

Comune di Scandicci

Piano strutturale

Variante di aggiornamento

Fi 11 - Studi e indagini di microzonazione sismica di livello 1

Indagini geofisiche di superficie mediante sismica a rifrazione e tomografia sismica

(a cura di TRIGEO srl)

Luglio 2013

Ufficio di piano:
Coordinamento tecnico
Alessandra Guidotti

Settore Edilizia e Urbanistica
Palma Di Fidio
Valentina Tonelli
Simona Iommi
Alessandra Chiarotti

Collaboratori esterni
Alessandra Guidotti
Serena Barlacchi
Francesca Masi

Aspetti ambientali
Ilaria Baldi
Paolo Giambini

Aspetti geologici
Studio associato Geotecnò

Aspetti idraulici
PHYSIS S.R.L. - Ingegneria per l'Ambiente

Aspetti socio-economici
Laboratorio di Economia dell'Innovazione
Università di Firenze

Sindaco
Simone Gheri

Vice Sindaco / Assessore all'Urbanistica
Alessandro Baglioni

Progettista e Responsabile del procedimento:
il dirigente del settore edilizia ed urbanistica
Lorenzo Paoli

Garante della comunicazione:
Cinzia Rettori

COMUNE DI SCANDICCI

PROVINCIA DI FIRENZE

TITOLO:

**-STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI
SCANDICCI-**

**“INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE MEDIANTE
TOMOGRFIA ELETTRICA PER L’INDIVIDUAZIONE DEL SUBSTRATO
LINEA ELETTRICA ST1 – LOCALITÀ SAN GIUSTO
LINEA ELETTRICA ST4 – LOCALITÀ PADULE”**

COMMITTENTE:

COMUNE DI SCANDICCI

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
30 Marzo 2012

TRIGEO S.N.C.

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
VIA BOLOGNESE, 289 – 50139 LA LAISTRA - FIRENZE
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI (FI)</i> LINEA ELETTRICA ST1 – SAN GIUSTO LINEA ELETTRICA ST4 – PADULE	Marzo 2012
		Comune di Scandicci
		Pag. 1 di 11

INDICE

INTRODUZIONE.....	2
1.0 SCHEMA OPERATIVO.....	3
2.0 METODOLOGIA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	3
3.0 ARRAY DI TIPO “DIPOL-DIPOL”	5
4.0 “PROCESSING” DEI DATI.....	6
5.0 ANALISI DEI RISULTATI - TOMOGRAFIA ELETTRICA.....	7
6.0 CONSIDERAZIONI FINALI	8
ALLEGATI	10

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati delle indagini geofisiche eseguite mediante tomografia elettrica, nel mese di Marzo 2012, eseguiti a supporto degli studi di microzonazione del comune di Scandicci, all'interno di due aree poste in località **SAN GIUSTO** e **PADULE - SCANDICCI** (Fig. 1).



Figura 1: Particolare delle linee elettriche: sezione elettrica ST1 (sinistra); sezione elettrica ST4 (destra).

L'indagine sismica, si inserisce nell'ambito dell'attività di revisione del vigente Regolamento Urbanistico, per il quale il comune sta effettuando le indagini geologico-tecniche previste in base all'art. 62 della Legge Regionale Toscana n. 1/2005 (Norme per il governo del territorio).

Dopo aver preso visione della zona e delle problematiche ad essa connesse è stata programmata una campagna di prospezioni geofisiche mediante tomografia elettrica tesa a verificare, lungo le due sezioni convenute con la committenza, una caratterizzazione delle litologie presenti e determinare le geometrie e soprattutto le profondità del substrato litoide, altrimenti non individuabile con le tradizionali tecniche di sismica a rifrazione.

L'indagine geoelettrica è stata effettuata mediante tomografia elettrica, uno dei più attuali ed innovativi sviluppi del tradizionale metodo elettrico in corrente continua.

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

Nelle **Tavole 01 e 04** allegata, è stato riportato un inquadramento corografico in scala 1:10.000 con indicate le sezioni di tomografia elettrica (indicate in verde).

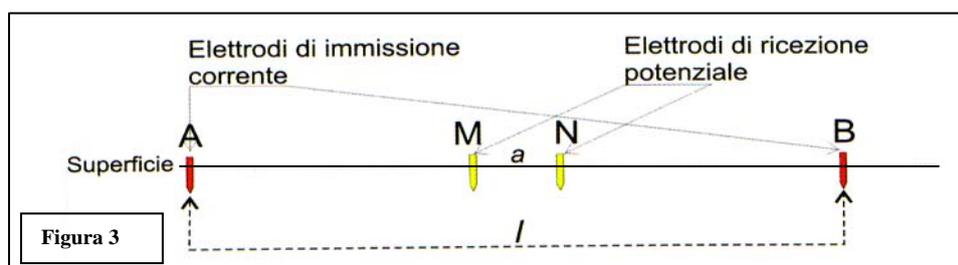
Nelle **Tavole 02-05** vengono riportate le tomografie elettriche, mentre nelle **Tavole 03-06** vengono riportate le rispettive sezioni interpretative.

Complessivamente sono stati acquisiti **940** ml di Tomografia elettrica suddivisi in 2 sezioni ciascuna di **470 ml**. La distanza inter-elettrodoica è stata scelta pari a 10 m utile per ottenere un buon dettaglio superficiale ed un ottima risoluzione profonda.

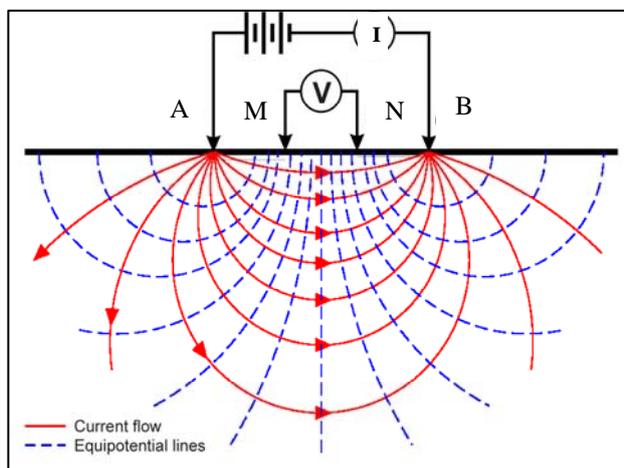
2.0 METODOLOGIA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Il metodo geoelettrico nelle indagini geofisiche sfrutta le proprietà di rocce, sedimenti (terre) di condurre in modo diverso la corrente elettrica. Il parametro che viene misurato è la resistività elettrica che dipende dalla porosità, dalla permeabilità e dal contenuto ionico dei fluidi di ritenzione.

La tomografia elettrica rappresenta un'evoluzione recente dei sondaggi elettrici verticali (S.E.V.), ed è funzionale grazie ai notevoli progressi dell'elettronica digitale e della modellistica geofisica. A seconda della distanza reciproca tra gli elettrodi che immettono la corrente e gli altri che la misurano, si possono investigare profondità sempre maggiori di terreno. Vengono usati *array* diversi a seconda della problematica da indagare, in generale i più utilizzati sono: *Schlumberger*, *Wenner*, *dipolo-dipolo*. L'esecuzione di un profilo tomografico prevede l'installazione di una serie di picchetti metallici (elettrodi), in questo caso 36 e 23, che vengono utilizzati tanto come elettrodi di corrente che di potenziale (**Figura 3**).



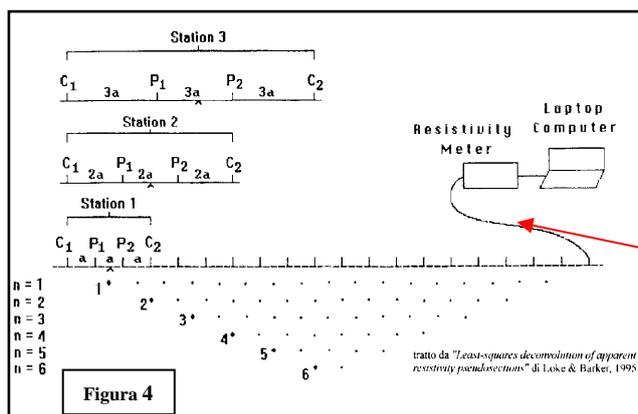
Tramite gli elettrodi **A - B** si immette nel terreno una corrente continua I_c , mentre tramite gli elettrodi **M-N** viene rilevata la differenza di potenziale V che si instaura. Conoscendo I_c e misurando V si calcola la resistività elettrica relativa alla configurazione elettrodica utilizzata, usando la formula:



$$\rho_a = \frac{\pi(l_{(A,B)} / 2)^2 - (a_{(M,N)} / 2)^2}{a_{(M,N)}} \cdot \frac{V}{I_c}$$

Spostando lateralmente il dispositivo elettronico (**M-N**) si rilevano le variazioni orizzontali della resistività e con il progressivo incremento della distanza che intercorre tra le due coppie di elettrodi (**A-B**) si esplorano strati via via più

profondi, il risultato è una sezione bidimensionale in profondità (**Fig. 4**).



Dato che il caso di un sottosuolo omogeneo rilevati sono valori di resistività “apparente” (ρ_a), influenzati e mediati sull’intero spessore indagato. La resistività apparente si misura in $\Omega \cdot m$ (Ohm per metro lineare) ed esprime il valore della resistività calcolato con una certa configurazione geometrica ed è dipendente dai valori di resistività dei singoli strati interessati dalla corrente immessa.

Per quanto riguarda la strumentazione utilizzata, nel caso specifico si è trattato di un georesistivimetro ARES (GF Instruments,s.r.o.[®]) con 32-23 elettrodi le cui caratteristiche tecniche vengono qui riportate (**Fig.5**).



Figura 5

TRANSMITTER:

POWER	Up to 300 W
CURRENT	up to 2.0 A
VOLTAGE	10-550 V (1100 Vp-p)
PROTECTION	FULL ELECTRONIC PROTECTION
PRECISION	0,10%

RECEIVER:

INPUT IMPEDANCE	20 MΩ
INPUT VOLTAGE RANGE	-5 V
MAINS FREQUENCY FILTERING	50 or 60 Hz
PRECISION	0,10%

3.0 ARRAY DI TIPO “DIPOLO-DIPOLO”

L’array utilizzato nel presente lavoro è stato “Dipolo Dipolo” uno dei più usati nella tomografia elettrica, avendo un’alta sensibilità intorno agli elettrodi di potenziale M-N ed anche una buona accuratezza di indagine rispetto a strutture sepolte sia con una geometria verticale che orizzontale.

La configurazione geometrica di questo array prevede di lasciare i due elettrodi di potenziale M e N ed i due di corrente A e B ad una distanza fissa (a), e di traslarli lungo lo stendimento elettrodo. Via via che l’indagine vuole esplorare sezioni di terreno a profondità maggiore si allarga la distanza L (**Fig. 4**). In questo caso si introduce il fattore L , ovvero il rapporto tra $AB/2$ e $MN/2$.

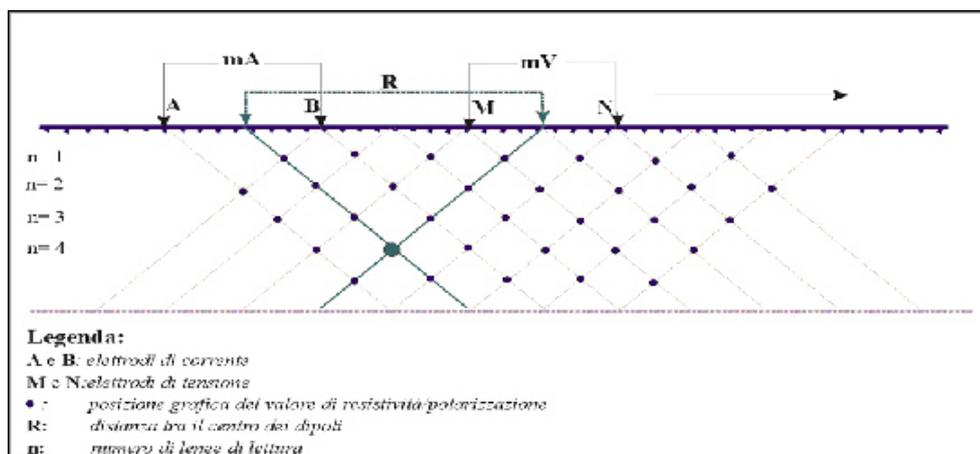
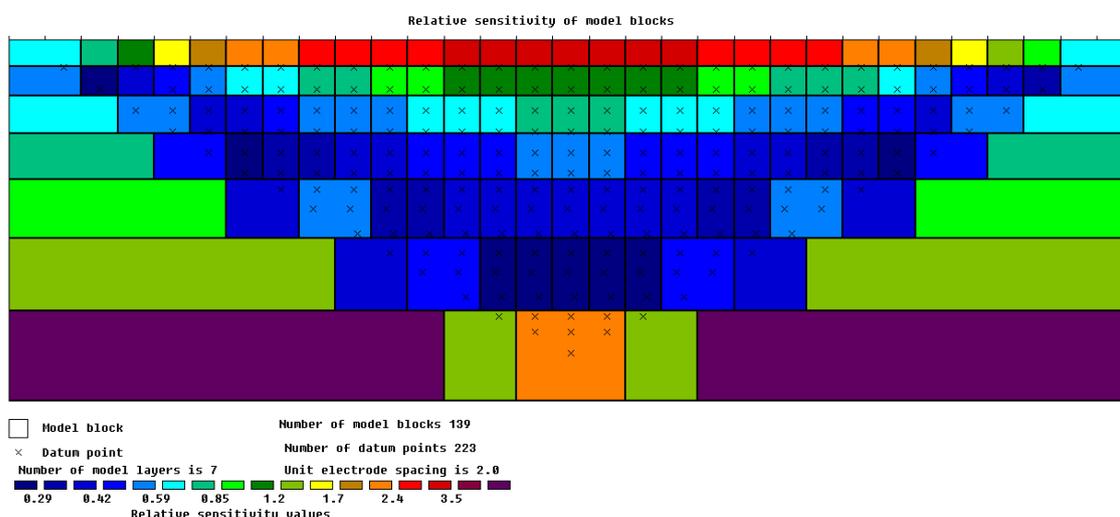


Figura 5: Schema di rilievo geoelettrico dipolo-dipolo.

4.0 “PROCESSING” DEI DATI

Il software RES2DINV[®] (Geotomo Software[®]), utilizzato nel corso del presente lavoro, permette di ottenere un modello bidimensionale di resistività per i dati ottenuti dal rilievo elettrico e sfruttando il metodo dell’inversione permette partendo dai valori di resistività apparente di arrivare a quelli reali del terreno investigato.

Il modello bidimensionale utilizzato nel programma di inversione consiste in un numero di blocchi rettangolari il cui arrangiamento dipende dalla posizione dei dati rilevati.

