potente coltre di depositi limo - argillosi che, per buona parte, potrebbero essere costituiti da depositi di loess; lo spessore accertato in un pozzo esplorativo perforato nella zona di monte della conca raggiunge i 23 m dal p.c. locale. Come attestato dall'assenza di linee di compluvio lungo la valle relitta di Lumini, le acque superficiali s'infiltrano rapidamente entro il basamento roccioso carsificato. A conferma, assai raramente le indagini geognostiche dirette (sondaggi e trincee) eseguite nel territorio comunale hanno rivelato la presenza di corpi acquiferi.

Per quanto riguarda la litologia, nell'area studiata il basamento roccioso è per la maggior parte rappresentato dai calcari giurassici del Gruppo di San Vigilio (Dogger), ben litificati e localmente oolitici, suddivisi in strati e banchi di spessore pluridecimetrico talora poco distinguibile.

Sul versante declinante verso la riva del lago e lungo la fascia occidentale del territorio comunale ai calcari di San Vigilio si sovrappongono, in concordanza stratigrafica, i calcari nodulari duri e compatti della formazione del "Rosso Ammonitico" più fittamente suddivisi in strati di pochi decimetri di spessore e localmente assai fratturati. Sulla culminazione di Dosso Croce, all'estremità Sud - Occidentale del territorio comunale, i calcari del Rosso Ammonitico sono celati dai calcari marnosi delle formazioni cretacee della Maiolica e, localmente, della Scaglia Variegata: i litotipi calcarei, intercalati da interstrati marno - argillosi, manifestano comportamento plastico a fronte delle spinte tettoniche e si presentano localmente ondulati.

Da alcune indagini geognostiche emerge l'occasionale presenza di materiali tufacei variamente argillificati, che sono stati rintracciati poco a monte e ad Ovest del capoluogo e nella porzione meridionale della Val dei Lumini: si tratta di prodotti dell'attività eruttiva intercorsa tra il Paleocene e l'Eocene medio (cfr. Luciani: "Stratigrafia sequenziale del terziario nella catena del M.Baldo", Mem.Sc.Geol. – Padova 1989), più ampiamente testimoniati nelle parte centrale e settentrionale del Monte Baldo, ove sono costituiti da ialoclastiti e colate laviche.

La suddivisione litologica per lo studio di MS di livello 1 è stata desunta integralmente dal P.A.T. ed è stata solo localmente modificata per tener conto di alcune difformità evidenziate dalle indagini geognostiche disponibili.

Le rocce costituenti il substrato roccioso, come precedentemente descritto, sono quelle carbonatiche della serie mesozoica mentre i materiali sciolti della copertura vengono distinti in base ai processi che li hanno generati e così suddivisi:

- depositi colluviali ed eluviali;
- accumuli di frana;

• materiali di deiezione torrentizia, fluvioglaciali e morenici.

Litologia del substrato

L-SUB-03 - Rocce compatte stratificate. Età: Giurassico – Dogger. Ammassi rocciosi calcarei appartenenti al gruppo di San Vigilio e Rosso Ammonitico Veronese. Sono presenti in buona parte del territorio comunale sia nella zona centrale che in quella settentrionale.

- Rosso Ammonitico Veronese (Giurassico). La massa rocciosa è costituita da calcari duri e compatti, stratificati in banchi di spessore pluridecimetrico localmente assai fratturati. La formazione presenta elevata resistenza all'erosione superficiale, ed è interessata da fenomeni di dissoluzione carsica lungo fratture specie in superficie, ove può essere intensamente suddivisa in blocchi di volume anche superiore al metro cubo. Tali frammenti rocciosi, isolati dal sottostante substrato, possono, quindi, rotolare a valle in presenza di sfavorevole acclività. La massa rocciosa può presentare intensa circolazione idrica lungo le fratture rese beanti per dissoluzione carsica, localmente emergente, più spesso drenata dal sottostante "oolitico" ancor più carsificato.
- Gruppo di San Vigilio (Dogger). Formazione di Tenno (Toarciano): calcari marnosi passanti superiormente a calcareniti. Oolite di San Vigilio (Toarciano Aaleniano): calcareniti ad ooliti e bioclasti passanti lateralmente e superiormente a calcari biocostruiti. La formazione manifesta caratteristiche analoghe a quelle del Rosso Ammonitico Veronese presentando una maggior solubilità a fronte dell'azione delle acque dilavanti e di infiltrazione. Il carsismo di conseguenza è maggiormente sviluppato sia superficialmente (doline), sia in sotterraneo (caverne, grotte). La permeabilità lungo fratture e condotti carsici è localmente elevata, e dà origine ad emergenze carsiche lungo la sottostante riviera lacuale.

Dal punto di vista sismico, sulla base delle prove eseguite, possono essere generalmente inserite tra quelle con un range compreso tra 450 m/s e 1000 m/s, con valori crescenti con la profondità.

L-SUB-05 - Rocce compatte prevalenti alternate a strati o interposizioni tenere. Età: Cretaceo sup. – Cretaceo inf. Ammassi rocciosi calcarei appartenetti alla formazione della Maiolica, della Scaglia Variegata e della Scaglia Rossa. Sono presenti in una zona circoscritta nella parte meridionale del territorio comunale.

 Scaglia Rossa (Cretacico sup.): calcari micritici marnosi talora selciferi con al tetto un hard ground. La massa rocciosa si presenta fittamente stratificata e scarsamente fratturata; il materiale calcareo, debolmente marnoso, si presenta duro e compatto, scarsamente alterabile, cosicché l'eluvium superficiale presenta spessore decimetrico. L'assenza di intercalazioni argillose insieme alle favorevoli condizioni di giacitura esclude la possibilità di fenomeni franosi; la massa rocciosa si presenta permeabile lungo fratture.

- Scaglia Variegata Alpina (Cretaceo inf. medio): calcari e calcari marnosi con intercalazioni marnoso - argillose grigio - verdastre e livelli carboniosi.
- Maiolica (Cretaceo inf.): calcari micritici con selce in strati medio sottili passanti superiormente ad alternanze di calcari micritici e marne con peliti nerastre. La massa rocciosa si presenta fittamente stratificata, spesso fissile secondo livelli centimetrici, frequentemente fratturata, pertanto ne risultano volumi unitari raramente superiori al decimetro cubo. Il materiale presenta elevata compattezza negli orizzonti basali, ma superiormente è più friabile per la maggiore abbondanza della componente marnosa ed in conseguenza dell'elevata flessibilità. La formazione presenta resistenza all'erosione omogenea e uniforme, ed inferiore a quella dei circostanti terreni lapidei. Frequentemente si rileva la presenza di interstrati o livelli argillosi, che hanno favorito fenomeni di scivolamento franoso lungo superfici di strato, in presenza di giacitura a franapoggio anche di modesta inclinazione (come rilevato all'estremità meridionale del capoluogo). La formazione presenta modesta permeabilità superficiale dentro le fratture beanti, mentre le intercalazioni argillose impediscono l'infiltrazione idrica in profondità.

Dal punto di vista sismico, sulla base delle prove eseguite, risultano dotate di Vs compresa tra 300 m/s e 650 m/s, con valore di norma crescenti con la profondità.

Materiali della copertura detritica colluviale ed eluviale

L-DET-01 - Materiali della copertura detritica eluviale e/o colluviale poco consistenti e costituiti da frazione limo – argillosa prevalente con subordinate inclusioni sabbioso – ghiaiose e/o blocchi lapidei per spessori maggiori di 3 m.

Si sviluppa prevalentemente in corrispondenza della Conca di Lumini e nel fondo valle tra Prada e Prà Bestemà: nella zona centrale della conca, più piatta e depressa, si concentra la frazione fine, prettamente limosa – argillosa, di colore rosso bruno, mentre lungo i versanti ad essa si unisce la frazione detritica, costituita da frammenti calcarei di colore biancastro provenienti dalla disgregazione del substrato roccioso calcareo. Il suolo si sviluppa, inoltre, ma con minor estensione e spessore, in corrispondenza di piccole conche e terrazzi, vicini alla fascia urbanizzata.

Le indagini pregresse e quelle di nuova realizzazione hanno permesso di inglobare in questa categoria anche l'area della Val Masson, a differenza del PAT che ne attribuisce una L-DET-04.

Dal punto di vista sismico, sulla base delle prove eseguite, tali materiali presentano un range di Vs compreso tra circa 150 m/s e 300 m/s.

Materiali degli accumuli di frana

L-FRA-01 - Materiali sciolti per accumulo di frana per colata o per scorrimento, a prevalente matrice fine argillosa talora inglobante inclusi lapidei.

È segnalata la presenza di un corpo di frana di scorrimento non attiva in prossimità della località "Baitei" al quale se ne aggiunge un altro, dalle stesse caratteristiche (scorrimento non attivo), localizzato nella porzione meridionale del comune al confine con Costermano.

Materiali di deiezione torrentizia, morenici e fluvioglaciali

L-ALL-02 - Materiali a tessitura eterogenea dei depositi di conoide di deiezione torrentizia.

Il P.A.T. comunale segnala nei pressi della località "Lumini" un cono alluvionale con pendenza superiore a 10 % costituito da materiale eterogeneo.

Dal punto di vista sismico, sulla base delle prove eseguite, possono essere generalmente inseriti tra quelli con un range compreso tra 200 e 300 m/s.

L-ALL-07 - Materiali di accumulo fluvioglaciale o morenico grossolani in matrice fine sabbiosa.

La zona si sviluppa con direzione Nord Nord - Est e Sud Sud - Ovest nella porzione occidentale del territorio comunale. Il materiale presenta discreta resistenza al taglio e modesta compressibilità; la sua permeabilità è variabile in funzione dell'abbondanza della frazione argillosa, comunque modesta, come testimonia l'assenza di manifestazioni sorgentizie. In generale i depositi morenici non sono coinvolti da movimenti franosi, almeno nelle condizioni naturali di giacitura ed in assenza di rilevanti sbancamenti: essi sono bensì interessati da erosione incanalata ad opera delle acque di dilavamento superficiale.

Dal punto di vista sismico, sulla base delle prove eseguite, possono essere generalmente inseriti tra quelli con un range compreso tra 150 e 350 m/s.

Dal punto di vista idrogeologico, in relazione alle finalità dello studio di MS, nell'area studiata non sono presenti zone potenzialmente suscettibili alla liquefazione dei terreni poiché, a causa della natura dei terreni molto permeabili e solubili, la circolazione idrica sotterranea è molto profonda e assume le caratteristiche di una circolazione carsica.

Le varie litologie appena descritte sono state poi convertite dal dott. Collareda nella Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione sismica di Livello 1 (usando le grafie della versione 3.0) applicando la corrispondenza riportata nella tabella seguente:

Carta geologico - tecnica per la Microzonazione Sismica	Carta Geolitologica del P.A.T.
GC	L - DET - 01 e L - ALL - 02
ML	L - ALL - 07
CL	L - DET - 01; L - DET - 04
LPS	L - SUB - 03
NRS	L - SUB - 05

Si ritiene di condividere tale assunzione.

Per quanto riguarda le zone di versante potenzialmente instabili, nel livello 1 è stata inserita l'area soggetta a fenomeni gravitativi situata in località "Baitei" e quella presente nella parte meridionale del territorio a Sud di Dosso Croce in località "Canevoi". Entrambe le zone sono descritte nella Carta Geomorfologica del P.A.T. comunale come, rispettivamente, "corpo di frana di scorrimento non attiva" e "nicchia di frana di scorrimento non attiva".

In merito alla frana di "Canevoi" vale la pena di segnalare che di essa non vi è traccia nella cartografia geologica del PAT del comune contermine, Costermano.

Invece, i lineamenti sismicamente attivi (rotture in superficie per riattivazione di faglia capace) sono ripresi dal Data Base ITHACA, confrontato con il Data Base DISS 3.1.1. e riguardano la faglia Pesina, codice 80900, con movimento trascorrente posta all'estremità di SE del territorio comunale.

La focalizzazione delle onde sismiche in corrispondenza di creste, cime o cigli di scarpata è il fenomeno che sta alla base dell'amplificazione topografica. Nel livello 1 sono state evidenziate le irregolarità più marcate dei rilievi che potrebbero produrre particolari amplificazioni sismiche: sono state messe in evidenza le linee di cresta, gli orli di terrazzo fluviale e scarpate morfologiche che possono indurre effetti sismici, di carattere bidimensionale e tridimensionale, definibili come "Effetti topografici". Inoltre, per la Conca di Lumini, in cui potrebbero risentirsi delle amplificazioni dovute agli "Effetti di valle" legati alle riflessioni multiple causate dall'intrappolamento delle onde sismiche (P ed S) all'interno dei depositi di riempimento stessi, è stata verificato che si tratta di una valle sepolta larga (C \geq 0,25) per cui i fenomeni sono assimilabili a quelli di un corpo sedimentario di pianura.

Per quanto riguarda le cavità sotterranee, in assenza di precise ricostruzioni in merito, il livello 1 segnala tutta l'area delle rocce compatte stratificate (classe LPS) come zona ricca di cavità sepolte di natura carsica.

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per la redazione della seguente relazione ci si è avvalsi dei dati provenienti da indagini e rilievi geologico-geotecnici effettuati nel corso di numerosi anni e documentate nel PAT; sono state riprese le indagini sismiche eseguite per il Livello 1 di MS dal dott. Collareda. A queste si sono le indagini sismiche appositamente eseguite dal sottoscritto nel 2017. Nel complesso le indagini utilizzate sono:

Tipologia di prova	Quantità
Prove pregresse PAT	
Pozzetto o trincea	16
Sondaggi a carotaggio continuo	5
HVSR	6
Sismica a rifrazione	9
MASW-ReMi	4
Prove Livello 1 - 2013	
ReMi	17
HVSR (TROMINO®)	34
Prove di nuova acquisizione 2017	
HVSR (TROMINO®)	12

In allegato alla presente relazione sono riportate solo le schede descrittive delle indagini utilizzate dal sottoscritto (in neretto nella tabella) per il presente studio di livello 2. Per quelle non allegate si rimanda allo studio di livello 1 ed agli allegati di tale documentazione.

4.1 Breve descrizione del metodo

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 bedrock) 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; essa 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 abbastanza concentrata entro il territorio comunale con tutta una serie di borghi e nuclei abitati lungo il ripiano morfologico tra Dosso Croce, Ca' Montagna e Villanova, con la sola eccezione della conca di Lumini. Le nuove indagini sono state estese anche ad aree dove non sono al momento previste trasformazioni urbanistiche (località Prada) ma puntando alla caratterizzazione di aree presumibilmente omogenee dal punto di vista geologico.

I dati di campagna HVSR sono stati elaborati con l'apposito software **Grilla**® (Micromed) determinando anche il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs ancorandone l'elaborazione o su riscontri geologici del sito oppure su altre indagini presenti in zona. In altre parole, la determinazione del profilo di rigidezza finale è il risultato di un compromesso tra informazioni a priori sul sito, metodo manuale e procedura automatica.

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. Se il modello permette di assegnare una profondità al substrato rigido vengono estrapolati i dati sperimentali fino a tale profondità; se, al contrario, il modello geologico non permette di assegnare una profondità al substrato rigido, in via cautelativa, vanno considerati solo i dati sperimentali, assegnando implicitamente il substrato rigido alla profondità di fine indagine.

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. Del resto i risultati erano congruenti con le conoscenze pregresse del sito.

Gli altri sei criteri invece si riferiscono ad un segnale del picco massimo chiaro e pulito; 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

Per le prove HVSR eseguite per il presente livello 2 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 30 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) sarà impiegato per valutazioni di tipo stratigrafico (spessore delle coperture).

numero	località	indagine	Fo Hz	H/V	Fmax Hz	H/V
92	Bertel Laguna	SZM_HVSR101	15,56	2,8		
93	Via Creta	SZM_HVSR102	1,31	8,6		
94	Via del carro	SZM_HVSR103	1,31	5,4		
95	Via del carro sud	SZM_HVSR104	19,25	4,8		
96	Prada via sengel	SZM_HVSR105	5,19	4,6		
97	Via Giusto Arturo	SZM_HVSR106	8,44	3,6		
98	Lumini	SZM_HVSR107	4,49	7,3		
99	Via M. Baldo	SZM_HVSR108	0,91	3	26,6	3
100	Perare	SZM_HVSR109	12	5,8		
101	Bertel prà della valle	SZM_HVSR110	24	3,8		
102	Pràbestemà	SZM_HVSR111	3	2,6		
103	Tortia	SZM_HVSR112	4,7	4,8		

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

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.

L'intero territorio è stato considerato come stabile suscettibile di amplificazione sismica e, potenzialmente, risulta localmente instabile. Infatti, è stato verificato che il moto sismico è modificabile rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche locali.

Va detto che le nuove indagini acquisite hanno confermato tale quadro di riferimento per le varie zone indagate.

5.1 Microzone sismiche del livello 1

La scelta delle varie microzone della MS Livello1 ha visto la suddivisione del territorio comunale in quattro microzone. Come da indicazioni della DGRV n. 1896 del 14 ottobre 2014, allegato B, la quale ha come riferimento la OPCM n. 3907 del 13 novembre 2010 art. 5, è stata esclusa dalla microzonazione la parte di territorio comunale che ricade in rete Natura2000 ovvero il SIC IT3210004 "monte Luppia e punta San Vigilio" ed il SIC-ZPS IT3210039 "monte Baldo Ovest".

Sulla base delle nuove indagini geofisiche eseguite per il livello 2, considerando le particolarità geomorfologiche come una sorta di guida per l'interpretazione geologica-geofisica, 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 propagazione delle onde sismiche presentano caratteristiche analoghe.

Pur avendo in molte parti del territorio comunale di San Zeno di Montagna il substrato roccioso affiorante o subaffiorante, non si sono verificate le condizioni per ipotizzare la perimetrazione di "zone stabili" dove lo scuotimento sismico sia associabile solamente all'energia ed alla distanza dall'evento. In altre parole: pur trattandosi di rocce che a livello di campione hanno un'elevata rigidità, a livello di ammasso roccioso presentano condizioni di fratturazione, alterazione e/o carsicità che si estendono ben oltre i 3-5 m di profondità previsti dal DM 14/01/2008 per definire i terreni di tipo A. Anche le misure geofisiche eseguite non danno mai valori di Vs superiori a 800 m/s entro i primi metri dalla superficie.

Zona 1

Zona 1. LPS, basamento roccioso costituito da calcari delle formazioni del "Rosso Ammonitico " e di "San Vigilio" costituite da rocce prevalentemente compatte stratificate e carsiche. La Zona 1 risulta presente su buona parte del territorio comunale.



Appartiene a questa categoria gran parte del territorio comunale. Geologicamente si tratta di una coltre sciolta (detriti, colluvio) per spessori di pochi metri che si poggiano sulla parte decompressa e fratturata del substrato costituito da calcari stratificati.

I sismostrati rilevati evidenziano un primo livello di pochi metri con velocità attorno a 200 m/s a cui seguono alcuni metri di rocce fratturate con velocità dell'ordine dei 400-600 m/s ed infine, a partire in genere da una decina di metri di profondità si raggiungono valori di velocità dell'ordine degli 800 m/s o più. Pertanto la tipologia di suolo è ascrivibile alla categoria di suolo B (Vs30 compresa tra 360 m/s e 800 m/s ovvero $N_{SPT}30 > 50$ nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Zona 2

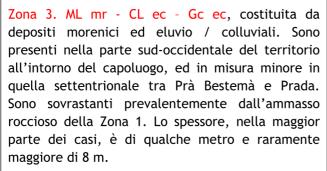
Zona 2. NRS, calcari marnosi cretacei stratificati, localizzati nella parte meridionale del territorio comunale.

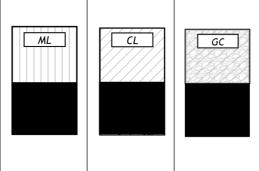


La zona è posta nel settore Sud-Ovest del territorio comunale, dove vi sono materiali colluviali in modesto spessore, dell'ordine di un paio di metri al massimo, che ricoprono il substrato formato da rocce tenere caratterizzate da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.

I sismostrati rilevati evidenziano un primo livello colluviale con velocità attorno a 200 m/s a cui seguono calcari marnosi con valori di Vs compresi tra 550 m/s e 650 m/s fin quasi 30 m di profondità. Pertanto la tipologia di suolo è ascrivibile alla categoria di suolo B (Vs30 compresa tra 360 m/s e 800 m/s ovvero $N_{SPT}30 > 50$ nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

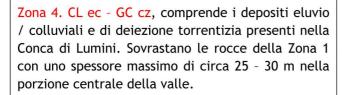
Zona 3

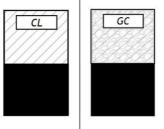




Tale Zona occupa una larga fascia del territorio urbanizzato in corrispondenza delle principali contrade, da Bertel a Castello a Ca Montagna e fino a Creta all'estremità Sud del comune. La coltre superficiale sciolta, per uno spessore alcuni metri, è formata da depositi morenici oppure eluvio-colluviali che ricoprono le formazioni calcaree già delineate per la zona 1. I sismo-strati rilevati evidenziano un primo livello con velocità attorno a 300-350 m/s a cui segue il substrato alterato con valori di Vs compresi tra 400 m/s e 500 m/s fino a profondità superiori ai 15 m oltre la quale abbiano Vs maggiore di 800 m/s. La tipologia di suolo è quindi ascrivibile alla categoria di suolo B (Vs30 compresa tra 360 m/s e 800 m/s ovvero N_{SPT}30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Zona 4





Tale Zona occupa la conca di Lumini. La coltre superficiale sciolta, per uno spessore compreso tra 12 e 30 m, è formata da depositi eluviali in matrice argillosa di origine carsica variamente frammisti a deiezioni torrentizie prevalentemente limoso-ghiaiose che si poggiano sulla parte decompressa e fratturata del substrato della zona 1 già descritta.

I sismostrati rilevati evidenziano un primo livello con velocità attorno a 200-300 m/s a cui segue il substrato con valori di Vs attorno a 500-600 m/s. Lo strato più superficiale, con spessore inferiore o prossimo a 20 m, è ascrivibile alla categoria di suolo C (Vs compresa tra 180 m/s e 360 m/s ovvero N_{SPT}30 compreso tra 15 e 50 nei terreni a grana grossa e cu30 compreso tra 70 e 250 kPa nei terreni a grana fina) che si poggia direttamente sul substrato ma con Vs <800 m/s). Si noti come la configurazione del modello sismo stratigrafico possa portare anche alla categoria di terreno E qualora il substrato arrivi a superare gli 800 m/s.

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 elementi di riferimento dei vari scenari di pericolosità sono stati riportati direttamente nella carta delle MOPS.

In tale carta, tra gli <u>elementi tettonico strutturali</u>, sono state ripresi i principali elementi strutturali già presenti nel PAT integrati da ulteriori conoscenze geologiche non presenti in tale documento. Le principali forme strutturali, di superficie e sepolte sono:

- le scarpate di varia origine con altezza maggiore di 20 m. In molti casi si tratta di strutture morfologiche che non hanno alcuna interferenza con le aree insediate ma in alcuni casi i centri abitati si collocano in vicinanza al ciglio di scarpate di altezza significativa.
- Allo stesso modo le posizioni di cresta o di dorsale sono da valutare quando il dislivello altimetrico minimo (h) è maggiore od uguale a un terzo del dislivello altimetrico massimo (H) ed inclinazione dei versanti maggiore o uguale a 15°. Anche in questo caso si tratta di strutture morfologiche che non hanno alcuna interferenza con le aree insediate ma in alcuni casi si hanno nuclei abitati che si collocano in vicinanza a tali creste.
- La conca di Lumini è definita come valle larga (C<0,25) e quindi per quanto riguarda l'amplificazione stratigrafica è assimilabile alle successioni piano-parellele di pianura.
- Infine l'intero settore del territorio comunale caratterizzato da calcari affioranti o sub affioranti è segnalato come area con cavità sepolte per la presenza di diffusi fenomeni carsici.

Passando poi alle <u>instabilità di versante</u> nella carta MOPS sono state riportate le medesime frane ed aree franose inserite nella "carta delle fragilità" del PAT. Si tratta di due frane per scorrimento, inattive, localizzate nelle località Baitei e Canevoi.

Infine le <u>faglie attive e capaci</u> riportate nella carta MOPS del livello 1 prevedono solo la faglia Pesina che però interessa il versante montano a SE di Lumini e non ha alcuna interferenza con le aree interessate da insediamenti urbani.

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 P3 e 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 associate a insediamenti urbanistici significativi. Sono state tralasciate le porzioni prettamente montane al di fuori del ripiano morfologico su cui si impostano le varie contrade del paese, con le sole eccezioni della conca di Lumini e della contrada di Prà Bestemà. Per le aree escluse l'interesse urbanistico è certamente marginale: si tratta di zone poco o nulla infrastrutturate e con al più qualche casa sparsa o piccoli nuclei abitati.

Va poi aggiunto che la microzonazione è stata localmente estesa anche all'interno della zona SIC IT3210004 "monte Luppia e punta San Vigilio" al fine di comprendere un ambito di espansione urbanistica in località Borno-Villanova già previsto dal PRG e confermato dal nuovo PI.

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	ovimenti franosi attivi	
P1 b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	Instabilità per frana	
P1 c	P1 c Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana		

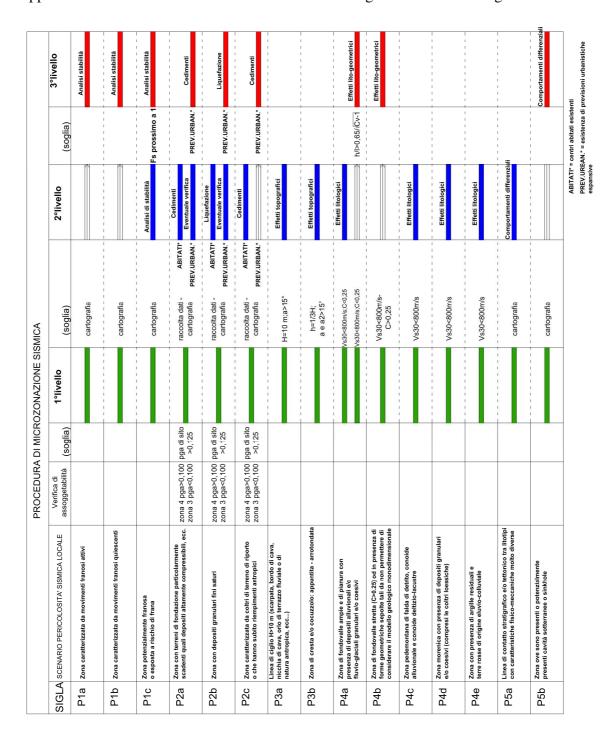
Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
P2 a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti	
	quali depositi altamente compressibili, ecc.	Instabilità per
P2 b	P2 b Zona con depositi granulari fini saturi	
P2 c	P2 c Zona caratterizzate da coltri di terreni di riporto o che	
	hanno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

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Р3 а	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				
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 . Am				
P4 c	c Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e litologica conoide deltizio - lacustre geometri				
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	
Р5 а	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:



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" ICMS 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 oggettivamente peculiari del territorio comunale e del nuovo 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	Le indagini disponibili, PAT e MS liv. 1, non hanno individuato aree significative per area urbanizzata.
P1b	P1b Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti		Le indagini disponibili, PAT e MS liv. 1, non hanno individuato aree significative per area urbanizzata.

