

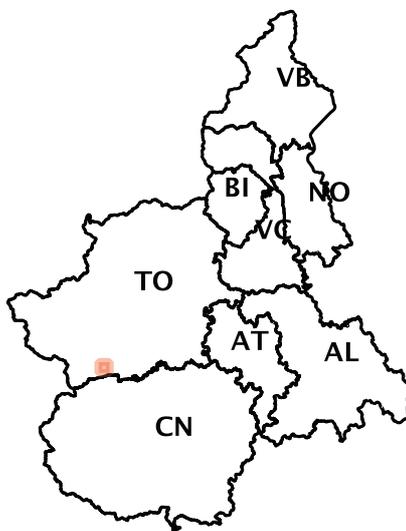
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

### Regione Piemonte

### Comune di Luserna San Giovanni



Regione	Soggetto realizzatore Dott. Geol. Eugenio ZANELLA  Dott. Geol. Umberto PAIRE	Data Settembre 2014
---------	---	------------------------

# INDICE

1. Introduzione
  2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento
  3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area
  4. Dati geotecnici e geofisici
  5. Modello del sottosuolo
  6. Interpretazioni ed incertezze
  7. Elaborati cartografici
    - a. Carta delle indagini
    - b. Carta geologico tecnica per la micro zonazione sismica
    - c. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)
- Allegato 1
- Allegato 2

## 1. INTRODUZIONE

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Luserna San Giovanni sono stati predisposti gli studi di microzonazione sismica sul territorio, in attuazione dei disposti dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77 – annualità 2011 e sulla base dei criteri riportati nell'allegato 2 dell'O.P.C.M. n. 4007/2012, con approfondimenti equivalenti al livello 1 degli Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica, secondo quanto previsto nella D.D. n.3190 del 13/12/2012 della Regione Piemonte.

L'elaborato tecnico di riferimento per l'esecuzione degli studi è rappresentato dagli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS)" (2008) e da Colombi et al. (2011).

Per la redazione degli elaborati cartografici e l'organizzazione delle informazioni, i documenti di riferimento sono stati gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica", versione 3.0 elaborati dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica dell'ottobre 2013.

Le attività fondamentali del progetto sono consistite nella raccolta di tutti i dati geologici, geomorfologici, geologico tecnici, sondaggi, indagini geofisiche relativi ai territori oggetto d'indagine e nell'esecuzione di rilevamenti geologici di controllo sul terreno necessari alla ricostruzione dell'assetto geologico a scala locale, previa raccolta preliminare dei dati esistenti presso gli archivi comunali e le banche dati degli enti pubblici.

Inoltre per alcune zone suscettibili di amplificazioni locali ritenute significative, sono state eseguite indagini con tecnica HVSR, finalizzate a verificare la frequenza naturale del sito. Al fine di interpretare in termini di spessori i dati acquisiti con tecnica HVSR, per la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del terreno, sono state eseguite indagini di sismica superficiale con metodologia MASW, espressi in termini di valori di Vs.

I prodotti sono consistiti in:

- Carta delle indagini (scala 1:10000) dove sono state indicate le prove pregresse e quelle di nuova esecuzione; tutte le prove sono state classificate in base al tipo ed alla profondità raggiunta.
- Carta geologico-tecnica (scala 1:10000) predisposta sulla base dei rilievi geologici e morfologici disponibili e dai dati derivanti dai rilievi di controllo effettuati, corredata da sezioni geologiche significative, in un numero adeguato orientate sia trasversalmente sia longitudinalmente ai principali elementi geologici.
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) (scala 1:10000) dove sono indicate le zone omogenee in prospettiva sismica, propedeutiche ai successivi livelli di approfondimento.
- Banche dati contenenti i dati relativi alle carte prodotte.
- Relazione illustrativa dove sono descritte in dettaglio le metodologie di studio utilizzate, i risultati ottenuti, le cartografie e le banche dati prodotte.

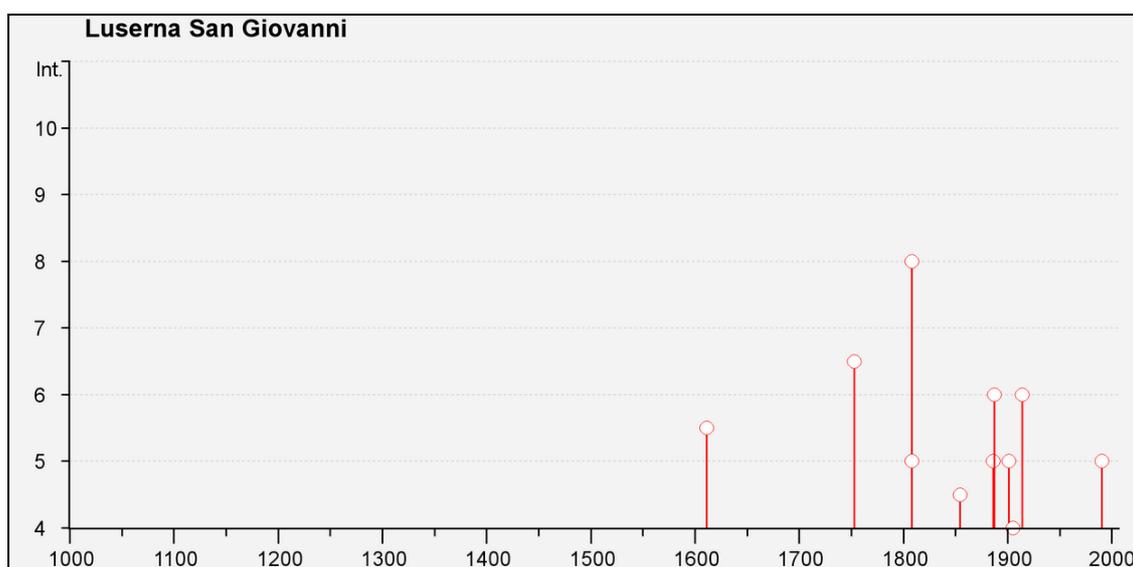
La base topografica utilizzata è la Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti (BDTRE) della Regione Piemonte.

## 2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Per la definizione della pericolosità sismica di base del Comune di Luserna San Giovanni si è fatto riferimento a quanto riportato dalle banche dati ufficiali INGV e ARPA Piemonte; in particolare sono state consultate le seguenti fonti:

- Il Database Macrosismico Italiano versione DSMI11 a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi, dicembre 2011.
- Il Database Arpa Piemonte relativo alla sismicità strumentale dal 1982 ad oggi, visualizzabile sul sito <http://webgis.arpa.piemonte.it/flxview/GeoViewerArpa/>.
- Il Database online della pericolosità sismica in Italia, visualizzabile al sito: <http://esse1.mi.ingv.it/>.

La storia sismica di Luserna San Giovanni è rappresentata dal seguente grafico e dalla tabella, che rappresentano gli eventi storici contenuti nel catalogo italiano risentiti al sito <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>:



**Storia sismica di Luserna San Giovanni  
[44.808, 7.245]**

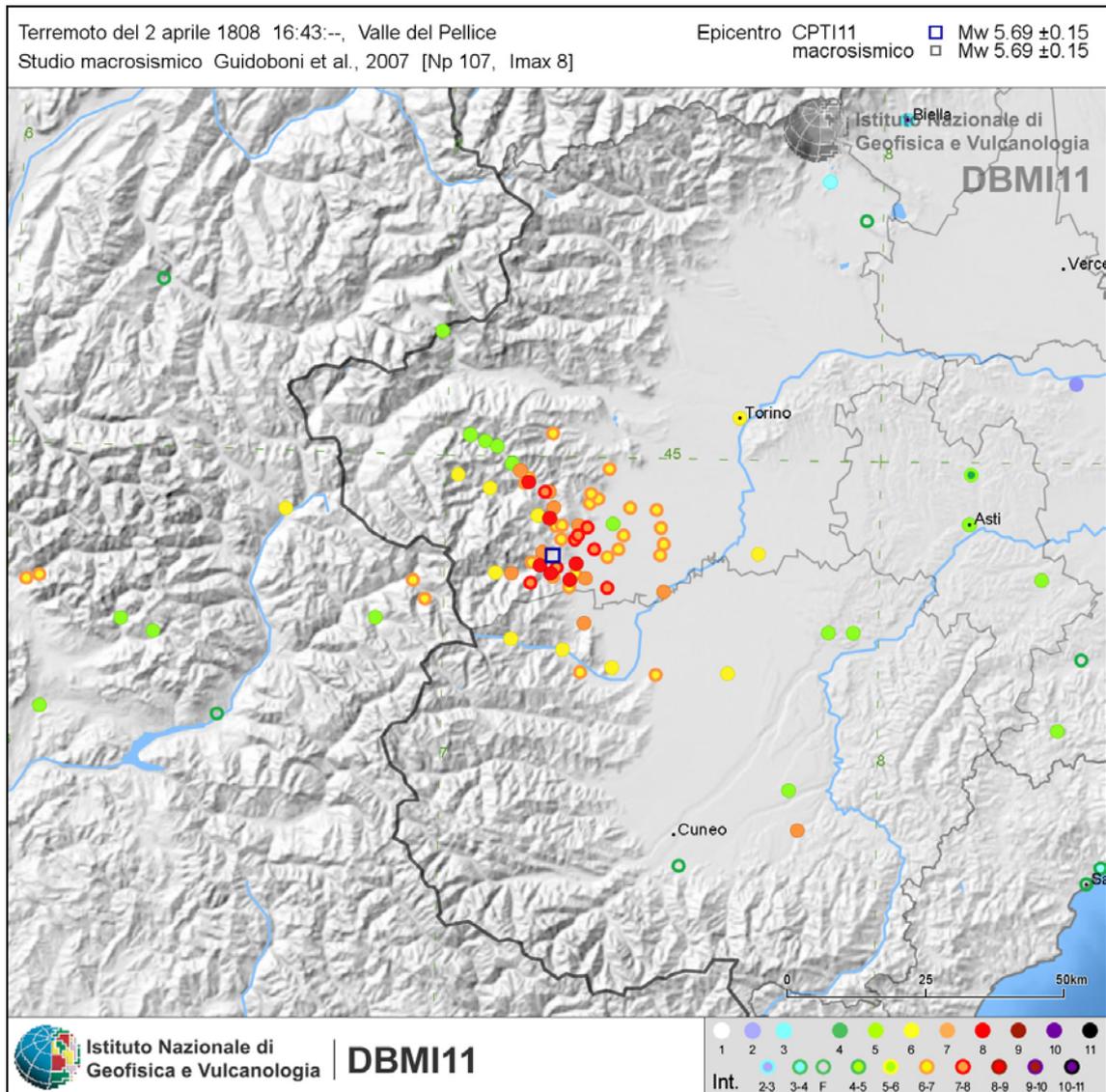
Numero di eventi: 13

Effetti

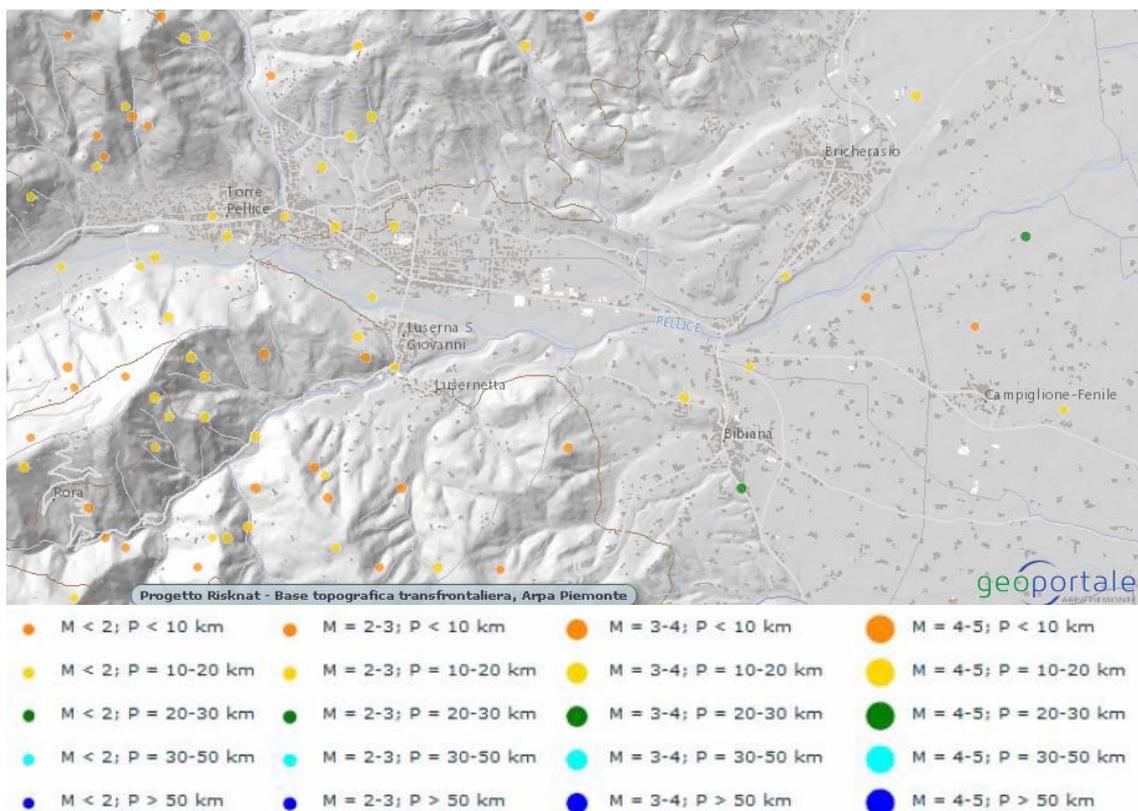
In occasione del terremoto del:

I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
5-6	1611 01 15	Luserna	1	5-6 4.51 ±0.34
6-7	1753 03 09 13:15	Valle del Chisone	17	6-7 5.19 ±0.41
8	1808 04 02 16:43	Valle del Pellice	107	8 5.69 ±0.15
5	1808 04 16 01:15	Valle del Pellice	21	
4-5	1854 12 29 01:45	Liguria occidentale-Francia	86	6.73 ±0.16
5	1886 09 05	VAL DI SUSA	102	7 5.25 ±0.17
6	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15
5	1901 05 25 03:59	Torinese	35	5-6 4.81 ±0.34
4	1905 04 29 01:46	Alta Savoia	267	7-8 5.63 ±0.09
6	1914 10 26 03:43	TAVERNETTE	67	7 5.41 ±0.16
3	1989 12 26 19:59	Mar Ligure	290	4.60 ±0.22
5	1990 02 11 07:00	CANAVESE	201	6 4.71 ±0.09
3-4	2005 06 12 21:16	Val di Susa	103	5 4.09 ±0.14

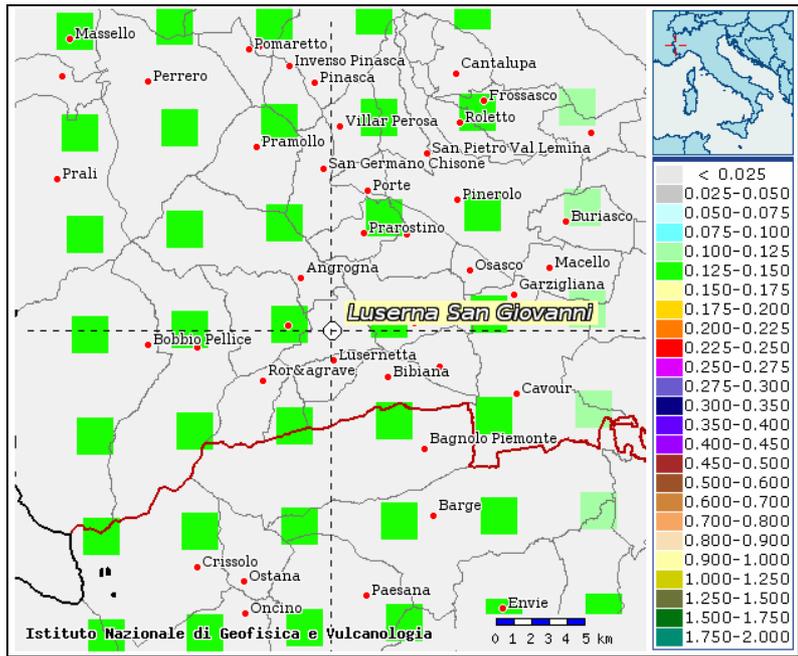
Come si nota dalla tabella l'evento maggiormente risentito a Luserna San Giovanni è quello del 2 aprile 1808, di magnitudo  $M_w$  5.69, che ha prodotto un risentimento al sito di intensità 8 MCS, del quale si riporta il campo macrosismico.



Per quanto riguarda la sismicità recente, monitorata dal 1982, si segnala la presenza di numerosi eventi di bassa magnitudo (< 2) e bassa profondità (< 10 Km e compresi tra 10 e 20 Km):



Per quanto riguarda la classificazione sismica attualmente vigente il Comune di Luserna San Giovanni risulta classificato in zona 3S; il valore rappresentativo dell'accelerazione orizzontale di base attesa a scala comunale, a cui si dovrà fare riferimento per l'applicazione di studi di livello 2 e, in combinazione con altri parametri indicatori di pericolosità, per l'applicazione di studi di livello 3, è di 0,134 g. Tale valore, corrispondente a sollecitazioni su suolo rigido e pianeggiante con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Tempo di ritorno di 475 anni) è ottenuto tramite media pesata sull'inverso della distanza tra l'ubicazione ISTAT del municipio e i circostanti 4 nodi della griglia, riportati di seguito, ove sono calcolati i valori di pericolosità sismica:



### 3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Da quanto disponibile dalle cartografie e dalla relazione a supporto del Piano Regolatore Generale Comunale (Zanella E., 2013), il territorio comunale di Luserna San Giovanni, caratterizzato da un vasto settore montano-collinare e da un settore di fondovalle stretto e allungato da Ovest ad Est, dal punto di vista geologico è costituito da un'importante copertura quaternaria poggiante sul substrato cristallino e pre-quaternario, il quale è costituito principalmente da due litologie : gneiss e micascisti.

I terreni di copertura sono costituiti essenzialmente da:

- Terreni contenenti resti di attività antropica;
- Prodotti eluviali con locali passaggi a zone colluviate che ricoprono in maniera diffusa i versanti a moderata acclività e passano a prodotti più francamente detritici nei settori ad acclività maggiore. Sono costituiti da ciottoli eterometrici e frammenti di roccia a basso grado di arrotondamento con abbondante matrice sabbioso-limosa o limoso-argillosa giallo-rossastra;
- Depositi alluvionali presenti lungo gli alvei di piena ordinaria: costituiscono gli alvei di piena ordinaria del T. Pellice, del T. Angrogna, del T. Luserna e degli altri corsi d'acqua principali. La litologia consiste in ghiaie eterometriche, ciottoli e massi con grado di arrotondamento medio-alto e matrice sabbiosa o sabbioso-limosa bruno-giallastra, grigiastra o brunastra, localmente abbondante. Talora si osservano lenti sabbiose o sabbioso-limose di potenza decimetrica o metrica.
- Depositi alluvionali costituenti le superfici terrazzate di fondovalle. Sono costituiti da ghiaie eterometriche, ciottoli e massi con grado di arrotondamento medio-alto, a matrice sabbiosa o sabbioso-limosa bruno-giallastra, grigiastra o brunastra, localmente abbondante; sono frequenti intercalazioni lentiformi di sabbia e sabbia limosa bruno-grigiastra o brunastra con ghiaia e ciottoli.
- Depositi alluvionali costituenti i terrazzi sospesi pochi metri rispetto ai depositi di fondovalle e formano le superfici terrazzate sospese pochi metri sopra l'alveo del T. Pellice. Sono costituiti da ghiaie eterometriche, ciottoli e massi con grado di arrotondamento medio-alto, a matrice sabbiosa o sabbioso-limosa bruno-giallastra, grigiastra o brunastra, localmente abbondante; sono frequenti le intercalazioni di lenti decimetriche o metriche di sabbia e sabbia-limosa bruno-grigiastra o brunastra con ghiaia e ciottoli.
- Depositi alluvionali terrazzati sospesi di 10-20 m sull'alveo del T. Pellice e 10-30 metri sul T. Luserna: sono costituiti da ghiaie eterometriche, ciottoli e massi con grado di arrotondamento medio-alto, localmente basso, a matrice sabbiosa o sabbioso-limosa grigio-giallastra o brunastra.
- Depositi alluvionali di conoide terrazzati: sono costituiti da ghiaie eterometriche, ciottoli e massi con grado di arrotondamento medio-alto, localmente basso, a matrice sabbiosa o sabbioso-limosa grigio-giallastra o brunastra.
- Depositi alluvionali costituenti i lembi di terrazzo più elevati e relativi prodotti colluviali: sono costituiti da ghiaie e ciottoli a matrice sabbiosa e sabbioso-limosa grigio-giallastra o rossastra, con grado di arrotondamento medio-alto, localmente con intercalazioni lentiformi decimetriche di sabbie e sabbie limose e massi.

