

COMUNE DI MONTEMIGNAIO

PROVINCIA DI AREZZO

TITOLO:

INDAGINI E STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA (MS) DI LIVELLO 1 ED ANALISI DELLE CONDIZIONI LIMITE PER L'EMERGENZA (CLE) NEI COMUNI DI: TALLA - CASTEL FOCOIGNANO - ORTIGNANO - CASTEL SAN NICCOLÒ - MONTEMIGNAIO

“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH) LINEA SISMICA MONTE_ST6”

COMMITTENTE:

COMUNE DI MONTEMIGNAIO

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
20 Novembre 2014

TRIGEO S.N.C.
VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 400619 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea e Turchetti Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fax 0575 294500 - 055 9962212
Cell. 339 2288117 - 306 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO</i> <i>LINEA SISMICA MONTE_ST6</i>	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 1 di 12

INDICE

INTRODUZIONE.....	2
1.0 SCHEMA OPERATIVO.....	4
2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	4
3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI	6
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA	7
5.0 CONSIDERAZIONI FINALI	9
ALLEGATI	11

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO LINEA SISMICA MONTE_ST6	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 2 di 12

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante sismica a rifrazione (acquisizione ed elaborazione dati con metodologia tomografica) nel mese di Novembre 2014, per conto del **COMUNE DI MONTEMIGNAIO (AR)**, nei pressi dell'abitato di **CASODI (Fig. 1)**.



Figura 1: Particolare della sezione monte_ST6.

L'indagine sismica, viene eseguita a supporto dello **STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1** del **COMUNE DI MONTEMIGNAIO**.

Dopo aver preso visione della zona e delle problematiche ad essa connesse è stata programmata una campagna di prospezioni geofisiche mediante sismica a rifrazione tesa a fornire, lungo la sezione convenuta con la committenza, una caratterizzazione delle litologie presenti nell'area d'indagine nonché determinare le geometrie (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo dei terreni in funzione dell'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche compressionali P e di taglio SH. I dati ottenuti sono stati elaborati sia con la metodologia classica della rifrazione (GRM)

che con la metodologia tomografica che permette di ottenere, attraverso un maggior numero di “energizzazioni” (7 per ciascun stendimento) ed un opportuno software di elaborazione, un’ottima caratterizzazione del substrato e dei materiali di copertura.

L’acquisizione delle onde SH combinate alle onde di compressione consente di ottenere i principali parametri elastico/dinamici e di fornire i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{s30}), così come richiesto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

La relazione tecnica riferisce sui risultati ottenuti dall’indagine sismica a rifrazione mediante Onde P e SH ed è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante:

- **Tavola 01:** Planimetria generale del profilo sismico **monte_ST6** eseguito, scala 1:10.000 (da CTR 1:10.000);
- **Tavola 02:** Planimetria di dettaglio scala 1:1.000 (da CTR 1:10.000) con ubicazione del profilo sismico **monte_ST6** eseguito, posizionamento dei geofoni e delle energizzazioni effettuate;
- Schema dettagliato della linea sismica con posizionamento relativo dei geofoni (quote-distanze), coordinate in Gauss-Boaga dei geofoni iniziale e finale e punti di energizzazioni (quote-distanze);
- **Tabelle Tempi di arrivo Onde P e SH** relativi ai vari scoppi, con riportati posizione, tempo di arrivo e quota di ciascun geofono;
- **Tavole 03-07:** Diagrammi Tempi d’arrivo-Distanze (Dromocrone) Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 04-08:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-09:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 06-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Tabelle Profondità calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- Tabelle Velocità sismiche calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- Documentazione fotografica della linea sismica;
- Stampe delle registrazioni di campagna.

Di seguito viene descritto, lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all’interpretazione scaturita dai dati elaborati.

1.0 SCHEMA OPERATIVO

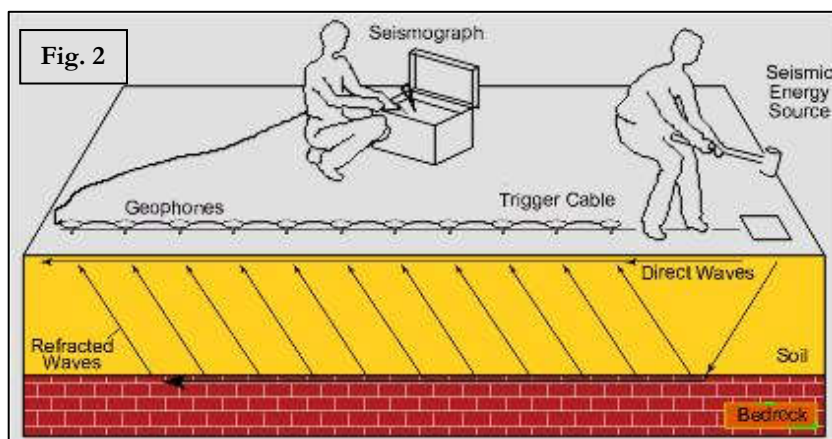
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo geofono e l'ubicazione di ogni punto di energizzazione (shot point).

Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati e degli spazi a disposizione è stata scelta una distanza intergeofonica di 4 m per la sezione eseguita sia con Onde P che con Onde SH. Complessivamente sono stati acquisiti **184 ml** di rilievo suddivisi in due basi ciascuna di **92 ml** (onde P-SH).

2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

Un sistema digitale di acquisizione dati (**Fig. 2**) in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori



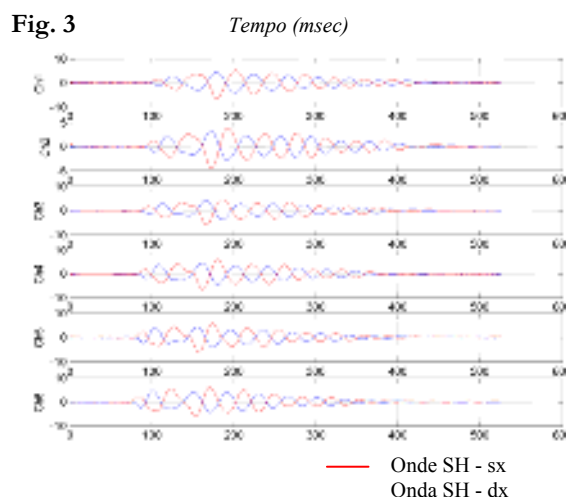
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: **A/D Conversion:** 24 bit; **Dynamic Range:** 144 dB; **Distortion:** 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; **Bandwidth:** 1.75 Hz to 20 kHz; **Common Mode Rejection:** > -100 dB at <=100 Hz, 36 dB; **Crosstalk:** -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms; **Noise**

Floor: 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz; **Stacking Trigger Accuracy:** 1/32 of sample interval; **Maximum Input Signal:** 2.8 VPP; **Input Impedance:** 20 kOhm, 0.02 uf; **Preamplifier Gains;** **Anti-alias Filters:** -3 dB at 83% of Nyquist frequency; **Sample Interval:** 0.02 to 16.0 ms; **Record Length:** 16,000 samples; **Acquisition and Display Filters:** *LowCut, Notch, HighCut*; **Data Formats:** SEG-2 standard with SGOS.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni “PAS” verticali ed orizzontali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile e nel caso dei geofoni orizzontali dotati di bolla livellante, con frequenza caratteristica di 10 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

Generalmente come sorgente di energia sismica per le onde P, nel caso di rilievi a piccola profondità si fa uso di una mazza da 8 kg o del Minibang; nel nostro caso, dato le distanze in gioco, l'utilizzo della mazza ha consentito di ottenere risultati ottimali. Per quel che riguarda la produzione di onde SH si utilizza generalmente una trave di circa 2.00 m di lunghezza, la cui estremità viene colpita con una massa battente di ca. 10/15 kg. La trave è resa solidale al terreno mediante l'applicazione di un carico (rappresentato nel nostro caso dalla stessa autovettura). La tavola viene colpita lateralmente dalla massa, in modo da generare onde di taglio SH. Per poter riconoscere in maniera inequivocabile sui sismogrammi le onde di taglio S, che non costituiscono mai la prima fase, sono state effettuate energizzazioni ai due estremi della tavola, in modo da generare treni d'onda identici, ma in opposizione di fase (**Fig. 3**). Ogni energizzazione viene registrata sull'Hard Disk sia singolarmente che, invertendo la fase, come somma.



Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati in rifrazione, è stato il *Generalized Reciprocal Method* (GRM) che consente di delineare rifrattori ondulati, ad ogni profondità e di numero infinito da dati sismici a rifrazione in linea che consistano di tempi-distanza in andata e ritorno. I tempi di arrivo a due sensori distinti e per profili in andata e ritorno sono combinati per ottenere la velocità del rifrattore, il calcolo della sezione tempi-profondità ed il fattore di conversione in profondità. Il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati

fino ad angoli superiori a 20 gradi. Il GRM in definitiva è un metodo di interpretazione globale e sintetico per il quale molti dei metodi esistenti sono dei casi particolari.

Oltre al GRM, in alcuni casi, è stato utilizzato, per conferma e confronto, un algoritmo di inversione che usa il *delay-time method* per ottenere un primo modello approssimato in profondità, che viene quindi affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed un processo di aggiustamento con iterazioni successive che tende a minimizzare le discrepanze tra i tempi di arrivo misurati in campagna ed il corrispondente modello di profondità. In questo caso specifico è stato utilizzato come sistema di elaborazione principale il *delay-time method* affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed il GRM come verifica e conferma dei risultati ottenuti.

Terminata la fase preliminare di verifica dati, mediante la metodologia GRM, è stato utilizzato un nuovo sistema di analisi dei dati sismici che consente di elaborare profili a bassa, media ed elevata copertura. Le dromocrone ricavate dall'interprete vengono elaborate sulla base di tre distinte metodologie analitiche: CMP (intercept time refraction), Plus-Minus e Wavefront. Il metodo Wavefront rappresenta un'ulteriore ottimizzazione del metodo GRM. Invece di assumere come costante la distanza XY tra i vari ricevitori, il metodo Wavefront stima ad ogni geofono la distanza rispetto agli altri, attraverso l'angolo d'emergenza del fronte d'onda sia diretto che inverso. Tale caratteristica permette di analizzare, con ottimi risultati, anche rifrattori con superfici irregolari.

Il software, utilizzato nel corso del presente lavoro, permette, successivamente ai predetti passaggi, di utilizzare il metodo "Delta-t-V" che è in grado di evidenziare gradienti di velocità verticali all'interno degli strati, aumenti lineari di velocità con la profondità, faglie e locali anomalie di velocità. Il metodo Delta-t-V valuta la distribuzione delle velocità lungo il profilo di interesse. Ciò consente, sfruttando il metodo dell'inversione, di ottenere in corrispondenza delle varie stazioni installate, valori di profondità in funzione della velocità.

I dati così ottenuti vengono definitivamente elaborati mediante metodologia tomografica che permette una stima migliore delle velocità, risultando meno dipendente dalla spaziatura dei ricevitori e da topografie estreme.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-07** sono rappresentate, le curve tempi-distanze, Dromocrone, che scaturiscono dalle letture eseguite sui dati di campagna (onde P-SH). Nel diagramma tempi-distanze,

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO LINEA SISMICA MONTE_ST6	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 7 di 12

in ascisse, in scala 1:500 sono riportate le distanze dei sensori dall'inizio dell'allineamento e, in ordinate, i tempi di arrivo, espressi in millisecondi agli stessi sensori.

Nelle **Tavole 04-08**, sono state riportate le sezioni sismostratigrafiche ottenute (onde P-SH), al di sotto della superficie topografica l'involuppo dei cerchi rappresenta l'interfaccia tra uno strato ed un altro. I metodi di interpretazione in sismica a rifrazione forniscono, infatti, gli spessori degli strati valutando la distanza minima tra i sensori ed il rifrattore sulla perpendicolare allo strato e non sulla sua verticale; di conseguenza la superficie rifrangente, al di sotto di ogni dato punto, può giacere ovunque su di un cerchio centrato in quel punto e con raggio uguale allo spessore dello strato.

Ciò è quanto riportato nelle sezioni al di sotto della superficie topografica. L'involuppo dato da questi cerchi è una buona approssimazione della forma e posizione del rifrattore.

Nelle **Tavole 05-09** sono riportate le sezioni interpretate (sezioni litostratigrafiche) sulla base sia dei dati ottenuti (sezioni sismostratigrafiche), sia di considerazioni geologiche generali relative alla zona in esame che sulla base dei dati forniti dal tecnico incaricato.

Infine nelle **Tavole 06-10** abbiamo le sezioni tomografiche interpretate realizzate mediante la "WET Tomography" con le relative curve di isovelocità. La scala in falsi colori presente, esprime i valori di velocità all'interno della sezione.

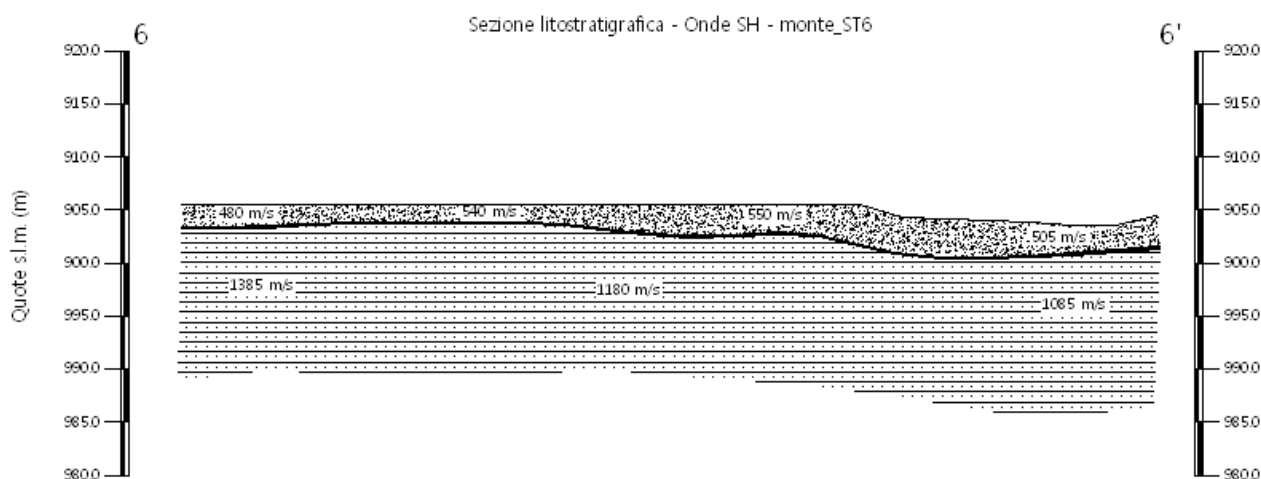
Le sezioni litostratigrafiche interpretate assieme alle sezioni tomografiche, rappresentano il risultato conclusivo dell'analisi dei dati sintetizzati nelle tavole e tabelle allegate.

4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di una superficie rifrangente che si localizza a profondità compresa tra 1.70 m e 3.70 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 2.50 m.

Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 676 e 810 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 480 e 550 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3) che presenta velocità comprese tra 2.060 e 2.455 m/s (onde P) e tra 1085 e 1365 m/s (onde SH).

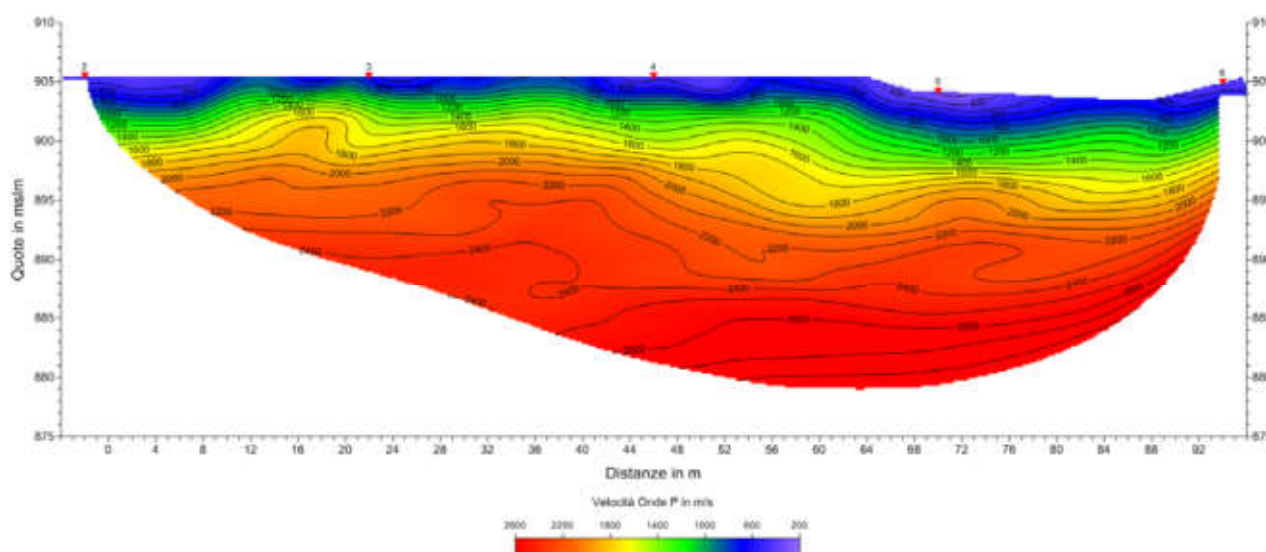
La **Sezione ST6**, effettuata in direzione SSO-NNE, in una area a Nord della località di Casodi, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento del rifrattore individuato. Quest'ultimo presenta profondità costante nel primo tratto



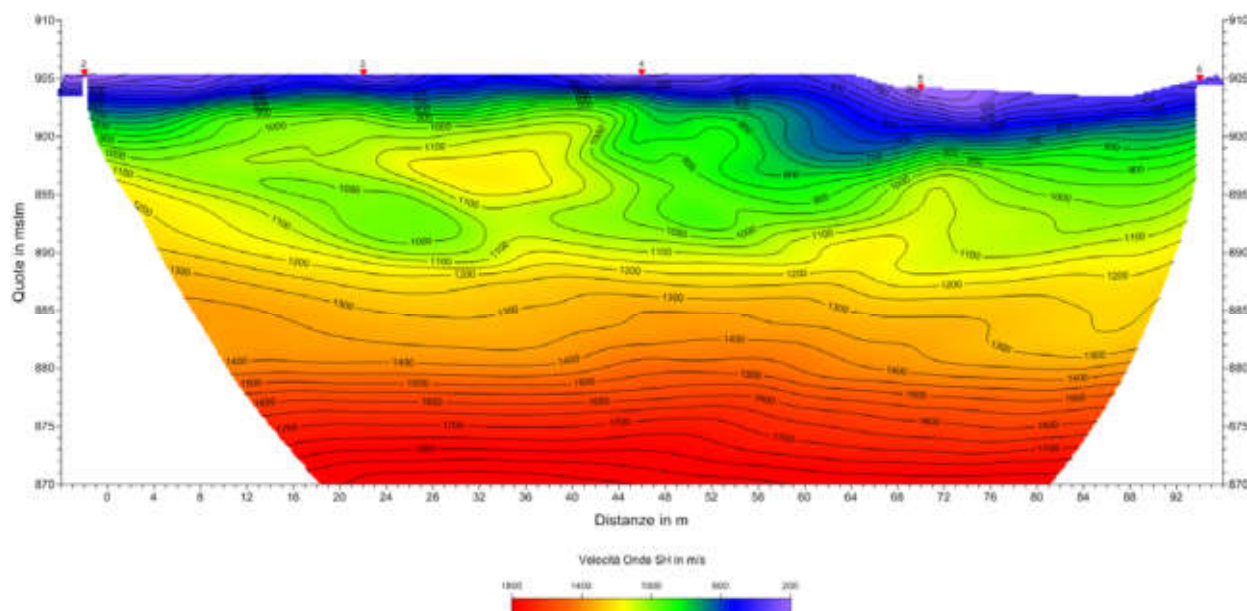
della sezione (2.00-2.50 m), tende poi ad approfondirsi in corrispondenza del cambio di pendenza della sezione (profondità comprese tra 3.20 e 3.70 m), ed infine, nell'ultimo tratto della sezione, mostra una risalita attestandosi a profondità di 3.00m. Il rifrattore ottenuto dall'elaborazione delle onde P evidenzia il medesimo andamento di quello ottenuto dalle onde SH.

Le velocità del substrato roccioso mostrano per le onde P, valori compresi tra 2.060 e 2.455 m/s, con valori decrescenti lungo lo stendimento. Le velocità delle onde SH mostrano il medesimo andamento con velocità che passano da 1085 a 1365 m/s .

L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH in accordo con i risultati del



GRM mostra materiali superficiali a bassa velocità con spessori variabili, maggiori nel tratto finale, il passaggio al substrato roccioso risulta evidenziato dal raffittimento delle curve di isovelocità (a partire



da quella dei 1.000-1.200 m/s onde P), mentre per le onde SH, il contatto si osserva a partire dalla curva dei 600-800 m/s.

Il substrato roccioso, in virtù dell'andamento regolare delle curve di isovelocità, risulta prevalentemente omogeneo e compatto, fatta eccezione di alcune oscillazioni delle curve di isovelocità nei tratti centrali imputabili ad una maggiore irregolarità/fatturazione della roccia.

5.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **CASODI, MONTEMIGNAIO (AR)**. L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante sismica a rifrazione, ha permesso di identificare in profondità il passaggio tra i materiali più superficiali (detrito di versante), ed il substrato litoide integro costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3).

Sulla base di quanto fino ad ora riportato è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive relativamente all'area in oggetto:

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO LINEA SISMICA MONTE _ST6	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 10 di 12

- I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di una superficie rifrangente che si localizza a profondità comprese tra 1.70 m e 3.70 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 2.50 m.
- nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 676 e 810 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 480 e 550 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3) che presenta velocità comprese tra 2.060 e 2.455 m/s (onde P) e tra 1085 e 1365 m/s (onde SH).

Firenze, lì 20/11/2014

TRIGEO SNC
TRIGEO s.n.c.
di Nersetti Andrea & Cuccini Daniele
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 0575294500
Tel/Fax 0575 294500 - 054 9902212
Cell. / 339 33928117 - 339 7213623
www.trigeo.it - info@trigeo.it

TRIGEO SNC

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA NINO BIXIO, 9 - 50131 FIRENZE
TEL/FAX 055 400619 – CELL. 3287213928

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO</i> <i>LINEA SISMICA MONTE_ST6</i>	Novembre 2014
		Comune di Montemignaio (AR)
		Pag. 11 di 12

ALLEGATI

TRIGEO SNC

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)

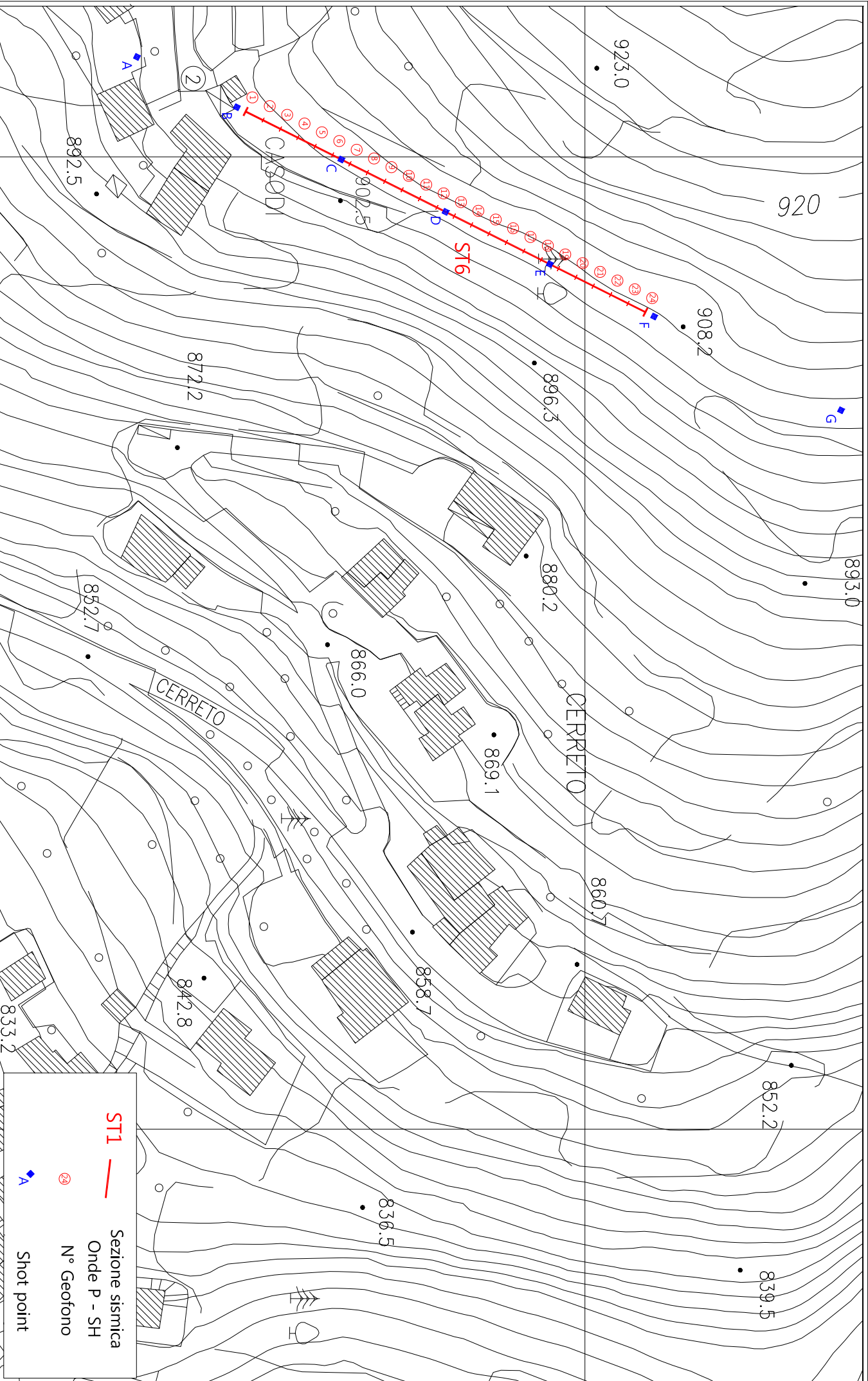
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA NINO BIXIO, 9 - 50131 FIRENZE

TEL/FAX 055 400619 – CELL. 3287213928



Scala 1: 1000

Novembre 2014

Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - monte_ST6



SCHEMA DELLA LINEA – monte_ST6	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA monte_ST6

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	905.50
2	4	4.0	905.50
3	8	4.0	905.50
4	12	4.0	905.50
5	16	4.0	905.50
6	20	4.0	905.50
7	24	4.0	905.50
8	28	4.0	905.50
9	32	4.0	905.50
10	36	4.0	905.50
11	40	4.0	905.50
12	44	4.0	905.50
13	48	4.0	905.50
14	52	4.0	905.50
15	56	4.0	905.50
16	60	4.0	905.50
17	64	4.0	905.50
18	68	4.0	904.30
19	72	4.0	904.20
20	76	4.0	904.05
21	80	4.0	903.80
22	84	4.0	903.60
23	88	4.0	903.50
24	92	4.0	904.50

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	4846947,99	4847035,65
Y(m)	1711221,20	1711249,13

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

ONDE P	Σ ONDE SH	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.1343	DAT.1324	A - ESTERNO SX	-25.0	901.20
DAT.1342	DAT.1326	B - ESTREMO SX	-2.0	905.50
DAT.1341	DAT.1328	C - INTERMEDIO SX	22.0	905.50
DAT.1340	DAT.1330	D - CENTRALE	46.0	905.50
DAT.1339	DAT.1332	E - INTERMEDIO DX	70.0	904.30
DAT.1338	DAT.1334	F - ESTREMO DX	94.0	904.50
DAT.1337	DAT.1336	G - ESTREMO DX	137.0	906.60

TEMPI ONDE P E ONDE SH – monte_ST6	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

TEMPI ONDE P – monte_ST6

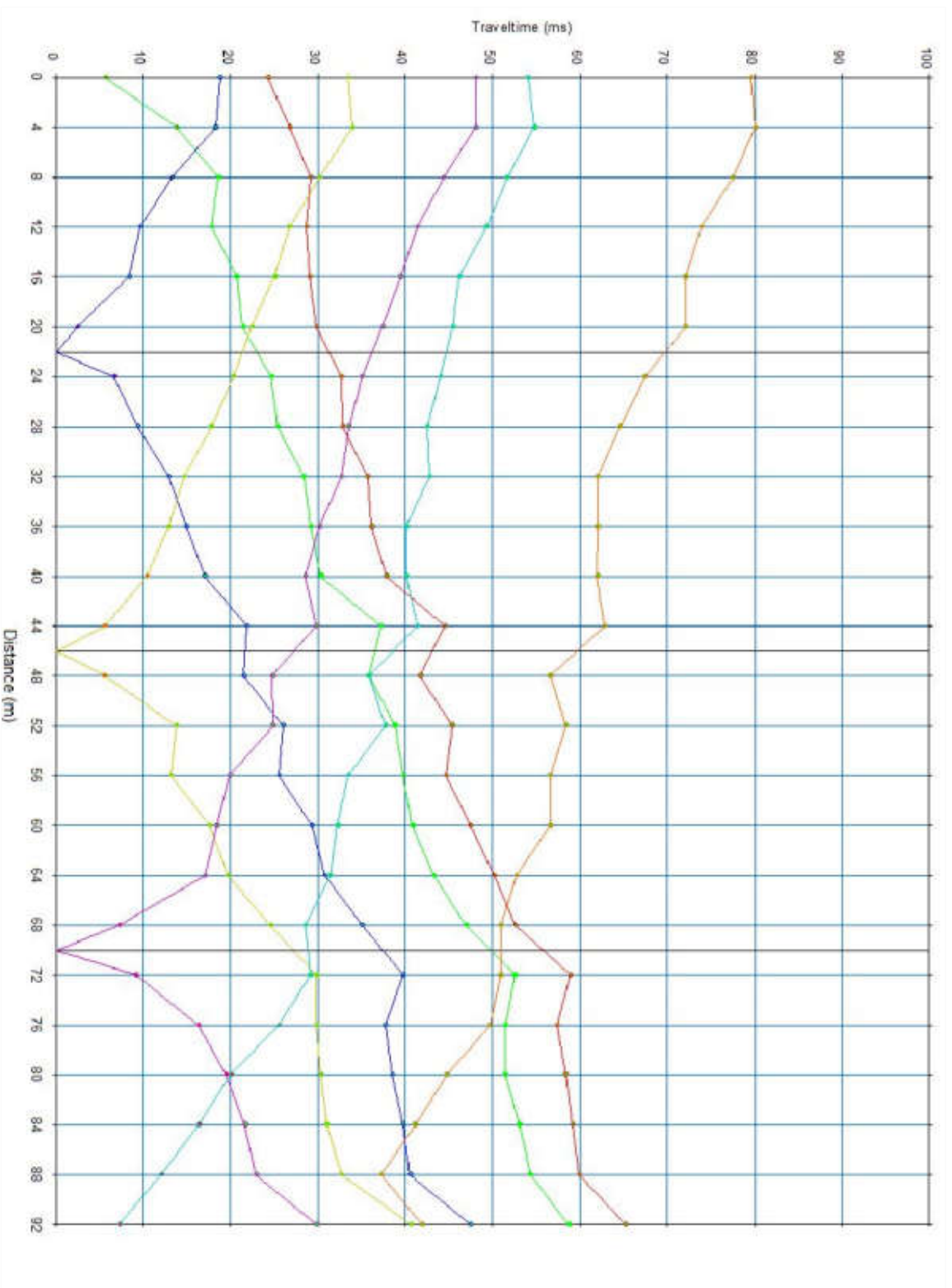
GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	24.25	5.62	18.77	33.40	48.04	54.06	79.55
2	4	26.75	13.77	18.25	33.92	48.04	54.75	80.06
3	8	29.16	18.60	13.26	30.13	44.38	51.65	77.48
4	12	28.63	17.79	9.64	26.69	41.32	49.24	73.86
5	16	29.00	20.66	8.38	25.00	39.43	46.14	72.06
6	20	29.75	21.38	2.41	22.38	37.38	45.45	72.06
7	24	32.63	24.68	6.63	20.25	35.00	44.00	67.41
8	28	32.75	25.38	9.38	17.75	33.50	42.50	64.57
9	32	35.63	28.35	12.88	14.63	32.71	42.75	61.98
10	36	36.13	29.13	14.88	12.88	30.13	40.12	61.98
11	40	37.75	30.30	16.99	10.33	28.50	40.12	61.94
12	44	44.50	37.19	21.81	5.51	29.79	41.32	62.76
13	48	41.67	35.75	21.46	5.51	24.75	35.81	56.56
14	52	45.34	38.80	26.00	13.75	24.79	37.71	58.37
15	56	44.63	39.72	25.48	13.13	19.88	33.40	56.56
16	60	47.41	40.78	29.25	17.56	18.38	32.20	56.56
17	64	50.16	43.27	30.76	19.63	17.05	31.38	52.69
18	68	52.57	46.95	35.00	24.50	7.23	28.50	50.88
19	72	58.88	52.50	39.72	29.79	9.13	29.10	50.88
20	76	57.38	51.42	37.65	29.79	16.25	25.48	49.63
21	80	58.31	51.42	38.45	30.30	19.46	19.97	44.68
22	84	59.11	53.03	39.72	30.99	21.63	16.36	41.06
23	88	59.92	54.29	40.52	32.71	22.88	12.05	37.19
24	92	65.20	58.65	47.41	40.63	29.79	7.23	41.84

TEMPI ONDE P E ONDE SH – monte_ST6	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

TEMPI ONDE SH – monte_ST6

GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	45.45	13.69	33.40	60.09	89.88	102.62	140.32
2	4	52.69	21.95	31.51	50.45	89.88	101.41	138.43
3	8	56.56	30.13	26.17	46.14	86.26	99.00	136.02
4	12	56.56	30.99	21.87	41.32	80.75	94.18	131.71
5	16	58.37	33.25	13.95	37.02	75.24	89.88	126.89
6	20	59.14	37.19	7.23	33.40	72.31	87.47	124.48
7	24	62.76	41.84	9.64	30.99	69.90	85.25	122.59
8	28	65.60	43.65	15.15	24.79	65.60	80.75	118.46
9	32	71.38	48.88	21.82	20.66	63.19	79.55	118.46
10	36	71.02	51.91	25.48	18.25	57.68	75.93	115.36
11	40	74.64	54.75	29.79	13.95	55.27	75.93	117.77
12	44	86.52	64.57	34.61	12.74	53.37	77.33	124.13
13	48	85.49	68.18	38.91	9.13	46.66	69.90	116.13
14	52	91.17	75.00	45.45	16.36	42.53	67.32	112.26
15	56	91.17	71.50	45.45	21.87	36.50	61.29	107.25
16	60	96.59	75.13	50.45	27.63	30.99	55.79	103.82
17	64	102.01	85.49	55.79	35.50	24.79	53.77	101.41
18	68	108.47	91.00	61.98	42.53	16.36	50.45	98.13
19	72	113.13	93.75	64.91	54.06	15.58	48.04	91.08
20	76	113.89	95.56	68.53	56.25	32.20	40.50	86.78
21	80	113.13	94.78	75.24	54.58	33.40	33.25	81.63
22	84	114.67	96.59	75.93	56.99	37.02	26.17	77.13
23	88	117.00	98.31	77.13	56.99	40.12	18.25	71.11
24	92	120.18	101.41	78.34	58.88	46.14	8.44	68.01

Dromocrone

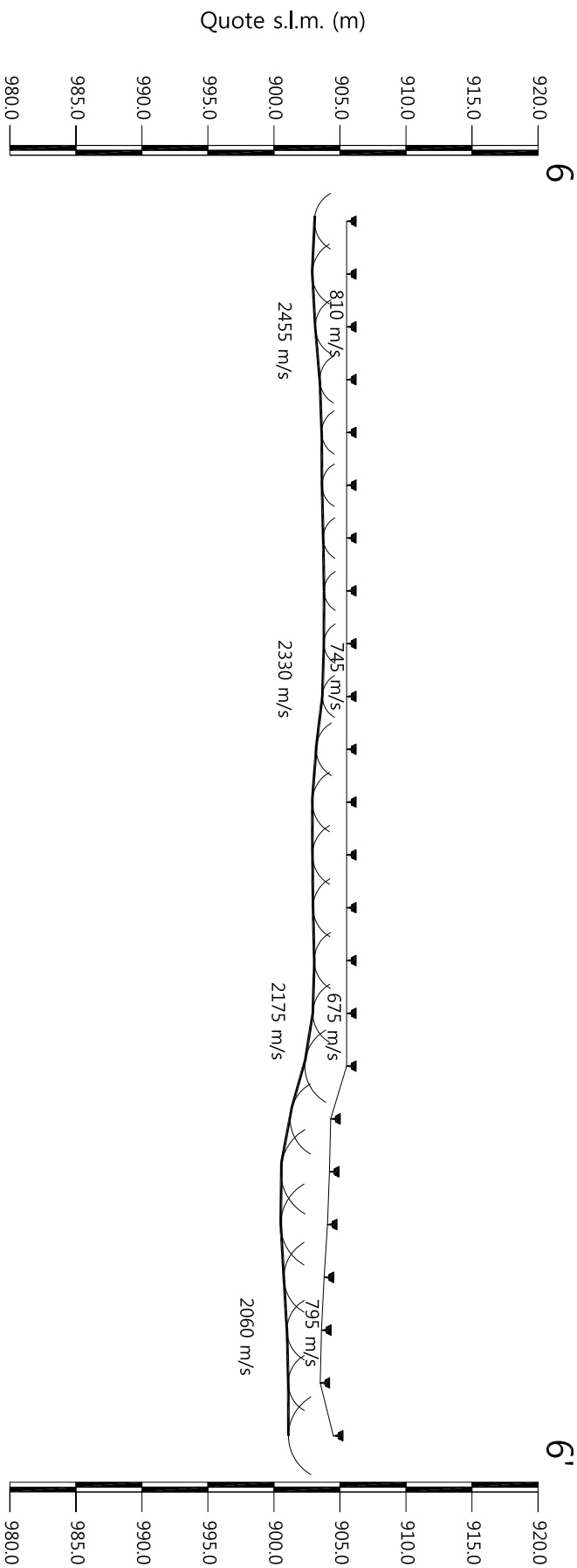


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

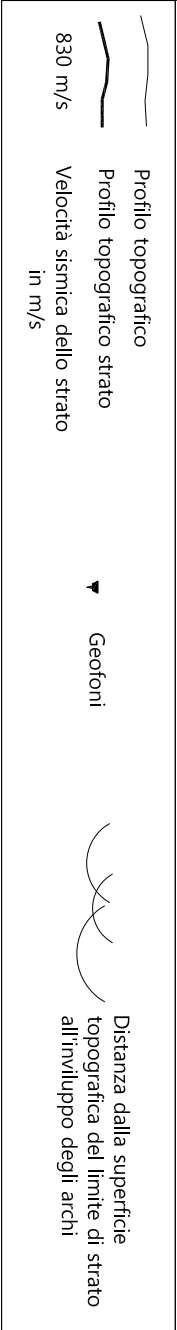
Novembre 2014

Tavola 03 - Dromocrone - Onde P - monte_ST6

Sezione sismostratigrafica - Onde P - monte_ST6



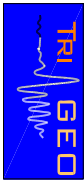
Numero geofono	Distanze (m)	Quote s.l.m. (m)	Profondità da p.c. strato 1 (m)
1	0	905.50	2.44
2	4	905.50	2.61
3	8	905.50	2.37
4	12	905.50	2.03
5	16	905.50	1.89
6	20	905.50	1.86
7	24	905.50	1.77
8	28	905.50	1.70
9	32	905.50	1.72
10	36	905.50	1.83
11	40	905.50	2.30
12	44	905.50	2.60
13	48	905.50	2.58
14	52	905.50	2.54
15	56	905.50	2.45
16	60	905.50	2.55
17	64	905.50	3.16
18	68	904.30	3.07
19	72	904.20	3.69
20	76	904.05	3.54
21	80	903.80	3.05
22	84	903.60	2.61
23	88	903.50	2.41
24	92	904.50	3.40



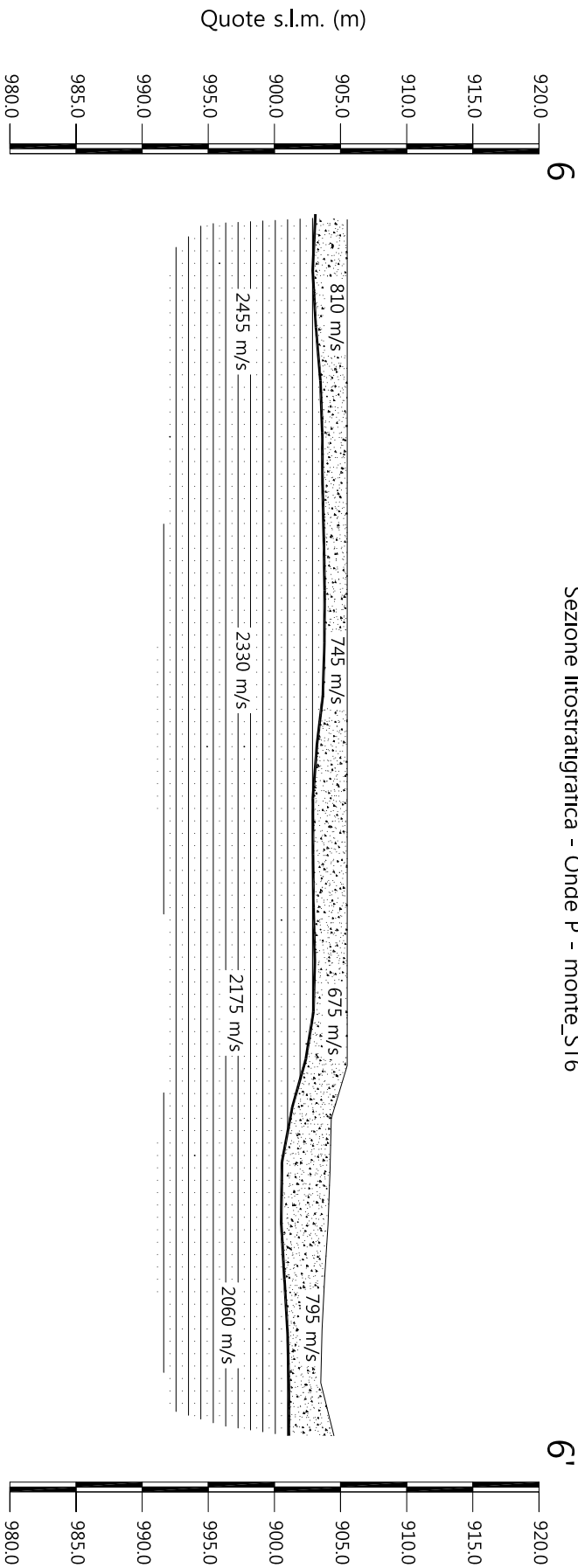
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - monte_ST6



Sezione litostratigrafica - Onde P - monte_ST6



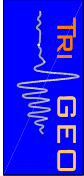
Legenda

- Detrito di versante (a)
- Arenarie del Monte Falterona
membro di Montalto (FAL3)

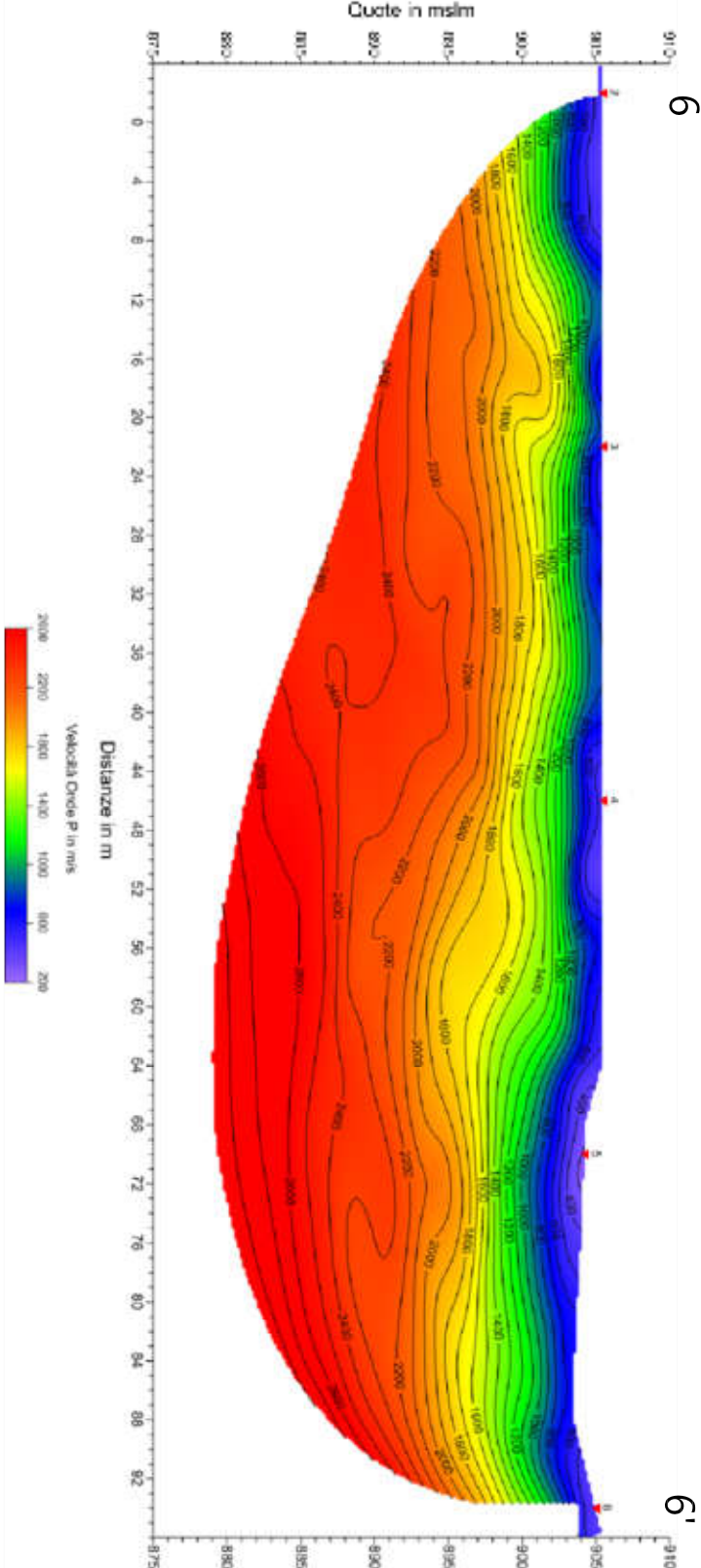
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - monte_ST6



Sezione tomografica - Onde P - monte_ST6

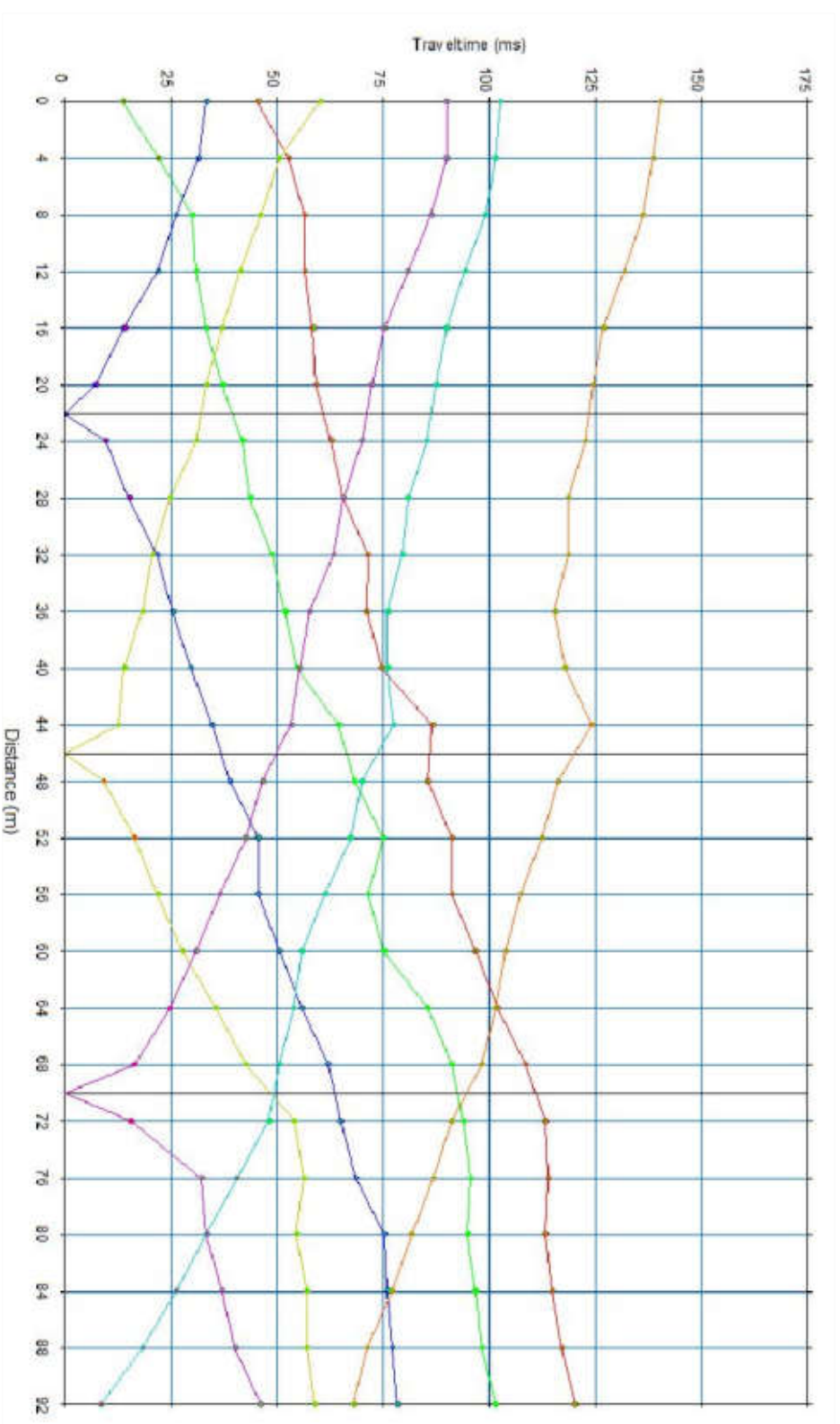


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 06 - Sezione tomografica - Onde P - monte_ST6

Dromocrone

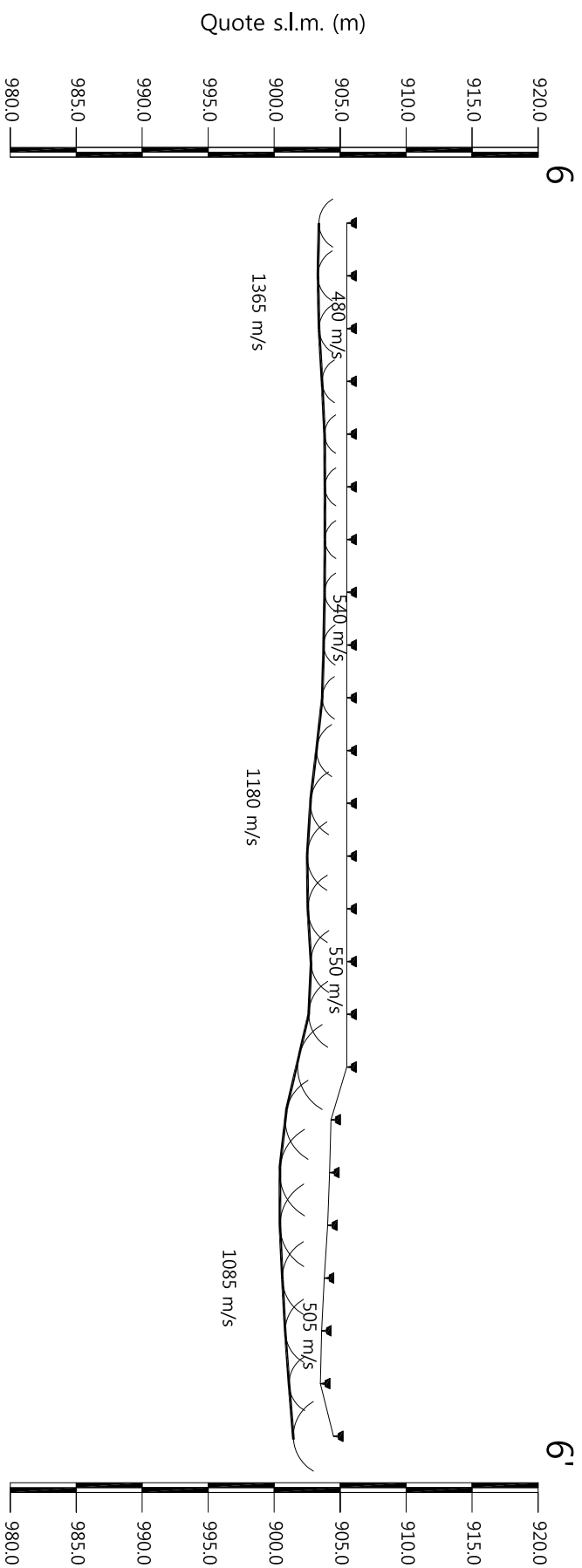


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500




Novembre 2014

Tavola 07 - Dromocrone - Onde SH - monte_ST6


Sezione sismostratigrafica - Onde SH - monte_ST6




Numero geofono	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanze (m)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
Quote s.l.m. (m)	905.50	905.50	905.50	905.50	905.50	905.50	905.50	905.50	905.50	905.50	905.50	905.50	905.50	905.50	905.50	905.50	905.50	904.30	904.20	904.05	903.80	903.60	903.50	904.50
Profondità da p.c. strato 1 (m)	2.11	2.19	2.10	1.87	1.68	1.66	1.66	1.68	1.75	1.86	2.28	2.75	3.00	2.95	2.71	2.88	3.72	3.46	3.79	3.61	3.18	2.76	2.37	3.05



Profilo topografico
Profilo topografico strato
Velocità sismica dello strato
in m/s



Geofoni

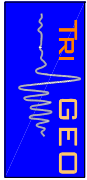


Distanza dalla superficie
topografica del limite di strato
all'involuppo degli archi

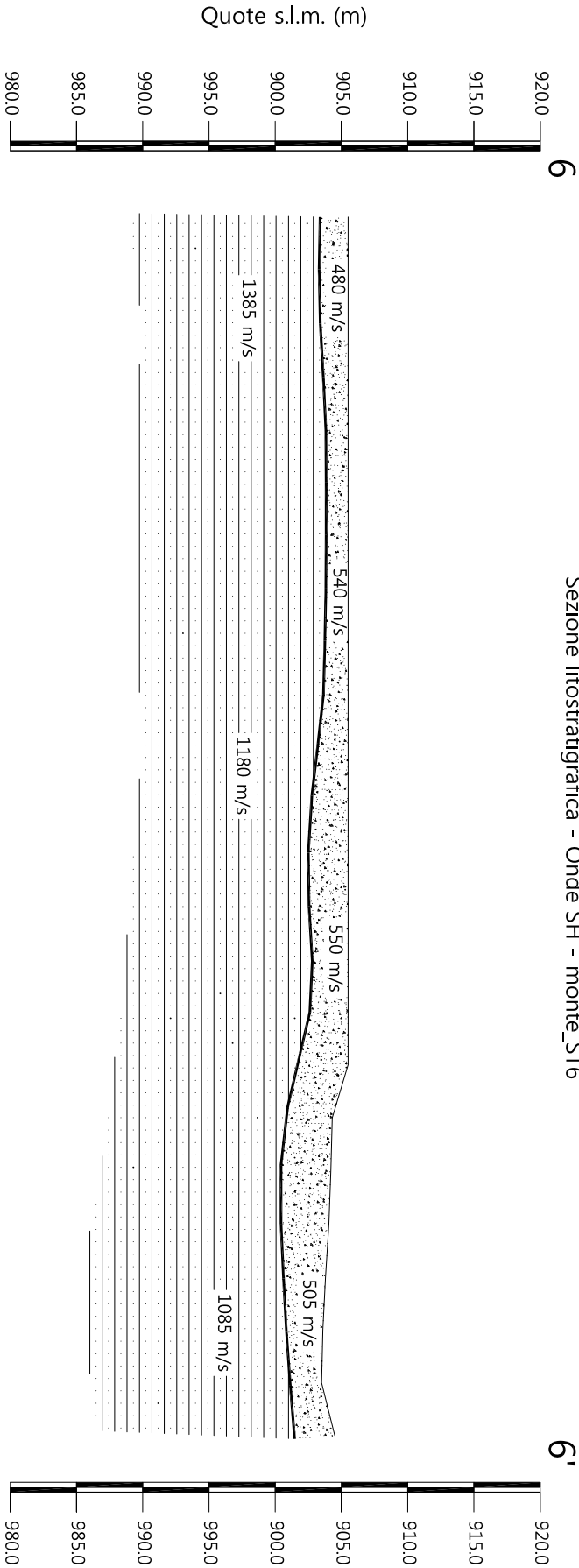
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 08- Sezione sismostratigrafica - Onde SH - monte_ST6



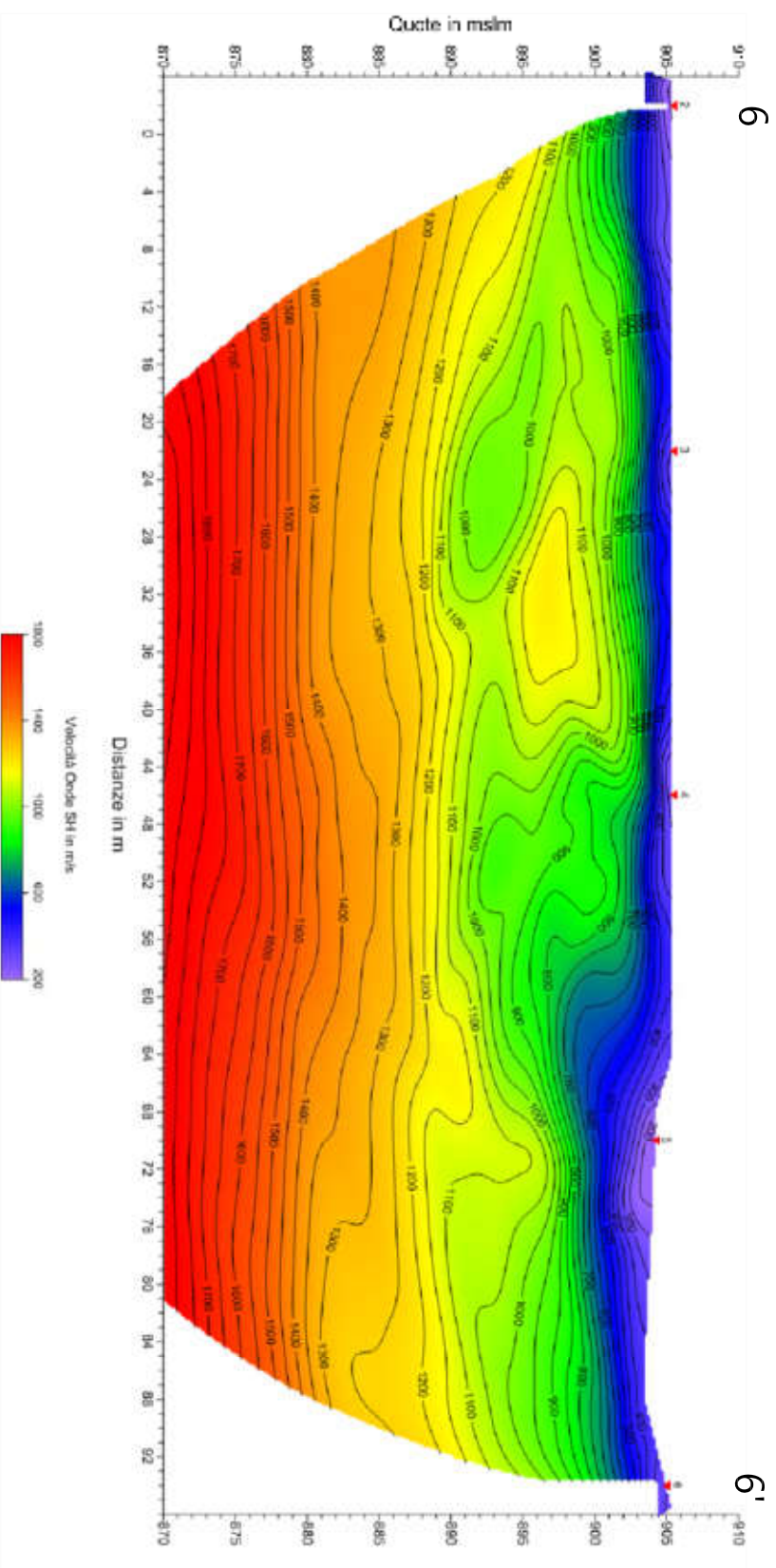
Sezione litostratigrafica - Onde SH - monte_ST6



Legenda

-
- Detrito di versante (a)
-
- Arenarie del Monte Falterona
membro di Montalto (FAL3)

Sezione tomografica - Onde SH - monte_ST6



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - monte_ST6

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST6 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	2.44
2	4	2.61
3	8	2.37
4	12	2.03
5	16	1.89
6	20	1.86
7	24	1.77
8	28	1.70
9	32	1.72
10	36	1.83
11	40	2.30
12	44	2.60
13	48	2.58
14	52	2.54
15	56	2.45
16	60	2.55
17	64	3.16
18	68	3.07
19	72	3.69
20	76	3.54
21	80	3.05
22	84	2.61
23	88	2.41
24	92	3.40

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST6 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	2.11
2	4	2.19
3	8	2.10
4	12	1.87
5	16	1.68
6	20	1.66
7	24	1.66
8	28	1.68
9	32	1.75
10	36	1.86
11	40	2.28
12	44	2.75
13	48	3.00
14	52	2.95
15	56	2.71
16	60	2.88
17	64	3.72
18	68	3.46
19	72	3.79
20	76	3.61
21	80	3.18
22	84	2.76
23	88	2.37
24	92	3.05

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST6 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V ₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V ₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	864	2460
2	4	844	2460
3	8	823	2460
4	12	801	2460
5	16	779	2456
6	20	755	2441
7	24	746	2407
8	28	745	2355
9	32	744	2297
10	36	743	2253
11	40	741	2229
12	44	734	2226
13	48	709	2229
14	52	668	2216
15	56	642	2179
16	60	618	2121
17	64	651	2073
18	68	683	2058
19	72	715	2074
20	76	747	2096
21	80	779	2083
22	84	811	2056
23	88	843	2027
24	92	876	2022

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST6 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V ₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V ₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	480	1387
2	4	489	1387
3	8	497	1387
4	12	506	1385
5	16	514	1379
6	20	523	1364
7	24	531	1332
8	28	540	1284
9	32	541	1238
10	36	543	1204
11	40	544	1194
12	44	545	1189
13	48	546	1181
14	52	548	1161
15	56	549	1136
16	60	550	1111
17	64	544	1090
18	68	539	1079
19	72	533	1078
20	76	527	1082
21	80	522	1085
22	84	516	1096
23	88	511	1082
24	92	505	1080



Vista generale monte_ST6 da G1 verso G24.



Vista generale monte_ST6 da G12 verso G1.



Shot point A – Onde SH – monte_ST6.



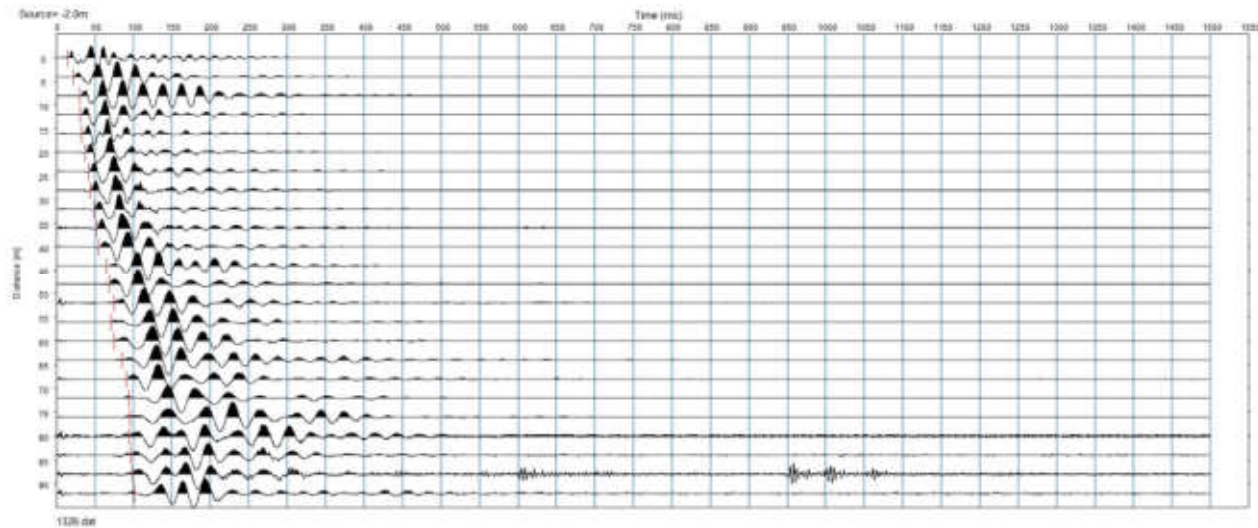
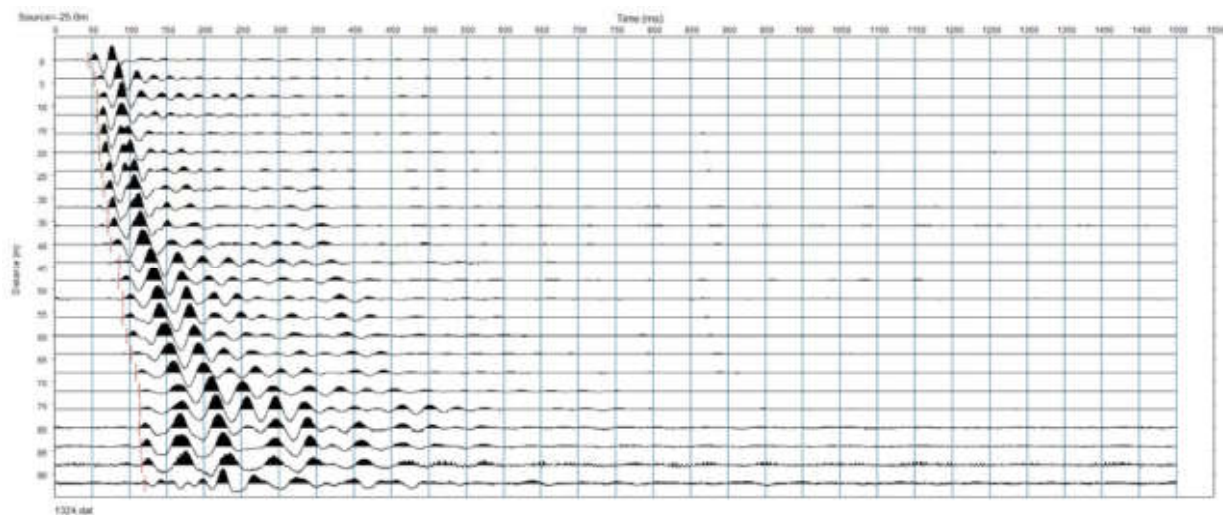
Shot point A – Onde P – monte_ST6.