P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	SI	Analisi dello spostamento apparente in caso di pendii in terra (e della distanza di rotolamento massi in caso di pareti rocciose).
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	NON significati va	Le indagini disponibili, PAT e MS liv. 1, non hanno individuato zone significative per area urbanizzata.
P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	NO	Le indagini disponibili PAT e MS liv. 1, non hanno individuato zone significative per area urbanizzata.
P2c	Zona caratterizzata da coltri di terreno di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	NON significati va	Le indagini disponibili PAT e MS liv. 1, non hanno individuato zone significative per area urbanizzata.
P3a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc)	SI	Analizzate le situazioni principali e quindi, se del caso, le amplificazioni stimate sulla base degli abachi.
P3b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	SI	Analizzate le situazioni principali e quindi, se del caso, le amplificazioni stimate sulla base degli abachi.
P4a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio- glaciali granulari e/o coesivi	SI	Già analizzate le situazioni principali nel Livello 1. Applicati abachi per valle larga.
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	L'esame della morfologia e dei dati disponibili sulla profondità del substrato hanno portato già nel livello 1 ad escludere tale condizione per le aree urbanizzate.
P4c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P4d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	SI	Analisi di livello 2 con i dati disponibili. Le amplificazioni stimate sulla base degli abachi. Per le aree di futura espansione demandato il livello 3 alla fase progettuale.
P4e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	SI	Analisi di livello 2 con i dati disponibili. Le amplificazioni stimate sulla base degli abachi. Per le aree di futura espansione demandato il livello 3 alla fase progettuale
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico- meccaniche molto diverse	NON significati va	L'esame dei dati disponibili hanno portato già nel livello 1 ad escludere tale condizione per le aree urbanizzate.

P5b	Zona ove sono presenti o	SI	Le zone di Lumini e Prà Bestemà
	potenzialmente presenti cavità		presentano dei fenomeni carsici: analisi
	sotterranee o sinkhole		di livello 2 con i dati disponibili. Le
			indagini specifiche sull'esistenza di
			cavità e sugli approfondimento di livello
			3 sono demandati alla fase progettuale.

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 che andrà ad integrare la carta delle indagini già predisposta nel livello 1.
- 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 eventualmente segnalate anche le aree dove sono previste nuove indagini per la predisposizione del conseguente 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 f₀ (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 indica l'ubicazione delle stesse e la tipologia secondo gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (versione 4.0). Essa viene integrata con l'inserimento delle nuove indagini. Come detto in precedenza, le varie categorie di indagini sono riportate nei tre allegati (Allegato "schede indagini PAT", Allegato "Schede

indagini Livello 1" e Allegato "Schede indagini HV Livello 2"); a queste vanno aggiunte le indagini non utilizzate per il presente livello 2, contenute nella documentazione del livello 1.

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 o boscate 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

A causa dell'elevata variabilità morfologica, geologica e litostratigrafica, nonostante una buona serie di misure di frequenza propria dei terreni, risulta difficile produrre una carta delle frequenze naturali con campiture di isofrequenza a fasce di livello.

Sarebbero necessarie infatti una notevole quantità di misure HVSR che, probabilmente, non avrebbero in ogni caso portato a dei risultati sufficienti a coprire tutto il territorio indagato con un notevole spreco di risorse.

Si ritiene quindi più utile/efficiente che le indagini HVSR siano effettuate direttamente sui singoli siti oggetto di indagine in sede di progettazione.

La carta delle frequenze naturali con indicazioni puntuali di frequenza e rapporto di amplificazione H/V era già stata predisposta, con le HVSR disponibili, nel Livello 1 della MS, definendo la dimensione dei simboli in base all'ampiezza del picco di risonanza ed indicando, per ciascun punto indagato la frequenza del picco fondamentale f₀ (considerata nell'intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 20 Hz) con la relativa misura H/V da specifico grafico.

In questa sede viene ripresa tale carta ed integrata con le nuove misure HV.

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 h(m) responsabili dei possibili fenomeni di risonanza osservati come riportati nella tabella a lato (da Albarello 2011).

Naturalmente non è detto che il picco con

la massima amplificazione corrisponda alla fo che, generalmente, viene considerata corrispondere al picco a frequenza più bassa.

A questo punto può essere inserita una considerazione in merito all'interazione terrenostrutture edilizie in occasione di un 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.

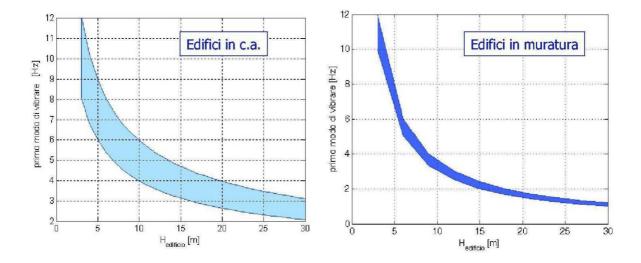
Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

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.

Rispetto allo studio di livello 1 è stata estesa la zonazione anche ad una piccola porzione di territorio comunale che ricade in rete Natura2000 ovvero il SIC IT3210004 "monte Luppia e punta San Vigilio": in località Bertel e Borno ci sono infatti degli insediamenti, esistenti o già previsti dal vecchio PRG, che ricadono per una fascia di un paio di centinaia di metri entro il SIC. Per tali zone si è assunto di estendere verso il basso la relativa microzona della carta MOPS, stante la omogeneità litologica e stratigrafica ricavata dalla documentazione del PAT e dal rilievo geologico sul posto.

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:

	ZONE	STABILI - Identifi	icazione della zona con	colore blu
	FA	FV	Informazioni sul	lle zone stabili
			Si ricorda che zo	one con substrato geologico con $J_{ m v}$ > 10-15 o con $V_{ m s}$ <
-	1	1	800 m/s potrebb	ero non essere classificate come zone stabili
ZONE STABILI SUSCE	ETTIBILI DI AM	PLIFICAZIONI LO	CALI - Identificazione d	ella zona con colore dal giallo al rosso
	FA	FV	Informazioni sul	le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali
	-		-	
ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILIT	TÀ - Identifica:	zone della zona d	con colore verde, sigla d	dell'instabilità e numerazione progressiva da 1 a n
		i quantitativi	and and an analy origina in	Informazioni sulle zone suscettibili di instabilità
	-			
		Terreni(T): max spostamento (cm) Roccia(R): max distanza blocchi (m)		
Instabilità di versante (<i>FRT</i> , <i>FRR</i> ,)	CASCALLA PARTICIONAL	ENVIOLATION AND AND AND AND AND AND AND AND AND AN		
	Es.FRT,=	Es.FRT ₁ = 20 cm		
	3311	Es. FRR _a = 150 m		
ZONE SUSCETTIBUL DI INSTABILI	200	and the state of	an anlara manda ainla d	lell'instabilità e numerazione progressiva da 1 a n
ZONE SUSCETTIBLE DI INSTABILI	terre Un	TO MAN TO THE REAL PROPERTY AND ADMINISTRATION OF THE PARTY OF THE PAR	1.70	ett instabilita e numerazione progressiva da 1 a n
Liquefazione (LI,)		Potenziale di liquefazione LI		
		Es. LI, = 7		
	Es. L/ _a = 1	8		
		N.G		
Cedimenti differenziali (CD ₂)	(nessund			
Faglie attive e capaci (FA,,)	(nessund	-1		
Sovrapposizione di zone suscettib di instabilità a zone stabili suscettib				e di amplificazione locale (da giallo a rosso), mentre
di instabilità a zone stabili suscettib di amplificazioni locali		la zona suscettibile di instabilità è indicata da un tratteggio sovrapposto verde obliquo, destra e dal basso verso l'alto, dalla sigla e dal numero progressivo.		

- 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** (colore verde) 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.

Queste indicazioni sono poi state parzialmente modificate con la pubblicazione degli standard di rappresentazione 4.0 delle linee guida nazionali.

Va infine precisato che, seguendo le indicazioni delle linee guida nazionali 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 Considerazioni su modellazione numerica del livello 1

Lo studio di MS di livello 1 del dott. Collareda contiene un approfondimento di livello 3 relativo a due sezioni nella parte meridionale del territorio comunale. La modellazione bidimensionale è stata effettuata per quantificare correttamente la risposta sismica di sito lungo due sezioni rappresentative. Sono stati considerati gli effetti amplificativi del moto sismico dovuti alla topografia e alla stratigrafia, oltre a quelli derivanti da morfologie sepolte come i raccordi tra le aree sub - pianeggianti e le dorsali.

Il risultato finale è stato rappresentato in una storia accelerometrica orizzontale attesa nel sito d'indagine e plottata in uno spettro di risposta elastico confrontabile con quelli di normativa provenienti dall'approccio semplificato (NTC – 2008).

Alla fine sono riportati due siti esemplificativi, uno per ciascuna sezione. Di seguito si riproduce il commento per ciascuno dei due siti altre alle conclusioni del dott. Collareda:

Sezione n° 1: Conca di Lumini: la Categoria B (NTC - 2008), sottostima ampiamente la risposta sismica di sito mentre la Categoria C riesce a quantificarla abbastanza bene ad eccezione di 0,5 s che, invece, viene correttamente valutata dalla Categoria E. Quest'ultima sovrastima la spinta sismica per periodi superiori a 0,5 s e tra 0,2 s e 0,45 s.

Sezione n° 2: Val Masson: le Categorie di sottosuolo difficilmente riescono a quantificare correttamente la risposta sismica locale per periodi di circa 0,15 s mentre già la Categoria B appare corretta per periodi superiori a 0,3 s. Le Categorie C, D ed E sovrastimano ampiamente la "spinta sismica" per periodi superiori a 0,25 s.

Il commento finale è che l'utilizzo di abachi per la realizzazione del Livello II dovrà essere subordinata alla presenza di assetti stratigrafici rigorosamente monodimensionali. Qualora tale condizione non fosse verificata (condizione prevalente a San Zeno di Montagna), sarà necessario utilizzare un'analisi bidimensionale e, quindi, passare di fatto ad un livello di approfondimento maggiore (Livello III), nel quale dovranno essere stimati i fattori di amplificazione (F.A.) in termini di P.G.A., intensità spettrale in pseudo – velocità e pseudo - accelerazione, nell'intervallo 0,1 < To < 0,5 s e 0,5 < To < 1,0 s.

A parere del sottoscritto quest'ultima conclusione appare un po' eccessiva. O meglio: è certamente vera se si considera l'intero territorio del comune di San Zeno di Montagna mentre perde buona parte del suo significato se applicata alla fascia del ripiano morfologico su cui si colloca la maggior parte del territorio urbanizzato. A riprova di questo è il fatto che per il sito di val Masson l'analisi bidimensionale riporta a fattori di amplificazione in larga parte ricompresi nella categoria B delle NTC2008 come ricavabile dal solo esame del modello sismo stratigrafico del sottosuolo già impiegato per descrivere la microzona omogenea. Lo stesso dicasi per la conca di Lumini per la quale si arriva ad una attribuzione a cavallo tra la categoria di sottosuolo C ed E, come desumibile dal modello sismostratigrafico della microzona omogenea.

È inoltre opinione del sottoscritto che non abbia molto senso implementare ed attivare codici di calcolo particolarmente elaborati quando i dati di input, oltre che essere numericamente limitati, presentano ampia variabilità sia in termini di caratteristiche geotecniche/geofisiche che di successione stratigrafica. L'applicazione di abachi semplificati, scelti con oculatezza in riferimento al modello sismo stratigrafico di zona e dopo aver escluso condizioni di particolare penalizzazione, costituisce ancora la strategia migliore, nel contempo cautelativa e realmente applicabile.

Infatti, da ICMS abbiamo che l'utilizzo di abachi è possibile con un assetto geologico assimilabile a un modello fisico monodimensionale e dove **non** sono riscontrate le seguenti situazioni:

- forme molto acclivi di superficie (possibili effetti di amplificazione topografica);
- aree soggette a instabilità (possibili aggravi delle amplificazioni);
- bacini sepolti, ovvero forme concave o articolate del substrato rigido sismico con riempimenti di sedimenti soffici, i cui effetti bidimensionali rendono non reali il calcolo con Abachi, nel caso in cui non sia verificata la seguente condizione:

$$\frac{h}{l} \le 0.65 / \sqrt{C_v - 1}$$

dove h è la profondità della valle, I la sua semiampiezza, Cv il rapporto fra la velocità VS nel basamento sismico e quella media nei terreni di riempimento della valle;

- situazioni litostratigrafiche con inversione di velocità nel profilo delle Vs quando un terreno rigido sovrasta un terreno soffice con un rapporto Vs rig / Vs sof > 2, con la VS dello strato più rigido > 500 m/s;
- aree con deformazioni permanenti.
- successione litostratigrafica che preveda inversioni di velocità con la profondità;

Come evidente la sola condizione presente in alcuni limitati lembi del territorio interessato dal presente studio di livello 2 è la prima: forme molto acclivi di superficie, per la presenza di inclinazioni maggiori di 15° corrispondenti a pendenze di circa il 27%.

Va da sé che per tali limitate zone oltre ai valori di Fa e Fv determinati con l'uso degli abachi andrà considerato anche il fattore di amplificazione St di cui al D.M. 14/01/2008.

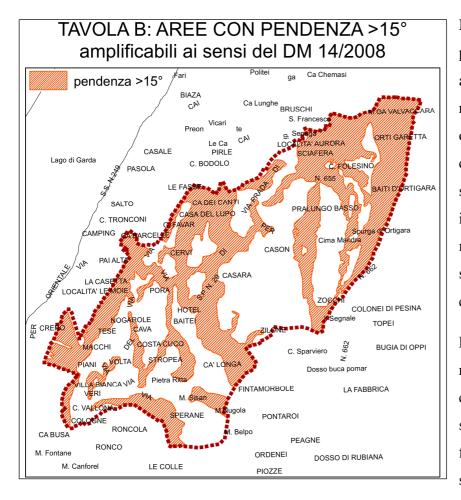
Ovviamente, per la progettazione di opere importanti si dovranno eseguire indagini specifiche, come del resto previsto dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008) e in tale occasione potrà essere applicata al sito la valutazione della risposta sismica locale RSL.

6.2.3.2 Valutazione degli effetti morfologici

Il territorio comunale di San Zeno di Montagna è caratterizzato dalla presenza di numerose variazioni morfologiche dettate dalla presenza di orizzonti litologici con giacitura prevalentemente monoclinale, a diverso grado di resistenza, oppure ereditati dalla passata azione esarativa del ghiacciaio benacense che, grazie alla loro tenacità, possono rappresentare delle condizioni litologiche e stratigrafiche tali da generare scarpate, in alcuni casi anche acclivi, e dorsali o creste più o meno arrotondate.

Una considerazione merita anche il fatto che la maggior parte del territorio urbanizzato ha pendenze modeste, inferiori a 15° seppur di poco. Si ricorda che, ai sensi del D.M. 14/01/2008 tale valore costituisce la soglia al di sotto della quale non vi è amplificazione di tipo morfologico, ovviamente per superfici topografiche sufficientemente estese. Di seguito si riporta uno stralcio ripreso dalla tavola delle Zone Omogenee in Prospettiva Sismica (DGRV

3308/2008) del PAT in cui sono già riportate le aree con pendenza superiore a 15° (circa 27%).



delle Nella tavola riportata pendenze, allegato alla presente relazione, la metà occidentale del territorio comunale è stata suddivisa in tre fasce di inclinazione, rispettivaa 15°. mente inferiori 30° superiori compresa tra tali valori.

Per gli interventi che ricadono entro le fasce con inclinazione superiore a 15°, oltre al fattore di amplificazione stratigrafico dovrà essere

applicato anche il fattore di amplificazione topografico St del D.M. 14/01/2008. Naturalmente la condizione di inclinazione superiore al valore-soglia deve estendersi per almeno un centinaio di metri rispetto al sito di applicazione del calcolo: in altre parole non si applica per i pendii di limitata estensione, dell'ordine delle decine di metri.

Per gli elementi morfologici compresi nell'area zonata al livello 2, partendo dalle forme segnalate nello studio di MS di livello 1, la valutazione è stata compiuta tramite l'analisi della CTR che, pur con i limiti di precisione propri di questo supporto, ha permesso di effettuare stime e valutazioni sugli eventuali effetti legati alle amplificazioni di tipo morfologico. Per le sezioni verificate è stata compiuta anche una ricognizione sul posto per verificare la corretta rispondenza di quanto cartografato con lo stato dei luoghi.

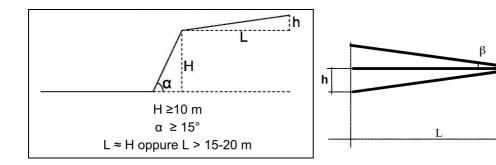
I limiti di questa valutazione, come già accennato, sono insiti nella precisione della cartografia; per approfondimenti ed affinamenti dei fattori di amplificazione specifici per ogni

Η

sito, si dovranno eventualmente effettuare rilievi topografici in grado di meglio definire la geometria ed i limiti delle scarpate e dei relativi cigli piuttosto che delle creste e dei cocuzzoli.

6.2.3.2.1 Zona di scarpata

Le zone di scarpata che possono essere suscettibili di amplificazioni morfologiche devono possedere dei parametri che superino specifici limiti dimensionali esplicitati in modo semplificato dalla seguente figura tratta dall'Allegato A) della DGR 1572/2013 e da ICMS.



In pratica l'altezza deve essere maggiore di 10 metri e contemporaneamente l'angolo del pendio deve superare i 15°, inoltre il fronte superiore deve essere pari almeno all'altezza della scarpata o comunque non inferiore ai 15-20 metri. Per essere considerate scarpate inoltre

Fattore di amplificazione per effetto morfologico					
Classe altimetrica	Classe altimetrica Classe di inclinazione Fa 0.1-0.				
10 m < H < 20 m	15° < α < 90°	1.1	Ai = H		
20 m < H < 40 m 15° < α < 90°		1.2	Ai = 3/4 H		
	15° < α < 20°	1.1			
	20° < α < 40°	1.2			
H > 40 m	40° < α < 60°	1.3	Ai = 2/3 H		
	60° < α < 70°	1.2			
	α > 70°	1.1			

bisogna che l'angolo di pendio sia almeno 5 volte l'inclinazione della superficie superiore (β inferiore o uguale ad un quinto di α) e h minore ad un terzo di H;

I fattori di amplificazione legati alle caratteristiche geometriche delle scarpate sono riassunte nella tabella a lato.

L'abaco delle scarpate fornisce per ciascuna classe altimetrica (H) e

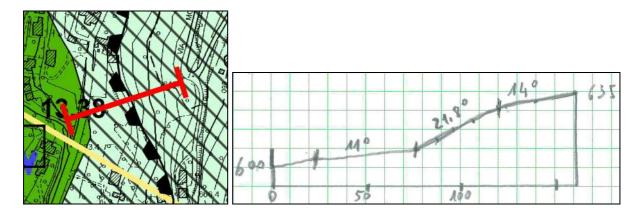
classe di inclinazione (α) il valore di Fa per l'intervallo di periodo 0,1-0,5 s e il valore della relativa area di influenza (Ai). Il valore di Fa determinato è assegnato al ciglio del fronte superiore, mentre all'interno della relativa area di influenza, il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario.

Lungo la scarpata principale è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario alla base del fronte stesso.

Nei casi di scarpate in roccia (con Vs>800 m/s) il valore del fattore di amplificazione è sufficientemente rappresentato dal valore di Fa per effetti morfologici.

Venendo allo specifico di San Zeno di Montagna, si osserva che: le scarpate con altezza superiore a 10 m, ricavate dallo studio geologico del PAT e riportate nella carta della MOPS, sono presenti in varie parti del territorio, modellate sulle tenaci litologie dei calcari giurassici ma in zone che non vengono interessate dalla presente zonazione di livello 2. Entro la fascia interessata dalla presente zonazione di livello 2 sono state valutate tre scarpate strutturali (riprese dalla carta MOPS del livello 1):

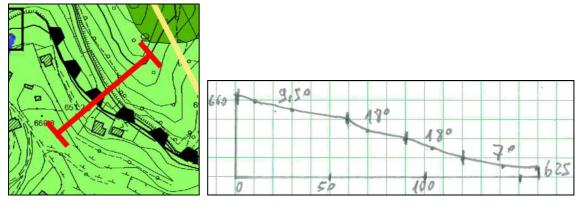
1) Località Castello:.



H= 15 m, inclinazione scarpata 21,8°

Non può essere considerata scarpata in quanto l'inclinazione del pendio a monte del ciglio superiore (14°) è maggiore di un quinto dell'inclinazione della scarpata.

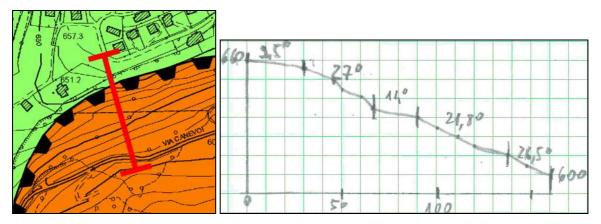
2) Dosso Croce - via Pineta Sperane



H= 20 m in due tratti di complessivi 60 m, inclinazione scarpata 18°

Non può essere considerata scarpata in quanto l'inclinazione del pendio a monte del ciglio superiore (9,5°) è maggiore di un quinto dell'inclinazione della scarpata.

3) Dosso Croce - Canevoi



H= 22 m, inclinazione scarpata 27°

Non può essere considerata scarpata in quanto l'inclinazione del pendio a monte del ciglio superiore (9,5°) è maggiore di un quinto dell'inclinazione della scarpata.

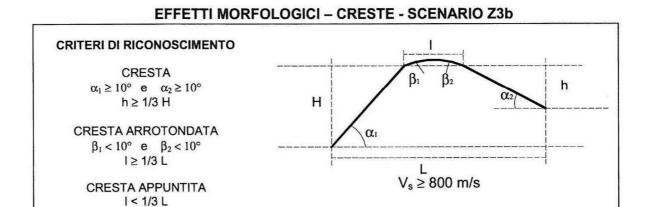
Quindi per nessun caso tra quelli trattati è applicabile il fattore di amplificazione topografica per ciglio di scarpata.

Nel caso in cui si ritenesse di applicare comunque un fattore di amplificazione si ricorda che l'ampiezza della fascia d'influenza si ricava seguendo la tabella all'inizio del presente paragrafo. Dopo di che il valore di Fa è assegnato alla sommità della scarpata, mentre all'interno della relativa area di influenza, il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario alla distanza pari all'area di influenza e al piede del pendio. Operativamente: se il valore al ciglio scarpata è 1,2, al piede del pendio sarà 1,0; divido il versante, dal ciglio al piede, in due fasce di pari larghezza attribuendo 1,2 a quella superiore e 1,1 a quella inferiore; stessa cosa all'interno dell'area di influenza a monte. Ovviamente se il valore in cresta è 1,1 esso si estenderà sull'intera area di influenza a monte e fino al piede della scarpata.

6.2.3.2.2 Zona di cresta e/o cocuzzolo

Anche la morfologia di cresta o cocuzzolo può costituire causa di amplificazione locale delle omde sismiche. Lungo il profilo topografico vanno applicati i limiti geometrici indicati nella figura seguente dove sono riportati i parametri necessari a classificare la cresta o dorsale e poi

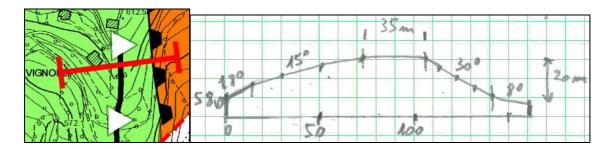
a distinguere tra la condizione "appuntita" e "arrotondata". Sono inoltre riportate le modalità di calcolo del fattore di amplificazione FA.



	L>350	250 < L<350	150 < L <250	L< 150	
Creste Appuntite	$Fa_{0.1-0.5} = e^{1.11H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.93H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.73H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.40H/L}$	
Creste Arrotondate	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$				

L'esame della cartografia CTR ha portato ad individuare, all'interno del territorio comunale varie zone conformate a cresta o a cocuzzolo ma solo in pochi casi esse interessano aree urbanizzate. Le dorsali, ricavate dallo studio geologico del PAT e riportate nella carta delle MOPS di Livello 1, che ricadono entro la fascia interessata dalla presente zonazione di livello 2 sono solo due: in località Tortia e in località Vignole. La dorsale in località Tortia ha dimensioni così ridotte che diventa difficile anche fare la verifica del profilo topografico (H<10m) per cui non viene valutata.

Per la località Vignole invece:



Sono soddisfatte le condizioni di inclinazione dei fianchi (>15°), colmo pianeggiante e h>H/3 ma non è soddisfatta la condizione che chiede che l sia minore di 1,5H (l=35 m H=20 m).

Inoltre l'applicazione degli abachi di cresta richiede (vedi figura a inizio paragrafo) che la Vs dei terreni presenti sia superiore a 800 m/s e quindi che la morfologia sia in roccia. In realtà, nel caso esaminato, il profilo si colloca su coltre di terreni sciolti e decompressi, con spessore attorno a 3 m, sopra ad un substrato geologico/sismico che ha valori di velocità attorno a 600 m/s tipici del Biancone o Scaglia.

Per questi motivi si esclude l'applicazione dell'amplificazione per cresta o cucuzzolo.

6.2.3.3 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.

Come già detto in precedenza, si ritiene che, per la fascia zonata a livello 2 corrispondente al ripiano morfologico su cui si colloca la quasi totalità degli insediamenti urbanistici ed edilizi di San Zeno di Montagna, si abbiano condizioni nel complesso riconducibili alla schematizzazione semplificata degli abachi.

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 i territori considerati nel corso del presente studio nessuno dei sondaggi eseguiti ha mostrato profilo costante mentre in alcuni casi si è visto il profilo intermedio ed in altri quello con brusco aumento di velocità. Quindi è stato utilizzato il profilo con gradiente massimo che risulta essere quello più cautelativo (allegato A, DGRV 1572/2013).