All'interno del territorio comunale dal punto di vista geomorfologico sono evidenti i seguenti elementi morfologici principale:

- Terrazzi: sono stati suddivisi a seconda dell'altezza media della scarpata in due categorie:
  - Terrazzi di altezza mediamente compresa tra 10 e 20 m: normalmente associati alle forme morfologiche più antiche, sono per lo più connessi a fenomeni di rimodellamento successivi.
  - Terrazzi di altezza mediamente superiore a 20 m: presentano maggior grado di conservazione connesso con la loro età di formazione di norma più recente rispetto ai primi, e scarpate fortemente acclivi.
- Conoidi alluvionali, espressione diretta della dinamica fluviale e torrentizia del T. Luserna e dell'T. Angrogna raccordanti tra il versante montano e il fondovalle.
- Dorsali in roccia: sono le forme che molto spesso costituiscono gli spartiacque, di diverso ordine gerarchico, che separano tra loro i diversi bacini idrografici.
- Creste in roccia:

## 4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per la raccolta dei dati geotecnici e geofisici esistenti per il territorio comunale si è fatto riferimento al catasto dati geognostici del PRGC e nel sito <http://webgis.arpa.piemonte.it>.

In particolare sono stati censiti:

- n. 9 sondaggi a carotaggio continuo, di cui 2 che intercettano il substrato;
- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo con piezometro,
- n. 9 prelievi di campioni,
- n. 19 prove penetrometriche dinamiche in foro (SPT);
- n. 3 indagini MASW;
- n. 10 Prove penetrometriche dinamiche leggere;
- n. 10 Prove penetrometriche dinamiche pesanti;
- n. 1 Verticale virtuale lungo il profilo sismico a rifrazione;
- n. 3 Verticali virtuali lungo tomografia elettrica;
- n. 28 pozzi per acqua, di cui 4 muniti di stratigrafia;
- n. 1 prova di pozzo;
- n. 34 pozzetti esplorativi;

A completamento dei dati geotecnici e geofisici già disponibili nell'ambito del presente studio sono state eseguite da Ingegneria e Controlli s.r.l. indagini geofisiche aggiuntive, rappresentate da n. 7 indagini HVSR e n. 3 indagini MASW. In particolare nei nuovi siti sono state eseguite entrambe le indagini; dove era già presenti, le indagini MASW sono state implementate da indagine HVSR al fine di migliorarne l'interpretazione in termini sismo stratigrafici e validare le indagini pregresse.

Come accennato le indagini MASW sono state condotte in 3 siti rappresentativi del Comune, accoppiate a misure HVSR.

L'obiettivo delle indagini è la determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs) mediante analisi multicanale di onde superficiali (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves; per onde di superficie si intendono in questo caso le onde di Rayleigh).

Nella maggior parte delle indagini sismiche per cui si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Reyleigh, la componente principale delle onde superficiali.

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga: questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche la loro proprietà dispersive può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali. La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

- l'acquisizione delle onde superficiali;
- la costruzione di una curva di dispersione;

- l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.
- Il sistema di acquisizione dati è costituito da:
- Sismografo: è stato utilizzato il sismografo Geometrics GEODE dotato di 24 canali a 24 bit, con possibilità di stacking, filtri analogici e digitali;
  - Ricevitori: sono stati utilizzati geofoni con asse verticale con frequenza pari a 4,5 Hz;
  - Sorgente di energizzazione: massa battente, costituita da un martello avente massa da 10 kg utilizzato da un operatore. L'impulso viene generato attraverso il colpo del martello su una piastra metallica appoggiata al terreno. L'istante di trigger è fornito da un geofono posizionato in prossimità del punto di battuta.

Per l'acquisizione è stato realizzato uno stendimento sismico MASW costituito da 24 geofoni. Lo stendimento ha previsto la collocazione dei geofoni ad una distanza reciproca di 2 m (dx) fino a coprire un'estensione lineare di 46 m complessivi (D). L'energizzazione è stata effettuata in 2 punti collocati a circa 10 m (x) di distanza dal primo e dall'ultimo geofono dello stendimento. Un geofono trigger è stato disposto accanto ad ogni punto di energizzazione per dare inizio alla registrazione del segnale trasmesso dai 24 geofoni al sismografo multicanale.

I risultati dell'indagine sono riportati nell'Allegato 1 in cui sono fornite le tavole contenenti il sismogramma registrato in fase di misura ed i relativi grafici ottenuti dall'elaborazione (Tavv. M-01, M-02, M-03), l'ubicazione di ciascun stendimento e la relativa documentazione fotografica. Ogni tavola riporta il sismogramma prodotto dai 24 geofoni in fase di acquisizione dati, ossia a seguito dell'attivazione del geofono starter dopo l'energizzazione, le curve di velocità rapportate alla frequenza ed alla profondità del terreno e una tabella di calcolo delle Vs.

La MASW 1 mostra per i primi 3,6 m una Vs media di 369 m/s, al di sotto si riscontrano Vs di 272 m/s per uno spessore di 1,7 m, poi seguono Vs di 685 m/s per 6,7 m, seguiti da Vs di 523 m/s per 6,5 m, da Vs di 482 m/s per 5,5 ed infine a profondità di 30 m si registrano Vs di 810 m/s.

I risultati ottenuti consentono di evidenziare un sottosuolo stratificato, di buone caratteristiche di resistenza meccanica, caratterizzato da un'alternanza di strati a velocità con alcune inversioni. Il bedrock sismico di riferimento ( $V_s > 800$  m/s) non è riscontrabile per tutta la profondità indagata, pari a 30 m di profondità dal piano campagna.

La MASW 2 mostra per i primi 1,1 m una Vs media di 138 m/s, al di sotto si riscontrano Vs di 425 m/s per uno spessore di 5,6 m, poi seguono Vs di 650 m/s per 3,2 m, seguiti da Vs di 477 m/s per 9,3 m, ed infine a profondità di 30 m si registrano Vs di 781 m/s.

I risultati ottenuti consentono di evidenziare un sottosuolo stratificato, di buone caratteristiche di resistenza meccanica, caratterizzato da un'alternanza di strati a velocità con alcune inversioni. Il bedrock sismico di riferimento ( $V_s > 800$  m/s) non è riscontrabile per tutta la profondità indagata, pari a 30 m di profondità dal piano campagna.

La MASW 3 mostra per i primi 2 m una Vs media di 167 m/s, al di sotto si riscontrano Vs di 312 m/s per uno spessore di 2,5 m, poi seguono Vs di 378 m/s per 3,5 m, seguiti da Vs di 503 m/s per 4,3 m, ed infine a profondità di 30 m si registrano Vs di 788 m/s.

I risultati ottenuti consentono di evidenziare un sottosuolo stratificato, di buone caratteristiche di resistenza meccanica, caratterizzato da un progressivo aumento della velocità con la profondità. Il bedrock sismico di riferimento ( $V_s > 800$  m/s) non è riscontrabile per tutta la profondità indagata, pari a 30 m di profondità dal piano campagna. La tecnica HVSR è stata scelta perché poco invasiva, molto rapida e applicabile quasi ovunque rispetto alle indagini geofisiche classiche. Infatti non necessita di lunghi

stendimenti di geofoni, di perforazione o di sorgenti esterne in quanto da uso dei rumori ambientali presenti quasi ovunque.

Si sono eseguite indagini sismiche passive mediante l'acquisizione del microtremore sismico con sensori triassiali a bassa frequenza. Lo scopo è la stima della frequenza di risonanza di sito  $f_0$  tramite rapporto spettrale tra le componenti verticale ed orizzontale registrate (metodo HVSR – H su V Spectral Ratio – Nakamura, 1989). In condizioni stratigrafiche semplici (uno strato soffice su uno rigido – bedrock sismico) è inoltre possibile stimare approssimativamente la profondità del bedrock.

Sono state eseguite n. 7 misure, ed ogni punto di misura è composto da 3 terne di sensori e 3 acquisizioni distinte.

L'indagine HVSR fornisce i seguenti risultati:

- Sismogramma, il quale contiene la registrazione dei segnali di rumore sismico nel tempo per ogni componente (una verticale e due orizzontali) e per ogni punto di misura.
- Spettri delle componenti, le quali riportano il segnale di ciascuna componente nel dominio ampiezza – frequenza ottenuto tramite trasformata di Fourier e opportunamente filtrato.
- Curva H/V: rapporto delle ampiezze spettrali fra la combinazione delle componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V).

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato oltre a sensori Geospace 3D HS1-LT con frequenza propria di 2 HZ, anche un sismografo GEODE (Geometrics) costituito da un modulo a 24 canali controllato tramite laptop. La durata dell'acquisizione è funzionale della frequenza di campionamento con il limite di 64000 campioni per canale; la dinamica del convertitore analogico/digitale è di 24 bit.

Successivamente i dati sono stati elaborati attraverso il software Geopsy 2.7.0, [www.geopsy.org](http://www.geopsy.org), licenza GNU GPL.

Il segnale grezzo deve essere filtrato in dominio di tempo per eliminare i transitori associati a specifiche sorgenti, quali ad esempio traffico veicolare o vibrazione indotte dal passaggio di pedoni. La procedura per individuare i transitori si basa sul paragone tra la media a breve termine “STA” e quella a lungo termine “LTA”, di cui la prima è una media dell'ampiezza del segnale su un periodo breve di tempo, mentre la seconda è una media dell'ampiezza calcolata su una finestra di alcune decine di secondi.

Il segnale filtrato viene segmentato in finestre di lunghezza di alcuni secondi ciascuna. La finestratura deve minimizzare gli effetti di bordo per evitare la creazione di frequenze parassite. Le linee guida SESAME definiscono la lunghezza minima e il numero minimo di finestre in funzione della frequenza principale di risonanza  $f_0$ .

La curva H/V è il rapporto delle ampiezze spettrali fra le componenti orizzontali (H) e verticali (V).

Il calcolo della curva H/V avviene secondo i seguenti passi:

- calcolo dello spettro di ampiezza per ciascuna finestra e ciascun componente (V, H1, H2).
- combinazione degli spettri delle componenti orizzontali di ciascuna finestra in una componente orizzontale media:
- 

$$HVSR = \frac{\sqrt{H1(f)^2 + H2(f)^2}}{2}$$

- lisciatura delle componenti V e H con un'opportuna funzione di smoothing (Konno K. & Ohmachi T., 1998).
- calcolo del rapporto H/V per ogni finestra.
- calcolo della curva finale H/V come media di tutte le curve H/V provenienti dalle singole finestre.

Le linee guida SESAME stabiliscono una serie di criteri per la valutazione della significatività dei picchi H/V. Si tratta essenzialmente di criteri di tipo statistico che hanno lo scopo di segnalare situazioni poco chiare.

La prima parte di questi criteri è dedicata alla valutazione dell'attendibilità statistica della curva H/V, mentre la seconda parte è dedicata alla valutazione della chiarezza del picco H/V tramite un'analisi morfologica. Il picco che risponde ai criteri di selezione di SESAME corrisponde alla frequenza di risonanza  $f_0$ .

Solo in presenza di stratigrafia particolarmente semplice (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore  $h$  dello strato soffice, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo ( $V_s$ ) e la frequenza di risonanza fondamentale  $f_0$  dello strato mediante la relazione:

$$f = \frac{V_s}{4 * h}$$

I risultati delle misurazioni, riportati in Allegato 1, per ogni stazione di misura comprendono:

- scheda di campo che riporta le condizioni in cui sono state effettuate le misure;
- immagini relative all'ubicazione dei punti di misura, alla strumentazione utilizzata e all'orientamento del sensore;
- grafico componenti spettrali non filtrate e non lisceate;
- grafico componenti spettrali non filtrate e lisceate tramite operatore Konno & Ohmachi (1998),
- grafico andamento del rapporto H/V in funzione della direzione;
- grafico del rapporto H/V e relativa  $f_0$  calcolata;
- parametri di qualità SESAME per la curva H/V ottenuta.

## 5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Sulla base di tutte le indagini reperite è stato possibile costruire il modello di riferimento per il sottosuolo del territorio comunale, finalizzato alla costruzione della Carta Geologica Tecnica.

In particolare:

- I depositi alluvionali presenti nel settore di fondovalle e lungo i terrazzi alluvionali, di spessore pluri-decamentrico, sono costituiti da ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia e sono classificabili secondo la classificazione delle terre U.S.C.S. come GP; sono caratterizzati da un basso grado di addensamento, e presentano generalmente da buone ad elevate caratteristiche geotecniche. L'ambiente genetico-deposizionale è di tipo lacustre glaciale;
- I depositi alluvionali presenti nelle zone di raccordo e lungo i terrazzi alluvionali più elevati sono costituiti da sedimenti a granulometria grossolana con abbondante matrice fine di natura limoso argillosa; sono pertanto classificabili secondo la classificazione U.S.C.S. come GM, materiali prevalentemente incoerenti con medio grado di addensamento, che presentano generalmente da buone ad elevate caratteristiche geotecniche. L'ambiente genetico-deposizionale di tali terreni di copertura è da attribuirsi a terrazzo fluviale e conoide alluvionale;
- Le coperture eluvio-colluviali limoso argillose, poste sul substrato roccioso, sono classificabili secondo la classificazione U.S.C.S. come ML; sono pertanto materiali coesivi poco consistenti, a granulometria fine e poggianti direttamente sul substrato roccioso, posto a profondità variabile dai 5 ai 10 m.
- Il substrato rigido ( $V_s > 800$  m/s), dai dati a disposizione, è caratterizzato da litotipi con caratteristiche geomeccaniche ottime in relazioni della scistosità, alla fratturazione ed al grado di alterazione. È attribuibile ad un substrato lapideo stratificato (LPS) e si presenta a profondità variabile rispettivamente dai 5 ai 75 m di profondità a seconda dei settori.

## **6. INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE**

I dati geologici e geotecnici a disposizione non possono essere ritenuti sufficientemente rappresentativi dell'intero territorio comunale, in quanto la presenza di superfici sepolte e in alcuni settori mancanza di dati geognostici non permettono di conoscere con precisione le caratteristiche del sottosuolo.

Per quanto riguarda i dati geofisici essi possono essere ritenuti abbastanza attendibili, ma non sufficientemente distribuiti arealmente; si è pertanto ritenuto necessario integrare tali dati con nuove indagini geofisiche con l'obiettivo di verificarne l'attendibilità e l'omogeneità spaziale.

## 7. ELABORATI CARTOGRAFICI

Nell'ambito dello studio in oggetto sono state prodotte a scala 1:10000 la carta delle indagini, la carta geologico tecnica e la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

### a. Carta delle indagini

Nella carta vengono riportati i punti ed il tipo di indagini effettuate; in particolare sono stati reperiti dati inerenti, i sondaggi a carotaggio continuo, i sondaggi con prelievo di campioni, i sondaggi con prove penetrometriche SPT in foro, i sondaggi con piezometro, le prove penetrometriche dinamiche leggere e pesanti, le indagini MASW, i pozzi per acqua, i pozzetti esplorativi e le verticali virtuali lungo la tomografia elettrica. Sono anche riportati i punti nei quali sono state effettuate le indagini HVSR, da microtremore a stazione singola e le indagini MASW, effettuate nell'ambito del presente studio. Alla carta è allegata la banca dati inerente tutte le informazioni previste negli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Vol. 3.0).

### b. Carta geologico tecnica

La carta geologico tecnica a supporto degli studi di micro zonazione sismica di livello 1 ha la funzione di condensare tutte le informazioni geologiche raccolte e disponibili dagli studi geologici pregressi: obiettivo finale è quello di supportare la definizione di microzone omogenee in prospettiva sismica e quindi, nel caso delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica, quello di indicare la profondità dell'ipotetico substrato rigido, inteso come materiale caratterizzato da valori di  $V_s$  superiori a 800 m/s, e la tipologia di sedimento che lo ricopre (unità litotecniche).

Le unità litotecniche presenti nel territorio in esame sono, per quanto riguarda i terreni di copertura, le Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia (GPfl), le Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (GMtf e GMca), i Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (MLec); per quanto riguarda il substrato geologico rigido il Substrato Lapideo (LPS).

La carta riporta anche le tracce delle sezioni geologiche – tecniche rappresentative del modello geologico.

Per quanto riguarda gli elementi geologici ed idrogeologici sono riportati i pozzi per acqua con l'indicazione della profondità del livello della falda ed i sondaggi con l'indicazione della profondità del substrato o nel caso di non raggiungimento del substrato la profondità del sondaggio.

Inoltre sono state riportate le forme di superficie e sepolte riconosciute all'interno del territorio comunale e in particolare: gli orli di terrazzi fluviali con altezze variabili dai 10 – 20 m, gli orli fluviali con altezza maggiore di 20 m, i conoidi alluvionali, le creste e le dorsali in roccia, e la valle sepolta stretta ( $C \geq 0,25$ ) e larga ( $C < 0,25$ ).

Sulla base delle indagini geofisiche pregresse e di nuova esecuzione e in base ad operazioni di estrapolazione areale è stata ipotizzata la profondità del substrato rigido per tutta l'area oggetto di studio.

Nell'Allegato 2 sono state riportate le sezioni geologico tecniche ricostruite per l'area di studio.

Nelle sezioni sono stati riportati gli andamenti dei terreni di copertura fino al raggiungimento del terreno caratterizzato da velocità delle onde S maggiori di 800 m/s e

del substrato lapideo, finalizzate alla costruzione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) sulla base dei dati presenti nell'area.

### **a. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)**

Sulla base delle informazioni e delle carte precedentemente descritte è stata redatta la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

Le microzone della carta sono classificate in due categorie:

- a) Zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali dovuti ad amplificazione litostratigrafica (substrato geologico in affioramento);
- b) Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico locale;

Mancano le zone suscettibili di instabilità legate a fenomeni di versante, liquefazione, faglie attive e capaci e cedimenti differenziali.

Le zone classificate come Zone stabili sono quelle in cui si ha la presenza di substrato lapideo.

Le Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono state suddivise in 8 diverse zone, caratterizzate dalla presenza di terreni di copertura diversa e di diversa potenza fino al raggiungimento del terreno caratterizzato da Vs maggiori di 800 m/s.

In particolare:

- La Zona 1 è caratterizzata dalla presenza di Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML), con spessore variabile da 5 m a 15 m.
- La Zona 2 è caratterizzata dalla presenza di ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (GM), con spessore variabile da 15 m a 30 m.
- La Zona 3 è caratterizzata dalla presenza di ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia (GP), con spessore variabile da 30 m a 50 m.
- La Zona 4 è caratterizzata dalla presenza di ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia (GP), con spessore variabile da 15 m a 30 m.
- La Zona 5 è caratterizzata dalla presenza di terreni contenenti resti di attività antropica (RI), con spessore variabile da 5 a 10 m poggianti su ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia (GP), con spessore variabile da 15 m a 30 m.
- La Zona 6 è caratterizzata dalla presenza di ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia (GP), con spessore variabile da 10 a 15 m, poggianti su limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML), con spessore variabile da 15 a 25 m.
- La Zona 7 è caratterizzata dalla presenza di ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia (GP), con spessore variabile da 10 a 35 m, poggianti su limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML), con spessore variabile da 40 a 60 m.
- La Zona 8 è caratterizzata dalla presenza di ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia (GP), con spessore variabile da 5 a 10 m, poggianti su limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML), con spessore variabile da 60 a 75 m.

Nella carta sono riportate anche le forme di superficie quali:

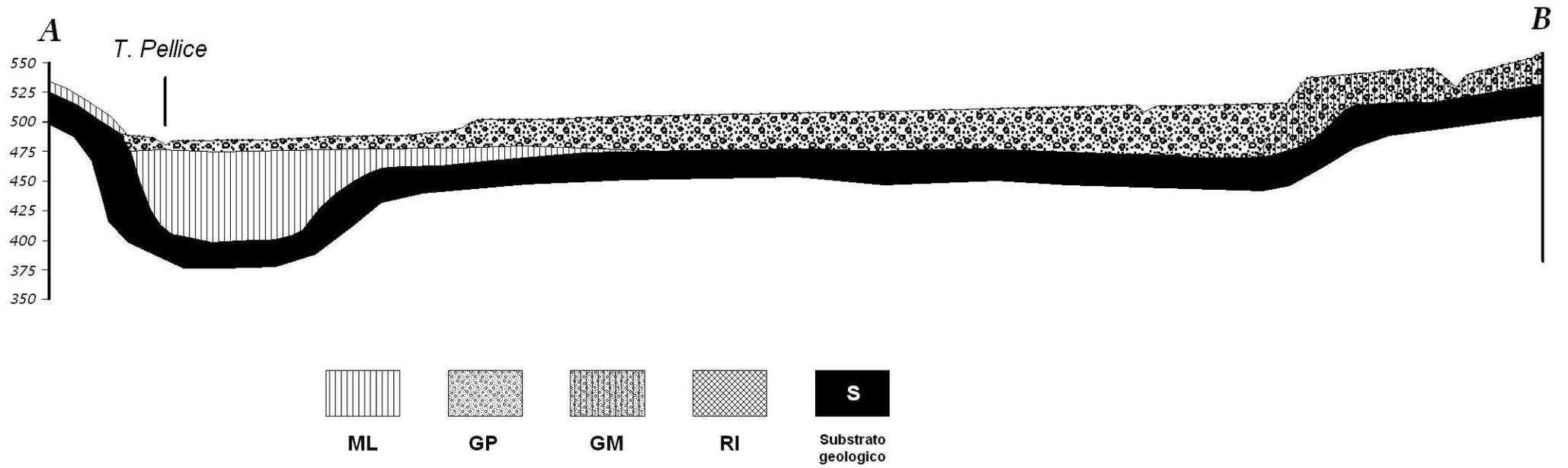
2. gli orli di terrazzi fluviali con altezze variabili dai 10 – 20 m;
3. gli orli di terrazzi fluviali con altezza maggiore di 20 m;
4. i conoidi alluvionali;
5. le creste e le dorsali in roccia;
6. la valle sepolta stretta ( $C \geq 0,25$ ) e larga ( $C < 0,25$ );

Inoltre sono stati riportati i punti di misure di rumore ambientale con l'indicazione del valore della frequenza di risonanza  $f_0$  (HVSR) e sono state rappresentate le tracce delle sezioni topografiche per gli eventuali successivi approfondimenti.