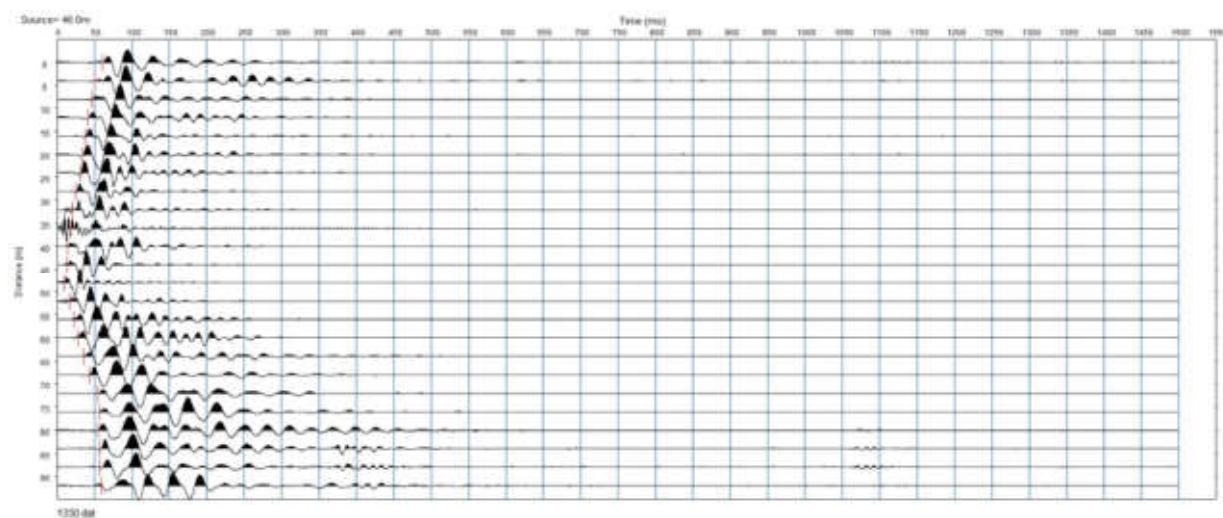
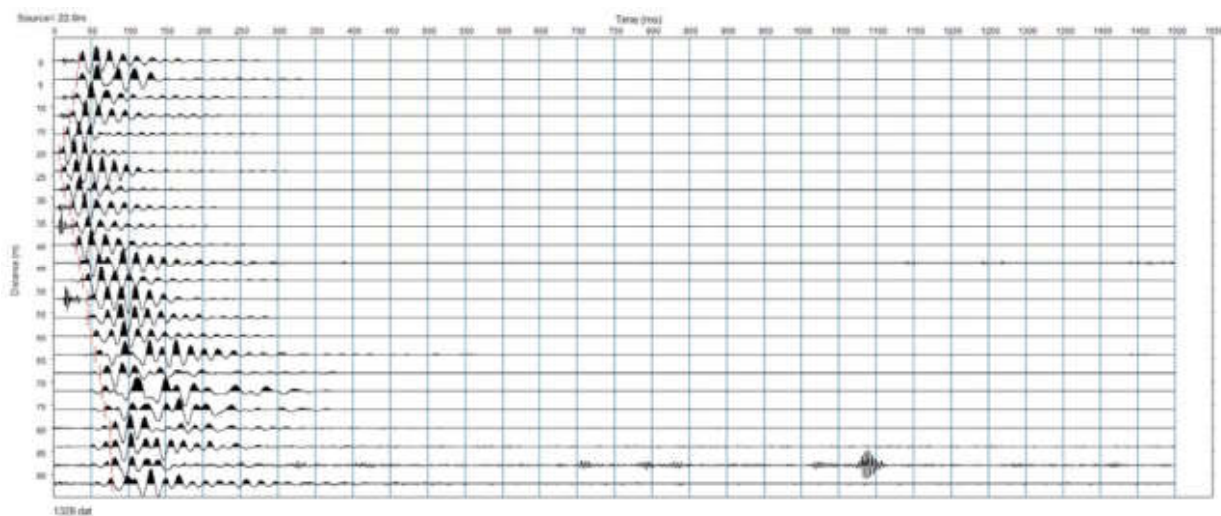
REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA – monte_ST6

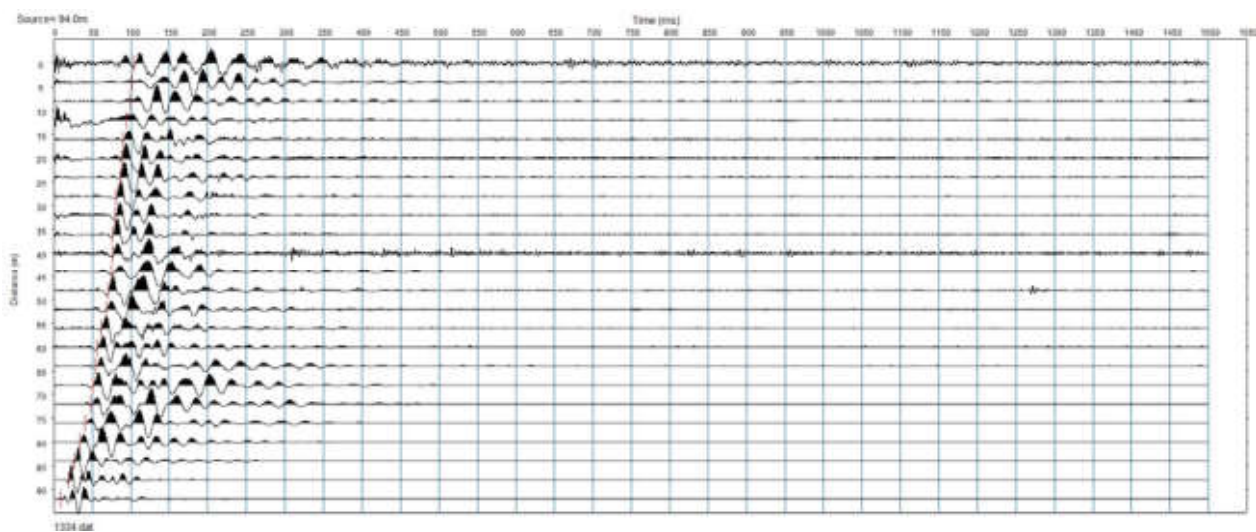
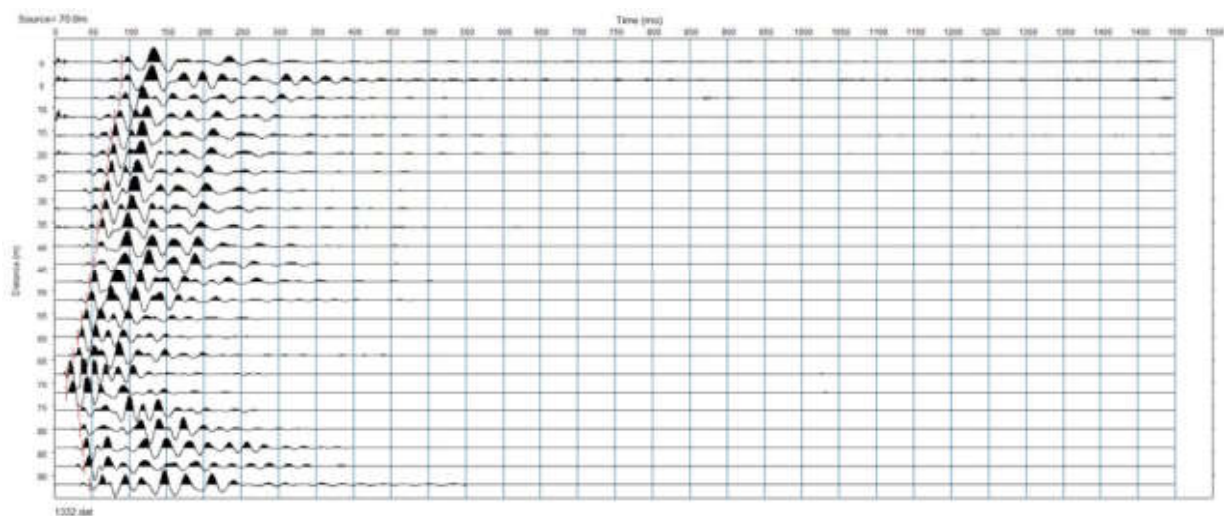
file 1324 - 1336 Onde SH

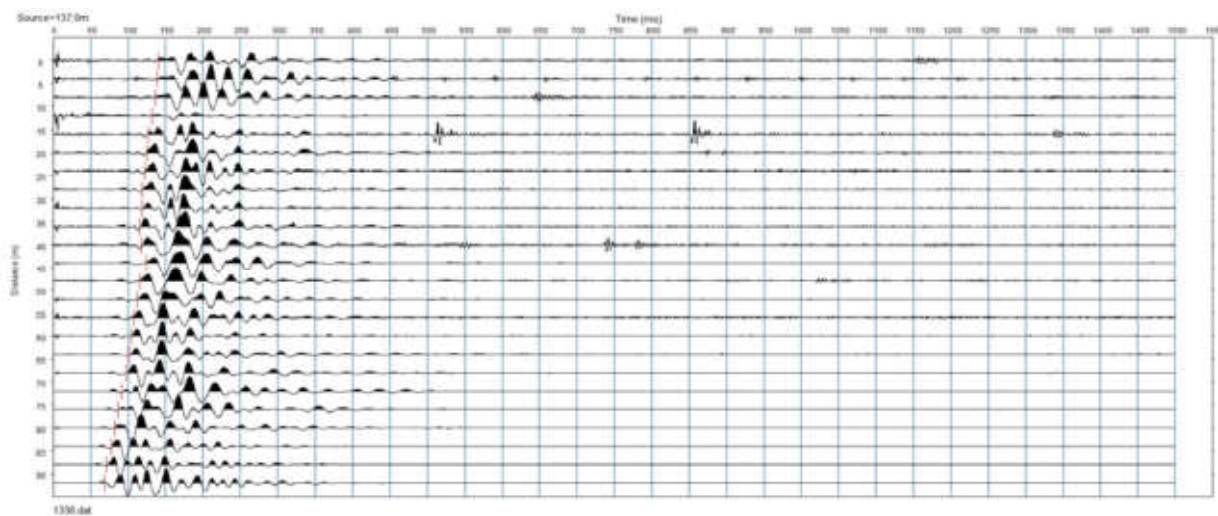
file 1343 - 1337 Onde P

ONDE SH Σ

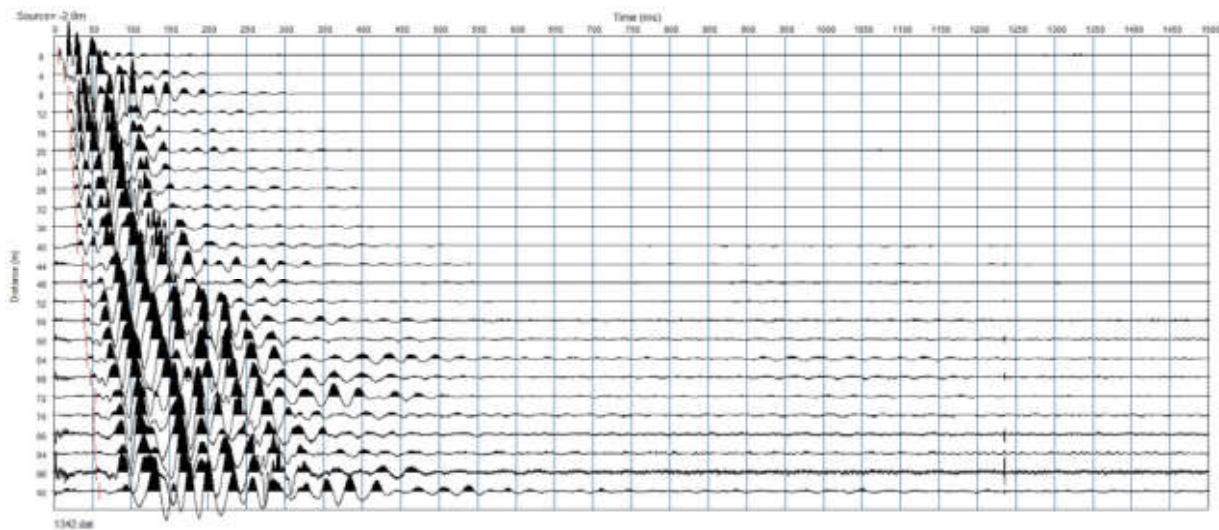
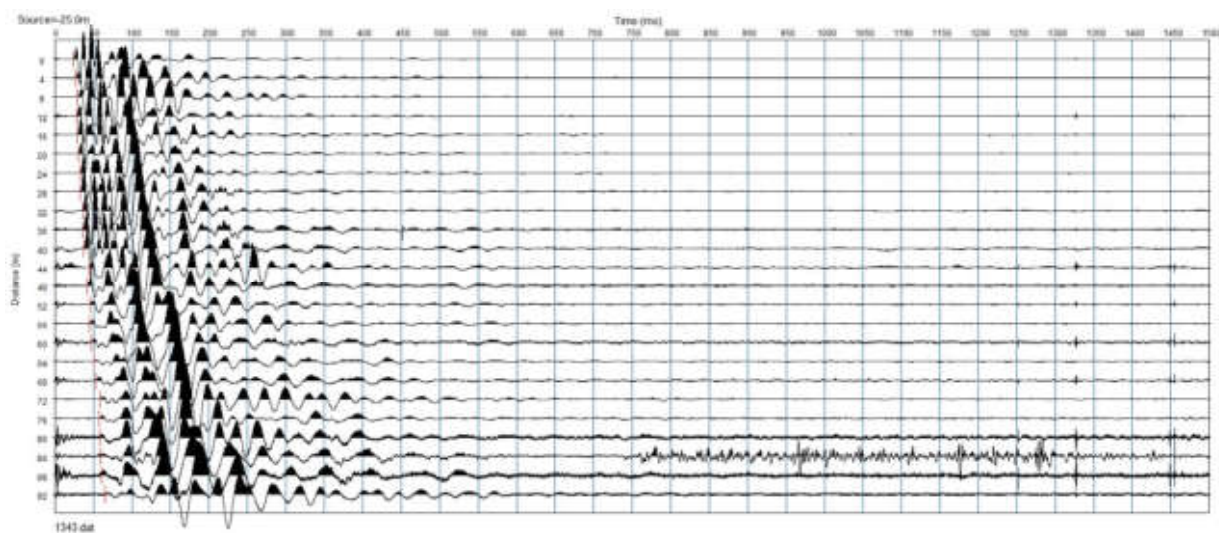


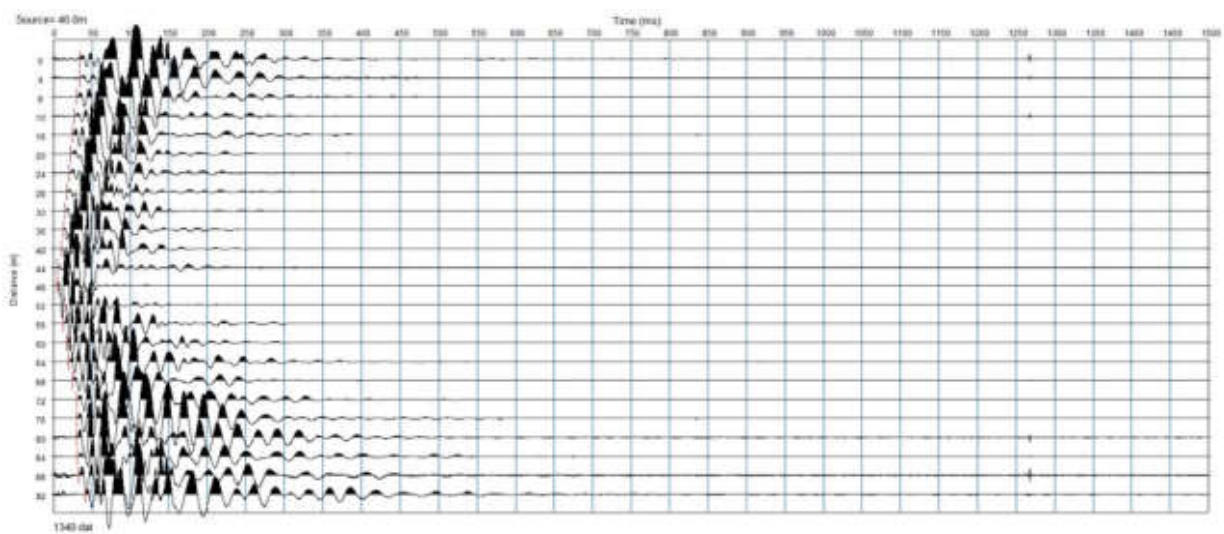
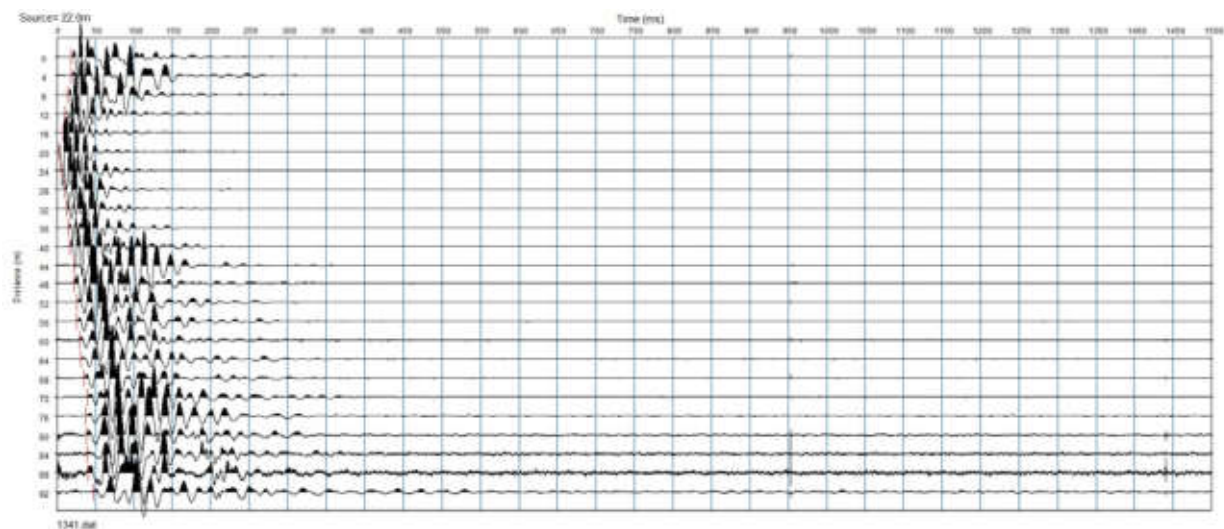


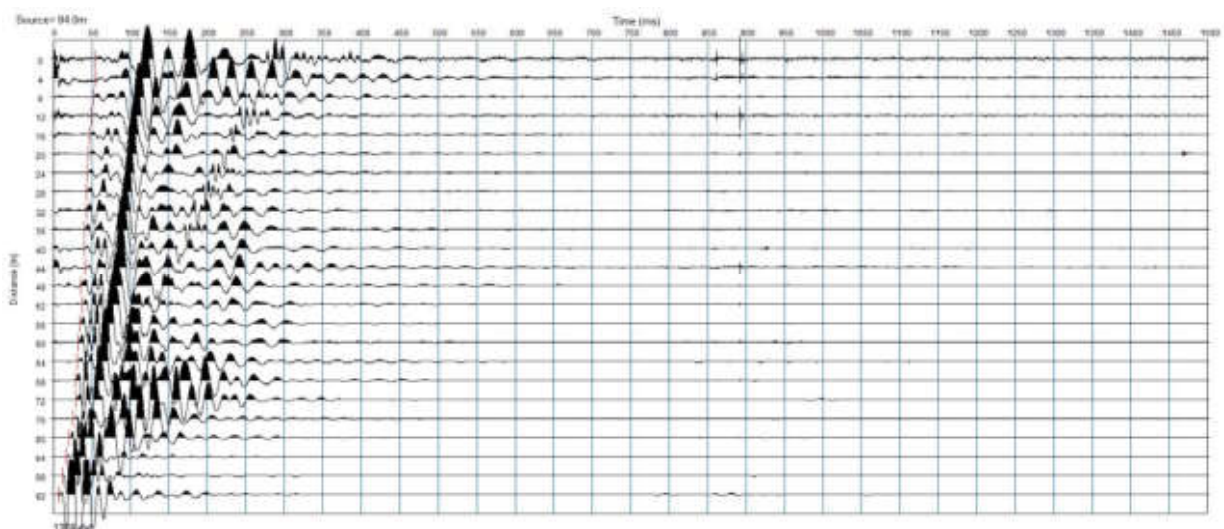
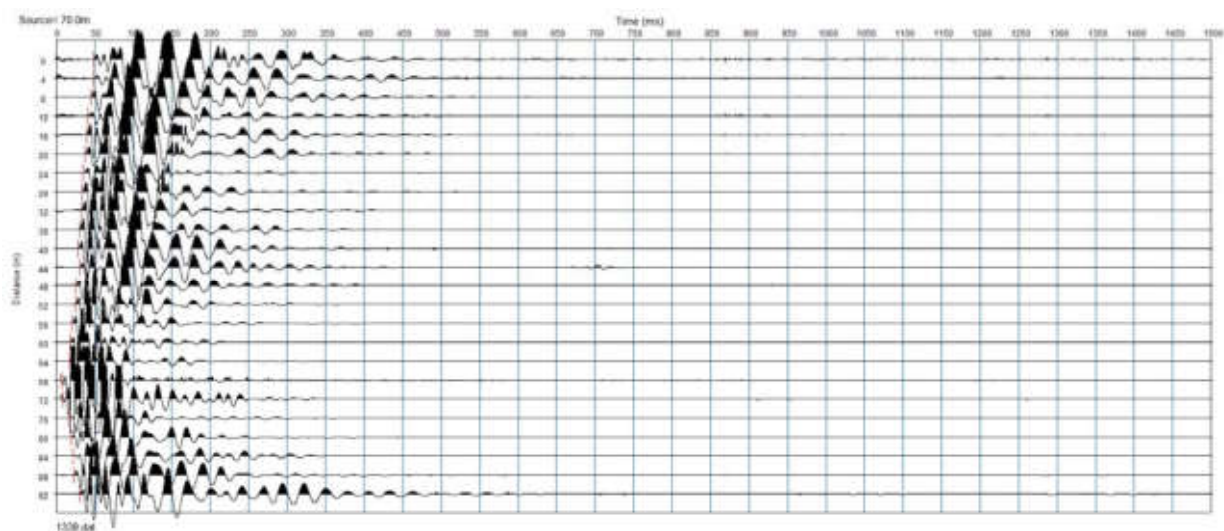


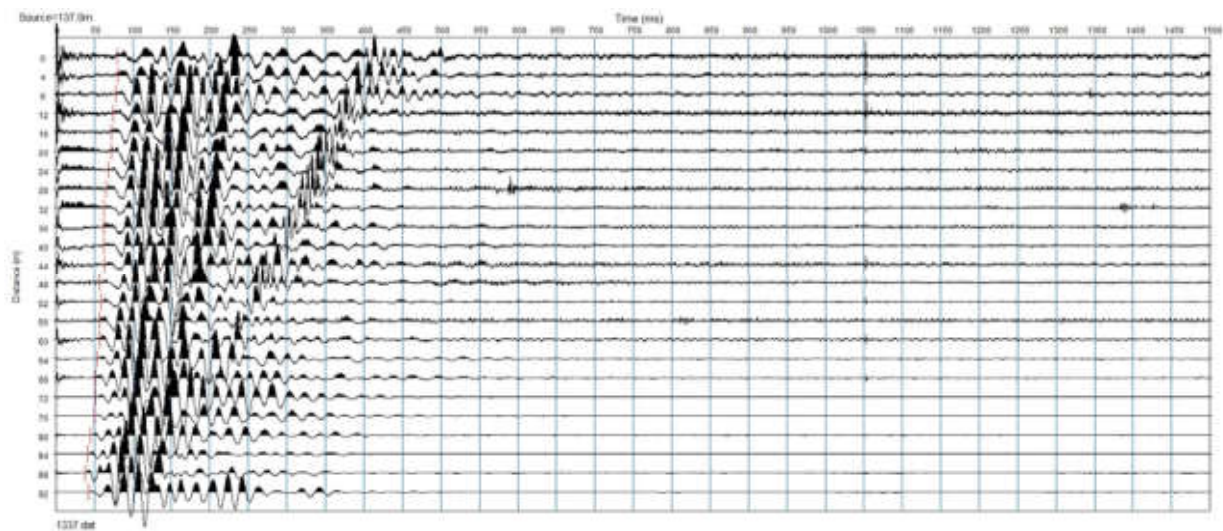


ONDE P









COMUNE DI MONTEMIGNAIO

PROVINCIA DI AREZZO

TITOLO:

INDAGINI E STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA (MS) DI LIVELLO 1 ED ANALISI DELLE CONDIZIONI LIMITE PER L'EMERGENZA (CLE) NEI COMUNI DI: TALLA - CASTEL FOCOIGNANO - ORTIGNANO - CASTEL SAN NICCOLÒ - MONTEMIGNAIO

“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH) LINEA SISMICA MONTE_ST7”

COMMITTENTE:

COMUNE DI MONTEMIGNAIO

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
20 Novembre 2014

TRIGEO S.N.C.

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 400619 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea & Sussanini Benedetto
Via Mazzini n°18 – 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fax 0575 294500 - 055 999212
Cell. 339 2288117 - 328 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO</i> <i>LINEA SISMICA MONTE _ST7</i>	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 1 di 12

INDICE

INTRODUZIONE.....	2
1.0 SCHEMA OPERATIVO.....	4
2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	4
3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI	6
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA	7
5.0 CONSIDERAZIONI FINALI	9
ALLEGATI	11

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante sismica a rifrazione (acquisizione ed elaborazione dati con metodologia tomografica) nel mese di Novembre 2014, per conto del **COMUNE DI MONTEMIGNAIO (AR)**, nei pressi dell'abitato di **VIGNOLA (Fig. 1)**.



Figura 1: Particolare della sezione monte_ST7.

L'indagine sismica, viene eseguita a supporto dello **STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1** del **COMUNE DI MONTEMIGNAIO**.

Dopo aver preso visione della zona e delle problematiche ad essa connesse è stata programmata una campagna di prospezioni geofisiche mediante sismica a rifrazione tesa a fornire, lungo la sezione convenuta con la committenza, una caratterizzazione delle litologie presenti nell'area d'indagine nonché determinare le geometrie (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo dei terreni in funzione dell'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche compressionali P e di taglio SH. I dati ottenuti sono stati elaborati sia con la metodologia classica della rifrazione (GRM) che con la metodologia tomografica che permette di ottenere, attraverso un maggior numero di

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO LINEA SISMICA MONTE_ST7	Novembre 2014
		Comune di Montemignao (AR)
		Pag. 3 di 12

“energizzazioni” (7 per ciascun stendimento) ed un opportuno software di elaborazione, un’ottima caratterizzazione del substrato e dei materiali di copertura.

L’acquisizione delle onde SH combinate alle onde di compressione consente di ottenere i principali parametri elastico/dinamici e di fornire i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{s30}), così come richiesto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

La relazione tecnica riferisce sui risultati ottenuti dall’indagine sismica a rifrazione mediante Onde P e SH ed è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante:

- **Tavola 01:** Planimetria generale del profilo sismico **monte_ST7** eseguito, scala 1:10.000 (da CTR 1:10.000);
- **Tavola 02:** Planimetria di dettaglio scala 1:1.000 (da CTR 1:10.000) con ubicazione del profilo sismico **monte_ST7** eseguito, posizionamento dei geofoni e delle energizzazioni effettuate;
- Schema dettagliato della linea sismica con posizionamento relativo dei geofoni (quote-distanze), coordinate in Gauss-Boaga dei geofoni iniziale e finale e punti di energizzazioni (quote-distanze);
- **Tabelle Tempi di arrivo Onde P e SH** relativi ai vari scoppi, con riportati posizione, tempo di arrivo e quota di ciascun geofono;
- **Tavole 03-07:** Diagrammi Tempi d’arrivo-Distanze (Dromocrone) Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 04-08:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-09:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 06-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Tabelle Profondità calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- Tabelle Velocità sismiche calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- Documentazione fotografica della linea sismica;
- Stampe delle registrazioni di campagna.

Di seguito viene descritto, lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all’interpretazione scaturita dai dati elaborati.

1.0 SCHEMA OPERATIVO

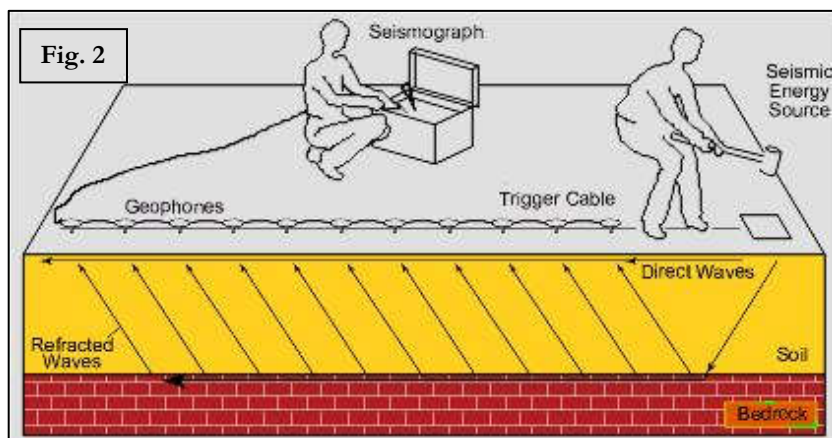
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo geofono e l'ubicazione di ogni punto di energizzazione (shot point).

Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati e degli spazi a disposizione è stata scelta una distanza intergeofonica di 4 m per la sezione eseguita sia con Onde P che con Onde SH. Complessivamente sono stati acquisiti **184 ml** di rilievo suddivisi in due basi ciascuna di **92 ml** (onde P-SH).

2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

Un sistema digitale di acquisizione dati (**Fig. 2**) in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori



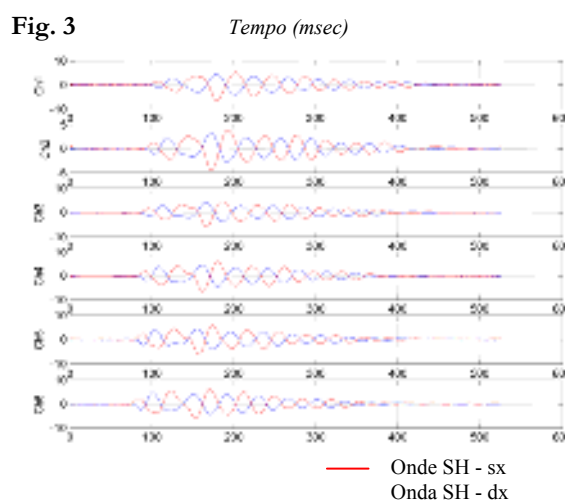
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: **A/D Conversion:** 24 bit; **Dynamic Range:** 144 dB; **Distortion:** 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; **Bandwidth:** 1.75 Hz to 20 kHz; **Common Mode Rejection:** > -100 dB at <=100 Hz, 36 dB; **Crosstalk:** -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms; **Noise Floor:** 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz; **Stacking Trigger Accuracy:** 1/32 of sample

interval; **Maximum Input Signal:** 2.8 VPP; **Input Impedance:** 20 kOhm, 0.02 uF; **Preamplifier Gains;** **Anti-alias Filters:** -3 dB at 83% of Nyquist frequency; **Sample Interval:** 0.02 to 16.0 ms; **Record Length:** 16,000 samples; **Acquisition and Display Filters:** *LowCut, Notch, HighCut*; **Data Formats:** SEG-2 standard with SGOS.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni “PASI” verticali ed orizzontali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile e nel caso dei geofoni orizzontali dotati di bolla livellante, con frequenza caratteristica di 10 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

Generalmente come sorgente di energia sismica per le onde P, nel caso di rilievi a piccola profondità si fa uso di una mazza da 8 kg o del Minibang: nel nostro caso, dato le distanze in gioco, l'utilizzo della mazza ha consentito di ottenere risultati ottimali. Per quel che riguarda la produzione di onde SH si utilizza generalmente una trave di circa 2.00 m di lunghezza, la cui estremità viene colpita con una massa battente di ca. 10/15 kg. La trave è resa solidale al terreno mediante l'applicazione di un carico (rappresentato nel nostro caso dalla stessa autovettura). La tavola viene colpita lateralmente dalla massa, in modo da generare onde di taglio SH. Per poter riconoscere in maniera inequivocabile sui sismogrammi le onde di taglio S, che non costituiscono mai la prima fase, sono state effettuate energizzazioni ai due estremi della tavola, in modo da generare treni d'onda identici, ma in opposizione di fase (**Fig. 3**). Ogni energizzazione viene registrata sull'Hard Disk sia singolarmente che, invertendo la fase, come somma.



Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati in rifrazione, è stato il *Generalized Reciprocal Method* (GRM) che consente di delineare rifrattori ondulati, ad ogni profondità e di numero infinito da dati sismici a rifrazione in linea che consistano di tempi-distanza in andata e ritorno. I tempi di arrivo a due sensori distinti e per profili in andata e ritorno sono combinati per ottenere la velocità del rifrattore, il calcolo della sezione tempi-profondità ed il fattore di conversione in profondità. Il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati fino ad angoli superiori a 20 gradi. Il GRM in definitiva è un metodo di interpretazione globale e sintetico per il quale molti dei metodi esistenti sono dei casi particolari.

Oltre al GRM, in alcuni casi, è stato utilizzato, per conferma e confronto, un algoritmo di inversione che usa il *delay-time method* per ottenere un primo modello approssimato in profondità, che viene quindi affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed un processo di aggiustamento con iterazioni successive che tende a minimizzare le discrepanze tra i tempi di arrivo misurati in campagna ed il corrispondente modello di profondità. In questo caso specifico è stato utilizzato come sistema di elaborazione principale il *delay-time method* affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed il GRM come verifica e conferma dei risultati ottenuti.

Terminata la fase preliminare di verifica dati, mediante la metodologia GRM, è stato utilizzato un nuovo sistema di analisi dei dati sismici che consente di elaborare profili a bassa, media ed elevata copertura. Le dromocrone ricavate dall'interprettore vengono elaborate sulla base di tre distinte metodologie analitiche: CMP (intercept time refraction), Plus-Minus e Wavefront. Il metodo Wavefront rappresenta un'ulteriore ottimizzazione del metodo GRM. Invece di assumere come costante la distanza XY tra i vari ricevitori, il metodo Wavefront stima ad ogni geofono la distanza rispetto agli altri, attraverso l'angolo d'emergenza del fronte d'onda sia diretto che inverso. Tale caratteristica permette di analizzare, con ottimi risultati, anche rifrattori con superfici irregolari.

Il software, utilizzato nel corso del presente lavoro, permette, successivamente ai predetti passaggi, di utilizzare il metodo "Delta-t-V" che è in grado di evidenziare gradienti di velocità verticali all'interno degli strati, aumenti lineari di velocità con la profondità, faglie e locali anomalie di velocità. Il metodo Delta-t-V valuta la distribuzione delle velocità lungo il profilo di interesse. Ciò consente, sfruttando il metodo dell'inversione, di ottenere in corrispondenza delle varie stazioni installate, valori di profondità in funzione della velocità.

I dati così ottenuti vengono definitivamente elaborati mediante metodologia tomografica che permette una stima migliore delle velocità, risultando meno dipendente dalla spaziatura dei ricevitori e da topografie estreme.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-07** sono rappresentate, le curve tempi-distanze, Dromocrone, che scaturiscono dalle letture eseguite sui dati di campagna (onde P-SH). Nel diagramma tempi-distanze, in ascisse, in scala 1:500 sono riportate le distanze dei sensori dall'inizio dell'allineamento e, in ordinate, i tempi di arrivo, espressi in millisecondi agli stessi sensori.

Nelle **Tavole 04-08**, sono state riportate le sezioni sismostratigrafiche ottenute (onde P-SH), al di sotto della superficie topografica l'involuppo dei cerchi rappresenta l'interfaccia tra uno strato ed

un altro. I metodi di interpretazione in sismica a rifrazione forniscono, infatti, gli spessori degli strati valutando la distanza minima tra i sensori ed il rifrattore sulla perpendicolare allo strato e non sulla sua verticale; di conseguenza la superficie rifrangente, al di sotto di ogni dato punto, può giacere ovunque su di un cerchio centrato in quel punto e con raggio uguale allo spessore dello strato.

Ciò è quanto riportato nelle sezioni al di sotto della superficie topografica. L'involuppo dato da questi cerchi è una buona approssimazione della forma e posizione del rifrattore.

Nelle **Tavole 05-09** sono riportate le sezioni interpretate (sezioni litostratigrafiche) sulla base sia dei dati ottenuti (sezioni sismostratigrafiche), sia di considerazioni geologiche generali relative alla zona in esame che sulla base dei dati forniti dal tecnico incaricato.

Infine nelle **Tavole 06-10** abbiamo le sezioni tomografiche interpretate realizzate mediante la "WET Tomography" con le relative curve di isovelocità. La scala in falsi colori presente, esprime i valori di velocità all'interno della sezione.

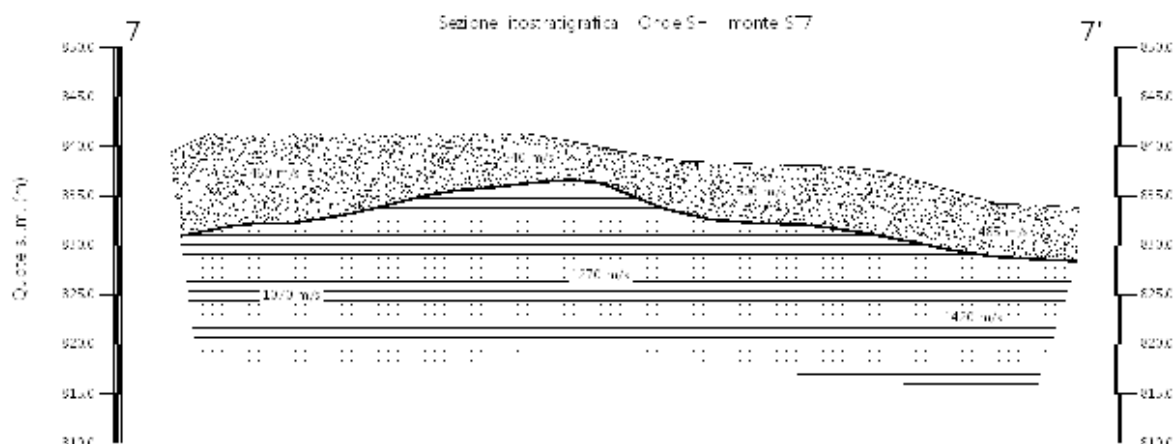
Le sezioni litostratigrafiche interpretate assieme alle sezioni tomografiche, rappresentano il risultato conclusivo dell'analisi dei dati sintetizzati nelle tavole e tabelle allegate.

4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di una superficie rifrangente che si localizza a profondità compresa tra 3.28 m e 9.17 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 5.45 m.

Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 820 e 895 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 460 e 540 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Camaldoli (FAL2) che presenta velocità comprese tra 2.345 e 2.915 m/s (onde P) e tra 1070 e 1470 m/s (onde SH).

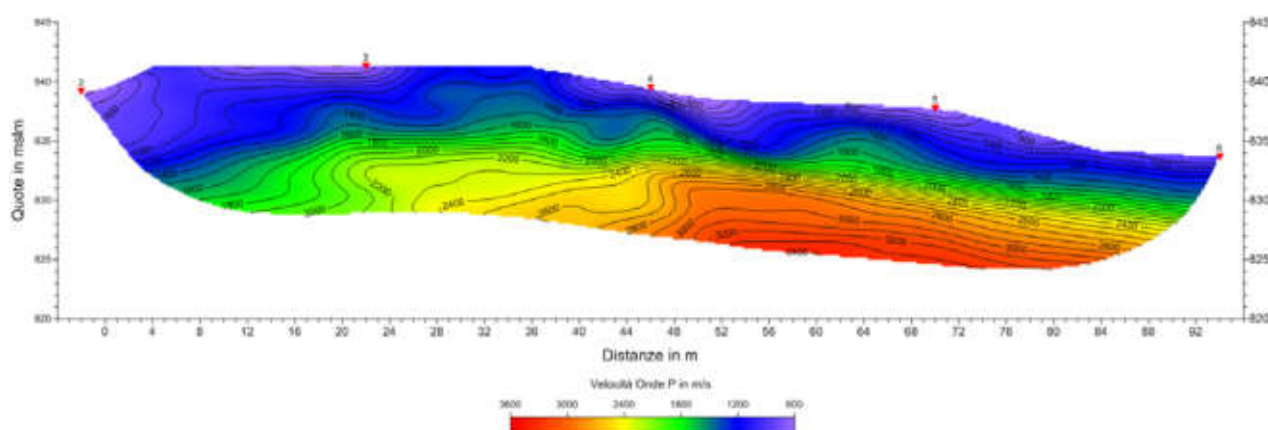
La **Sezione ST7**, effettuata in direzione SO-NE, in località di Vignola, è stata elaborata



eguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento del rifrattore individuato. Quest'ultimo presenta un andamento irregolare, infatti nel primo tratto della sezione la profondità è maggiore (8.35-9.50 m), spostandosi verso la porzione centrale tende a diminuire notevolmente, sino ad arrivare a profondità comprese tra 3.60 e 3.90 m, tende poi ad aumentare nuovamente fino a 6.00m, per poi attestarsi a 5.50m nell'ultimo tratto della sezione. Il rifrattore ottenuto dall'elaborazione delle onde P evidenziano il medesimo andamento di quello ottenuto dalle onde SH.

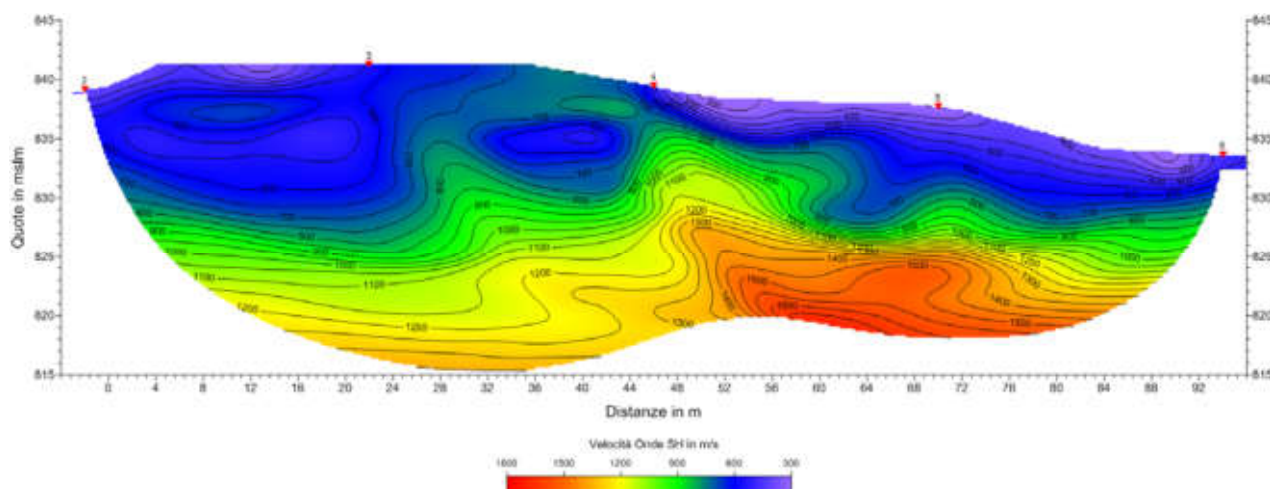
Le velocità del substrato roccioso mostrano per le onde P, valori compresi tra 2.345 e 2.915 m/s, con valori crescenti lungo lo stendimento. Le velocità delle onde SH mostrano il medesimo andamento con velocità che passano da 1070 a 1470 m/s .

L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH in accordo con i risultati del



GRM mostra materiali superficiali a bassa velocità con spessori variabili, maggiori nel tratto finale, il passaggio al substrato roccioso risulta evidenziato dal raffittimento delle curve di isovelocità (a partire

da quella dei 1.400-1.600 m/s onde P), mentre per le onde SH, il contatto si osserva a partire dalla curva dei 700-900 m/s.



Il substrato roccioso mostra un aumento delle isovelocità nella seconda metà dello stendimento, legato probabilmente ad una variazione litologica.

5.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **VIGNOLA, MONTEMIGNAIO (AR)**. L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante sismica a rifrazione, ha permesso di identificare in profondità il passaggio tra i materiali più superficiali (detrito di versante), ed il substrato litoide integro costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Camaldoli (FAL2).

Sulla base di quanto fino ad ora riportato è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive relativamente all'area in oggetto:

- I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di una superficie rifrangente che si localizza a profondità compresa tra 3.28 m e 9.17

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO LINEA SISMICA MONTE_ST7	Novembre 2014
		Comune di Montemignaio (AR)
		Pag. 10 di 12

m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 5.45 m;

- nella zona d'intervento il rifratore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 820 e 895 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 460 e 540 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Camaldoli (FAL2) che presenta velocità comprese tra 2.345 e 2.915 m/s (onde P) e tra 1070 e 1470 m/s (onde SH).

Firenze, lì 20/11/2014

TRIGEO SNC
TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea & Santucci Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02026110518
Tel/Fax 0575 294500 - 056 9962212
Cell. 339 3368117 - 339 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it

TRIGEO SNC

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA NINO BIXIO, 9 - 50131 FIRENZE
TEL/FAX 055 400619 – CELL. 3287213928

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO</i> <i>LINEA SISMICA MONTE_ST7</i>	Novembre 2014
		Comune di Montemignaio (AR)
		Pag. 11 di 12

ALLEGATI

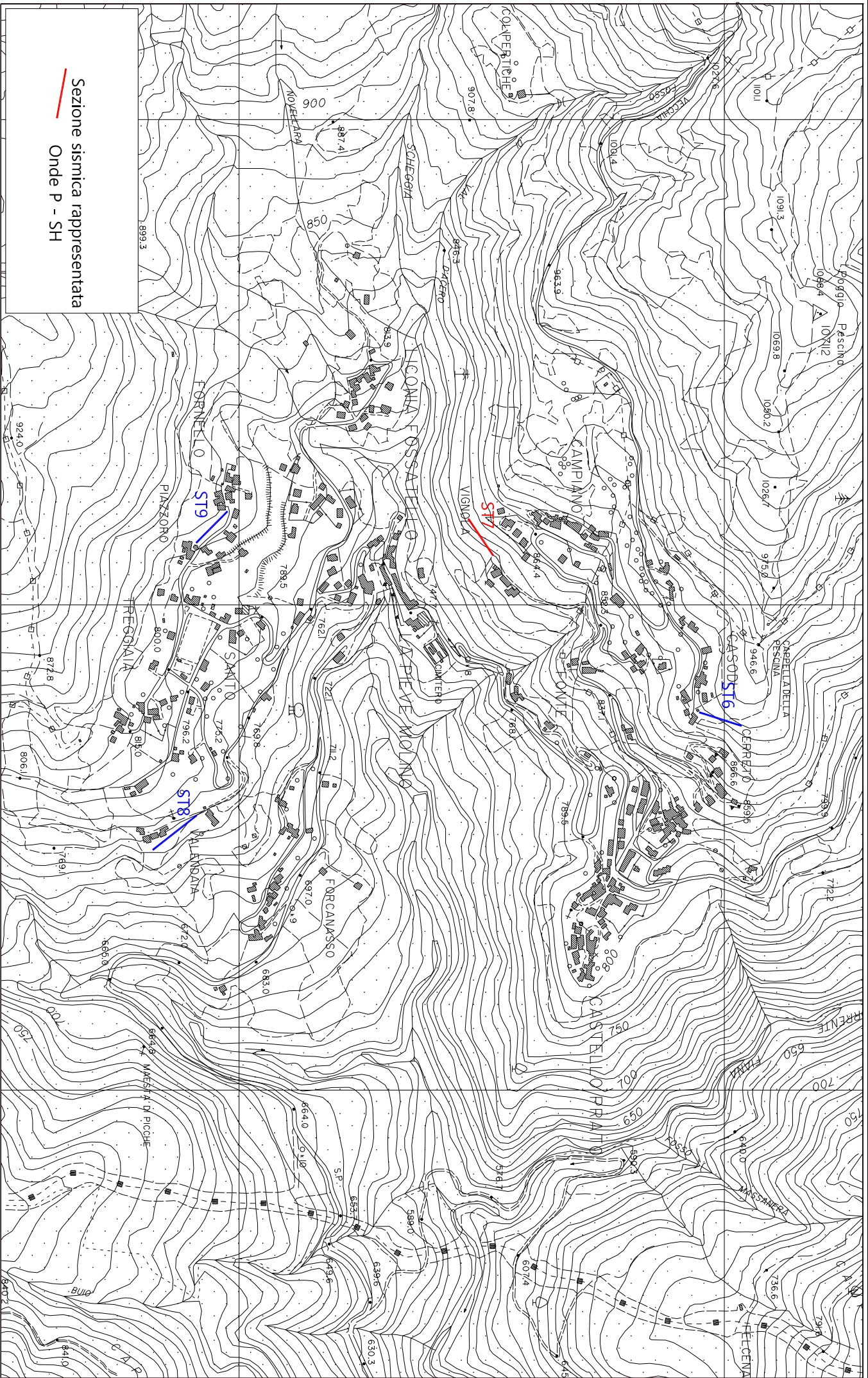
TRIGEO SNC

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA NINO BIXIO, 9 - 50131 FIRENZE
TEL/FAX 055 400619 – CELL. 3287213928

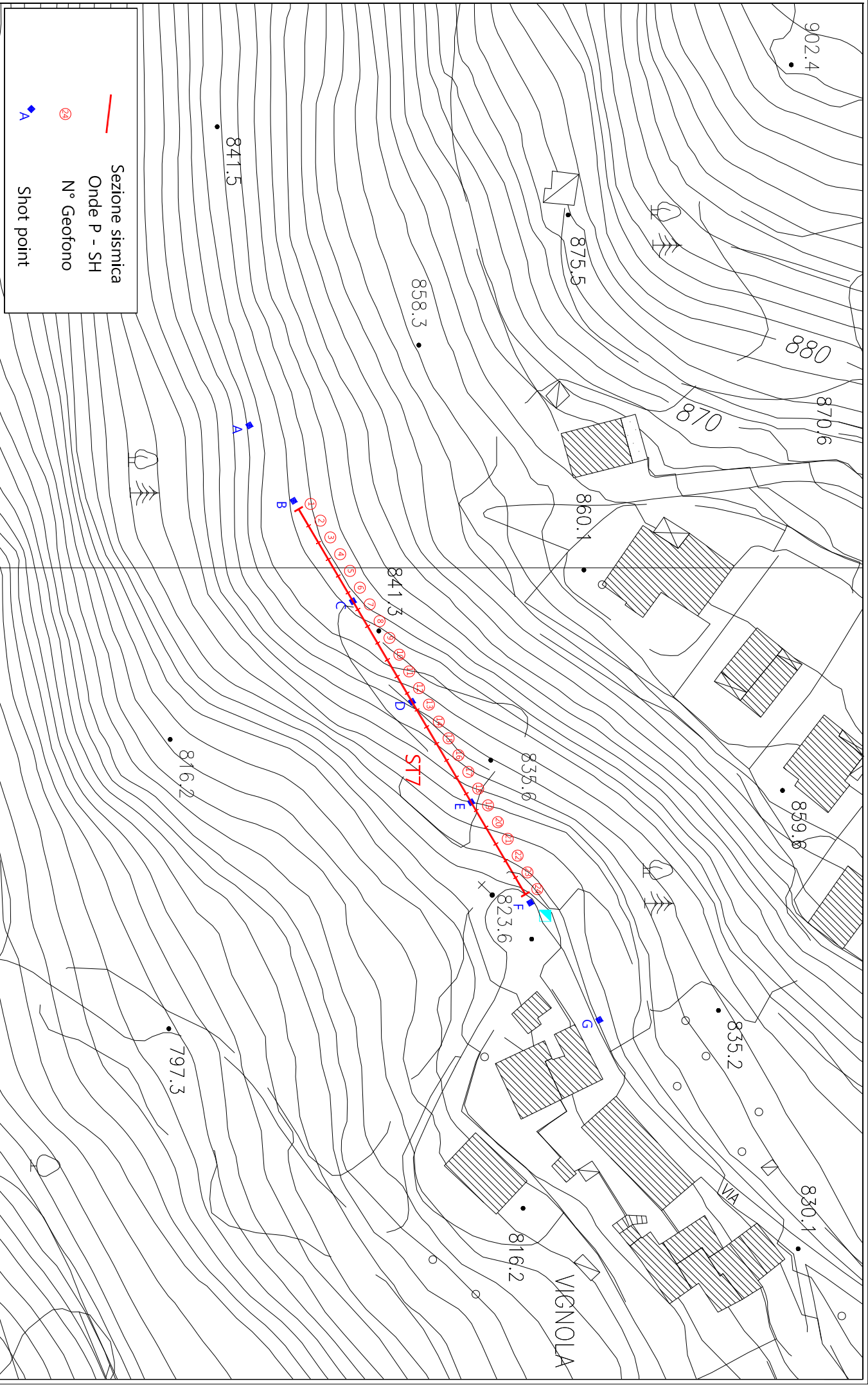


Sezione sismica rappresentata
Onde P - SH

Scala 1: 10000

Novembre 2014

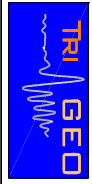
Tavola 01 - Planimetria generale - monte_ST7



Scala 1: 1000

Novembre 2014

Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - monte_ST7



SCHEMA DELLA LINEA – monte_ST7	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA monte_ST7

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	843.50
2	4	4.0	841.30
3	8	4.0	841.30
4	12	4.0	841.30
5	16	4.0	841.30
6	20	4.0	841.30
7	24	4.0	841.30
8	28	4.0	841.30
9	32	4.0	841.30
10	36	4.0	841.30
11	40	4.0	840.60
12	44	4.0	839.90
13	48	4.0	839.05
14	52	4.0	838.50
15	56	4.0	838.40
16	60	4.0	838.20
17	64	4.0	838.10
18	68	4.0	838.00
19	72	4.0	837.50
20	76	4.0	836.40
21	80	4.0	835.30
22	84	4.0	834.20
23	88	4.0	834.05
24	92	4.0	833.80

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	486472,03	4846523,61
Y(m)	1710822,21	1710898,39

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

ONDE P	Σ ONDE SH	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.1358	DAT.1357	A - ESTERNO SX	-20.0	839.90
DAT.1359	DAT.1355	B - ESTREMO SX	-2.0	843.50
DAT.1360	DAT.1353	C - INTERMEDIO SX	22.0	841.30
DAT.1361	DAT.1351	D - CENTRALE	46.0	839.50
DAT.1362	DAT.1349	E - INTERMEDIO DX	70.0	837.80
DAT.1363	DAT.1345	F - ESTREMO DX	94.0	833.80
DAT.1364	DAT.1347	G - ESTREMO DX	122.0	834.20

TEMPI ONDE P E ONDE SH – monte_ST7	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

TEMPI ONDE P – monte_ST7

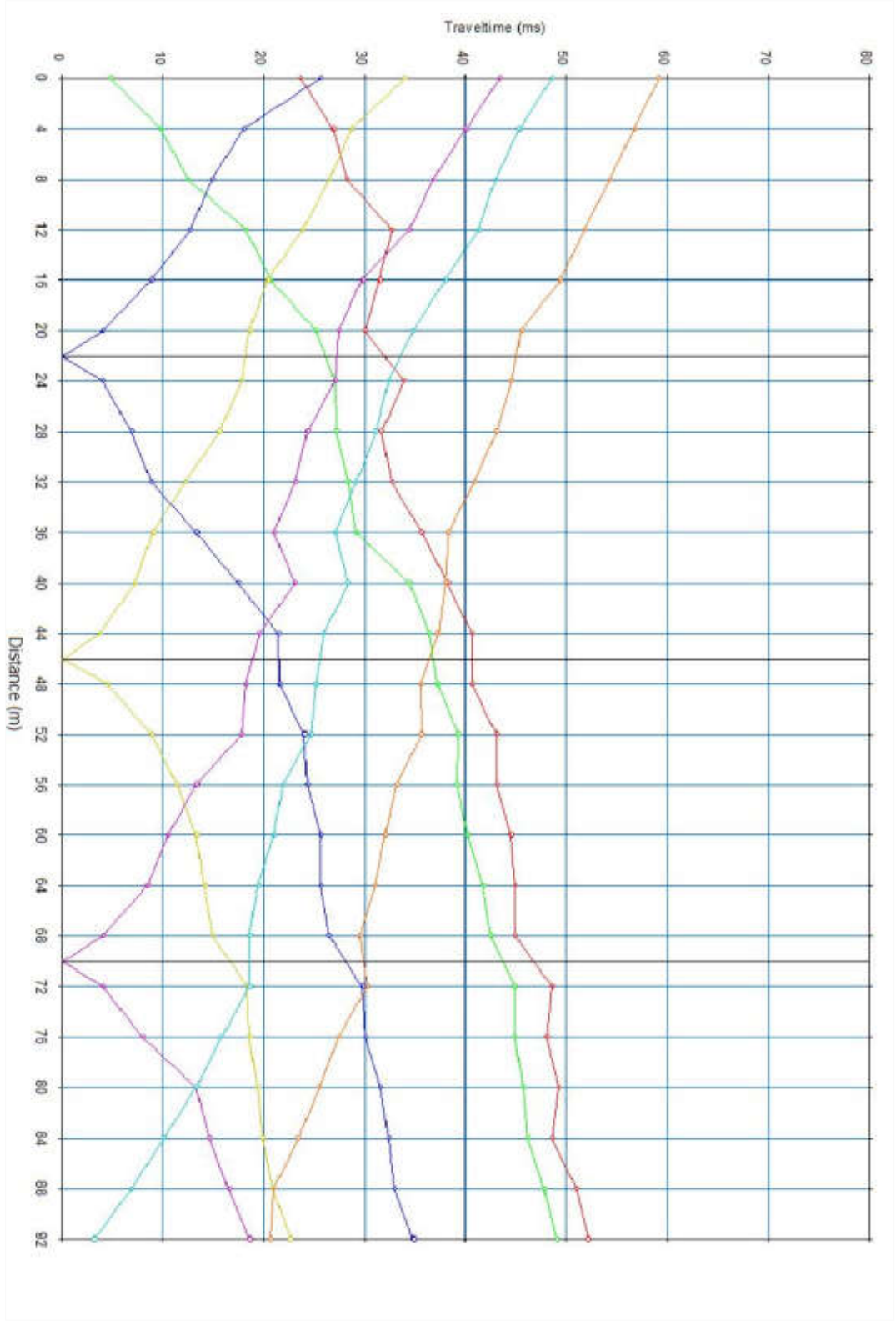
GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	23.63	4.82	25.64	33.98	43.38	48.55	59.11
2	4	26.88	9.76	18.06	28.70	40.06	45.34	56.70
3	8	28.25	12.51	14.85	26.50	36.75	42.93	54.29
4	12	32.63	18.25	12.70	23.88	34.44	41.32	51.77
5	16	31.50	20.66	8.84	20.38	29.75	37.99	49.38
6	20	30.00	25.14	4.02	18.60	27.38	34.78	45.50
7	24	33.88	27.09	4.02	17.79	27.09	32.37	44.54
8	28	31.63	27.13	6.89	15.63	24.33	31.11	43.00
9	32	32.71	28.35	8.84	12.17	23.13	29.16	40.86
10	36	35.63	29.16	13.31	9.00	21.00	27.09	38.25
11	40	38.22	34.44	17.45	7.23	23.07	28.35	37.99
12	44	40.63	36.39	21.46	3.67	19.50	25.94	37.25
13	48	40.63	37.19	21.58	4.48	18.25	25.14	35.58
14	52	43.04	39.25	24.03	8.88	17.80	24.63	35.63
15	56	43.04	39.13	24.33	11.36	13.31	21.88	33.17
16	60	44.50	40.13	25.64	13.31	10.56	21.01	32.00
17	64	44.94	41.75	25.64	14.12	8.49	19.40	31.00
18	68	44.94	42.50	26.48	14.92	4.02	18.60	29.50
19	72	48.55	44.88	29.75	18.38	4.02	18.60	30.25
20	76	48.04	44.88	30.04	18.60	8.03	15.75	27.38
21	80	49.24	45.68	31.60	19.40	13.31	13.31	25.48
22	84	48.55	46.14	32.37	19.86	14.58	10.10	23.38
23	88	50.96	47.75	32.90	20.88	16.53	6.89	21.01
24	92	52.17	49.01	34.82	22.61	18.60	3.21	20.66

TEMPI ONDE P E ONDE SH – monte_ST7	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

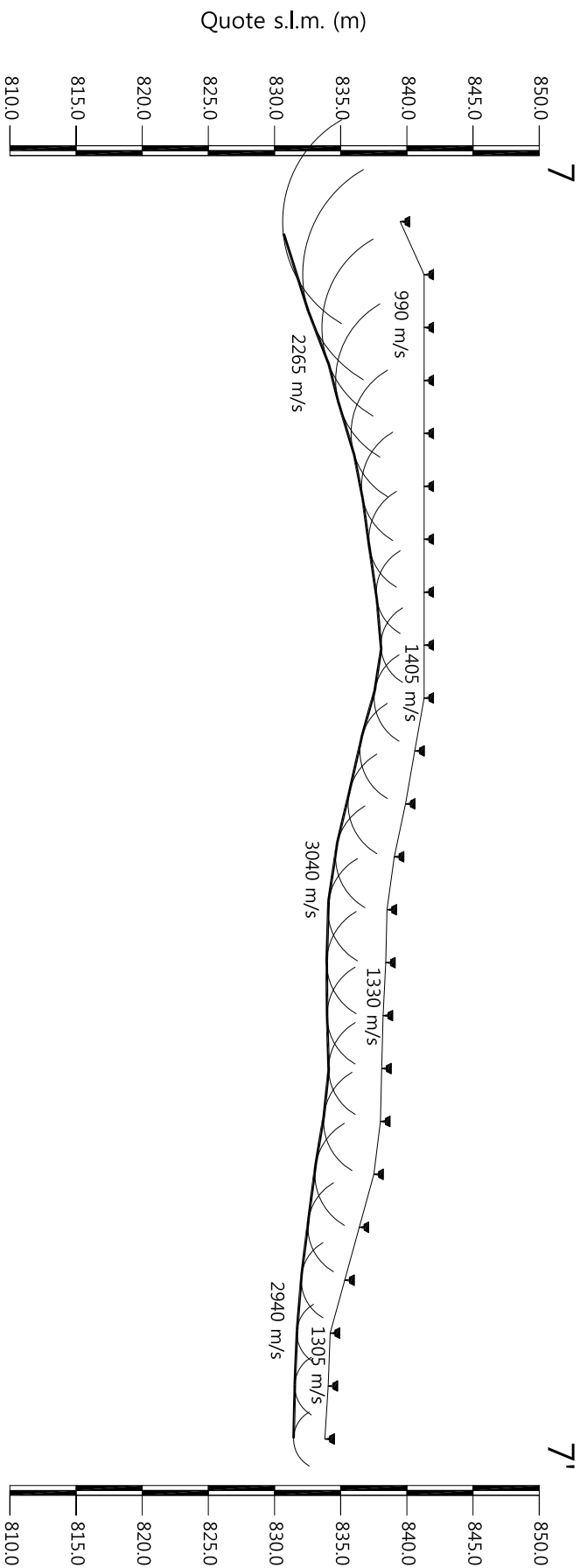
TEMPI ONDE SH – monte_ST7

GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	50.45	7.92	36.50	70.42	97.11	107.44	127.58
2	4	55.79	16.36	33.92	66.12	95.39	105.03	124.48
3	8	62.00	21.87	28.58	58.20	92.98	101.13	118.97
4	12	69.13	29.88	24.79	54.06	88.67	99.17	117.77
5	16	69.21	33.92	13.26	46.14	82.64	90.39	116.05
6	20	69.21	33.92	4.30	37.71	76.45	85.06	111.05
7	24	74.25	42.53	4.30	26.17	73.52	81.96	107.44
8	28	72.31	53.37	8.44	22.38	68.01	78.86	102.62
9	32	71.63	59.57	17.05	19.46	63.71	78.34	102.62
10	36	70.42	64.91	19.97	13.63	56.99	64.91	99.00
11	40	77.65	69.90	27.38	13.95	46.14	54.58	91.08
12	44	80.75	74.04	35.12	5.51	38.22	47.35	83.16
13	48	77.65	77.65	42.53	7.23	34.61	53.72	87.98
14	52	86.26	75.93	50.96	17.56	41.32	61.98	88.67
15	56	88.67	83.16	58.20	24.79	32.20	58.88	86.78
16	60	88.25	84.63	58.88	32.20	27.38	54.75	83.16
17	64	88.67	83.85	60.78	33.92	19.46	52.69	77.13
18	68	89.88	86.26	64.39	39.43	7.92	49.76	76.13
19	72	94.18	91.77	66.12	44.25	10.33	50.88	75.93
20	76	94.70	92.98	69.88	48.04	17.05	40.63	71.11
21	80	97.11	96.59	71.63	50.45	26.69	33.57	67.32
22	84	100.72	99.00	74.72	53.37	35.81	25.57	63.19
23	88	106.23	103.31	78.34	55.79	43.04	19.11	58.88
24	92	109.85	106.23	81.96	57.68	48.04	3.62	50.96

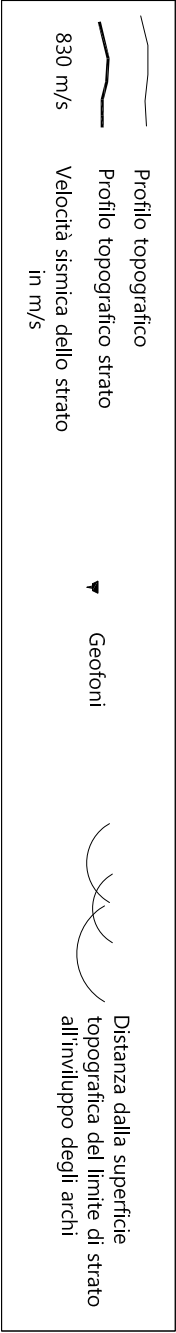
Dromocrone



Sezione sismostratigrafica - Onde P - monte_ST7



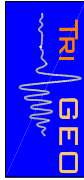
Numero geofono	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanze (m)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
Quote s.l.m. (m)	839.50	841.30	841.30	841.30	841.30	841.30	841.30	841.30	841.30	841.30	840.60	839.90	839.05	838.50	838.40	838.20	838.10	838.00	837.50	836.40	835.30	834.20	834.05	833.80
Profondità da p.c. strato 1 (m)	8.89	9.17	7.72	6.68	5.52	4.73	4.18	3.61	3.25	3.77	4.15	4.34	4.44	4.47	4.46	4.23	4.01	4.29	4.45	3.88	3.28	2.51	2.52	2.36



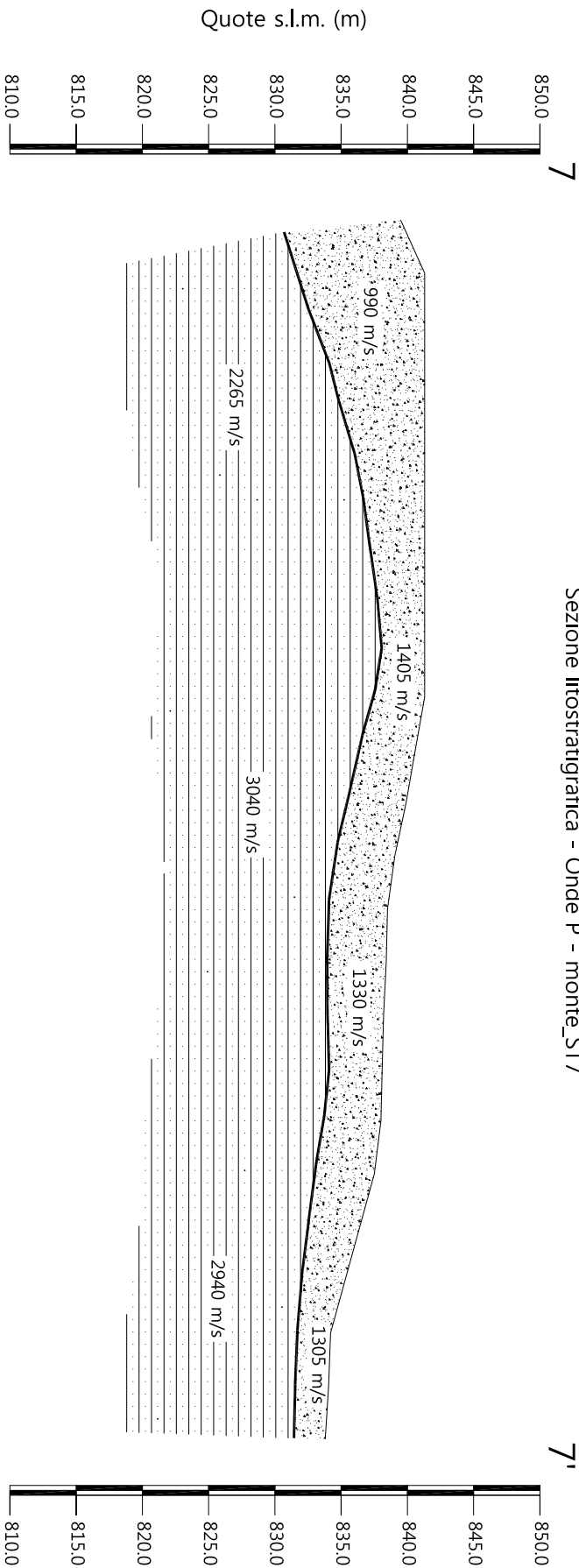
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - monte_ST7



Sezione litostratigrafica - Onde P - monte_ST7



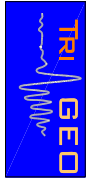
Legenda

- Detrito di versante (a)
- Arenarie del Monte Falterona
membro di Camaldoli (FAL2)

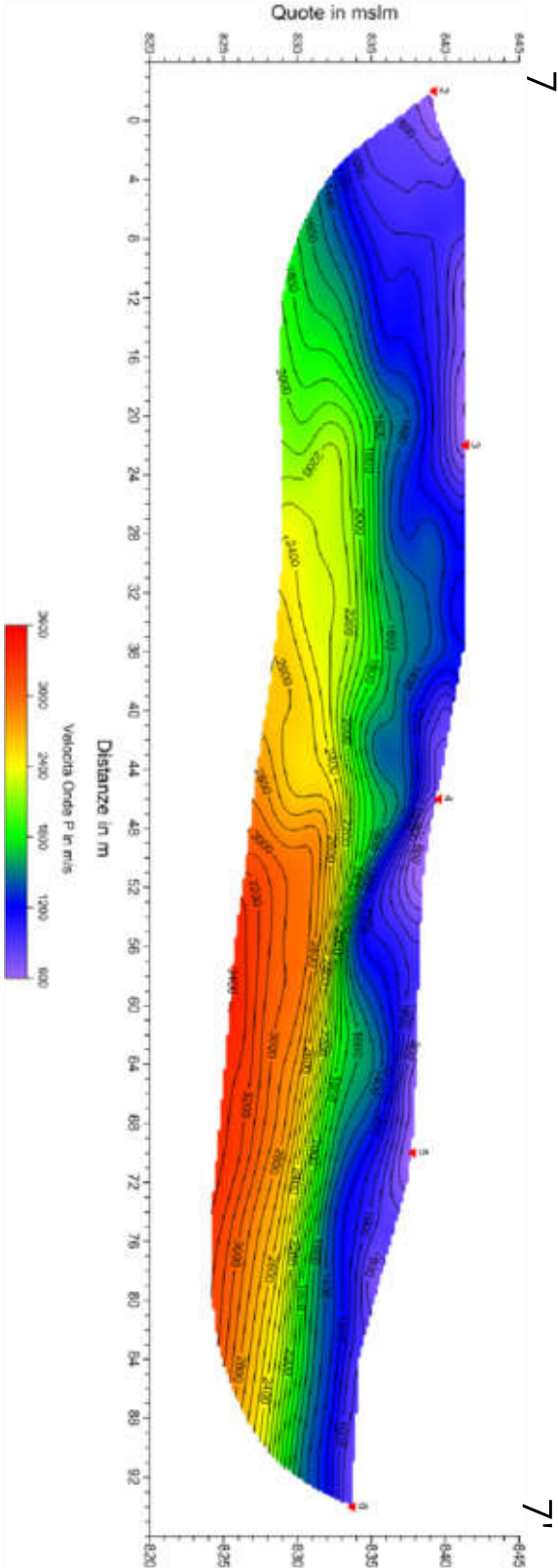
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - monte_ST7



