

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

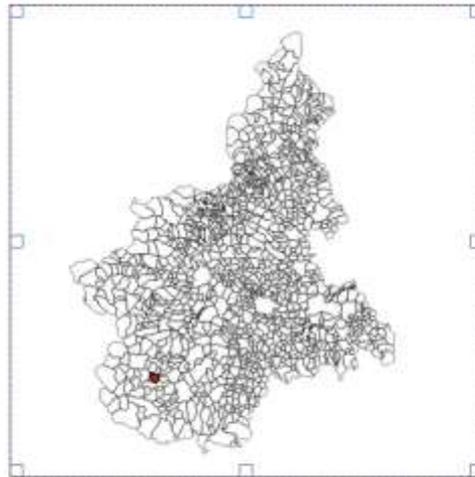
# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione Illustrativa

---

Regione Piemonte  
Comune di Roccabruna

---



<b>Regione Piemonte</b>  Direzione regionale Opere pubbliche, Difesa del suolo, Montagna, Foreste, Protezione civile, Trasporti e Logistica - <b>SETTORE SISMICO</b>  Via San Giuseppe, 39 10064 Pinerolo (TO) tel. 0121 77361 fax 0121 72508	<b>Soggetto attuatore</b>  geol. CAMBURSANO Fabrizio b.ta Gautero n. 30 12020 Roccabruna (CN) tel. fax 0171 918060 cell. 335 6040758 cambursano@geologiweb.it www.geologiweb.it  	<b>Data</b>  settembre 2017
---	--	-----------------------------------

# 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. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

*8.1 Carta delle indagini*

*8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica*

*8.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica  
(livello 1)*

9. BIBLIOGRAFIA

10. ALLEGATI

# 1. INTRODUZIONE

Il presente studio è volto a definire gli aspetti riguardanti la Microzonazione Sismica di Primo Livello per il Comune di Roccabruna (CN), in attuazione delle disposizioni dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77 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 dal lavoro di 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 4.0b, elaborati dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (art. 5, comma 7, O.P.C.M. 13 novembre 2010, n. 3907), aggiornati al mese di ottobre 2015. In particolare, si è fatto ricorso, per l'organizzazione dei dati e l'elaborazione delle cartografie, all'Applicativo GIS per la Microzonazione Sismica (versione 4.0.0) sviluppato dalla collaborazione tra ARPA Piemonte (Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto) e la Regione Piemonte (Settore Sismico) in osservanza agli Standard citati.

Le attività fondamentali del progetto sono consistite nella raccolta di tutti i dati geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, sondaggi, indagini geofisiche relativi al territorio comunale di Roccabruna 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 e le banche dati interne.

I prodotti finali dell'elaborazione sono riassumibili come segue:

- **Carta delle Indagini** (scala 1:10.000), nella quale sono state indicate le prove pregresse; tutte le prove sono state classificate in base al tipo ed alla profondità raggiunta.
- **Carta Geologico-tecnica** (scala 1:10.000) predisposta sulla base dei rilievi geologici e morfologici disponibili (PRGC) e dai dati derivanti dai rilievi di controllo effettuati,

corredata da sezioni geologiche significative, in numero adeguato, orientate sia trasversalmente sia longitudinalmente ai principali elementi geologici.

- ***Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)*** (scala 1:10.000) in cui 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***, in cui sono descritte in dettaglio le metodologie di studio utilizzate, i risultati ottenuti, le cartografie e le banche dati prodotte.

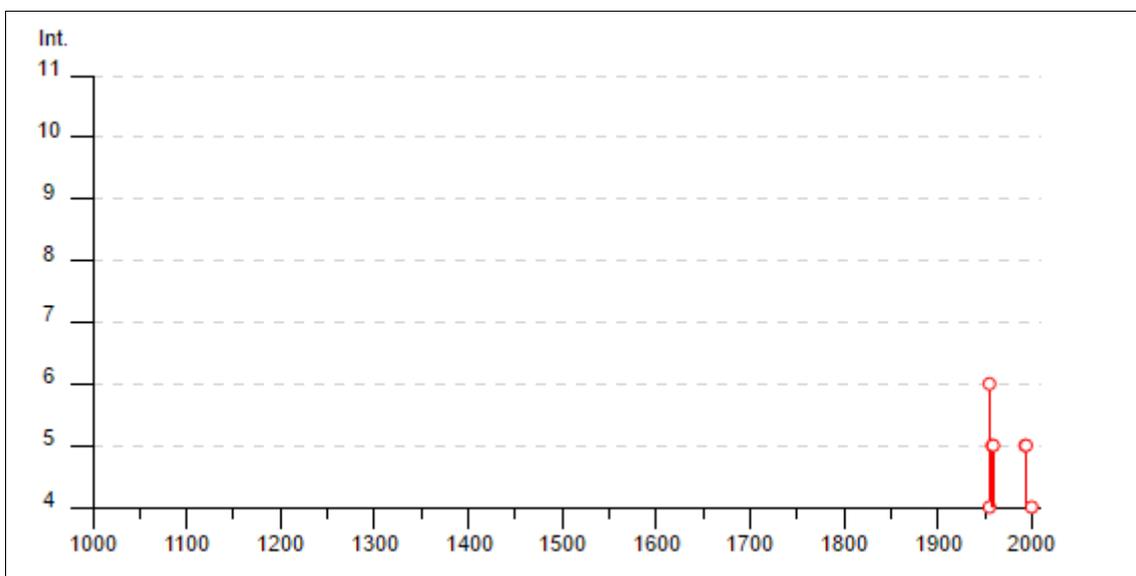
La base topografica utilizzata come riferimento per la stesura delle cartografie è la BDTRE b/n (Regione Piemonte) alla scala 1:10.000 2016, reperibile in servizio WMS dal Geoportale della Regione Piemonte.

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

Per la definizione della pericolosità sismica di base del Comune di Roccabruna 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 DBMI11 a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi, dicembre 2011, che copre la finestra temporale 1000-2006;
- 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 delle pericolosità sismica in Italia, visualizzabile al sito: <http://esse1.mi.ingv.it/>

La storia sismica del Comune di Roccabruna è rappresentata dal seguente grafico (Fig. 1) che rappresenta gli eventi storici contenuti nel catalogo italiano risentiti al sito. Le caratteristiche degli eventi risentiti sono riportate nella Tabella 1.



**Figura 1.** Storia sismica Comune di Roccabruna (periodo temporale 1000-2010). (Fonte: <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/>).

**Tabella 1.** Storia sismica Comune di Dronero (periodo temporale 1000-2006). (Fonte: <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/>).

Roccabruna (Tettorosso)									
PlaceID	IT_06629								
Coordinate (lat, lon)	44.477, 7.341								
Comune (ISTAT 2015)	Roccabruna								
Provincia	Cuneo								
Regione	Piemonte								
Numero di eventi riportati	8								

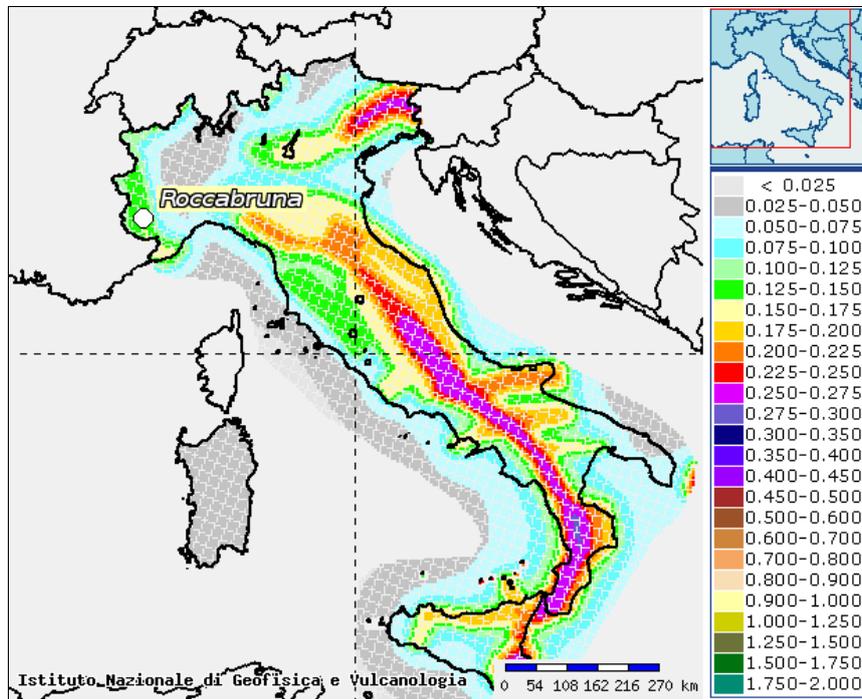
Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	<a href="#">🔗</a>	1955	05	12	14	15	Cuneese	39	6-7	4.66
4	<a href="#">🔗</a>	1955	06	20	04	47	Cuneese	104	6	4.77
5	<a href="#">🔗</a>	1958	05	04	10	52 4	Cuneese	37	6	4.62
5	<a href="#">🔗</a>	1959	11	04	05	03 2	Cuneese	11	5	4.28
2	<a href="#">🔗</a>	1989	12	26	19	59 5	Mar Ligure	290		4.46
5	<a href="#">🔗</a>	1993	03	15	23	43 2	Cuneese	59	5	4.06
5	<a href="#">🔗</a>	1994	01	20	06	59 1	Cuneese	67	5-6	4.34
4	<a href="#">🔗</a>	2000	08	21	17	14	Monferrato	595	6	4.94

Come si nota dalla tabella l'evento maggiormente risentito a Roccabruna è quello del 12 maggio 1955 del Cuneese, di magnitudo  $M_w$  4.66, che ha prodotto un risentimento al sito di intensità 6 Int. 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).

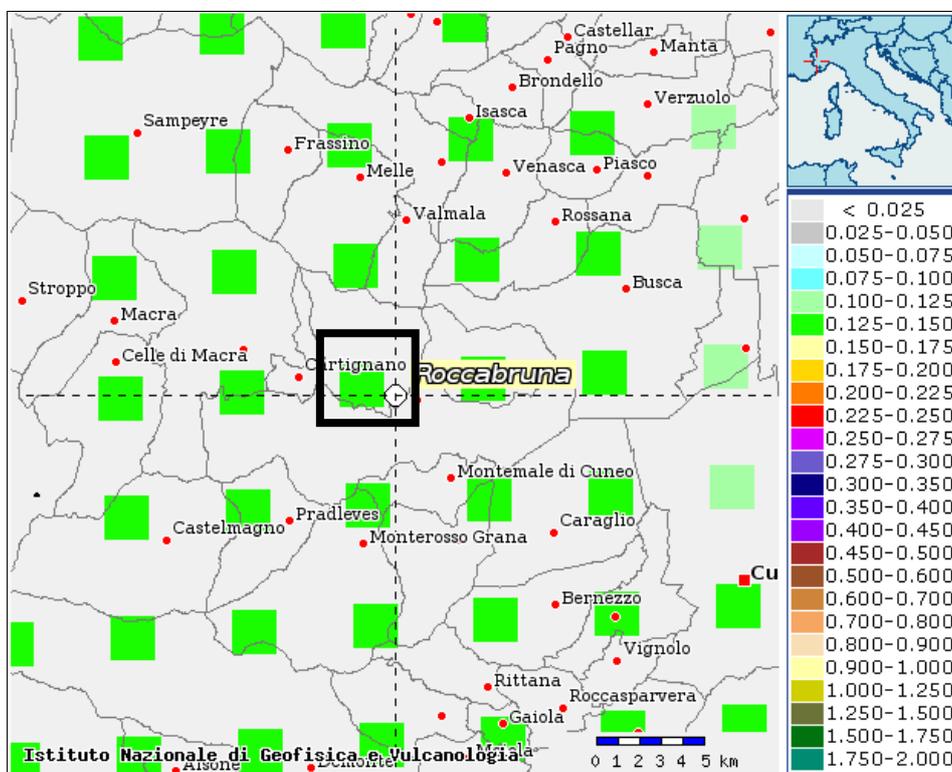
Per quanto riguarda la classificazione sismica attualmente vigente il Comune di Roccabruna risulta classificato in zona sismica 3; il valore rappresentativo dell'accelerazione orizzontale di base attesa a scala comunale, a cui si dovrà fare riferimento per l'applicazione di studi di livello 2 e, in combinazione con altri parametri indicatori di pericolosità, per l'applicazione di studi di livello 3, è di 0.140 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).

I parametri di pericolosità sismica per il Comune di Roccabruna (CN) sono stati valutati a partire dai dati online della pericolosità sismica in Italia (INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, [esse1.mi.ingv.it](http://esse1.mi.ingv.it)). La consultazione delle Mappe interattive della pericolosità sismica

(WebGis) ha permesso di definire il valore di accelerazione massima atteso al suolo con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferito a suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s, categoria A – EC8) e pianeggiante.



**Figura 2.** Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento: OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A). (Fonte: esse1-gis.mi.ingv.it)



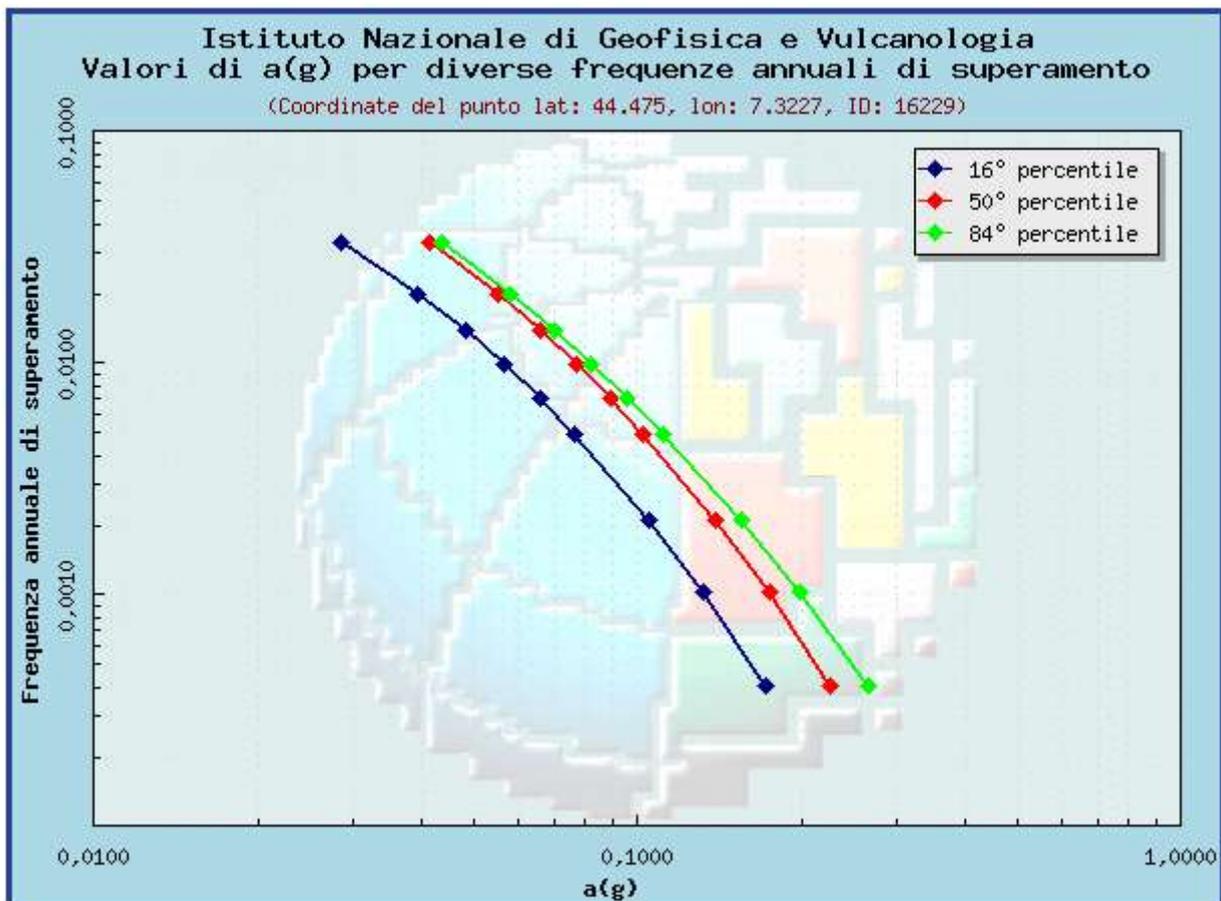
**Figura 3.** Ingrandimento mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale. Nodi della griglia geografica (passo  $0.05^\circ$  e  $0.02^\circ$ ) per i quali sono stati calcolati i valori di pericolosità sismica standard ( $a_g$ )

con 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni). Il nodo riquadrato in nero è stato scelto come riferimento per la definizione dei parametri di pericolosità (Fonte: esse1-gis.mi.ingv.it).

Non disponendo in questo contesto di uno specifico sito per le verifiche ma facendo riferimento all'intero territorio comunale, per la definizione dei parametri di pericolosità è stato scelto, a titolo esemplificativo, il nodo in posizione più prossima rispetto all'abitato di Roccabruna (lat: 44.473, lon: 7.34, ID: 16229) il quale presenta valori di accelerazione molto vicini alla media dei 6 nodi della griglia geografica che contornano il territorio comunale di Roccabruna (ag media = 0.1402g). Per questo punto il valore di accelerazione massima attesa al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni risulta essere  $ag = 0.1391g = 136.4 \text{ cm/s}^2$ . Tale valore è stato ricavato dalla Figura 4 e dalla Tabella 2, facendo riferimento al valore corrispondente al cinquantesimo percentile e considerando un vita di riferimento ( $V_R$ ) della struttura pari a 50 anni. Dalla

$$\text{formula: } T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{V_R})} \quad (1)$$

considerando una probabilità superamento nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) pari al 10% (SLV – Stato Limite di salvaguardia della Vita) si ottiene un tempo di ritorno ( $T_R$ ) pari a 475 anni corrispondente a una frequenza annuale di superamento  $f = 0.002$ .

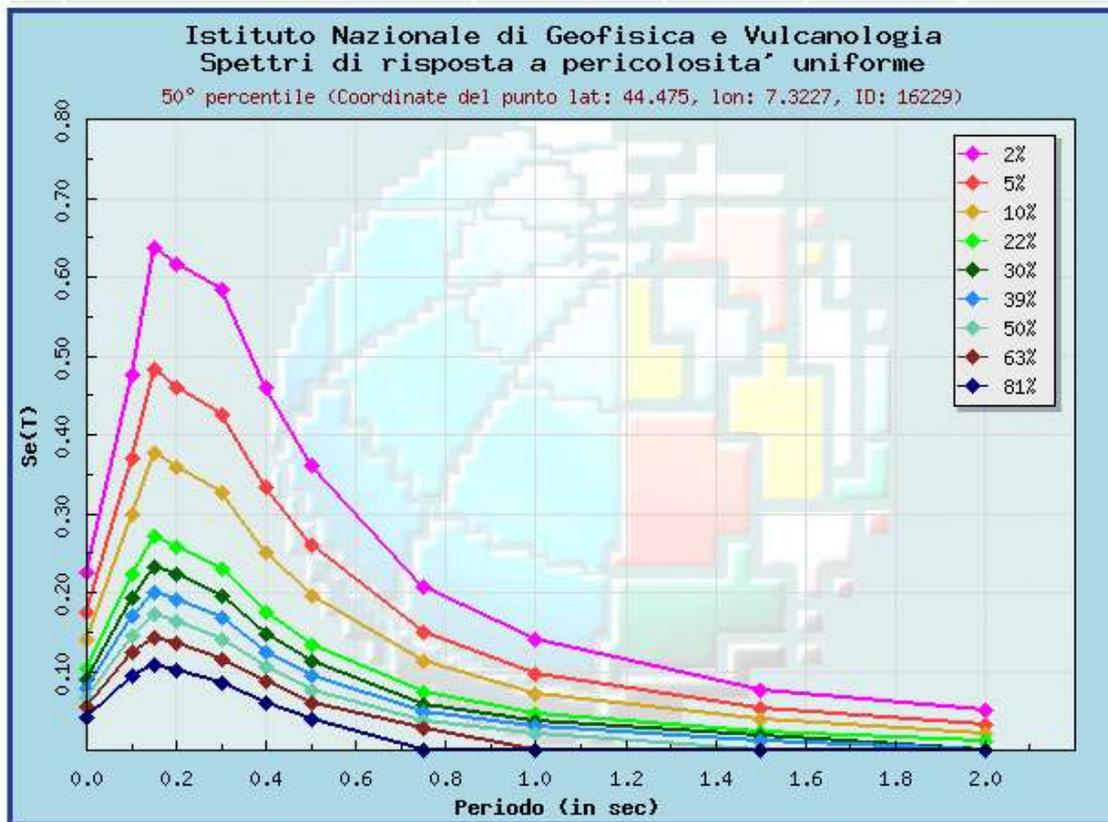


**Figura 4.** Curve di pericolosità con valori di  $a_g$  corrispondenti a diverse frequenze annuali di superamento  
(Fonte: *esse1-gis.mi.ingv.it*)

**Tabella 2.** Valori tabellari dei grafici di Figura 3, con evidenziato il valore di  $a_g$  scelto come riferimento per il Comune di Roccabruna (Fonte: *esse1-gis.mi.ingv.it*).