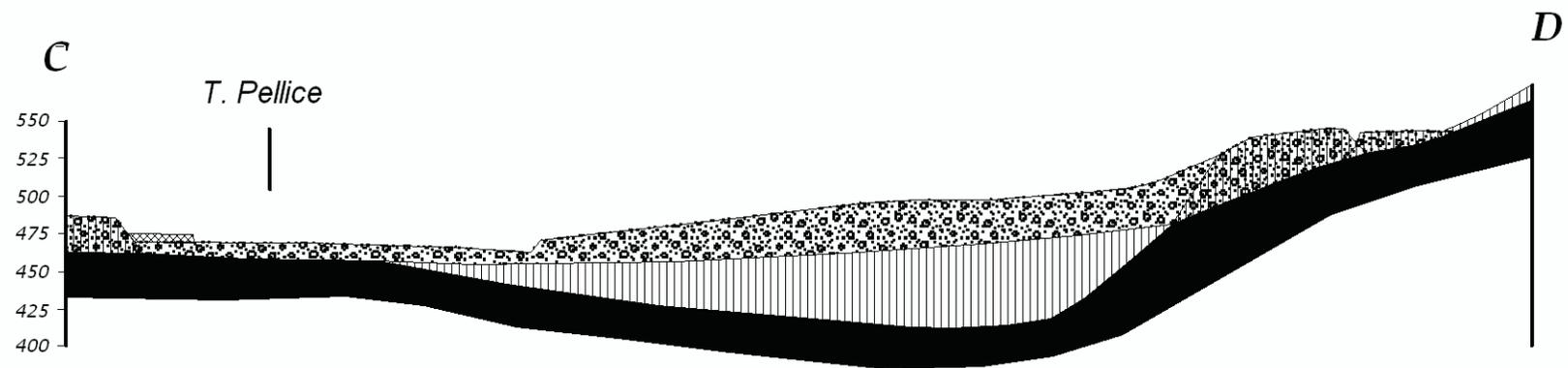
In generale l'area è caratterizzata da orizzonti piano paralleli, tuttavia sono state individuate geometrie sepolte nel settore di fondovalle al confine con il Comune di Torre Pellice e nelle zone dei conoidi del Torrente Luserna e Angrogna, per i quali sono necessari studi di maggior dettaglio per impostare le indagini di livello 2, come previsto dagli ICMS.

## **ALLEGATO 1**

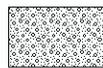
scala altezze 1:5.000  
scala lunghezze 1:10.000



scala altezze 1:5.000  
scala lunghezze 1:10.000



ML



GP



GM



RI



S  
Substrato  
geologico

## **ALLEGATO 2**

**HVSR1**

LUOGO: <b>Luserna San Giovanni</b>	DATA: <b>20/06/2014</b>	ORA: <b>11:10</b>
OPERATORE: <b>ing. Emanuele Bena</b>		
LATTITUDINE: <b>44° 48' 28.48" N</b>	LONGITUDINE: <b>7° 14' 34.10" E</b>	ALTEZZA ELLISSOIDICA: <b>496 m</b>
TIPO STAZIONE: <b>Stazione singola</b>	TIPO SENSORE: <b>Geospace 3D-HS1-LT 2 Hz e Geometrics Geode</b>	TIPO GPS:
N° STAZIONE: <b>1</b>	N° SENSORE: <b>4</b>	NOME STAZIONE: <b>HVSR1</b>
GUADAGNO: <b>24 dB</b>	FREQ. CAMP.: <b>125 Hz</b>	DURATA REG.: <b>25' 36"</b>
CONDIZIONI METEO	VENTO: <b>No</b>	
	PIOGGIA: <b>No</b>	
	TEMPERATURA: <b>30 °C</b>	OSSERVAZIONI:
TIPO DI TERRENO	<b>Terra (erba bassa)</b>	
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO-STRUMENTO	<b>No</b>	
DENSITÀ EDIFICI	<b>Media</b>	

**SORGENTI DI RUMORE**

Transiti	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza [m]
Macchine				X		15
Camion		X				15
Pedoni		X				15
altro						

Sorgenti di rumore	Strada 15 m a Ovest Cantiere 30 m a Est
Strutture vicine	Alberi alti, case

Regione Piemonte  
Provincia di Torino  
Comune di Luserna San Giovanni

Dott. Geol. Eugenio Zanella.

**Indagini e studi di microzonazione sismica con grado di approfondimento corrispondente al livello 1 degli ICMS**

**MISURA MICROTREMORE SISMICO (metodologia HVSR – H su V Spectral Ratio)**

**HVSR1  
Loc. Luserna Alta**



Tavola

**H-01**

Pag.1

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1 – Foto sensori - Ubicazione (sinistra) e dettaglio (destra).

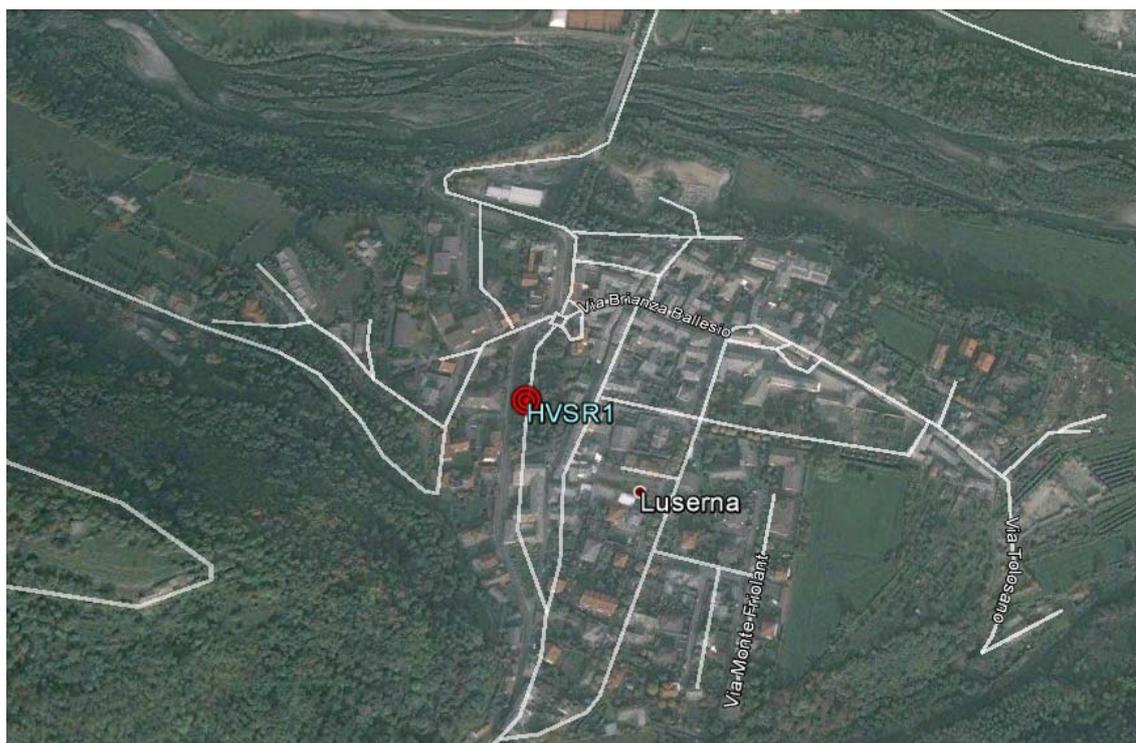


Figura 2 – Foto sensori - Direzione nord (sinistra) e sud (destra).



Figura 3 – Foto sensori - Direzione est (sinistra) e ovest (destra).

## UBICAZIONE

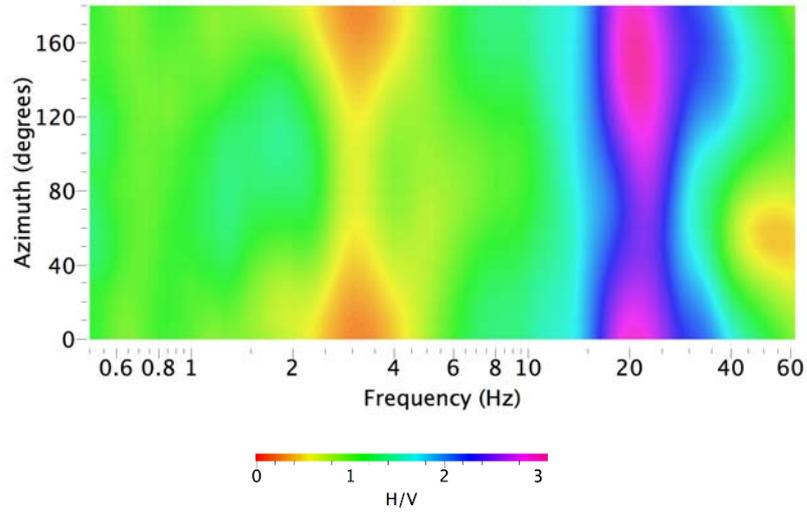


(Fonte: Google Earth).

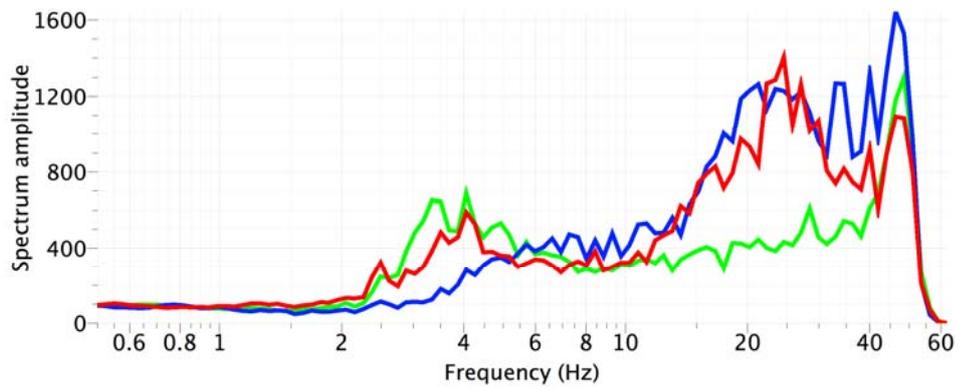


(Fonte: CTR Piemonte Sez. 172150 e 172160).

### DIREZIONALITA' RAPPORTO H/V

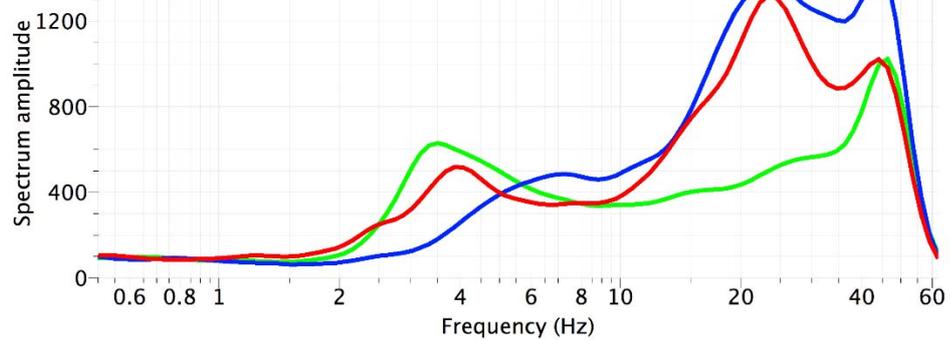


### COMPONENTI SPETTRI NON LISCIATI



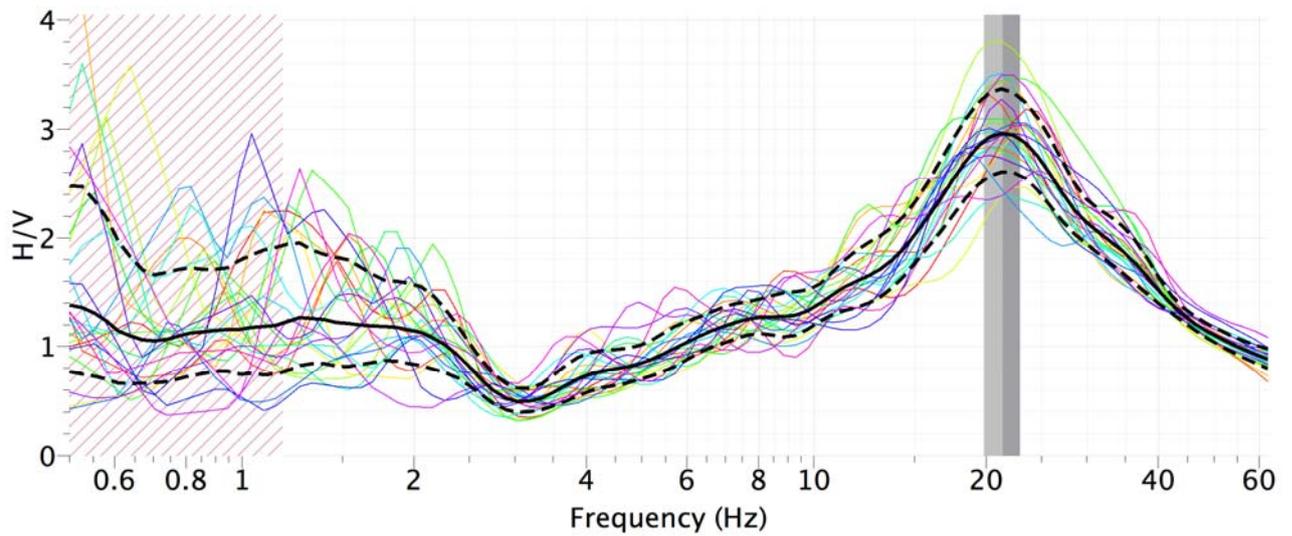
Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

### COMPONENTI SPETTRI LISCIATI



Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

## H/V



La curva H/V è affidabile e mostra un picco chiaro a 21.34 Hz.

## PARAMETRI DI QUALITA' SESAME

### Picco H/V a 21.34 ±1.54 Hz

#### Criteri per una curva H/V affidabile

critero	limite	valore	pass
1.1) $f_0 > 10 / l_w$	> 2.50	21.34	ok
1.2) $n_c(f_0) > 200$	> 200	2048.64	ok
1.3) $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	< 2	0.37	ok

#### Criteri per un picco H/V chiaro

critero	limite	valore	pass
2.1) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	< 1.48	0.85	ok
2.2) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	< 1.48	0.88	ok
2.3) $A_0 > 2$	> 2	2.96	ok
2.4) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	[20.27 - 22.41]	[21.17 - 21.34]	ok
2.5) $\sigma_f < \epsilon(f_0)$	< 1.07	1.54	no
2.6) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	< 1.58	0.375	ok

## HVSR2

LUOGO: <b>Luserna San Giovanni</b>	DATA: <b>19/06/2014</b>	ORA: <b>14:20</b>
OPERATORE: <b>ing. Emanuele Bena</b>		
LATTITUDINE: <b>44° 49' 4.60" N</b>	LONGITUDINE: <b>7° 15' 36.47" E</b>	ALTEZZA ELLISSOIDICA: <b>474 m</b>
TIPO STAZIONE: <b>Stazione singola</b>	TIPO SENSORE: <b>Geospace 3D-HS1-LT 2 Hz e Geometrics Geode</b>	TIPO GPS:
N° STAZIONE: <b>1</b>	N° SENSORE: <b>4</b>	NOME STAZIONE: <b>HVSR2</b>
GUADAGNO: <b>24 dB</b>	FREQ. CAMP.: <b>125 Hz</b>	DURATA REG.: <b>25' 36"</b>
CONDIZIONI METEO	VENTO: <b>No</b>	
	PIOGGIA: <b>No</b>	
	TEMPERATURA: <b>30 °C</b>	OSSERVAZIONI:
TIPO DI TERRENO	<b>Terra (erba molto alta)</b>	
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO-STRUMENTO	<b>No</b>	
DENSITÀ EDIFICI	<b>Radi</b>	

### SORGENTI DI RUMORE

Transiti	nessuno	poco frequentissimi	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza [m]
<b>Macchine</b>			<b>X</b>			
<b>Camion</b>	<b>X</b>					
<b>Pedoni</b>		<b>X</b>				
<b>altro</b>						
<b>Sorgenti di rumore</b>		<b>No</b>				
<b>Strutture vicine</b>		<b>Edificio due piani</b>				

Regione Piemonte  
Provincia di Torino  
Comune di Luserna San Giovanni

Dott. Geol. Eugenio Zanella.

**Indagini e studi di microzonazione sismica con  
grado di approfondimento corrispondente al  
livello 1 degli ICMS**

**MISURA MICROTREMORE SISMICO  
(metodologia HVSR – H su V Spectral Ratio)**

**HVSR2  
Loc. Strada Vecchia di San  
Giovanni**



Tavola

H-02

Pag.1

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1 – Foto sensori - Ubicazione (sinistra) e dettaglio (destra).

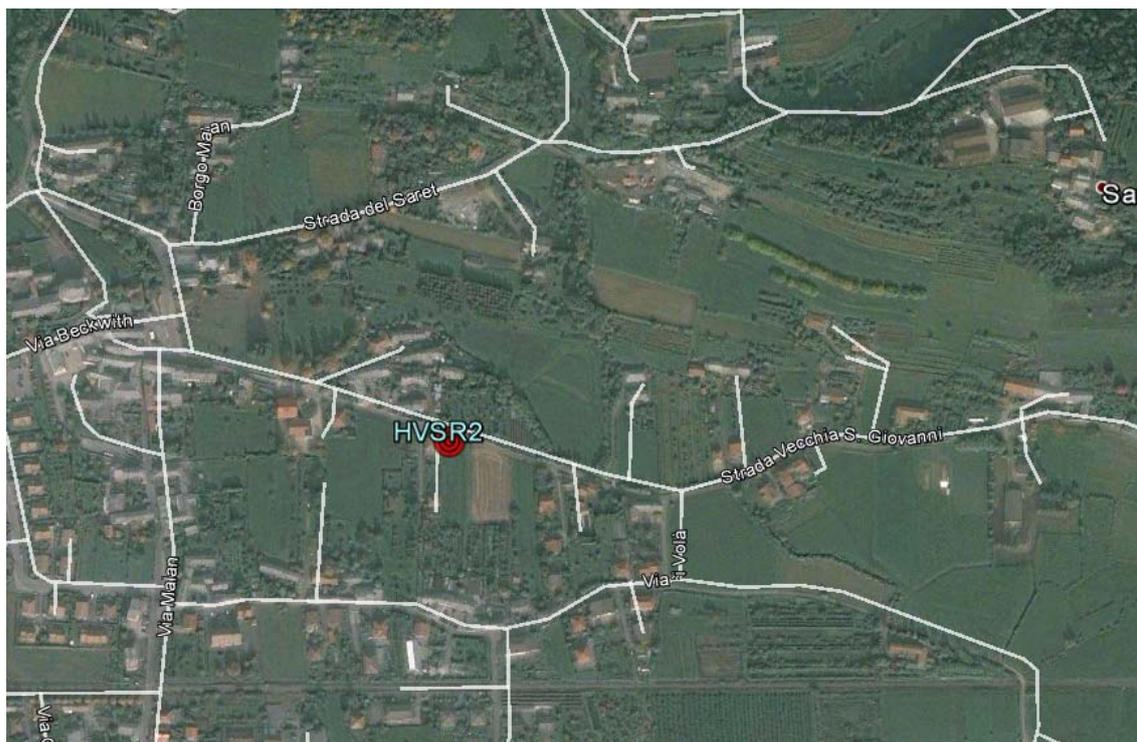


Figura 2 – Foto sensori - Direzione nord (sinistra) e sud (destra).

