

COMUNE DI ORTIGNANO

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 ORT_ST3”

COMMITTENTE:

COMUNE DI ORTIGNANO

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

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST3	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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 ORTIGNANO (AR)**, nei pressi dell'abitato di **SAN PIERO** (Fig. 1).



Figura 1: Particolare della sezione ort_ST3.

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

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 **ort_ST3** 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 **ort_ST3** 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

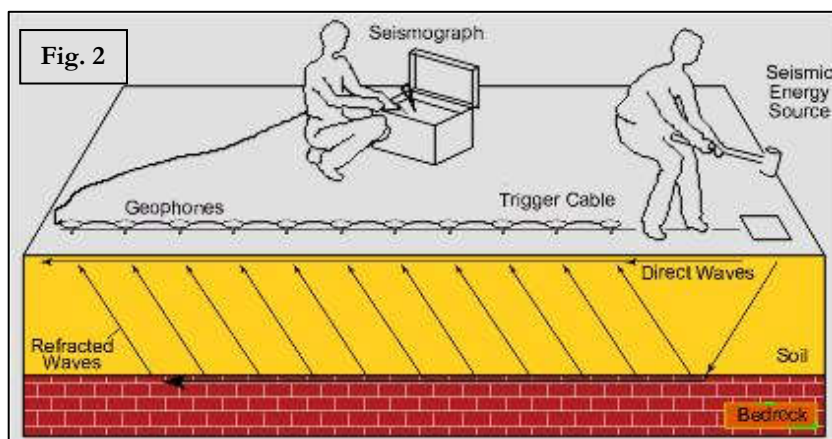
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo 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 5 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



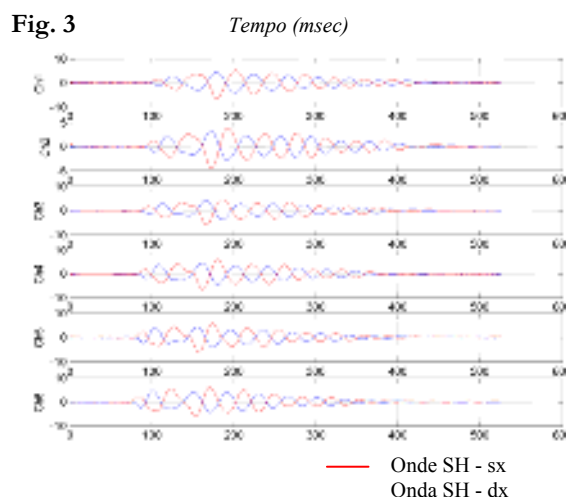
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

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

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST3	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (AR)
		Pag. 6 di 12

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 ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST3	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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.

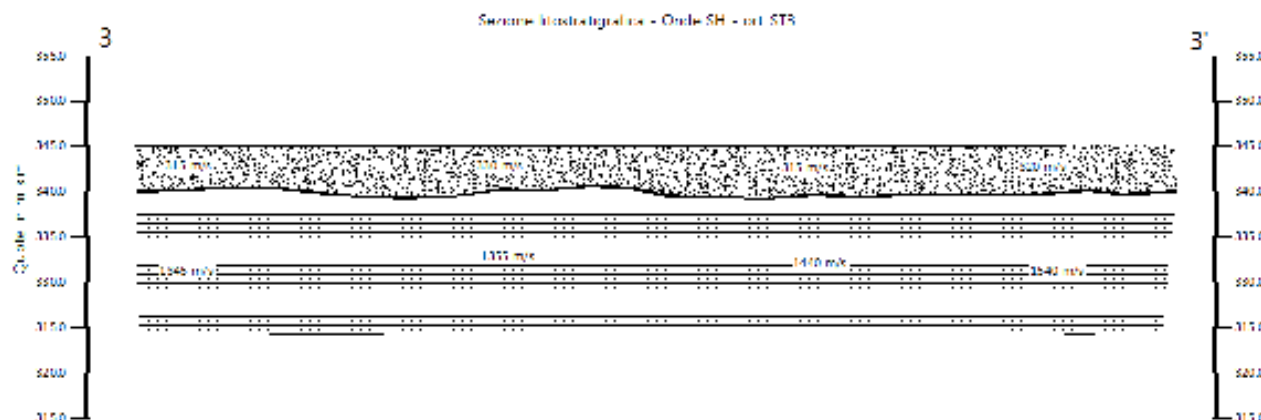
Le sezioni litostratigrafiche interpretate assieme alle sezioni tomografiche, rappresentano il risultato conclusivo dell'analisi dei dati sintetizzati nelle tavole e tabelle allegate.

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 4.05 m e 5.85 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 5.15 m.

Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il depositi alluvionali recenti (bIV), caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 755 e 810 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 315 e 330 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3) che presenta velocità comprese tra 3.000 e 3.405 m/s (onde P) e tra 1.345 e 1.540 m/s (onde SH).

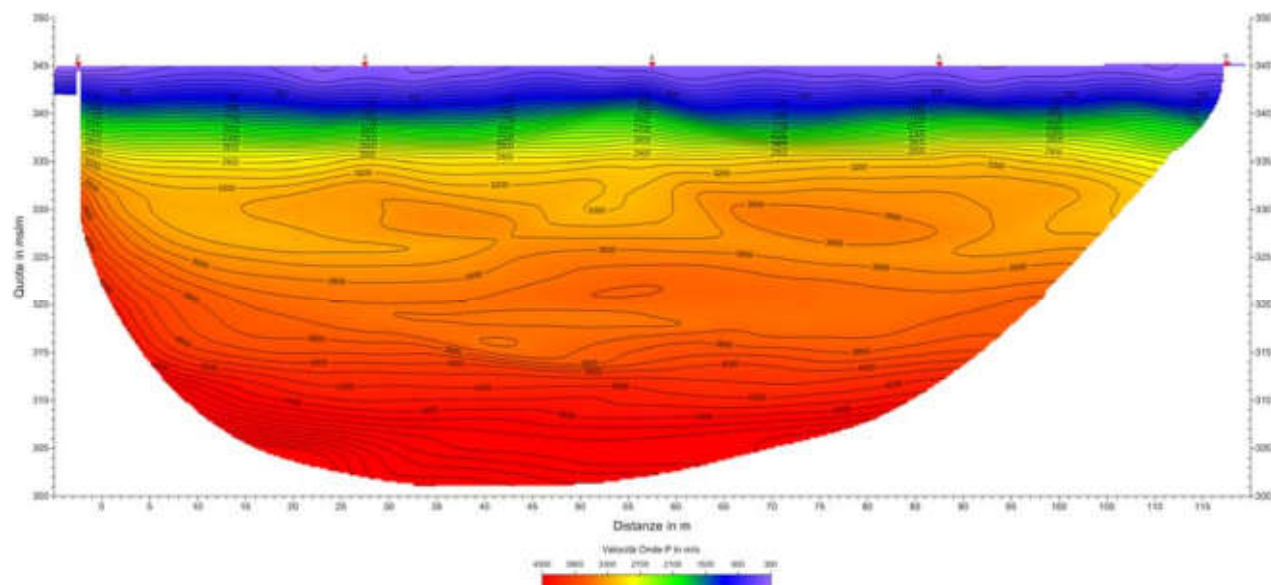
La **Sezione ST3**, effettuata in direzione SO-NE, in località San Piero, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento del rifrattore individuato. Quest'ultimo presenta profondità irregolare nel primo tratto di sezione, con valori



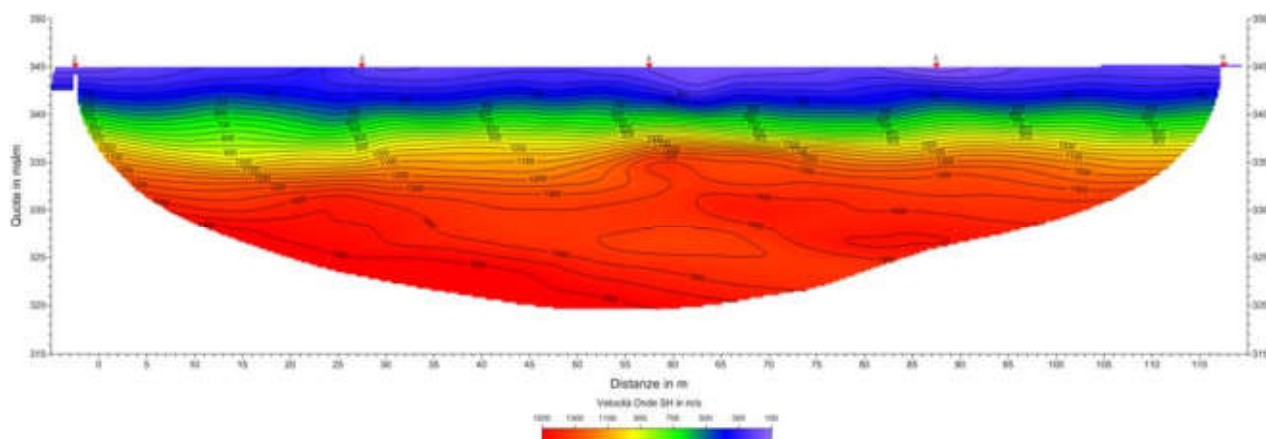
compresi tra 4.45 e 5.80 m, mentre nel secondo tratto mostra una profondità piuttosto costante (5.05-5.70 m). Il rifrattore ottenuto dall'elaborazione delle onde P evidenzia un andamento confrontabile con quello ottenuto dalle onde SH, tuttavia presenta valori di profondità leggermente inferiori.

Le velocità del substrato roccioso mostrano per le onde P, valori compresi tra 3.000 e 3.405 m/s, con valori crescenti lungo lo stendimento. Le velocità delle onde SH mostrano il medesimo andamento con velocità che passano da 1.345 a 1.540 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 piuttosto costanti in tutta la sezione, il passaggio al substrato roccioso risulta evidenziato dal raffittimento delle curve di isovelocità (a partire



da quella dei 900-1.100 m/s onde P), mentre per le onde SH, il contatto si osserva a partire dalla curva dei 500-600 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/finali dello stendimento, 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 **SAN PIERO, ORTIGNANO (AR)**. L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante sismica a rifrazione, ha permesso di identificare in profondità il passaggio tra i materiali più superficiali caratterizzati dai depositi alluvionali recenti (bIV), 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 4.07 m e 5.87

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST3	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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. 5.15 m.

- Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il depositi alluvionali recenti (bIV), caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 755 e 810 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 315 e 330 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3) che presenta velocità comprese tra 3.000 e 3.405 m/s (onde P) e tra 1.345e 1.540 m/s (onde SH).

Firenze, lì 20/11/2014

TRIGEO SNC
TRIGEO s.n.c.
di Nencioni Andrea & Benvenuti 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 ORTIGNANO</i> <i>LINEA SISMICA ORT_ST3</i>	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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

SCHEMA DELLA LINEA – ort_ST3	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA ort_ST3

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	345.10
2	5	5.0	345.10
3	10	5.0	345.10
4	15	5.0	345.10
5	20	5.0	345.10
6	25	5.0	345.10
7	30	5.0	345.10
8	35	5.0	345.10
9	40	5.0	345.10
10	45	5.0	345.10
11	50	5.0	345.10
12	55	5.0	345.10
13	60	5.0	345.10
14	65	5.0	345.10
15	70	5.0	345.10
16	75	5.0	345.10
17	80	5.0	345.10
18	85	5.0	345.10
19	90	5.0	345.10
20	95	5.0	345.10
21	100	5.0	345.10
22	105	5.0	345.20
23	110	5.0	345.20
24	115	5.0	345.20

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	4841152,79	4841248,26
Y(m)	1723018,58	1723082,70

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

ONDE P	Σ ONDE SH	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.1207	DAT.1206	A - ESTERNO SX	-35.0	345.10
DAT.1208	DAT.1204	B - ESTREMO SX	-2.5	345.10
DAT.1209	DAT.1202	C - INTERMEDIO SX	27.5	345.10
DAT.1210	DAT.1200	D - CENTRALE	57.5	345.10
DAT.1211	DAT.1198	E - INTERMEDIO DX	87.5	345.10
DAT.1212	DAT.1194	F - ESTREMO DX	117.5	345.20
DAT.1213	DAT.1196	G - ESTREMO DX	140.0	345.20

TEMPI ONDE P E ONDE SH – ort_ST3	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

TEMPI ONDE P – ort_ST3

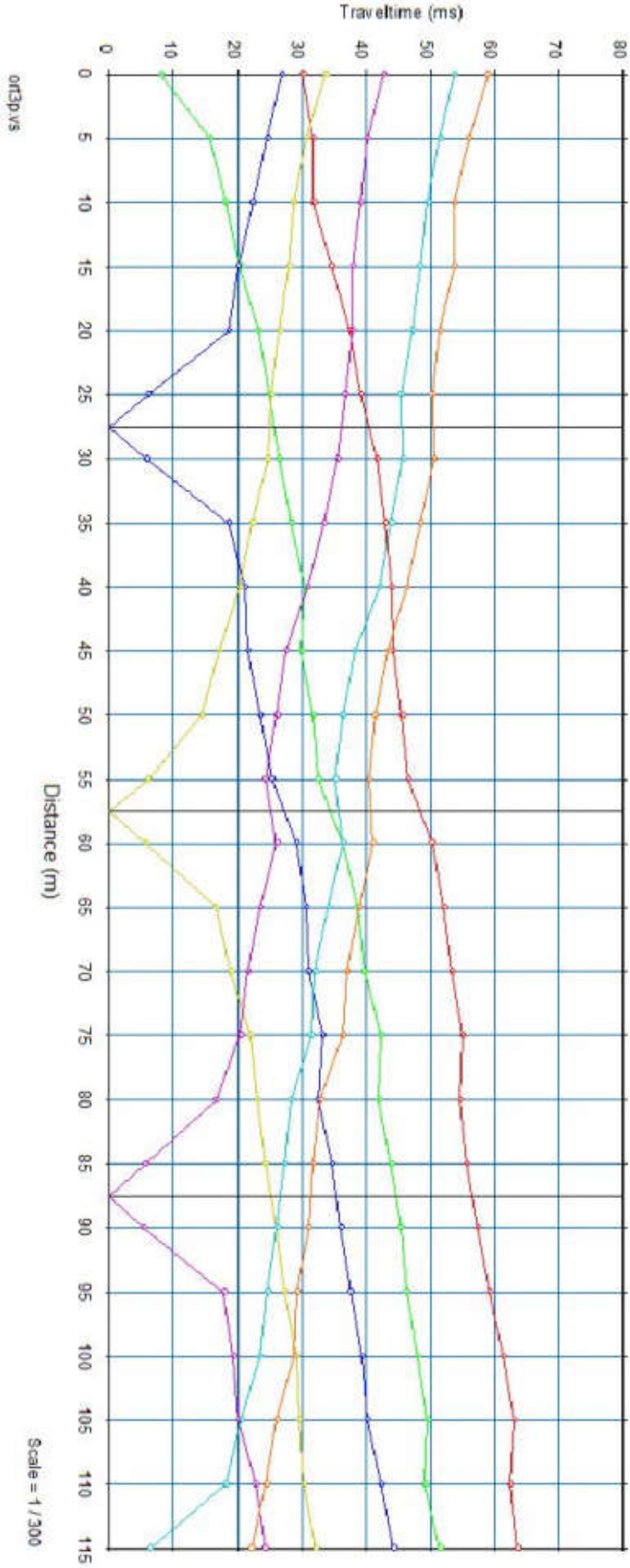
GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	30.07	8.00	26.80	33.66	42.77	53.71	58.96
2	5	31.68	15.54	24.55	30.66	40.09	51.46	55.96
3	10	31.75	18.12	22.30	28.63	39.13	49.53	53.71
4	15	34.57	20.37	20.05	27.98	37.84	48.35	53.71
5	20	37.47	23.13	18.55	26.50	37.84	47.25	51.46
6	25	39.07	24.98	6.00	25.25	36.66	45.38	50.28
7	30	41.63	26.38	5.75	24.63	35.50	45.63	50.50
8	35	42.88	28.38	18.55	22.25	33.38	43.84	48.38
9	40	43.88	30.38	21.12	20.37	30.88	42.00	46.38
10	45	44.13	29.88	21.55	17.04	27.50	38.25	43.38
11	50	45.50	31.73	23.48	14.36	26.05	36.25	41.38
12	55	46.47	32.48	25.30	6.00	24.23	35.16	40.41
13	60	50.25	36.34	29.16	5.68	26.05	36.38	41.00
14	65	52.10	38.59	30.66	16.62	23.48	33.98	38.91
15	70	53.22	39.66	30.98	18.87	21.55	32.00	37.00
16	75	54.99	42.34	33.23	21.87	20.38	31.41	36.34
17	80	54.51	41.91	32.50	23.05	16.62	28.25	32.88
18	85	55.64	43.84	34.73	24.23	5.63	27.23	31.73
19	90	57.24	45.38	36.00	26.05	5.25	26.05	30.98
20	95	59.25	46.25	37.50	27.23	17.79	24.55	29.25
21	100	61.26	48.02	39.34	29.16	19.30	23.48	28.73
22	105	63.00	49.53	40.13	29.48	20.13	20.50	26.05
23	110	62.39	49.10	42.34	30.23	22.73	18.12	24.38
24	115	63.52	51.46	44.25	32.16	24.23	6.25	22.13

TEMPI ONDE P E ONDE SH – ort_ST3	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

TEMPI ONDE SH – ort_ST3

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	79.23	15.20	65.88	85.14	108.06	126.87	135.31
2	5	82.85	34.97	60.25	83.45	104.68	123.38	130.97
3	10	87.92	45.13	51.75	75.74	98.65	119.15	123.25
4	15	90.45	50.00	44.14	71.39	94.31	114.75	120.84
5	20	98.41	56.20	26.29	68.02	93.63	110.75	117.46
6	25	102.03	62.13	9.41	66.33	92.62	112.40	117.46
7	30	104.56	63.68	15.20	63.38	91.25	108.63	116.50
8	35	107.09	68.98	35.38	59.58	82.50	104.00	112.40
9	40	108.54	70.67	45.83	52.82	75.88	98.38	104.68
10	45	112.16	72.36	49.25	46.79	70.67	92.38	102.03
11	50	113.39	79.11	54.51	33.04	65.61	86.50	96.25
12	55	118.67	80.80	57.89	13.51	61.26	83.25	92.88
13	60	126.27	87.55	63.68	13.51	63.68	83.38	93.75
14	65	130.25	90.21	71.25	45.25	59.58	82.49	90.21
15	70	136.40	93.58	74.38	49.25	58.61	76.46	85.14
16	75	136.40	98.38	76.46	55.23	52.82	74.77	81.77
17	80	142.91	99.75	79.63	57.89	36.66	70.67	77.42
18	85	144.36	103.71	84.18	62.95	20.50	64.38	74.05
19	90	146.89	108.06	89.24	65.61	21.23	62.88	71.39
20	95	147.97	111.88	90.93	68.98	40.00	58.75	69.71
21	100	150.51	114.09	93.58	70.38	48.48	52.63	67.29
22	105	151.95	116.50	97.93	74.05	51.63	46.79	62.95
23	110	157.02	124.13	104.68	79.11	57.88	34.97	62.00
24	115	159.55	124.94	104.50	81.88	62.95	13.51	56.38

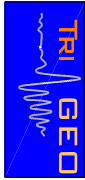
Dromocrone



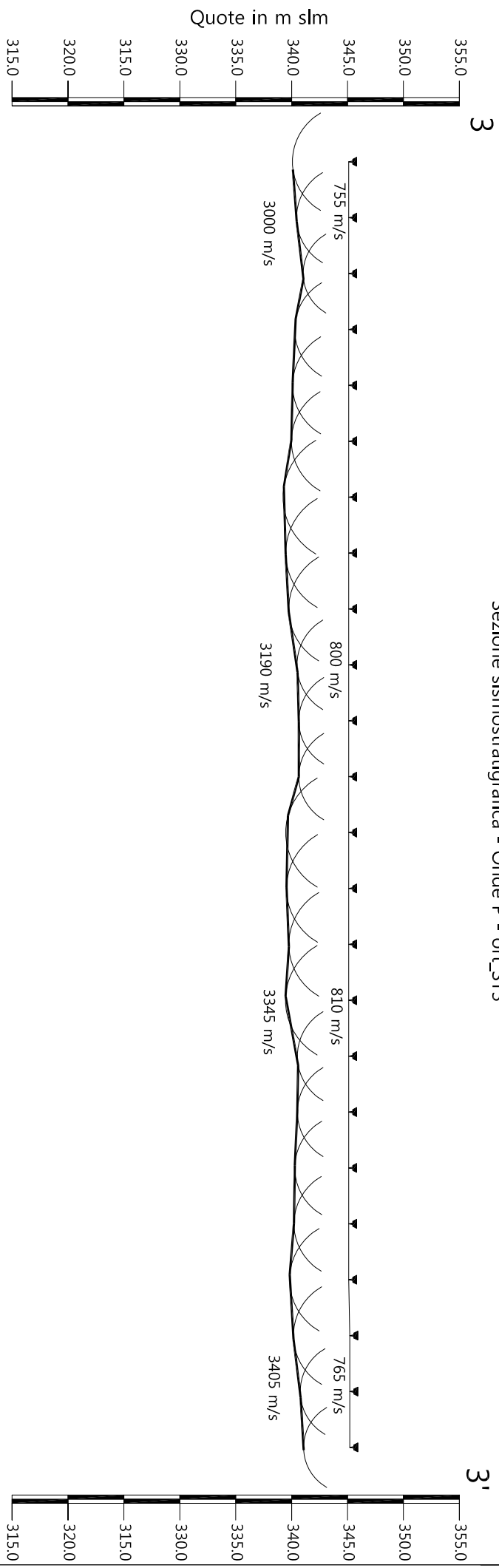
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

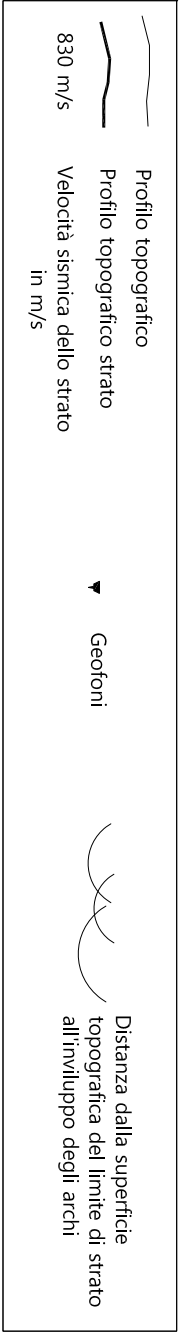
Tavola 03 - Dromocrone - Onde P - ort_ST3



Sezione sismostratigrafica - Onde P - ort_ST3



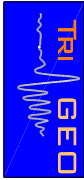
Numero geofono	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanze (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
Quote in m slm	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.20	345.20	345.20
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	5.03	4.66	4.07	4.83	5.01	5.12	5.87	5.63	5.36	4.62	4.46	4.46	5.63	5.56	5.35	5.65	4.59	4.59	4.82	4.89	5.29	5.04	4.43	4.13



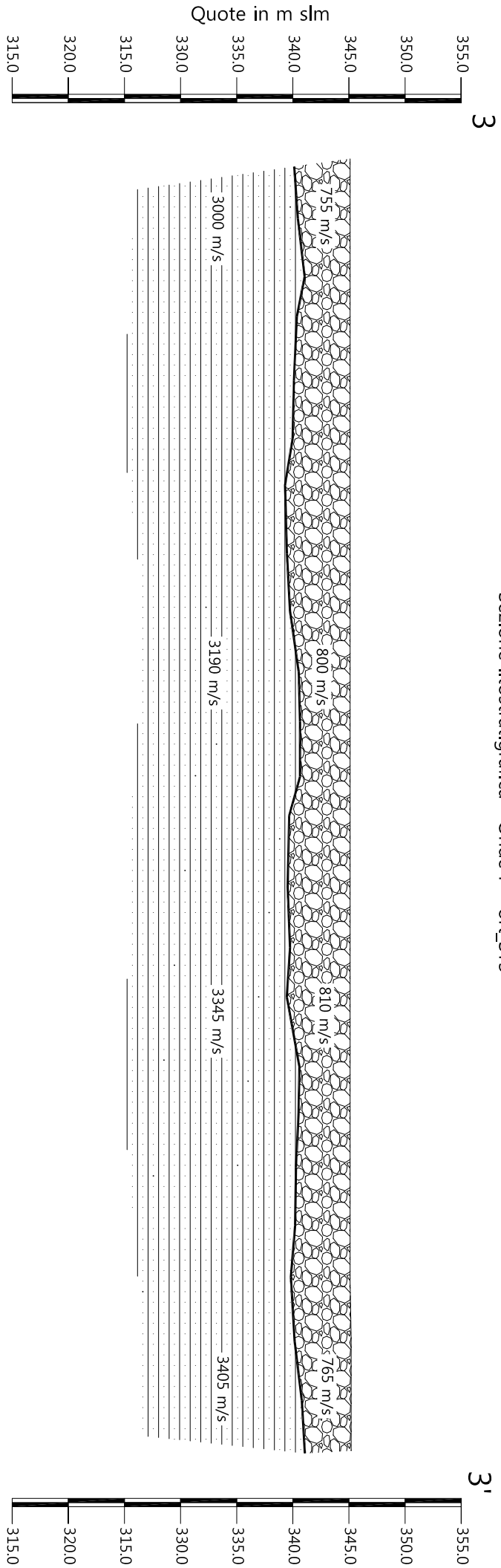
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ort_ST3



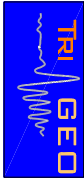
Sezione litostratigrafica - Onde P - ort_ST3



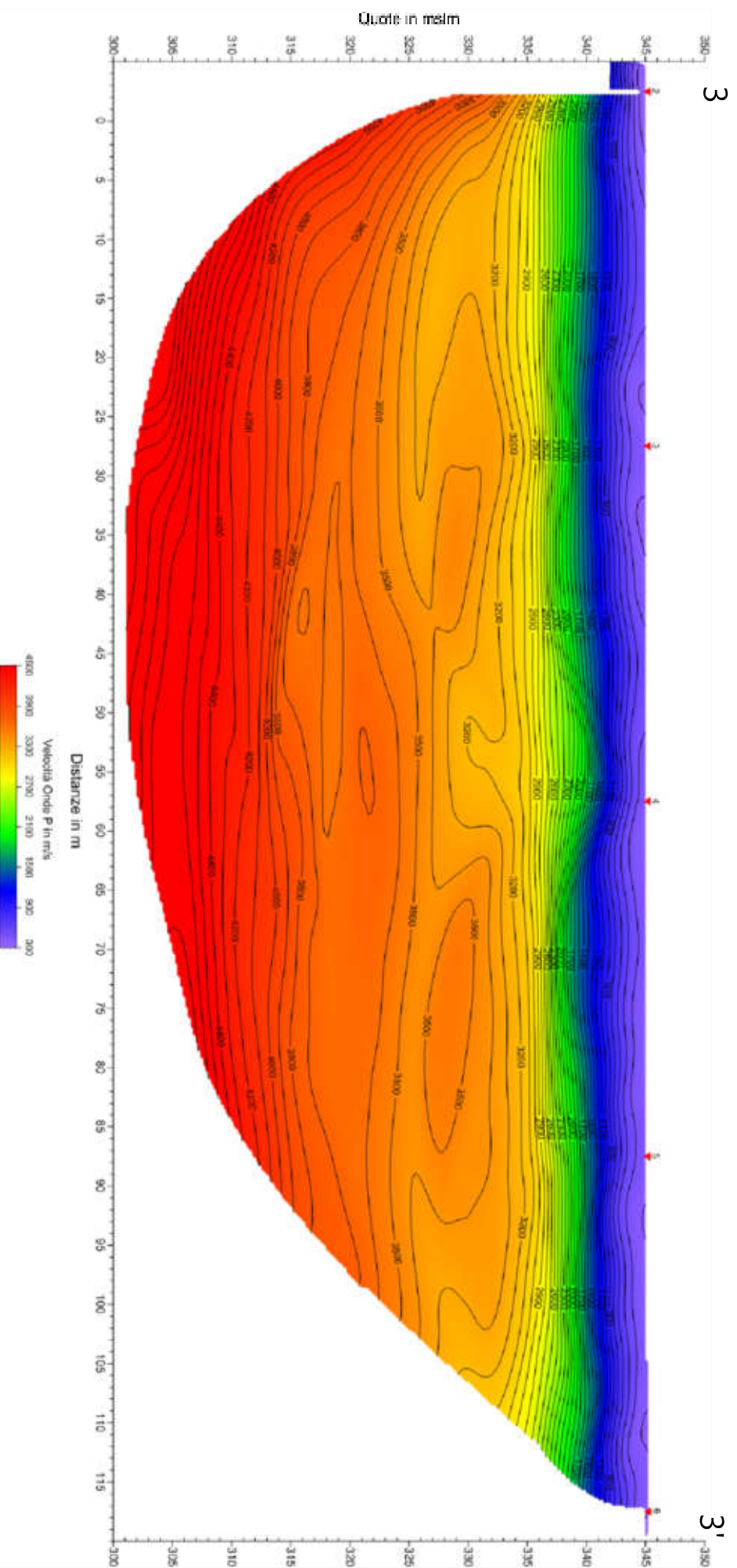
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - ort_ST3



Sezione tomografica - Onde P - ort_ST3



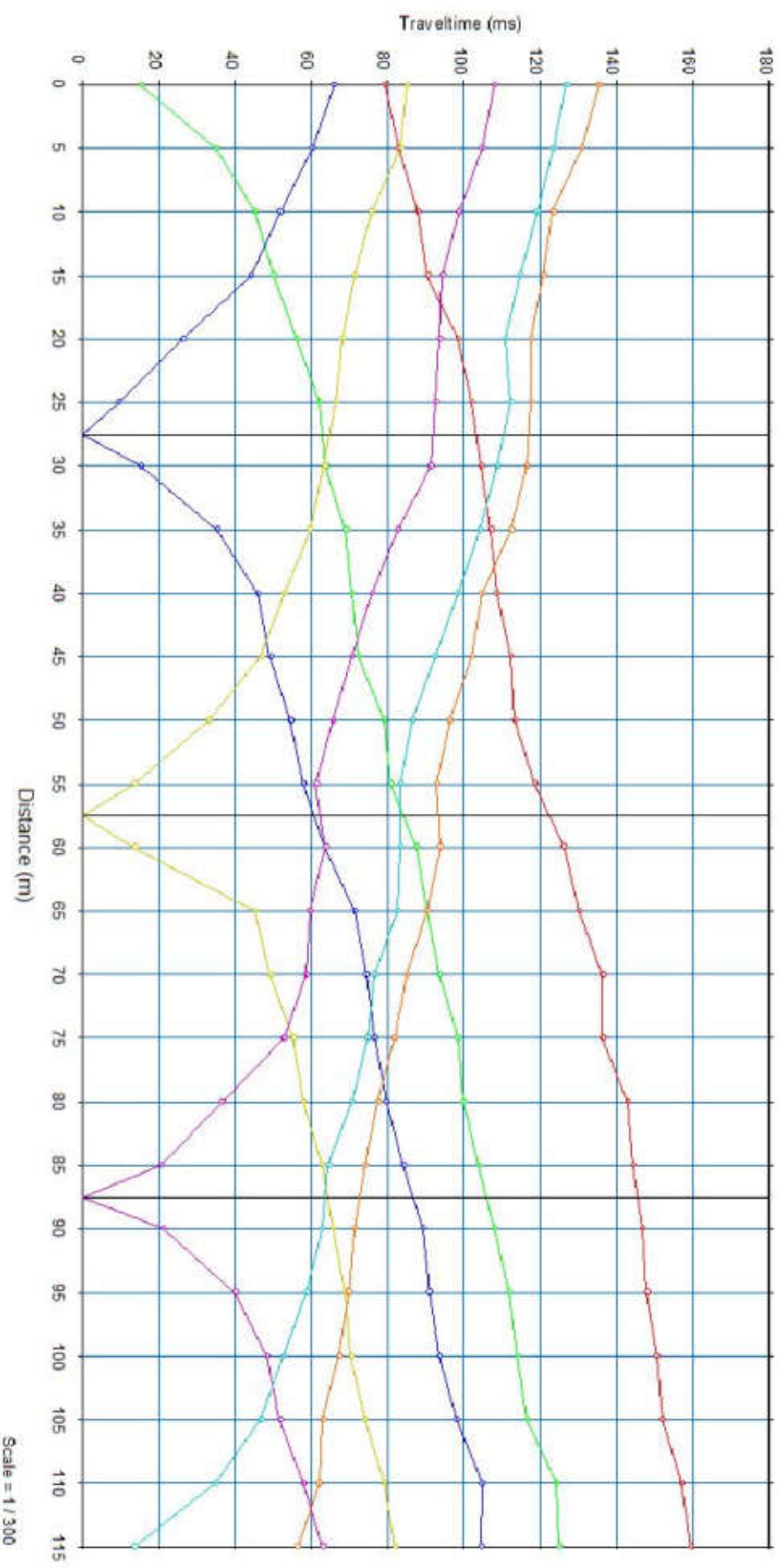
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

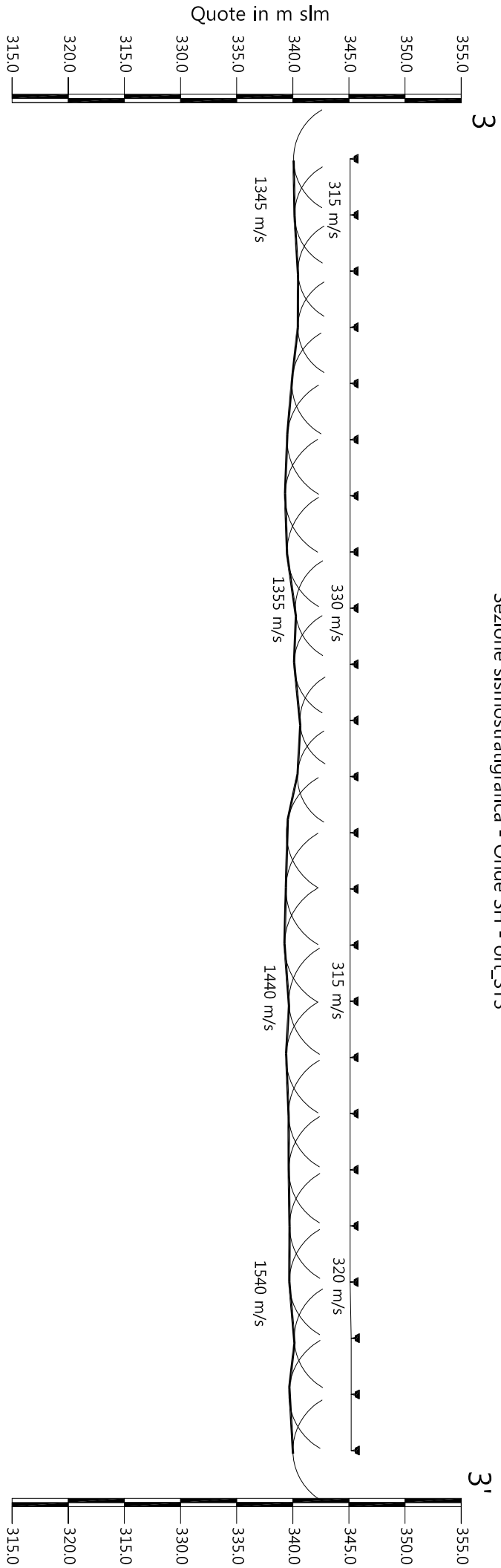
Tavola 06 - Sezione tomografica - Onde P - ort_ST3






Dromocrone




Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ort_ST3




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	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.10	345.20	345.20	345.20	345.20
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	5.03	4.94	4.64	4.65	5.18	5.61	5.79	5.61	4.87	4.99	4.46	4.68	5.67	5.72	5.84	5.45	5.70	5.48	5.46	5.39	5.41	5.07	5.55	5.19



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

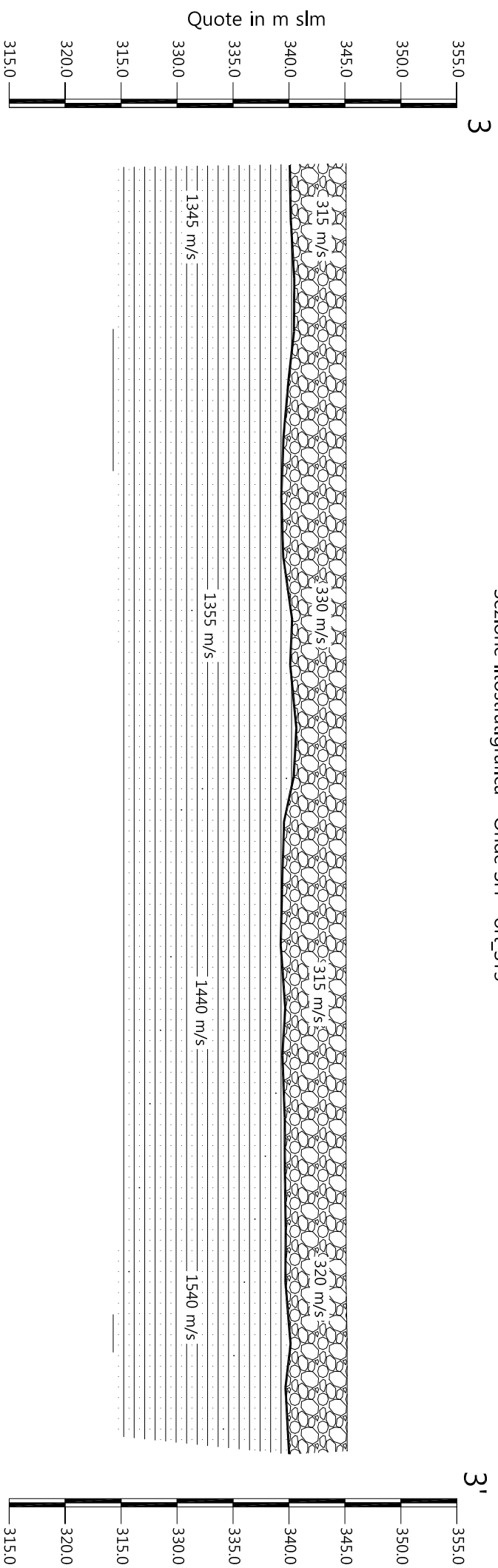
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014



Tavola 08- Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ort_ST3



Sezione litostratigrafica - Onde SH - ort_ST3



Legenda

-  Depositi alluvionali recenti (bIV)
-  Arenarie del Monte Falterona
membro di Montalto (FAL3)

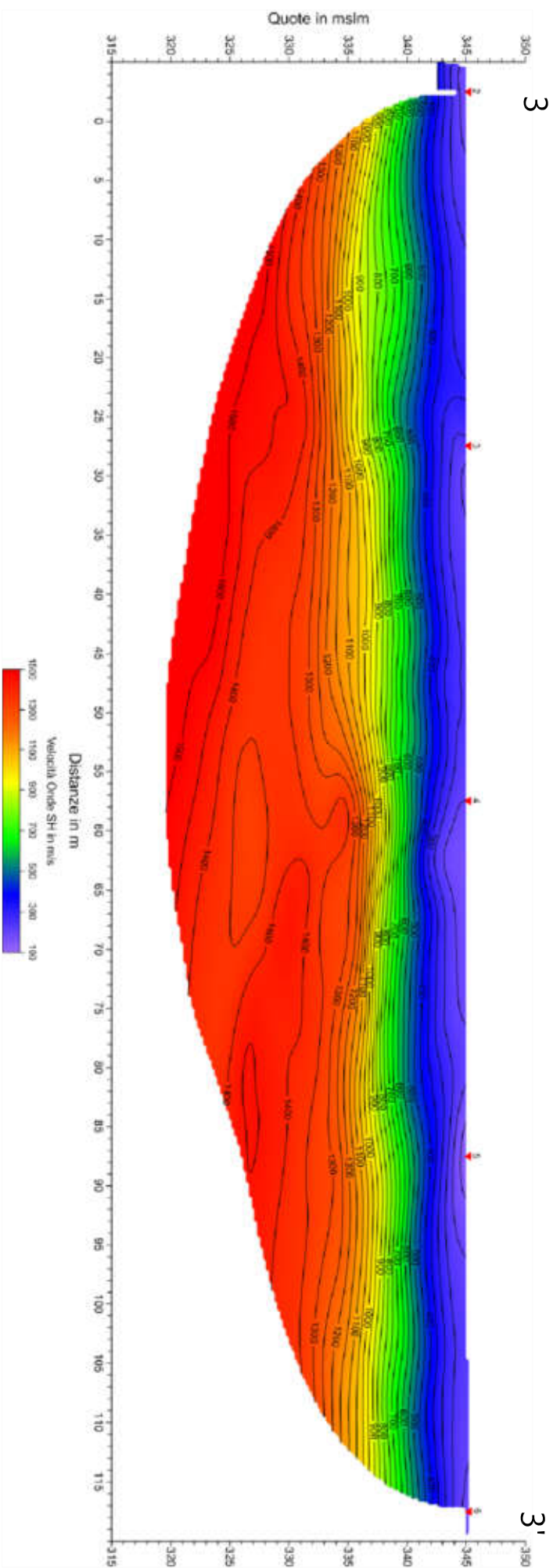
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 09 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - ort_ST3



Sezione tomografica - Onde SH - ort_ST3



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ort_ST3



PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST3 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	5.03
2	5	4.66
3	10	4.07
4	15	4.83
5	20	5.01
6	25	5.12
7	30	5.87
8	35	5.63
9	40	5.36
10	45	4.62
11	50	4.46
12	55	4.46
13	60	5.63
14	65	5.56
15	70	5.35
16	75	5.65
17	80	4.59
18	85	4.59
19	90	4.82
20	95	4.89
21	100	5.29
22	105	5.04
23	110	4.43
24	115	4.13

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST3 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	5.03
2	5	4.94
3	10	4.64
4	15	4.65
5	20	5.18
6	25	5.61
7	30	5.79
8	35	5.61
9	40	4.87
10	45	4.99
11	50	4.46
12	55	4.68
13	60	5.67
14	65	5.72
15	70	5.84
16	75	5.45
17	80	5.70
18	85	5.48
19	90	5.46
20	95	5.39
21	100	5.41
22	105	5.07
23	110	5.55
24	115	5.19

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST3 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	816	2995
2	5	799	2995
3	10	758	2995
4	15	731	2995
5	20	712	3000
6	25	721	3017
7	30	752	3055
8	35	777	3108
9	40	809	3177
10	45	826	3234
11	50	815	3269
12	55	825	3277
13	60	816	3276
14	65	798	3293
15	70	810	3336
16	75	810	3388
17	80	797	3423
18	85	812	3428
19	90	808	3416
20	95	778	3403
21	100	754	3398
22	105	755	3395
23	110	727	3394
24	115	719	3394

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST3 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	302	1347
2	5	307	1347
3	10	309	1347
4	15	319	1347
5	20	324	1347
6	25	330	1346
7	30	337	1346
8	35	336	1349
9	40	338	1355
10	45	329	1362
11	50	316	1364
12	55	316	1362
13	60	310	1367
14	65	302	1390
15	70	310	1429
16	75	317	1473
17	80	317	1510
18	85	329	1533
19	90	333	1542
20	95	325	1543
21	100	318	1542
22	105	321	1541
23	110	312	1540
24	115	310	1541



Vista generale ort_ST3 da G24 verso G1.



Vista generale ort_ST3 da G12 verso 24.



Vista generale ort_ST3 da G1 verso 24.



Shot point D- Onde SH – ort_ST3.



Shot point G – Onde SH – ort_ST3.



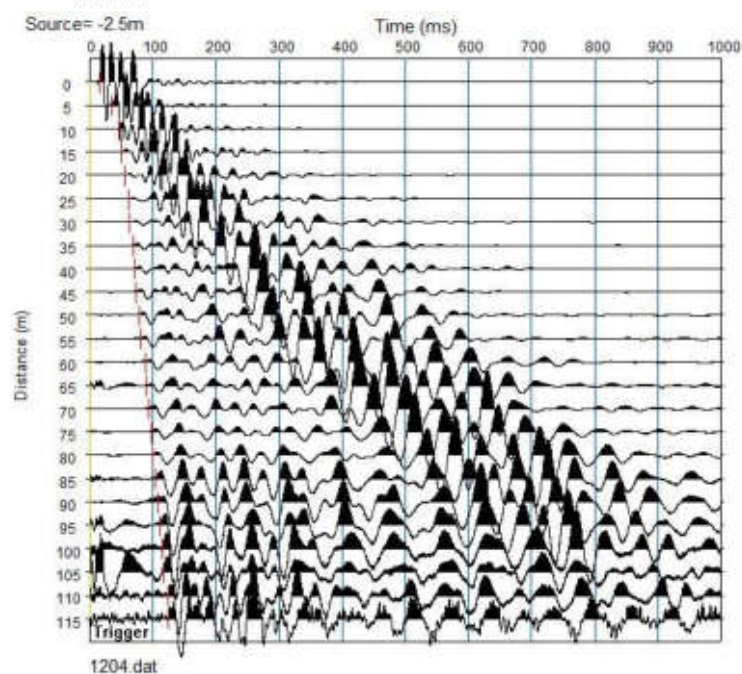
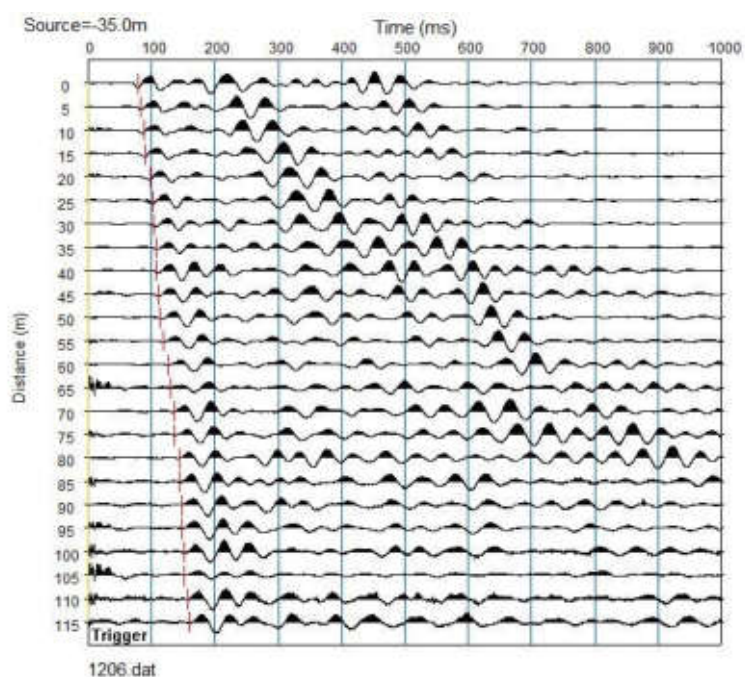
Shot point D – Onde P – ort_ST3.

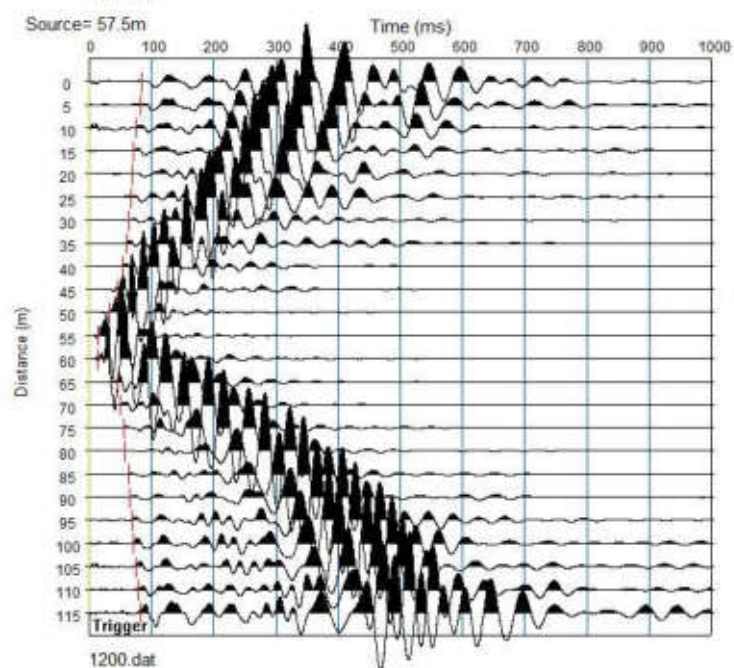
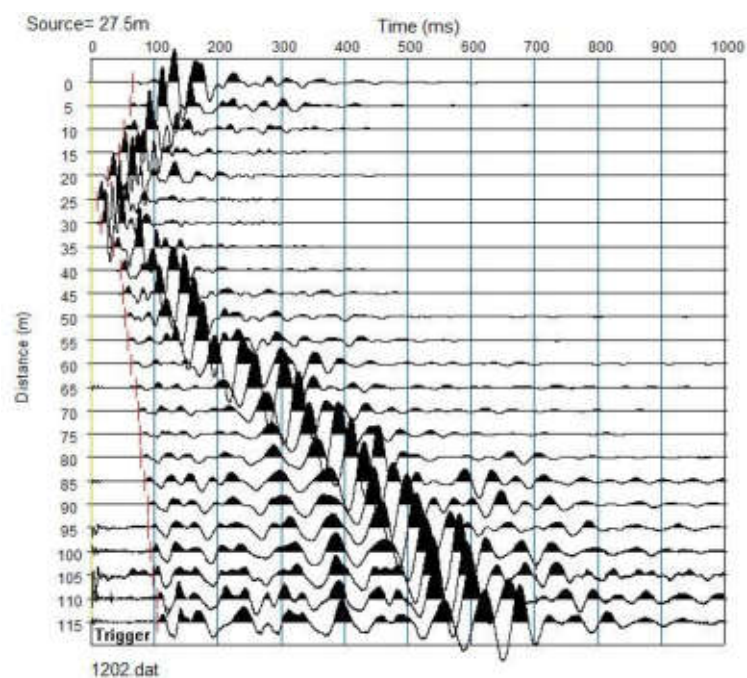
REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA – ort_ST3

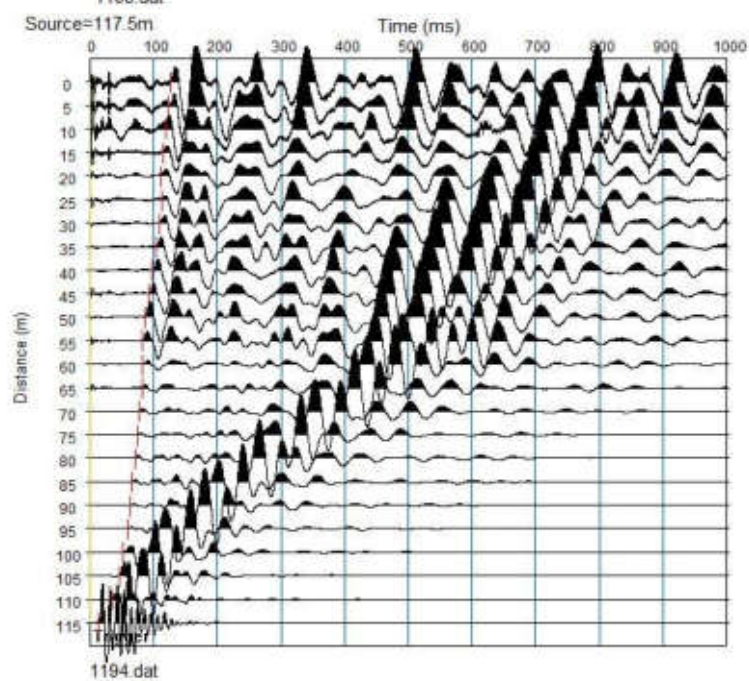
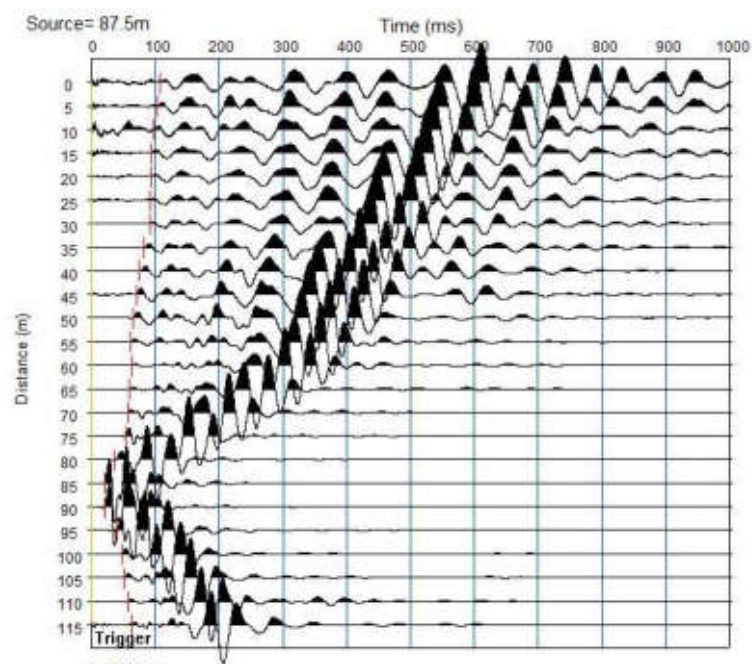
file 1194 - 1206 Onde SH

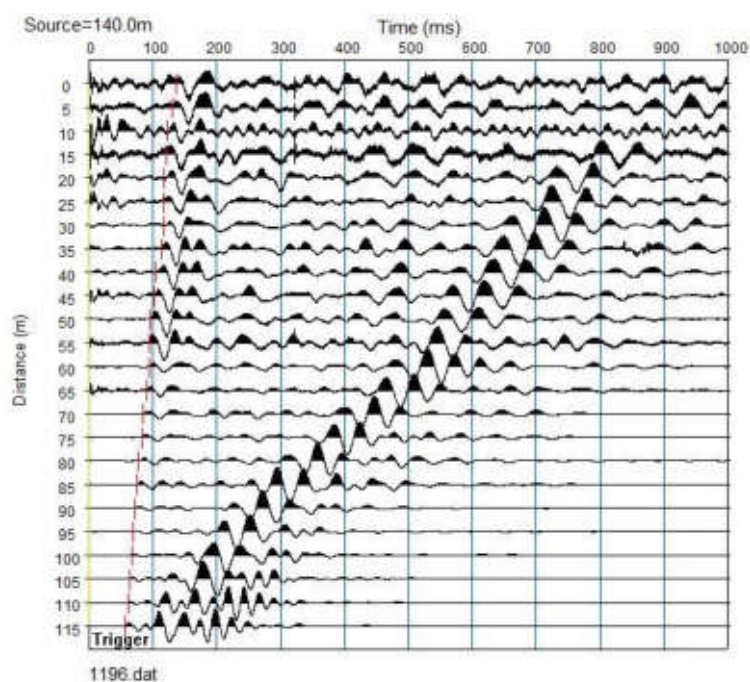
file 1207 - 1213 Onde P

ONDE SH Σ

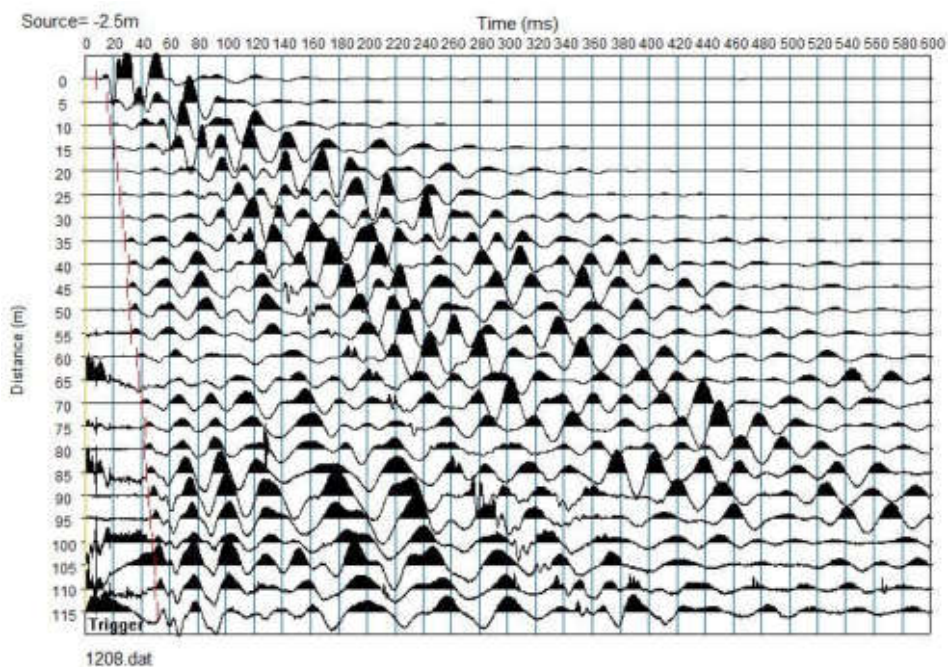
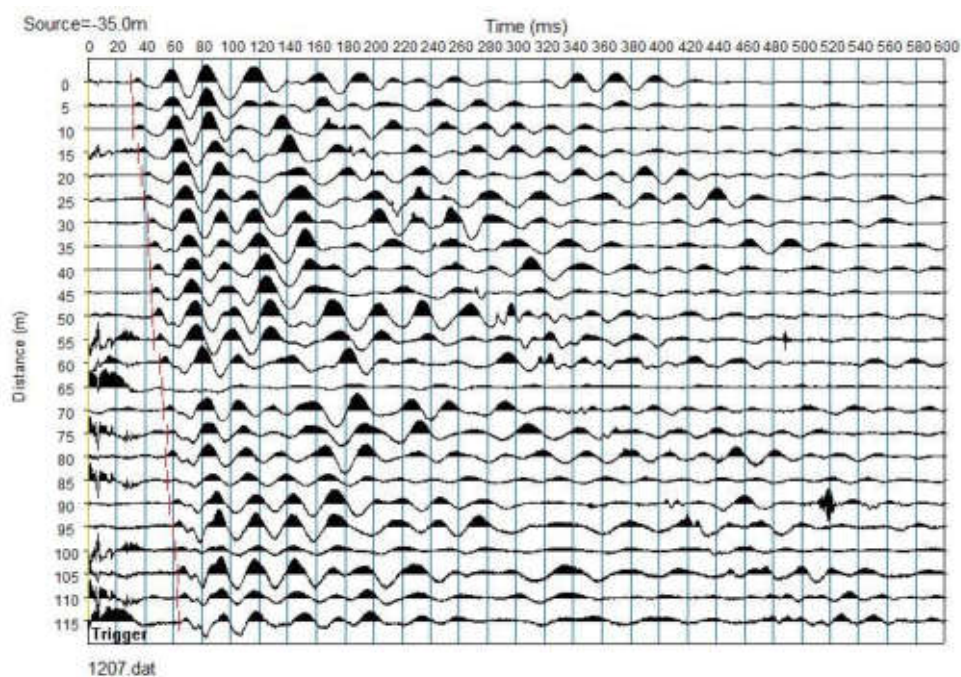