Frequenza annuale di superamento	<b><math>a(g)</math></b> (Coordinate del punto lat: 44.475, lon: 7.3227, ID: 16229)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.1721	0.2254	0.2655
0.0010	0.1319	0.1742	0.1989
0.0021	0.1050	0.1391	0.1552
0.0050	0.0765	0.1024	0.1113
0.0071	0.0660	0.0889	0.0953
0.0099	0.0570	0.0772	0.0821
0.0139	0.0483	0.0663	0.0701
0.0200	0.0393	0.0555	0.0580
0.0333	0.0283	0.0414	0.0435

Analogamente è possibile ottenere lo spettro di risposta a pericolosità uniforme, relativo al 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni, di cui  $a_g$  rappresenta il valore di accelerazione dell'ordinata all'origine (Fig. 5 e Tab. 3).



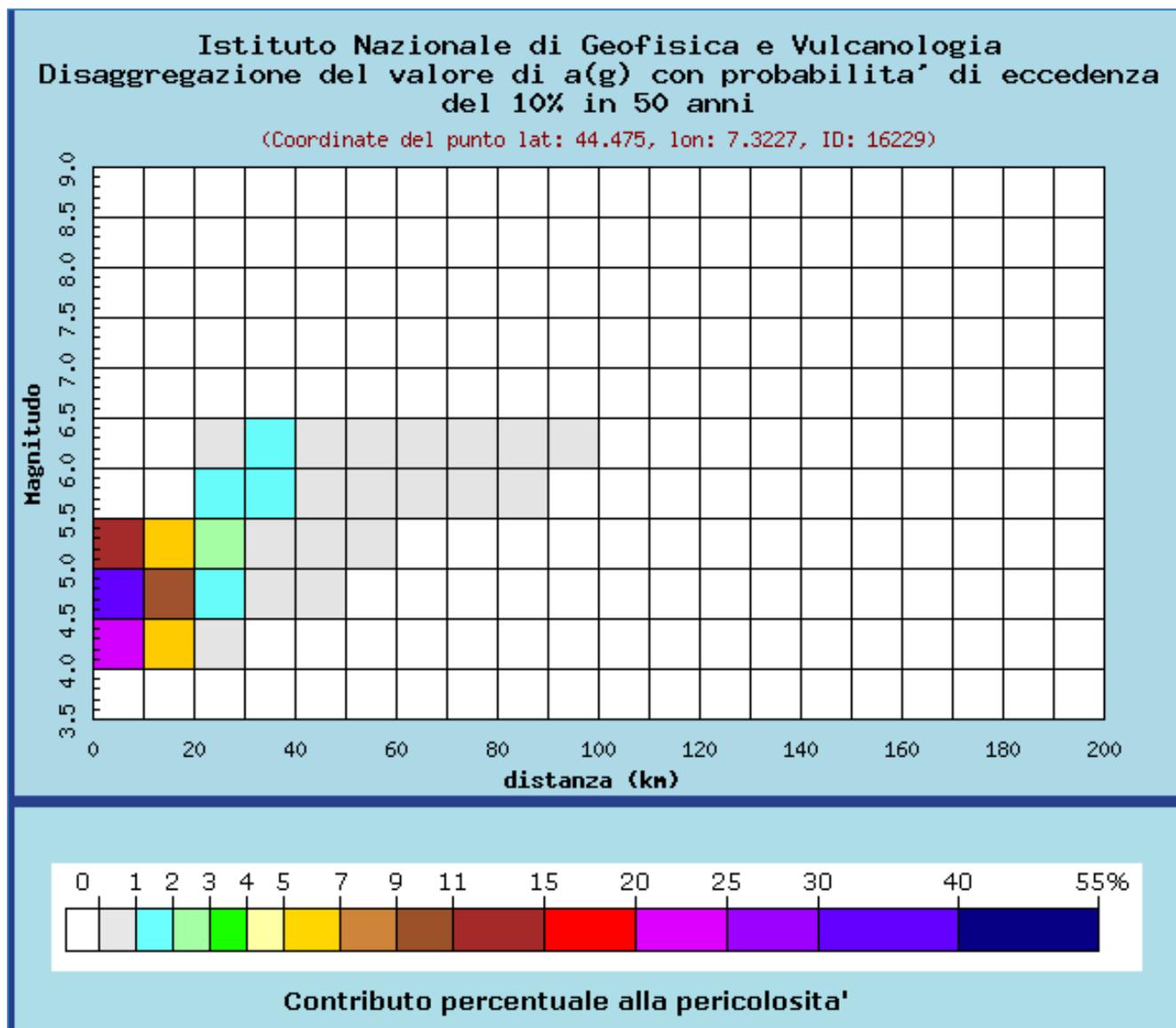
**Figura 5.** Spettri di risposta a pericolosità uniforme (Fonte: *esse1-gis.mi.ingv.it*).

**Tabella 3.** Valori tabellari degli spettri di Figura 4, con evidenziati i valori di accelerazione dello spettro di risposta con probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni (Fonte: *esse1-gis.mi.ingv.it*).

Prob. di ecc. in 50 anni	Spettri di risposta a pericolosità uniforme										
	50° percentile (Coordinate del punto lat: 44.475, lon: 7.3227, ID: 16229)										
	Periodo (in sec)										
	0.00	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00
2%	0.2254	0.4752	0.6375	0.6171	0.5848	0.4599	0.3602	0.2080	0.1397	0.0758	0.0513
5%	0.1742	0.3699	0.4830	0.4606	0.4261	0.3323	0.2600	0.1491	0.0975	0.0528	0.0327
10%	0.1391	0.2978	0.3780	0.3587	0.3264	0.2517	0.1961	0.1118	0.0715	0.0382	0.0218
22%	0.1024	0.2220	0.2718	0.2584	0.2292	0.1738	0.1336	0.0737	0.0460	0.0237	0.0108
30%	0.0889	0.1936	0.2332	0.2220	0.1948	0.1477	0.1118	0.0582	0.0365	0.0178	0.0000
39%	0.0772	0.1694	0.2010	0.1915	0.1667	0.1242	0.0947	0.0476	0.0289	0.0121	0.0000
50%	0.0663	0.1460	0.1713	0.1635	0.1405	0.1053	0.0763	0.0375	0.0200	0.0000	0.0000
63%	0.0555	0.1231	0.1426	0.1358	0.1145	0.0865	0.0597	0.0275	0.0000	0.0000	0.0000
81%	0.0414	0.0933	0.1070	0.1021	0.0851	0.0597	0.0401	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Con il processo di disaggregazione è possibile valutare il contributo di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità del sito, risalendo ai contributi percentuali di terremoti caratterizzati da differenti coppie Magnitudo (M) – distanza (d). In questo modo è possibile determinare la tipologia

di terremoto (in termini di M e d) che domina lo scenario di pericolosità nel Comune di Dronero (Fig. 6 e Tab. 4).



**Figura 6.** Dati di disaggregazione del valore di ag con probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni. Contributo percentuale alla pericolosità sismica del sito per diverse coppie distanza – Magnitudo (Fonte: esse1-gis.mi.ingv.it).

**Tabella 4.** Valori tabellari disaggregazione (Fonte: *esse1-gis.mi.ingv.it*).

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.475, lon: 7.3227, ID: 16229)										
	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	24.200	32.300	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.210	10.700	6.310	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.171	1.340	2.000	1.190	0.951	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.171	0.820	1.200	1.140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.001	0.109	0.321	0.382	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.008	0.103	0.166	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.047	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	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

Dalla Figura 6 si nota che il maggior contributo percentuale (circa 67%) alla pericolosità del sito è dato da terremoti con distanze comprese tra **0 e 10 km** e Magnitudo tra **4 e 5.5**.

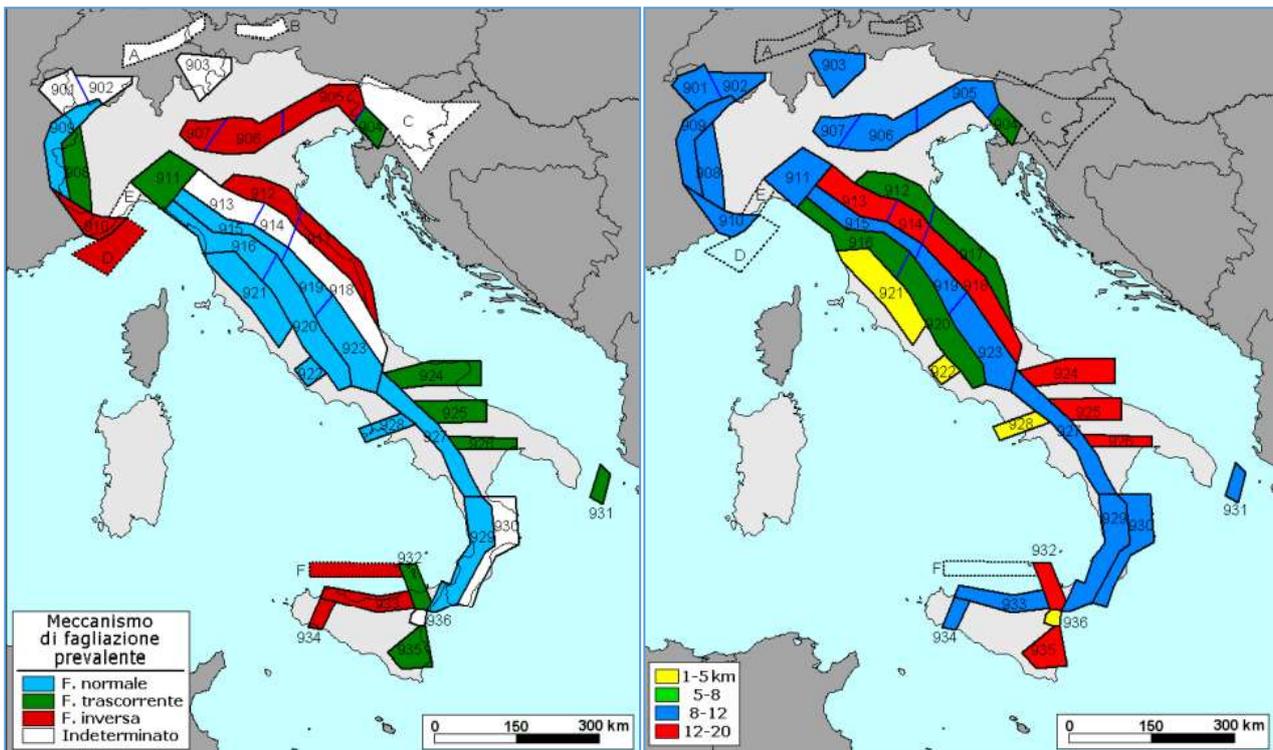
I valori medi risultanti dalla disaggregazione sono riportati nella Tabella seguente (Tab. 5).

**Tabella 5.** Valori medi ottenuti dalla disaggregazione (Fonte: *esse1-gis.mi.ingv.it*).

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.800	9.700	0.946

Il Comune di Roccabruna ricade all'interno della Zona Sismogenetica 908 (Arco Alpino occidentale) sulla base della Classificazione Sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004). Per

tale macroarea omogenea il meccanismo di faglia prevalente è **trascorrente**, con profondità ipocentrali comprese nella classe **8-12 km** (Fig. 7).



**Figura 7.** Meccanismo di fagliazione prevalente atteso (a sinistra) e classi di profondità ipocentrale (a destra) per le diverse zone sismogenetiche. Il Comune di Dronero ricade nella Zona Sismogenetica 908 (Arco Alpino occidentale) caratterizzata in prevalenza da faglie di tipo trascorrente con profondità ipocentrali tra 8 e 12 km (fonte: Meletti C. e Valensise G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo. INGV).

I parametri di pericolosità di riferimento per il Comune di Roccabruna sono pertanto riassumibili come segue:

- $ag = 0.1391g = 136.4 \text{ cm/s}^2$   
(considerando i 6 nodi della griglia intorno al comune:  $0.1371g \leq ag \leq 0.1433$ )
- Magnitudo di riferimento  $M = 4.8$
- distanza epicentrale = 9.7 km
- meccanismo di faglia: TRASCORRENTE
- profondità ipocentrale = 8-12 km



### Basamento

I caratteri geologici del settore alpino sud-occidentale ed in particolare della bassa Valle Maira, sono stati oggetto di studi approfonditi a partire dagli ultimi decenni del secolo scorso. Le opere di maggior rilievo scientifico sono riconducibili a Malaroda, Debelmas, Lemoine, Franchi e Michard (per citarne solo alcuni). Secondo la schematizzazione di Debelmas, il settore della bassa Valle Maira appartiene all'Unità Piemontese, nella quale vi sono rappresentati tutti i terreni dal basamento cristallino polimetamorfico al Paleogene Inferiore.

Nel territorio comunale di Roccabruna sono presenti esclusivamente elementi del Complesso Dora-Maira costituito da metamorfiti erciniche e pre-erciniche.

La serie del Complesso Dora-Maira è rappresentata da gneiss e scisti gneissici e filladici. Gli affioramenti risultano, in proporzione alla distribuzione areale della serie, poco abbondanti. Questo è legato all'elevata erodibilità della roccia, particolarmente pedogenizzata e ricoperta da una pressoché uniforme cotica erbosa e vegetazione arborea pioniera, mentre nelle porzioni medio-inferiori dei versanti è ammantata da circoscritte coperture detritiche.

### Depositi quaternari

I depositi quaternari comprendono il fondovalle e lo sbocco vallivo, formati da una vasta ed estesa colmata alluvionale, costituita da depositi grossolani indifferenziati, attribuiti alle alluvioni Quaternarie (Sacco, 1931), da Biancotti (1979a, b) ai depositi fluvio-glaciali e fluviali mindeliani, rissiani, würmiani e postwürmiani, da Carraro *et al.* (1978) agli intervalli IV e V.

Dal punto di vista litologico sono costituiti da ghiaie medio-grossolane ed abbondanti ciottoli, in matrice sabbiosa e limosa con elementi litologicamente eterogenei tra i quali i più frequenti sono quelli quarzitici e granitici. Questi depositi sono coperti da un suolo limoso rossastro con screziature grigiastre poco potente e presentano un grado d'alterazione decrescente verso il basso della successione.

Lateralmente, in prossimità delle prime propaggini collinari, sono presenti terreni a colorazione rossastra (c.d. *terre rosse*), eluviali e colluviali, di potenza anche decametrica, a composizione limo-argillosa e sabbiosa che formano una facies di transizione tra i depositi alluvionali grossolani della pianura ed il bordo delle prime propaggini collinari.

Tali depositi sono stati attribuiti dal Sacco *et al.* (1931) ad un'età compresa tra il Villafranchiano e la glaciazione Mindeliana. Le intense fasi erosive e deposizionali verificatesi dopo la glaciazione Mindeliana hanno smembrato le aree d'affioramento di tali depositi, tali da ridurli ad una serie di lembi isolati contornanti la pianura da terrazzi debolmente sopraelevati. Nel territorio comunale tali affioramenti si rinvengono principalmente in corrispondenza degli interspazi collinari a nord e nord-est di Roccabruna (località Casette - Prarosso) dove ricoprono per 5 – 15 m circa il substrato cristallino.

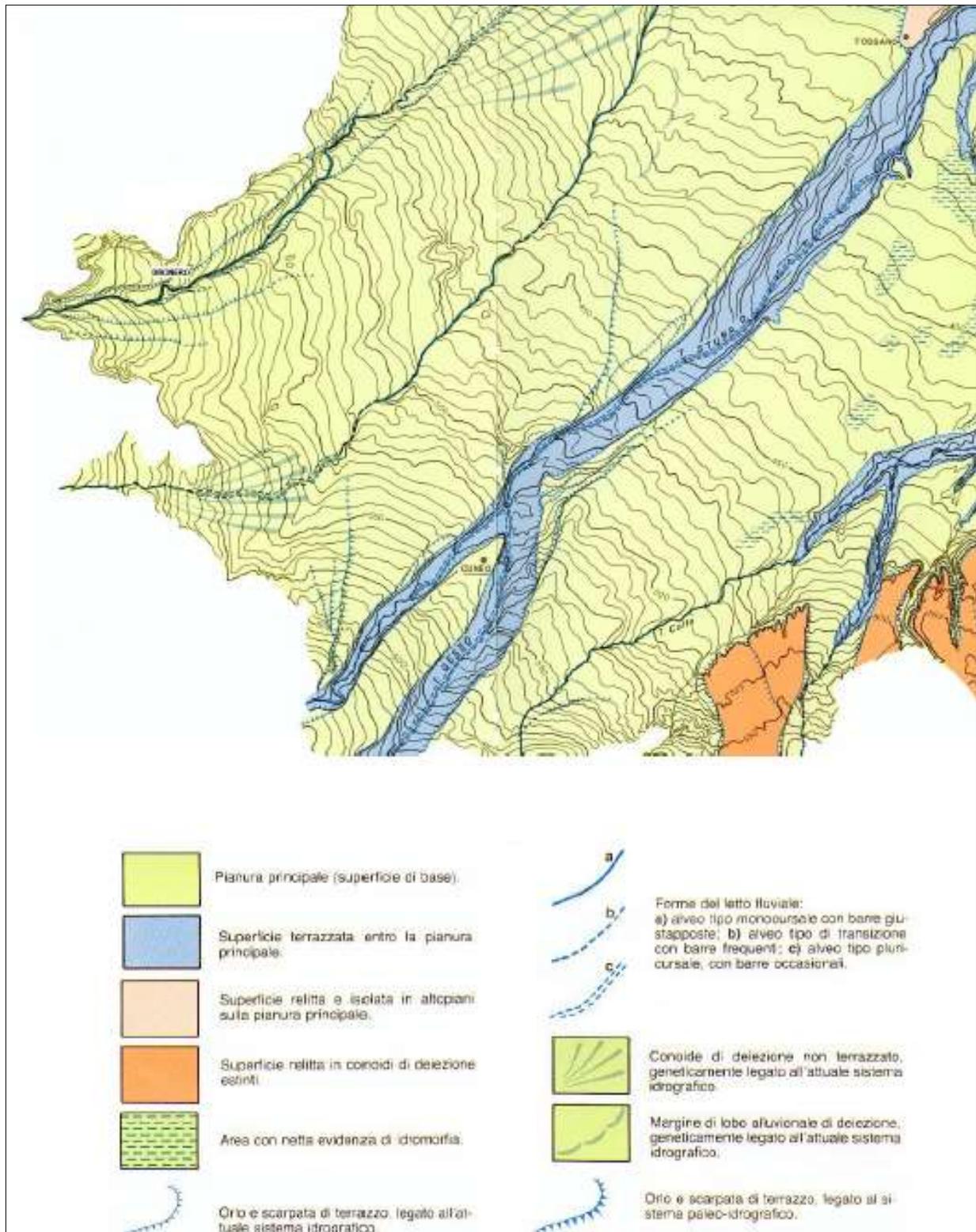
L'aspetto geomorfologico dell'ambiente di pianura merita una particolare attenzione. Esso è il prodotto composito di diversi processi morfogenetici in atto dal Pleistocene. Tale assetto idrografico si definisce verso l'attuale durante gli ultimi 10-15 mila anni, con progressivi gradi d'incisione. La piana a Nord dell'asse Stura si evolve, con una progressiva migrazione fluviale verso il collettore Po, di Maira, Grana e Varaita. A Sud dell'asse Stura il sistema idrografico viene condizionato dal sistema di pertinenza Tanaro dopo la deviazione del suo percorso e l'abbandono del suo antico passaggio ad Ovest di Bra verso il Po (Biancotti, 1979; Maraga, 1983; Tropeano, 1988).

Al di là dei vistosi processi di trasformazione fluviale e modellamento di superfici che si sono prodotti in tempi geologici, in età storica si manifestano ancora eventi di modificazione della rete idrografica, soprattutto noti quelli per migrazione laterale, per i quali è possibile introdurre anche l'azione antropica. Per esempio il Grana aveva una sua individualità fino al Fiume Po ancora nel XVII secolo, mentre ora confluisce nel T. Maira in prossimità dell'abitato di Cavallermaggiore.