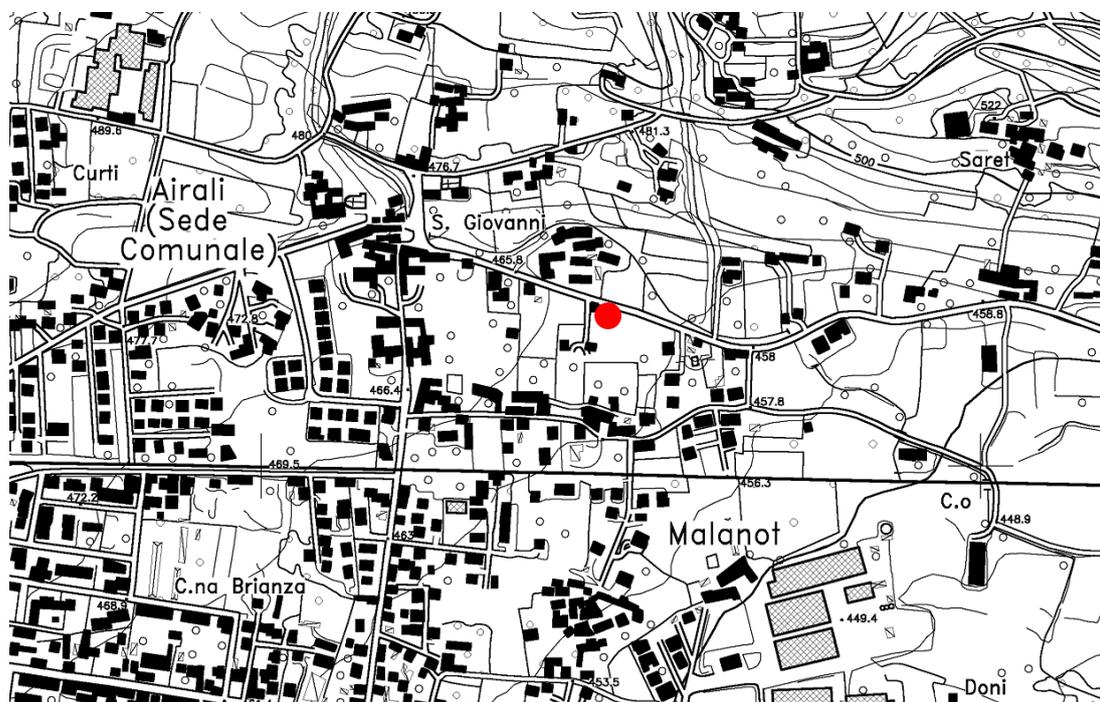


Figura 3 – Foto sensori - Direzione est (sinistra) e ovest (destra).

## UBICAZIONE

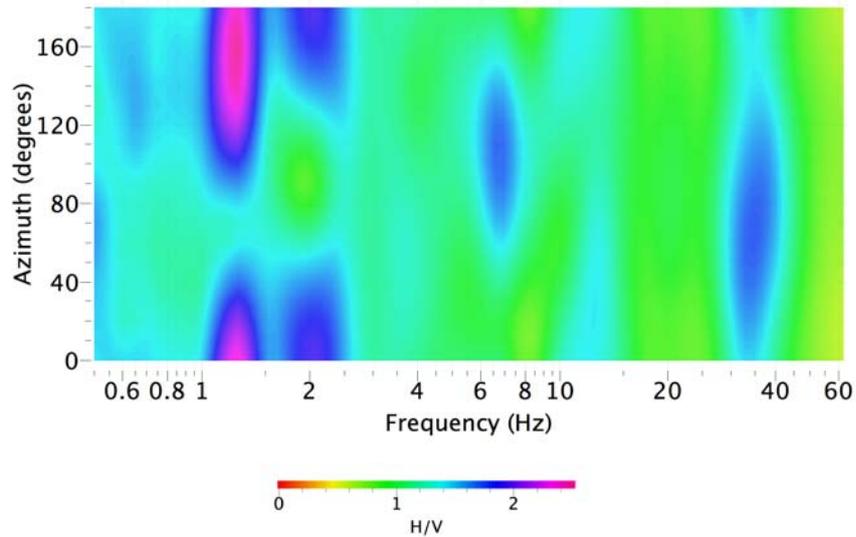


(Fonte: Google Earth).

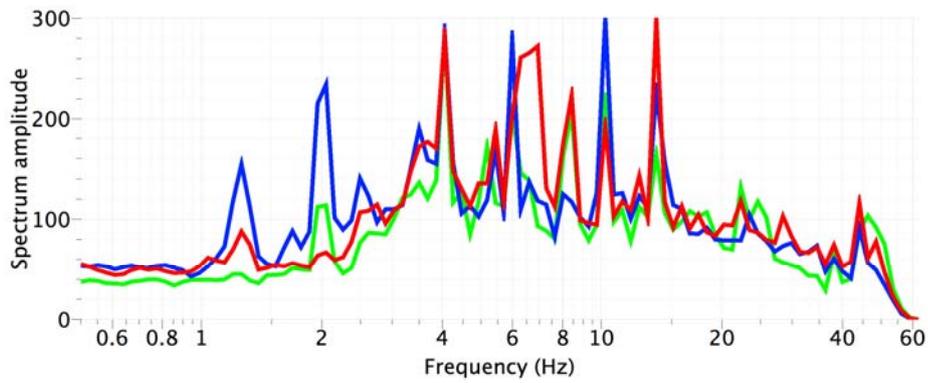


(Fonte: CTR Piemonte Sez. 172160).

### DIREZIONALITA' RAPPORTO H/V

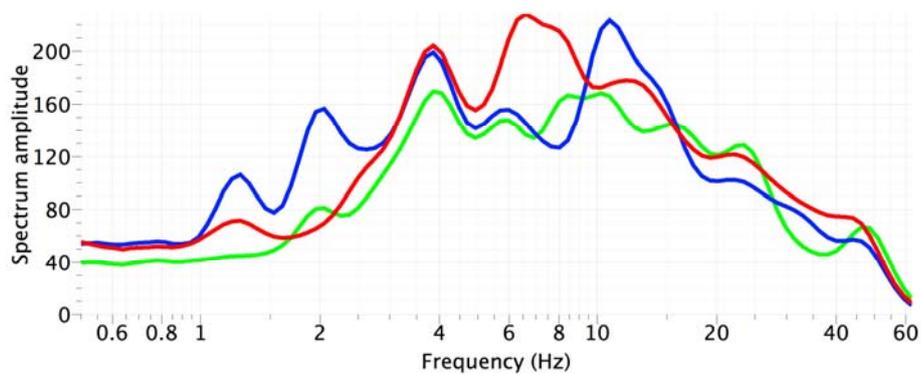


### COMPONENTI SPETTRI NON LISCIATI



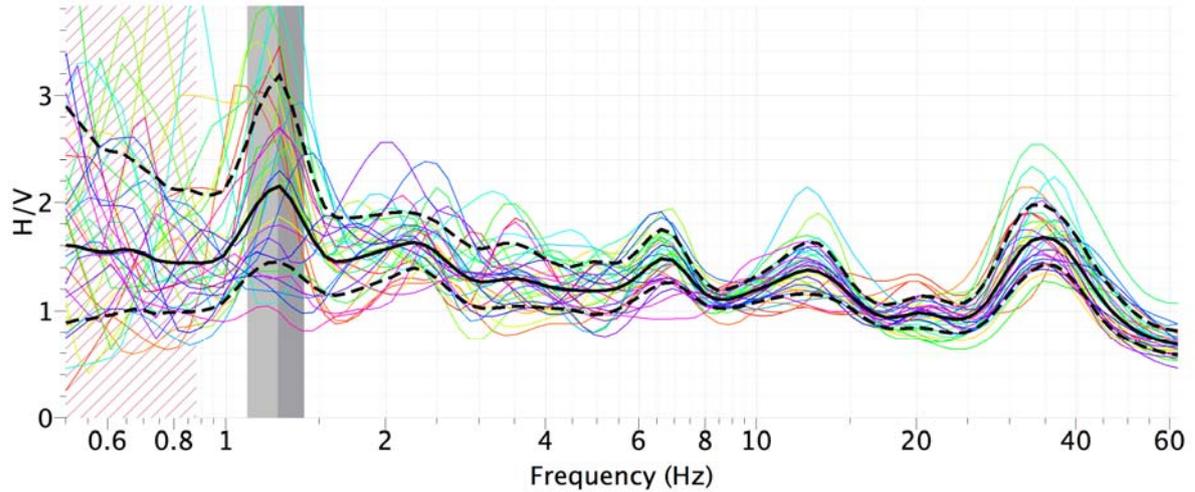
Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

### COMPONENTI SPETTRI LISCIATI



Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

## H/V



La curva H/V è affidabile ma il picco a 1.25 Hz non è chiaro. Inoltre non è soddisfatto il requisito di omnidirezionalità: tale picco può essere dovuto alla presenza di rumore di origine antropica.

## PARAMETRI DI QUALITA' SESAME

### Picco H/V a $1.25 \pm 0.15$ Hz

#### Criteri per una curva H/V affidabile

criterio	limite	valore	pass
1.1) $f_0 > 10 / l_w$	$> 1.25$	1.25	ok
1.2) $n_c(f_0) > 200$	$> 200$	260	ok
1.3) $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	$< 2$	0.85	ok

#### Criteri per un picco H/V chiaro

criterio	limite	valore	pass
2.1) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	$< 1.07$	1.39	no
2.2) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	$< 1.07$	1.19	no
2.3) $A_0 > 2$	$> 2$	2.14	ok
2.4) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	[1.19 - 1.31]	[1.22 - 1.26]	ok
2.5) $\sigma_f < \epsilon(f_0)$	$< 0.13$	0.15	no
2.6) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$< 1.78$	0.855	ok



**HVSR2**  
Loc. Strada Vecchia di San Giovanni

Tavola

# H-02

Pag. 5

**HVSR3**

LUOGO: <b>Luserna San Giovanni</b>	DATA: <b>20/06/2014</b>	ORA: <b>8:00</b>
OPERATORE: <b>ing. Emanuele Bena</b>		
LATITUDINE: <b>44° 48' 57.48" N</b>	LONGITUDINE: <b>7° 15' 15.97" E</b>	ALTEZZA ELLISSOIDICA: <b>473 m</b>
TIPO STAZIONE: <b>Stazione singola</b>	TIPO SENSORE: <b>Geospace 3D-HS1-LT 2 Hz e Geometrics Geode</b>	TIPO GPS:
N° STAZIONE: <b>1</b>	N° SENSORE: <b>4</b>	NOME STAZIONE: <b>HVSR3</b>
GUADAGNO: <b>24 dB</b>	FREQ. CAMP.: <b>125 Hz</b>	DURATA REG.: <b>25' 36"</b>
CONDIZIONI METEO	VENTO: <b>No</b>	
	PIOGGIA: <b>No</b>	
	TEMPERATURA: <b>20 °C</b>	OSSERVAZIONI:
TIPO DI TERRENO	<b>Terra</b>	
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO-STRUMENTO	<b>No</b>	
DENSITÀ EDIFICI	<b>No</b>	

**SORGENTI DI RUMORE**

Transiti	nessuno	poco frequentissimi	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza [m]
Macchine				X		20
Camion			X			
Pedoni	X					
altro						

Sorgenti di rumore	Strada a 20 m
Strutture vicine	No

Regione Piemonte  
Provincia di Torino  
Comune di Luserna San Giovanni

Dott. Geol. Eugenio Zanella.

**Indagini e studi di microzonazione sismica con  
grado di approfondimento corrispondente al  
livello 1 degli ICMS**

**MISURA MICROTREMORE SISMICO  
(metodologia HVSR – H su V Spectral Ratio)**

**HVSR3  
Loc. Luserna Via Olivet**



Tavola

**H-03**

Pag.1

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1 – Foto sensori - Ubicazione (sinistra) e dettaglio (destra).

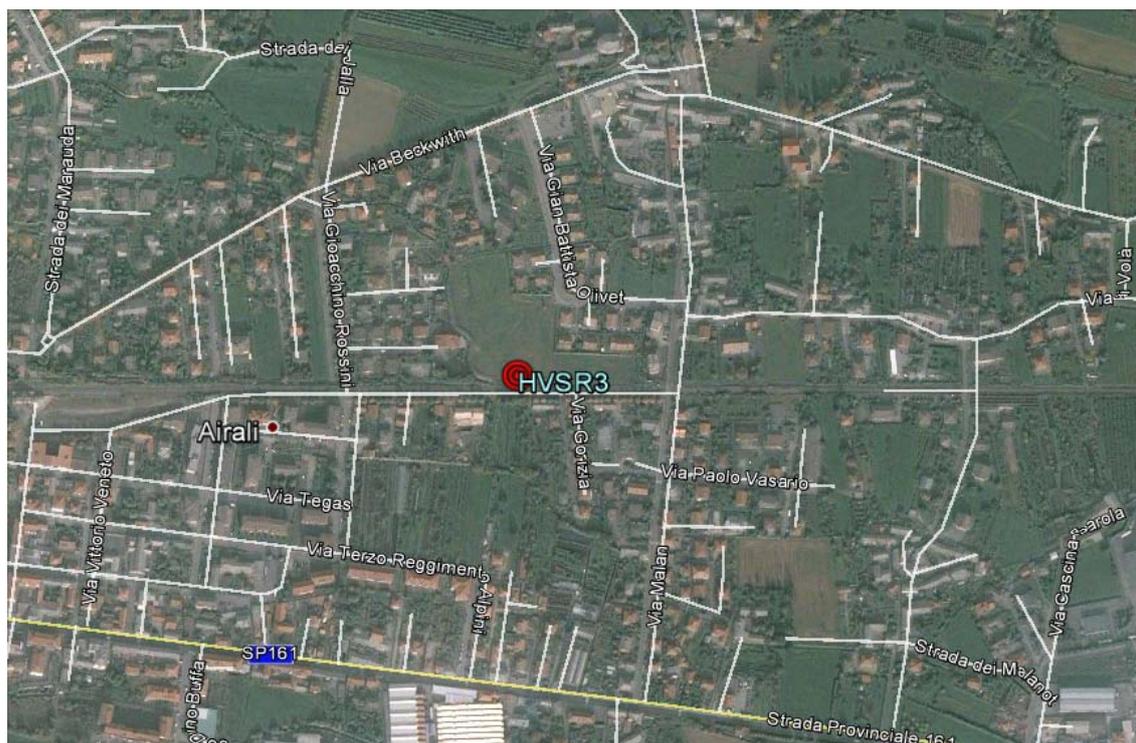


Figura 2 – Foto sensori - Direzione nord (sinistra) e sud (destra).

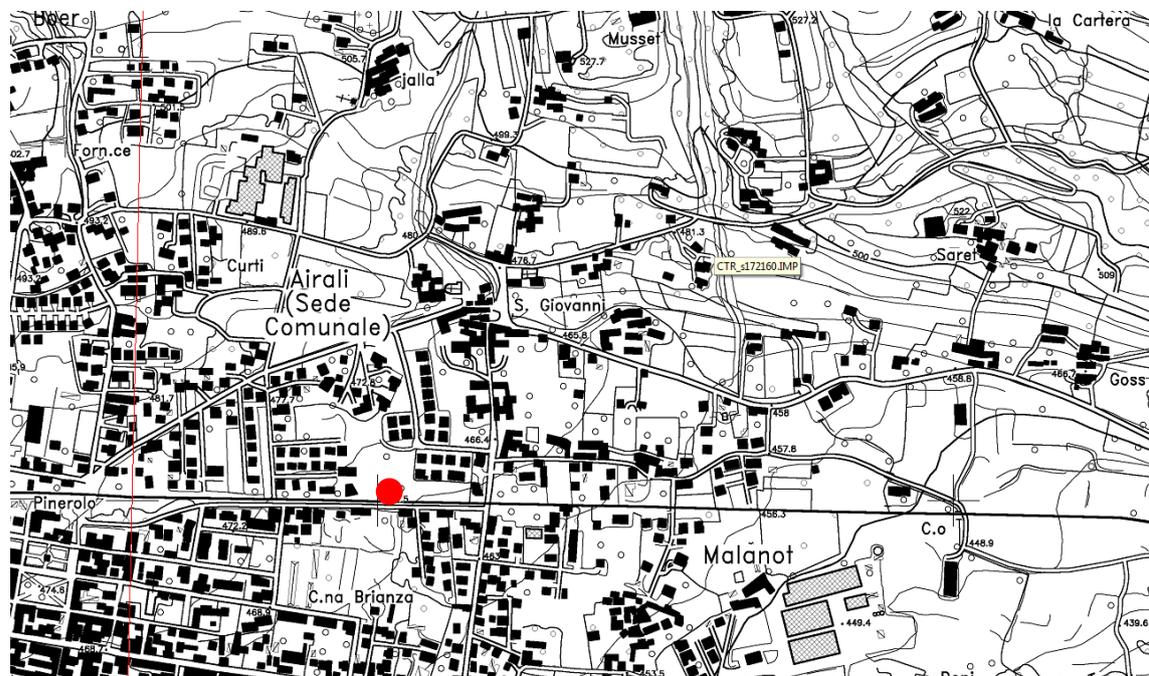


Figura 3 – Foto sensori - Direzione est (sinistra) e ovest (destra).

## UBICAZIONE

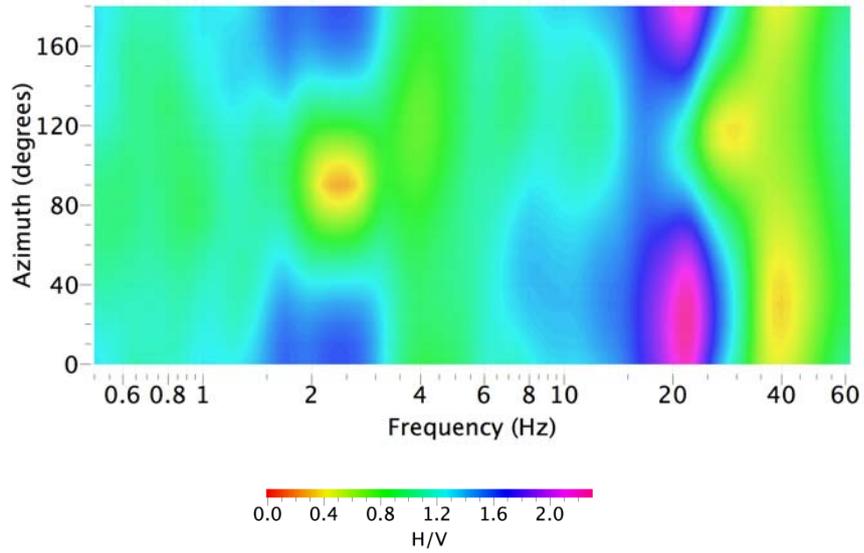


(Fonte: Google Earth).

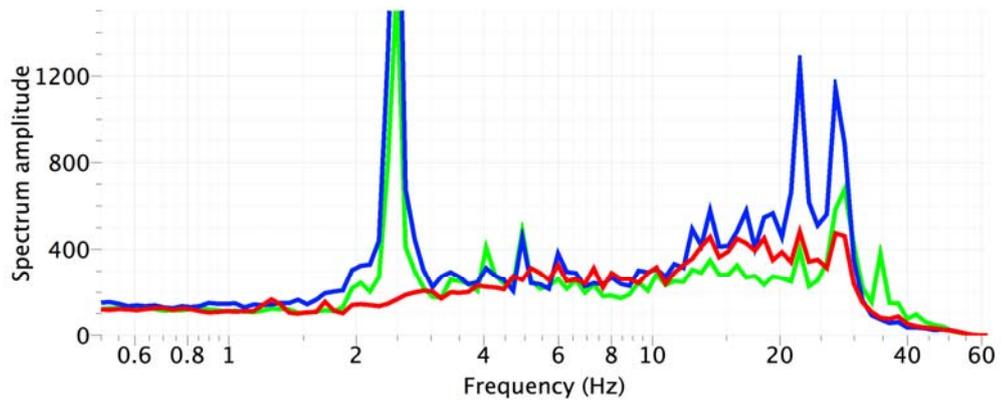


(Fonte: CTR Piemonte Sez. 172160).

### DIREZIONALITA' RAPPORTO H/V

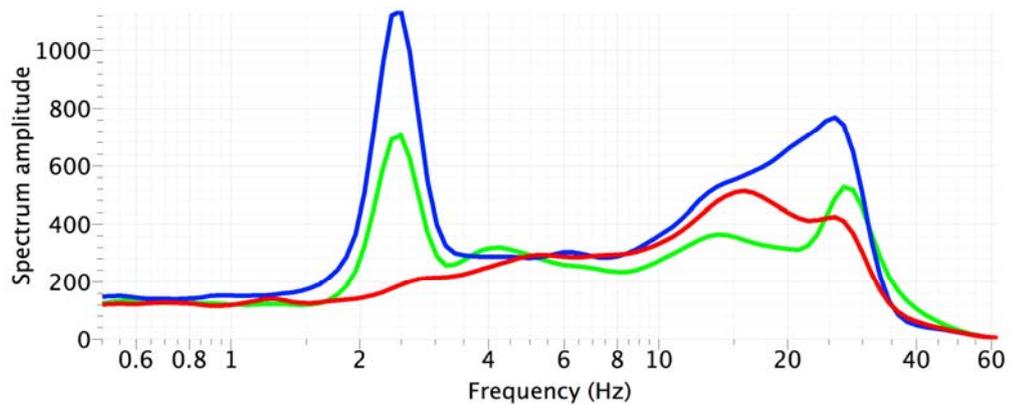


### COMPONENTI SPETTRI NON LISCIATI



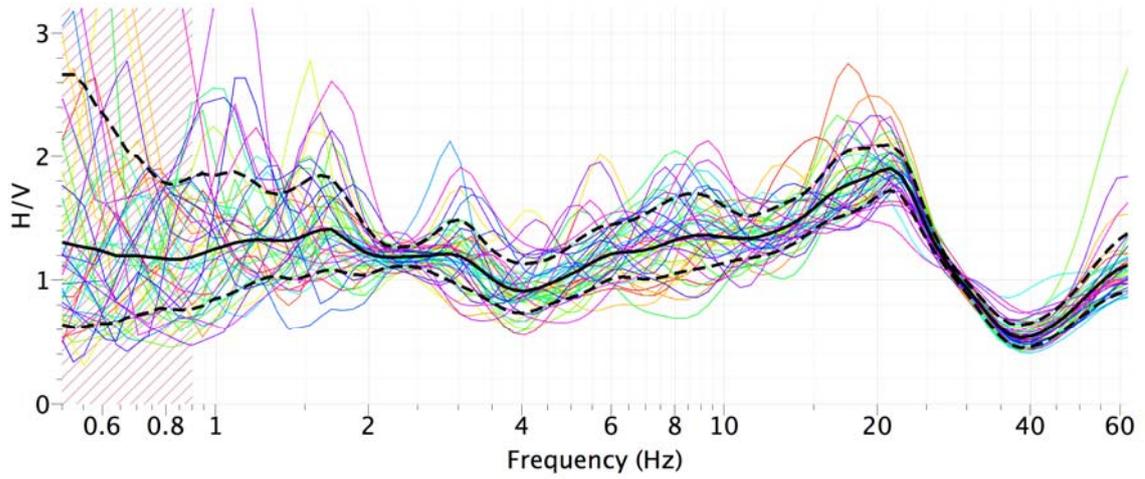
Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

### COMPONENTI SPETTRI LISCIATI



Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

### H/V



La curva H/V non mostra picchi evidenti.