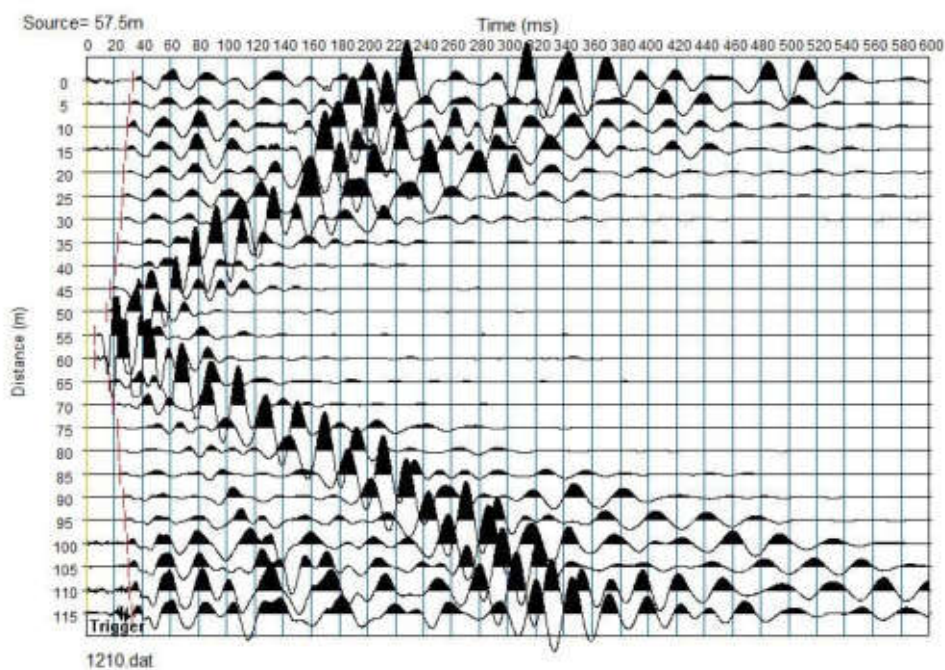
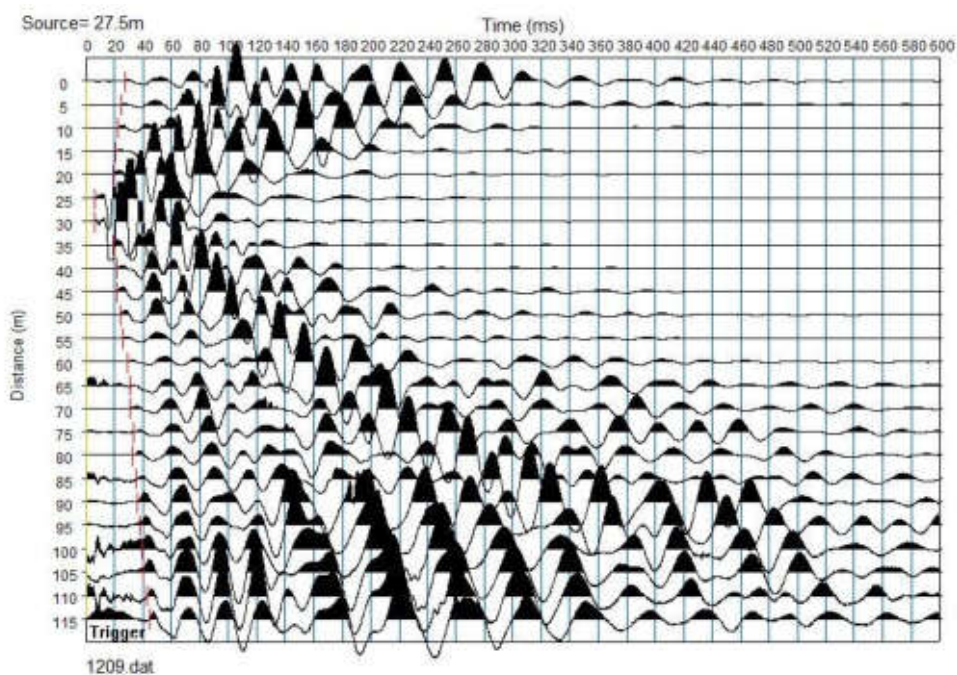


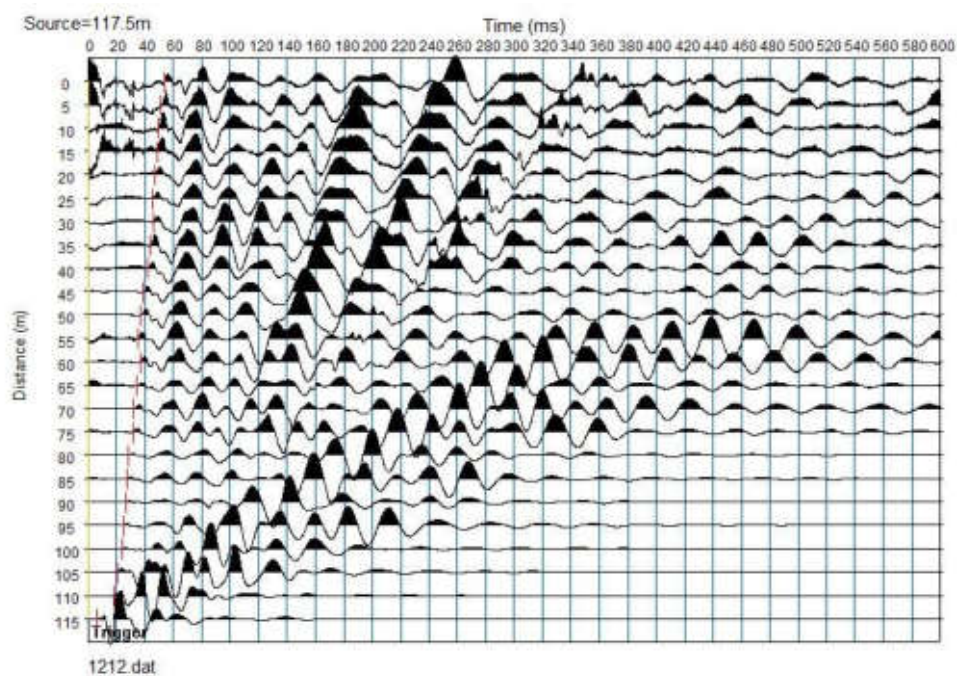
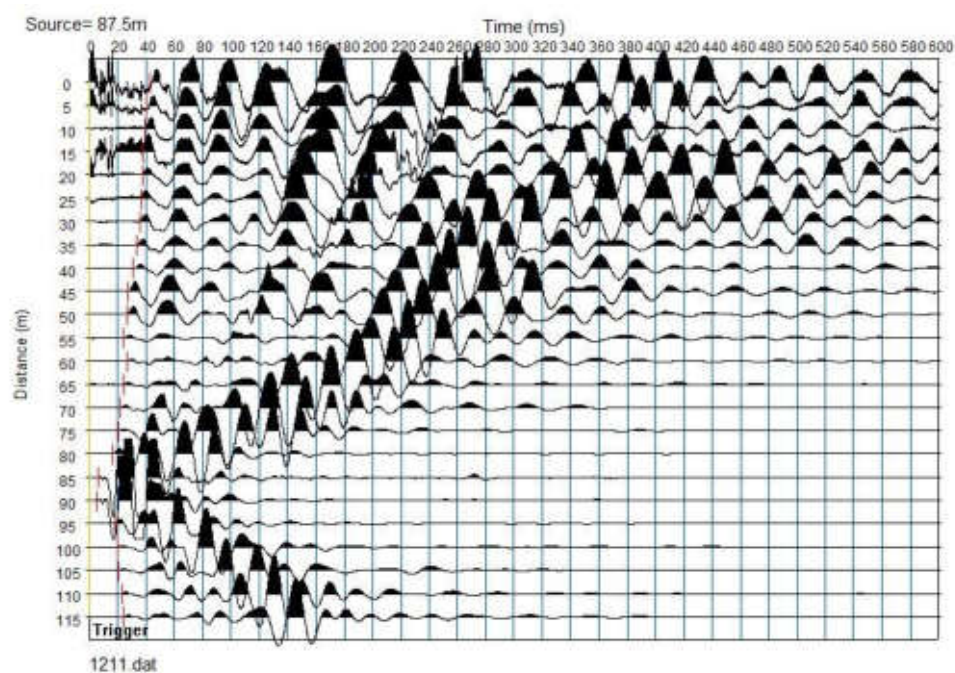


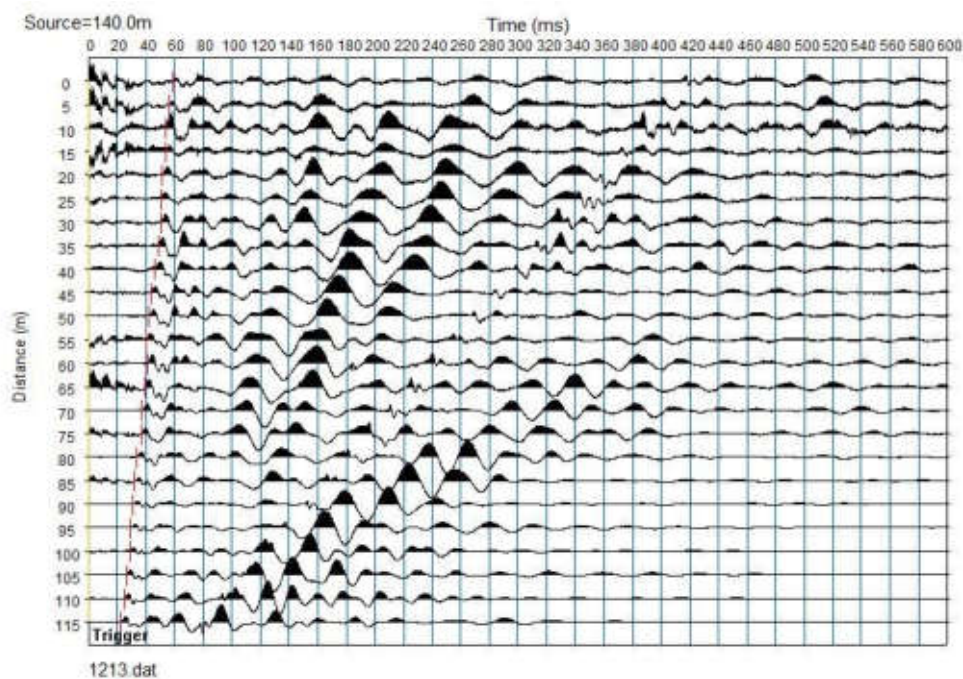


ONDE P









COMUNE DI ORTIGNANO

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 ORT_ST4”

COMMITTENTE:

COMUNE DI ORTIGNANO

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 & Suter W. 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

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST4	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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 ORTIGNANO (AR)**, nei pressi dell'abitato di **SAN PIERO** (Fig. 1).



Figura 1: Particolare della sezione ort_ST4.

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

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 **ort_ST4** 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 **ort_ST4** 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

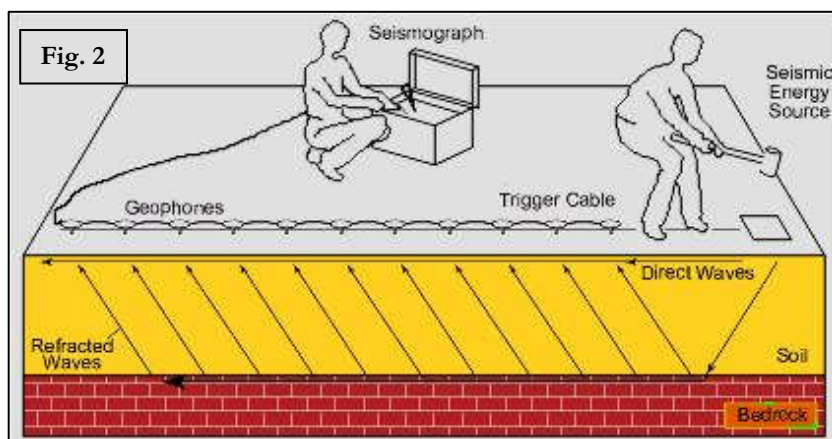
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo 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 5 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



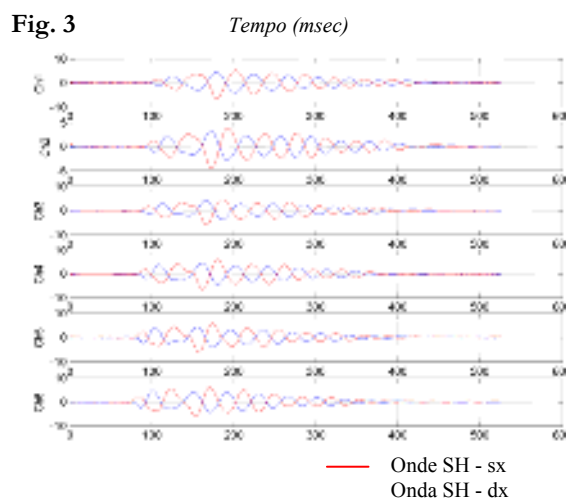
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

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

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST4	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (AR)
		Pag. 6 di 12

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 ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST4	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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.

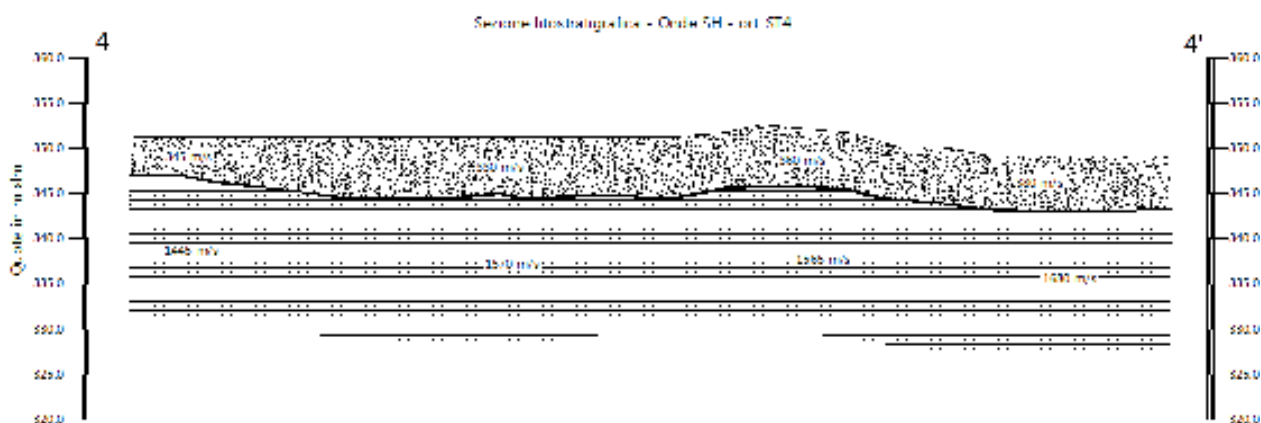
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

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 3.20 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.

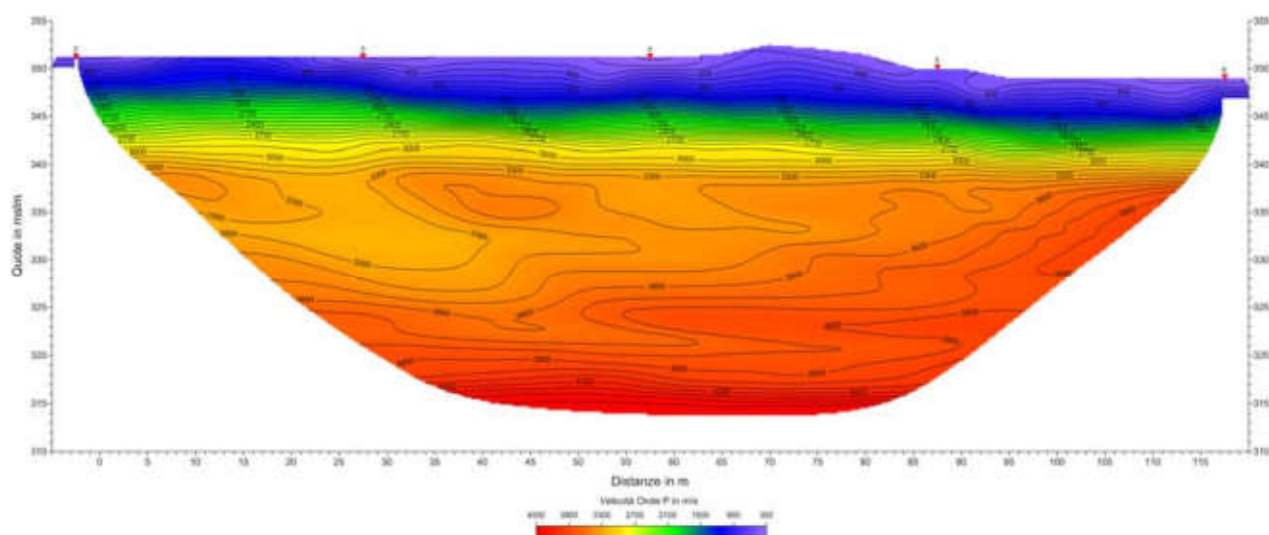
Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il depositi alluvionali recenti (bIV), caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 465 e 560 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 330 e 380 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3) che presenta velocità comprese tra 3.000 e 3.603 m/s (onde P) e tra 1.445 e 1.680 m/s (onde SH).

La **Sezione ST4**, effettuata in direzione SSO-NNE, in località San Piero, 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 4.30-5.10 m), tende poi ad approfondire attestandosi a valori compresi tra 6.05-6.80 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.

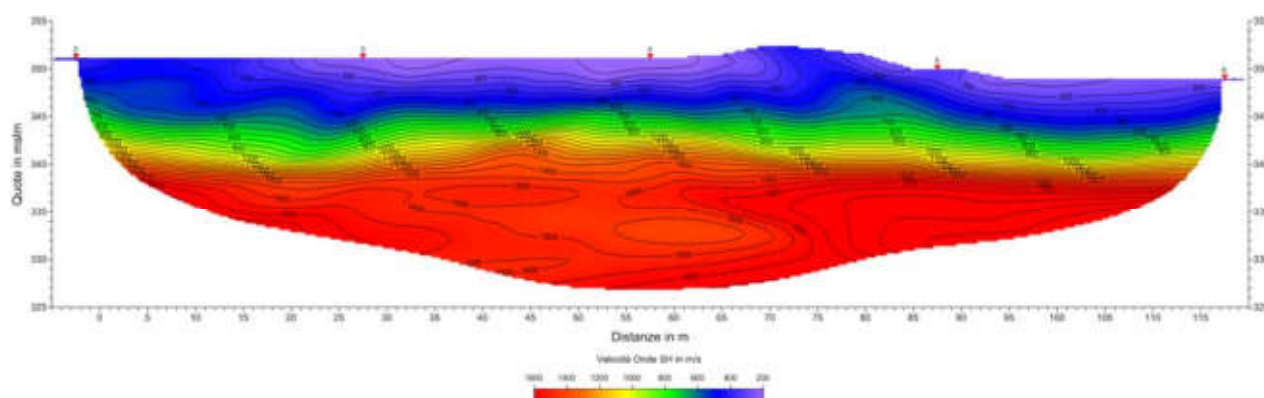
Le velocità del substrato roccioso mostrano per le onde P, valori compresi tra 3.000 e 3.603 m/s, con valori crescenti lungo lo stendimento. Le velocità delle onde SH mostrano il medesimo andamento con velocità che passano da 1.445 a 1.680 m/s.



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 piuttosto costanti in tutta la sezione, 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.

5.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **SAN PIERO, ORTIGNANO (AR)**. L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante sismica a rifrazione, ha permesso di identificare in profondità il passaggio tra i materiali più superficiali caratterizzati dai depositi alluvionali recenti (bIV), 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 3.20 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.

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST4	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (AR)
		Pag. 10 di 12

- Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il depositi alluvionali recenti (bIV), caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 465 e 560 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 330 e 380 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3) che presenta velocità comprese tra 3.000 e 3.603 m/s (onde P) e tra 1.445e 1.680 m/s (onde SH).

Firenze, lì 20/11/2014

TRIGEO SNC
TRIGEO s.n.c.
di Nenetti Andrea & Zanetti Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02026110518
Tel/Fax 0575 294500 - 056 9902212
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 ORTIGNANO</i> <i>LINEA SISMICA ORT_ST4</i>	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (AR)
		Pag. 11 di 12

ALLEGATI

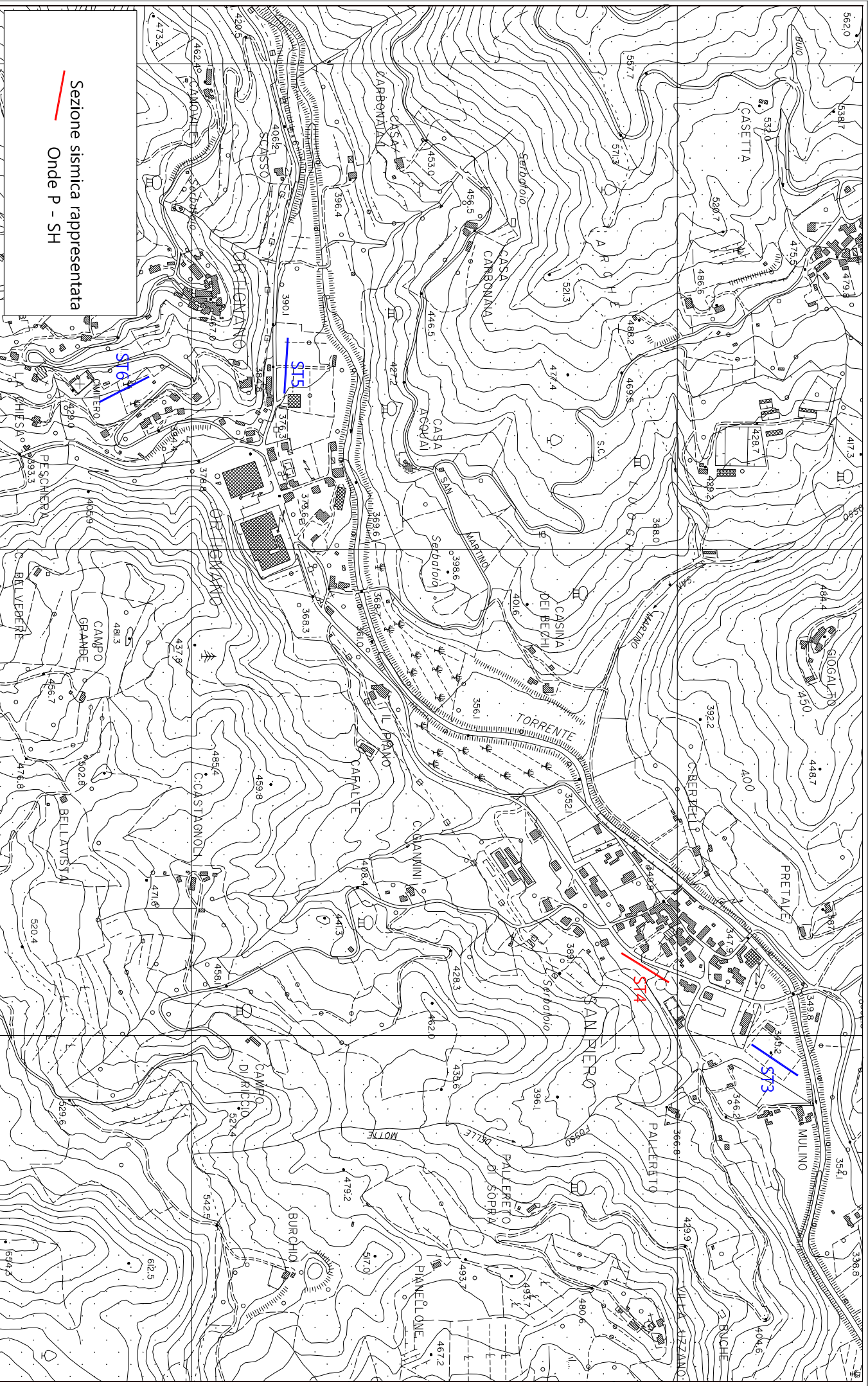
TRIGEO SNC

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



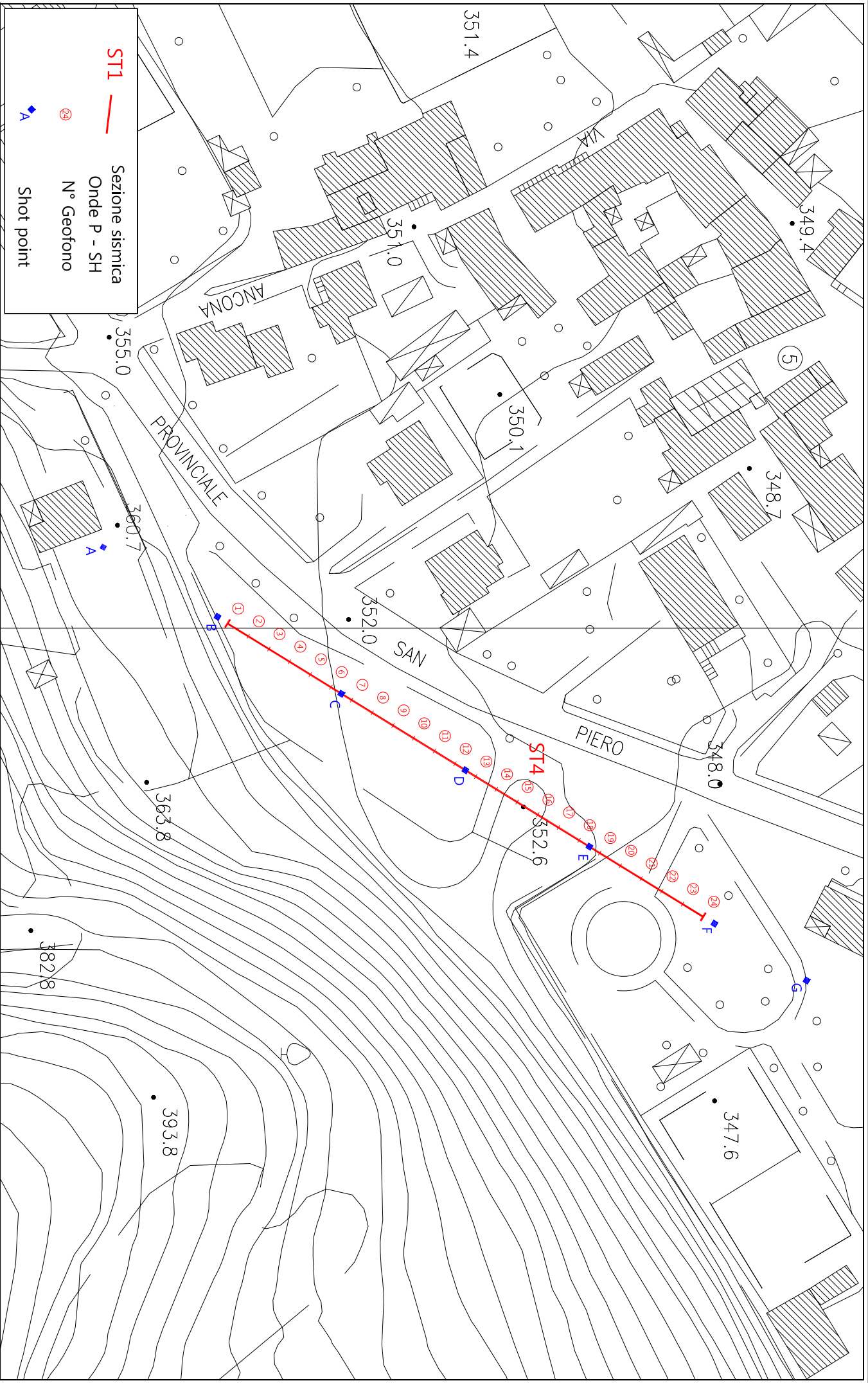
Sezione sismica rappresentata
Onde P - SH

Scala 1: 10000

Novembre 2014

Tavola 01 - Planimetria generale - ort_ST4

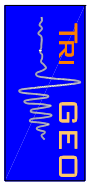




Scala 1: 1000

Novembre 2014

Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - ort_ST4



SCHEMA DELLA LINEA – ort_ST4	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA ort_ST4

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	351.30
2	5	5.0	351.30
3	10	5.0	351.30
4	15	5.0	351.30
5	20	5.0	351.30
6	25	5.0	351.30
7	30	5.0	351.30
8	35	5.0	351.30
9	40	5.0	351.30
10	45	5.0	351.30
11	50	5.0	351.30
12	55	5.0	351.30
13	60	5.0	351.30
14	65	5.0	351.60
15	70	5.0	352.60
16	75	5.0	352.20
17	80	5.0	351.60
18	85	5.0	350.10
19	90	5.0	350.10
20	95	5.0	349.10
21	100	5.0	349.10
22	105	5.0	349.10
23	110	5.0	349.10
24	115	5.0	349.10

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	4840884,88	4840982,77
Y(m)	1722890.91	1722890,91

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

ONDE P	Σ ONDE SH	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.1234	DAT.1217	A - ESTERNO SX	-30.0	351.30
DAT.1233	DAT.1215	B - ESTREMO SX	-2.5	351.30
DAT.1232	DAT.1219	C - INTERMEDIO SX	27.5	351.30
DAT.1231	DAT.1221	D - CENTRALE	57.5	351.30
DAT.1230	DAT.1223	E - INTERMEDIO DX	87.5	350.10
DAT.1229	DAT.1225	F - ESTREMO DX	117.5	349.10
DAT.1228	DAT.1227	G - ESTREMO DX	140.0	360.80

TEMPI ONDE P E ONDE SH – ort_ST4	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

TEMPI ONDE P – ort_ST4

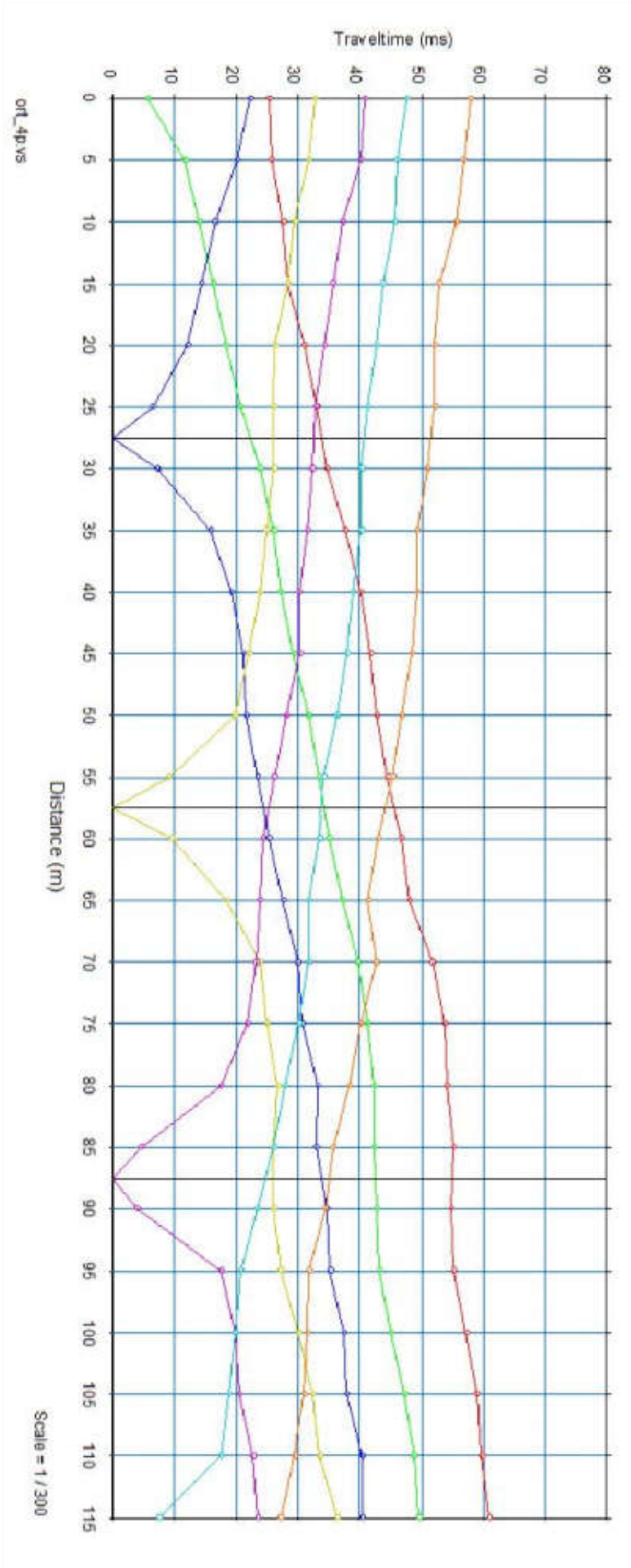
GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	25.30	5.68	22.25	32.80	40.84	47.60	57.89
2	5	25.73	11.68	20.05	31.68	40.20	45.99	56.76
3	10	27.55	13.94	16.62	29.43	37.25	45.63	55.64
4	15	28.30	16.29	14.36	28.30	35.70	43.74	52.74
5	20	30.98	18.25	12.11	26.25	34.25	42.75	52.10
6	25	33.00	20.63	6.43	26.05	32.88	41.25	52.10
7	30	34.63	23.80	7.18	26.05	32.25	40.25	50.97
8	35	37.63	26.05	15.87	24.88	31.50	40.25	49.25
9	40	40.09	27.13	19.25	23.80	30.13	38.88	49.25
10	45	41.75	29.25	21.12	22.03	30.25	37.88	48.38
11	50	42.75	31.73	21.55	19.78	28.13	36.25	46.75
12	55	44.50	33.38	23.48	9.00	26.13	34.09	45.34
13	60	46.75	35.00	25.30	9.65	24.25	33.45	42.88
14	65	48.02	37.09	27.55	18.38	23.80	31.68	41.32
15	70	51.78	39.66	29.91	23.80	23.13	31.63	42.63
16	75	53.71	41.16	30.66	24.92	21.75	30.07	40.20
17	80	54.03	42.34	33.23	26.69	17.53	27.88	38.25
18	85	55.21	42.34	32.91	26.05	4.50	26.05	35.70
19	90	54.78	42.77	34.73	26.05	3.88	23.38	34.38
20	95	55.25	43.09	35.16	27.17	17.53	20.75	31.75
21	100	57.14	45.02	37.41	30.07	19.78	19.78	31.50
22	105	58.96	47.25	37.84	32.32	20.50	18.75	30.94
23	110	59.71	48.78	40.41	33.45	22.67	17.50	29.43
24	115	60.89	49.53	40.41	36.34	23.50	7.40	27.17

TEMPI ONDE P E ONDE SH – ort_ST4	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

TEMPI ONDE SH – ort_ST4

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	58.61	7.72	63.68	79.11	90.21	105.40	129.28
2	5	61.26	16.88	56.92	76.46	87.55	103.71	125.90
3	10	67.38	28.94	49.63	73.88	87.00	103.71	125.90
4	15	71.00	39.07	40.76	72.00	87.50	101.30	125.90
5	20	78.00	48.48	31.36	69.71	81.77	99.00	123.38
6	25	85.87	56.92	10.88	66.33	81.00	98.65	120.25
7	30	89.24	59.58	11.82	63.68	74.77	94.31	116.63
8	35	90.93	61.99	40.04	61.99	72.88	91.63	115.13
9	40	93.88	65.61	50.17	56.92	67.50	85.14	108.06
10	45	98.65	68.98	55.23	52.82	65.13	83.45	108.78
11	50	100.34	70.25	57.89	45.10	61.26	81.00	103.00
12	55	103.71	73.08	61.26	20.50	58.63	77.13	100.13
13	60	107.09	79.11	66.33	15.20	55.38	74.05	98.65
14	65	106.37	77.42	70.67	40.76	50.17	69.71	93.58
15	70	112.40	87.55	72.88	54.51	40.76	67.29	93.25
16	75	114.09	88.52	76.75	58.61	32.32	62.95	88.63
17	80	117.46	89.24	76.50	58.61	26.29	59.58	83.50
18	85	119.15	90.93	79.25	58.61	8.44	54.51	79.88
19	90	122.53	94.31	81.77	61.26	5.38	51.86	78.15
20	95	126.89	96.96	84.18	63.88	28.94	49.75	72.13
21	100	130.25	101.30	89.38	68.98	44.14	49.25	70.00
22	105	133.62	103.71	92.25	71.00	51.13	42.45	67.00
23	110	134.35	108.06	94.31	74.05	51.86	27.98	65.38
24	115	136.03	109.74	95.27	75.74	53.55	11.10	61.99

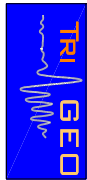
Dromocrone



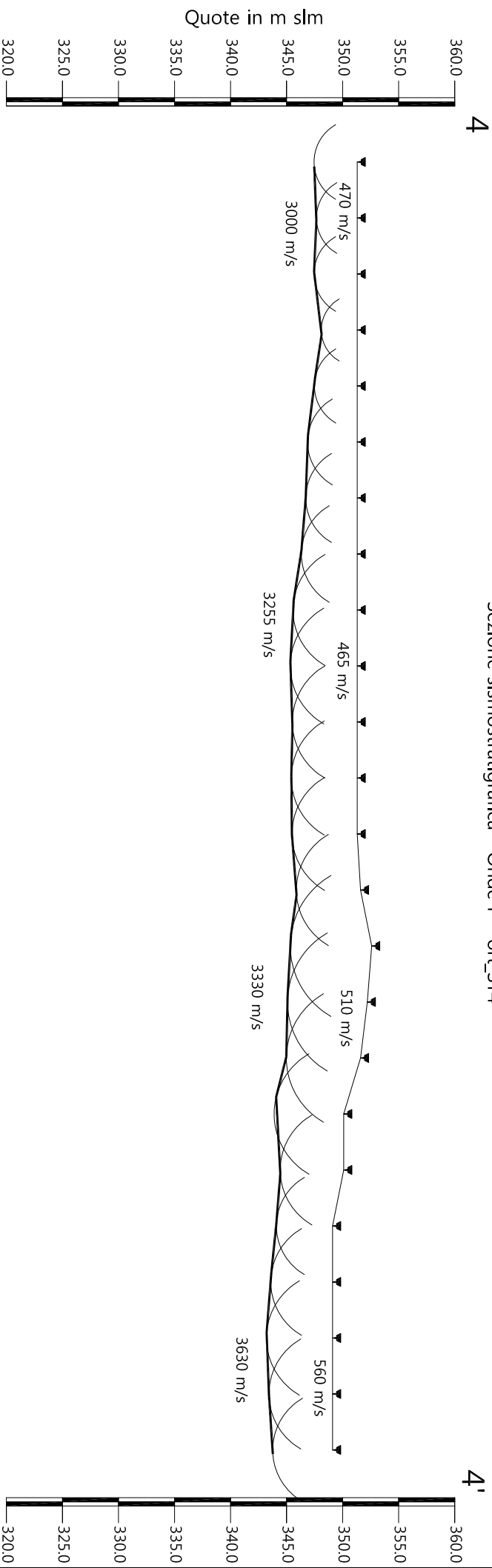
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

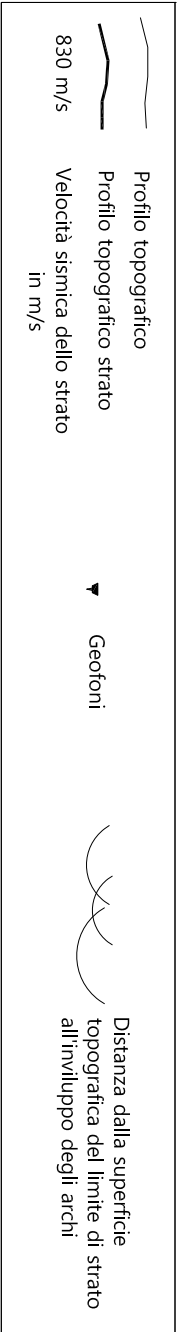
Tavola 03 - Dromocrone - Onde P - ort_ST4



Sezione sismostratigrafica - Onde P - ort_ST4



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	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.60	352.60	352.20	351.60	350.10	350.10	349.10	349.10	349.10	349.10	349.10
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	3.85	3.64	3.85	3.20	3.82	4.43	4.59	4.98	5.73	5.97	5.78	5.88	5.82	5.73	7.27	7.12	6.62	6.21	5.67	5.01	5.51	5.90	5.67	5.34



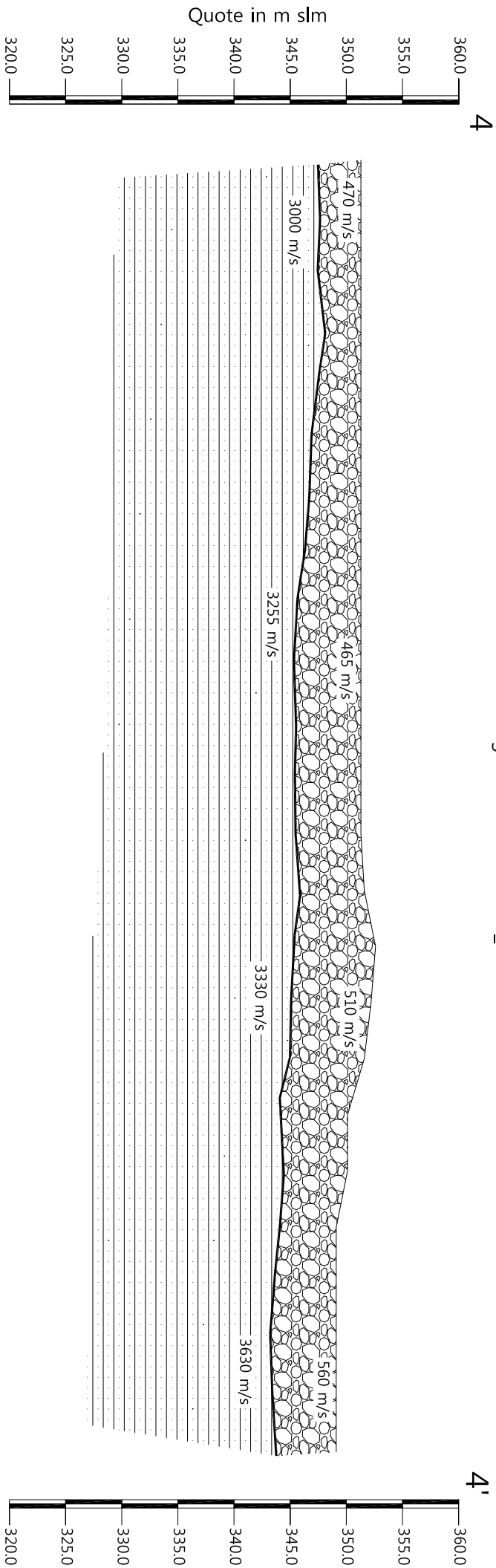
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ort_ST4



Sezione litostratigrafica - Onde P - ort_ST4



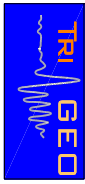
Legenda

- Depositi alluvionali recenti (bIV)
- Arenarie del Monte Falterona
membro di Montalto (FAL3)

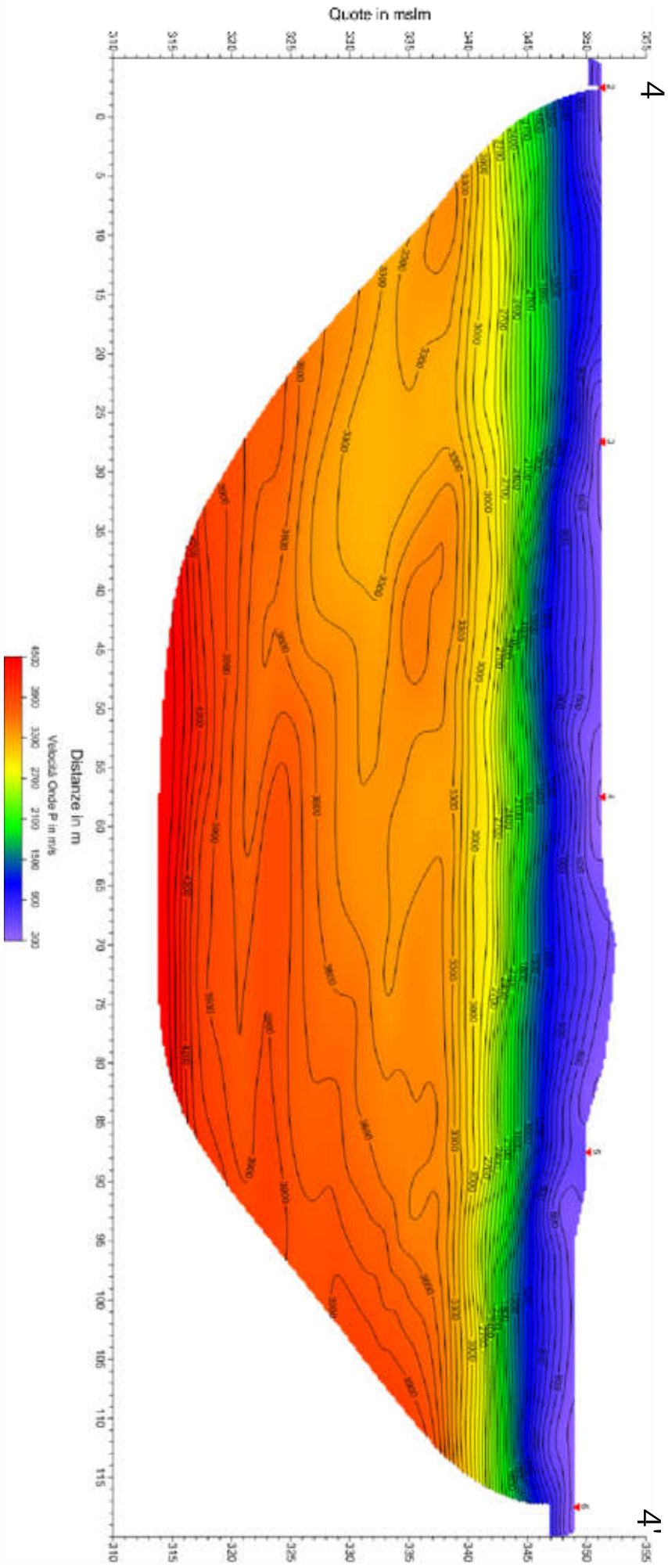
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

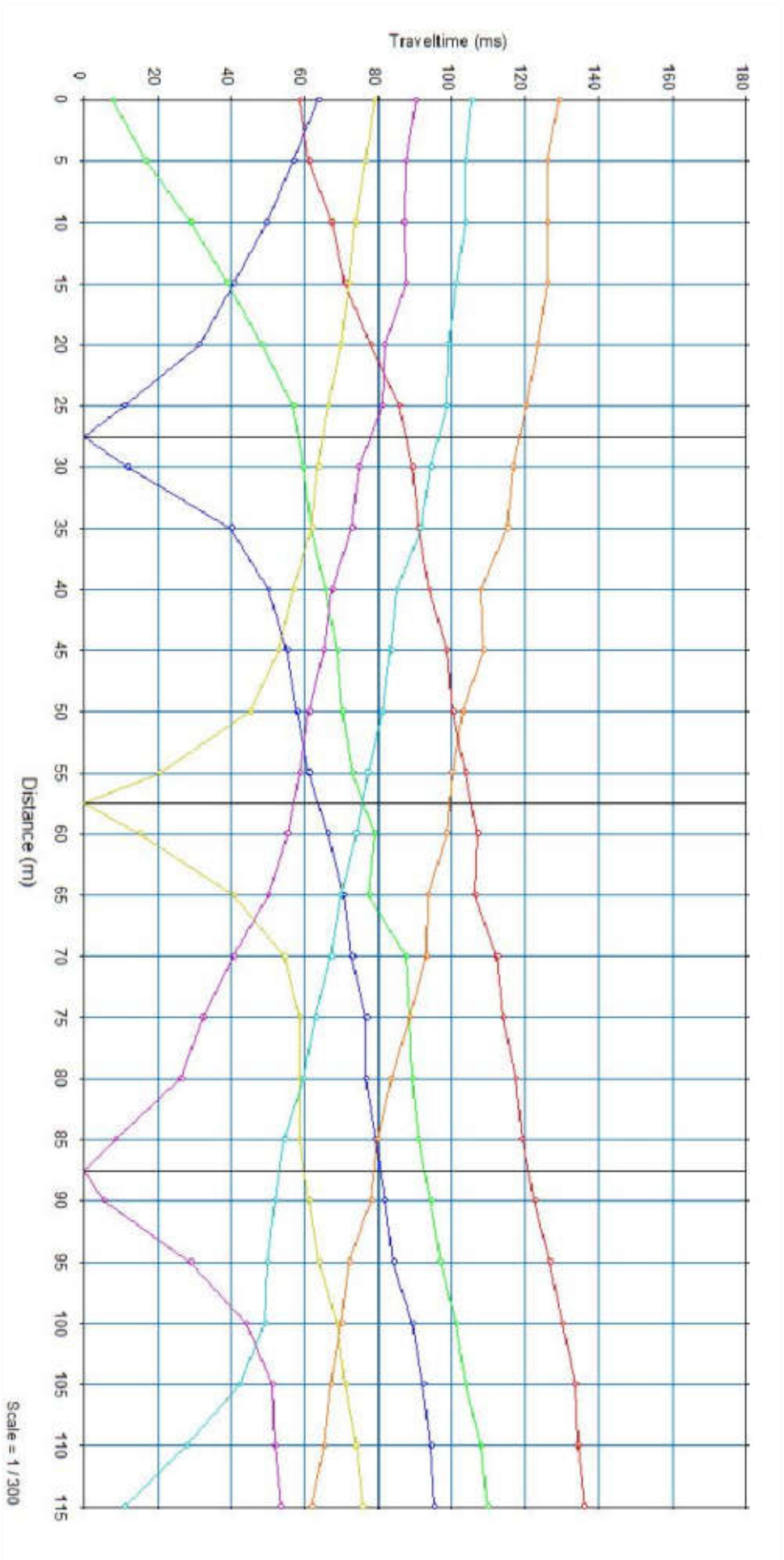
Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - ort_ST4



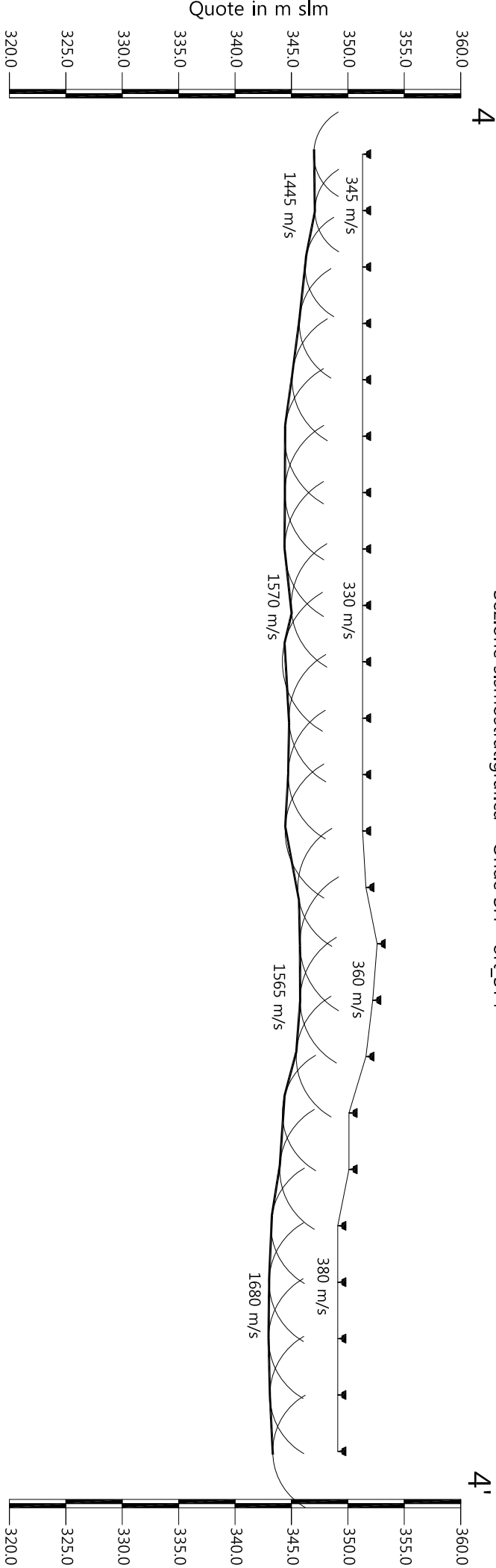
Sezione tomografica - Onde P - ort_ST4



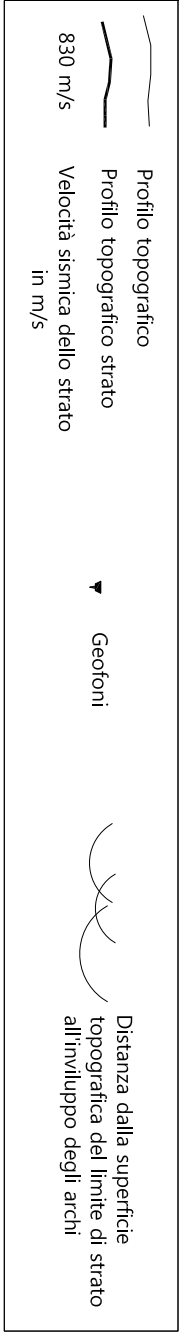
Dromocrone



Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ort_ST4



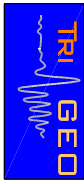
Numero geofono	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanze (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
Quote in m slm	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.30	351.60	352.60	352.20	351.60	350.10	350.10	349.10	349.10	349.10	349.10	349.10
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	4.32	4.22	5.09	5.60	6.24	6.92	6.88	6.91	6.32	7.11	6.52	6.59	6.86	6.04	6.85	6.43	6.18	5.91	6.14	5.91	6.08	6.13	6.01	5.76



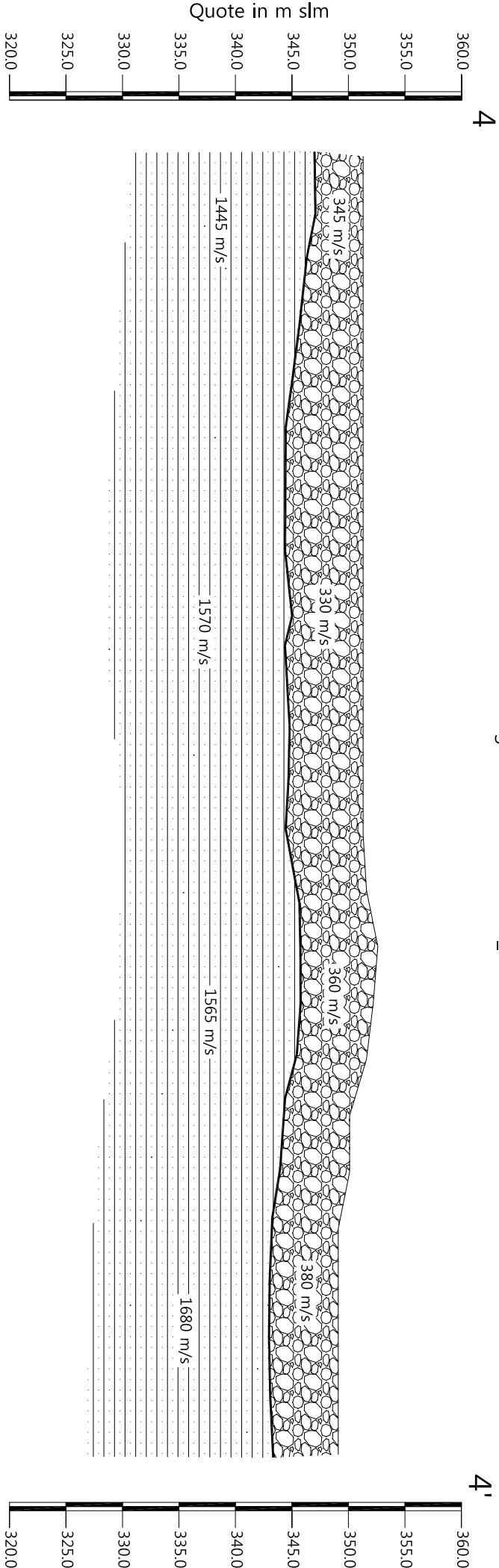
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 08- Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ort_ST4



Sezione litostratigrafica - Onde SH - ort_ST4



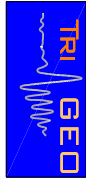
Legenda

- Depositi alluvionali recenti (bIV)
- Arenarie del Monte Falterona
membro di Montalto (FAL3)

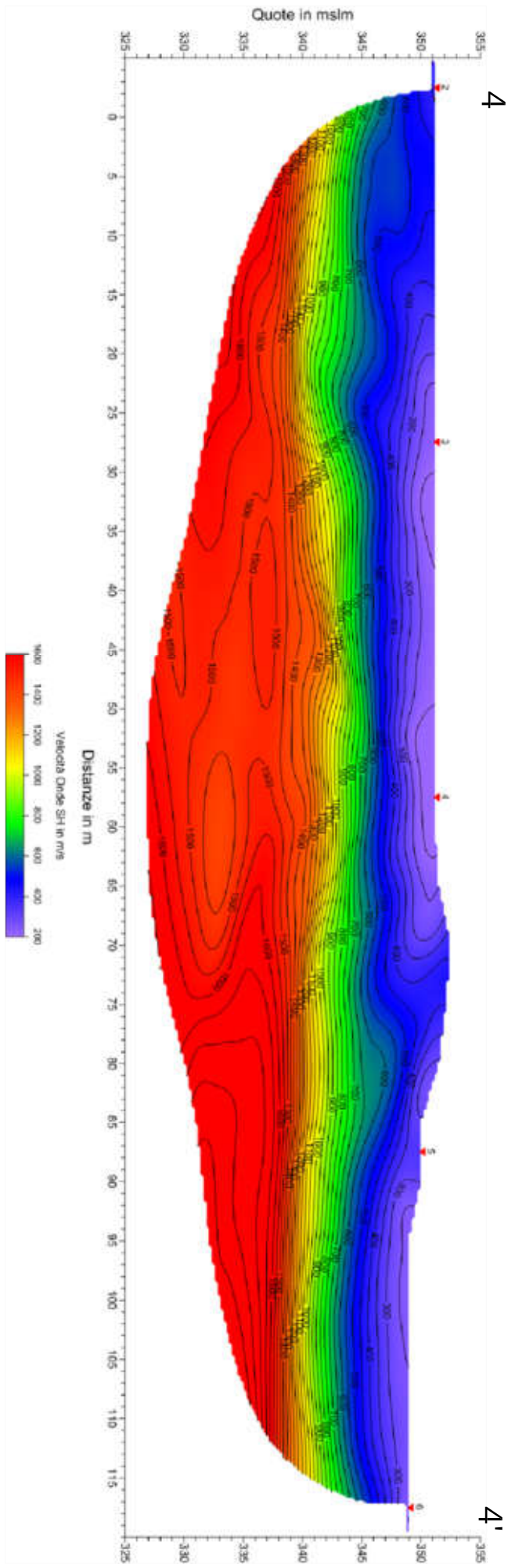
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 09 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - ort_ST4



Sezione tomografica - Onde SH - ort_ST4



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ort_ST4

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST4 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	3.85
2	5	3.64
3	10	3.85
4	15	3.20
5	20	3.82
6	25	4.43
7	30	4.59
8	35	4.98
9	40	5.73
10	45	5.97
11	50	5.78
12	55	5.88
13	60	5.82
14	65	5.73
15	70	7.27
16	75	7.12
17	80	6.62
18	85	6.21
19	90	5.67
20	95	5.01
21	100	5.51
22	105	5.90
23	110	5.67
24	115	5.34

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST4 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	4.32
2	5	4.22
3	10	5.09
4	15	5.60
5	20	6.24
6	25	6.92
7	30	6.88
8	35	6.91
9	40	6.32
10	45	7.11
11	50	6.52
12	55	6.59
13	60	6.86
14	65	6.04
15	70	6.85
16	75	6.43
17	80	6.18
18	85	5.91
19	90	6.14
20	95	5.91
21	100	6.08
22	105	6.13
23	110	6.01
24	115	5.76

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST4 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	468	3001
2	5	468	3001
3	10	468	3001
4	15	468	3001
5	20	468	3003
6	25	468	3008
7	30	468	3026
8	35	468	3077
9	40	466	3185
10	45	463	3329
11	50	470	3451
12	55	471	3460
13	60	475	3364
14	65	493	3213
15	70	520	3135
16	75	528	3179
17	80	538	3360
18	85	549	3594
19	90	544	3755
20	95	545	3782
21	100	554	3685
22	105	564	3585
23	110	568	3522
24	115	578	3511

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST4 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	365	1438
2	5	363	1439
3	10	355	1441
4	15	342	1441
5	20	326	1444
6	25	322	1452
7	30	314	1472
8	35	313	1507
9	40	320	1556
10	45	332	1608
11	50	338	1643
12	55	347	1633
13	60	351	1586
14	65	356	1525
15	70	359	1494
16	75	361	1507
17	80	364	1568
18	85	367	1649
19	90	371	1713
20	95	374	1733
21	100	380	1706
22	105	386	1672
23	110	390	1649
24	115	392	1644



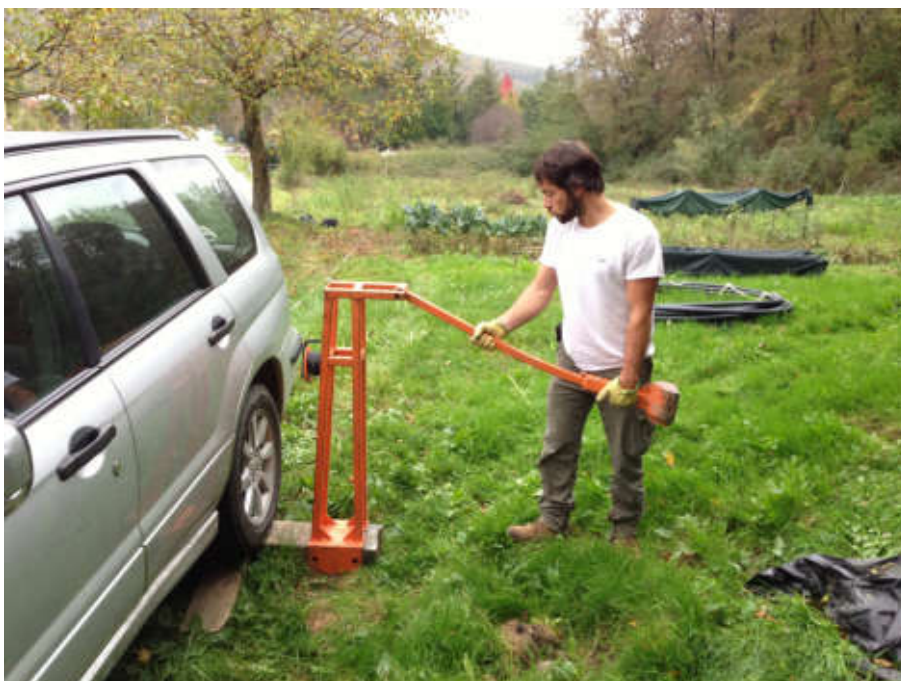
Vista generale ort_ST4 da G1 verso G24.