Infine, gli abachi forniscono i valori di amplificazione per tre classi di ag: 0,06g, 0,18g, 0,26g. Per il Comune di San Zeno di Montagna sono stati utilizzati gli abachi riferiti al valore di 0,18g.

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 vanno utilizzati approcci conservativi che, nel caso di dati in ingresso non ben classificabili nell'ambito della griglia prevista dagli ICMS, corrispondono al modello che determina un Fa più elevato.

Tale scelta è stata applicata anche nella classificazione litologica, assumendo i parametri relativi alle <u>argille</u> per la conca di Lumini mentre per tutta la fascia da Villanova all'estremità meridionale del territorio comunale è stata scelta la litologia <u>ghiaie</u>. Questo anche per le zone caratterizzate in superficie da materiali colluviali o morenici (ML e GC) assumendo che in profondità si abbia prevalenza della componente granulare oppure si passi al substrato geologico fratturato ed alterato. Anche le zone impostate sui calcari fratturati ed alterati sono state assimilate al profilo delle ghiaie visto che tale assunzione è sorretta anche dai valori di Vs della prima decina di metri di profondità (valori di Vs di 350-500 m/s).

Le stime dei Fa e Fv litostratigrafici sono state ottenute tramite il profilo delle Vs ricavato da indagini 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 $h \ge 3$ 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, soprattutto in un'area di media montagna come quella del territorio di San Zeno di Montagna, le scelte delle tabelle per il calcolo dei fattori di amplificazione sono state fatte con i criteri cautelativi assumendo il profilo massimo di velocità e la litologia prevalente argille oppure ghiaie a seconda del contesto geologico.

In diversi 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 è stata comunque effettuata, come previsto dagli stessi ICMS utilizzando velocità e spessori apparenti e <u>maggiorando il risultato del 10%</u>. 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 e Fv.

Per le misure ReMi:

Collareda 2013		sismo	ostrat	ti		substr	ato						
prova	località	Vs	h	Vs	h	Vs	h	VSH	Н	Vs30	FA	FV	+10%
A1	Villanova	190	2	480	12	850	8	400	12	584	1,50	1,04	
A2	Bertel	350	7			800	8	350	7	615	1,19	1,01	
A3	Pora	160	3	220	12	850	8	210	12	383?	3,15	1,55	
A4	Castello Sud	200	4			800	∞	200	4	582	2,37	1,08	
A5	Municip. scuole	220	8			830	8	220	8	482	3,15	1,55	
A6	San Zeno	210	5			800	8	210	5	563	2,37	1,08	
A7	V Masson basso	180	2	400	9	900	8	350	9	570	1,79	1,07	
A8	DossoCroce sud	180	2	650	28	850	∞	530	28	543	1,55	1,30	
A9	Dordoni	180	1	450	12	950	8	420	12	602	1,50	1,04	
A10	Piani camille	160	2	650	28	1000	8	600	28	530	1,26	1,08	
A11	Lumini di la	180	2	300	12	800	8	290	12	448	2,10	1,09	
A12	ValdaSaccoPrada	200	4	300	7	850	8	250	7	516	1,83	1,03	
A13	ValMasson alto	300	2	350	6	900	8	320	6	670	1,38	1,02	
A14	Camille	150	1	400	16	800	8	380	16	486	1,68	1,09	
A15	Dordoni sud	200	3	320	12	800	∞	300	12	460	2,14	1,09	
A16	Lumini di la	180	4	300	14	750	8	250	14	377	3,30	1,56	SI
A17	Vignole Creta	350	8	650	18	950	8	550	18	590	1,42	1,08	
Prove pregresse PAT													
P65	Creta-Vallona	200	4	320	8	700	∞	300	8		2,35	1,20	SI
P66	Creta-Vallona	250	14			1000	8	250	14		3,27	1,74	
P67	Val Masson	200	4	450	6	950	8	400	6		1,09	1,01	
P68	Val Masson	200	4	550	7	950	∞	450	7		1,05	1,01	

Misure HV 2017:

			sism	ostrat	ti	substrato								
pro	va	località	Vs	h	Vs	h	Vs	h	VS	Н	Vs30	FA	FV	+10%
1	92	Bertel Laguna	190	2	410	21	750	8	400	21	438	2,03	1,28	SI
2	93	Via Creta	290	5			630	∞	290	5	530	1,52	1,12	SI
3	94	Via del carro	135	3	300	34	700	∞	300	34	270	3,26	3,27	SI
4	95	Via del carro S	150	2	350	14	720	∞	330	14	413	2,20	1,25	SI
5	96	Prada via Sengel	230	11			515	∞	230	11	350	2,94	1,29	SI
6	97	Via Giusto A	280	10	550	31	700	∞	390	31	392	2,19	1,61	SI
7	98	Lumini	270	18			700	∞	270	18	359	3,55	2,30	SI
8	99	Via M. Baldo	210	2			435	∞	400	30	415	2,19	1,61	SI
9	100	Perare	240	6			610	∞	240	6	473	2,01	1,13	SI
10	101	Bertel prà d. vall	180	3	380	16	630	∞	350	16	412	2,18	1,94	SI
11	102	Pràbestemà	300	6	500	42	900	∞	400	42	424	1,98	1,76	
12	103	Tortia	280	15			650	∞	280	15	387	2,77	1,34	SI

L'ultima colonna indica le prove con velocità del substrato inferiore a 800 m/s per le quali è stato applicato l'incremento del 10% rispetto al valore di abaco.

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

indagine	località	Fa calcolata	classe	Fv calcolata	classe
A1	Villanova	1,50	1,5-1,6	1,04	1.0
A2	Bertel	1,19	1,1-1,2	1,01	1.0
A3	Pora	3,15	3,1-3,5	1,55	1,5-1,6
A4	Castello Sud	2,37	2,3-2,4	1,08	1.1-1.2
A5	Municip. scuole	3,15	3,1-3,5	1,55	1,5-1,6
A6	San Zeno	2,37	2,3-2,4	1,08	1.1-1.2
A7	V Masson basso	1,79	1,7-1,8	1,07	1.1-1.2
A8	DossoCroce sud	1,55	1,5-1,6	1,30	1,3-1,4
A9	Dordoni	1,50	1,5-1,6	1,04	1.0
A10	Piani camille	1,26	1,3-1,4	1,08	1.1-1.2
A11	Lumini di la	2,10	2,1-2,2	1,09	1.1-1.2
A12	ValdaSaccoPrada	1,83	1.7-1.8	1,03	1.0
A13	ValMasson alto	1,38	1,3-1,4	1,02	1.0
A14	Camille	1,68	1,7-1,8	1,09	1.1-1.2
A15	Dordoni sud	2,14	2,1-2,2	1,09	1,1-1,2
A16	Lumini di la	3,30	3,1-3,5	1,56	1,5-1,6
A17	Vignole Creta	1,42	1,3-1,4	1,08	1,1-1,2
P65	Creta-Vallona	2,35	2,3-2,4	1,20	1,1-1,2
P66	Creta-Vallona	3,27	3,1-3,5	1,74	1,7-1,8
P67	Val Masson	1,09	1,1-1,2	1,01	1.0
P68	Val Masson	1,05	1,1-1,2	1,01	1.0
92	Bertel Laguna	2,03	1,9-2,0	1,28	1,3-1,4
93	Via Creta	1,52	1,5-1,6	1,12	1.1-1.2
94	Via del carro	3,26	3,1-3,5	3,27	3,1-3,5
95	Via del carro S	2,20	2,1-2,2	1,25	1,3-1,4
96	Prada via Sengel	2,94	2,5-3,0	1,29	1,3-1,4
97	Via Giusto A	2,19	2,1-2,2	1,61	1,5-1,6
98	Lumini	3,55	3,1-3,5	2,30	2,3-2,4
99	Via M. Baldo	2,19	2,1-2,2	1,61	1,5-1,6
100	Perare	2,01	1,9-2,0	1,13	1,1-1,2
101	Bertel prà d. vall	2,18	2,1-2,2	1,94	1,9-2,0
102	Pràbestemà	1,98	1,9-2,0	1,76	1,7-1,8
103	Tortia	2,77	2,5-3,0	1,34	1,3-1,4

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.

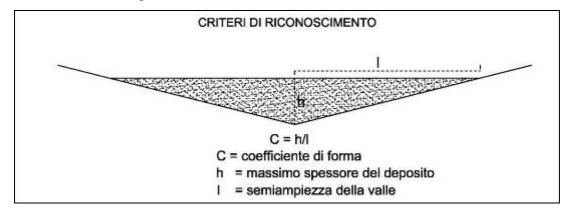
La carta MS è stata divisa in due tavole con riferimento a Fa e Fv, rispettivamente. Questo perché, per alcuni siti, gli esiti di amplificazione per i due intervalli di frequenza risultavano nettamente divergenti. Per ciascuna tavola sono riportate le classi dei valori di Fa e Fv e in corrispondenza 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 Fy di tale microzona.

6.2.3.4 Zona di fondovalle

Le zone di fondovalle possono dare origine ad amplificazioni anche significative del moto sismico; per tale motivo devono essere analizzate nei casi in cui la conformazione della valli stesse rientri in specifici parametri fissati dagli Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica. In particolare occorre innanzitutto classificare la morfologia della valle in stretta o larga sulla base di un Coefficiente di forma C (C = h/1) in cui h è lo spessore della coltre alluvionale ed l la semiampiezza della valle riferita alla parte occupata da depositi sciolti:

- valle stretta C > 0.25
- valle larga C < 0.25



Nel caso di valle stretta la valutazione degli effetti morfologici viene demandata al livello 3 attraverso ad una analisi bidimensionale 2D.

Se abbiamo invece valle larga gli effetti di amplificazione si possono configurare come litostratigrafici.

Nel caso di San Zeno di Montagna la sola valle che richiede questa valutazione è quella di Lumini per la quale la verifica è già stata eseguita per il livello 1 ottenendo C< 0,25 quindi condizione di valle larga.

Secondo l'allegato A) della DGR 21572/2013 deve inoltre essere verificato il rapporto tra il Coefficiente di Forma C ed il coefficiente Cv che rappresenta il rapporto tra la velocità Vs del substrato e quella dei terreni di copertura.

La formula che deve essere verificata è la seguente:

$$C > \frac{0.65}{\sqrt{Cv - 1}}$$

Dove:

C = h/l

Cv = Vs sub / Vs cop

Nel caso in cui la condizione espressa dalla formula sia verificata bisogna in ogni caso portare l'analisi al livello 3 di approfondimento.

Passando poi al rapporto tra il Coefficiente di Forma C ed il coefficiente Cv, riferito a due diversi punti della conca di Lumini, abbiamo:

Località	1 =	h	Coeff.	Vs	Vs	0,65/	Condizio	Livello
	L/2		C	copert	substrat	$\sqrt{(Cv-1)}$	ne	3
				ura	o		rispettata	
Lumini	150 m	20 m	0,13	250	800	0,65/1,48= 0,43	NO	NO
di la								
Lumini	250 m	14 m	0,06	300	800	0,65/1,29=0,50	NO	NO

Dall'esame della tabella si evidenzia innanzitutto che le sezioni analizzate si possono riferire alla tipologia di valle larga e che la formula precedente non è mai soddisfatta.

D'altra parte la verifica di livello 3 era già stata fatta dal dott. Collareda arrivando ad una attribuzione a cavallo tra la categoria di sottosuolo C ed E ai sensi del D.M. 14/01/2008, come desumibile dal modello sismostratigrafico della microzona omogenea.

6.2.3.5 Instabilità di versante

La DGR 1572/2013 all. A prevede che la valutazione degli effetti di instabilità di versante di livello 2 dovrà essere effettuata nelle aree P1c (aree potenzialmente in frana) che interessano aree di trasformazione urbanistica e/o abitati esistenti. Per le aree P1a (frane attive) e P1b

(frane quiescenti) che interessano abitati esistenti e/o infrastrutture a rete si procederà con il terzo livello di approfondimento.

Nella carta delle MOPS del livello 1 sono indicate due aree come "Zona di attenzione per instabilità di versante non attiva" riprese dalla documentazione geologica del PAT e riportate in cartografia come frane non attive. Esse non vengono prese in considerazione in questo livello di studio in quanto non interessano in maniera diretta ambiti urbanizzati.

Va aggiunto che entrambe le zone sono dichiarate "non idonee" nella carta delle fragilità del PAT e pertanto l'edificazione risulta inibita. Nei casi in cui tali aree dovessero essere interessate da previsioni urbanistiche si dovrà procedere con l'analisi di livello 3.

6.2.3.5.1 Frane in pendii nell'ambito delle terre

La valutazione e la classificazione delle aree potenzialmente in frana, nell'ambito della MS di livello 2, avviene tramite la stima di un parametro definito come "massimi spostamenti attesi" in caso di sisma, che può fornire una classificazione sulla pericolosità delle varie aree interessate. Va sottolineato che tale parametro non è uno spostamento reale ma piuttosto un indicatore di pericolo.

Tale valutazione possiede un mero valore relativo permettendo il confronto tra aree diverse ma deve essere considerato solo come indagine territoriale e non come valutazione di sito come peraltro specificato anche nell'allegato A) alla DGR 1572/2013 che recita: "Si precisa che i risultati ottenuti con tali metodi hanno solo valore comparativo e non possono essere esportati a scala del manufatto".

Per il caso in esame, tra i vari indicati nell'allegato citato e negli ICMS, si è utilizzato il metodo illustrato da Romeo R.W. (Seismically induced landslide displacement: a predictive model. Engineering geology, 58, 337-351 – [2000]) che è sembrato il più adatto all'ambito territoriale di San Zeno di Montagna, sia come estensione sia per tipologia di dati disponibili.

Tra le varie espressioni previste dallo studio di Romeo per determinare lo spostamento in caso di sisma è stata scelta quella indicata nella pubblicazione Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica ICMS e che in forma matematica viene espressa come segue:

$$log_{10}D(cm) = -1,281 + 0,648M - 0,934log_{10}\sqrt{RE^2 + 3,5^2} - 3,699K + 0,225S \pm 0,418$$

In cui:

M = Magnitudo attesa

RE = Distanza in chilometri dall'epicentro

K = Coefficiente che dipende dall'accelerazione di picco, dall'angolo della superficie di frana e dal fattore di sicurezza

S = Coefficiente che varia tra 0 e 1 in base alle Vs dei terreni (1=terreno soffice, 0 = terreno duro).

Per la Magnitudo attesa M è stata utilizzato il valore di 6,60, previsto per la SZ906;

La distanza dall'epicentro del terremoto RE è stata ricavata a partire dai dati del sito http://esse1-gis.mi.ingv.it/, disaggregando il nodo di griglia più vicino a San Zeno di Montagna, come già riportato al precedente paragrafo 2.5.2.

Si è quindi assunta una distanza di 9,84 km.

Il coefficiente K si ricava dalla seguente espressione (indicata anche nella pubblicazione Indirizzi e criteri per la MS II - Linee guida, a pagina 99):

$$K = kc \frac{g}{a_{max}}$$

Dove:

kc = coefficiente sismico critico (kc = ac/g)

g = accelerazione di gravità

a max = accelerazione di picco in caso di sisma assunta pari a 0.163g (circa 1.60 m/s²)

Infine l'accelerazione critica a_c si ricava dalla seguente formula:

$$a_c = (FS - 1)g \ sen \propto$$

dove:

FS = Fattore di sicurezza

g = Accelerazione di gravità

 α = Angolo di inclinazione della superficie di scorrimento

Per il calcolo dell'angolo della superficie di scorrimento α , con una modesta approssimazione, si è ritenuto di equiparare questa inclinazione con l'inclinazione del pendio, dato più facilmente generabile in uno studio a livello territoriale.

Ipotizzando quindi una superficie di scorrimento piana e corrispondente all'inclinazione del pendio, quest'ultima è stata calcolata tramite GIS partendo dal modello tridimensionale del terreno fornito dalla Regione Veneto con maglia di 5 m, DTM 5m, suddividendo in classi di angoli diversi l'inclinazione del pendio con assegnazione di un codice di riferimento.

In considerazione dell'ampiezza del territorio indagato, ed in mancanza di dati specifici che permettessero di valutare il FS per ogni singola situazione si è stimato il suo valore in riferimento all'angolo del pendio. Poiché il Fattore di sicurezza diminuisce con l'aumentare della pendenza è stata utilizzata una relazione di confronto tra FS e spostamento atteso e tramite processi interattivi è stato individuato un valore di FS per ogni classe di pendenza, in modo tale che la distanza di spostamento apparente variasse in modo lineare al solo variare di FS e dell'angolo del pendio (mantenendo costanti cioè tutti gli altri parametri). Le classi relative all'angolo del Pendio e del Fattore di sicurezza sono in pratica coincidenti come rappresentato nella tabella seguente.

Classe pendenza	Angoli pendio α	Valore FS
1	0°-5°	3,0
2	5°-10°	1,8
3	10°-15°	1,5
4	15°-20°	1,3
5	20°-25°	1,2
6	25°-30°	1,12
7	30°-35	1,05
8	>35°	1,01

Infine il coefficiente S il quale varia in base alla Vs; per la valutazione è stata utilizzata la carta geologico tecnica del Livello 1, assegnando alle diverse litologie un valore che considerasse le condizioni e le caratteristiche dei terreni interessati. Il coefficiente varia da 0 a 1 in base alle Vs del terreno (1=terreno soffice; 0=terreno rigido). Alle aree in frana, riprese dalla carta MOPS, è assegnato il valore 0,9, anche se sono dichiarate inattive.

Sigla	terreno	Coefficiente S
GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e limo	0,6
ML	Limi inorganici, sabbie fini, limose e argillose	0,7
CL	Argille inorganiche, argille ghiaiose o limose	0,7
LPS	Substrato lapideo stratificato	0,2
NRS	Sustrato geologico non rigido, stratificato	0,3
frana	Frana inattiva	0,9

Come accennato precedentemente per il calcolo dello spostamento apparente è stata utilizzata la formula semplificata già riportata in precedenza (adottando per l'ultimo termine il valore

positivo +0,418) e tramite applicazioni GIS si è arrivati alla redazione della carta dello spostamento apparente D suddividendo in classi i valori stimati secondo la seguente tabella:

Classi	Valore
spostamento	spostamento
apparente	apparente (cm)
1	0-1
2	1-2
3	2-4
4	4-6
5	6-8
6	8-10
7	10-20
8	20-50
9	50-100
10	>100

Dall'esame della tabella si desume che le prime classi, a minor spostamento e quindi a minore rischio frana, rappresentano le zone subpianeggianti mentre le ultime classi possono effettivamente indicare un significativo rischio di movimenti gravitativi in caso di sisma.

Sono quindi state plottate solo le ultime quattro classi, con spostamento apparente maggiore di 10 cm. La classificazione in cartografia MS risulta quindi le classi con gli intervalli dei valori di spostamento determinati dal modello: 10-20, 20-50, 50-100 e maggiore di 100. Essi sono riportati con la simbologia grafica delle aree instabili di tipo FRT prevista dall'Allegato A della DGRV 1572/2013.

Si nota come molte zone del territorio siano effettivamente interessate da questo indice di instabilità potenziale che, in molti casi, va a sovrapporsi a edifici esistenti o a scarpate stradali. È questo un difetto insito nella metodologia di calcolo che non discrimina tra pendii naturali e cambi di pendenza di rigine antropica i quali spesso sono sostenuti da apposite opere di contenimento.

Vale poi la pena di ricordare che lo scuotimento sismico può essere un fattore scatenante dell'instabilità ma che esso ha comunque una probabilità di accadimento molto inferiore rispetto ad altre cause scatenanti, prima fra tutte la saturazione del terreno a seguito di precipitazioni particolarmente intense.

Pur rappresentando un valido aiuto alla comprensione del comportamento sismico del territorio comunale si giudica quindi che l'analisi qui effettuata possa essere ritenuta

maggiormente significativa o per ambiti più ristretti all'interno dei quali sia possibile assegnare i valori dei parametri di ingresso in modo puntuale e specifico, oppure su areali più ampi dove le analisi di tipo statistico-probabilistico appaiono maggiormente valide.

6.2.3.5.2 Frane in roccia

Per la valutazione della pericolosità delle frane in roccia l'Allegato A alla DGR 1572/2013 e gli ICMS prevedono l'utilizzo di un metodo semplificato applicato al profilo topografico della parete rocciosa: esso prevede in via preliminare la classificazione della suscettibilità di frana sismo indotta in base all'indice di qualità dell'ammasso roccioso e poi considera l'utilizzo di due distinte modalità di calcolo per valutare le possibili traiettorie di caduta. In base all'altezza relativa della base della parete rocciosa ed al ciglio della stessa si applica il metodo del cono d'ombra oppure il metodo dell'angolo equivalente.

Per poter completare le valutazioni, è stato quindi effettuato un sopralluogo mirato entro l'area interessata dalla microzonazione di livello 2, su tutte le pareti rocciose che potrebbero coinvolgere le aree urbanizzate, volto a definire la morfologia locale e l'altezza delle pareti stesse, non altrimenti determinabili con la sola valutazione derivata dall'osservazione della Carta Tecnica Regionale.

Il sopralluogo e l'analisi non hanno però portato ad identificare alcuna parete "significativa" incombente su ambiti di interesse urbanistico. Anche dove sono indicate, nella CGT, delle scarpate su litotipi rocciosi, la ricognizione ha mostrato solo limitati e discontinui affioramenti di roccia con altezze che arrivano a 5-6 m al massimo e comunque mai con la morfologia da "falesia" che giustifichi l'applicazione di una valutazione di suscettibilità di frana sismoindotta. Le sole pareti osservate sono in genere scarpate di scavo stradale o per realizzazione di fabbricati, con altezze inferiori a 6-7 m. La stabilità di altre pareti dovrà essere eventualmente valutata in sede successiva (livello 3) effettuando singole indagini geomeccaniche per ogni parete e/o porzione di parete che interessasse aree di trasformazione urbanistica e/o abitati esistenti.

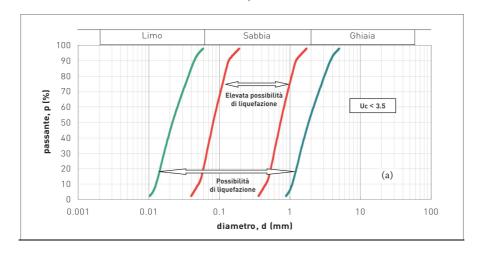
6.2.3.6 Liquefazione

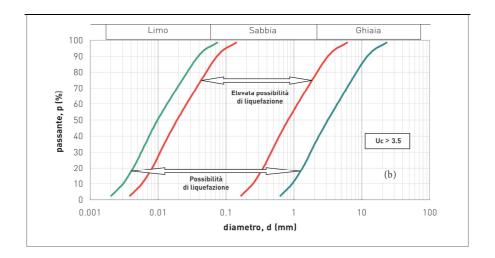
Il fenomeno della liquefazione dei terreni si può verificare in concomitanza con eventi sismici e condizioni litostratigrafiche specifiche e consiste nel quasi totale annullamento della resistenza a taglio del terreno con comportamento assimilabile ad un fluido.

In caso di sisma vengono prodotti nel terreno una serie di cicli di sforzo tali da far eguagliare la pressione interstiziale alla pressione di confinamento e annullando in pratica la resistenza al taglio. Poiché la pressione di confinamento si incrementa con la profondità, l'effetto di liquefazione, per la tipologia di terremoti caratteristici dell'area in esame, si ritiene non possa manifestarsi ad una profondità maggiore di quindici metri da piano campagna.

La verifica al fenomeno della liquefazione dei terreni saturi in caso di sisma può essere esclusa quando si verifichino almeno uno delle seguenti circostanze (da Allegato A DGRV 1572/13, a sua volta ripresa dal D.M. 14/01/2008):

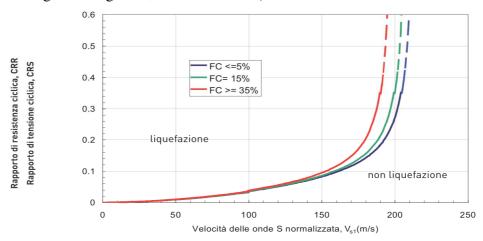
- 1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- 2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- 3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura seguente (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 ed in Figura seguente (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5."





Nel caso di San Zeno di Montagna la possibile suscettibilità dei depositi sciolti al fenomeno della liquefazione era già stato escluso dal dott. Collareda nell'ambito dello studio di Livello 1 in quanto, a causa della natura dei terreni molto permeabili e solubili, la circolazione idrica sotterranea è molto profonda e assume le caratteristiche di una circolazione carsica.

Inoltre la Vs risulta, già a partire dai 3 m di profondità, superiore a 220 m/s, valore considerato discriminante per il potenziale di liquefacibilità dei terreni sciolti come evidenziato dal grafico seguente, tratto da ICMS (FC = contenuto frazione fine coesiva).



Un'eventuale verifica di questi aspetti, attraverso l'acquisizione di specifici parametri geotecnici in merito alla valutazione del grado di addensamento dei depositi, viene rimandata alle successive fasi progettuali dei singoli interventi edilizi, come previsto dal D.M. 14/01/2008.

6.2.3.7 Densificazione terreni insaturi

Riprendendo dall'allegato A della DGR 1572/2013, la compressione volumetrica dei terreni granulari non saturi in condizioni sismiche deve essere valutata sulla base di prove in sito e in

laboratorio, esplorando un numero di verticali adeguato all'estensione dell'area di indagine e sufficiente ad accertare la variabilità spaziale delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del deposito. Dovrà anche essere determinata con appropriate rilevazioni l'entità delle fluttuazioni dei livelli di falda e nelle analisi dovrà considerarsi la condizione meno cautelativa.

L'entità dei cedimenti per densificazione deve essere valutata in ognuna delle verticali esplorate, tenendo conto dell'amplificazione locale della risposta sismica.

Al fine di stimare il profilo dell' a_{max} con la profondità z dovranno essere effettuate prove dinamiche in sito per la misura di Vs (del tipo DH o CH o SCPT o SDMT) e in laboratorio per la determinazione della curva di variazione del modulo di taglio G e del rapporto di smorzamento D con la deformazione di taglio γ .

Nel caso di San Zeno di Montagna nessuna delle indagini disponibili ha caratteristiche adatte a compiere tali valutazioni. D'altra parte, la eterometria dei materiali e l'*aging* dei depositi presenti porta, verosimilmente, ad escludere il rischio di densificazione.