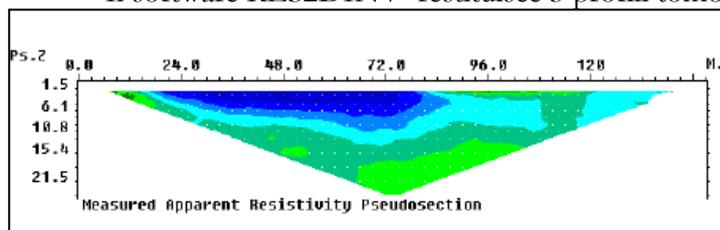


La distribuzione e posizione dei blocchi è automaticamente generata dal programma in modo tale che il numero dei blocchi non superi il numero dei dati acquisiti.

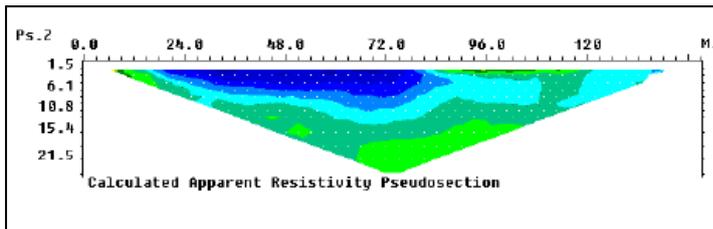
Una complessa routine di modellizzazione viene utilizzata per calcolare i valori di resistività apparente mentre per la routine di inversione viene utilizzata una tecnica di ottimizzazione ai minimi quadrati non lineare.

Nelle sezioni estrapolate si individua nell’asse orizzontale la distanza progressiva dell’allineamento elettrodico sul terreno e nell’asse verticale la profondità rispetto al piano di campagna.

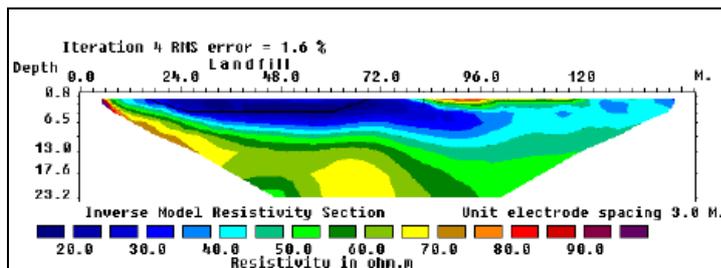
Il software RES2DINV[®] restituisce 3 profili tomografici che esprimono rispettivamente:



La pseudosezione misurata, che rappresenta una distribuzione laterale e verticale della resistività apparente in funzione di una profondità teorica.



La pseudosezione calcolata, che è stata ottenuta dal modello bidimensionale.



La vera e propria sezione 2D, dove è rappresentata la distribuzione verticale ed orizzontale della resistività reale del terreno oggetto d'indagine.

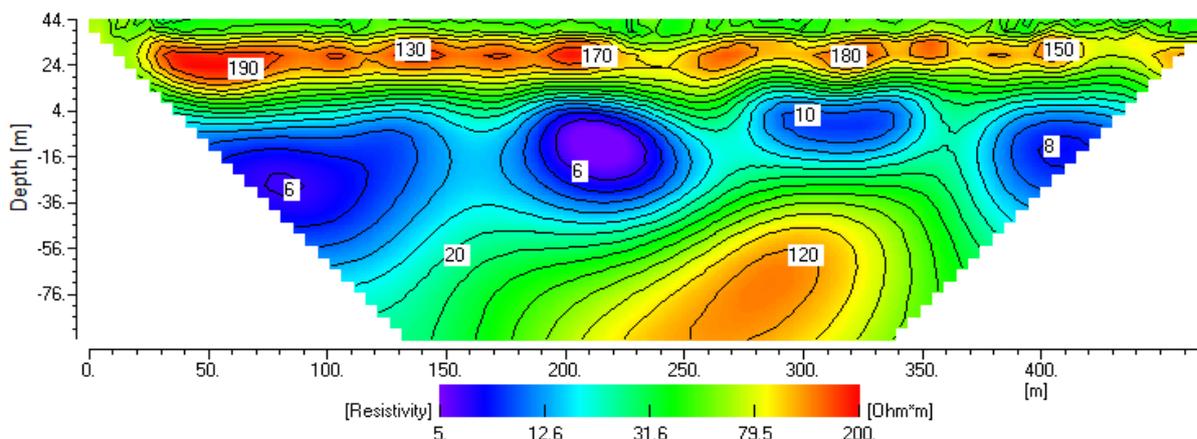
5.0 ANALISI DEI RISULTATI - TOMOGRAFIA ELETTRICA

Nelle **Tavole 02-05** sono state riportate le due sezioni di tomografia elettrica eseguite. I valori di resistività riscontrati in campagna sono stati così attribuiti alle seguenti litologie:

LEGENDA

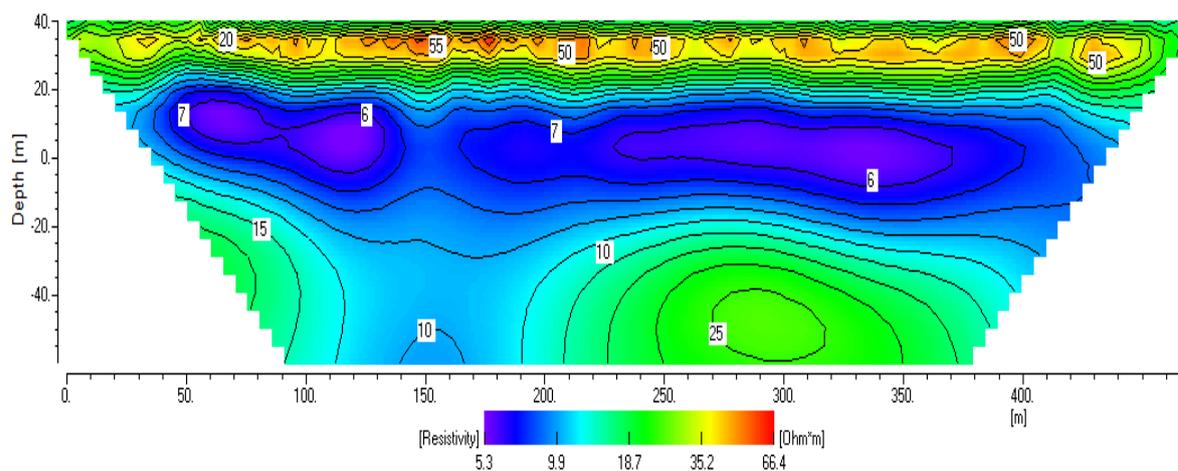
	Anomalia di bassa resistività (< 15 Ohm.m) Depositi Lacustri		Anomalia di alta resistività (>50 Ohm.m) Ghiaie
	Anomalia di media resistività (15-40 Ohm.m) Depositi Fluvio-lacustri		Anomalia di alta resistività (50-120 Ohm.m) Probabile substrato

Nella **sezione ST1**, eseguita in località San Giusto, in direzione NO-SE, i risultati evidenziano una coltre superficiale, costituita da depositi fluvio-lacustri (resistività media 15-40 Ohm.m), al di sotto della quale è presente un livello di ghiaie molto compatto (resistività superiori a 50 Ohm.m), che



presentano spessori variabili, compresi tra 10.0 e 20.0 m. Al di sotto del livello di ghiaie, il netto abbassamento dei valori di velocità, indica la presenza dei depositi lacustri (resistività < 15 Ohm.m) che si spingono sino a ca. 100-120 m di profondità da p.c. nel tratto iniziale ed a ca. 60 m da p.c. nel tratto finale. Il substrato litoide, individuabile dall'incremento dei valori di resistività (50-120 Ohm.m), mostra quindi una tendenza a risalire lungo la sezione con un andamento che risulta in accordo con i dati esistenti in bibliografia.

La **sezione ST4** eseguita in località Padule, all'interno della zona industriale di Scandicci, in



direzione OSO-ENE, quasi ortogonalmente al torrente Vingone, mostra anch'essa una coltre superficiale costituita da depositi fluvio-lacustri al di sotto dei quali è presente il livello di ghiaie. Il livello di ghiaie presenta spessori minori rispetto alla precedente sezione ST1, compresi tra 5.0 e 10.0 m. Inoltre si evidenzia, come rispetto alla precedente sezione, i valori di resistività risultino inferiori, evidenziando la probabile presenza di una ghiaia in matrice limo-sabbiosa. Oltre il livello di ghiaie si osserva il livello dei depositi lacustri caratterizzati da valori di resistività piuttosto bassi compresi tra 5 e 10 Ohm.m. Più in profondità ad una quota media prossima ai 60 m di profondità rispetto al p.c. si osserva il probabile passaggio al substrato litoide, che per i bassi valori osservati potrebbe essere ascrivibile a materiali argillitici (10-30 Ohm.m).

6.0 CONSIDERAZIONI FINALI

L'indagine eseguita ha permesso di evidenziare le caratteristiche geofisiche, quali i valori di resistività, dei materiali superficiali e profondi, nei pressi di due aree in località **SAN GIUSTO e PADULE - SCANDICCI (FI)**.

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI (FI)</i> <i>LINEA ELETTRICA ST1 – SAN GIUSTO</i> <i>LINEA ELETTRICA ST4 – PADULE</i>	Marzo 2012
		Comune di Scandicci
		Pag. 9 di 11

L'indagine geofisica di tomografia elettrica ha permesso di identificare in profondità il passaggio tra i materiali più superficiali (depositi fluviali e depositi fluvio-lacustri) e quelli più profondi relativi ai depositi lacustri ed il substrato litoide.

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

- le due sezioni elettriche eseguite hanno permesso di identificare in modo piuttosto univoco la profondità e l'andamento del substrato litoide delle aree indagate:
- in particolare lungo la sezione ST1, il substrato mostra una tendenza a risalire lungo la sezione passando da profondità di ca. 100-120 m a profondità di ca. 60 m da p.c.;
- la sezione ST2, mostra un substrato litoide meno evidente, che comunque sembra collocarsi a profondità media attorno ai 60 m.

Arezzo, lì 30/03/2012

Trigeo snc



STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI (FI)
LINEA ELETTRICA ST1 – SAN GIUSTO
LINEA ELETTRICA ST4 – PADULE

Marzo 2012

Comune di Scandicci

Pag. 10 di 11

ALLEGATI

TRIGEO SNC

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)

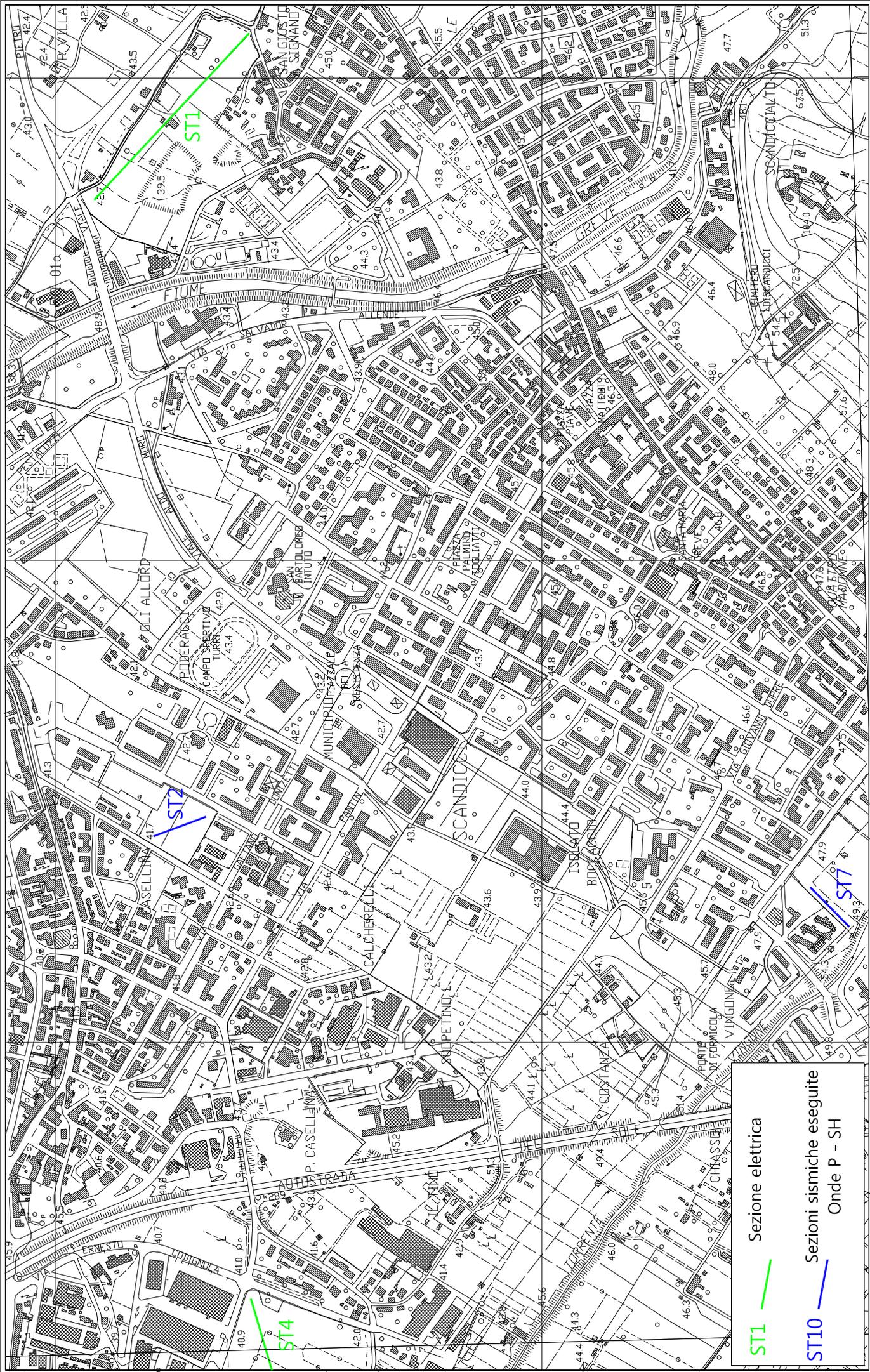
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA BOLOGNESE 289 – 50139 LA LASTRA – FIRENZE