### PARAMETRI DI QUALITA' SESAME

**HVSR4**

LUOGO: <b>Luserna San Giovanni</b>	DATA: <b>20/06/2014</b>	ORA: <b>12:00</b>
OPERATORE: <b>ing. Emanuele Bena</b>		
LATTITUDINE: <b>44° 48' 50.93" N</b>	LONGITUDINE: <b>7° 16' 30.43" E</b>	ALTEZZA ELLISSOIDICA: <b>439 m</b>
TIPO STAZIONE: <b>Stazione singola</b>	TIPO SENSORE: <b>Geospace 3D-HS1-LT 2 Hz e Geometrics Geode</b>	TIPO GPS:
N° STAZIONE: <b>1</b>	N° SENSORE: <b>4</b>	NOME STAZIONE: <b>HVSR4</b>
GUADAGNO: <b>24 dB</b>	FREQ. CAMP.: <b>125 Hz</b>	DURATA REG.: <b>25' 36"</b>
CONDIZIONI METEO	VENTO: <b>Debole</b>	
	PIOGGIA: <b>No</b>	
	TEMPERATURA: <b>30 °C</b>	OSSERVAZIONI:
TIPO DI TERRENO	<b>Terra (erba alta)</b>	
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO-STRUMENTO	<b>No</b>	
DENSITÀ EDIFICI	<b>No</b>	

**SORGENTI DI RUMORE**

Transiti	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza [m]
Macchine					X	350
Camion			X			
Pedoni	X					
altro						

Sorgenti di rumore	Strada 350 m a Sud
Strutture vicine	No

Regione Piemonte  
Provincia di Torino  
Comune di Luserna San Giovanni

Dott. Geol. Eugenio Zanella.

**Indagini e studi di microzonazione sismica con grado di approfondimento corrispondente al livello 1 degli ICMS**

**MISURA MICROTREMORE SISMICO**  
(metodologia HVSR – H su V Spectral Ratio)

**HVSR4**  
**Loc. Pecoul (ex ferrovia)**



Tavola

**H-04**

Pag.1

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1 – Foto sensori - Ubicazione (sinistra) e dettaglio (destra).

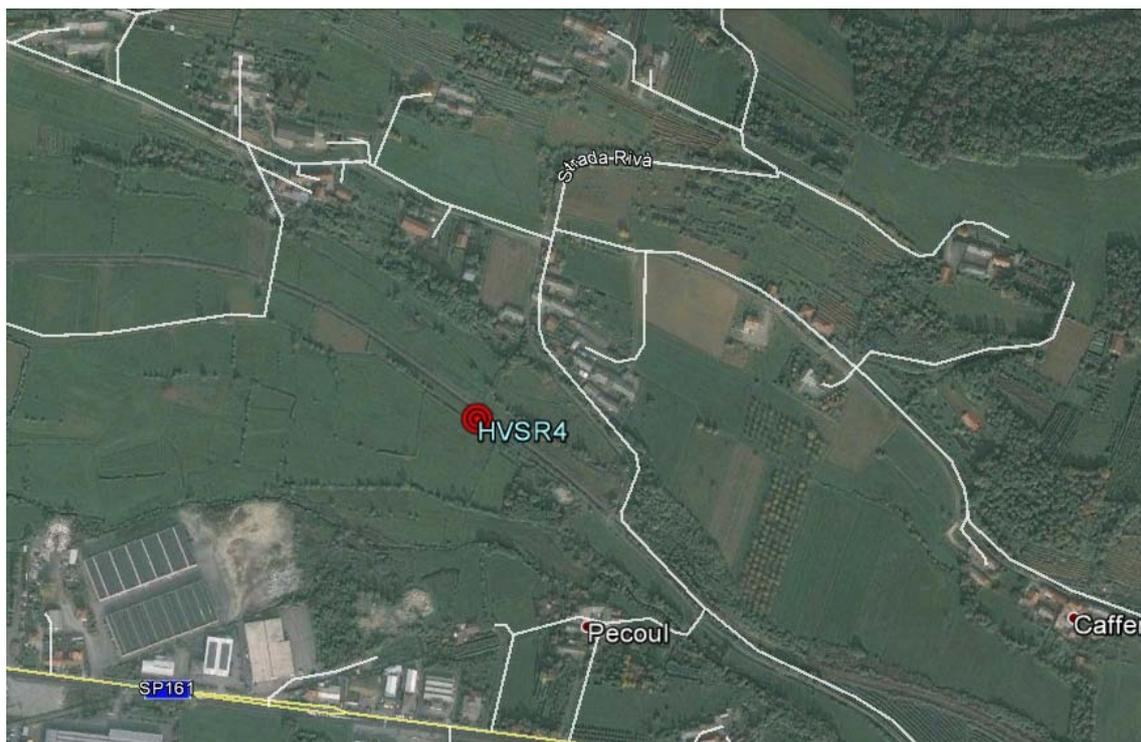


Figura 2 – Foto sensori - Direzione nord (sinistra) e sud (destra).

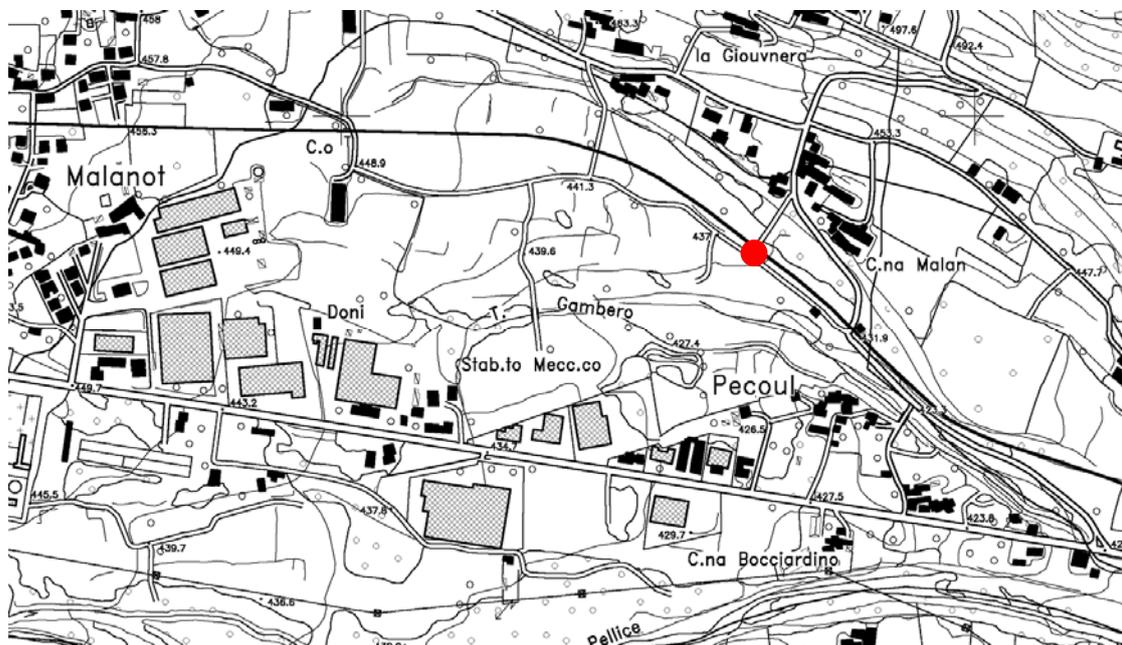


Figura 3 – Foto sensori - Direzione est (sinistra) e ovest (destra).

## UBICAZIONE

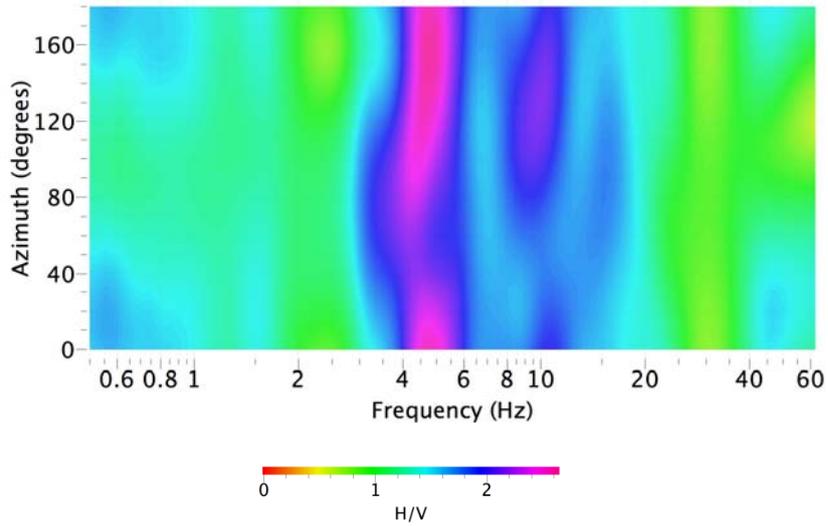


(Fonte: Google Earth).

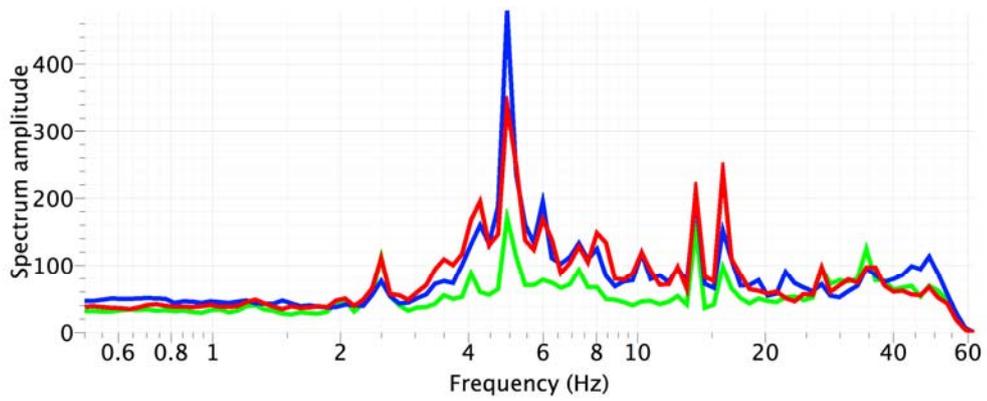


(Fonte: CTR Piemonte Sez. 172150 e 172160).

### DIREZIONALITA' RAPPORTO H/V

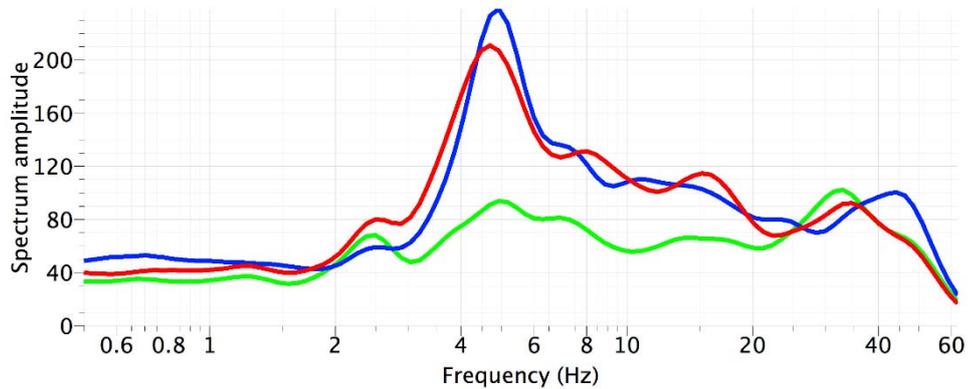


### COMPONENTI SPETTRI NON LISCIATI



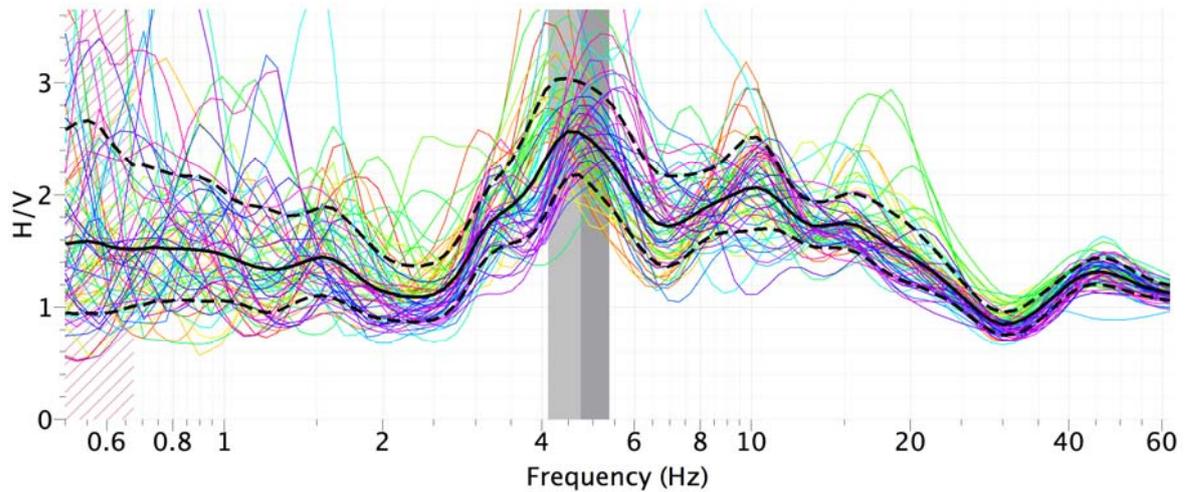
Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

### COMPONENTI SPETTRI LISCIATI



Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

### H/V



La curva H/V è affidabile ma il picco a 4.74 Hz non è chiaro.

### PARAMETRI DI QUALITA' SESAME

#### Picco H/V a $4.74 \pm 0.63$ Hz

##### Criteri per una curva H/V affidabile

criterio	limite	valore	pass
1.1) $f_0 > 10 / l_w$	$> 1.67$	4.74	ok
1.2) $n_c(f_0) > 200$	$> 200$	1905.48	ok
1.3) $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	$< 2$	0.51	ok

##### Criteri per un picco H/V chiaro

criterio	limite	valore	pass
2.1) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	$< 1.28$	1.09	ok
2.2) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	$< 1.28$	1.5	no
2.3) $A_0 > 2$	$> 2$	2.55	ok
2.4) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	[4.50 - 4.98]	[4.31 - 4.61]	no
2.5) $\sigma_f < \epsilon(f_0)$	$< 0.24$	0.63	no
2.6) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$< 1.58$	0.42	ok

## HVSR5

LUOGO: <b>Luserna San Giovanni</b>	DATA: <b>20/06/2014</b>	ORA: <b>10:20</b>
OPERATORE: <b>ing. Emanuele Bena</b>		
LATTUDINE: <b>44° 48' 52.59" N</b>	LONGITUDINE: <b>7° 14' 25.85" E</b>	ALTEZZA ELLISSOIDICA: <b>485 m</b>
TIPO STAZIONE: <b>Stazione singola</b>	TIPO SENSORE: <b>Geospace 3D-HS1-LT 2 Hz e Geometrics Geode</b>	TIPO GPS:
N° STAZIONE: <b>1</b>	N° SENSORE: <b>4</b>	NOME STAZIONE: <b>HVSR5</b>
GUADAGNO: <b>24 dB</b>	FREQ. CAMP.: <b>125 Hz</b>	DURATA REG.: <b>25' 36"</b>
CONDIZIONI METEO	VENTO: <b>Debole</b>	
	PIOGGIA: <b>No</b>	
	TEMPERATURA: <b>30 °C</b>	OSSERVAZIONI:
TIPO DI TERRENO	<b>Terra (erba alta)</b>	
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO-STRUMENTO	<b>No</b>	
DENSITÀ EDIFICI	<b>No</b>	

### SORGENTI DI RUMORE

Transiti	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequenti	distanza [m]
<b>Macchine</b>	X					
<b>Camion</b>	X					
<b>Pedoni</b>	X					
<b>altro</b>						

Sorgenti di rumore	Canali d'acqua a 50 m a Sud e 20 m a Est
Strutture vicine	No

Regione Piemonte  
Provincia di Torino  
Comune di Luserna San Giovanni

Dott. Geol. Eugenio Zanella.

**Indagini e studi di microzonazione sismica con grado di approfondimento corrispondente al livello 1 degli ICMS**

**MISURA MICROTREMORE SISMICO  
(metodologia HVSR – H su V Spectral Ratio)**

**HVSR5  
Loc. Luserna Via Pralafera**



INGEGNERIA & CONTROLLI S.R.L.

Tavola

# H-05

Pag.1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1 – Foto sensori - Ubicazione (sinistra) e dettaglio (destra).

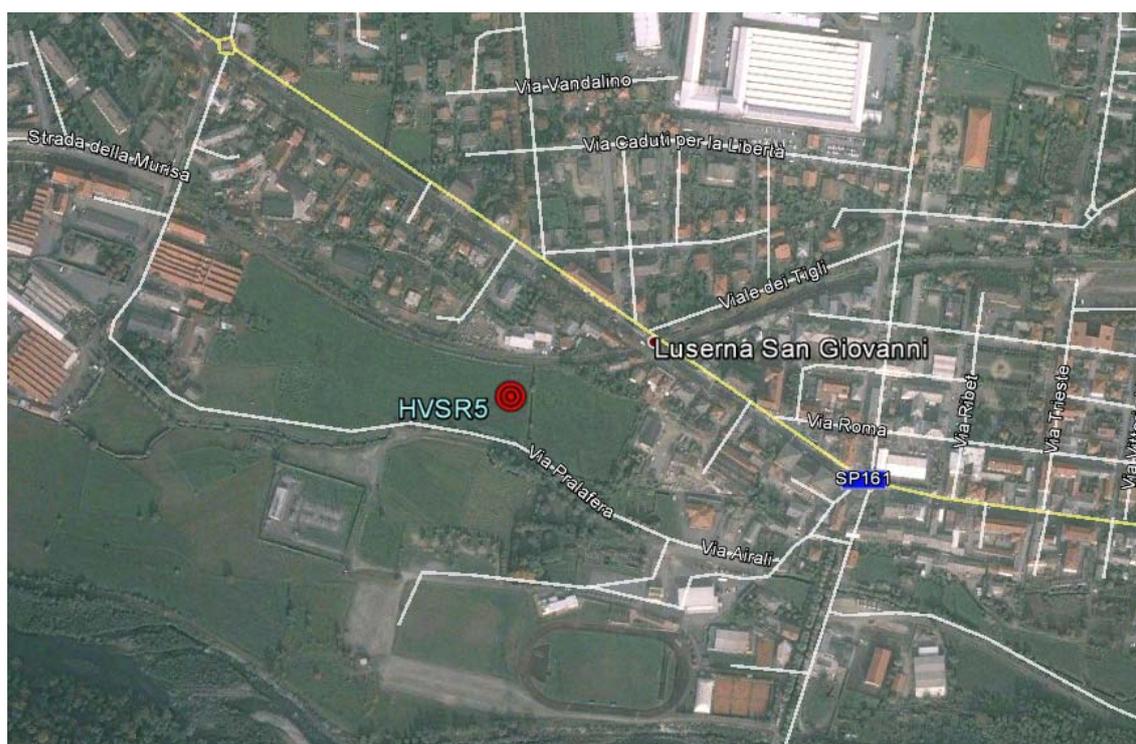


Figura 2 – Foto sensori - Direzione nord (sinistra) e sud (destra).