6.2.3.8 Comportamenti differenziali

Ancora riprendendo dall'allegato A della DGR 1572/2013: nell'analisi di livello 2 dovranno essere valutate le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (P5a) che possono produrre effetti differenziali, sia di amplificazione che di cedimento.

6.2.3.8.1 Contatto stratigrafico o tettonico

Per la valutazione dei comportamenti differenziali, legati alla presenza di zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse, deve essere valutata sulla base di prove in sito e in laboratorio, esplorando un numero di verticali adeguato all'estensione dell'area di indagine e sufficiente ad accertare la variabilità spaziale delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del deposito.

In considerazione del fatto che questa fattispecie (contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse) non sembra interessare in maniera diretta aree di interesse urbanistico, questa valutazione viene omessa.

Un'eventuale verifica di questi aspetti, attraverso l'acquisizione di specifici parametri stratigrafici e geotecnici, viene rimandata alle successive fasi progettuali dei singoli interventi edilizi, come previsto dal D.M. 14/01/2008.

6.2.3.8.2 Cavità sotterranee o sinkhole

La natura litologica del territorio comunale di San Zeno di Montagna con la presenza di formazioni calcaree, ha dato origine a estesi fenomeni carsici rappresentati in superficie principalmente da doline ed uvale e, in sotterraneo, da varie cavità in genere di limitate dimensioni nel senso delle sezioni ma in alcuni casi con sviluppi orizzontali e verticali anche di decine di metri. A questo proposito si cita, solo a titolo di esempio, il "bus de Sperane" che è stato rilevato per oltre 100 m di sviluppo orizzontale e 37 m in verticale.

La maggior parte dei fenomeni riguardano il versante del m. Baldo al di sopra del ripiano morfologico su cui si collocano le principali contrade del comune e, per tale fascia di territorio, non risultano evidenti doline o inghiottitoi e non se ne trova traccia neppure nella documentazione geologica del PAT. Lo stesso vale per la carta MOPS del livello 1. In altre parole il fenomeno carsico si manifesta prevalentemente come forme di superficie a scala metrica (campi carreggiati, blocchi isolati, città di roccia) oppure come fratture centimetriche o decimetri che beanti ma riempite da frammenti di calcare da crioclastismo variamente impastate con argille residuali.

Per la zona di Prà Bestemà e di Lumini ci sono delle doline ben evidenti. Nella carta MS sono state riportate come ZAcd le doline e le aree carsiche che già erano individuate (e penalizzate) nella cartografia del PAT per Prà Bestemà. Per Lumini invece, in considerazione della elevata profondità del substrato e del fatto che il carsismo è riconducibile a varie fasi precedenti l'ultima glaciazione come si ricava dallo studio degli orizzonti di paleosuolo policiclico (Magaldi e Sauro 1982) si è scelto , come già fatto da Collareda per il Livello 1, di non indicare condizioni di pericolosità da cedimento differenziale per la conca di Lumini.

Per Prà Bestemà livello di studio è stato approfondito con le seguenti modalità:

 esame, con apposito software, delle immagini CGR del 1989, 1998-99, 2003 e 2007 nonché DigitalGlobe 2011, TerraItaly 2012 e GoogleEarth 2015. Consultazione, presso la fototeca regionale allo IUAV, dei fotogrammi aerei dei voli IGM 1960 e 1967.

- Studio delle immagini fotografiche storiche reperibili in rete.
- Rilievo geologico sul terreno;
- Esame delle indagini geologiche/geognostiche reperite presso gli uffici comunali unitamente alle indagini eseguite per la MS di livello 1 e 2.

Il lavoro eseguito ha consentito di mappare, con sufficiente dettaglio, gli ambiti di dolina che ricadono all'intero della contrada di Prà Bestemà. Il bordo delle doline è ben evidente per la presenza di affioramenti in roccia al contorno delle stesse. Quindi l'eventuale edificazione al limite di tali lotti dovrà tener conto di questo. In ogni caso il sedime del fabbricato dovrà stare al di fuori dell'ambito di dolina indicato.

Passando ad una considerazione generale, valida anche per l'edificazione diffusa del resto del territorio potenzialmente interessato da fenomeni carsici: la verifica della presenza di cavità carsiche in sotterraneo è una valutazione geologica e geofisica di complessa risoluzione, che richiede indagini geognostiche e geofisiche specifiche e spesso costose (sondaggi, stese sismiche, tomografia elettrica, ecc.), le quali, a nostro parere, devono essere finalizzate ad aree specifiche e puntuali da affrontare in sede locale soprattutto nel caso di nuove costruzioni ma anche ampliamento di strutture esistenti. Potrà essere così definita la compatibilità del singolo intervento con le condizioni litostratigrafiche locali, vincolando le singole possibilità edificatorie alle condizioni sito-specifiche.

Per questa tematica si demanda quindi ad una fase progettuale successiva, che preveda obbligatoriamente delle indagini mirate, innanzitutto, alla verifica dell'esistenza di cavità carsiche poste al di sotto dell'area di intervento.

7 PROPOSTA DI NORMA TECNICA

Ad integrazione delle Norme Tecniche del PAT (art. 11) ed alle NTA del PI, si ritiene di proporre l'applicazione delle seguenti prescrizioni e raccomandazioni, valide ovviamente per gli aspetti sismici.

Dal punto di vista del rischio sismico, tutto il territorio comunale è classificato sismico di seconda categoria con inserimento in zona 2 a seguito della Deliberazione n. 67 del 03.12.2003 del Consiglio Regionale Veneto.

In alternativa ai parametri di amplificazione sismica standard proposti dal DM 14/01/2008, per le porzioni di territorio zonate a livello 2 potranno essere utilizzati i valori di Fa e Fv riportati nella carta di Microzonazione Sismica.

Per le zone non zonate eventuali interventi potranno fare riferimento ai parametri di amplificazione sismica standard proposti dal DM 14/01/2008 oppure potranno prevedere l'acquisizione dei parametri sismici di sito con apposite indagini geognostiche/geofisiche e, da queste, la determinazione dei parametri locali di amplificazione; questa seconda modalità è raccomandata per gli interventi edilizio-urbanistici di particolare complessità e rilievo. Si ricorda che l'amplificazione stratigrafica (Fa e/o Fv) va moltiplicata per una eventuale amplificazione morfologica St come previsto dal DM 14/01/2008.

In presenza o in prossimità di depressioni carsiche e doline è necessario definire, attraverso opportune indagini geognostiche/geofisiche, la compatibilità tra l'intervento proposto e la zona di rispetto oppure la zona suscettibile di cedimenti differenziali per un adeguato intorno del sito.

8 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 2013 dal dott. Collareda, 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*.

Sono state individuate quattro 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; inoltre sono state indicate delle aree potenzialmente interessate da fenomeni locali di instabilità di versante e per presenza di forme di superficie e sepolte.

Con il livello 2 sono state implementate le indagini geofisiche HVSR 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 morfologico e litostratigrafico.

Da queste valutazioni è scaturita una carta della Microzonazione Sismica, frazionata nelle componenti Fa e 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.

Il 3° livello era stato applicato già dal dott. Collareda nella Microzonazione Sismica di livello 1 su due sezioni di territorio: gli esiti non risultano significativamente diversi da quanto ricavato con il presente studio.

Un'eventuale verifica con approfondimenti di livello 3, attraverso l'acquisizione di specifici parametri geotecnici/geofisici, viene rimandata alle successive fasi progettuali dei singoli interventi urbanistico/edilizi, 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 di fondovalle, piuttosto che le condizioni di stabilità di frane attive e quiescenti oppure anche solo potenziali, come previsto dal D.M. 14/01/2008.

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

Pieve di Soligo, 28 dicembre 2017

Dott. Geol. Gino Lucchetta

Ordine Geologi del Veneto n. 242

9 BIBLIOGRAFIA

AA.VV. Seismogenetic sources potentially responsible for earthquakes with $M \ge 6$ 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.

Albarello D., Castellaro S. 2011 - Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento aingegneria Sismica, anno XXVIII, n. 2, Patron editore.

Albertini G. 1994 Quattro itinerari naturalistici nel Veronese occidentale (e zone limitrofe) - Cassa di Risparmio di Verona Vicenza Belluno e Ancona-Museo Civico di Storia Naturale

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/.

Galadini, F., Poli, M. E., Zanferrari, A., 2005. Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with $M \ge 6$ 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.

Galadini F., Galli P., Cittadini A., Giaccio B. (2001c "Late Quaternary fault movements in the Mt. Baldo - Lessini mts. sector of the Southalpine Area (Northern Italy)". Netherlands Journal of Geosciences/Geologie en mijnbouw, 80, 3-4, pagg. 187 - 208.

Magaldi D. & Sauro U. 1982. Landforms and soil evolution in some karstic areas of the Lessini Mountains and Monte Baldo (Verona, Northern Italy), Pages 82-101.

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.

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

M.E. Poli , P. Burrato, F. Galadini e A. Zanferrari. Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in north-eastern Italy. In Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata Vol. 49, n. 3-4, pp. 301-313; September-December 2008

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 blibliografici 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.

10 ALLEGATI

Gli allegati alla Relazione Illustrativa sono così suddivisi:

- ➤ Allegato "schede indagini PAT" contiene le indagini ReMi pregresse estratte dalla documentazione del P.A.T..
- ➤ Allegato "Schede indagini Livello 1": contiene le indagini ReMi realizzate del livello 1.
- > Allegato "Schede indagini HV Livello 2": contiene le indagini realizzate per il livello 2.
- ➤ Allegato "tavola pendenze": contiene le classi di pendenza impiegate per le valutazioni descritte in relazione.



Comune di San Zeno di Montagna



Provincia di Verona

P.A.T.

Elaborato

REL GEOL





Scala

RELAZIONE GEOLOGICA AL PAT

MATRICE SUOLO E SOTTOSUOLO



REGIONE DEL VENETO

DIREZIONE URBANISTICA

PROVINCIA DI Verona

SERVIZIO URBANISTICA

COMUNE DI San Zeno di Montagna

Il Sindaco

GRUPPO DI LAVORO:

STUDIO ARCH. MANTOVANI

Arch. Daniel Mantovani Progettista

Dott.ssa Katia Brunelli

Quadro conoscitivo

informatico

coordinamento

Arch. Andrea Mantovani Valutazione Ambientale Strategica

STUDIO MASTELLA

Dott. geol. Cristiano Mastella

Analisi agronomiche, ambientali, geologiche,

compatibilità idraulica

Dott. Elia Migliorini

Collaborazione per analisi geologiche

Dott.ssa Elena Cama

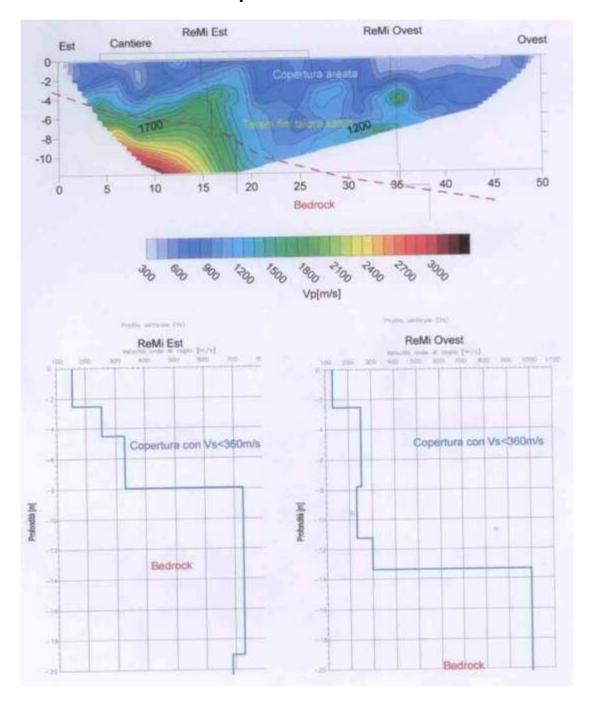
Elaborazioni cartografiche



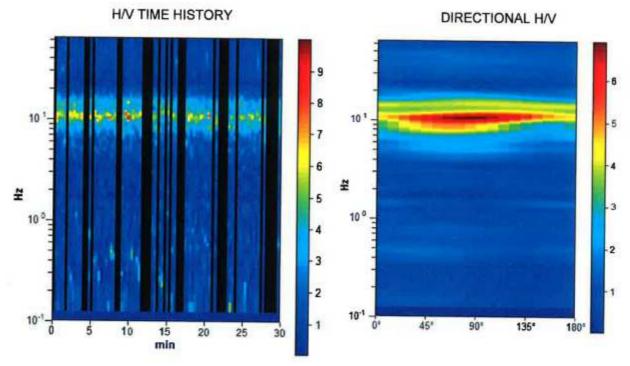
Giugno 2012



Prospezione sismica n°7







Max. H/V at 10.63 ± 0.03 Hz. (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

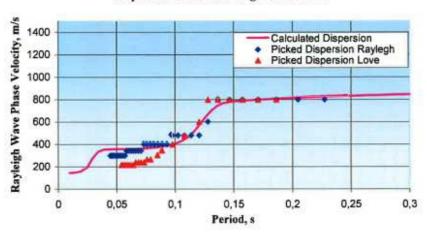
	r a reliable HVSR curve 3 should be fulfilled]	
f ₀ > 10 / L _w	10.63 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	12962.5 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 511 times	ОК
Criteria f	or a clear HVSR peak	
[At least 5	or a clear HVSR peak out of 6 should be fulfilled]	
[At least 5 Exists f in [f ₀ /4, f ₀] A _{HO} (f) < A ₀ / 2		ок
[At least 5] Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	out of 6 should be fulfilled]	OK OK
[At least 5 Exists f in [f ₀ /4, f ₀] A _{HO} (f) < A ₀ / 2	out of 6 should be fulfilled] 7.188 Hz	
[At least 5] Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	out of 6 should be fulfilled] 7.188 Hz 16.25 Hz	OK
[At least 5] Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	7.188 Hz 16.25 Hz 5.60 > 2	OK OK

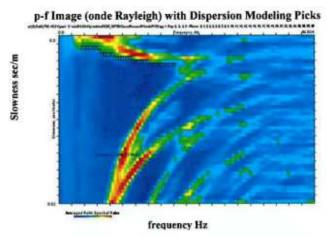


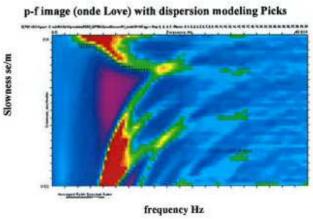
Prospezione sismica nº22

San Zeno - Località Masson Re.Mi. 1

Dispersion Curve Showing Picks and Fit



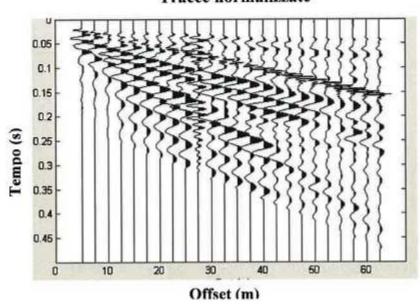




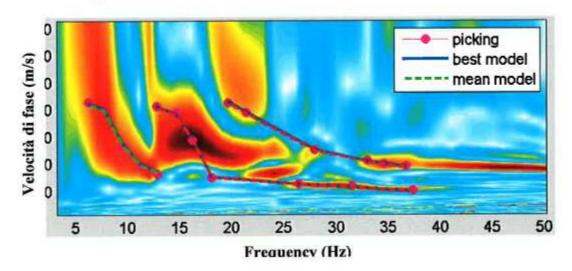


San Zeno - Località Masson Masw 1

Tracce normalizzate

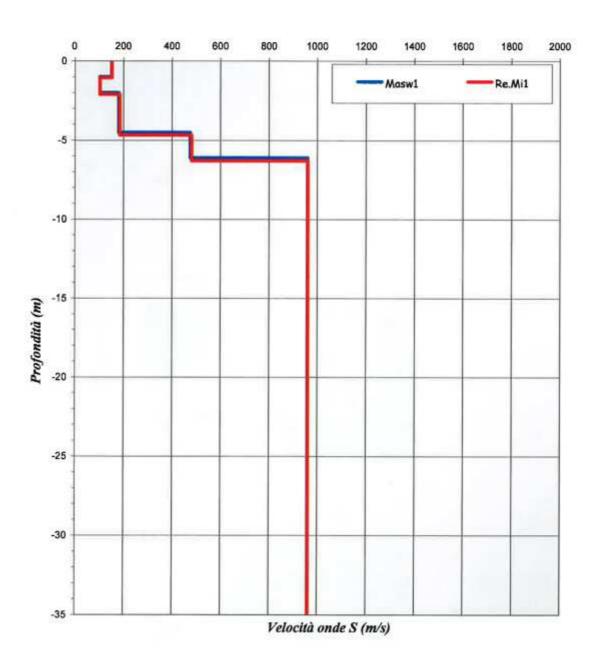


Spettro di velocità (onde Rayleigh) e curve di dispersione





San Zeno - Località Masson Masw 1 - Re.Mi. 1

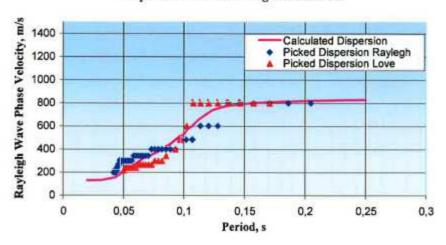




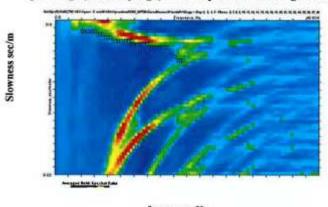
Prospezione sismica nº23

San Zeno - Località Masson Re.Mi. 2

Dispersion Curve Showing Picks and Fit

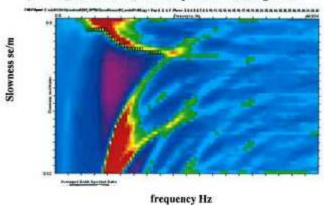


p-f Image (onde Rayleigh) with Dispersion Modeling Picks



frequency Hz

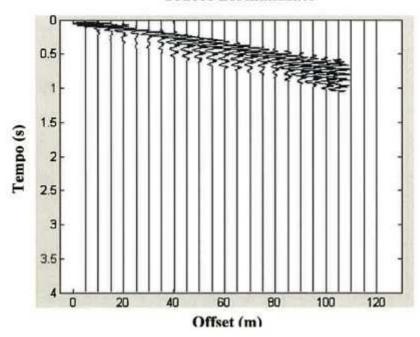
p-f image (onde Love) with dispersion modeling Picks



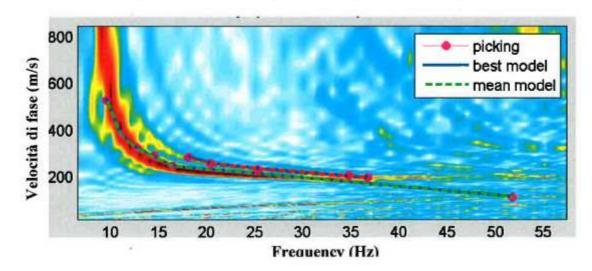


San Zeno - Località Masson Masw 2

Tracce normalizzate

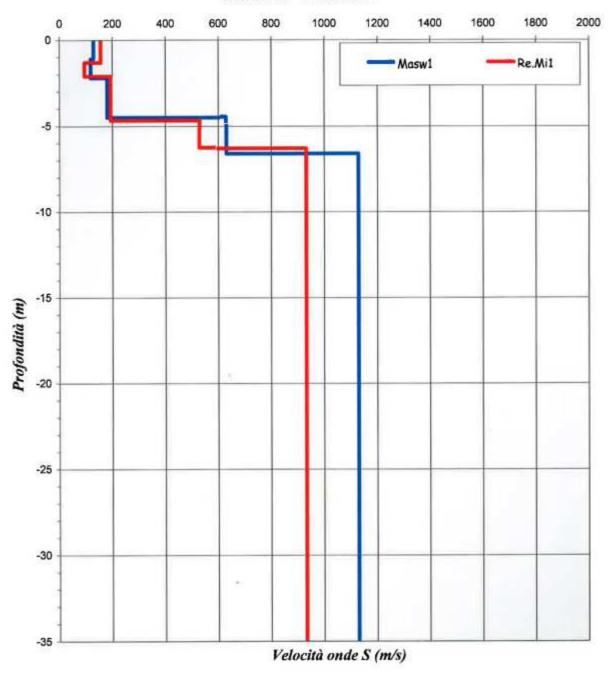


Spettro di velocità (onde Love) e curve di dispersione





San Zeno - Località Masson Masw 2 - Re.Mi. 2









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

MICROZONAZIONE SISMICA

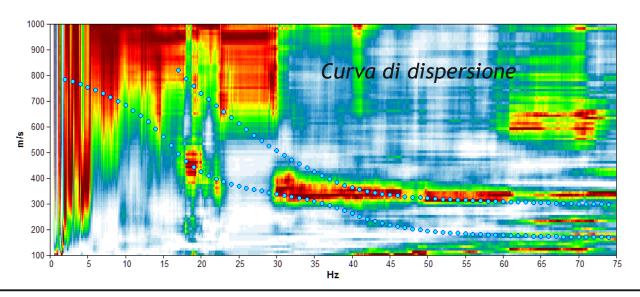
Schede delle indagini

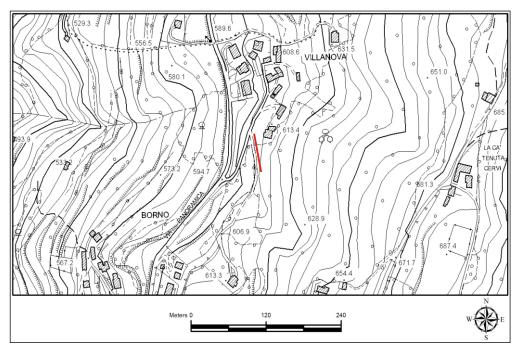
Regione Veneto Comune di San Zeno di Montagna

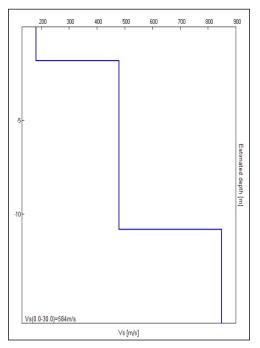


Regione	Soggetto realizzatore	Data
REGIONE VENETO	COMUNE DI S. ZENO DI MONTAGNA	Maggio 2013
Segreteria Regionale per	Gruppo di progettazione:	
l'Ambiente	Dott. Geol. Matteo COLLAREDA	
	Dott. Geol. Alessandro REBONATO	
	Dott. Geol. Luca BERSANI	

Misura in array di tipo Re.Mi.		
Progressivo	A1	
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5057055	
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1635825	
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5057010	
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1635830	
Quota p.c. s.l.m.	663,4 m	
Valore medio Vs,30 dal p.c.	584 m/s	
Anno di misura	2013	









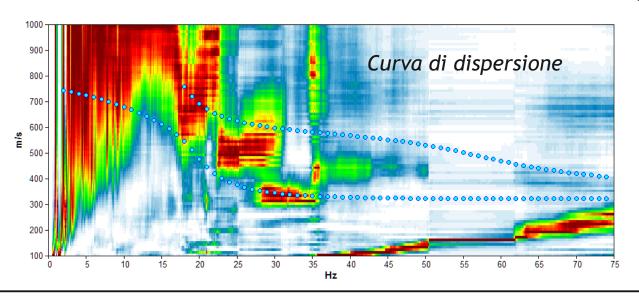
Estratto da C.T.R.

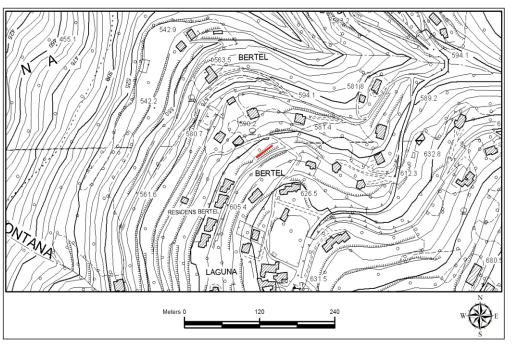
Profilo Vs

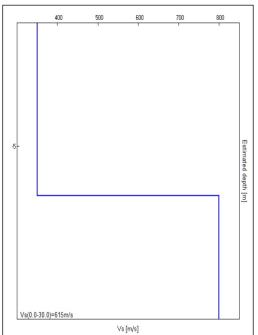
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.	
Progressivo	A2
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5056548
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1635486
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5056518
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1635452
Quota p.c. s.l.m.	608,7 m
Valore medio Vs,30 dal p.c.	615 m/s
Anno di misura	2013









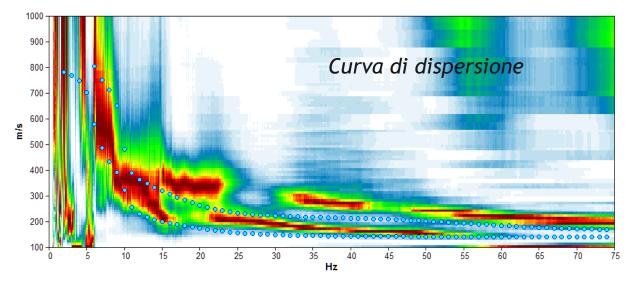
Estratto da C.T.R.

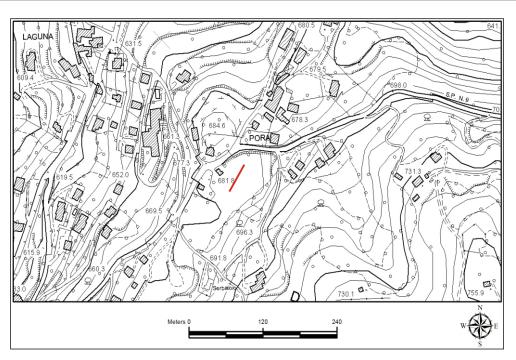
Profilo Vs

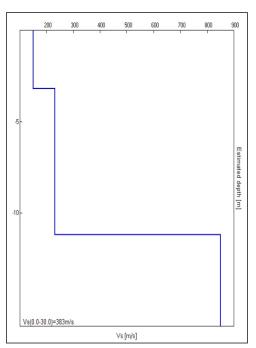
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.		
Progressivo	A3	
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5056154	
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1635750	
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5056113	
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1635732	
Quota p.c. s.l.m.	683,9 m	
Valore medio Vs,30 dal p.c.	383 m/s	
Anno di misura	2013	









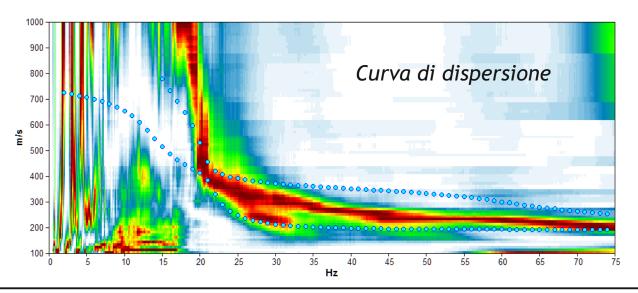
Estratto da C.T.R.