Tel/Fax 055 9062212 – CELL. 328 7213928



ST1 — Sezione elettrica
ST10 — Sezioni sismiche eseguite
 Onde P - SH



Tavola 01 - Planimetria generale - Linea elettrica ST1 - San Giusto

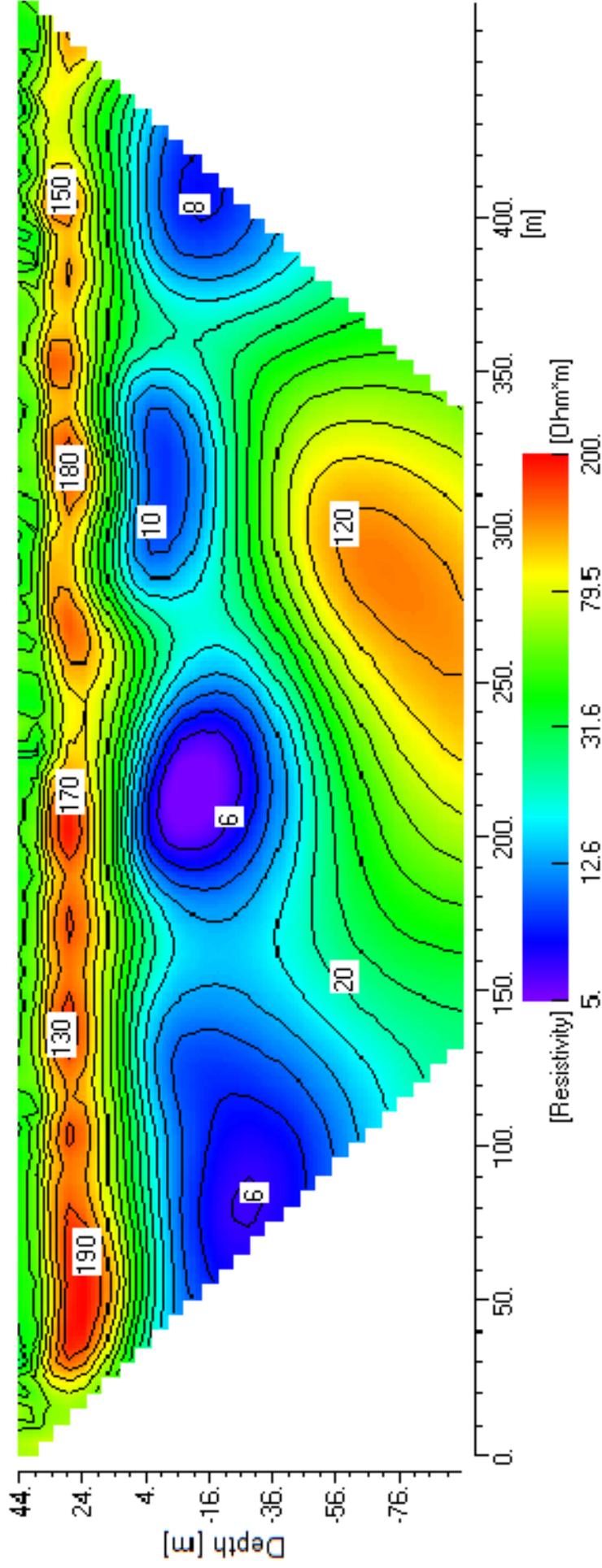
Febbraio 2012

Scala 1: 10000

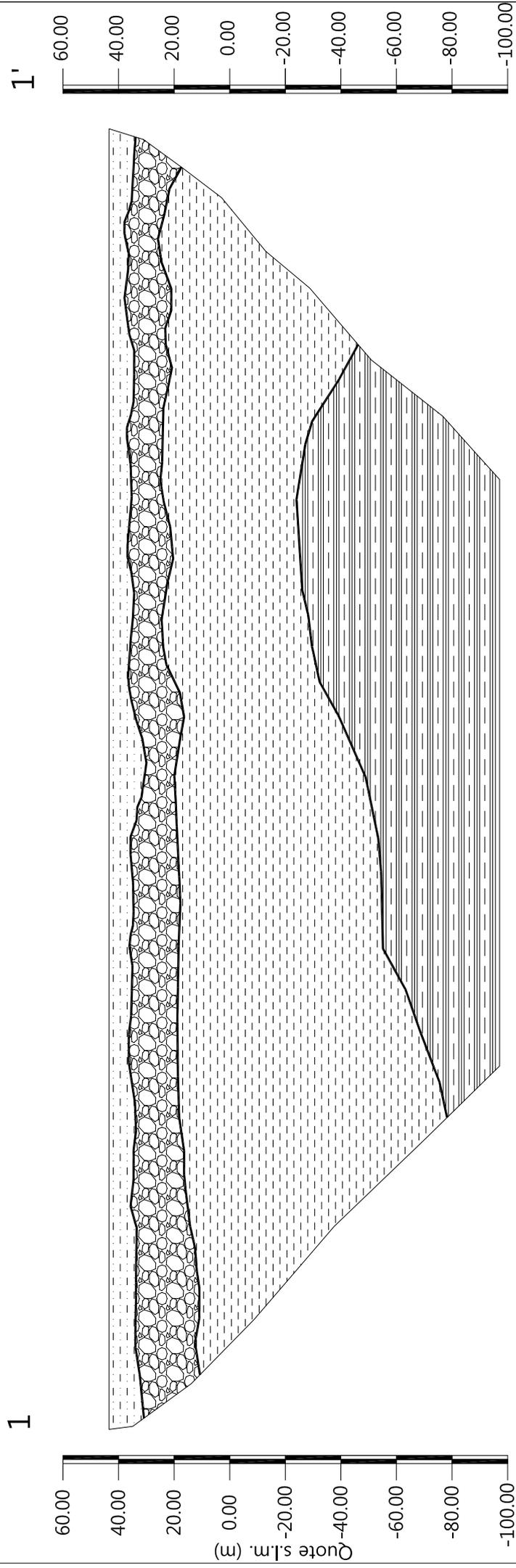
Tomografia elettrica - ST1

1

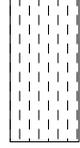
1'



Sezione interpretativa - ST1



LEGENDA

- | | | | |
|---|---|--|--|
|  | Anomalia di bassa resistività
(< 15 Ohm.m) Depositi Lacustri |  | Anomalia di alta resistività
(> 50 Ohm.m) Ghiaie |
|  | Anomalia di media resistività
(15-40 Ohm.m) Depositi Fluvio-lacustri |  | Anomalia di alta resistività
(50-120 Ohm.m) Probabile substrato |

Scala Verticale 1:2000
Scala Orizzontale 1:2000

Marzo 2012

Tavola 03 - Sezione interpretativa - ST1



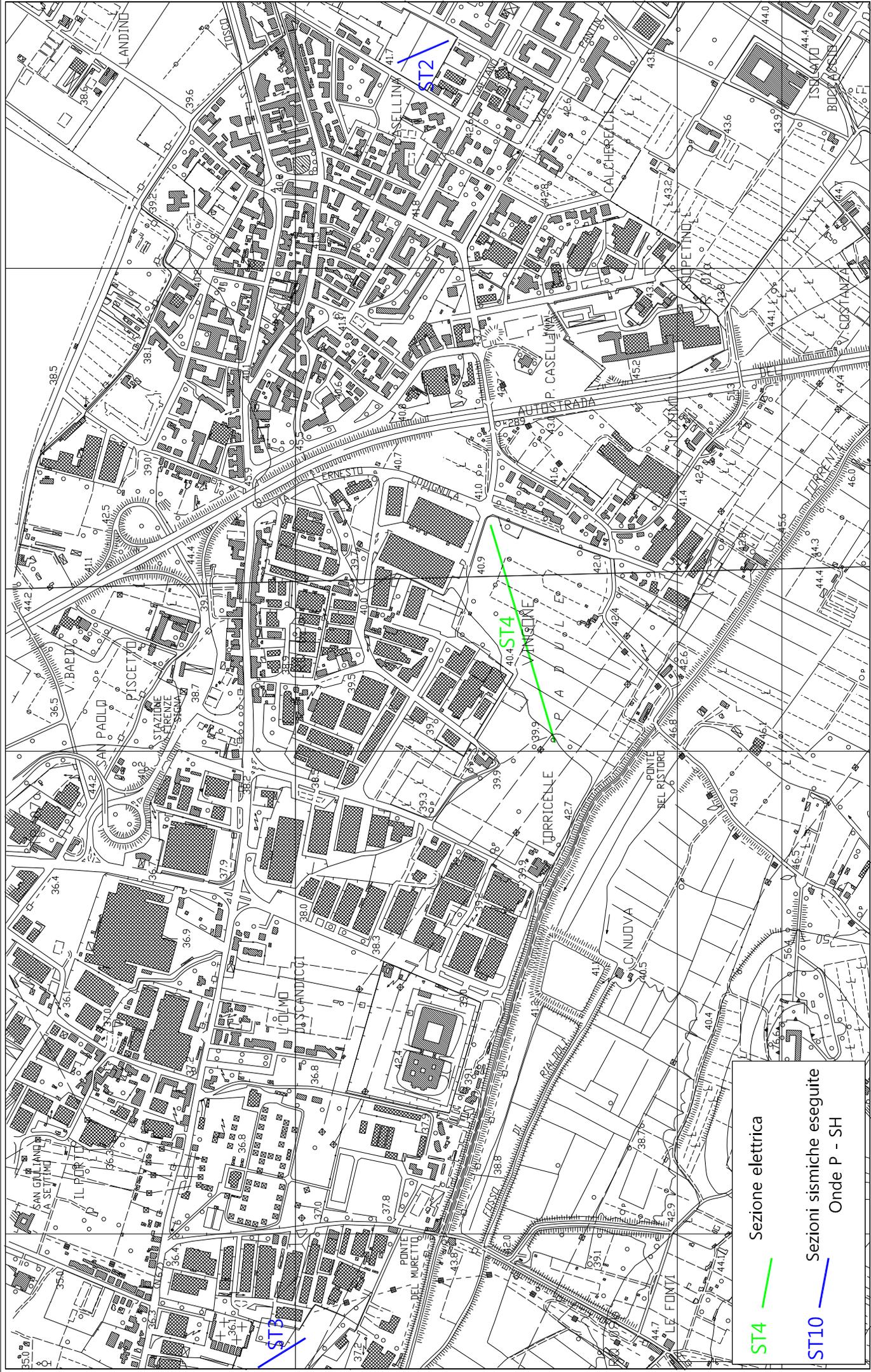


Tavola 04 - Planimetria generale - Linea elettrica ST4 - Padule

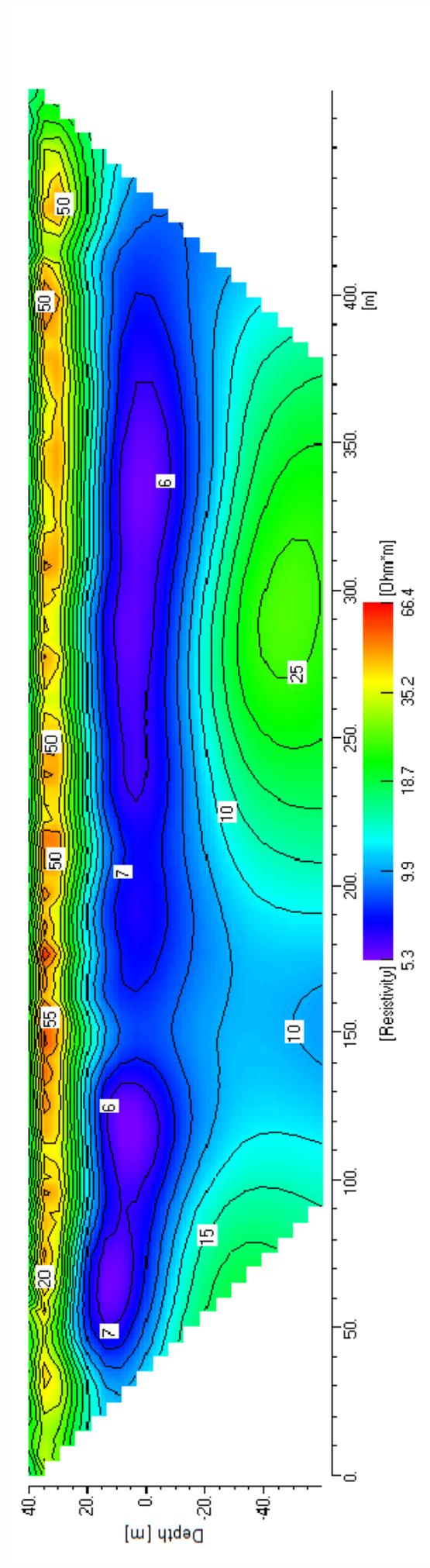
Marzo 2012

Scala 1: 10000

ST4 — Sezione elettrica
ST10 — Sezioni sismiche eseguite
 Onde P - SH

Tomografia elettrica - ST4

4 4'



Scala Verticale 1:2000
Scala Orizzontale 1:2000

Marzo 2012

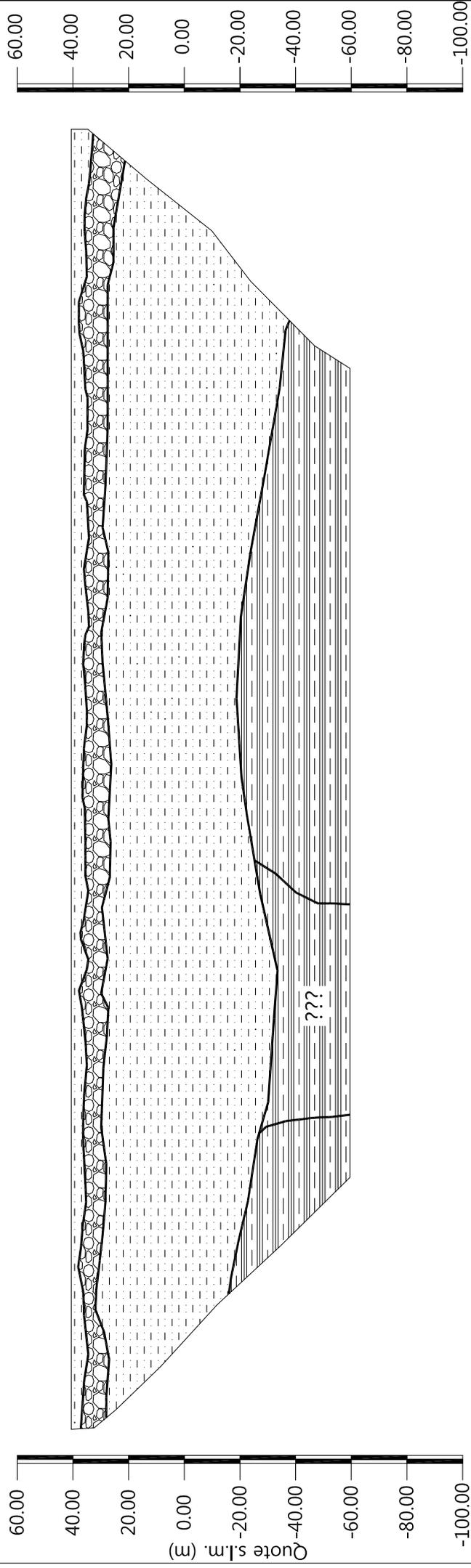
Tavola 05 - Tomografia elettrica - ST4



Sezione interpretativa - ST4

4

4'



LEGENDA

Anomalia di bassa resistività
($< 15 \text{ Ohm.m}$) Depositi Lacustri



Anomalia di alta resistività
($> 50 \text{ Ohm.m}$) Ghiaie



Anomalia di media resistività
($15\text{-}40 \text{ Ohm.m}$) Depositi Fluvio-lacustri



Anomalia di alta resistività
($50\text{-}120 \text{ Ohm.m}$) Probabile substrato



Scala Verticale 1:2000
Scala Orizzontale 1:2000

Marzo 2012

Tavola 06 - Sezione interpretativa - ST4



COMUNE DI SCANDICCI PROVINCIA DI FIRENZE

TITOLO:

STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI

“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE
SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH)
CALCOLO V_{S30} - D.M. 14/01/2008 – LINEA SISMICA ST2
IN VIA DELL’ACCIAOLO - SCANDICCI (FI)”
INTEGRATA CON
“INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TOMOGRAFIA ELETTRICA”

COMMITTENTE:

COMUNE DI SCANDICCI

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
29 Marzo 2012

TRIGEO S.N.C.