Tuttavia le maggiori modificazioni sono riferite alle forme dei letti fluviali. Nella pianura cuneese sono stati riconosciuti, in particolare, modificazioni di alveo-tipo nell'ambito dei tratti pluricursali (o alvei a treccie, caratterizzati da processi prevalenti di alluvionamento o deposito), i quali hanno evidenziato una sensibile riduzione dello sviluppo, sia longitudinale che trasversale.

Le tendenze evolutive recenti, che si sono manifestate verosimilmente negli ultimi 200 anni, cioè all'inizio del XIX secolo, alla fine cioè di una riconosciuta piccola "età glaciale", sono indicate dai cambiamenti di alveo-tipo, sono quindi legate a variazioni dal pluricursale al monocursale. Dette forme di modellamento fluviale sono indizio di diminuzione dell'apporto di sedimenti, legata probabilmente a cambiamenti idrologici verso portate minori.

Il T. Maira, che attraversa il Comune di Roccabruna, presenta un'unica forma di letto fluviale tipo monocursale a barre contrapposte che prosegue fino al confine amministrativo di Dronero e Busca.



**Figura 9.** Carta della morfologia fluviale

L'assetto idrogeologico del territorio comunale può essere rappresentato da due sistemi distinti:

1) *sistema di monte*, caratterizzato da:

- coperture detritiche e terrigene caratterizzate da elevata permeabilità, con scarsa presenza di sorgenti;
- complesso cristallino: caratterizzato da un'evidente permeabilità per fessurazione, in rocce solubili con diffusi fenomeni carsici. Il numero delle sorgenti è limitato ma le portate sono di norma discrete.

2) *sistema di pianura*, terreni alluvionali e fluviali sciolti e/o grossolani e di conoide (sabbie ghiaiose, sabbie e ghiaie, conglomerati). La permeabilità è di norma da media ad elevata. Il sistema acquifero si caratterizza dalla presenza di un sistema libero superficiale con piezometrie da pochi metri a 12 – 15 m (zona della conoide alluvionale).

Nell'area meridionale (zona area industriale) vengono segnalati sistemi acquiferi presumibilmente semiconfinati, oltre i depositi conglomeratici. Potrebbe trattarsi di sistemi legati alla presenza, all'interno dei depositi alluvionali, di livelli ghiaioso-sabbiosi fortemente cementati dalla precipitazione di carbonato di calcio (conglomerati), che formano diaframmi impermeabili in grado di pressurizzare localmente e parzialmente le falde. L'esistenza di questi livelli è riportata in numerosi lavori di letteratura geologica (REGIONE PIEMONTE, 2003; BOVE *et al.*, 2005), nei quali se ne segnala la presenza, in particolare nella parte alta del conoide del T. Maira, tra i comuni di Dronero, Busca e Caraglio. La vulnerabilità di questi acquiferi è da considerarsi quindi generalmente molto bassa con produttività non particolarmente abbondante.

Per quanto concerne il quadro dei dissesti indicato nella Carta geologico tecnica è stato preso come riferimento il quadro dei dissesti condiviso del PAI approvato dalla Regione Piemonte e facente parte della documentazione geologica di PRGC. Tale documentazione venne redatta sulla base di un'attenta e critica analisi dei dati bibliografici disponibili poi approvati e condivisi nelle diverse fasi della Variante PAI al PRGC.

Per quanto riguarda l'indicazione di valle sepolta riportata nella Carta geologico tecnica, si fa riferimento al lavoro citato in bibliografia, relativo a: Cadoppi P., Giardino M., Lampone G., Perrone G. (2007) – Rischio Sismico O.P.C.M. 3274/2003, Studi geologici finalizzati alla redazione di carte di Microzonazione Sismica (Comune di Dronero).

## 4.DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per la raccolta dei dati geotecnici e geofisici esistenti per il territorio comunale si è fatto riferimento alle relazioni geologiche e geotecniche disponibili e ai dati presenti nel sito <http://webgis.arpa.piemonte.it>.

In particolare sono state censite 24 indagini di tipo puntuale e 7 indagini di tipo lineare.

Tra le indagini puntuali rientrano:

- n. 5 prove penetrometriche dinamiche eseguite con penetrometro super-pesante (DS);
- n. 1 pozzi per acqua (PA);
- n. 18 letture piezometriche (SP)

Sono inoltre state eseguite n. 6 indagini integrative nel mese di agosto 2017, con la realizzazione di n. 3 prove geofisiche di sismica superficiale del tipo MASW e n. 3 misure di HVSR associate. Nei tre siti scelti per l'approfondimento sono state eseguite entrambe le indagini al fine di migliorarne l'interpretazione in termini sismo-stratigrafici e validare le indagini pregresse.

I dati relativi alle prove penetrometriche, tutte realizzate con penetrometro super-pesante, derivano da indagini geognostiche pregresse realizzate negli anni dallo scrivente per diversi studi geologici e geologico-tecnici nel territorio comunale di Roccabruna. Per quanto riguarda le indagini lineari, sono state reperite:

- n. 4 prove sismiche attive per onde superficiali del tipo MASW (MASW);
- n. 3 prove sismiche a rifrazione (SR);

Le prove MASW derivano dagli studi di approfondimento condotti dallo scrivente in ambito di PRGC, per l'adeguamento dello stesso alla normativa sismica (Tav. 2 PRGC, Carta del Suolo di Fondazione ai fini dell'azione sismica di progetto, dicembre 2008) e da lavori di altri geologi liberi professionisti, in particolare:

- Bertagnin (2006-2007) – *Relazioni geologiche – geotecniche con caratterizzazione sismica e determinazione delle  $V_{s30}$  aree di p.e.c. AE2, AE8, RC3*, Relazioni tecniche.

Le prove sismiche a Rifrazione derivano da lavori di altri geologi liberi professionisti, in particolare:

- Bertagnin (2011) – *Relazione geologica – geotecnica con caratterizzazione sismica con determinazione delle  $V_{s30}$  lotto Borgata Bruna*, Relazione tecnica.

## 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 Geologico Tecnica. In particolare:

- I depositi fluvioglaciali e alluvionali dell'ampio settore meridionale di pianura sono costituiti da sedimenti a granulometria ghiaiosa grossolana e sono classificabili secondo la classificazione delle terre U.S.C.S. come GW; sono pertanto materiali incoerenti con buon grado di addensamento, a comportamento esclusivamente attritivo e con rapida dissipazione delle pressioni interstiziali che presentano generalmente da buone ad elevate caratteristiche geotecniche. Al loro interno sono presenti lenti e livelli conglomeratici, fortemente cementati, la cui potenza e distribuzione laterale non risulta uniforme sull'intera area comunale. Tali livelli si rinvengono a profondità variabili e non sono stati distinti, ma inglobati all'interno dei depositi fluvioglaciali e alluvionali. Lo spessore di questi depositi nel settore di pianura, come emerge dalle stratigrafie di pozzo visionate, supera i 50 m di spessore. Tuttavia, dalle prove geofisiche a disposizione, è lecito ipotizzare che la velocità sismica  $V_s$  all'interno di tali depositi raggiunga velocità di 800 m/s intorno ai 40-50 m di profondità.
- I depositi alluvionali dell'ampio conoide di Roccabruna sono anch'essi sedimenti a granulometria ghiaiosa grossolana, classificabili come GWca, caratterizzati da un comportamento esclusivamente attritivo, un buon grado di addensamento e buone caratteristiche geotecniche.
- I depositi a colorazione rossastra (*terre rosse*), eluviali e colluviali, di potenza anche decametrica, a composizione limo-argillosa e sabbiosa che formano una facies di transizione tra i depositi alluvionali grossolani della pianura ed il bordo delle prime propaggini collinari originando isolati lembi sopraelevati e terrazzati rispetto al fondovalle, sono stati classificati come CL. La loro potenza, dalle prove a disposizione e dal confronto con dati a disposizione sul territorio comunale e nel limitrofo comune di Dronero, si attesta intorno ai 5-15 m di spessore. Essi presentano grado di addensamento crescente con la profondità e mediocri caratteristiche geotecniche, anch'esse in graduale miglioramento con la profondità.

- I depositi eluvio-colluviali recenti che ricoprono il substrato lapideo stratificato fratturato e stratificato fratturato e alterato risultano di potenza modesta; lo spessore, verificato nel corso dell'indagine e osservando i tagli di versanti correlati alla viabilità comunale, si attesta tra pochi centimetri e 2 – 3 m massimo. Rientrano pertanto nel limite massimo di spessore di 3,0 m e pertanto non sono stati classificati come unità geologico – litotecnica specifica.

## 6. INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

Considerando il livello di approfondimento richiesto per la redazione di uno studio di microzonazione sismica di primo livello, i dati geologici e geotecnici a disposizione reperiti per il Comune di Roccabruna possono essere ritenuti sufficientemente rappresentativi dell'intero territorio comunale, in quanto caratterizzato da una buona omogeneità areale dei litotipi presenti.

Per quanto riguarda i dati geofisici essi possono essere ritenuti sufficientemente attendibili e sufficientemente distribuiti realmente; l'area è stata in passato oggetto di approfondimenti e campagne investigative per la redazione di studi di microzonazione sismica e caratterizzazione sismica del sottosuolo, pertanto sono disponibili dati di alcune indagini pregresse distribuite sul territorio.

## 7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Al fine di ampliare e completare il quadro d'indagine esistente, carente di informazioni di natura geofisica, nel mese di agosto 2017, sono state effettuate a cura dello scrivente:

- 3 indagini lineari MASW;
- 3 indagini puntuali HVSR;

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh (MASW) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio Vs. Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Il metodo MASW utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali, la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs. L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

La strumentazione utilizzata per le tre prove acquisite sul territorio comunale di Roccabruna è così costituita:

- un sismografo EEG BR24 24 canali (Fig. 12);
- 24 geofoni verticali con frequenza propria pari a 4,5Hz;
- una massa battente da 6 kg (Fig. 13).

I grafici e gli elaborati interpretativi relativi alle prove realizzate in sito, sono allegati in calce alla presente relazione.



**Figura 9.** Immagine del sito in cui è stata effettuata la prova MASW n.1



**Figura 10.** Sito prova HVSR n.2, dettaglio sulla strumentazione utilizzata.

## 8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Nell'ambito dello studio in oggetto sono state redatte le seguenti cartografie (scala 1:10.000):

- Carta delle Indagini;
- Carta Geologico- Tecnica;
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

### **7.1 Carta delle indagini**

Nella Carta delle Indagini sono state riportate l'ubicazione e la tipologia di tutte le indagini lineari e puntuali reperite sul territorio comunale di Roccabruna ritenute attendibili e utili ai fini della microzonazione sismica in oggetto. Le fonti di tali dati sono brevemente descritte al paragrafo 4. Alla carta è allegata la banca dati inerente tutte le informazioni previste negli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (versione 4.0b).

### **7.2 Carta Geologico Tecnica**

La Carta Geologico Tecnica a supporto degli studi di microzonazione 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 (Carta MOPS) 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 individuate sul territorio comunale di Roccabruna sono, per quanto riguarda i terreni di copertura:

- Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia nel settore meridionale lungo la scarpata di raccordo con l'alveo del Torrente Maira (GWtf – terrazzo fluviale) e per il settore centrale dell'area indagata, dove si trova dell'ampio conoide di Roccabruna (GWca – conoide alluvionale);

- Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre con ambiente di posizione eluvio-colluviale (CLec) per quanto riguarda i lembi isolati e potenti di terre rosse al passaggio tra la pianura e le prime propaggini collinari;

L'unità a cui fa riferimento il substrato geologico è:

- Substrato Lapideo fratturato / alterato (SFLP), affiorante nel settore nord;
- Substrato Lapideo Stratificato fratturato / alterato, affiorante e subaffiorante nel settore centrale ed occidentale dell'area indagata.

Le ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia (GW) sono caratterizzate da depositi alluvionali di varia età e da depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie sabbiose e ghiaie includenti massi di medie dimensioni, matrice sabbioso limosa, localmente coperti da suolo bruno di potenza limitata. Al loro interno sono presenti livelli e lenti più o meno potenti e continui di conglomerati fortemente cementati. Questi depositi interessano il settore di pianura meridionale del comune. Sono stati inseriti in questa classe (GW) anche i depositi alluvionali del conoide di Roccabruna, presente nella porzione mediana dell'area in esame. Le caratteristiche di questi sedimenti sono variabili in relazione all'addensamento e al grado di cementazione del deposito, la capacità portante è da buona ad elevata. I valori medi dei parametri geotecnici sono peso di volume pari a  $20 \text{ kN/m}^3$ , angolo di attrito pari a  $30^\circ$ - $40^\circ$  e coesione nulla.

Le argille, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (CL) sono caratterizzati da depositi limoso sabbioso argillosi prevalenti. Questi depositi formano terrazzi isolati e sopraelevati rispetto alla pianura e addossati alla parte bassa dei versanti. Come dimostrato dalle prove penetrometriche di riferimento, questi depositi raggiungono spessori comprese tra pochi metri e 15 m circa. Si tratta di materiali localmente molto alterati, presentano caratteristiche geotecniche da mediocri a buone, in relazione al grado di addensamento (che aumenta notevolmente con la profondità) e alla presenza di acque di infiltrazione. I valori medi dei parametri geotecnici sono peso di volume pari a  $17$ - $19 \text{ kN/m}^3$ , angolo di attrito pari a  $25^\circ$ - $30^\circ$ .

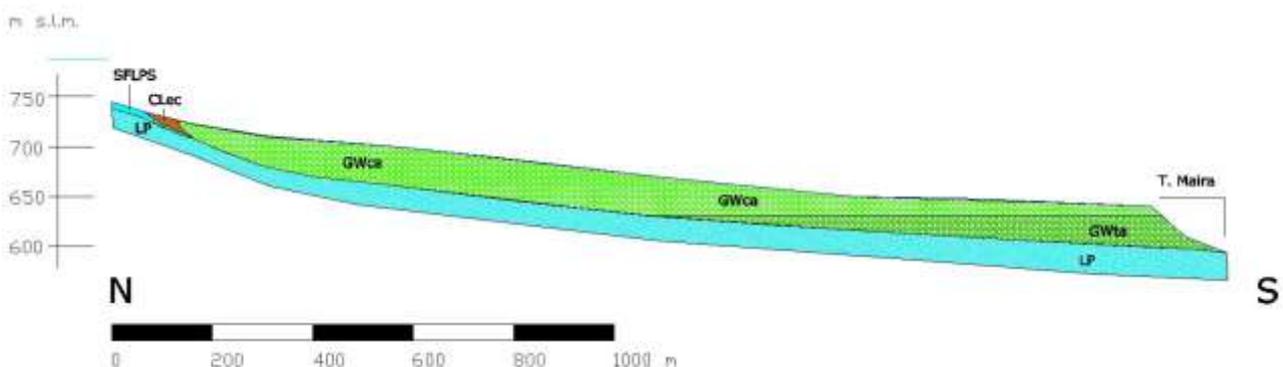
Il Substrato Lapideo fratturato e alterato (SFLP) e il Substrato Lapideo stratificato fratturato e alterato, evidenziato in carta come affiorante e/o subaffiorante (con possibile presenza di terreno di copertura di potenza inferiore a 3,0 m) è caratterizzato da litotipi con caratteristiche geomeccaniche da discrete a ottime in relazione alla scistosità, alla stratificazione, alla fratturazione ed al grado di alterazione.

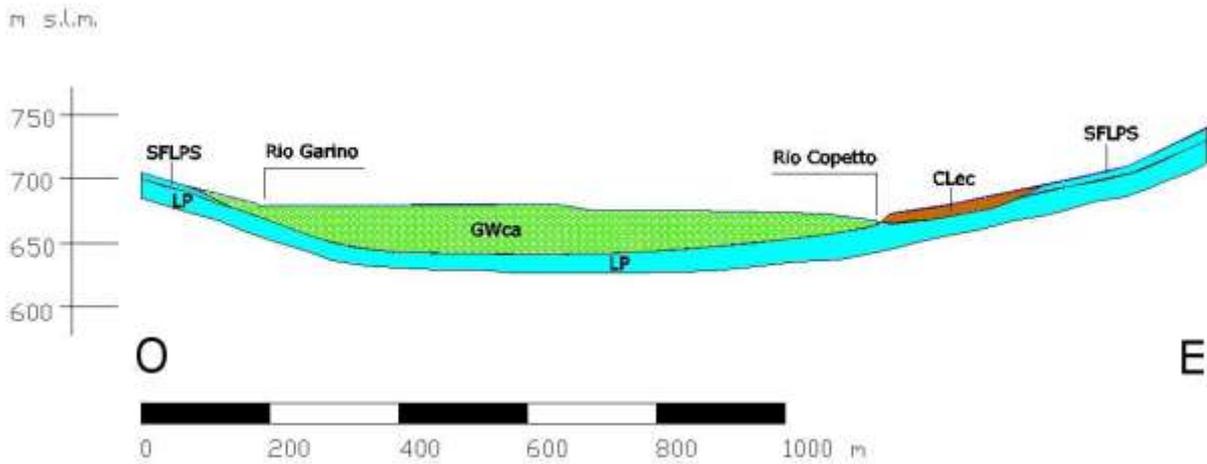
La carta riporta anche le tracce delle sezioni geologico-tecniche rappresentative del modello geologico. Per quanto riguarda gli elementi geologici ed idrogeologici sono stati riportati due pozzi per acqua che raggiungono il substrato.

Per quanto riguarda l'instabilità di versante è stata evidenziata la presenza di movimenti franosi attivi, quiescenti e stabilizzati. Trattasi, per quelle maggiormente estese, di macro aree derivanti da banche dati geologiche e definite sulla base di fotogrammetrie aeree. Tali instabilità sono riconducibili a fenomeni complessi per lo più riguardanti il substrato alterato e/o la limitata coltre eluvio colluviale di copertura.

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

Di seguito si riportano le due sezioni geologico tecniche ricostruite per l'area di studio (Fig. 10e 11):





**Figure 10 e 11.** *Profili geologici di riferimento nord sud (N-S) e est ovest (E-O) per il territorio comunale di Roccabruna. Nelle sezioni sono 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, finalizzati alla costruzione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).*

### **7.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)**

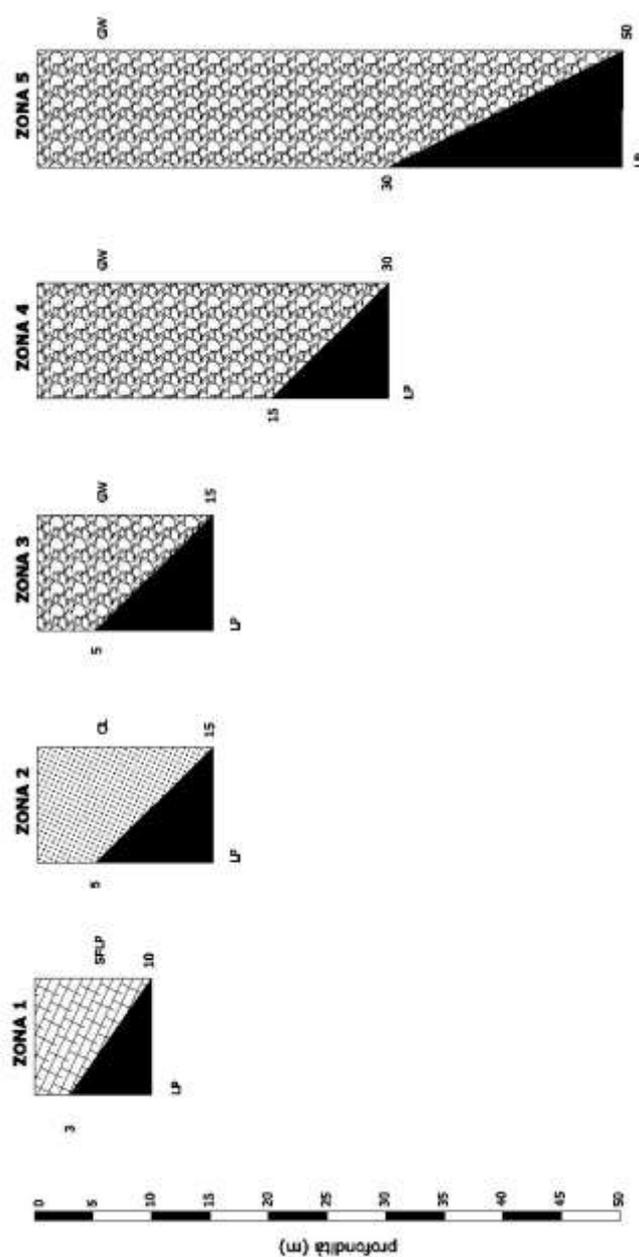
Sulla base delle informazioni e delle carte precedentemente descritte è stata redatta la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica.