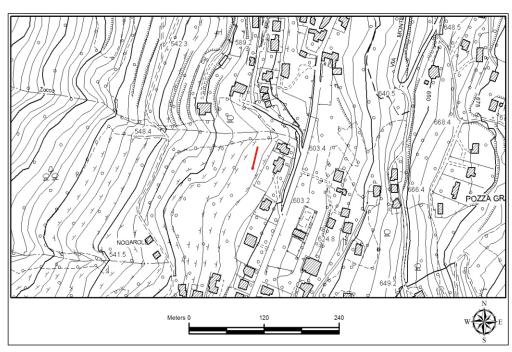
Profilo Vs

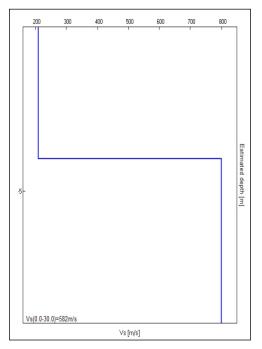
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.	
Progressivo	A4
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5055691
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1635123
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5055648
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1635109
Quota p.c. s.l.m.	592,3 m
Valore medio Vs,30 dal p.c.	582 m/s
Anno di misura	2013









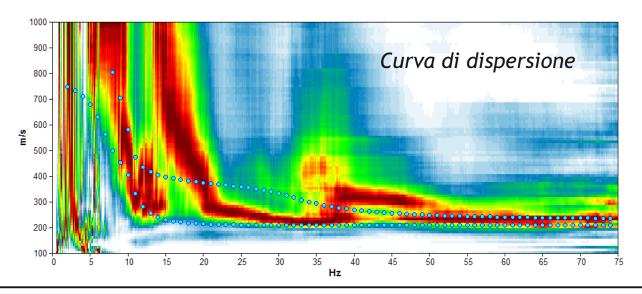
Estratto da C.T.R.

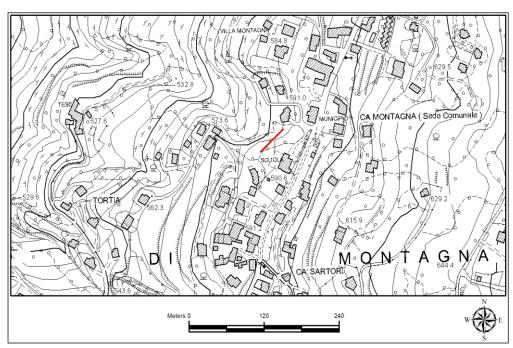
Profilo Vs

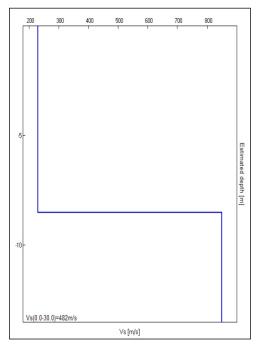
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.	
Progressivo	A5
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5055274
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1634986
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5055245
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1634952
Quota p.c. s.l.m.	596,1 m
Valore medio Vs,30 dal p.c.	482 m/s
Anno di misura	2013









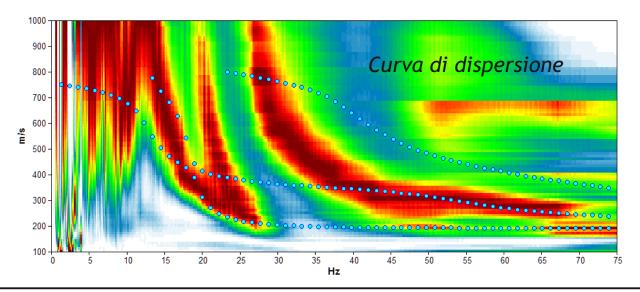
Estratto da C.T.R.

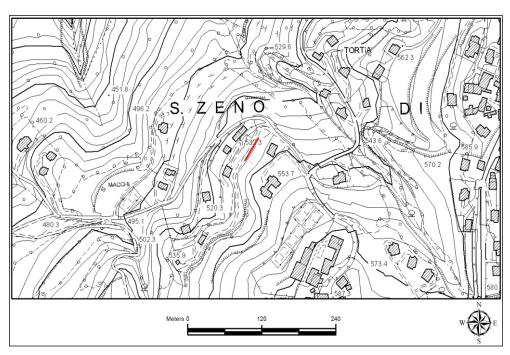
Profilo Vs

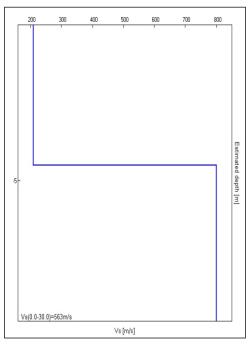
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.		
Progressivo	A6	
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5055034	
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1634540	
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5054996	
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1634515	
Quota p.c. s.l.m.	542,8 m	
Valore medio Vs,30 dal p.c.	563 m/s	
Anno di misura	2013	









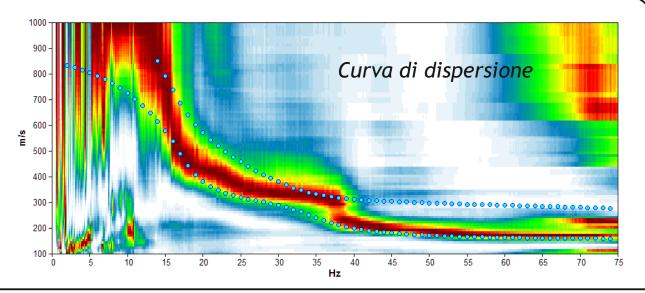
Estratto da C.T.R.

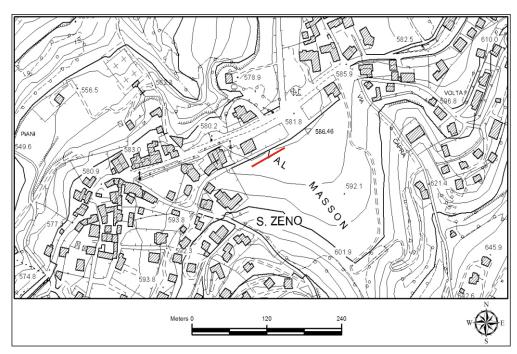
Profilo Vs

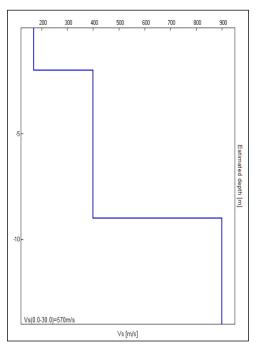
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.		
Progressivo	A7	
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5054559	
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1634601	
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5054542	
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1634559	
Quota p.c. s.l.m.	517,8 m	
Valore medio Vs,₃₀ da p.c.	570 m/s	
Anno di misura	2013	









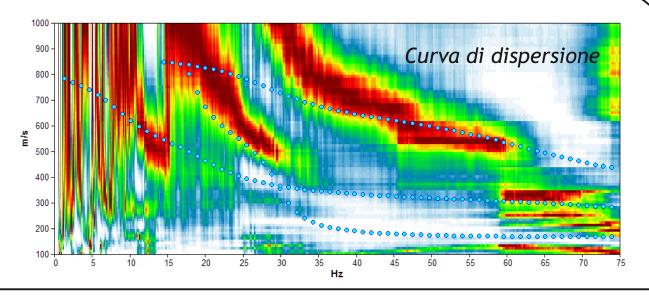
Estratto da C.T.R.

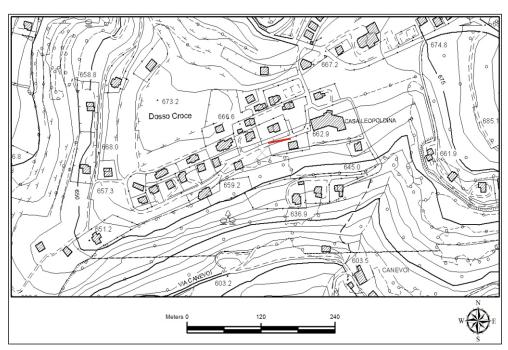
Profilo Vs

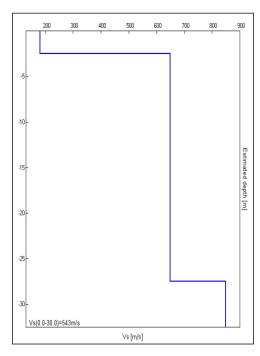
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.		
Progressivo	A8	
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5053941	
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1634858	
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5053926	
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1634816	
Quota p.c. s.l.m.	663,0 m	
Valore medio Vs,30 dal p.c.	543 m/s	
Anno di misura	2013	









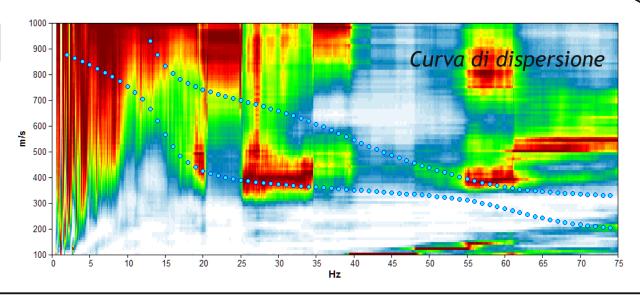
Estratto da C.T.R.

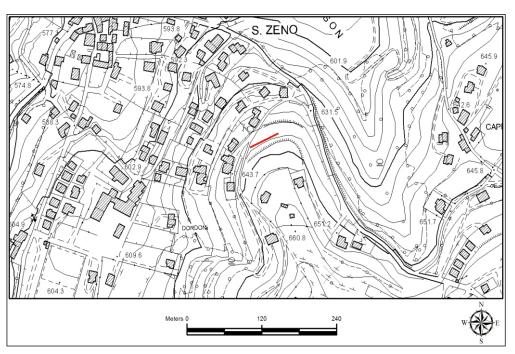
Profilo Vs

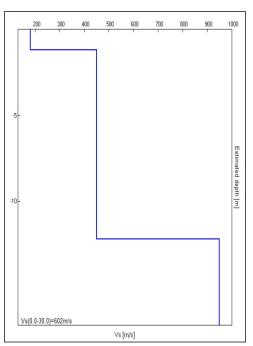
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.		
Progressivo	А9	
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5054300	
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1634607	
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5054278	
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1634568	
Quota p.c. s.l.m.	649,8 m	
Valore medio Vs,₃₀ dal p.c.	602 m/s	
Anno di misura	2013	









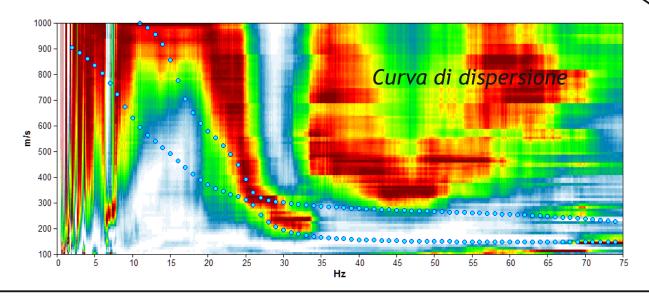
Estratto da C.T.R.

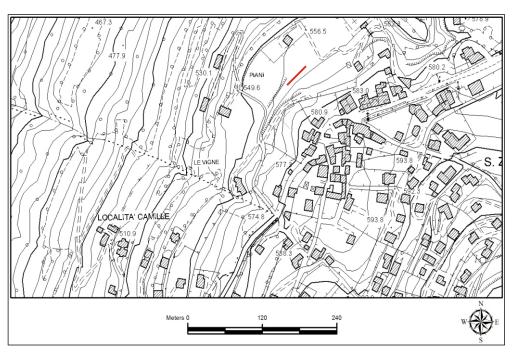
Profilo Vs

Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.	
Progressivo	A10
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5054599
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1634279
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5054565
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1634250
Quota p.c. s.l.m.	591,4 m
Valore medio Vs,₃₀ dal p.c.	530 m/s
Anno di misura	2013





Vs [m/s]



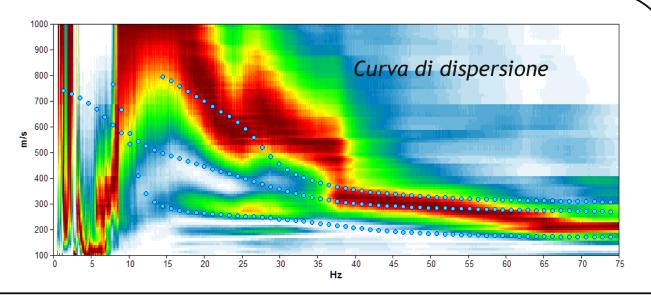
Estratto da C.T.R.

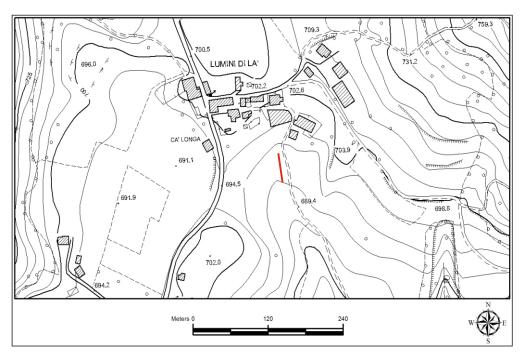
Profilo Vs

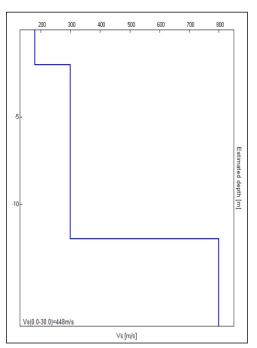
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.	
Progressivo	A11
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5054556
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1637074
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5054513
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1637087
Quota p.c. s.l.m.	684,4 m
Valore medio Vs,30 dal p.c.	448 m/s
Anno di misura	2013









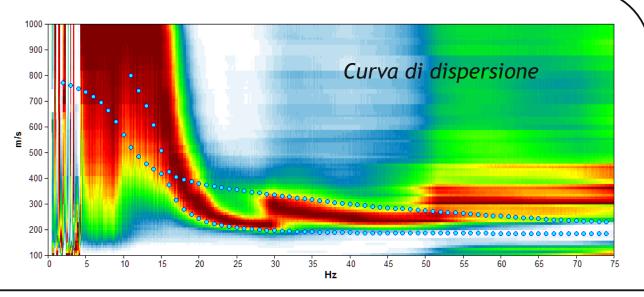
Estratto da C.T.R.

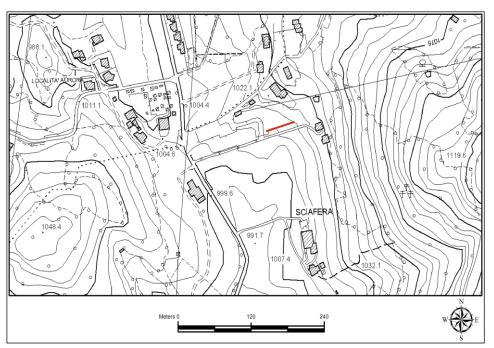
Profilo Vs

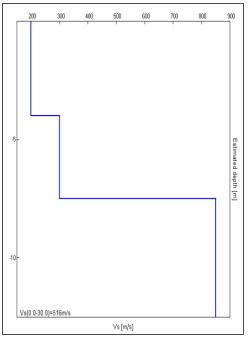
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.	
Progressivo	A12
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5059299
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1638941
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5059287
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1638898
Quota p.c. s.l.m.	1025,5 m
Valore medio Vs,₃₀ dal p.c.	516 m/s
Anno di misura	2013









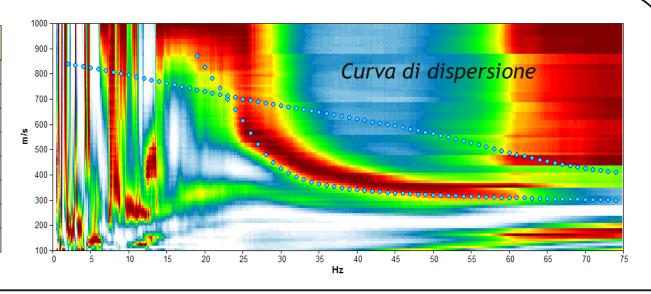
Estratto da C.T.R.

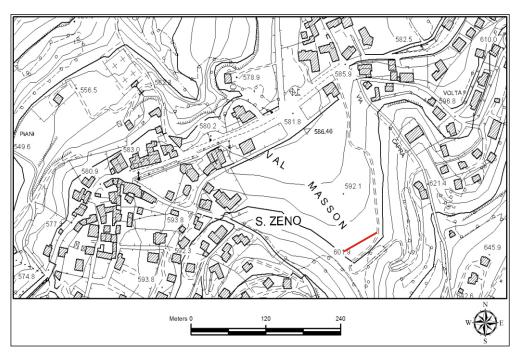
Profilo Vs

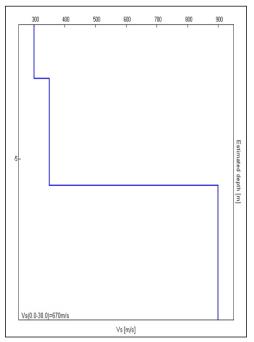
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.	
Progressivo	A13
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5054438
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1634754
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5054411
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1634718
Quota p.c. s.l.m.	597,8 m
Valore medio Vs,30 da p.c.	670 m/s
Anno di misura	2013









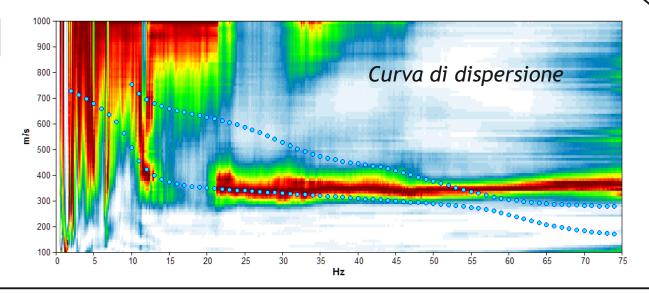
Estratto da C.T.R.

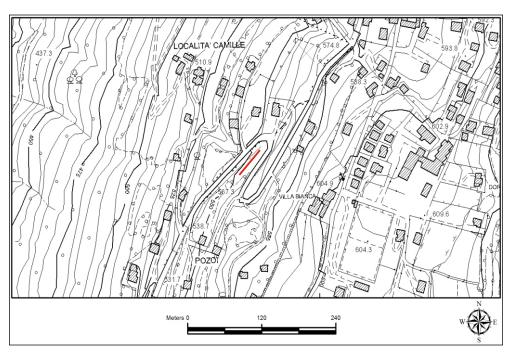
Profilo Vs

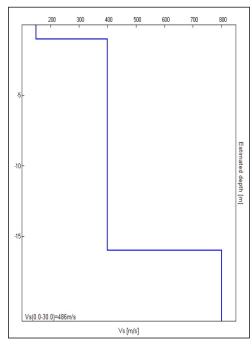
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.	
Progressivo	A14
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5054208
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1634084
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5054175
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1634054
Quota p.c. s.l.m.	543,1 m
Valore medio Vs,₃₀ dal p.c.	486 m/s
Anno di misura	2013









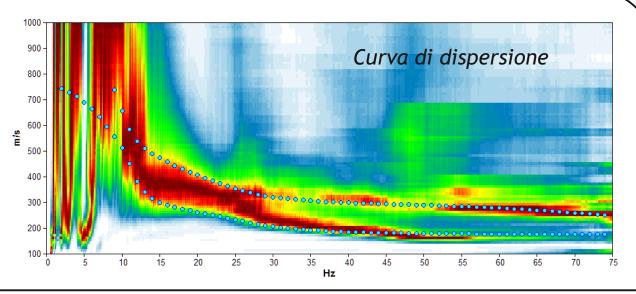
Estratto da C.T.R.

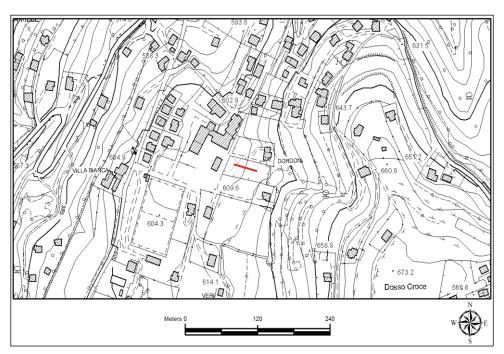
Profilo Vs

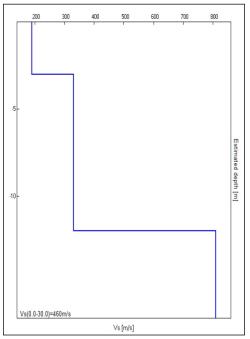
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.	
Progressivo	A15
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5054129
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1634367
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5054119
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1634411
Quota p.c. s.l.m.	618,5 m
Valore medio Vs,30 dal p.c.	460 m/s
Anno di misura	2013









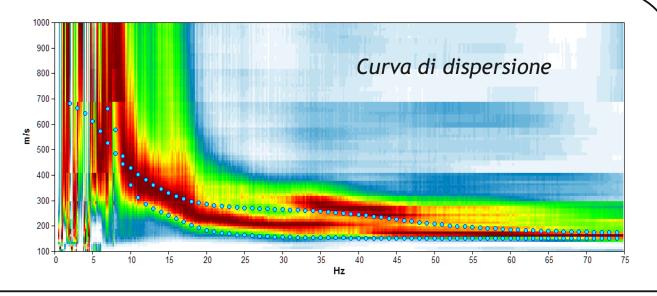
Estratto da C.T.R.

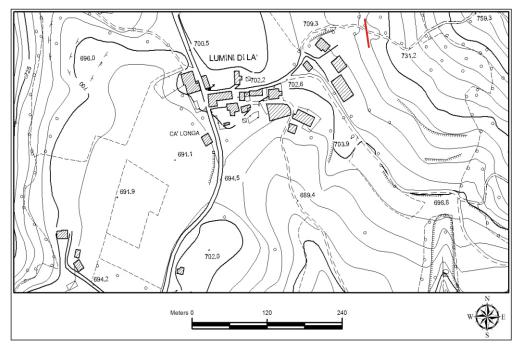
Profilo Vs

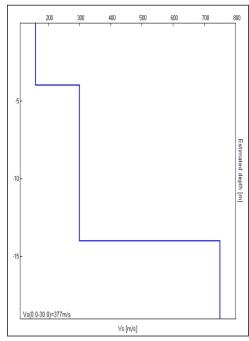
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.	
Progressivo	A16
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5054761
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1637215
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5054731
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1637222
Quota p.c. s.l.m.	724,4 m
Valore medio Vs,30 dal p.c.	377 m/s
Anno di misura	2013









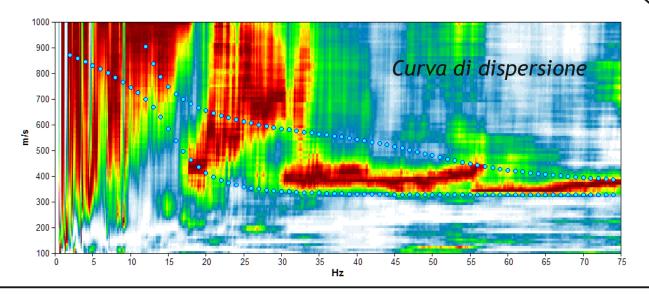
Estratto da C.T.R.

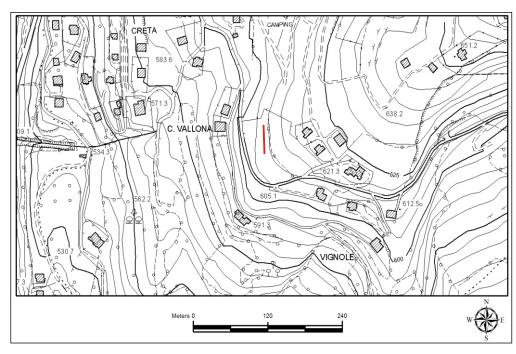
Profilo Vs

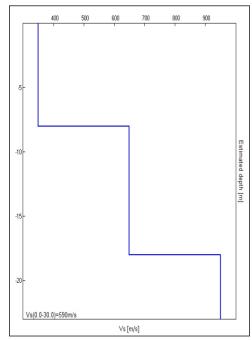
Foto di cantiere



Misura in array di tipo Re.Mi.	
Progressivo	A17
Lat. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	N 5053615
Lon. Gauss Boaga Ovest - Inizio stesa	E 1634228
Lat. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	N 5053660
Lon. Gauss Boaga Ovest - Fine stesa	E 1634227
Quota p.c. s.l.m.	617,8 m
Valore medio Vs,₃₀ dal p.c.	590 m/s
Anno di misura	2013









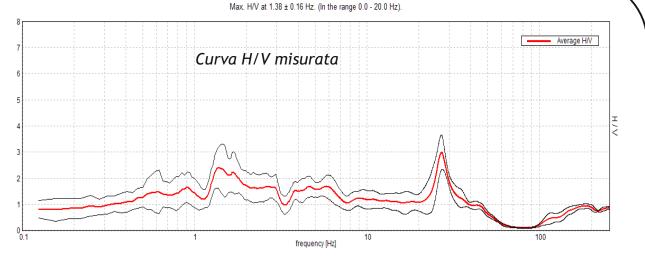
Estratto da C.T.R.