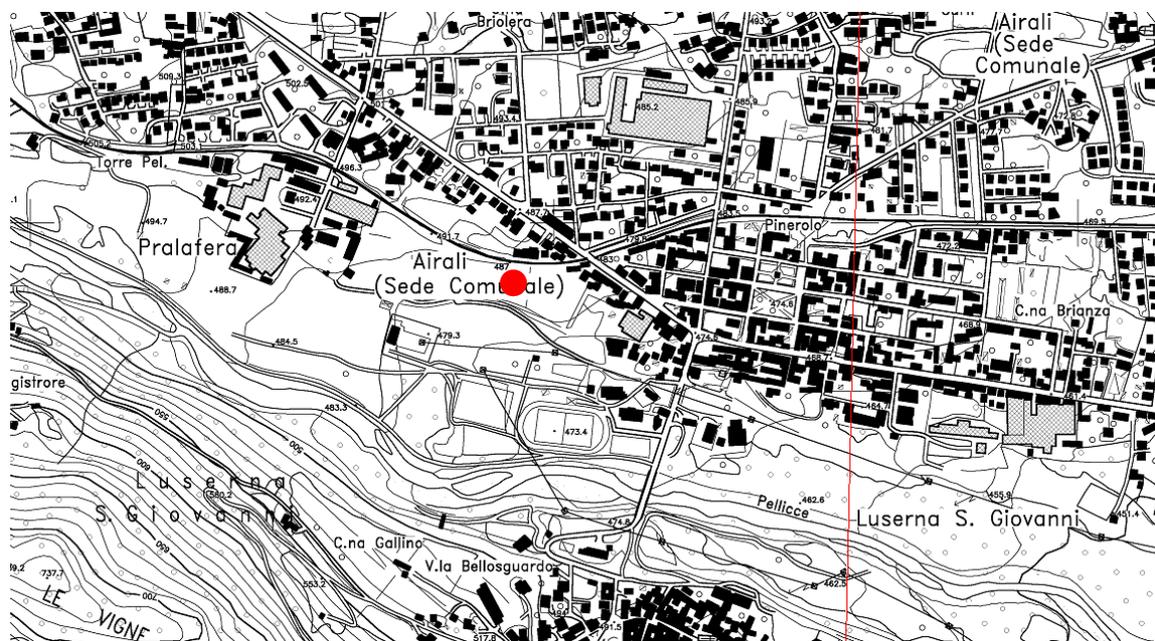


Figura 3 – Foto sensori - Direzione est (sinistra) e ovest (destra).

## UBICAZIONE

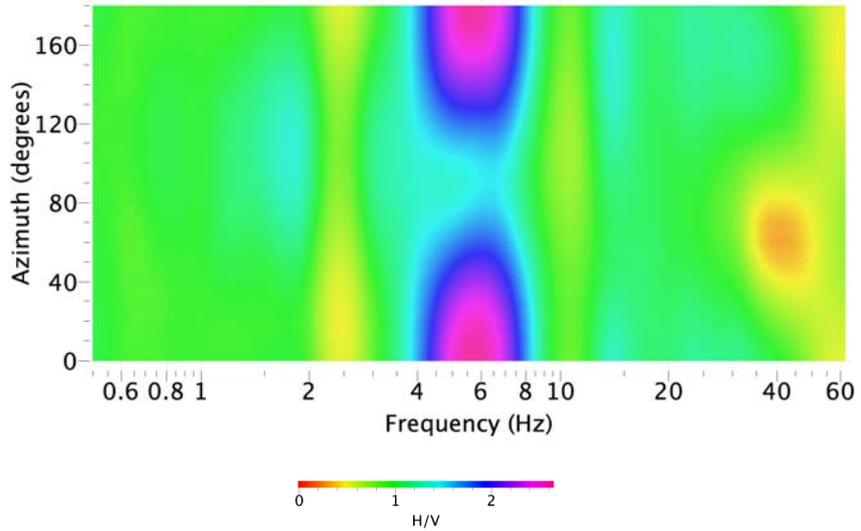


(Fonte: Google Earth).

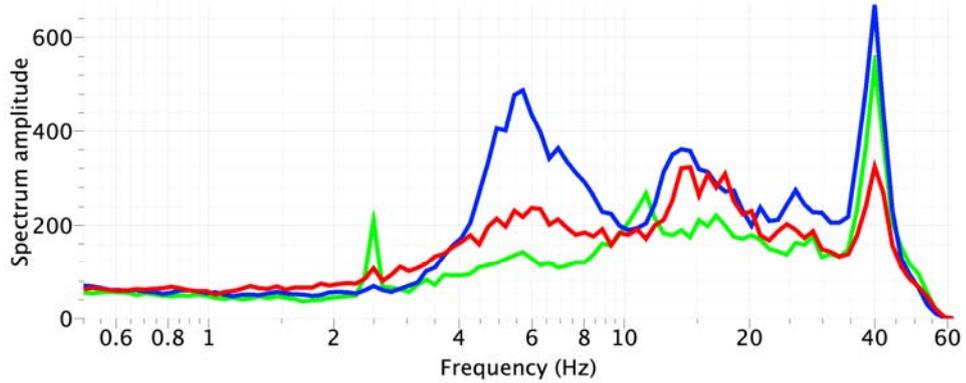


(Fonte: CTR Piemonte Sez. 172150 e 172160).

### DIREZIONALITA' RAPPORTO H/V

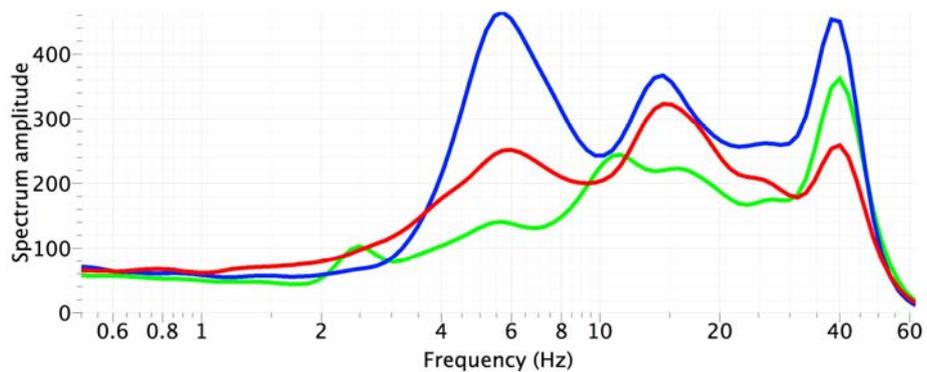


### COMPONENTI SPETTRI NON LISCIATI



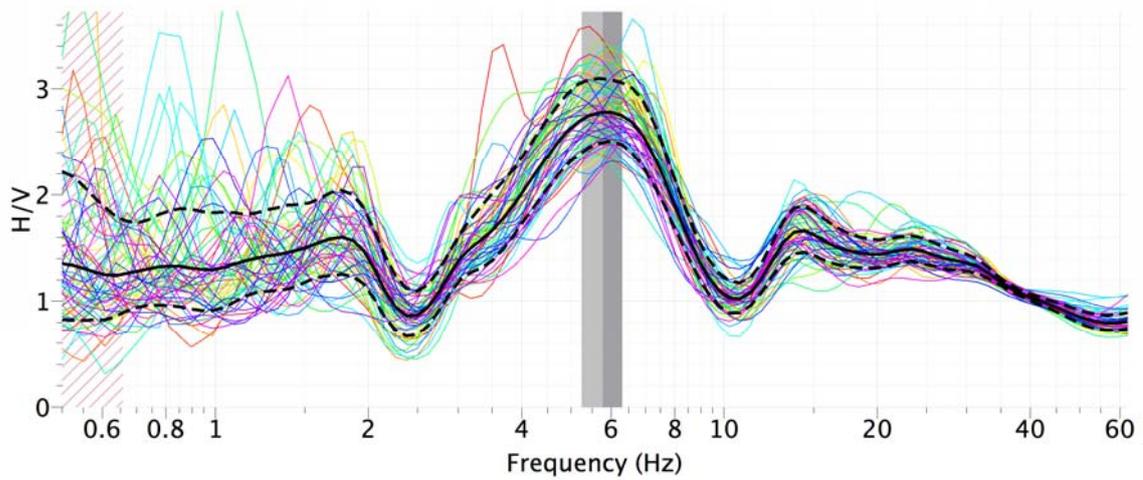
Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

### COMPONENTI SPETTRI LISCIATI



Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

### H/V



La curva H/V è affidabile e mostra un picco chiaro a 5.78 Hz. Non è, tuttavia, soddisfatto il requisito di omnidirezionalità: tale picco può essere dovuto alla presenza di rumore di origine antropica (salto idraulico del canale a sud del punto di misura).

### PARAMETRI DI QUALITA' SESAME

#### Picco H/V a 5.78 ±0.53 Hz

Criteri per una curva H/V affidabile			
criterio	limite	valore	pass
1.1) $f_0 > 10 / l_w$	> 1.67	5.78	ok
1.2) $n_c(f_0) > 200$	> 200	2115.48	ok
1.3) $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	< 2	0.33	ok
Criteri per un picco H/V chiaro			
criterio	limite	valore	pass
2.1) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	< 1.39	0.87	ok
2.2) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	< 1.39	1.01	ok
2.3) $A_0 > 2$	> 2	2.78	ok
2.4) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	[5.49 - 6.07]	[5.57 - 5.86]	ok
2.5) $\sigma_f < \epsilon(f_0)$	< 0.29	0.53	no
2.6) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	< 1.58	0.295	ok

**HVSR6**

LUOGO: <b>Luserna San Giovanni</b>	DATA: <b>20/06/2014</b>	ORA: <b>9:30</b>
OPERATORE: <b>ing. Emanuele Bena</b>		
LATTITUDINE: <b>44° 49' 12.17" N</b>	LONGITUDINE: <b>7° 14' 15.74" E</b>	ALTEZZA ELLISSOIDICA: <b>515 m</b>
TIPO STAZIONE: <b>Stazione singola</b>	TIPO SENSORE: <b>Geospace 3D-HS1-LT 2 Hz e Geometrics Geode</b>	TIPO GPS:
N° STAZIONE: <b>1</b>	N° SENSORE: <b>4</b>	NOME STAZIONE: <b>HVSR6</b>
GUADAGNO: <b>24 dB</b>	FREQ. CAMP.: <b>125 Hz</b>	DURATA REG.: <b>25' 36"</b>
CONDIZIONI METEO	VENTO: <b>No</b>	
	PIOGGIA: <b>No</b>	
	TEMPERATURA: <b>30 °C</b>	OSSERVAZIONI:
TIPO DI TERRENO	<b>Terra (erba corta)</b>	
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO-STRUMENTO	<b>No</b>	
DENSITÀ EDIFICI	<b>Radi</b>	

**SORGENTI DI RUMORE**

Transiti	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza [m]
Macchine		X				20
Camion	X					
Pedoni	X					
altro						

Sorgenti di rumore	No
Strutture vicine	Un edificio

Regione Piemonte  
Provincia di Torino  
Comune di Luserna San Giovanni

Dott. Geol. Eugenio Zanella.

**Indagini e studi di microzonazione sismica con grado di approfondimento corrispondente al livello 1 degli ICMS**

**MISURA MICROTREMORE SISMICO**  
(metodologia HVSR – H su V Spectral Ratio)

**HVSR6**  
**Loc. Via Masel**



Tavola

**H-06**

Pag.1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1 – Foto sensori - Ubicazione (sinistra) e dettaglio (destra).

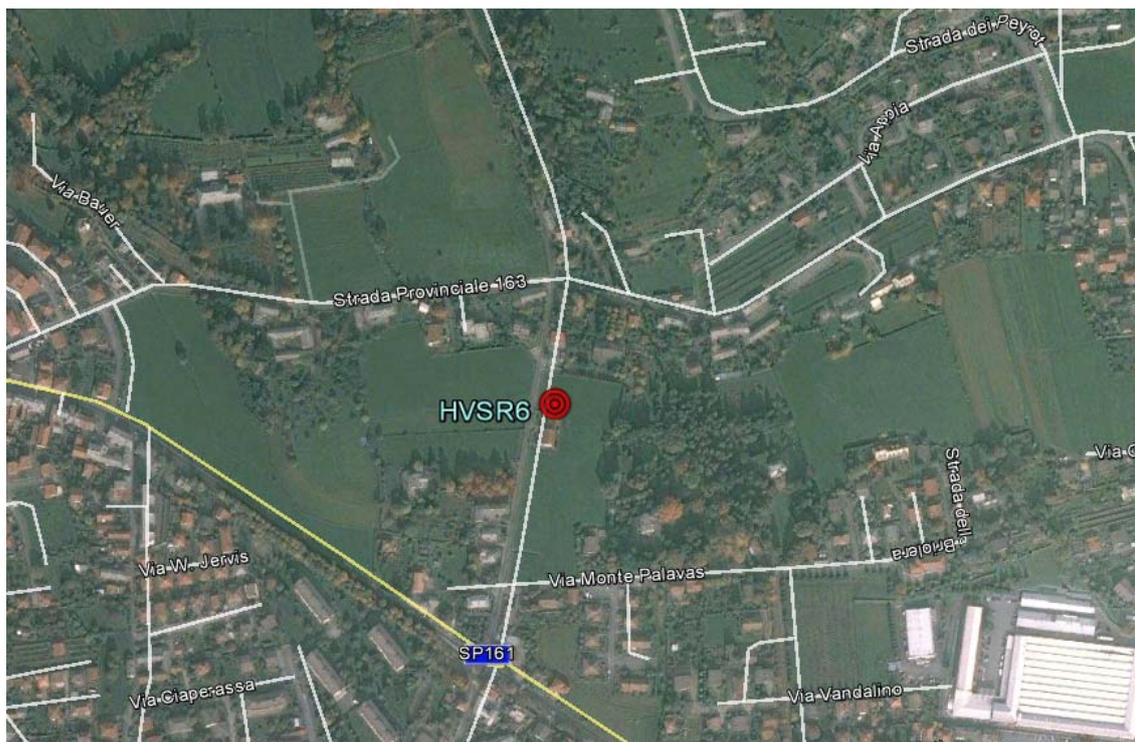


Figura 2 – Foto sensori - Direzione nord (sinistra) e sud (destra).

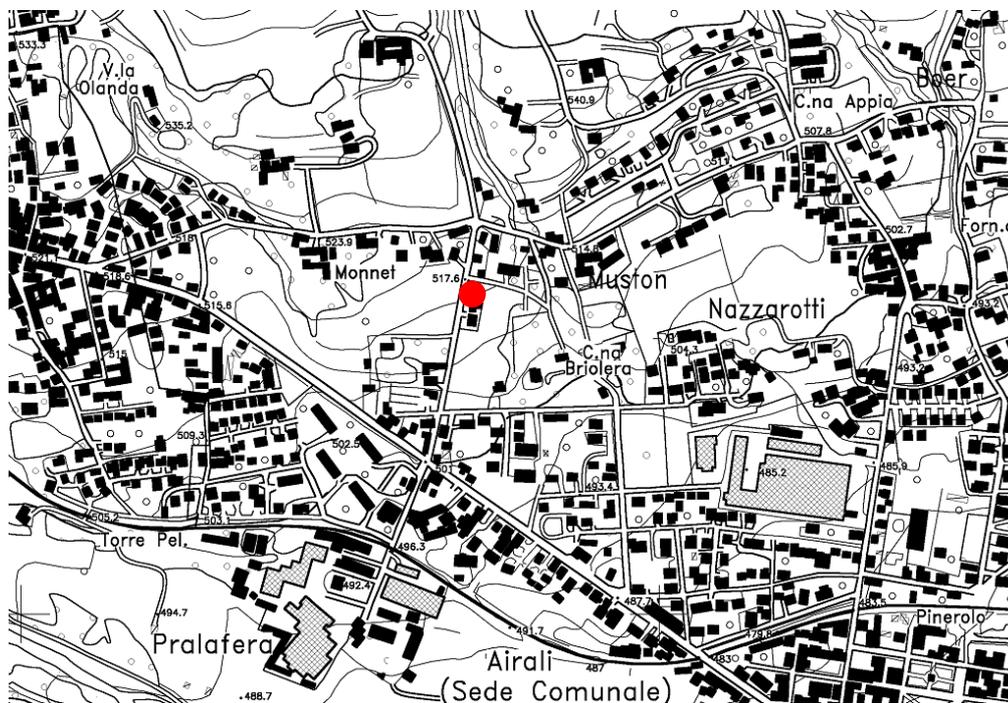


Figura 3 – Foto sensori - Direzione est (sinistra) e ovest (destra).

## UBICAZIONE

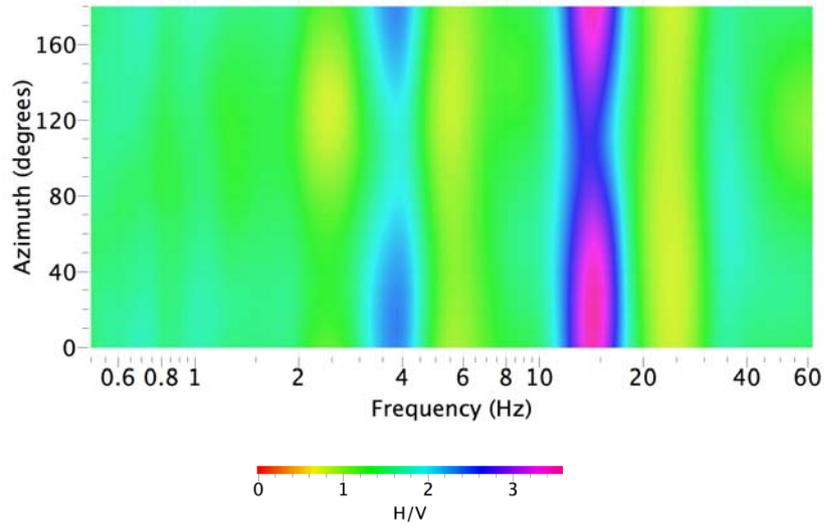


(Fonte: Google Earth).

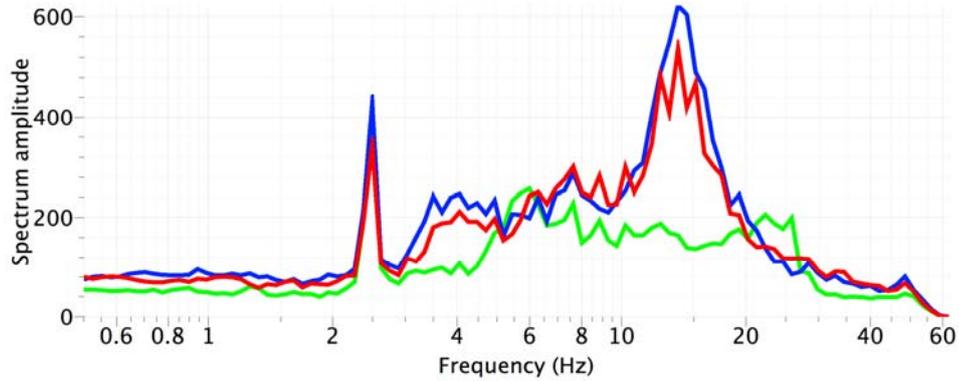


(Fonte: CTR Piemonte Sez. 172150).

### DIREZIONALITA' RAPPORTO H/V

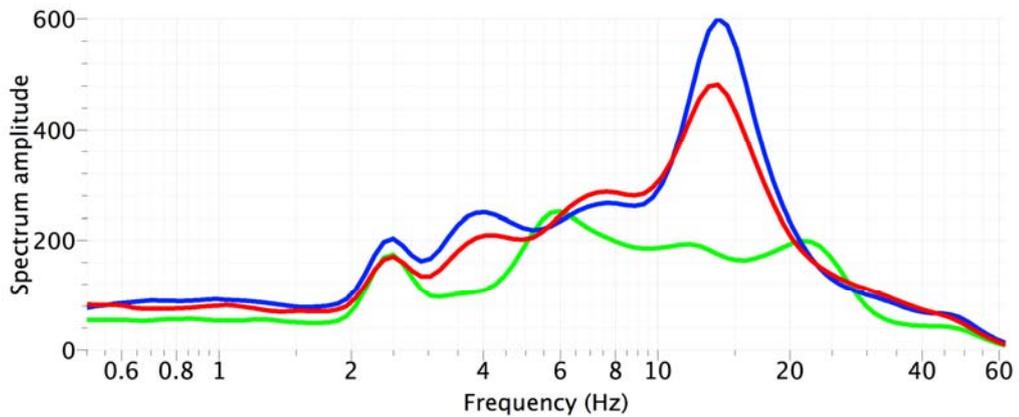


### COMPONENTI SPETTRI NON LISCIATI



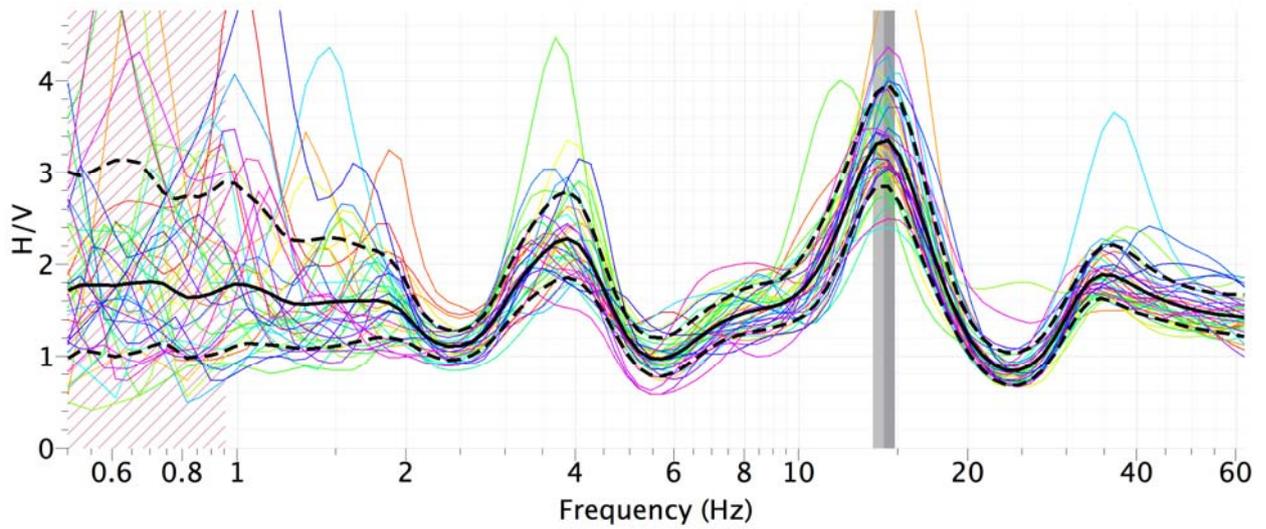
Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

### COMPONENTI SPETTRI LISCIATI



Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

### H/V



La curva H/V è affidabile e mostra un picco chiaro a 14.18 Hz.