Nella carta sono riportate le aree classificate come zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (zone 1-5) e zone di attenzione per instabilità. In particolare nelle Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ricadono le aree caratterizzate dalla presenza di substrato fratturato, stratificato e/o alterato nonché i terreni di copertura poggianti su substrato rigido e nelle zone di attenzione per instabilità ricadono le aree coinvolte in movimenti franosi.

Per quanto riguarda le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono state suddivise in sei diverse zone, caratterizzate dalla presenza di diversi terreni di copertura e diverse profondità fino al raggiungimento di depositi caratterizzati da  $V_s$  maggiori di 800 m/s; in particolare (Fig. 11):

- Zona 1: substrato fratturato alterato (3-10 m) (SFLP) su substrato lapideo (LP);
- Zona 2: depositi eluvio-colluviali residuali (terre rosse, CL) di potenza compresa tra 5 m e 15 m su substrato lapideo (LP);

- Zona 3: depositi alluvionali e fluvioglaciali ghiaiosi (GW) di potenza compresa tra 5 m e 15 m su substrato lapideo (LP);
- Zona 4: depositi alluvionali e fluvioglaciali ghiaiosi (GW) di potenza compresa tra 15 m e 30 m su substrato lapideo (LP);
- Zona 5: depositi alluvionali e fluvioglaciali ghiaiosi (GW) di potenza compresa tra 30 m e 50 m su substrato lapideo (LP);



**Figura 11.** Colonne stratigrafiche di riferimento per le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (Zona 1-9 Carta MOPS).

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Bertagnin G. (2006) – Relazione geologica e indagine geofisica. Progetto di PEC Area AE8 di PRGC
- Bertagnin G. (2006) – Relazione geologica e indagine geofisica. Progetto di PEC Area RC3 di PRGC
- Bertagnin G. (2007) – Relazione geologica e indagine geofisica. Progetto di PEC Area AE2 di PRGC
- Bertagnin G. (2011) – Relazione geologica e indagine geofisica. Progetto di PEC Area b.ta Bruna.
- Biancotti A. (1977): L'evoluzione recente ed attuale di un tratto dell'alta Pianura del Piemonte sud-occidentale. Mem. Acc. Naz. Linc., 14, pp. 191-226.
- Biancotti A. (1979): Rapporti tra morfologia e tettonica nella pianura cuneese. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 2 , 51-56.
- Cadoppi P., Giardino M., Lampone G., Perrone G. (2007) – Rischio Sismico O.P.C.M. 3274/2003, Studi geologici finalizzati alla redazione di carte di Microzonazione Sismica (Comune di Dronero)
- Cambursano F. (1996) – Variante al PRGC di Roccabruna: rilievo soggiacenza pozzi ad uso privato nell'area della conoide alluvionale.
- Cambursano F. (2009): Relazione geologico tecnica e indagine geognostica penetrometrica dinamica – Progetto di realizzazione nuovo fabbricato abitativo in b.ta Bruna (committenza: Sig.ra Belliardo Maria Rosa)
- Cambursano F. (2010): Relazione geologico tecnica e indagine geognostica penetrometrica dinamica – Progetto di realizzazione agriturismo – Variante parziale al PRGC, zona Casette
- Cambursano F. (2012): Relazione geologico tecnica e indagine geognostica penetrometrica dinamica – Progetto di realizzazione nuovo fabbricato abitativo in zona concentrico (committenza: Sig.ra Acchiardi Alessia)
- Cambursano F. (2013): Relazione geologico tecnica e indagine geognostica penetrometrica dinamica – Progetto di realizzazione ampliamento fabbricato abitativo in zona Tettorosso (committenza: Sig. Fantin)
- Cambursano F. (2014): Relazione geologico tecnica e indagine geognostica penetrometrica dinamica – Progetto di realizzazione nuovo fabbricato abitativo bifamiliare in zona Ca' Bianca - Casette (committenza: Sig. Galaverna Fulvio)
- Cambursano F., Costagli O. (2003): Comune di Dronero: Verifiche di compatibilità idraulica e idrogeologica dello strumento urbanistico, PAI.
- Cambursano F. (2005): Comune di Busca: Verifiche di compatibilità idraulica e idrogeologica dello strumento urbanistico, PAI.

Cambursano F. (2005): Comune di Roccabruna: Verifiche di compatibilità idraulica e idrogeologica dello strumento urbanistico, PAI.

Cambursano F. (2009): Comune di Roccabruna: Variante 02 al PRGC di adeguamento alla Normativa Sismica

Civita M. (2005) – Studio e valutazione della vulnerabilità intrinseca delle acque sotterranee – Relazione finale. 138 pp. Disponibile in rete sul sito [www.provincia.cuneo.it](http://www.provincia.cuneo.it)

Civita M., Vigna B., De Maio M., Fiorucci A., Pizzo S., Gandolfo M., Banzato C., Menegatti S., Offi M., Musciacco D., Agnello M. (2005) - Studio e valutazione della vulnerabilità intrinseca delle acque sotterranee della pianura cuneese e della zona collinare. Gruppo di lavoro in idrogeologia applicata- Dipartimento di ingegneria del territorio, dell'ambiente e delle geotecnologie, Politecnico di Torino. Disponibile in rete sul sito [www.provincia.cuneo.it](http://www.provincia.cuneo.it)

Colombi A., Compagnoni M., Pergalani F. (2011): Risposta sismica locale: la MS come strumento discriminante per l'utilizzo di approcci semplificati o di specifiche analisi. *Ingegneria Sismica (Supplemento)*, anno XXVIII, 2, pp 65-68.

Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (2013): *Microzonazione Sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica, versione 3.0*

Crema G.C. et alii (1971): Note illustrative della Carta Geologica d'Italia a scala 1 : 100.000 dei Fogli 78-79-80 Argentera-Dronero- Demonte.

Debelmas J., Lemoine M. (1957): Calceschistes piémontais en terrains à facies brianconnais dans les hautes vallées de la Maira et de Varaita (Apes Cottiennes, Italie). *C. R. Soc. Geol. Fr.*, pp. 38-40

Debelmas J., Lemoine M. (1964): La structure tectonique et l'évolution paleogeographique de la chaîne alpine d'après les travaux recents. *L'Infor. Scient.*, 11, pp. 33

Franchi S. & Di Stefano G. (1896): *Relazione sul rilevamento delle Alpi Occidentali, per la campagna geologica del 1895 (Pinerolese, Val Grana e Val Maira).*

Locati M., Camassi R., Stucchi M. (2011): Database Macrosismico Italiano versione DBMI11

Meletti C., Valensise G. (2004): *Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo, INGV.*

Michard A. (1967) : *Etude geologique dans le zones internes des Alpes Cottiennes.*

Regione Piemonte – Direzione Opere Pubbliche Settore Protezione Civile (2007): *Rapporto tecnico – Esecuzione di indagini geognostiche e geofisiche sismiche per la caratterizzazione geologica e geofisica del Comune di Dronero (CN) per la redazione di carte di microzonazione sismica – Determinazione n. 2110 del 30/11/2006*

Vialon P. (1966) : *Etude géologique du massif Cristallin Dora Maira, tesi di dottorato, Univ. Grenoble.*

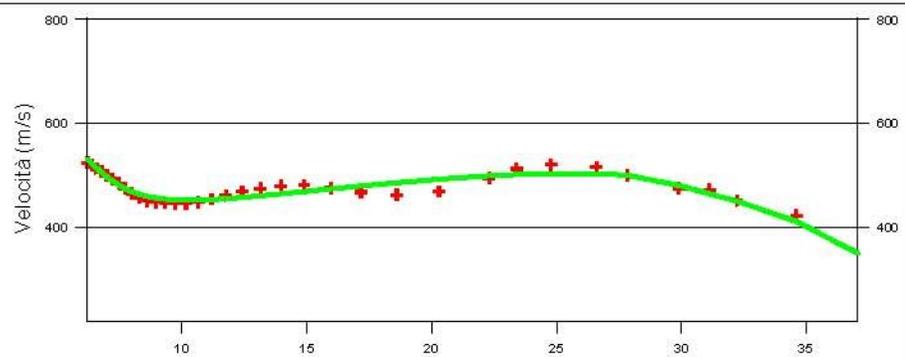
<http://webgis.arpa.piemonte.it/flxview/GeoViewerArpa/>

<http://esse1.mi.ingv.it/>

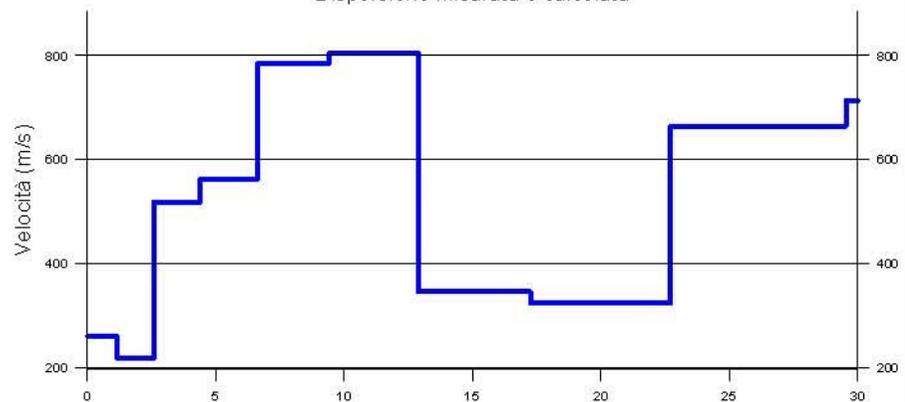
## 10. ALLEGATI

### ELABORATI INDAGINI UTILIZZATE A SUPPORTO DELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA (LIVELLO 1)

- 1- MASW10
- 2- MASW2
- 3- MASW2
- 4- MASW4
- 5- SR5
- 6- SR6
- 7- SR7
- 8- MASW8
- 9- MASW9
- 10- DS1
- 11- HVSR26
- 12- PA2
- 13- DS3
- 14- DS4
- 15- DS5
- 16- DS6
- 17- P7 – P24
- 18- HVSR 25
- 19- MASW11
- 20- HVSR27



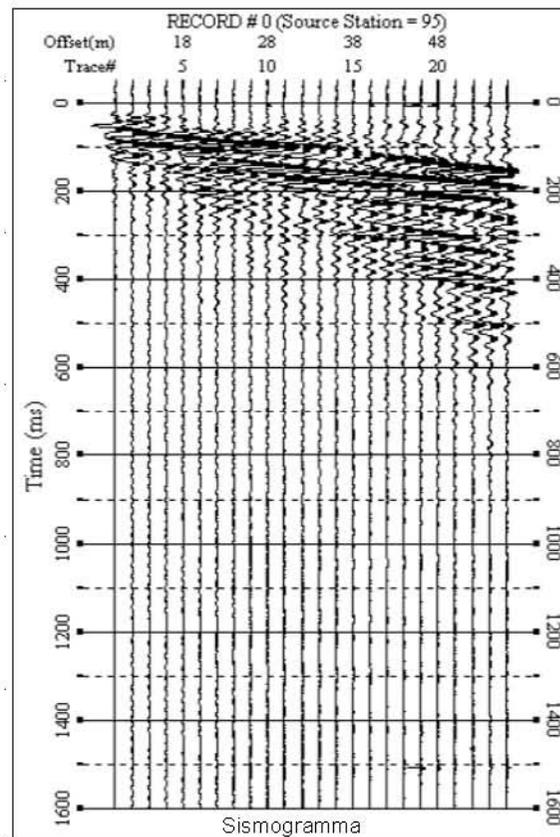
Dispersione misurata e calcolata



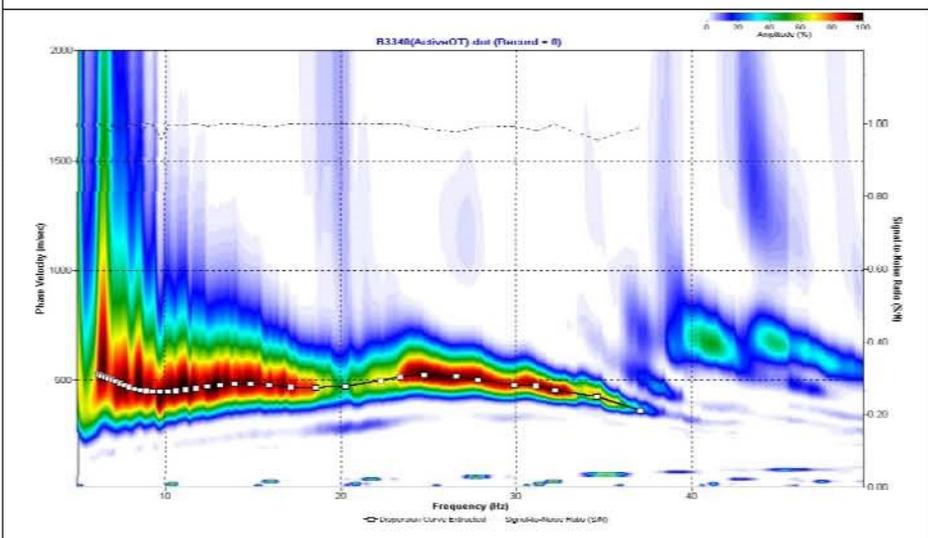
Modello Vs del terreno

### LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S



Sismogramma



### TABELLA DI CALCOLO VS30

Da Prof.	a Prof.	Vs	H/Vi
0	1.1	261	.0044
1.1	2.6	220	.0066
2.6	4.4	519	.0035
4.4	6.6	412	.004
6.6	9.4	602	.0036
9.4	12.9	856	.0043
12.9	17.3	875	.0126
17.3	22.7	326	.0168
22.7	29.5	501	.0103
29.5	30	542	.0006

VALORE CALCOLATO VS30 = 598 m/s

## PROVA SISMICA VS30

Cambursano dott. Fabrizio

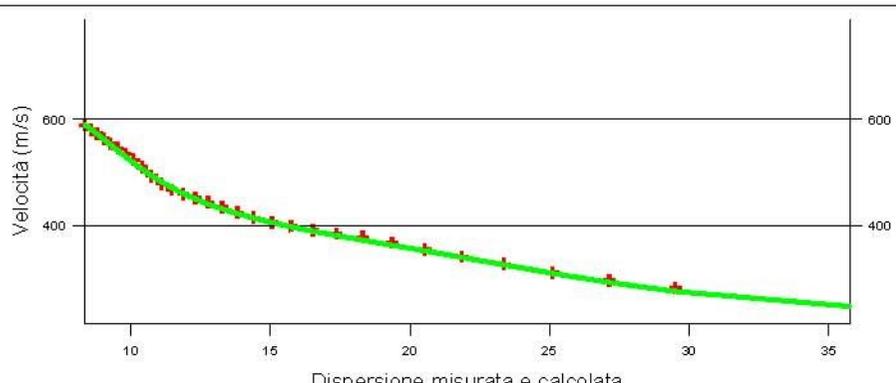
Comune di Roccabruna - variante al PRGC

Area artigianale

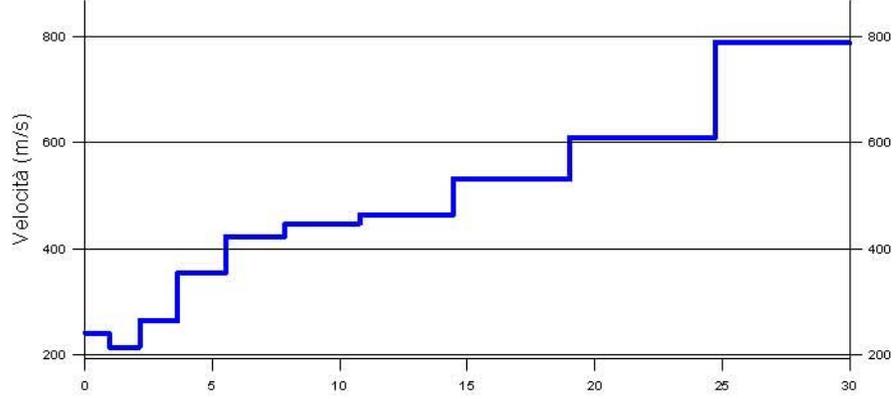
**VELOCITA' DELLE ONDE S  
SEZIONE N. 3**

Octobre 2008

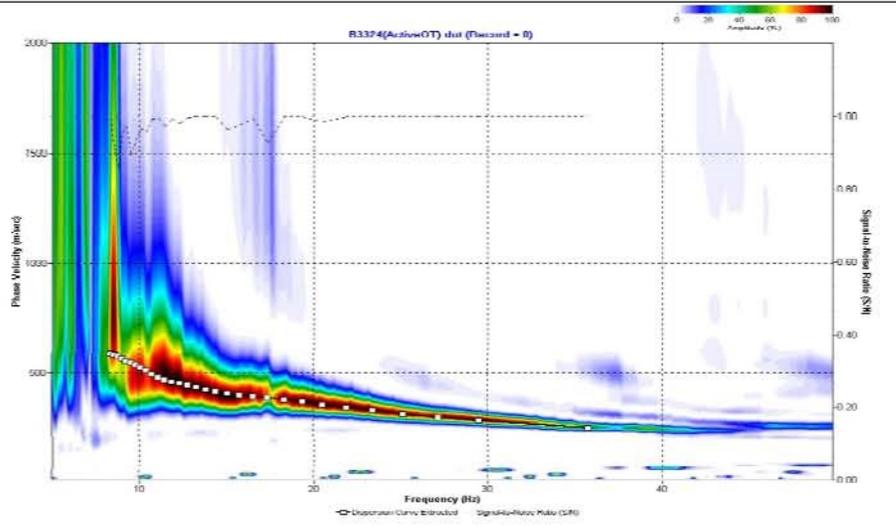
EEG s.r.l.  
GEOTECNICA  
P.L. 02/00/00/00/00/00/00/00/00/00



Dispersione misurata e calcolata

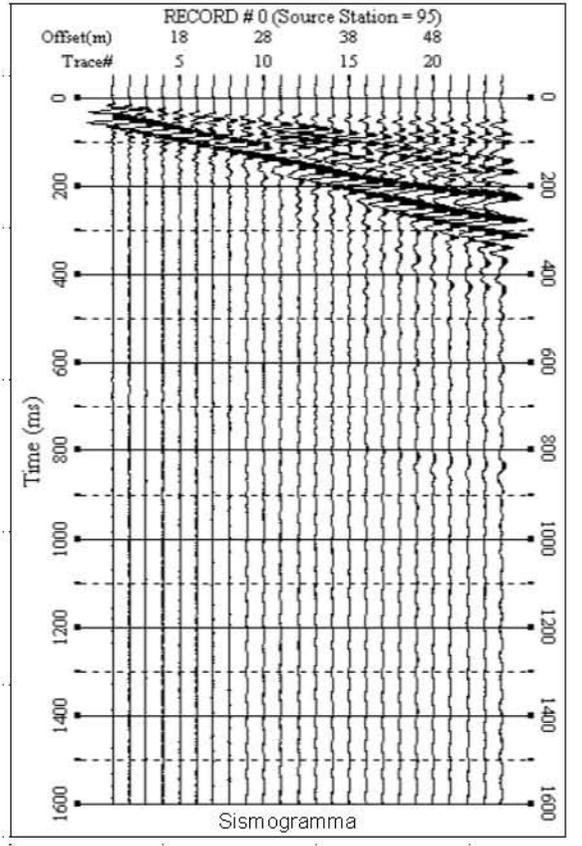


Modello Vs del terreno



**LEGENDA**

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S



Sismogramma

**TABELLA DI CALCOLO VS30**

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi
0	1	240	.004
1	2.2	214	.0056
2.2	3.7	263	.0057
3.7	5.5	354	.0053
5.5	7.9	423	.0055
7.9	10.8	457	.0065
10.8	14.4	486	.0079
14.4	19	538	.0086
19	24.7	617	.0094
24.7	30	812	.0067