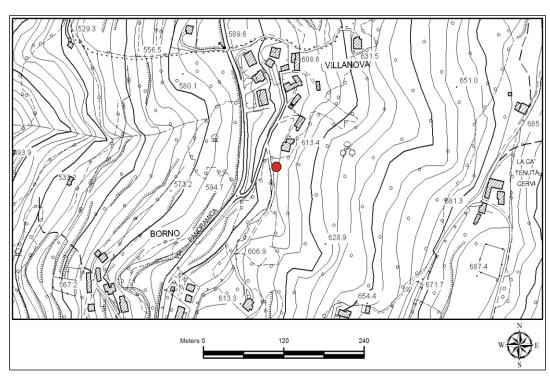
Profilo Vs

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 1
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5057045
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1635829
Quota p.c. s.l.m.	663,4 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	1,38 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





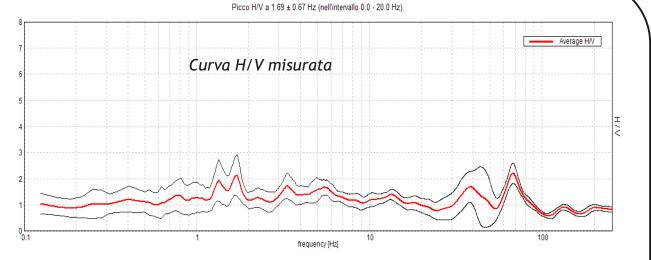


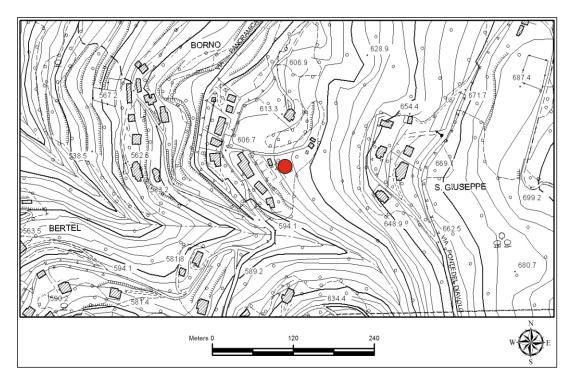
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.		
Progressivo	T 2	
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5056768	
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1635786	
Quota p.c. s.l.m.	640,8 m	
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	1,69 Hz	
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	NO	
Anno di misura	2013	





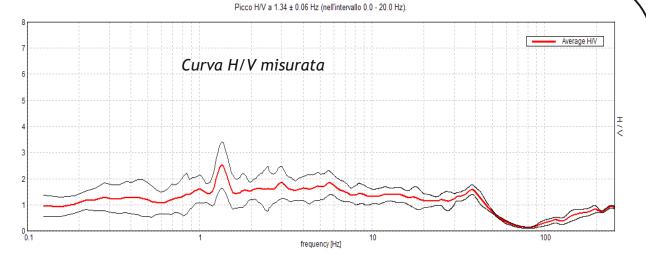


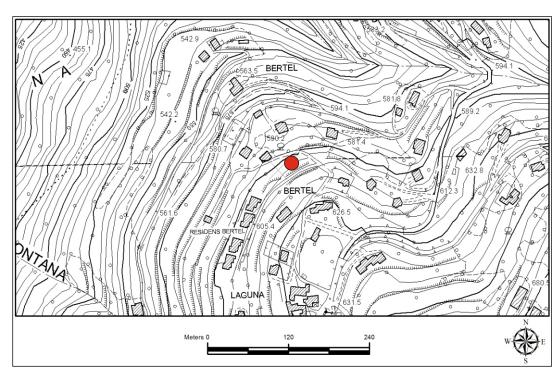
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	Т 3
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5056551
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1635467
Quota p.c. s.l.m.	608,7 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	1,34 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	NO
Anno di misura	2013





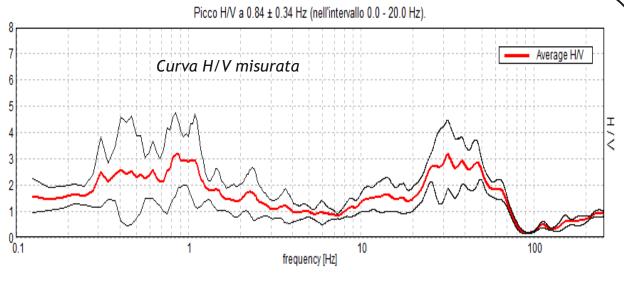


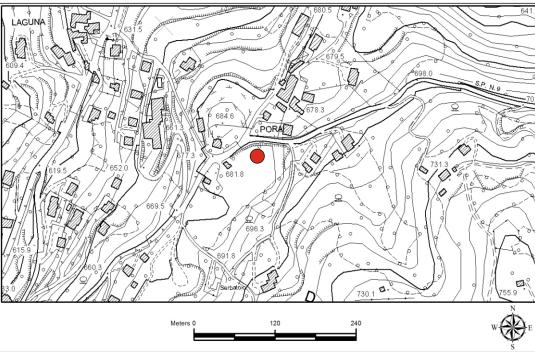
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 4
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5056163
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1635756
Quota p.c. s.l.m.	683,9 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	0,84 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





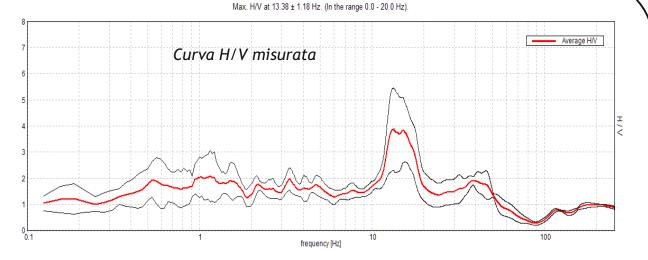


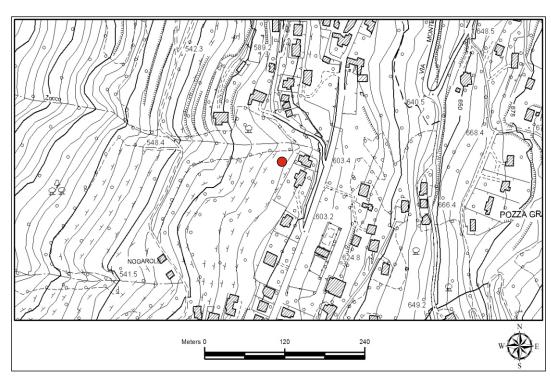
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 5
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5055689
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1635131
Quota p.c. s.l.m.	592,3 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	13,38 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





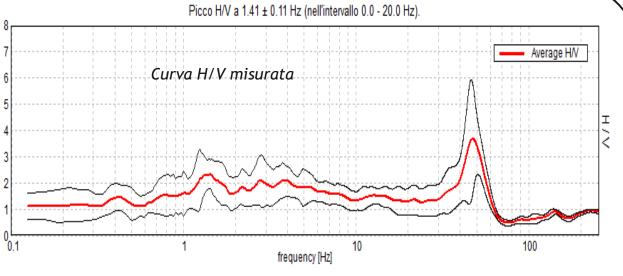


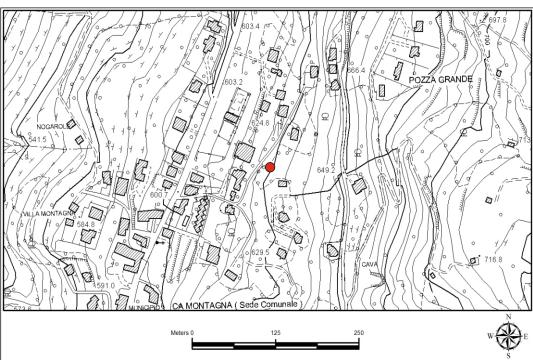
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	Т 6
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5055499
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1635248
Quota p.c. s.l.m.	594,4 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	1,41 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





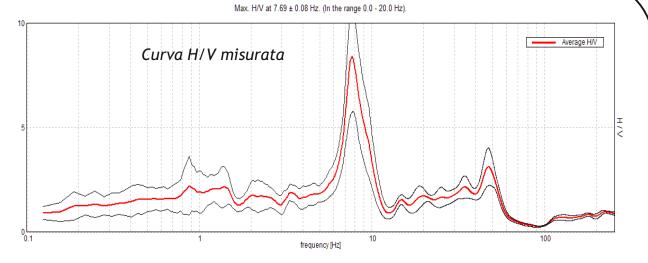


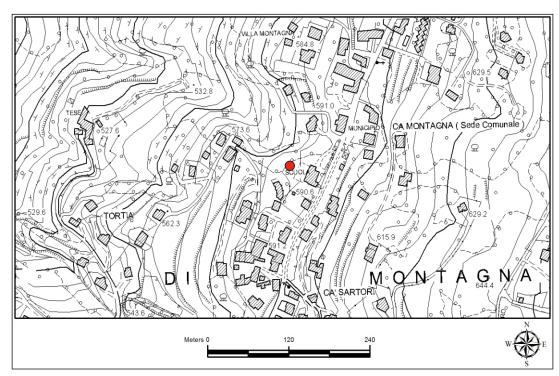
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	Т7
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5055247
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1634949
Quota p.c. s.l.m.	596,1 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	7,69 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





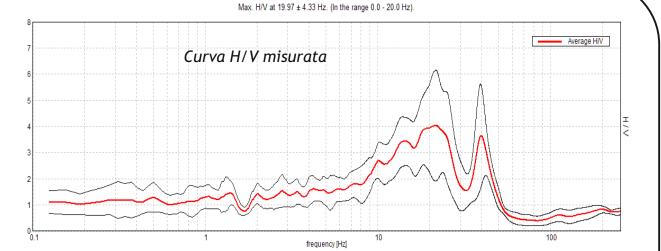


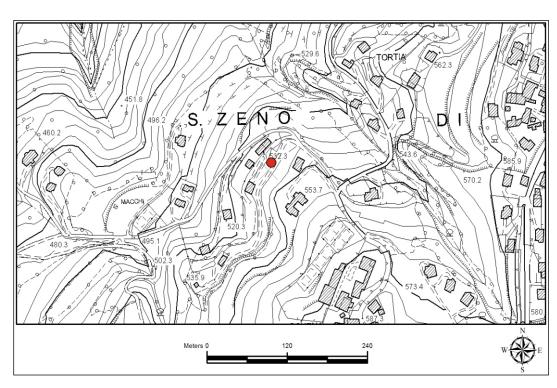
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	Т8
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5055018
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1634520
Quota p.c. s.l.m.	542,8 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	19,97 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





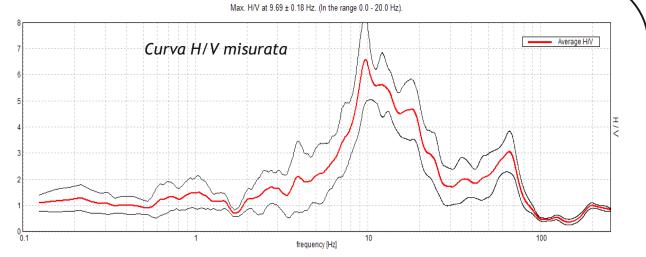


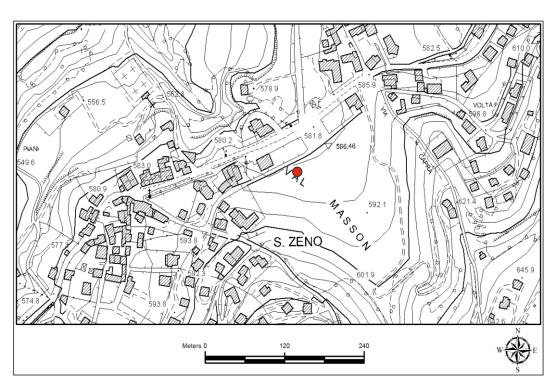
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	Т 9
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5054555
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1634615
Quota p.c. s.l.m.	517,8 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	9,69 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





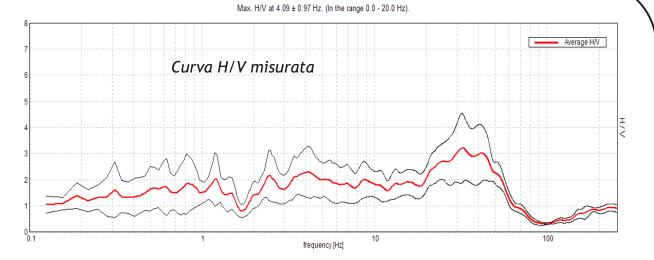


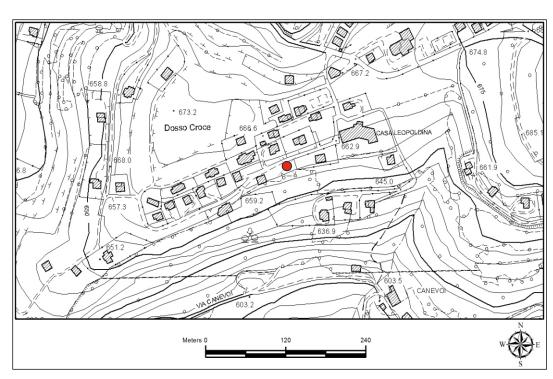
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 10
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5053908
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1634812
Quota p.c. s.l.m.	663,0 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	4,09 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





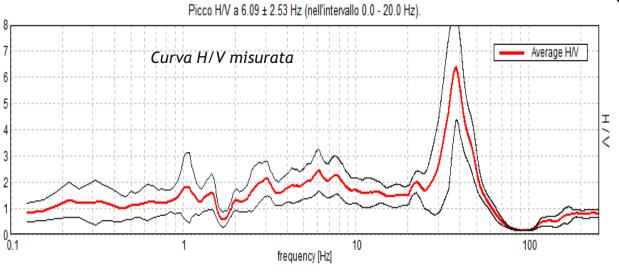


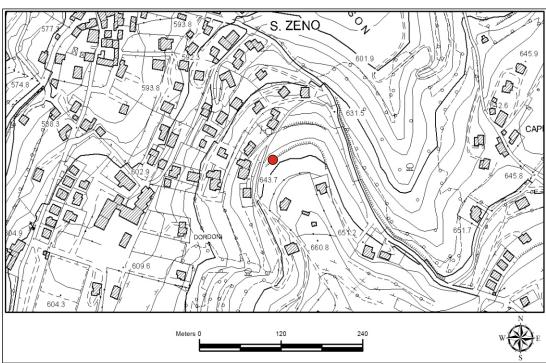
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 11
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5054266
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1634579
Quota p.c. s.l.m.	649,8 m
Frequenza di risonanza tra 0,1- 20 Hz	6,09 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





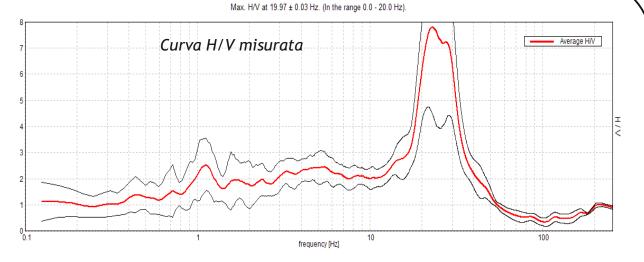


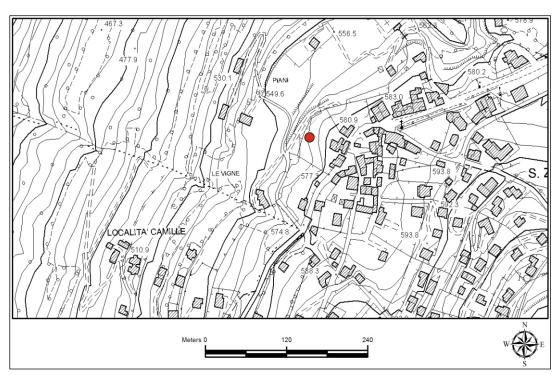
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 12
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5054508
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1634238
Quota p.c. s.l.m.	663,4 m
Frequenza di risonanza tra 0,1- 20 Hz	19,97 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





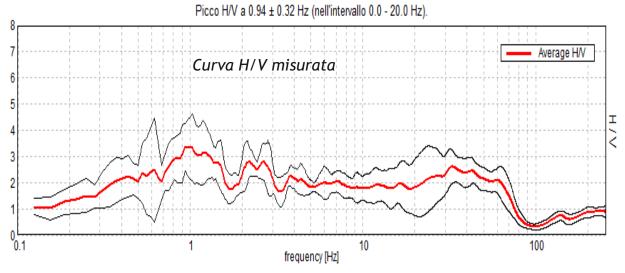


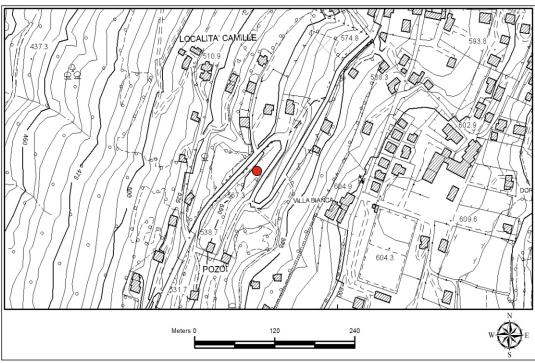
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 13
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5054198
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1634074
Quota p.c. s.l.m.	543,1 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	0,94 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





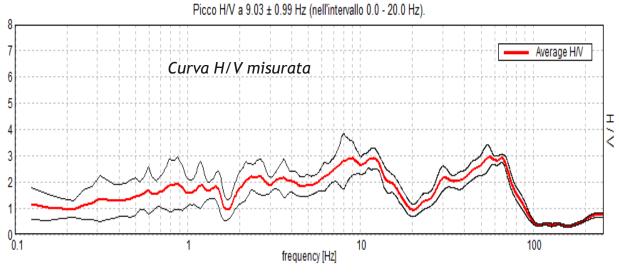


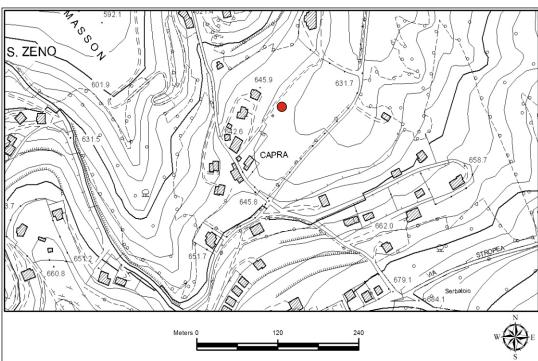
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 14
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5054364
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1634971
Quota p.c. s.l.m.	644,9 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	9,03 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





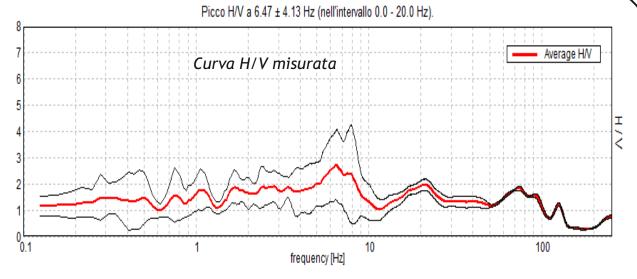


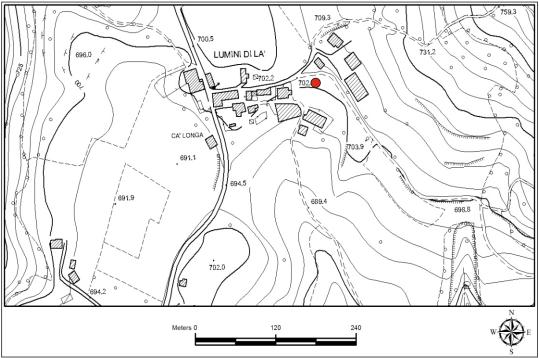
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 15
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5054560
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1637049
Quota p.c. s.l.m.	684,4 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	6,47 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





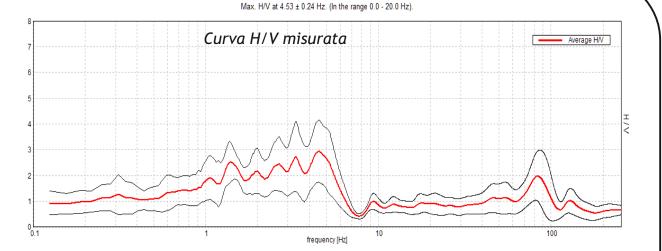


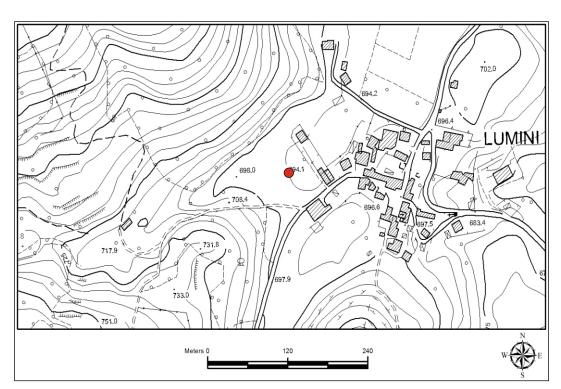
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 16
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5054364
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1634971
Quota p.c. s.l.m.	699,5 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	4,53 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





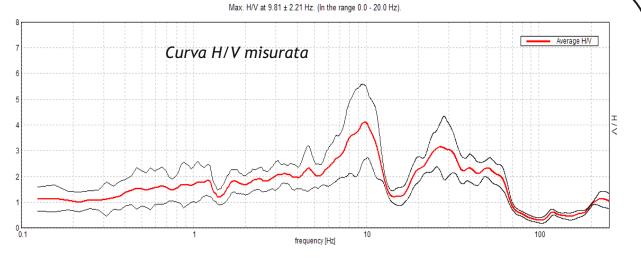


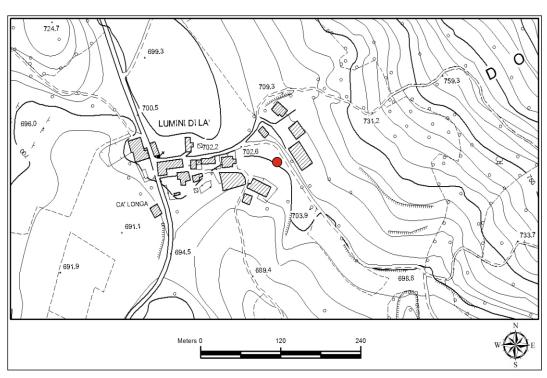
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 17
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5054643
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1637148
Quota p.c. s.l.m.	7165 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	9,81 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





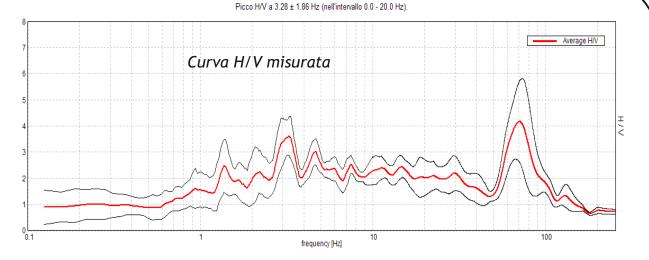


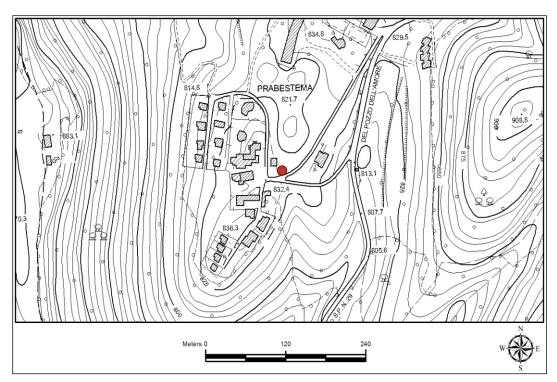
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 18
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5056191
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1636736
Quota p.c. s.l.m.	835,7 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	3,28 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





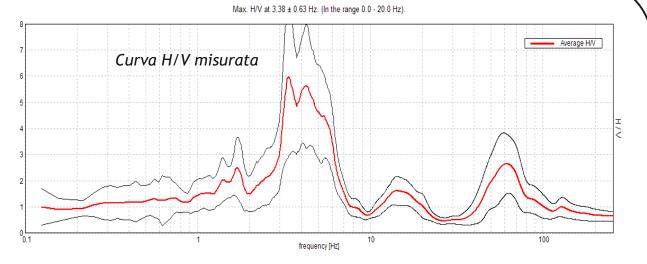


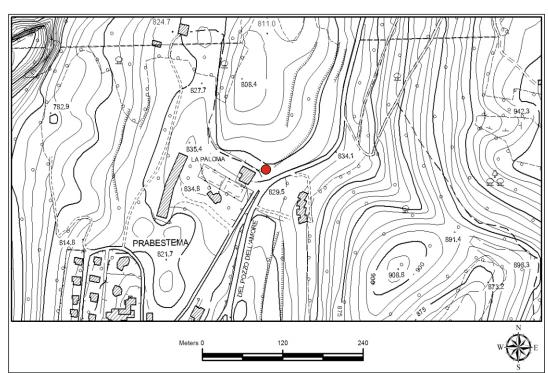
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 19
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5056407
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1636917
Quota p.c. s.l.m.	832,9 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	3,38 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





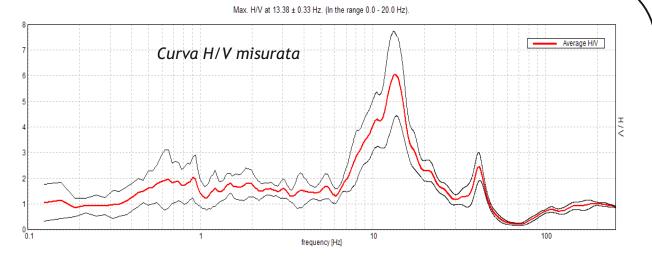


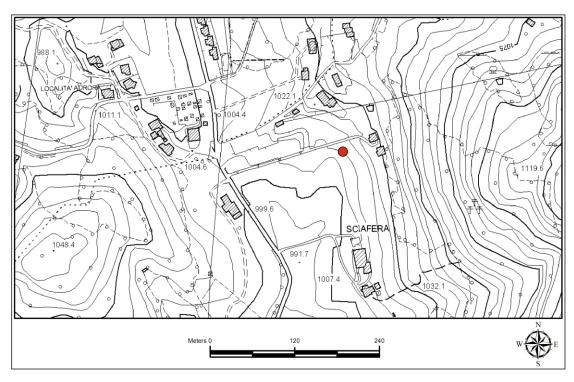
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 20
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5059282
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1638932
Quota p.c. s.l.m.	1025,5 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	13,38 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