Sezione tomografica - Onde P - monte_ST7

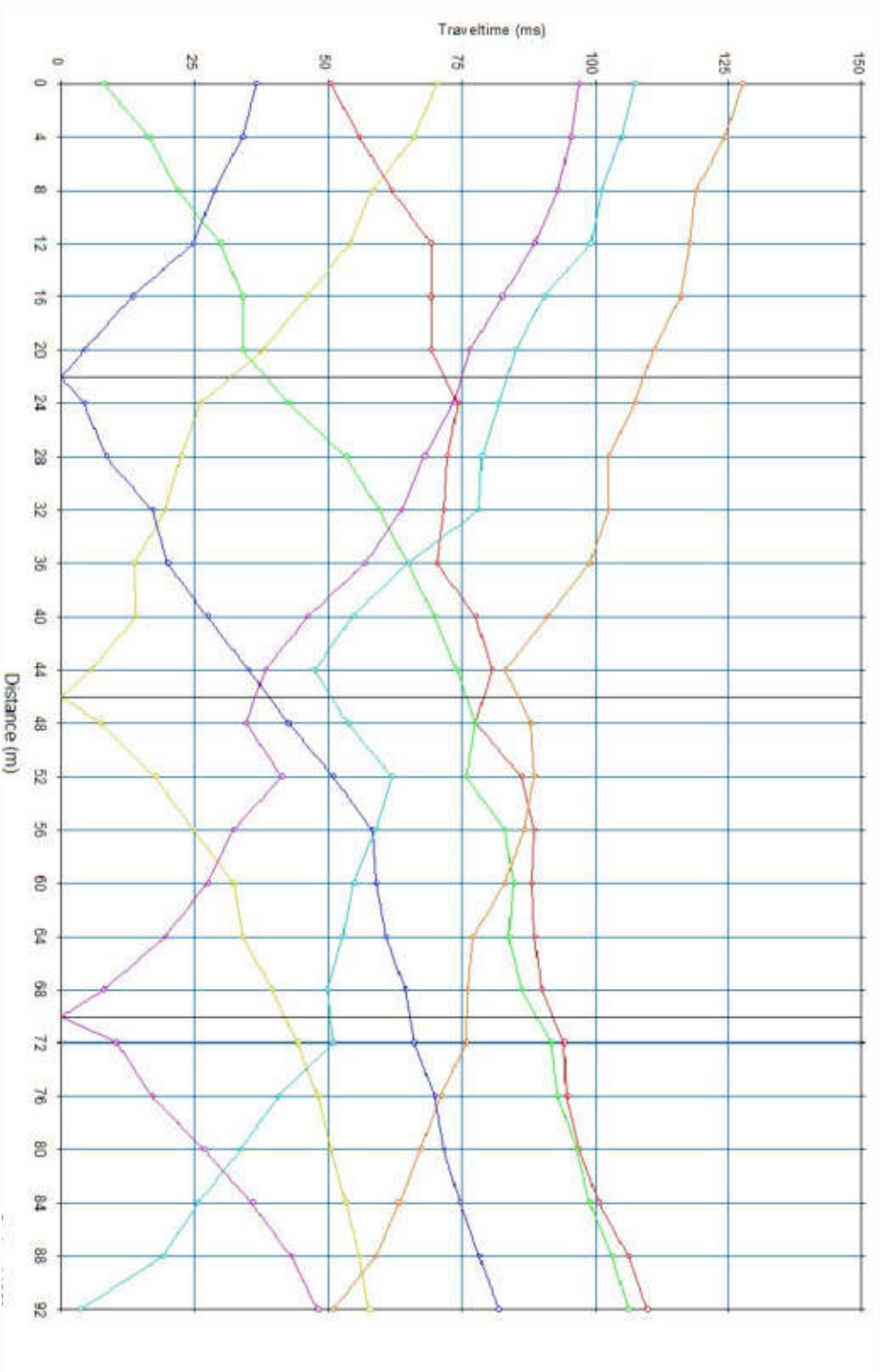


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

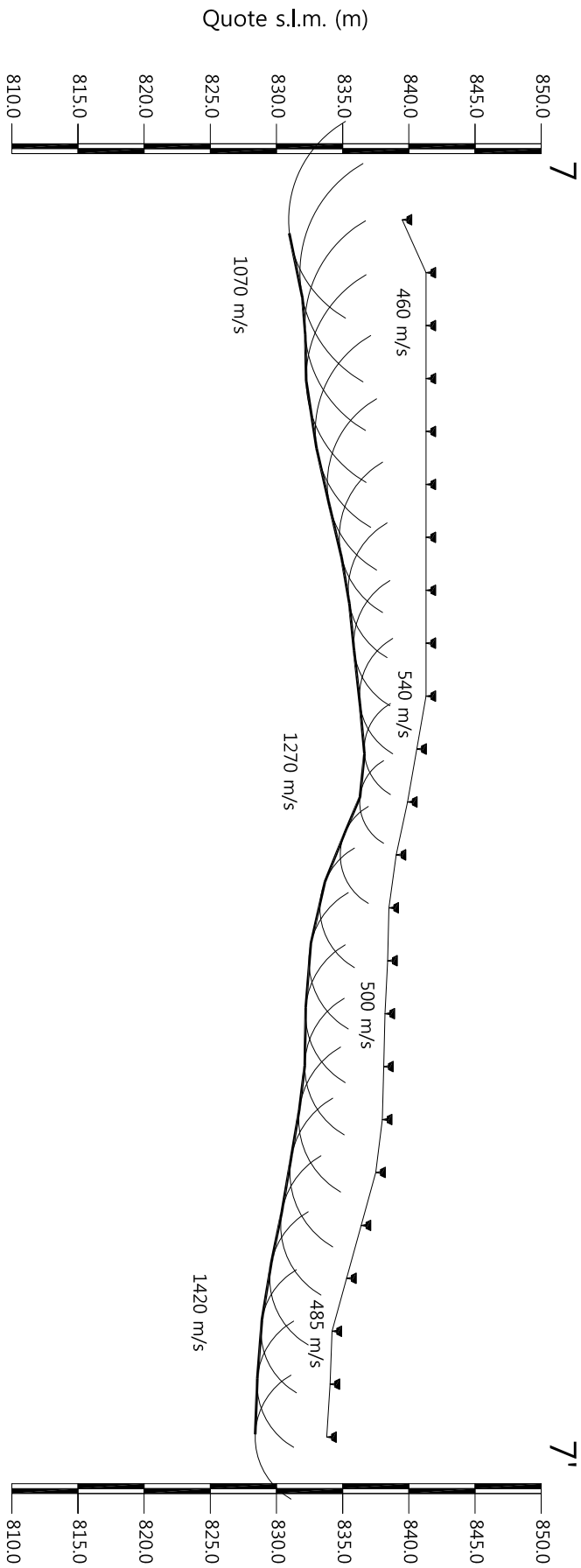
Novembre 2014

Tavola 06 - Sezione tomografica - Onde P - monte_ST7

Dromocrone



Sezione sismostratigrafica - Onde SH - monte_ST7



Numero geofono	Distanze (m)	Quote s.l.m. (m)	Profondità da p.c. strato 1 (m)
1	0	839.50	8.58
2	4	841.30	9.53
3	8	841.30	9.15
4	12	841.30	9.06
5	16	841.30	8.37
6	20	841.30	7.47
7	24	841.30	6.56
8	28	841.30	5.88
9	32	841.30	5.46
10	36	841.30	5.03
11	40	840.60	3.97
12	44	839.90	3.61
13	48	839.05	4.23
14	52	838.50	5.22
15	56	838.40	5.95
16	60	838.20	6.01
17	64	838.10	5.96
18	68	838.00	6.32
19	72	837.50	6.49
20	76	836.40	6.08
21	80	835.30	5.81
22	84	834.20	5.37
23	88	834.05	5.51
24	92	833.80	5.41

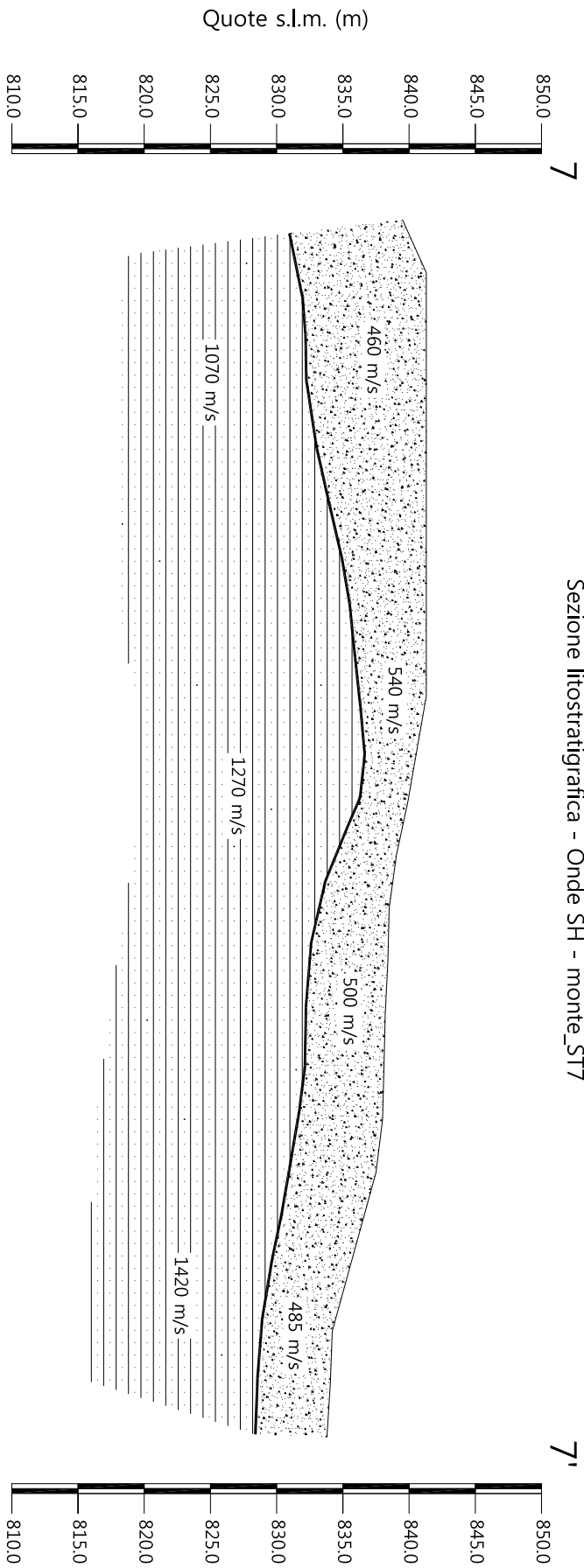


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 08- Sezione sismostratigrafica - Onde SH - monte_ST7

Sezione litostratigrafica - Onde SH - monte_ST7



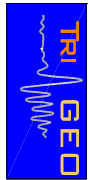
Legenda

- Detrito di versante (a)
- Arenarie del Monte Falterona
membro di Camaldoli (FAL2)

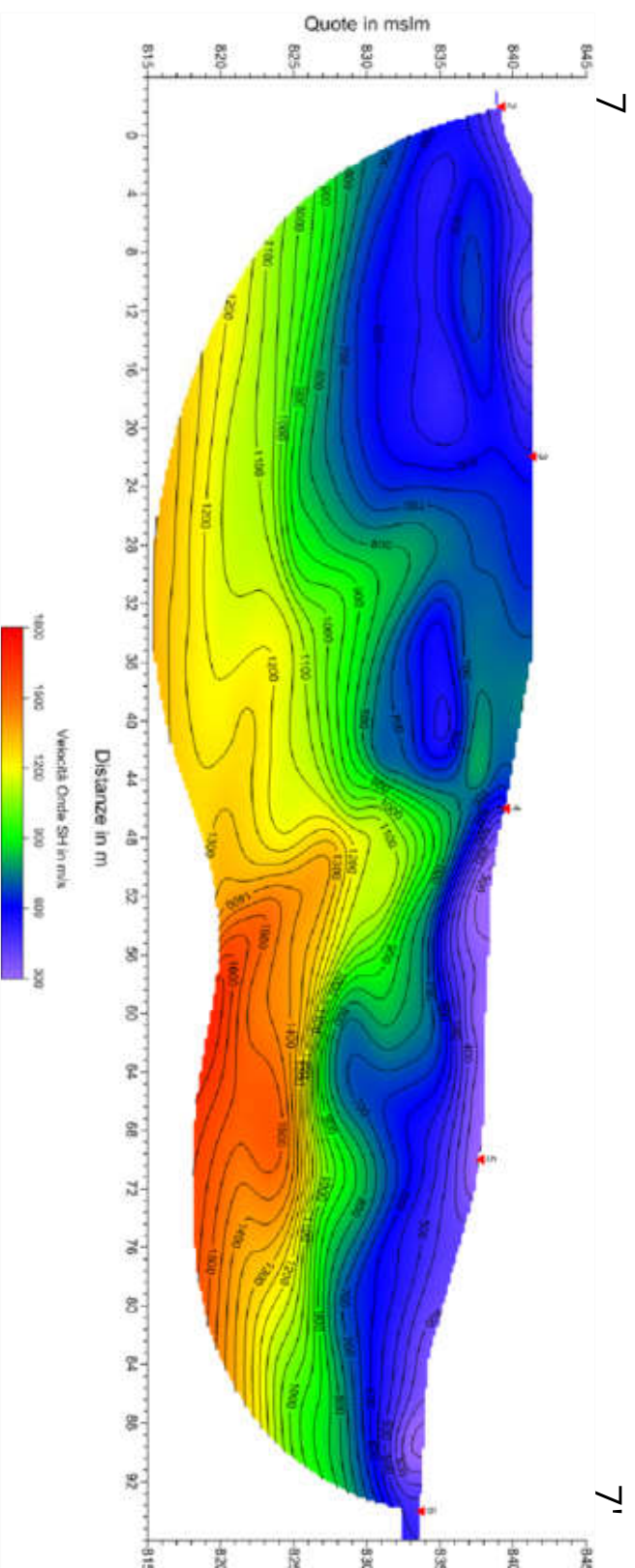
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 09 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - monte_ST7



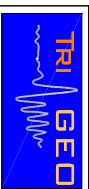
Sezione tomografica - Onde SH - monte_ST7



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - monte_ST7



PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST7 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	8.89
2	4	9.17
3	8	7.72
4	12	6.68
5	16	5.52
6	20	4.73
7	24	4.18
8	28	3.61
9	32	3.25
10	36	3.77
11	40	4.15
12	44	4.34
13	48	4.44
14	52	4.47
15	56	4.46
16	60	4.23
17	64	4.01
18	68	4.29
19	72	4.45
20	76	3.88
21	80	3.28
22	84	2.51
23	88	2.52
24	92	2.36

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST7 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	8.58
2	4	9.53
3	8	9.15
4	12	9.06
5	16	8.37
6	20	7.47
7	24	6.56
8	28	5.88
9	32	5.46
10	36	5.03
11	40	3.97
12	44	3.61
13	48	4.23
14	52	5.22
15	56	5.95
16	60	6.01
17	64	5.96
18	68	6.32
19	72	6.49
20	76	6.08
21	80	5.81
22	84	5.37
23	88	5.51
24	92	5.41

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST7 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	856	2359
2	4	859	2403
3	8	862	2356
4	12	867	2325
5	16	872	2327
6	20	878	2343
7	24	883	2332
8	28	888	2298
9	32	894	2299
10	36	899	2368
11	40	904	2508
12	44	907	2688
13	48	906	2882
14	52	903	3037
15	56	895	3112
16	60	883	3074
17	64	867	2968
18	68	852	2873
19	72	837	2848
20	76	825	2880
21	80	816	2920
22	84	812	2938
23	88	810	2940
24	92	811	2941

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST7 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	432	1131
2	4	436	1119
3	8	444	1103
4	12	460	1085
5	16	487	1067
6	20	514	1043
7	24	533	1015
8	28	548	994
9	32	553	995
10	36	538	1043
11	40	523	1139
12	44	518	1262
13	48	512	1382
14	52	503	1454
15	56	504	1464
16	60	505	1424
17	64	500	1377
18	68	490	1361
19	72	489	1383
20	76	488	1418
21	80	485	1442
22	84	482	1449
23	88	484	1449
24	92	483	1455



Vista generale monte_ST7 da G14 verso G24.



Vista generale monte_ST7 da G24 verso G1.



Shot point G – Onde SH – monte_ST7.



Shot point D – Onde P – monte_ST7.



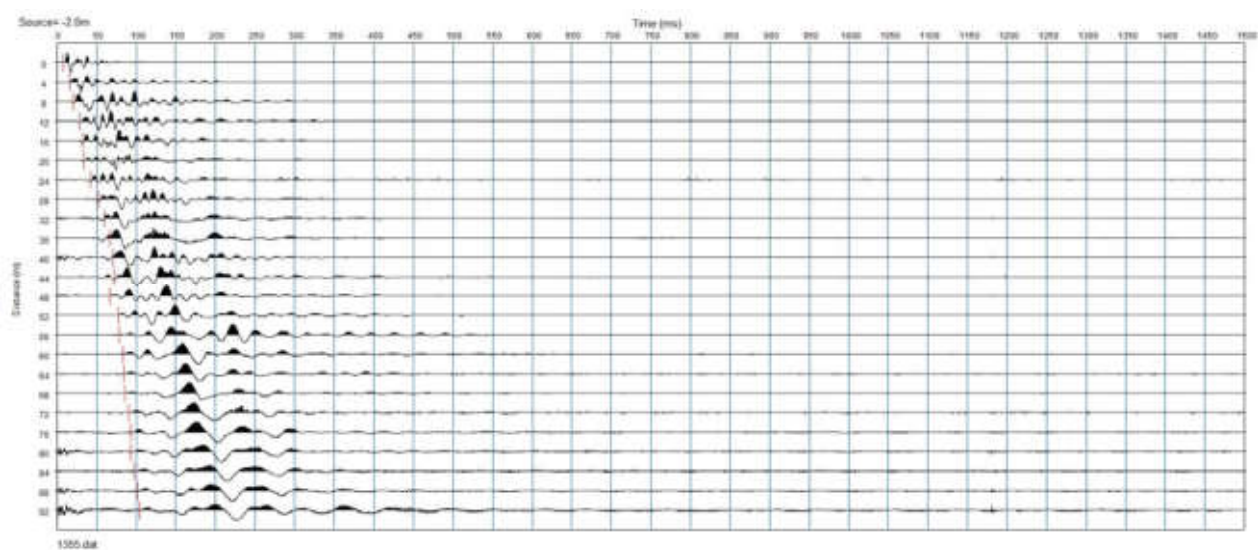
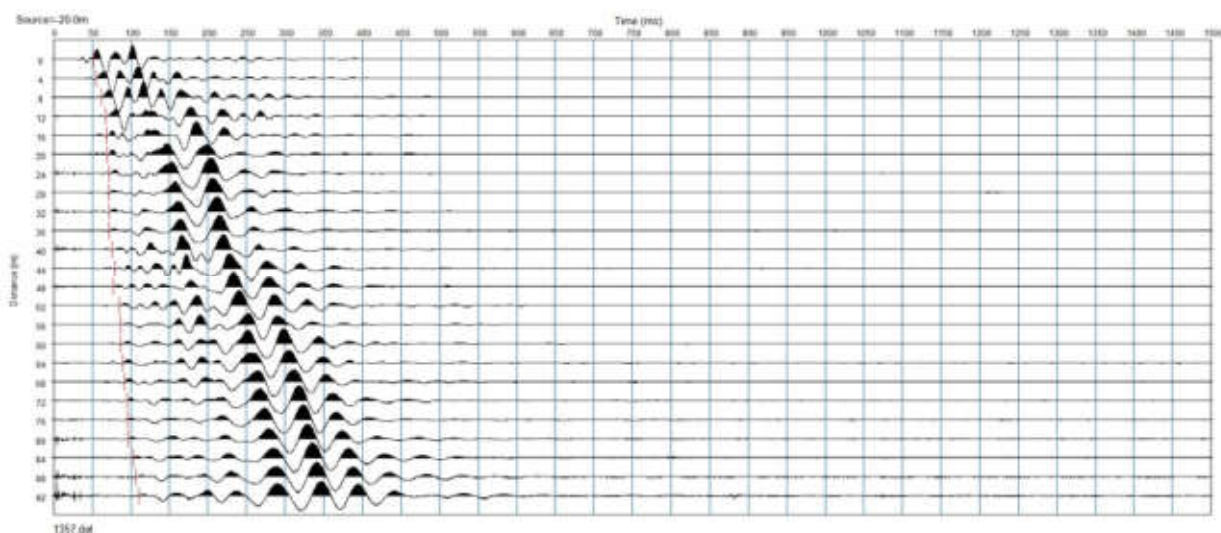
Shot point E – Onde P – monte_ST7.

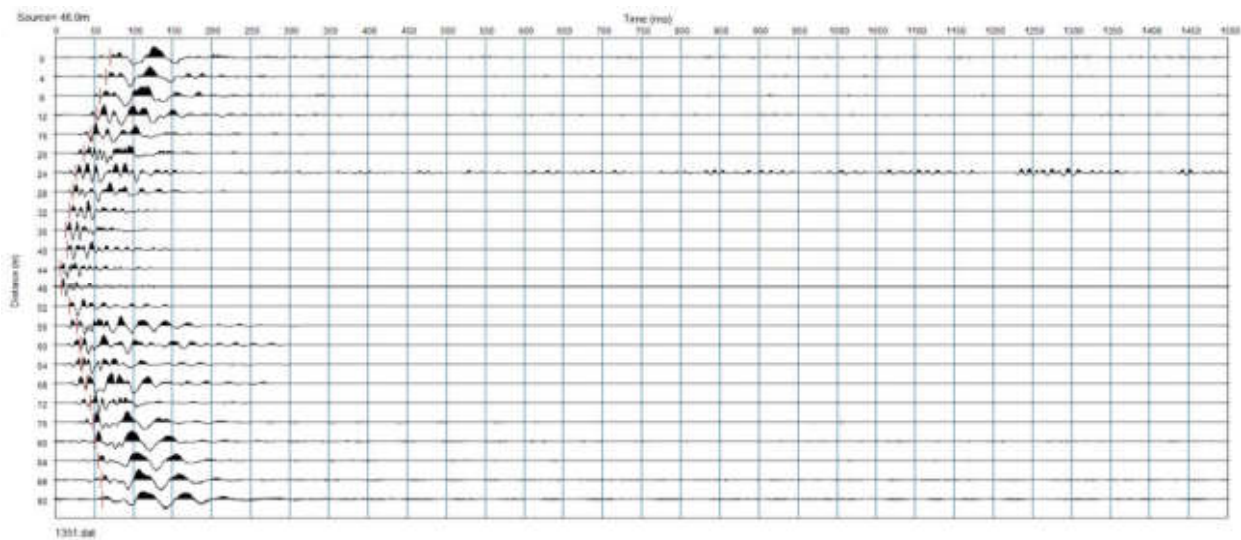
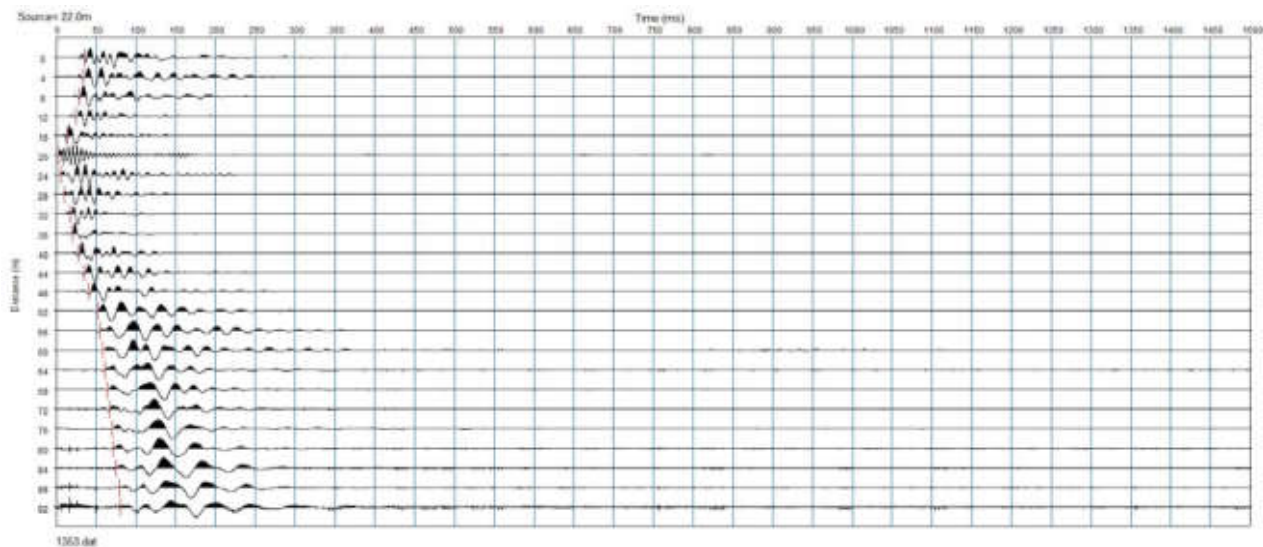
REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA – monte_ST7

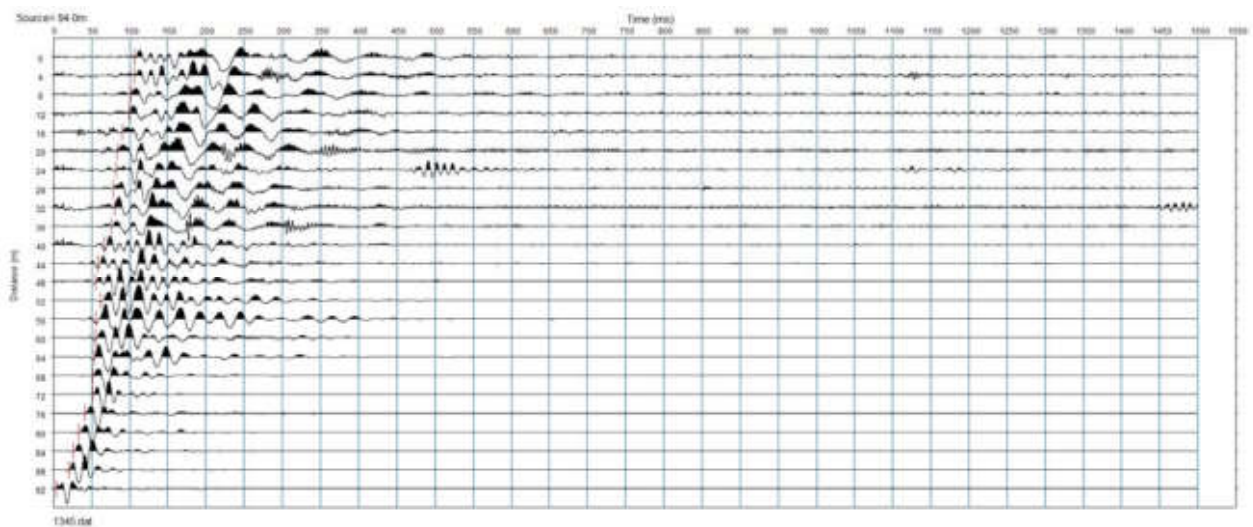
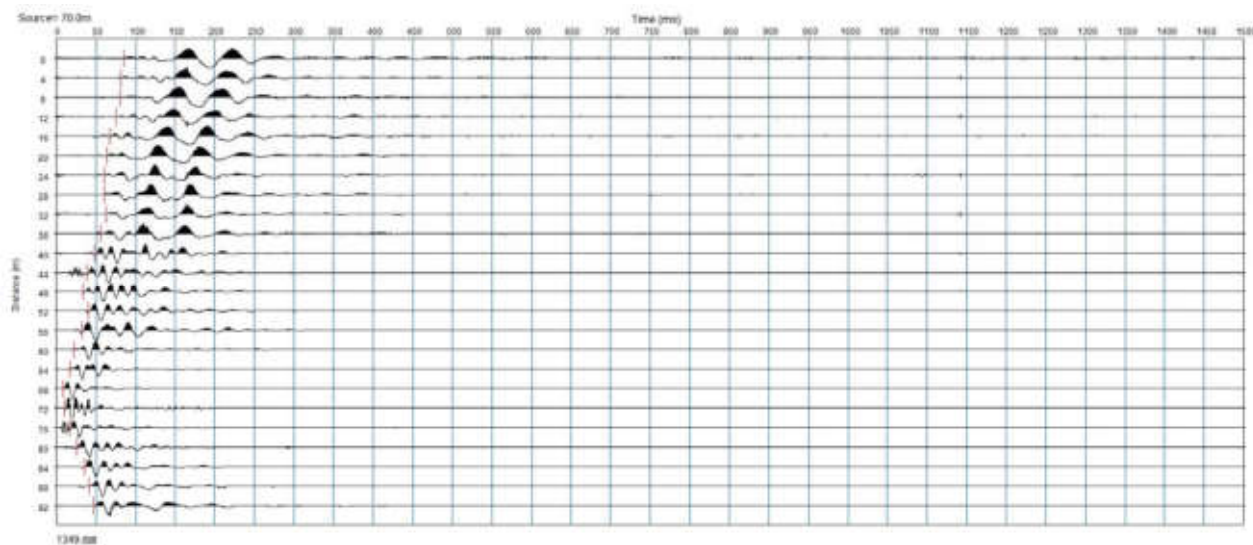
file 1345 - 1357 Onde SH

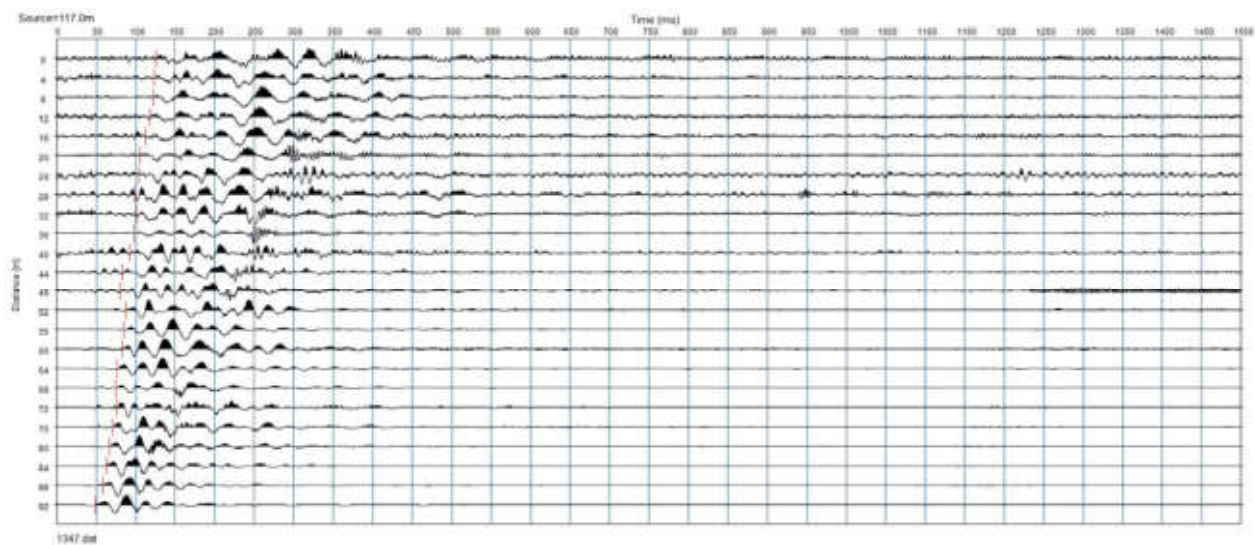
file 1358 - 1368 Onde P

ONDE SH Σ



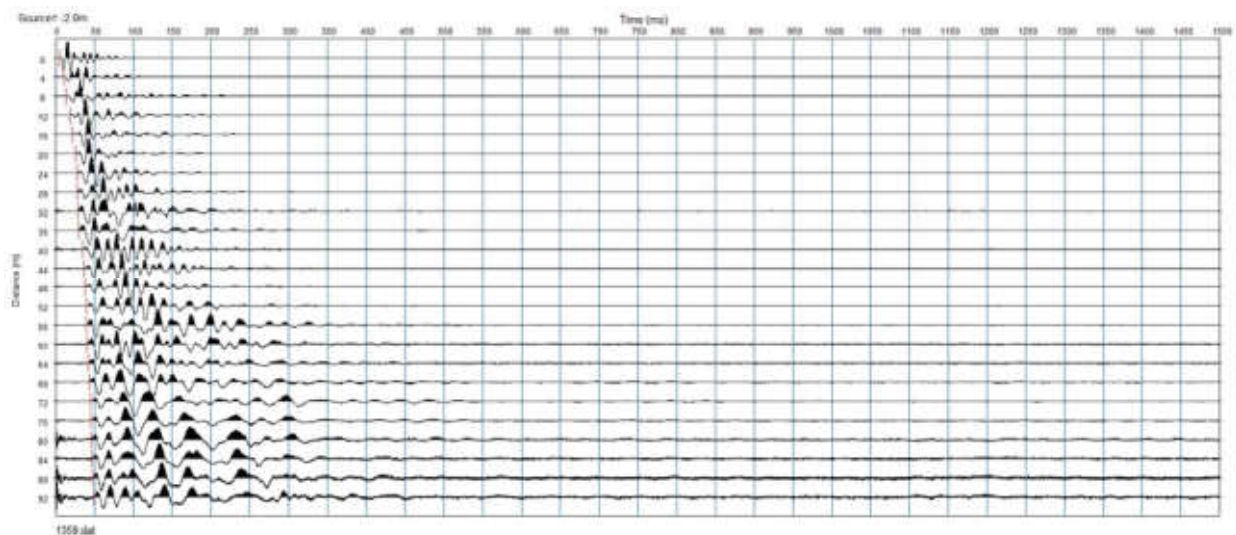
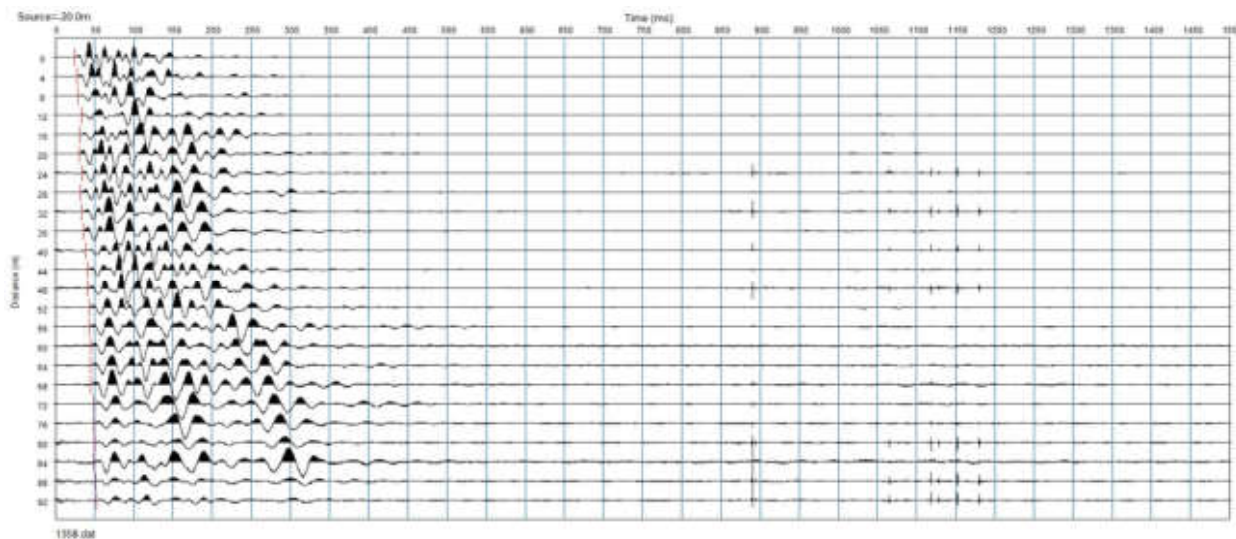


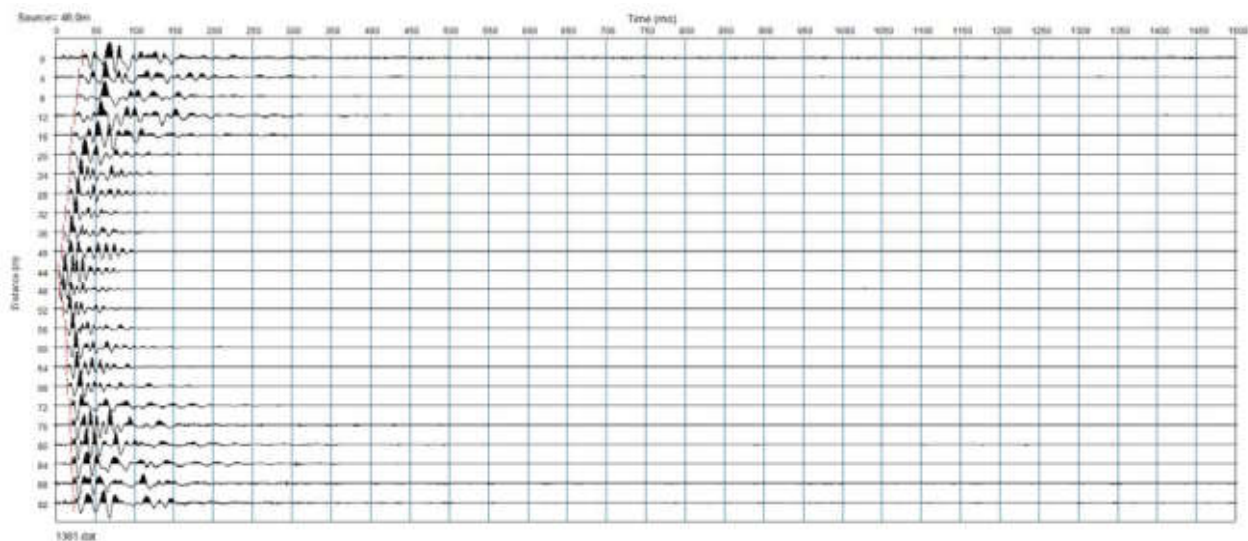
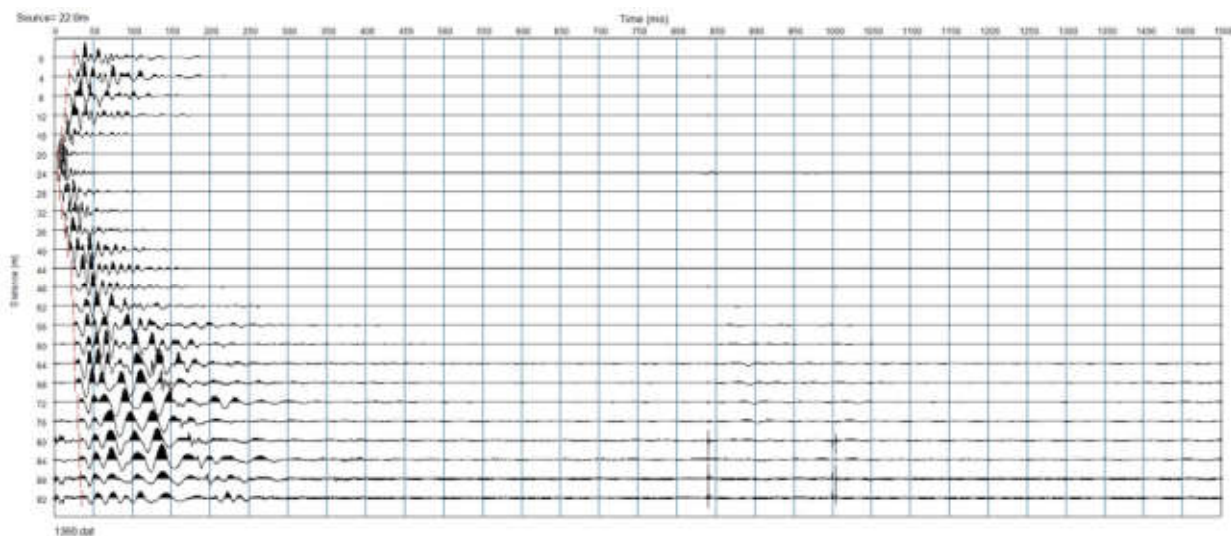


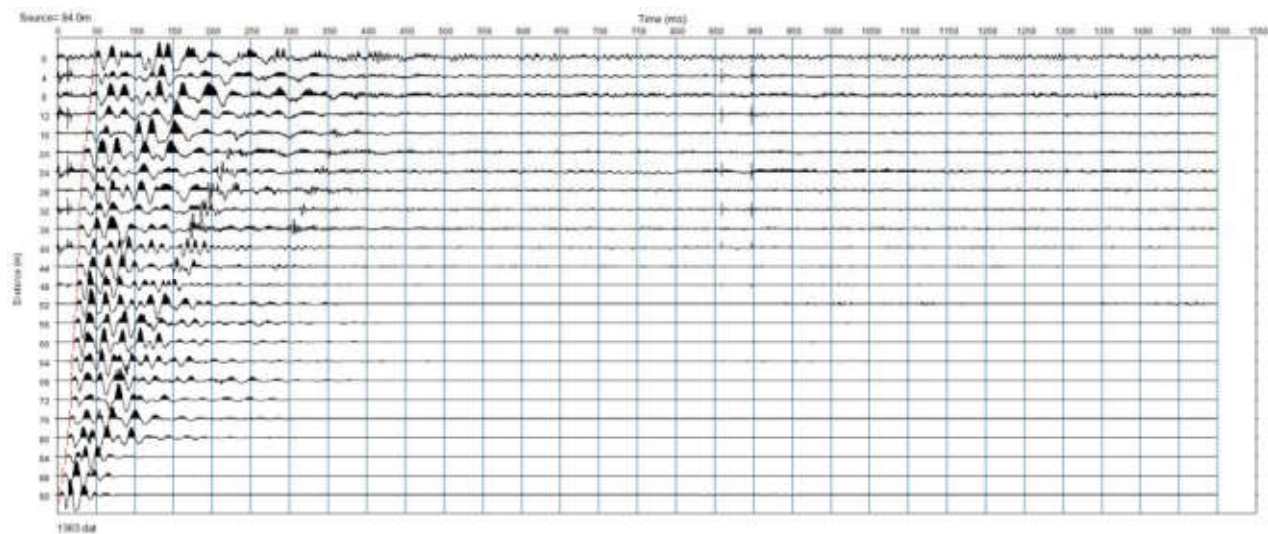
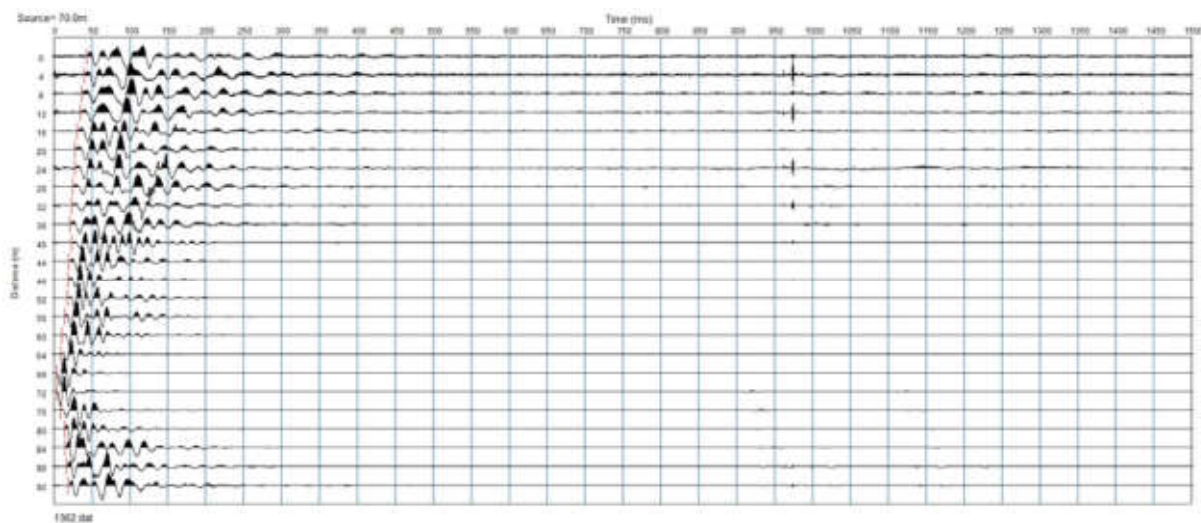


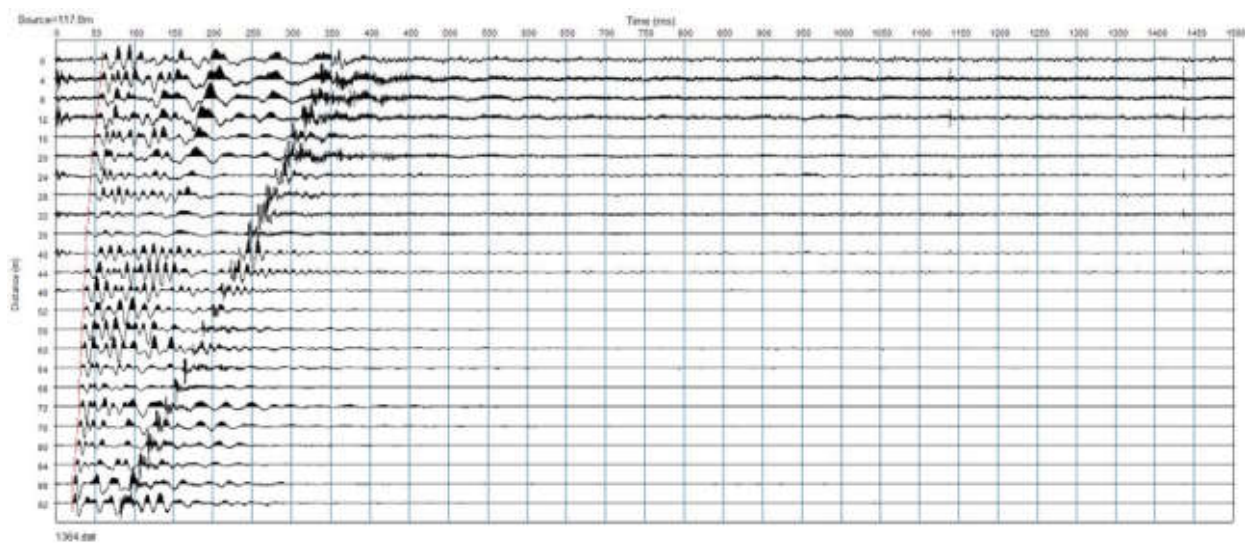


ONDE P









COMUNE DI MONTEMIGNAIO

PROVINCIA DI AREZZO

TITOLO:

INDAGINI E STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA (MS) DI LIVELLO 1 ED ANALISI DELLE CONDIZIONI LIMITE PER L'EMERGENZA (CLE) NEI COMUNI DI: TALLA - CASTEL FOCOIGNANO - ORTIGNANO - CASTEL SAN NICCOLÒ - MONTEMIGNAIO

“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH) LINEA SISMICA MONTE_ST8”

COMMITTENTE:

COMUNE DI MONTEMIGNAIO

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
20 Novembre 2014

TRIGEO S.N.C.
VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 400619 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

TRIGEO S.N.C.
di Nencetti Andrea e Turchetti Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fax 0575 294500 - 055 9962212
Cell. 339 2288117 - 306 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO</i> <i>LINEA SISMICA MONTE_ST8</i>	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 1 di 12

INDICE

INTRODUZIONE.....	2
1.0 SCHEMA OPERATIVO.....	4
2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	4
3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI	6
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA	7
5.0 CONSIDERAZIONI FINALI	10
ALLEGATI	11

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante sismica a rifrazione (acquisizione ed elaborazione dati con metodologia tomografica) nel mese di Novembre 2014, per conto del **COMUNE DI MONTEMIGNAIO (AR)**, in località **VALENDIAIA (Fig. 1)**.



Figura 1: Particolare della sezione monte_ST8.

L'indagine sismica, viene eseguita a supporto dello **STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1** del **COMUNE DI MONTEMIGNAIO**.

Dopo aver preso visione della zona e delle problematiche ad essa connesse è stata programmata una campagna di prospezioni geofisiche mediante sismica a rifrazione tesa a fornire, lungo la sezione convenuta con la committenza, una caratterizzazione delle litologie presenti nell'area d'indagine nonché determinare le geometrie (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo dei terreni in funzione dell'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche compressionali P e di taglio SH. I dati ottenuti sono stati elaborati sia con la metodologia classica della rifrazione (GRM) che con la metodologia tomografica che permette di ottenere, attraverso un maggior numero di

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO LINEA SISMICA MONTE_ST8	Novembre 2014
		Comune di Montemignao (AR)
		Pag. 3 di 12

“energizzazioni” (7 per ciascun stendimento) ed un opportuno software di elaborazione, un’ottima caratterizzazione del substrato e dei materiali di copertura.

L’acquisizione delle onde SH combinate alle onde di compressione consente di ottenere i principali parametri elastico/dinamici e di fornire i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{s30}), così come richiesto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

La relazione tecnica riferisce sui risultati ottenuti dall’indagine sismica a rifrazione mediante Onde P e SH ed è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante:

- **Tavola 01:** Planimetria generale del profilo sismico **monte_ST8** eseguito, scala 1:10.000 (da CTR 1:10.000);
- **Tavola 02:** Planimetria di dettaglio scala 1:1.000 (da CTR 1:10.000) con ubicazione del profilo sismico **monte_ST8** eseguito, posizionamento dei geofoni e delle energizzazioni effettuate;
- Schema dettagliato della linea sismica con posizionamento relativo dei geofoni (quote-distanze), coordinate in Gauss-Boaga dei geofoni iniziale e finale e punti di energizzazioni (quote-distanze);
- **Tabelle Tempi di arrivo Onde P e SH** relativi ai vari scoppi, con riportati posizione, tempo di arrivo e quota di ciascun geofono;
- **Tavole 03-07:** Diagrammi Tempi d’arrivo-Distanze (Dromocrone) Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 04-08:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-09:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 06-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Tabelle Profondità calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- Tabelle Velocità sismiche calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- Documentazione fotografica della linea sismica;
- Stampe delle registrazioni di campagna.

Di seguito viene descritto, lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all’interpretazione scaturita dai dati elaborati.

1.0 SCHEMA OPERATIVO

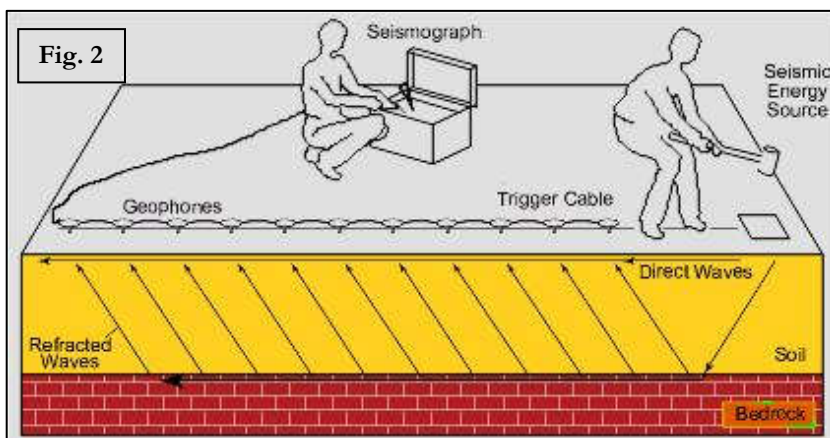
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo geofono e l'ubicazione di ogni punto di energizzazione (shot point).

Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati e degli spazi a disposizione è stata scelta una distanza intergeofonica di 4 m per la sezione eseguita sia con Onde P che con Onde SH. Complessivamente sono stati acquisiti **230 ml** di rilievo suddivisi in due basi ciascuna di **115 ml** (onde P-SH).

2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

Un sistema digitale di acquisizione dati (**Fig. 2**) in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori



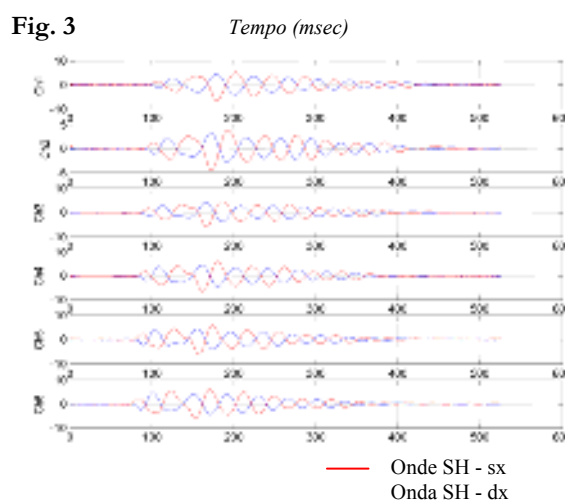
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: **A/D Conversion:** 24 bit; **Dynamic Range:** 144 dB; **Distortion:** 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; **Bandwidth:** 1.75 Hz to 20 kHz; **Common Mode Rejection:** > -100 dB at <=100 Hz, 36 dB; **Crosstalk:** -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms; **Noise Floor:** 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz; **Stacking Trigger Accuracy:** 1/32 of sample

interval; **Maximum Input Signal:** 2.8 VPP; **Input Impedance:** 20 kOhm, 0.02 uF; **Preamplifier Gains;** **Anti-alias Filters:** -3 dB at 83% of Nyquist frequency; **Sample Interval:** 0.02 to 16.0 ms; **Record Length:** 16,000 samples; **Acquisition and Display Filters:** *LowCut, Notch, HighCut*; **Data Formats:** SEG-2 standard with SGOS.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni “PASI” verticali ed orizzontali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile e nel caso dei geofoni orizzontali dotati di bolla livellante, con frequenza caratteristica di 10 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

Generalmente come sorgente di energia sismica per le onde P, nel caso di rilievi a piccola profondità si fa uso di una mazza da 8 kg o del Minibang: nel nostro caso, dato le distanze in gioco, l'utilizzo della mazza ha consentito di ottenere risultati ottimali. Per quel che riguarda la produzione di onde SH si utilizza generalmente una trave di circa 2.00 m di lunghezza, la cui estremità viene colpita con una massa battente di ca. 10/15 kg. La trave è resa solidale al terreno mediante l'applicazione di un carico (rappresentato nel nostro caso dalla stessa autovettura). La tavola viene colpita lateralmente dalla massa, in modo da generare onde di taglio SH. Per poter riconoscere in maniera inequivocabile sui sismogrammi le onde di taglio S, che non costituiscono mai la prima fase, sono state effettuate energizzazioni ai due estremi della tavola, in modo da generare treni d'onda identici, ma in opposizione di fase (**Fig. 3**). Ogni energizzazione viene registrata sull'Hard Disk sia singolarmente che, invertendo la fase, come somma.



Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati in rifrazione, è stato il *Generalized Reciprocal Method* (GRM) che consente di delineare rifrattori ondulati, ad ogni profondità e di numero infinito da dati sismici a rifrazione in linea che consistano di tempi-distanza in andata e ritorno. I tempi di arrivo a due sensori distinti e per profili in andata e ritorno sono combinati per ottenere la velocità del rifrattore, il calcolo della sezione tempi-profondità ed il fattore di conversione in profondità. Il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati fino ad angoli superiori a 20 gradi. Il GRM in definitiva è un metodo di interpretazione globale e sintetico per il quale molti dei metodi esistenti sono dei casi particolari.

Oltre al GRM, in alcuni casi, è stato utilizzato, per conferma e confronto, un algoritmo di inversione che usa il *delay-time method* per ottenere un primo modello approssimato in profondità, che viene quindi affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed un processo di aggiustamento con iterazioni successive che tende a minimizzare le discrepanze tra i tempi di arrivo misurati in campagna ed il corrispondente modello di profondità. In questo caso specifico è stato utilizzato come sistema di elaborazione principale il *delay-time method* affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed il GRM come verifica e conferma dei risultati ottenuti.

Terminata la fase preliminare di verifica dati, mediante la metodologia GRM, è stato utilizzato un nuovo sistema di analisi dei dati sismici che consente di elaborare profili a bassa, media ed elevata copertura. Le dromocrone ricavate dall'interprete vengono elaborate sulla base di tre distinte metodologie analitiche: CMP (intercept time refraction), Plus-Minus e Wavefront. Il metodo Wavefront rappresenta un'ulteriore ottimizzazione del metodo GRM. Invece di assumere come costante la distanza XY tra i vari ricevitori, il metodo Wavefront stima ad ogni geofono la distanza rispetto agli altri, attraverso l'angolo d'emergenza del fronte d'onda sia diretto che inverso. Tale caratteristica permette di analizzare, con ottimi risultati, anche rifrattori con superfici irregolari.

Il software, utilizzato nel corso del presente lavoro, permette, successivamente ai predetti passaggi, di utilizzare il metodo "Delta-t-V" che è in grado di evidenziare gradienti di velocità verticali all'interno degli strati, aumenti lineari di velocità con la profondità, faglie e locali anomalie di velocità. Il metodo Delta-t-V valuta la distribuzione delle velocità lungo il profilo di interesse. Ciò consente, sfruttando il metodo dell'inversione, di ottenere in corrispondenza delle varie stazioni installate, valori di profondità in funzione della velocità.

I dati così ottenuti vengono definitivamente elaborati mediante metodologia tomografica che permette una stima migliore delle velocità, risultando meno dipendente dalla spaziatura dei ricevitori e da topografie estreme.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-07** sono rappresentate, le curve tempi-distanze, Dromocrone, che scaturiscono dalle letture eseguite sui dati di campagna (onde P-SH). Nel diagramma tempi-distanze, in ascisse, in scala 1:500 sono riportate le distanze dei sensori dall'inizio dell'allineamento e, in ordinate, i tempi di arrivo, espressi in millisecondi agli stessi sensori.

Nelle **Tavole 04-08**, sono state riportate le sezioni sismostratigrafiche ottenute (onde P-SH), al di sotto della superficie topografica l'involuppo dei cerchi rappresenta l'interfaccia tra uno strato ed un altro. I metodi di interpretazione in sismica a rifrazione forniscono, infatti, gli spessori degli strati valutando la distanza minima tra i sensori ed il rifrattore sulla perpendicolare allo strato e non sulla sua verticale; di conseguenza la superficie rifrangente, al di sotto di ogni dato punto, può giacere ovunque su di un cerchio centrato in quel punto e con raggio uguale allo spessore dello strato.

Ciò è quanto riportato nelle sezioni al di sotto della superficie topografica. L'involuppo dato da questi cerchi è una buona approssimazione della forma e posizione del rifrattore.

Nelle **Tavole 05-09** sono riportate le sezioni interpretate (sezioni litostratigrafiche) sulla base sia dei dati ottenuti (sezioni sismostratigrafiche), sia di considerazioni geologiche generali relative alla zona in esame che sulla base dei dati forniti dal tecnico incaricato.

Infine nelle **Tavole 06-10** abbiamo le sezioni tomografiche interpretate realizzate mediante la “WET Tomography” con le relative curve di isovelocità. La scala in falsi colori presente, esprime i valori di velocità all'interno della sezione.

Le sezioni litostratigrafiche interpretate assieme alle sezioni tomografiche, rappresentano il risultato conclusivo dell'analisi dei dati sintetizzati nelle tavole e tabelle allegate.

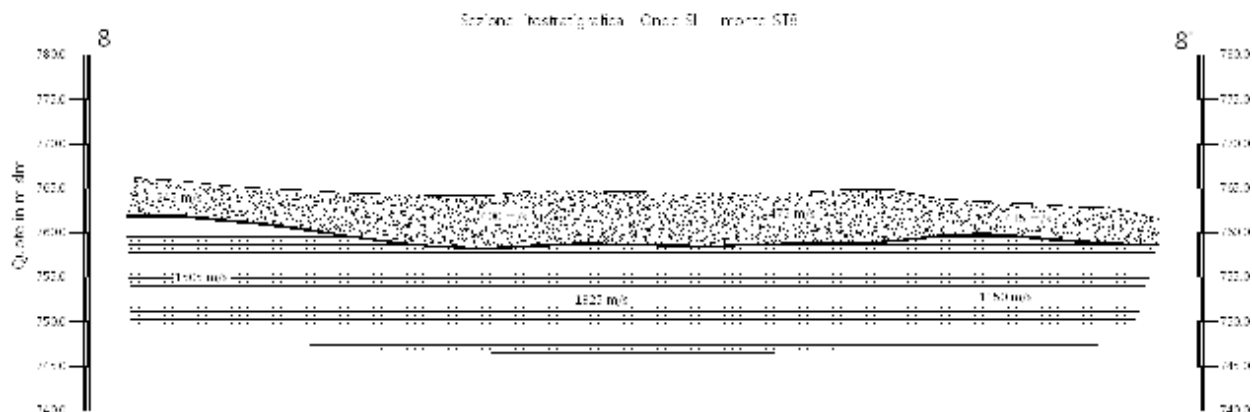
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di una superficie rifrangente che si localizza a profondità compresa tra 4.30 m e 8.60 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 6.85 m.

Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 530 e 930 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 245 e 475 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3) che presenta velocità comprese tra 2.370 e 2.680 m/s (onde P) e tra 1150 e 1505 m/s (onde SH).

La **Sezione ST8**, effettuata in direzione NO-SE, in località di Valendaia, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento del rifrattore

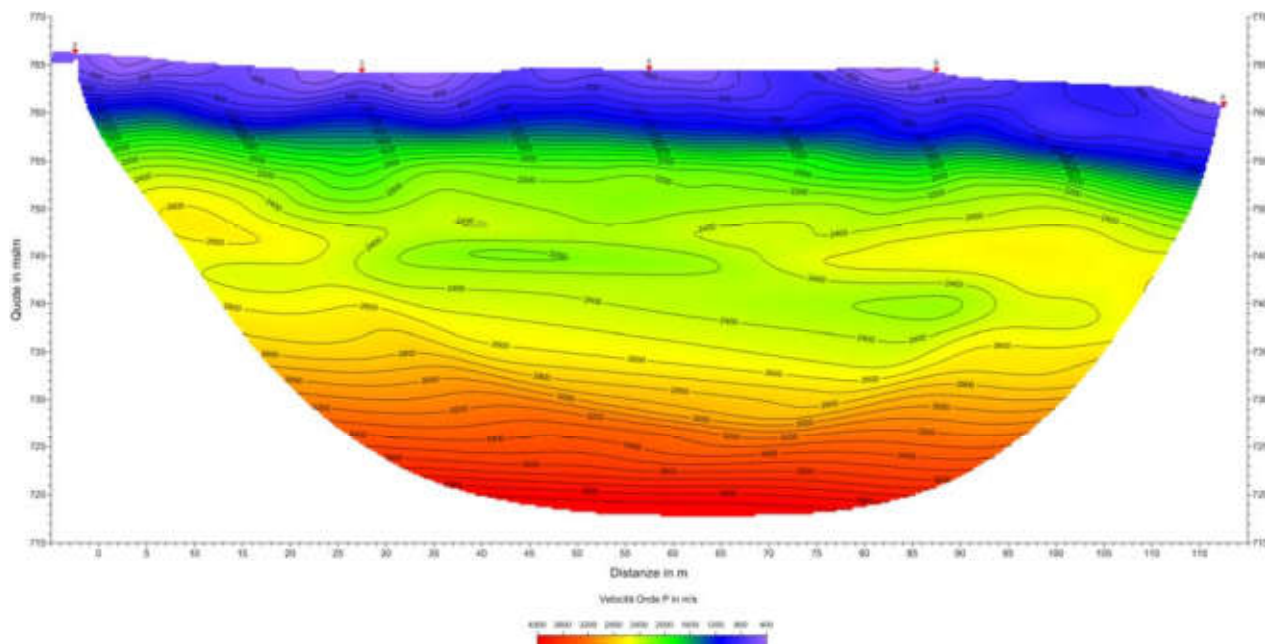
individuato. Quest'ultimo presenta profondità inferiori nel tratto iniziale della sezione (prossime a 5.20-5.70 m),



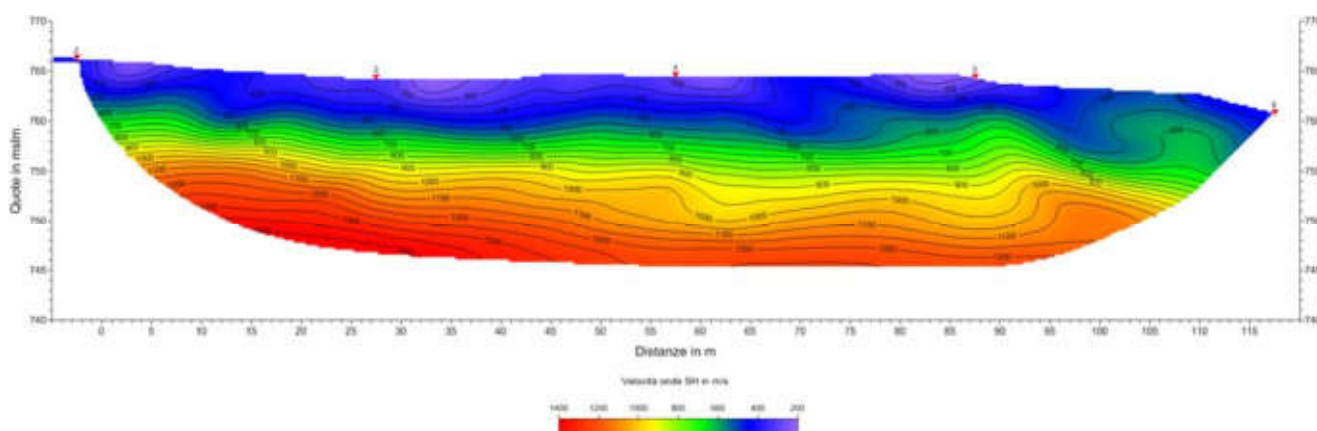
tende poi ad approfondirsi nel tratto centrale (profondità comprese tra 7.50 e 8.60 m), ed infine, nell'ultimo tratto della sezione, mostra una risalita attestandosi a profondità di 4.20 m. Il rifrattore ottenuto dall'elaborazione delle onde P evidenzia il medesimo andamento di quello ottenuto dalle onde SH.

Le velocità del substrato roccioso mostrano per le onde P, valori compresi tra 2.370 e 2.680 m/s, con valori crescenti lungo lo stendimento. Mentre le velocità delle onde SH evidenziano un aumento lungo la sezione con velocità che passano da 1150 a 1505 m/s .

L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH in accordo con i risultati del



GRM mostra materiali superficiali a bassa velocità con spessori variabili, maggiori nel tratto finale, il passaggio al substrato roccioso risulta evidenziato dal raffittimento delle curve di isovelocità (a partire



da quella dei 1.000-1.200 m/s onde P), mentre per le onde SH, il contatto si osserva a partire dalla curva dei 600-700 m/s.

Il substrato roccioso, in virtù dell'andamento regolare delle curve di isovelocità, risulta prevalentemente omogeneo e compatto.

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO LINEA SISMICA MONTE_ST8	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 10 di 12

5.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **VALENDIAIA, MONTEMIGNAIO (AR)**. L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante sismica a rifrazione, ha permesso di identificare in profondità il passaggio tra i materiali più superficiali (detrito di versante), ed il substrato litoide integro costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3).

Sulla base di quanto fino ad ora riportato è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive relativamente all'area in oggetto:

- I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di una superficie rifrangente che si localizza a profondità compresa tra 4.30 m e 8.60 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 6.85 m;
- nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 530 e 930 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 245 e 475 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3) che presenta velocità comprese tra 2.370 e 2.680 m/s (onde P) e tra 1150 e 1505 m/s (onde SH).