Vista generale ort_ST4 da G12 verso G24.



Vista generale ort_ST4 da G18 verso G24.



Shot point B – Onde SH – ort_ST4.



Shot point D – Onde SH – ort_ST4.



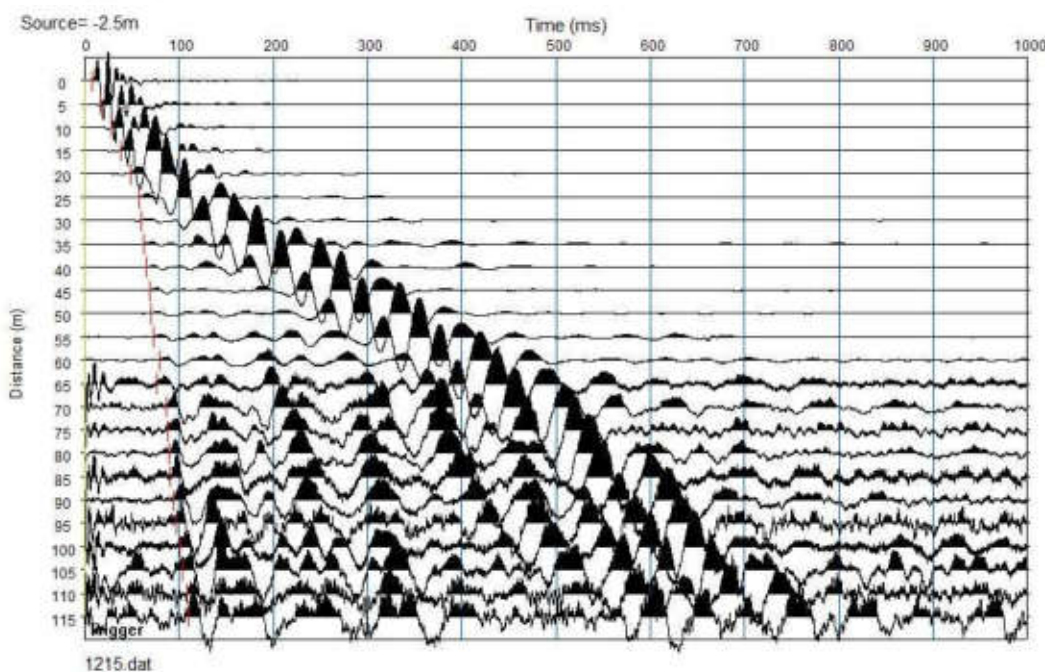
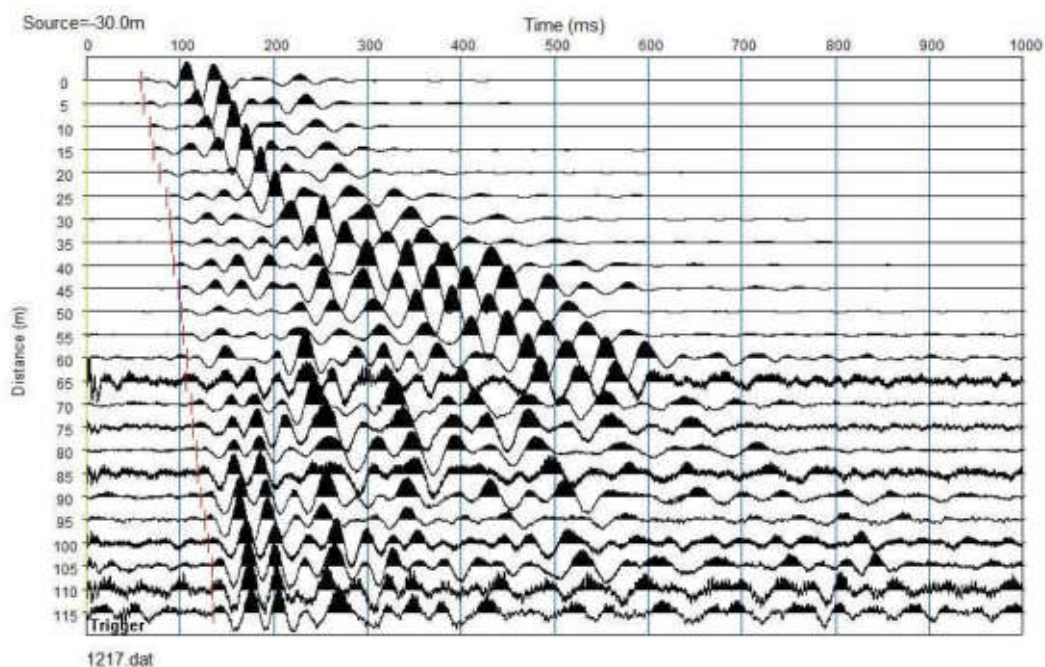
Shot point D – Onde P – ort_ST4.

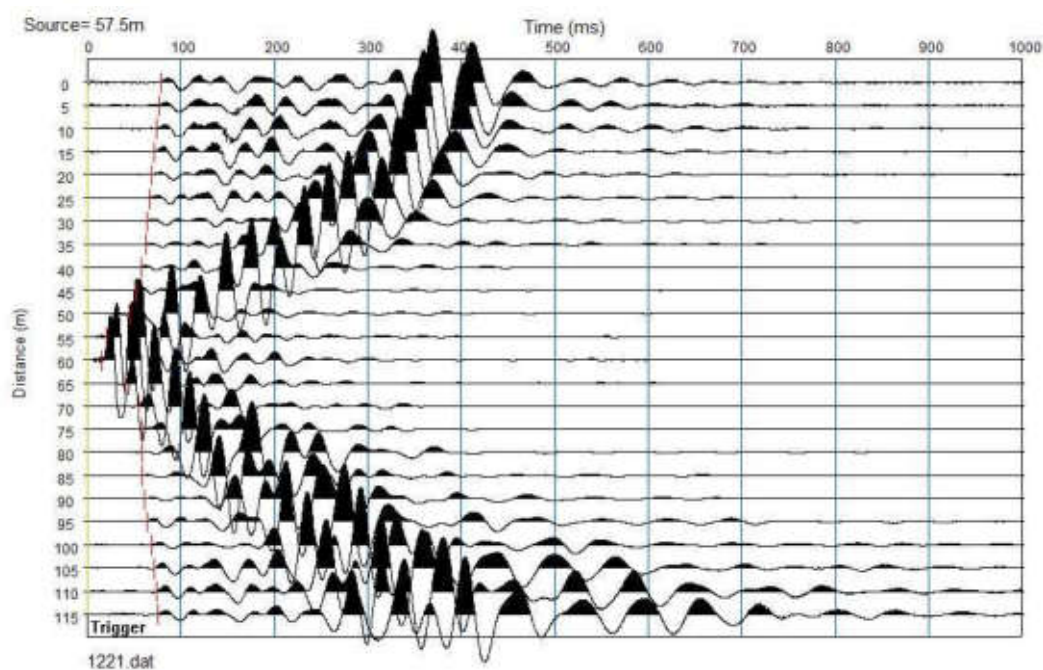
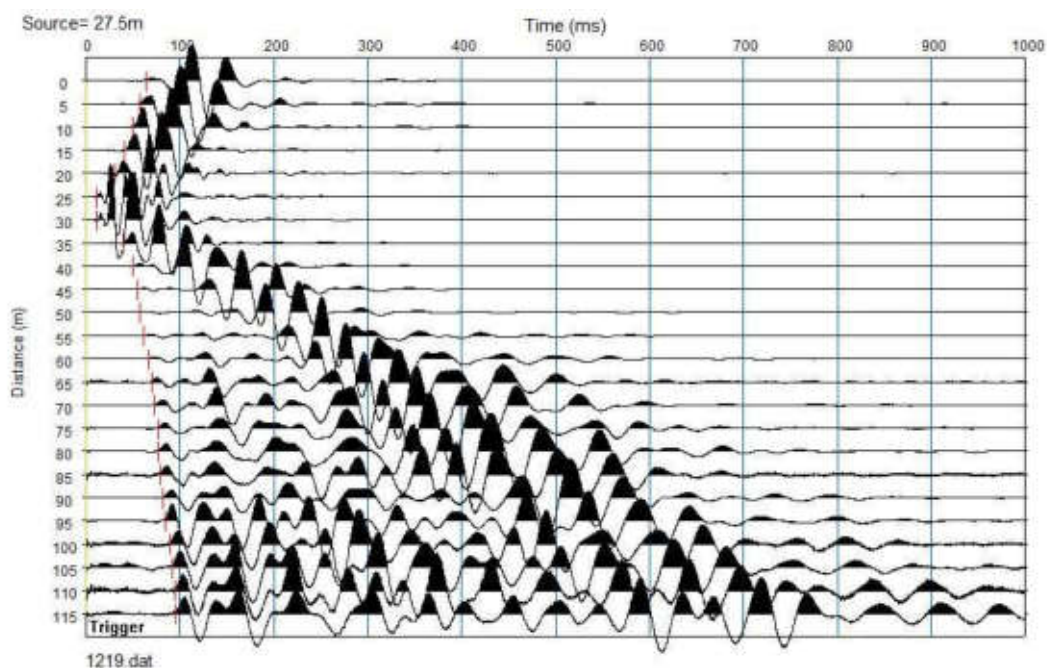
REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA – ort_ST4

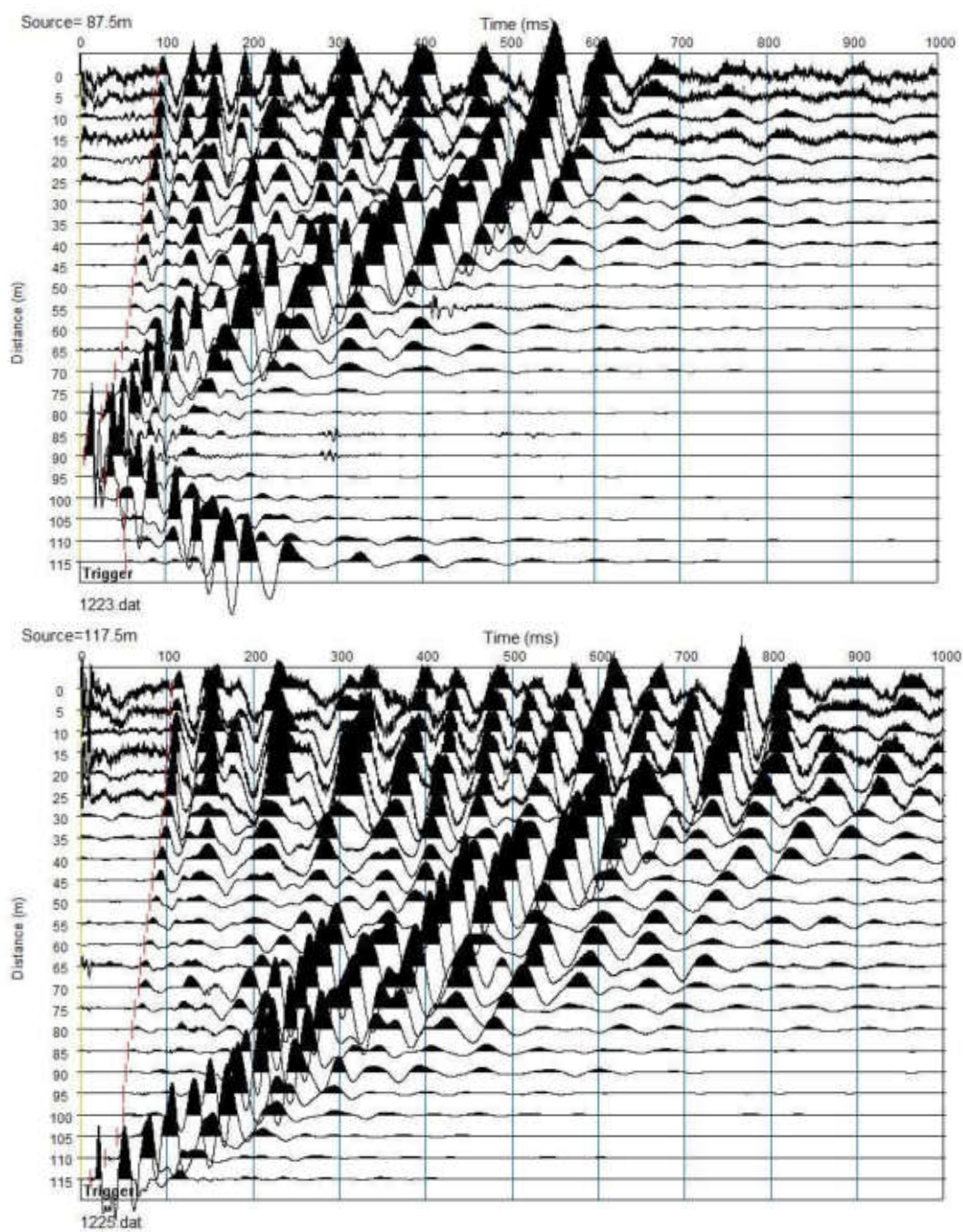
file 1215 - 1227 Onde SH

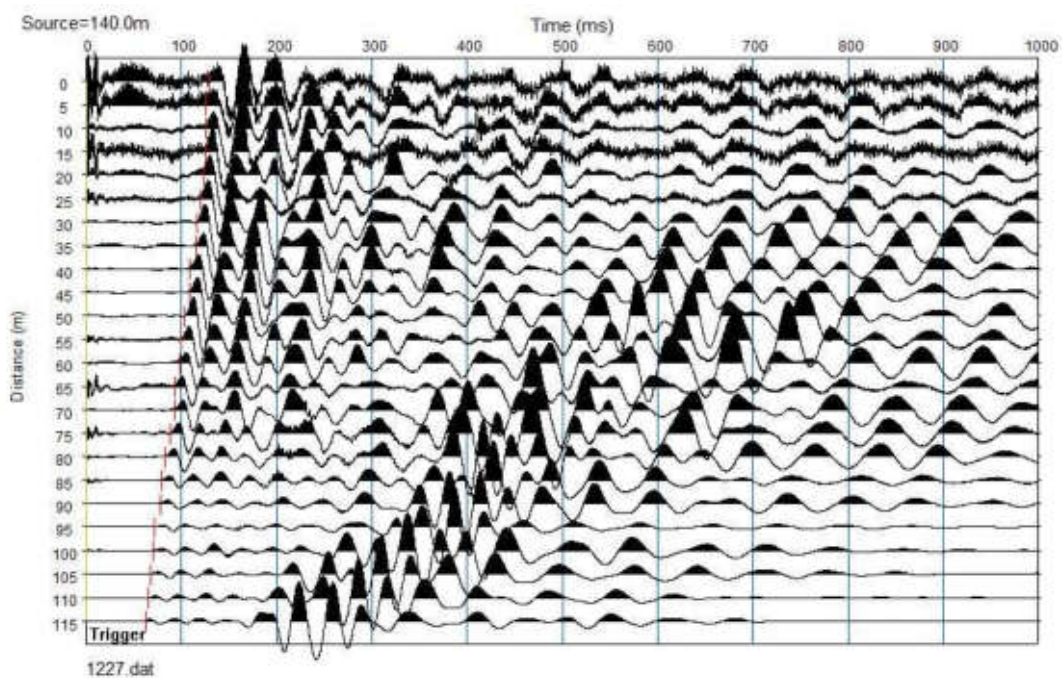
file 1228 - 1234 Onde P

ONDE SH Σ

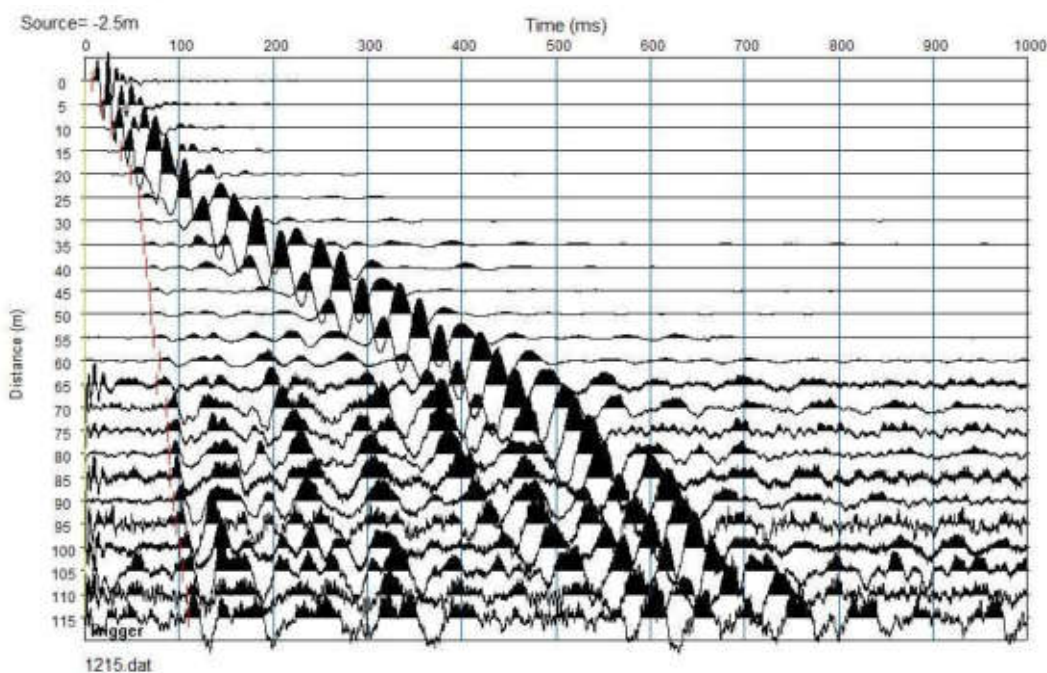
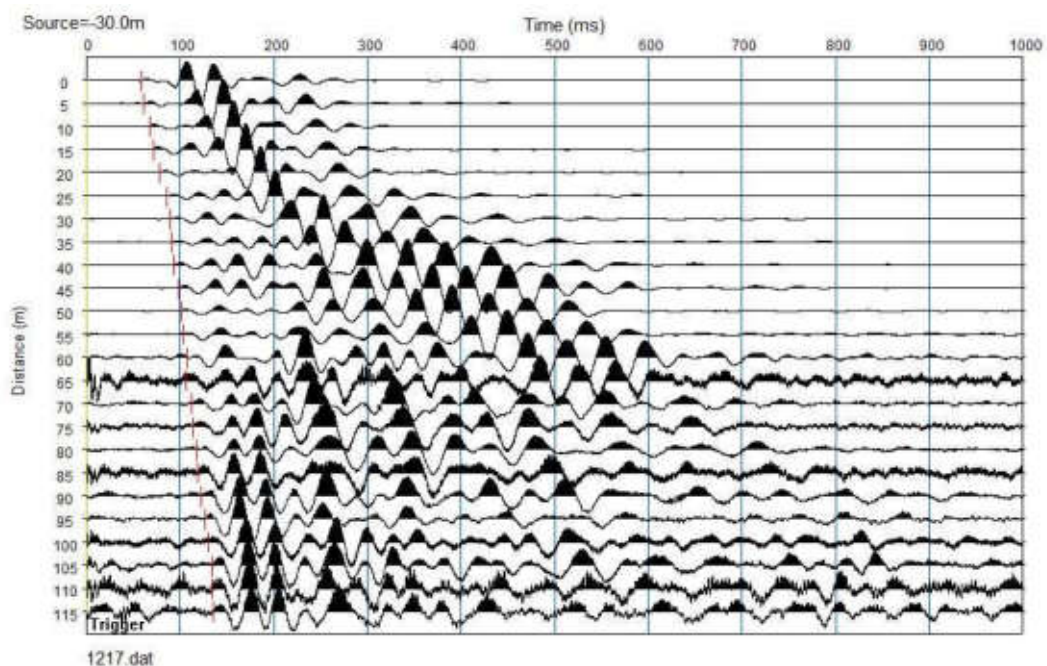


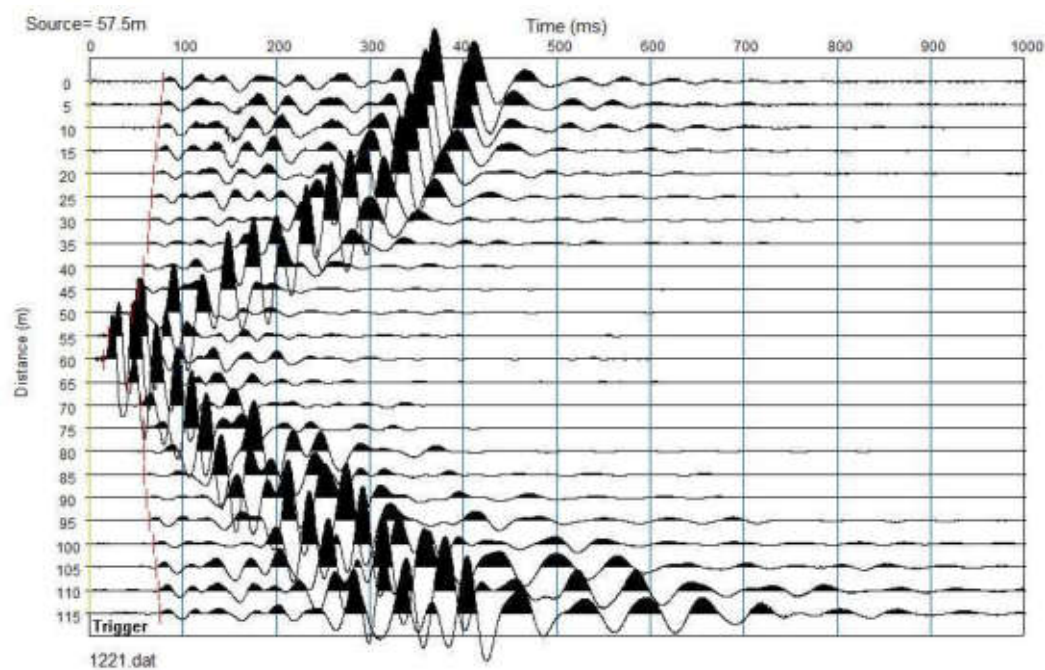
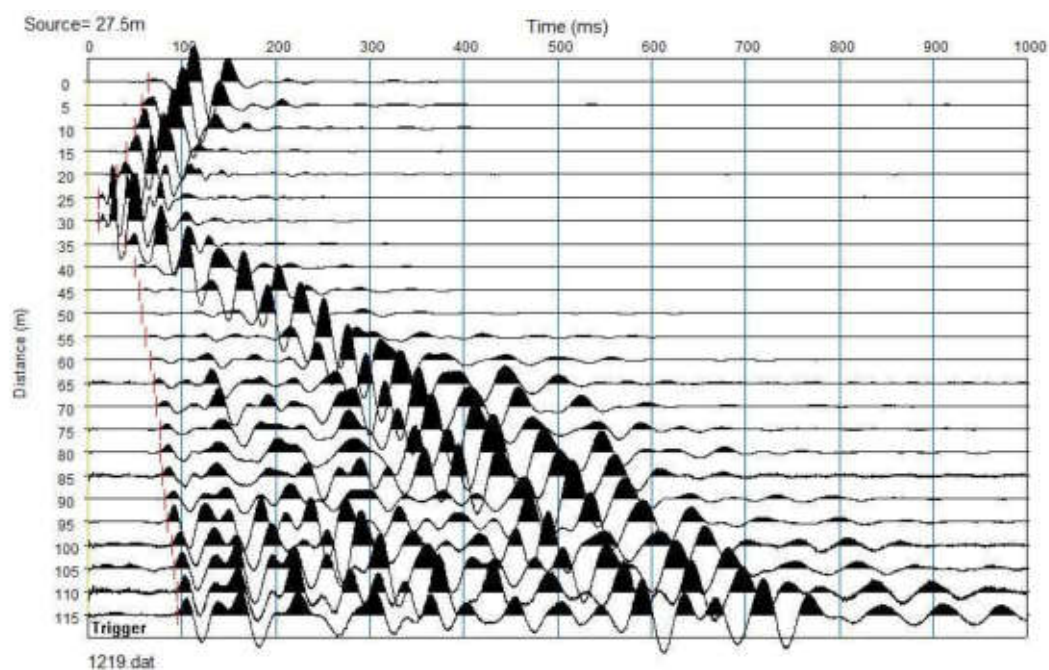


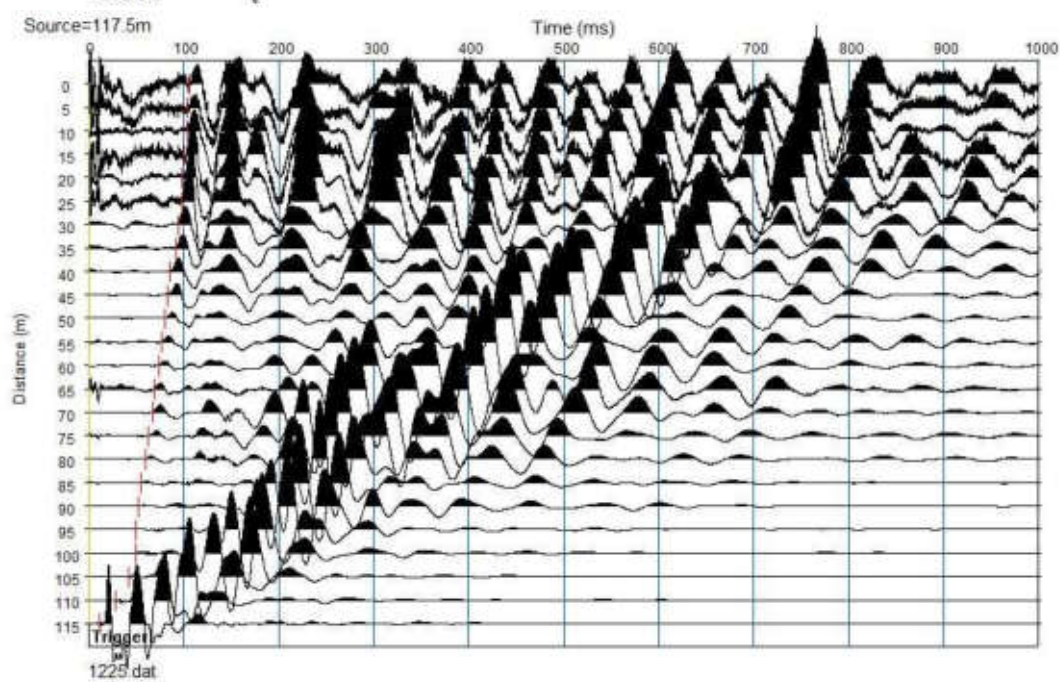
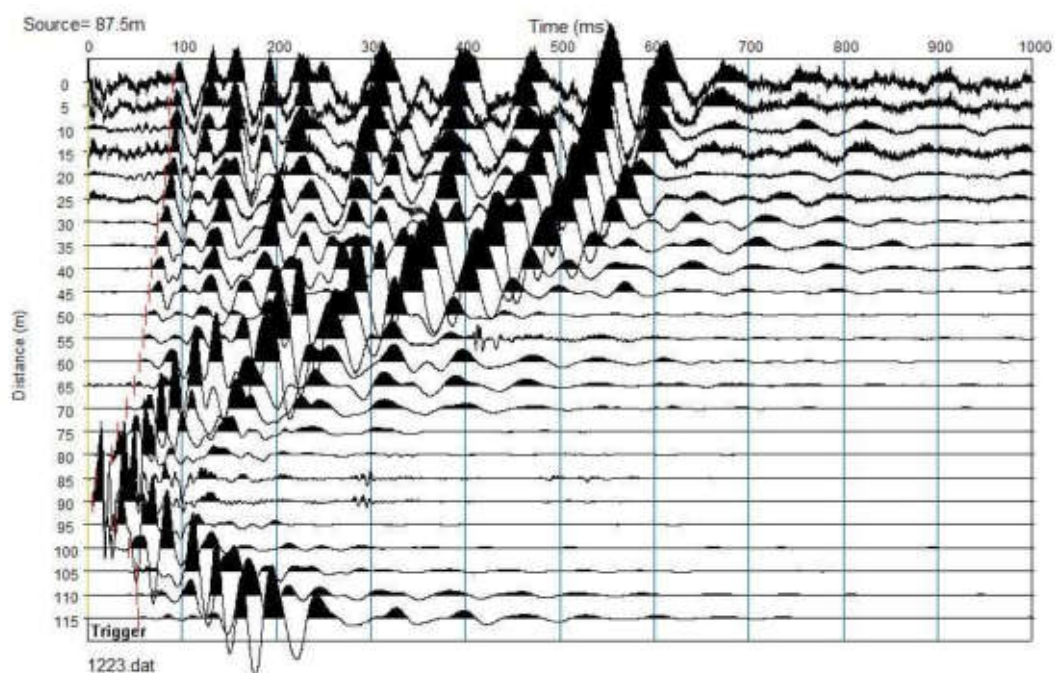


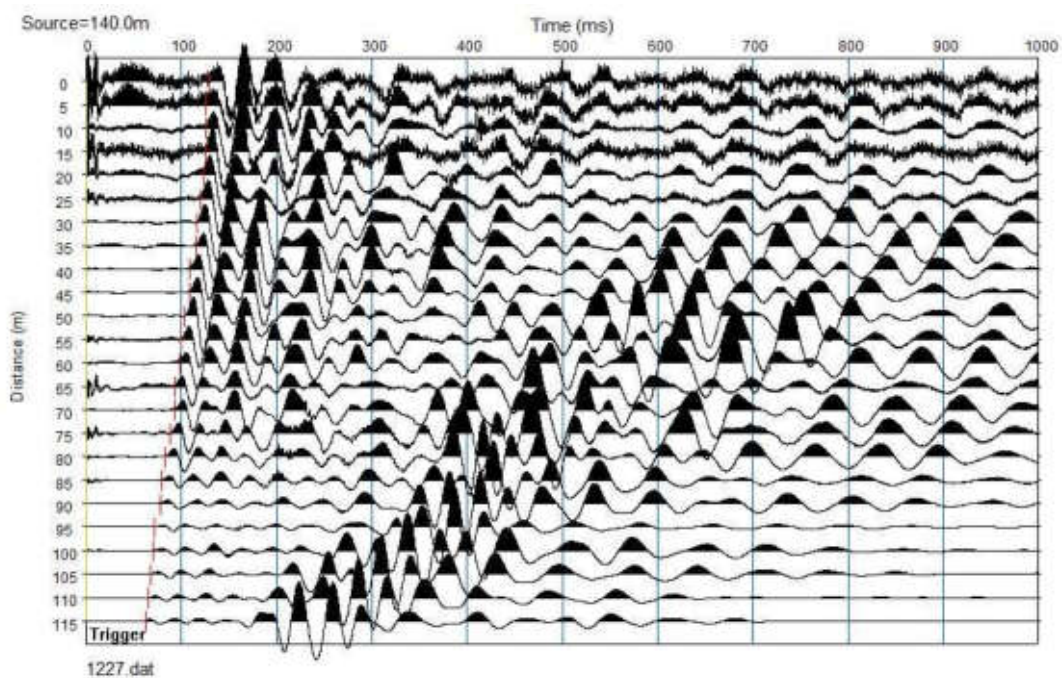


ONDE P









COMUNE DI ORTIGNANO

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 ORT_ST5”

COMMITTENTE:

COMUNE DI ORTIGNANO

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 & Sestini 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

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST5	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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 ORTIGNANO (AR)**, nei pressi dell'abitato di **ORTIGNANO (Fig. 1)**.



Figura 1: Particolare della sezione ort_ST5.

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

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 ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST5	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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 **ort_ST5** 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 **ort_ST5** 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

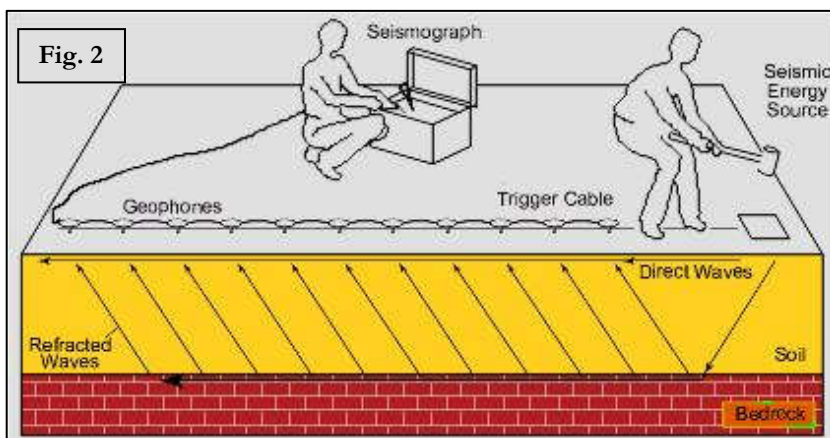
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo 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 5 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



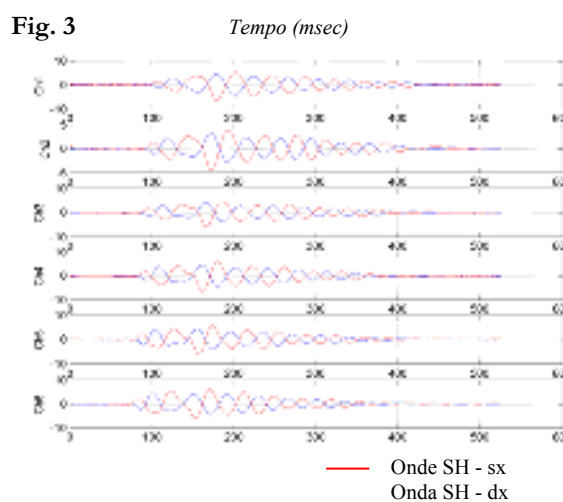
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

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.

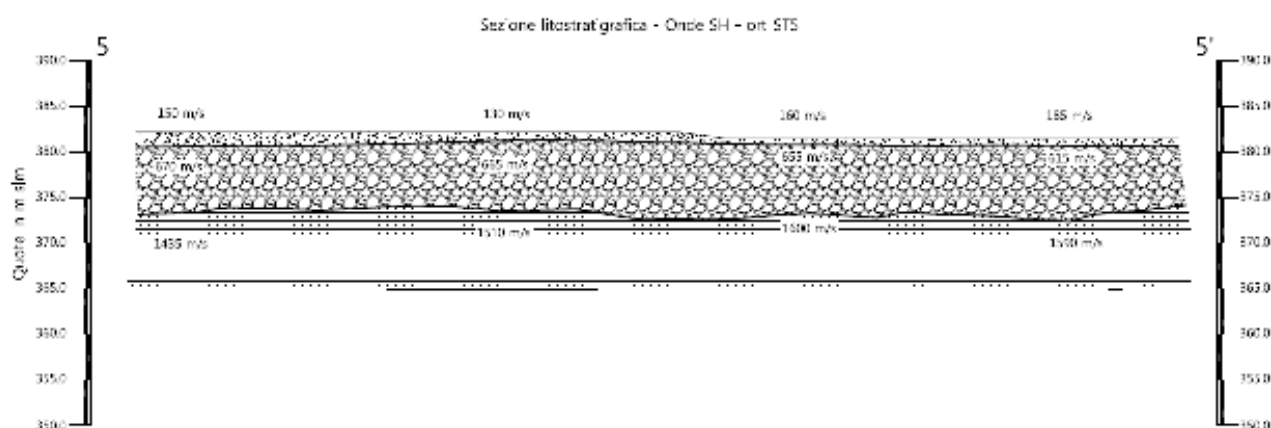
Le sezioni litostratigrafiche interpretate assieme alle sezioni tomografiche, rappresentano il risultato conclusivo dell'analisi dei dati sintetizzati nelle tavole e tabelle allegate.

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 due superfici rifrangenti: la prima si localizza a profondità comprese tra 0.60 m e 1.80 m (onde P ed onde SH); la seconda, relativa al substrato, si colloca a profondità comprese tra 6.15 m e 8.55 (onde P ed onde SH). I valori medi di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.20 m e ca. 8.10 m.

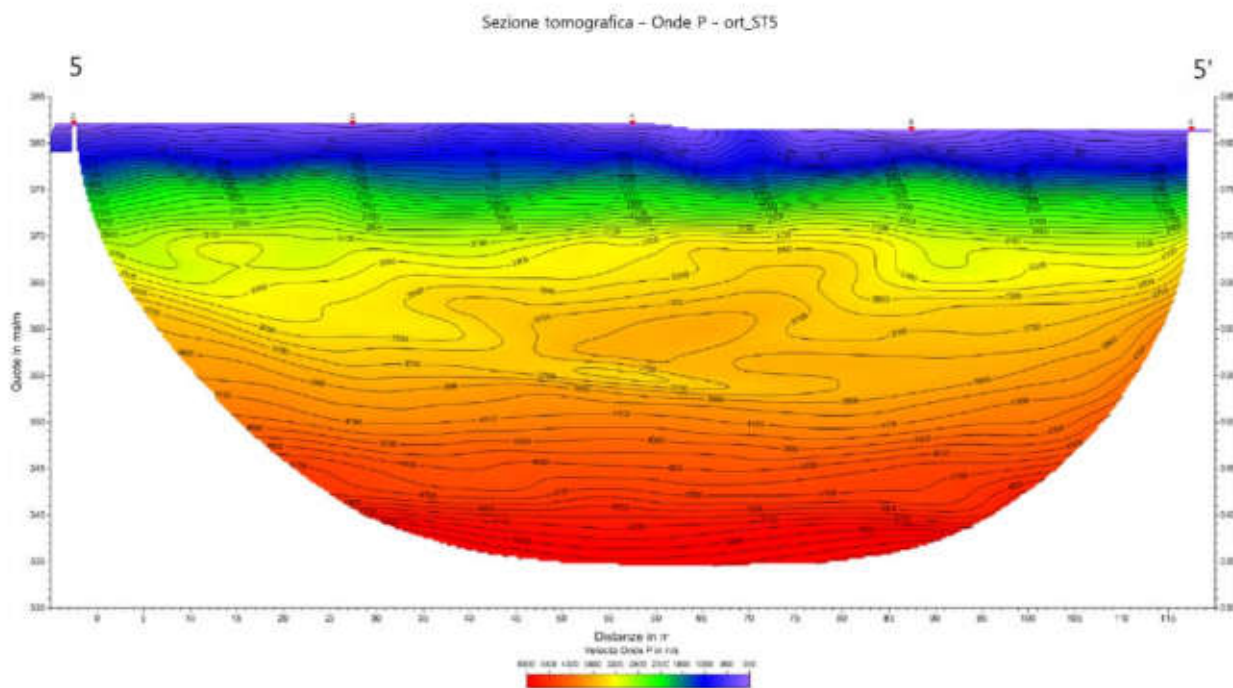
Nella zona d'intervento il rifrattore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale, caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 370 e 450 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 150 e 185 m/s, con il livello intermedio costituito da depositi alluvionali recenti (bIII) che presenta velocità comprese tra 1.140 e 1.175 m/s (onde P) e tra 615 e 670 m/s (onde SH); la seconda superficie identifica il passaggio tra il livello intermedio ed il substrato roccioso, costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro dei Montalto (FAL3), che presenta velocità comprese tra 3.265-3.370 m/s (onde P) e tra 1.435-1.590 m/s (onde SH).

La **Sezione ST5**, effettuata in direzione ESE-ONO, in località Ortignano, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento dei due rifrattori individuati. Il rifrattore più superficiale si presenta irregolare attestandosi a profondità maggiori nel tratto iniziale (prossime a 1.10-1.65 m) ed inferiori nei tratti centrale/finale, comprese tra 0.60 e 0.80 m. Il rifrattore principale tende ad approfondire nella porzione centrale dello stendimento arrivando a profondità di 9.50 m (onde SH). Il rifrattore ottenuto dall'elaborazione delle onde P evidenzia un andamento confrontabile con quello ottenuto dalle onde SH.

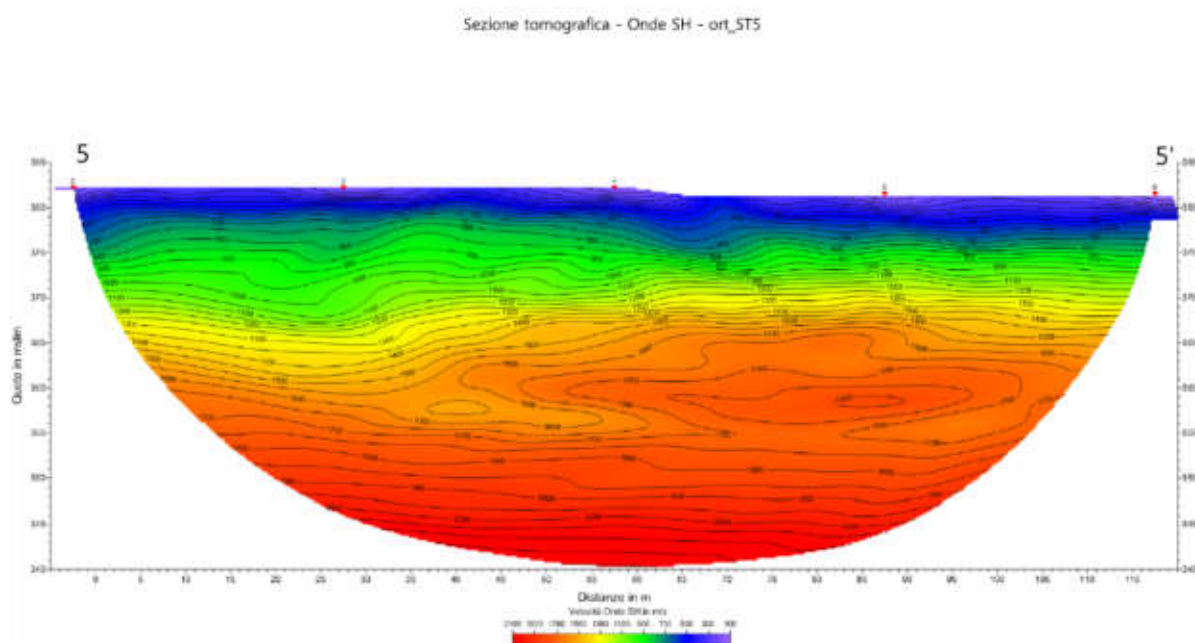


Le velocità del substrato roccioso mostrano per le onde P, valori compresi tra 3.265 e 3.370 m/s, con valori crescenti lungo lo stendimento. Le velocità delle onde SH mostrano il medesimo andamento con velocità che passano da 1.435 a 1.590 m/s.

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 centrale, il passaggio al substrato roccioso risulta evidenziato dal raffittimento delle curve di isovelocità (a partire da quella dei 900-1.100 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 ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST5	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (AR)
		Pag. 10 di 12

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

5.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **ORTIGNANO (AR)**. L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante sismica a rifrazione, ha permesso di identificare in profondità il passaggio tra i materiali più superficiali (terreno vegetale), il livello intermedio caratterizzato da depositi alluvionali recenti (bIII) 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 due superfici rifrangenti: la prima si localizza a profondità comprese tra 0.60 m e 1.80 m (onde P ed onde SH); la seconda, relativa al substrato, si colloca a profondità comprese tra 6.15 m e 8.55 (onde P ed onde SH). I valori medi di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.20 m e ca. 8.10 m;
- nella zona d'intervento il rifrattore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale, caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 370 e 450 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 150 e 185 m/s, con il livello intermedio costituito da depositi alluvionali recenti (bIII) che presenta velocità comprese tra 1.140 e 1.175 m/s (onde P) e tra 615 e 670 m/s (onde SH); la seconda superficie identifica il passaggio tra il livello intermedio ed il substrato roccioso, costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro dei Montalto (FAL3), che presenta velocità comprese tra 3.265-3.370 m/s (onde P) e tra 1.435-1.590 m/s (onde SH).

Firenze, li 20/11/2014

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO</i> <i>LINEA SISMICA ORT_ST5</i>	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (AR)
		Pag. 11 di 12

ALLEGATI

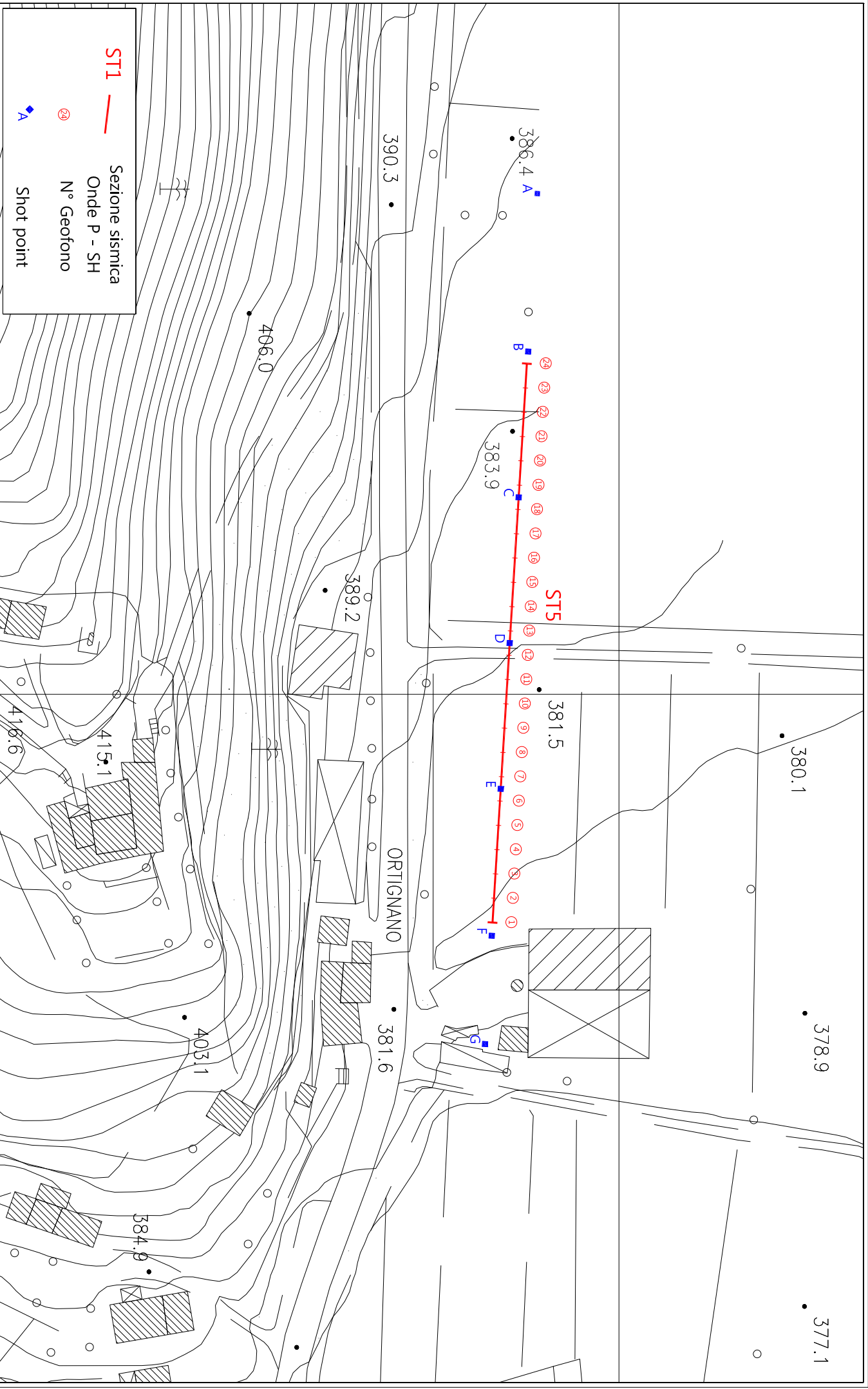
TRIGEO SNC

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 - ort_ST5



SCHEMA DELLA LINEA – ort_ST5	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA ort_ST5

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	382.20
2	5	5.0	382.20
3	10	5.0	382.20
4	15	5.0	382.20
5	20	5.0	382.20
6	25	5.0	382.20
7	30	5.0	382.20
8	35	5.0	382.20
9	40	5.0	382.20
10	45	5.0	382.20
11	50	5.0	382.20
12	55	5.0	382.20
13	60	5.0	382.20
14	65	5.0	381.50
15	70	5.0	381.50
16	75	5.0	381.50
17	80	5.0	381.50
18	85	5.0	381.50
19	90	5.0	381.50
20	95	5.0	381.50
21	100	5.0	381.50
22	105	5.0	381.50
23	110	5.0	381.50
24	115	5.0	381.50

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	4840198,41	4840191,34
Y(m)	1721563,97	1721678,75

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

ONDE P	Σ ONDE SH	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.1256	DAT.1243	A - ESTERNO SX	-35.0	385.60
DAT.1255	DAT.1235	B - ESTREMO SX	-2.5	382.20
DAT.1254	DAT.1238	C - INTERMEDIO SX	27.5	382.20
DAT.1253	DAT.1240	D - CENTRALE	57.5	382.20
DAT.1252	DAT.1245	E - INTERMEDIO DX	87.5	381.50
DAT.1251	DAT.1247	F - ESTREMO DX	117.5	381.50
DAT.1250	DAT.1249	G - ESTREMO DX	140.0	381.50

TEMPI ONDE P E ONDE SH – ort_ST5	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

TEMPI ONDE P – ort_ST5

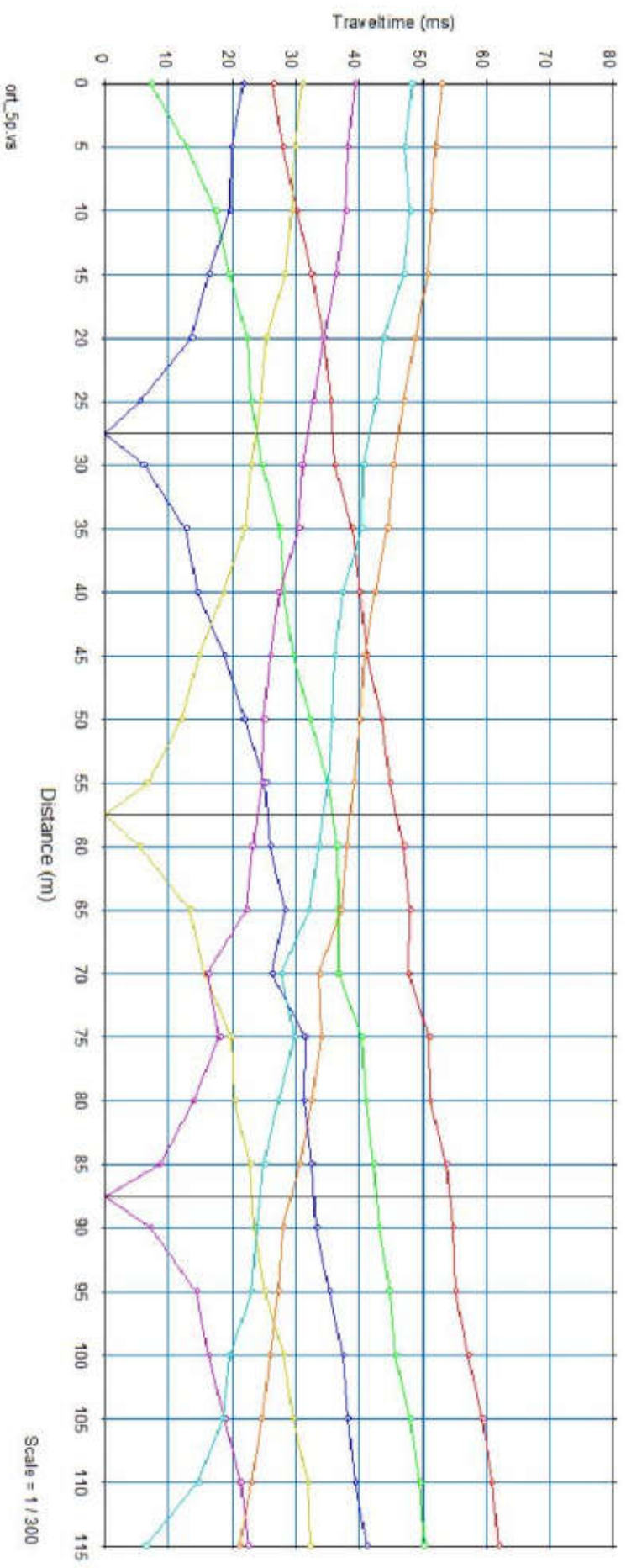
GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	26.48	7.25	21.75	31.13	39.34	48.35	53.00
2	5	27.98	12.86	19.88	29.88	38.16	47.25	52.13
3	10	30.23	17.37	19.62	29.38	37.88	48.02	51.46
4	15	32.50	19.50	16.38	28.25	36.34	47.00	50.75
5	20	34.41	22.30	13.61	25.38	34.38	43.84	48.75
6	25	35.48	23.00	5.50	24.50	32.75	42.63	47.00
7	30	36.13	24.75	6.00	23.05	31.00	40.63	45.38
8	35	38.88	27.50	12.75	21.87	30.50	40.38	44.50
9	40	40.09	28.13	14.50	18.55	27.38	37.38	42.50
10	45	41.25	29.63	18.75	14.75	26.00	36.13	40.75
11	50	43.52	32.25	21.88	12.00	25.00	35.75	40.13
12	55	44.88	35.13	25.25	6.63	24.75	35.13	39.13
13	60	47.00	36.50	26.00	5.50	23.13	33.63	38.00
14	65	48.02	36.66	28.38	13.38	22.25	32.16	37.09
15	70	47.80	36.66	26.25	15.54	16.13	27.63	33.66
16	75	51.03	40.41	31.41	19.75	18.00	29.75	33.98
17	80	51.13	41.00	31.25	20.38	13.94	27.23	32.48
18	85	53.71	42.34	32.48	22.88	8.68	24.98	30.66
19	90	54.75	43.13	33.25	23.50	7.18	23.80	28.00
20	95	55.21	44.75	35.25	25.13	14.36	23.05	27.23
21	100	57.14	45.77	37.41	28.13	16.25	19.50	25.88
22	105	59.39	48.02	38.16	29.63	18.88	18.50	24.63
23	110	60.89	49.53	39.34	31.88	21.25	14.63	23.00
24	115	61.96	50.28	41.16	32.25	22.50	6.38	21.13