### PARAMETRI DI QUALITA' SESAME

#### Picco H/V a 14.18 ± 0.63 Hz

##### Criteri per una curva H/V affidabile

criterio	limite	valore	pass
1.1) $f_0 > 10 / l_w$	> 1.67	14.18	ok
1.2) $n_c(f_0) > 200$	> 200	3233.04	ok
1.3) $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	< 2	0.54	ok

##### Criteri per un picco H/V chiaro

criterio	limite	valore	pass
2.1) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	< 1.67	0.97	ok
2.2) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	< 1.67	0.83	ok
2.3) $A_0 > 2$	> 2	3.34	ok
2.4) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	[13.47 - 14.89]	[13.98 - 14.39]	ok
2.5) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	< 0.71	0.63	ok
2.6) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	< 1.58	0.545	ok



HVSR6  
Loc. Via Masel

Tavola

**H-06**

Pag. 5

## HVSR7

LUOGO: <b>Luserna San Giovanni</b>	DATA: <b>20/06/2014</b>	ORA:
OPERATORE: <b>ing. Emanuele Bena</b>		
LATTITUDINE: <b>44° 49' 12.86" N</b>	LONGITUDINE: <b>7° 14' 56.11" E</b>	ALTEZZA ELLISSOIDICA: <b>497 m</b>
TIPO STAZIONE: <b>Stazione singola</b>	TIPO SENSORE: <b>Geospace 3D-HS1-LT 2 Hz e Geometrics Geode</b>	TIPO GPS:
N° STAZIONE: <b>1</b>	N° SENSORE: <b>4</b>	NOME STAZIONE: <b>HVSR7</b>
GUADAGNO: <b>24 dB</b>	FREQ. CAMP.: <b>125 Hz</b>	DURATA REG.: <b>25' 36"</b>
CONDIZIONI METEO	VENTO: <b>No</b>	
	PIOGGIA: <b>No</b>	
	TEMPERATURA: <b>30 °C</b>	OSSERVAZIONI:
TIPO DI TERRENO	<b>Terra (erba bassa)</b>	
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO-STRUMENTO	<b>No</b>	
DENSITÀ EDIFICI	<b>Radi</b>	

### SORGENTI DI RUMORE

Transiti	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequenti	distanza [m]
<b>Macchine</b>		X				20
<b>Camion</b>	X					
<b>Pedoni</b>	X					
<b>altro</b>						

Sorgenti di rumore	No
Strutture vicine	Case isolate

Regione Piemonte  
Provincia di Torino  
Comune di Luserna San Giovanni

Dott. Geol. Eugenio Zanella.

**Indagini e studi di microzonazione sismica con grado di approfondimento corrispondente al livello 1 degli ICMS**

**MISURA MICROTREMORE SISMICO  
(metodologia HVSR – H su V Spectral Ratio)**

**HVSR7  
Loc. Curti**



INGEGNERIA & CONTROLLI S.R.L.

Tavola

H-07

Pag.1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1 – Foto sensori - Ubicazione (sinistra) e dettaglio (destra).



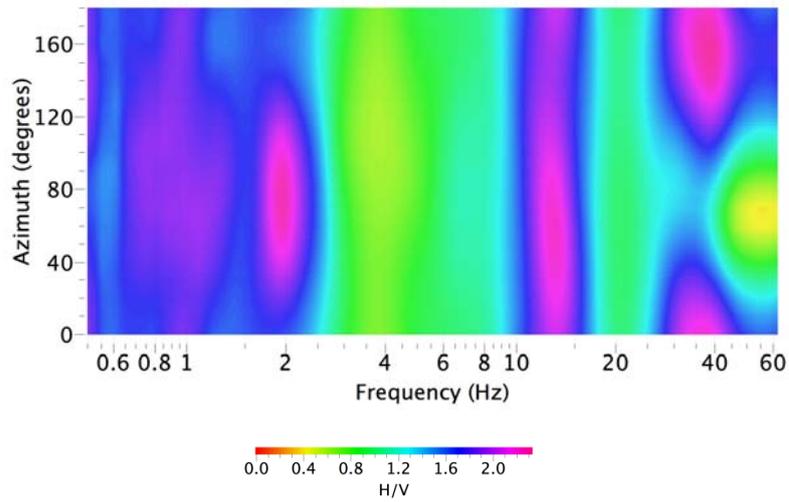
Figura 2 – Foto sensori - Direzione nord (sinistra) e sud (destra).



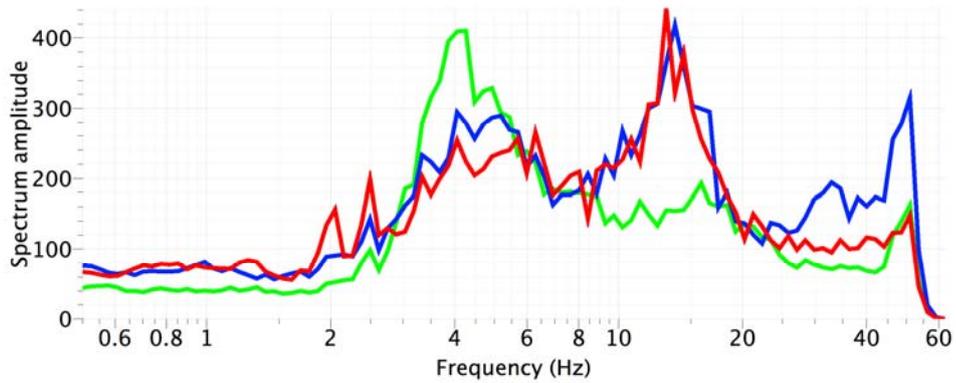
Figura 3 – Foto sensori - Direzione est (sinistra) e ovest (destra).



### DIREZIONALITA' RAPPORTO H/V

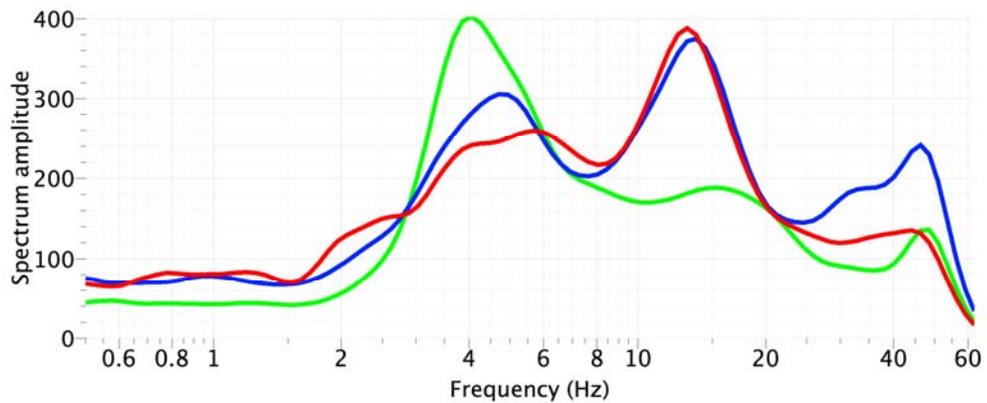


### COMPONENTI SPETTRI NON LISCIATI



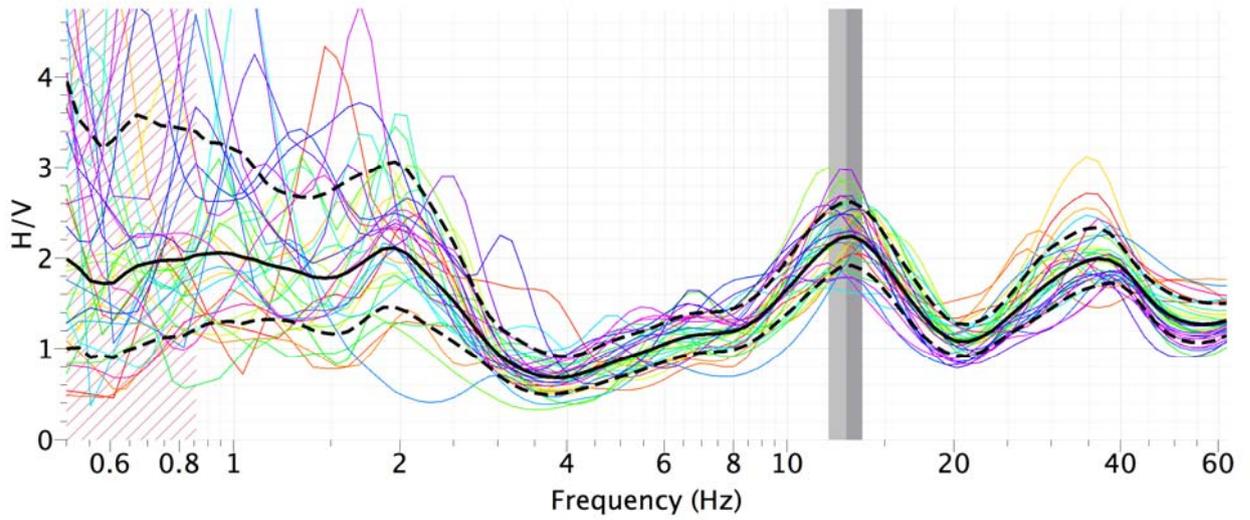
Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

### COMPONENTI SPETTRI LISCIATI



Verde: Z - Blu: N-S - Rosso: E-O.

## H/V



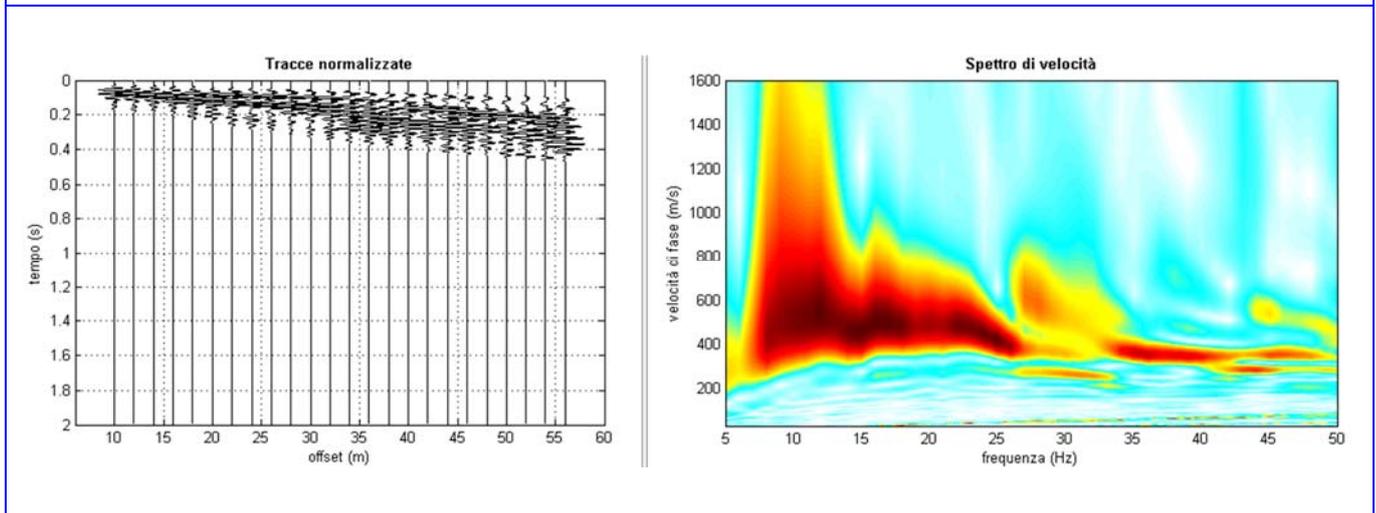
La curva H/V è affidabile e mostra un picco chiaro a 12.76 Hz

### PARAMETRI DI QUALITA' SESAME

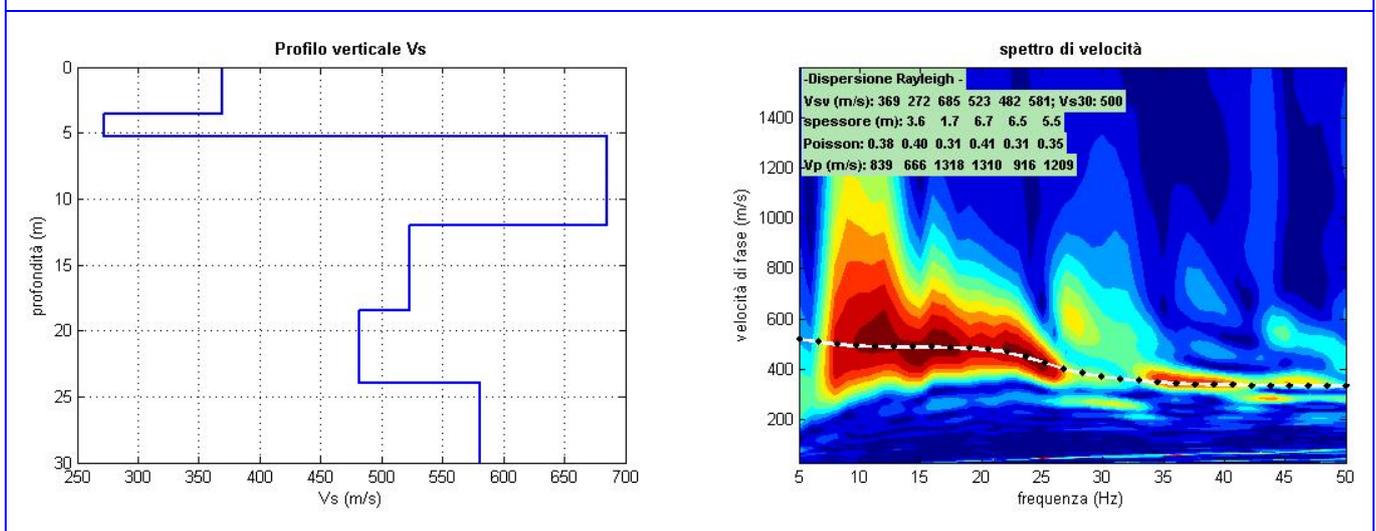
#### Picco H/V a 12.76 ±0.90 Hz

Criteri per una curva H/V affidabile			
criterio	limite	valore	pass
1.1) $f_0 > 10 / l_w$	> 2.00	12.76	ok
1.2) $n_c(f_0) > 200$	> 200	2105.4	ok
1.3) $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	< 2	0.35	ok
Criteri per un picco H/V chiaro			
criterio	limite	valore	pass
2.1) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	< 1.12	0.67	ok
2.2) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	< 1.12	1.06	ok
2.3) $A_0 > 2$	> 2	2.23	ok
2.4) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	[12.12 - 13.40]	[12.69 - 13.06]	ok
2.5) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	< 0.64	0.9	no
2.6) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	< 1.58	0.35	ok

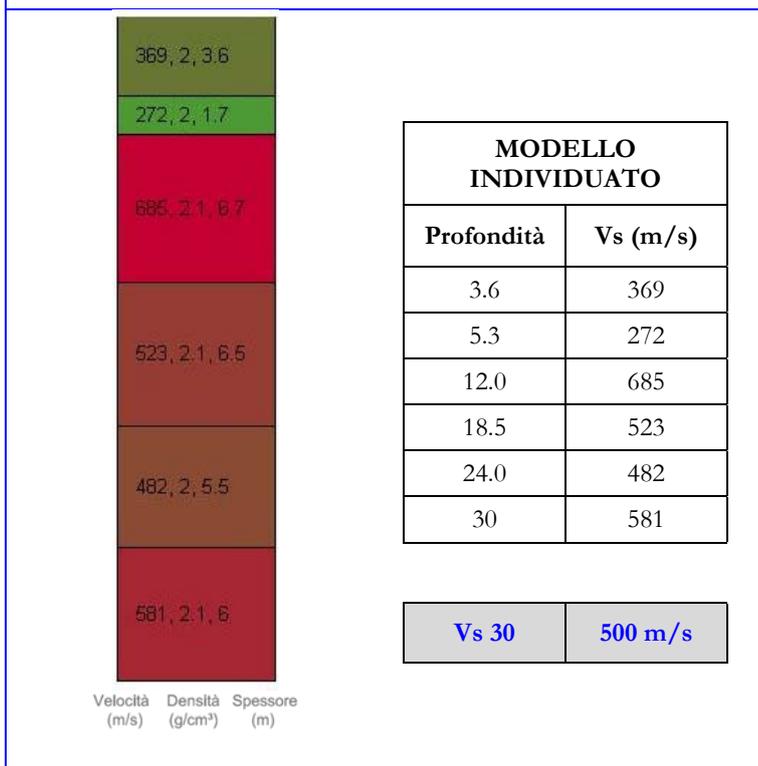
## DATI ACQUISITI E SPETTRO DI VELOCITA' CALCOLATO



## PROFILO VERTICALE DI Vs IDENTIFICATO E SPETTRO DI VELOCITA' CON CURVA DI DISPERSIONE



## PROFILO VERTICALE DI Vs IDENTIFICATO



Regione Piemonte  
 Provincia di Torino  
 Comune di Luserna San Giovanni

Dott. Geol. Eugenio Zanella.

Indagini e studi di microzonazione sismica con grado di approfondimento corrispondente al livello 1 degli ICMS

**INDAGINE GEOFISICA MASW**  
 (multichannel analysis of surface waves)

**MASW1**  
**Loc. Luserna Alta**



Tavola

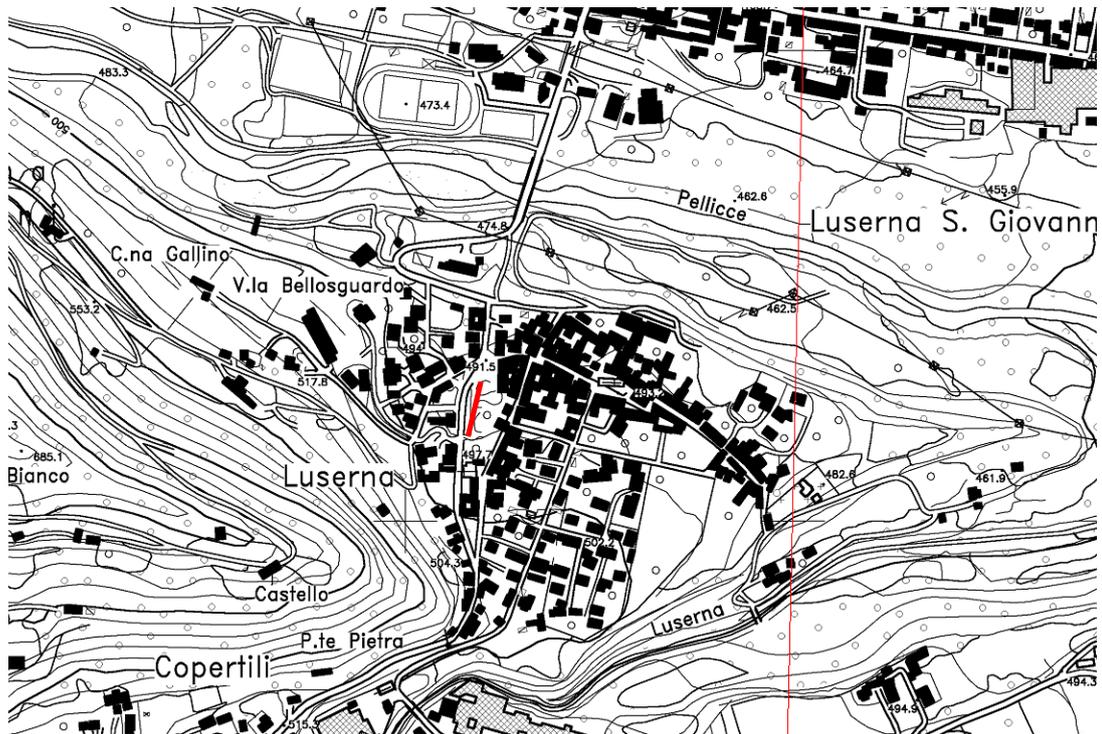
**M-01**

Data: 20/06/2014  
 Operatore: geol. M. Lavezzo

## UBICAZIONE

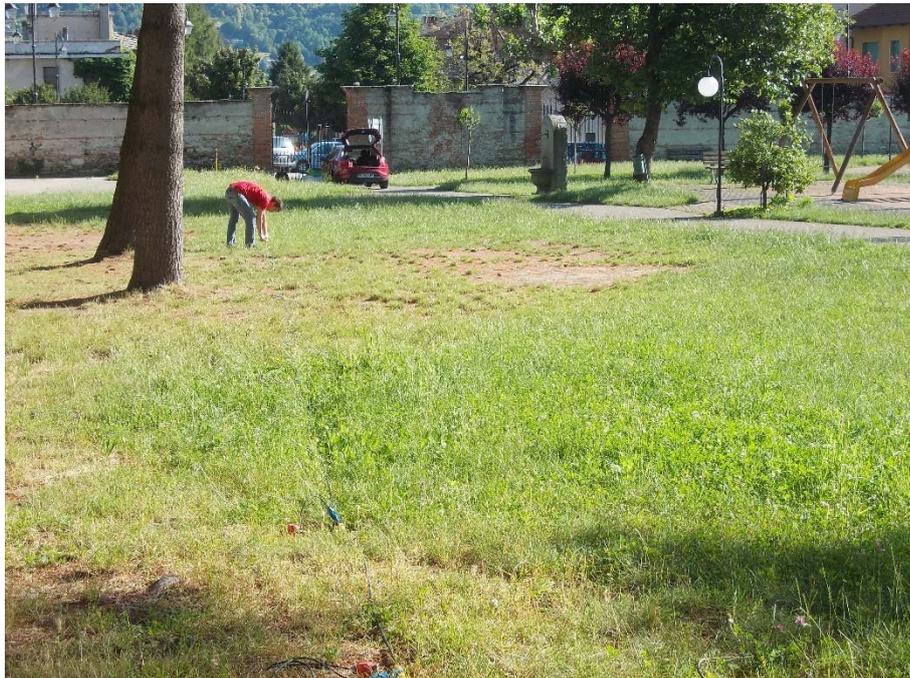


(Fonte: Google Earth).