Firenze, li 20/11/2014

TRIGEO SNC
TRIGEO s.n.c.
di Nenetti Andrea e Zanfori Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02026110518
Tel/Fax 0575 294500 - 056 9962212
Cell. 339 3068117 - 306 7213623
www.trigeo.it - info@trigeo.it

TRIGEO SNC

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA NINO BIXIO, 9 - 50131 FIRENZE
TEL/FAX 055 400619 – CELL. 3287213928

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO</i> <i>LINEA SISMICA MONTE_ST8</i>	Novembre 2014
		Comune di Montemignaio (AR)
		Pag. 11 di 12

ALLEGATI

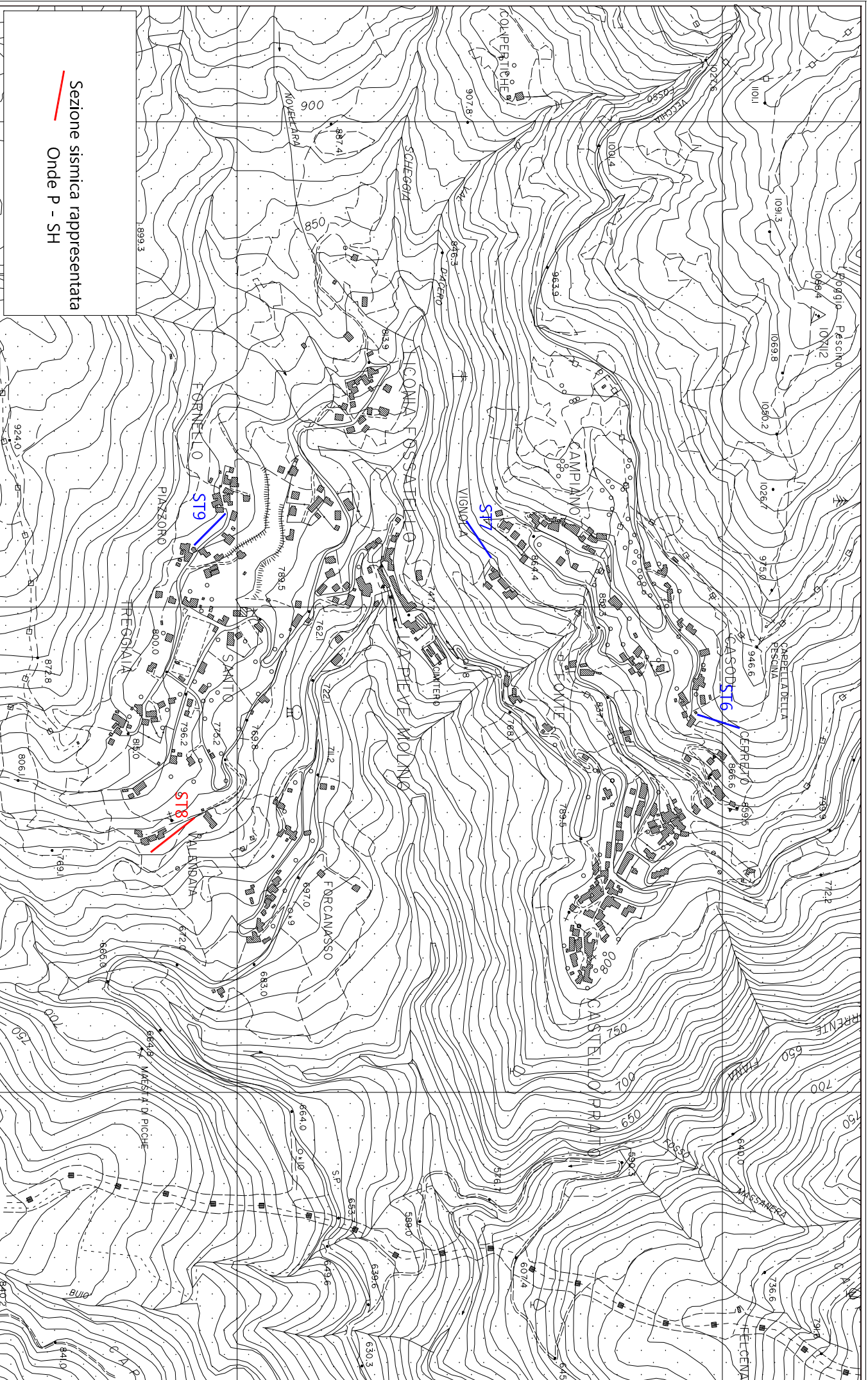
TRIGEO SNC

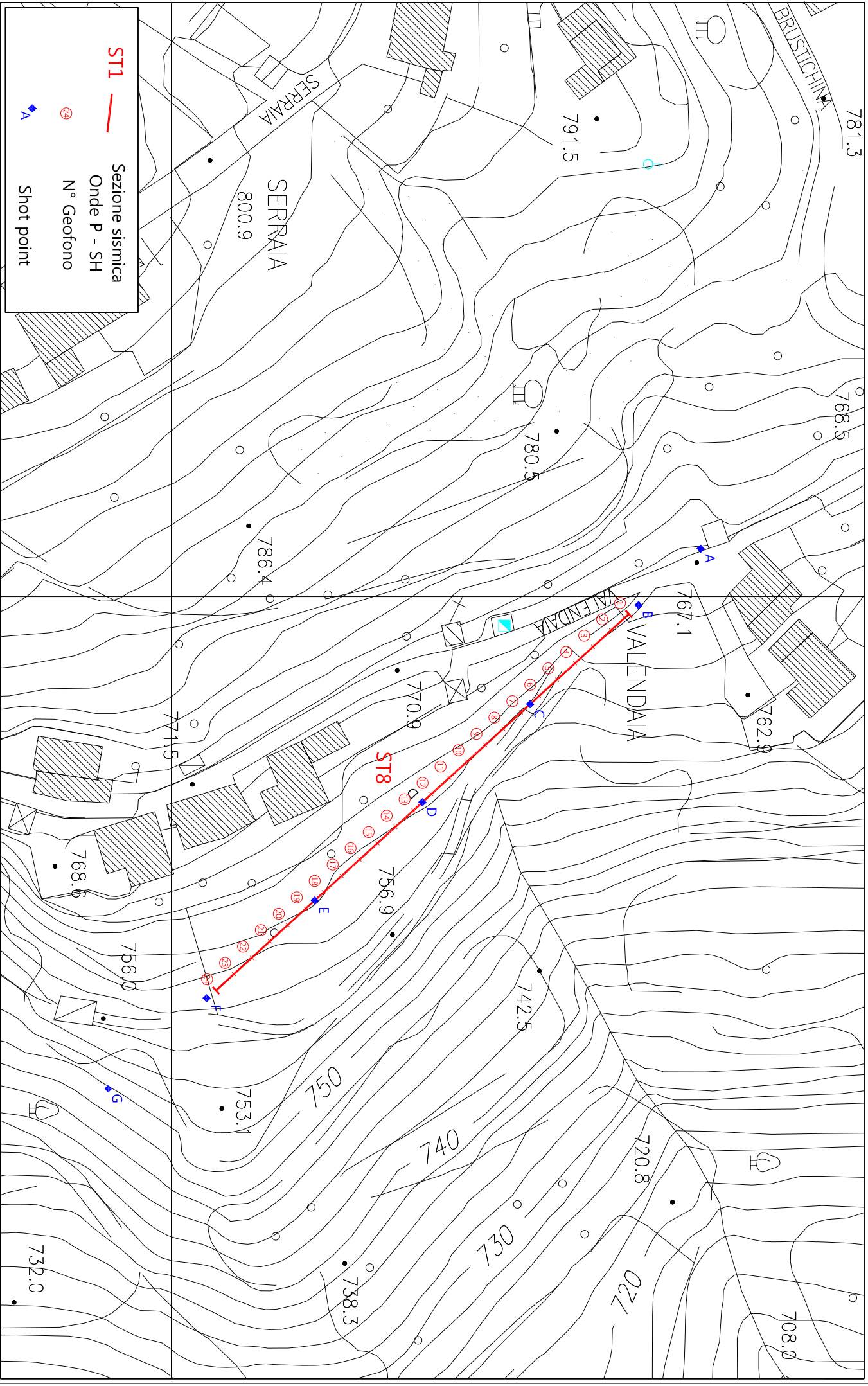
VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA NINO BIXIO, 9 - 50131 FIRENZE
TEL/FAX 055 400619 – CELL. 3287213928

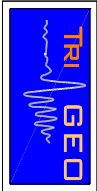




Scala 1: 1000

Novembre 2014

Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - monte_ST8



SCHEMA DELLA LINEA – monte_ST8	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA monte_ST8

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	766.20
2	5	5.0	765.90
3	10	5.0	765.30
4	15	5.0	765.00
5	20	5.0	764.70
6	25	5.0	764.40
7	30	5.0	764.35
8	35	5.0	764.25
9	40	5.0	764.20
10	45	5.0	764.80
11	50	5.0	764.70
12	55	5.0	764.65
13	60	5.0	764.55
14	65	5.0	764.50
15	70	5.0	764.50
16	75	5.0	764.50
17	80	5.0	764.90
18	85	5.0	764.90
19	90	5.0	763.90
20	95	5.0	763.50
21	100	5.0	763.30
22	105	5.0	763.00
23	110	5.0	762.80
24	115	5.0	761.50

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	4845912,09	4845821,77
Y(m)	1711433,82	1711505,01

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

ONDE P	Σ ONDE SH	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.1385	DAT.1368	A - ESTERNO SX	-25.0	767.10
DAT.1384	DAT.1366	B - ESTREMO SX	-2.5	766.20
DAT.1383	DAT.1370	C - INTERMEDIO SX	27.5	764.40
DAT.1382	DAT.1372	D - CENTRALE	57.5	764.60
DAT.1381	DAT.1374	E - INTERMEDIO DX	87.5	764.40
DAT.1380	DAT.1376	F - ESTREMO DX	117.5	761.50
DAT.1379	DAT.1378	G - ESTREMO DX	145.0	751.20

TEMPI ONDE P E ONDE SH – monte_ST8	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

TEMPI ONDE P – monte_ST8

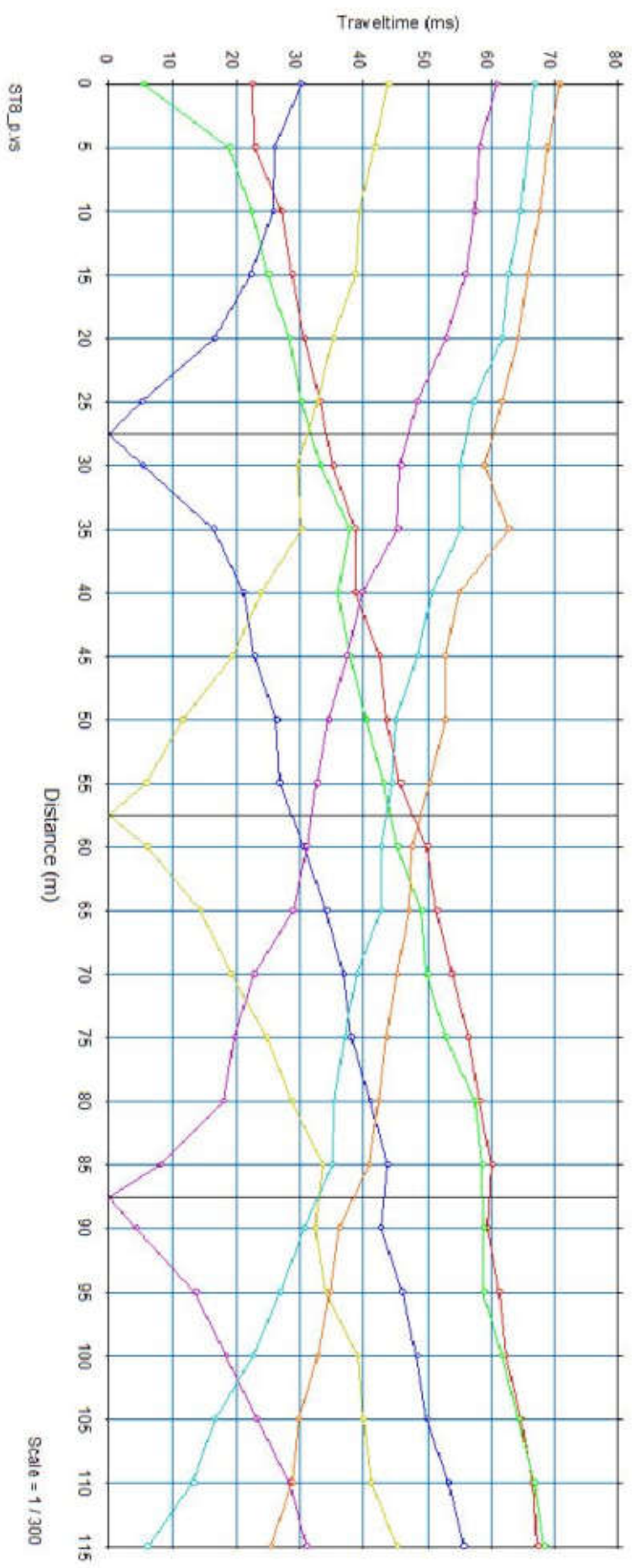
GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	22.50	5.38	30.16	43.84	60.89	66.89	70.75	22.50
2	5	22.88	18.87	26.00	41.75	58.21	65.75	68.88	22.88
3	10	27.00	22.38	25.75	39.34	57.46	64.64	67.64	27.00
4	15	28.75	24.98	22.25	38.59	55.96	62.71	65.77	28.75
5	20	30.66	28.30	16.50	35.16	52.96	61.64	64.32	30.66
6	25	33.13	30.23	5.15	32.75	48.35	57.25	61.63	33.13
7	30	35.16	33.23	5.25	29.63	45.77	55.21	58.96	35.16
8	35	38.59	37.75	16.40	30.23	45.34	55.21	62.71	38.59
9	40	38.59	35.91	21.00	23.80	39.66	50.70	54.99	38.59
10	45	42.50	37.75	22.75	19.38	37.38	48.38	52.74	42.50
11	50	43.52	40.41	26.25	11.50	34.41	45.02	52.74	43.52
12	55	45.77	43.09	26.75	5.75	32.63	44.38	50.38	45.77
13	60	49.95	45.34	30.55	6.00	30.98	42.77	47.60	49.95
14	65	51.46	49.10	34.09	14.36	28.88	42.77	47.11	51.46
15	70	53.84	49.95	36.82	19.13	22.73	38.91	45.25	53.84
16	75	56.39	52.96	37.95	24.75	19.62	37.00	43.50	56.39
17	80	58.21	57.46	41.00	28.73	17.88	35.25	42.34	58.21
18	85	60.14	58.64	43.74	33.50	8.00	35.00	40.84	60.14
19	90	59.39	58.88	42.63	32.38	4.18	30.66	36.13	59.39
20	95	61.21	58.88	45.99	33.98	13.61	26.80	34.63	61.21
21	100	62.39	61.64	48.25	39.00	18.38	22.50	32.80	62.39
22	105	64.64	64.38	49.88	39.88	23.13	16.62	29.75	64.64
23	110	66.57	66.89	53.25	41.13	28.30	13.19	28.75	66.57
24	115	67.32	68.39	55.75	45.25	30.98	6.00	25.38	67.32

TEMPI ONDE P E ONDE SH – monte_ST8	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

TEMPI ONDE SH – monte_ST8

GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	44.88	6.00	60.75	87.31	106.13	129.28	132.66	44.88
2	5	44.88	26.48	52.00	81.25	99.21	120.76	127.59	44.88
3	10	51.13	34.73	47.60	77.18	97.60	118.75	124.22	51.13
4	15	56.08	40.63	36.82	73.38	93.50	115.13	122.53	56.08
5	20	53.55	46.52	24.44	68.38	91.82	112.24	119.78	53.55
6	25	61.99	51.78	5.63	64.00	91.63	111.75	120.84	61.99
7	30	67.38	58.21	7.38	61.63	88.44	108.86	119.87	67.38
8	35	75.74	68.07	31.19	59.01	90.13	105.48	118.19	75.74
9	40	80.00	70.75	42.45	49.36	83.94	102.11	113.88	80.00
10	45	78.13	74.07	48.72	39.72	78.31	98.63	108.78	78.13
11	50	82.49	76.75	52.13	23.80	70.27	91.33	104.88	82.49
12	55	87.55	79.76	58.50	10.13	64.64	87.96	102.38	87.55
13	60	89.24	83.61	62.39	13.67	59.50	86.83	100.44	89.24
14	65	96.96	89.19	69.13	29.38	54.51	83.94	96.24	96.96
15	70	99.61	96.05	75.41	35.75	40.20	76.06	91.38	99.61
16	75	102.99	102.05	79.00	49.85	35.70	72.04	85.87	102.99
17	80	107.00	108.16	86.19	57.89	30.98	67.54	84.13	107.00
18	85	111.43	112.67	89.56	66.13	15.87	62.87	81.00	111.43
19	90	105.40	107.73	84.58	65.63	11.68	50.97	67.29	105.40
20	95	109.74	110.84	90.21	70.91	23.48	41.97	63.68	109.74
21	100	113.60	113.00	98.09	77.13	32.48	36.34	59.58	113.60
22	105	119.15	117.63	99.21	80.56	42.77	26.69	54.51	119.15
23	110	123.25	123.60	104.00	84.75	48.35	19.78	48.48	123.25
24	115	124.22	125.21	104.36	86.19	50.70	8.25	41.73	124.22

Dromocrone



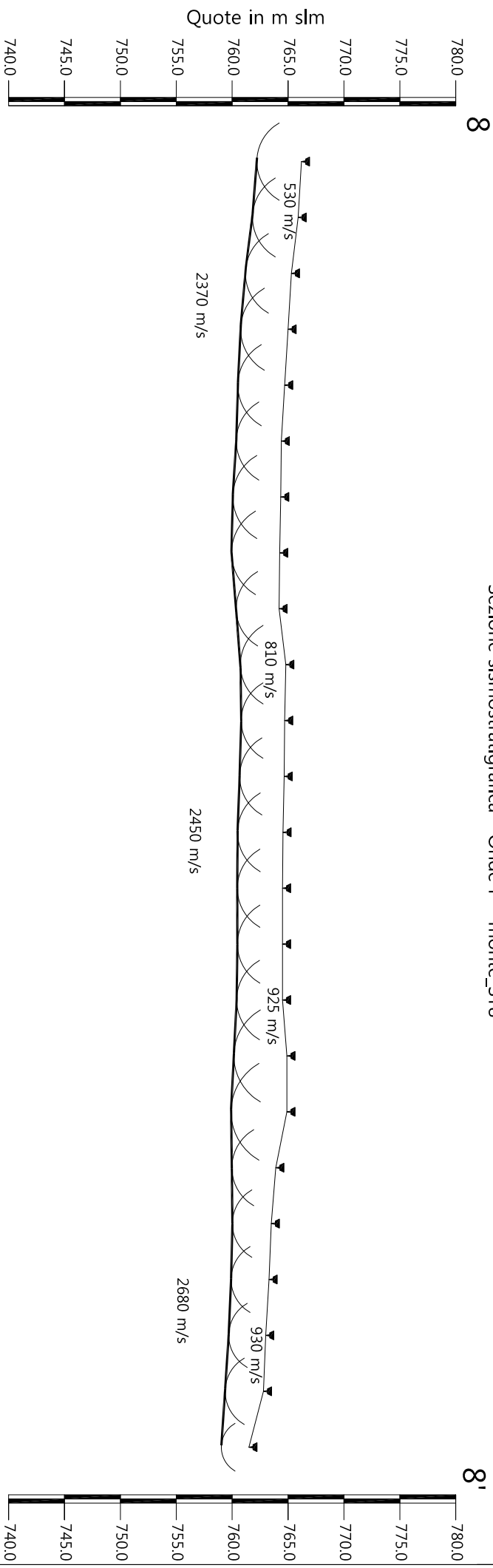
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

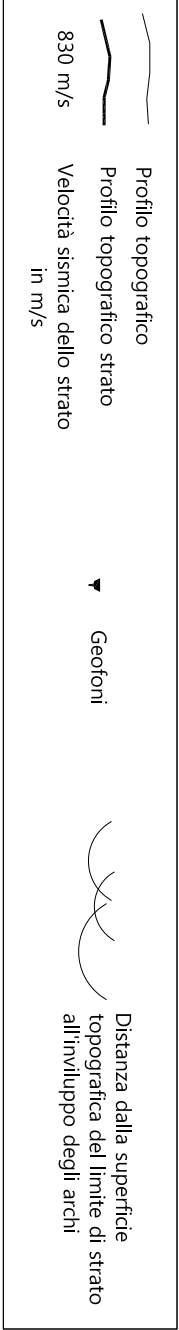
Tavola 03 - Dromocrone - Onde P - monte_ST8



Sezione sismostratigrafica - Onde P - monte_ST8



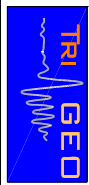
Numero geofono	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanze (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
Quote in m slm	766.20	765.90	765.30	765.00	764.70	764.40	764.35	764.25	764.20	764.80	764.70	764.65	764.55	764.50	764.50	764.50	764.90	764.90	763.90	763.50	763.30	763.00	762.80	761.50
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	6.09	5.63	6.52	6.48	6.63	6.56	6.36	7.08	6.19	6.71	7.02	6.99	7.42	7.74	7.90	8.14	8.35	8.48	6.79	6.89	6.69	6.44	6.73	5.92



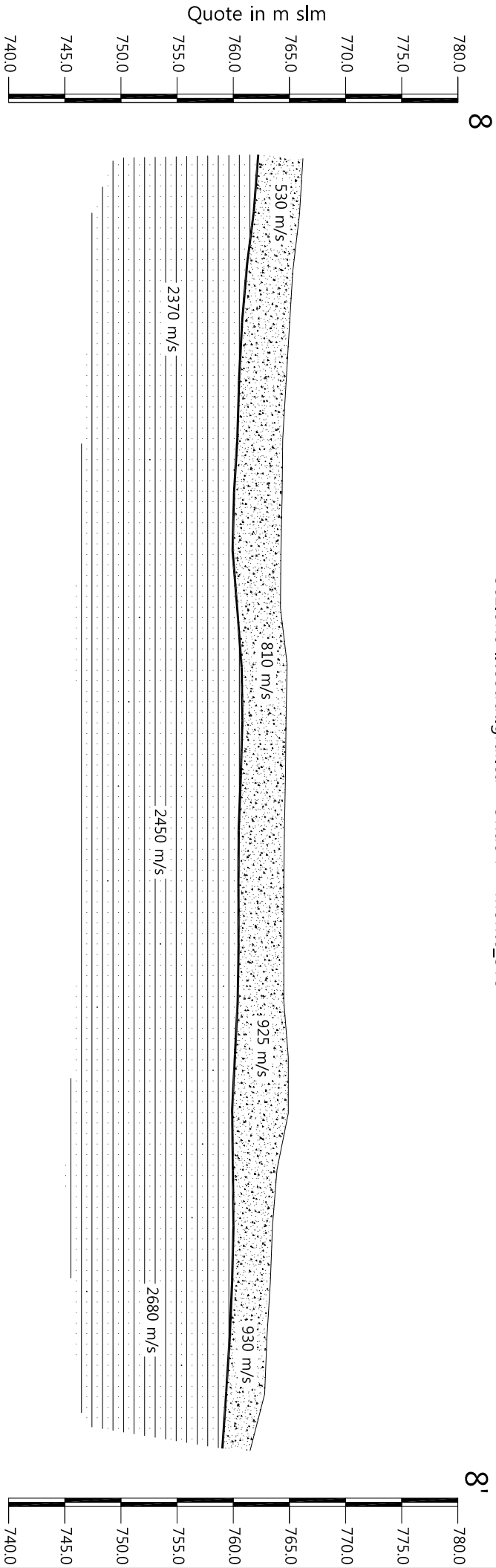
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - monte_ST8



Sezione litostratigrafica - Onde P - monte_ST8



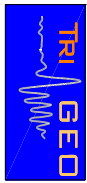
Legenda

- Detrito di versante (a)
- Arenarie del Monte Falterona
membro di Montalto (FAL3)

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

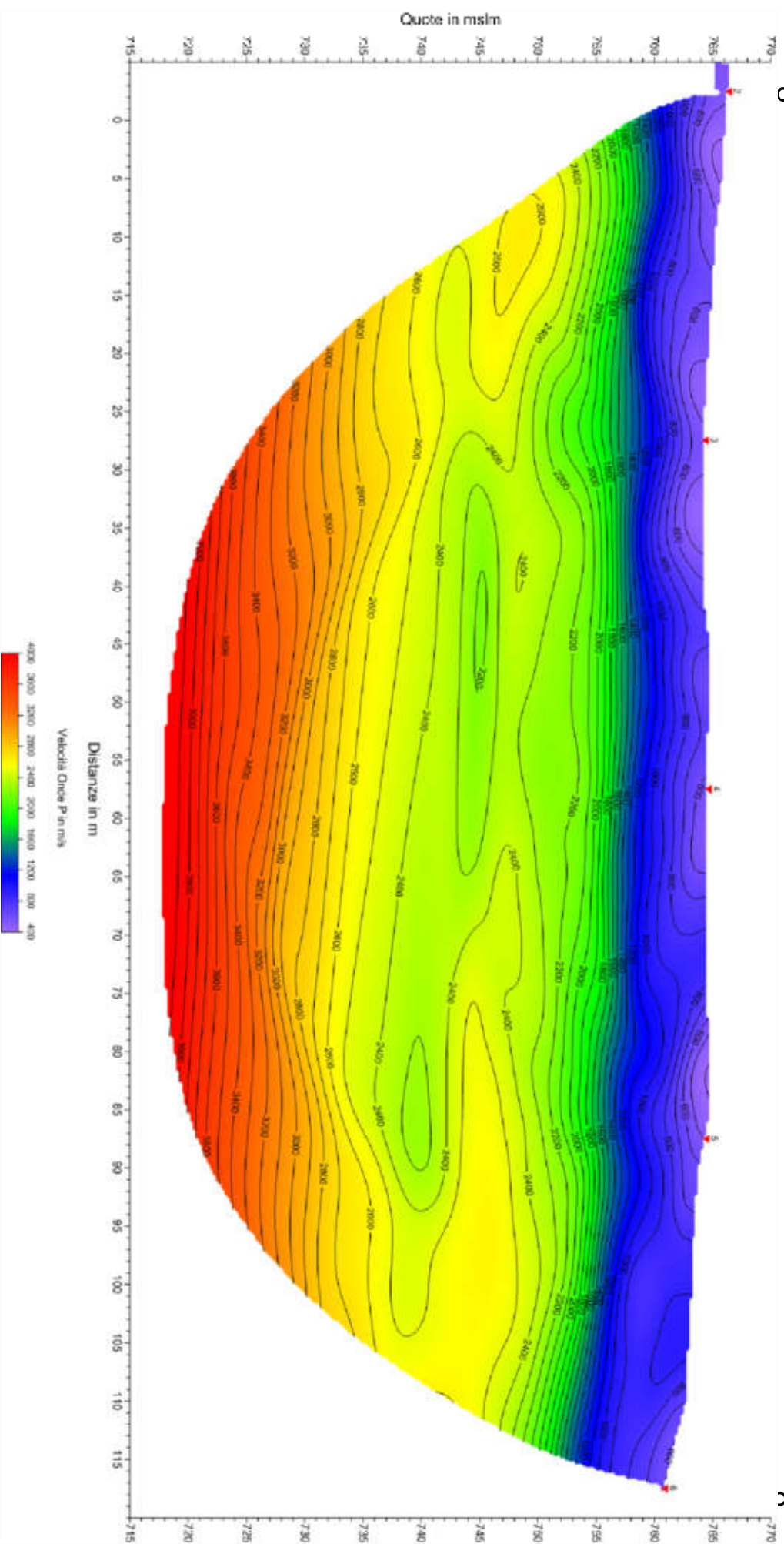
Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - monte_ST8



Sezione tomografica - Onde P - monte_ST8

8

8'

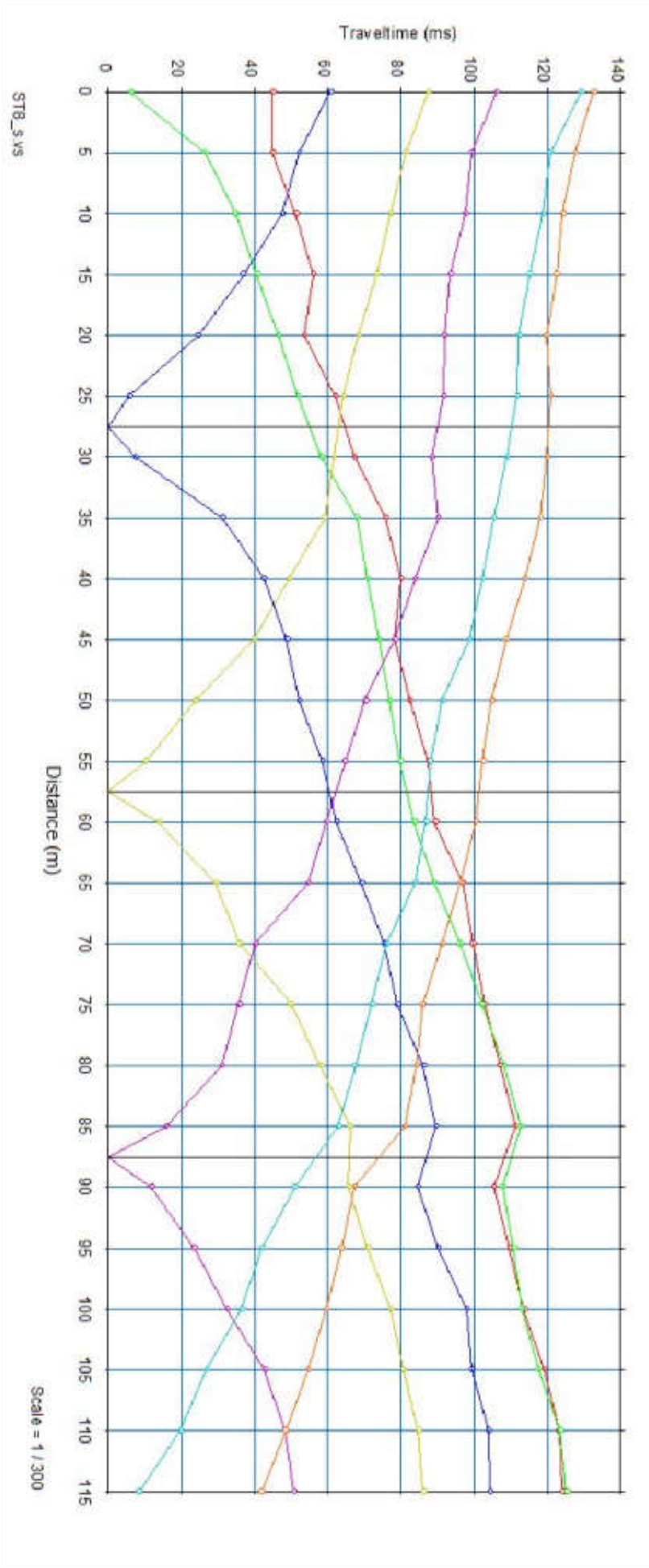


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

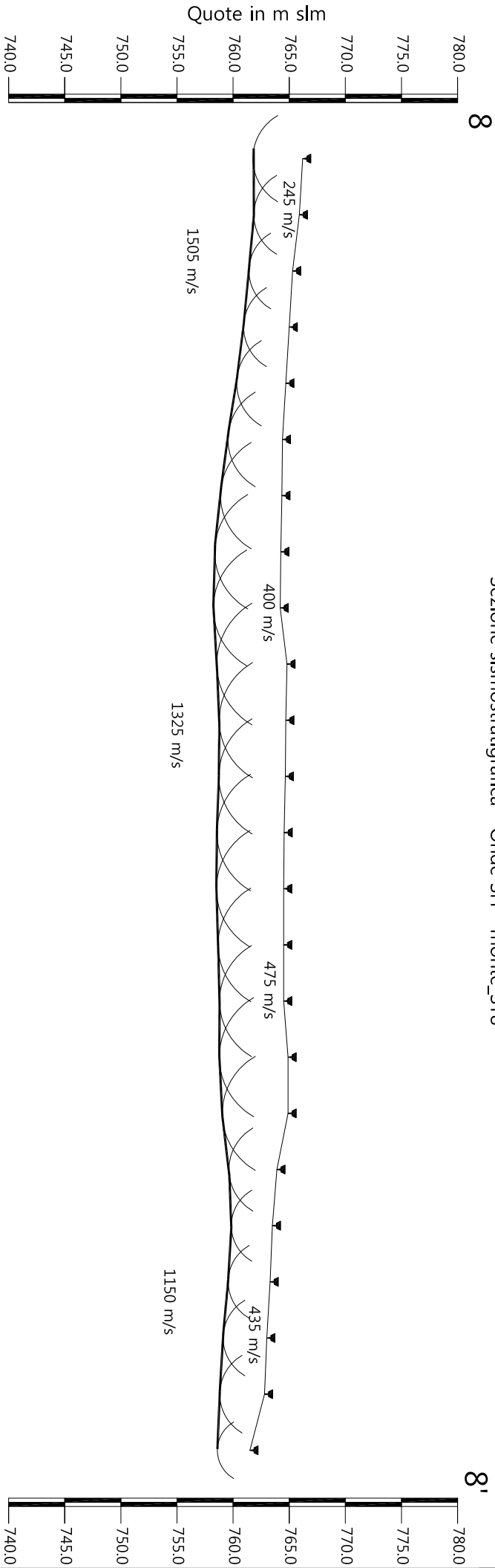
Novembre 2014

Tavola 06 - Sezione tomografica - Onde P - monte_ST8




Dromocrone




Sezione sismostratigrafica - Onde SH - monte_ST8




Numero geofono	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanze (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
Quote in m slm	766.20	765.90	765.30	765.00	764.70	764.40	764.35	764.25	764.20	764.80	764.70	764.65	764.55	764.50	764.50	764.50	764.90	764.90	763.90	763.50	763.30	763.00	762.80	761.50
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	6.07	5.29	5.74	6.24	5.42	6.89	7.57	8.60	8.59	7.52	7.59	7.98	7.94	8.49	8.15	7.82	8.17	8.37	5.33	5.44	5.40	5.48	5.18	4.29



Profilo topografico
Profilo topografico strato
830 m/s
Velocità sismica dello strato in m/s



Geofoni

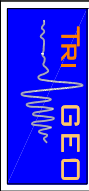


Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi

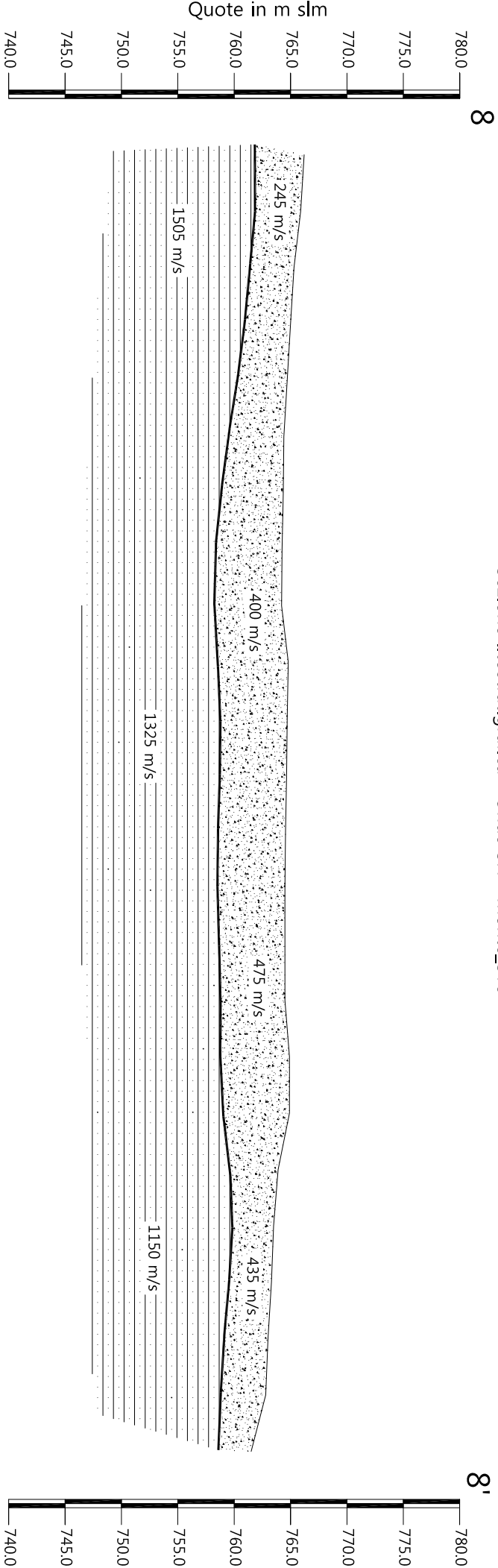
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 08 - Sezione sismostratigrafica - Onde SH - monte_ST8



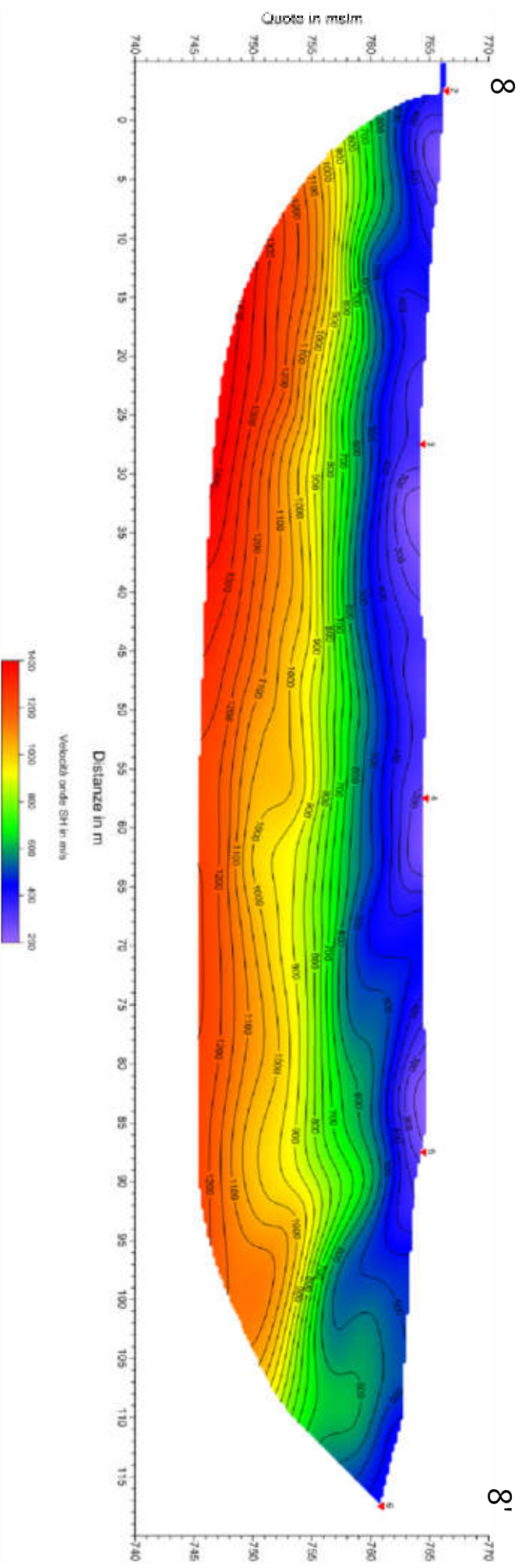
Sezione litostratigrafica - Onde SH - monte_ST8



Legenda

- Detrito di versante (a)
- Arenarie del Monte Falterona
membro di Montalto (FAL3)

Sezione tomografica - Onde SH - monte_ST8



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - monte_ST8

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST8 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	6.09
2	5	5.63
3	10	6.52
4	15	6.48
5	20	6.63
6	25	6.56
7	30	6.36
8	35	7.08
9	40	6.19
10	45	6.71
11	50	7.02
12	55	6.99
13	60	7.42
14	65	7.74
15	70	7.90
16	75	8.14
17	80	8.35
18	85	8.48
19	90	6.79
20	95	6.89
21	100	6.69
22	105	6.44
23	110	6.73
24	115	5.92

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST8 – ONDE SH

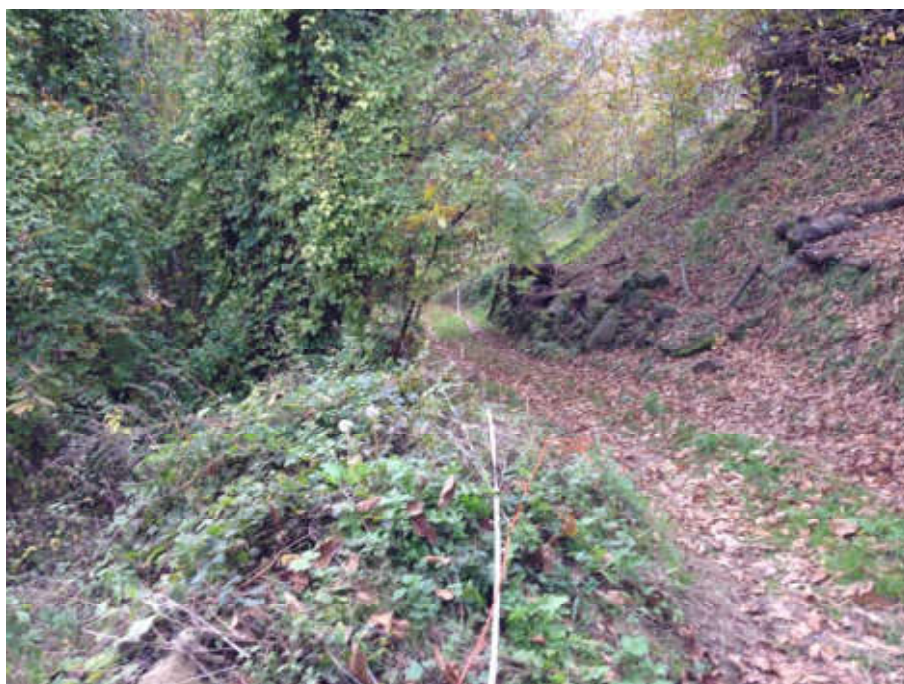
GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	6.07
2	5	5.29
3	10	5.74
4	15	6.24
5	20	5.42
6	25	6.89
7	30	7.57
8	35	8.60
9	40	8.59
10	45	7.52
11	50	7.59
12	55	7.98
13	60	7.94
14	65	8.49
15	70	8.15
16	75	7.82
17	80	8.17
18	85	8.37
19	90	5.33
20	95	5.44
21	100	5.40
22	105	5.48
23	110	5.18
24	115	4.29

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST8 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	530	2393
2	5	570	2455
3	10	610	2452
4	15	650	2459
5	20	690	2455
6	25	730	2429
7	30	770	2356
8	35	810	2161
9	40	824	2138
10	45	839	2212
11	50	853	2335
12	55	868	2319
13	60	882	2345
14	65	896	2486
15	70	911	2579
16	75	925	2659
17	80	926	2653
18	85	926	2780
19	90	927	2786
20	95	928	2746
21	100	928	2626
22	105	929	2571
23	110	929	2585
24	115	930	2662

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST8 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	245	1285
2	5	267	1441
3	10	289	1604
4	15	311	1782
5	20	334	1770
6	25	356	1572
7	30	378	1363
8	35	400	1320
9	40	409	1404
10	45	419	1489
11	50	428	1473
12	55	438	1408
13	60	447	1274
14	65	456	1209
15	70	466	1192
16	75	475	1256
17	80	470	1302
18	85	465	1300
19	90	460	1256
20	95	455	1194
21	100	450	1116
22	105	445	1064
23	110	440	1056
24	115	435	1064



Vista generale monte_ST8 da G1 verso G24.



Vista generale monte_ST8 da G18 verso G1.



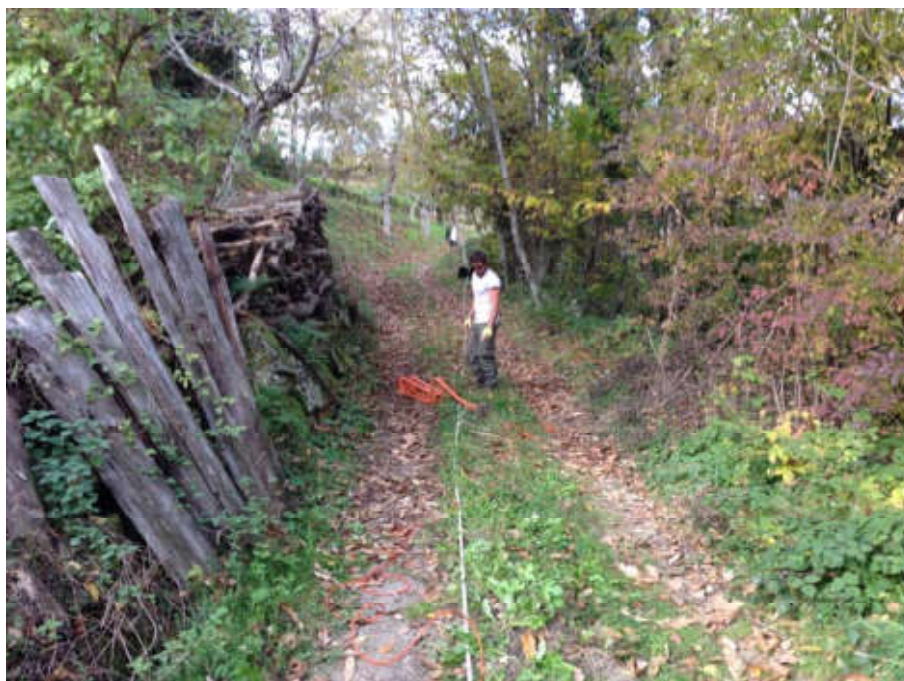
Vista generale monte_ST8 da G24 verso G1.



Shot point B – Onde SH – monte_ST8.



Shot point C – Onde SH – monte_ST8.



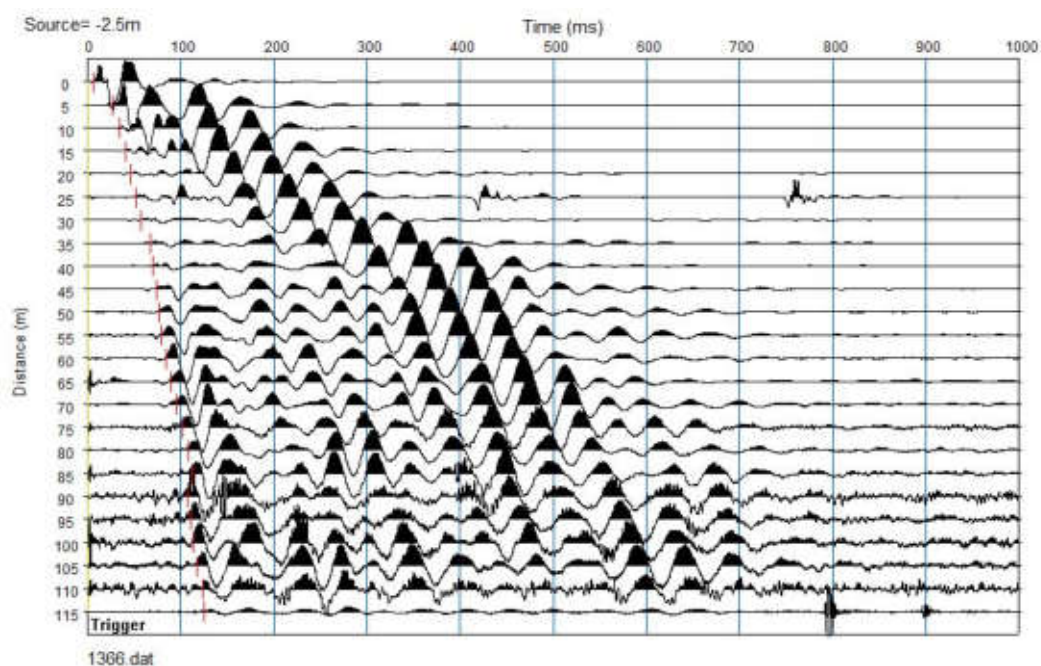
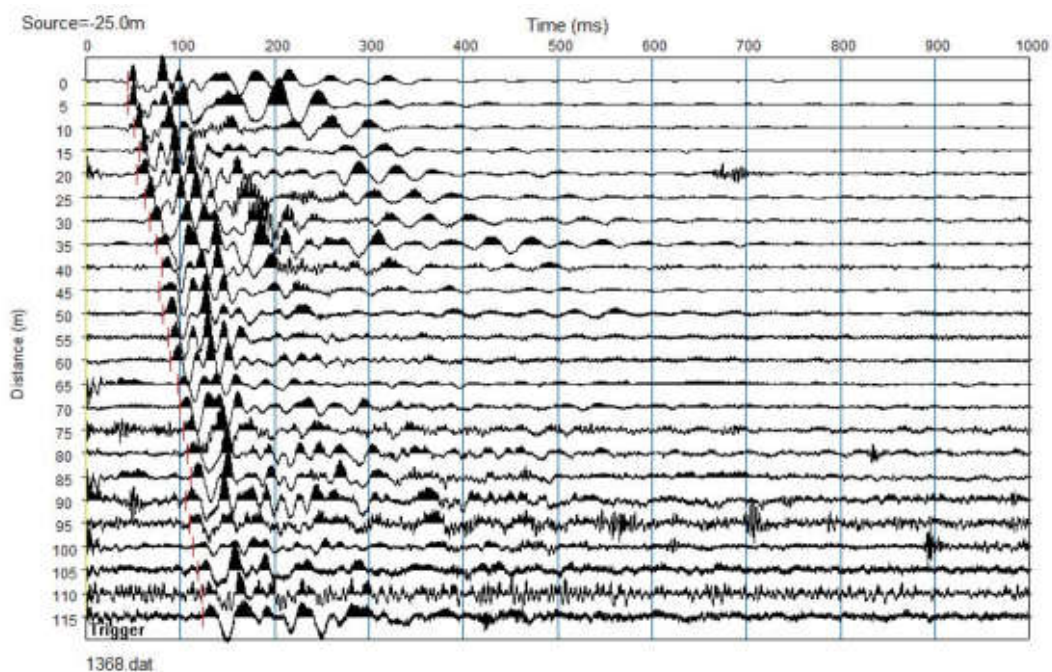
Shot point C – Onde P – monte_ST8.

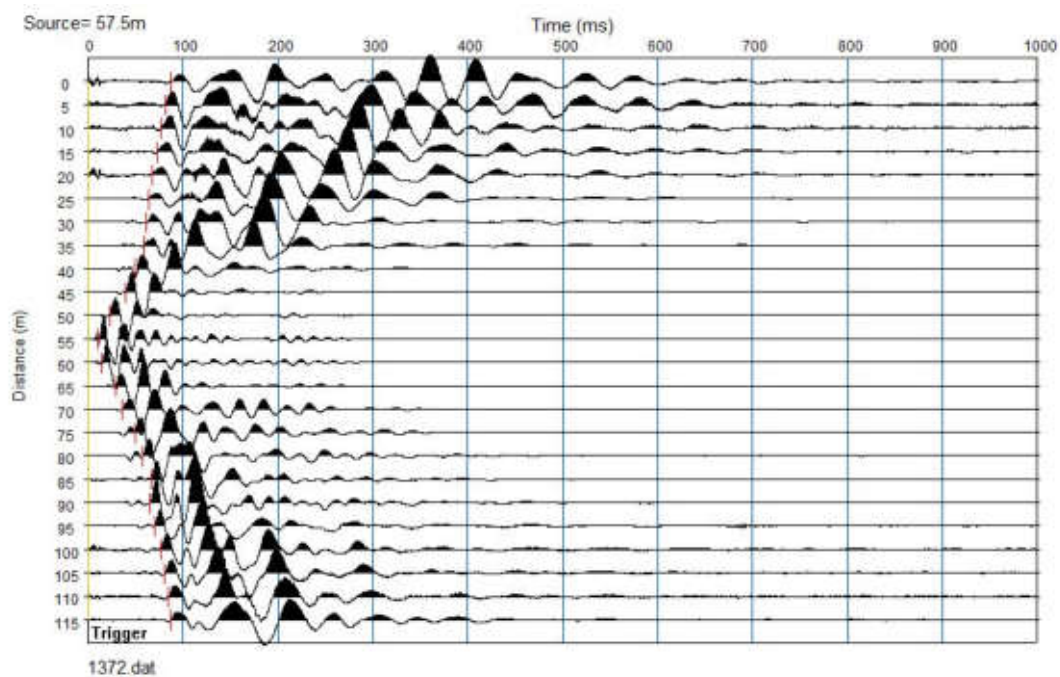
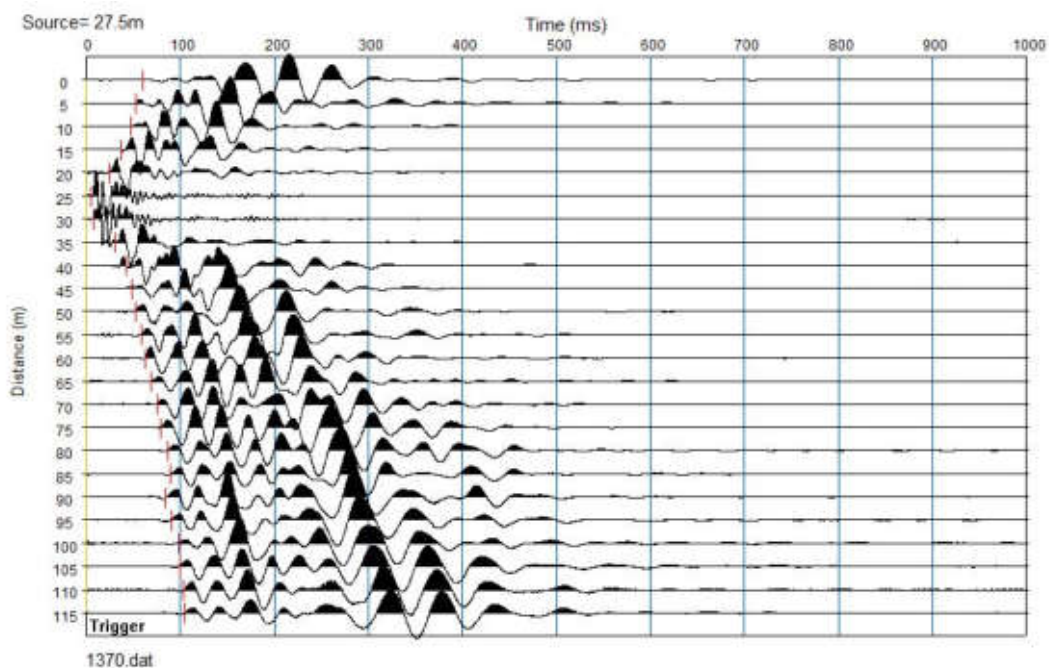
REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA – monte_ST8

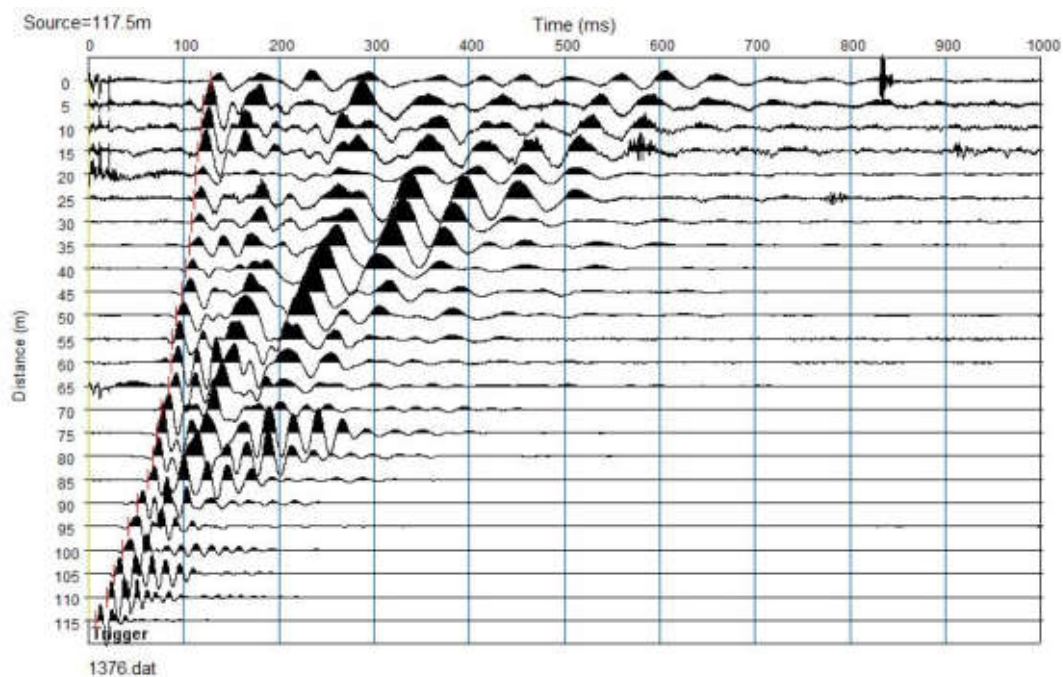
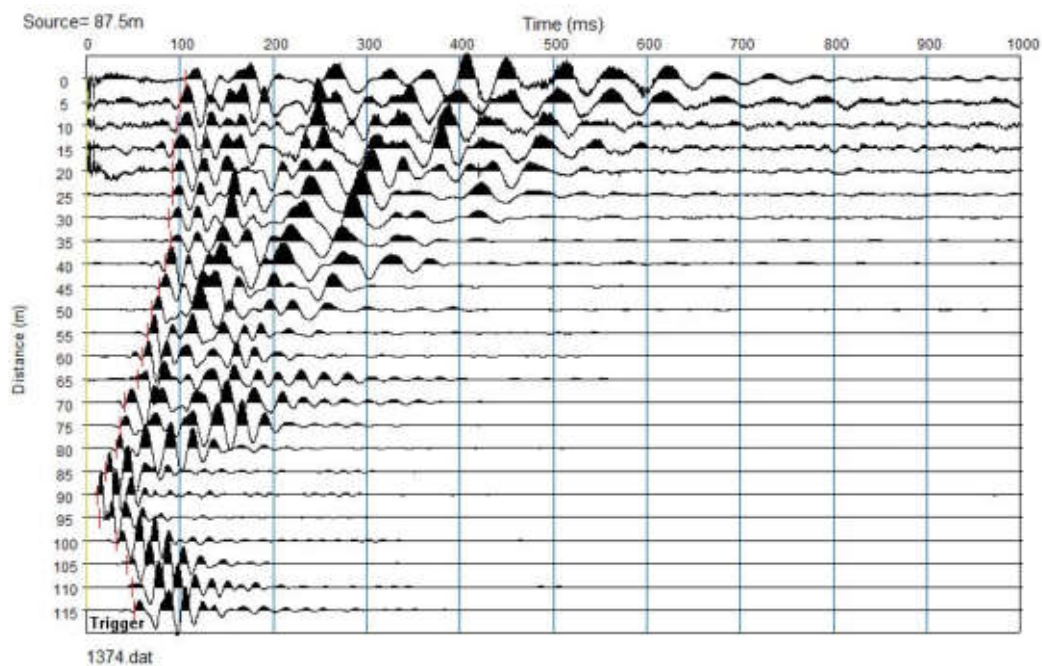
file 1366 - 1368 Onde SH

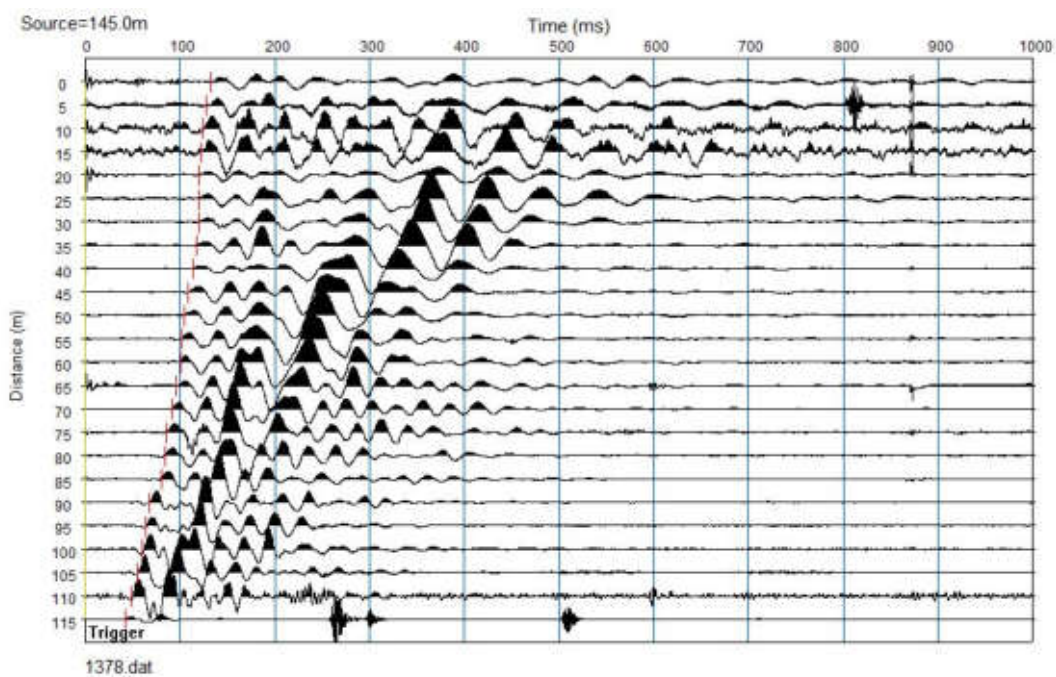
file 1379 - 1385 Onde P

ONDE SH Σ

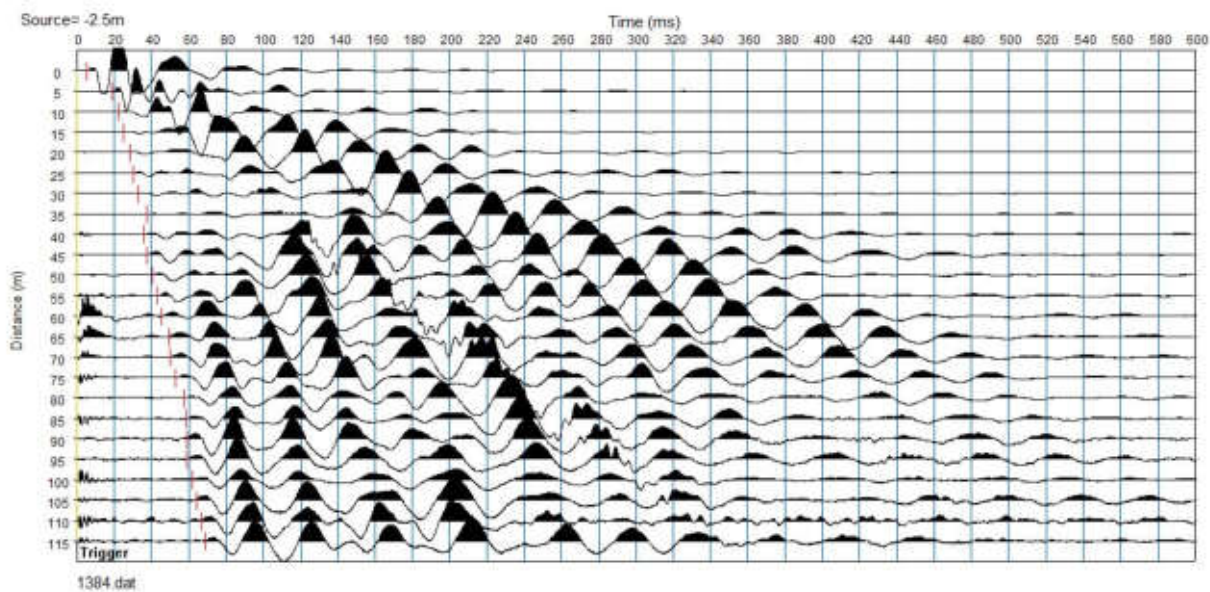
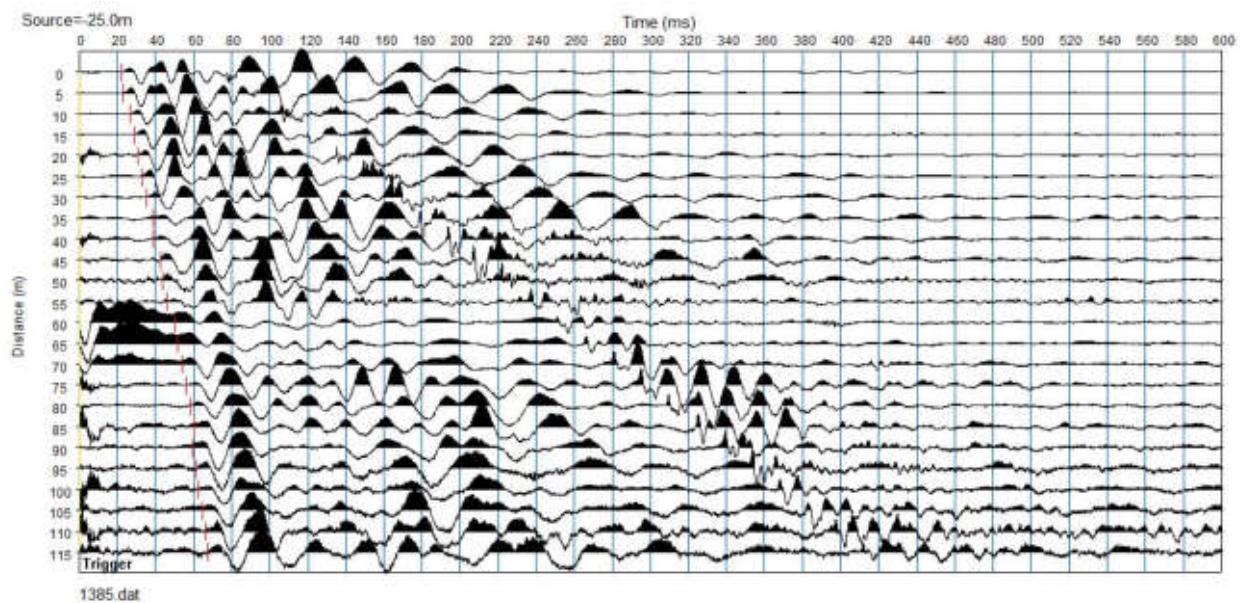


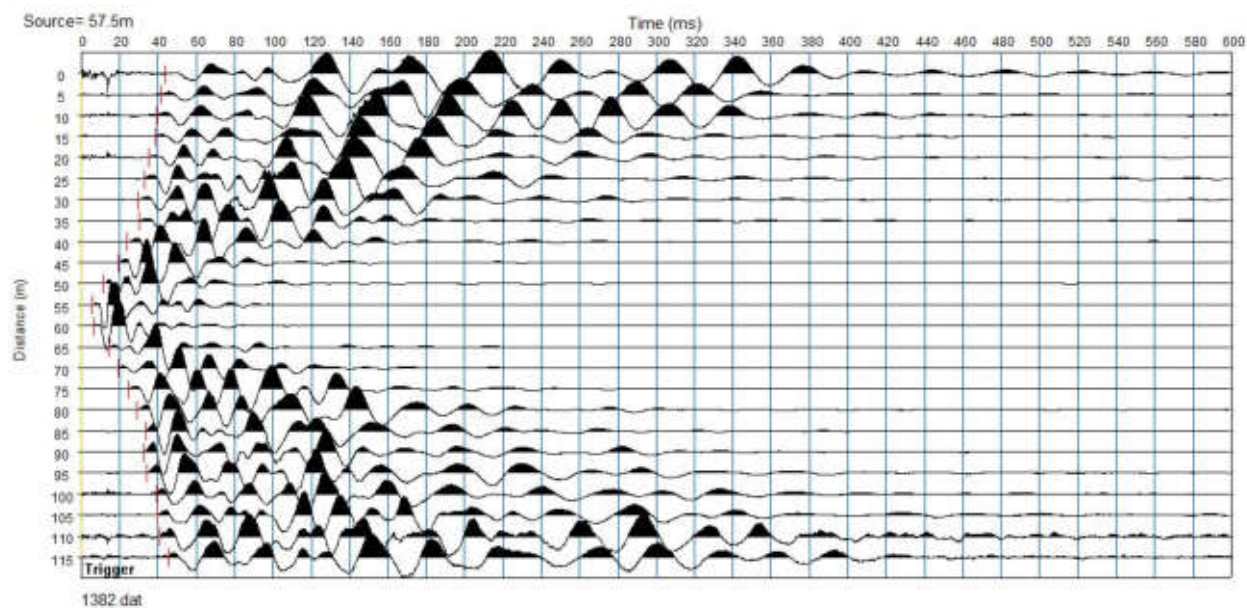
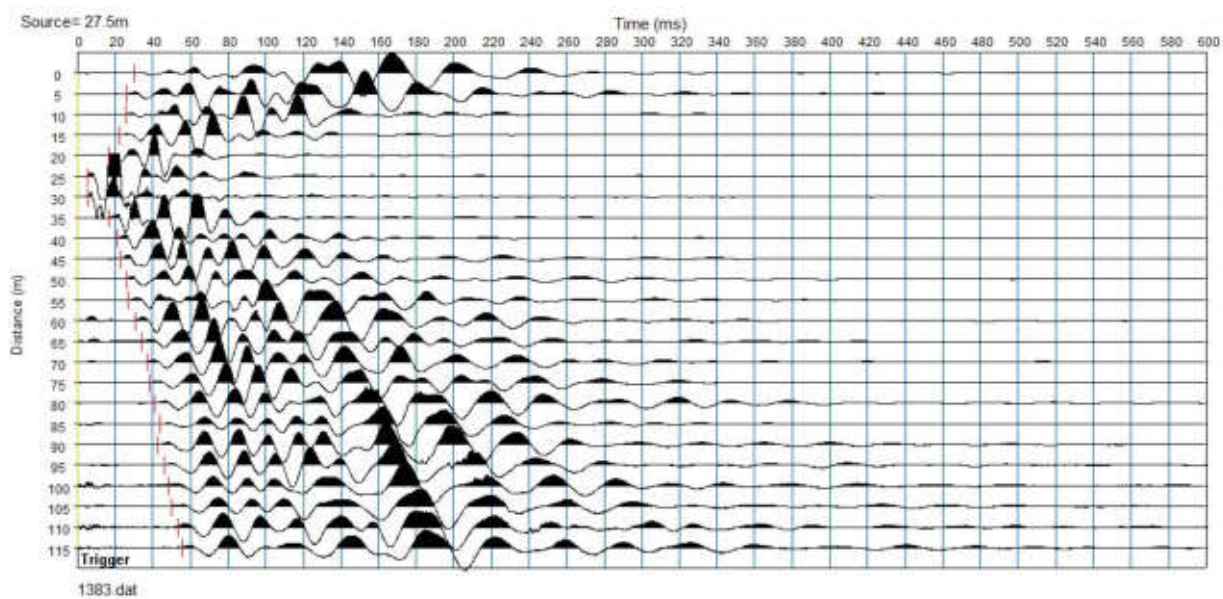


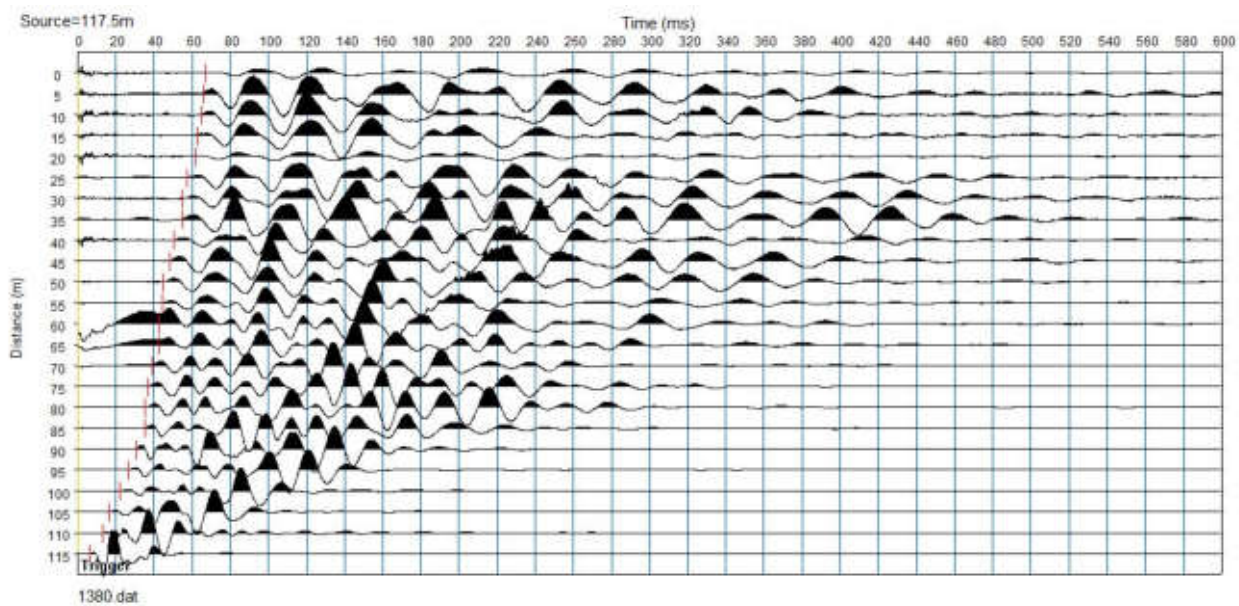
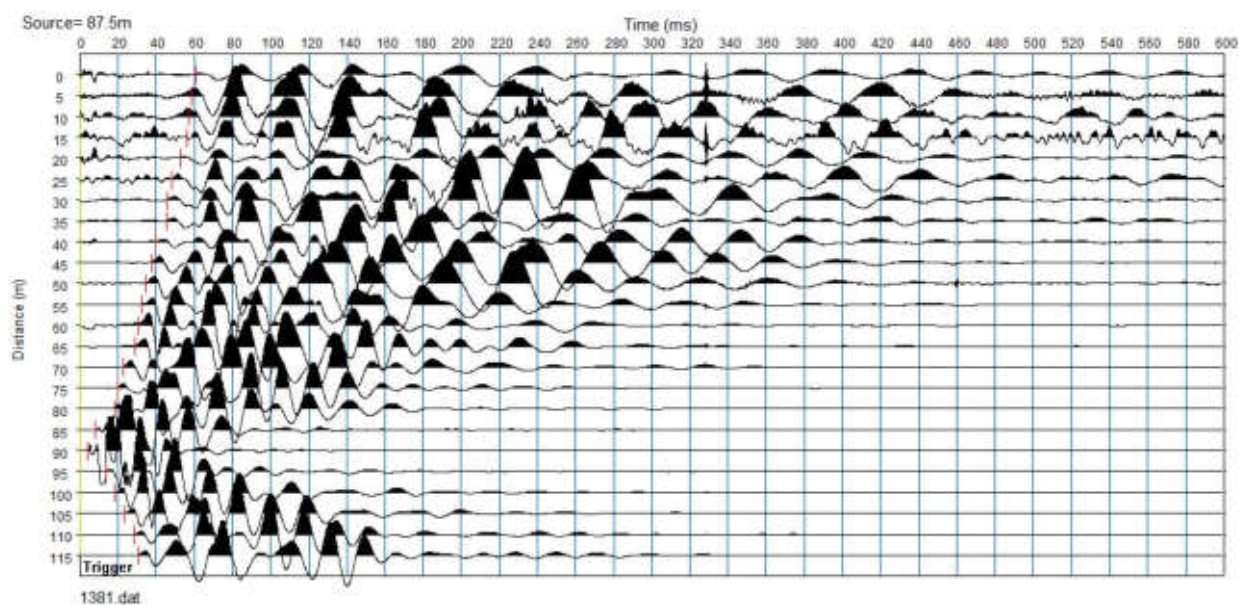


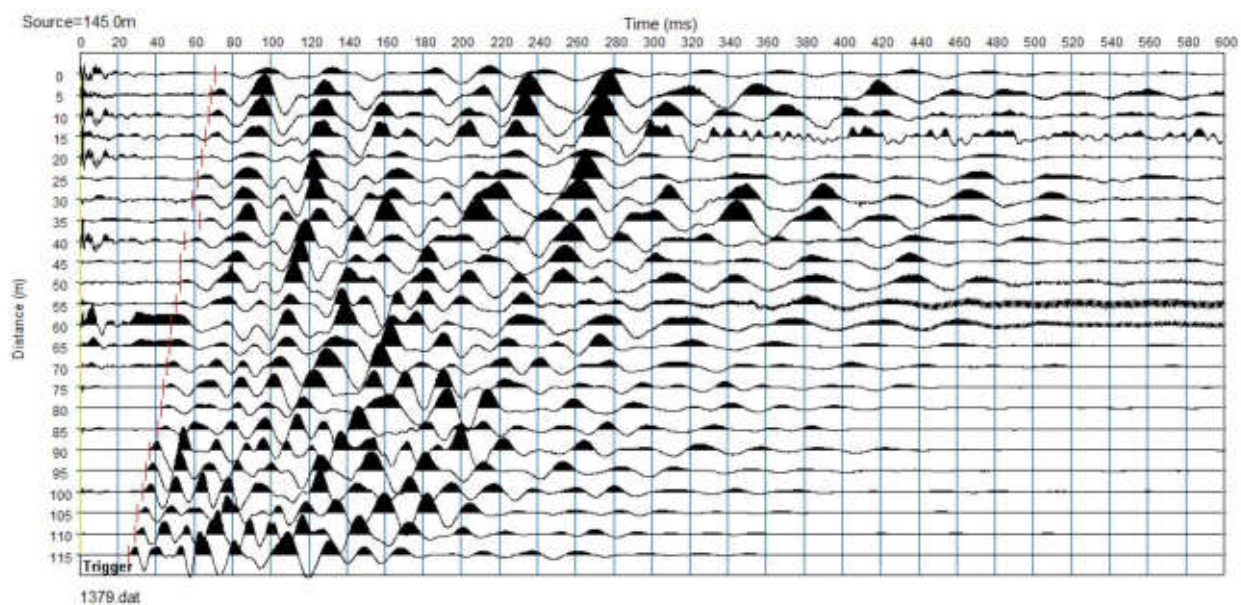


ONDE P









COMUNE DI MONTEMIGNAIO

PROVINCIA DI AREZZO

TITOLO:

INDAGINI E STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA (MS) DI LIVELLO 1 ED ANALISI DELLE CONDIZIONI LIMITE PER L'EMERGENZA (CLE) NEI COMUNI DI: TALLA - CASTEL FOCOIGNANO – ORTIGNANO – CASTEL SAN NICCOLÒ - MONTEMIGNAIO

“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH) LINEA SISMICA MONTE_ST9”

COMMITTENTE:

COMUNE DI MONTEMIGNAIO

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
20 Novembre 2014

TRIGEO S.N.C.
VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 400619 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea e Turchetti Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fax 0575 294500 - 055 9962212
Cell. 339 2288117 - 306 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO</i> <i>LINEA SISMICA MONTE_ST9</i>	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 1 di 12

INDICE

INTRODUZIONE.....	2
1.0 SCHEMA OPERATIVO.....	4
2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	4
3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI	6
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA	7
5.0 CONSIDERAZIONI FINALI	10
ALLEGATI	11

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante sismica a rifrazione (acquisizione ed elaborazione dati con metodologia tomografica) nel mese di Novembre 2014, per conto del **COMUNE DI MONTEMIGNAIO (AR)**, in località **PIAZZORO (Fig. 1)**.