TEMPI ONDE P E ONDE SH – ort_ST5	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

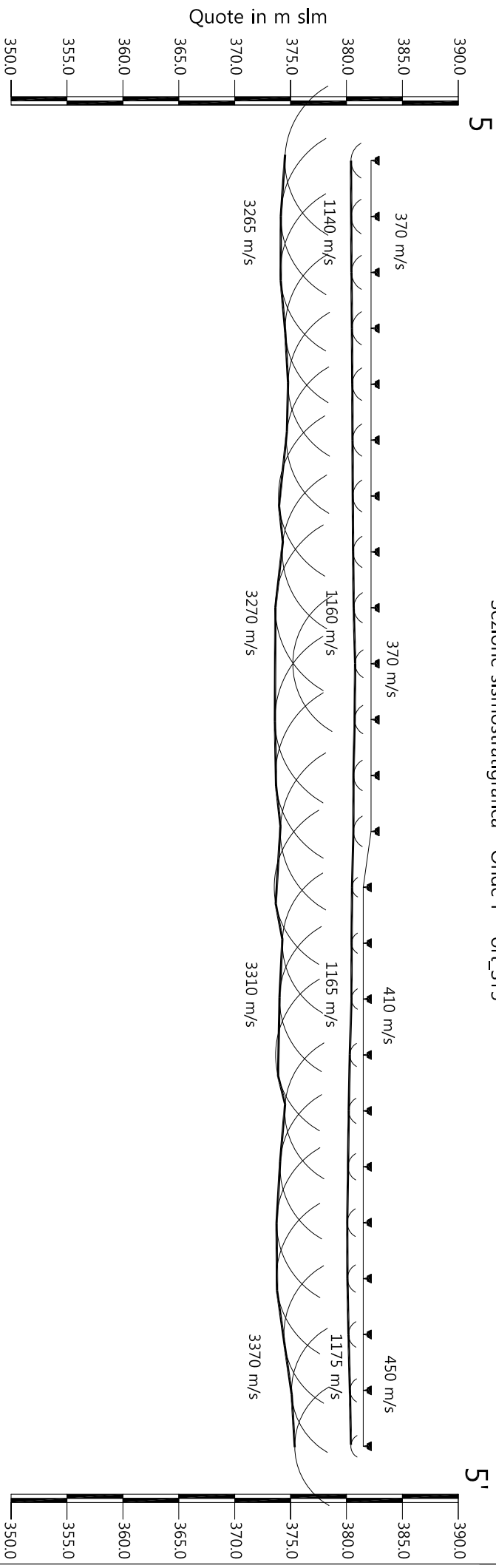
TEMPI ONDE SH – ort_ST5

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	54.51	14.47	48.13	74.63	92.25	110.50	119.50
2	5	59.58	22.91	41.13	73.38	91.00	110.47	117.46
3	10	63.68	32.32	37.39	69.13	88.75	108.78	115.25
4	15	70.67	38.35	29.67	67.00	83.88	104.68	115.00
5	20	71.13	45.10	21.23	61.26	78.50	101.30	108.78
6	25	75.00	53.55	11.82	54.63	75.38	96.96	104.13
7	30	78.15	59.58	13.51	49.20	71.39	90.93	99.75
8	35	83.50	63.68	23.88	44.14	69.00	89.24	98.25
9	40	85.50	65.61	27.98	35.70	64.63	83.45	92.88
10	45	87.88	73.08	34.01	31.36	62.38	80.38	91.63
11	50	91.63	78.15	42.45	25.25	58.61	80.80	90.21
12	55	96.24	77.42	48.88	14.13	57.89	76.63	88.63
13	60	99.00	83.45	58.61	16.16	55.50	76.13	85.87
14	65	102.03	84.18	62.50	24.75	46.75	72.38	78.15
15	70	98.65	82.49	60.50	29.67	37.13	63.50	75.13
16	75	104.68	90.21	67.00	42.45	34.97	64.50	75.74
17	80	106.37	91.90	66.75	45.83	24.60	61.26	71.63
18	85	110.47	96.24	73.50	52.75	15.20	60.30	67.29
19	90	113.12	100.34	73.75	55.13	16.88	55.23	65.88
20	95	116.50	101.30	78.13	58.50	28.94	49.88	63.75
21	100	119.15	103.71	82.49	62.88	37.13	43.42	59.88
22	105	123.25	105.40	83.50	67.25	43.25	38.35	55.50
23	110	130.25	110.47	88.63	70.00	48.38	29.00	51.86
24	115	133.62	114.09	91.13	74.50	52.00	20.50	48.88

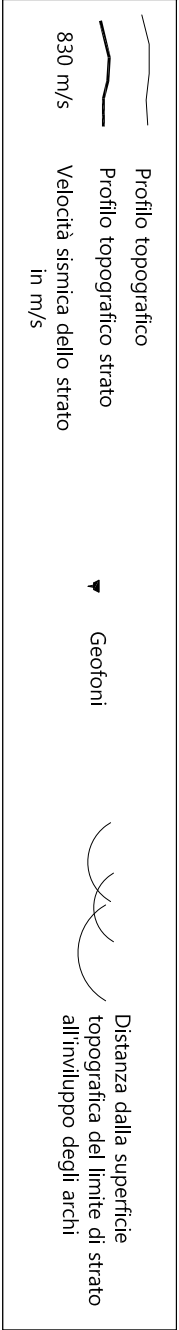
Dromocrone



Sezione sismostratigrafica - Onde P - ort_ST5



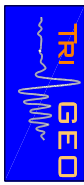
Numero geofono	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanze (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
Quote in m slm	382.20	382.20	382.20	382.20	382.20	382.20	382.20	382.20	382.20	382.20	382.20	382.20	382.20	381.50	381.50	381.50	381.50	381.50	381.50	381.50	381.50	381.50	381.50	381.50
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	1.80	1.78	1.75	1.71	1.68	1.66	1.64	1.61	1.55	1.43	1.47	1.57	1.58	1.00	1.04	1.05	1.20	1.30	1.36	1.43	1.41	1.32	1.19	1.11
Profondità da p.c. Livello 2 (m)	7.71	8.07	8.12	7.68	7.43	7.57	8.28	7.94	8.56	7.00	8.60	8.55	8.12	7.96	7.24	7.49	7.84	7.02	7.45	7.75	7.78	7.10	6.41	6.13



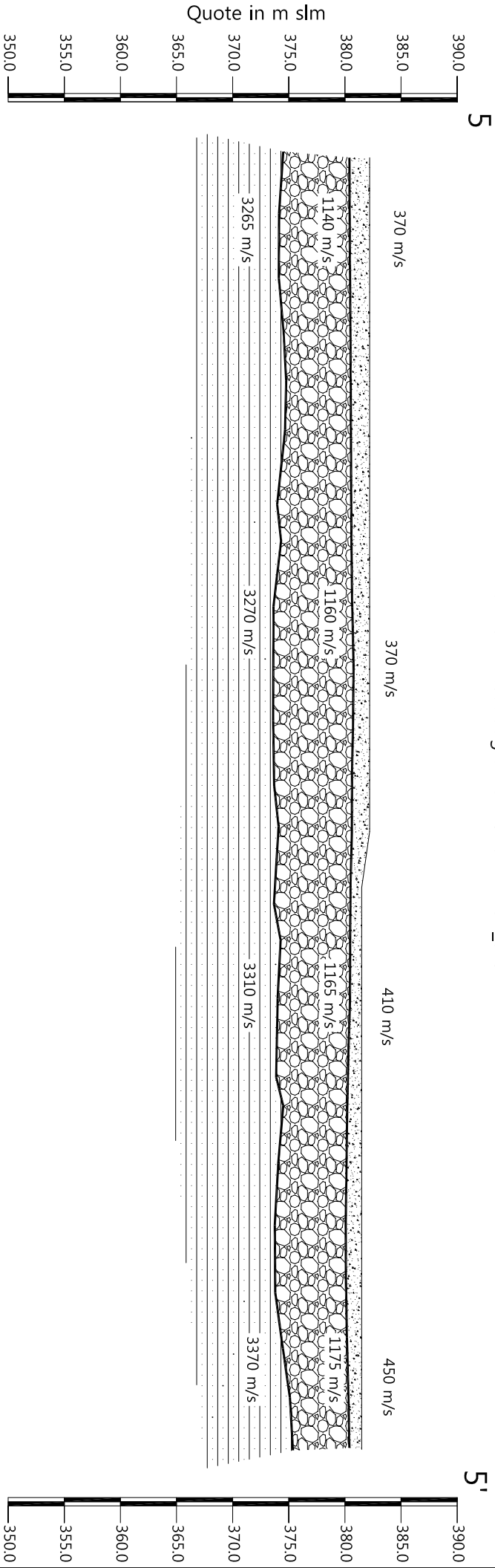
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ort_ST5



Sezione litostratigrafica - Onde P - ort_ST5



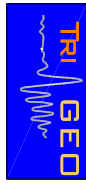
Legenda

- Terreno vegetale
- Depositi alluvionali recenti (bIII)
- Arenarie del Monte Falterona
membro di Montalto (FAL3)

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

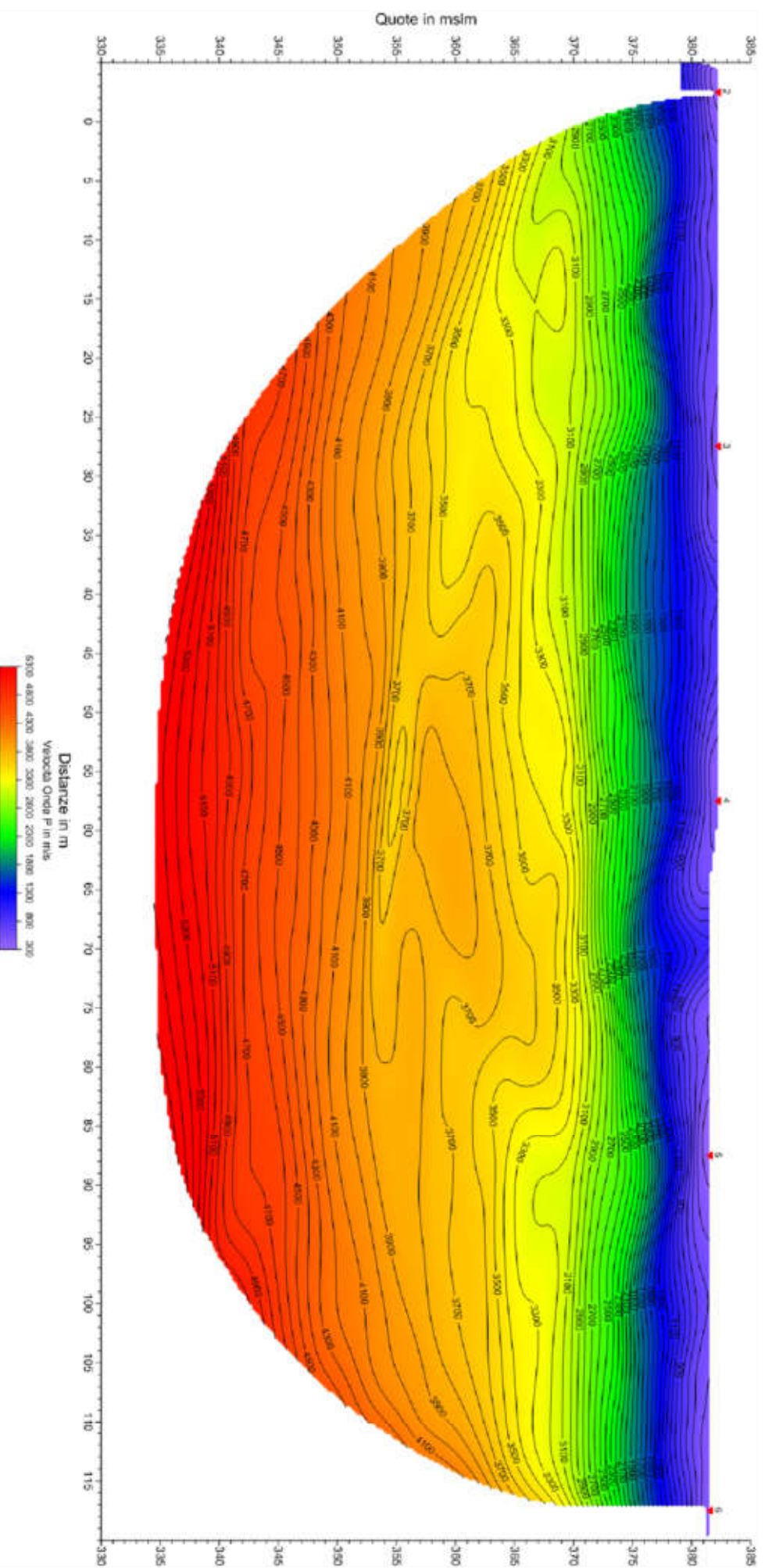
Novembre 2014

Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - ort_ST5



Sezione tomografica - Onde P - ort_ST5

5

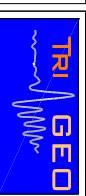


5'

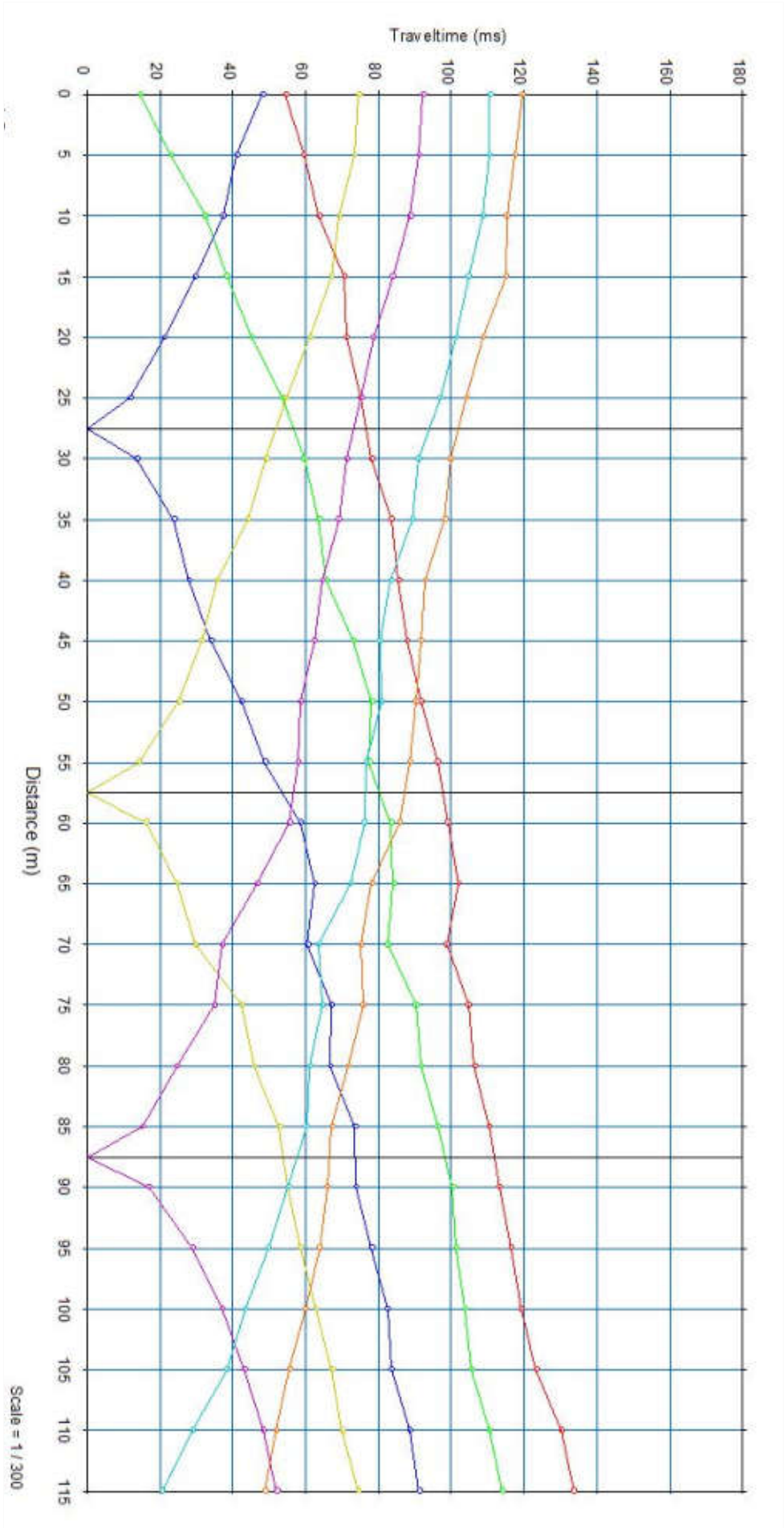
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 06 - Sezione tomografica - Onde P - ort_ST5



Dromocrone



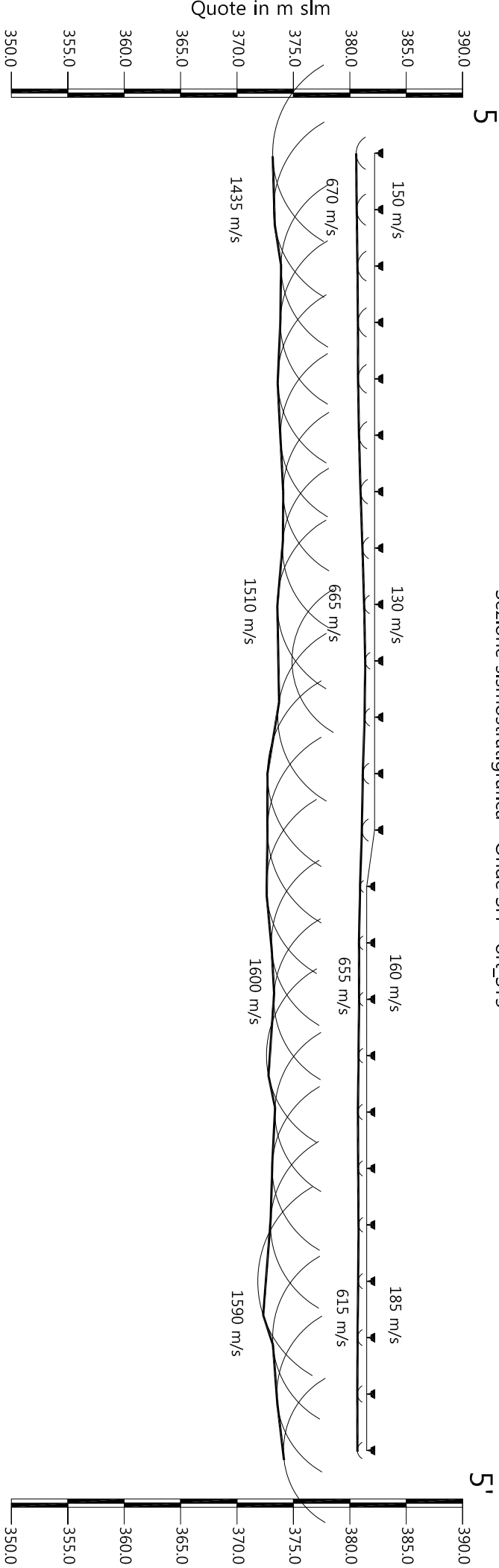
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

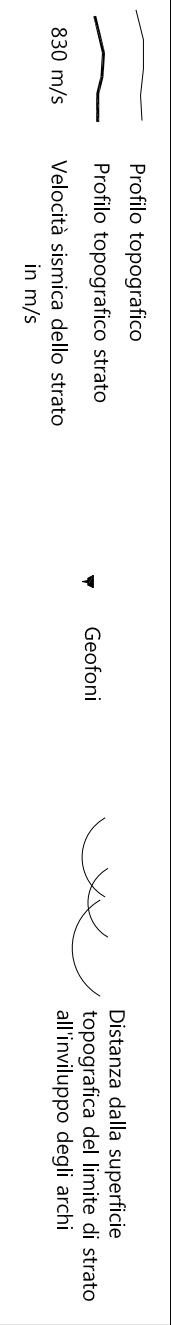
Tavola 07 - Dromocrone - Onde SH - ort_STS



Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ort_ST5



Numero geofono	Distanze (m)	Quote in m slm	Profondità da p.c. Livello 1 (m)	Profondità da p.c. Livello 2 (m)
1	0	382.20	1.64	9.04
2	5	382.20	1.59	8.96
3	10	382.20	1.52	8.30
4	15	382.20	1.48	8.36
5	20	382.20	1.47	8.60
6	25	382.20	1.39	8.35
7	30	382.20	1.25	8.11
8	35	382.20	1.08	8.16
9	40	382.20	0.93	8.63
10	45	382.20	0.84	7.33
11	50	382.20	0.89	8.58
12	55	382.20	1.05	9.50
13	60	382.20	1.13	9.50
14	65	381.50	0.59	8.91
15	70	381.50	0.69	8.45
16	75	381.50	0.68	8.23
17	80	381.50	0.73	8.89
18	85	381.50	0.78	8.14
19	90	381.50	0.76	8.38
20	95	381.50	0.73	8.53
21	100	381.50	0.76	9.66
22	105	381.50	0.81	8.34
23	110	381.50	0.83	7.97
24	115	381.50	0.83	7.38



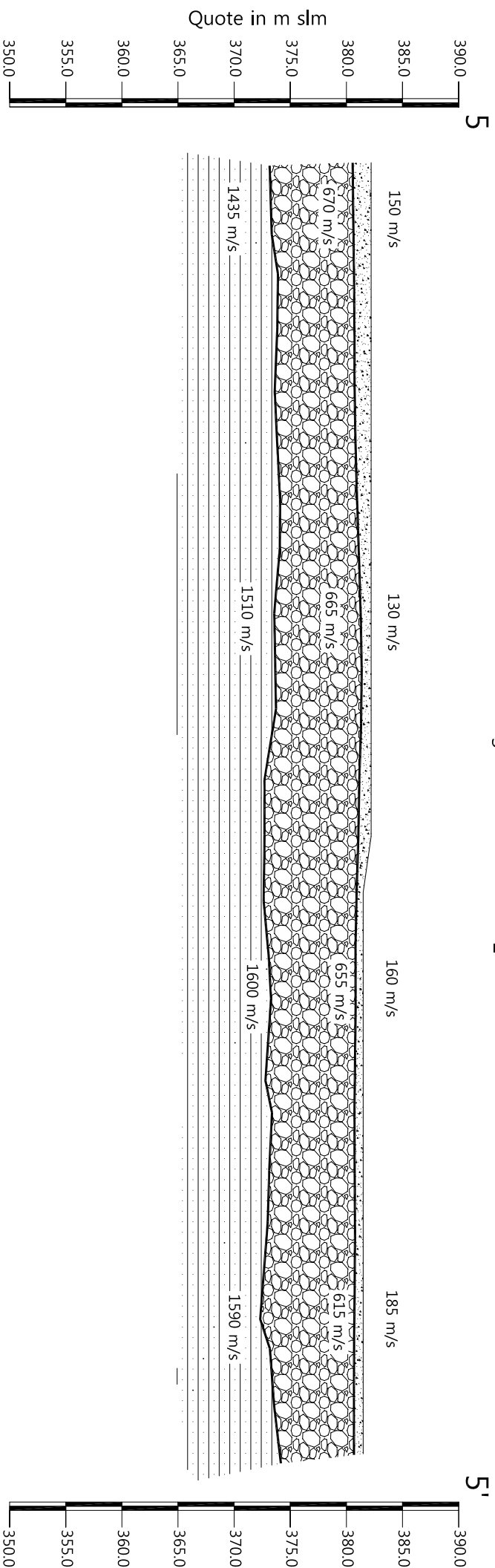
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 08- Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ort_ST5



Sezione litostratigrafica - Onde SH - ort_ST5



Legenda

- Terreno vegetale
- Depositi alluvionali recenti (bIII)
- Arenarie del Monte Falterona
membro di Montalto (FAL3)

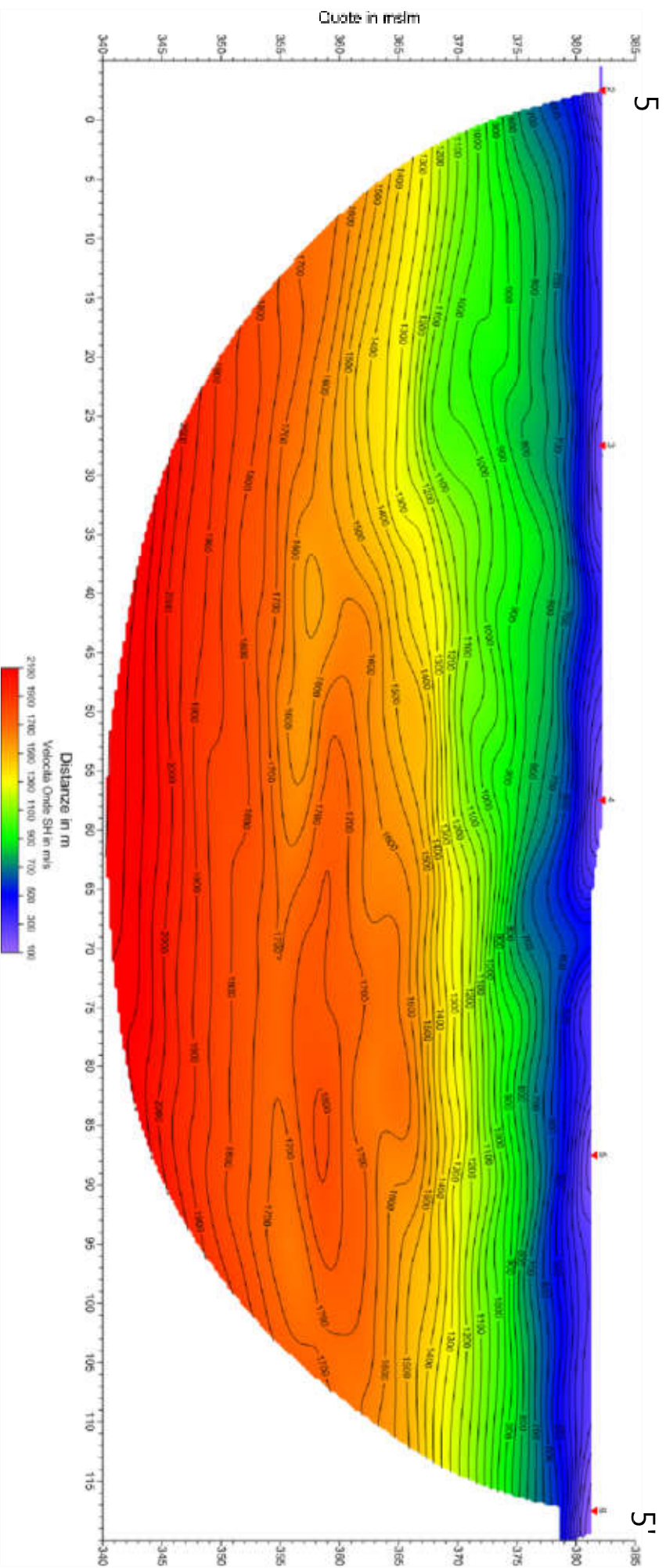
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 09 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - ort_ST5



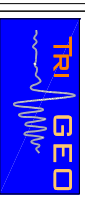
Sezione tomografica - Onde SH - ort_ST5



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ort_ST5



PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST5 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	1.80	7.71
2	5	1.78	8.07
3	10	1.75	8.12
4	15	1.71	7.68
5	20	1.68	7.43
6	25	1.66	7.57
7	30	1.64	8.28
8	35	1.61	7.94
9	40	1.55	8.56
10	45	1.43	7.00
11	50	1.47	8.60
12	55	1.57	8.55
13	60	1.58	8.12
14	65	1.00	7.96
15	70	1.04	7.24
16	75	1.05	7.49
17	80	1.20	7.84
18	85	1.30	7.02
19	90	1.36	7.45
20	95	1.43	7.75
21	100	1.41	7.78
22	105	1.32	7.10
23	110	1.19	6.41
24	115	1.11	6.13

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST5 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	5.76	9.04
2	5	6.01	8.96
3	10	6.13	8.30
4	15	6.08	8.36
5	20	5.91	8.60
6	25	6.14	8.35
7	30	5.91	8.11
8	35	6.18	8.16
9	40	6.43	8.63
10	45	6.85	7.33
11	50	6.04	8.58
12	55	6.86	9.50
13	60	6.59	9.50
14	65	6.52	8.91
15	70	7.11	8.45
16	75	6.32	8.23
17	80	6.91	8.89
18	85	6.88	8.14
19	90	6.92	8.38
20	95	6.24	8.53
21	100	5.60	9.66
22	105	5.09	8.34
23	110	4.22	7.97
24	115	4.32	7.38

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST5 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V ₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V ₂ LIVELLO 2 (m/s)	VELOCITÀ V ₃ LIVELLO 3 (m/s)
1	0	358	1092	3261
2	5	376	1112	3261
3	10	368	1138	3261
4	15	368	1161	3263
5	20	368	1175	3268
6	25	388	1169	3281
7	30	376	1169	3298
8	35	368	1170	3306
9	40	366	1162	3288
10	45	363	1147	3257
11	50	365	1149	3229
12	55	371	1153	3224
13	60	375	1158	3242
14	65	390	1163	3274
15	70	420	1167	3319
16	75	428	1171	3357
17	80	438	1175	3379
18	85	449	1179	3379
19	90	444	1183	3371
20	95	445	1187	3366
21	100	454	1184	3365
22	105	462	1177	3365
23	110	468	1168	3366
24	115	450	1159	3366

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST5 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V ₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V ₂ LIVELLO 2 (m/s)	VELOCITÀ V ₃ LIVELLO 3 (m/s)
1	0	169	663	1429
2	5	167	666	1429
3	10	159	669	1429
4	15	146	672	1430
5	20	130	674	1437
6	25	126	677	1452
7	30	118	677	1472
8	35	117	667	1489
9	40	124	664	1498
10	45	136	664	1509
11	50	142	662	1531
12	55	151	662	1557
13	60	155	663	1581
14	65	160	667	1602
15	70	163	662	1618
16	75	165	654	1625
17	80	168	641	1616
18	85	171	630	1601
19	90	175	622	1589
20	95	178	613	1585
21	100	184	608	1585
22	105	190	607	1585
23	110	194	607	1585
24	115	196	607	1585



Vista generale ort_ST5 da G12 verso G1.



Vista generale ort_ST5 da G16 verso G1.



Vista generale ort_ST5 da G1 verso G24.



Shot point E – Onde SH – ort_ST5.



Shot point F – Onde SH – ort_ST5.



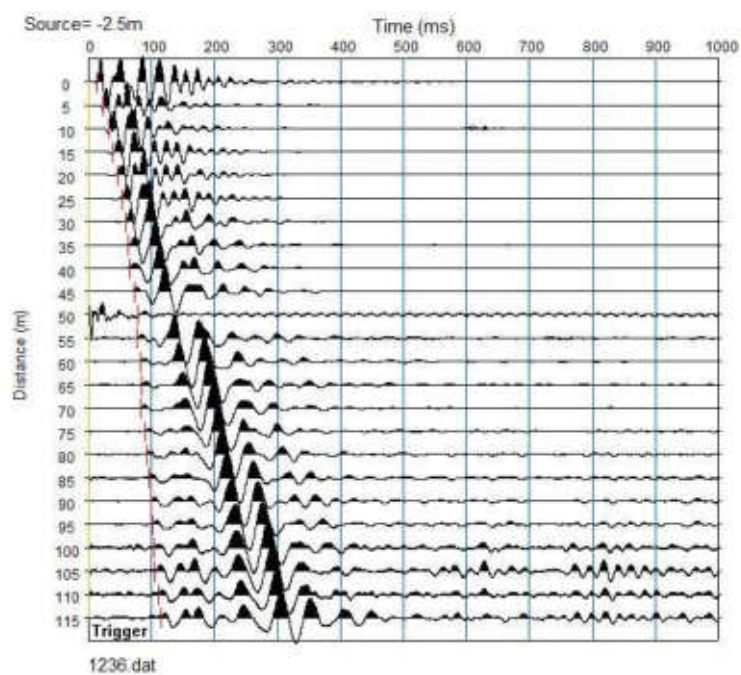
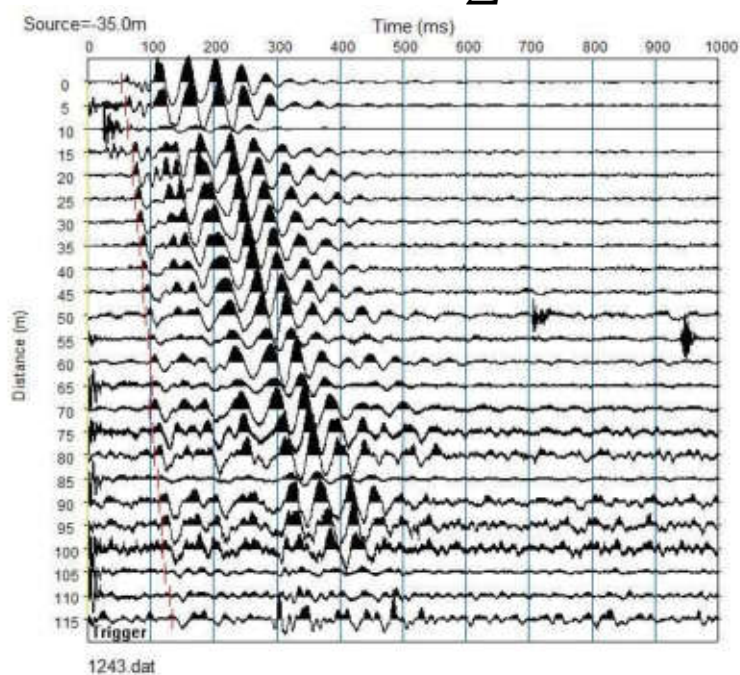
Shot point D – Onde P – ort_ST5.

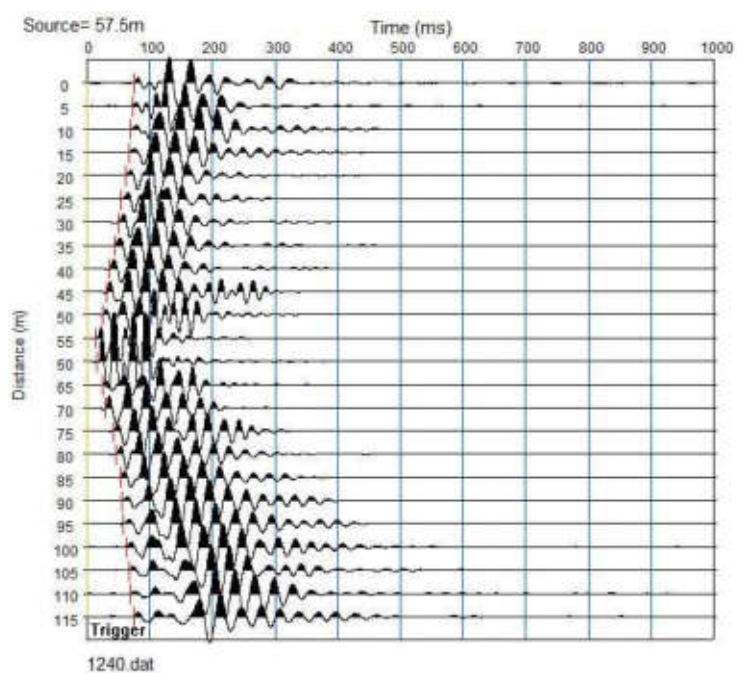
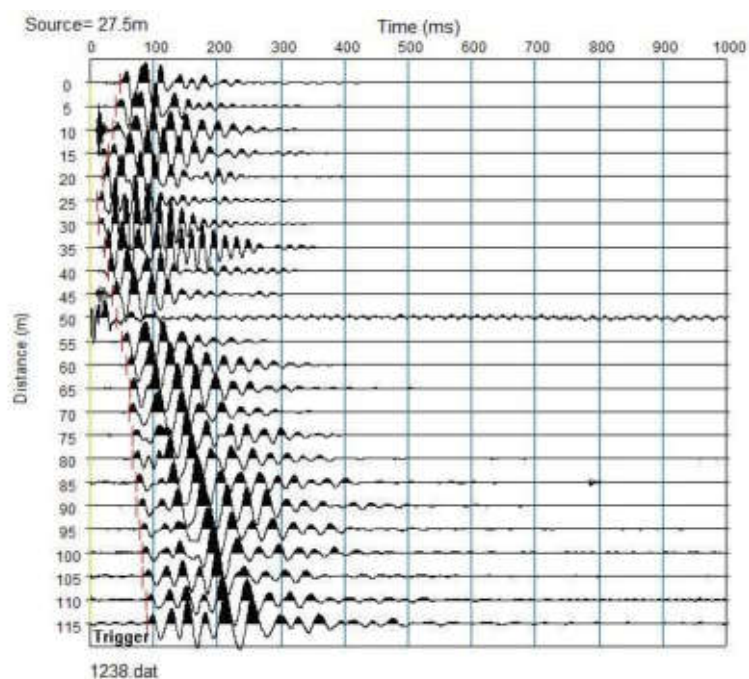
REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA – ort_ST5

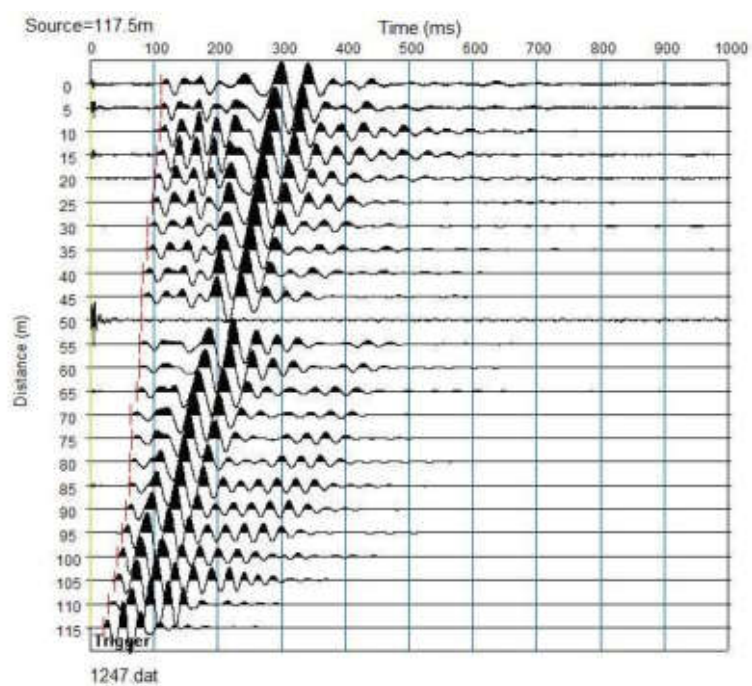
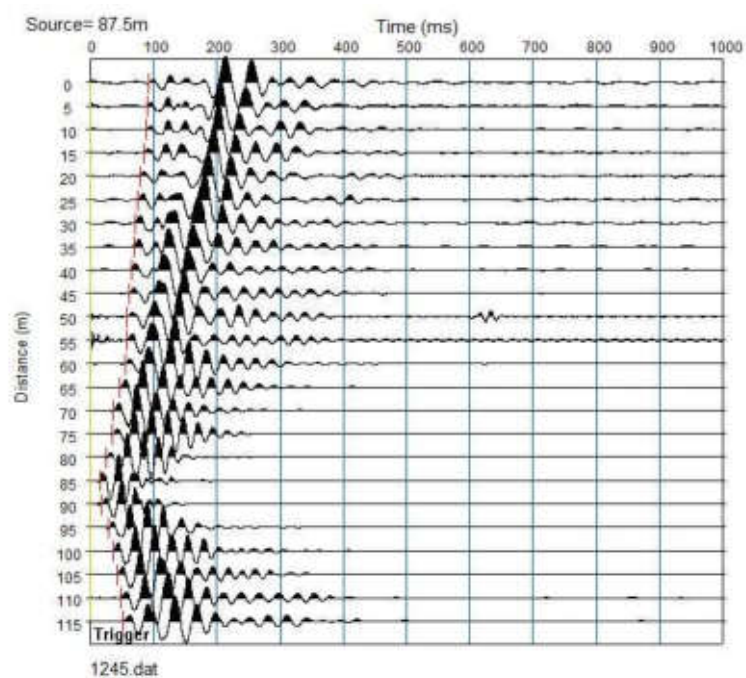
file 1236 - 1249 Onde SH

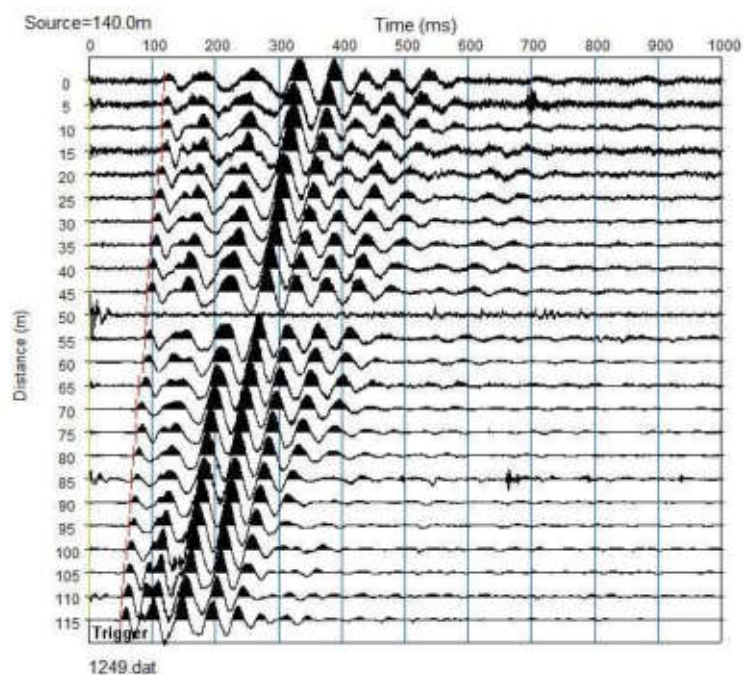
file 1250 - 1256 Onde P

ONDE SH Σ

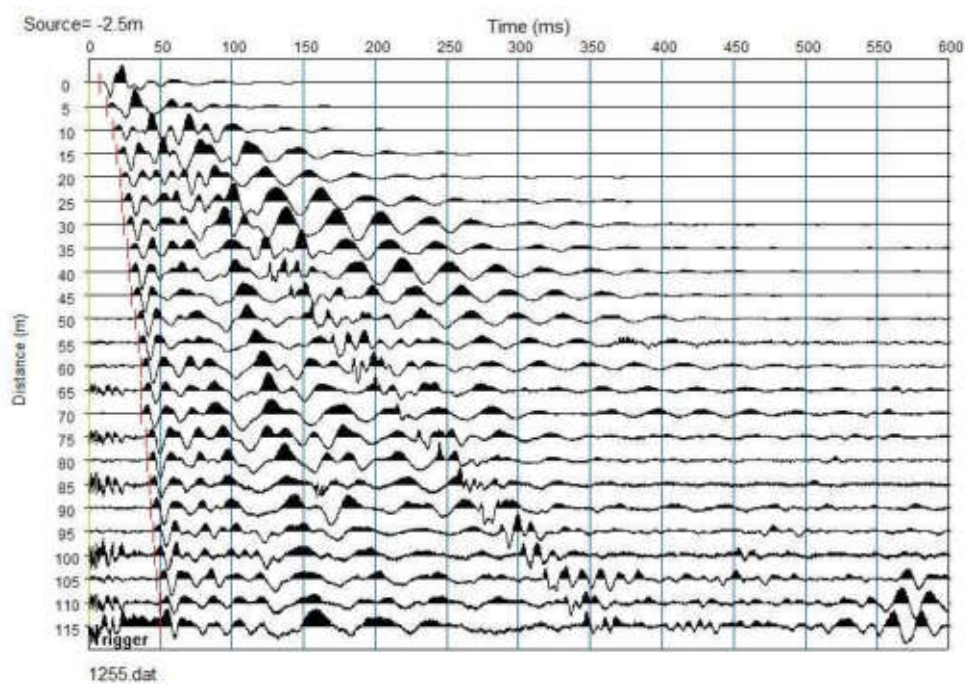
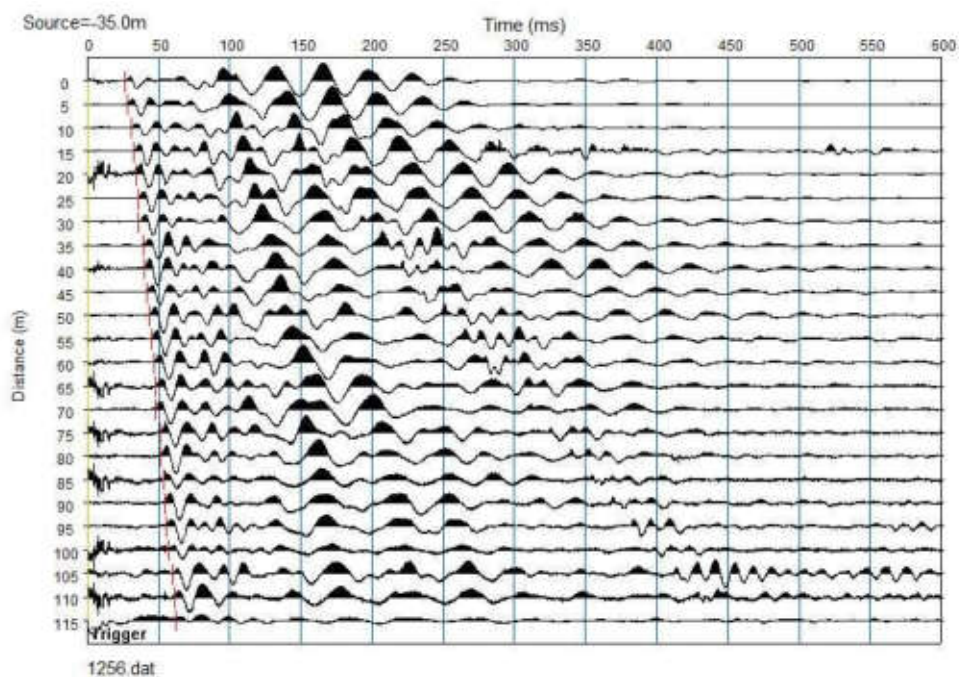


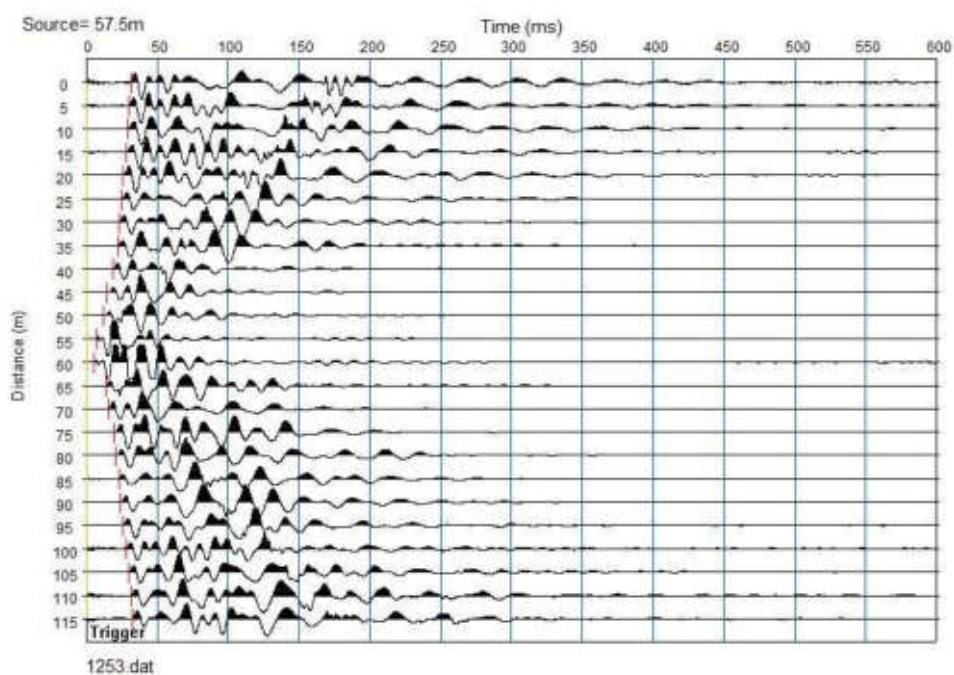
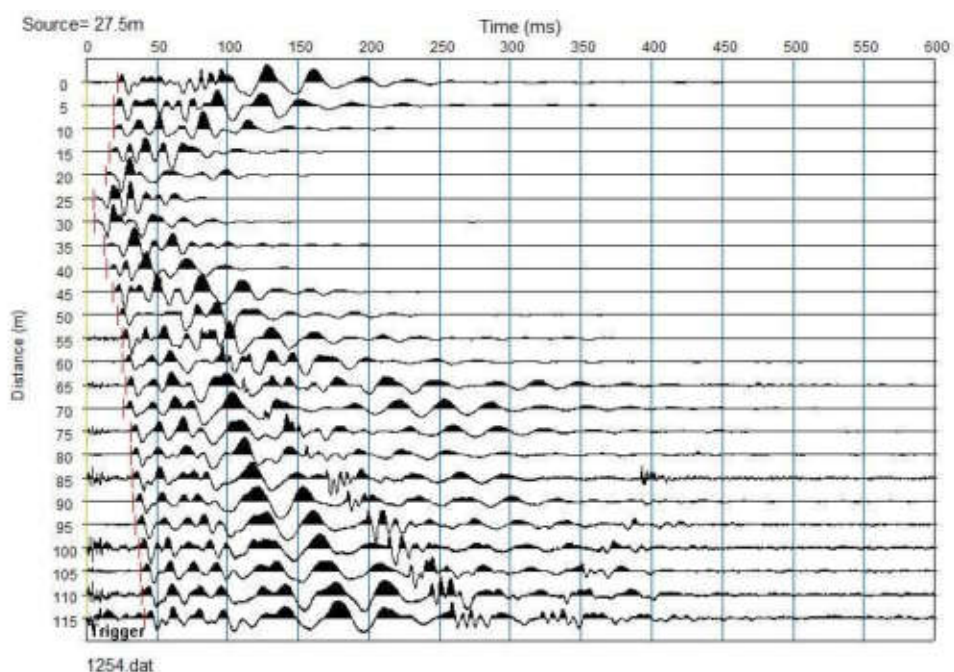


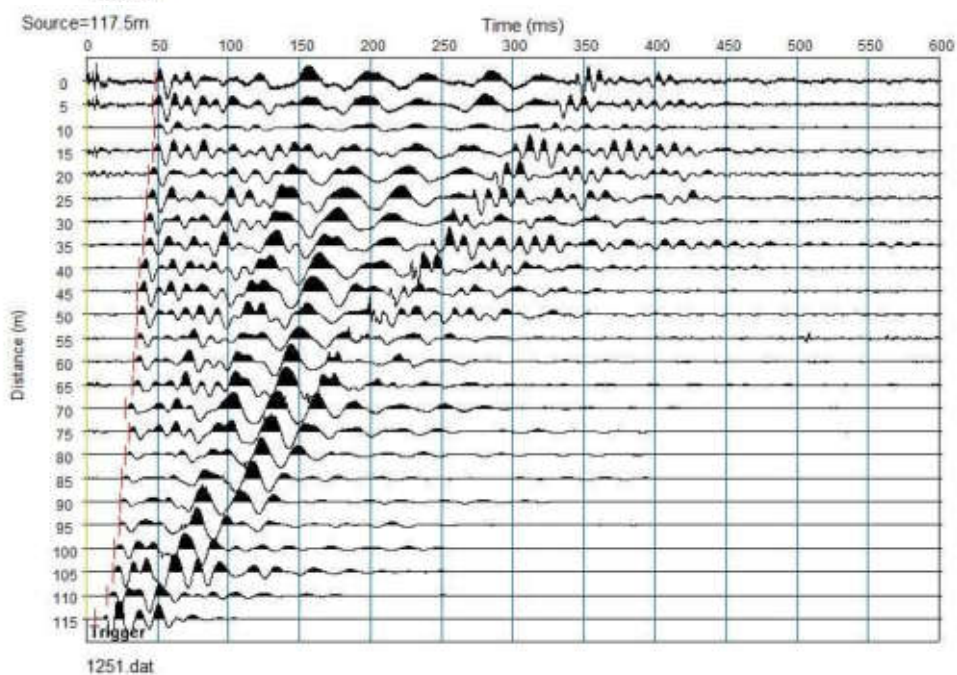
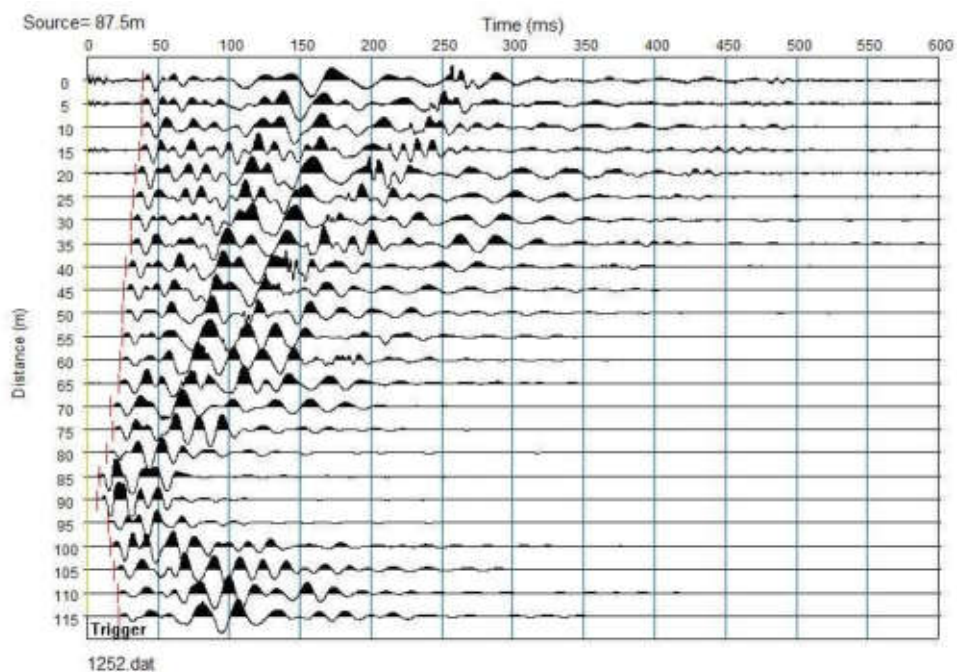


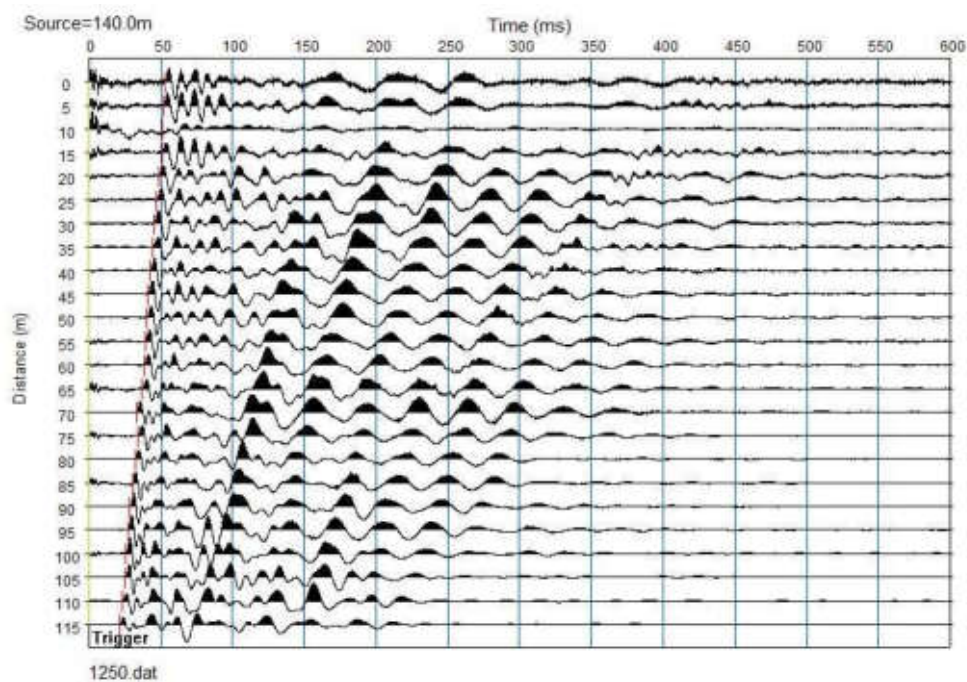


ONDE P









COMUNE DI ORTIGNANO

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 ORT_ST6”

COMMITTENTE:

COMUNE DI ORTIGNANO

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 ORTIGNANO</i> <i>LINEA SISMICA ORT_ST6</i>	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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 ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST6	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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 ORTIGNANO (AR)**, nei pressi dell'abitato di **ORTIGNANO (Fig. 1)**.



Figura 1: Particolare della sezione ort_ST6.