VALORE CALCOLATO VS30 = 467 m/s

**PROVA SISMICA VS30**

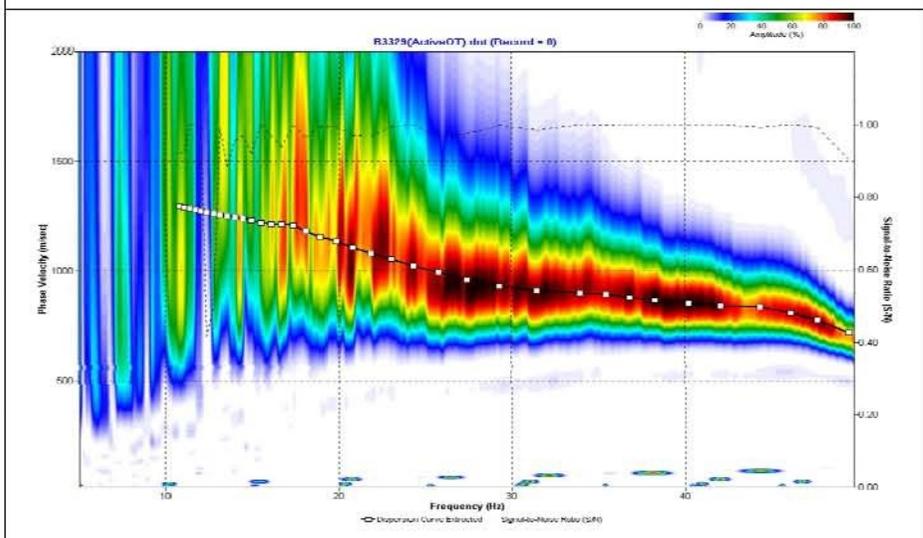
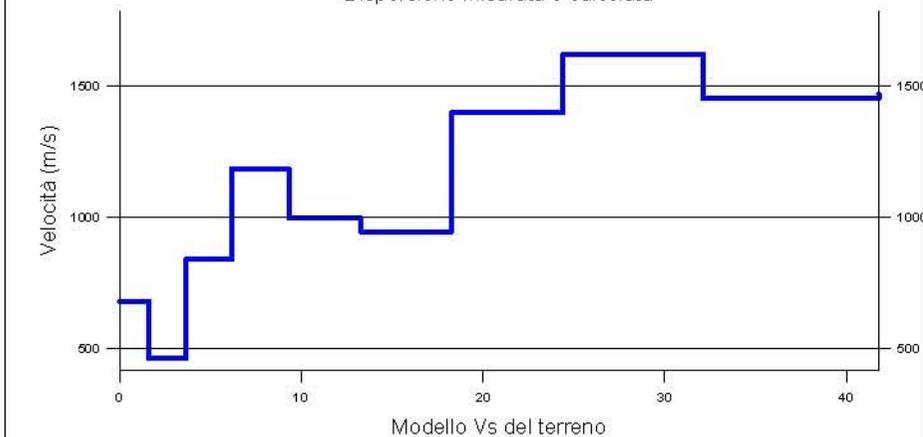
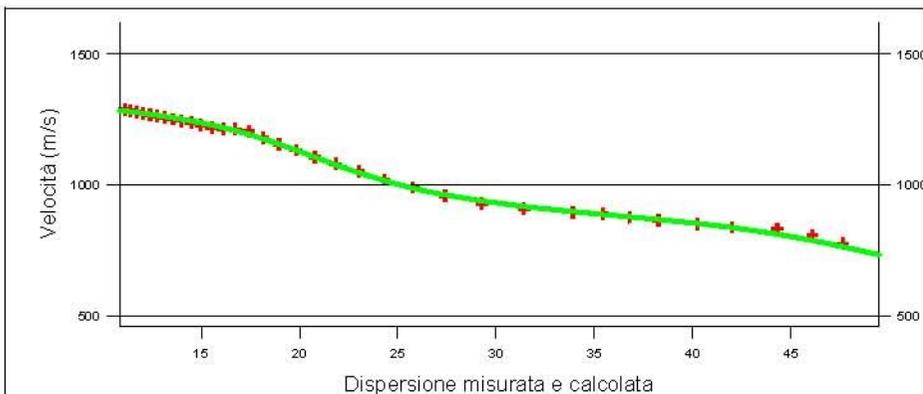
**Cambursano dott. Fabrizio**

**Comune di Roccabruna - variante al PRGC**

**Zona B.ta Filippo**

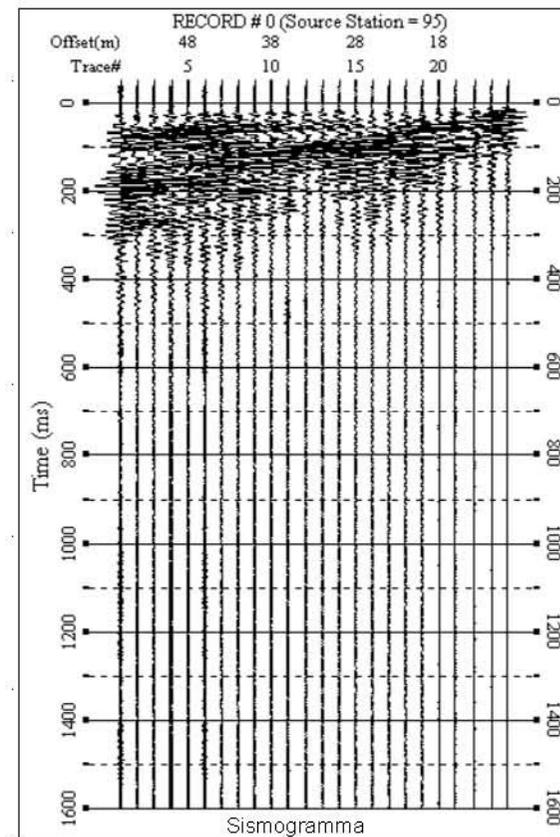
**VELOCITA' DELLE ONDE S  
SEZIONE N. 1**

Ottobre 2008	
--------------	--



### LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S



### TABELLA DI CALCOLO VS30

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi
0	1.6	678	.0024
1.6	3.7	480	.0044
3.7	6.2	839	.003
6.2	9.3	1084	.0027
9.3	13.3	1112	.004
13.3	18.2	1216	.0052
18.2	24.4	1398	.0044
24.4	30	1614	.0034

VALORE CALCOLATO VS30 = 1060 m/s

## PROVA SISMICA VS30

Cambursano dott. Fabrizio

Comune di Roccabruna - variante al PRGC

Zona b.ta Gautero

## VELOCITA' DELLE ONDE S SEZIONE N. 2

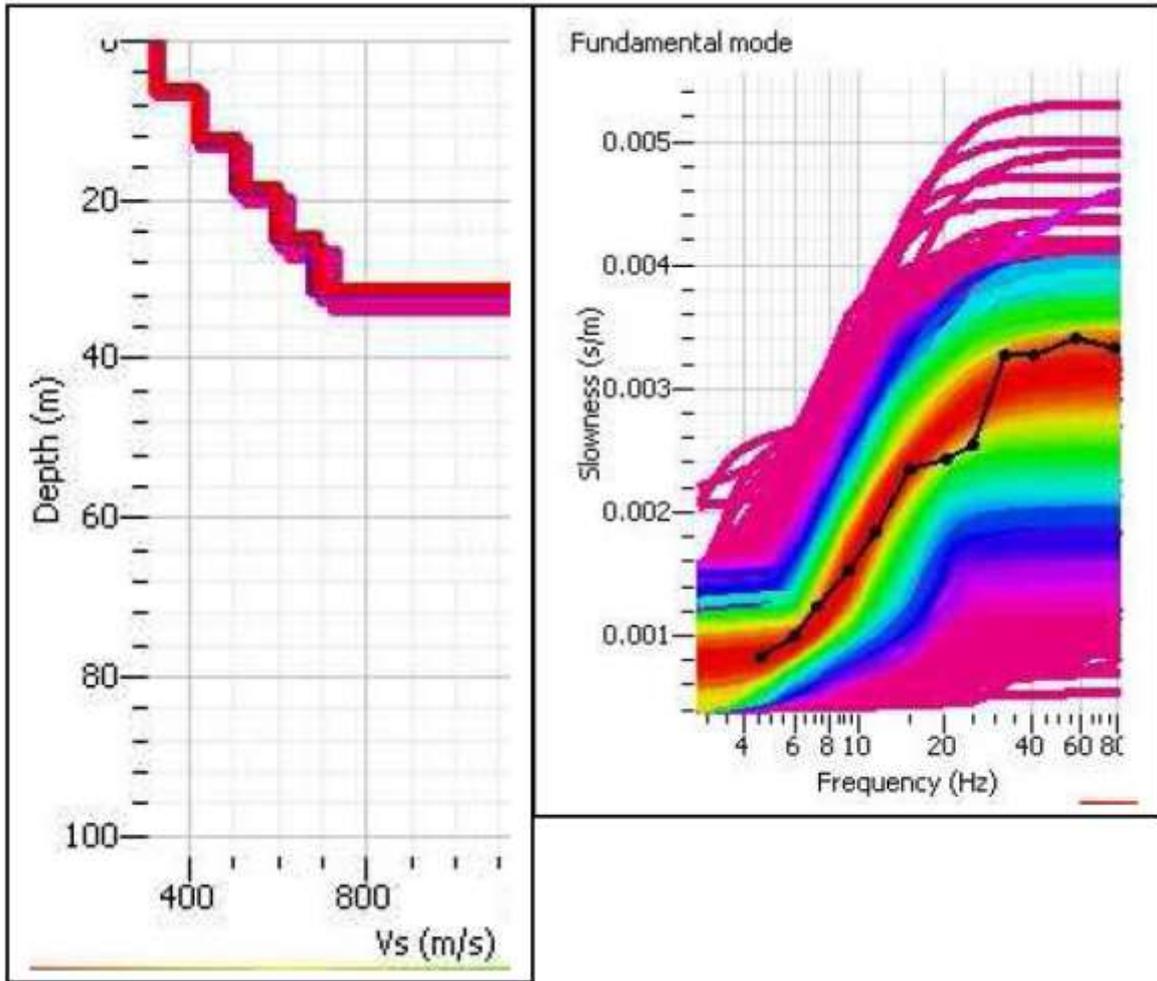
Ottobre 2008

EEG s.p.a.  
INGEGNERIA  
E GEOTECNICA

# COMUNE DI ROCCABRUNA (CN)

Prova Masw Vs<sub>30</sub> Borgata Bruna del 06/03/2011

Operatore: geol. Giovanni Bertagnin

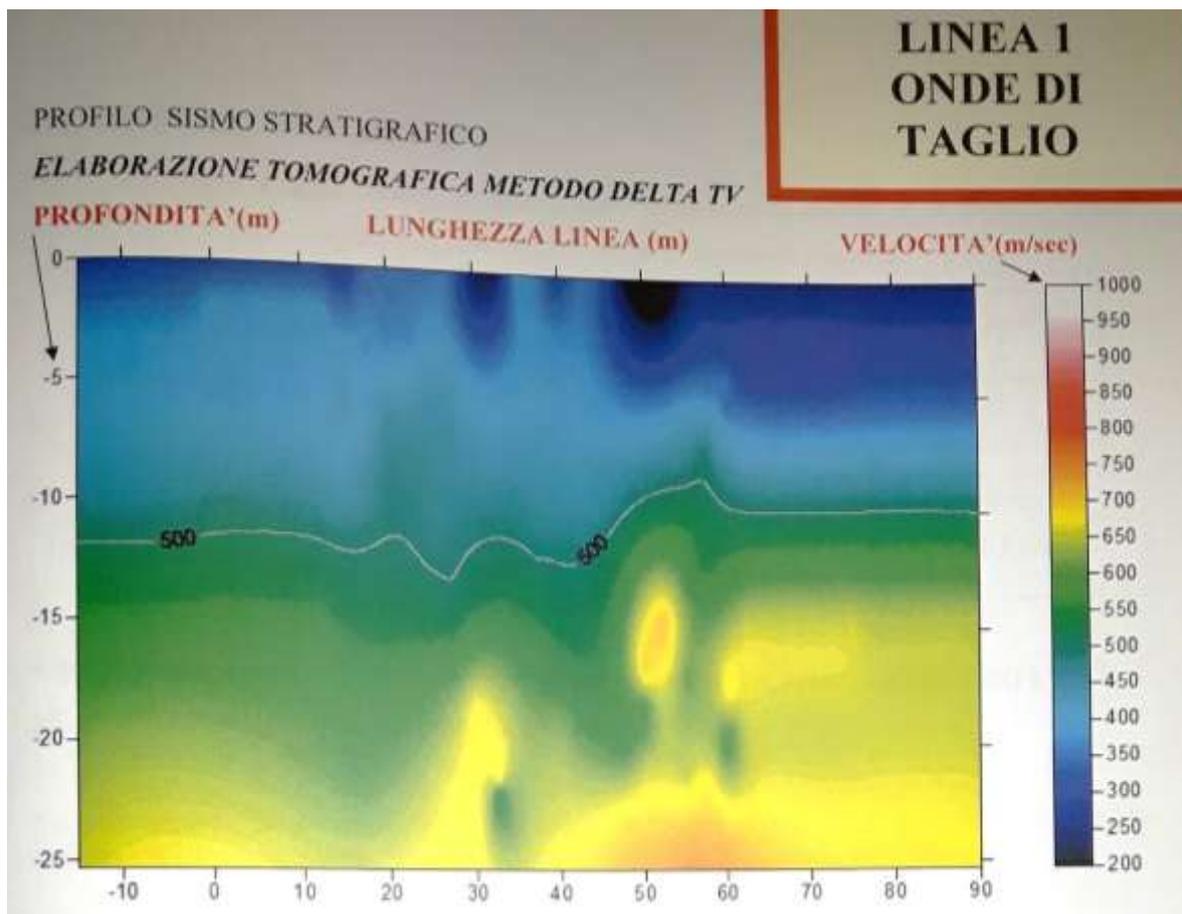


LIVELLO	PROFONDITA'	VP MASW	VP RIFRAZ			<VS> MEDIA STRATO m/sec	Hi/<VSi>		
	(m)								
1	0-2,5	350	350			230	0.01087		
2	2,5-5	752	854			296	0.00845		
3	5-7,5	1164	985			341	0.00733		
4	7,5-10	1513	1272			389	0.00843		
5	10-12,5	1782	1567			444	0.00563		
6	12,5-15	2033	1872			500	0.00500		
7	15-17,5	2185	2500			552	0.00453		
8	17,5-20	2300				592	0.00422		
9	20-22,5	2391				630	0.00397		
10	22,5-25	2445				669	0.00374		
11	25-27,5	2490				695	0.00360		
12	27,5-30	2500				750	0.00333		
<b>sommatoria Hi/Vi</b>								<b>→ 0.06709</b>	
<b>VS30 velocità equivalente primi 30 metri</b>								<b>447</b>	m/sec

# COMUNE DI ROCCABRUNA (CN)

Prova Masw Vs<sub>30</sub> PEC Area AE8 del 12/06/2006

Operatore: geol. Giovanni Bertagnin



LIVELLO	PROFONDITA' (m)	<VPi> MEDIA STRATO m/sec	<VSi> MEDIA STRATO m/sec	Hi/<VSi>	dVP	dVS	VP/VS	v	P t/m <sup>3</sup>	Edin Mpa	G din Mpa	K din Mpa
1	0-2,5	581	210	0,01190476	0	0	3,24	0,45	1,75	223	77	709
2	2,5-5	1032	306	0,00816993	351	96	3,37	0,45	1,80	489	189	1692
3	5-7,5	1436	378	0,00661376	404	72	3,80	0,46	1,85	773	264	3462
4	7,5-10	1743	440	0,00568182	307	62	3,96	0,47	1,88	1068	364	5229
5	10-12,5	1900	497	0,00503018	157	57	3,82	0,46	1,90	1373	469	6230
6	12,5-15	1975	541	0,00462107	75	44	3,65	0,46	1,91	1632	559	6705
7	15-17,5	2035	582	0,00429553	60	41	3,50	0,46	1,92	1893	650	7084
8	17,5-20	2080	613	0,00407830	45	31	3,39	0,45	1,93	2107	725	7383
9	20-22,5	2162	652	0,00383436	82	39	3,32	0,45	1,94	2392	825	7988
10	22,5-25	2229	688	0,00363372	67	36	3,24	0,45	1,95	2672	923	8458
11	25-27,5	2319	730	0,00342466	90	42	3,18	0,45	1,96	3019	1044	9148
12	27,5-30	2416	768	0,00325521	97	38	3,15	0,44	1,97	3355	1162	9950
<b>sommatoria Hi/Vi</b>				0,06454330								
<b>VS30 velocità equivalente primi 30 metri</b>				<b>465</b>	m/sec							
<b>VS30 velocità equivalente esclusi primi 2,5m</b>				<b>537</b>	m/sec <b>piano posa plinti</b>							
VP -	velocità media delle onde di compressione strato iesimo											
VSi	velocità media delle onde di taglio strato iesimo											
VS,30	velocità equivalente nei primi 30 m											
Vp/Vs -	rapporto tra velocità onde di compressione e le onde di taglio in m/sec											
v -	modulo di Poisson											
ρ -	densità del terreno stimata											
Edin -	modulo di elasticità dinamico											
Gdin -	modulo di taglio dinamico											
Kdin -	modulo di Bulk											
<b>CLASSE B</b>	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V <sub>0,6</sub> compresi fra 360 m/s e 800 m/s (Nspt > 50 o coesione non drenata > 250 kPa).											