Figura 1: Particolare della sezione monte_ST9.

L'indagine sismica, viene eseguita a supporto dello **STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1** del **COMUNE DI MONTEMIGNAIO**.

Dopo aver preso visione della zona e delle problematiche ad essa connesse è stata programmata una campagna di prospezioni geofisiche mediante sismica a rifrazione tesa a fornire, lungo la sezione convenuta con la committenza, una caratterizzazione delle litologie presenti nell'area d'indagine nonché determinare le geometrie (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo dei terreni in funzione dell'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche compressionali P e

di taglio SH. I dati ottenuti sono stati elaborati sia con la metodologia classica della rifrazione (GRM) che con la metodologia tomografica che permette di ottenere, attraverso un maggior numero di “energizzazioni” (7 per ciascun stendimento) ed un opportuno software di elaborazione, un’ottima caratterizzazione del substrato e dei materiali di copertura.

L’acquisizione delle onde SH combinate alle onde di compressione consente di ottenere i principali parametri elastico/dinamici e di fornire i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{s30}), così come richiesto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

La relazione tecnica riferisce sui risultati ottenuti dall’indagine sismica a rifrazione mediante Onde P e SH ed è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante:

- **Tavola 01:** Planimetria generale del profilo sismico **monte_ST9** eseguito, scala 1:10.000 (da CTR 1:10.000);
- **Tavola 02:** Planimetria di dettaglio scala 1:1.000 (da CTR 1:10.000) con ubicazione del profilo sismico **monte_ST9** eseguito, posizionamento dei geofoni e delle energizzazioni effettuate;
- Schema dettagliato della linea sismica con posizionamento relativo dei geofoni (quote-distanze), coordinate in Gauss-Boaga dei geofoni iniziale e finale e punti di energizzazioni (quote-distanze);
- **Tabelle Tempi di arrivo Onde P e SH** relativi ai vari scoppi, con riportati posizione, tempo di arrivo e quota di ciascun geofono;
- **Tavole 03-07:** Diagrammi Tempi d’arrivo-Distanze (Dromocrone) Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 04-08:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-09:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 06-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Tabelle Profondità calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- Tabelle Velocità sismiche calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- Documentazione fotografica della linea sismica;
- Stampe delle registrazioni di campagna.

Di seguito viene descritto, lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all’interpretazione scaturita dai dati elaborati.

1.0 SCHEMA OPERATIVO

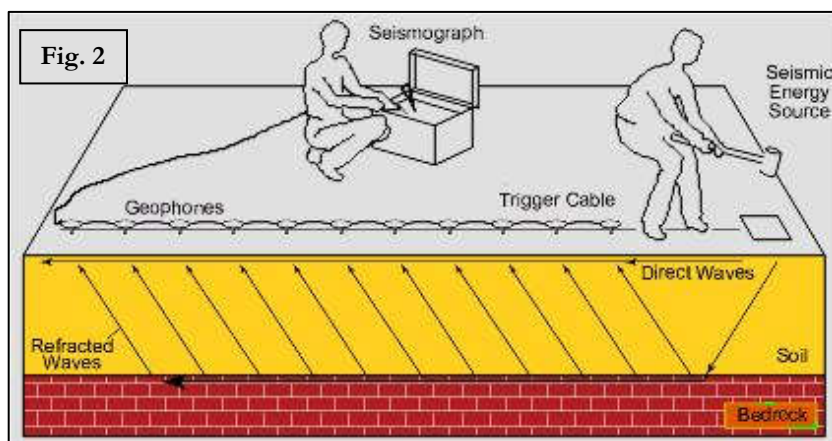
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo geofono e l'ubicazione di ogni punto di energizzazione (shot point).

Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati e degli spazi a disposizione è stata scelta una distanza intergeofonica di 4 m per la sezione eseguita sia con Onde P che con Onde SH. Complessivamente sono stati acquisiti **184 ml** di rilievo suddivisi in due basi ciascuna di **92 ml** (onde P-SH).

2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

Un sistema digitale di acquisizione dati (**Fig. 2**) in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori



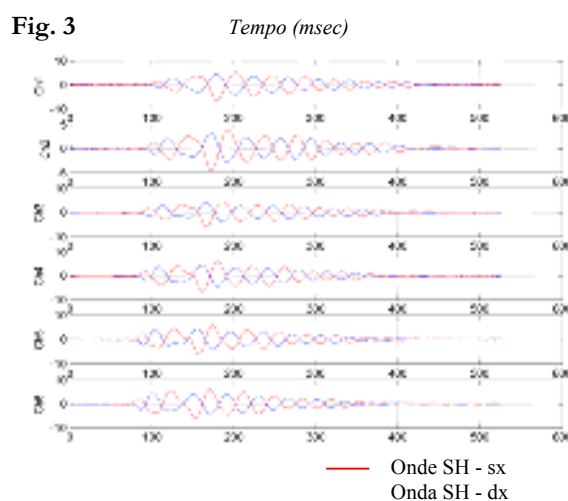
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: **A/D Conversion:** 24 bit; **Dynamic Range:** 144 dB; **Distortion:** 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; **Bandwidth:** 1.75 Hz to 20 kHz; **Common Mode**

Rejection: > -100 dB at ≤ 100 Hz, 36 dB; **Crosstalk:** -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms; **Noise Floor:** 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz; **Stacking Trigger Accuracy:** 1/32 of sample interval; **Maximum Input Signal:** 2.8 VPP; **Input Impedance:** 20 kOhm, 0.02 uF; **Preamplifier Gains;** **Anti-alias Filters:** -3 dB at 83% of Nyquist frequency; **Sample Interval:** 0.02 to 16.0 ms; **Record Length:** 16,000 samples; **Acquisition and Display Filters:** *LowCut, Notch, HighCut*; **Data Formats:** SEG-2 standard with SGOS.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni “PASI” verticali ed orizzontali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile e nel caso dei geofoni orizzontali dotati di bolla livellante, con frequenza caratteristica di 10 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

Generalmente come sorgente di energia sismica per le onde P, nel caso di rilievi a piccola profondità si fa uso di una mazza da 8 kg o del Minibang; nel nostro caso, dato le distanze in gioco, l'utilizzo della mazza ha consentito di ottenere risultati ottimali. Per quel che riguarda la produzione di onde SH si utilizza generalmente una trave di circa 2.00 m di lunghezza, la cui estremità viene colpita con una massa battente di ca. 10/15 kg. La trave è resa solidale al terreno mediante l'applicazione di un carico (rappresentato nel nostro caso dalla stessa autovettura). La tavola viene colpita lateralmente dalla massa, in modo da generare onde di taglio SH. Per poter riconoscere in maniera inequivocabile sui sismogrammi le onde di taglio S, che non costituiscono mai la prima fase, sono state effettuate energizzazioni ai due estremi della tavola, in modo da generare treni d'onda identici, ma in opposizione di fase (**Fig. 3**). Ogni energizzazione viene registrata sull'Hard Disk sia singolarmente che, invertendo la fase, come somma.



Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati in rifrazione, è stato il *Generalized Reciprocal Method* (GRM) che consente di delineare rifrattori ondulati, ad ogni profondità e di numero infinito da dati sismici a rifrazione in linea che consistano di tempi-distanza in andata e ritorno. I tempi di arrivo a due sensori distinti e per profili in andata e ritorno sono combinati per ottenere la velocità del rifrattore, il calcolo della sezione tempi-profondità ed il fattore di conversione in profondità. Il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati

fino ad angoli superiori a 20 gradi. Il GRM in definitiva è un metodo di interpretazione globale e sintetico per il quale molti dei metodi esistenti sono dei casi particolari.

Oltre al GRM, in alcuni casi, è stato utilizzato, per conferma e confronto, un algoritmo di inversione che usa il *delay-time method* per ottenere un primo modello approssimato in profondità, che viene quindi affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed un processo di aggiustamento con iterazioni successive che tende a minimizzare le discrepanze tra i tempi di arrivo misurati in campagna ed il corrispondente modello di profondità. In questo caso specifico è stato utilizzato come sistema di elaborazione principale il *delay-time method* affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed il GRM come verifica e conferma dei risultati ottenuti.

Terminata la fase preliminare di verifica dati, mediante la metodologia GRM, è stato utilizzato un nuovo sistema di analisi dei dati sismici che consente di elaborare profili a bassa, media ed elevata copertura. Le dromocrone ricavate dall'interprete vengono elaborate sulla base di tre distinte metodologie analitiche: CMP (intercept time refraction), Plus-Minus e Wavefront. Il metodo Wavefront rappresenta un'ulteriore ottimizzazione del metodo GRM. Invece di assumere come costante la distanza XY tra i vari ricevitori, il metodo Wavefront stima ad ogni geofono la distanza rispetto agli altri, attraverso l'angolo d'emergenza del fronte d'onda sia diretto che inverso. Tale caratteristica permette di analizzare, con ottimi risultati, anche rifrattori con superfici irregolari.

Il software, utilizzato nel corso del presente lavoro, permette, successivamente ai predetti passaggi, di utilizzare il metodo "Delta-t-V" che è in grado di evidenziare gradienti di velocità verticali all'interno degli strati, aumenti lineari di velocità con la profondità, faglie e locali anomalie di velocità. Il metodo Delta-t-V valuta la distribuzione delle velocità lungo il profilo di interesse. Ciò consente, sfruttando il metodo dell'inversione, di ottenere in corrispondenza delle varie stazioni installate, valori di profondità in funzione della velocità.

I dati così ottenuti vengono definitivamente elaborati mediante metodologia tomografica che permette una stima migliore delle velocità, risultando meno dipendente dalla spaziatura dei ricevitori e da topografie estreme.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-07** sono rappresentate, le curve tempi-distanze, Dromocrone, che scaturiscono dalle letture eseguite sui dati di campagna (onde P-SH). Nel diagramma tempi-distanze,

in ascisse, in scala 1:500 sono riportate le distanze dei sensori dall'inizio dell'allineamento e, in ordinate, i tempi di arrivo, espressi in millisecondi agli stessi sensori.

Nelle **Tavole 04-08**, sono state riportate le sezioni sismostratigrafiche ottenute (onde P-SH), al di sotto della superficie topografica l'involuppo dei cerchi rappresenta l'interfaccia tra uno strato ed un altro. I metodi di interpretazione in sismica a rifrazione forniscono, infatti, gli spessori degli strati valutando la distanza minima tra i sensori ed il rifrattore sulla perpendicolare allo strato e non sulla sua verticale; di conseguenza la superficie rifrangente, al di sotto di ogni dato punto, può giacere ovunque su di un cerchio centrato in quel punto e con raggio uguale allo spessore dello strato.

Ciò è quanto riportato nelle sezioni al di sotto della superficie topografica. L'involuppo dato da questi cerchi è una buona approssimazione della forma e posizione del rifrattore.

Nelle **Tavole 05-09** sono riportate le sezioni interpretate (sezioni litostratigrafiche) sulla base sia dei dati ottenuti (sezioni sismostratigrafiche), sia di considerazioni geologiche generali relative alla zona in esame che sulla base dei dati forniti dal tecnico incaricato.

Infine nelle **Tavole 06-10** abbiamo le sezioni tomografiche interpretate realizzate mediante la "WET Tomography" con le relative curve di isovelocità. La scala in falsi colori presente, esprime i valori di velocità all'interno della sezione.

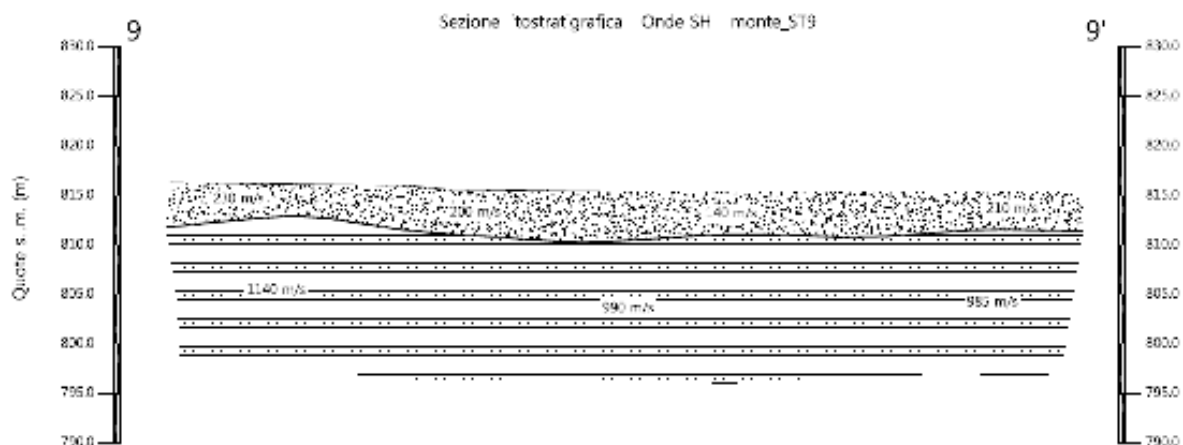
Le sezioni litostratigrafiche interpretate assieme alle sezioni tomografiche, rappresentano il risultato conclusivo dell'analisi dei dati sintetizzati nelle tavole e tabelle allegate.

4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di una superficie rifrangente che si localizza a profondità compresa tra 4.00 m e 7.80 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 5.50 m.

Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 330 e 435 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 140 e 230 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3) che presenta velocità comprese tra 2.040 e 2.370 m/s (onde P) e tra 985 e 1.140 m/s (onde SH).

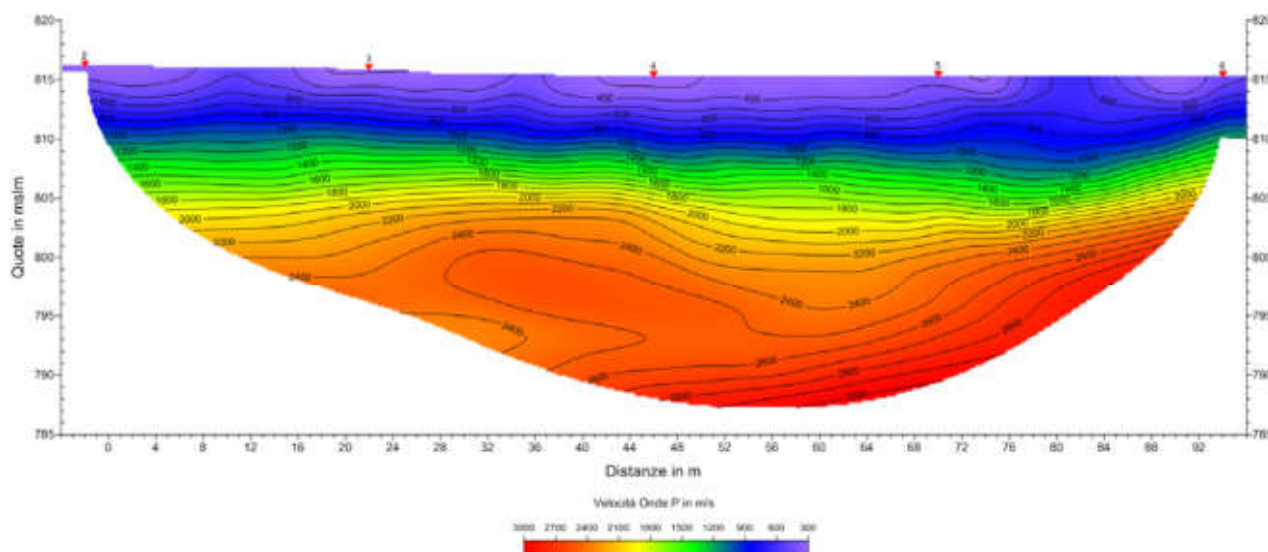
La **Sezione ST9**, effettuata in direzione NNO-SSE, in località di Piazzoro, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento del rifrattore individuato. Quest'ultimo presenta profondità inferiori nel tratto iniziale della sezione (prossime a 4.25-4.85 m),



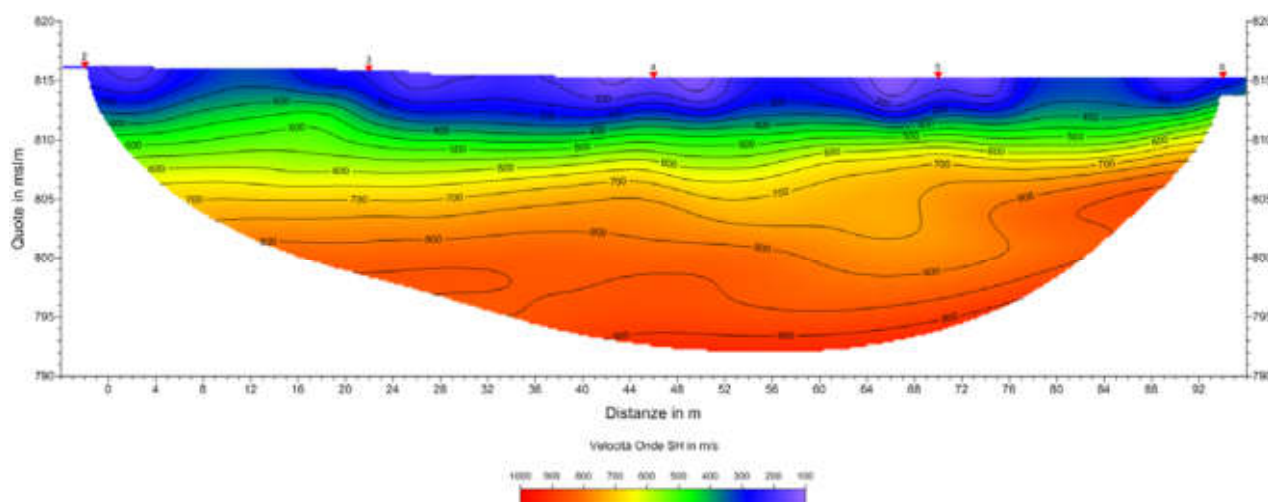
tende poi ad approfondirsi nel tratto centrale (profondità comprese tra 7.20 e 7.50 m), ed infine, nell'ultimo tratto della sezione, mostra una leggera risalita attestandosi a profondità di 5.50 m. Il rifrattore ottenuto dall'elaborazione delle onde P evidenzia un andamento confrontabile con quello ottenuto dalle onde SH, tuttavia presenta valori di profondità leggermente inferiori.

Le velocità del substrato roccioso mostrano per le onde P, valori compresi tra 2.040 e 2.370 m/s, con valori crescenti nella parte centrale dello stendimento e decrescenti verso la porzione iniziale e finale. Le velocità delle onde SH mostrano il medesimo andamento con velocità che passano da 985 a 1.140 m/s.

L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH in accordo con i risultati del



GRM mostra materiali superficiali a bassa velocità con spessori variabili, maggiori nel tratto finale, il passaggio al substrato roccioso risulta evidenziato dal raffittimento delle curve di isovelocità (a partire



da quella dei 800-1.000 m/s onde P), mentre per le onde SH, il contatto si osserva a partire dalla curva dei 400-500 m/s.

Il substrato roccioso, in virtù dell'andamento regolare delle curve di isovelocità, risulta prevalentemente omogeneo e compatto.

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO LINEA SISMICA MONTE _ST9	Novembre 2014
		Comune di Montemignaio (AR)
		Pag. 10 di 12

5.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **PIAZZORO, MONTEMIGNAIO (AR)**. L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante sismica a rifrazione, ha permesso di identificare in profondità il passaggio tra i materiali più superficiali (detrito di versante), ed il substrato litoide integro costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3).

Sulla base di quanto fino ad ora riportato è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive relativamente all'area in oggetto:

- I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di una superficie rifrangente che si localizza a profondità compresa tra 4.00 m e 7.80 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 5.50 m;
- nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 330 e 435 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 140 e 230 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3) che presenta velocità comprese tra 2.040 e 2.370 m/s (onde P) e tra 985 e 1.140 m/s (onde SH).

Firenze, li 20/11/2014

TRIGEO SNC
TRIGEO s.n.c.
di Nenetti Andrea & Zanfani Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02026110518
Tel/Fax 0575 294500 - 056 9962212
Cell. 339 3068117 - 306 7213623
www.trigeo.it - info@trigeo.it

TRIGEO SNC

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA NINO BIXIO, 9 - 50131 FIRENZE
TEL/FAX 055 400619 – CELL. 3287213928

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO</i> <i>LINEA SISMICA MONTE_ST9</i>	Novembre 2014
		Comune di Montemignaio (AR)
		Pag. 11 di 12

ALLEGATI

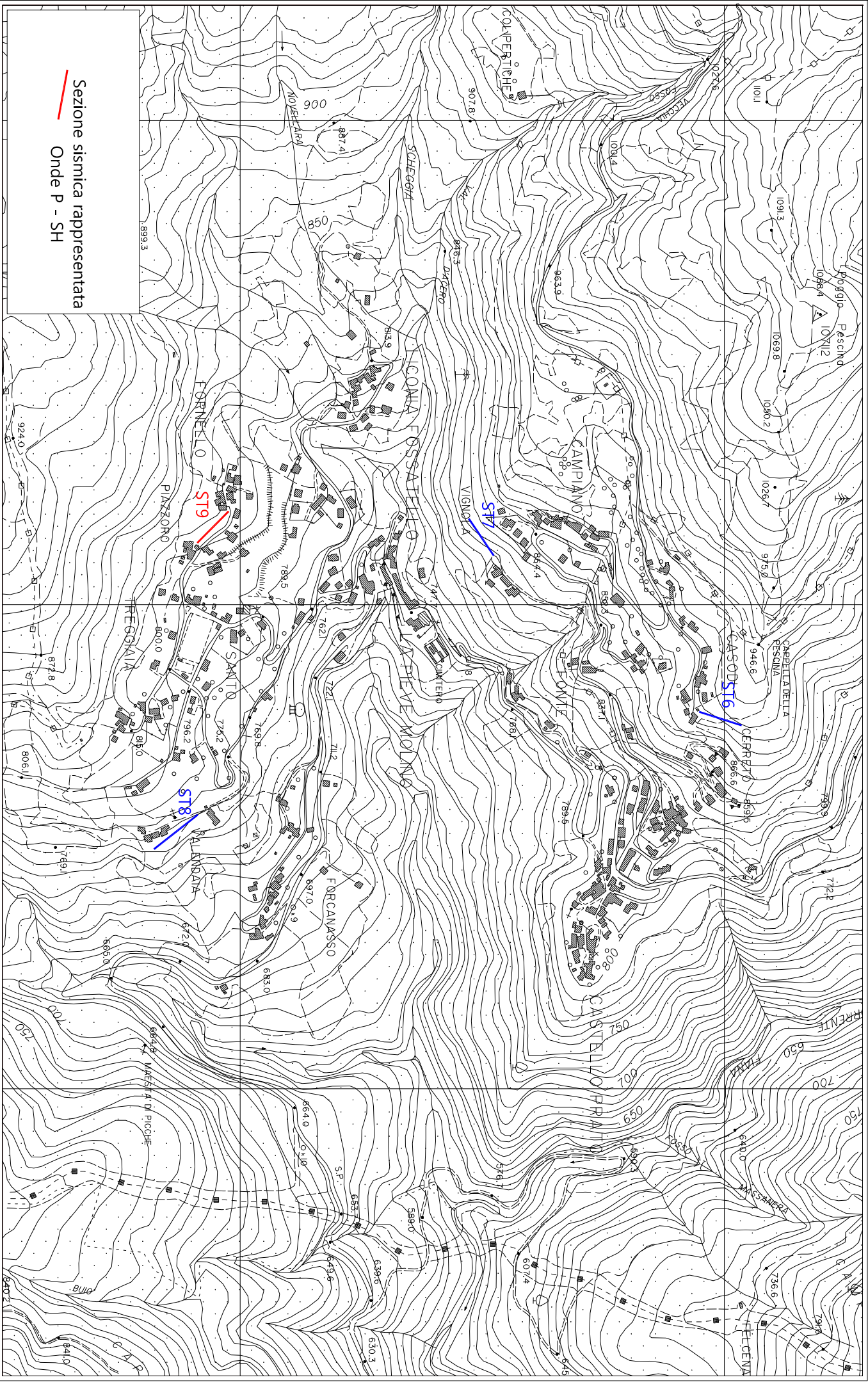
TRIGEO SNC

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

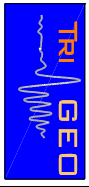
VIA NINO BIXIO, 9 - 50131 FIRENZE
TEL/FAX 055 400619 – CELL. 3287213928

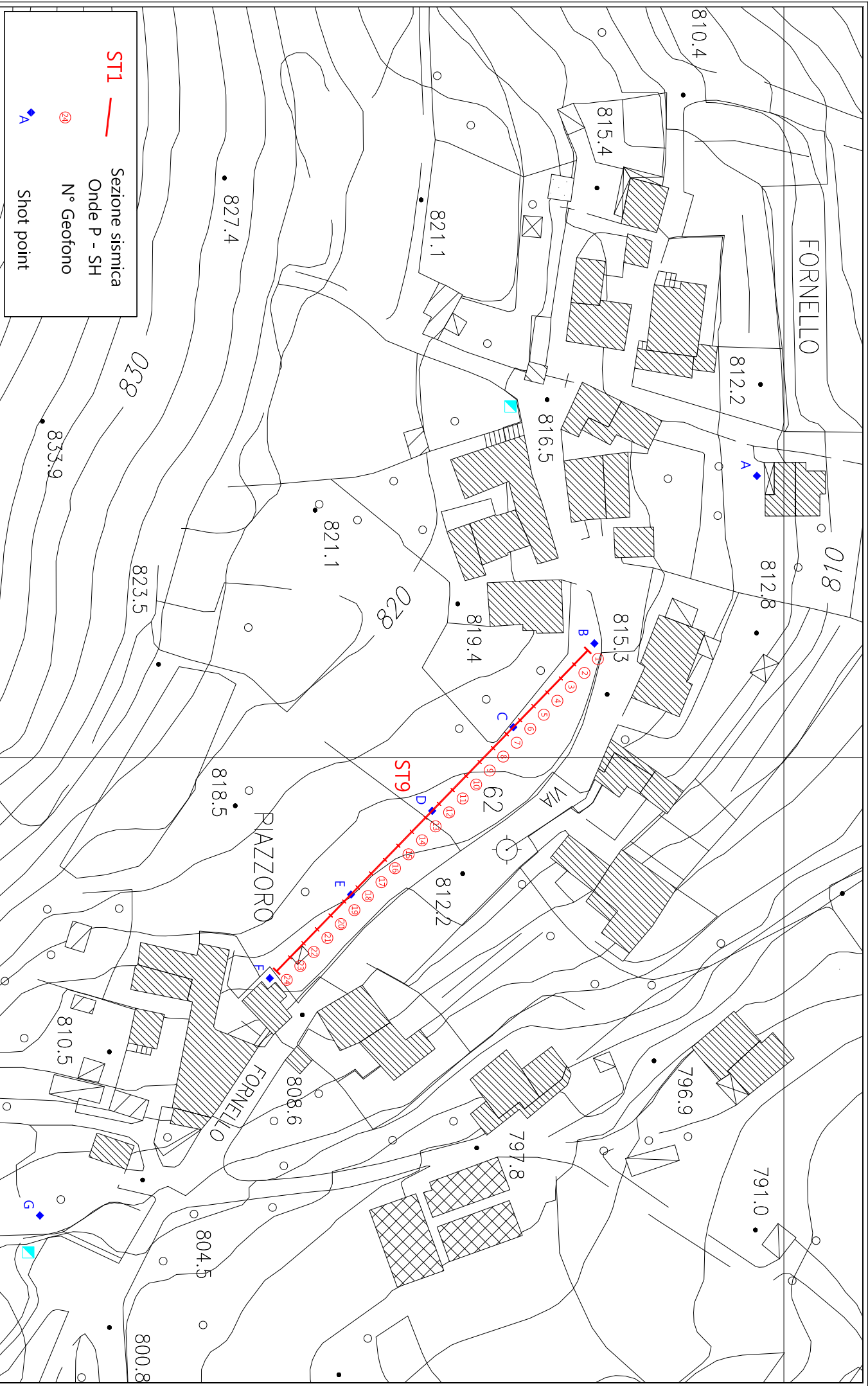


Scala 1: 10000

Novembre 2014

Tavola 01 - Planimetria generale - monte_ST9





ST1

Sezione sismica

—

Onde P - SH

⊗

N° Geofono

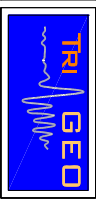
◆

Shot point

Scala 1: 1000

Novembre 2014

Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - monte_ST9



SCHEMA DELLA LINEA – monte_ST9	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA monte_ST9

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	816.30
2	4	4.0	816.25
3	8	4.0	816.20
4	12	4.0	816.15
5	16	4.0	816.10
6	20	4.0	816.05
7	24	4.0	816.00
8	28	4.0	815.60
9	32	4.0	815.55
10	36	4.0	815.50
11	40	4.0	815.45
12	44	4.0	815.40
13	48	4.0	815.40
14	52	4.0	815.40
15	56	4.0	815.40
16	60	4.0	815.40
17	64	4.0	815.40
18	68	4.0	815.40
19	72	4.0	815.40
20	76	4.0	815.40
21	80	4.0	815.40
22	84	4.0	815.40
23	88	4.0	815.40
24	92	4.0	815.40

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	4845975,98	4845911,32
Y(m)	1710806,96	1710872,41

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

ONDE P	Σ ONDE SH	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.1406	DAT.1389	A - ESTERNO SX	-50.0	812.40
DAT.1405	DAT.1387	B - ESTREMO SX	-2.0	816.30
DAT.1404	DAT.1391	C - INTERMEDIO SX	22.0	816.05
DAT.1403	DAT.1393	D - CENTRALE	46.0	815.40
DAT.1402	DAT.1395	E - INTERMEDIO DX	70.0	815.40
DAT.1401	DAT.1397	F - ESTREMO DX	94.0	814.40
DAT.1400	DAT.1398	G - ESTREMO DX	162.0	804.50

TEMPI ONDE P E ONDE SH – monte_ST9	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

TEMPI ONDE P – monte_ST9

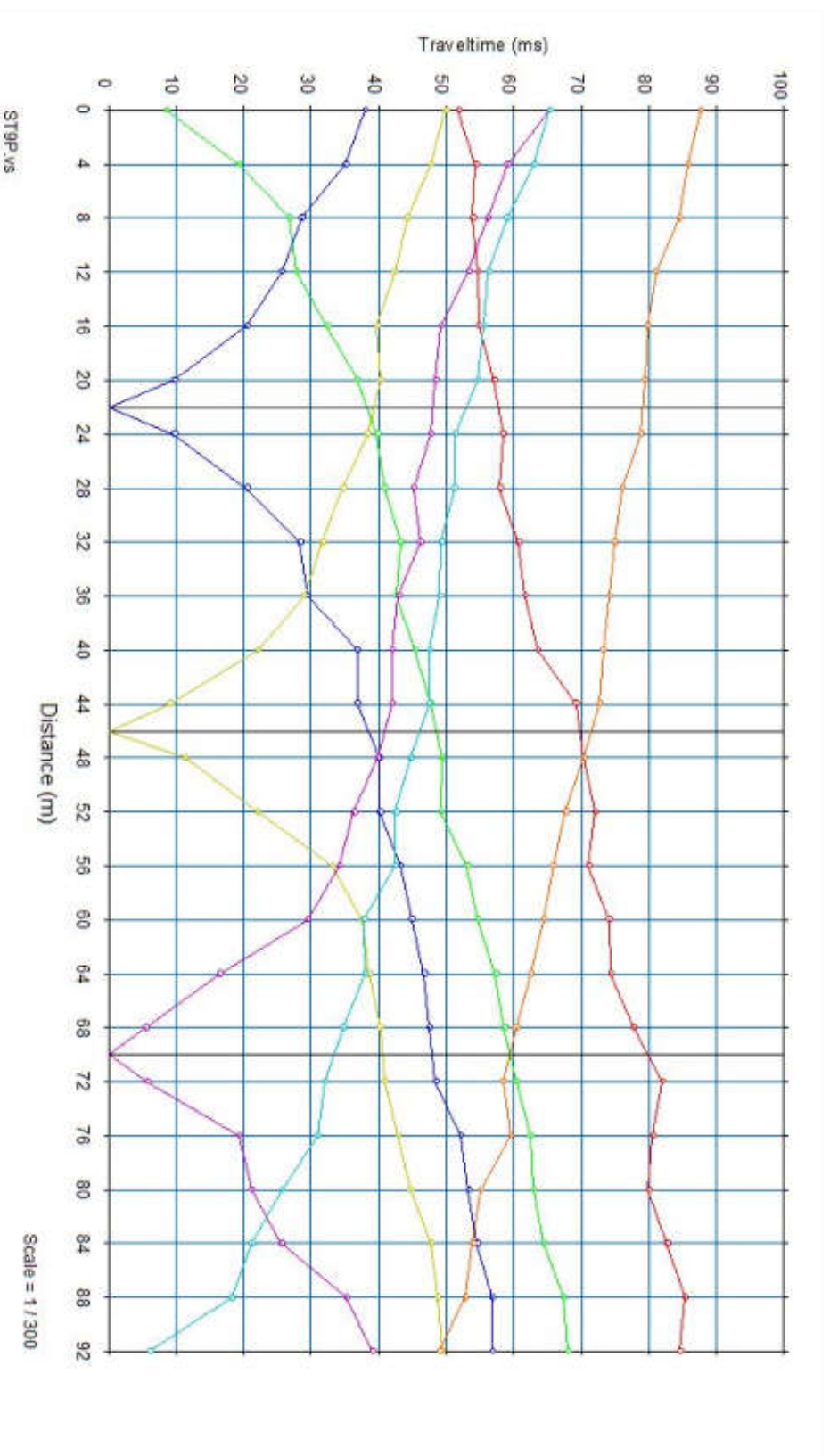
GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	51.75	8.52	37.88	49.85	65.28	65.28	87.63
2	4	54.25	19.30	35.00	47.60	59.01	62.95	85.71
3	8	53.87	26.69	28.50	44.22	56.12	59.01	84.50
4	12	54.63	27.82	25.57	42.25	53.22	56.20	81.04
5	16	54.75	32.32	20.42	39.72	49.13	55.50	79.75
6	20	57.00	36.82	9.65	40.20	48.38	54.63	79.38
7	24	58.38	39.72	9.65	38.25	47.60	51.25	78.75
8	28	57.88	40.84	20.42	34.57	45.13	51.13	76.00
9	32	60.62	43.09	28.30	31.68	46.13	49.20	74.93
10	36	61.63	42.50	29.43	28.94	42.88	49.00	74.13
11	40	63.52	45.34	36.82	22.03	41.97	47.52	73.16
12	44	69.13	47.60	36.82	9.00	41.97	47.50	72.63
13	48	70.38	49.36	40.00	11.26	39.88	44.75	70.38
14	52	72.00	49.13	40.13	22.03	36.34	42.45	67.63
15	56	71.00	53.00	43.25	33.02	34.09	42.38	65.77
16	60	74.00	54.63	44.88	37.47	29.43	37.75	64.38
17	64	74.29	57.25	46.63	38.50	16.40	37.88	62.50
18	68	77.67	58.50	47.50	40.20	5.50	34.63	60.25
19	72	81.94	60.25	48.38	40.84	5.63	32.00	58.37
20	76	80.56	62.39	52.10	42.75	19.30	30.88	59.50
21	80	79.92	62.87	53.22	44.63	21.13	25.63	55.13
22	84	82.63	64.38	54.51	47.63	25.50	21.13	53.88
23	88	85.38	67.38	56.76	48.63	35.13	18.13	52.75
24	92	84.58	68.02	56.76	49.36	39.00	6.00	49.00

TEMPI ONDE P E ONDE SH – monte_ST9	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

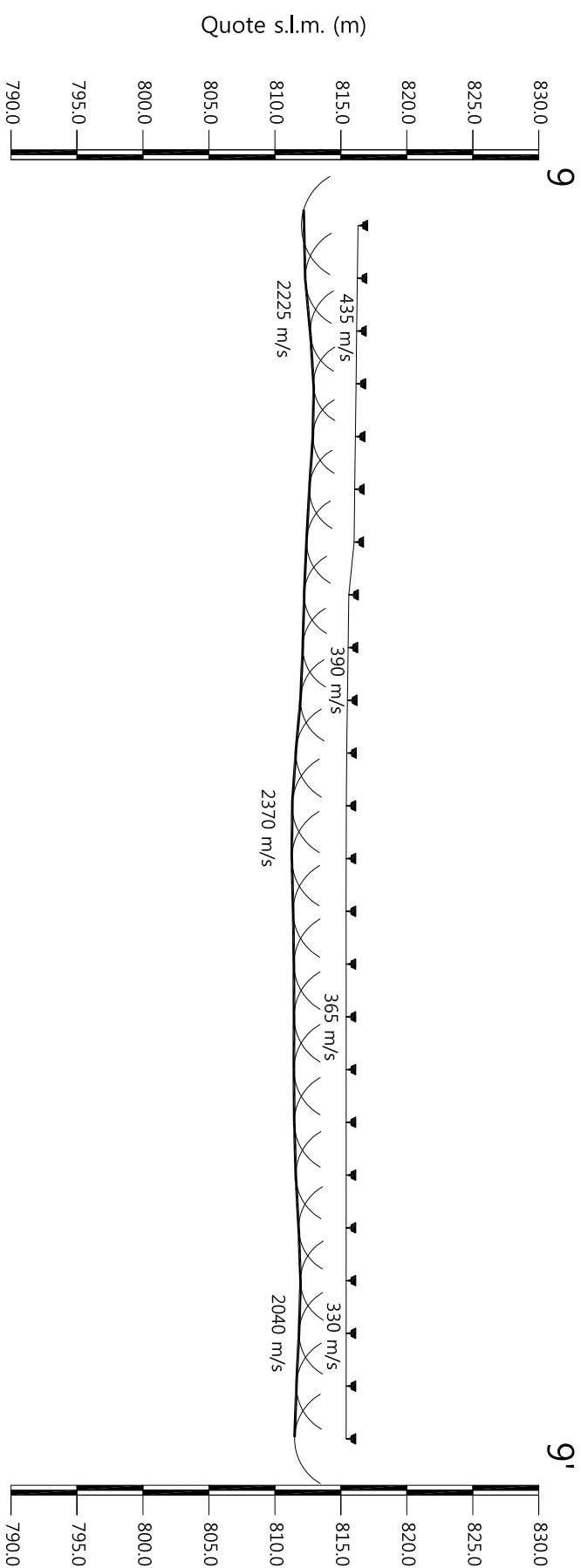
TEMPI ONDE SH – monte_ST9

GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	119.87	11.82	66.33	111.43	140.38	154.85	227.93
2	4	119.87	34.01	56.20	102.99	128.56	147.13	224.55
3	8	126.87	45.83	44.14	94.31	123.25	143.03	218.77
4	12	126.87	53.55	34.97	88.38	116.50	137.00	215.15
5	16	130.00	62.95	27.63	80.80	110.75	130.97	211.77
6	20	142.06	70.67	11.10	79.11	109.74	126.87	215.63
7	24	145.44	82.49	12.78	74.77	105.40	127.59	215.15
8	28	148.09	88.52	34.01	68.98	98.00	124.22	220.45
9	32	152.19	93.58	51.86	60.13	95.88	118.88	218.77
10	36	157.50	100.34	61.99	54.51	89.24	115.75	215.15
11	40	164.98	106.37	71.39	42.45	85.87	110.47	211.35
12	44	168.36	108.63	76.46	16.16	79.11	105.00	204.75
13	48	175.35	109.74	79.11	17.85	72.36	96.96	198.99
14	52	177.04	113.75	85.87	45.83	66.33	87.55	194.75
15	56	182.83	122.00	88.75	48.48	57.89	77.13	194.00
16	60	184.52	125.75	95.27	57.89	52.82	71.04	190.13
17	64	189.82	130.97	101.88	66.33	46.79	67.63	184.52
18	68	193.50	138.00	103.71	74.77	16.88	64.88	180.13
19	72	193.20	139.50	110.25	77.13	12.78	57.63	174.38
20	76	197.30	144.88	113.38	84.38	39.13	51.86	168.36
21	80	200.68	147.13	116.50	85.14	44.14	44.14	157.50
22	84	200.68	151.47	119.87	91.13	51.35	34.97	151.75
23	88	205.98	153.88	127.59	99.75	61.99	28.38	147.63
24	92	207.67	159.64	133.62	102.99	67.29	16.88	147.75

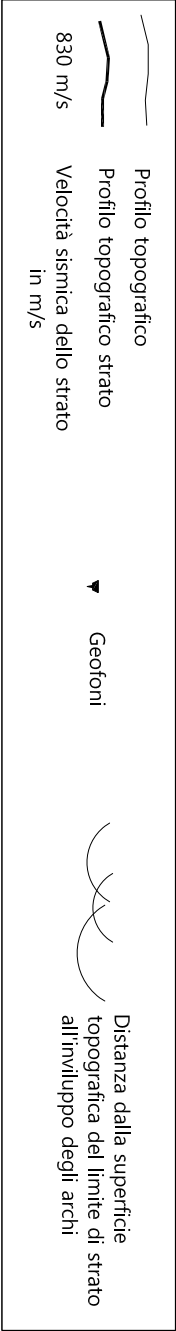
Dromocrone



Sezione sismostratigrafica - Onde P - monte_ST9



Numero geofono			
Distanze (m)			
Quote s.l.m. (m)			
Profondità da p.c. strato 1 (m)			
4.95	816.30	0	1
5.05	816.25	4	2
4.78	816.20	8	3
4.32	816.15	12	4
4.12	816.10	16	5
4.44	816.05	20	6
4.57	816.00	24	7
4.01	815.60	28	8
4.30	815.55	32	9
4.33	815.50	36	10
4.49	815.45	40	11
5.36	815.40	44	12
5.19	815.40	48	13
4.99	815.40	52	14
4.51	815.40	56	15
4.78	815.40	60	16
4.51	815.40	64	17
4.70	815.40	68	18
5.11	815.40	72	19
5.07	815.40	76	20
4.21	815.40	80	21
4.46	815.40	84	22
4.74	815.40	88	23
3.96	815.40	92	24



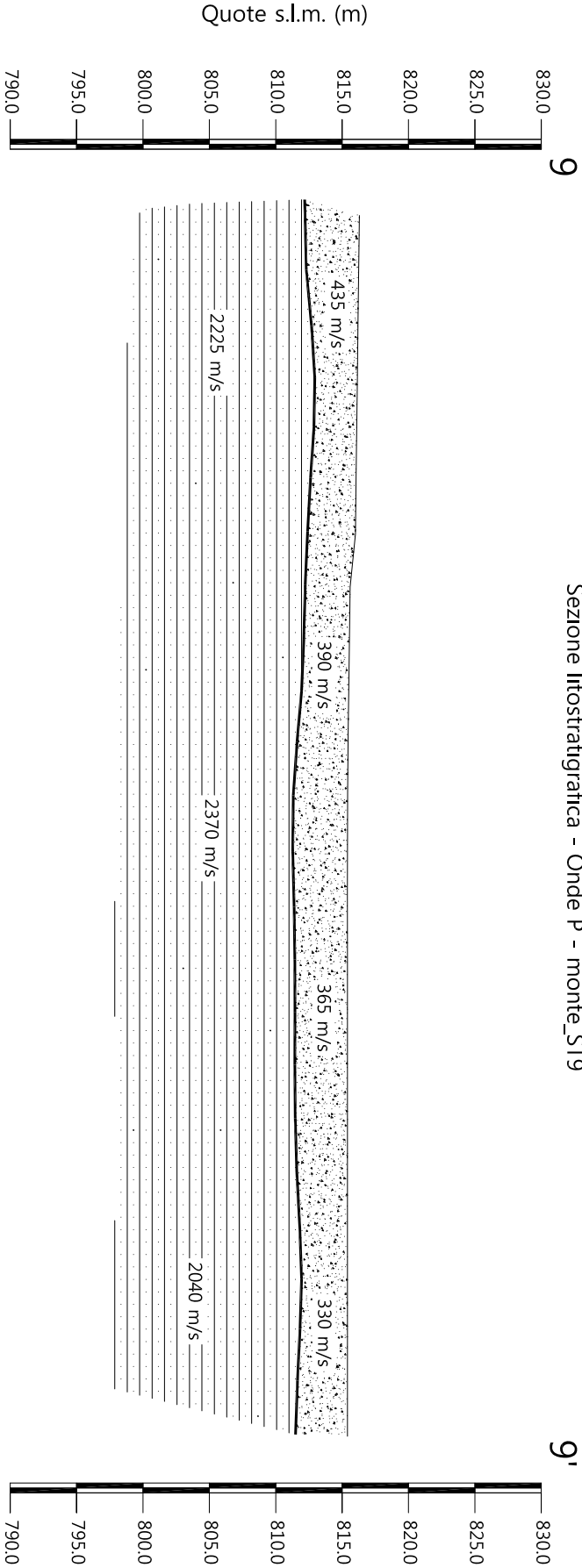
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - monte_ST9



Sezione litostratigrafica - Onde P - monte_ST9



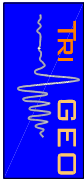
Legenda

- Detrito di versante (a)
- Arenarie del Monte Falterona
membro di Montalto (FAL3)

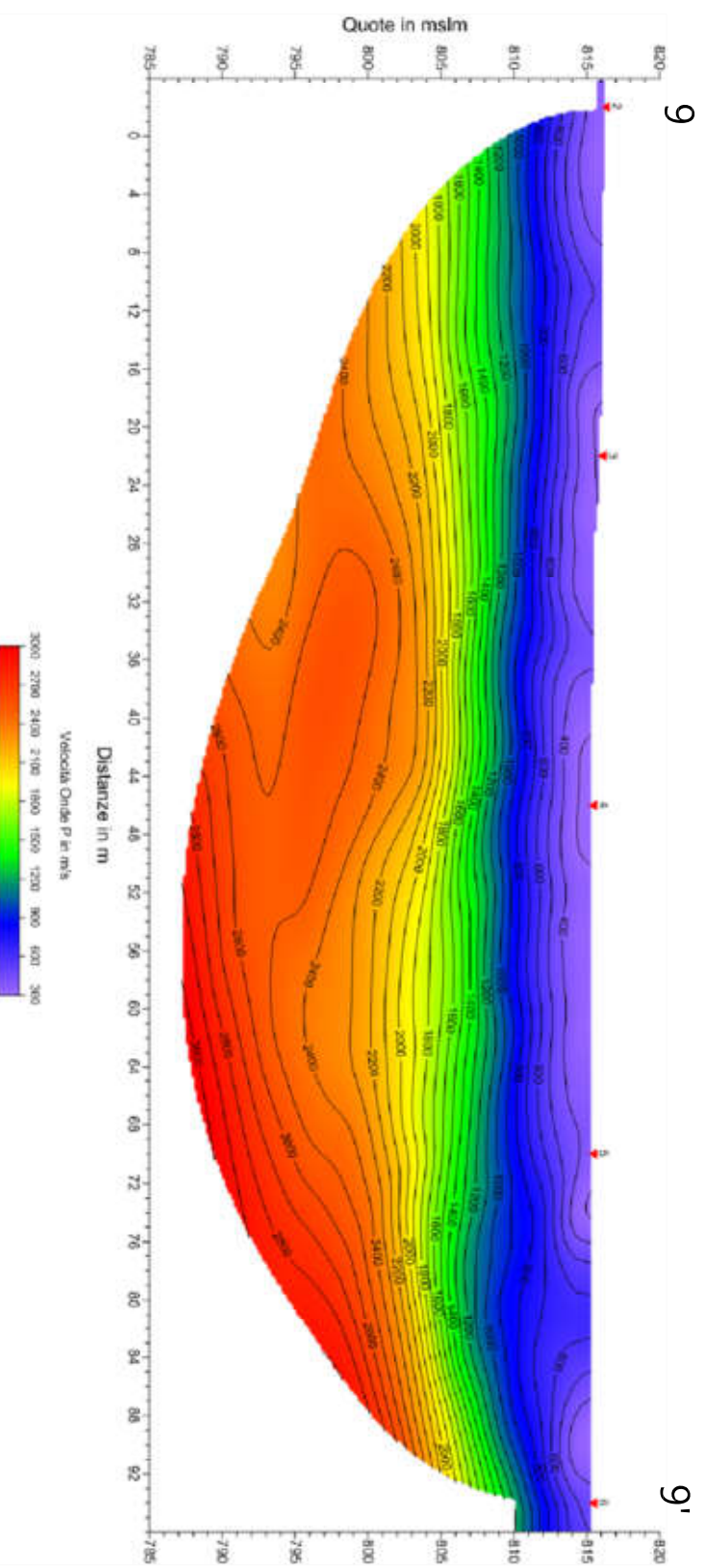
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - monte_ST9



Sezione tomografica - Onde P - monte_ST9

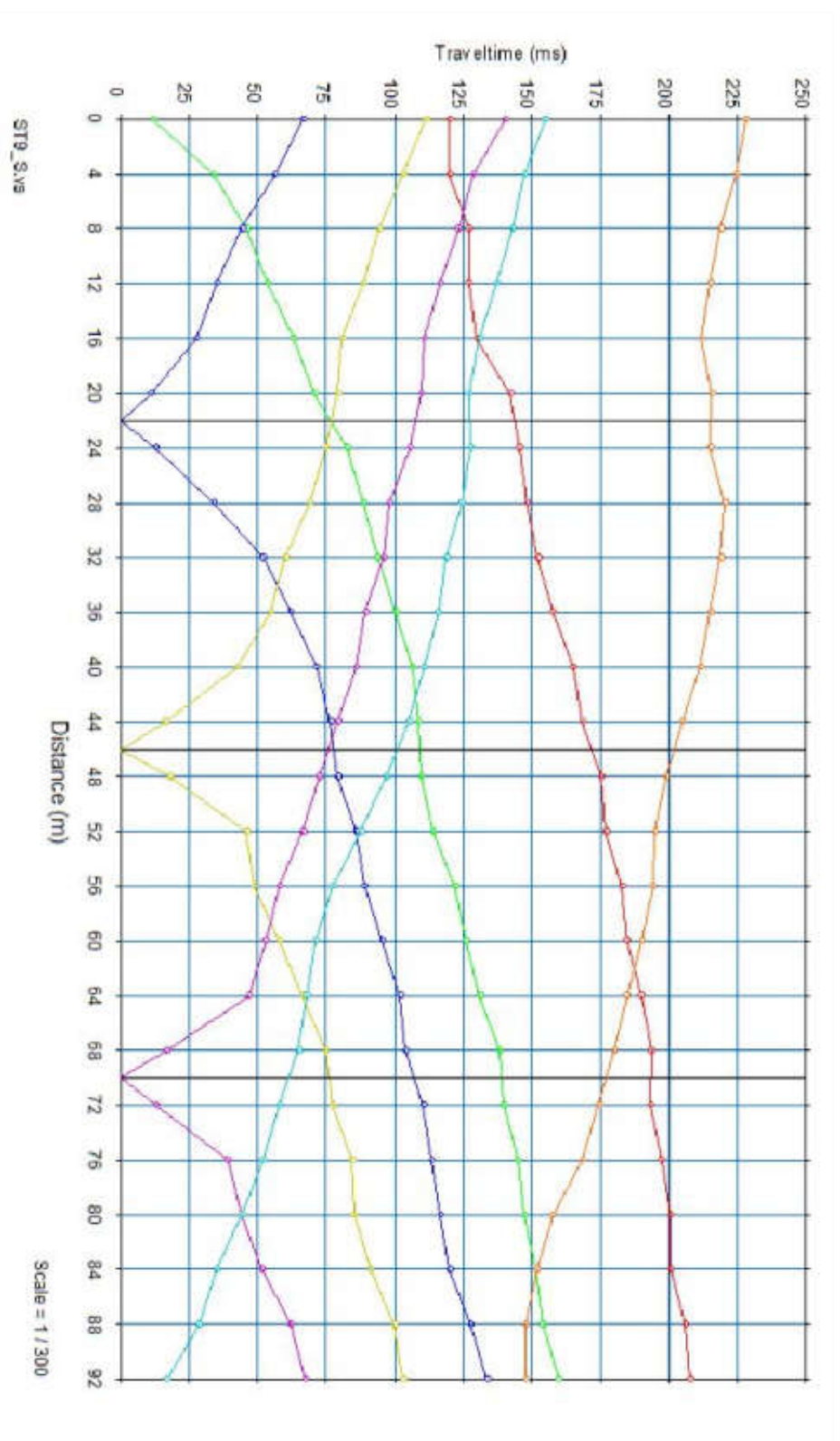


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

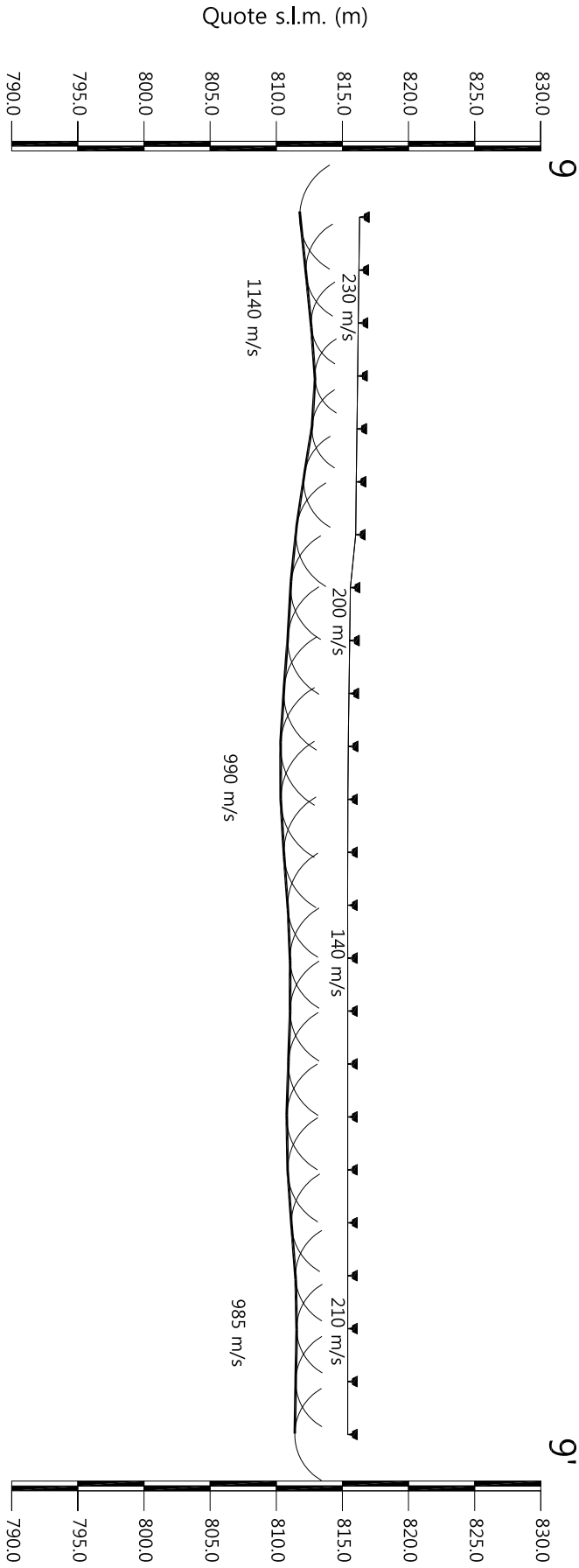
November 2014

Tavola 06 - Sezione tomografica - Onde P - monte_ST9

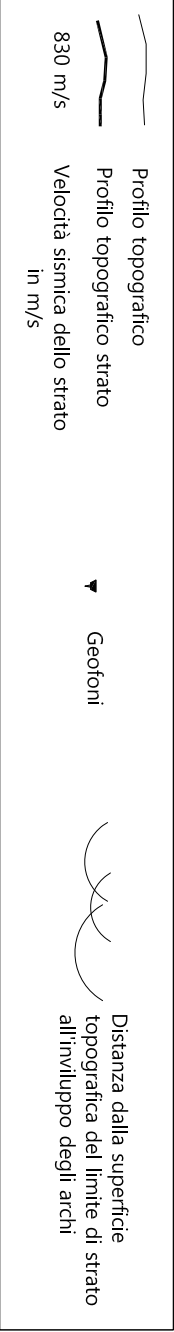
Dromocrone



Sezione sismostratigrafica - Onde SH - monte_ST9



Numero geofono			
Distanze (m)			
Quote s.l.m. (m)			
Profondità da p.c. strato 1 (m)			
1	0	816.30	4.85
2	4	816.25	4.51
3	8	816.20	4.63
4	12	816.15	4.26
5	16	816.10	4.24
6	20	816.05	5.86
7	24	816.00	6.16
8	28	815.60	6.97
9	32	815.55	7.22
10	36	815.50	7.39
11	40	815.45	7.77
12	44	815.40	7.44
13	48	815.40	7.56
14	52	815.40	7.30
15	56	815.40	7.82
16	60	815.40	7.59
17	64	815.40	7.56
18	68	815.40	7.49
19	72	815.40	6.87
20	76	815.40	6.68
21	80	815.40	5.91
22	84	815.40	5.33
23	88	815.40	5.45
24	92	815.40	5.63



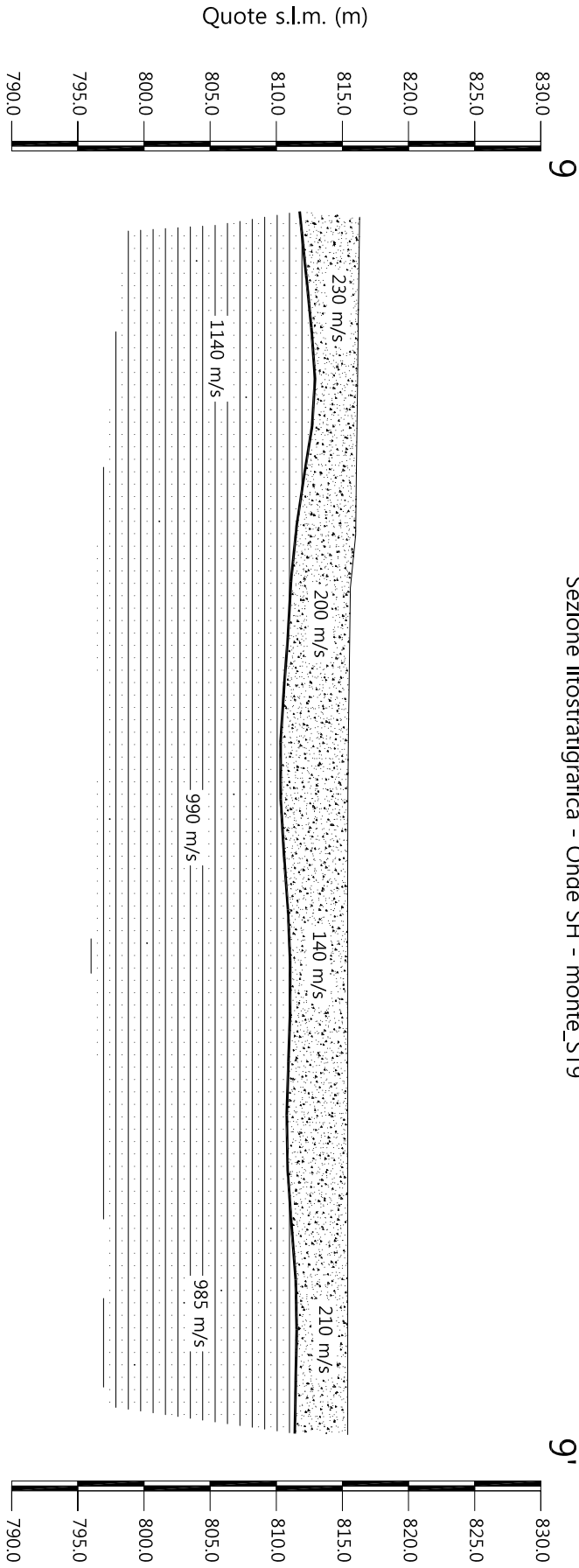
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014


Tavola 08 - Sezione sismostratigrafica - Onde SH - monte_ST9




Sezione litostratigrafica - Onde SH - monte_ST9



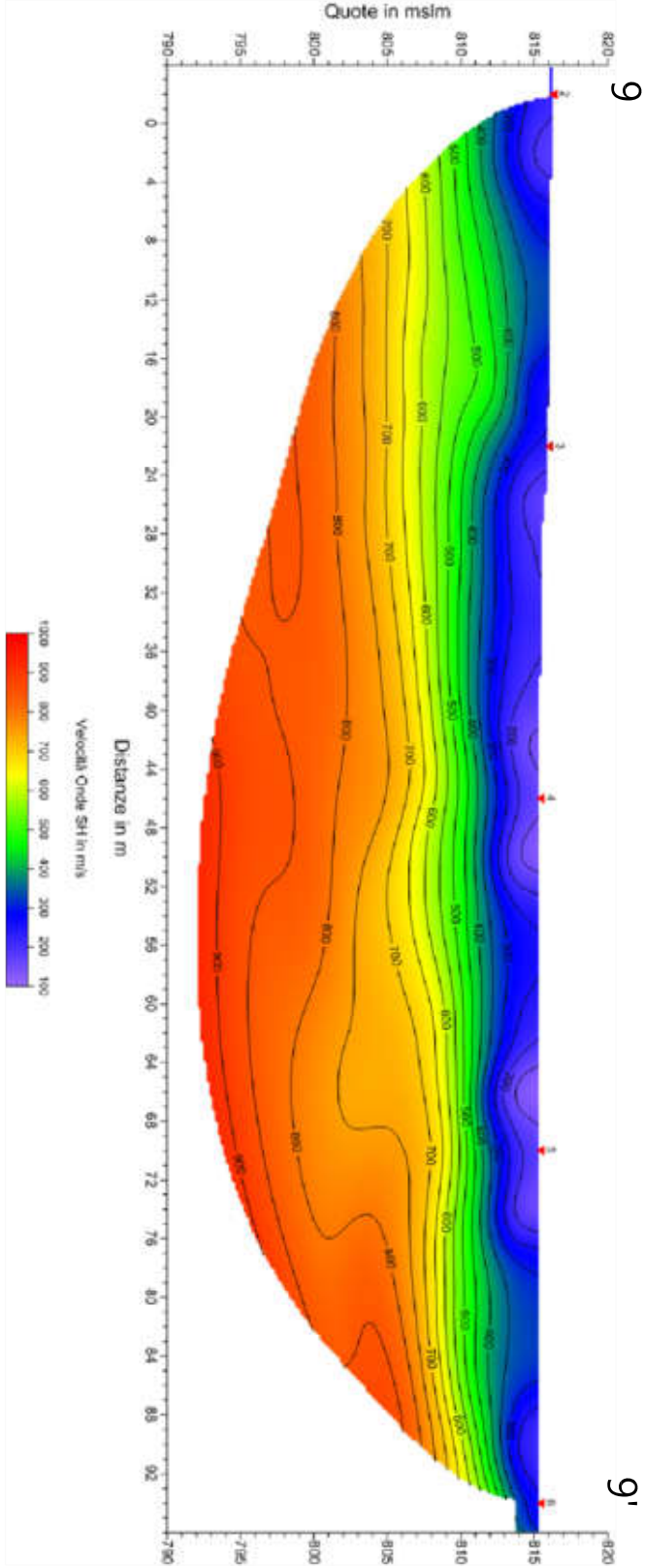
Legenda

- 

Detrito di versante (a)
- 

Arenarie del Monte Falterona
membro di Montalto (FAL3)

Sezione tomografica - Onde SH - monte_ST9



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - monte_ST9

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST9 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	4.95
2	4	5.05
3	8	4.78
4	12	4.32
5	16	4.12
6	20	4.44
7	24	4.57
8	28	4.01
9	32	4.30
10	36	4.33
11	40	4.49
12	44	5.36
13	48	5.19
14	52	4.99
15	56	4.51
16	60	4.78
17	64	4.51
18	68	4.70
19	72	5.11
20	76	5.07
21	80	4.21
22	84	4.46
23	88	4.74
24	92	3.96

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST9 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	4.85
2	4	4.51
3	8	4.63
4	12	4.26
5	16	4.24
6	20	5.86
7	24	6.16
8	28	6.97
9	32	7.22
10	36	7.39
11	40	7.77
12	44	7.44
13	48	7.56
14	52	7.30
15	56	7.82
16	60	7.59
17	64	7.56
18	68	7.49
19	72	6.87
20	76	6.68
21	80	5.91
22	84	5.33
23	88	5.45
24	92	5.63

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST9 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	435	2215
2	4	429	2211
3	8	422	2204
4	12	416	2196
5	16	409	2205
6	20	403	2240
7	24	396	2303
8	28	390	2371
9	32	387	2425
10	36	384	2445
11	40	381	2426
12	44	377	2381
13	48	374	2338
14	52	371	2311
15	56	368	2278
16	60	365	2213
17	64	361	2108
18	68	356	2019
19	72	352	1966
20	76	347	1956
21	80	343	1956
22	84	339	1956
23	88	334	1955
24	92	330	1955

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST9 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	230	888
2	4	226	996
3	8	221	1074
4	12	217	1190
5	16	213	1221
6	20	209	1278
7	24	204	1268
8	28	200	1241
9	32	193	1086
10	36	185	912
11	40	178	792
12	44	170	813
13	48	163	944
14	52	155	1085
15	56	148	1152
16	60	140	1129
17	64	149	1089
18	68	158	1013
19	72	166	923
20	76	175	851
21	80	184	875
22	84	193	969
23	88	201	1093
24	92	210	1174



Vista generale monte_ST9 da G1 verso G24



Vista generale monte_ST9 da G12 verso G24.