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

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 **ort_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 **ort_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

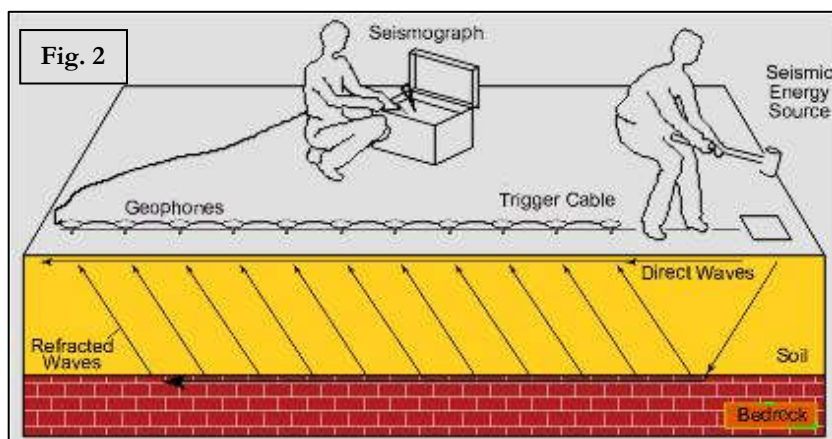
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo 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 5 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



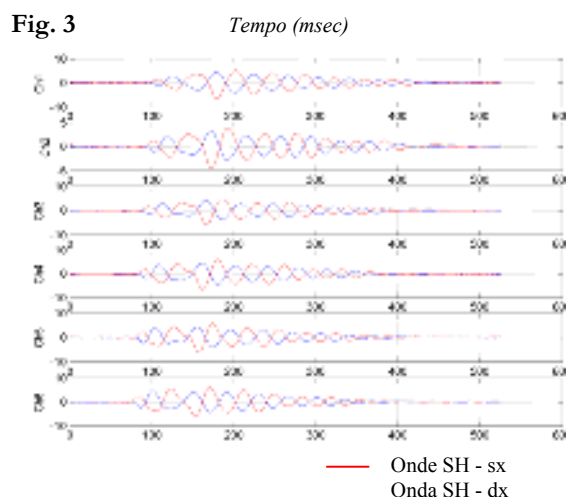
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

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

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST6	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (AR)
		Pag. 6 di 12

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 ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST6	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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.

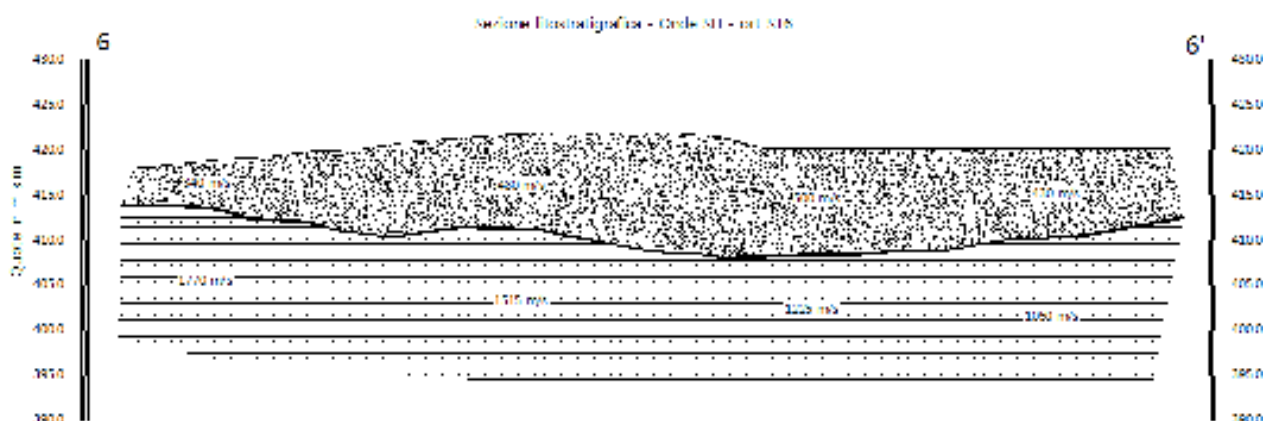
Le sezioni litostratigrafiche interpretate assieme alle sezioni tomografiche, rappresentano il risultato conclusivo dell'analisi dei dati sintetizzati nelle tavole e tabelle allegate.

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 3.60 m e 9.60 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 8.50 m.

Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 620 e 715 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 340 e 500 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3) che presenta velocità comprese tra 2.425 e 3.070 m/s (onde P) e tra 1.050 e 1.770 m/s (onde SH).

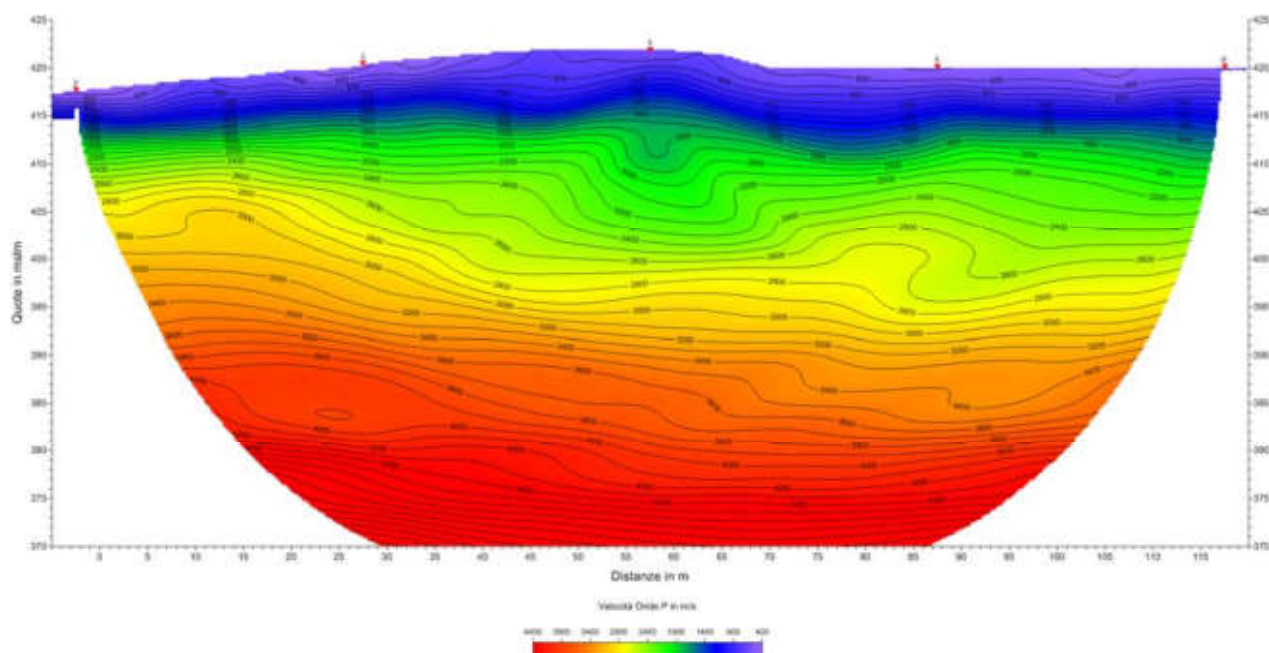
La **Sezione ST6**, effettuata in direzione NNO-SSE, in località Ortignano, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento del rifrattore individuato. Quest'ultimo presenta profondità inferiore nel primo tratto di sezione, con valori



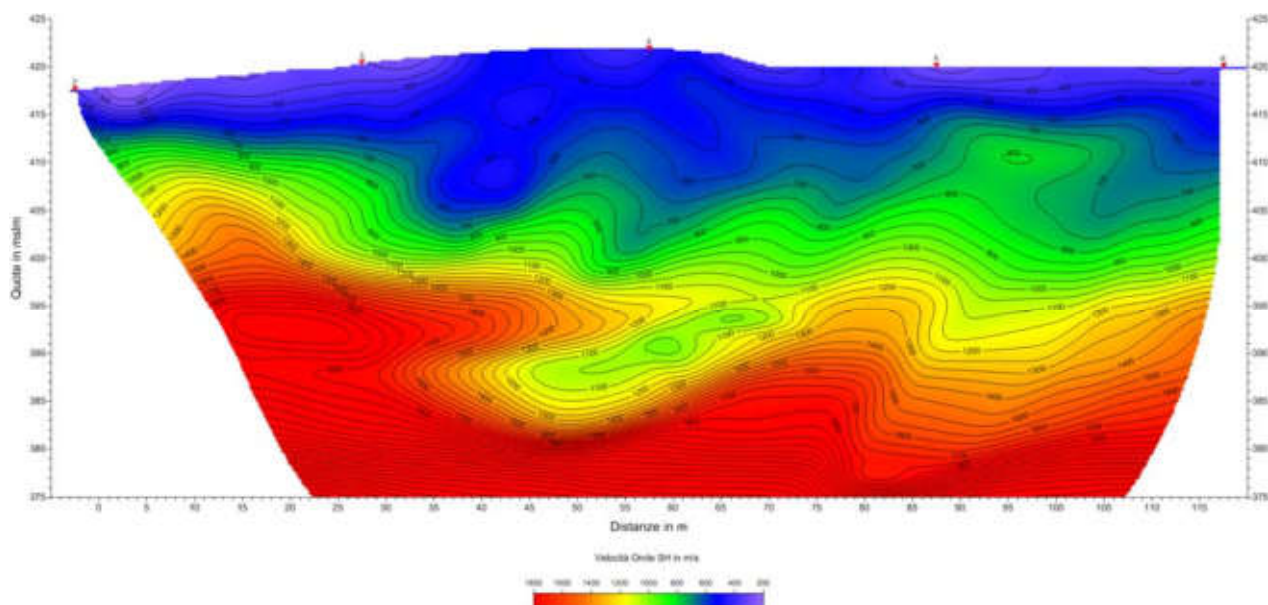
compresi tra 4.25 e 5.50 m, tende poi ad approfondirsi sino a raggiungere 13.40 m nella porzione centrale, dopodiché risale progressivamente attestandosi a 7.75 m. Il rifrattore ottenuto dall'elaborazione delle onde P evidenzia un andamento confrontabile con quello ottenuto dalle onde SH, tuttavia presenta valori di profondità leggermente inferiori.

Le velocità del substrato roccioso mostrano per le onde P, valori compresi tra 2.425 e 3.070 m/s, con valori decrescenti lungo lo stendimento. Le velocità delle onde SH mostrano il medesimo andamento con velocità che passano da 1.050 a 1.770 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 centrale/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 600-700 m/s.

Nei primi metri il substrato roccioso è caratterizzato da un andamento irregolare delle curve di isovelocità, imputabile ad una maggiore irregolarità/fatturazione della roccia. Mentre in profondità le curve di isovelocità assumono un andamento regolare e possono essere attribuite ad un substrato omogeneo e compatto.

5.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **ORTIGNANO (AR)**. L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante sismica a rifrazione, ha permesso di identificare in profondità il passaggio tra i materiali più superficiali caratterizzati dal detrito di versante (a), 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 ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST6	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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 compresa tra 3.60 m e 9.60 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 8.50 m;
- nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 620 e 715 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 340 e 500 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Montalto (FAL3) che presenta velocità comprese tra 2.425 e 3.070 m/s (onde P) e tra 1.050 e 1.770 m/s (onde SH).

Firenze, lì 20/11/2014

TRIGEO SNC
TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea & Cuccini Daniele
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 05022510518
Tel/Fax 0575 294500 - 054 9962212
Cell. / 339 3368117 - 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 ORTIGNANO</i> <i>LINEA SISMICA ORT_ST6</i>	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (AR)
		Pag. 11 di 12

ALLEGATI

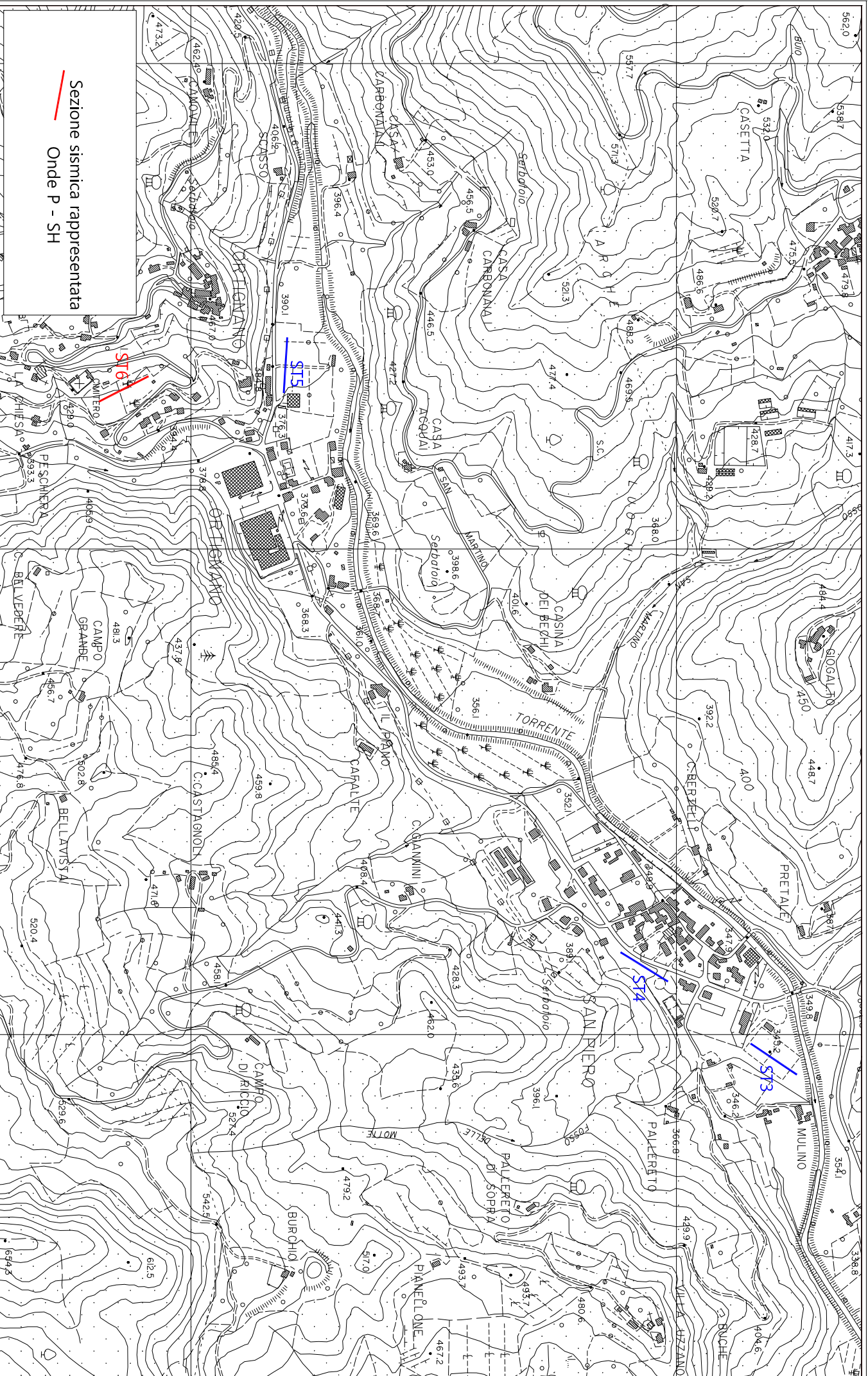
TRIGEO SNC

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



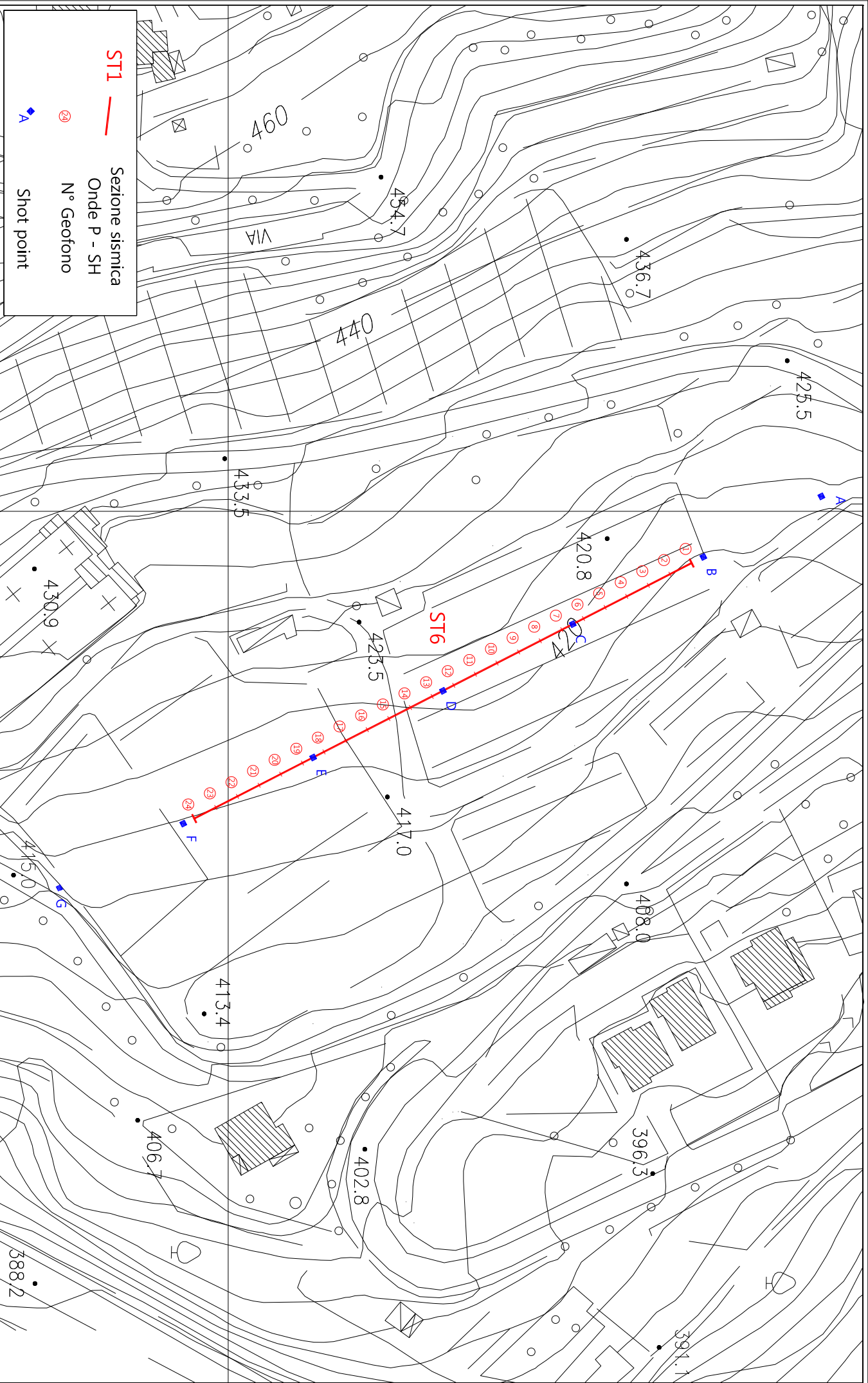
Sezione sismica rappresentata
Onde P - SH

Scala 1: 10000

Novembre 2014

Tavola 01 - Planimetria generale - ort_ST6





Scala 1: 1000

Novembre 2014

Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - ort_ST6



SCHEMA DELLA LINEA – ort_ST6	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA ort_ST6

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	417.90
2	5	5.0	418.40
3	10	5.0	418.90
4	15	5.0	419.20
5	20	5.0	419.80
6	25	5.0	420.00
7	30	5.0	420.80
8	35	5.0	421.20
9	40	5.0	421.60
10	45	5.0	421.90
11	50	5.0	421.90
12	55	5.0	421.90
13	60	5.0	421.90
14	65	5.0	421.50
15	70	5.0	420.10
16	75	5.0	420.10
17	80	5.0	420.10
18	85	5.0	420.10
19	90	5.0	420.10
20	95	5.0	420.10
21	100	5.0	420.10
22	105	5.0	420.10
23	110	5.0	420.10
24	115	5.0	420.10

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	4839912.78	483910.48
Y(m)	1721643.91	1721696.44

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

ONDE P	Σ ONDE SH	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.1271	DAT.1270	A - ESTERNO SX	-30.0	419.80
DAT.1272	DAT.1268	B - ESTREMO SX	-2.5	418.0
DAT.1273	DAT.1266	C - INTERMEDIO SX	27.5	420.40
DAT.1274	DAT.1264	D - CENTRALE	57.5	421.90
DAT.1275	DAT.1262	E - INTERMEDIO DX	87.5	420.10
DAT.1276	DAT.1258	F - ESTREMO DX	117.5	420.10
DAT.1277	DAT.1260	G - ESTREMO DX	64.0	419.80

TEMPI ONDE P E ONDE SH – ort_ST6	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

TEMPI ONDE P – ort_ST6

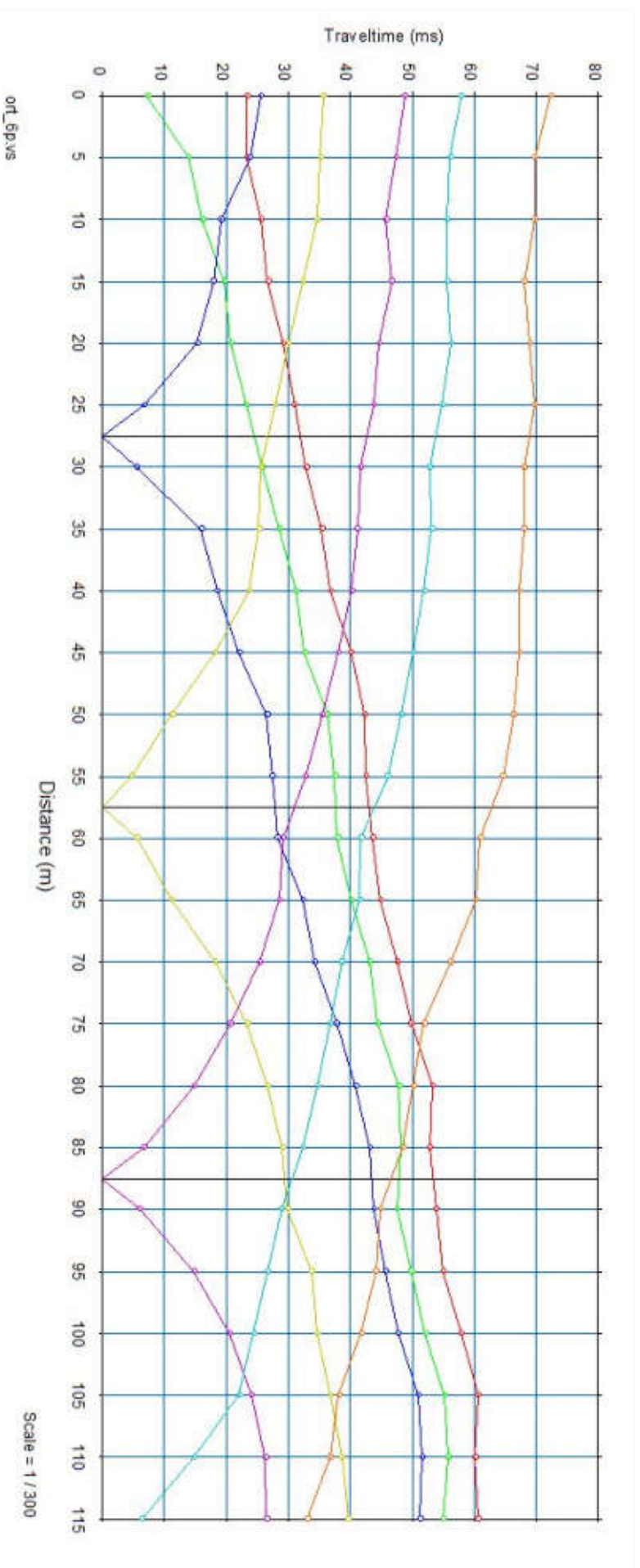
GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	23.32	7.25	25.57	35.70	48.72	57.89	72.36
2	5	23.32	13.88	23.80	35.21	47.38	56.12	69.71
3	10	25.50	16.13	19.13	34.57	45.75	55.64	69.71
4	15	26.69	19.63	17.88	32.32	46.63	55.64	68.02
5	20	29.13	20.75	15.28	30.00	44.63	56.25	68.98
6	25	31.00	23.25	6.75	27.88	43.75	54.88	69.71
7	30	32.88	25.75	5.50	25.50	41.63	52.75	68.02
8	35	35.38	28.50	15.92	25.25	41.13	53.13	68.02
9	40	36.82	31.19	18.50	23.63	40.25	51.88	67.29
10	45	40.13	32.63	22.03	18.17	38.00	50.13	67.29
11	50	42.25	36.25	26.50	11.25	35.50	48.24	66.33
12	55	42.45	37.47	27.38	4.63	32.75	45.99	64.64
13	60	43.63	37.88	28.25	5.63	29.13	41.75	61.00
14	65	44.86	40.20	32.32	11.13	28.50	41.50	60.30
15	70	47.60	43.09	34.25	18.17	25.38	38.63	56.20
16	75	49.85	44.38	37.75	23.32	20.63	36.82	51.86
17	80	53.22	47.88	40.88	26.63	14.79	34.63	50.20
18	85	52.74	48.24	43.13	29.00	6.63	32.32	48.48
19	90	53.88	47.60	43.75	29.88	6.00	28.88	44.88
20	95	54.99	49.85	45.63	33.75	14.75	26.63	44.14
21	100	57.89	52.10	47.75	34.57	20.50	24.38	41.73
22	105	60.62	55.25	50.97	36.75	24.00	22.03	38.13
23	110	60.14	55.75	51.62	38.59	26.25	14.79	36.66
24	115	60.62	54.99	51.25	39.72	26.50	6.27	33.00

TEMPI ONDE P E ONDE SH – ort_ST6	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

TEMPI ONDE SH – ort_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	38.35	8.44	59.38	85.38	104.56	122.65	141.46
2	5	41.97	32.25	57.24	86.83	107.09	122.65	140.38
3	10	48.48	37.39	51.62	87.92	106.01	117.22	140.38
4	15	53.55	46.13	40.20	91.90	108.54	117.22	146.89
5	20	59.88	53.13	22.67	86.38	108.54	123.73	145.44
6	25	67.00	59.00	9.65	79.13	111.07	125.18	147.97
7	30	72.25	65.38	10.77	63.68	117.22	130.25	151.95
8	35	73.81	70.88	27.82	49.57	113.60	131.33	145.44
9	40	76.70	72.50	37.39	36.75	100.94	131.33	145.44
10	45	81.77	76.63	42.45	28.50	92.98	125.75	142.91
11	50	86.83	81.83	52.82	20.63	83.88	116.25	144.36
12	55	91.90	89.24	64.63	7.50	73.81	113.13	145.44
13	60	98.41	92.62	73.88	6.38	67.66	104.56	145.44
14	65	100.94	94.31	79.84	17.73	60.88	103.47	141.46
15	70	102.03	97.93	91.90	26.77	47.03	86.83	139.63
16	75	103.47	101.30	98.65	40.88	31.84	80.32	128.38
17	80	109.62	102.03	102.03	45.95	20.26	68.74	122.38
18	85	113.60	104.68	106.37	54.75	11.58	61.14	115.25
19	90	119.75	111.43	110.47	65.00	14.11	60.06	110.13
20	95	118.67	111.43	111.43	77.79	25.33	53.55	103.00
21	100	122.65	115.77	114.09	85.63	38.35	43.42	96.88
22	105	126.27	119.87	119.87	93.75	46.25	34.37	91.00
23	110	128.80	122.53	122.53	98.63	51.00	22.79	82.13
24	115	130.25	122.53	122.53	99.49	60.06	9.04	74.00

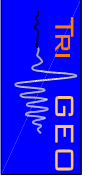
Dromocrone



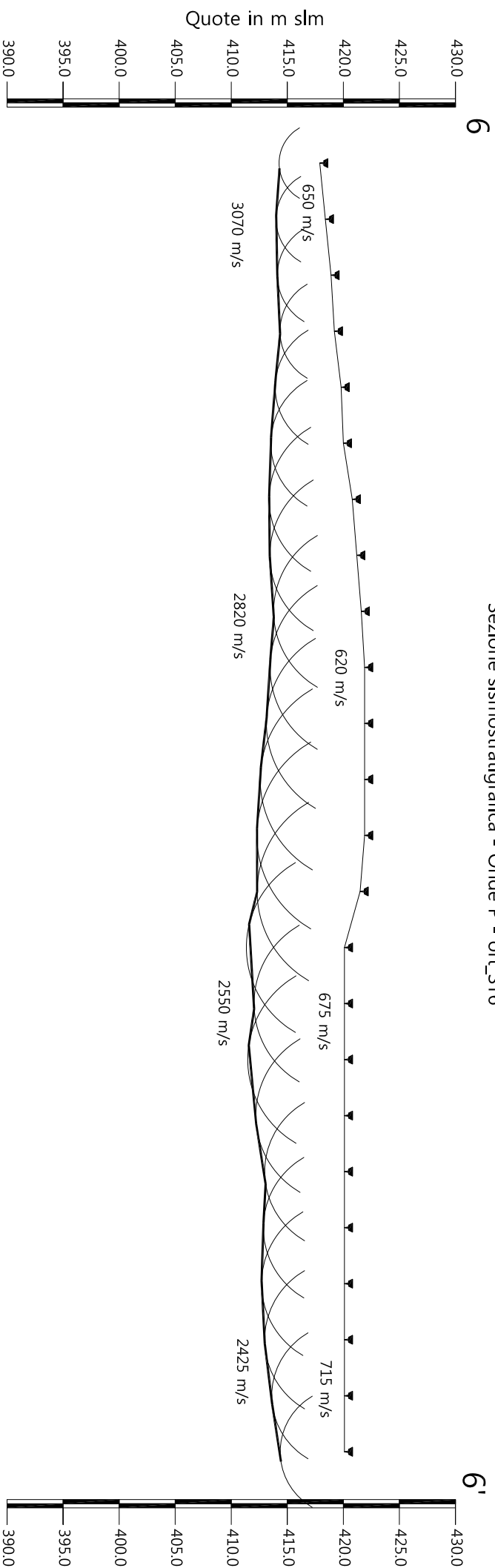
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

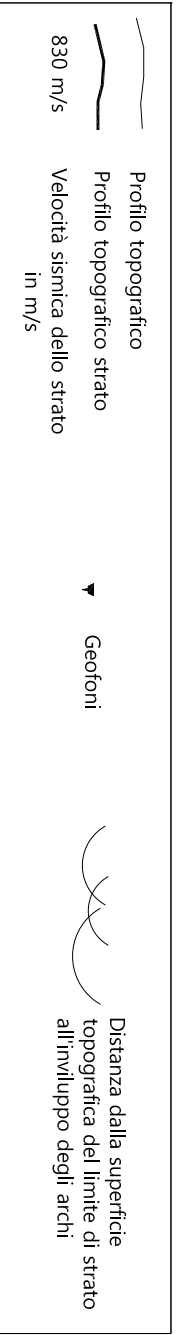
Tavola 03 - Dromocrone - Onde P - ort_ST6



Sezione sismostratigrafica - Onde P - ort_ST6



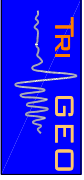
Numero geofono	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanze (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
Quote in m slm	417.90	418.40	418.90	419.20	419.80	420.00	420.80	421.20	421.60	421.90	421.90	421.90	421.90	421.50	420.10	420.10	420.10	420.10	420.10	420.10	420.10	420.10	420.10	420.10
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	3.63	4.40	4.79	4.85	5.88	6.47	7.42	7.76	7.82	8.44	8.76	9.32	9.62	9.19	8.75	8.07	8.63	7.91	7.12	7.24	7.40	7.12	6.49	5.73



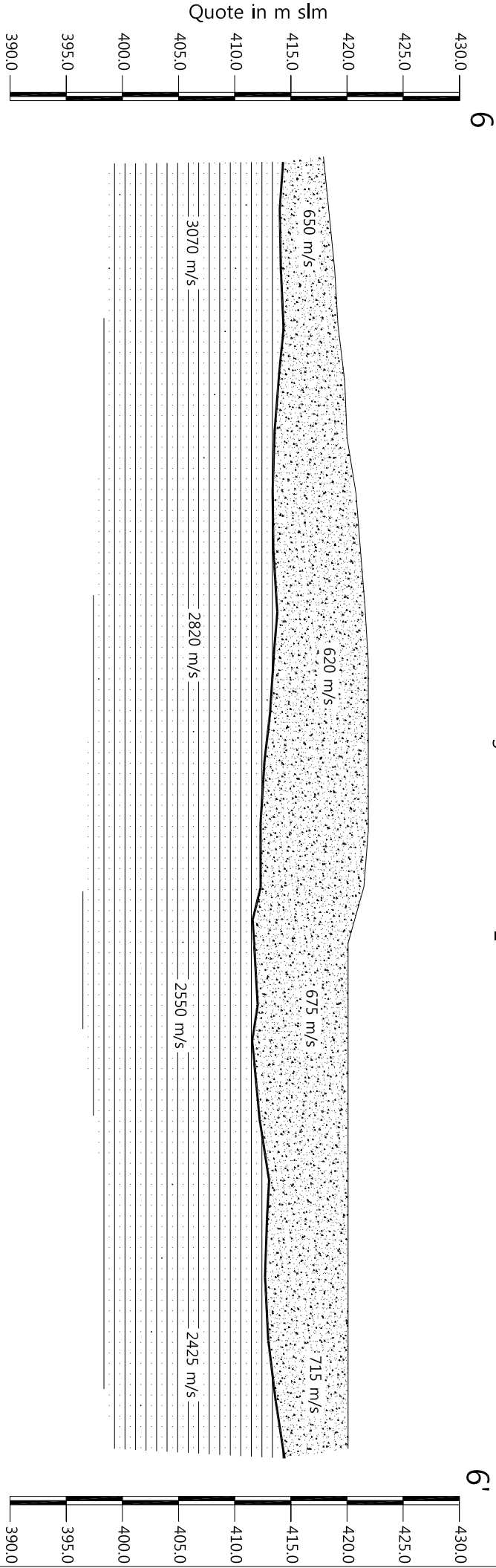
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014



Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ort_ST6



Sezione litostratigrafica - Onde P - ort_ST6



Legenda

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

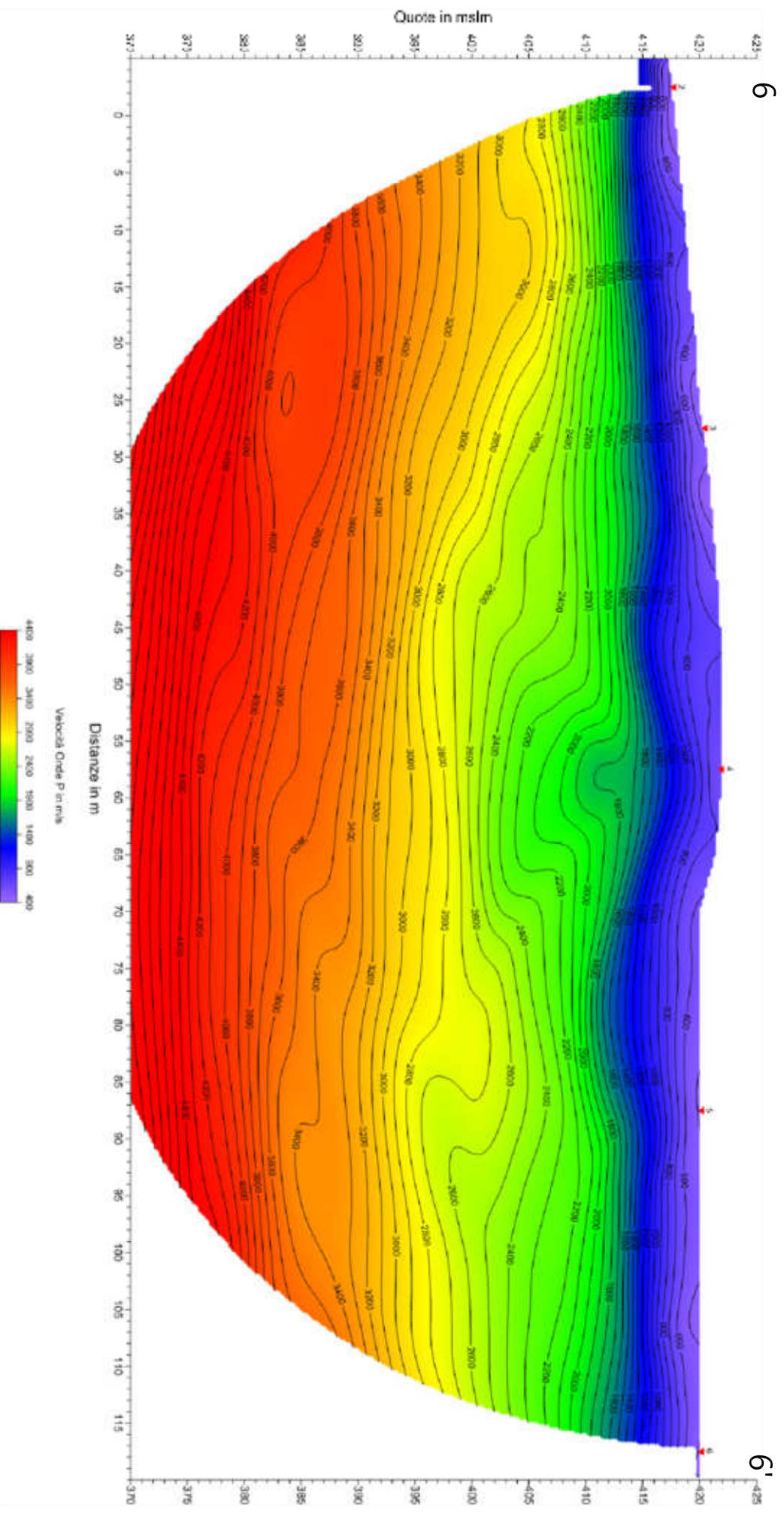
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - ort_ST6



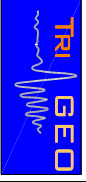
Sezione tomografica - Onde P - ort_ST6



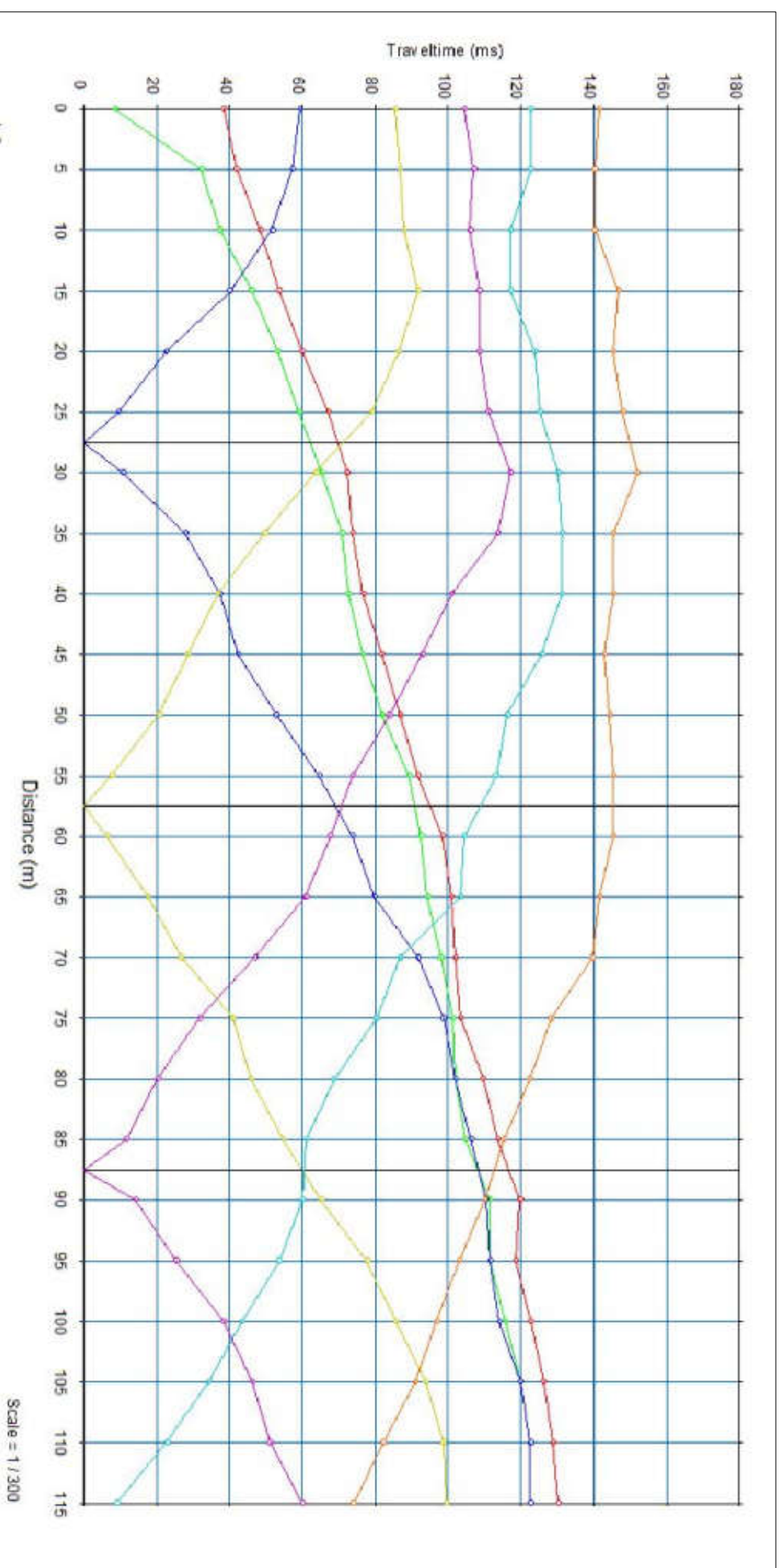
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 06 - Sezione tomografica - Onde P - ort_ST6



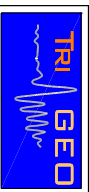
Dromocrone



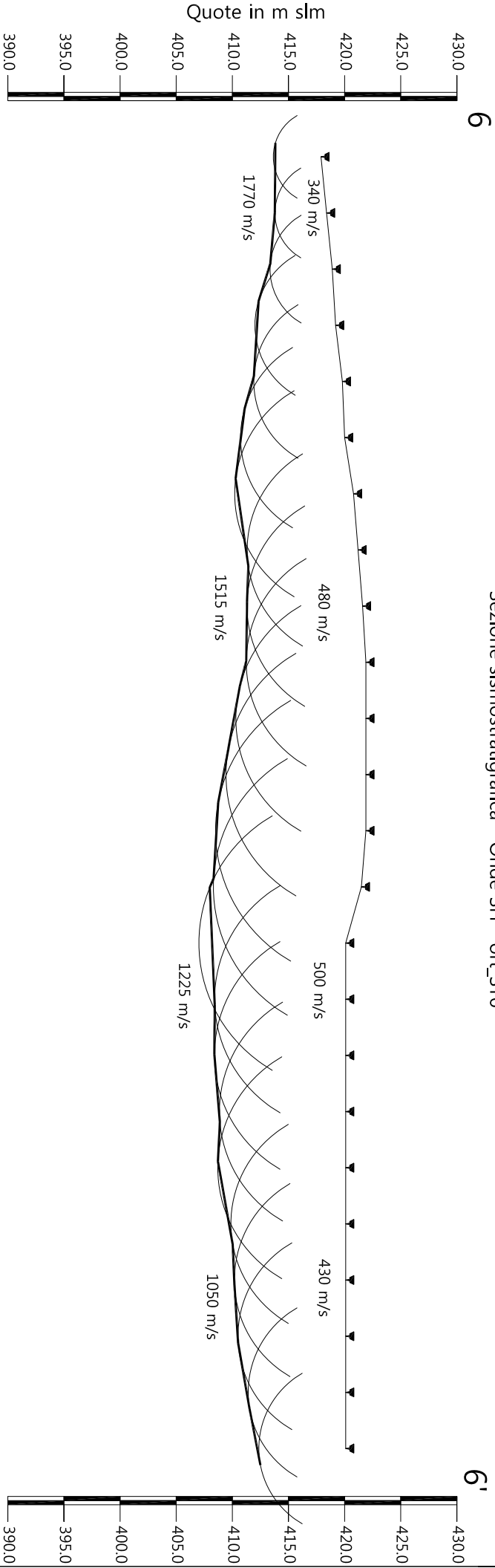
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

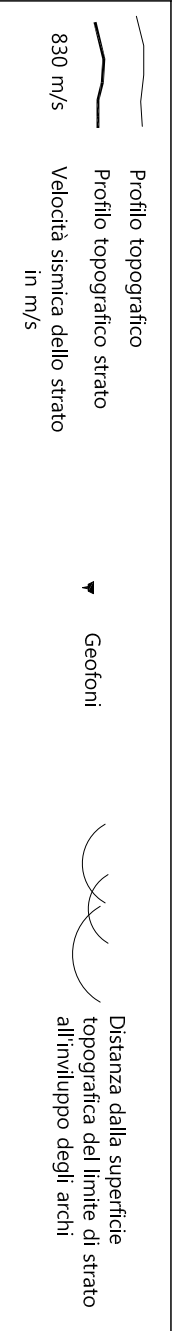
Tavola 07 - Dromocrone - Onde SH - ort_ST6



Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ort_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	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	417.90	418.40	418.90	419.20	419.80	420.00	420.80	421.20	421.60	421.90	421.90	421.90	421.90	421.50	420.10	420.10	420.10	420.10	420.10	420.10	420.10	420.10	420.10	420.10
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	4.25	4.61	5.54	7.19	7.89	9.27	10.59	9.88	10.30	10.66	11.59	12.47	13.40	13.19	13.08	11.68	11.70	11.25	11.40	10.23	9.92	9.60	8.69	7.74



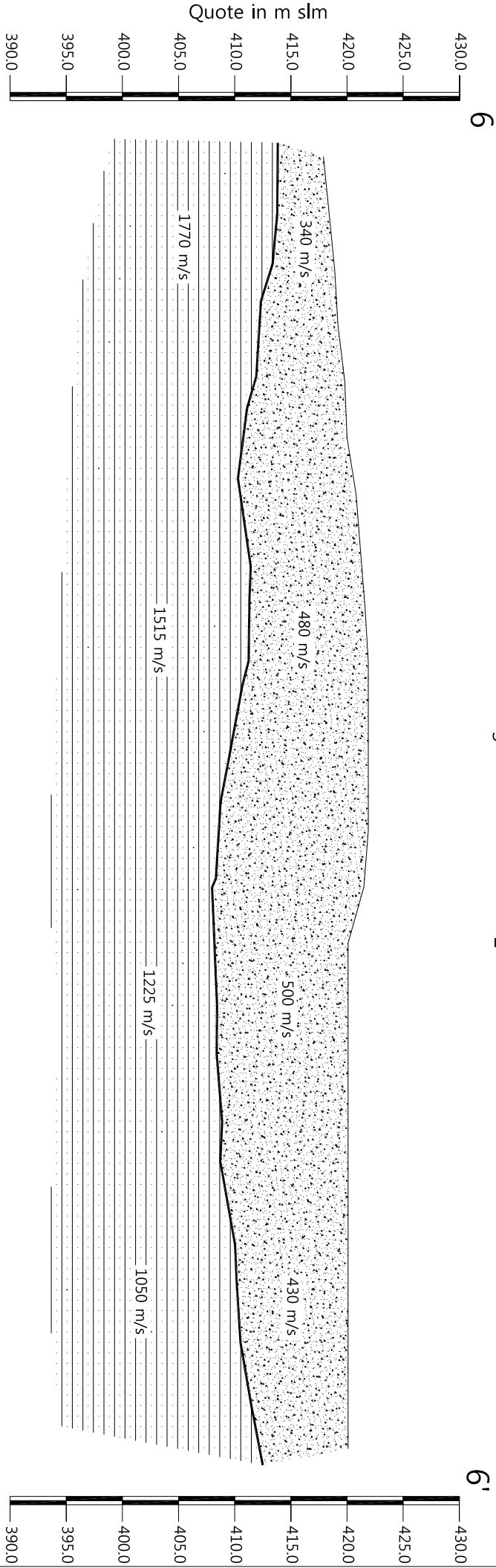
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 08- Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ort_ST6



Sezione litostratigrafica - Onde SH - ort_ST6



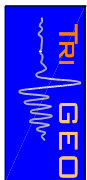
Legenda

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

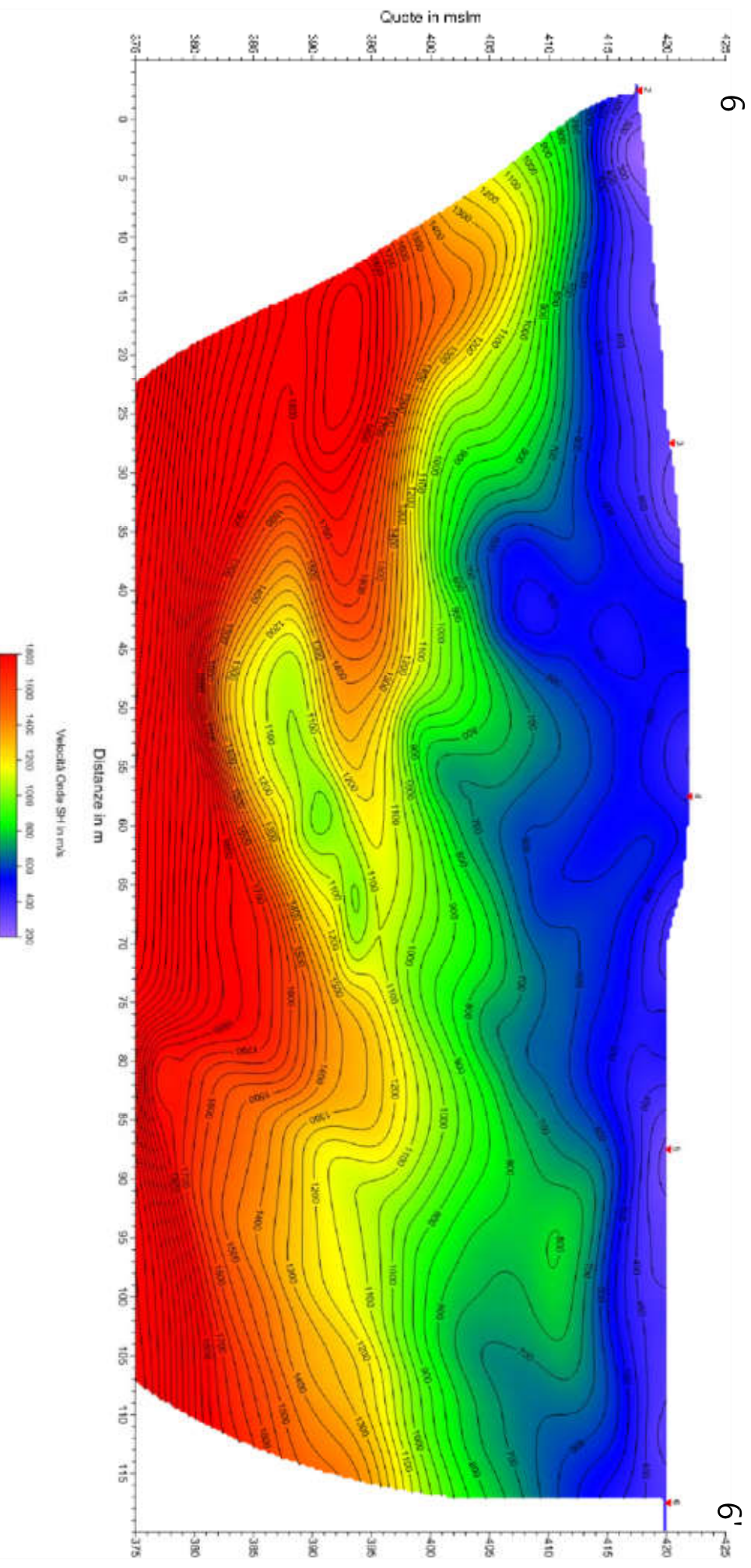
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 09 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - ort_ST6



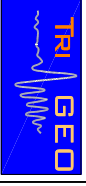
Sezione tomografica - Onde SH - ort_ST6



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ort_ST6



PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST6 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	3.63
2	5	4.40
3	10	4.79
4	15	4.85
5	20	5.88
6	25	6.47
7	30	7.42
8	35	7.76
9	40	7.82
10	45	8.44
11	50	8.76
12	55	9.32
13	60	9.62
14	65	9.19
15	70	8.75
16	75	8.07
17	80	8.63
18	85	7.91
19	90	7.12
20	95	7.24
21	100	7.40
22	105	7.12
23	110	6.49
24	115	5.73

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST6 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	4.25
2	5	4.61
3	10	5.54
4	15	7.19
5	20	7.89
6	25	9.27
7	30	10.59
8	35	9.88
9	40	10.30
10	45	10.66
11	50	11.59
12	55	12.47
13	60	13.40
14	65	13.19
15	70	13.08
16	75	11.68
17	80	11.70
18	85	11.25
19	90	11.40
20	95	10.23
21	100	9.92
22	105	9.60
23	110	8.69
24	115	7.74

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST6 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	697	3072
2	5	681	3075
3	10	659	3077
4	15	633	3076
5	20	616	3069
6	25	604	3053
7	30	599	3021
8	35	602	2968
9	40	611	2879
10	45	622	2772
11	50	633	2666
12	55	643	2603
13	60	652	2574
14	65	664	2566
15	70	686	2561
16	75	691	2552
17	80	689	2528
18	85	700	2484
19	90	700	2441
20	95	692	2414
21	100	704	2410
22	105	721	2411
23	110	734	2411
24	115	754	2411

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST6 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	322	1801
2	5	324	1799
3	10	326	1792
4	15	331	1776
5	20	338	1748
6	25	382	1715
7	30	424	1684
8	35	455	1644
9	40	485	1578
10	45	512	1484
11	50	514	1385
12	55	503	1306
13	60	505	1260
14	65	512	1244
15	70	506	1241
16	75	499	1221
17	80	492	1175
18	85	473	1115
19	90	449	1066
20	95	439	1040
21	100	428	1031
22	105	409	1032
23	110	411	1036
24	115	412	1038



Vista generale ort_ST6 da G6 verso G24.



Vista generale ort_ST6 da G12 verso G1.



Shot point D – Onde SH – ort_ST6.



Shot point E – Onde SH – ort_ST6.



Shot point F – Onde SH – ort_ST6.



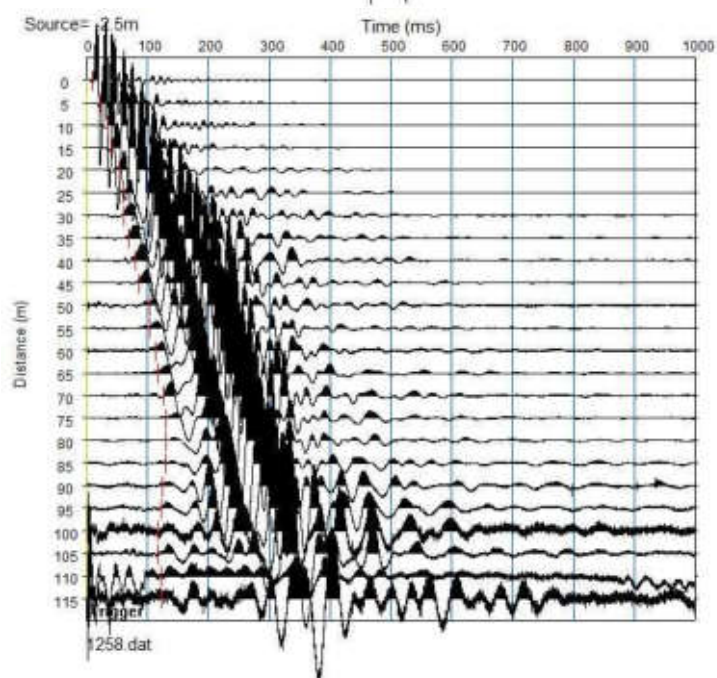
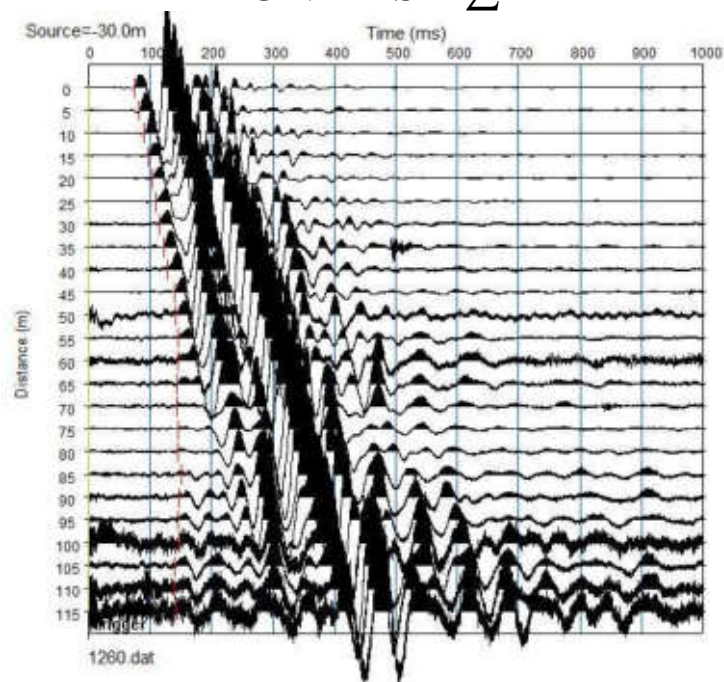
Shot point E – Onde P – ort_ST6.