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
VIA BOLOGNESE, 289 – 50139 LA LASTRA - FIRENZE
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 9062212 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI LINEA SISMICA ST2 - VIA DELL'ACCIAOLO	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 1 di 20

INDICE

INTRODUZIONE	2
<i>INDAGINE SISMICA (ONDE P-SH)</i>	4
1.0 SCHEMA OPERATIVO	4
2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	4
3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI	7
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA	7
5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI VS30	9
<i>TOMOGRAFIA ELETTRICA</i>	11
6.0 SCHEMA OPERATIVO	11
7.0 METODOLOGIA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	12
8.0 ARRAY DI TIPO "SCHLUMBERGER"	14
9.0 "PROCESSING" DEI DATI	15
10.0 ANALISI DEI RISULTATI - TOMOGRAFIA ELETTRICA	16
11.0 CONSIDERAZIONI FINALI	17
ALLEGATI	19

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante sismica a rifrazione (acquisizione ed elaborazione dati con metodologia tomografica) e Tomografia Elettrica nel mese di Gennaio-Marzo 2012, per conto del **COMUNE DI SCANDICCI**, nei pressi di un'area posta in **VIA DELL'ACCIAOLO, SCANDICCI (FI)** (Fig. 1).

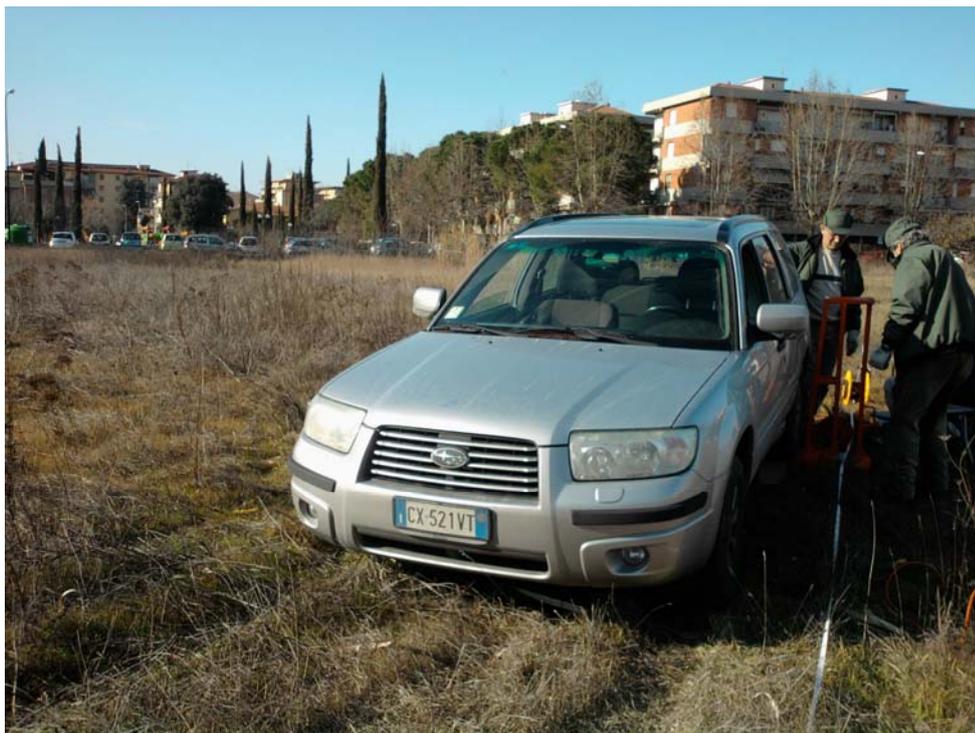


Figura 1: Particolare della sezione ST2.

L'indagine sismica, si inserisce nell'ambito dell'attività di revisione del vigente Regolamento Urbanistico, per il quale il comune sta effettuando le indagini geologico-tecniche previste in base all'art. 62 della Legge Regionale Toscana n. 1/2005 (Norme per il governo del territorio).

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 SCANDICCI LINEA SISMICA ST2 - VIA DELL'ACCIAOLO	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 3 di 20

“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 ST2 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 ST2 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 03-06:** Diagrammi Tempi d’arrivo-Distanze (Dromocrone) 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;
- **Tavole 04-07:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-08:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 09-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Documentazione fotografica della linea sismica e di ciascun punto scoppio.

La scelta di implementare le indagini sismiche mediante la tomografia elettrica è stata scelta in funzione delle litologie presenti, dalla necessità di discriminare orizzonti conduttivi (maggior componente argillosa fine) e resistivi (maggior componente granulare).

L’indagine geoelettrica è stata effettuata mediante tomografia elettrica, uno dei più attuali ed innovativi sviluppi del tradizionale metodo elettrico in corrente continua.

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.

INDAGINE SISMICA (ONDE P-SH)

1.0 SCHEMA OPERATIVO

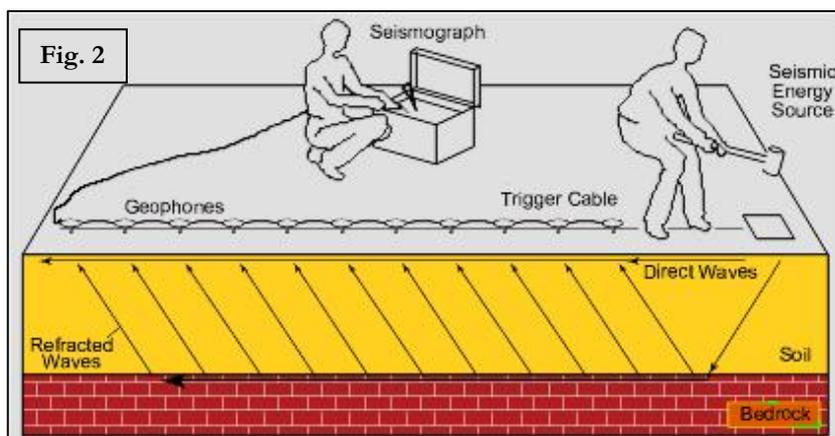
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo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

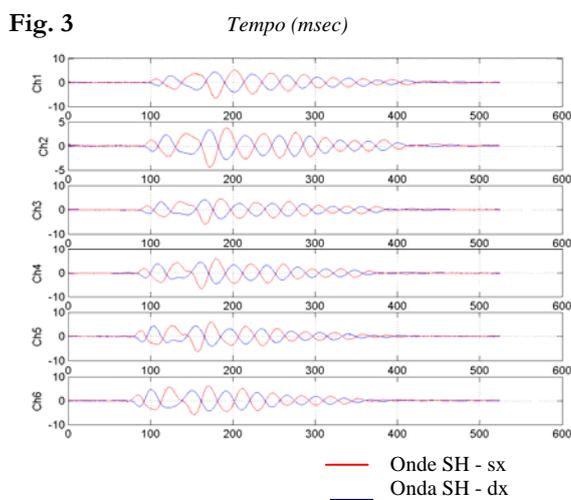
Un sistema digitale di acquisizione dati (**Fig. 2**) in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.



Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo PASI mod. 16S24 a 24 canali, dotato di filtri analogici e digitali, *notch filter* a 50 Hz ed *Automatic Gain Control*, con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit con sovracampionamento e post-processing, 4 contatori indipendenti, base dei tempi 20 Mhz, accuratezza $\pm 0.01\%$, trattamento dei dati come Floating Point 32 bit, processore Pentium Intel, ambiente operativo Windows ed un Hard Disk da 10 Gb dove vengono immagazzinati i dati acquisiti, i dati sono quindi visualizzati sul display VGA a colori in LCD-TFT 10.4". le registrazioni vengono gestite dal PC interno ed in seguito trasferite mediante RS232 ad altri PC per le successive elaborazioni.

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

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



Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati in rifrazione, è stato il *Generalized Reciprocal Method* (GRM) che consente di delineare rifrattori ondulati, ad ogni profondità e di numero infinito da dati sismici a rifrazione in linea che consistano di tempi-distanza in andata e

ritorno. I tempi di arrivo a due sensori distinti e per profili in andata e ritorno sono combinati per ottenere la velocità del rifrattore, il calcolo della sezione tempi-profondità ed il fattore di conversione in profondità. Il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati fino ad angoli superiori a 20 gradi. Il GRM in definitiva è un metodo di interpretazione globale e sintetico per il quale molti dei metodi esistenti sono dei casi particolari.

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

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

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

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

Infine sono stati calcolati i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{s30}), come richiesto dalla nuova "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 14 Gennaio 2008 e dall'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-06** 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 04-07**, 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 05-08** 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.

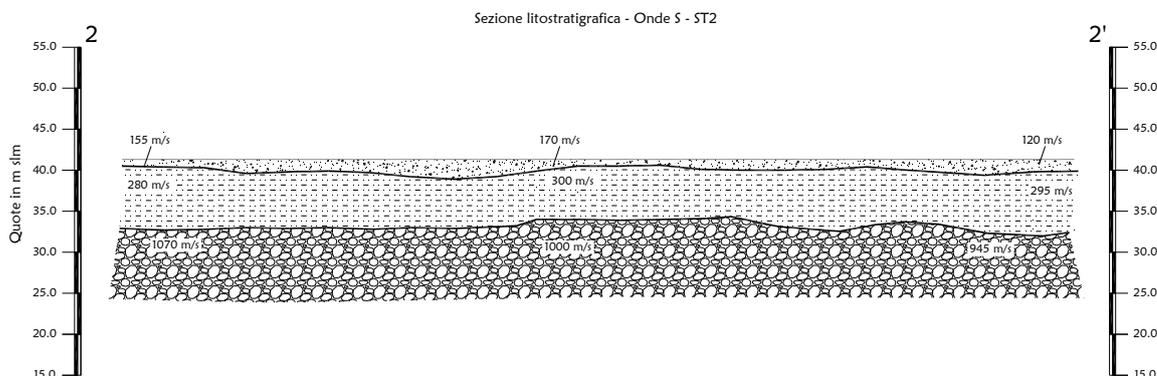
Infine nelle **Tavole 09-10** abbiamo le sezioni tomografiche interpretate realizzate mediante la "WET Tomography" con le relative curve di isovelocità. La scala in falsi colori presente, esprime i valori di velocità all'interno della sezione.

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 principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 0.70 m e 2.40 m (onde P ed onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità medie pari a ca. 8.00 m da p.c. con profondità comprese tra 6.80 m e 9.40 m (onde P ed SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.40 m e ca. 8.00 m.

Nella zona d'intervento il rifrattore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 275 e 315 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 120-170 m/s, con il livello intermedio, costituito da depositi fluvio-lacustri, che presenta velocità comprese tra 755-775 m/s (onde P) e tra 280-300 m/s (onde SH). Il rifrattore più profondo mette in contatto il livello intermedio con un orizzonte di ghiaie in matrice, che presenta velocità comprese tra 1.765 e 2.085 m/s (onde P) e tra 945-1.070 m/s (onde SH).

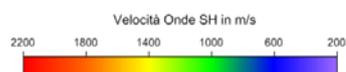
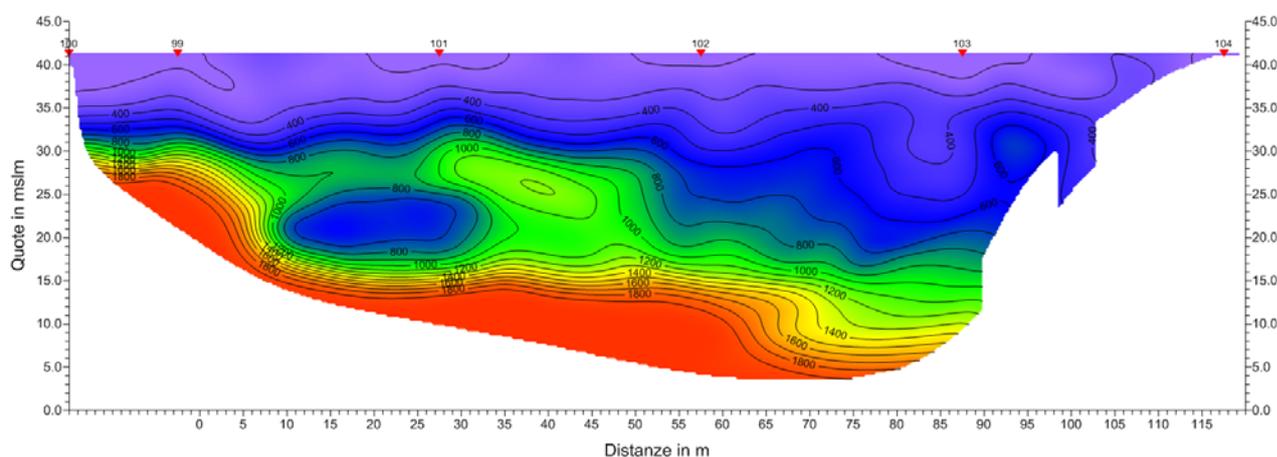
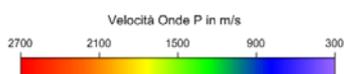
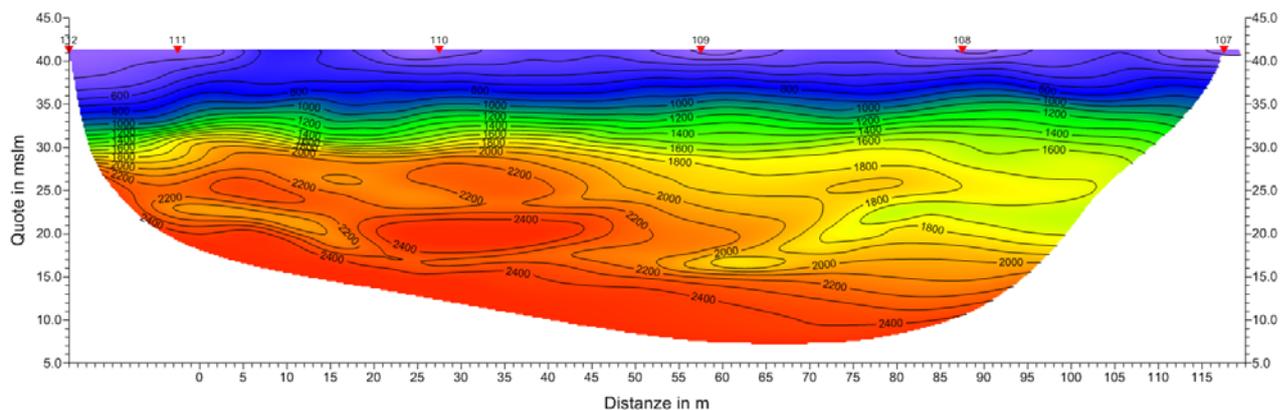


La **Sezione ST2**, effettuata in direzione NO-SE, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento dei due rifrattori.