Vista generale monte_ST9 da G24 verso G1.



Shot point B – Onde SH – monte_ST9.



Shot point C – Onde P – monte_ST9.



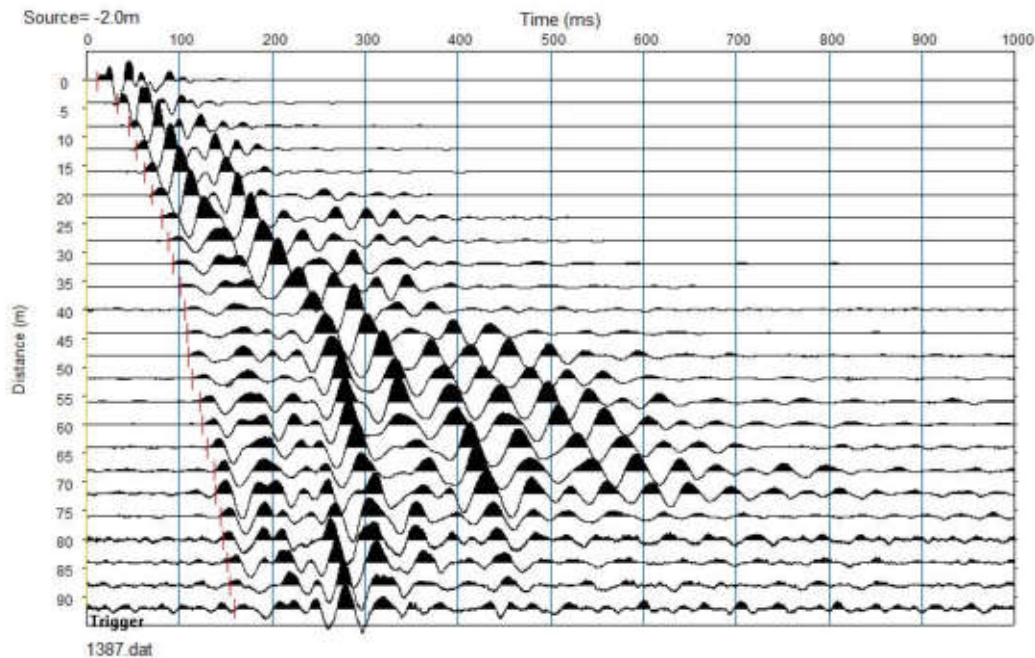
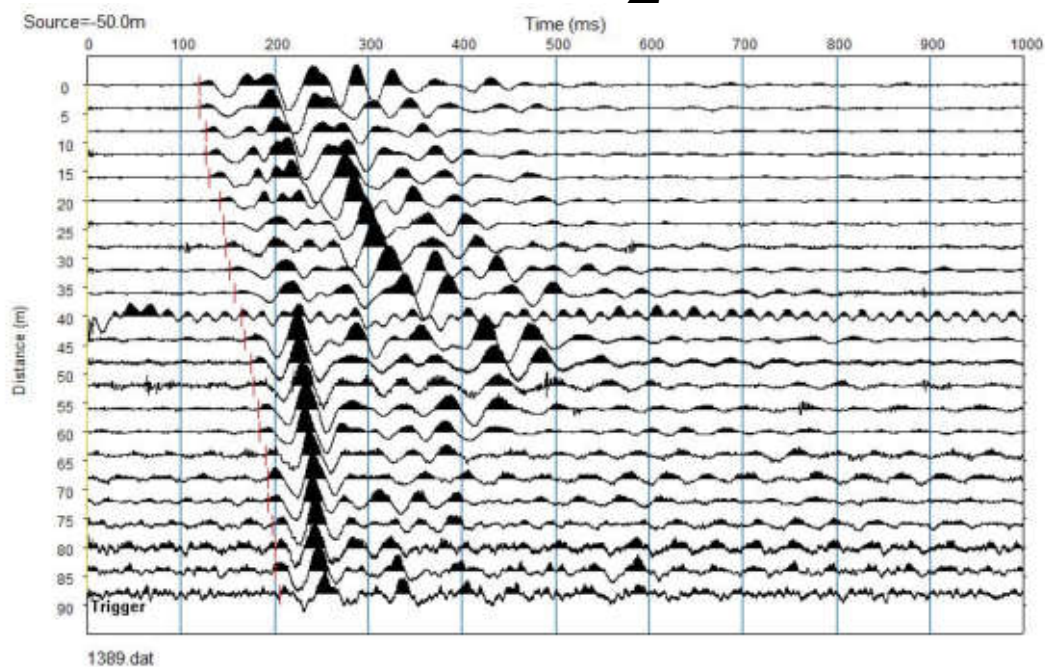
Shot point D – Onde P – monte_ST9.

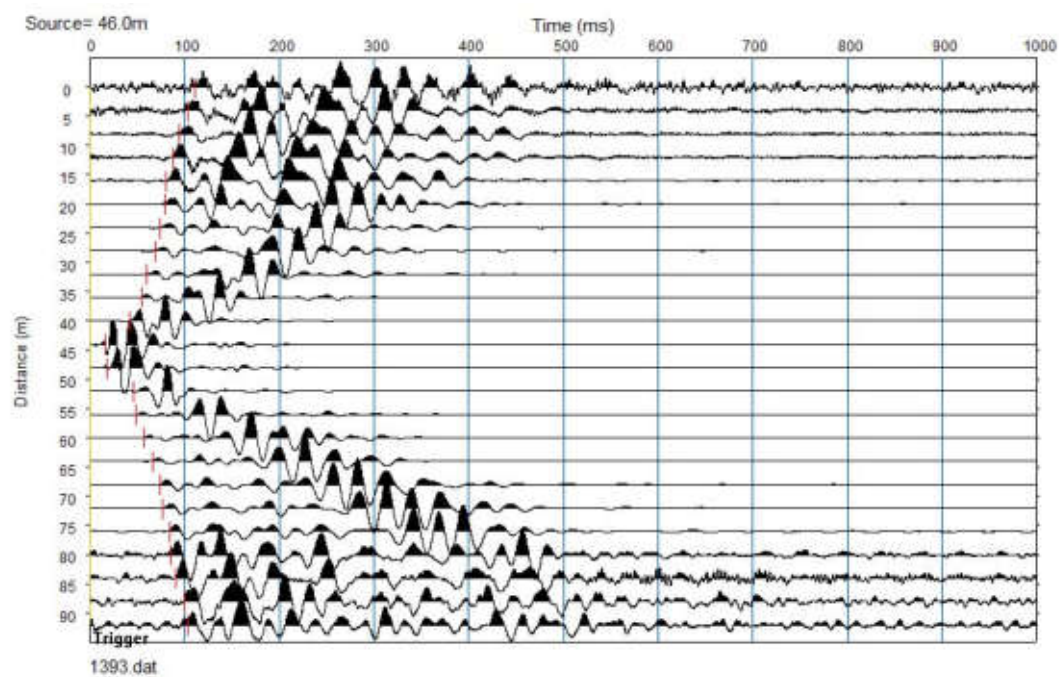
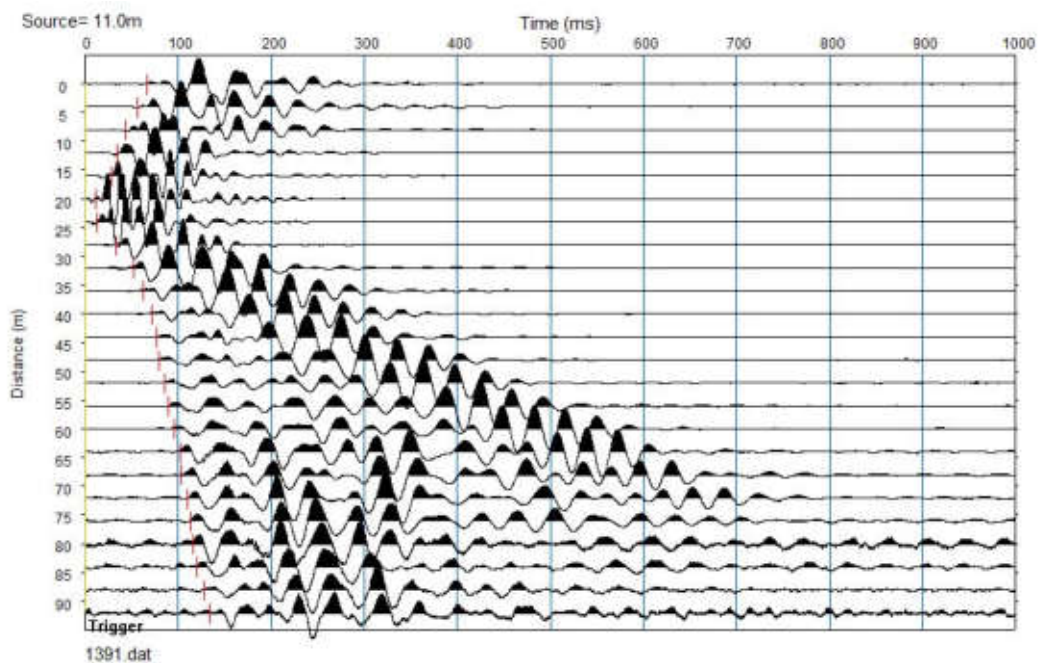
REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA – monte_ST9

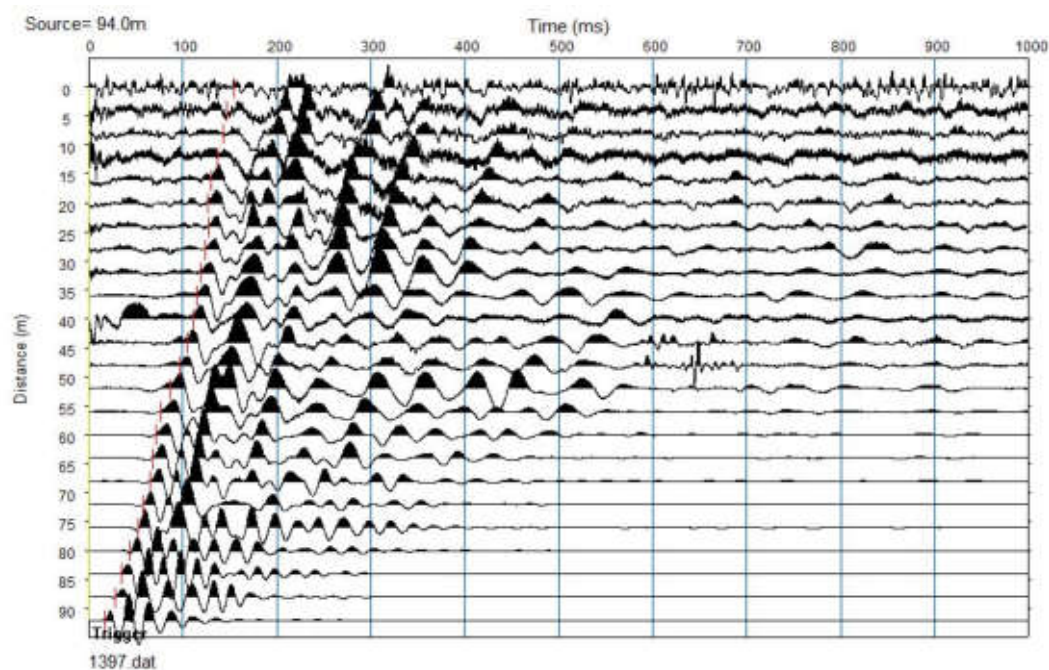
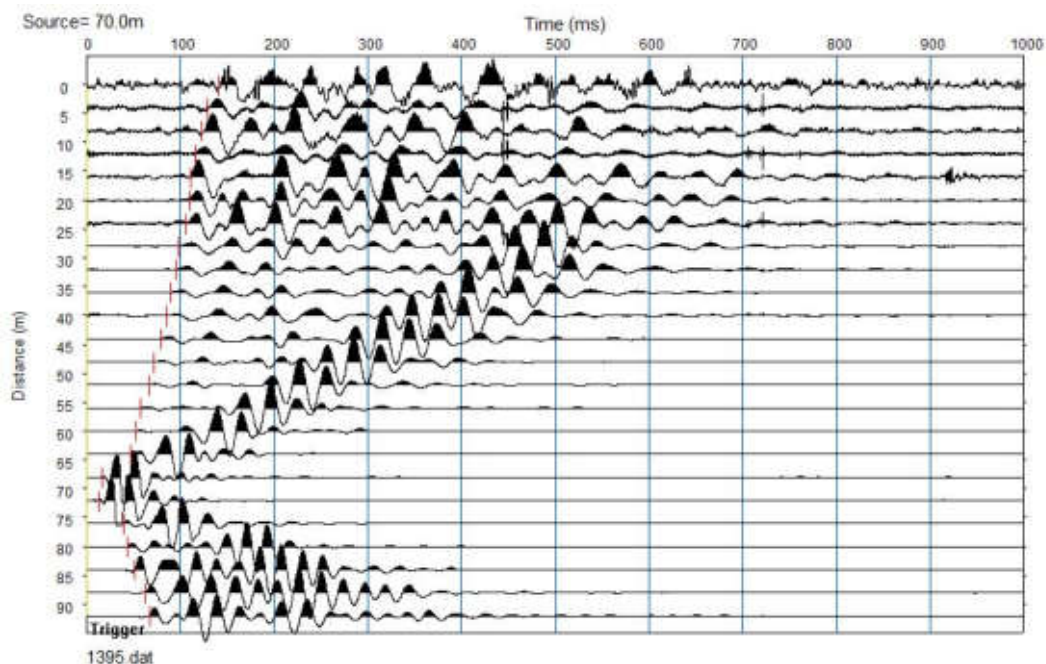
file 1387 - 1398 Onde SH

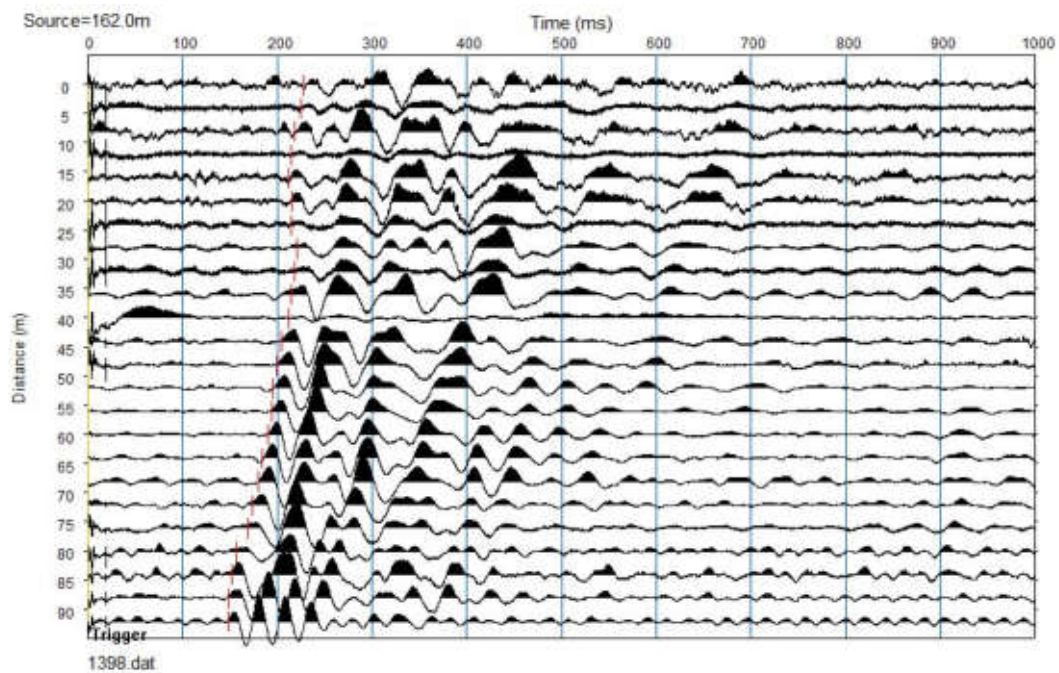
file 1400 - 1406 Onde P

ONDE SH Σ

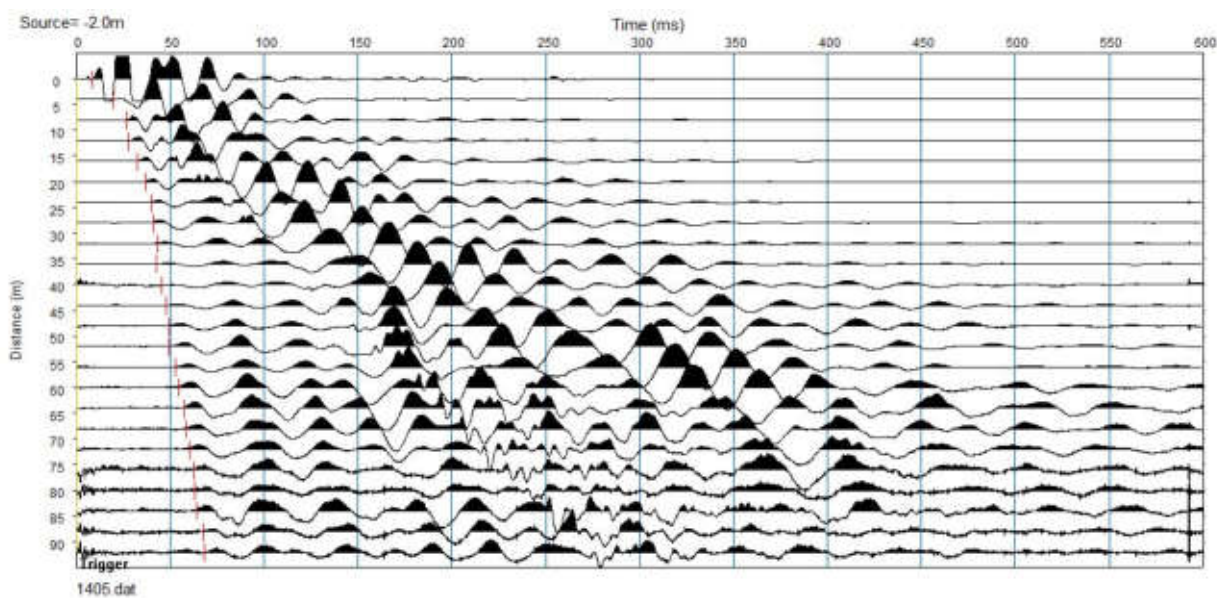
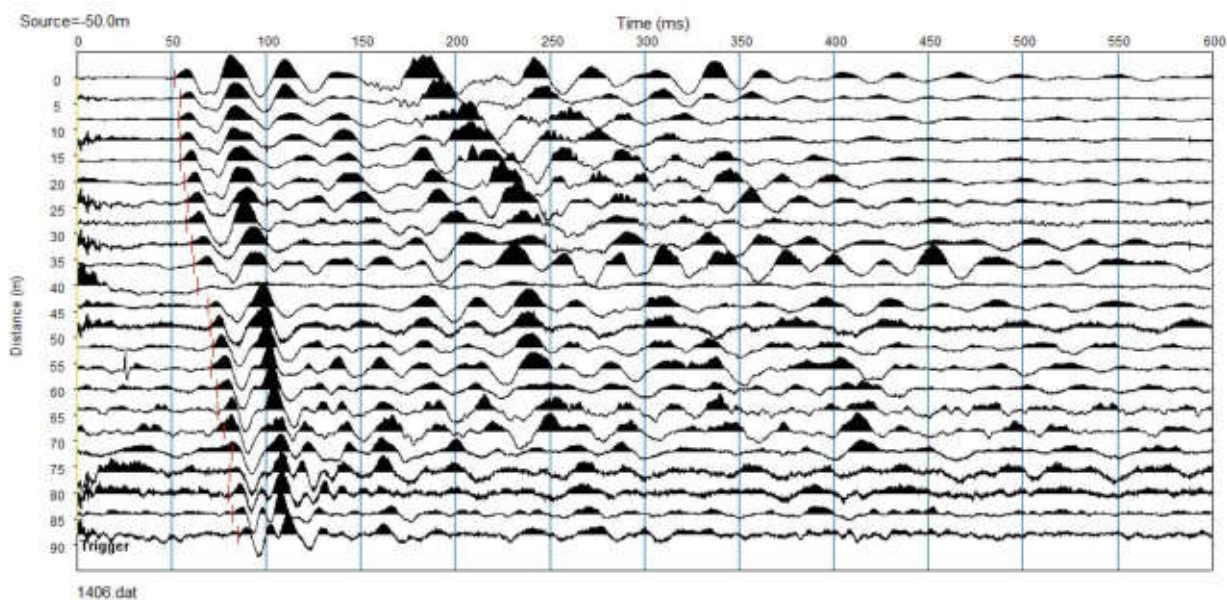


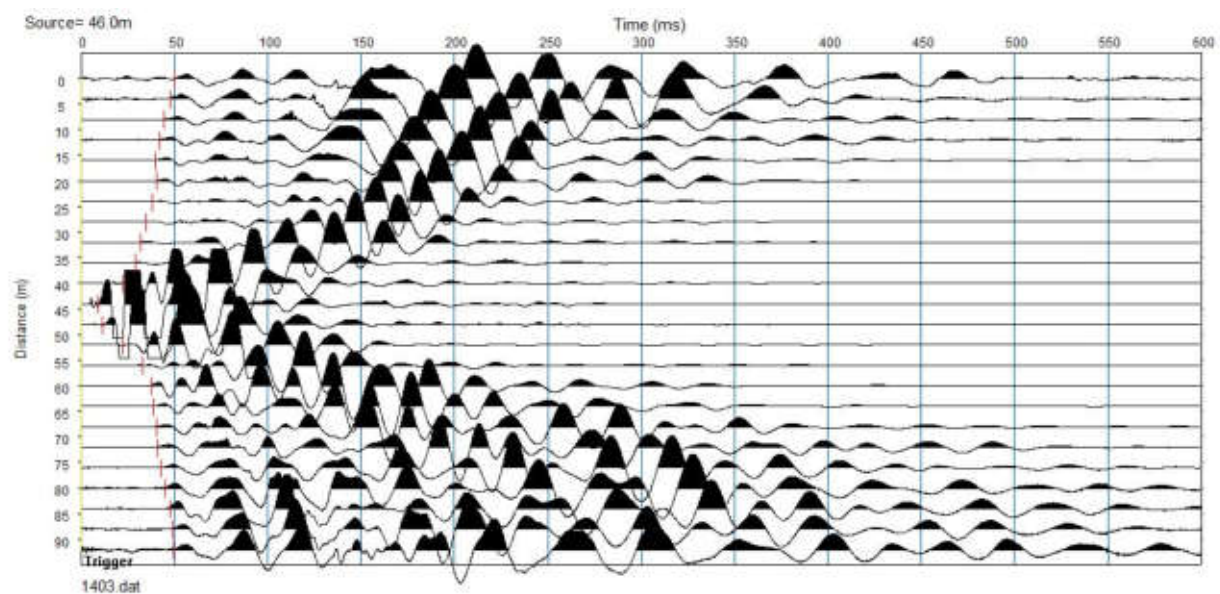
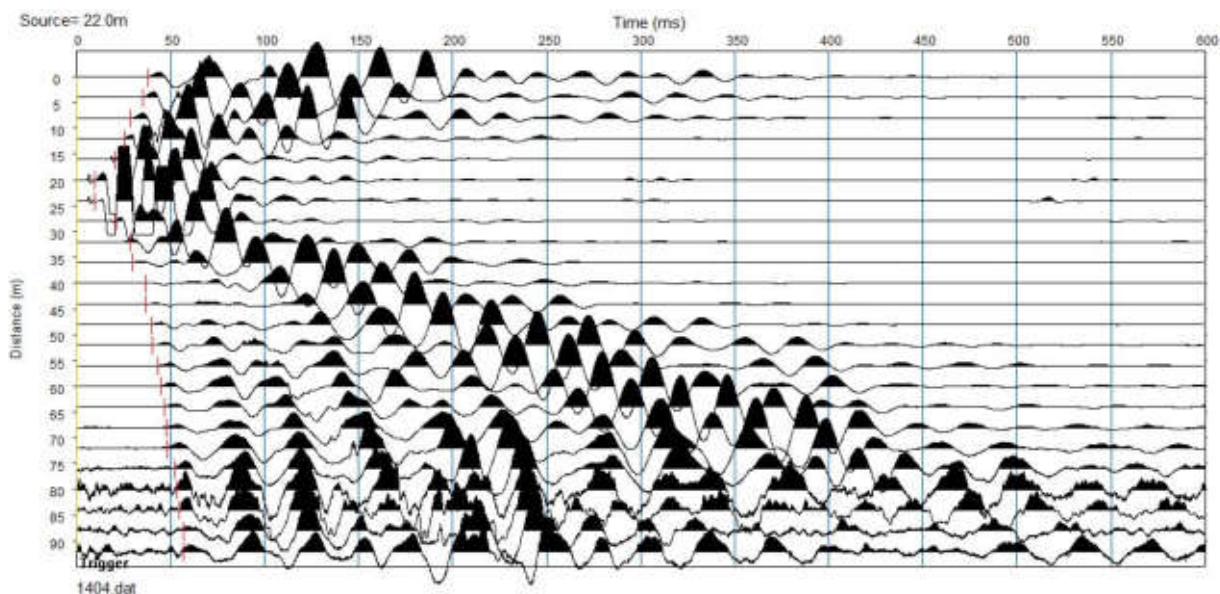


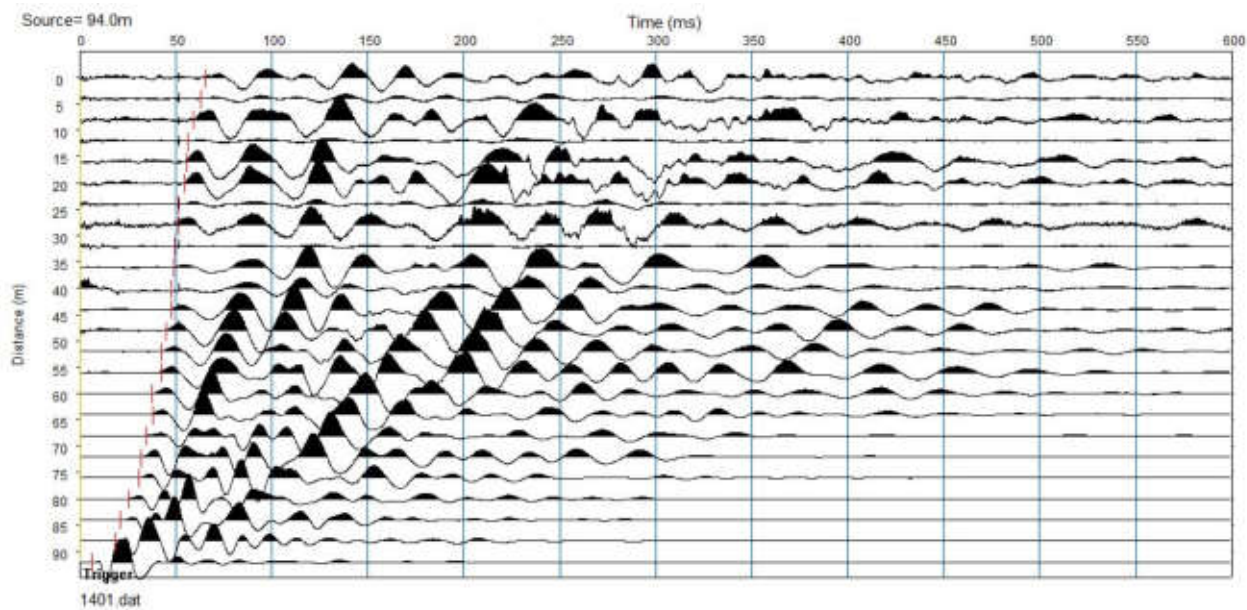
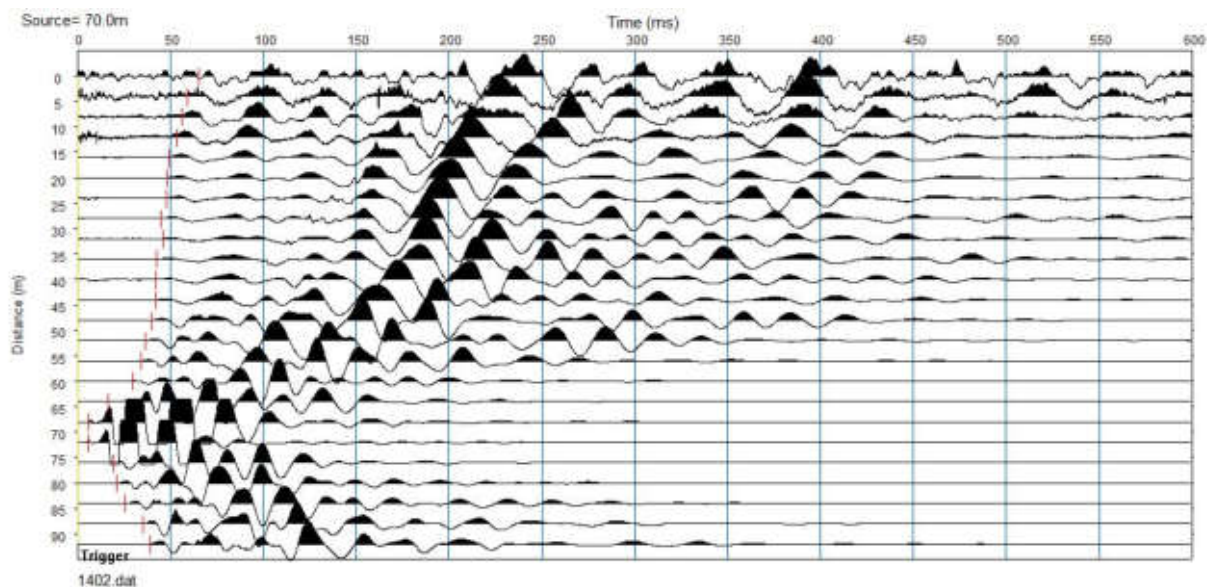


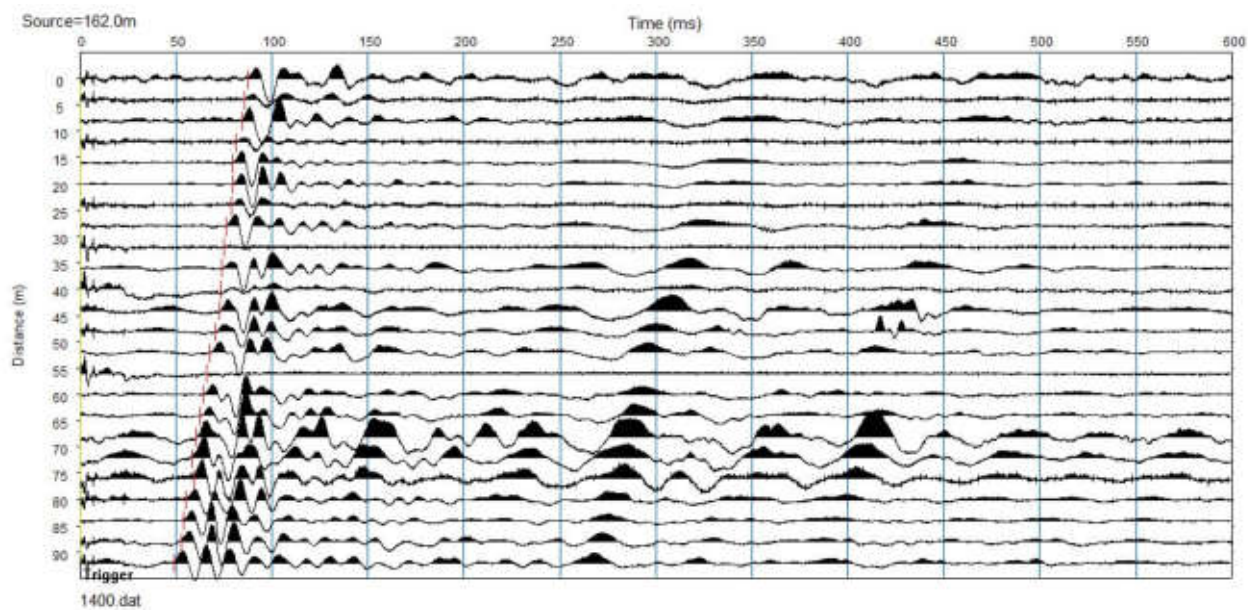


ONDE P









COMUNE DI MONTEMIGNAIO

PROVINCIA DI AREZZO

TITOLO:

INDAGINI E STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA (MS) DI LIVELLO 1 ED ANALISI DELLE CONDIZIONI LIMITE PER L'EMERGENZA (CLE) NEI COMUNI DI: TALLA - CASTEL FOCOIGNANO - ORTIGNANO - CASTEL SAN NICCOLÒ - MONTEMIGNAIO

“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH) LINEA SISMICA MONTE_5T10”

COMMITTENTE:

COMUNE DI MONTEMIGNAIO

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
20 Novembre 2014

TRIGEO S.N.C.
VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 400619 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea & Bonifazi Benedetto
Via Mazzini n°18 – 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fax 0575 294500 - 055 999212
Cell. 339 2288117 - 328 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO</i> <i>LINEA SISMICA MONTE_ST10</i>	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 1 di 12

INDICE

INTRODUZIONE.....	2
1.0 SCHEMA OPERATIVO.....	4
2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	4
3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI	6
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA	7
5.0 CONSIDERAZIONI FINALI	9
ALLEGATI	11

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante sismica a rifrazione (acquisizione ed elaborazione dati con metodologia tomografica) nel mese di Novembre 2014, per conto del **COMUNE DI MONTEMIGNAIO (AR)**, nei pressi dell'abitato di **CONSUMA (Fig. 1)**.



Figura 1: Particolare della sezione monte_ST10.

L'indagine sismica, viene eseguita a supporto dello **STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1** del **COMUNE DI MONTEMIGNAIO**.

Dopo aver preso visione della zona e delle problematiche ad essa connesse è stata programmata una campagna di prospezioni geofisiche mediante sismica a rifrazione tesa a fornire, lungo la sezione convenuta con la committenza, una caratterizzazione delle litologie presenti nell'area d'indagine nonché determinare le geometrie (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo dei terreni in funzione dell'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche compressionali P e di taglio SH. I dati ottenuti sono stati elaborati sia con la metodologia classica della rifrazione (GRM) che con la metodologia tomografica che permette di ottenere, attraverso un maggior numero di

“energizzazioni” (7 per ciascun stendimento) ed un opportuno software di elaborazione, un’ottima caratterizzazione del substrato e dei materiali di copertura.

L’acquisizione delle onde SH combinate alle onde di compressione consente di ottenere i principali parametri elastico/dinamici e di fornire i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{s30}), così come richiesto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

La relazione tecnica riferisce sui risultati ottenuti dall’indagine sismica a rifrazione mediante Onde P e SH ed è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante:

- **Tavola 01:** Planimetria generale del profilo sismico **monte_ST10** eseguito, scala 1:10.000 (da CTR 1:10.000);
- **Tavola 02:** Planimetria di dettaglio scala 1:1.000 (da CTR 1:10.000) con ubicazione del profilo sismico **monte_ST10** eseguito, posizionamento dei geofoni e delle energizzazioni effettuate;
- Schema dettagliato della linea sismica con posizionamento relativo dei geofoni (quote-distanze), coordinate in Gauss-Boaga dei geofoni iniziale e finale e punti di energizzazioni (quote-distanze);
- **Tabelle Tempi di arrivo Onde P e SH** relativi ai vari scoppi, con riportati posizione, tempo di arrivo e quota di ciascun geofono;
- **Tavole 03-07:** Diagrammi Tempi d’arrivo-Distanze (Dromocrone) Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 04-08:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-09:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 06-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Tabelle Profondità calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- Tabelle Velocità sismiche calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- Documentazione fotografica della linea sismica;
- Stampe delle registrazioni di campagna.

Di seguito viene descritto, lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all’interpretazione scaturita dai dati elaborati.

1.0 SCHEMA OPERATIVO

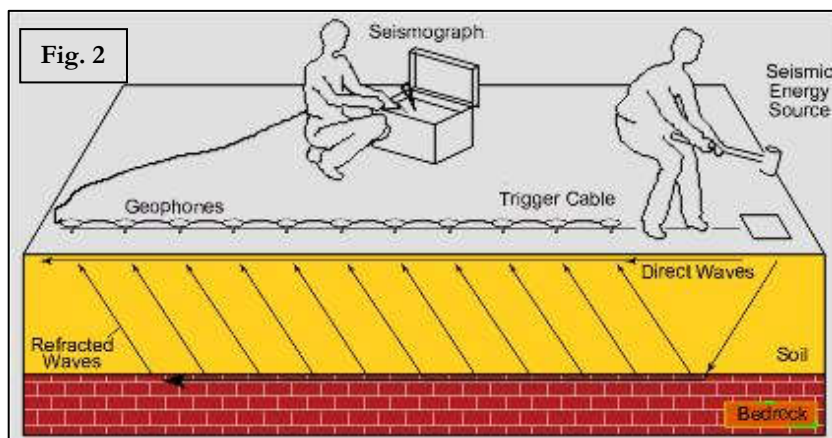
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo geofono e l'ubicazione di ogni punto di energizzazione (shot point).

Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati e degli spazi a disposizione è stata scelta una distanza intergeofonica di 4 m per la sezione eseguita sia con Onde P che con Onde SH. Complessivamente sono stati acquisiti **230 ml** di rilievo suddivisi in due basi ciascuna di **115 ml** (onde P-SH).

2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

Un sistema digitale di acquisizione dati (**Fig. 2**) in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori



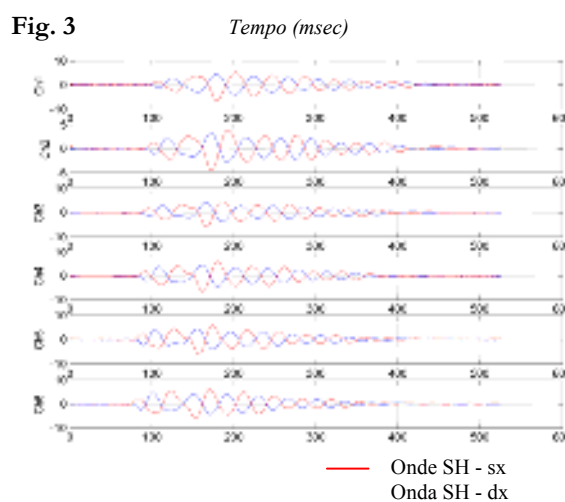
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: **A/D Conversion:** 24 bit; **Dynamic Range:** 144 dB; **Distortion:** 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; **Bandwidth:** 1.75 Hz to 20 kHz; **Common Mode Rejection:** > -100 dB at <=100 Hz, 36 dB; **Crosstalk:** -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms; **Noise Floor:** 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz; **Stacking Trigger Accuracy:** 1/32 of sample

interval; **Maximum Input Signal:** 2.8 VPP; **Input Impedance:** 20 kOhm, 0.02 uF; **Preamplifier Gains;** **Anti-alias Filters:** -3 dB at 83% of Nyquist frequency; **Sample Interval:** 0.02 to 16.0 ms; **Record Length:** 16,000 samples; **Acquisition and Display Filters:** *LowCut, Notch, HighCut*; **Data Formats:** SEG-2 standard with SGOS.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni “PASI” verticali ed orizzontali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile e nel caso dei geofoni orizzontali dotati di bolla livellante, con frequenza caratteristica di 10 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

Generalmente come sorgente di energia sismica per le onde P, nel caso di rilievi a piccola profondità si fa uso di una mazza da 8 kg o del Minibang: nel nostro caso, dato le distanze in gioco, l'utilizzo della mazza ha consentito di ottenere risultati ottimali. Per quel che riguarda la produzione di onde SH si utilizza generalmente una trave di circa 2.00 m di lunghezza, la cui estremità viene colpita con una massa battente di ca. 10/15 kg. La trave è resa solidale al terreno mediante l'applicazione di un carico (rappresentato nel nostro caso dalla stessa autovettura). La tavola viene colpita lateralmente dalla massa, in modo da generare onde di taglio SH. Per poter riconoscere in maniera inequivocabile sui sismogrammi le onde di taglio S, che non costituiscono mai la prima fase, sono state effettuate energizzazioni ai due estremi della tavola, in modo da generare treni d'onda identici, ma in opposizione di fase (**Fig. 3**). Ogni energizzazione viene registrata sull'Hard Disk sia singolarmente che, invertendo la fase, come somma.



Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati in rifrazione, è stato il *Generalized Reciprocal Method* (GRM) che consente di delineare rifrattori ondulati, ad ogni profondità e di numero infinito da dati sismici a rifrazione in linea che consistano di tempi-distanza in andata e ritorno. I tempi di arrivo a due sensori distinti e per profili in andata e ritorno sono combinati per ottenere la velocità del rifrattore, il calcolo della sezione tempi-profondità ed il fattore di conversione in profondità. Il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati fino ad angoli superiori a 20 gradi. Il GRM in definitiva è un metodo di interpretazione globale e sintetico per il quale molti dei metodi esistenti sono dei casi particolari.

Oltre al GRM, in alcuni casi, è stato utilizzato, per conferma e confronto, un algoritmo di inversione che usa il *delay-time method* per ottenere un primo modello approssimato in profondità, che viene quindi affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed un processo di aggiustamento con iterazioni successive che tende a minimizzare le discrepanze tra i tempi di arrivo misurati in campagna ed il corrispondente modello di profondità. In questo caso specifico è stato utilizzato come sistema di elaborazione principale il *delay-time method* affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed il GRM come verifica e conferma dei risultati ottenuti.

Terminata la fase preliminare di verifica dati, mediante la metodologia GRM, è stato utilizzato un nuovo sistema di analisi dei dati sismici che consente di elaborare profili a bassa, media ed elevata copertura. Le dromocrone ricavate dall'interprettore vengono elaborate sulla base di tre distinte metodologie analitiche: CMP (intercept time refraction), Plus-Minus e Wavefront. Il metodo Wavefront rappresenta un'ulteriore ottimizzazione del metodo GRM. Invece di assumere come costante la distanza XY tra i vari ricevitori, il metodo Wavefront stima ad ogni geofono la distanza rispetto agli altri, attraverso l'angolo d'emergenza del fronte d'onda sia diretto che inverso. Tale caratteristica permette di analizzare, con ottimi risultati, anche rifrattori con superfici irregolari.

Il software, utilizzato nel corso del presente lavoro, permette, successivamente ai predetti passaggi, di utilizzare il metodo "Delta-t-V" che è in grado di evidenziare gradienti di velocità verticali all'interno degli strati, aumenti lineari di velocità con la profondità, faglie e locali anomalie di velocità. Il metodo Delta-t-V valuta la distribuzione delle velocità lungo il profilo di interesse. Ciò consente, sfruttando il metodo dell'inversione, di ottenere in corrispondenza delle varie stazioni installate, valori di profondità in funzione della velocità.

I dati così ottenuti vengono definitivamente elaborati mediante metodologia tomografica che permette una stima migliore delle velocità, risultando meno dipendente dalla spaziatura dei ricevitori e da topografie estreme.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-07** sono rappresentate, le curve tempi-distanze, Dromocrone, che scaturiscono dalle letture eseguite sui dati di campagna (onde P-SH). Nel diagramma tempi-distanze, in ascisse, in scala 1:500 sono riportate le distanze dei sensori dall'inizio dell'allineamento e, in ordinate, i tempi di arrivo, espressi in millisecondi agli stessi sensori.

Nelle **Tavole 04-08**, sono state riportate le sezioni sismostratigrafiche ottenute (onde P-SH), al di sotto della superficie topografica l'involuppo dei cerchi rappresenta l'interfaccia tra uno strato ed

un altro. I metodi di interpretazione in sismica a rifrazione forniscono, infatti, gli spessori degli strati valutando la distanza minima tra i sensori ed il rifrattore sulla perpendicolare allo strato e non sulla sua verticale; di conseguenza la superficie rifrangente, al di sotto di ogni dato punto, può giacere ovunque su di un cerchio centrato in quel punto e con raggio uguale allo spessore dello strato.

Ciò è quanto riportato nelle sezioni al di sotto della superficie topografica. L'involuppo dato da questi cerchi è una buona approssimazione della forma e posizione del rifrattore.

Nelle **Tavole 05-09** sono riportate le sezioni interpretate (sezioni litostratigrafiche) sulla base sia dei dati ottenuti (sezioni sismostratigrafiche), sia di considerazioni geologiche generali relative alla zona in esame che sulla base dei dati forniti dal tecnico incaricato.

Infine nelle **Tavole 06-10** abbiamo le sezioni tomografiche interpretate realizzate mediante la "WET Tomography" con le relative curve di isovelocità. La scala in falsi colori presente, esprime i valori di velocità all'interno della sezione.

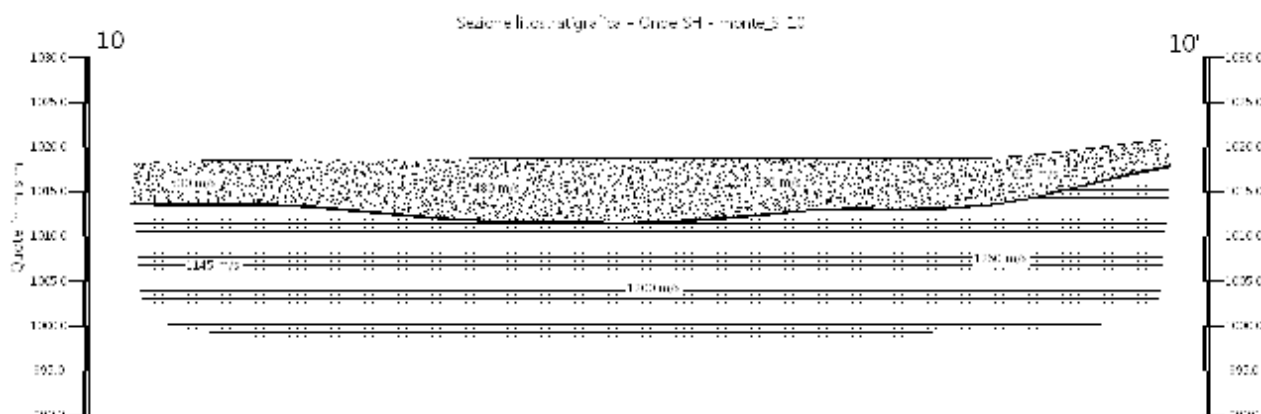
Le sezioni litostratigrafiche interpretate assieme alle sezioni tomografiche, rappresentano il risultato conclusivo dell'analisi dei dati sintetizzati nelle tavole e tabelle allegate.

4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di una superficie rifrangente che si localizza a profondità compresa tra 3.00 m e 7.30 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 5.70 m.

Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 615 e 770 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 480 e 615 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Lonnano (FAL4) che presenta velocità comprese tra 2.705 e 2.750 m/s (onde P) e tra 1.145 e 1.260 m/s (onde SH).

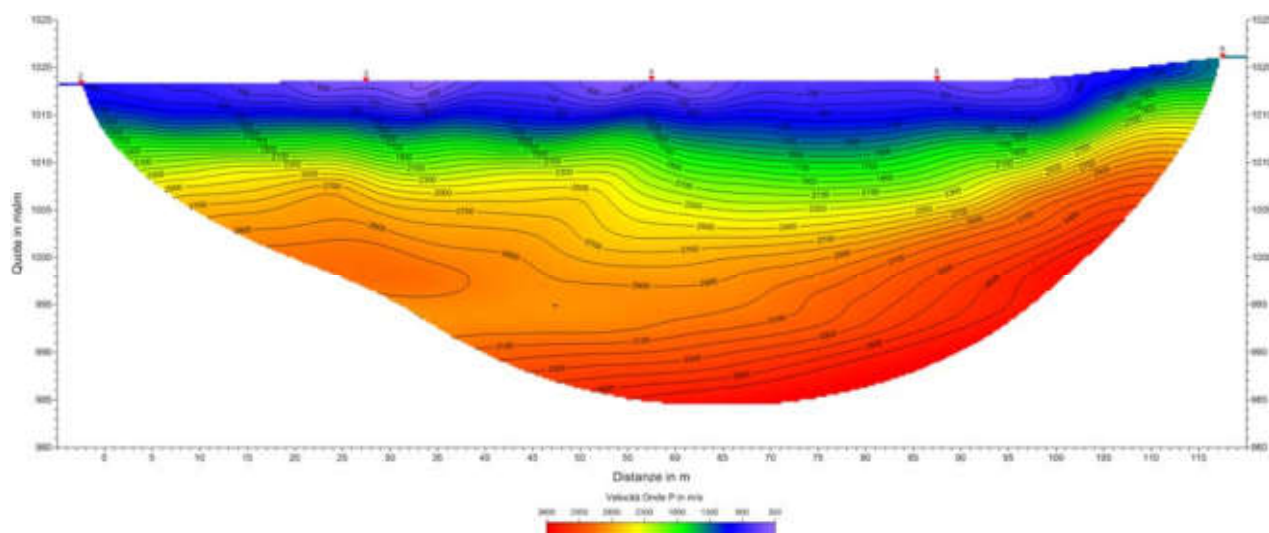
La **Sezione ST10**, effettuata in direzione SSO-NNE, in località di Consuma, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento del rifrattore individuato. Quest'ultimo presenta un andamento irregolare, infatti nel primo tratto della sezione la



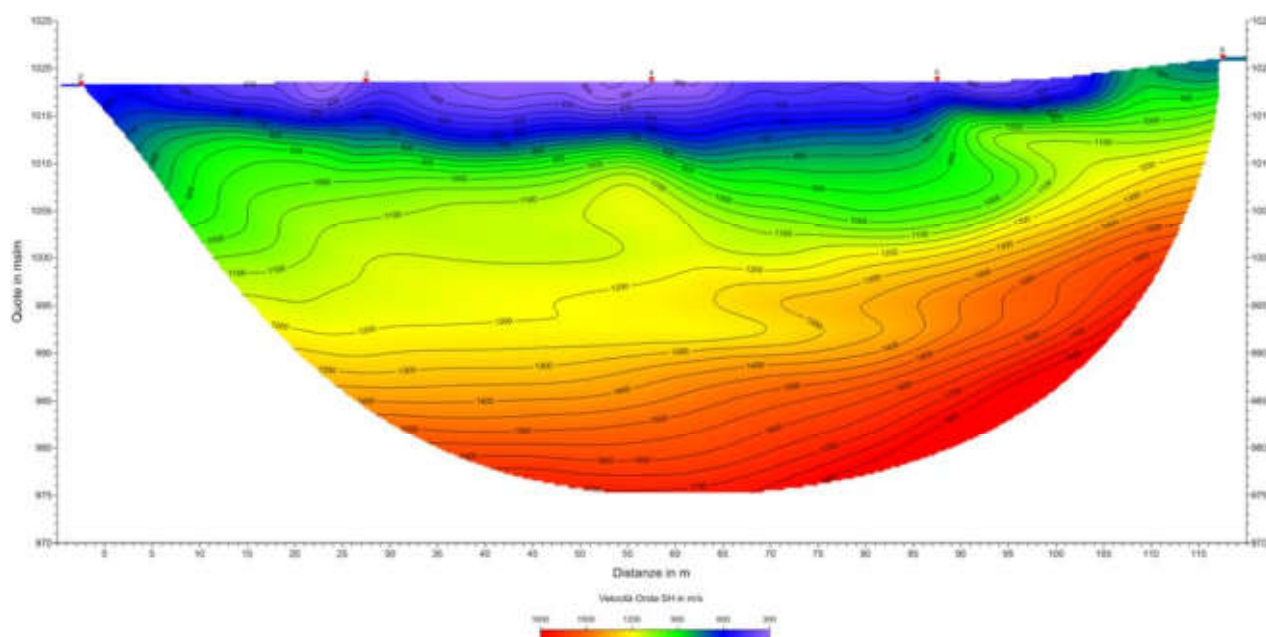
profondità è inferiore (4.80-4.90 m), spostandosi verso la porzione centrale aumenta, sino ad arrivare a profondità comprese tra 7.10 e 7.30 m, ed infine, nell'ultimo tratto della sezione, mostra una risalita attestandosi a profondità di 3.50 m. Il rifrattore ottenuto dall'elaborazione delle onde P evidenziano il medesimo andamento di quello ottenuto dalle onde SH.

Le velocità del substrato roccioso mostrano per le onde P, valori compresi tra 2.705 e 2.750 m/s, con valori crescenti nella parte centrale dello stendimento e decrescenti verso la porzione iniziale e finale. Mentre le velocità delle onde SH mostrano un andamento crescente lungo la sezione con velocità che passano da 1.145 a 1.260 m/s.

L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH in accordo con i risultati del



GRM mostra materiali superficiali a bassa velocità con spessori variabili, inferiori nel tratto finale, il passaggio al substrato roccioso risulta evidenziato dal raffittimento delle curve di isovelocità (a partire da quella dei 800-900 m/s onde P), mentre per le onde SH, il contatto si osserva a partire dalla curva dei 500-550 m/s.



Il substrato roccioso, in virtù dell'andamento regolare delle curve di isovelocità, risulta prevalentemente omogeneo e compatto, fatta eccezione di alcune oscillazioni delle curve di isovelocità nei tratti centrali imputabili ad una maggiore irregolarità/fatturazione della roccia.

5.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **CONSUMA, MONTEMIGNAIO (AR)**. L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante sismica a rifrazione, ha permesso di identificare in profondità il passaggio tra i materiali più superficiali (detrito di versante), ed il substrato litoide integro costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Lonnano (FAL4).

Sulla base di quanto fino ad ora riportato è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive relativamente all'area in oggetto:

- I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di una superficie rifrangente che si localizza a profondità compresa tra 3.00 m e 7.30 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 5.70 m;
- nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 615 e 770 m/s e da velocità delle

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO LINEA SISMICA MONTE_ST10	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 10 di 12

onde di taglio (SH) comprese tra 480 e 615 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Lonnano (FAL4) che presenta velocità comprese tra 2.705 e 2.750 m/s (onde P) e tra 1.145 e 1.260 m/s (onde SH).

Firenze, lì 20/11/2014

TRIGEO SNC
 TRIGEO s.n.c.
 di Nencetti Andrea & Sordani Benedetto
 Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
 PIVA 02024310518
 Tel/Fax 0575 294500 - 056 9952212
 Cell. 339 3048117 - 338 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it

TRIGEO SNC

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
 TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA NINO BIXIO, 9 - 50131 FIRENZE
 TEL/FAX 055 400619 – CELL. 3287213928

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO</i> <i>LINEA SISMICA MONTE_ST10</i>	Novembre 2014
		Comune di Montemignaio (AR)
		Pag. 11 di 12

ALLEGATI

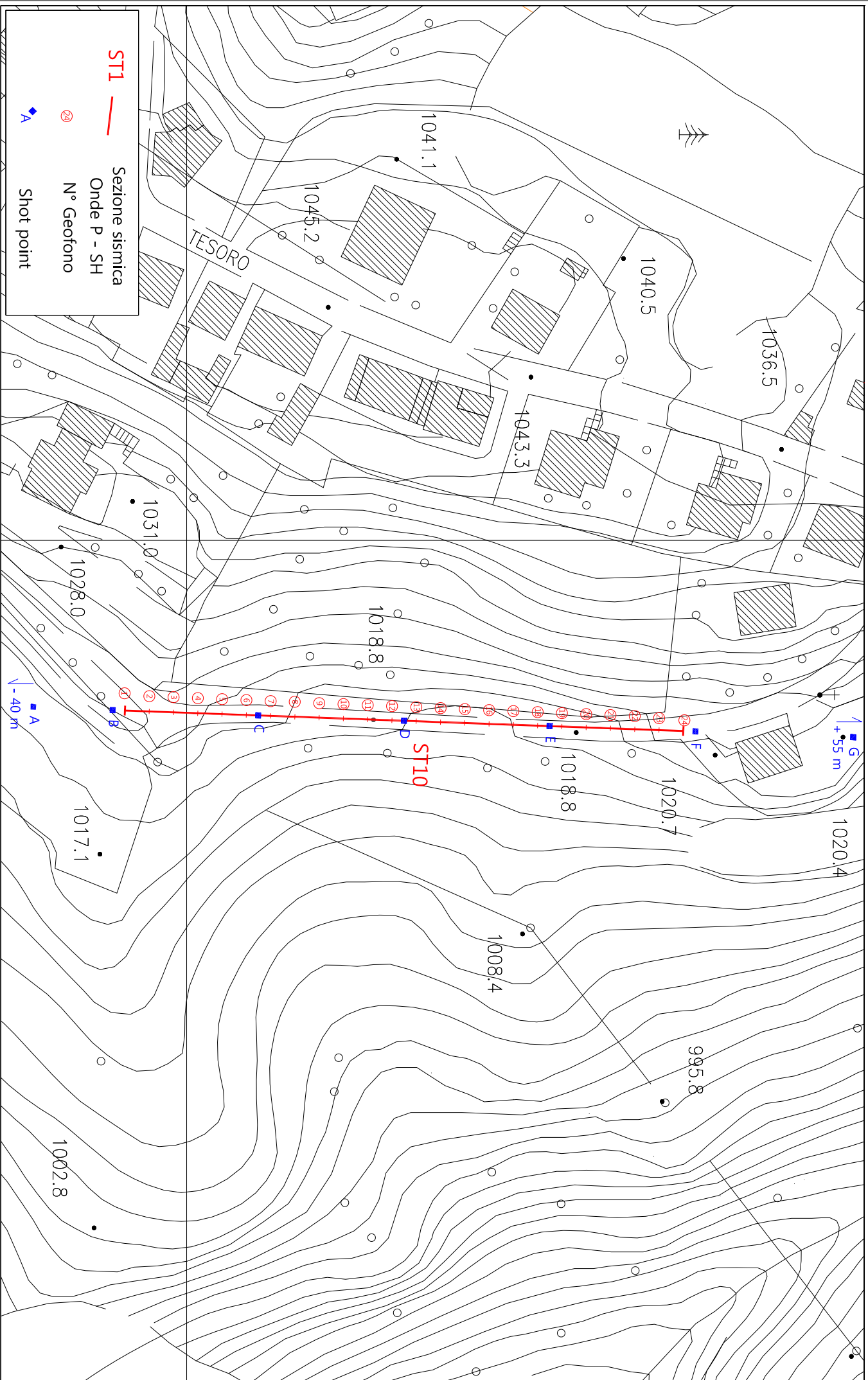
TRIGEO SNC

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA NINO BIXIO, 9 - 50131 FIRENZE
TEL/FAX 055 400619 – CELL. 3287213928



Scala 1: 1000

Novembre 2014

Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - monte_ST10



SCHEMA DELLA LINEA – monte_ST10	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA monte_ST10

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	1018.40
2	5	5.0	1018.45
3	10	5.0	1018.50
4	15	5.0	1018.55
5	20	5.0	1018.60
6	25	5.0	1018.65
7	30	5.0	1018.65
8	35	5.0	1018.70
9	40	5.0	1018.75
10	45	5.0	1018.80
11	50	5.0	1018.80
12	55	5.0	1018.80
13	60	5.0	1018.80
14	65	5.0	1018.80
15	70	5.0	1018.80
16	75	5.0	1018.80
17	80	5.0	1018.80
18	85	5.0	1018.80
19	90	5.0	1018.80
20	95	5.0	1018.80
21	100	5.0	1019.10
22	105	5.0	1019.70
23	110	5.0	1020.30
24	115	5.0	1020.90

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	4850618,75	4850733,74
Y(m)	1709067,48	1709068,29

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

ONDE P	Σ ONDE SH	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.1170	DAT.1153	A - ESTERNO SX	-40.0	1011.50
DAT.1171	DAT.1154	B - ESTREMO SX	-2.5	1018.40
DAT.1169	DAT.1156	C - INTERMEDIO SX	27.5	1018.65
DAT.1168	DAT.1158	D - CENTRALE	57.5	1018.80
DAT.1167	DAT.1160	E - INTERMEDIO DX	87.5	1018.80
DAT.1166	DAT.1162	F - ESTREMO DX	117.5	1020.90
DAT.1165	DAT.1164	G - ESTREMO DX	170.0	1018.70

TEMPI ONDE P E ONDE SH – monte_ST 10	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

TEMPI ONDE P – monte_ST10

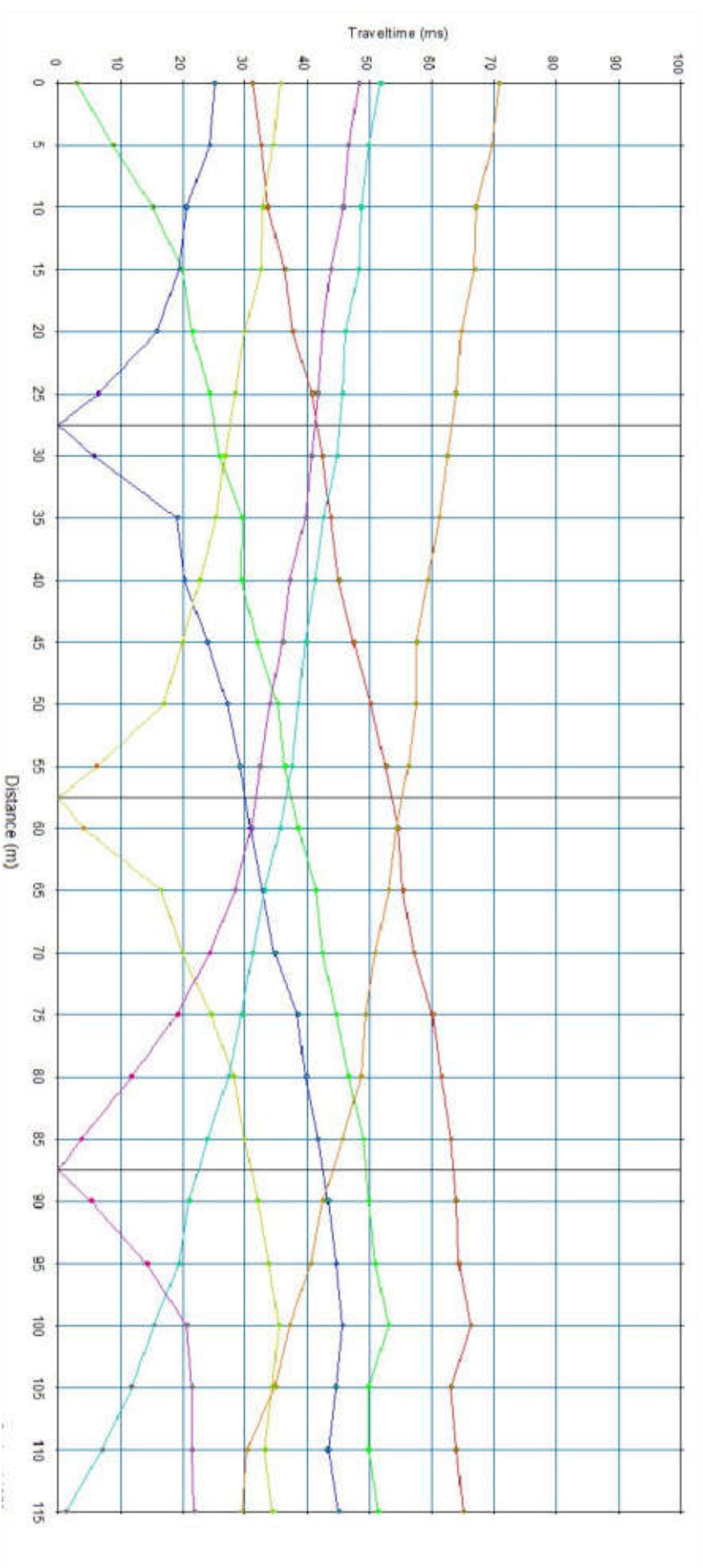
GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	31.11	2.87	25.14	35.58	48.21	51.77	70.82	31.11
2	5	32.63	8.84	24.33	34.50	46.60	49.82	69.67	32.63
3	10	33.63	15.13	20.50	32.83	45.75	48.55	67.15	33.63
4	15	36.39	19.86	19.38	32.50	43.73	48.21	66.88	36.39
5	20	37.65	21.50	15.75	29.92	42.47	46.14	64.74	37.65
6	25	40.75	24.33	6.25	28.35	41.67	45.68	63.93	40.75
7	30	42.47	25.94	5.62	26.74	40.63	44.75	62.50	42.47
8	35	43.73	29.50	19.05	25.25	39.72	42.68	61.18	43.73
9	40	45.00	29.50	20.20	22.61	37.19	41.25	59.38	45.00
10	45	47.41	31.88	23.88	19.86	36.04	39.72	57.51	47.41
11	50	50.25	35.24	27.09	16.99	33.98	38.63	57.38	50.25
12	55	52.57	36.39	29.16	6.08	32.37	37.50	56.24	52.57
13	60	54.64	38.50	30.88	4.02	31.00	35.58	54.29	54.64
14	65	55.44	41.32	32.83	16.53	28.38	33.17	53.03	55.44
15	70	57.13	42.47	34.75	19.86	24.33	31.13	50.96	57.13
16	75	60.13	44.63	38.45	24.50	19.05	29.50	49.36	60.13
17	80	61.52	46.60	39.72	28.13	11.71	27.25	48.55	61.52
18	85	63.13	49.01	41.67	29.96	3.67	23.88	45.68	63.13
19	90	63.93	49.88	43.27	32.00	5.28	21.01	42.47	63.93
20	95	64.39	50.96	44.63	33.75	14.12	19.40	40.52	64.39
21	100	66.35	53.00	45.68	35.38	20.66	15.25	37.19	66.35
22	105	63.13	49.82	44.54	34.44	21.46	11.71	34.78	63.13
23	110	63.93	49.82	43.27	33.17	21.46	7.00	30.30	63.93
24	115	31.11	2.87	25.14	35.58	48.21	51.77	70.82	31.11

TEMPI ONDE P E ONDE SH – monte_ST 10	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

TEMPI ONDE SH – monte_ST10

GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	77.48	3.62	41.25	79.29	102.01	116.48	152.12	77.48
2	5	80.06	13.26	39.63	74.64	100.98	113.89	147.47	80.06
3	10	83.68	24.28	35.38	69.21	96.75	110.28	143.85	83.68
4	15	81.87	35.12	33.57	66.37	93.75	108.47	141.27	81.87
5	20	83.68	39.63	25.57	63.79	90.13	106.66	137.69	83.68
6	25	87.29	48.04	5.42	60.95	88.33	105.63	134.81	87.29
7	30	99.17	54.58	7.75	55.53	82.90	99.17	130.17	99.17
8	35	106.66	59.57	17.30	51.91	80.06	97.37	127.58	106.66
9	40	110.28	67.32	33.57	50.10	73.86	91.94	124.74	110.28
10	45	114.67	71.11	45.45	41.84	66.37	85.49	124.74	114.67
11	50	116.48	75.00	49.07	30.99	61.98	81.87	120.09	116.48
12	55	121.13	80.06	52.69	10.07	60.18	79.63	116.88	121.13
13	60	125.77	85.06	56.56	9.04	54.75	75.13	111.05	125.77
14	65	128.36	90.39	60.18	27.38	48.30	67.41	103.82	128.36
15	70	129.39	92.88	63.79	35.38	39.26	63.38	100.98	129.39
16	75	133.01	97.80	69.21	44.68	29.96	56.56	95.56	133.01
17	80	134.81	101.41	72.06	50.88	19.11	48.30	89.36	134.81
18	85	140.24	106.38	79.29	57.33	7.23	46.49	86.52	140.24
19	90	144.89	109.88	82.90	62.76	10.85	41.06	81.87	144.89
20	95	144.89	114.84	85.49	66.37	19.89	36.42	78.25	144.89
21	100	148.50	118.46	87.29	73.25	24.24	29.18	74.64	148.50
22	105	151.08	120.18	91.25	75.67	26.34	16.27	65.60	151.08
23	110	149.28	122.07	93.75	77.48	28.15	11.88	61.98	149.28
24	115	148.50	122.07	96.59	77.48	29.18	4.39	60.18	148.50

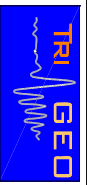
Dromocrone



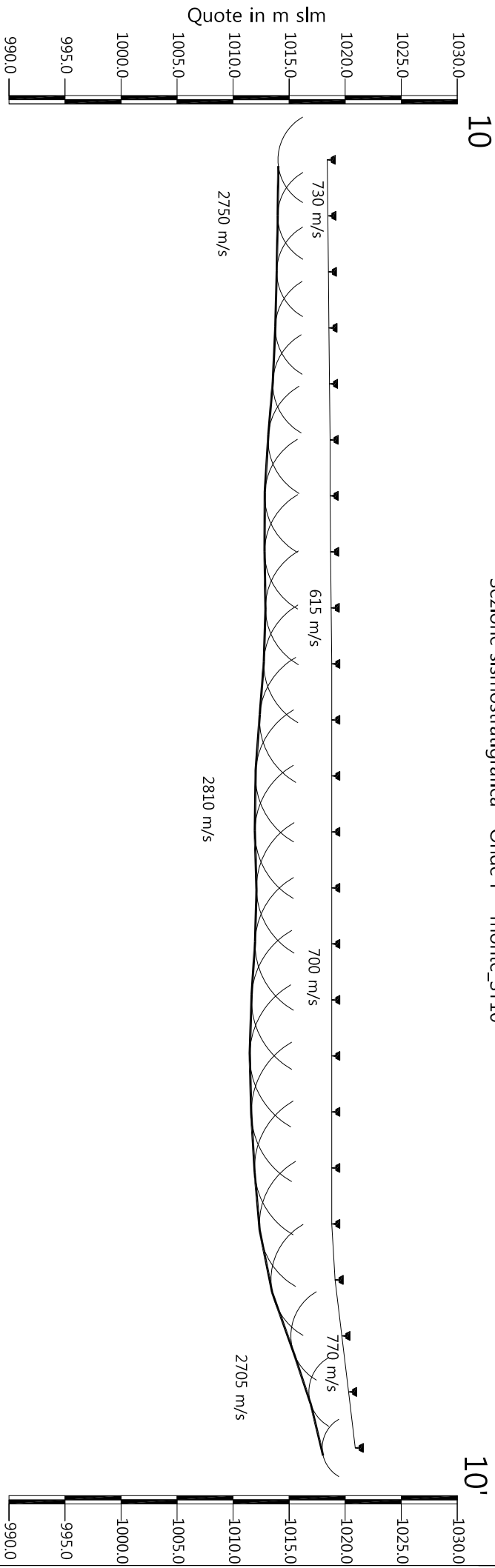
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 03 - Dromocrone - Onde P - monte_ST10