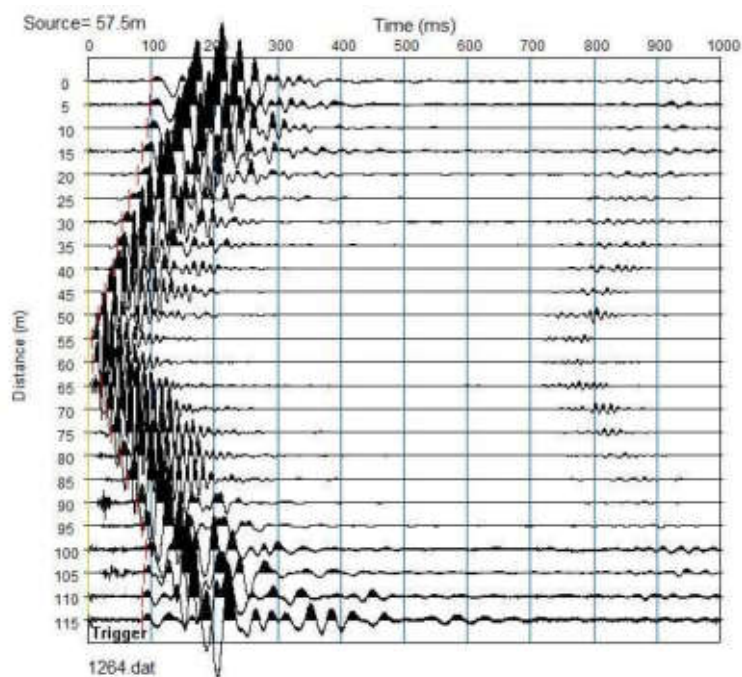
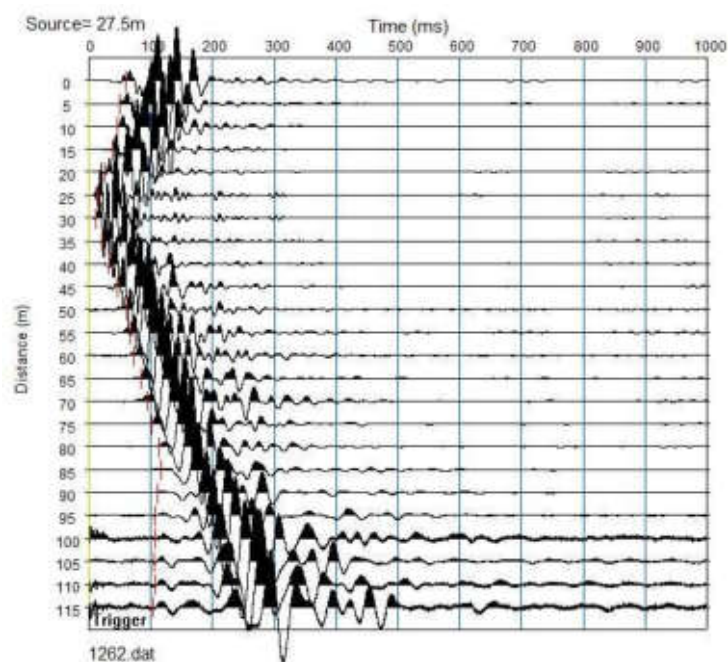
REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA – ort_ST6

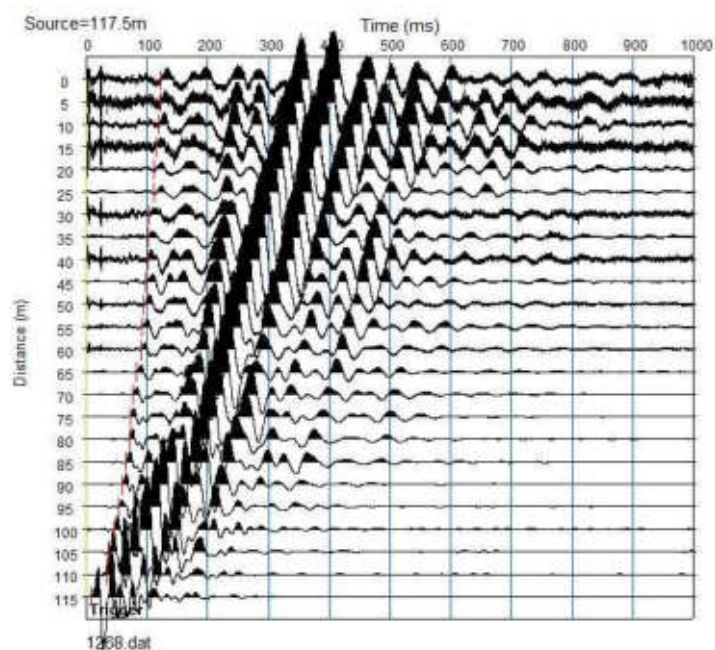
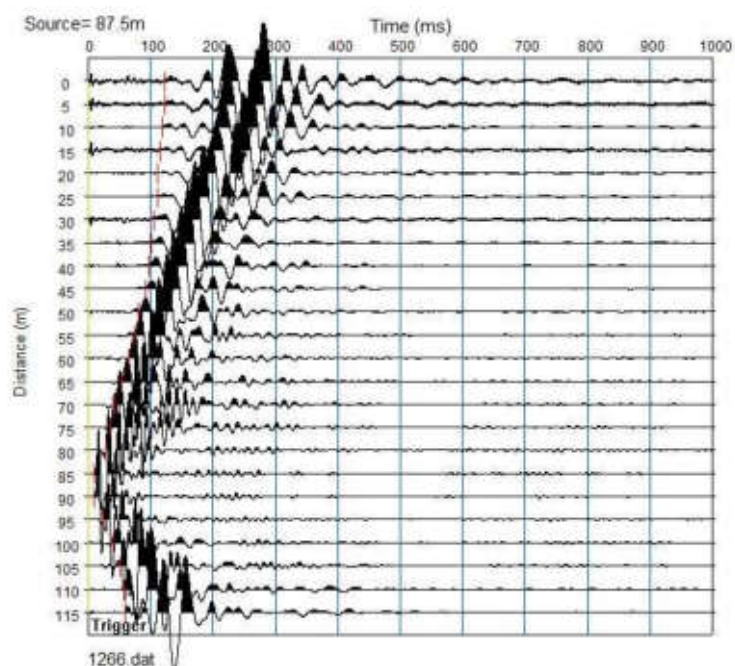
file 1258 - 1270 Onde SH

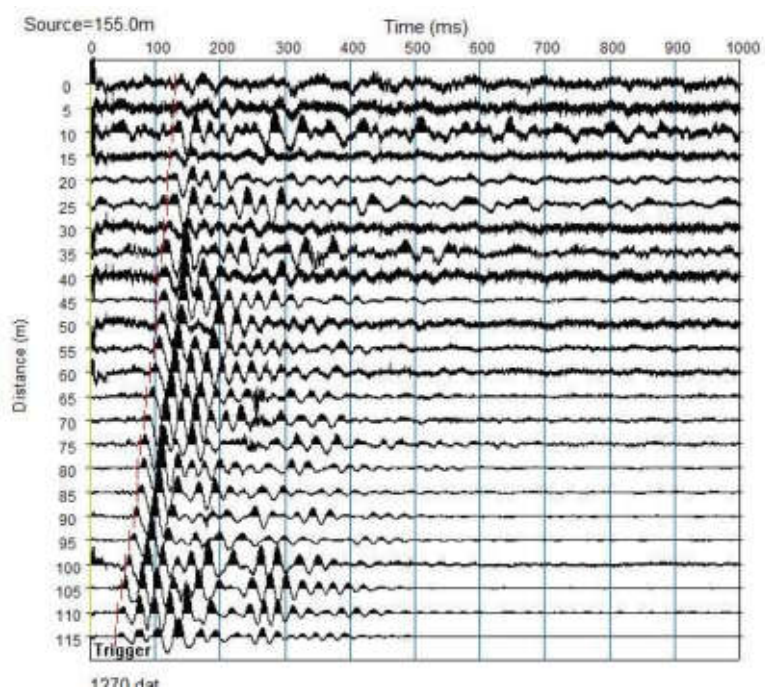
file 1271 - 1277 Onde P

ONDE SH Σ

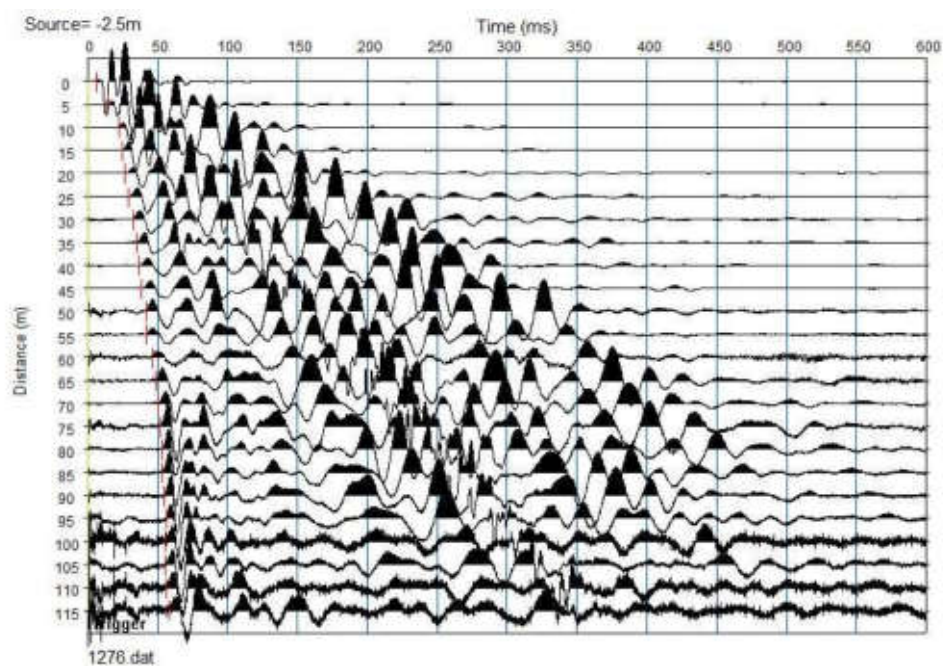
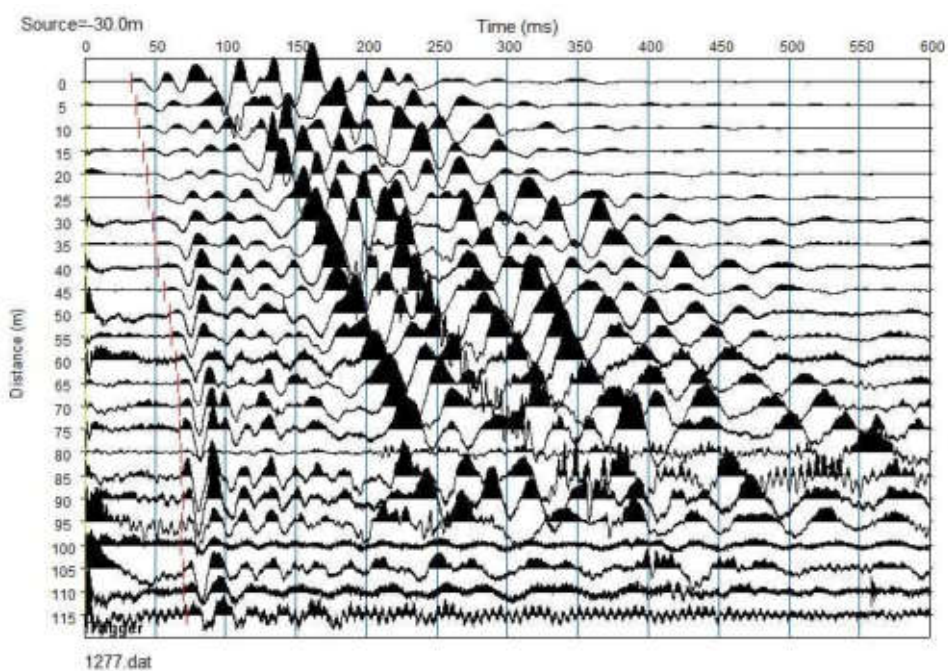


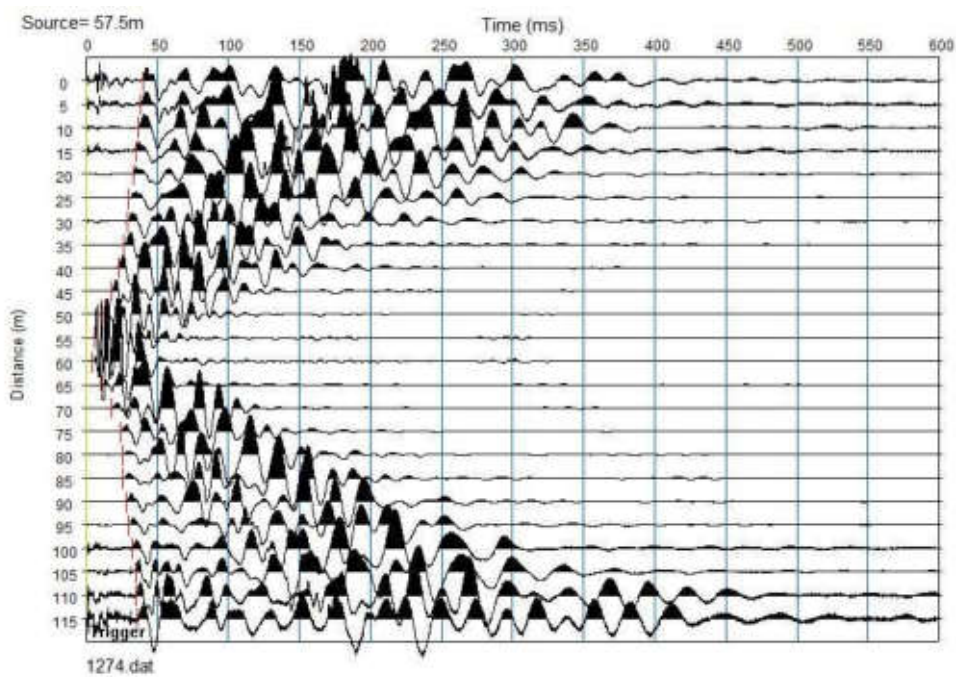
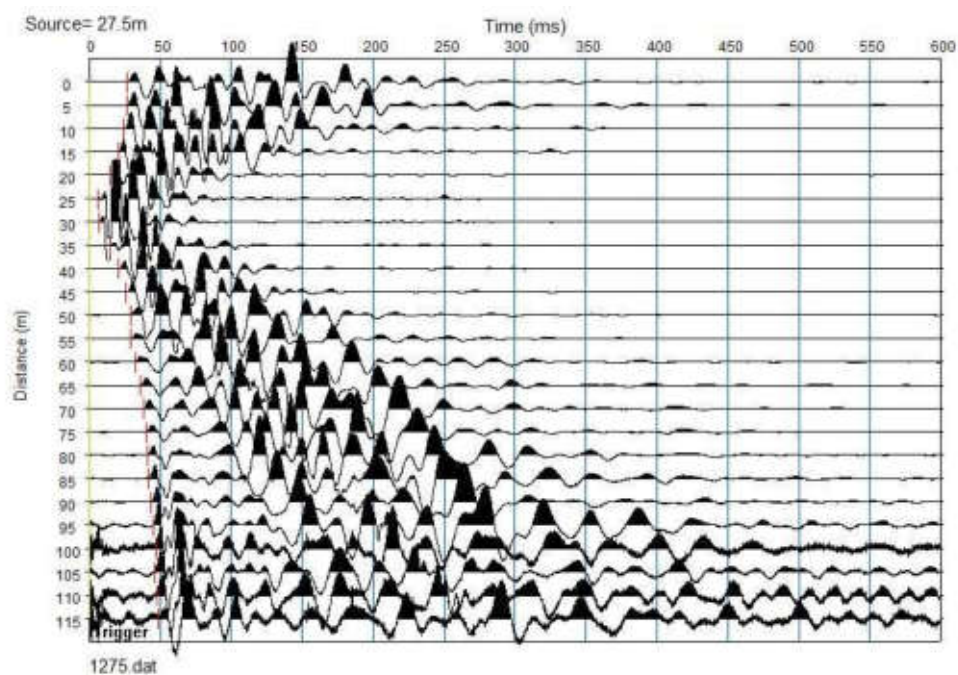


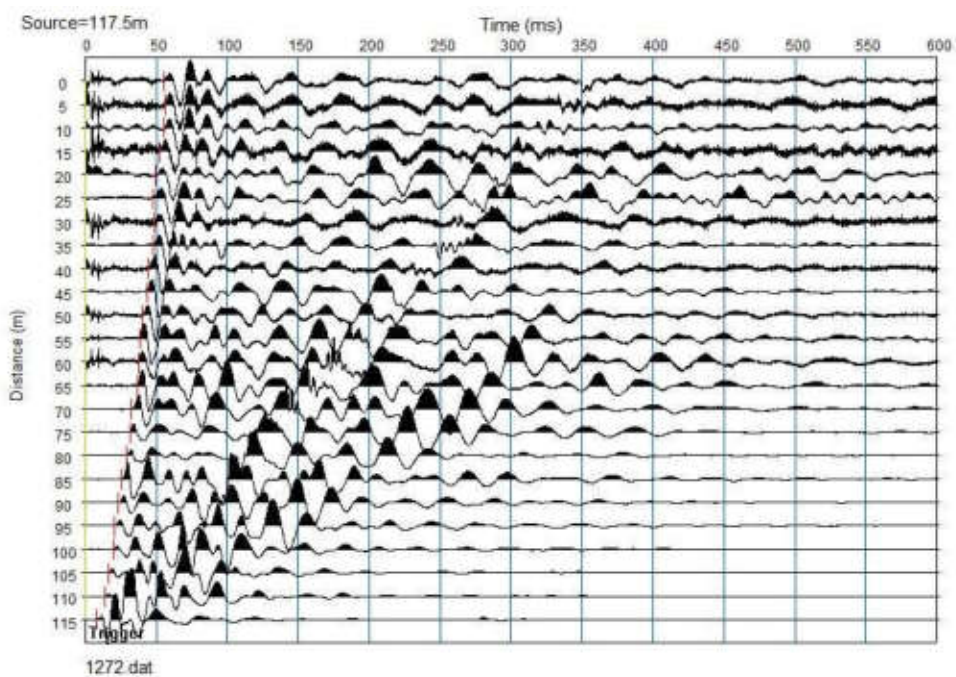
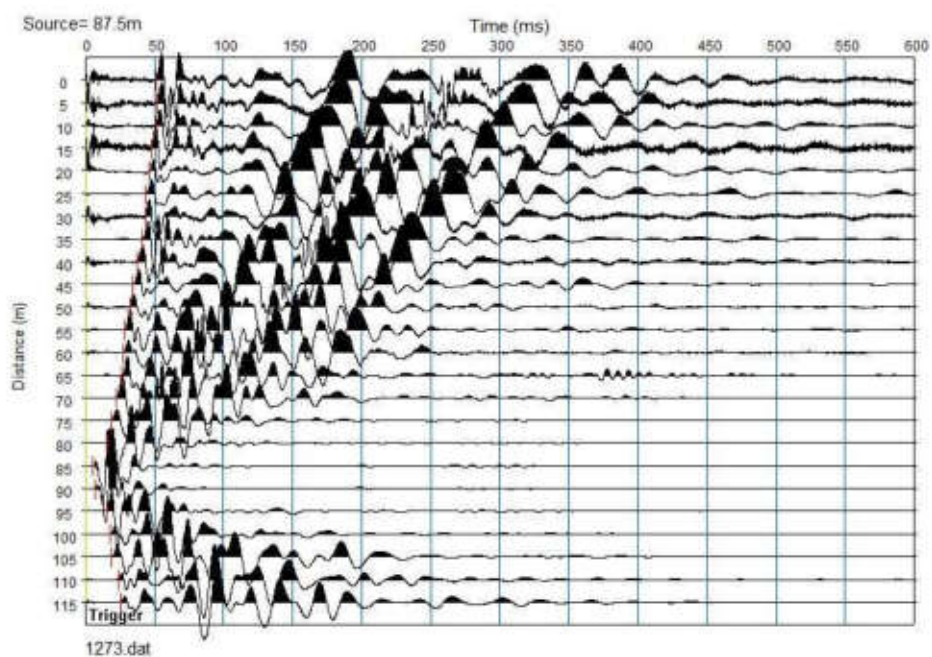


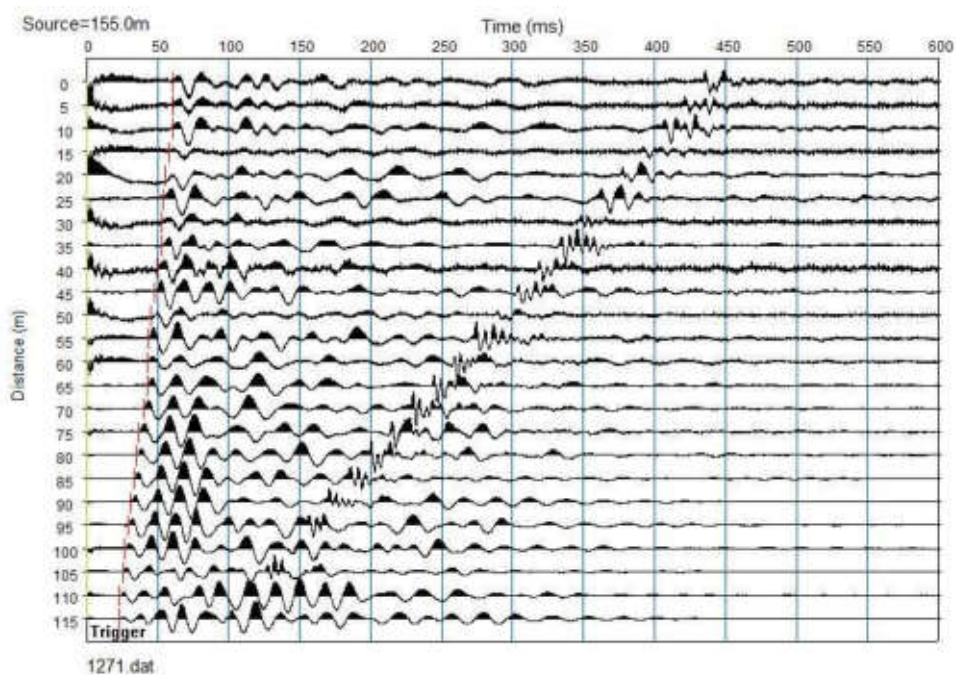


ONDE P









COMUNE DI ORTIGNANO

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 ORT_ST7”

COMMITTENTE:

COMUNE DI ORTIGNANO

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

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST7	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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 ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST7	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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 ORTIGNANO (AR)**, nei pressi dell'abitato di **RAGGIOLO** (Fig. 1).



Figura 1: Particolare della sezione ort_ST7.

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

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 ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST7	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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 **ort_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 **ort_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).

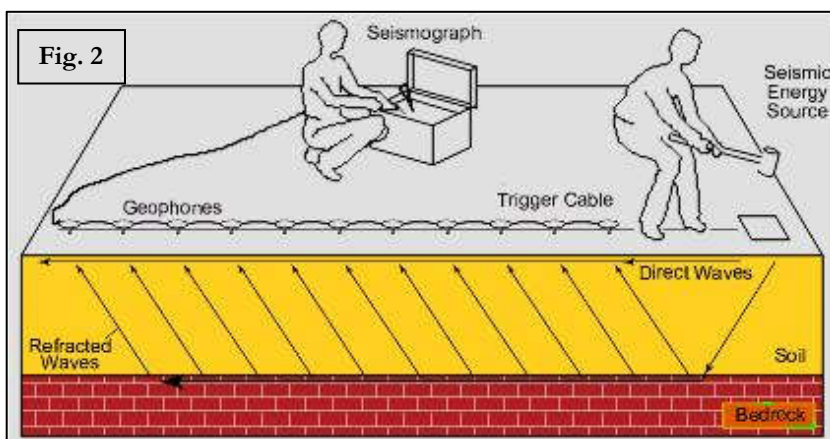
2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

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.

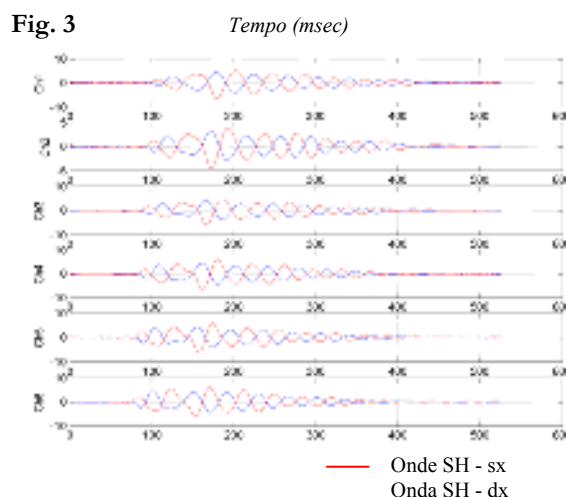
Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: **A/D Conversion:** 24 bit; **Dynamic Range:** 144 dB; **Distortion:** 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; **Bandwidth:** 1.75 Hz to 20 kHz; **Common Mode Rejection:** > -100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

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST7	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (AR)
		Pag. 6 di 12

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.

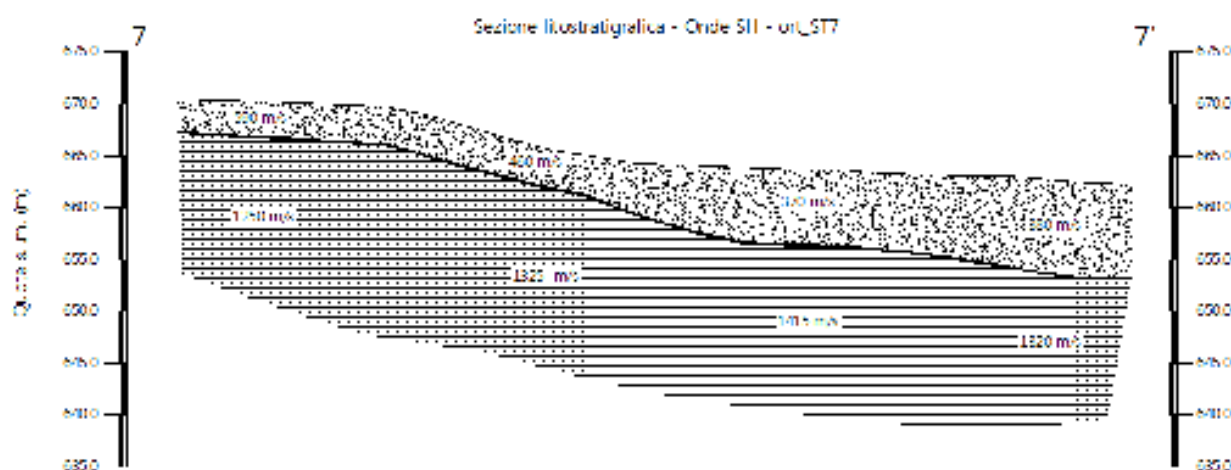
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

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 2.85 m e 9.15 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 5.2 m.

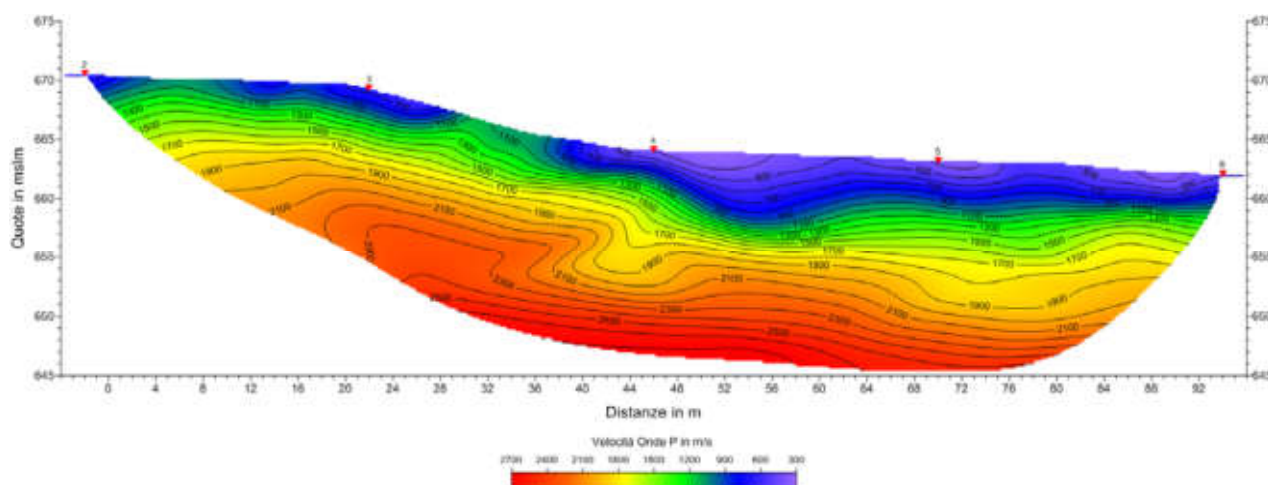
Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 550 e 765 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 380 e 590 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Camaldoli (FAL2) che presenta velocità comprese tra 2.225 e 2.400 m/s (onde P) e tra 1.250 e 1.415 m/s (onde SH).

La **Sezione ST7**, effettuata in direzione SSO-NNE, in località Raggiolo, 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 (profondità comprese tra 3.20-3.80 m), tende poi ad approfondire progressivamente in prossimità della rottura di pendio attestandosi a 9.00 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.

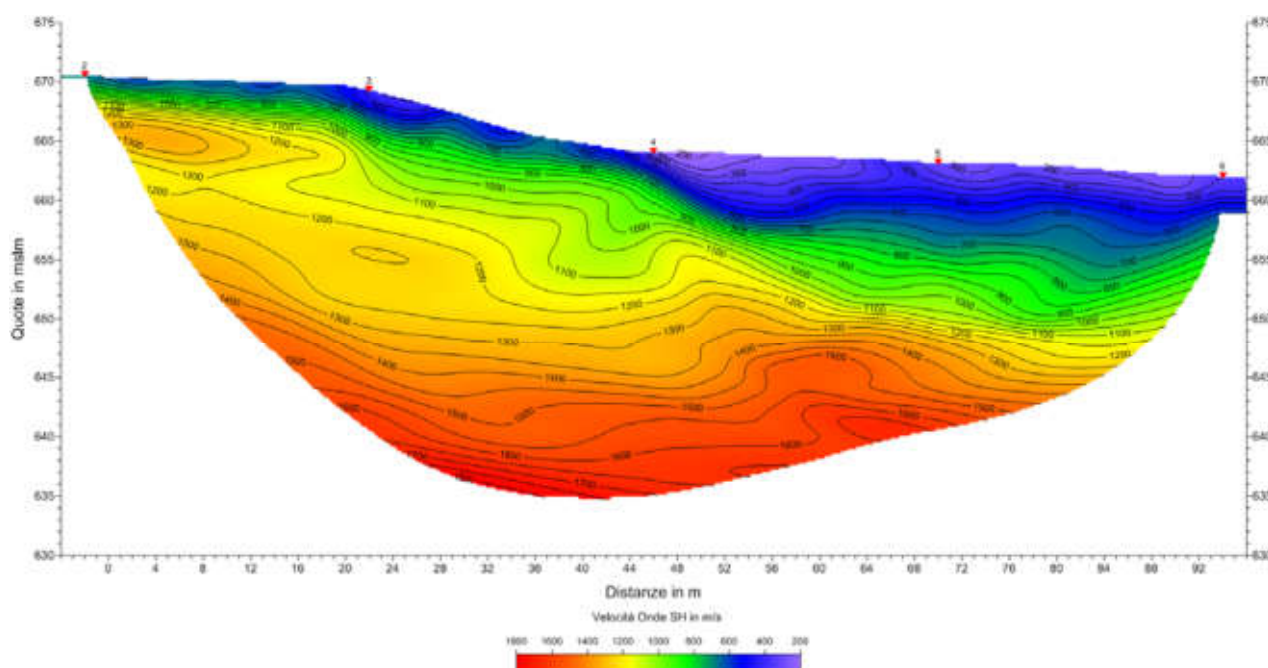
Le velocità del substrato roccioso mostrano per le onde P, valori compresi tra 2.225 e 2.400 m/s, con valori crescenti nella parte centrale dello stendimento e decrescenti verso la porzione iniziale e finale. Le velocità delle onde SH mostrano il medesimo andamento con velocità che passano da 1.250 a 1.415 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 nei tratti finali, il passaggio al substrato roccioso risulta evidenziato dal raffittimento delle curve di isovelocità (a partire da quella dei 900-1.100 m/s onde P), mentre per le onde SH, il contatto si osserva a partire dalla curva dei 500-600 m/s.



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

5.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **RAGGIOLO, ORTIGNANO (AR)**. L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante sismica a rifrazione, ha permesso di identificare in profondità il passaggio tra i materiali più superficiali caratterizzati da detrito di versante (a), 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:

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST7	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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 compresa tra 2.85 m e 9.15 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 5.2 m.
- Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 550 e 765 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 380 e 590 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Camaldoli (FAL2) che presenta velocità comprese tra 2.225 e 2.400 m/s (onde P) e tra 1.250 e 1.415 m/s (onde SH).

Firenze, lì 20/11/2014

TRIGEO SNC
TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea & Suardini Giancarlo
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 05022510518
Tel/Fax 0575 294500 - 054 9902212
Cell. / 339 3368117 - 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 ORTIGNANO</i> <i>LINEA SISMICA ORT_ST7</i>	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (AR)
		Pag. 11 di 12

ALLEGATI

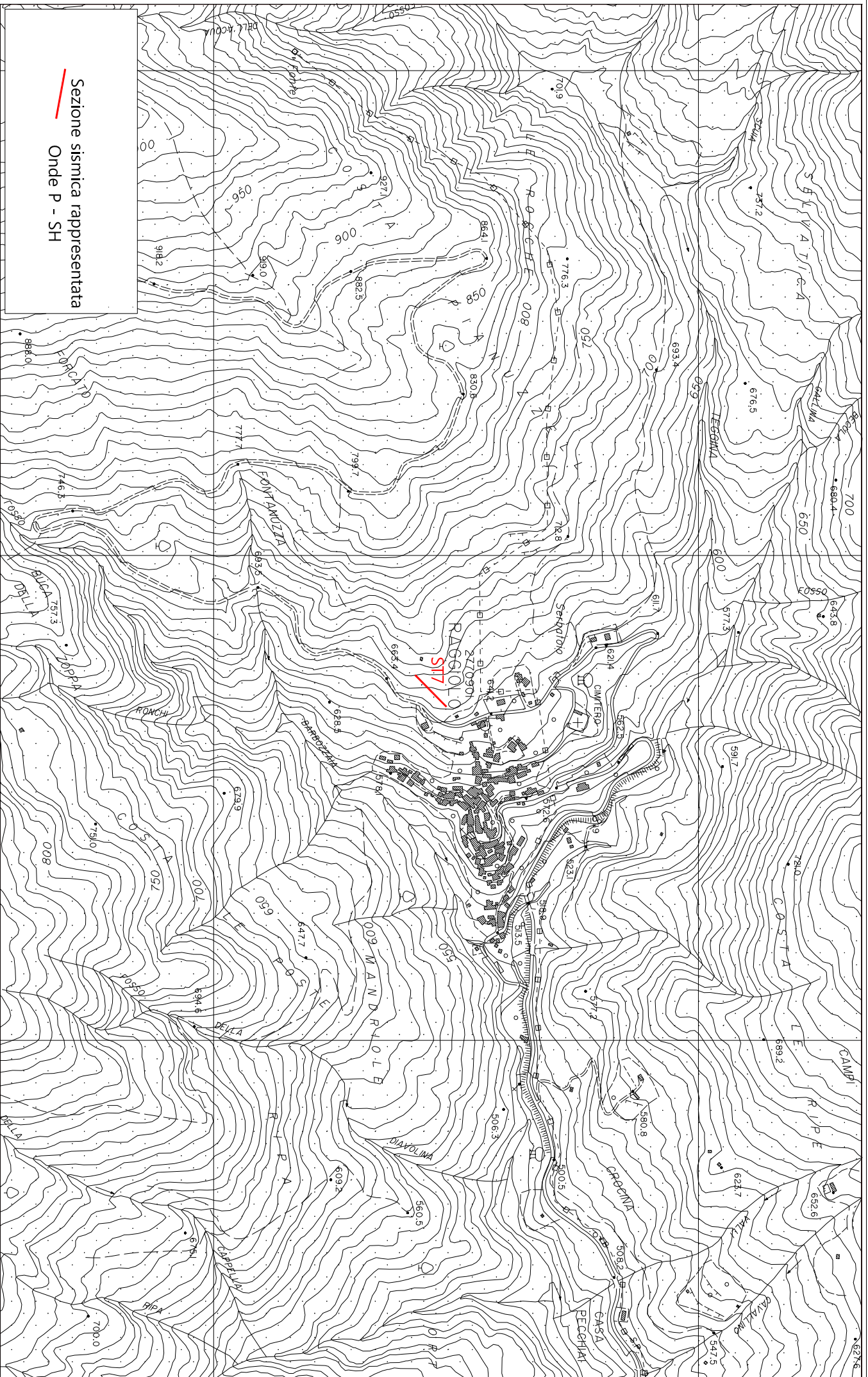
TRIGEO SNC

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

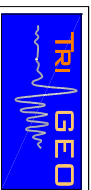


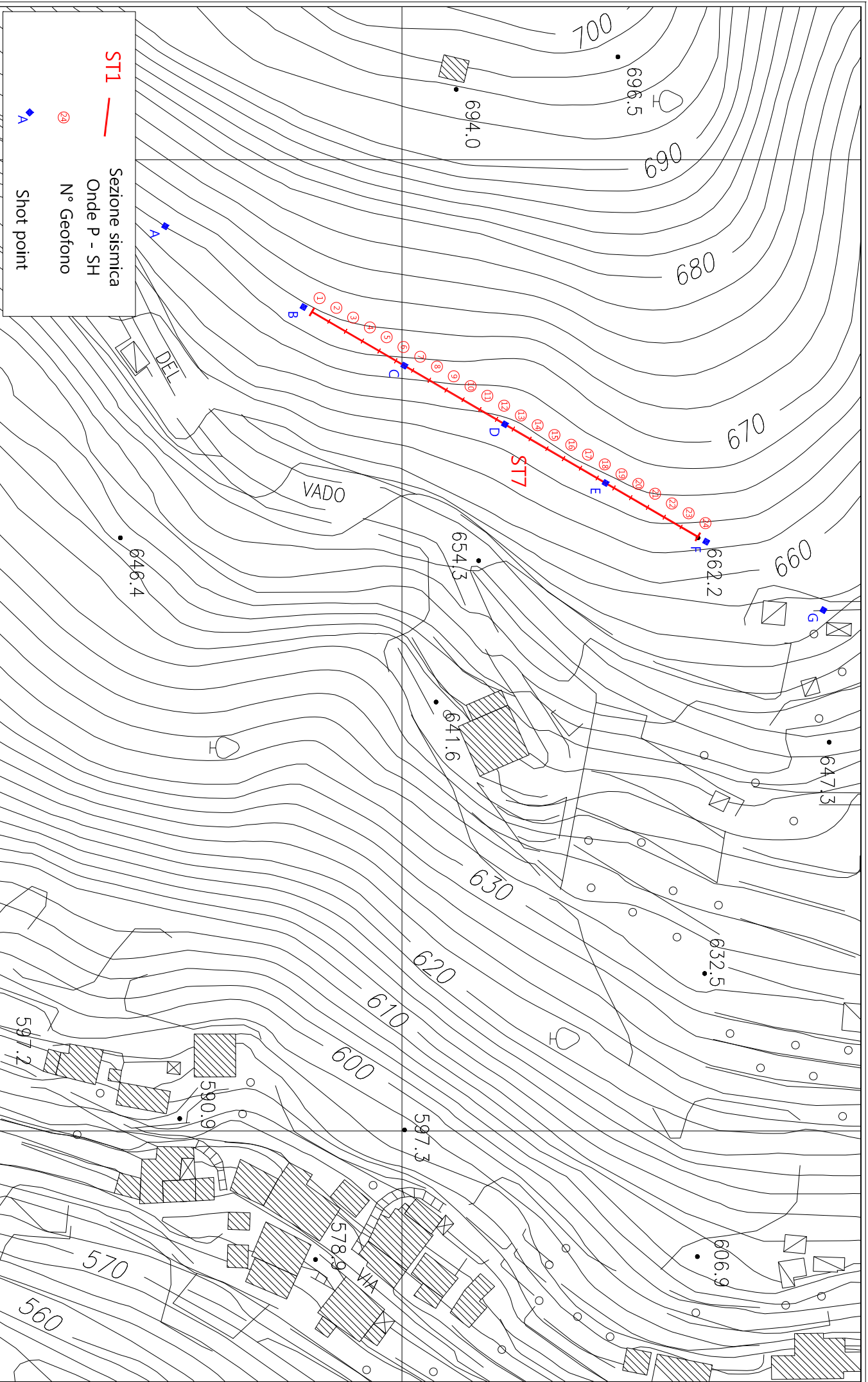
Sezione sismica rappresentata
Onde P - SH

Scala 1: 10000

Novembre 2014

Tavola 01 - Planimetria generale - ort_ST7





Scala 1: 1000

Novembre 2014

Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - ort_ST7



SCHEMA DELLA LINEA – ort_ST7	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA ort_ST7

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	670.50
2	4	4.0	670.30
3	8	4.0	670.25
4	12	4.0	670.10
5	16	4.0	669.90
6	20	4.0	669.80
7	24	4.0	668.90
8	28	4.0	667.80
9	32	4.0	666.60
10	36	4.0	665.50
11	40	4.0	664.90
12	44	4.0	664.20
13	48	4.0	664.10
14	52	4.0	664.05
15	56	4.0	663.80
16	60	4.0	663.70
17	64	4.0	663.60
18	68	4.0	663.30
19	72	4.0	663.20
20	76	4.0	663.10
21	80	4.0	663.05
22	84	4.0	662.70
23	88	4.0	662.35
24	92	4.0	662.20

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	4839415,62	4839480.30
Y(m)	1718246,51	1718311,94

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

ONDE P	Σ ONDE SH	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.1298	DAT.1279	A - ESTERNO SX	-35	669.50
DAT.1297	DAT.1281	B - ESTREMO SX	-2.0	670.50
DAT.1296	DAT.1283	C - INTERMEDIO SX	22.0	669.40
DAT.1295	DAT.1285	D - CENTRALE	46.0	664.15
DAT.1294	DAT.1287	E - INTERMEDIO DX	70.0	663.30
DAT.1293	DAT.1289	F - ESTREMO DX	94.0	662.15
DAT.1292	DAT.1291	G - ESTREMO DX	122	657.00

TEMPI ONDE P E ONDE SH – ort_ST7	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

TEMPI ONDE P – ort_ST7

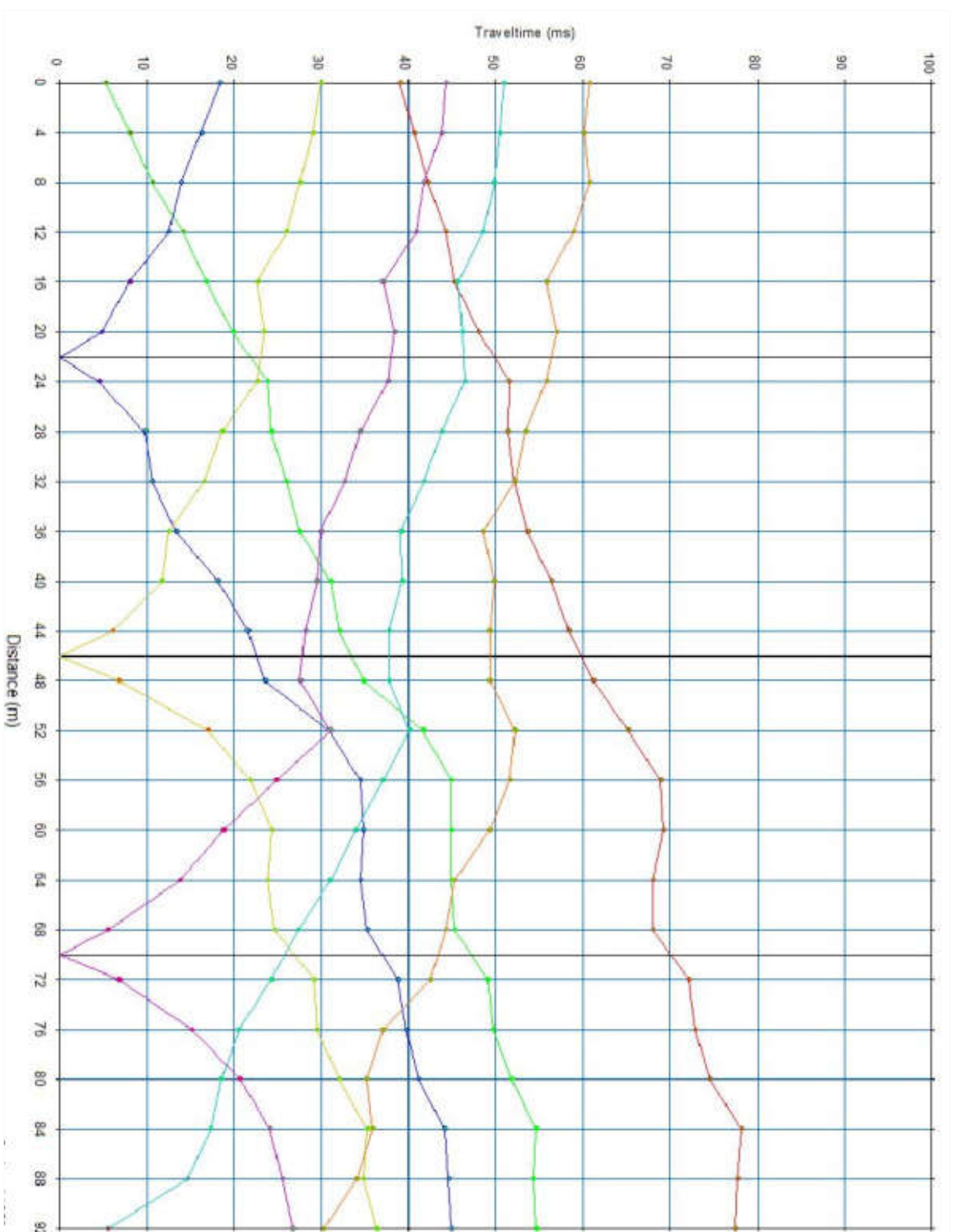
GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	39.00	5.28	18.38	29.96	44.25	50.96	60.78
2	4	40.63	8.03	16.18	29.00	43.73	50.45	60.09
3	8	42.25	10.63	13.88	27.55	41.75	49.76	60.75
4	12	44.25	14.12	12.51	25.94	40.88	48.55	58.88
5	16	45.25	16.75	8.00	22.63	37.02	45.63	55.79
6	20	48.00	19.86	4.82	23.42	38.38	46.14	56.99
7	24	51.50	23.88	4.48	22.61	37.63	46.38	55.79
8	28	51.38	24.25	9.76	18.60	34.38	43.73	53.37
9	32	52.13	25.94	10.56	16.53	32.71	41.75	52.17
10	36	53.63	27.50	13.31	12.51	29.96	39.13	48.50
11	40	56.38	31.00	18.13	11.71	29.50	39.25	49.76
12	44	58.38	32.02	21.50	6.08	28.13	37.71	49.24
13	48	61.13	34.75	23.50	6.75	27.55	37.71	49.24
14	52	65.13	41.67	30.88	16.99	30.99	40.12	52.17
15	56	68.87	44.88	34.44	21.81	24.79	37.02	51.63
16	60	69.21	44.88	34.78	24.33	18.77	33.92	49.24
17	64	67.95	44.88	34.44	23.88	13.75	30.99	45.25
18	68	67.95	45.25	35.24	24.63	5.51	27.38	44.25
19	72	72.08	49.01	38.75	29.16	6.75	24.28	42.53
20	76	72.89	49.63	39.72	29.50	15.15	20.50	37.02
21	80	74.49	51.77	41.13	32.02	20.66	18.50	35.12
22	84	78.17	54.64	44.08	35.24	24.13	17.25	35.88
23	88	77.71	54.29	44.54	34.78	25.48	14.63	34.00
24	92	77.36	54.64	44.88	36.39	26.69	5.51	30.25

TEMPI ONDE P E ONDE SH – ort_ST7	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

TEMPI ONDE SH – ort_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	64.91	5.51	26.69	48.55	80.06	95.90	114.15
2	4	69.21	9.64	22.38	46.66	78.50	93.49	111.74
3	8	70.63	13.26	19.97	44.25	76.25	93.49	112.26
4	12	75.24	16.36	17.56	41.84	73.52	88.50	108.64
5	16	80.06	18.75	12.00	36.50	69.63	84.25	104.51
6	20	83.85	22.38	5.51	33.40	66.12	83.13	101.93
7	24	87.47	26.69	7.92	30.99	66.12	80.75	100.21
8	28	89.88	31.51	15.84	28.58	58.20	75.93	95.90
9	32	96.59	36.50	19.97	24.28	56.47	77.65	97.80
10	36	98.31	39.43	24.28	16.36	50.45	68.01	91.77
11	40	101.41	44.25	30.30	13.26	49.76	65.63	90.39
12	44	102.62	47.35	34.61	9.13	46.14	61.98	89.88
13	48	110.54	52.17	42.53	12.13	46.14	68.53	92.25
14	52	116.05	63.19	53.37	26.17	46.14	73.52	99.00
15	56	122.16	70.42	57.68	31.51	38.22	71.63	94.70
16	60	122.16	71.11	59.57	38.22	30.50	64.75	88.67
17	64	124.74	74.04	61.29	38.50	14.63	62.00	85.06
18	68	128.36	77.65	64.91	41.32	7.50	57.88	84.37
19	72	133.01	82.64	70.42	46.66	7.00	50.96	80.75
20	76	134.81	86.26	74.72	50.45	21.18	41.32	77.13
21	80	135.50	86.78	78.34	53.37	31.51	38.88	74.04
22	84	139.25	89.88	80.06	57.68	37.71	30.99	71.63
23	88	145.66	93.49	84.37	62.50	44.63	21.87	68.01
24	92	147.47	94.18	86.26	64.91	52.17	5.51	64.39

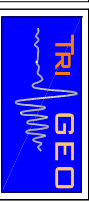
Dromocrone



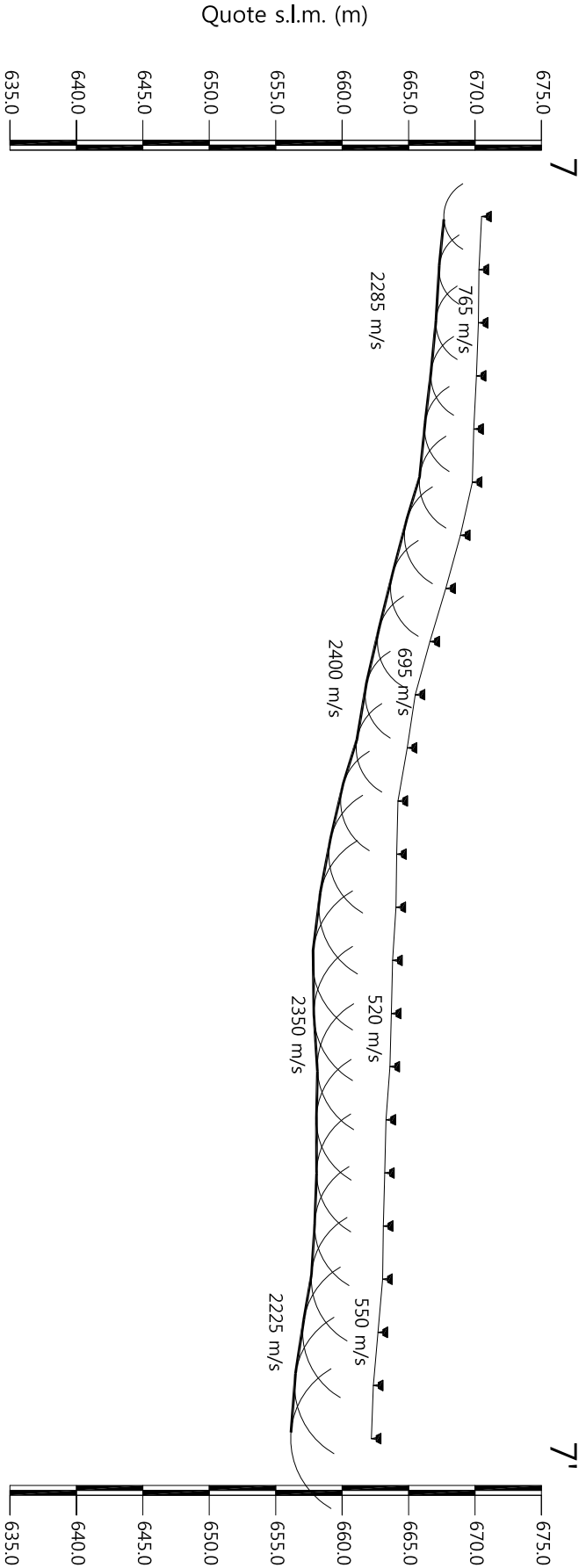
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 03 - Dromocrone - Onde P - ort_ST7



Sezione sismostratigrafica - Onde P - ort_ST7



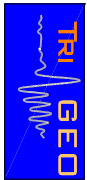
Numero geofono	Distanze (m)	Quote s.l.m. (m)	Profondità da p.c. strato 1 (m)
1	0	670.50	2.85
2	4	670.30	3.01
3	8	670.25	3.19
4	12	670.10	3.42
5	16	669.90	3.69
6	20	669.80	3.99
7	24	668.90	4.21
8	28	667.80	4.16
9	32	666.60	3.95
10	36	665.50	3.77
11	40	664.90	3.84
12	44	664.20	4.32
13	48	664.10	5.11
14	52	664.05	5.80
15	56	663.80	6.04
16	60	663.70	5.83
17	64	663.60	5.47
18	68	663.30	5.24
19	72	663.20	5.12
20	76	663.10	5.17
21	80	663.05	5.37
22	84	662.70	5.67
23	88	662.35	5.93
24	92	662.20	6.07



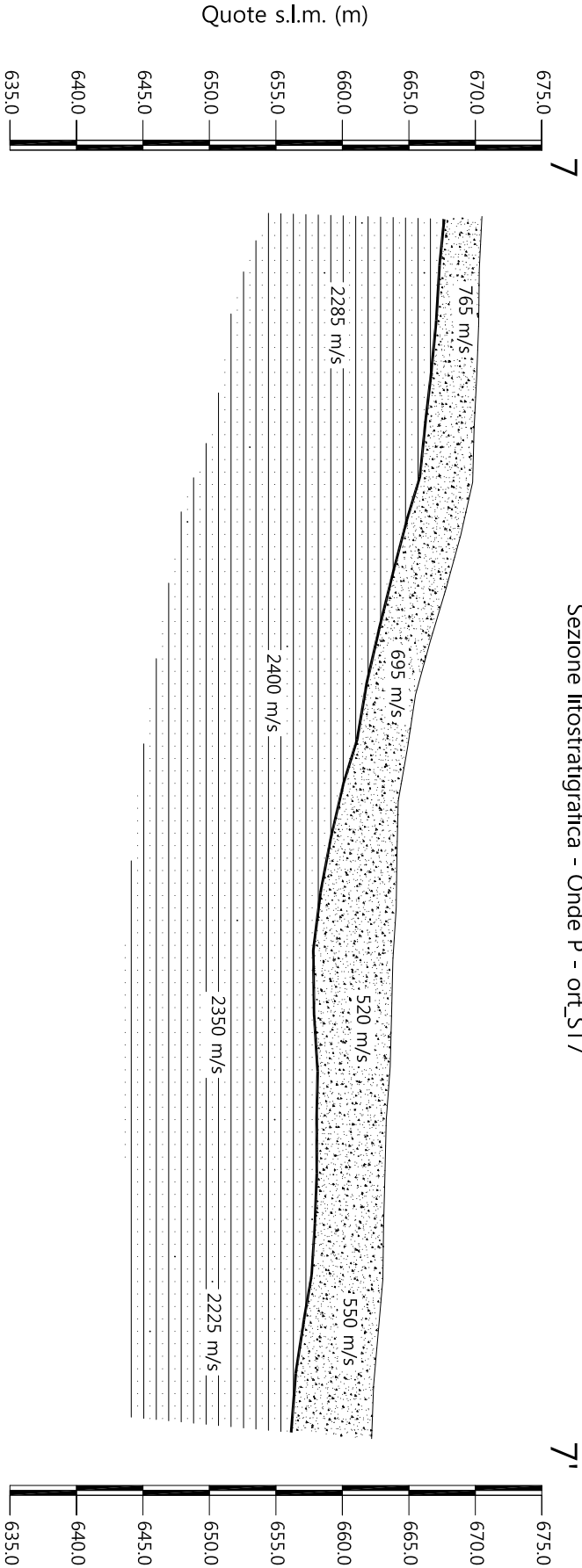
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ort_ST7



Sezione litostratigrafica - Onde P - ort_ST7



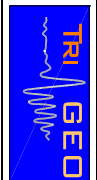
Legenda

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

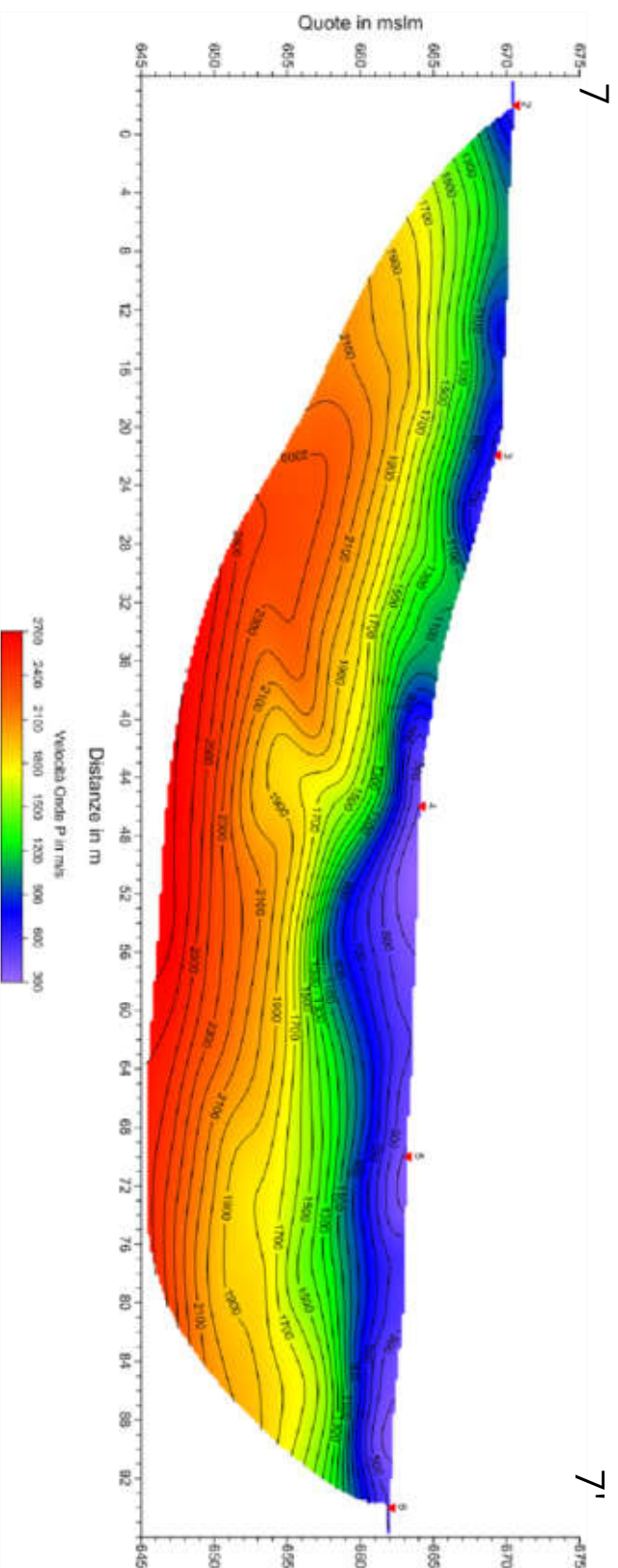
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - ort_ST7