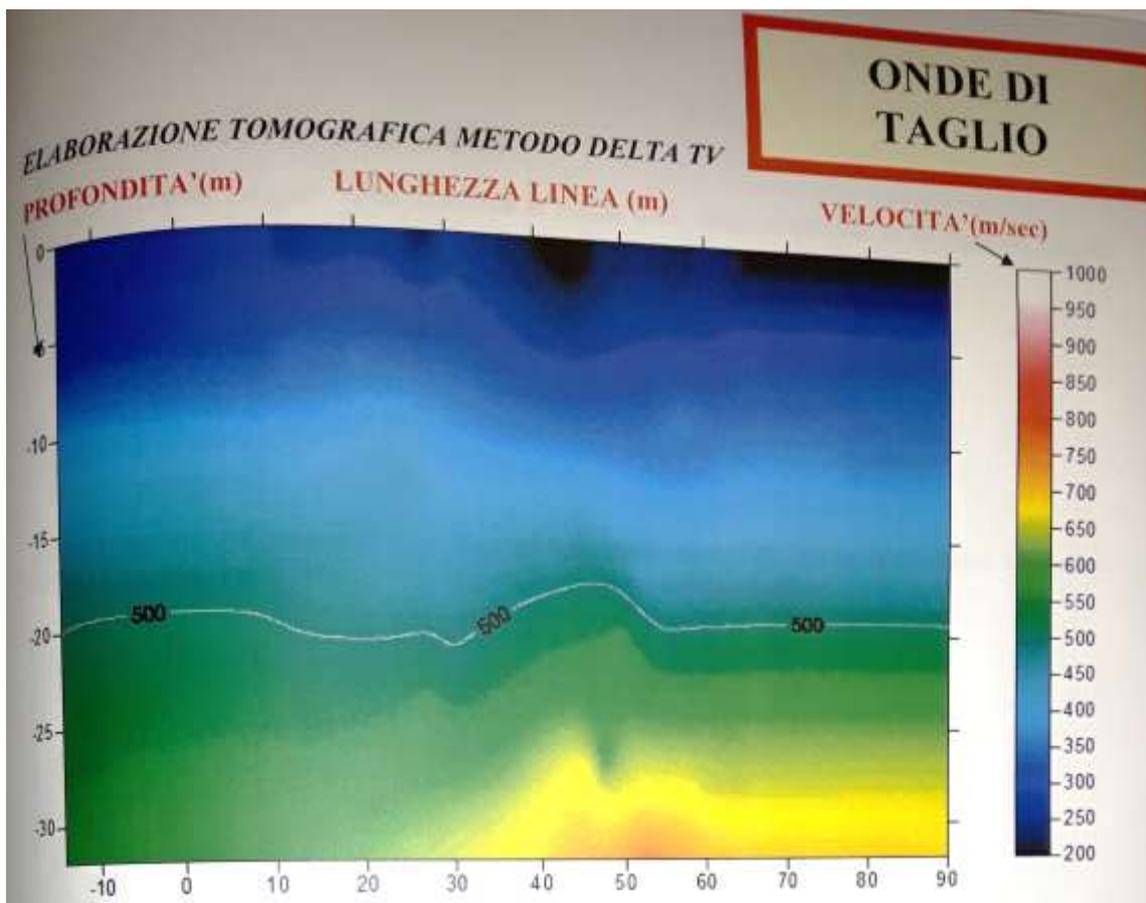


*Giovanni Bertagnin*

# COMUNE DI ROCCABRUNA (CN)

Prova Masw Vs<sub>30</sub> PEC Area RC3 del 11/12/2006

Operatore: geol. Giovanni Bertagnin



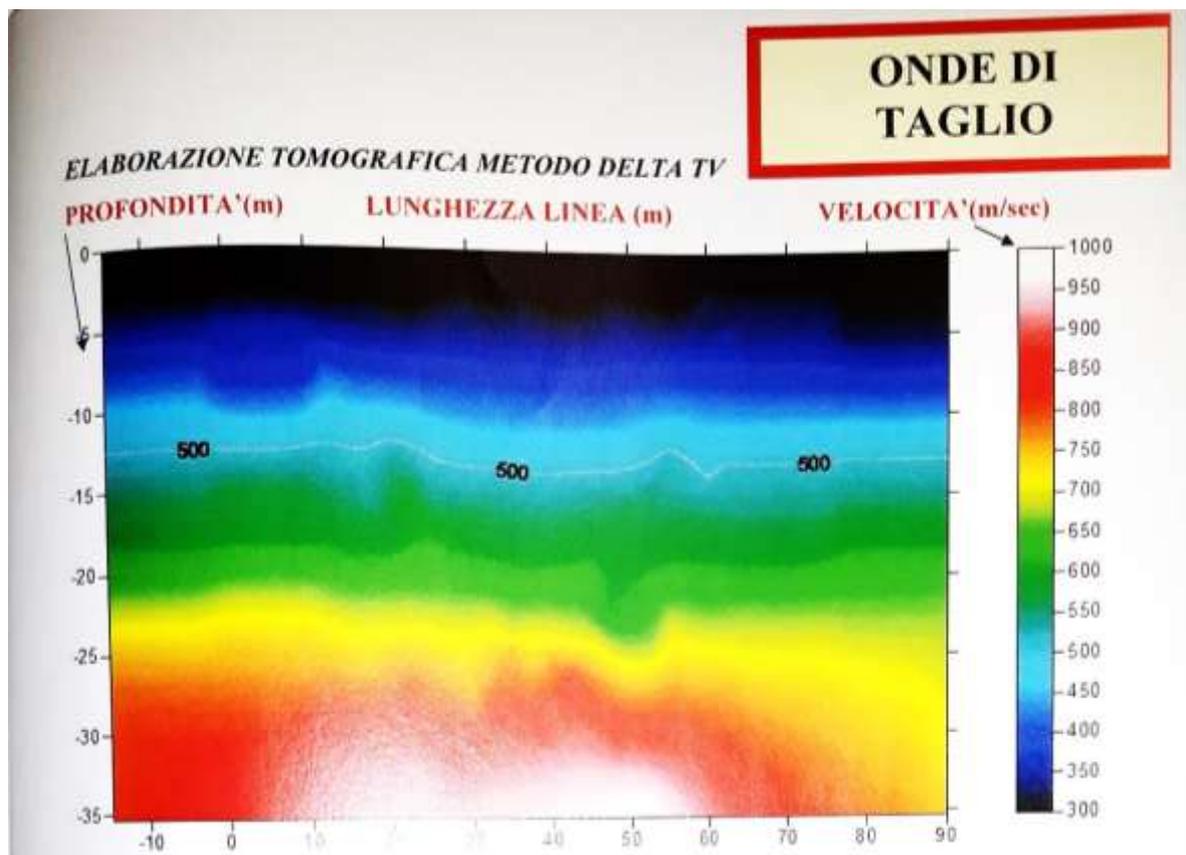
LIVELLO	PROFONDITA' (m)	<Vp> MEDIA STRATO m/sec	<Vs> MEDIA STRATO m/sec	Hi/<Vs>	dVP	dVS	VP/VS	v	P	Edin	G din	K din
	(m)	MEDIA STRATO m/sec	MEDIA STRATO m/sec						t/m <sup>3</sup>	Mpa	Mpa	Mpa
1	0-2,5	421	205	0,01220	0	0	2,05	0,34	1,75	198	74	212
2	2,5-5	523	240	0,01042	102	35	2,18	0,37	1,80	283	104	354
3	5-7,5	646	282	0,00887	123	42	2,29	0,38	1,85	407	147	575
4	7,5-10	785	323	0,00774	139	41	2,43	0,40	1,88	549	196	897
5	10-12,5	950	365	0,00685	165	42	2,60	0,41	1,90	715	253	1377
6	12,5-15	1053	405	0,00616	103	41	2,59	0,41	1,91	890	315	1698
7	15-17,5	1242	448	0,00558	189	42	2,77	0,43	1,92	1098	385	2448
8	17,5-20	1489	495	0,00505	247	47	3,01	0,44	1,93	1360	473	3649
9	20-22,5	1649	531	0,00471	160	36	3,11	0,44	1,94	1578	547	4546
10	22,5-25	1881	572	0,00437	232	41	3,29	0,45	1,95	1849	638	6049
11	25-27,5	2179	622	0,00402	298	50	3,50	0,46	1,96	2208	758	8295
12	27,5-30	2492	680	0,00368	313	58	3,66	0,46	1,97	2659	911	11019

<b>sommatoria</b>	<b>Hi/Vi</b>	<b>0,07963</b>
<b>VS30 velocità equivalente primi 30 metri</b>	<b>377</b>	m/sec
<b>VS30 velocità equivalente esclusi primi 2,5m</b>	<b>408</b>	m/sec <b>piano posa plinti</b>
VP -	velocità media delle onde di compressione strato iesimo	
VS i	velocità media delle onde di taglio strato iesimo	
VS <sub>30</sub>	velocità equivalente nei primi 30 m	
Vp/Vs -	rapporto tra velocità onde di compressione e le onde di taglio in m/sec	
v -	modulo di Poisson	
p -	densità del terreno stimata	
Edin -	modulo di elasticità dinamico	
Gdin -	modulo di taglio dinamico	
Kdin -	modulo di Bulk	

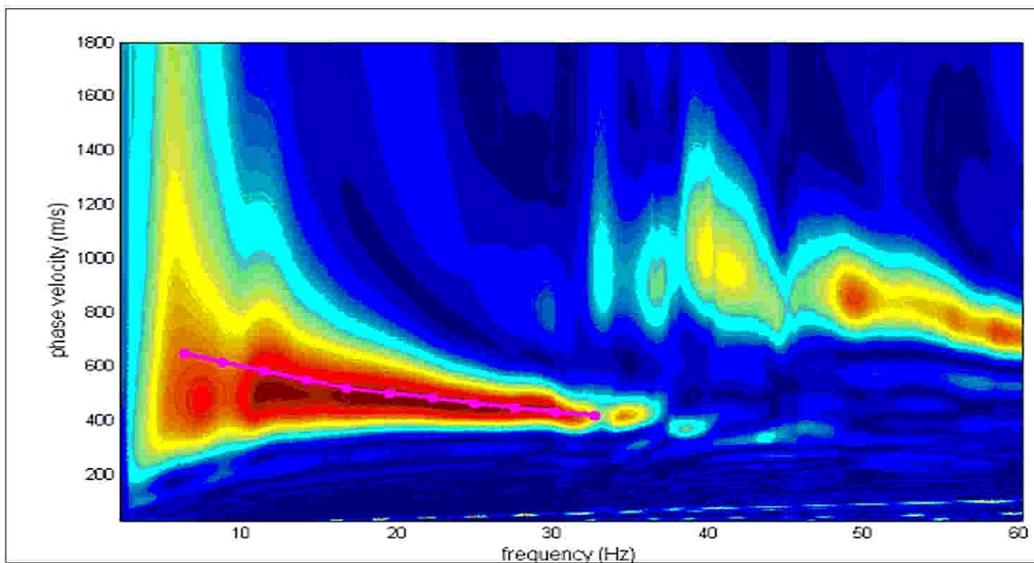
# COMUNE DI ROCCABRUNA (CN)

Prova Masw Vs<sub>30</sub> PEC Area AE2 del 07/06/2007

Operatore: geol. Giovanni Bertagnin



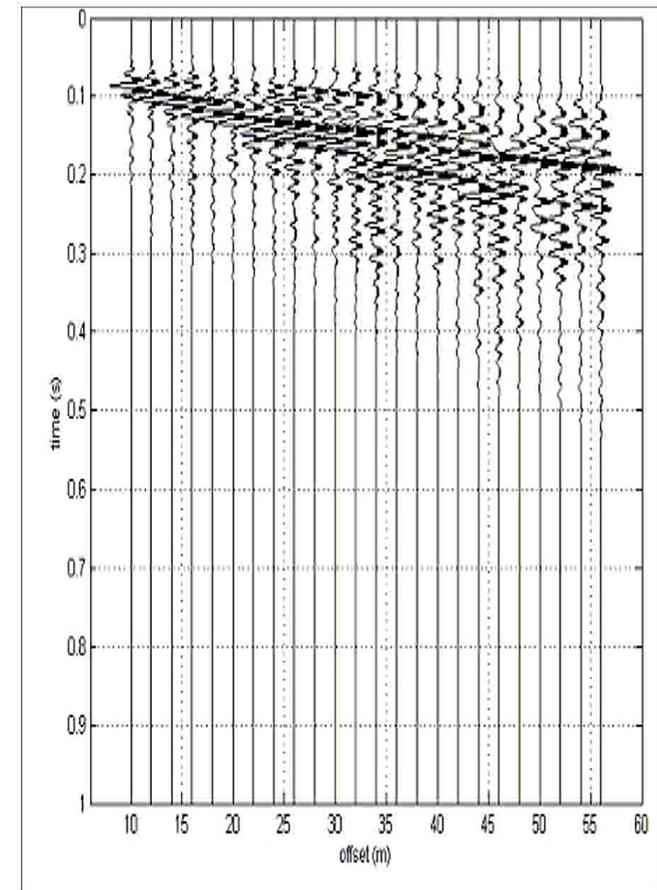
LIVELLO	PROFONDITA' (m)	<VPi> MEDIA STRATO m/sec	<VS <sub>i</sub> > MEDIA STRATO m/sec	Hi/<VS <sub>i</sub> >	dVP	dVS	VP/VS	v	ρ t/m <sup>3</sup>	Edin Mpa	G din Mpa	K din Mpa
1	0-2,5	424	300	0.00833	0	0	1.41	0.00	1.75	315	158	105
2	2,5-5	653	350	0.00714	229	50	1.87	0.30	1.80	573	221	474
3	5-7,5	1000	402	0.00622	347	52	2.49	0.44	1.88	1090	378	3183
4	7,5-10	1400	448	0.00556	400	46	3.13	0.44	1.90	1377	475	4594
5	10-12,5	1659	500	0.00580	259	52	3.32	0.45	1.91	1578	543	5771
6	12,5-15	1844	533	0.00469	165	33	3.46	0.45	1.92	1822	626	6845
7	15-17,5	2000	571	0.00403	155	38	3.50	0.46	1.93	2140	735	8117
8	17,5-20	2171	617	0.00407	171	46	3.52	0.46	1.93	2422	832	9019
9	20-22,5	2285	655	0.00424	114	38	3.49	0.46	1.94	2780	956	10288
10	22,5-25	2435	700	0.00371	150	45	3.48	0.45	1.95	3089	1062	11329
11	25-27,5	2550	736	0.00379	115	36	3.46	0.45	1.96	3374	1159	12625
12	27,5-30	2682	767	0.00395	132	31	3.50	0.46	1.97			
<b>sommatoria Hi/Vi</b>				<b>0.00544</b>								
<b>VS30 velocità equivalente primi 30 metri</b>				<b>505</b>	m/sec							
<b>VS30 velocità equivalente esclusi primi 2,5m</b>				<b>538</b>	m/sec							
<b>piano posa plinti</b>												
VP -	velocità media delle onde di compressione strato iesimo											
VS <sub>i</sub>	velocità media delle onde di taglio strato iesimo											
VS <sub>30</sub>	velocità equivalente nei primi 30 m											
Vp/Vs -	rapporto tra velocità onde di compressione e le onde di taglio in m/sec											
v -	modulo di Poisson											
ρ -	densità del terreno stimata											
Edin -	modulo di elasticità dinamico											
Gdin -	modulo di taglio dinamico											
Kdin -	modulo di Bulk											



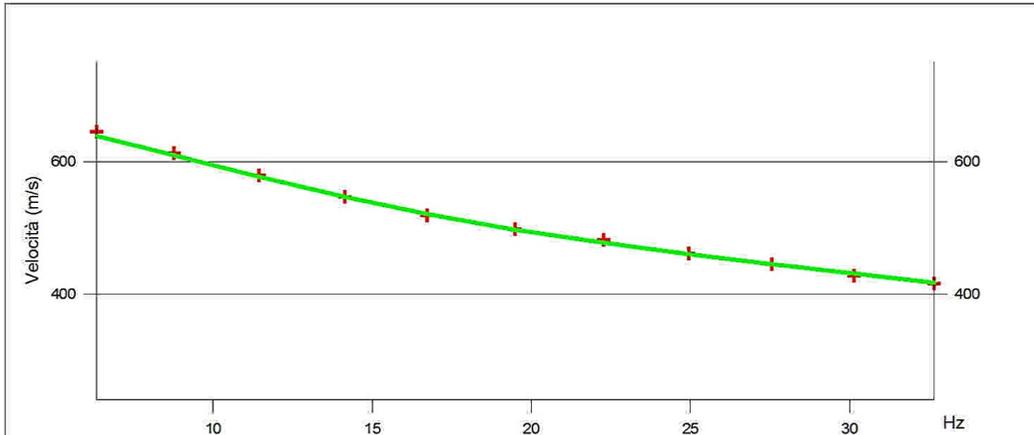
### LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpasca)
- VsX

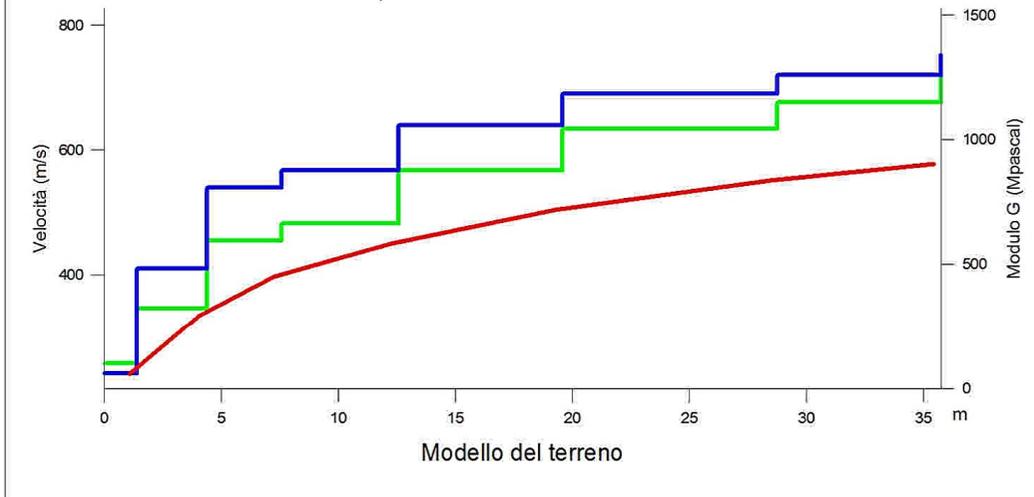
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula  $D=1.5 + Vs/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

### TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1.4	241	.0058	241	101
1.4	4.4	410	.0073	335	321
4.4	7.6	540	.0059	399	595
7.6	12.6	567	.0088	452	665
12.6	19.6	640	.0109	505	877
19.6	28.8	690	.0133	552	1043
28.8	35.8	720	.0097	579	1151

VALORE CALCOLATO VS30 = 558 m/s

## PROVA SISMICA VS30

Comune di Roccabruna (CN)

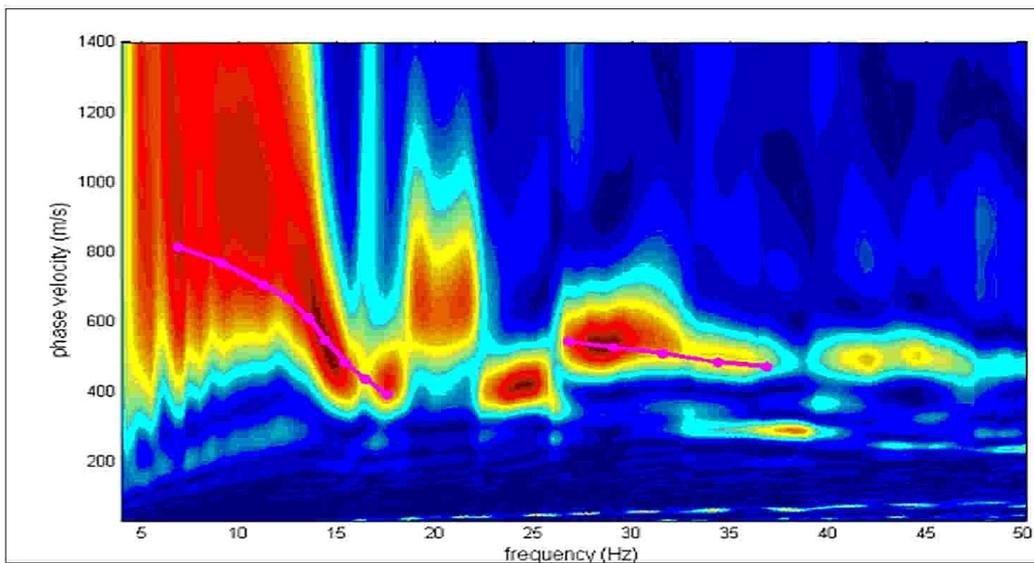
Tettoprato

Studio di microzonazione sismica

## VELOCITA' DELLE ONDE S

All. 2/a

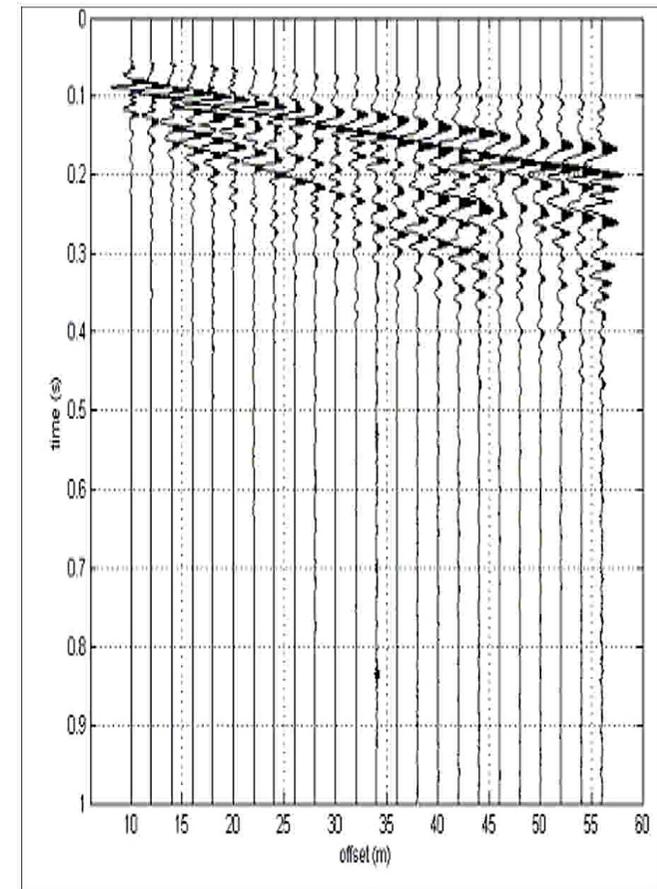
Agosto 2017



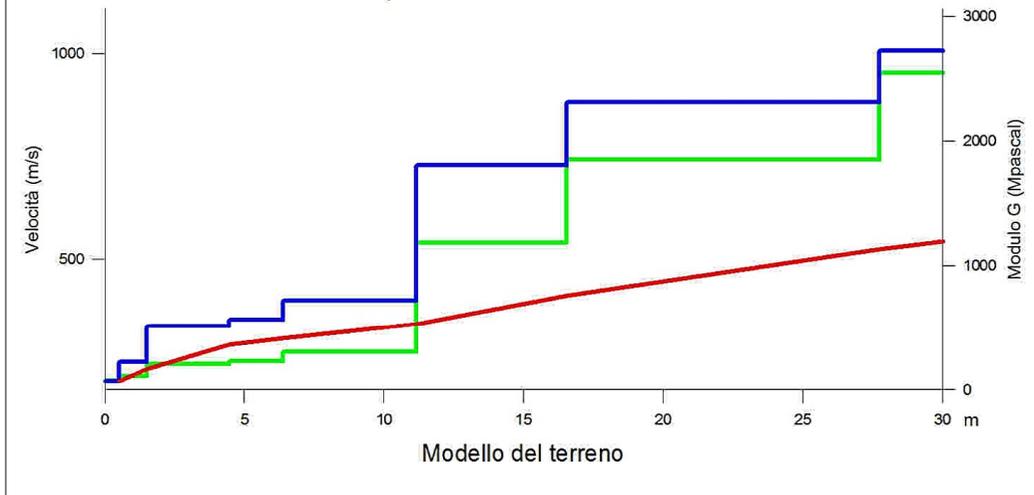
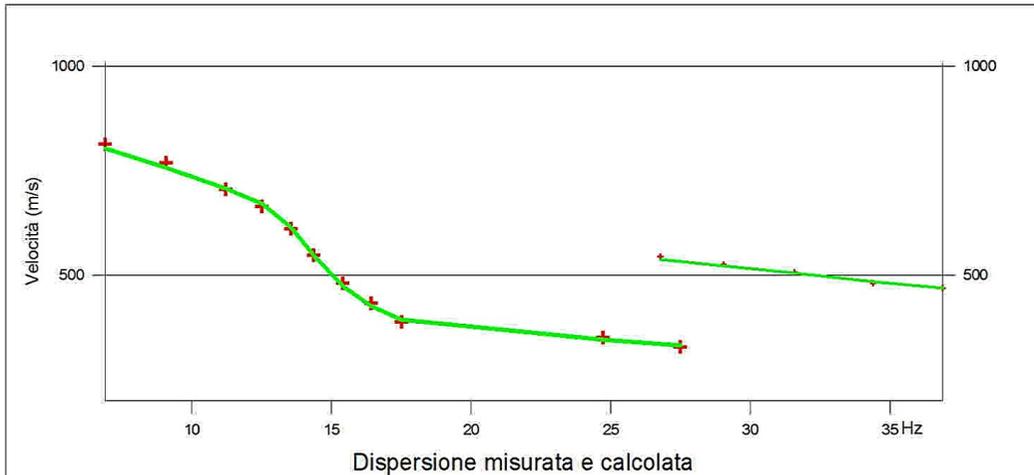
### LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- / Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpasca)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula  $D=1.5 + Vs/1000$