Sezione sismostratigrafica - Onde P - monte_ST10



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - monte_ST10

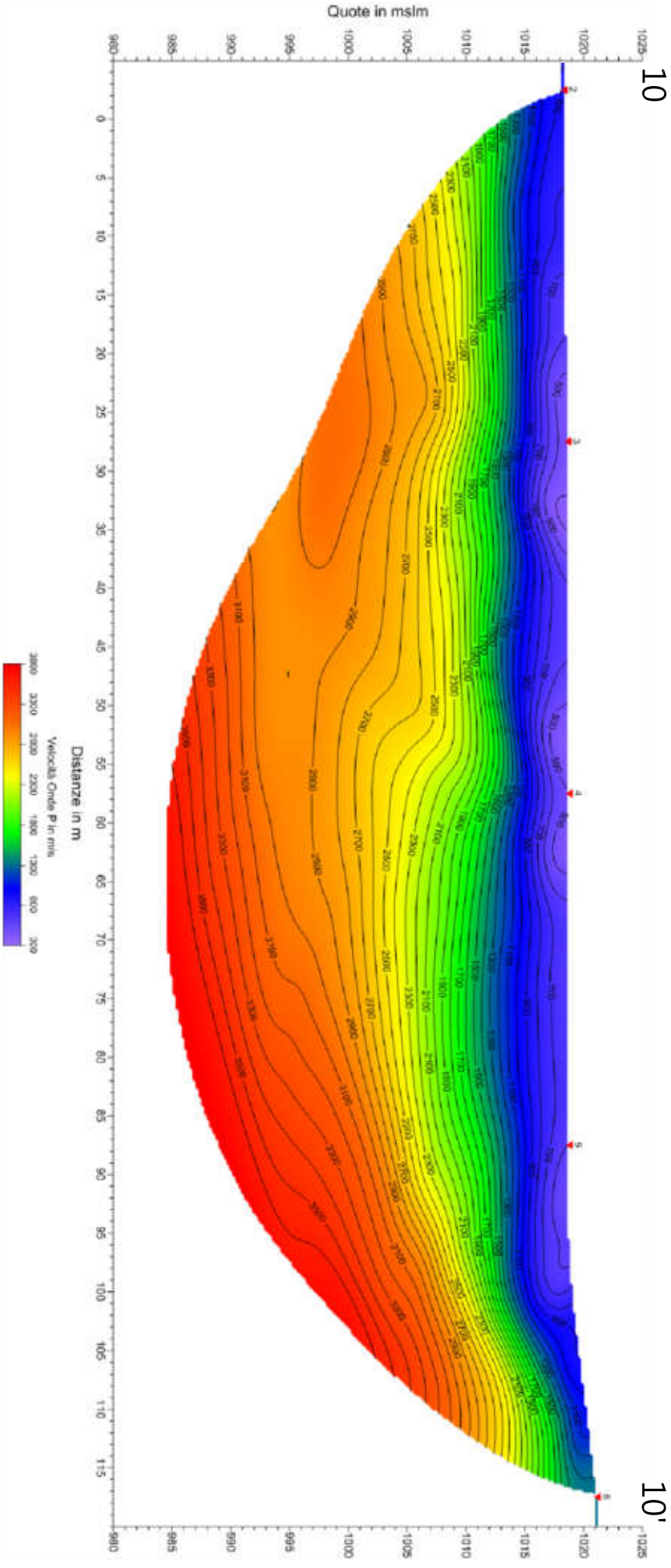


10



Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - monte_ST10

Sezione tomografica - Onde P - monte_ST10

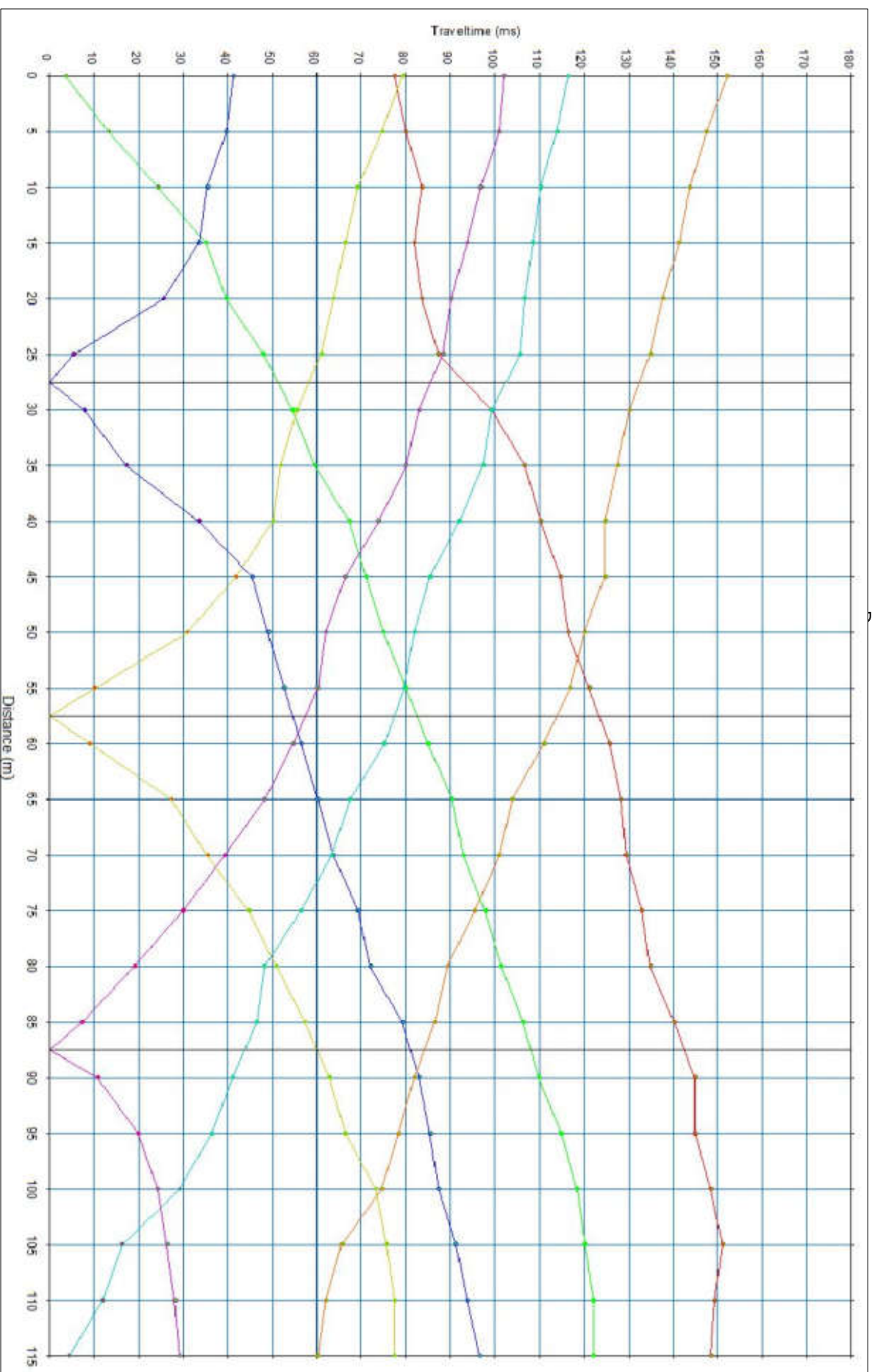


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 06 - Sezione tomografica - Onde P - monte_ST10





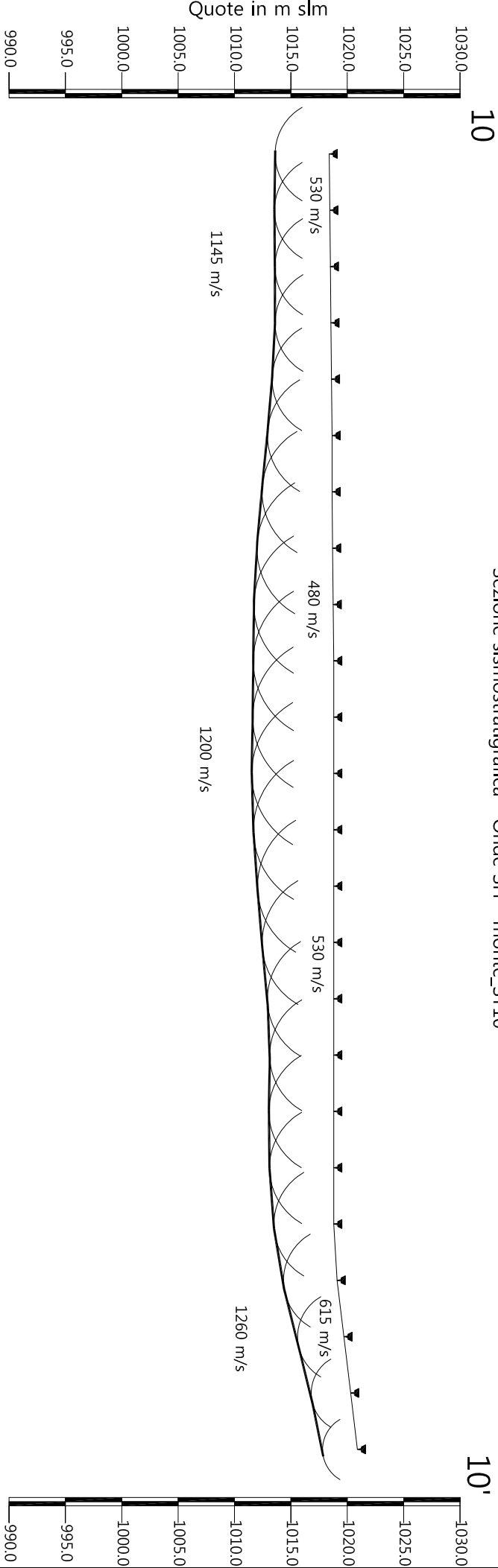
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 07 - Dromocrone - Onde SH - monte_ST10



Sezione sismostratigrafica - Onde SH - monte_ST10



Numero geofono	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanze (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
Quote in m slm	1018.40	1018.45	1018.50	1018.55	1018.60	1018.65	1018.65	1018.70	1018.75	1018.80	1018.80	1018.80	1018.80	1018.80	1018.80	1018.80	1018.80	1018.80	1018.80	1018.80	1019.10	1019.70	1020.30	1020.90
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	4.80	4.91	4.92	4.96	5.26	5.73	6.21	6.71	7.03	7.14	7.19	7.28	7.12	6.76	6.35	5.88	5.68	5.75	5.70	5.31	4.76	4.11	3.50	3.09



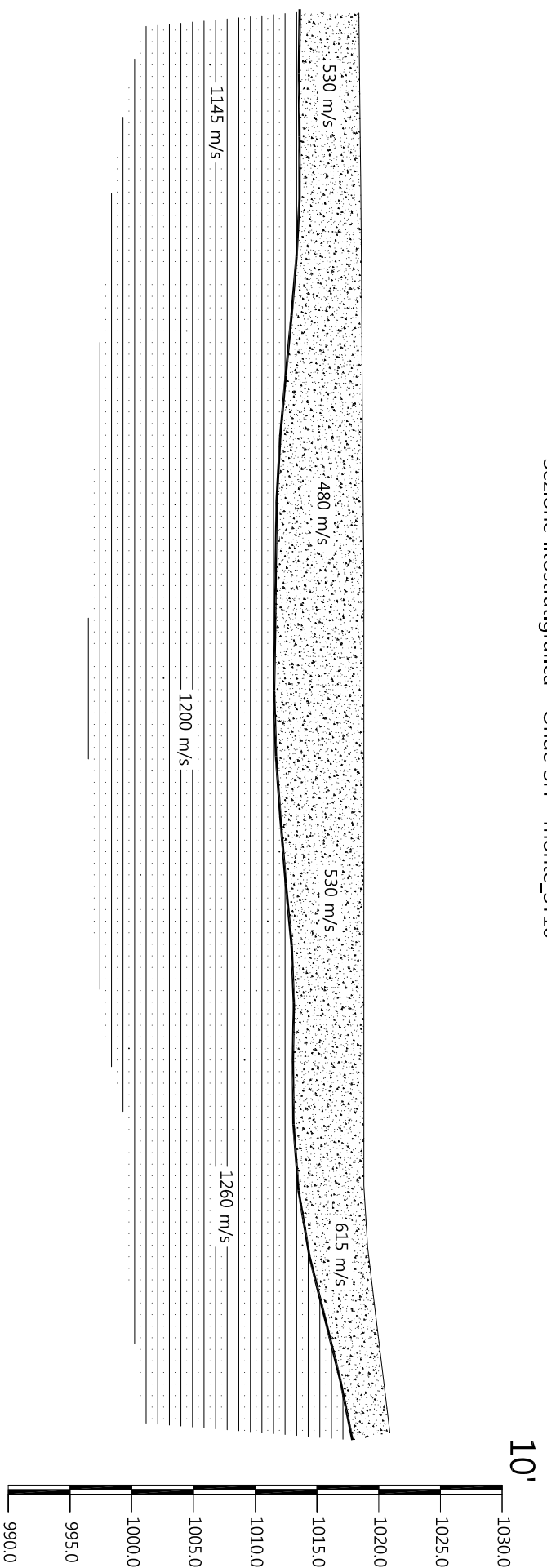
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 08 - Sezione sismostratigrafica - Onde SH - monte_ST10



Sezione litostratigrafica - Onde SH - monte_ST10



Legenda

- Detrito di versante (a)
- Arenarie del Monte Falterona
membro di Lonnano (FAL4)

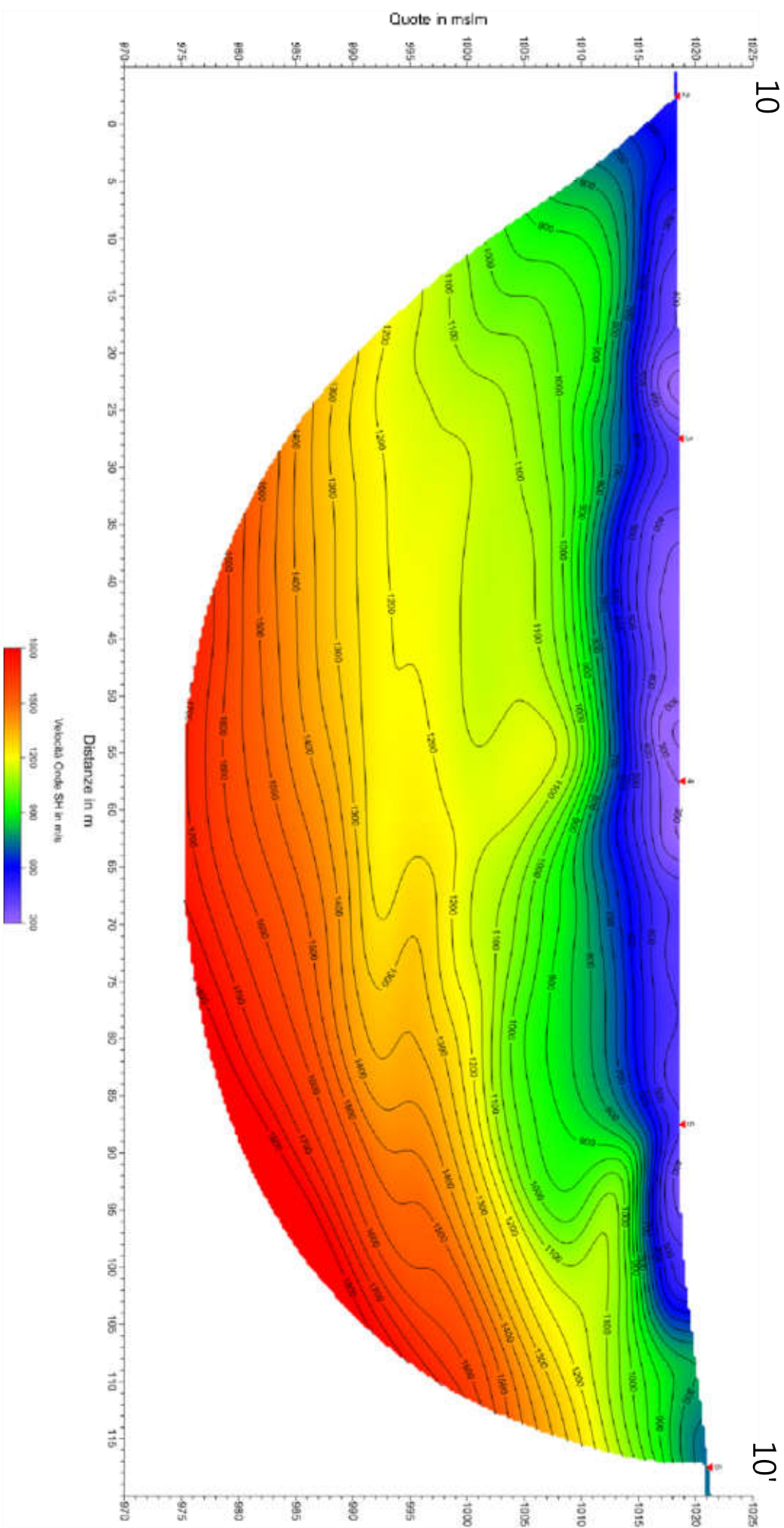
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 09 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - monte_ST10



Sezione tomografica - Onde SH - monte_ST10



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - monte_ST10

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST10 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	4.40
2	5	4.47
3	10	4.61
4	15	4.78
5	20	5.06
6	25	5.53
7	30	5.83
8	35	5.89
9	40	5.86
10	45	6.06
11	50	6.44
12	55	6.81
13	60	6.86
14	65	6.72
15	70	6.84
16	75	7.16
17	80	7.32
18	85	7.18
19	90	6.89
20	95	6.45
21	100	5.72
22	105	4.55
23	110	3.54
24	115	2.95

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST10 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	4.80
2	5	4.91
3	10	4.92
4	15	4.96
5	20	5.26
6	25	5.73
7	30	6.21
8	35	6.71
9	40	7.03
10	45	7.14
11	50	7.19
12	55	7.28
13	60	7.12
14	65	6.76
15	70	6.35
16	75	5.88
17	80	5.68
18	85	5.75
19	90	5.70
20	95	5.31
21	100	4.76
22	105	4.11
23	110	3.50
24	115	3.09

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST10 – ONDE P

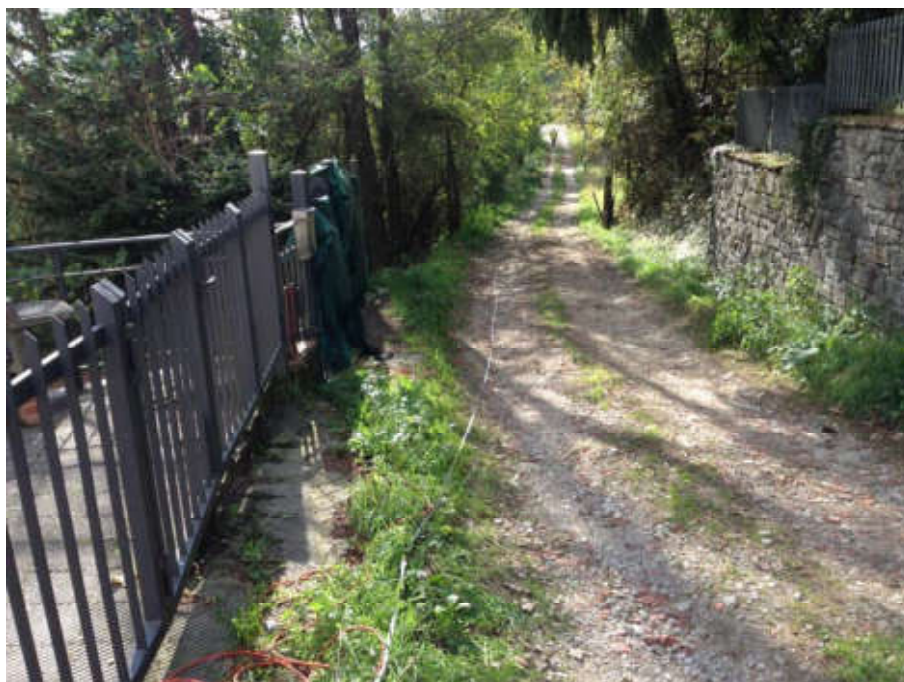
GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V ₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V ₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	765	2713
2	5	765	2717
3	10	765	2722
4	15	743	2730
5	20	686	2741
6	25	630	2762
7	30	602	2792
8	35	573	2818
9	40	566	2831
10	45	606	2826
11	50	653	2811
12	55	686	2794
13	60	693	2781
14	65	695	2790
15	70	692	2819
16	75	698	2844
17	80	711	2828
18	85	719	2783
19	90	729	2739
20	95	745	2709
21	100	761	2679
22	105	773	2648
23	110	796	2625
24	115	813	2621

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST10 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V ₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V ₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	552	1128
2	5	549	1136
3	10	544	1145
4	15	533	1148
5	20	526	1148
6	25	496	1147
7	30	491	1146
8	35	481	1144
9	40	475	1148
10	45	477	1164
11	50	469	1186
12	55	467	1203
13	60	473	1210
14	65	492	1213
15	70	503	1224
16	75	533	1240
17	80	555	1258
18	85	595	1271
19	90	617	1280
20	95	623	1276
21	100	620	1261
22	105	621	1241
23	110	605	1227
24	115	600	1234



Vista generale monte_ST10 da G12 verso G24.



Vista generale monte_ST10 da G24 verso G1.



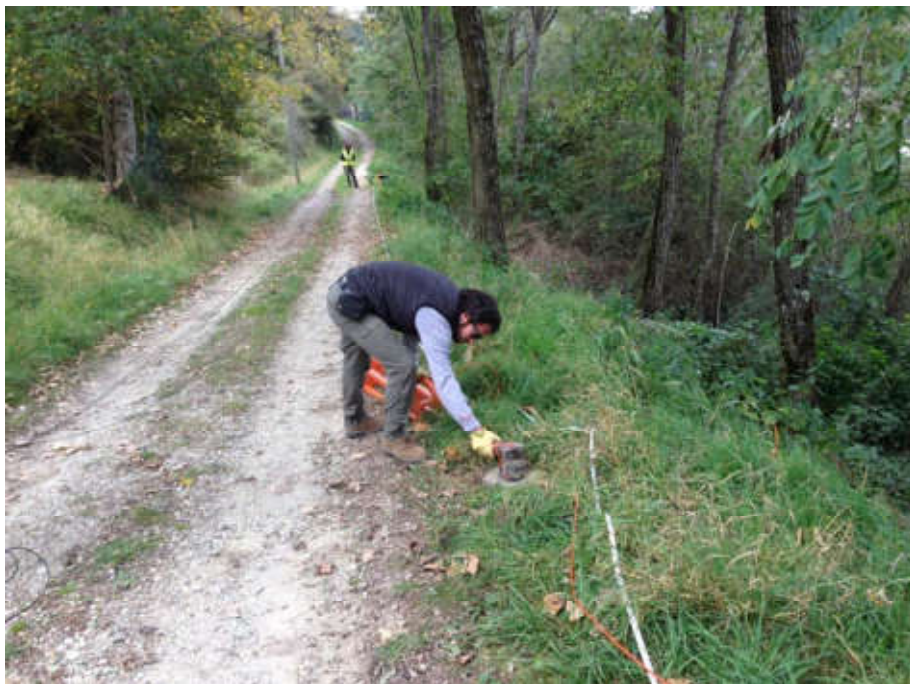
Shot point B – Onde SH – monte_ST10.



Shot point C – Onde SH – monte_ST10.



Shot point D – Onde SH – monte_ST10.



Shot point C – Onde P – monte_ST10.



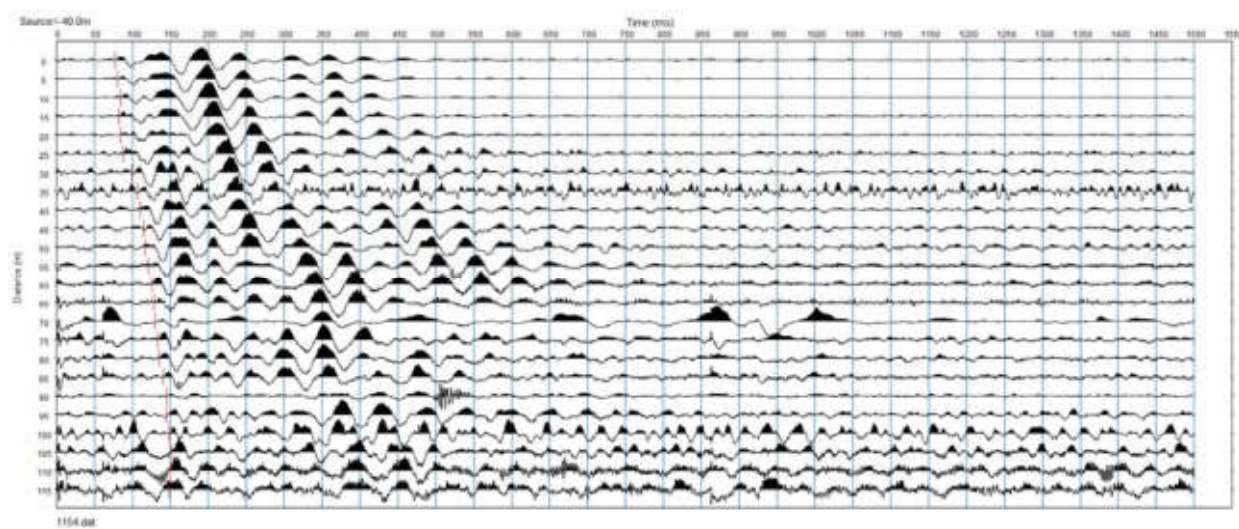
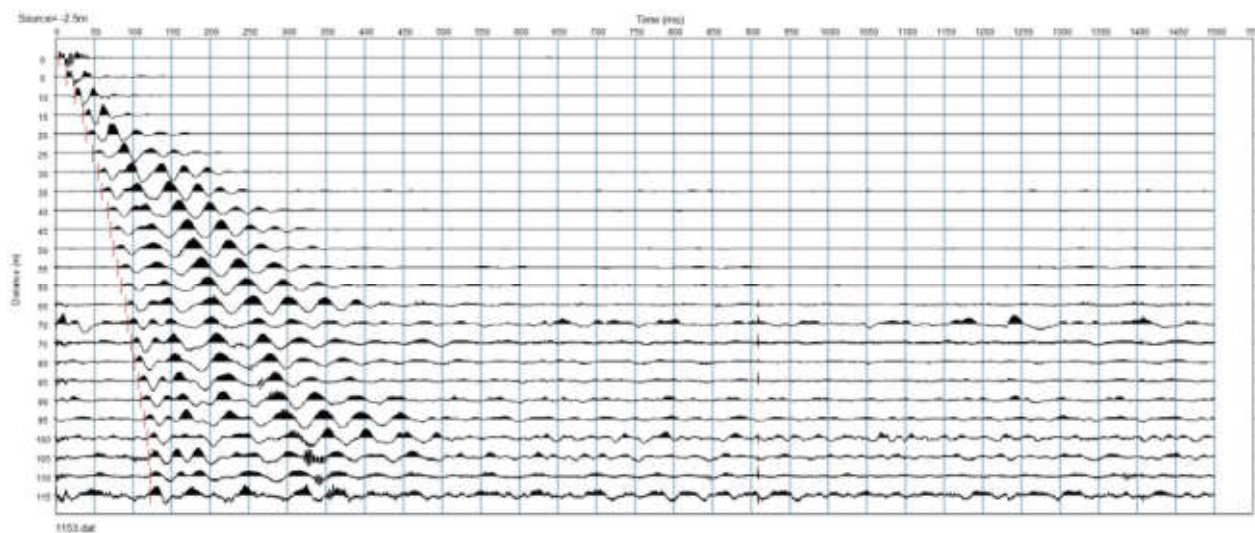
Shot point D – Onde P – monte_ST10.

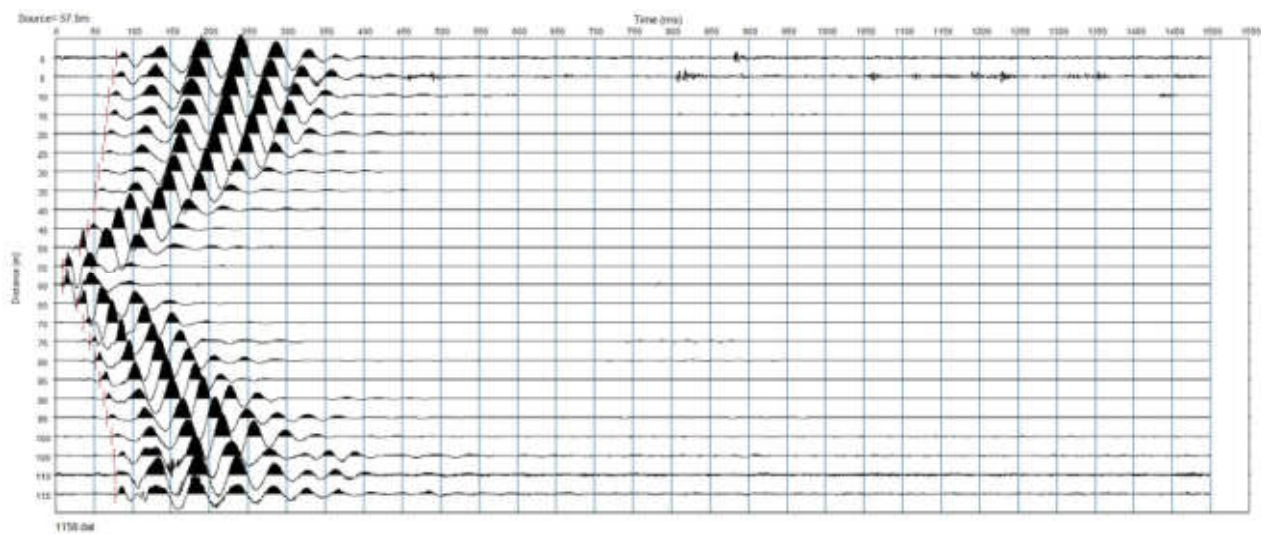
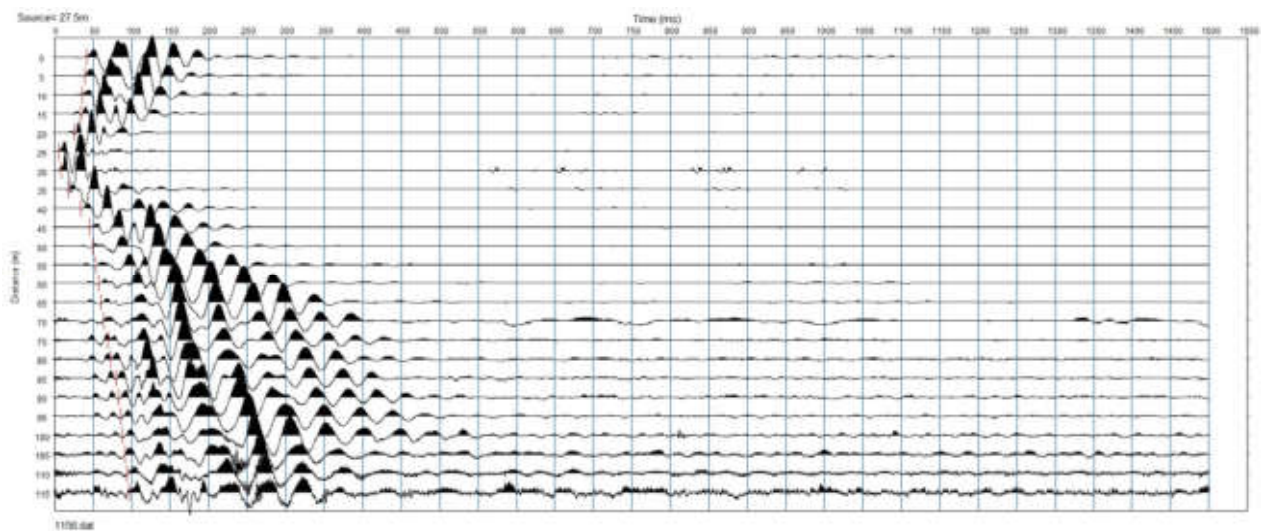
REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA – monte_ST10

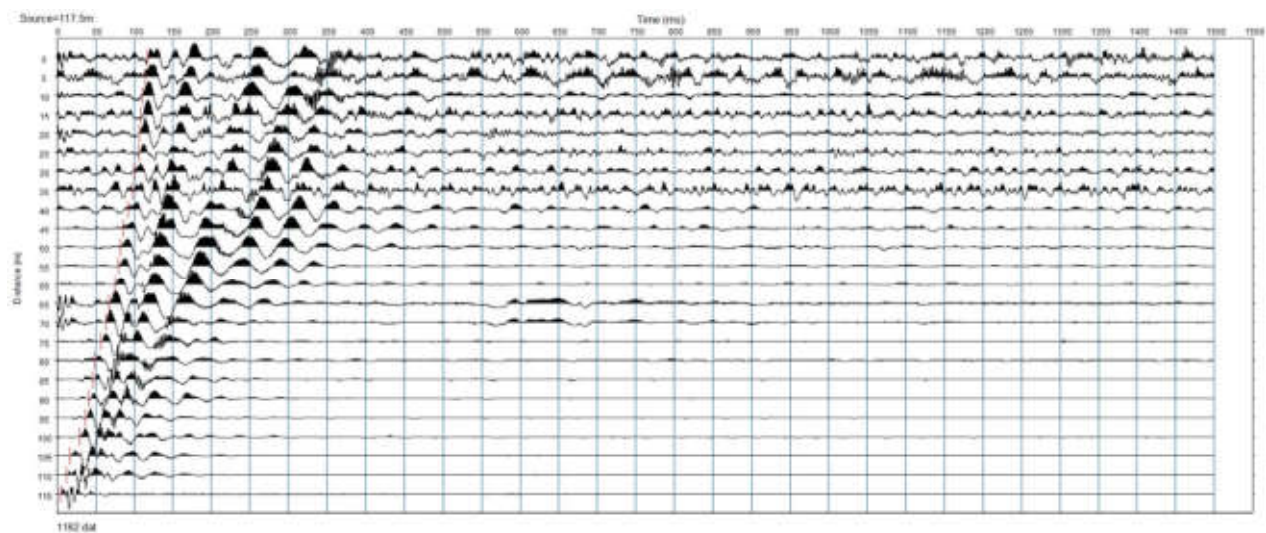
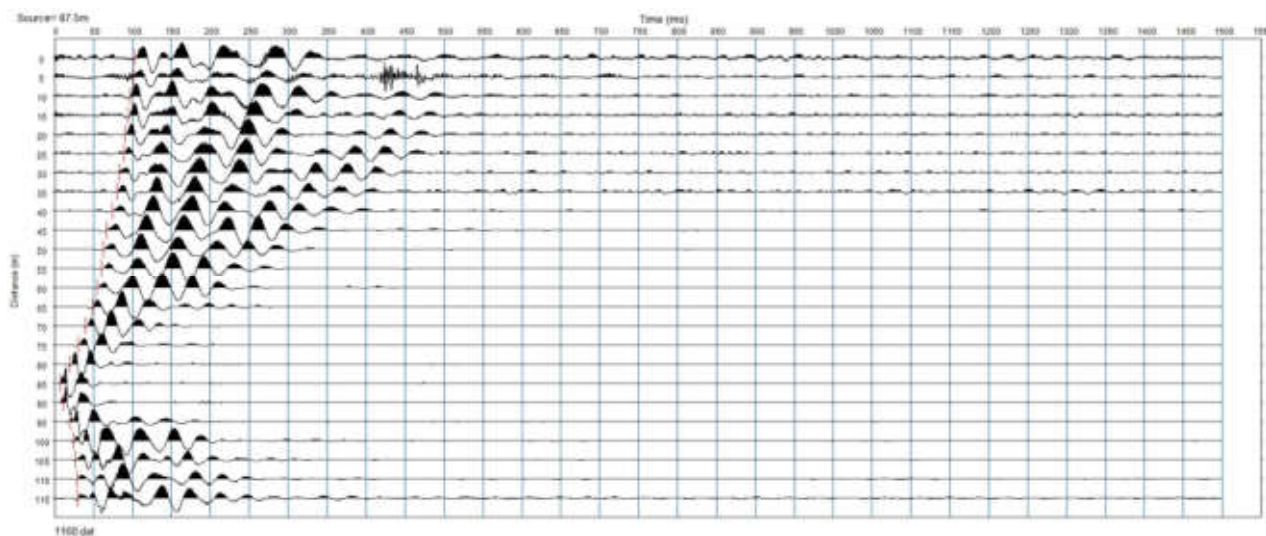
file 1152 - 1164 Onde SH

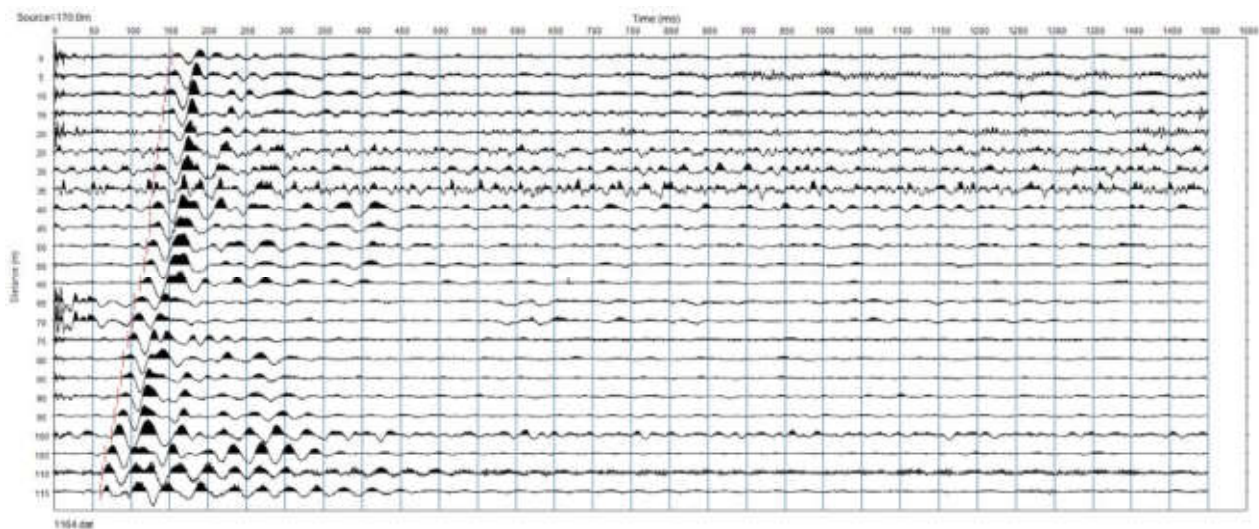
file 1170 - 1165 Onde P

ONDE SH Σ

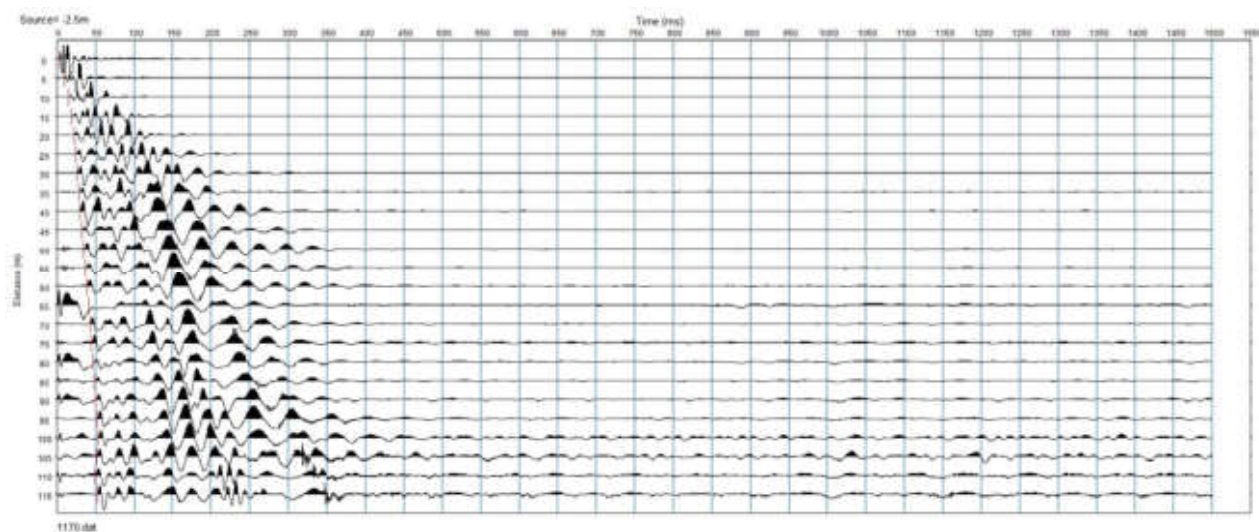
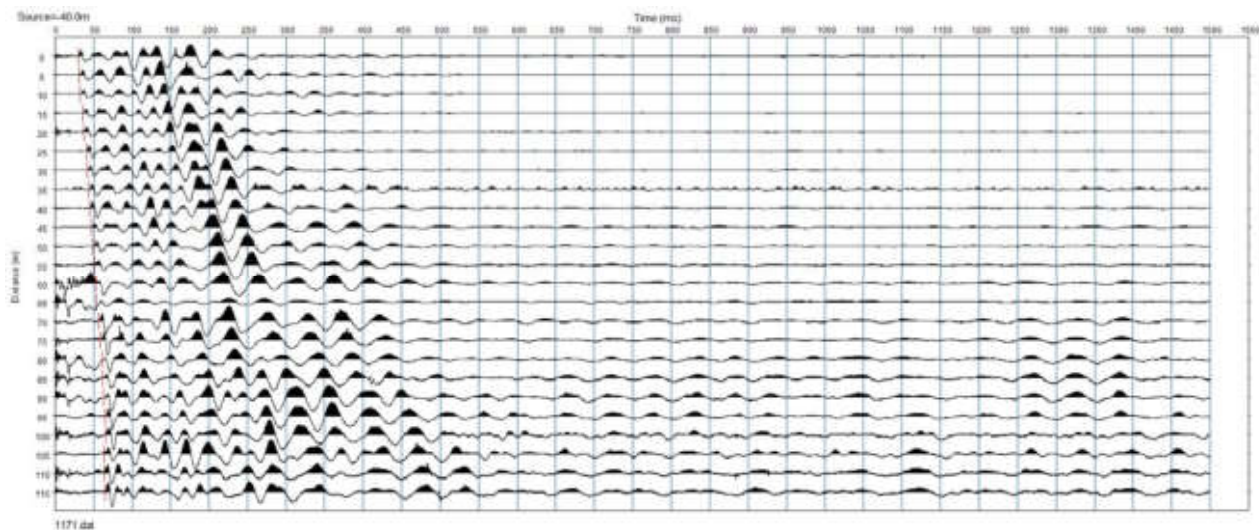


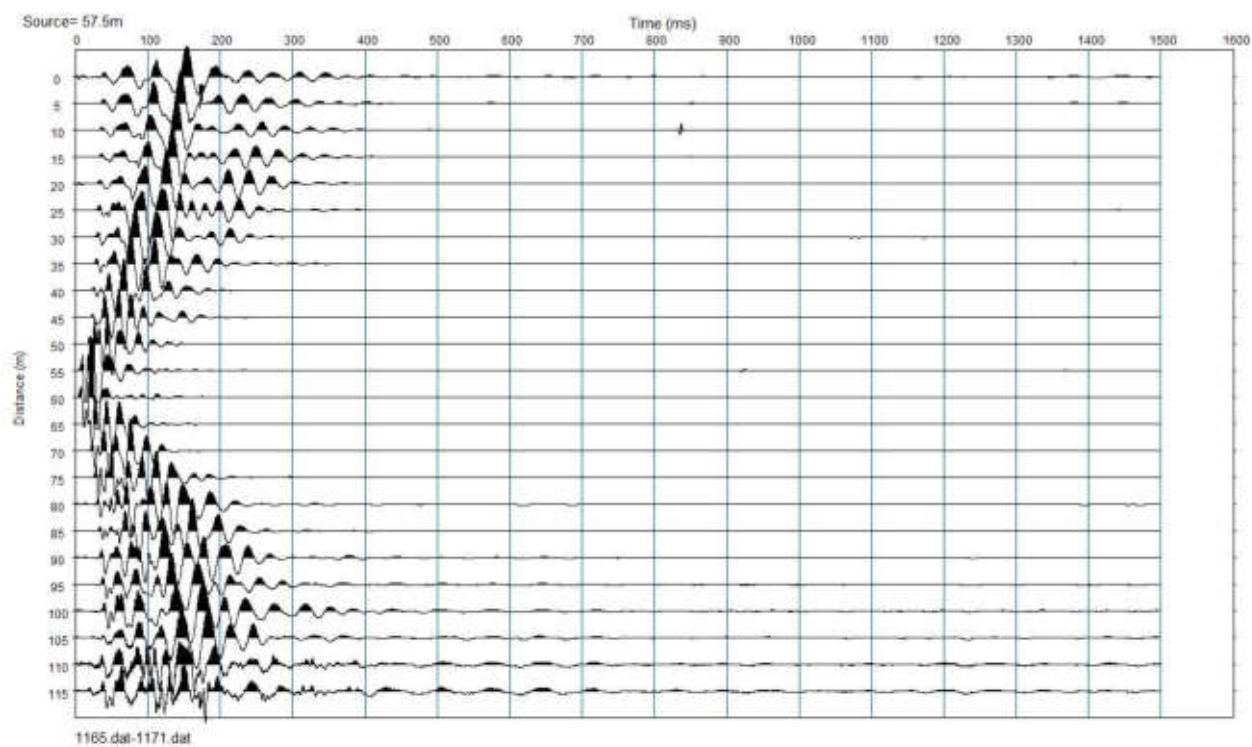
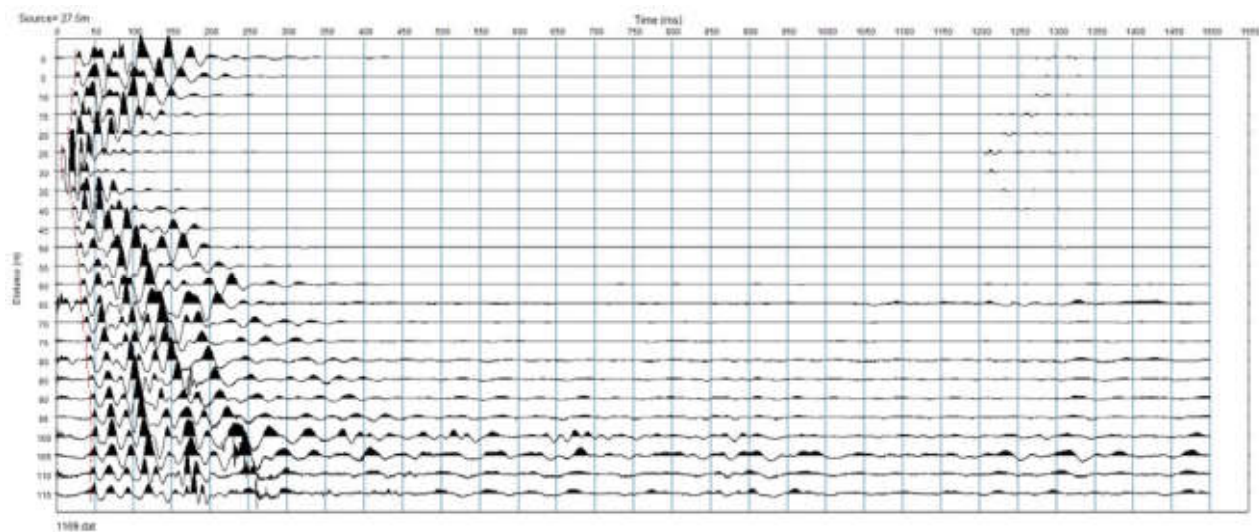


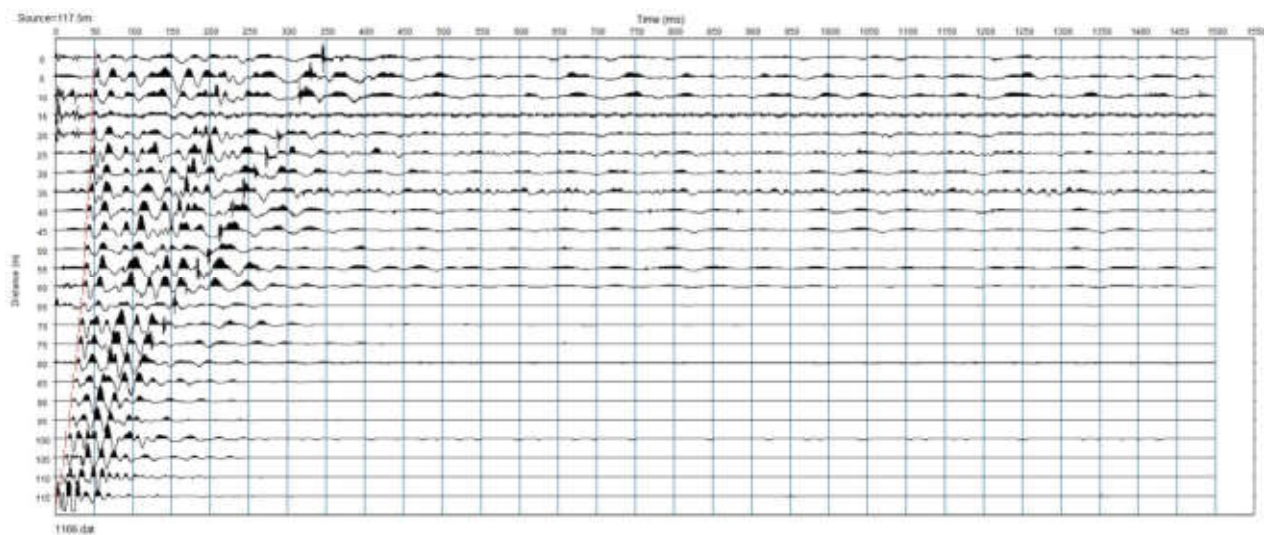
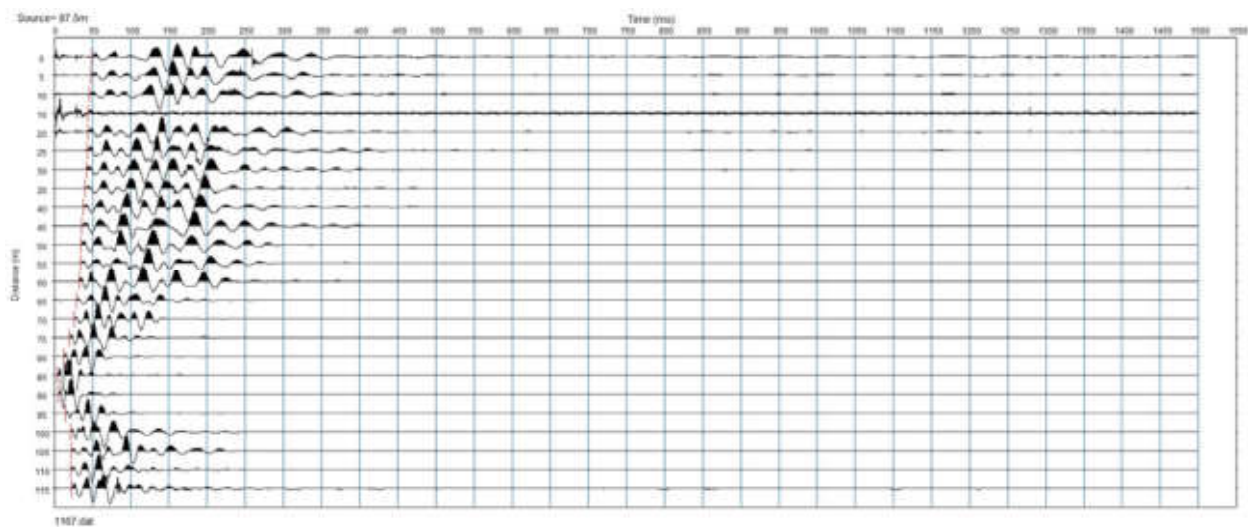


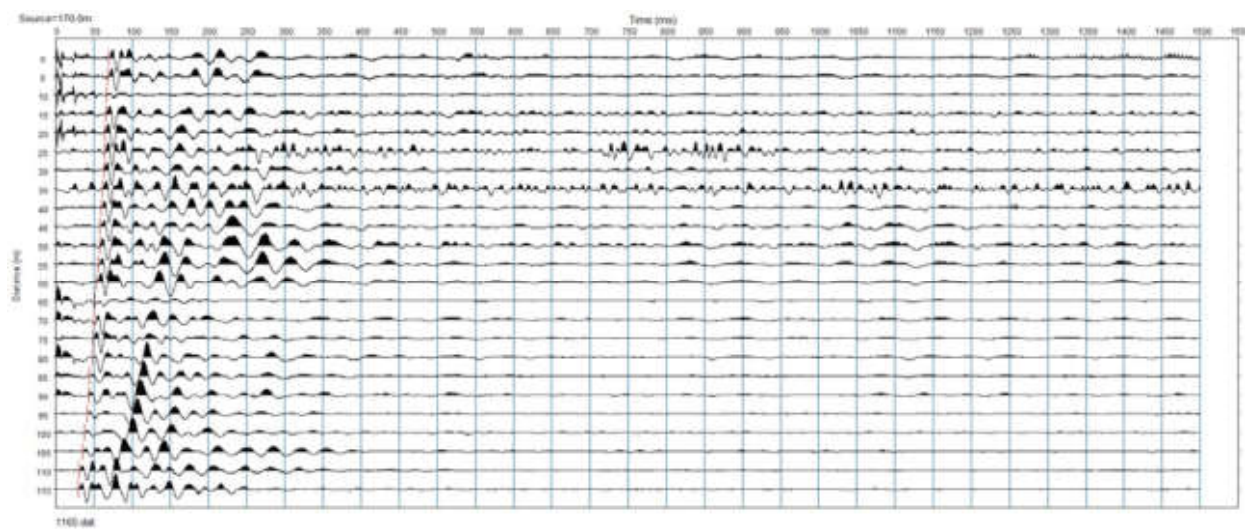


ONDE P









COMUNE DI MONTEMIGNAIO

PROVINCIA DI AREZZO

TITOLO:

INDAGINI E STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA (MS) DI LIVELLO 1 ED ANALISI DELLE CONDIZIONI LIMITE PER L'EMERGENZA (CLE) NEI COMUNI DI: TALLA - CASTEL FOCOIGNANO - ORTIGNANO - CASTEL SAN NICCOLÒ - MONTEMIGNAIO

“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH) LINEA SISMICA MONTE_ST11”

COMMITTENTE:

COMUNE DI MONTEMIGNAIO

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
20 Novembre 2014

TRIGEO S.N.C.
VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 400619 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

TRIGEO S.N.C.
di Nencetti Andrea e Turchetti Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fax 0575 294500 - 055 9962212
Cell. 339 2288117 - 306 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO</i> <i>LINEA SISMICA MONTE_ST11</i>	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 1 di 12

INDICE

INTRODUZIONE.....	2
1.0 SCHEMA OPERATIVO.....	4
2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	4
3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI	6
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA	7
5.0 CONSIDERAZIONI FINALI	10
ALLEGATI	11

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante sismica a rifrazione (acquisizione ed elaborazione dati con metodologia tomografica) nel mese di Novembre 2014, per conto del **COMUNE DI MONTEMIGNAIO (AR)**, in località **CONSUMA (Fig. 1)**.



Figura 1: Particolare della sezione monte_ST11.

L'indagine sismica, viene eseguita a supporto dello **STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1** del **COMUNE DI MONTEMIGNAIO**.

Dopo aver preso visione della zona e delle problematiche ad essa connesse è stata programmata una campagna di prospezioni geofisiche mediante sismica a rifrazione tesa a fornire, lungo la sezione convenuta con la committenza, una caratterizzazione delle litologie presenti nell'area d'indagine nonché determinare le geometrie (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo dei terreni in funzione dell'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche compressionali P e di taglio SH. I dati ottenuti sono stati elaborati sia con la metodologia classica della rifrazione (GRM)

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO LINEA SISMICA MONTE_ST11	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 3 di 12

che con la metodologia tomografica che permette di ottenere, attraverso un maggior numero di “energizzazioni” (7 per ciascun stendimento) ed un opportuno software di elaborazione, un’ottima caratterizzazione del substrato e dei materiali di copertura.

L’acquisizione delle onde SH combinate alle onde di compressione consente di ottenere i principali parametri elastico/dinamici e di fornire i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{s30}), così come richiesto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

La relazione tecnica riferisce sui risultati ottenuti dall’indagine sismica a rifrazione mediante Onde P e SH ed è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante:

- **Tavola 01:** Planimetria generale del profilo sismico **monte_ST11** eseguito, scala 1:10.000 (da CTR 1:10.000);
- **Tavola 02:** Planimetria di dettaglio scala 1:1.000 (da CTR 1:10.000) con ubicazione del profilo sismico **monte_ST11** eseguito, posizionamento dei geofoni e delle energizzazioni effettuate;
- Schema dettagliato della linea sismica con posizionamento relativo dei geofoni (quote-distanze), coordinate in Gauss-Boaga dei geofoni iniziale e finale e punti di energizzazioni (quote-distanze);
- **Tabelle Tempi di arrivo Onde P e SH** relativi ai vari scoppi, con riportati posizione, tempo di arrivo e quota di ciascun geofono;
- **Tavole 03-07:** Diagrammi Tempi d’arrivo-Distanze (Dromocrone) Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 04-08:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-09:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 06-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Tabelle Profondità calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- Tabelle Velocità sismiche calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- Documentazione fotografica della linea sismica;
- Stampe delle registrazioni di campagna.

Di seguito viene descritto, lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all’interpretazione scaturita dai dati elaborati.

1.0 SCHEMA OPERATIVO

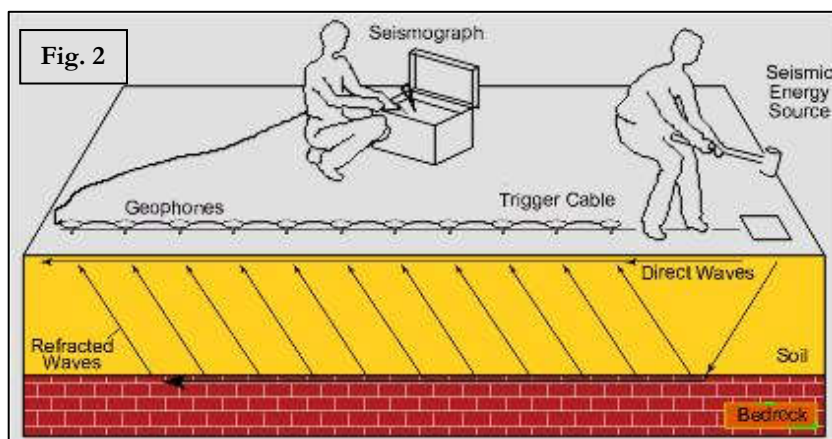
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo geofono e l'ubicazione di ogni punto di energizzazione (shot point).

Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati e degli spazi a disposizione è stata scelta una distanza intergeofonica di 4 m per la sezione eseguita sia con Onde P che con Onde SH. Complessivamente sono stati acquisiti **230 ml** di rilievo suddivisi in due basi ciascuna di **115 ml** (onde P-SH).

2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

Un sistema digitale di acquisizione dati (**Fig. 2**) in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori



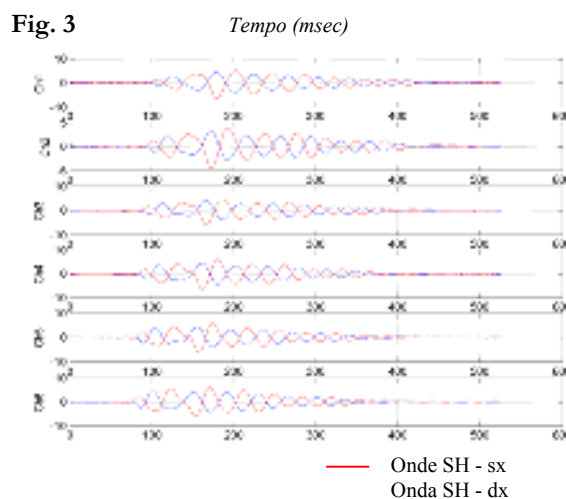
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: **A/D Conversion:** 24 bit; **Dynamic Range:** 144 dB; **Distortion:** 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; **Bandwidth:** 1.75 Hz to 20 kHz; **Common Mode Rejection:** > -100 dB at <=100 Hz, 36 dB; **Crosstalk:** -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms; **Noise**

Floor: 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz; **Stacking Trigger Accuracy:** 1/32 of sample interval; **Maximum Input Signal:** 2.8 VPP; **Input Impedance:** 20 kOhm, 0.02 uF; **Preamplifier Gains;** **Anti-alias Filters:** -3 dB at 83% of Nyquist frequency; **Sample Interval:** 0.02 to 16.0 ms; **Record Length:** 16,000 samples; **Acquisition and Display Filters:** *LowCut, Notch, HighCut*; **Data Formats:** SEG-2 standard with SGOS.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni “PASP” verticali ed orizzontali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile e nel caso dei geofoni orizzontali dotati di bolla livellante, con frequenza caratteristica di 10 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

Generalmente come sorgente di energia sismica per le onde P, nel caso di rilievi a piccola profondità si fa uso di una mazza da 8 kg o del Minibang: nel nostro caso, dato le distanze in gioco, l'utilizzo della mazza ha consentito di ottenere risultati ottimali. Per quel che riguarda la produzione di onde SH si utilizza generalmente una trave di circa 2.00 m di lunghezza, la cui estremità viene colpita con una massa battente di ca. 10/15 kg. La trave è resa solidale al terreno mediante l'applicazione di un carico (rappresentato nel nostro caso dalla stessa autovettura). La tavola viene colpita lateralmente dalla massa, in modo da generare onde di taglio SH. Per poter riconoscere in maniera inequivocabile sui sismogrammi le onde di taglio S, che non costituiscono mai la prima fase, sono state effettuate energizzazioni ai due estremi della tavola, in modo da generare treni d'onda identici, ma in opposizione di fase (**Fig. 3**). Ogni energizzazione viene registrata sull'Hard Disk sia singolarmente che, invertendo la fase, come somma.



Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati in rifrazione, è stato il *Generalized Reciprocal Method* (GRM) che consente di delineare rifrattori ondulati, ad ogni profondità e di numero infinito da dati sismici a rifrazione in linea che consistano di tempi-distanza in andata e ritorno. I tempi di arrivo a due sensori distinti e per profili in andata e ritorno sono combinati per ottenere la velocità del rifrattore, il calcolo della sezione tempi-profondità ed il fattore di conversione in profondità. Il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati

fino ad angoli superiori a 20 gradi. Il GRM in definitiva è un metodo di interpretazione globale e sintetico per il quale molti dei metodi esistenti sono dei casi particolari.

Oltre al GRM, in alcuni casi, è stato utilizzato, per conferma e confronto, un algoritmo di inversione che usa il *delay-time method* per ottenere un primo modello approssimato in profondità, che viene quindi affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed un processo di aggiustamento con iterazioni successive che tende a minimizzare le discrepanze tra i tempi di arrivo misurati in campagna ed il corrispondente modello di profondità. In questo caso specifico è stato utilizzato come sistema di elaborazione principale il *delay-time method* affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed il GRM come verifica e conferma dei risultati ottenuti.

Terminata la fase preliminare di verifica dati, mediante la metodologia GRM, è stato utilizzato un nuovo sistema di analisi dei dati sismici che consente di elaborare profili a bassa, media ed elevata copertura. Le dromocrone ricavate dall'interprete vengono elaborate sulla base di tre distinte metodologie analitiche: CMP (intercept time refraction), Plus-Minus e Wavefront. Il metodo Wavefront rappresenta un'ulteriore ottimizzazione del metodo GRM. Invece di assumere come costante la distanza XY tra i vari ricevitori, il metodo Wavefront stima ad ogni geofono la distanza rispetto agli altri, attraverso l'angolo d'emergenza del fronte d'onda sia diretto che inverso. Tale caratteristica permette di analizzare, con ottimi risultati, anche rifrattori con superfici irregolari.

Il software, utilizzato nel corso del presente lavoro, permette, successivamente ai predetti passaggi, di utilizzare il metodo "Delta-t-V" che è in grado di evidenziare gradienti di velocità verticali all'interno degli strati, aumenti lineari di velocità con la profondità, faglie e locali anomalie di velocità. Il metodo Delta-t-V valuta la distribuzione delle velocità lungo il profilo di interesse. Ciò consente, sfruttando il metodo dell'inversione, di ottenere in corrispondenza delle varie stazioni installate, valori di profondità in funzione della velocità.

I dati così ottenuti vengono definitivamente elaborati mediante metodologia tomografica che permette una stima migliore delle velocità, risultando meno dipendente dalla spaziatura dei ricevitori e da topografie estreme.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-07** sono rappresentate, le curve tempi-distanze, Dromocrone, che scaturiscono dalle letture eseguite sui dati di campagna (onde P-SH). Nel diagramma tempi-distanze,

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO LINEA SISMICA MONTE_ST11	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 7 di 12

in ascisse, in scala 1:500 sono riportate le distanze dei sensori dall'inizio dell'allineamento e, in ordinate, i tempi di arrivo, espressi in millisecondi agli stessi sensori.

Nelle **Tavole 04-08**, sono state riportate le sezioni sismostratigrafiche ottenute (onde P-SH), al di sotto della superficie topografica l'involuppo dei cerchi rappresenta l'interfaccia tra uno strato ed un altro. I metodi di interpretazione in sismica a rifrazione forniscono, infatti, gli spessori degli strati valutando la distanza minima tra i sensori ed il rifrattore sulla perpendicolare allo strato e non sulla sua verticale; di conseguenza la superficie rifrangente, al di sotto di ogni dato punto, può giacere ovunque su di un cerchio centrato in quel punto e con raggio uguale allo spessore dello strato.

Ciò è quanto riportato nelle sezioni al di sotto della superficie topografica. L'involuppo dato da questi cerchi è una buona approssimazione della forma e posizione del rifrattore.

Nelle **Tavole 05-09** sono riportate le sezioni interpretate (sezioni litostratigrafiche) sulla base sia dei dati ottenuti (sezioni sismostratigrafiche), sia di considerazioni geologiche generali relative alla zona in esame che sulla base dei dati forniti dal tecnico incaricato.

Infine nelle **Tavole 06-10** abbiamo le sezioni tomografiche interpretate realizzate mediante la "WET Tomography" con le relative curve di isovelocità. La scala in falsi colori presente, esprime i valori di velocità all'interno della sezione.

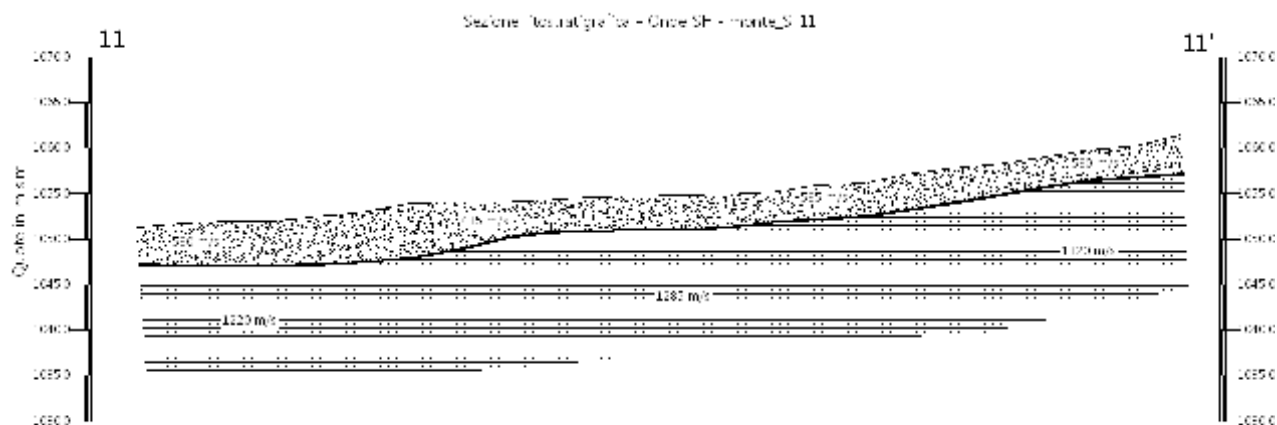
Le sezioni litostratigrafiche interpretate assieme alle sezioni tomografiche, rappresentano il risultato conclusivo dell'analisi dei dati sintetizzati nelle tavole e tabelle allegate.

4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di una superficie rifrangente che si localizza a profondità compresa tra 3.00 m e 7.50 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 5.05 m.

Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 825 e 900 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 435 e 585 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Lonnano (FAL4) che presenta velocità comprese tra 2.370 e 2.615 m/s (onde P) e tra 1.220 e 1.320 m/s (onde SH).