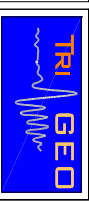
Sezione tomografica - Onde P - ort_ST7



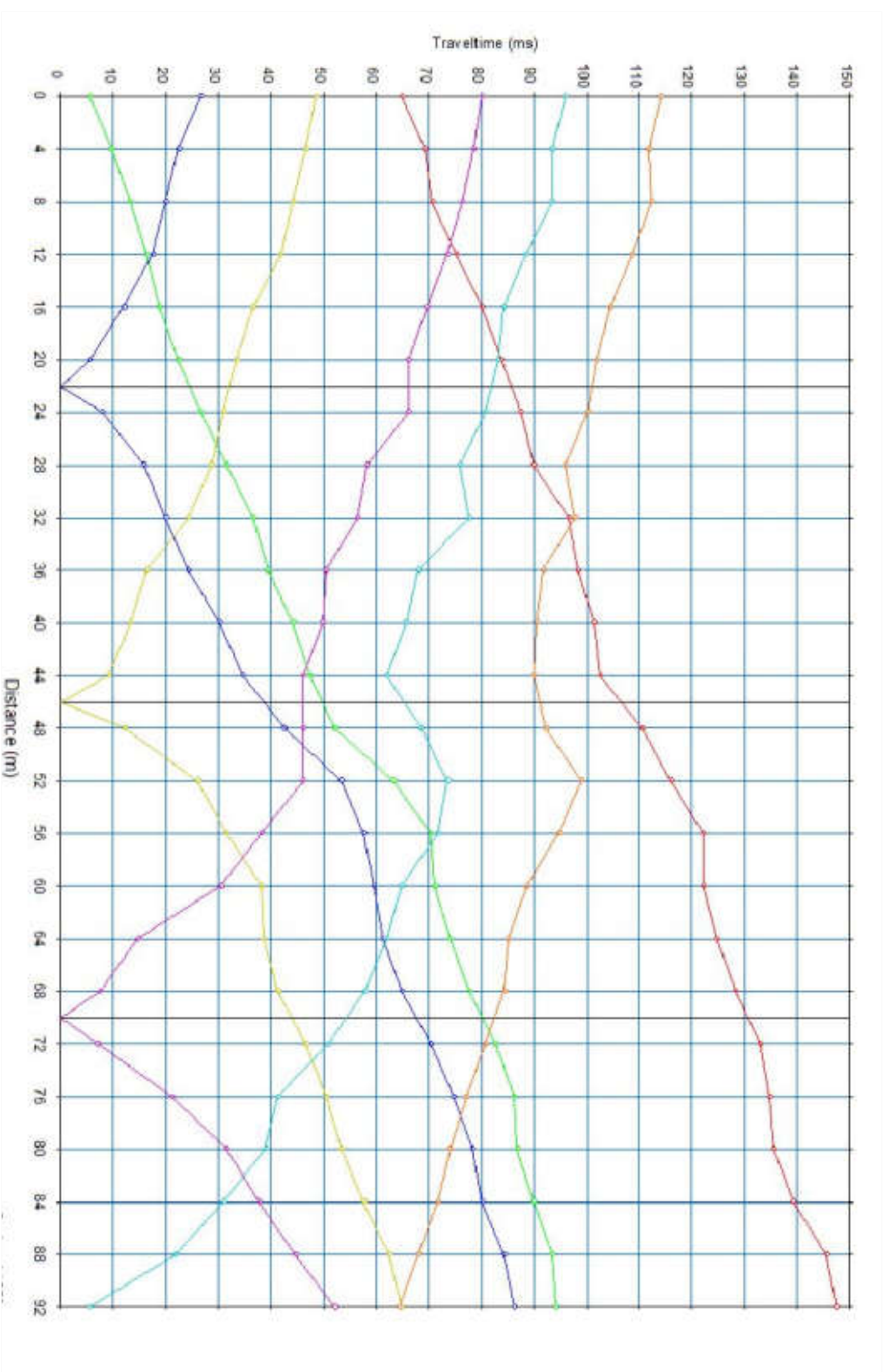
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 06 - Sezione tomografica - Onde P - ort_ST7



Dromocrone



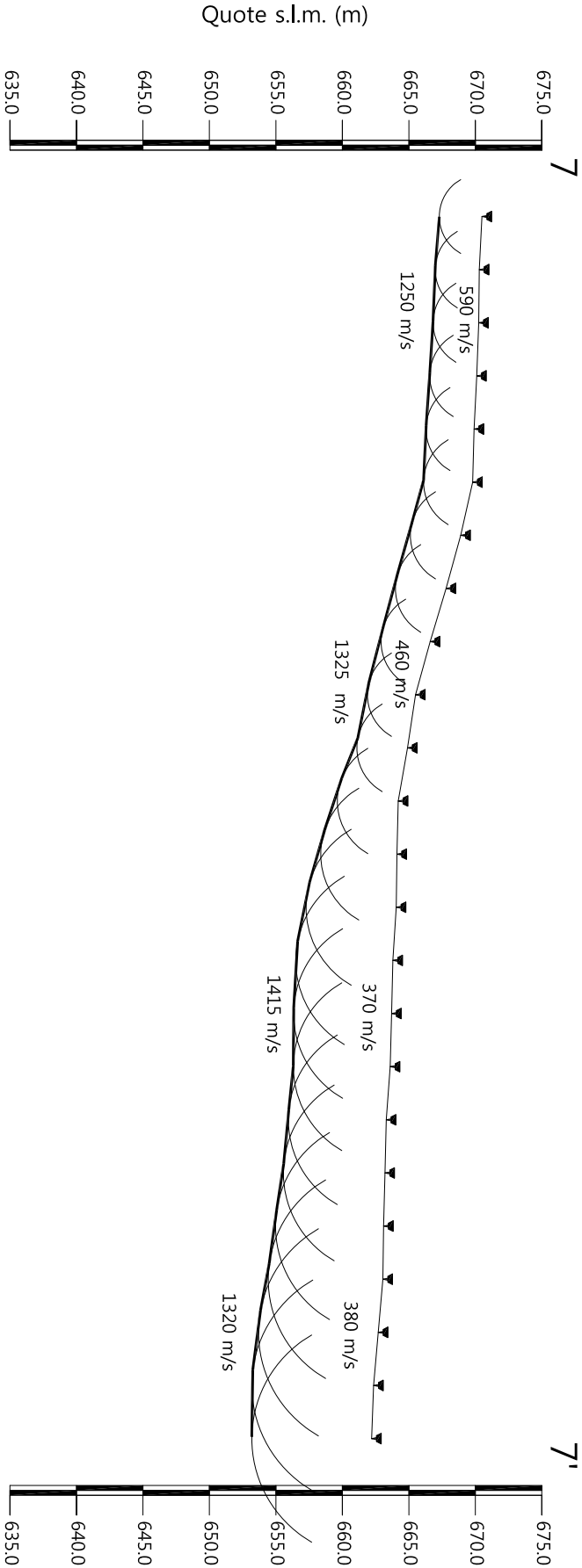
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 07 - Dromocrone - Onde SH - ort_ST7



Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ort_ST7



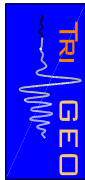
Numero geofono	Distanze (m)	Quote s.l.m. (m)	Profondità da p.c. strato 1 (m)
1	0	670.50	3.21
2	4	670.30	3.32
3	8	670.25	3.43
4	12	670.10	3.53
5	16	669.90	3.61
6	20	669.80	3.69
7	24	668.90	3.79
8	28	667.80	3.81
9	32	666.60	3.69
10	36	665.50	3.62
11	40	664.90	3.81
12	44	664.20	4.58
13	48	664.10	5.73
14	52	664.05	6.78
15	56	663.80	7.31
16	60	663.70	7.37
17	64	663.60	7.29
18	68	663.30	7.37
19	72	663.20	7.64
20	76	663.10	8.13
21	80	663.05	8.63
22	84	662.70	9.01
23	88	662.35	9.16
24	92	662.20	9.01



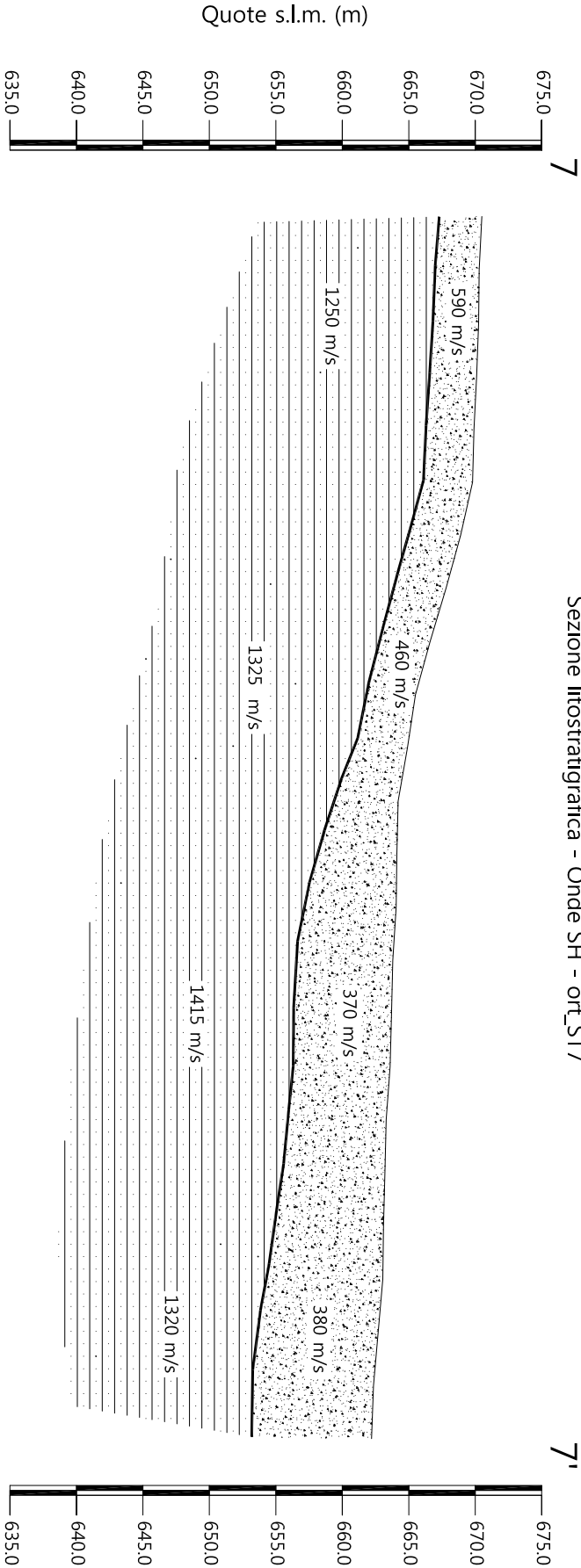
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 08- Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ort_ST7



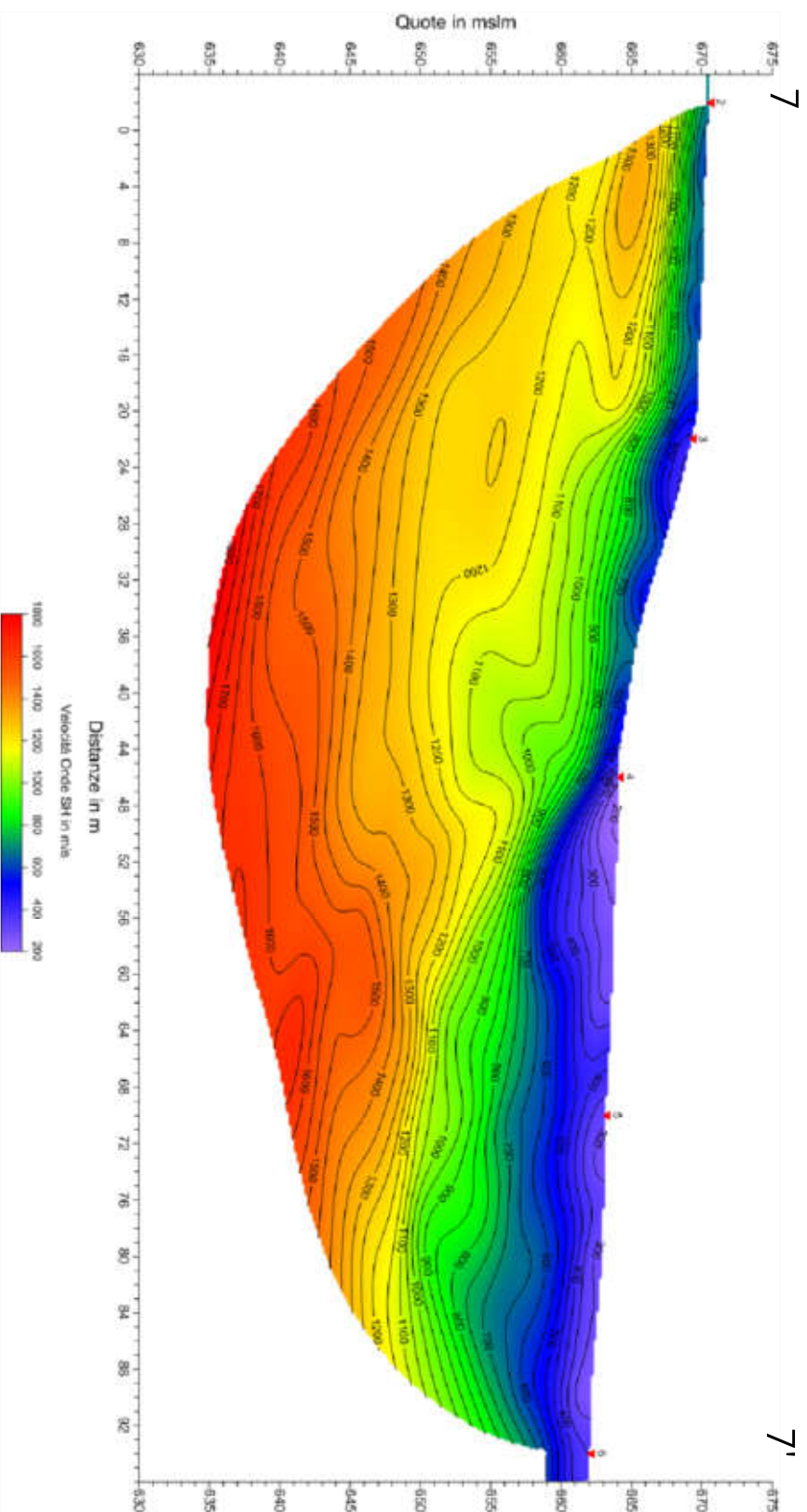
Sezione litostratigrafica - Onde SH - ort_ST7



Legenda

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

Sezione tomografica - Onde SH - ort_ST7



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ort_ST7

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST7 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	2.85
2	4	3.01
3	8	3.19
4	12	3.42
5	16	3.69
6	20	3.99
7	24	4.21
8	28	4.16
9	32	3.95
10	36	3.77
11	40	3.84
12	44	4.32
13	48	5.11
14	52	5.80
15	56	6.04
16	60	5.83
17	64	5.47
18	68	5.24
19	72	5.12
20	76	5.17
21	80	5.37
22	84	5.67
23	88	5.93
24	92	6.07

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST7 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	3.21
2	4	3.32
3	8	3.43
4	12	3.53
5	16	3.61
6	20	3.69
7	24	3.79
8	28	3.81
9	32	3.69
10	36	3.62
11	40	3.81
12	44	4.58
13	48	5.73
14	52	6.78
15	56	7.31
16	60	7.37
17	64	7.29
18	68	7.37
19	72	7.64
20	76	8.13
21	80	8.63
22	84	9.01
23	88	9.16
24	92	9.01

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST7 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	764	2356
2	4	764	2344
3	8	764	2315
4	12	764	2269
5	16	764	2224
6	20	764	2196
7	24	762	2208
8	28	748	2280
9	32	725	2395
10	36	690	2493
11	40	643	2530
12	44	593	2494
13	48	553	2423
14	52	517	2353
15	56	493	2312
16	60	489	2301
17	64	494	2290
18	68	501	2261
19	72	516	2227
20	76	534	2209
21	80	553	2211
22	84	570	2217
23	88	585	2220
24	92	596	2220

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST7 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	690	1295
2	4	656	1283
3	8	615	1264
4	12	570	1244
5	16	526	1224
6	20	499	1210
7	24	490	1214
8	28	476	1248
9	32	467	1304
10	36	456	1364
11	40	438	1403
12	44	416	1426
13	48	391	1436
14	52	378	1442
15	56	359	1440
16	60	349	1423
17	64	347	1388
18	68	353	1345
19	72	358	1316
20	76	370	1304
21	80	385	1309
22	84	399	1318
23	88	403	1323
24	92	406	1323



Vista generale ort_ST7 da G12 verso G1.



Vista generale ort_ST7 da G12 verso G24.



Shot point A – Onde SH – ort_ST7.



Shot point B – Onde SH – ort_ST7.



Shot point C – Onde SH – ort_ST7.



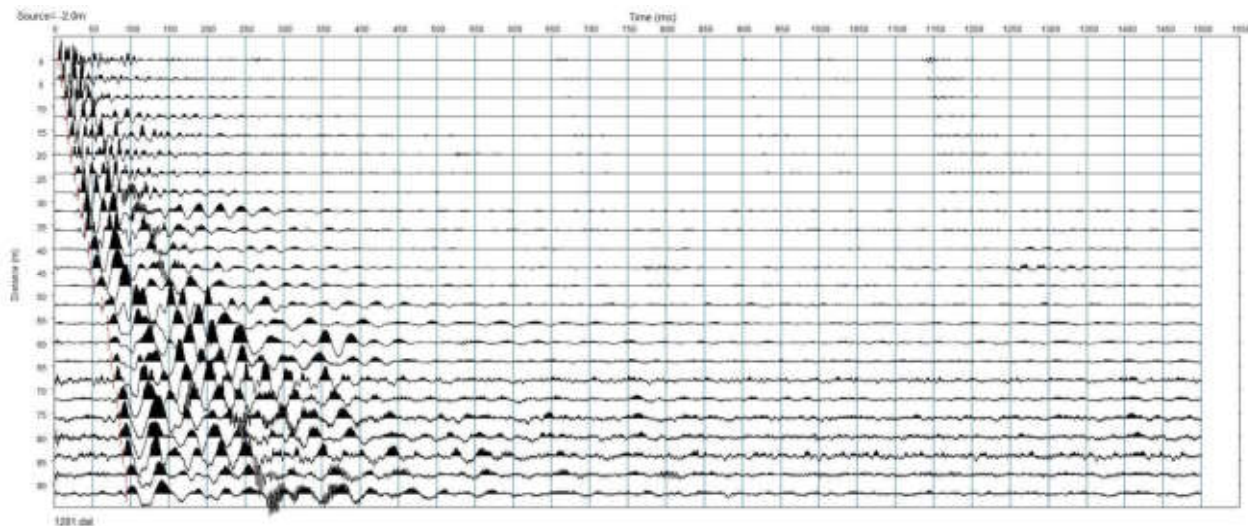
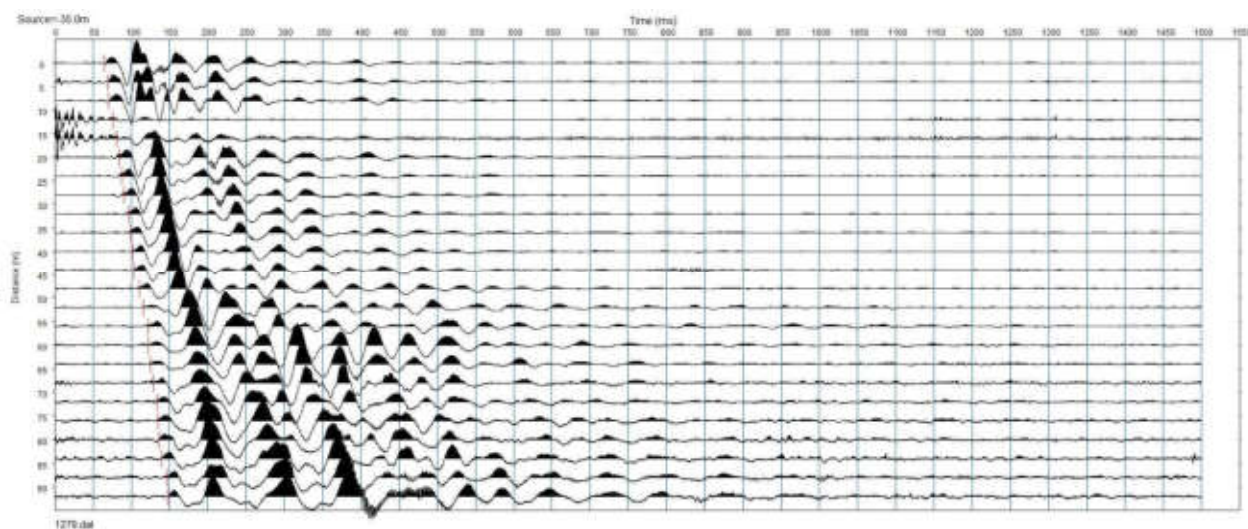
Shot point C – Onde P – ort_ST7.

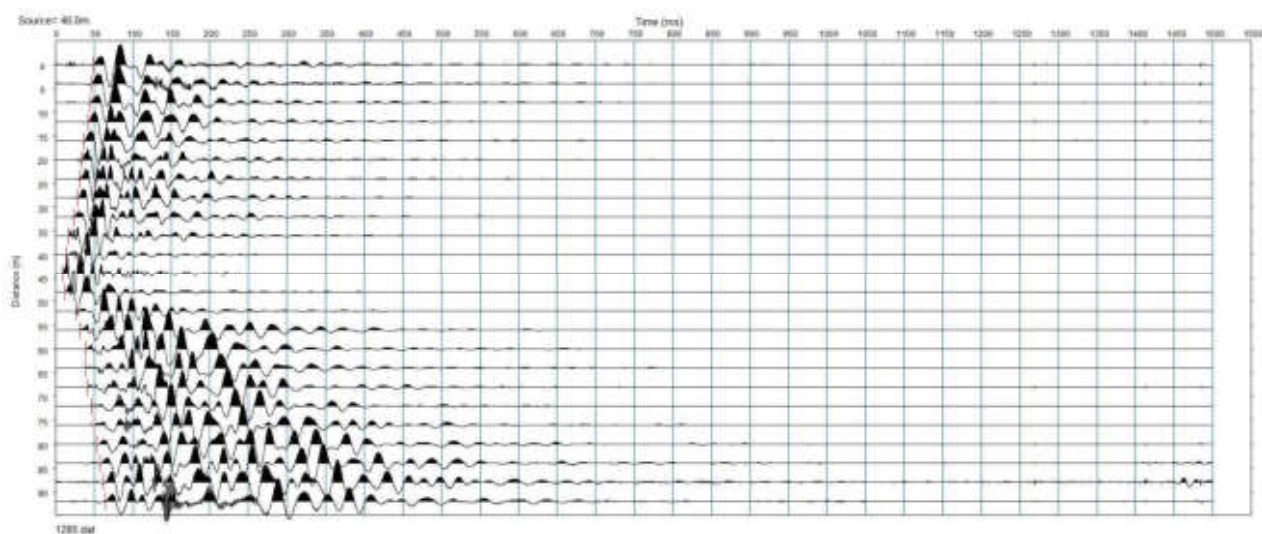
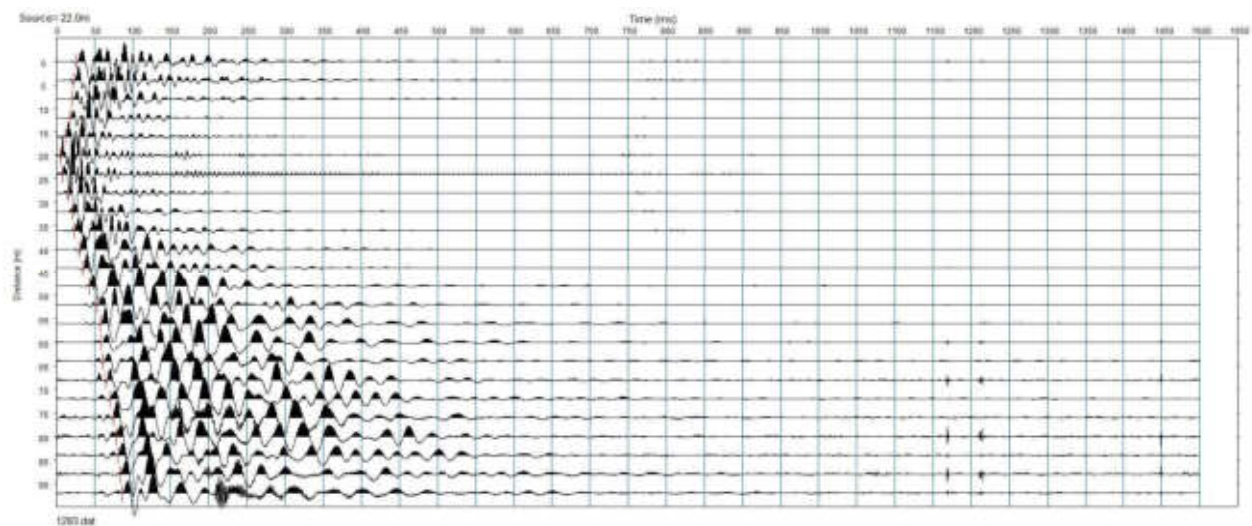
REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA – ort_ST7

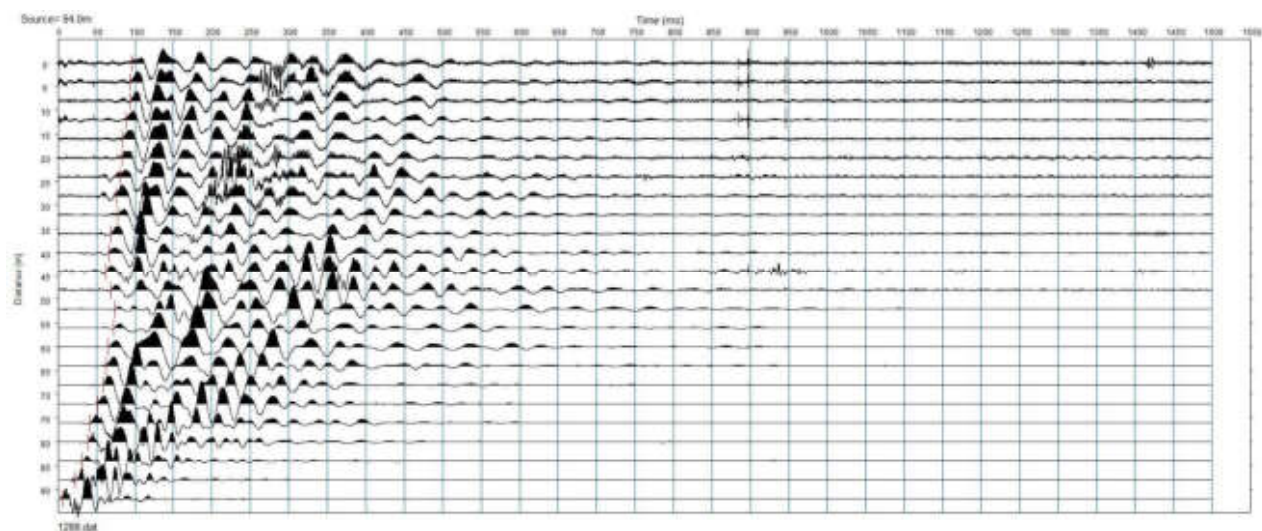
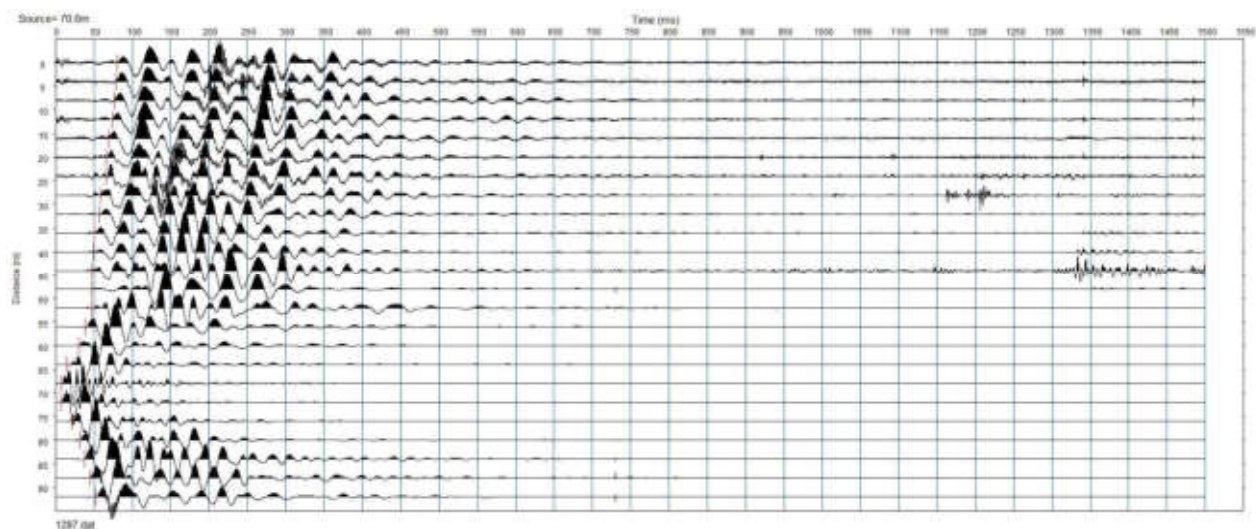
file 1279 - 1291 Onde SH

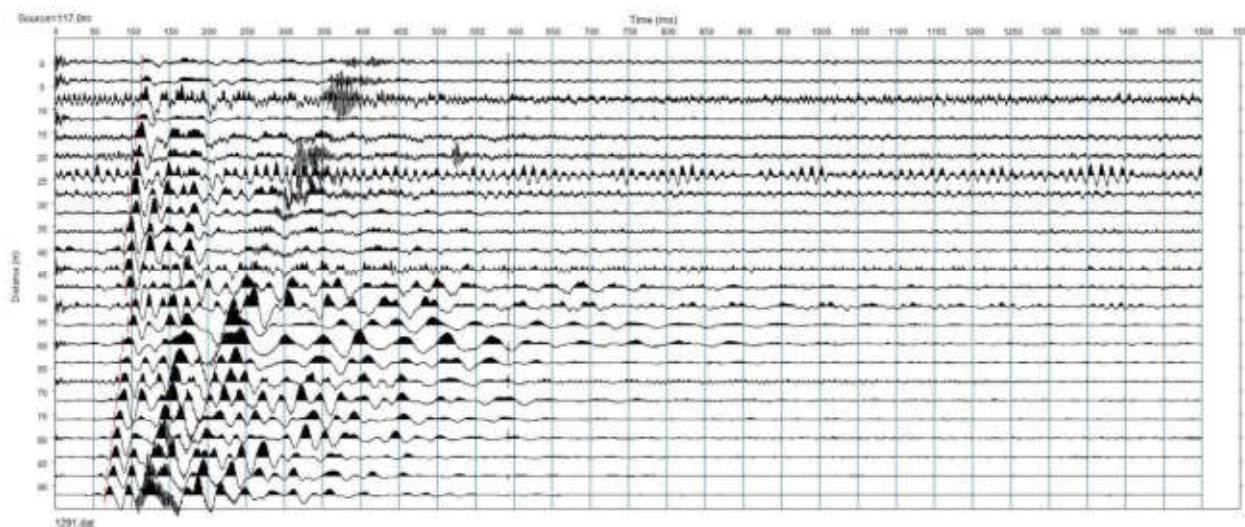
file 1292 - 1298 Onde P

ONDE SH Σ

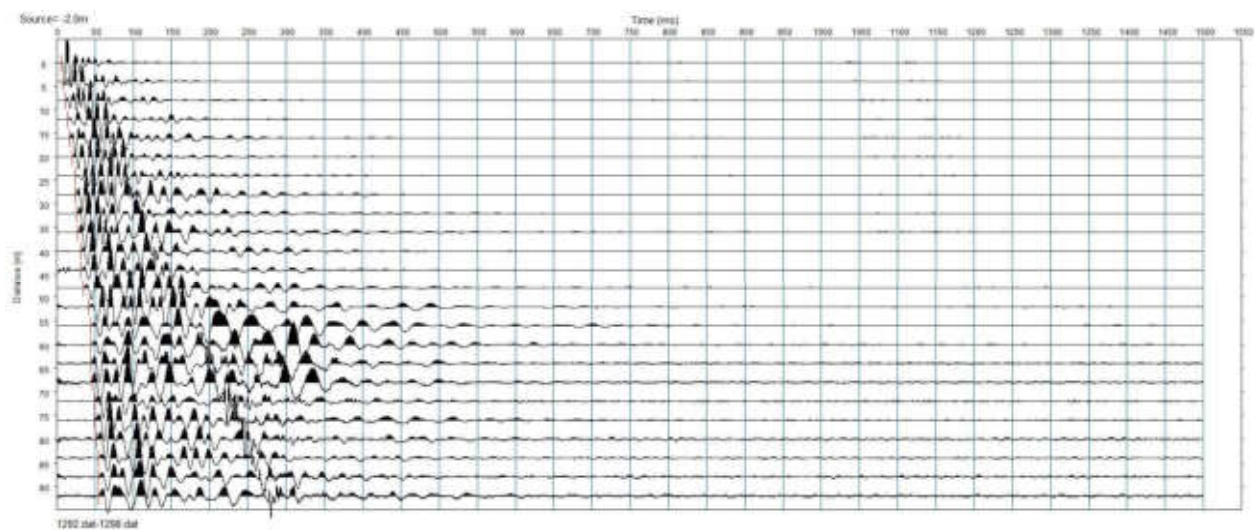
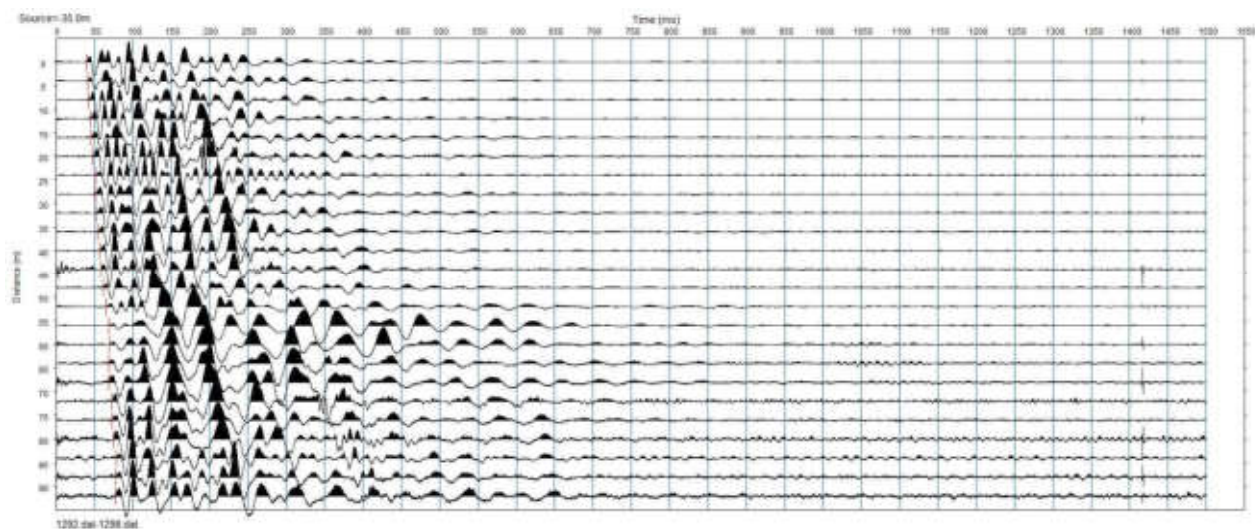


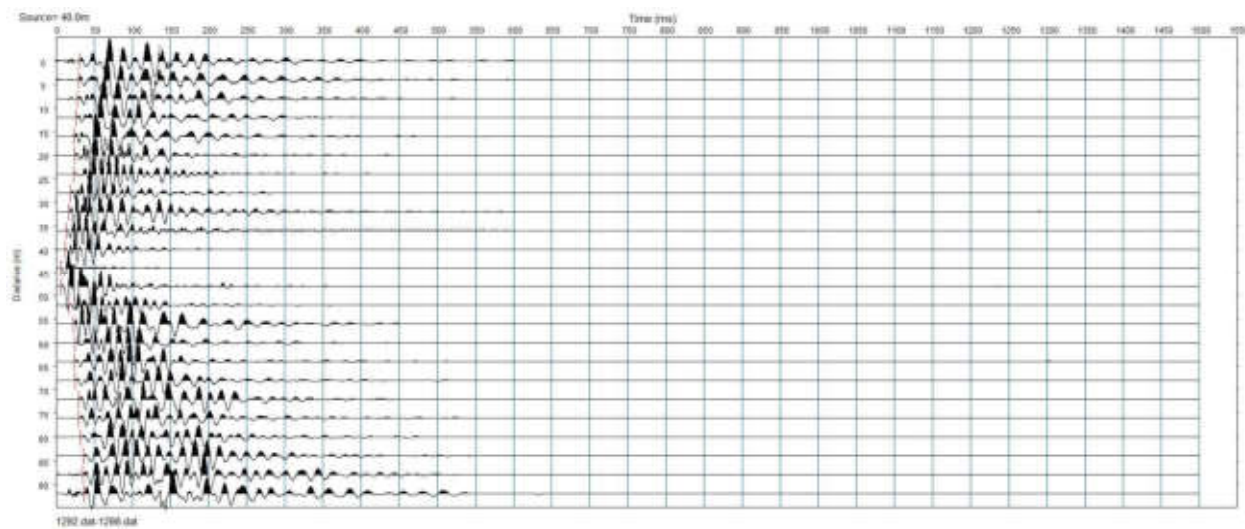
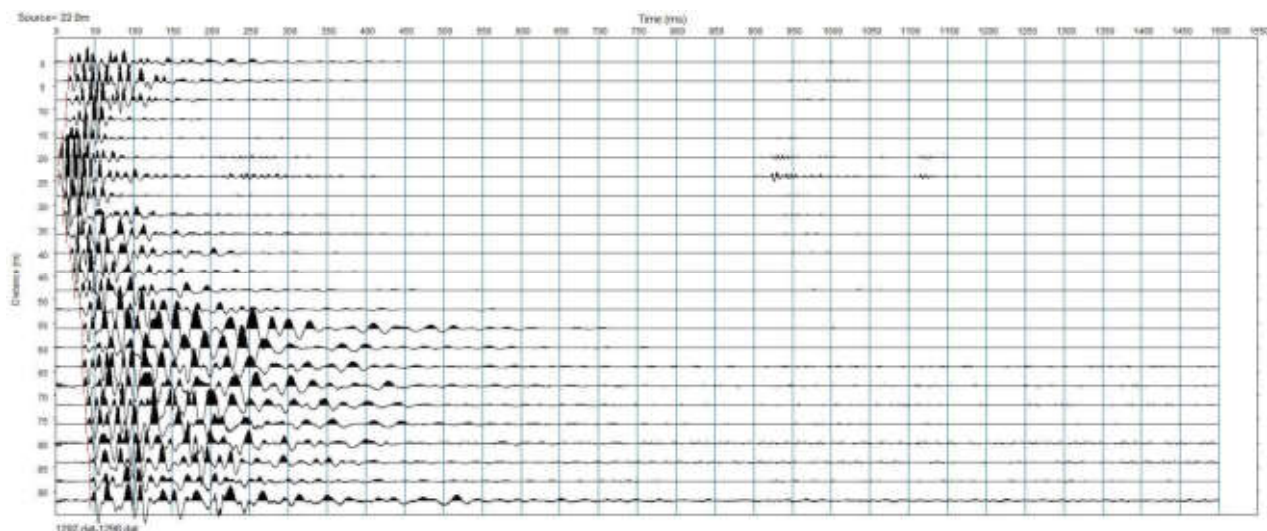


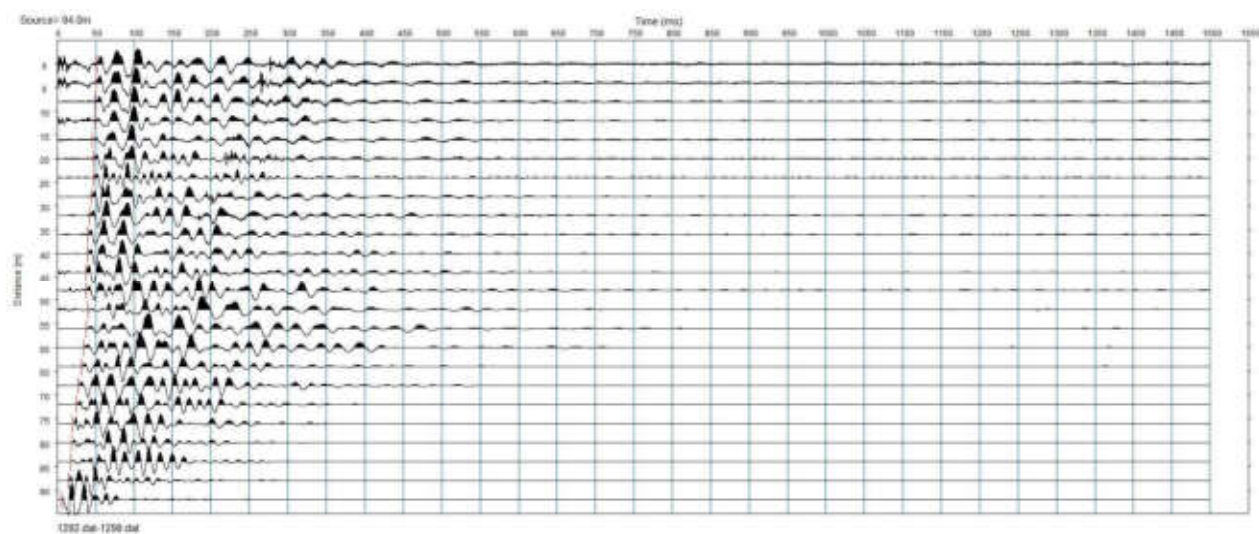
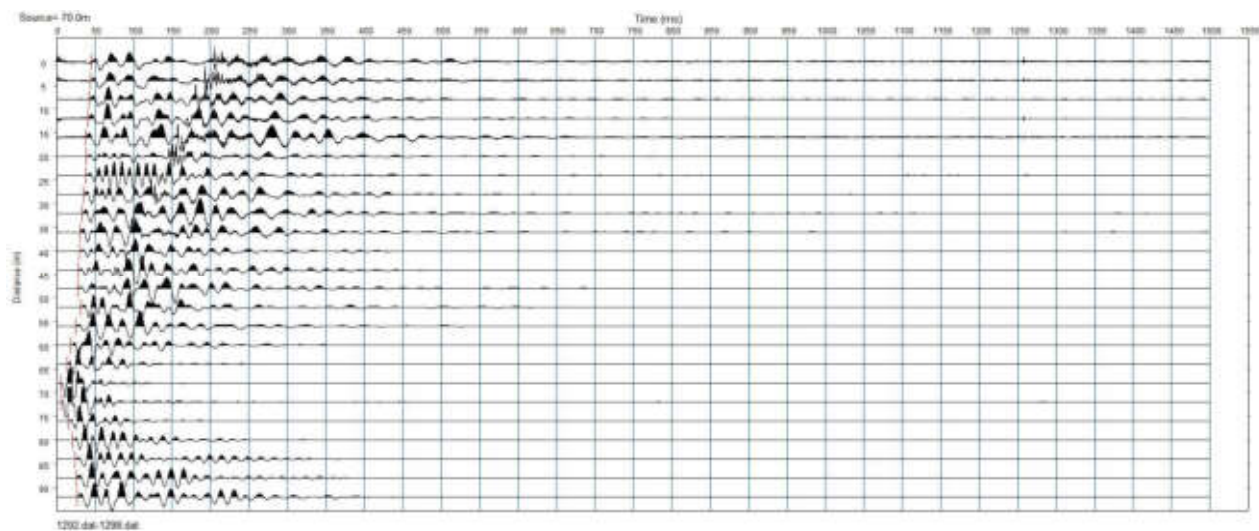


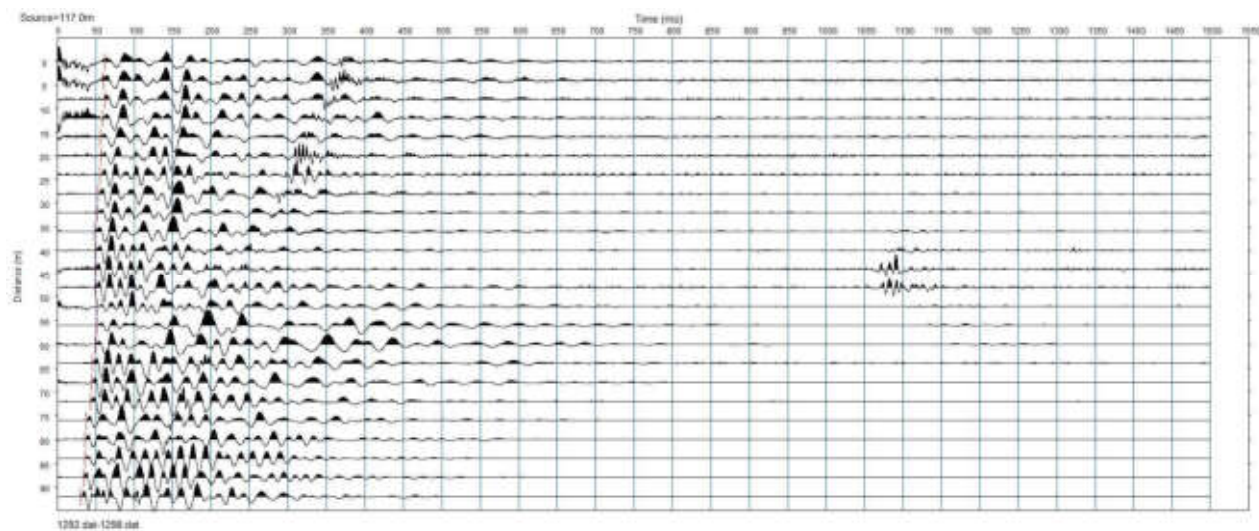


ONDE P









COMUNE DI ORTIGNANO

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 ORT_ST8”

COMMITTENTE:

COMUNE DI ORTIGNANO

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
20 Novembre 2014

TRIGEО 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

TRIGEО 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

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST8	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST8	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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 ORTIGNANO (AR)**, nei pressi dell'abitato di **BADIA TEGA (Fig. 1)**.



Figura 1: Particolare della sezione ort_ST8.

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

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 **ort_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 **ort_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

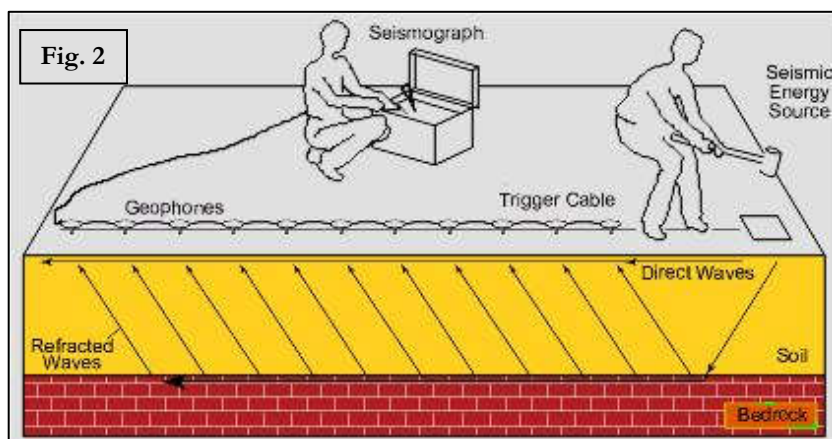
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo 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 **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



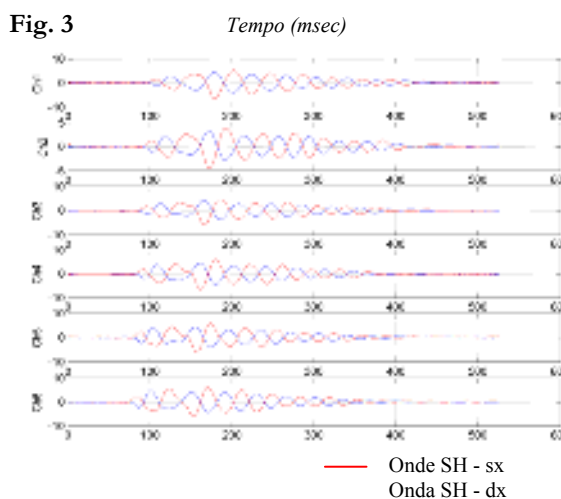
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

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 “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

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST8	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (AR)
		Pag. 6 di 12

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.

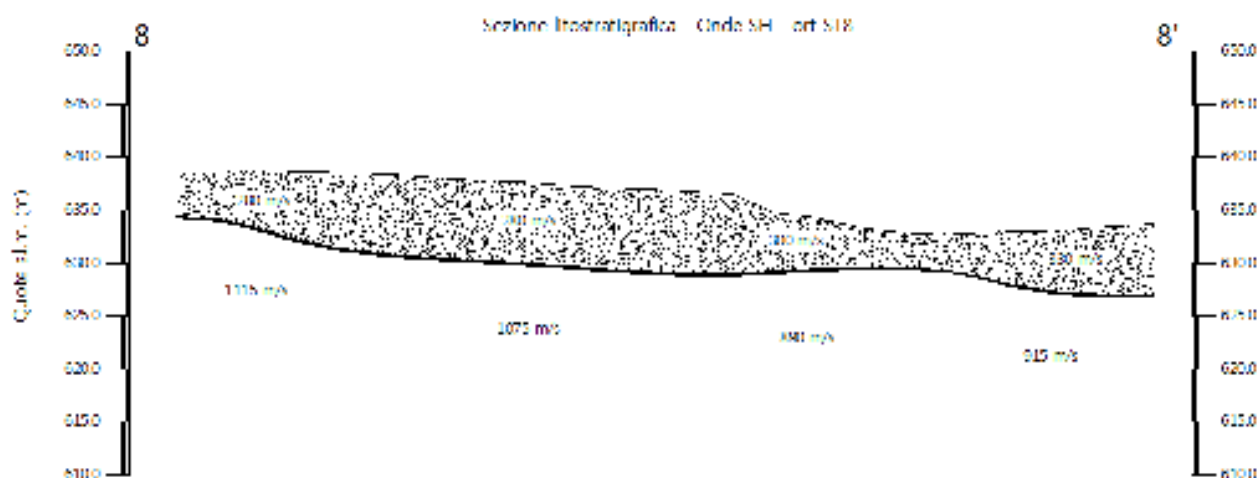
Le sezioni litostratigrafiche interpretate assieme alle sezioni tomografiche, rappresentano il risultato conclusivo dell'analisi dei dati sintetizzati nelle tavole e tabelle allegate.

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 3.35 m e 7.90 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 5.6 m.

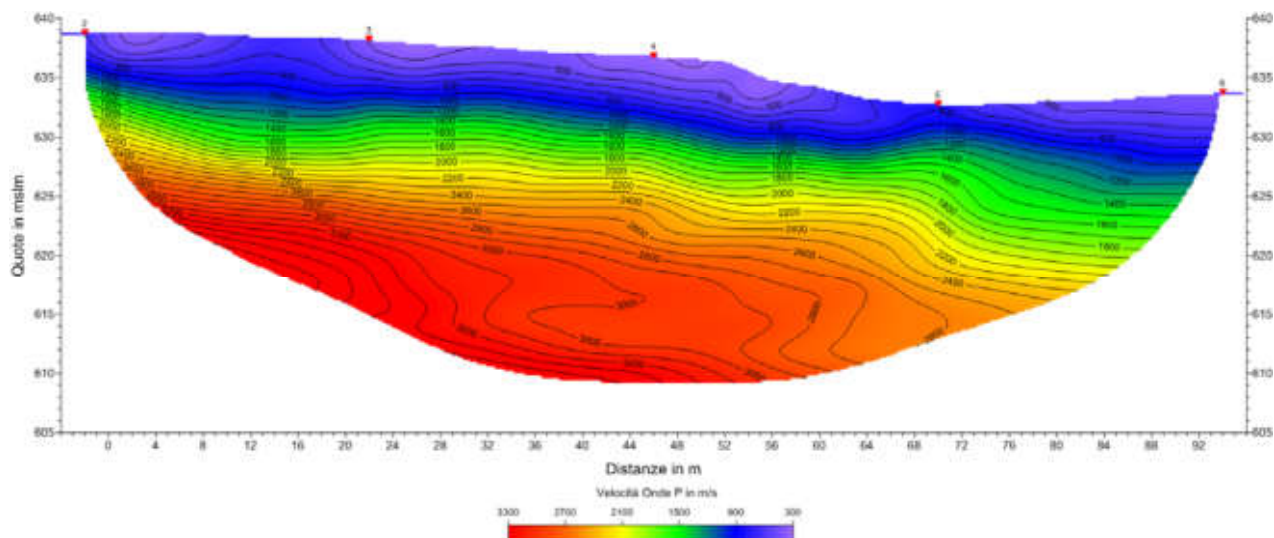
Nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 395 e 540 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 280 e 330 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Camaldoli (FAL2) che presenta velocità comprese tra 3.010 e 2.530 m/s (onde P) e tra 890 e 1.115 m/s (onde SH).

La **Sezione ST8**, effettuata in direzione SO-NE, in località Badia Tega, 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 (profondità comprese tra 4.50-4.70 m), tende poi ad approfondire nella porzione centrale della linea raggiungendo la profondità massima (7.90 m), nella porzione della linea che segue la brusca rottura di pendio il rifrattore risale apprezzabilmente (profondità 3.40-3.80 m), per poi approfondire nuovamente attestandosi a 6.85 m. Il rifrattore ottenuto dall'elaborazione delle onde P evidenzia il medesimo andamento di quello ottenuto dalle onde SH.

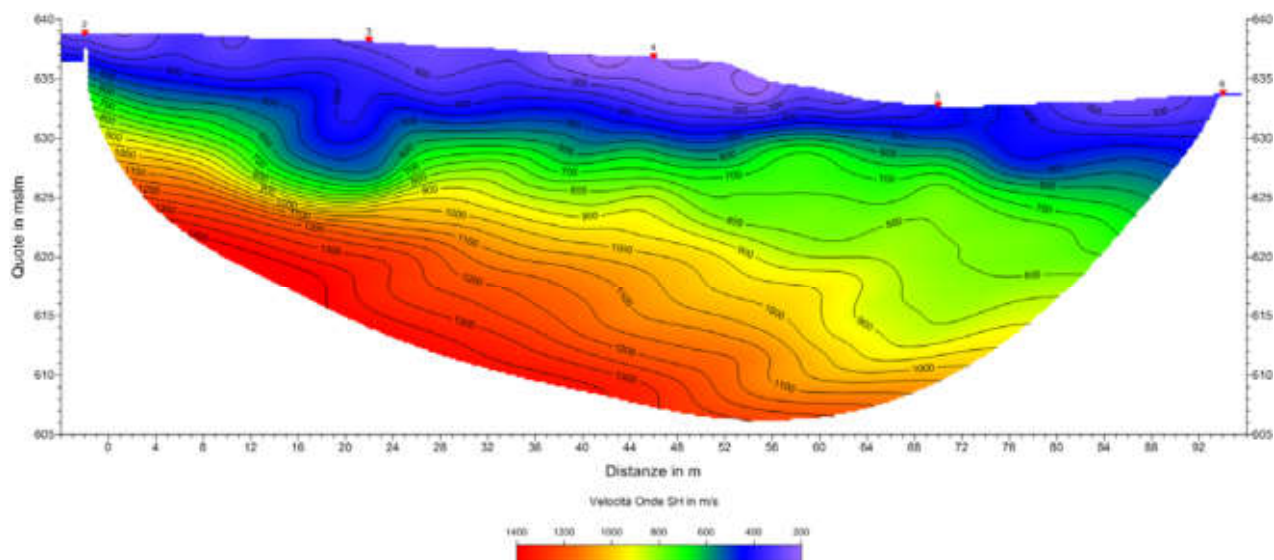


Le velocità del substrato roccioso mostrano per le onde P, valori compresi tra 3.010 e 2.530 m/s, con valori decrescenti con valori decrescenti lungo lo stendimento. Le velocità delle onde SH mostrano il medesimo andamento con velocità che passano da 1.115 a 890 m/s .

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 centrale/finale, il passaggio al substrato roccioso risulta evidenziato dal raffittimento delle curve di isovelocità (a partire da quella dei 1.000-1.100 m/s onde P), mentre per le onde SH, il contatto si osserva a partire dalla curva dei 500-600 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 ORTIGNANO LINEA SISMICA ORT_ST8	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (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 **BADIA TEGA, ORTIGNANO (AR)**. L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante sismica a rifrazione, ha permesso di identificare in profondità il passaggio tra i materiali più superficiali caratterizzati da detrito di versante (a), 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 3.35 m e 7.90 m (onde P ed onde SH). Il valore medio di profondità della superficie individuata, rispetto al p.c., è di ca. 5.6 m;
- nella zona d'intervento il rifrattore mette a contatto il detrito di versante (a), caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 395 e 540 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 280 e 330 m/s, con il substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Falterona membro di Camaldoli (FAL2) che presenta velocità comprese tra 3.010 e 2.530 m/s (onde P) e tra 890 e 1.115 m/s (onde SH).