I due rifrattori mostrano un andamento che segue in parte la morfologia di superficie, in particolare, lo strato più superficiale presenta spessori omogenei, solo nel tratto centrale gli spessori incrementano leggermente, mentre il rifrattore profondo, mostra delle ondulazioni e tende ad approfondirsi lungo la sezione. Tale andamento risulta più evidente con le onde SH ed in particolare nella sezione tomografica. Le lievi discordanze evidenziate tra le due sezioni elaborate possono essere anche imputabili al grado di saturazione dei materiali, che influenza il comportamento delle onde P, le quali mediamente mostrano un rifrattore principale a profondità inferiori rispetto alle onde SH.

L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH in accordo con i risultati del GRM, mostra materiali più superficiali con spessori omogenei solo nella tomo in onde SH gli spessori sembrano incrementare, ed il passaggio dal livello intermedio all'orizzonte di ghiaie risulta non netto ed a volte discontinuo inoltre sempre nelle onde SH sono presenti aree anomale (più bassa

velocità) che potrebbero indicare anomalie puntuali, invece per le onde P non si evidenziano anomalie anche se sulla fine della sezione i valori di velocità delle ghiaie appaiono leggermente più bassi.



Le velocità dell'orizzonte di ghiaie tendono sia per le onde P che SH a diminuire lungo la sezione passando rispettivamente da 2.085 m/s (onde P) e 1.070 m/s (onde SH) a 1.765 m/s e 945 m/s.

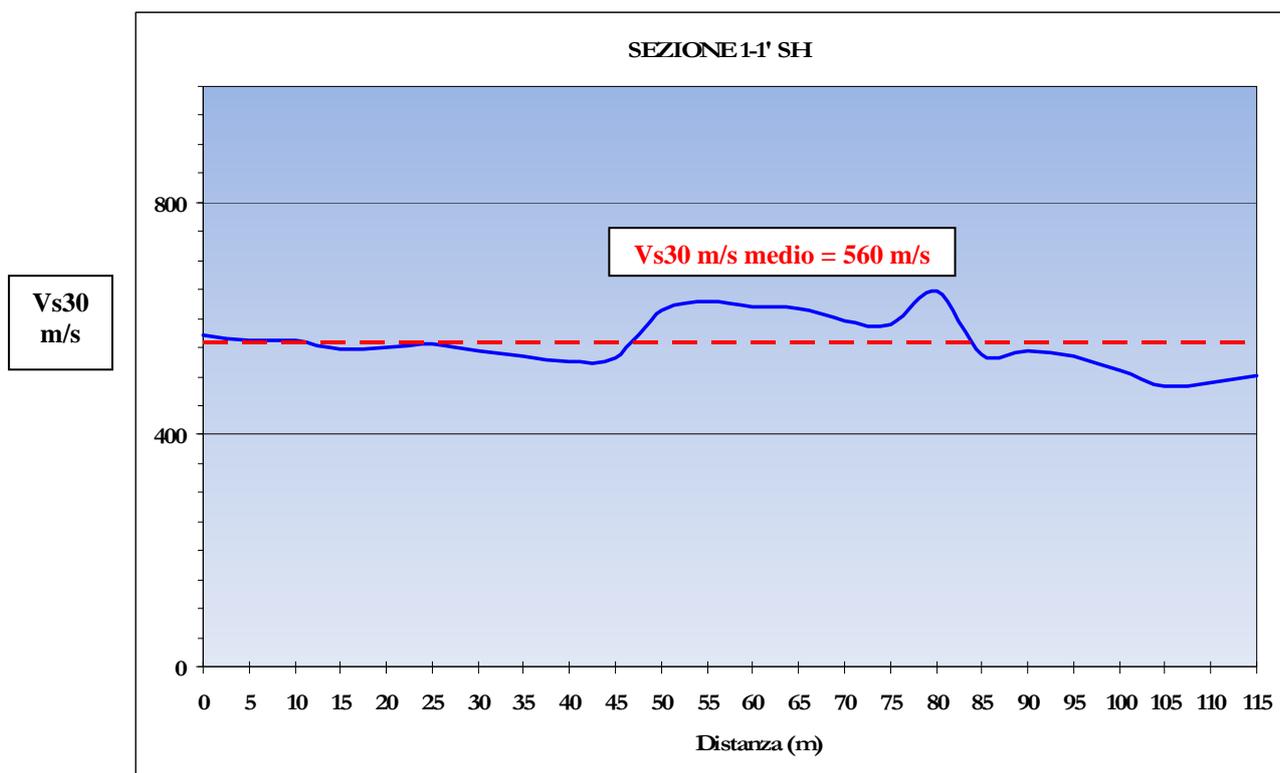
5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI Vs30

L'indagine mediante onde SH fornisce i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette **Vs30**), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. Le "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" definiscono 7 tipologie di suoli principali:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_r > 800$ m/s).</i>
S1	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{v,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.</i>
S2	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>

Sulla base delle caratteristiche litologiche, ma soprattutto sulla base dei valori di velocità ottenuti è stato possibile definire il valore di **Vs30** medio per la sezione ST2:

Vs30 media= 560 m/s



TOMOGRAFIA ELETTRICA

6.0 SCHEMA OPERATIVO

Nella **Tavola 01** allegata, è stato riportato un inquadramento corografico in scala 1:10.000 con indicata la sezione A-B di tomografia elettrica in verde eseguite.

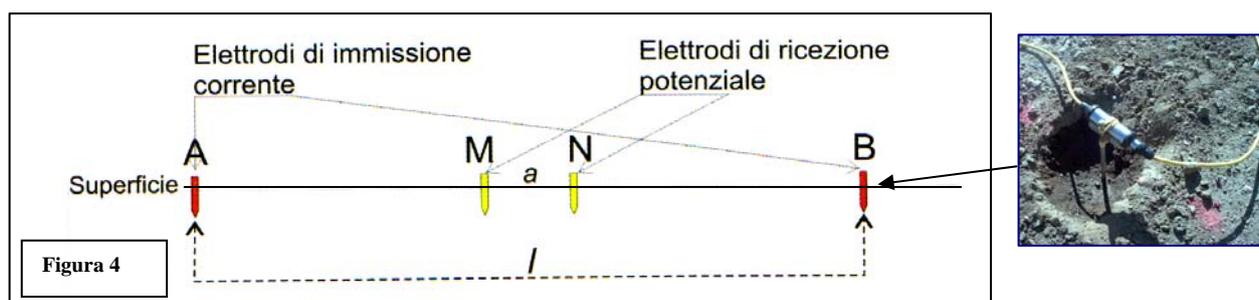
Nella **Tavola 02** allegata, è stato riportato un inquadramento corografico in scala 1:1000 con indicata la sezione A-B di tomografia elettrica in blu eseguite.

Nella **Tavola 11** è stata riportata la tomografia elettrica e la sezione interpretativa.

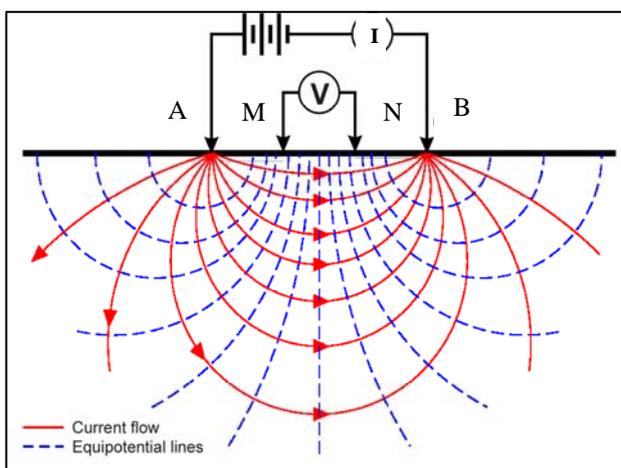
Complessivamente sono stati acquisiti 154 ml di Tomografia elettrica, (sez. A-B) con spaziatura inter-elettrodica pari a 5.5 m.

7.0 METODOLOGIA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Il metodo geoelettrico nelle indagini geofisiche sfrutta le proprietà di rocce, sedimenti (terre) di condurre in modo diverso la corrente elettrica. Il parametro che viene misurato è la resistività elettrica che dipende dalla porosità, dalla permeabilità e dal contenuto ionico dei fluidi di ritenzione. La tomografia elettrica rappresenta un'evoluzione recente dei sondaggi elettrici verticali (S.E.V.), ed è funzionale grazie ai notevoli progressi dell'elettronica digitale e della modellistica geofisica. A seconda della distanza reciproca tra gli elettrodi che immettono la corrente e gli altri che la misurano, si possono investigare profondità sempre maggiori di terreno. Vengono usati *array* diversi a seconda della problematica da indagare, in generale i più utilizzati sono: *Schlumberger*, *Wenner*, *dipolo-dipolo*. L'esecuzione di un profilo tomografico prevede l'installazione di una serie di picchetti metallici (elettrodi), in questo caso 32, che vengono utilizzati tanto come elettrodi di corrente che di potenziale (Figura 4).



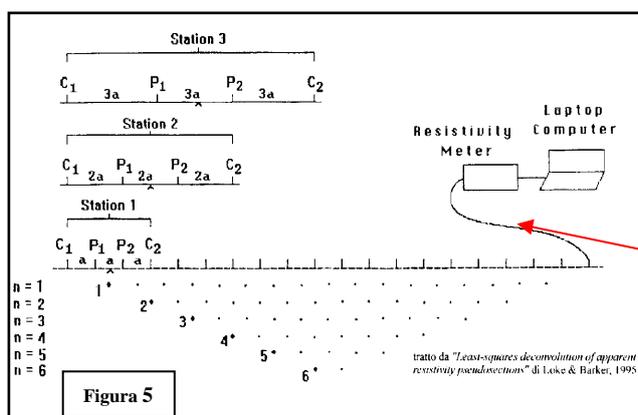
Tramite gli elettrodi **A - B** si immette nel terreno una corrente continua I_c , mentre tramite gli elettrodi **M-N** viene rilevata la differenza di potenziale V che si instaura. Conoscendo I_c e misurando V si calcola la resistività elettrica relativa alla configurazione elettrodica utilizzata, usando la formula:



$$\rho_a = \frac{\pi(l_{(A,B)} / 2)^2 - (a_{(M,N)} / 2)^2}{a_{(M,N)}} \cdot \frac{V}{I_c}$$

Spostando lateralmente il dispositivo elettronico (**M-N**) si rilevano le variazioni orizzontali della resistività e con il progressivo incremento della distanza che intercorre tra le due coppie di elettrodi (**A-B**) si esplorano strati via via più

profondi, il risultato è una sezione bidimensionale in profondità (**Fig. 5**).



Dato che il caso di un sottosuolo omogeneo può ritenersi solo teorico, i valori di resistività rilevati sono valori di resistività “apparente” (ρ_a), influenzati e mediati sull'intero spessore indagato. La resistività apparente si misura in $\Omega \cdot m$ (Ohm per metro lineare) ed esprime il valore della resistività calcolato con una certa configurazione geometrica ed è dipendente dai valori di resistività dei singoli strati interessati dalla corrente immessa.

Per quanto riguarda la strumentazione utilizzata, nel caso specifico si è trattato di un georesistivimetro ARES (GF Instruments, s.r.o.®) con 32 elettrodi le cui caratteristiche tecniche vengono qui riportate (**Fig.6**).



TRANSMITTER:	
POWER	Up to 300 W
CURRENT	up to 2.0 A
VOLTAGE	10-550 V (1100 Vp-p)
PROTECTION	FULL ELECTRONIC PROTECTION
PRECISION	0,10%
RECEIVER:	
INPUT IMPEDANCE	20 MΩ
INPUT VOLTAGE RANGE	-5 V
MAINS FREQUENCY FILTERING	50 or 60 Hz
PRECISION	0,10%

8.0 ARRAY DI TIPO “SCHLUMBERGER”

L'array utilizzato nel presente lavoro è stato “Schlumberger”, il più usato nella tomografia elettrica, avendo un'alta sensibilità intorno agli elettrodi di potenziale M-N ed anche una buona accuratezza di indagine rispetto a strutture sepolte sia con una geometria verticale che orizzontale.

L'array di tipo “Schlumberger” prevede di lasciare i due elettrodi di potenziale M e N ad una distanza fissa (a) sempre nel centro dello stendimento elettrodico. Nella prima misura gli altri due elettrodi di corrente A e B vengono allineati rispettivamente alla stessa distanza a , agli estremi opposti.

Via via che l'indagine vuole esplorare sezioni di terreno a profondità maggiore si allarga la distanza degli elettrodi di corrente per multipli di a fino ad un valore compatibile con il numero degli elettrodi a disposizione (**Fig. 8**). In questo caso si introduce il fattore n , ovvero il rapporto tra A-M (o N-B) e M-N.

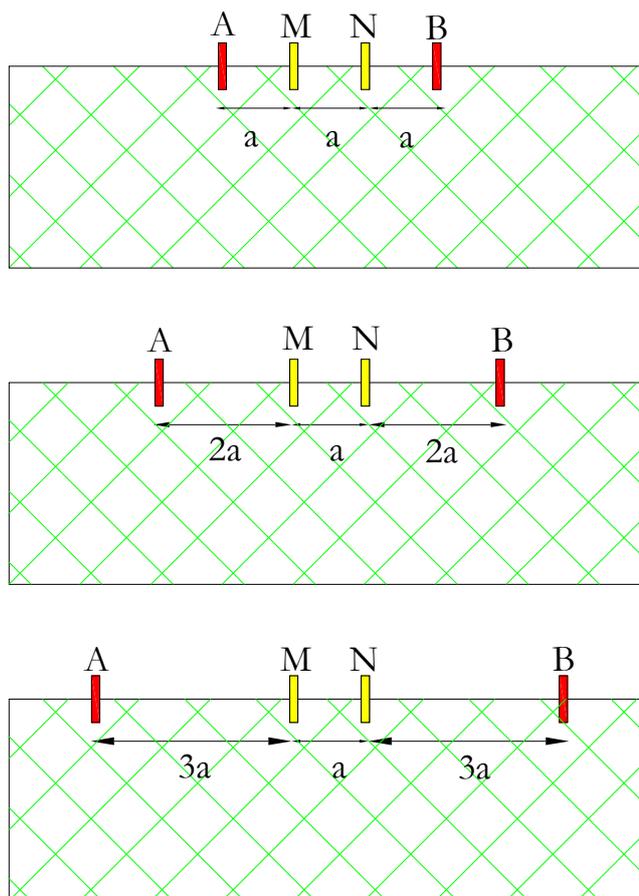


Fig. 8 – Geometria del metodo “Schlumberger”

9.0 "PROCESSING" DEI DATI

Il software RES2DINV[®] (Geotomo Software[®]), utilizzato nel corso del presente lavoro, permette di ottenere un modello bidimensionale di resistività per i dati ottenuti dal rilievo elettrico e sfruttando il metodo dell'inversione permette

partendo dai valori di resistività apparente di arrivare a quelli reali del terreno investigato.