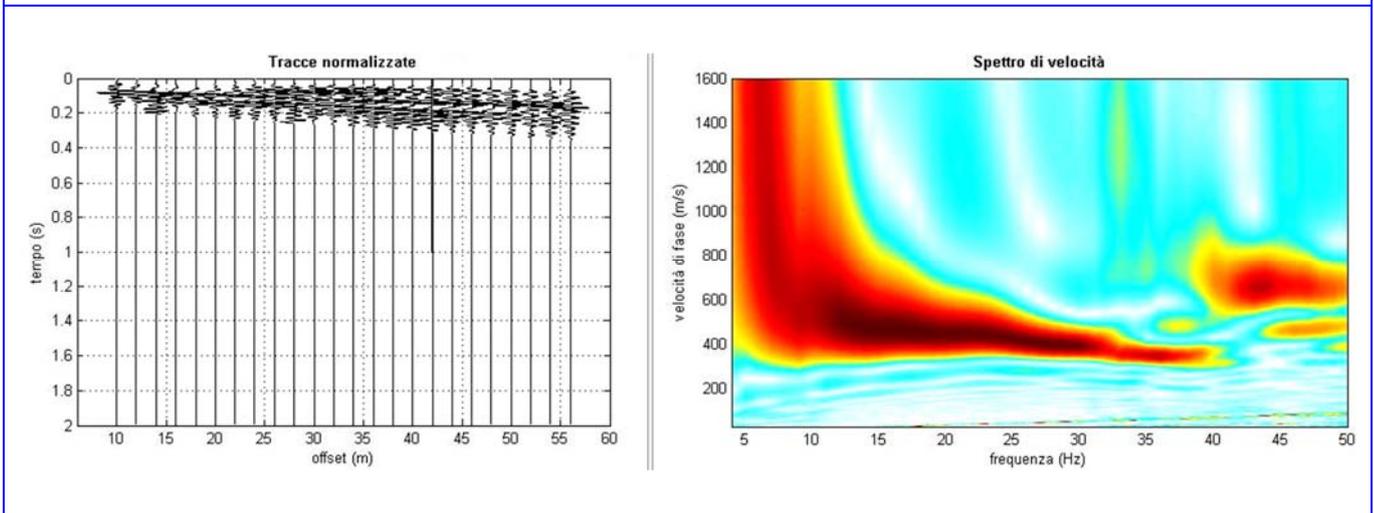


(Fonte: CTR Piemonte Sez. 172150 e 172160).

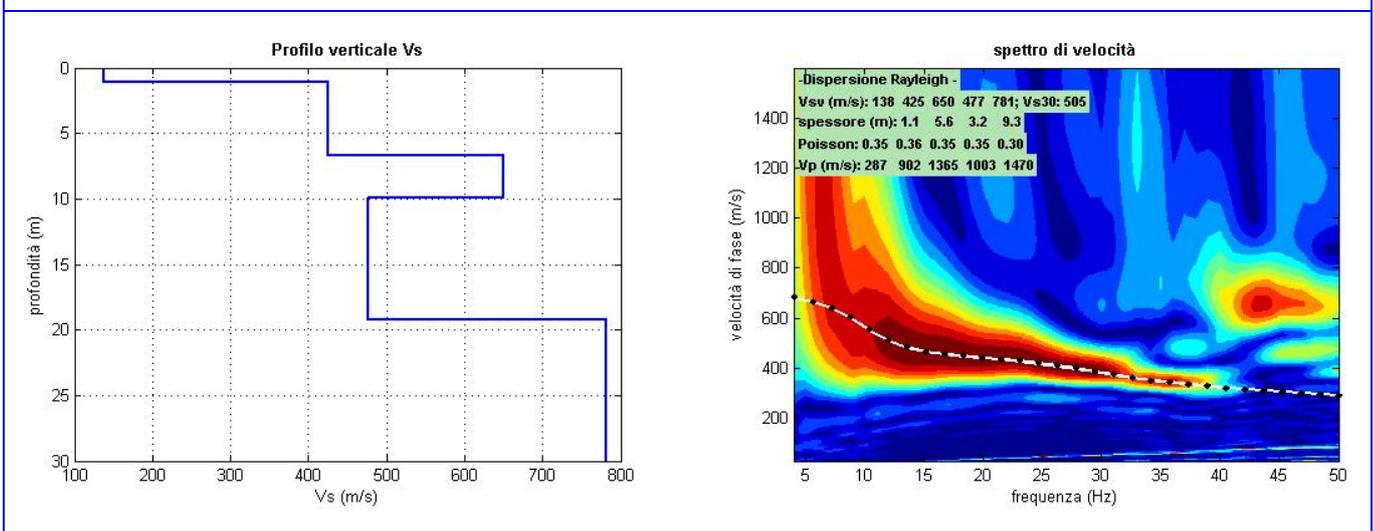
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



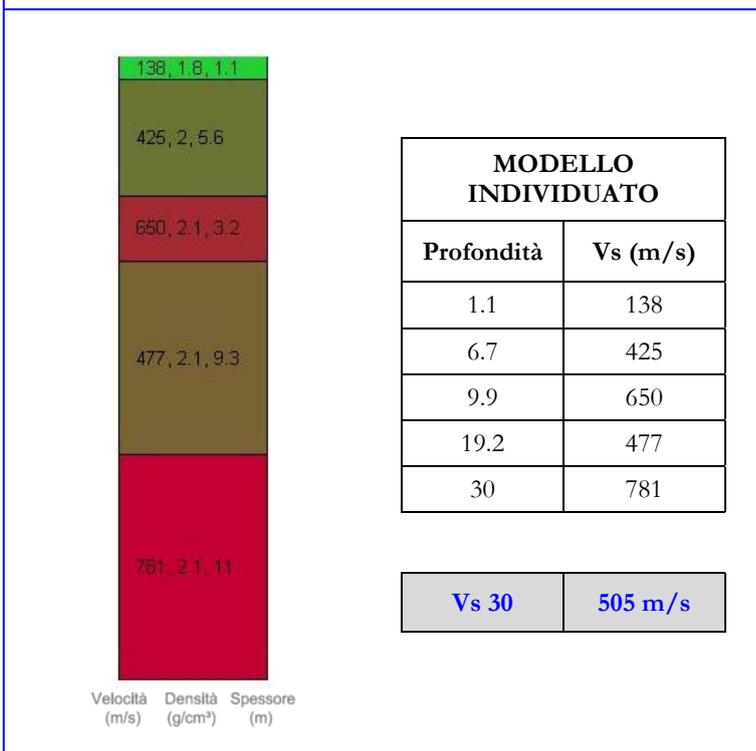
## DATI ACQUISITI E SPETTRO DI VELOCITA' CALCOLATO



## PROFILO VERTICALE DI Vs IDENTIFICATO E SPETTRO DI VELOCITA' CON CURVA DI DISPERSIONE



## PROFILO VERTICALE DI Vs IDENTIFICATO



Regione Piemonte  
 Provincia di Torino  
 Comune di Luserna San Giovanni

Dott. Geol. Eugenio Zanella.

Indagini e studi di microzonazione sismica con grado di approfondimento corrispondente al livello 1 degli ICMS

INDAGINE GEOFISICA MASW  
 (multichannel analysis of surface waves)

MASW2  
 Loc. San Giovanni



Tavola

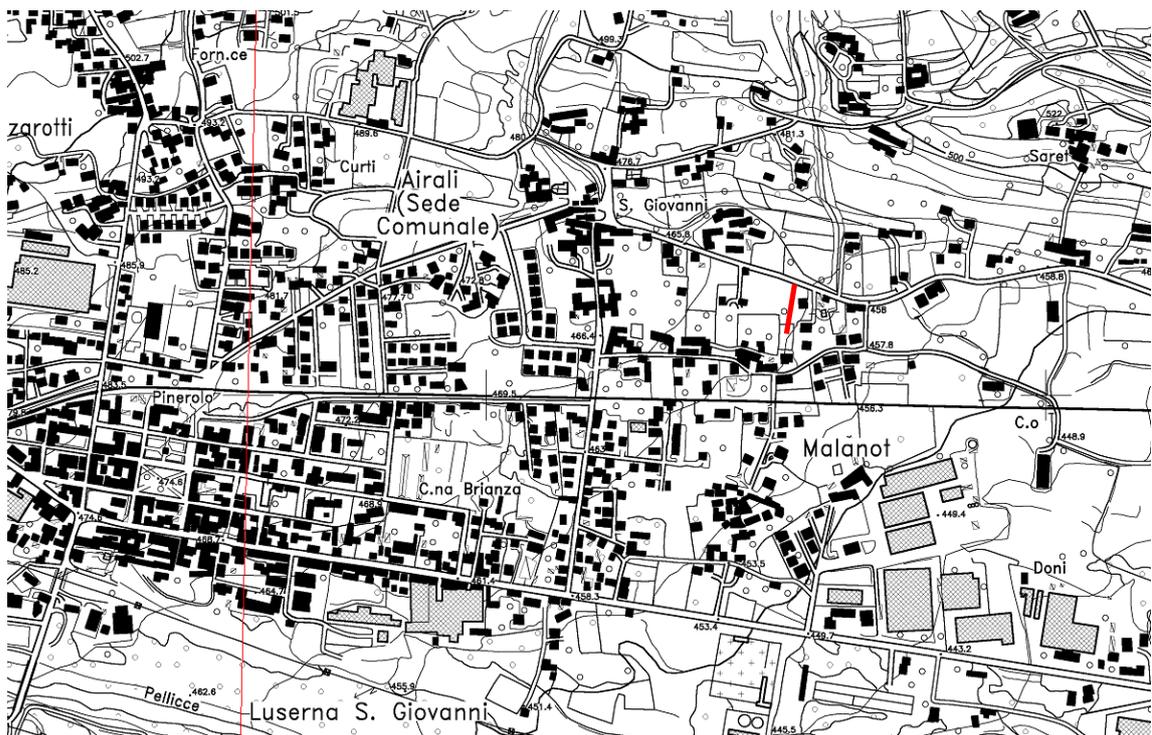
**M-02**

Data: 20/06/2014  
 Operatore: geol. M. Lavezzo

## UBICAZIONE



(Fonte: Google Earth).

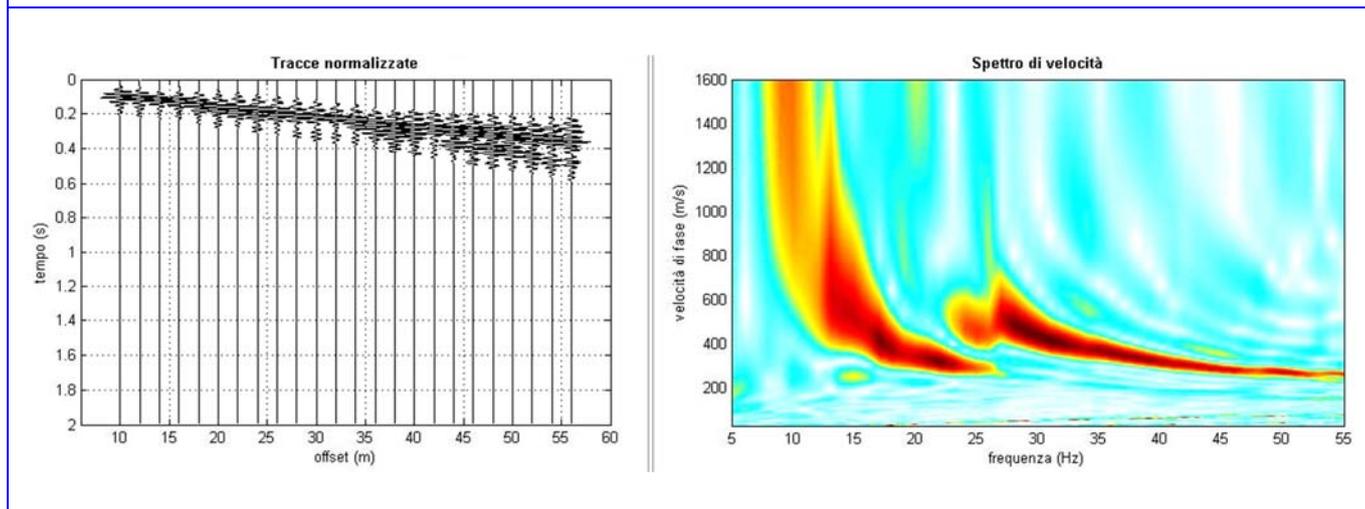


(Fonte: CTR Piemonte Sez. 172150 e 172160).

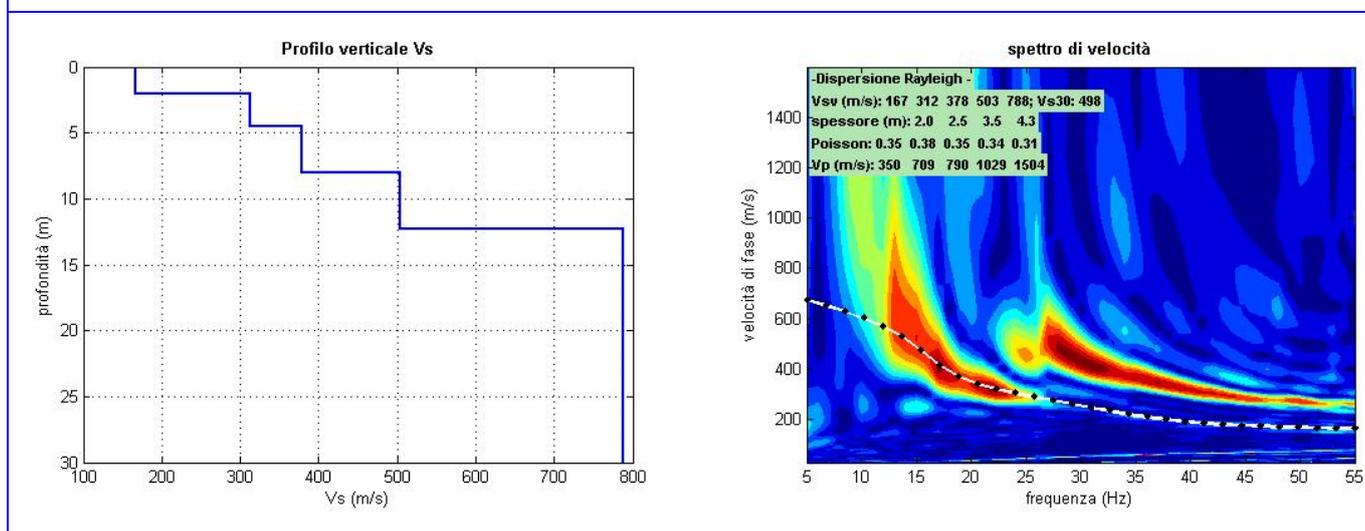
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



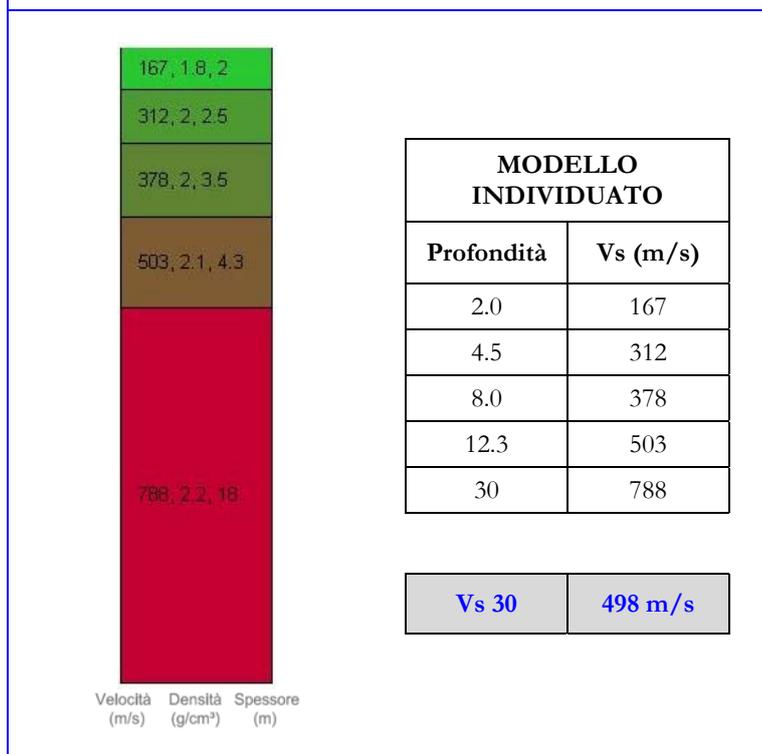
## DATI ACQUISITI E SPETTRO DI VELOCITA' CALCOLATO



## PROFILO VERTICALE DI Vs IDENTIFICATO E SPETTRO DI VELOCITA' CON CURVA DI DISPERSIONE



## PROFILO VERTICALE DI Vs IDENTIFICATO



Regione Piemonte  
Provincia di Torino  
Comune di Luserna San Giovanni

Dott. Geol. Eugenio Zanella.

**Indagini e studi di microzonazione sismica con grado di approfondimento corrispondente al livello 1 degli ICMS**

**INDAGINE GEOFISICA MASW  
(multichannel analysis of surface waves)**

**MASW3  
Loc. Via Olivet**



Tavola

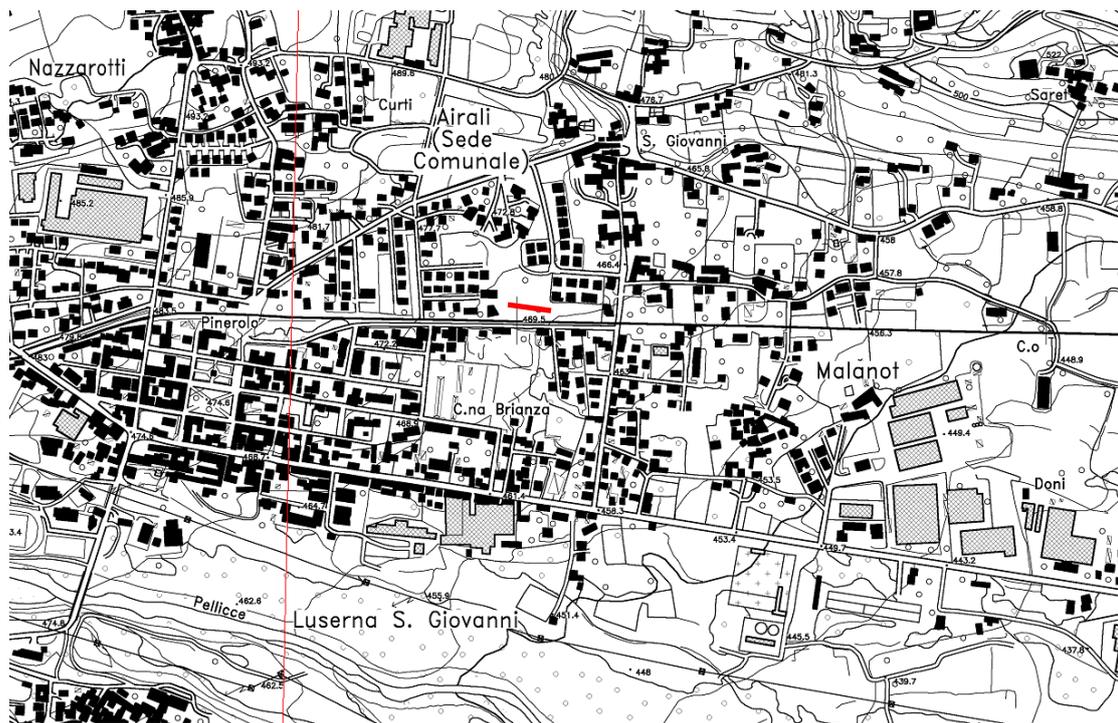
M-03

Data: 19/06/2014  
Operatore: geol. M. Lavezzo

## UBICAZIONE



(Fonte: Google Earth).



(Fonte: CTR Piemonte Sez. 172150 e 172160).

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