Firenze, li 20/11/2014

TRIGEO SNC
TRIGEO s.n.c.
di Nenetti Andrea & Zanfanti 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 ORTIGNANO</i> <i>LINEA SISMICA ORT_ST8</i>	Novembre 2014
		Comune di Ortignano (AR)
		Pag. 11 di 12

ALLEGATI

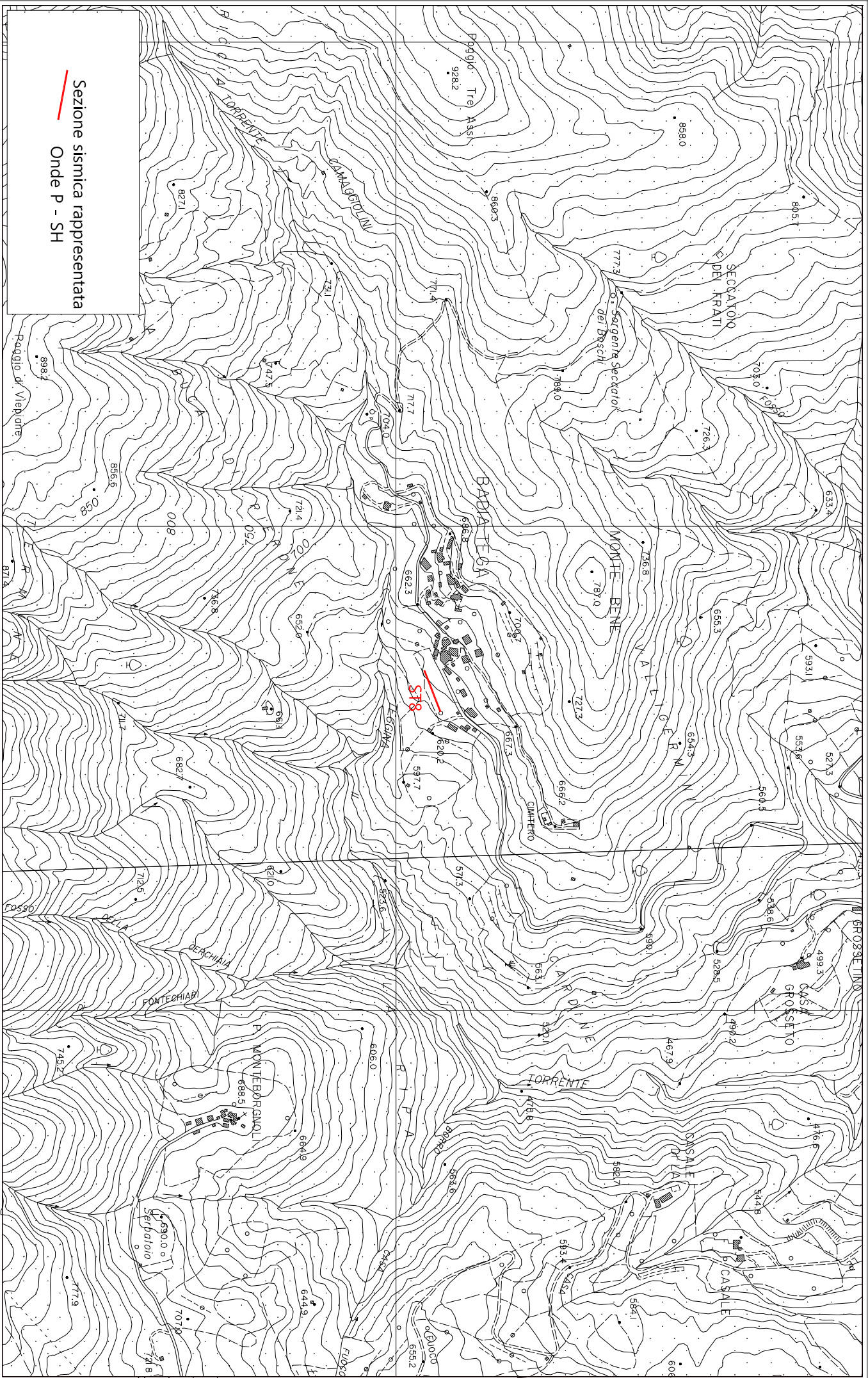
TRIGEO SNC

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

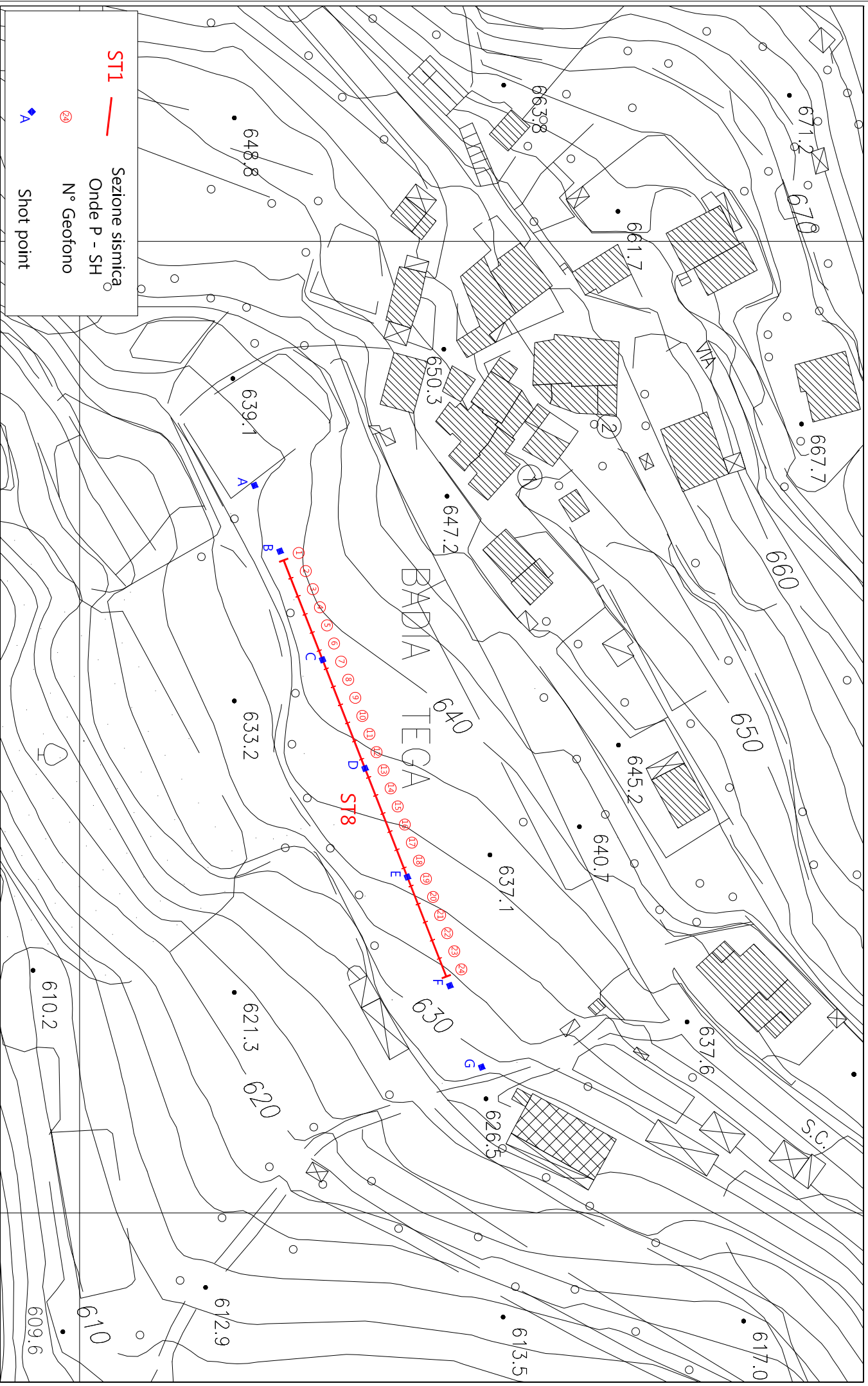


Scala 1: 10000

Novembre 2014

Tavola 01 - Planimetria generale - ort_ST8



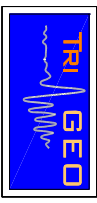


ST1 — Sezione sismica
Onde P - SH
N° Geofono
Shot point

Scala 1: 1000

Novembre 2014

Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - ort_ST8



SCHEMA DELLA LINEA – ort_ST8	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA ort_ST8

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	638.80
2	4	4.0	638.80
3	8	4.0	638.80
4	12	4.0	638.60
5	16	4.0	638.50
6	20	4.0	638.40
7	24	4.0	638.10
8	28	4.0	637.80
9	32	4.0	637.70
10	36	4.0	637.30
11	40	4.0	637.10
12	44	4.0	636.95
13	48	4.0	636.80
14	52	4.0	636.50
15	56	4.0	634.80
16	60	4.0	634.30
17	64	4.0	633.30
18	68	4.0	632.90
19	72	4.0	632.70
20	76	4.0	632.90
21	80	4.0	633.05
22	84	4.0	633.10
23	88	4.0	633.50
24	92	4.0	633.70

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	4838058,52	4838092,00
Y(m)	1721297,26	1721382,95

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

ONDE P	Σ ONDE SH	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.1321	DAT.1303	A - ESTERNO SX	-17.0	637.90
DAT.1320	DAT.1301	B - ESTREMO SX	-2.0	638.80
DAT.1318	DAT.1305	C - INTERMEDIO SX	22.0	638.30
DAT.1317	DAT.1307	D - CENTRALE	46.0	636.90
DAT.1316	DAT.1309	E - INTERMEDIO DX	70.0	632.80
DAT.1315	DAT.1311	F - ESTREMO DX	94.0	633.70
DAT.1314	DAT.1313	G - ESTREMO DX	112.0	629.10

TEMPI ONDE P E ONDE SH – ort_ST8	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

TEMPI ONDE P – ort_ST8

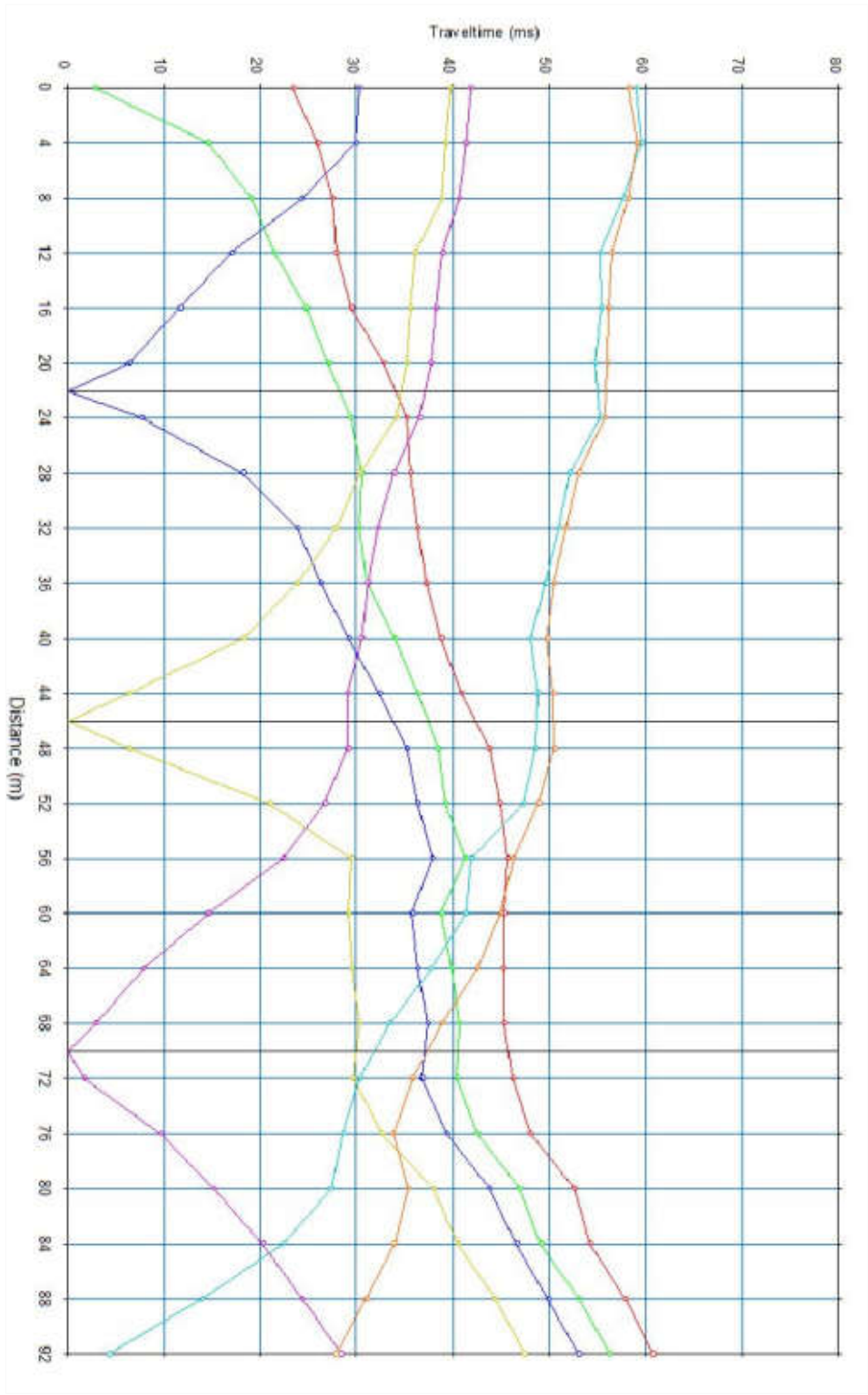
GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	23.42	2.87	30.30	39.72	41.84	59.00	58.20
2	4	25.94	14.58	29.96	39.26	41.32	59.57	59.13
3	8	27.55	19.05	24.33	38.88	40.63	57.68	58.20
4	12	27.89	21.46	16.99	36.04	38.91	55.27	56.47
5	16	29.50	24.68	11.71	35.58	38.22	55.38	56.13
6	20	32.83	27.09	6.43	35.24	37.71	54.75	56.00
7	24	35.24	29.38	7.69	34.13	36.50	55.27	55.79
8	28	35.58	30.50	18.25	30.30	33.88	52.13	53.03
9	32	36.39	30.30	23.88	27.89	32.20	50.96	51.65
10	36	37.19	31.11	26.29	23.88	31.13	49.63	50.45
11	40	38.80	33.98	29.16	18.25	30.50	48.04	49.76
12	44	40.86	36.39	32.37	6.43	29.00	48.75	50.38
13	48	43.73	38.45	35.24	6.43	29.10	48.55	50.50
14	52	44.88	39.26	36.39	21.01	26.69	47.35	48.88
15	56	45.68	41.25	37.88	29.50	22.38	41.84	46.25
16	60	45.34	38.80	35.75	29.16	14.63	41.32	44.94
17	64	45.25	39.88	36.38	29.50	7.88	37.71	42.53
18	68	45.34	40.63	37.38	30.30	2.93	33.40	38.91
19	72	46.14	40.38	36.75	29.63	1.72	30.30	35.81
20	76	48.00	42.47	39.38	32.63	9.64	28.58	33.75
21	80	52.57	46.88	43.75	38.00	15.15	27.38	35.38
22	84	54.25	49.13	46.60	40.52	20.25	22.38	33.92
23	88	57.85	53.13	49.88	44.38	24.38	13.95	30.99
24	92	60.72	56.24	53.03	47.41	28.38	4.30	27.89

TEMPI ONDE P E ONDE SH – ort_ST8	Novembre 2014
	Comune di Ortignano-Raggiolo (AR)

TEMPI ONDE SH – ort_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
1	0	62.88	9.04	57.33	91.08	100.72	131.20	139.63
2	4	66.37	23.76	51.91	87.98	97.37	129.39	135.50
3	8	74.64	32.80	44.68	86.26	96.59	129.39	136.02
4	12	79.29	45.45	30.99	87.47	98.40	130.17	136.71
5	16	82.90	50.88	21.95	84.71	96.13	131.20	137.22
6	20	89.88	56.56	10.07	77.48	95.56	125.77	132.38
7	24	90.13	65.60	10.85	72.06	91.17	125.77	132.92
8	28	88.33	72.83	21.95	62.50	84.71	122.93	128.10
9	32	89.36	72.06	36.42	52.17	79.75	119.32	125.17
10	36	96.59	69.99	50.10	45.45	74.00	116.48	121.38
11	40	104.86	74.64	62.76	32.80	69.99	111.05	116.63
12	44	108.47	81.87	68.18	6.00	65.60	108.13	115.36
13	48	112.86	90.13	72.83	11.88	60.18	102.62	111.74
14	52	118.29	94.78	79.29	30.99	56.56	91.77	104.51
15	56	117.51	89.36	79.29	58.37	39.26	83.16	92.98
16	60	118.29	88.33	78.25	58.37	31.77	77.13	83.85
17	64	113.89	91.17	81.10	58.37	17.30	66.12	77.13
18	68	116.63	95.56	84.71	60.95	4.75	60.78	71.11
19	72	115.70	95.56	87.29	64.88	5.25	55.79	69.90
20	76	123.97	102.01	92.98	72.83	12.65	48.55	67.32
21	80	135.59	110.28	102.79	86.52	24.00	41.84	68.01
22	84	141.27	115.70	110.28	96.59	39.26	35.12	64.39
23	88	144.89	124.74	114.67	100.98	51.91	20.66	58.20
24	92	152.89	131.20	121.13	106.66	63.25	6.46	54.58

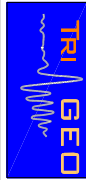
Dromocrone



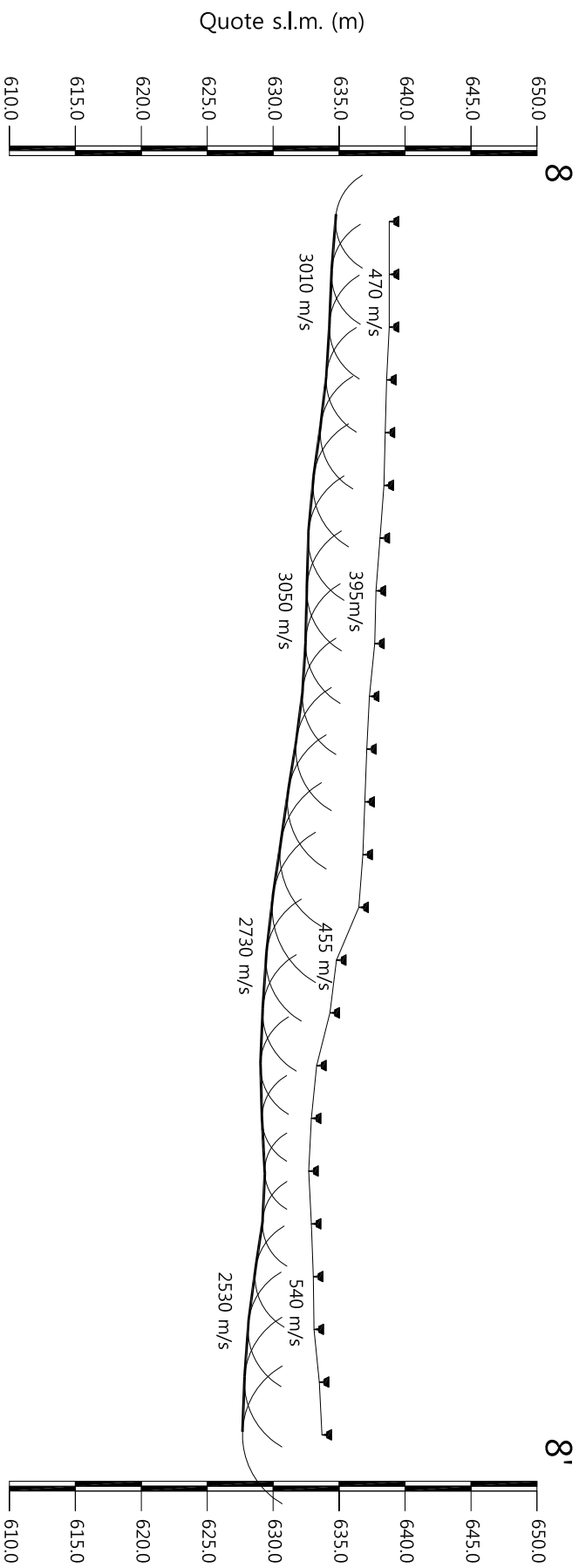
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 03 - Dromocrone - Onde P - or_ST8



Sezione sismostratigrafica - Onde P - ort_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	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)	638.80	638.80	638.80	638.60	638.50	638.40	638.10	637.80	637.70	637.30	637.10	636.95	636.80	636.50	634.80	634.30	633.30	632.90	632.70	632.90	633.05	633.10	633.50	633.70
Profondità da p.c. strato 1 (m)	4.07	4.38	4.54	4.58	4.93	5.38	5.45	5.25	5.24	5.09	5.39	5.87	6.29	6.58	5.34	5.10	4.27	3.75	3.34	3.71	4.43	5.01	5.68	6.03

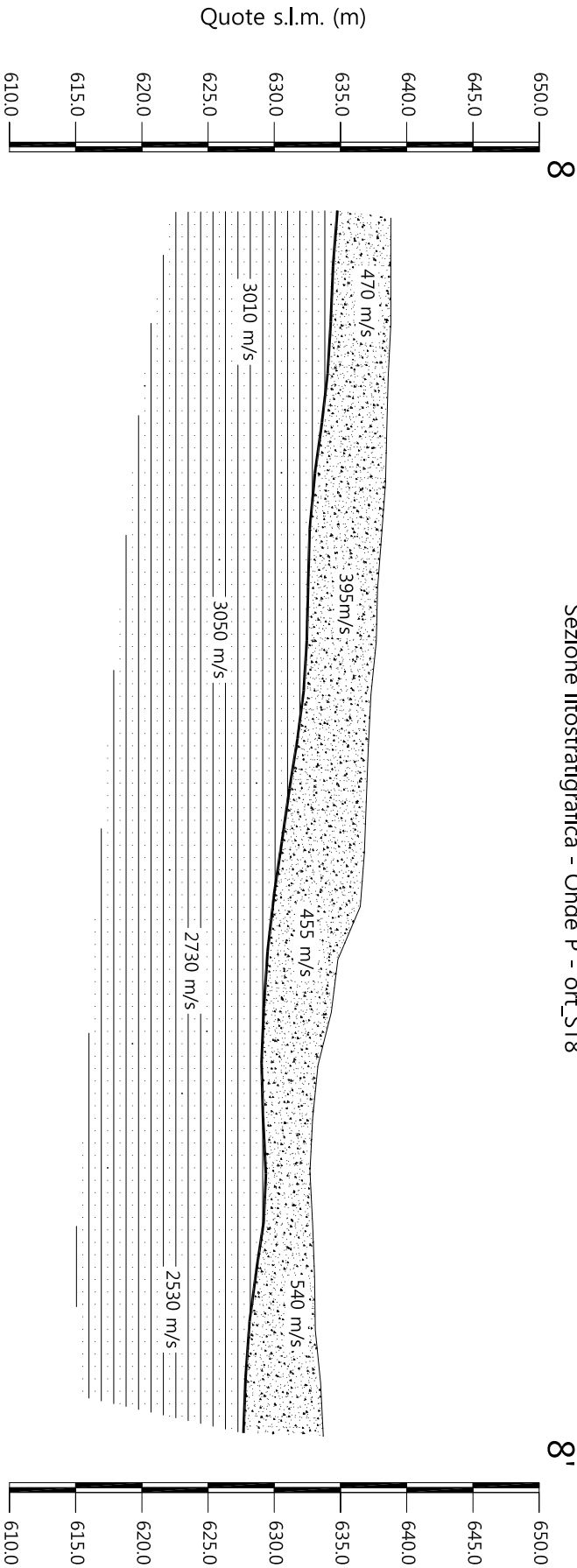


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ort_ST8

Sezione litostratigrafica - Onde P - ort_ST8



Legenda

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

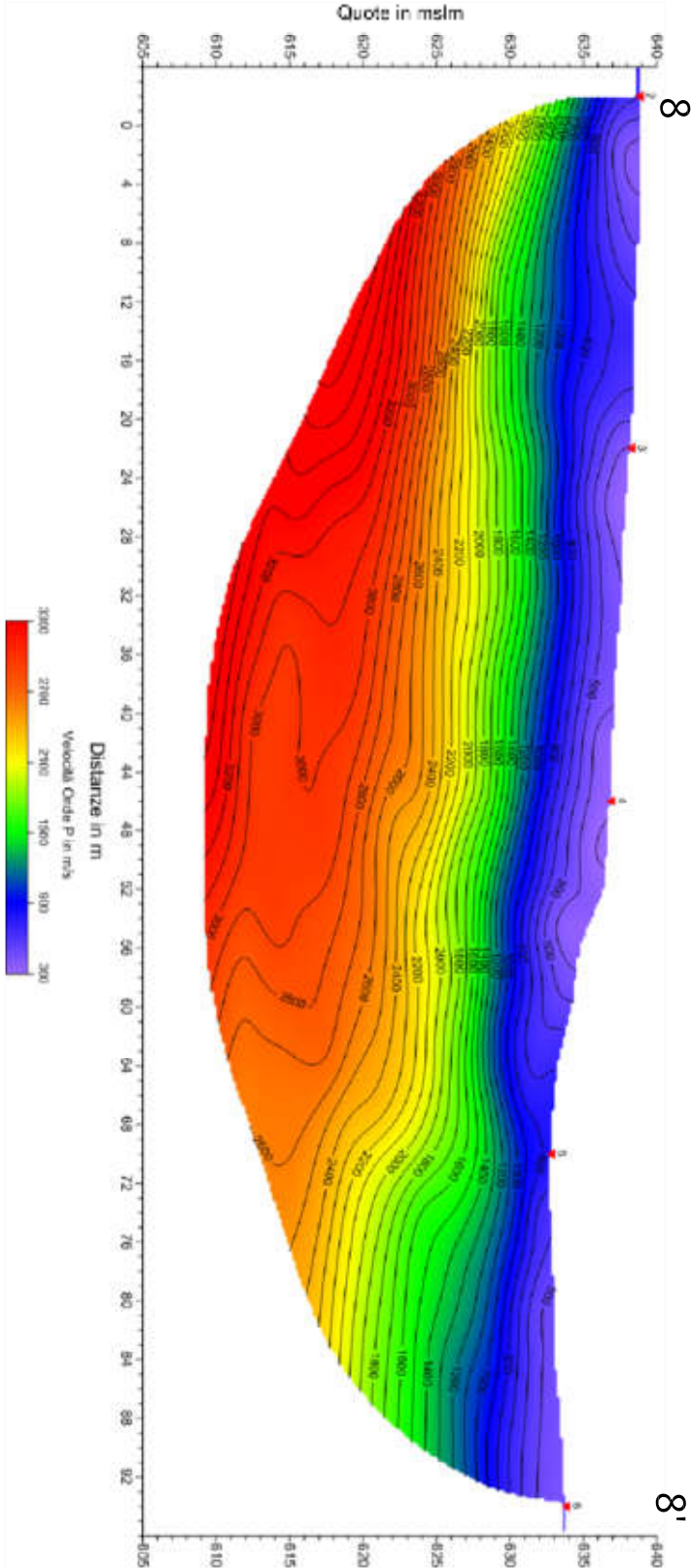
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - ort_ST8



Sezione tomografica - Onde P - ort_ST8

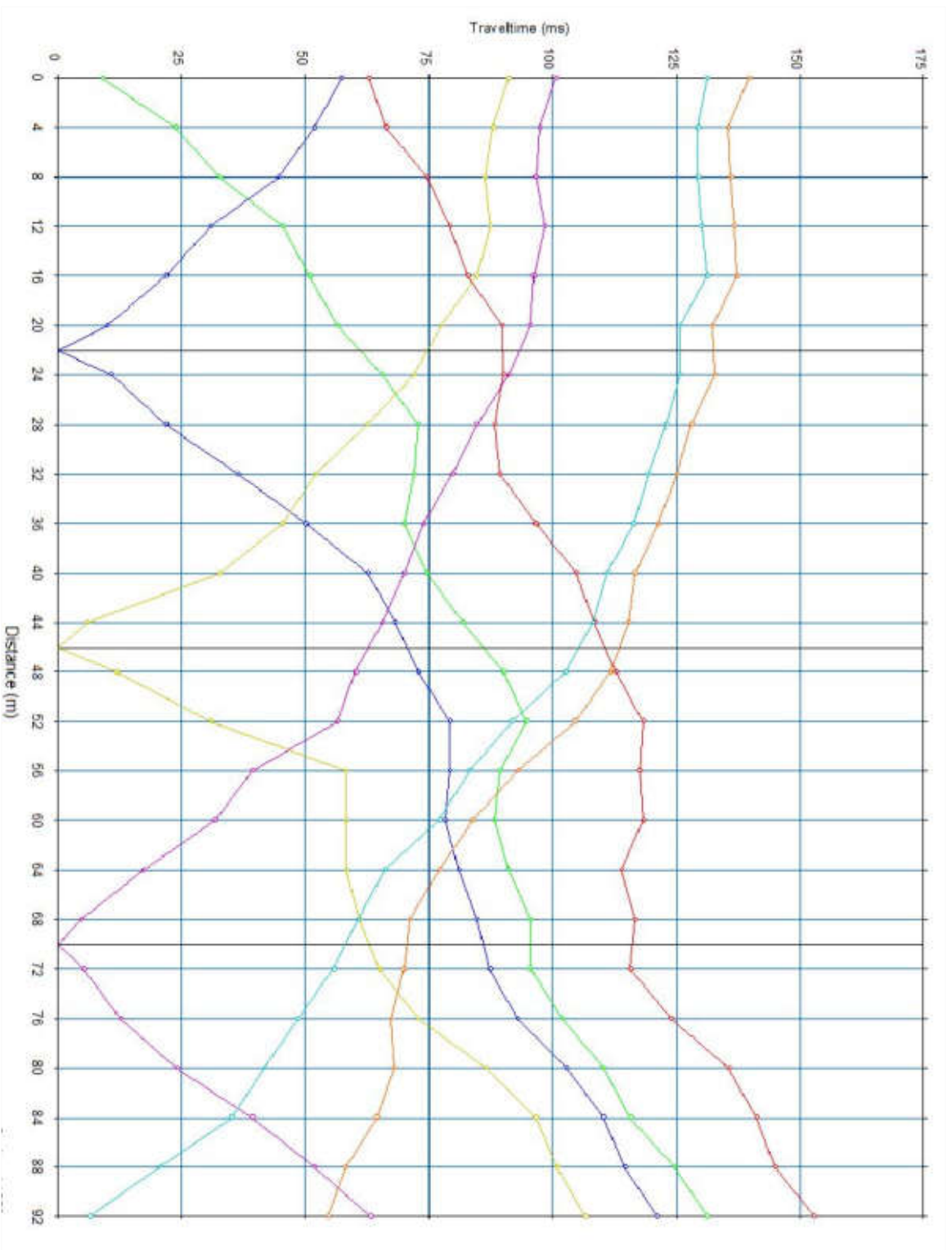


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 06 - Sezione tomografica - Onde P - ort_ST8

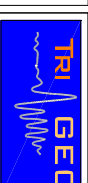
Dromocrone



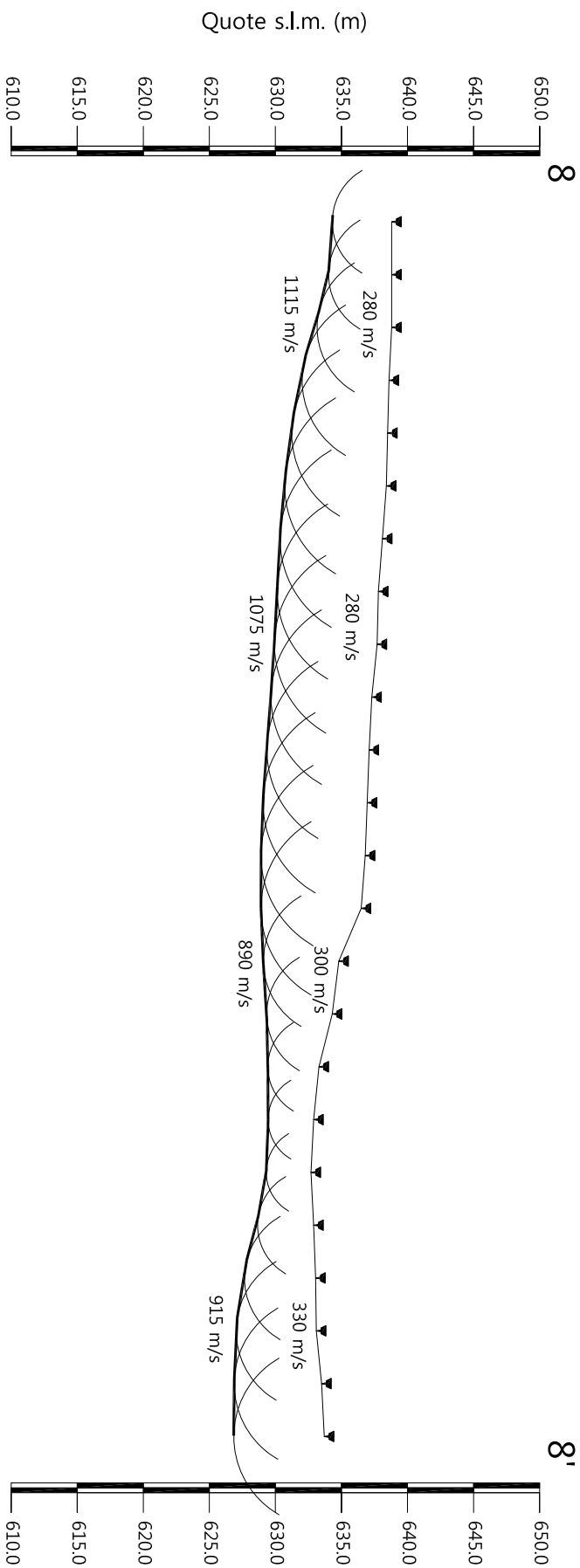
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 07 - Dromocrone - Onde SH - ort_ST8



Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ort_ST8



Numero geofono			
Distanze (m)			
Quote s.l.m. (m)			
Profondità da p.c. strato 1 (m)			
1	0	638.80	4.49
2	4	638.80	4.77
3	8	638.80	5.64
4	12	638.60	6.58
5	16	638.50	7.26
6	20	638.40	7.69
7	24	638.10	7.75
8	28	637.80	7.66
9	32	637.70	7.77
10	36	637.30	7.63
11	40	637.10	7.74
12	44	636.95	7.88
13	48	636.80	7.89
14	52	636.50	7.59
15	56	634.80	5.71
16	60	634.30	4.96
17	64	633.30	3.87
18	68	632.90	3.45
19	72	632.70	3.39
20	76	632.90	4.25
21	80	633.05	5.39
22	84	633.10	6.07
23	88	633.50	6.62
24	92	633.70	6.85

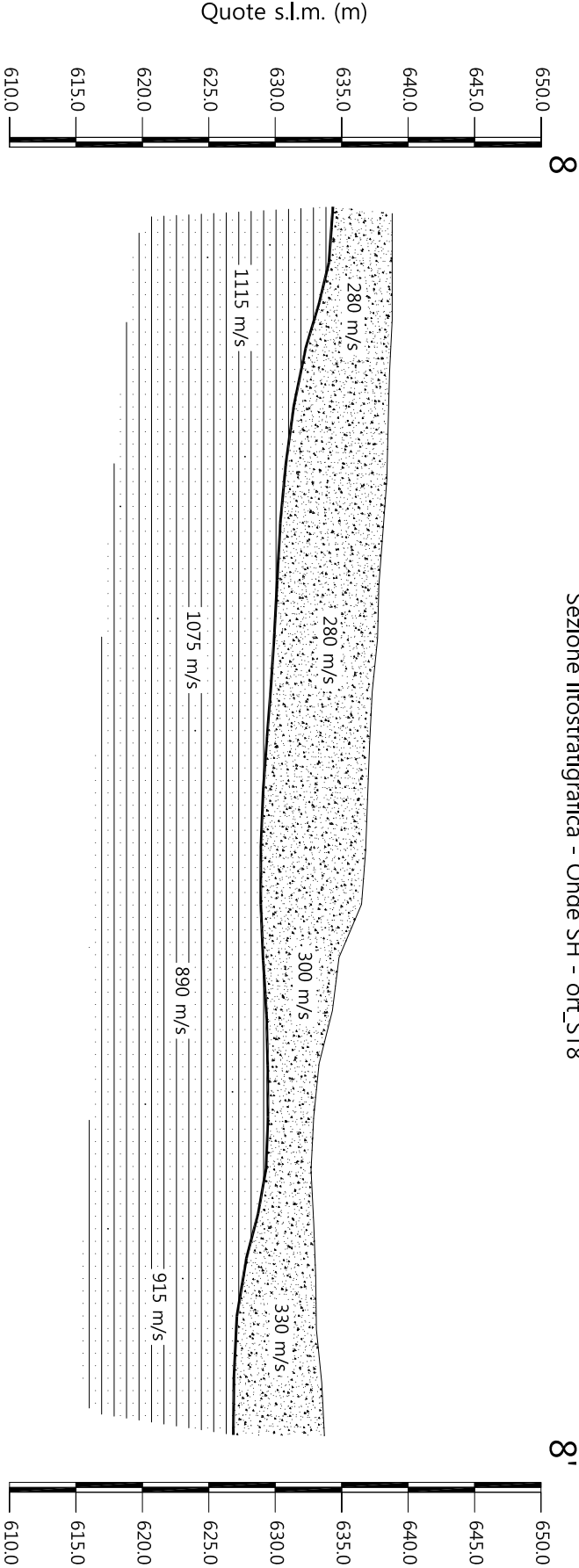


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 08- Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ort_ST8

Sezione litostratigrafica - Onde SH - ort_ST8



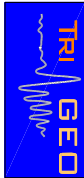
Legenda

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

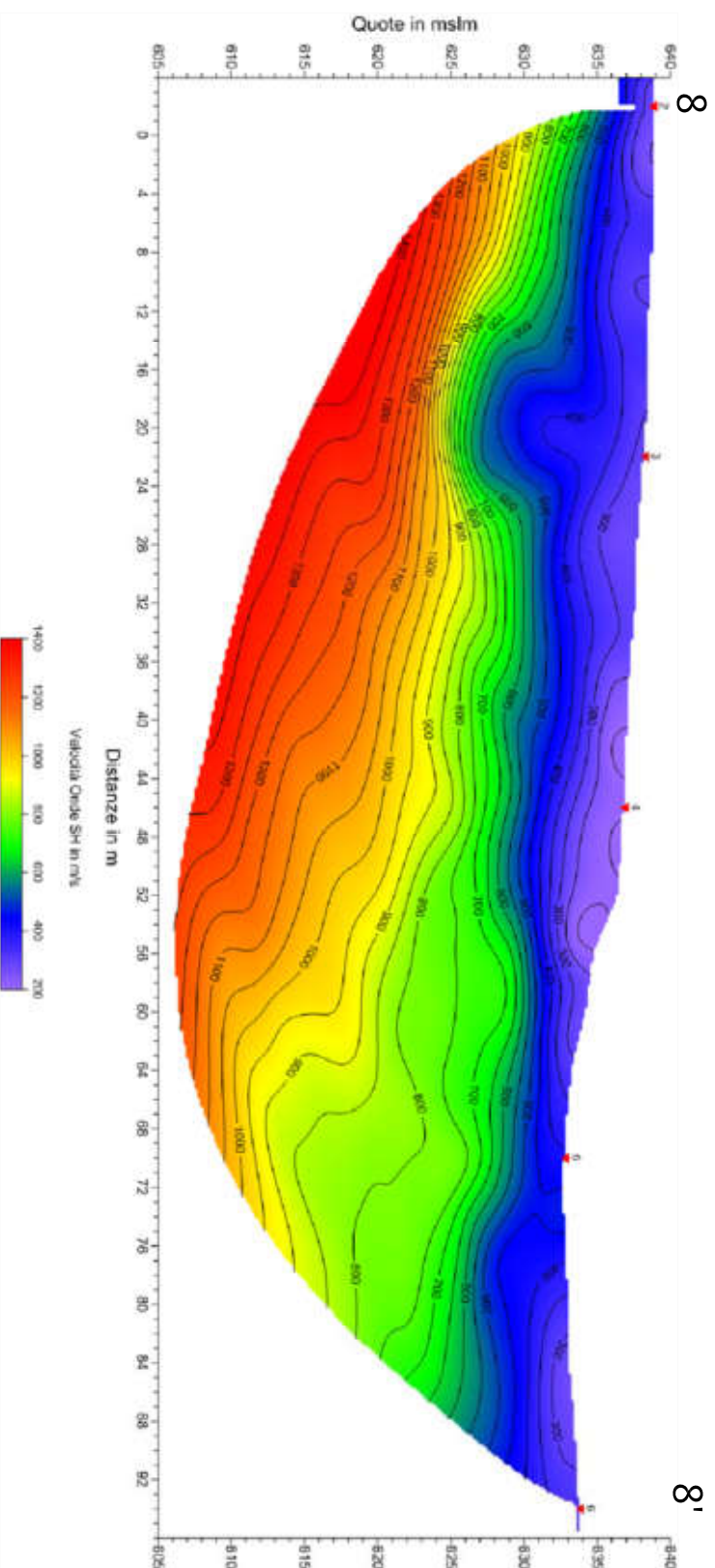
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 09 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - ort_ST8



Sezione tomografica - Onde SH - ort_ST8



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Novembre 2014

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ort_ST8

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST7 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	2.85
2	4	3.01
3	8	3.19
4	12	3.42
5	16	3.69
6	20	3.99
7	24	4.21
8	28	4.16
9	32	3.95
10	36	3.77
11	40	3.84
12	44	4.32
13	48	5.11
14	52	5.80
15	56	6.04
16	60	5.83
17	64	5.47
18	68	5.24
19	72	5.12
20	76	5.17
21	80	5.37
22	84	5.67
23	88	5.93
24	92	6.07

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST7 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	3.21
2	4	3.32
3	8	3.43
4	12	3.53
5	16	3.61
6	20	3.69
7	24	3.79
8	28	3.81
9	32	3.69
10	36	3.62
11	40	3.81
12	44	4.58
13	48	5.73
14	52	6.78
15	56	7.31
16	60	7.37
17	64	7.29
18	68	7.37
19	72	7.64
20	76	8.13
21	80	8.63
22	84	9.01
23	88	9.16
24	92	9.01

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST8 – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	480	3041
2	4	479	3031
3	8	478	3015
4	12	475	2993
5	16	465	2987
6	20	447	3004
7	24	427	3054
8	28	412	3124
9	32	392	3161
10	36	384	3131
11	40	378	3001
12	44	380	2845
13	48	391	2707
14	52	418	2657
15	56	444	2679
16	60	482	2731
17	64	522	2761
18	68	551	2726
19	72	562	2662
20	76	562	2573
21	80	554	2497
22	84	537	2440
23	88	523	2413
24	92	514	2410

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ort_ST8 – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)
1	0	273	1118
2	4	277	1117
3	8	281	1113
4	12	284	1109
5	16	285	1110
6	20	281	1119
7	24	278	1137
8	28	278	1147
9	32	279	1134
10	36	281	1086
11	40	284	1012
12	44	284	932
13	48	285	873
14	52	290	850
15	56	297	859
16	60	306	887
17	64	321	917
18	68	328	936
19	72	331	942
20	76	334	933
21	80	334	920
22	84	334	905
23	88	335	893
24	92	335	886



Vista generale ort_ST8 da G1 verso G24.



Vista generale ort_ST8 da G6 verso G24.



Shot point B – Onde SH – ort_ST8.



Shot point C – Onde SH – ort_ST8.



Shot point C – Onde P – ort_ST8.



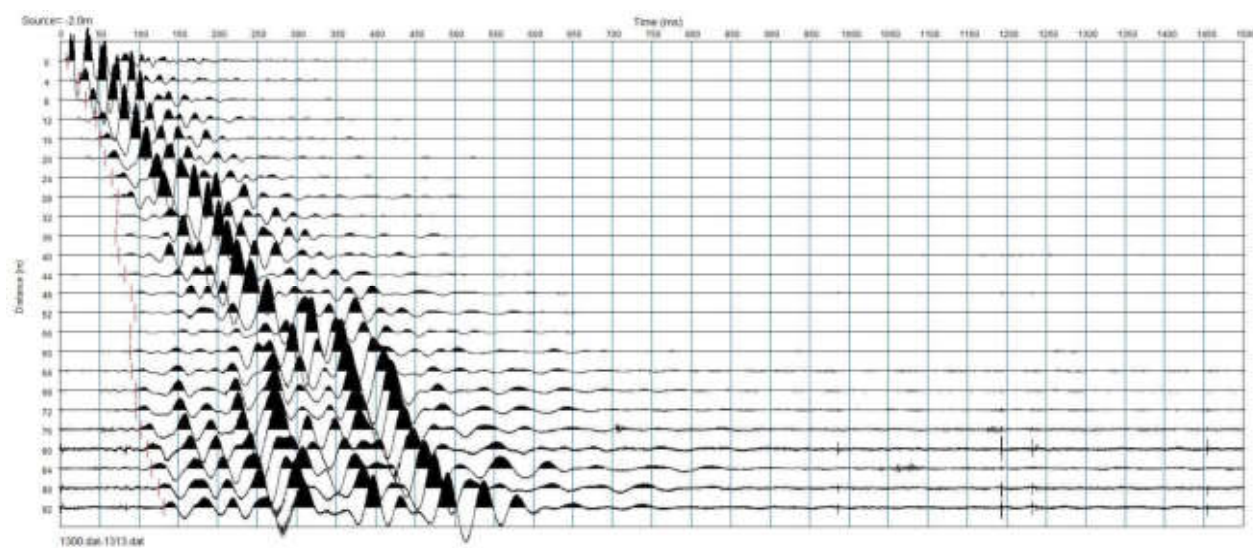
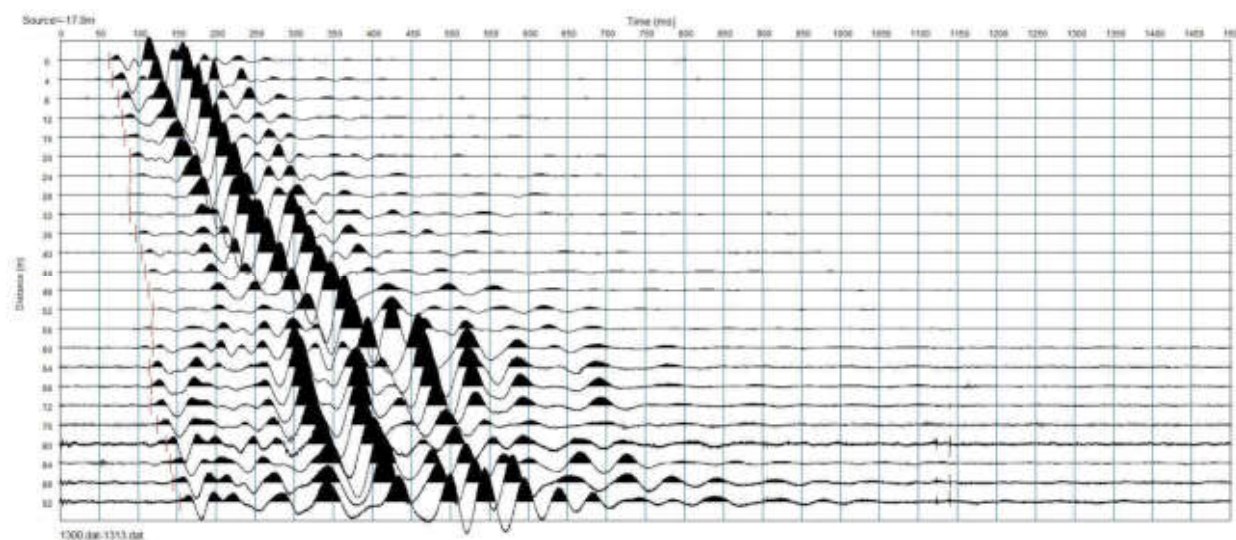
Shot point B – Onde P – ort_ST8.

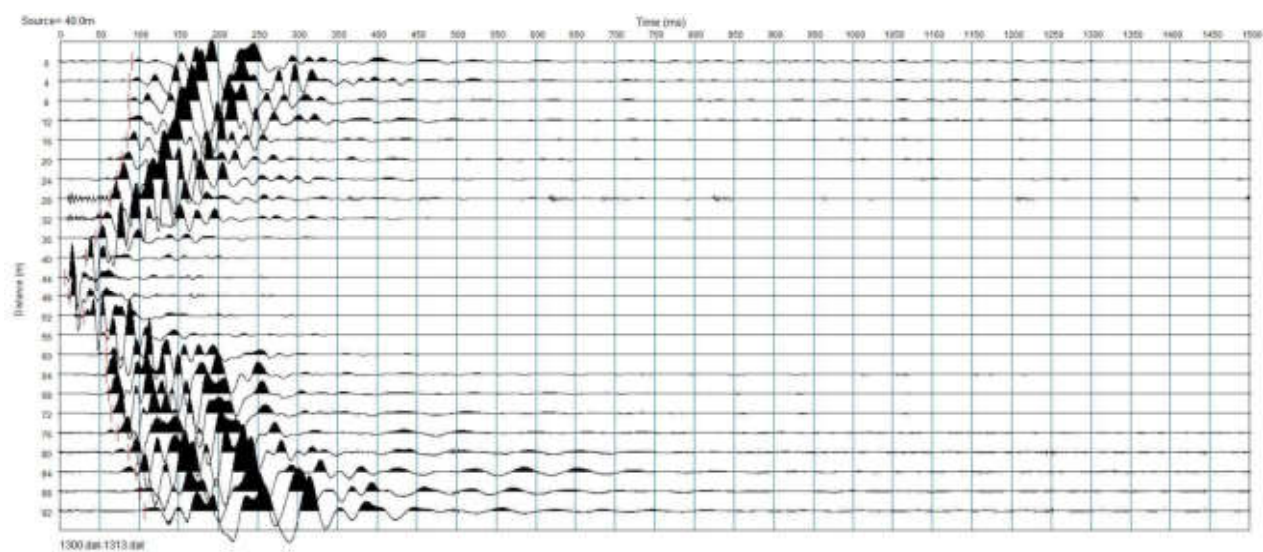
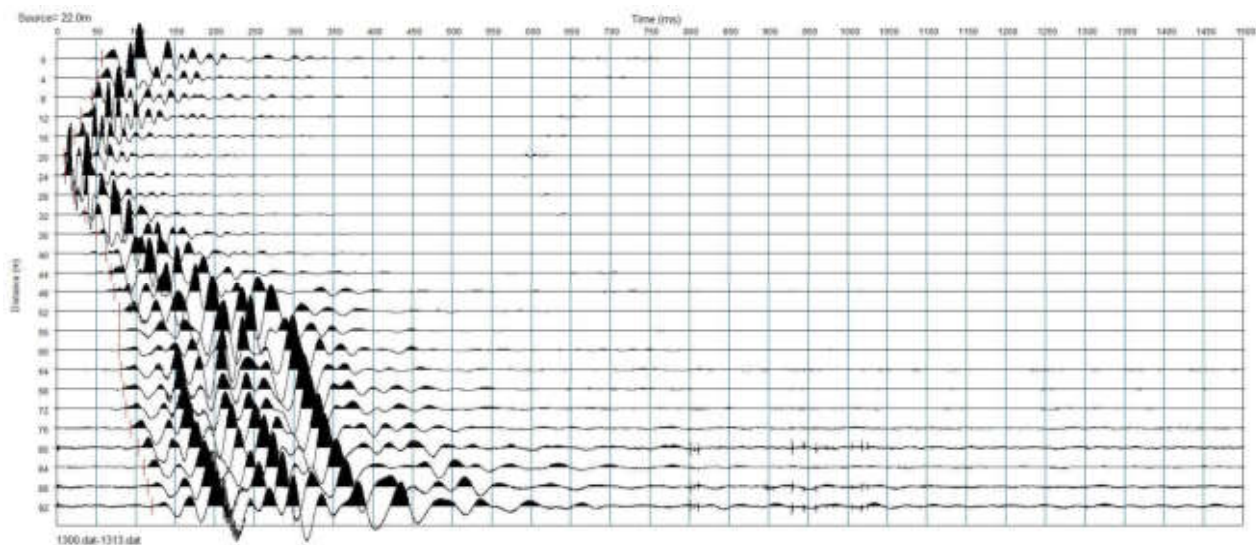
REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA – ort_ST8

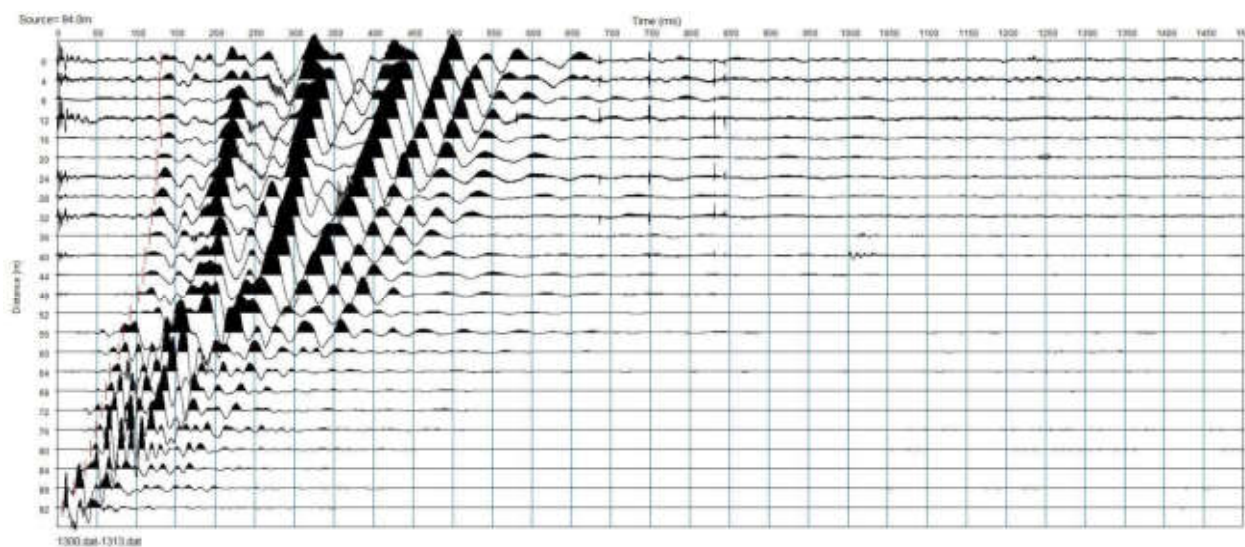
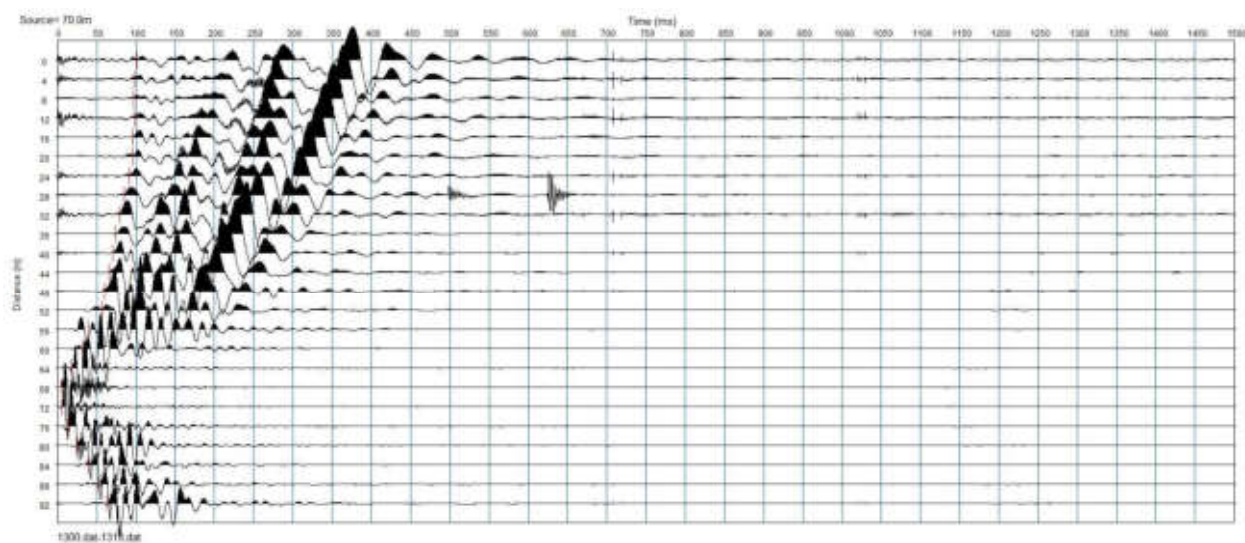
file 1300 - 1313 Onde SH

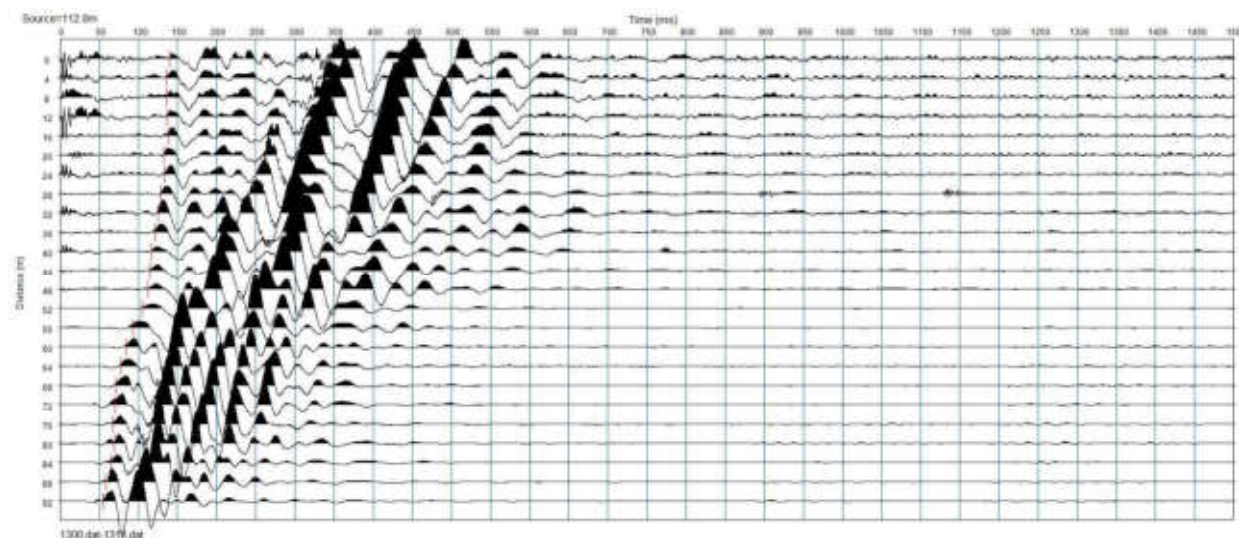
file 1314 - 1321 Onde P

ONDE SH Σ









ONDE P