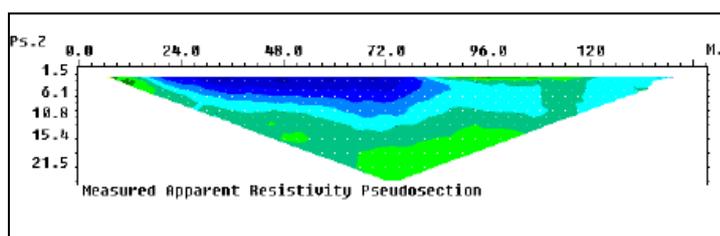
Il modello bidimensionale utilizzato nel programma di inversione consiste in un numero di blocchi rettangolari il cui arrangemento dipende dalla posizione dei dati rilevati.

La distribuzione e posizione dei blocchi è automaticamente generata dal programma in modo tale che il numero dei blocchi non superi il numero dei dati acquisiti.

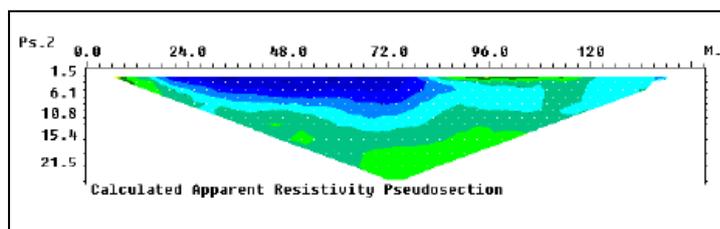
Una complessa routine di modellizzazione viene utilizzata per calcolare i valori di resistività apparente mentre per la routine di inversione viene utilizzata una tecnica di ottimizzazione ai minimi quadrati non lineare.

Nelle sezioni estrapolate si individua nell'asse orizzontale la distanza progressiva dell'allineamento elettrodico sul terreno e nell'asse verticale la profondità rispetto al piano di campagna.

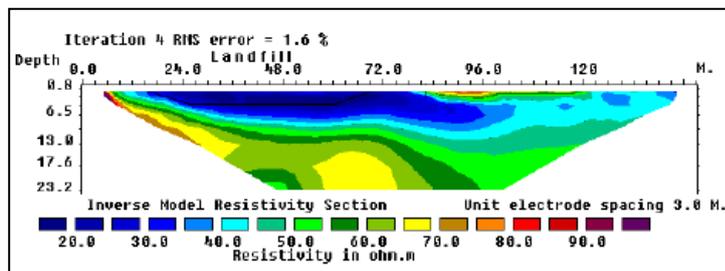
Il software RES2DINV[®] restituisce 3 profili tomografici che esprimono rispettivamente:



La pseudosezione misurata, che rappresenta una distribuzione laterale e verticale della resistività apparente in funzione di una profondità teorica.



La pseudosezione calcolata, che è stata ottenuta dal modello bidimensionale.

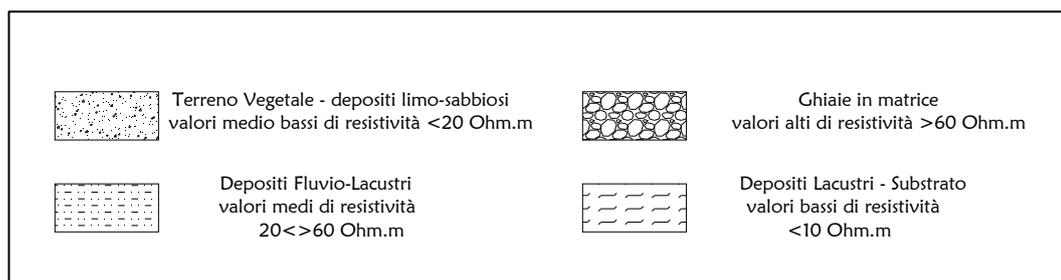


La vera e propria sezione 2D, dove è rappresentata la distribuzione verticale ed orizzontale della resistività reale del terreno oggetto d'indagine.

10.0 ANALISI DEI RISULTATI - TOMOGRAFIA ELETTRICA

Nella **Tavola 11** è stata riportata la sezione tomografica e la rispettiva sezione geoelettrica interpretativa (tarata mediante informazioni geologiche dell'area).

I valori di resistività riscontrati in campagna sono stati così attribuiti alle seguenti litologie:

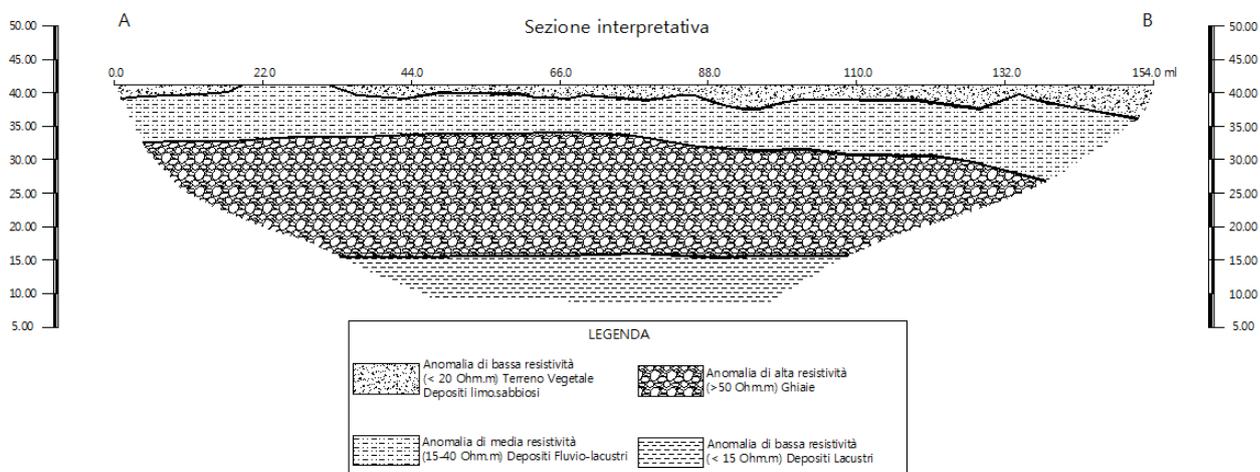
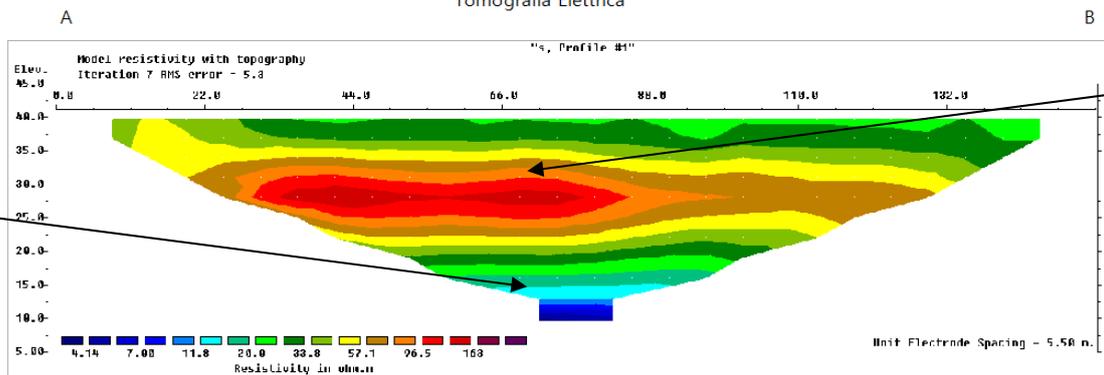


I risultati evidenziano bene un passaggio a ca. 8-10 m da p.c. tra materiali più conduttivi terreno vegetale e depositi fluvio-lacustri e depositi più resistenti attribuibili a ghiaie in matrice, in accordo con i risultati dell'indagine sismica.

Inoltre al di sotto dell'orizzonte di ghiaie i materiali ritornano conduttivi, indicando l'ingresso nel substrato lacustre intorno a ca. 25-30 m da p.c..

Possono essere inoltre discriminati lenti di ghiaie più resistenti all'interno dell'orizzonte intermedio.

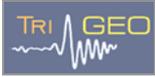
Tomografia Elettrica



11.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Le indagini eseguite hanno permesso di evidenziare le caratteristiche geofisiche, quali velocità delle onde sismiche compressionali e di taglio e resistività, dei materiali superficiali e profondi di un'area, posta in **VIA DELL'ACCIAOLO, SCANDICCI (FI)**. 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 e depositi limo-sabbiosi) ed il livello intermedio, costituito da depositi fluvio-lacustri e tra quest'ultimo ed un orizzonte di ghiaie in matrice.

La tomografia elettrica ha permesso inoltre di indagare al di sotto dell'orizzonte di ghiaie (altrimenti non individuabili con la sismica a rifrazione in virtù dell'effetto dell'inversione di velocità) raggiungendo il substrato lacustre.

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI LINEA SISMICA ST2 - VIA DELL'ACCIAOLO	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 18 di 20

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

- sono state ricostruite due superfici rifrangenti principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 0.70 m e 2.40 m (onde P ed onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità medie pari a ca. 8.0 m da p.c. con profondità comprese tra 6.80 m e 9.40 m (onde P ed SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.40 m e ca. 8.00 m;
- nella zona d'intervento il rifrattore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 275 e 315 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 120-170 m/s, con il livello intermedio, costituito da depositi fluvio-lacustri, che presenta velocità comprese tra 755-775 m/s (onde P) e tra 280-300 m/s (onde SH). Il rifrattore più profondo mette in contatto il livello intermedio con un orizzonte di ghiaie in matrice, che presenta velocità comprese tra 1765 e 2.085 m/s (onde P) e tra 945-1070 m/s (onde SH);
- è stata calcolata, come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni., una V_{s30} mediata sui primi 30 m, pari a **560 m/s**;
- la sezione A-B eseguita in Tomografia Elettrica ha confermato i risultati dell'indagine sismica ed ha permesso di individuare come il substrato lacustre si collochi a profondità di ca. 20-25 m rispetto al p.c.

Firenze, lì 29/03/2012

TRIGEO SNC

TRIGEO SNC

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

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA BOLOGNESE 289 – 50139 LA LASTRA – FIRENZE
 Tel/Fax 055 9062212 – CELL. 328 7213928



ALLEGATI



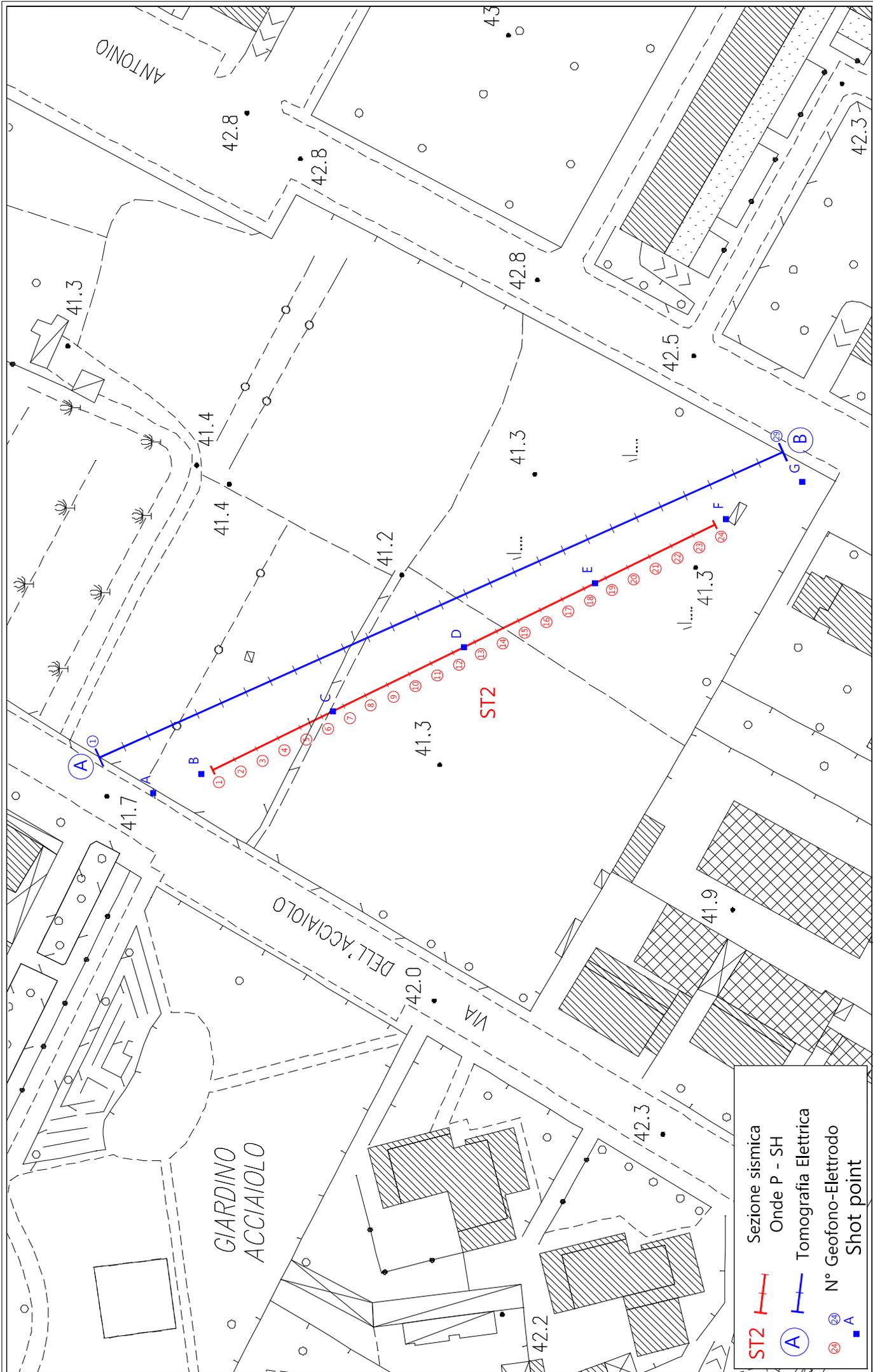
ST2 Sezione sismica rappresentata
Onde P - SH

A-B Sezioni elettriche eseguite

Tavola 01 - Planimetria generale - ST2 - A-B - Via dell'Acciaio

Febbraio 2012

Scala 1: 10000



ST2 Sezione sismica
 Onde P - SH
 Tomografia Elettrica
 N° Geofono-Elettrodo
 Shot point