Sismogramma



### TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.5	201	.0026	201	69
.5	1.5	248	.004	230	108
1.5	4.5	335	.0088	290	206
4.5	6.4	351	.0055	306	228
6.4	11.2	398	.012	340	301
11.2	16.5	728	.0074	411	1181
16.5	27.8	881	.0127	524	1848
27.8	30	1008	.0022	543	2548

VALORE CALCOLATO VS30 = 543 m/s

<b>PROVA SISMICA VS30</b>		
<b>Comune di Roccabruna (CN)</b>		
<b>Loc. C.na Faramia</b>		
<b>Studi di microzonazione sismica</b>		
<b>VELOCITA' DELLE ONDE S</b>		
All. 2/a	Agosto 2017	

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 2**

- committente : Galaverna Fratelli  
 - lavoro : Fabbricato bifamiliare  
 - località : Fg. 19 mappali 866, 1233p, 1649p  
 - note :

- data : 25/02/2014  
 - quota inizio : attuale p.c.  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VC A	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 6,60	N	8,4	0	16	4,2	4,1	4,4	12,5	8	1,14	<b>9</b>
		Rpd	53,4	0	88	26,7	21,9	31,5	75,3			
2	6,60 10,20	N	19,1	15	25	17,0	2,6	16,4	21,7	19	1,14	<b>22</b>
		Rpd	94,7	73	116	83,8	13,3	81,4	108,0			
3	10,20 11,40	N	35,5	30	50	32,8	----	----	----	36	1,14	<b>41</b>
		Rpd	157,3	136	218	146,4	----	----	----			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 30$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,14$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

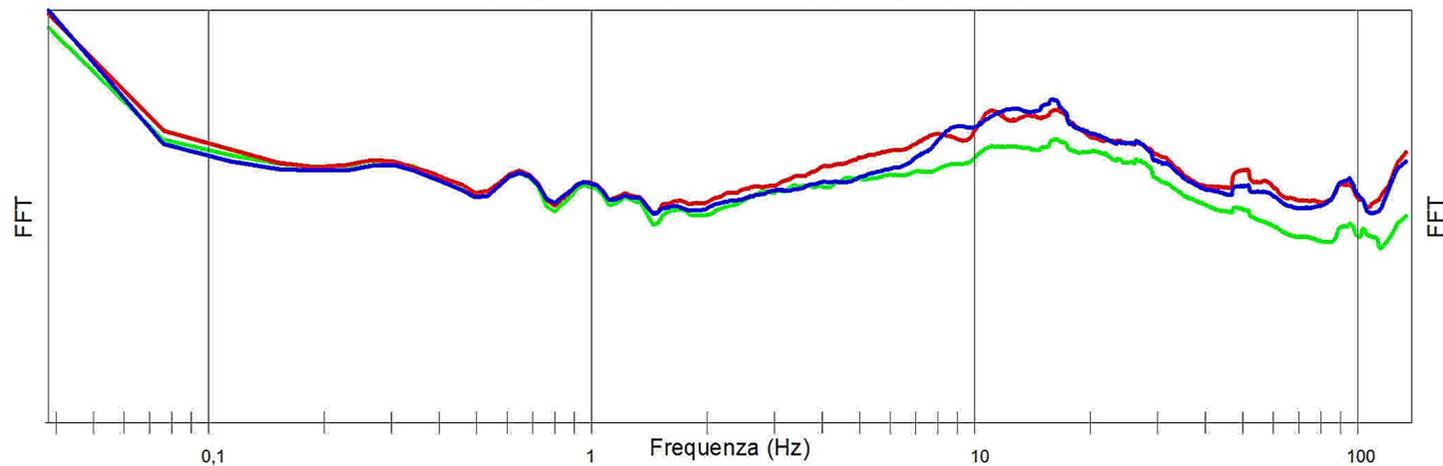
**DIN 2**

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESI VA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 6.60		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
2	6.60 10.20		22	53.0	33.6	361	2.00	1.61	1.38	2.04	23	0.628
3	10.20 11.40		41	76.0	38.8	507	2.10	1.77	2.56	2.27	12	0.334

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

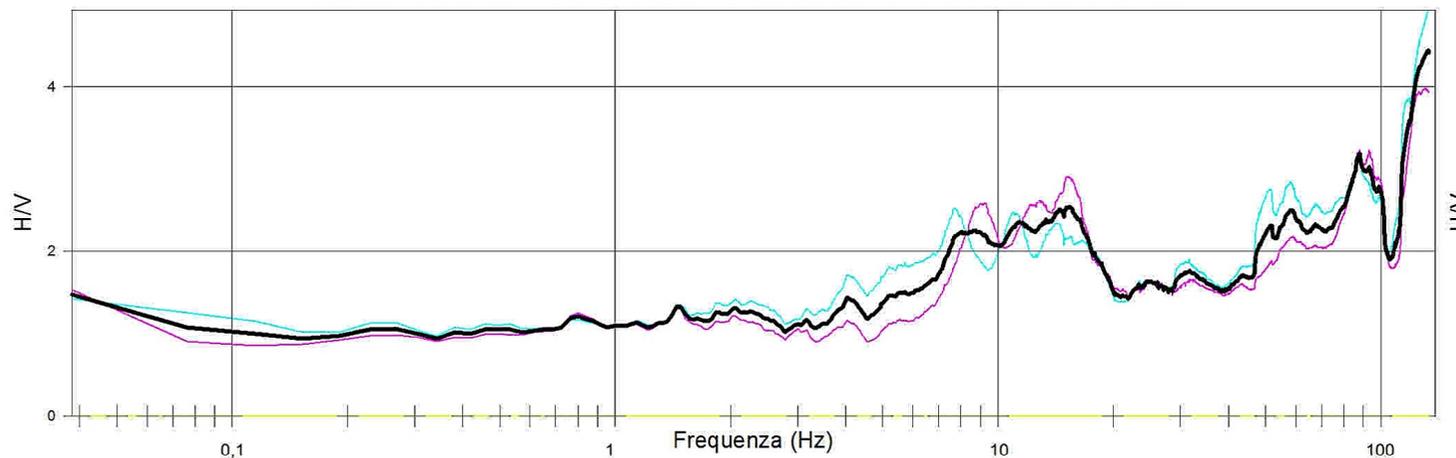
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



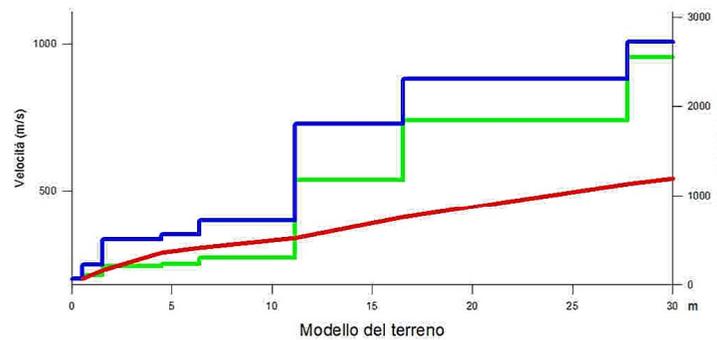
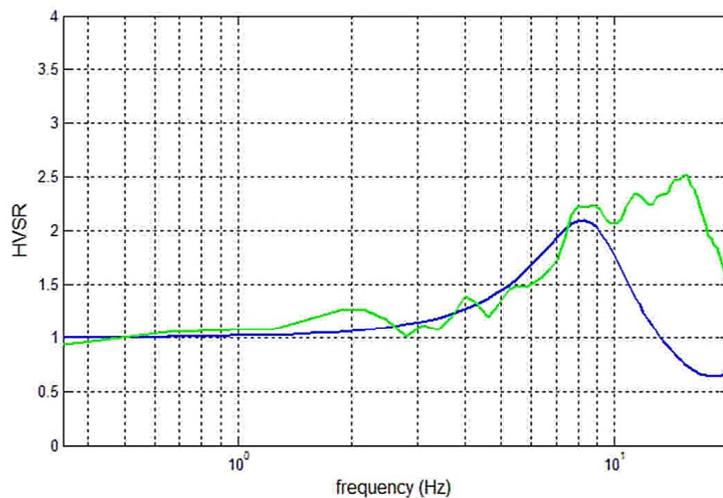
LEGENDA

- Spettro asse Z (verticale)
- Spettro asse X
- Spettro asse Y
- H/V direzione X
- H/V direzione Y
- H/V media

RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



Durata della registrazione 21' 24.5"  
 Campionamento 10 KHz  
 Finestra di campionamento 26,2 s  
**Picco alla frequenza: 8 Hz circa**



**PROVA H/V**

**Comune di Roccabruna (CN)**

**Loc. C.na Faramia**

**Studi di microzonazione sismica**

**SPETTRI DI FREQUENZA  
 PROVA P-99**

All. 2/b

Agosto 2017

## **COMUNE DI ROCCABRUNA**

Stratigrafia pozzo centro sportivo Valle Maira

Perforazione dello 08/08/2003

Ditta esecutrice Geotermia srl

Da p.c. a 1 m	Terra con ciottoli
Da 1 a 7 m	Ghiaia con sabbia
Da 7 a 16 m	Conglomerato e ghiaia
Da 16 a 26 m	Ghiaia con lenti di argilla
Da 26 a 29 m	Ghiaia con argilla color nocciola
Da 29 a 54 m	Ghiaia – conglomerato
Da 54 a 56 m	Roccia
Da 56 a 59 m	Limo argilloso con ghiaia
Da 59 a 62 m	Roccia verde
Da 62 a 64 m	Roccia e detrito, argilla
Da 64 a 73 m	Roccia chiara
Da 73 a 76 m	Roccia scura
Da 76 a 92 m	Roccia verdastra con ghiaia bianca
Da 92 a 100 m	Roccia verde

Livello statico: 33 m

Portata stimata in spurgo: 4 ÷ 5 L/sec

Posizione rivestimenti – filtri (ø 125 mm PN 12,5):

da p.c. a 33 m cieco

da 33 a 43 filtro

da 43 a 53 cieco

da 53 a 68 filtro

da 68 a 83 cieco

da 83 a 98 filtro

da 98 a 100 cieco

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 1**

- committente : Fantin Anna Maria  
 - lavoro : Ampliamento fabbricato  
 - località : Roccabruna b.ta Bonarda  
 - note :  
 - data : 24/04/2013  
 - quota inizio : attuale p.c.  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VC A	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,90	N	1,0	0	2	0,5	----	----	----	1	1,14	1
		Rpd	7,8	0	16	3,9	----	----	----			
2	0,90 2,10	N	7,8	4	12	5,9	----	----	----	8	1,14	9
		Rpd	57,6	29	88	43,5	----	----	----			
3	2,10 3,30	N	31,0	24	40	27,5	----	----	----	31	1,14	35
		Rpd	209,0	167	264	187,9	----	----	----			
4	3,30 3,60	N	50,0	50	50	50,0	----	----	----	50	1,14	57
		Rpd	329,8	330	330	329,8	----	----	----			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 30$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,14$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 1**

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESI VA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.90		1	3.8	26.4	199	1.84	1.34	0.06	1.68	56	1.519
2	0.90 2.10		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
3	2.10 3.30		35	70.0	37.3	461	2.08	1.73	2.19	2.20	15	0.415
4	3.30 3.60		57	87.6	42.1	631	2.17	1.87	3.56	2.47	06	0.158

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 2**

- cantiere : Salomone - Belliaro - Armando  
 - lavoro : Costruzione fabbricato rurale  
 - località : Roccabruna, Fg 18 mapp. 82-628  
 - data prova : 08/04/2009  
 - quota inizio : attuale p.c.  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 08/04/2009

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 2,70	N	1,3	0	3	0,7	----	----	2,2	1	1,01	1
		Rpd	5,9	0	13	3,0	3,9	2,1	9,8			
2	2,70 5,10	N	7,4	6	10	6,7	1,4	6,0	8,8	7	1,01	7
		Rpd	27,8	23	35	25,6	4,0	23,8	31,7			
3	5,10 6,90	N	21,5	14	27	17,8	5,7	15,8	27,2	22	1,01	22
		Rpd	71,9	49	90	60,5	17,1	54,8	89,0			
4	6,90 7,20	N	50,0	50	50	50,0	----	----	----	50	1,01	51
		Rpd	159,2	159	159	159,2	----	----	----			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta$  = 30 cm ) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,01$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta$  = 30 cm )

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 2**

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 2.70		1	3.8	26.4	199	1.84	1.34	0.06	1.68	56	1.519
2	2.70 5.10		7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
3	5.10 6.90		22	53.0	33.6	361	2.00	1.61	1.38	2.04	23	0.628
4	6.90 7.20		51	85.4	41.2	585	2.15	1.85	3.19	2.40	08	0.218

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta$  = 30 cm )

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : Acchiardi Alessia  
- lavoro : Nuova abitazione  
- località : Roccabruna (CN), Fg. 20 mapp. 401  
- note :

- data : 26/03/2012  
- quota inizio : attuale p.c.  
- prof. falda : 4,80 m da quota inizio  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VC A	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,90	N	2,7	0	6	1,3	----	----	----	3	1,14	3
		Rpd	20,8	0	47	10,4	----	----	----			
2	0,90 4,80	N	13,5	6	18	9,8	3,5	10,0	17,0	14	1,14	16
		Rpd	91,1	44	125	67,6	22,0	69,0	113,1			
3	4,80 6,00	N	40,0	27	50	33,5	----	----	----	40	1,14	46
		Rpd	230,6	162	286	196,1	----	----	----			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 30$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,14$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESI VA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.90		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	0.90 4.80		16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750
3	4.80 6.00		46	81.0	40.0	546	2.13	1.82	2.88	2.33	10	0.274

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 1**

- cantiere : Aimar Casana  
 - lavoro : Variante Parziela al PRGC  
 - località : Roccabruna, Borgata Sandra

- data prova : 19/03/2010  
 - quota inizio : attuale p.c.  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 14/05/2010

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,60	N	2,5	2	3	2,3	----	----	----	2	1,01	2
			Rpd	12,0	10	14	11,0	----	----	----			
2	0,60	6,00	N	10,2	5	17	7,6	3,1	7,1	13,4	10	1,01	10
			Rpd	39,5	23	57	31,5	9,5	30,0	49,1			
3	6,00	7,20	N	25,5	18	35	21,8	----	----	----	26	1,01	26
			Rpd	83,7	57	117	70,5	----	----	----			
4	7,20	7,50	N	50,0	50	50	50,0	----	----	----	50	1,01	51
			Rpd	159,2	159	159	159,2	----	----	----			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 30$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,01$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 1**

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60		2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	0.60	6.00		10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
3	6.00	7.20		26	59.0	34.8	392	2.03	1.65	1.63	2.09	21	0.556
4	7.20	7.50		51	85.4	41.2	585	2.15	1.85	3.19	2.40	08	0.218

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

## Comune di Roccabruna

Rilievo soggiacenza della falda freatica in pozzi privati

Data: settembre 1996

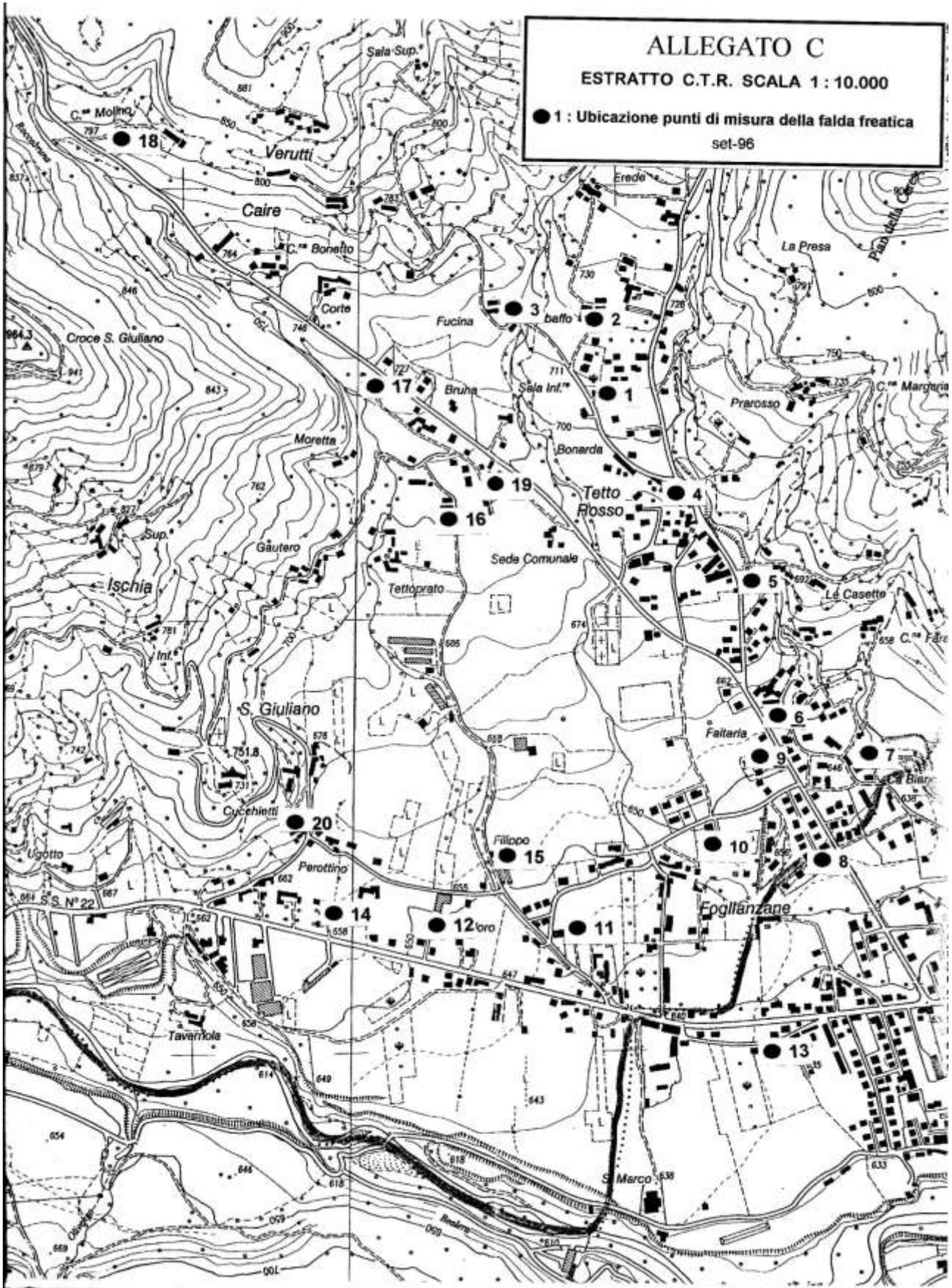
Rilevatore: geol. Fabrizio Cambursano

Num. 1996 rif. fig. seguente	Località	Data rilievo	Quota slm	Soggiacenza m	Nuovo riferimento
1	pozzo B.ta Sala Inferiore	01/09/1996	706	6.2	004187P7SP7
2	pozzo B.ta Rebuffo	01/09/1996	720	2.5	004187P8SP8
3	pozzo B.ta Fucina	01/09/1996	720	6.3	004187P9SP9
4	pozzo B.ta Tetto Rosso 1	01/09/1996	690	7.2	004187P10SP10
5	pozzo B.ta Tetto Rosso 2	01/09/1996	670	4.2	004187P11SP11
6	pozzo B.ta Tetto Rosso 3	01/09/1996	650	2.8	004187P12SP12
7	pozzo B.ta Ca' Bianca	01/09/1996	646	3.3	004187P13SP13
8	pozzo B.ta Ca' Bianca Monterone	01/09/1996	640	11	004187P14SP14
9	pozzo B.ta Faiteria	01/09/1996	Non riportato in quanto dato dubbio		
10	pozzo B.ta Foglienzane	01/09/1996	650	2.7	004187P16SP15
11	pozzo B.ta Filippo 1	01/09/1996	645	9.3	004187P17SP16
12	pozzo B.ta Bodoro	01/09/1996	649	9.6	004187P18SP17
13	pozzo Dronero	01/09/1996	Non riportato in quanto fuori comune		
14	pozzo B.ta Perottino	01/09/1996	658	15	004187P19SP18
15	pozzo B.ta Filippo 2	01/09/1996	653	7.3	004187P20SP19
16	pozzo B.ta Tettoprato	01/09/1996	704	4.6	004187P21SP20
17	pozzo B.ta Bruna	01/09/1996	727	6	004187P22SP21
18	pozzo B.ta Molino	01/09/1996	797	3.2	004187P23SP22
19	pozzo B.ta Bonarda	01/09/1996	705	4.6	004187P24SP23
20	pozzo B.ta Cucchietti	01/09/1996	676	10.9	004187P25SP24