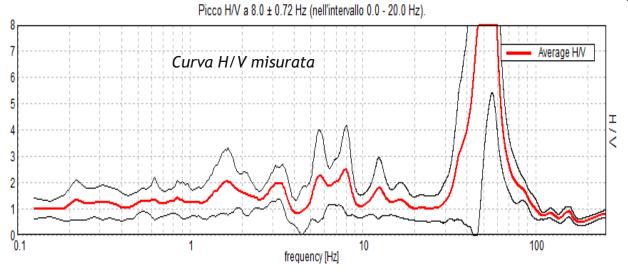


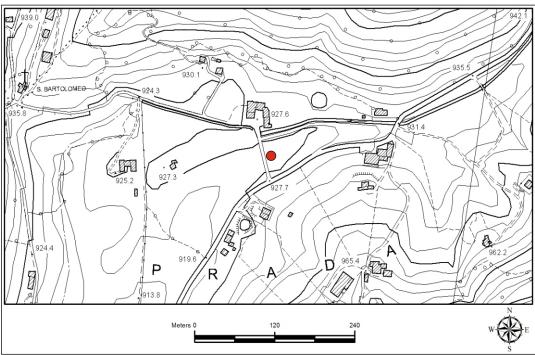
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 21
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5058306
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1638025
Quota p.c. s.l.m.	926,2 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	8,0 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	Poco Attendibile
Anno di misura	2013





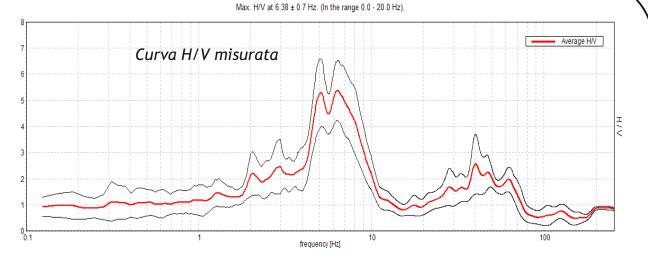


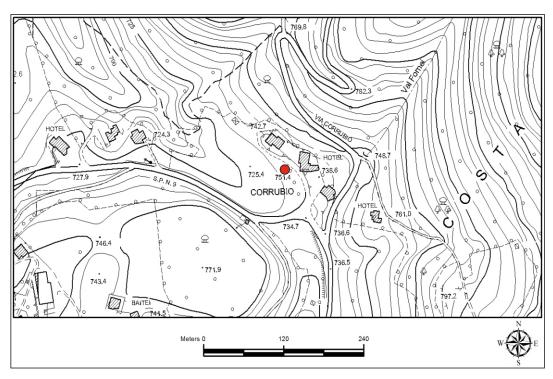
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 22
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5055708
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1636695
Quota p.c. s.l.m.	747,1 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	6,38 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





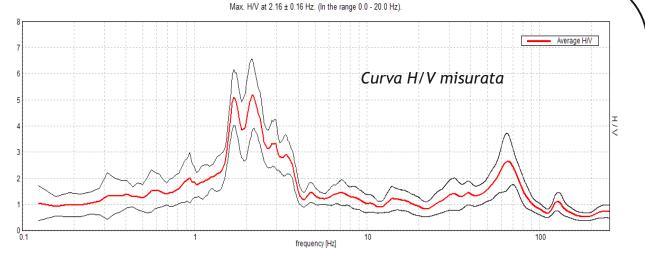


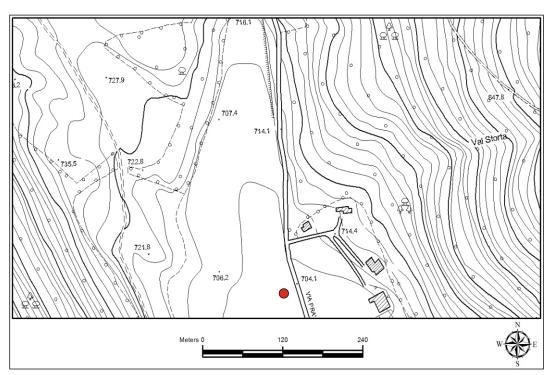
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 23
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5055063
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1636779
Quota p.c. s.l.m.	709,8 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	2,16 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





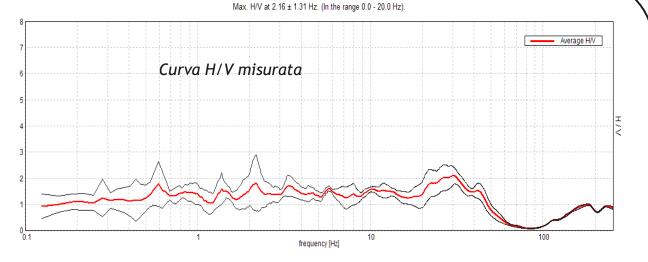


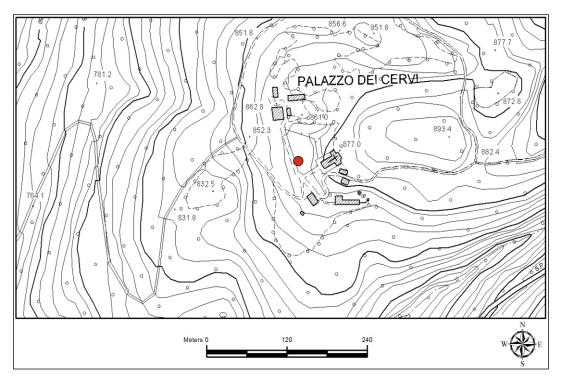
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 24
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5056979
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1636789
Quota p.c. s.l.m.	866,9 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	2,16 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	NO
Anno di misura	2013





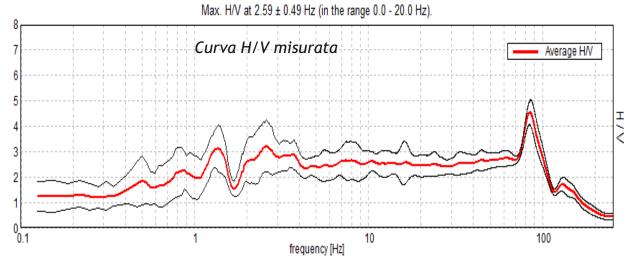


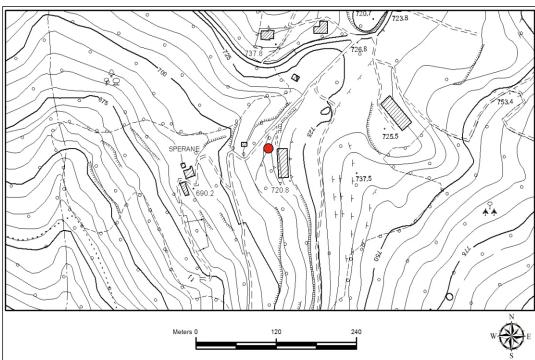
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 25
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5053507
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1636335
Quota p.c. s.l.m.	718,3 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	2,59 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	Poco Attendibile
Anno di misura	2013





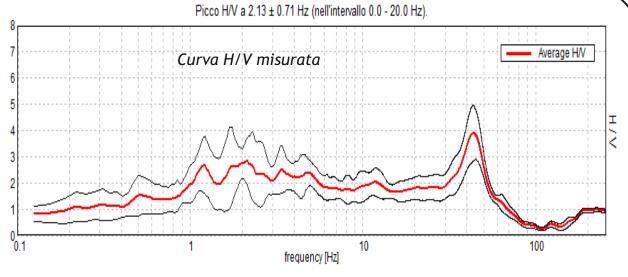


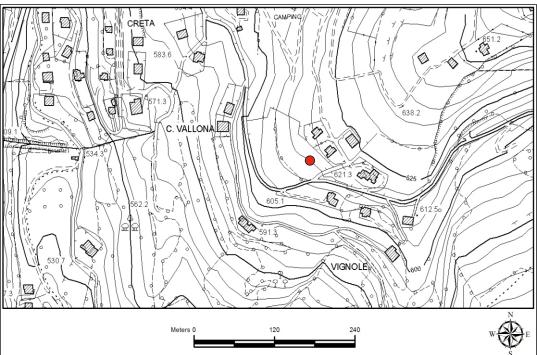
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.V.S.R.	
Progressivo	T 26
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5053624
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1634285
Quota p.c. s.l.m.	617,8 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	2,13 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





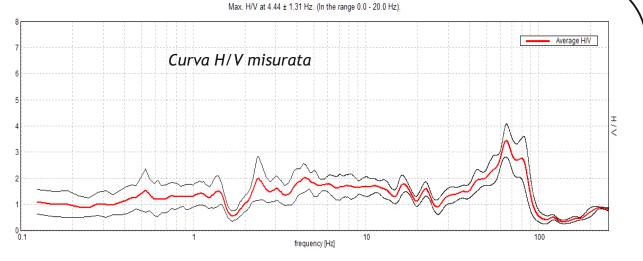


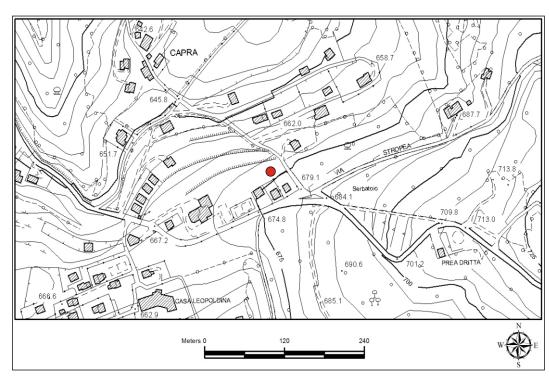
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.\	/.S.R.
Progressivo	T 27
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5054145
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1635090
Quota p.c. s.l.m.	677,1 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	4,44 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





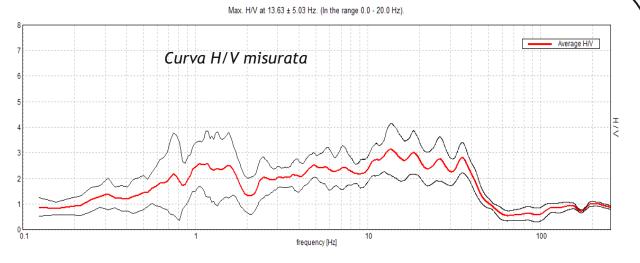


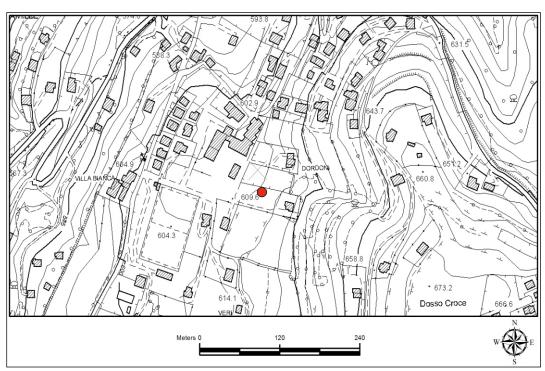
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.\	/.S.R.
Progressivo	T 28
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5054117
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1634381
Quota p.c. s.l.m.	618,5 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	13,63 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





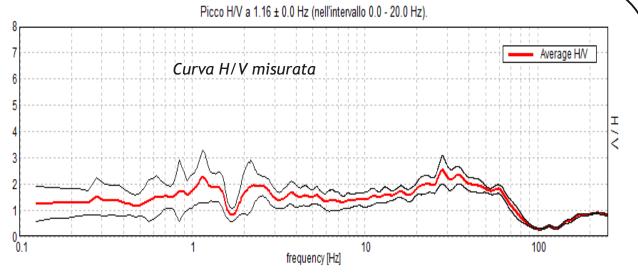


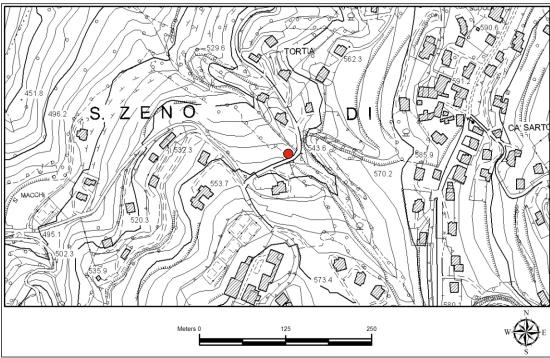
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.\	/.S.R.
Progressivo	T 29
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5055022
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1634683
Quota p.c. s.l.m.	562,5 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	1,16 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





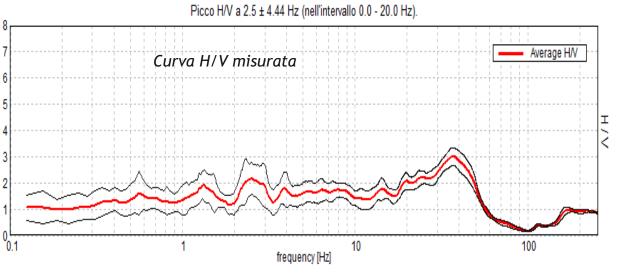


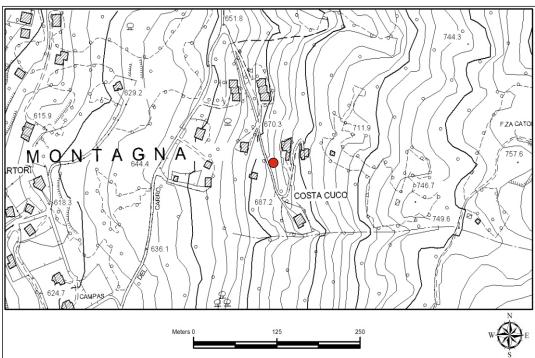
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.\	/.S.R.
Progressivo	T 30
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5055076
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1635435
Quota p.c. s.l.m.	670,3 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	2,5 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





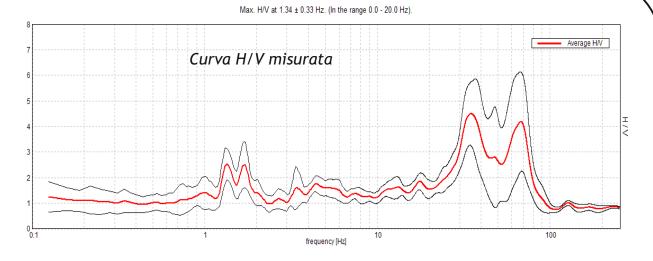


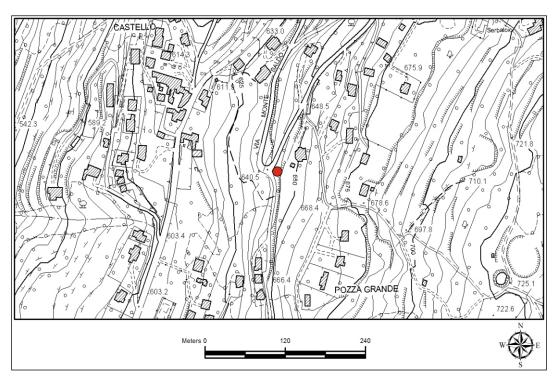
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.\	/.S.R.
Progressivo	T 31
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5055777
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1635373
Quota p.c. s.l.m.	659,0 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	1,34 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	Poco Attendibile
Anno di misura	2013





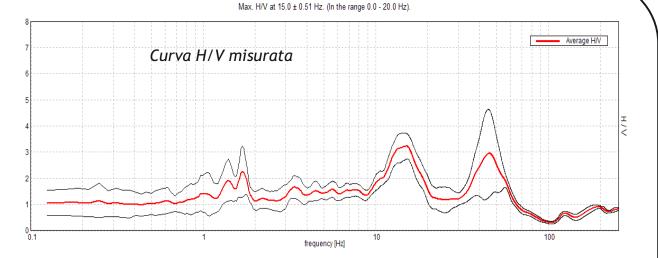


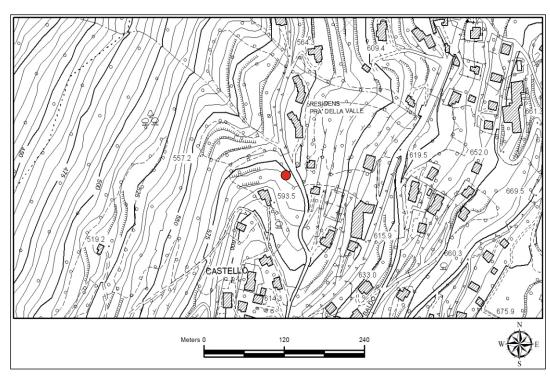
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.\	/.S.R.
Progressivo	T 32
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5056125
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1635241
Quota p.c. s.l.m.	590,7 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	15,0 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





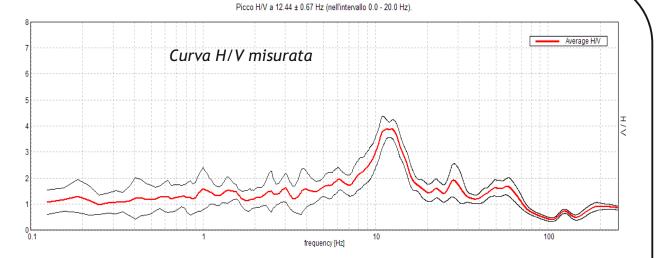


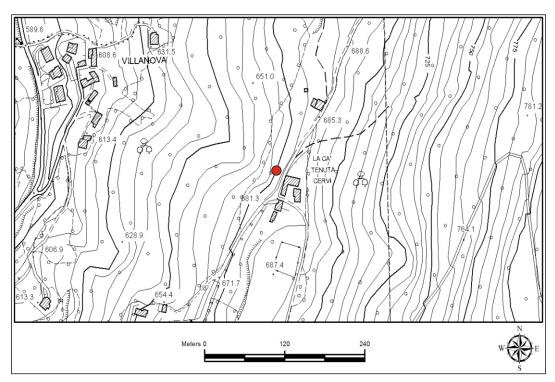
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.\	/.S.R.
Progressivo	T 33
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5057035
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1636140
Quota p.c. s.l.m.	656,3 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	12,44 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013





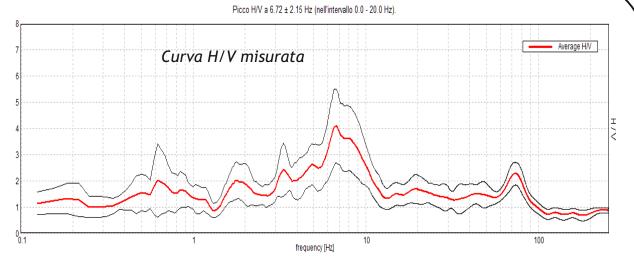


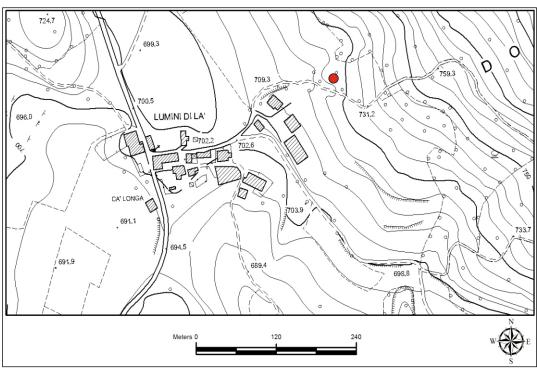
Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere



Misura sismica H.\	/.S.R.
Progressivo	T 34
Lat. Gauss - Boaga Ovest	N 5054743
Lon. Gauss - Boaga Ovest	E 1637239
Quota p.c. s.l.m.	722,3 m
Frequenza di risonanza tra 0,1 - 20 Hz	6,72 Hz
Condizione di amplificazione tra 0,1 - 20 Hz	SI
Anno di misura	2013







Estratto da I.G.M.

Foto di cantiere





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

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 2

Regione Veneto

Comune di San Zeno di Montagna

PROVE HVSR



SAN ZENO DI MONTAGNA Via Bertel

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 12/11/17 09:42:14 End recording:

12/11/17 10:02:14

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the

entire trace.

Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

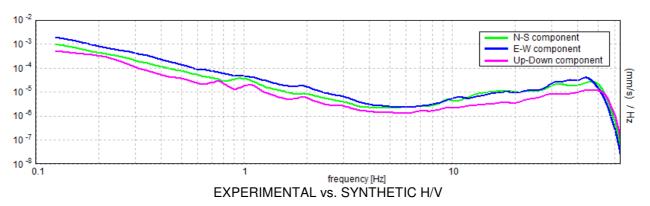
Smoothing type: Triangular window

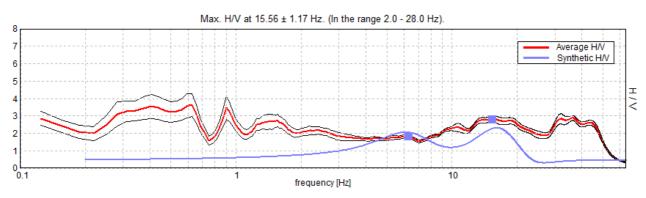
Smoothing: 10%



H/V TIME HISTORY DIRECTIONAL H/V 9 8 10 ¹ 10 7 . 3 6 - 5 ^보10 ⁰ - 2 2 10⁻¹ 135° 90° 180° min azimuth

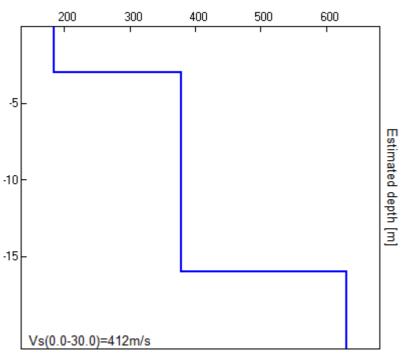
SINGLE COMPONENT SPECTRA





Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	184	0.42
16.00	13.00	378	0.35
inf.	inf.	631	0.30

Vs(0.0-30.0)=412m/s



Vs [m/s]

A]	All 3 should be fulfilled]		
$f_0 > 10 / L_w$	15.56 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	18675.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 748 times	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5Hz$			
	ia for a clear H/V peak		
	ia for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
[At least			NO
		OK	NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled]	OK OK	NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 50.469 Hz		NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 50.469 Hz 2.82 > 2		



SAN ZENO DI MONTAGNA Via Creta

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 12/11/17 13:46:56 End recording:

12/11/17 14:06:56

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire

trace.

Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

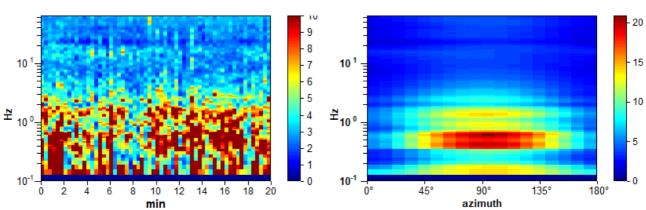
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

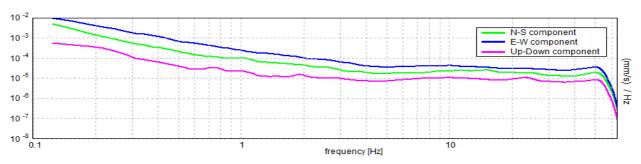


H/V TIME HISTORY

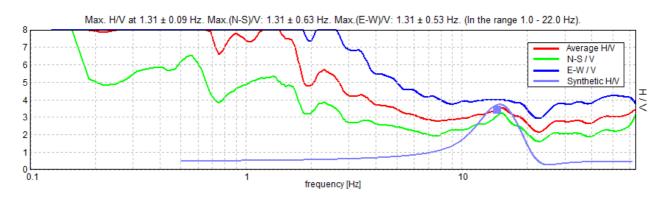
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

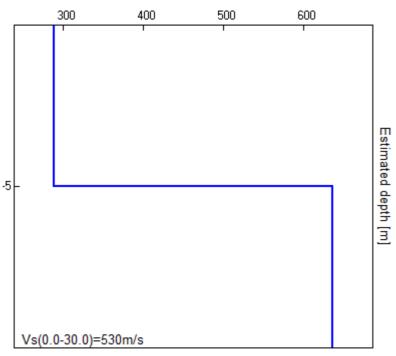


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.00	5.00	290	0.42
inf.	inf.	635	0.30

Vs(0.0-30.0)=530m/s



Vs [m/s]

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]				
$f_0 > 10 / L_w$	1.31 > 0.50	OK		
$n_c(f_0) > 200$	1575.0 > 200	OK		
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 64 times	OK		
$\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$				
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]			
			NO	
[At least		OK	NO	
[At least : Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled]	OK OK	NO	
[At least section of the section of	5 out of 6 should be fulfilled] 2.938 Hz		NO NO	
[At least section of the section of	2.938 Hz 8.62 > 2			



SAN ZENO DI MONTAGNA Via Del Carro

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 12/11/17 12:29:13 End recording:

12/11/17 12:49:13

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

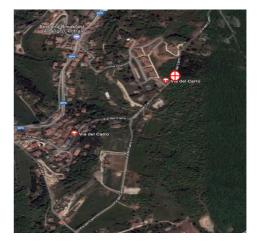
DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the

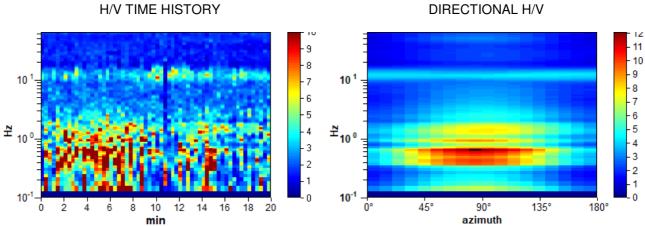
entire trace.

Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

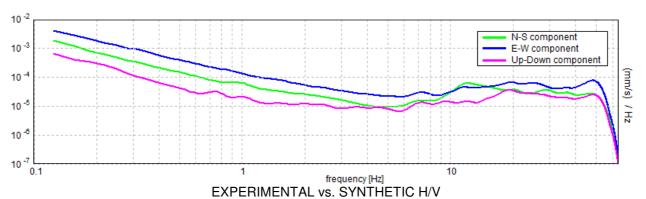
Smoothing type: Triangular window Smoothing: 10%



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



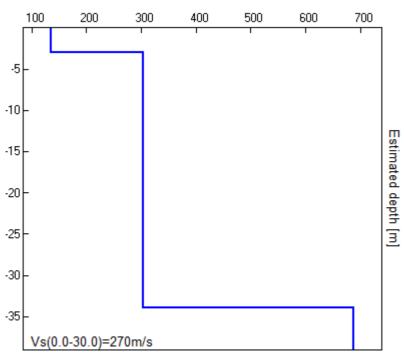
Max. H/V at 1.31 ± 1.29 Hz. (In the range 1.0 - 27.0 Hz). Average H/V Synthetic H/V H < 3 2

frequency [Hz]

10

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	135	0.42
34.00	31.00	304	0.35
inf.	inf.	688	0.28

Vs(0.0-30.0)=270m/s



Vs [m/s]

	[,-]		
	for a reliable H/V curve		
$f_0 > 10 / L_w$	1.31 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1575.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 64 times	OK	
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$			
			NO
Exists f ⁺ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.469 Hz	OK	NO
Exists f ⁺ in [f ₀ , 4f ₀] $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	3.469 Hz 5.43 > 2	OK OK	NO
A ₀ > 2			NO NO
	5.43 > 2		



SAN ZENO DI MONTAGNA, Via Del Carro sud

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 29/10/17 12:41:55 End recording: 29/10/17

13:01:55

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN;

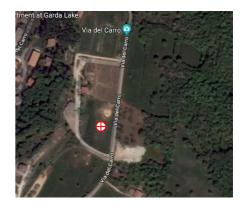
wless trig.