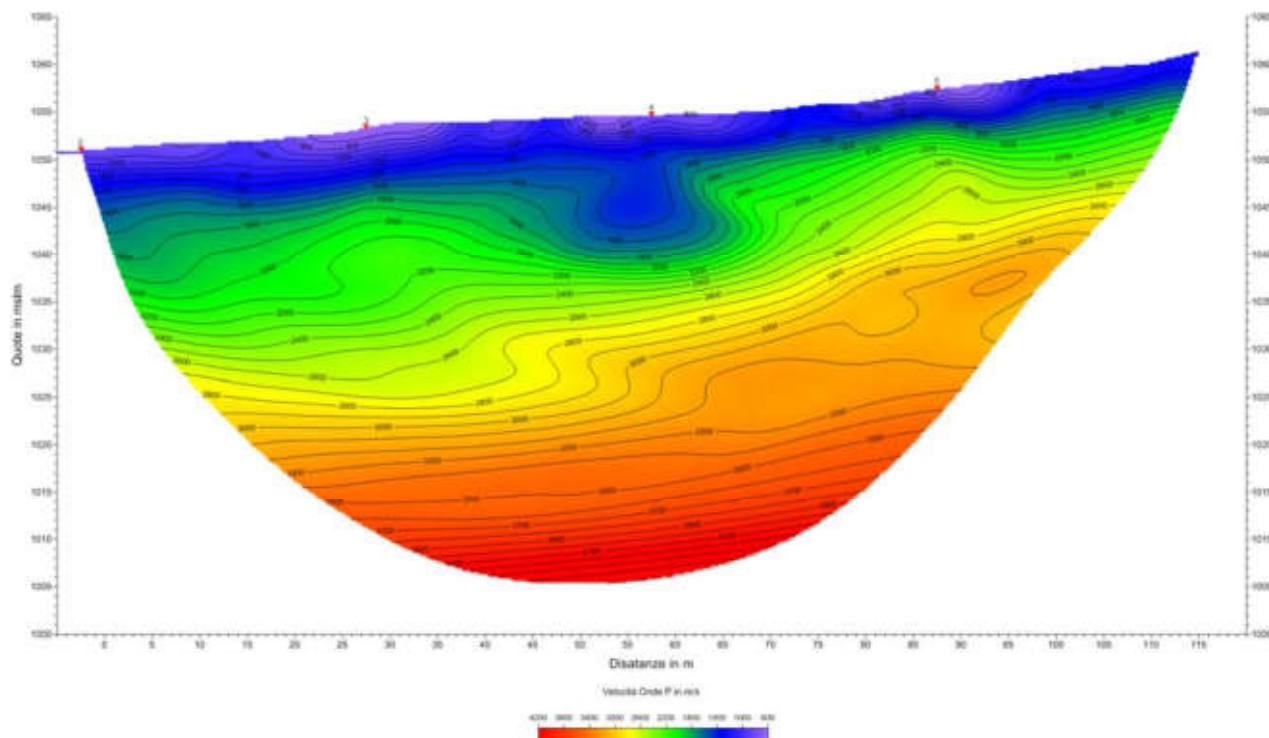
La **Sezione ST11**, effettuata in direzione NO-SE, in località di Consuma, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento del rifrattore individuato. Quest'ultimo presenta profondità maggiori nella porzione iniziale della sezione (prossime



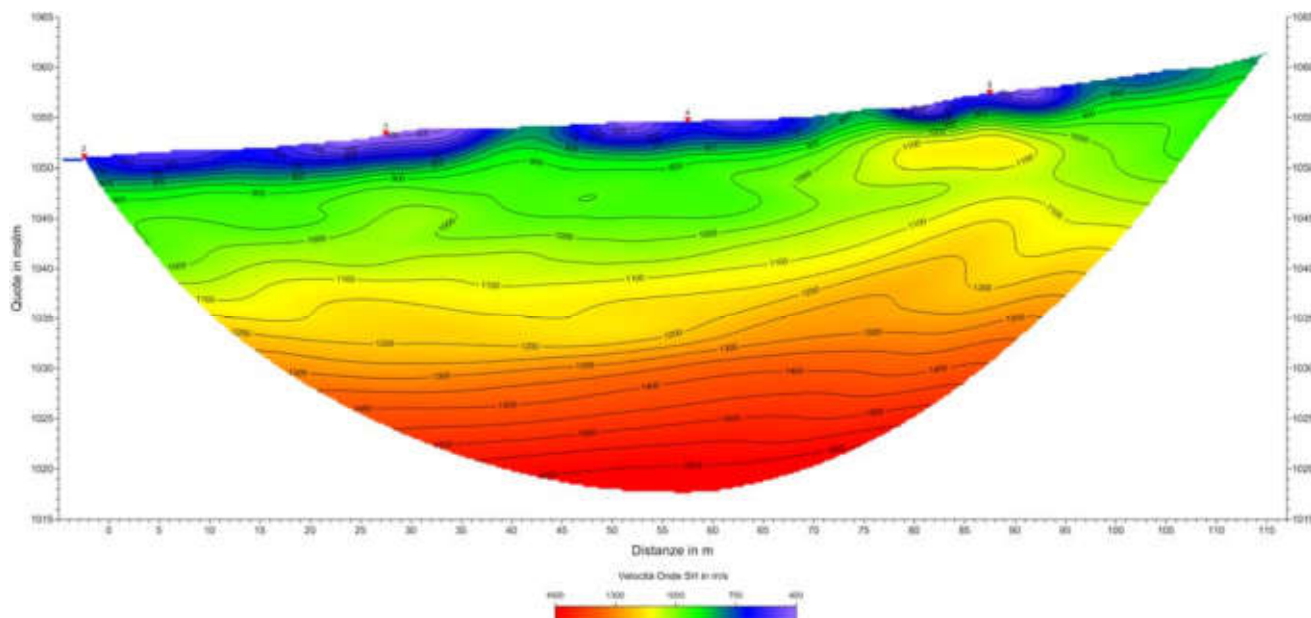
a 7.20-7.50 m), nella seconda metà della sezione il rifrattore assume una profondità piuttosto costante (5.20-5.50), ed infine, nell'ultimo tratto della sezione, mostra una leggera risalita attestandosi a profondità di 4.20 m. Il rifrattore ottenuto dall'elaborazione delle onde P evidenzia un andamento confrontabile con quello ottenuto dalle onde SH, tuttavia presenta valori di profondità leggermente inferiori.

Le velocità del substrato roccioso mostrano per le onde P, valori compresi tra 2.370 e 2.615 m/s, con valori crescenti lungo lo stendimento. Le velocità delle onde SH mostrano il medesimo andamento con velocità che passano da 1.220 a 1.320 m/s.

L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH in accordo con i risultati del



GRM mostra materiali superficiali a bassa velocità con spessori variabili, maggiori nel tratto iniziale, il passaggio al substrato roccioso risulta evidenziato dal raffittimento delle curve di isovelocità (a partire



da quella dei 1.200-1.400 m/s onde P), mentre per le onde SH, il contatto si osserva a partire dalla curva dei 600-700 m/s.

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO LINEA SISMICA MONTE_ST11	Novembre 2014
		Comune di Montemignai (AR)
		Pag. 10 di 12

Il substrato roccioso, che in alcuni casi risulta subaffiorante, presenta un' andamento regolare delle curve di isovelocità quindi risulta prevalentemente omogeneo e compatto. Tuttavia sono evidenti delle oscillazioni delle curve di isovelocità, soprattutto nei tratti centrali, imputabili ad una maggiore irregolarità/fatturazione della roccia.

5.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **CONSUMA, MONTEMIGNAIO (AR)**. L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante sismica a rifrazione, ha permesso di identificare in profondità il passaggio tra i materiali più superficiali (detrito di versante), ed il substrato litoide integro costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Lonnano (FAL4).

Sulla base di quanto fino ad ora riportato è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive relativamente all'area in oggetto:

- I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di una superficie rifrangente che si localizza a profondità compresa tra 3.00 m e 7.50 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 5.05 m;
- nella zona d'intervento il rifratore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 825 e 900 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 435 e 585 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Lonnano (FAL4) che presenta velocità comprese tra 2.370 e 2.615 m/s (onde P) e tra 1.220 e 1.320 m/s (onde SH).

Firenze, lì 20/11/2014

TRIGEO SNC
TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea & Sestini Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02026110518
Tel/Fax 0575 294500 - 056 9962212
Cell. / 339 3558117 - 339 7213923
www.trigeo.it - info@trigeo.it

TRIGEO SNC

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA NINO BIXIO, 9 - 50131 FIRENZE
TEL/FAX 055 400619 – CELL. 3287213928

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI MONTEMIGNAIO</i> <i>LINEA SISMICA MONTE_ST11</i>	Novembre 2014
		Comune di Montemignaio (AR)
		Pag. 11 di 12

ALLEGATI

TRIGEO SNC

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)

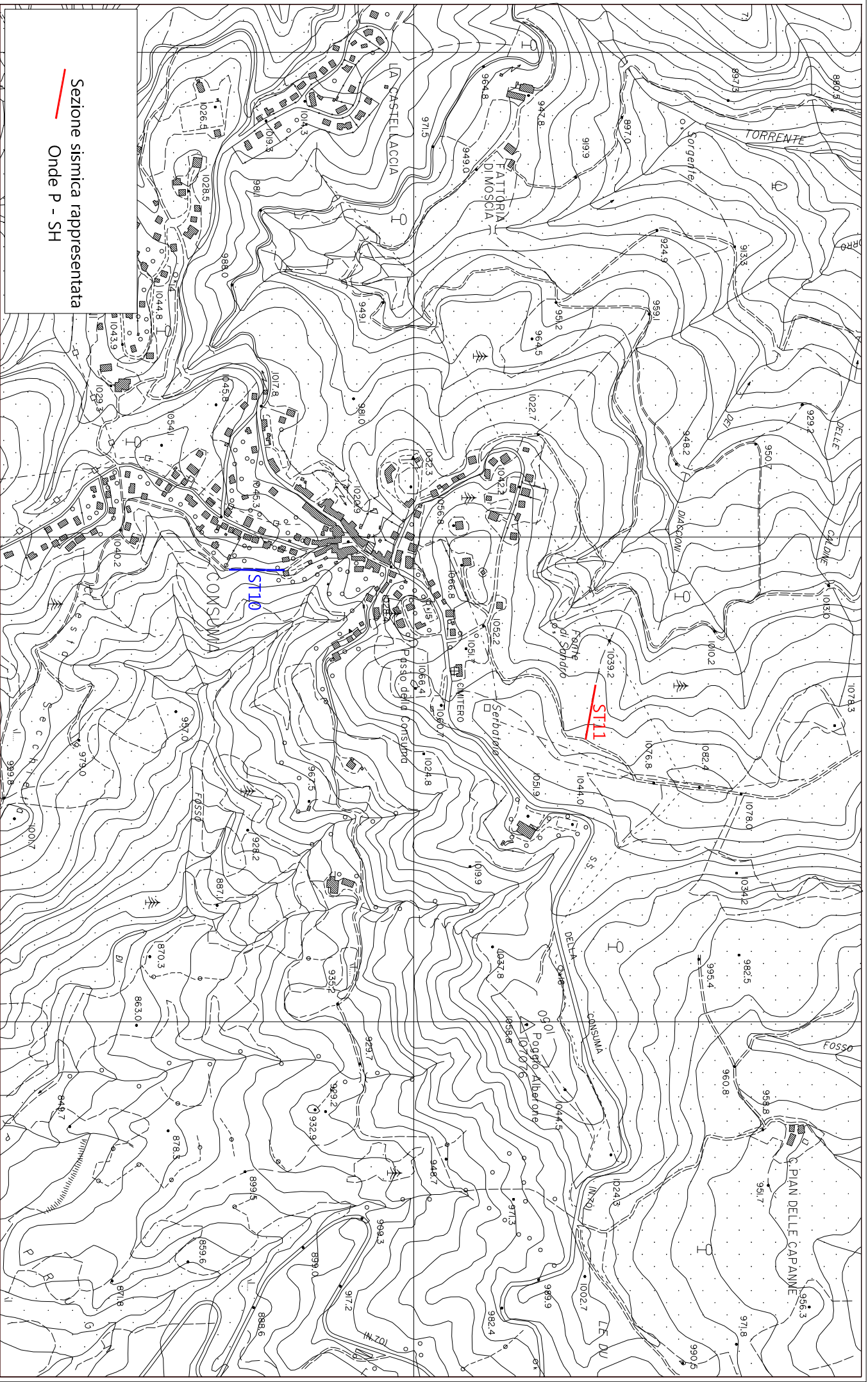
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA NINO BIXIO, 9 - 50131 FIRENZE

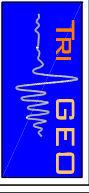
TEL/FAX 055 400619 – CELL. 3287213928

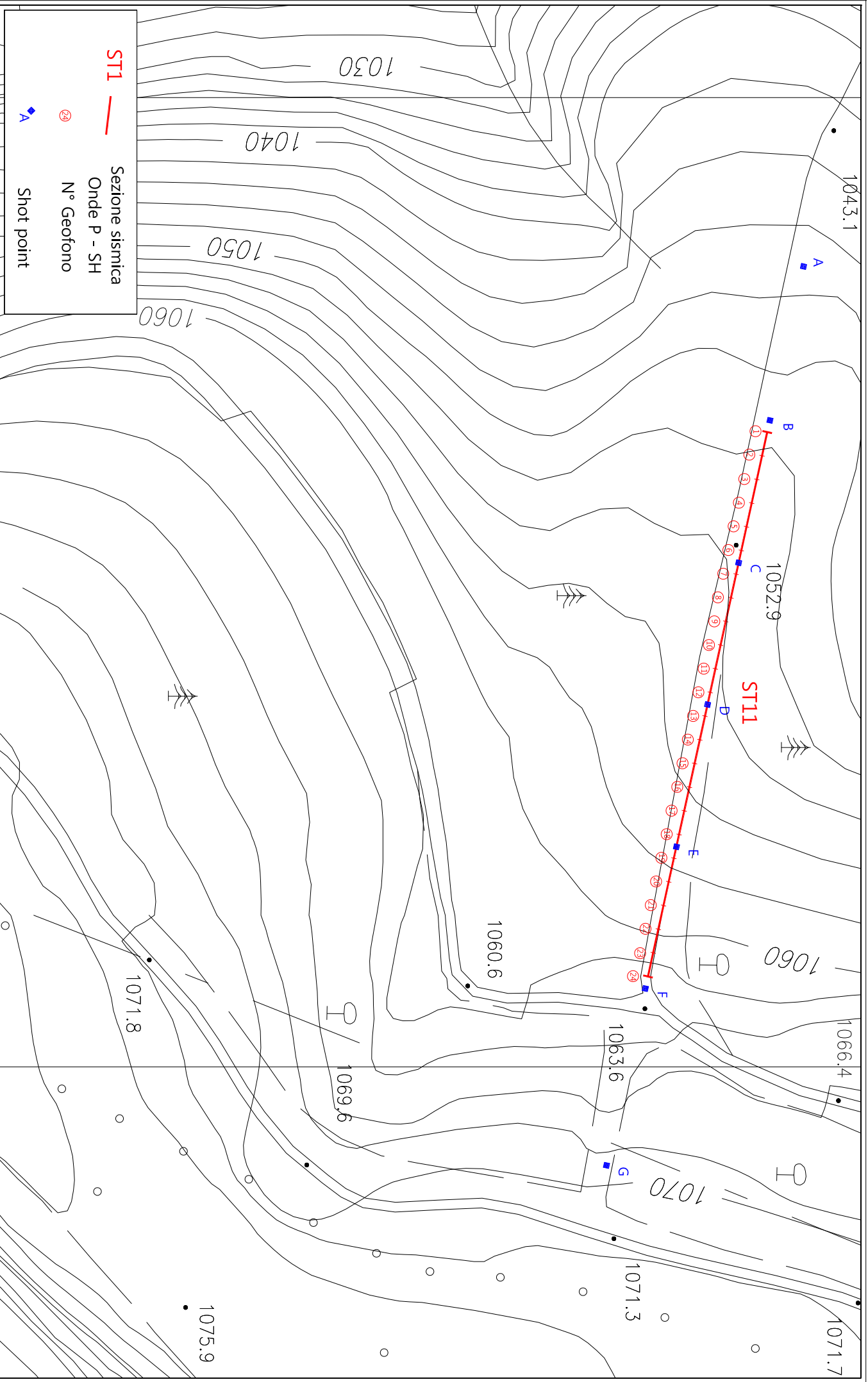


Scala 1: 10000

Novembre 2014

Tavola 01 - Planimetria generale - monte_ST11

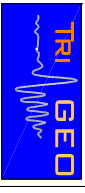




Scala 1: 1000

Novembre 2014

Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - monte_ST11



SCHEMA DELLA LINEA – monte_ST11	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA monte_ST11

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	1051.30
2	5	5.0	1051.70
3	10	5.0	1051.90
4	15	5.0	1052.00
5	20	5.0	1052.50
6	25	5.0	1052.90
7	30	5.0	1053.90
8	35	5.0	1054.00
9	40	5.0	1054.10
10	45	5.0	1054.30
11	50	5.0	1054.60
12	55	5.0	1054.70
13	60	5.0	1054.80
14	65	5.0	1054.90
15	70	5.0	1055.20
16	75	5.0	1055.90
17	80	5.0	1056.10
18	85	5.0	1057.20
19	90	5.0	1057.80
20	95	5.0	1058.30
21	100	5.0	1059.05
22	105	5.0	1059.80
23	110	5.0	1060.20
24	115	5.0	1061.50

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	4851375,07	4851354,66
Y(m)	1709304,90	1709418,07

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

ONDE P	Σ ONDE SH	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.1186	DAT.1185	A - ESTERNO SX	-35.0	1047.60
DAT.1187	DAT.1183	B - ESTREMO SX	-2.5	1051.30
DAT.1188	DAT.1181	C - INTERMEDIO SX	27.5	1053.30
DAT.1189	DAT.1179	D - CENTRALE	57.5	1054.75
DAT.1190	DAT.1176	E - INTERMEDIO DX	87.5	1057.40
DAT.1191	DAT.1173	F - ESTREMO DX	117.5	1061.50
DAT.1192	DAT.1175	G - ESTREMO DX	155.0	1066.80

TEMPI ONDE P E ONDE SH – monte_ST 11	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

TEMPI ONDE P – monte_ST11

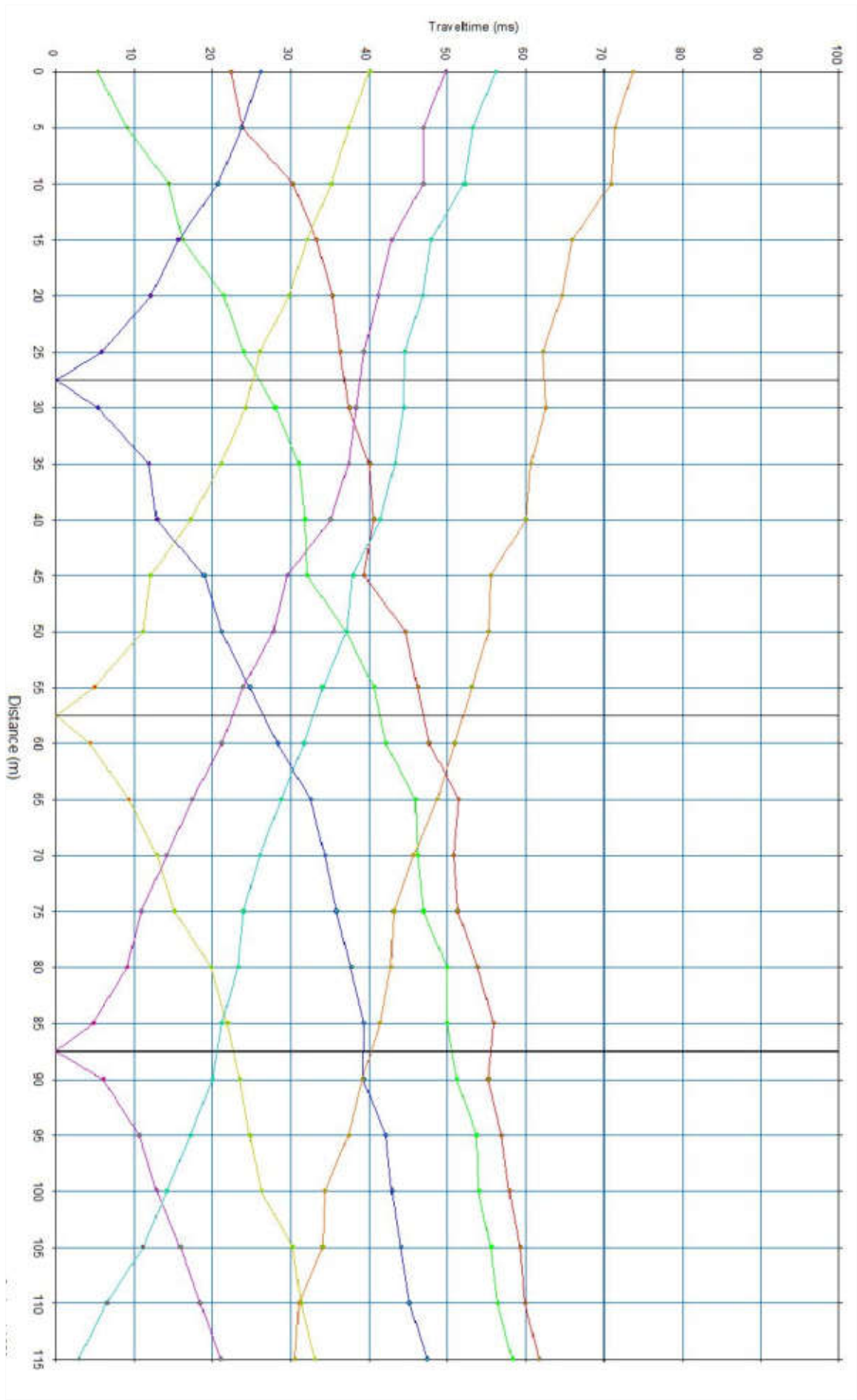
GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	22.30	5.29	26.13	40.00	49.67	56.13	73.61
2	5	23.80	9.08	23.66	37.25	46.88	53.17	71.32
3	10	30.23	14.36	20.65	35.13	46.88	52.13	70.82
4	15	33.23	16.15	15.63	32.00	42.88	47.88	65.88
5	20	35.25	21.44	12.08	29.73	41.09	46.75	64.53
6	25	36.34	23.94	5.79	26.00	39.31	44.50	62.13
7	30	37.38	27.94	5.29	24.23	38.31	44.38	62.50
8	35	40.00	31.00	11.86	21.13	37.31	43.25	60.63
9	40	40.50	31.73	12.86	17.15	35.02	41.38	59.96
10	45	39.34	32.02	18.87	12.08	29.52	37.86	55.46
11	50	44.59	37.02	21.15	11.08	27.73	37.00	55.17
12	55	46.13	40.63	24.73	4.88	23.88	34.00	53.00
13	60	47.63	42.13	28.23	4.29	21.15	31.63	50.88
14	65	51.46	45.88	32.52	9.29	17.37	28.73	48.67
15	70	50.75	46.10	34.30	12.86	14.08	26.00	45.60
16	75	51.25	46.88	35.75	15.15	10.86	23.91	43.09
17	80	53.75	49.88	37.63	19.75	9.08	23.25	42.75
18	85	55.88	49.88	39.31	21.88	4.75	21.15	41.31
19	90	55.13	51.17	39.25	23.44	6.07	19.94	39.09
20	95	56.88	53.67	42.09	24.73	10.58	17.15	37.31
21	100	57.88	54.00	42.88	26.23	12.86	14.08	34.25
22	105	59.25	55.50	44.00	30.23	15.87	11.08	34.02
23	110	59.88	56.38	45.09	31.23	18.37	6.50	31.02
24	115	61.64	58.24	47.38	33.02	21.00	2.90	30.52

TEMPI ONDE P E ONDE SH – monte_ST 11	Novembre 2014
	Comune di Montemignaio (AR)

TEMPI ONDE SH – monte_ST11

GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	44.86	4.02	38.59	68.75	94.71	116.50	155.57
2	5	50.49	13.67	32.91	65.77	91.33	113.12	155.33
3	10	57.89	20.90	28.73	59.01	87.63	111.63	152.60
4	15	66.00	25.00	22.73	52.10	83.50	106.37	151.47
5	20	73.65	32.32	17.63	47.11	78.00	105.16	144.56
6	25	78.79	37.95	7.50	41.97	72.75	98.63	140.00
7	30	81.04	46.47	8.00	39.07	68.00	95.30	137.88
8	35	82.17	50.49	17.79	32.31	60.13	92.50	132.63
9	40	82.81	53.25	20.80	25.57	54.99	84.75	127.00
10	45	83.94	54.13	25.73	20.90	49.38	79.01	122.53
11	50	89.56	63.00	34.00	15.92	47.11	75.57	118.38
12	55	94.07	66.89	38.91	4.50	39.07	68.13	113.50
13	60	100.25	72.25	44.59	4.13	33.45	65.39	111.25
14	65	104.36	77.88	50.25	14.15	27.17	59.39	106.61
15	70	107.25	82.17	54.63	20.90	20.42	52.38	101.50
16	75	111.75	86.75	59.75	25.57	16.40	48.50	97.50
17	80	114.88	91.75	67.13	31.13	14.79	45.25	97.03
18	85	116.90	93.58	68.82	35.00	5.75	38.88	92.46
19	90	118.03	98.09	74.25	38.25	5.63	36.66	89.08
20	95	123.01	100.98	78.68	42.63	15.28	32.16	85.06
21	100	127.03	105.48	81.25	46.47	19.30	25.73	81.04
22	105	128.80	108.38	87.38	54.13	24.92	20.80	74.24
23	110	134.43	112.88	92.75	58.63	29.38	10.18	69.79
24	115	136.68	118.03	97.23	63.75	34.09	4.18	66.41

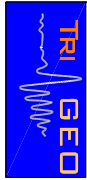
Dromocrone



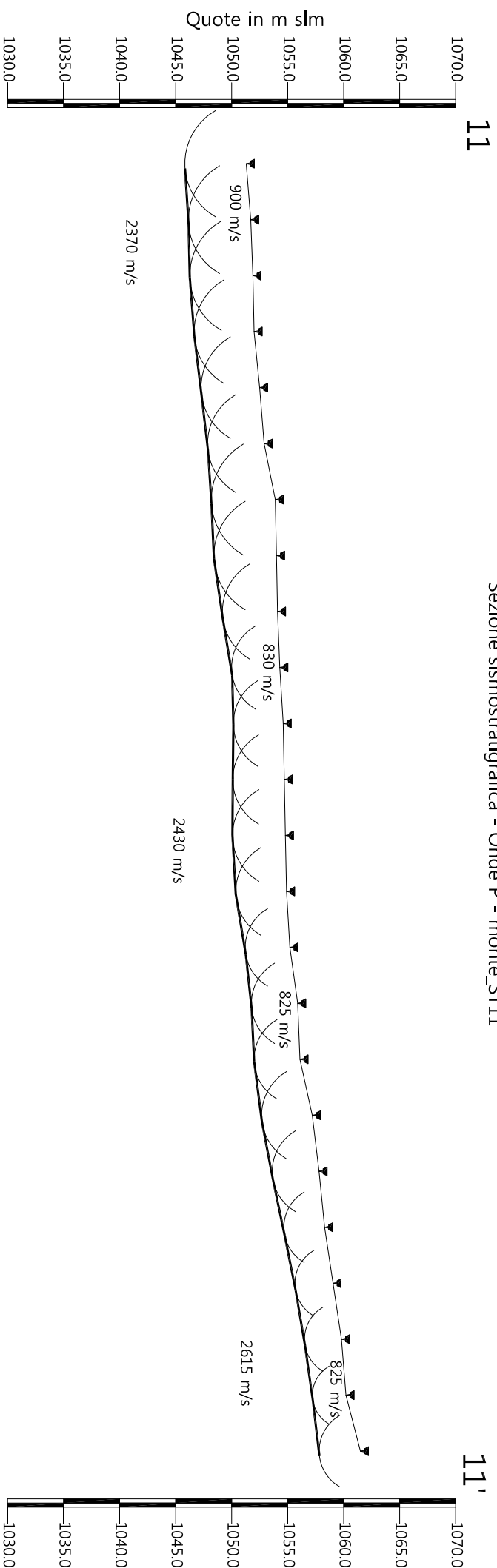
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

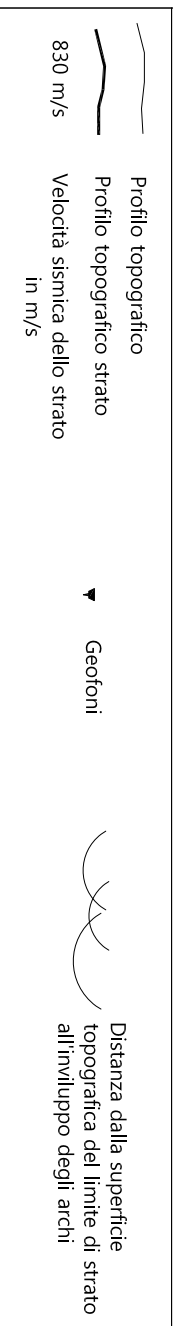
Tavola 03 - Dromocrone - Onde P - monte_ST11



Sezione sismostratigrafica - Onde P - monte_ST11



Numero geofono	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanze (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
Quote in m slm	1051.30	1051.70	1051.90	1052.00	1052.50	1052.90	1053.90	1054.00	1054.10	1054.30	1054.60	1054.70	1054.80	1054.90	1055.20	1055.90	1056.10	1057.20	1057.80	1058.30	1059.05	1059.80	1060.20	1061.50
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	5.48	5.56	5.64	5.35	5.23	5.05	5.72	5.59	4.93	4.31	4.45	4.60	4.73	4.54	3.99	4.14	4.10	4.53	4.18	3.64	3.40	3.30	2.99	3.69



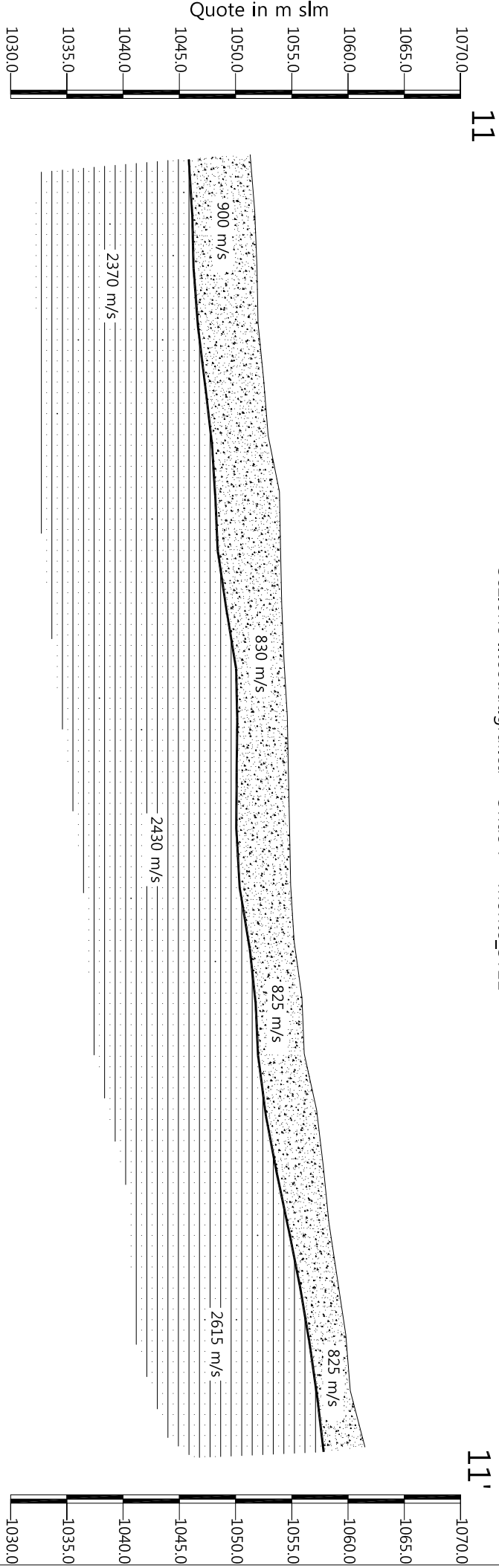
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - monte_ST11



Sezione litostratigrafica - Onde P - monte_ST11



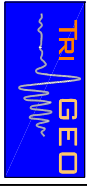
Legenda

- Detrito di versante (a)
- Arenarie del Monte Falterona
membro di Lonnano (FAL4)

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

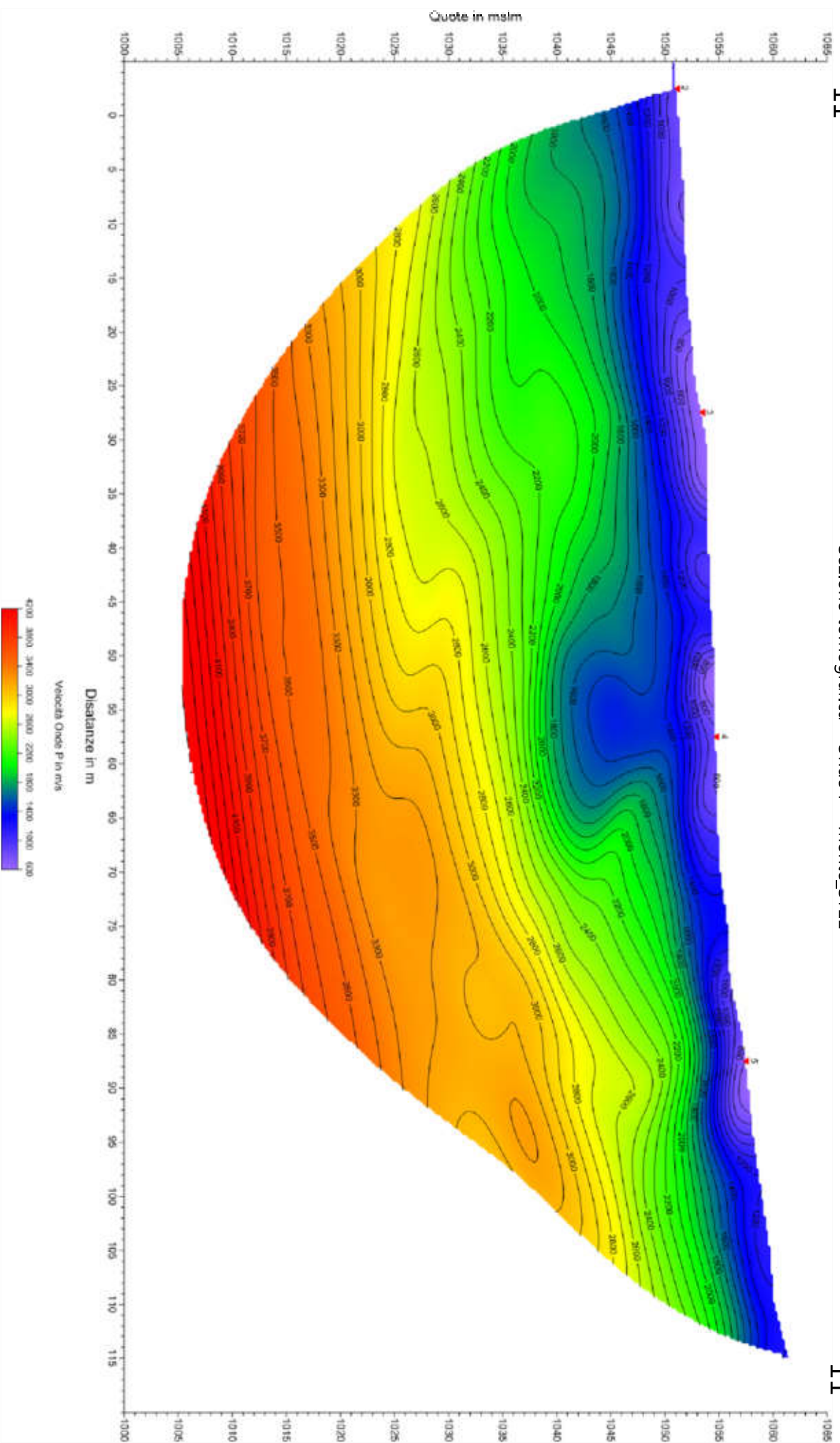
Novembre 2014

Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - monte_ST11



Sezione tomografica - Onde P - monte_ST11

11'

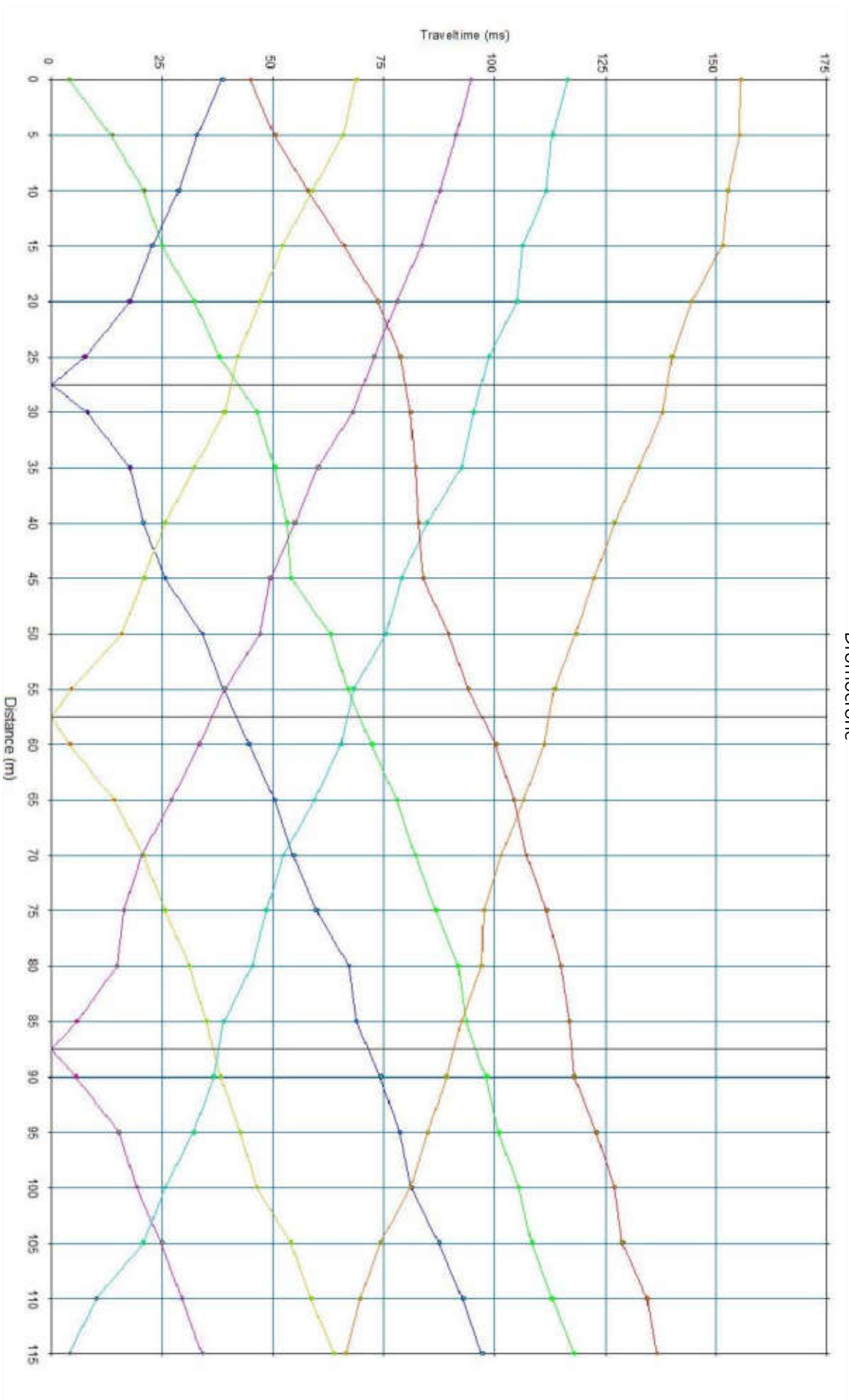


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

November 2014

Tavola 06 - Sezione tomografica - Onde P - monte_ST11

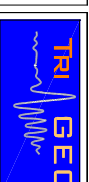
Dromocrone



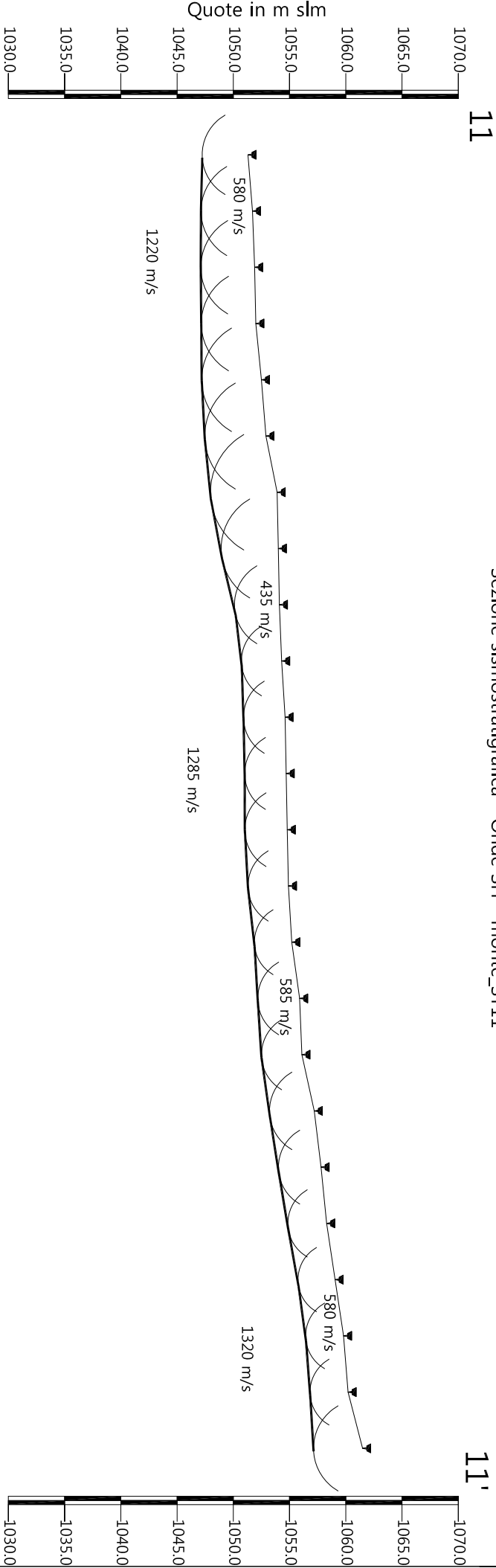
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

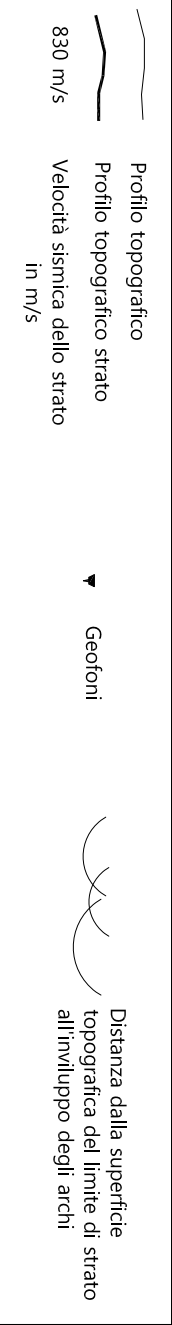
Tavola 07 - Dromocrone - Onde SH - monte_ST11



Sezione sismostratigrafica - Onde SH - monte_ST11



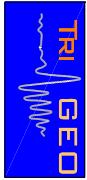
Numero geofono	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanze (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
Quote in m slm	1051.30	1051.70	1051.90	1052.00	1052.50	1052.90	1053.90	1054.00	1054.10	1054.30	1054.60	1054.70	1054.80	1054.90	1055.20	1055.90	1056.10	1057.20	1057.80	1058.30	1059.05	1059.80	1060.20	1061.50
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	3.61	4.75	5.73	7.20	7.36	7.48	7.51	6.64	5.59	4.89	5.20	5.12	5.94	5.83	5.37	5.47	6.03	5.49	5.02	5.22	5.22	4.16	4.41	4.17



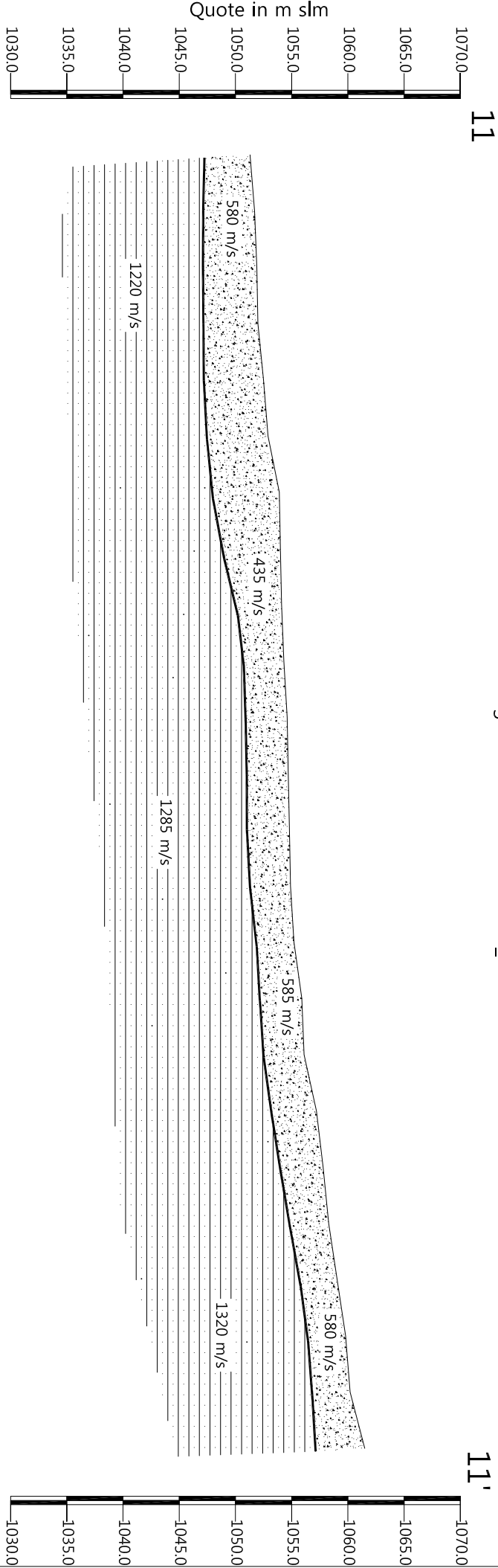
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014


Tavola 08- Sezione sismostratigrafica - Onde SH - monte_ST11




Sezione litostratigrafica - Onde SH - monte_ST11



Legenda

- 

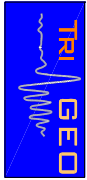
Detrito di versante (a)
- 

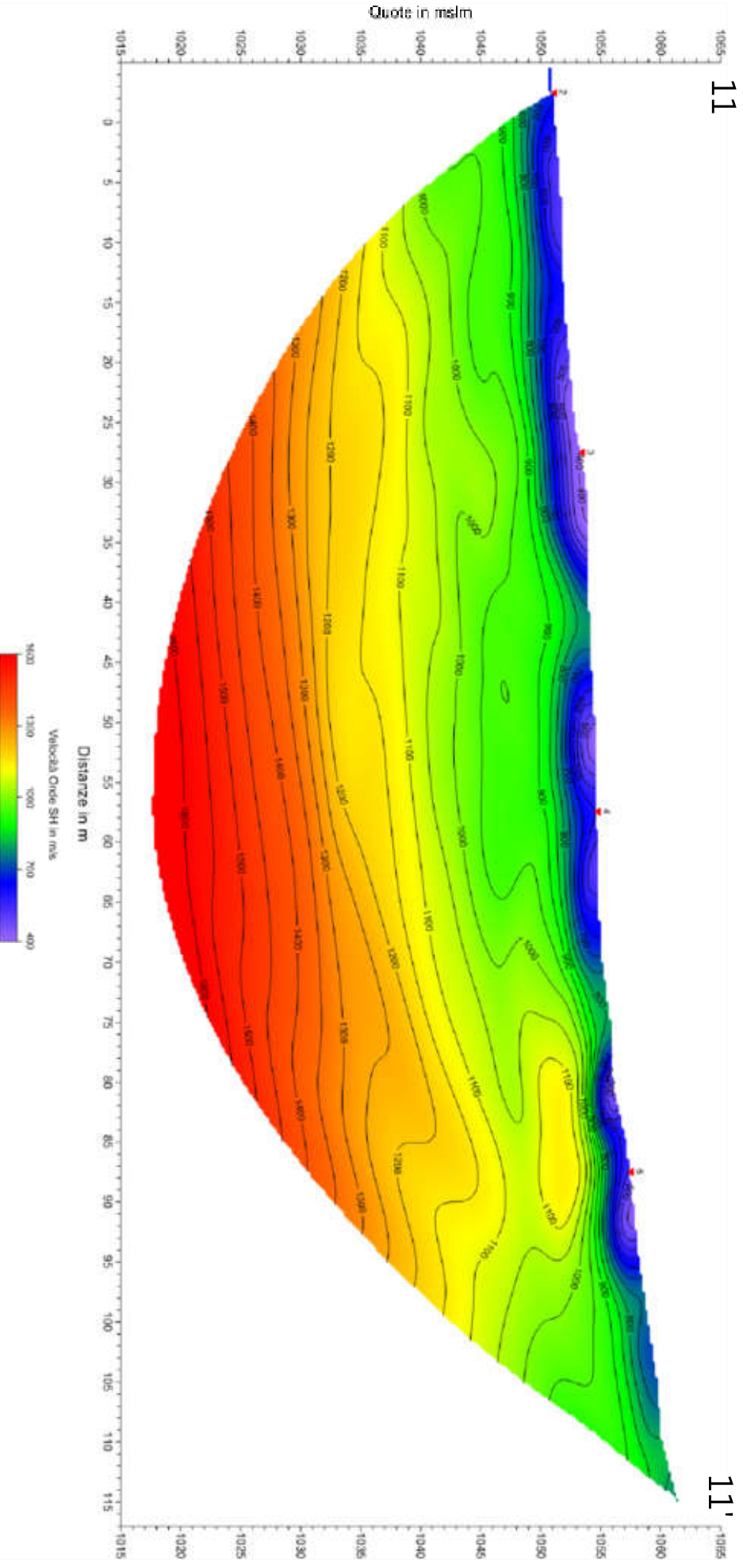
Arenarie del Monte Falterona
membro di Lonnano (FAL4)

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 09 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - monte_ST11

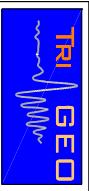




Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - monte_ST11



PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST11 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	5.48
2	5	5.56
3	10	5.64
4	15	5.35
5	20	5.23
6	25	5.05
7	30	5.72
8	35	5.59
9	40	4.93
10	45	4.31
11	50	4.45
12	55	4.60
13	60	4.73
14	65	4.54
15	70	3.99
16	75	4.14
17	80	4.10
18	85	4.53
19	90	4.18
20	95	3.64
21	100	3.40
22	105	3.30
23	110	2.99
24	115	3.69

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST11 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	3.61
2	5	4.75
3	10	5.73
4	15	7.20
5	20	7.36
6	25	7.48
7	30	7.51
8	35	6.64
9	40	5.59
10	45	4.89
11	50	5.20
12	55	5.12
13	60	5.94
14	65	5.83
15	70	5.37
16	75	5.47
17	80	6.03
18	85	5.49
19	90	5.02
20	95	5.22
21	100	5.22
22	105	4.16
23	110	4.41
24	115	4.17

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST11 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	907	2396
2	5	912	2388
3	10	918	2379
4	15	906	2370
5	20	891	2361
6	25	874	2353
7	30	855	2349
8	35	834	2349
9	40	825	2354
10	45	825	2366
11	50	825	2383
12	55	825	2406
13	60	825	2433
14	65	825	2463
15	70	825	2493
16	75	825	2522
17	80	825	2550
18	85	825	2576
19	90	825	2598
20	95	825	2616
21	100	825	2630
22	105	825	2639
23	110	825	2644
24	115	825	2647

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – monte_ST11 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	580	1158
2	5	559	1092
3	10	539	1001
4	15	518	972
5	20	497	1075
6	25	476	1309
7	30	456	1543
8	35	435	1602
9	40	454	1515
10	45	473	1330
11	50	491	1196
12	55	510	1138
13	60	529	1153
14	65	548	1224
15	70	566	1290
16	75	585	1443
17	80	584	1556
18	85	584	1563
19	90	583	1424
20	95	582	1292
21	100	582	1196
22	105	581	1159
23	110	581	1177
24	115	580	1183



Vista generale monte_ST11 da G24 verso G1.



Vista generale monte_ST11 da G12 verso G24.



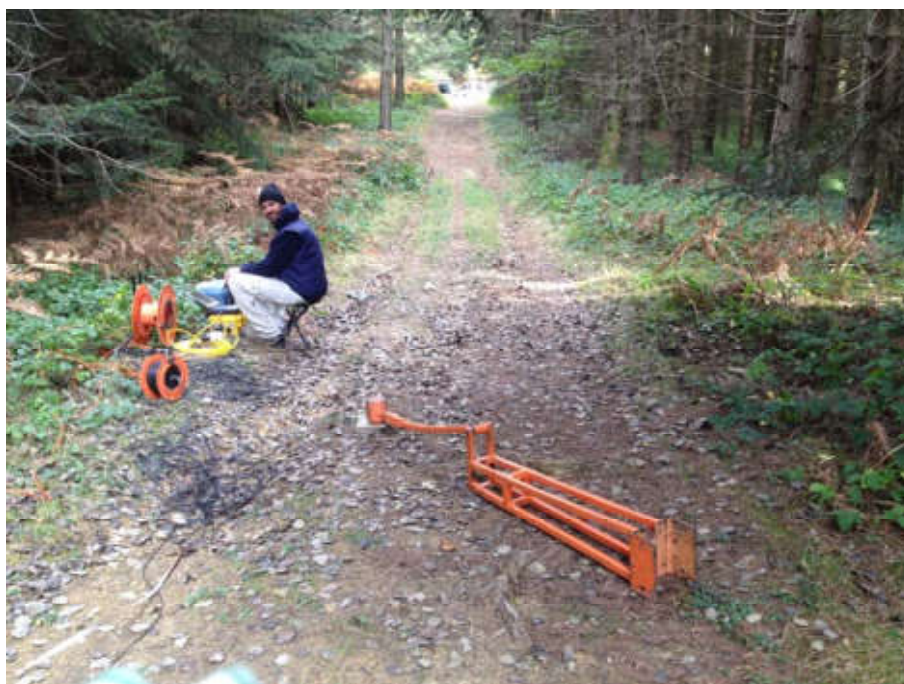
Shot point B – Onde SH – monte_ST11.



Shot point D – Onde SH – monte_ST11.



Shot point C – Onde P – monte_ST11.



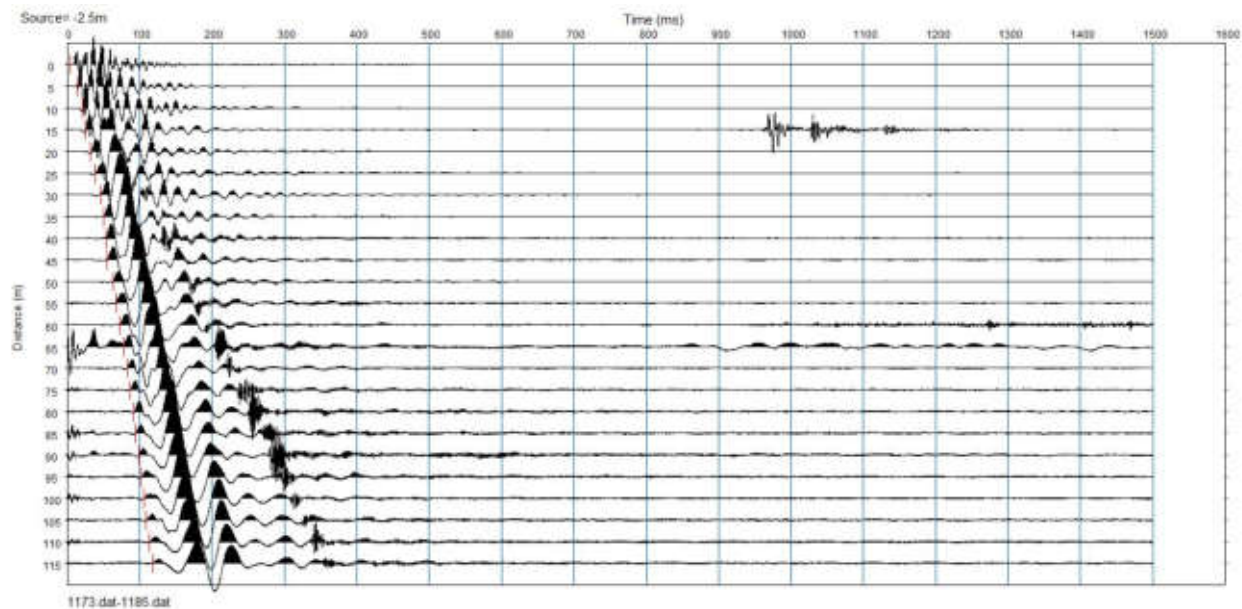
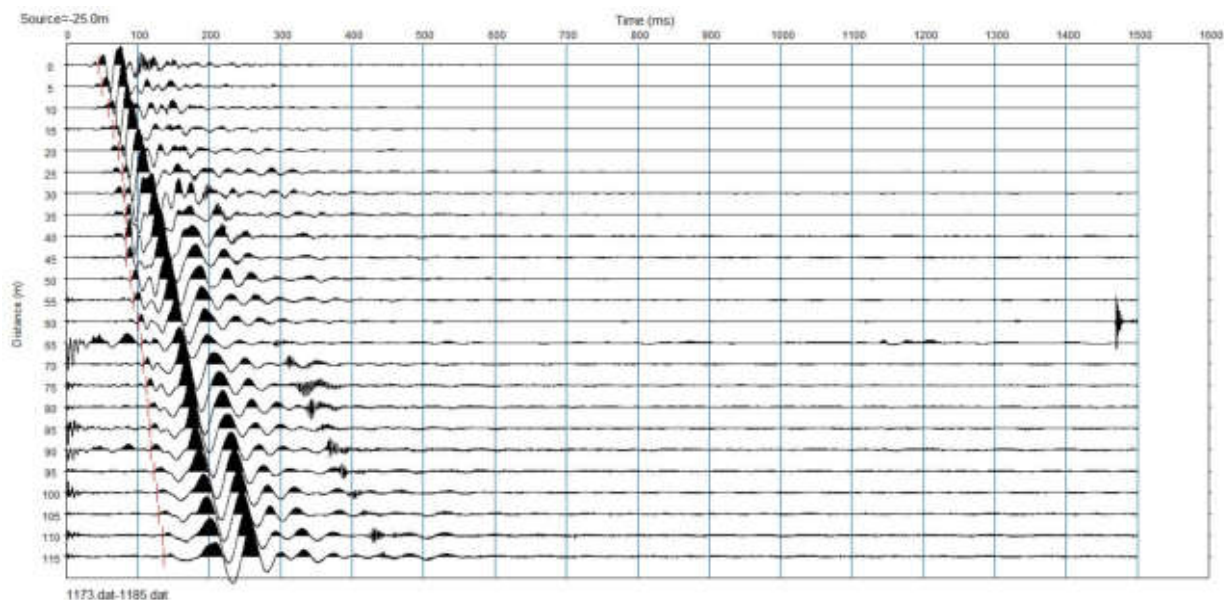
Shot point D – Onde P – monte_ST11.

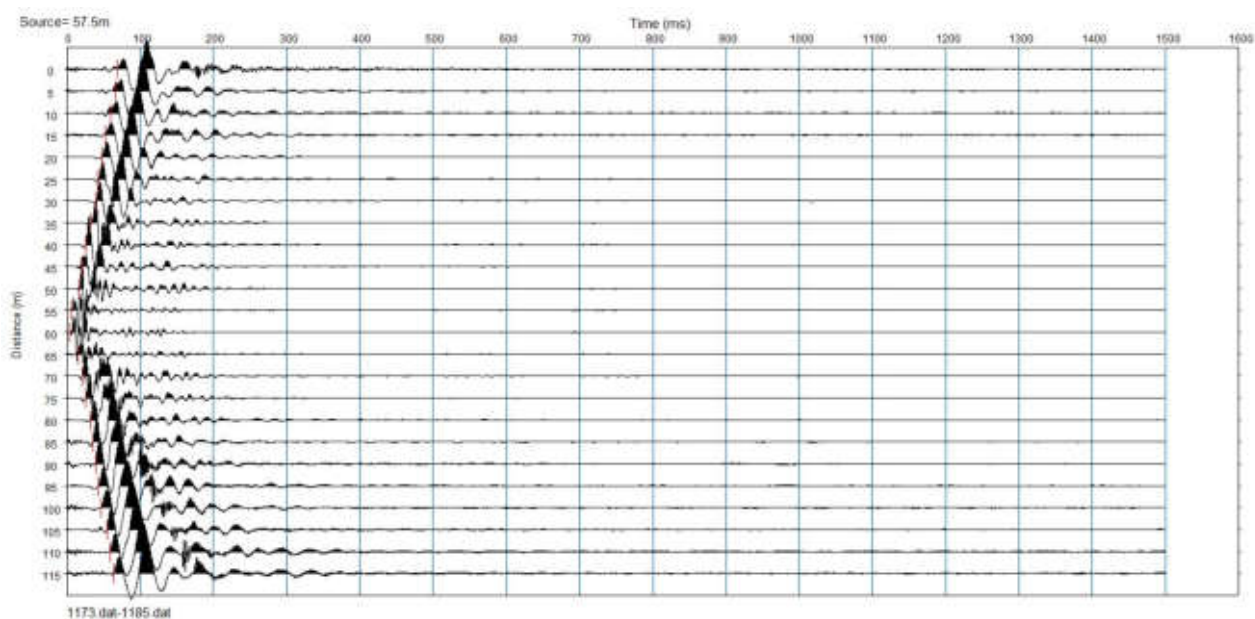
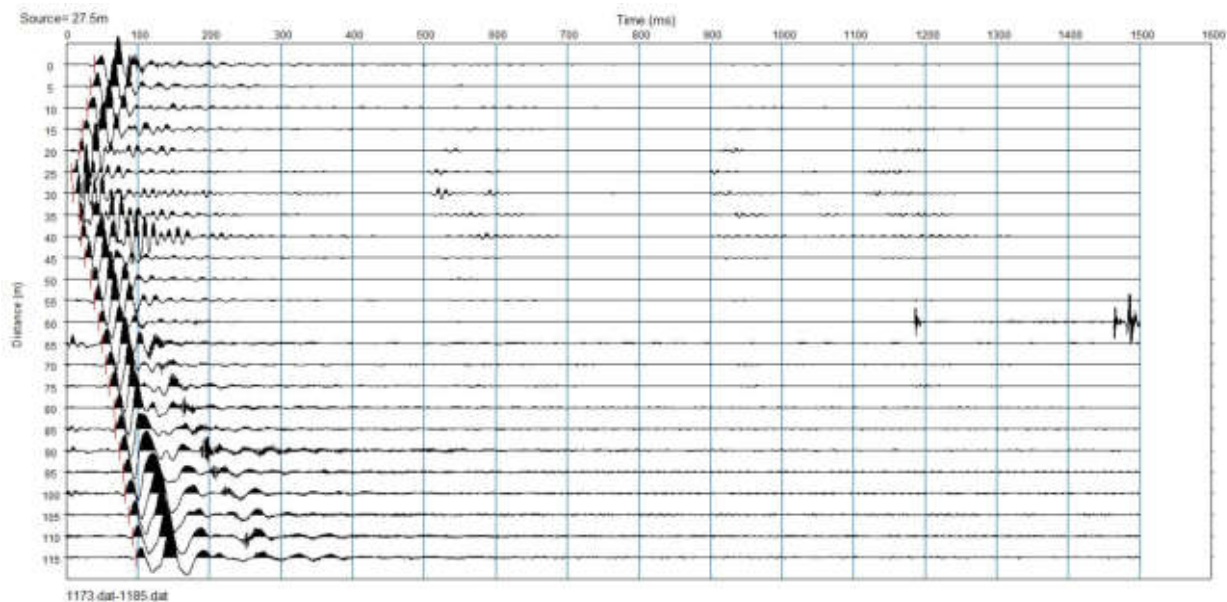
REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA – monte_ST11

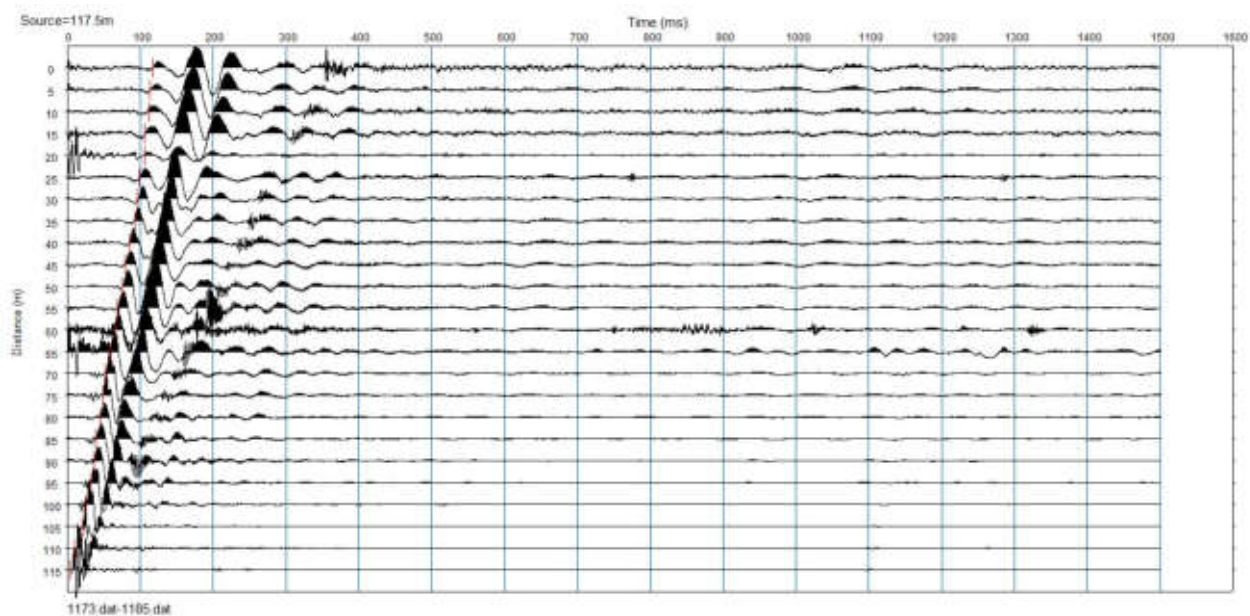
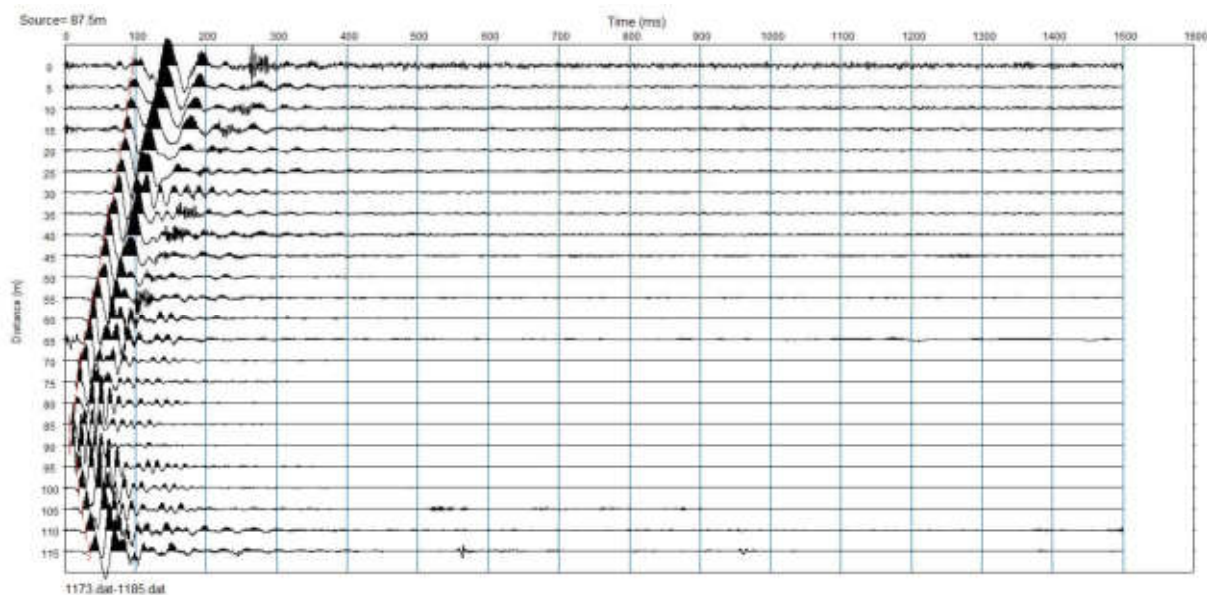
file 1173 - 1185 Onde SH

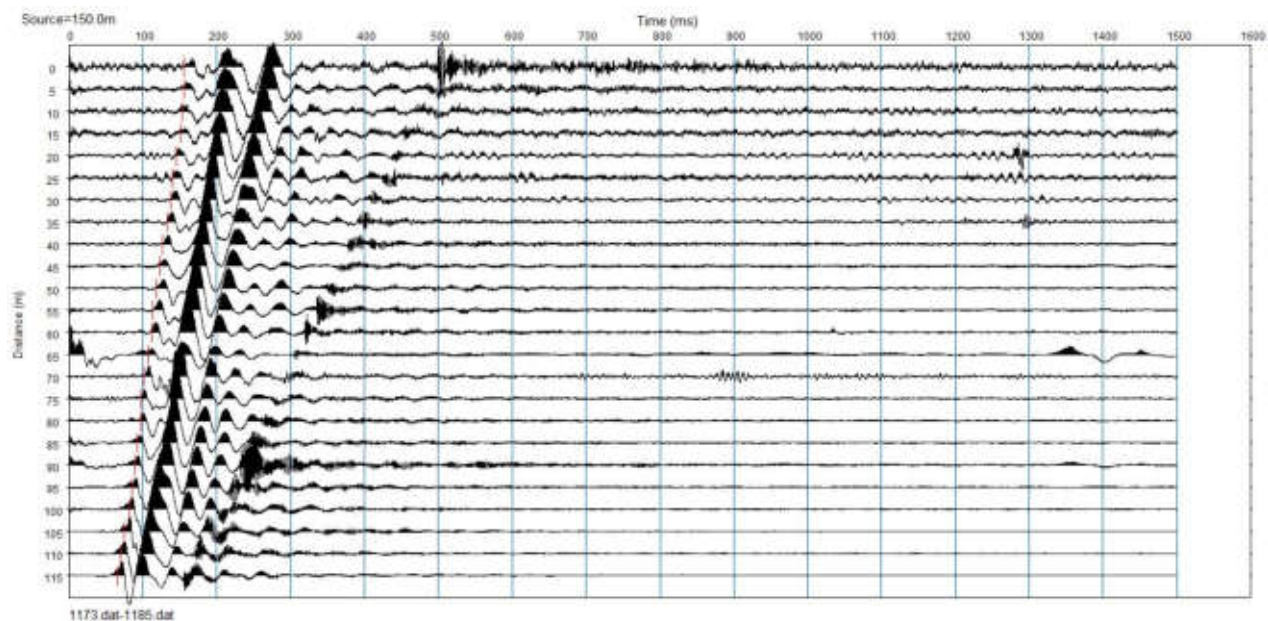
file 1186 - 1192 Onde P

ONDE SH Σ









ONDE P