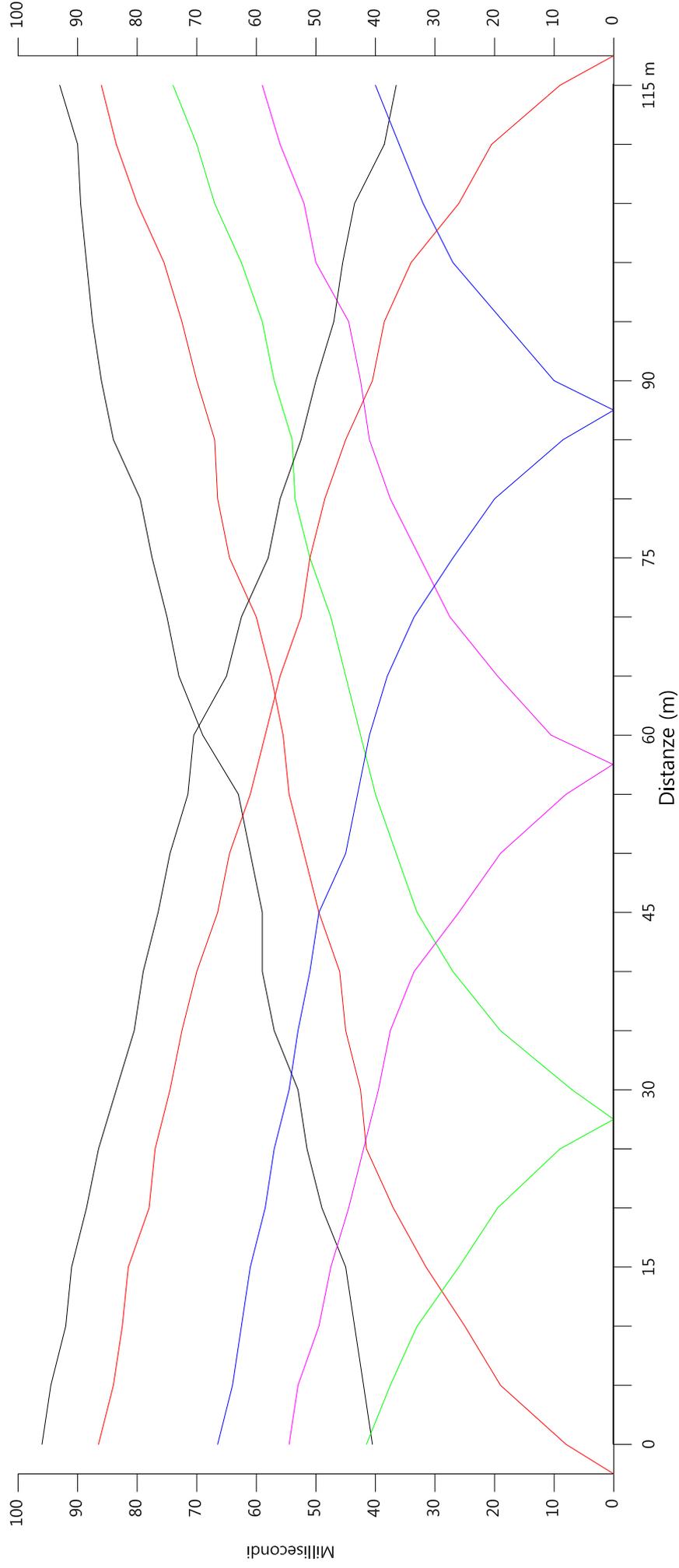
Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - ST2 e A-B - Via dell'Acciaio

Febbraio 2012

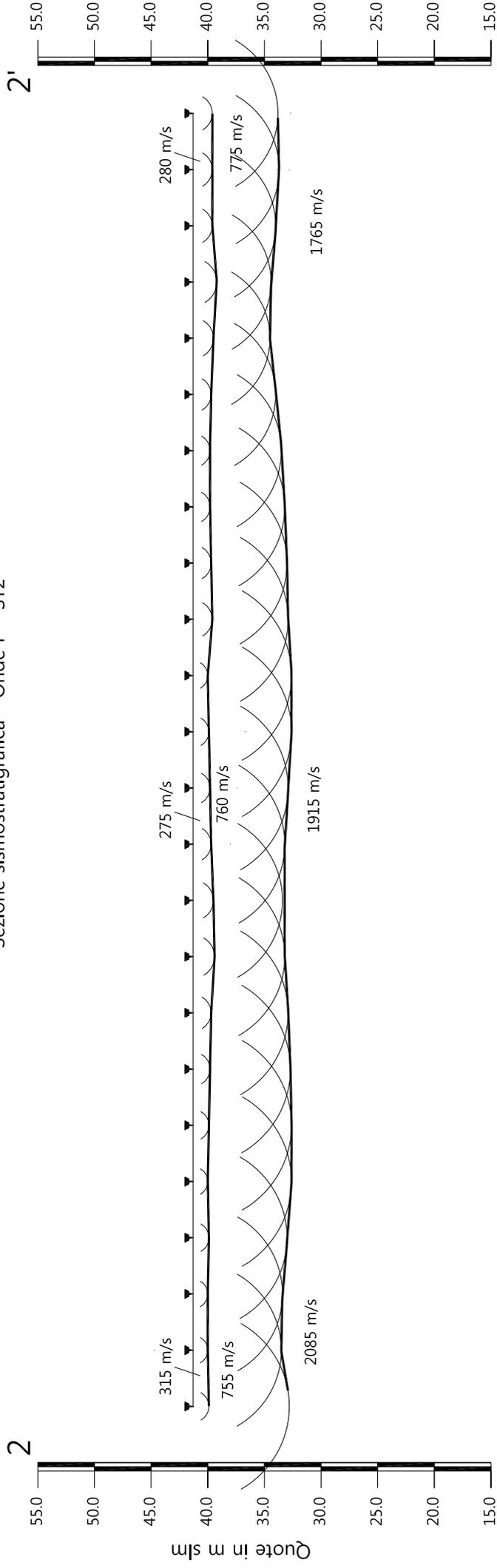
Scala 1: 1000

Dromocrone

- Shot Point (-30m)
- Shot Point (G1-2.5m)
- Shot Point (G6-G7)
- Shot Point (G12-G13)
- Shot Point (G18-G19)
- Shot Point (G24+2.5m)
- Shot Point (+30m)



Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST2



Numero geofono	0	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)	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30																					
Quote in m slm	1.40	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	1.50	1.60	1.60	1.90	1.80	1.60	1.50	41.30	55	12	60	13	65	14	70	15	75	16	80	17	85	18	90	19	95	20	41.30	2.10	6.90	1.70	7.30	1.70	7.60	1.70	41.30	110	23	41.30	115	24
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	1.40	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	1.50	1.60	1.60	1.90	1.80	1.60	1.50	41.30	55	12	60	13	65	14	70	15	75	16	80	17	85	18	90	19	95	20	41.30	2.10	6.90	1.70	7.30	1.70	7.60	1.70	41.30	110	23	41.30	115	24
Profondità da p.c. Livello 2 (m)	1.40	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	1.50	1.60	1.60	1.90	1.80	1.60	1.50	41.30	55	12	60	13	65	14	70	15	75	16	80	17	85	18	90	19	95	20	41.30	2.10	6.90	1.70	7.30	1.70	7.60	1.70	41.30	110	23	41.30	115	24

Profilo topografico

 Profilo topografico strato

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

 ▲ Geofoni

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

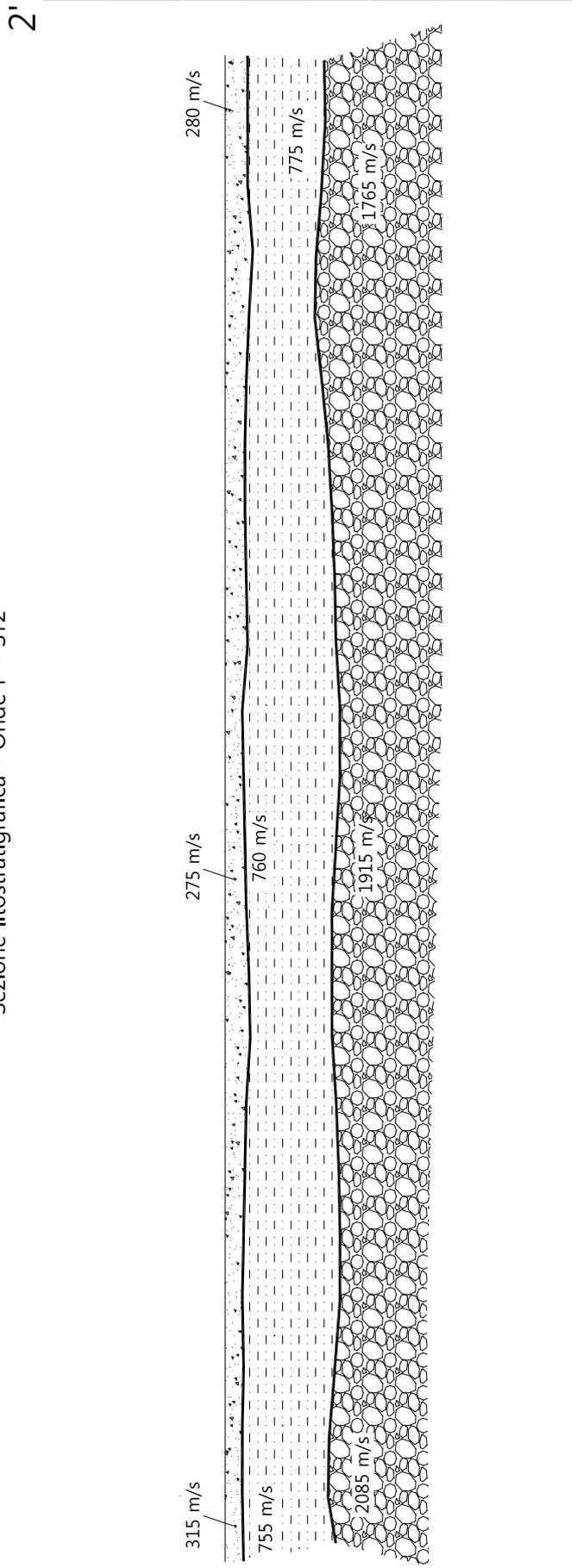
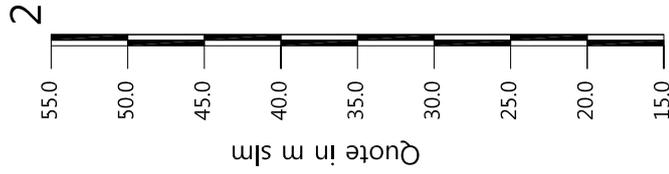


Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST2

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione litostratigrafica - Onde P - ST2



Legenda

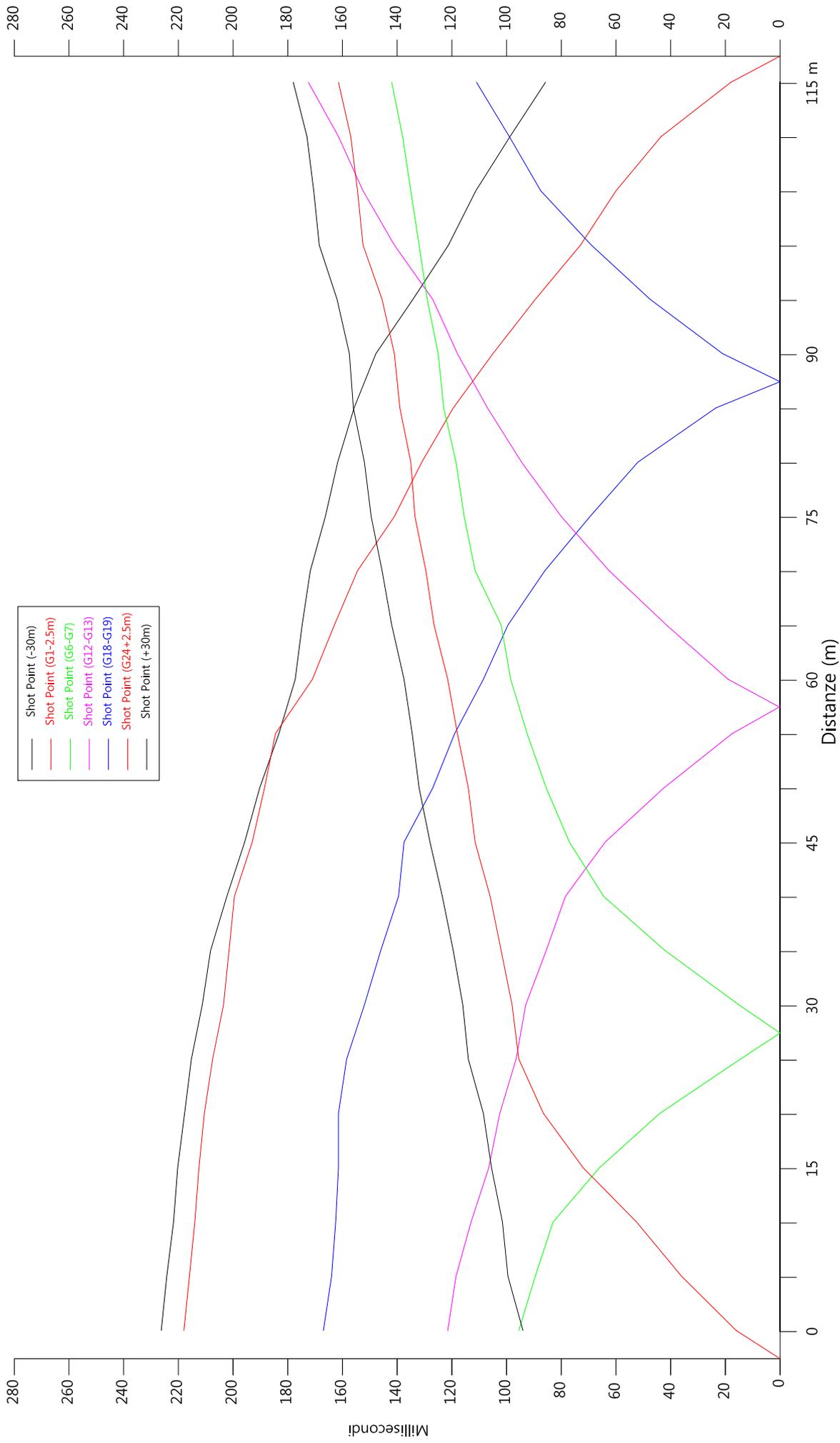
-  Terreno vegetale
-  Depositi limo sabbiosi
-  Livello intermedio
-  Depositi fluvio-lacustri
-  Ghiale in matrice sabbiosa

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 05 - Sezione liostratigrafica - Onde P - ST2





Shot Point (-30m)
 Shot Point (G1-2.5m)
 Shot Point (G6-G7)
 Shot Point (G12-G13)
 Shot Point (G18-G19)
 Shot Point (G24+2.5m)
 Shot Point (+30m)