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

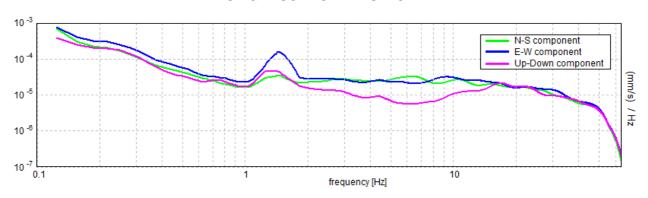
Smoothing type: Triangular window

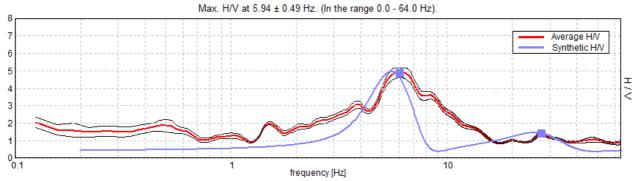
Smoothing: 15%



H/V TIME HISTORY DIRECTIONAL H/V 9 5 8 10 ¹ 7 6 - 5 - 3 ₽ _{10 °}. 4 ₹₁₀0 - 2 . 3 2 10⁻¹ 135° 90° 10 18 20 180° min azimuth

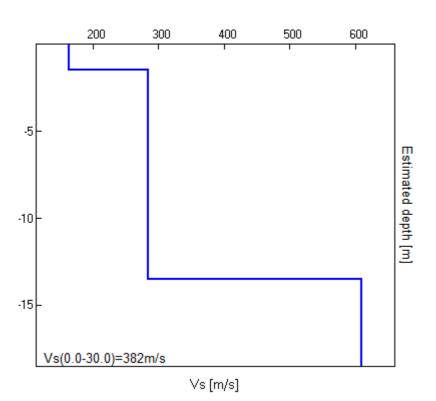
SINGLE COMPONENT SPECTRA





Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	164	0.42
13.50	12.00	284	0.42
inf.	inf.	609	0.42

Vs(0.0-30.0)=382m/s



Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]				
$f_0 > 10 / L_w$	6.03 > 0.50	OK		
$n_c(f_0) > 200$	7237.5 > 200	OK		
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 290 times	OK		
$\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$				
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f in $[f_0/4, f_0] A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	3.125 Hz	OK		
Exists f $^{+}$ in [f ₀ , 4f ₀] A _{H/V} (f $^{+}$) < A ₀ / 2	10.563 Hz	OK		
A ₀ > 2	4.84 > 2	OK		
$f_{\text{peak}}[A_{\text{H/V}}(f) \pm \sigma_{\text{A}}(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.04961 < 0.05	OK		
$\sigma_{\rm f} < \epsilon({\sf f}_0)$	0.2992 < 0.30156	OK		
$\sigma_{A}(f_0) < \theta(f_0)$	0.2488 < 1.58	OK		



SAN ZENO DI MONTAGNA

Via Del Sengel

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

08:34:21

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

DOWN; wless trig. GPS data not available

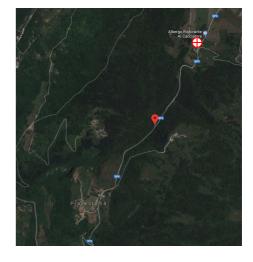
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire

trace.

Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

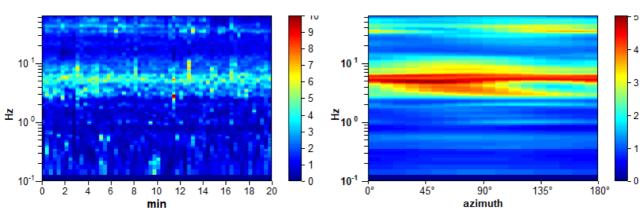
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

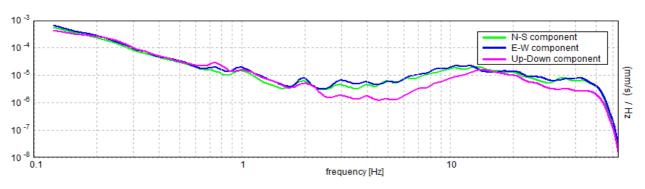


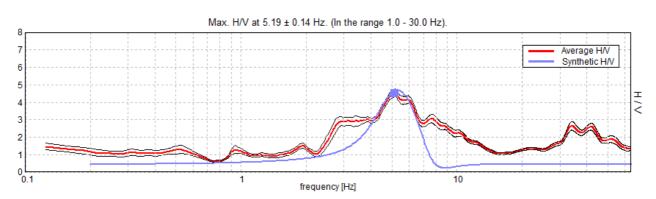
H/V TIME HISTORY





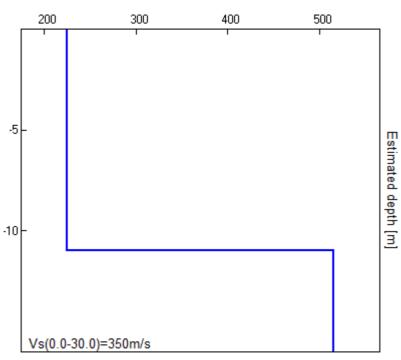
SINGLE COMPONENT SPECTRA





Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
11.00	11.00	225	0.42
inf.	inf.	515	0.30

Vs(0.0-30.0)=350m/s



Vs [m/s]

	for a reliable H/V curve		
$f_0 > 10 / L_w$	5.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6225.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 250 times	OK	
$\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$			
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
Exists f in $[f_0/4, f_0] A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	2.625 Hz	OK	
Exists f $^{+}$ in [f ₀ , 4f ₀] A _{H/V} (f $^{+}$) < A ₀ / 2	9.563 Hz	OK	
A ₀ > 2	4.58 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{\text{H/V}}(f) \pm \sigma_{\text{A}}(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.02781 < 0.05	OK	
$\sigma_{\rm f} < \varepsilon({\rm f}_0)$	0.14428 < 0.25938	OK	
$\sigma_{A}(f_{0}) < \theta(f_{0})$	0.2058 < 1.58	OK	



SAN ZENO DI MONTAGNA Via Giusto Arturo

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 12/11/17 10:37:31

End recording:

12/11/17 10:57:31

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

DOWN; wless trig. GPS data not available

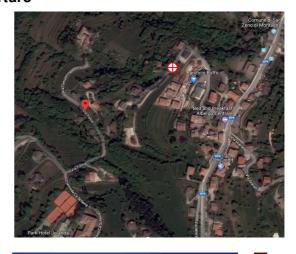
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the

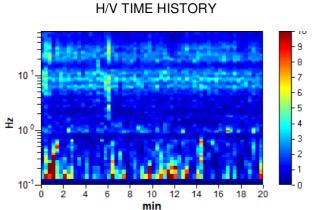
entire trace.

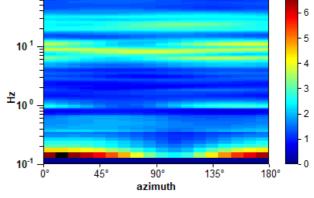
Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

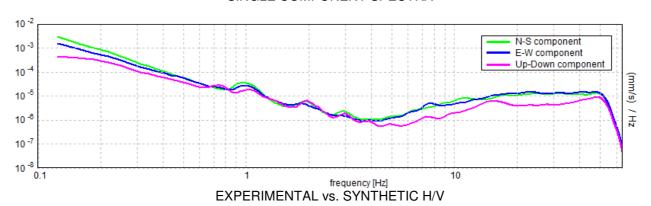
Smoothing: 10%

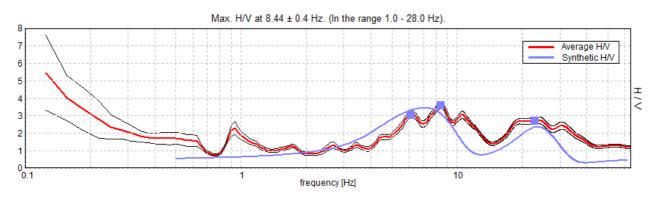






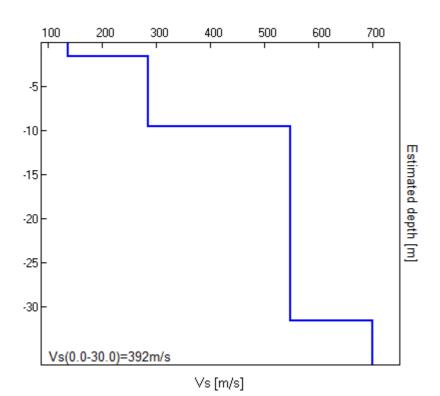
SINGLE COMPONENT SPECTRA





Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	137	0.42
9.50	8.00	284	0.40
31.50	22.00	548	0.35
inf.	inf.	700	0.30

Vs(0.0-30.0)=392m/s



Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]				
$f_0 > 10 / L_w$	8.44 > 0.50	OK		
$n_c(f_0) > 200$	10125.0 > 200	OK		
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 406 times	OK		
	ia for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]			
		ОК		
[At least	5 out of 6 should be fulfilled]	OK OK		
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 4.906 Hz			
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	5 out of 6 should be fulfilled] 4.906 Hz 13.156 Hz	OK		
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 4.906 Hz 13.156 Hz 3.63 > 2	OK OK		



SAN ZENO DI MONTAGNA Lumini

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 12/11/17 08:42:54 End recording:

12/11/17 09:02:54

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the

entire trace.

Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

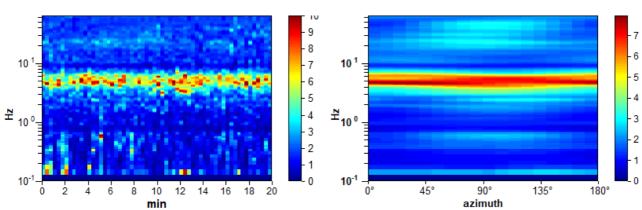
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

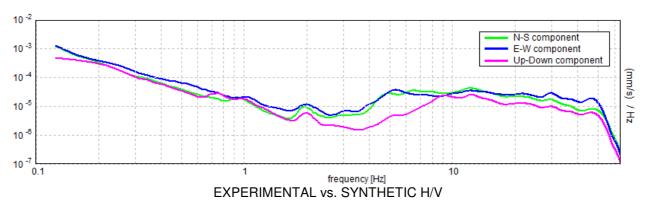


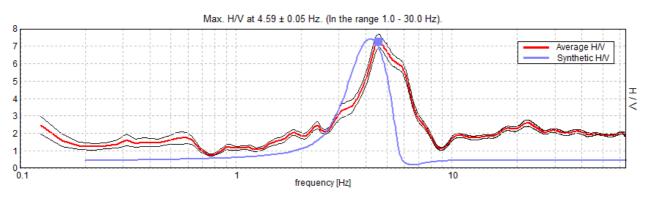
H/V TIME HISTORY





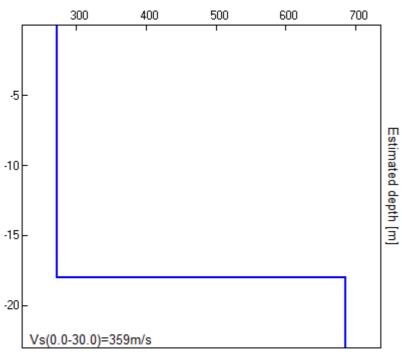
SINGLE COMPONENT SPECTRA





Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
18.00	18.00	273	0.42
inf.	inf.	685	0.30

Vs(0.0-30.0)=359m/s



Vs [m/s]

	for a reliable H/V curve		
f ₀ > 10 / L _w	4.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5512.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 222 times	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5Hz$			
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	3.5 Hz	OK	
Exists f $^{+}$ in [f ₀ , 4f ₀] A _{H/V} (f $^{+}$) < A ₀ / 2	6.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	7.30 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.01138 < 0.05	OK	
$\sigma_{\rm f} < \epsilon({\sf f}_0)$	0.05229 < 0.22969	OK	
$\sigma_{A}(f_0) < \theta(f_0)$	0.3859 < 1.58	OK	



SAN ZENO DI MONTAGNA Via Monte Baldo

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 12/11/17 10:09:34

End recording:

12/11/17 10:29:34

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST;

UP DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on

the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

10

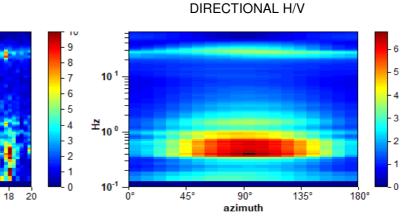


H/V TIME HISTORY

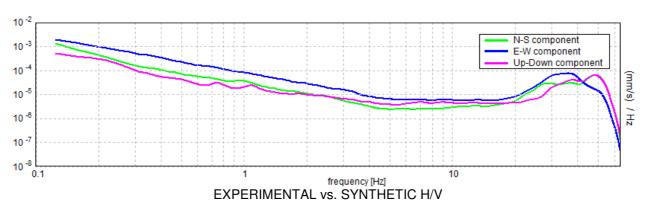
10 12

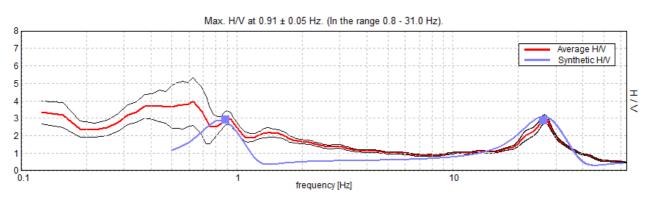
min

14 16



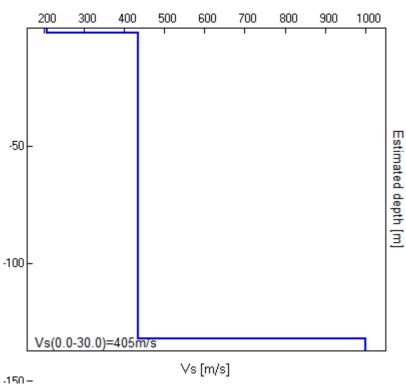
SINGLE COMPONENT SPECTRA





Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	212	0.42
132.00	130.00	435	0.35
inf.	inf.	1000	0.30

Vs(0.0-30.0)=405m/s



	for a reliable H/V curve		
Į.			
$f_0 > 10 / L_w$	0.91 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1087.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 44 times	OK	
$\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5\text{Hz}$			
[At least	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled]		NO
[At least	•	ОК	NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled]	OK OK	NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 2.313 Hz		NO NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 2.313 Hz 3.04 > 2		



SAN ZENO DI MONTAGNA Via Perare

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 12/11/17 12:51:41

End recording:

12/11/17 13:11:41

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

DOWN; wless trig. GPS data not available

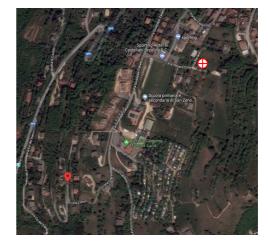
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the

entire trace.

Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

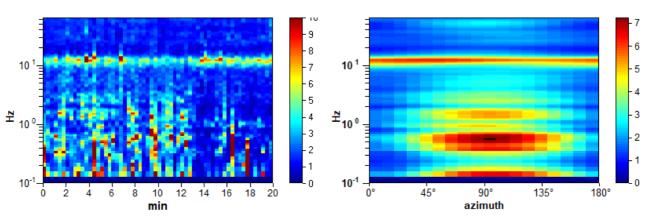
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

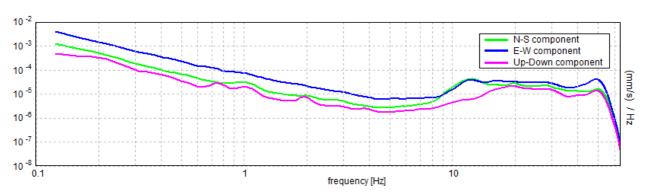


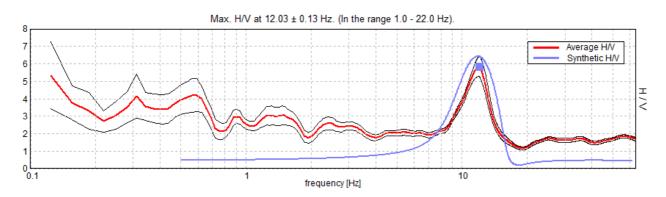
H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V



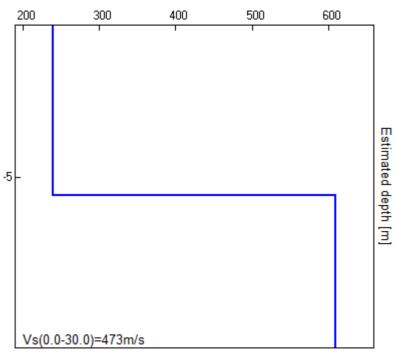
SINGLE COMPONENT SPECTRA





Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.60	5.60	240	0.40
inf.	inf.	609	0.35

Vs(0.0-30.0)=473m/s



Vs [m/s]

	for a reliable H/V curve		
f ₀ > 10 / L _w	12.03 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	14437.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 578 times	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5Hz$			
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	9.125 Hz	OK	
Exists f $^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.938 Hz	OK	
A ₀ > 2	5.84 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{\text{H/V}}(f) \pm \sigma_{\text{A}}(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.01047 < 0.05	OK	
$\sigma_{\rm f} < \epsilon({\sf f}_0)$	0.12591 < 0.60156	OK	
$\sigma_{A}(f_0) < \theta(f_0)$	0.5805 < 1.58	OK	



SAN ZENO DI MONTAGNA Via Prà Della Valle

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 12/11/17 11:05:10

End recording:

12/11/17 11:25:10

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on

the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

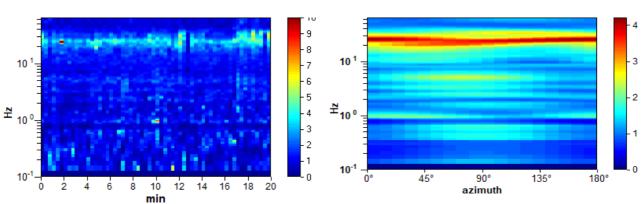
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

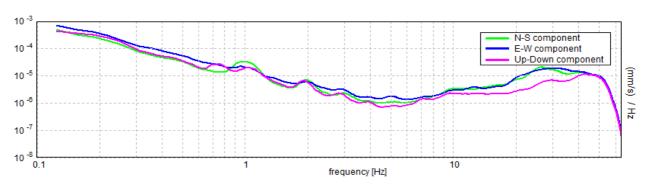


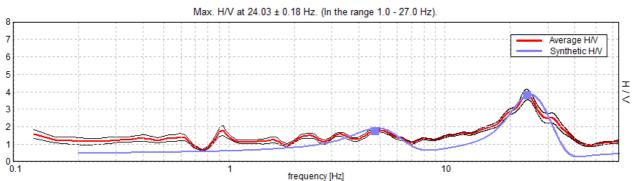
H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V



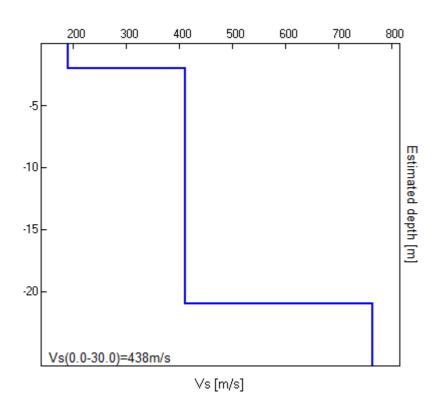
SINGLE COMPONENT SPECTRA





Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	191	0.42
21.00	19.00	411	0.35
inf.	inf.	764	0.30

Vs(0.0-30.0)=438m/s



	for a reliable H/V curve		
$f_0 > 10 / L_w$	24.03 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	28837.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 1154	OK	
$\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$	times		
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
Exists f in $[f_0/4, f_0] A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	15.625 Hz	OK	
Exists f $^{+}$ in [f ₀ , 4f ₀] A _{H/V} (f $^{+}$) < A ₀ / 2	34.75 Hz	OK	
A ₀ > 2	3.84 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{\text{H/V}}(f) \pm \sigma_{\text{A}}(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.00767 < 0.05	OK	
$\sigma_{\rm f} < \epsilon(f_0)$	0.18426 < 1.20156	OK	



SAN ZENO DI MONTAGNA

Prà Bestemà

Instrument: TE3-0223/01-16

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

09:30:11

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

DOWN; wless trig. GPS data not available

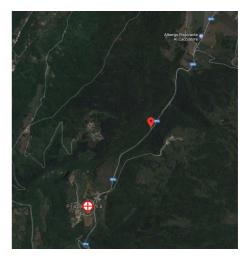
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire

trace.

Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

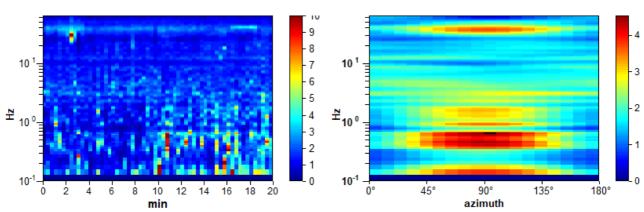
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

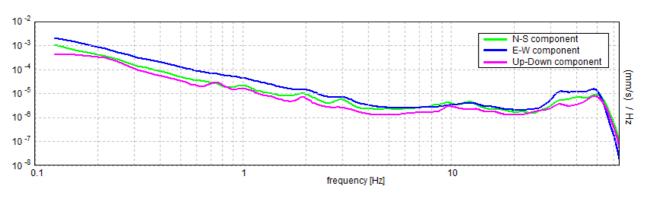


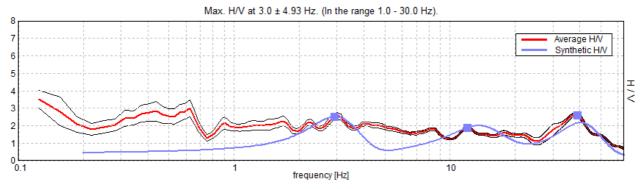
H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V



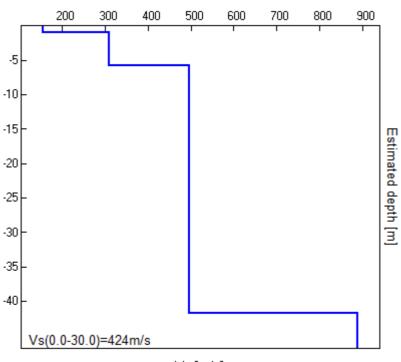
SINGLE COMPONENT SPECTRA





Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	155	0.42
5.80	4.80	310	0.42
41.80	36.00	496	0.42
inf.	inf.	889	0.42

Vs(0.0-30.0)=424m/s



Vs [m/s]

	£ 1 3		
	for a reliable H/V curve		
f ₀ > 10 / L _w	3.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3600.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 145 times	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5Hz$			
[At least	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$			NO
Exists f ⁺ in $[f_0, 4f_0] A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.56 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{\text{H/V}}(f) \pm \sigma_{\text{A}}(f)] = f_0 \pm 5\%$	1.64333 < 0.05		NO
$\sigma_{\rm f} < \epsilon({\sf f}_0)$	4.92999 < 0.15		NO
$\sigma_{\nu}(f_{o}) < \theta(f_{o})$	0.1838 < 1.58	OK	



SAN ZENO DI MONTAGNA Via Tortia

TE3-0223/01-16 Instrument:

Data format: 32 byte Full scale [mV]: 51

Start recording: 12/11/17 11:37:51 End recording:

12/11/17 11:57:51

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP

DOWN; wless trig. GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the

entire trace.

Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s

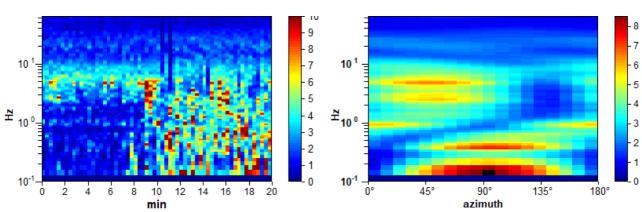
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

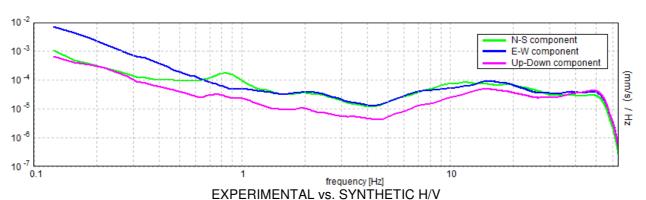


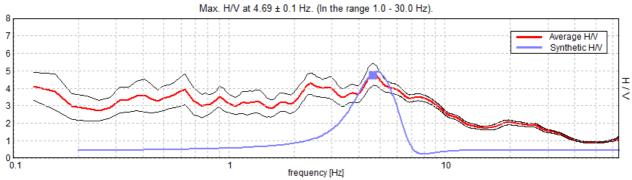
H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V



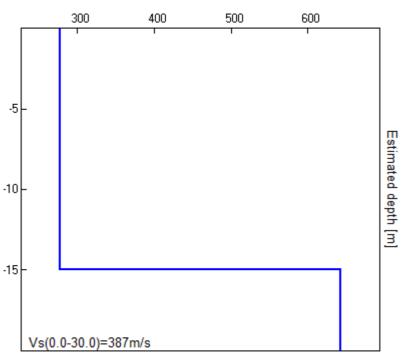
SINGLE COMPONENT SPECTRA





Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
15.00	15.00	277	0.42
inf.	inf.	643	0.35

Vs(0.0-30.0)=387m/s



Vs [m/s]

	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	
$\sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 > 0.5Hz$ $\sigma_A(f) < 3 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0 \text{ if } f_0 < 0.5Hz$	Exceeded 0 out of 226 times	OK	
	a for a clear H/V peak		
	a for a clear H/V peak 5 out of 6 should be fulfilled]		
	• • • • • • • • • • • • • • • • • • •		NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	• • • • • • • • • • • • • • • • • • •	OK	NO
[At least	5 out of 6 should be fulfilled]	OK OK	NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 10.844 Hz		NO
[At least Exists f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ Exists f in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$	5 out of 6 should be fulfilled] 10.844 Hz 4.78 > 2	OK	NO