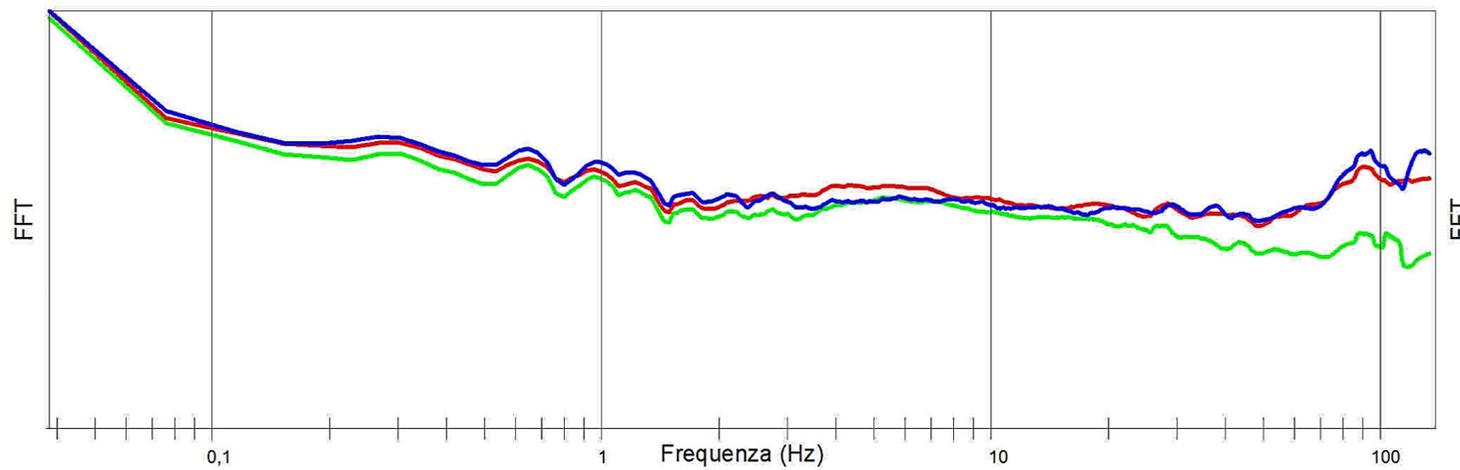
# ALLEGATO C

ESTRATTO C.T.R. SCALA 1 : 10.000

● 1 : Ubicazione punti di misura della falda freatica  
set-96



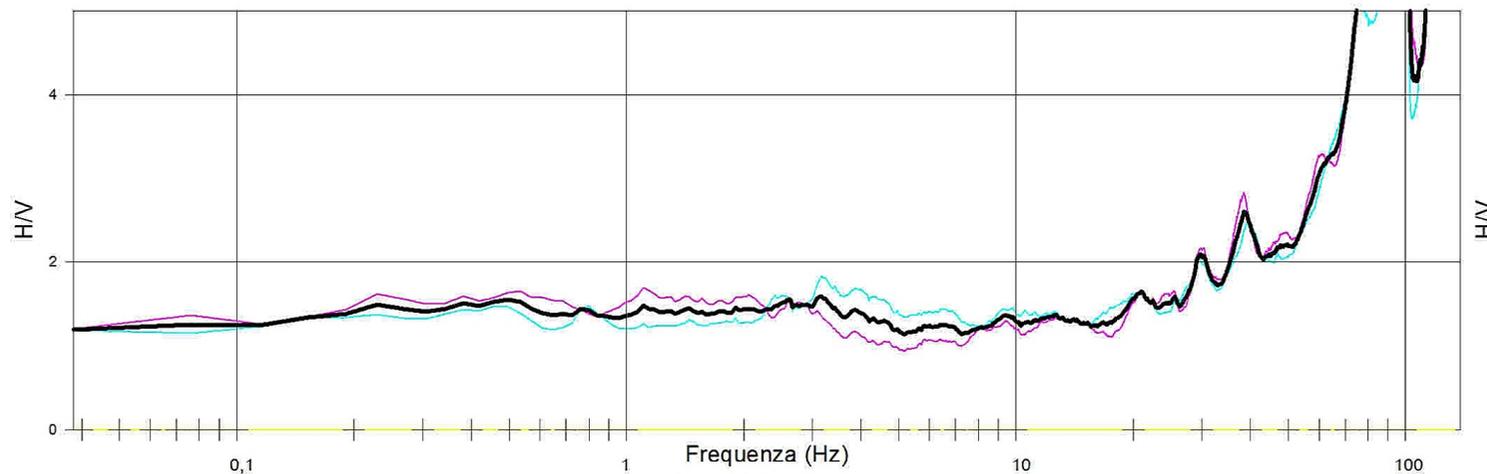
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



LEGENDA

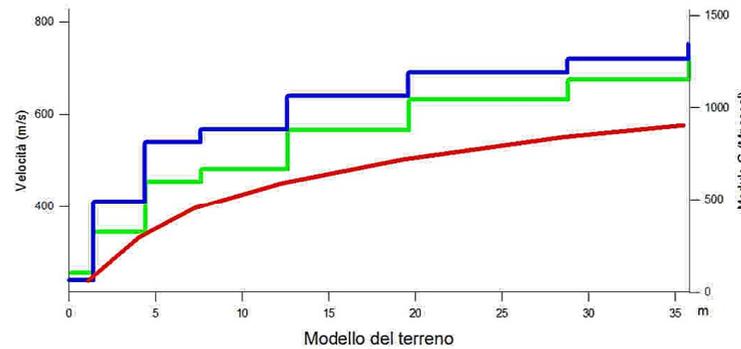
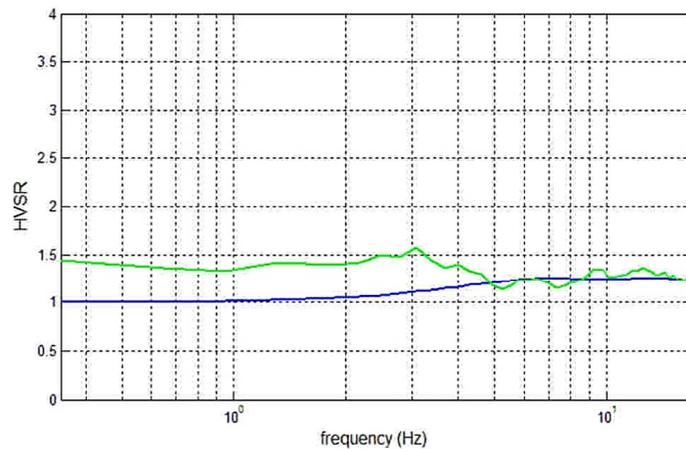
- Spettro asse Z (verticale)
- Spettro asse X
- Spettro asse Y
- H/V direzione X
- H/V direzione Y
- H/V media

RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



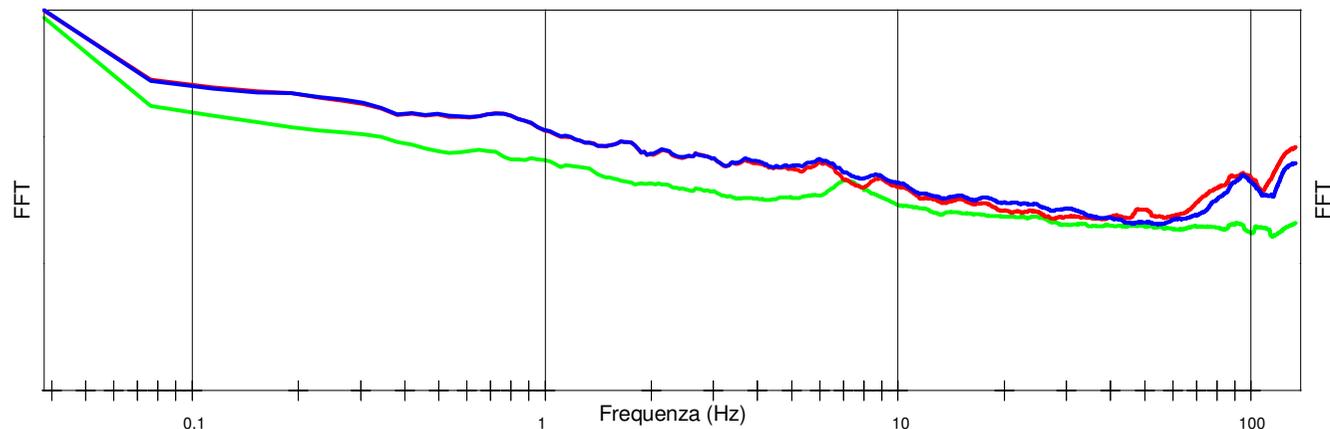
Durata della registrazione 21' 24.5"  
 Campionamento 10 KHz  
 Finestra di campionamento 26,2 s

**Assenza di picchi significativi  
 alle frequenze di interesse litologico**



<b>PROVA H/V</b>		
<b>Comune di Roccabruna (CN)</b>		
<b>Tettopato</b>		
<b>Studi di microzonazione sismica</b>		
<b>SPETTRI DI FREQUENZA PROVA P-90</b>		
All. 2/b	Agosto 2017	

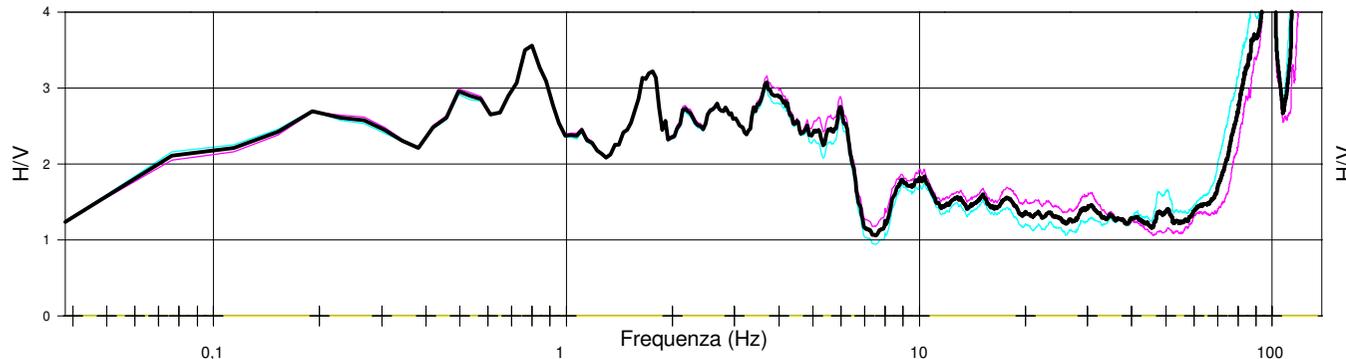
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



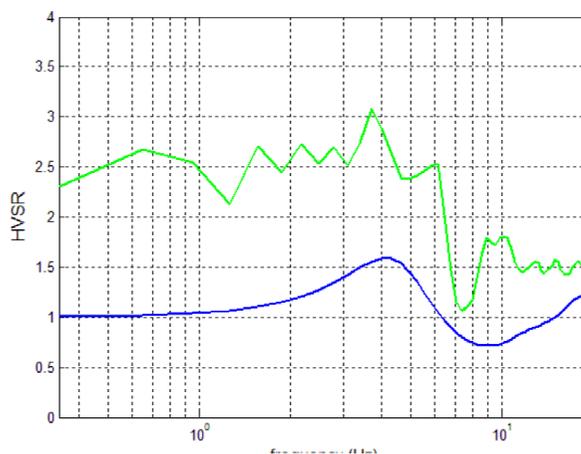
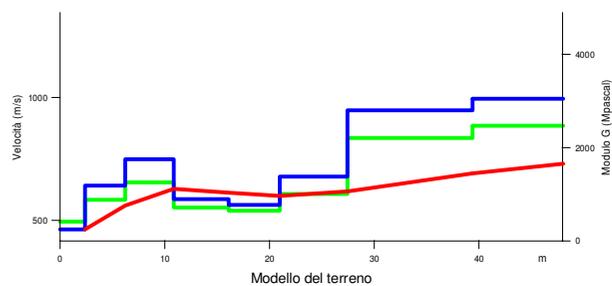
LEGENDA

- Spettro asse Z (verticale)
- Spettro asse X
- Spettro asse Y
- H/V direzione X
- H/V direzione Y
- H/V media

RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



Durata della registrazione 21' 24.5"  
 Campionamento 10 KHz  
 Finestra di campionamento 26,2 s  
**Picco alla frequenza: 4 Hz circa**



## PROVA H/V

PIP area di nuovo impianto PN1

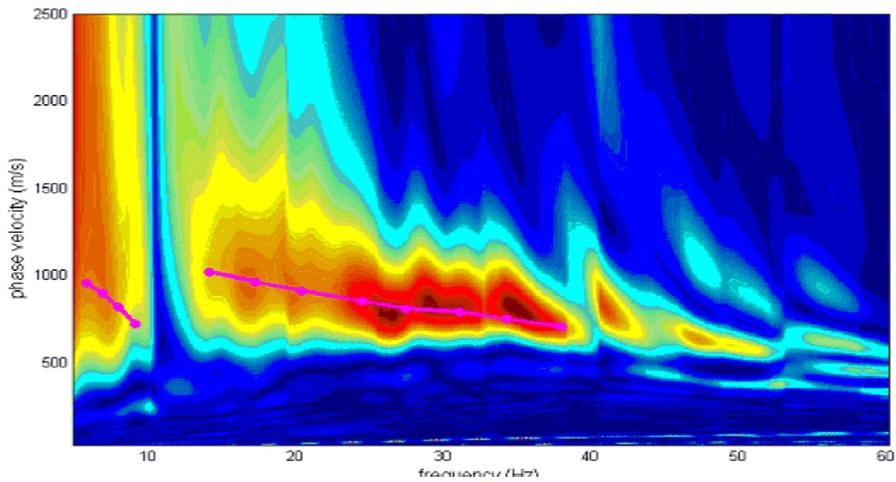
Comune di Roccabruna (CN)

Metodo Nakamura

**SPETTRI DI FREQUENZA  
 PROVA P-108**

All. 2/b

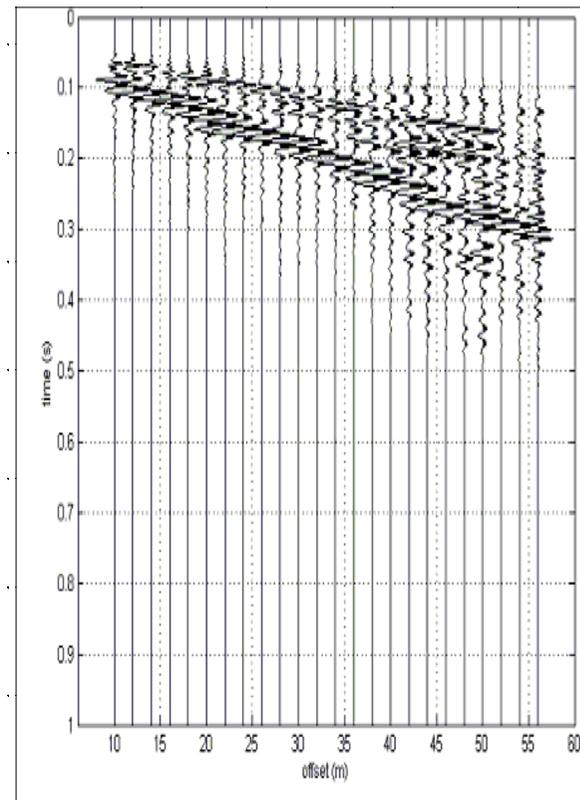
Settembre 2017



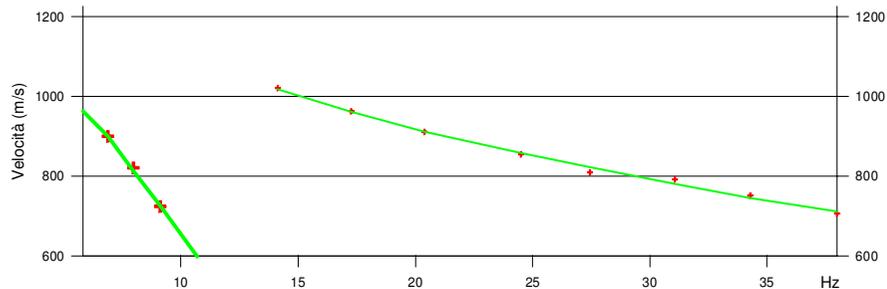
### LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpasca)
- VsX

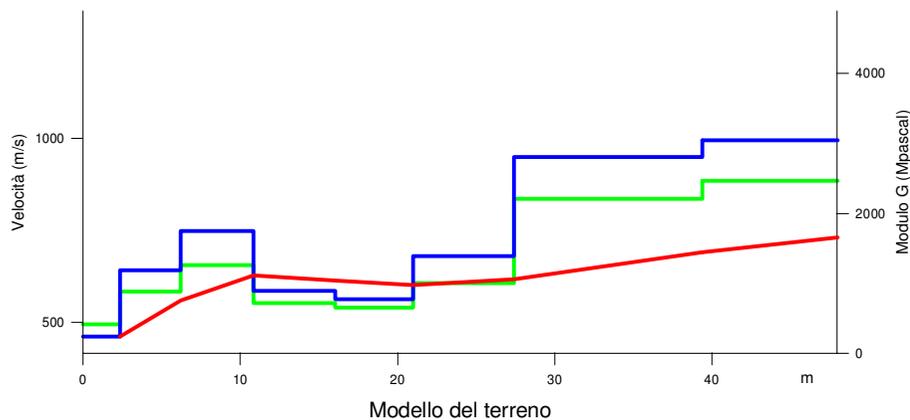
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula  $D=1.5 + Vs/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

### TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	2.3	461	.0051	461	417
2.3	6.2	642	.006	559	883
6.2	10.8	748	.0062	627	1257
10.8	16.1	586	.0089	613	716
16.1	21	563	.0088	600	654
21	27.4	679	.0095	617	1005
27.4	39.4	949	.0126	691	2206
39.4	48	995	.0086	731	2470

VALORE CALCOLATO VS30 = 636 m/s

## PROVA SISMICA VS30

PIP area di nuovo impianto PN1

Comune di Roccabruna (CN)

Metodologia MASW

## VELOCITA' DELLE ONDE S

All. 2/a

Settembre 2017