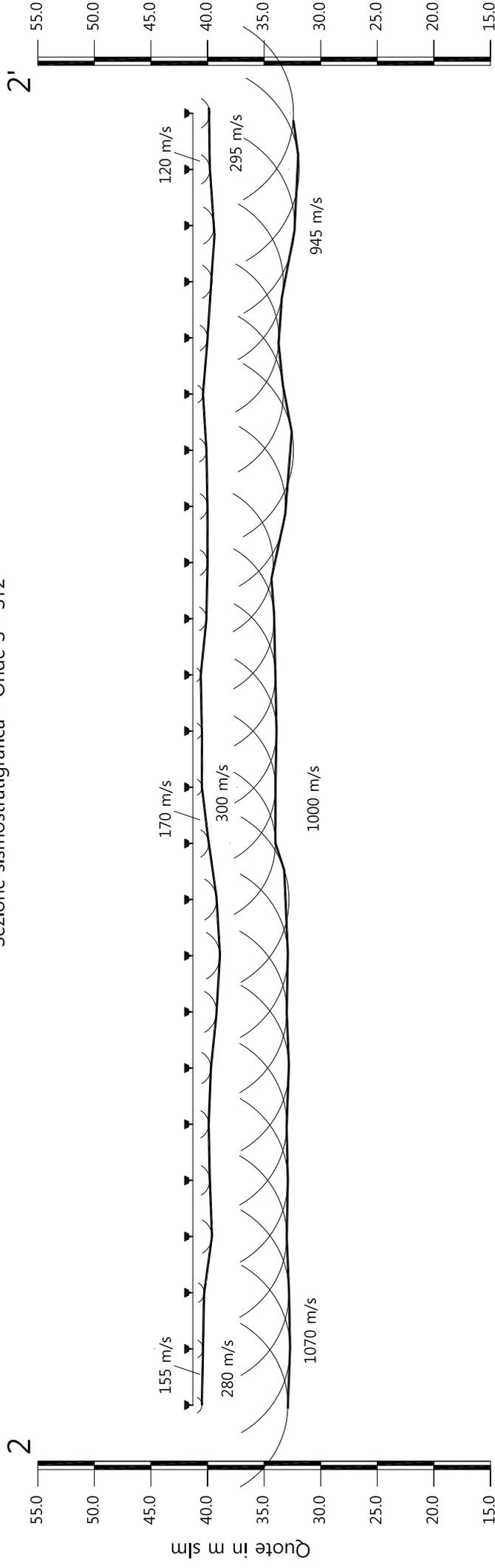


Tavola 06 - Dromocrone - Onde SH - ST2

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
 Scala Orizzontale 1:500

Sezione sismostratigrafica - Onde S - ST2



Numero geofono	0	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)	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	115	
Quote in m slm	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30	115
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	0.80	0.90	1.00	1.70	1.50	1.40	1.60	2.10	41.30	2.40	2.10	41.30	0.80	41.30	0.70	1.20	1.30	41.30	1.20	41.30	0.90	41.30	1.90	41.30	1.50	41.30	1.50
Profondità da p.c. Livello 2 (m)	0.80	0.90	1.00	1.70	1.50	1.40	1.60	2.10	41.30	2.40	2.10	41.30	0.80	41.30	0.70	1.20	1.30	41.30	1.20	41.30	0.90	41.30	1.90	41.30	1.50	41.30	1.50

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

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



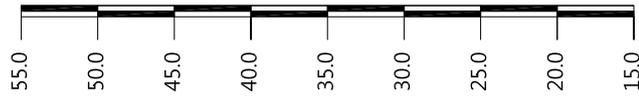
Tavola 07 - Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ST2

Febbraio 2012

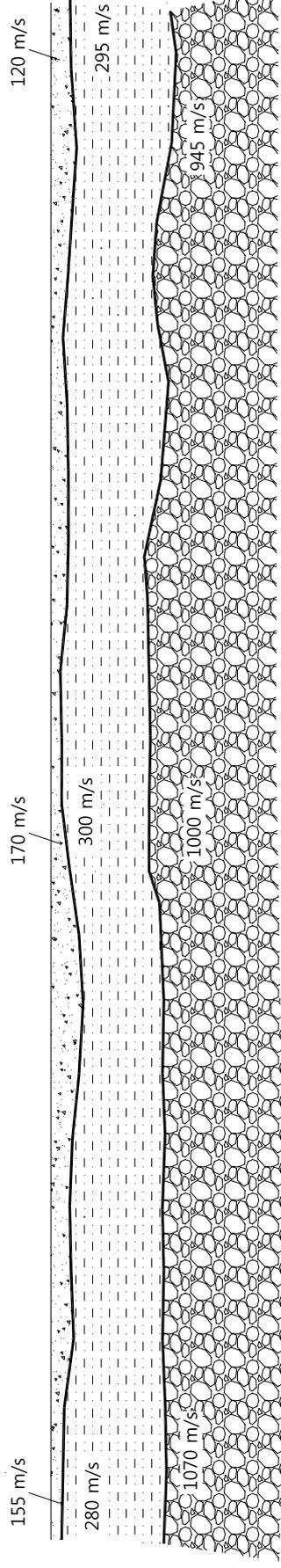
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione litostratigrafica - Onde S - ST2

2



Quote in m slm



2'



Legenda

-  Terreno vegetale
-  Depositi limo sabbiosi
-  Livello intermedio
-  Depositi fluvio-lacustri
-  Ghiaie in matrice sabbiosa

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

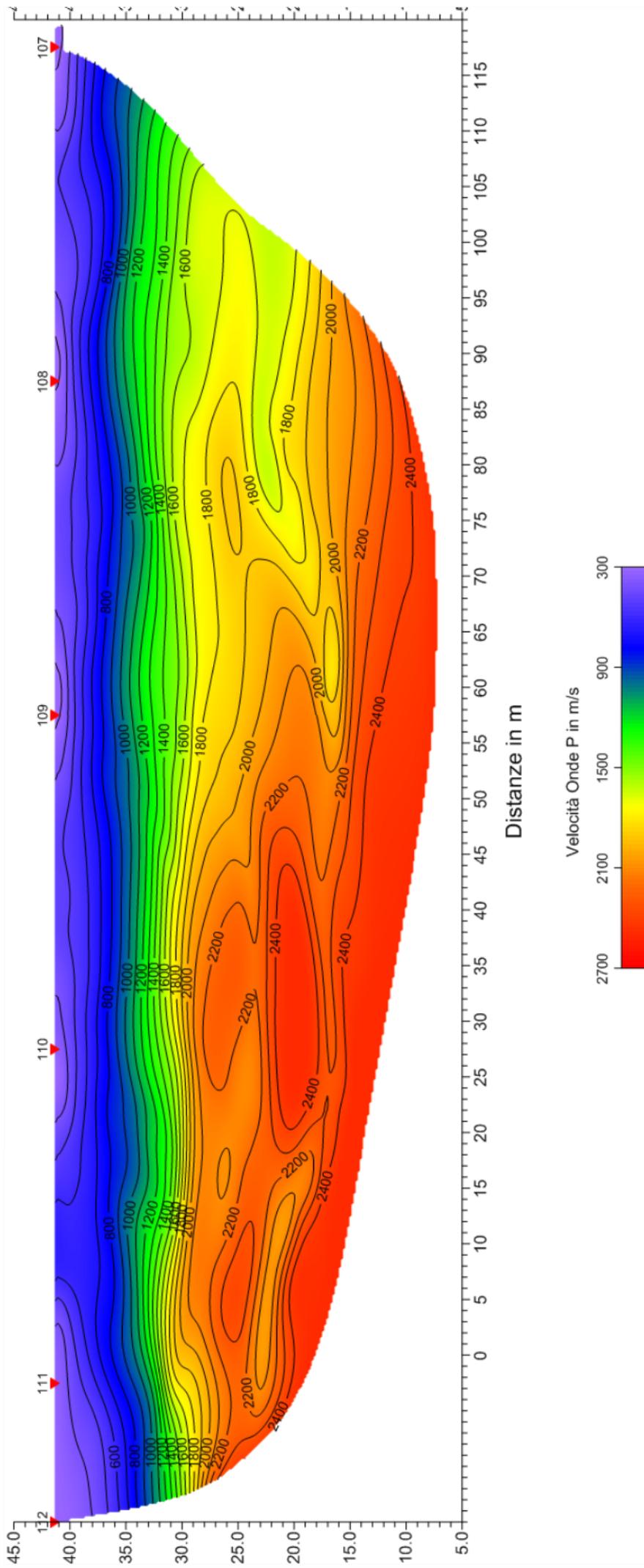
Tavola 08 - Sezione litostratigrafica - Onde S - ST2



Sezione tomografica - Onde P - ST2

2

2'



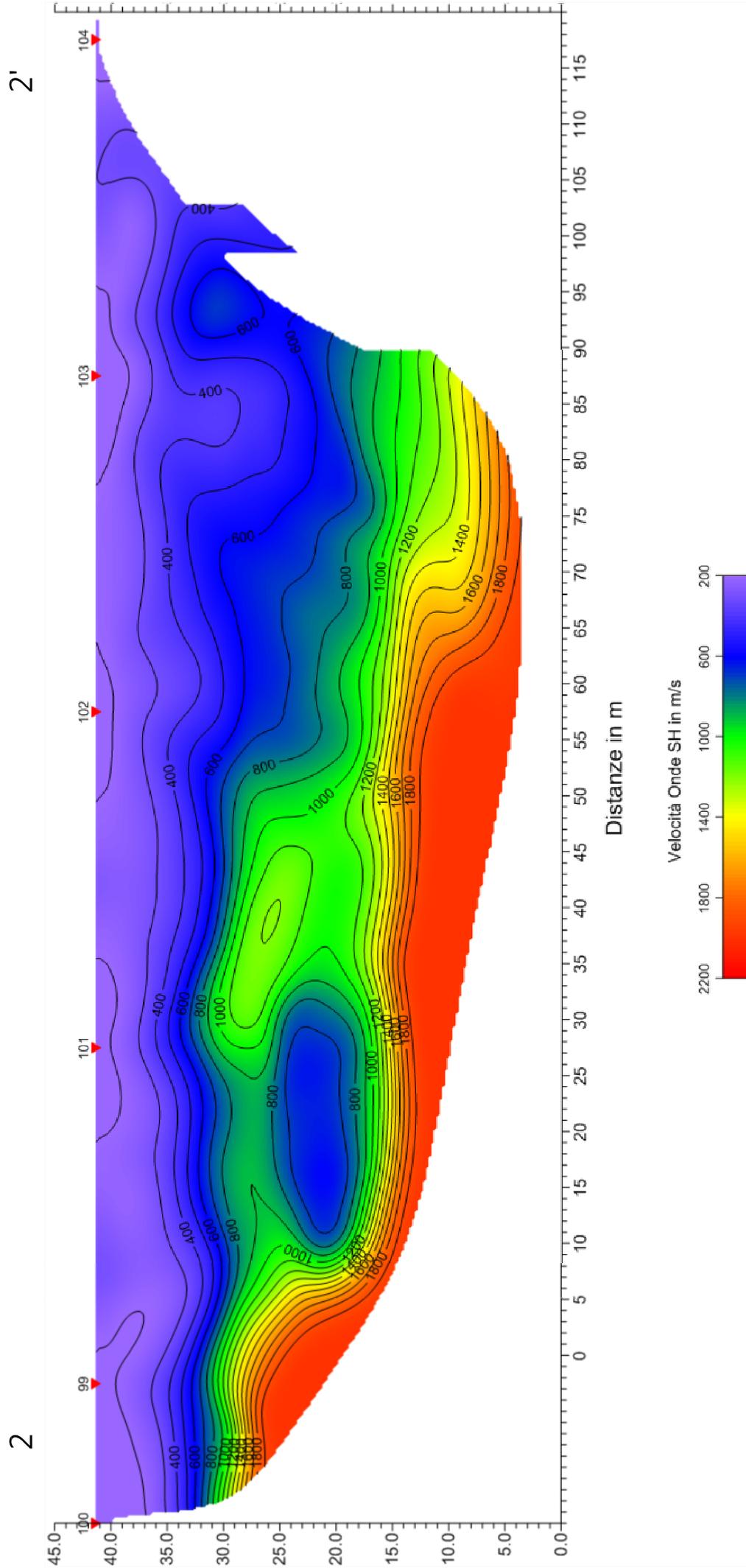
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 09 - Sezione tomografica - Onde P - ST2



Sezione tomografica - Onde SH - ST2



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

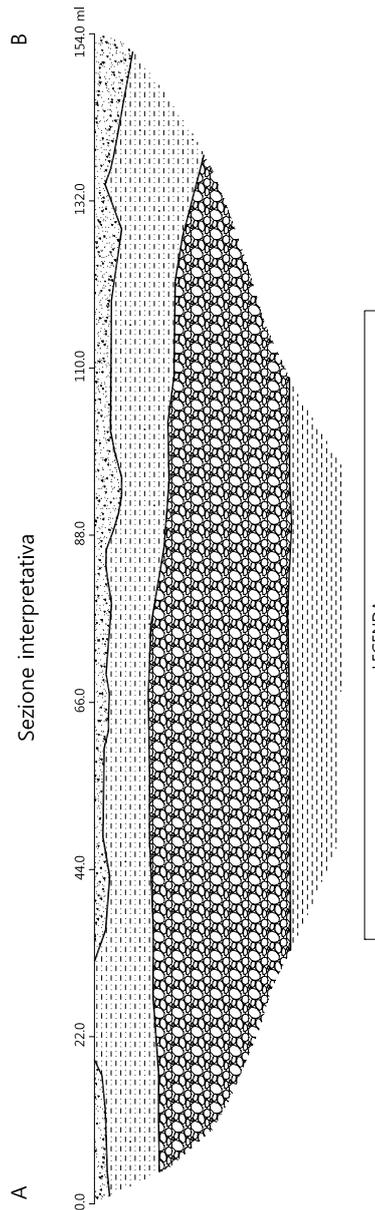
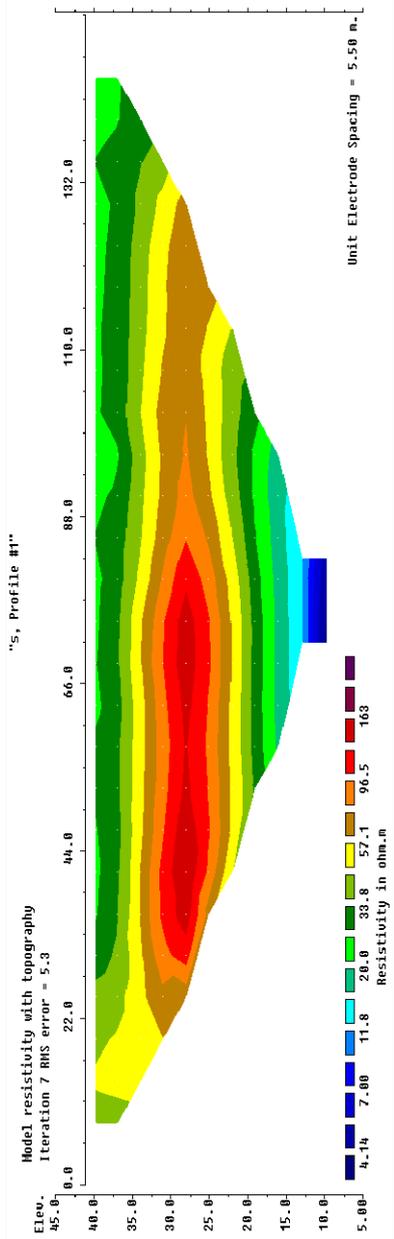
Febbraio 2012

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ST2

Tomografia Elettrica

B

A



LEGENDA

	Anomalia di bassa resistività (< 20 Ohm.m) Terrano Vegetale Depositi limo.sabbiosi
	Anomalia di alta resistività (> 50 Ohm.m) Ghiaie
	Anomalia di media resistività (15-40 Ohm.m) Depositi fluvio-lacustri
	Anomalia di bassa resistività (< 15 Ohm.m) Depositi Lacustri



Vista generale della sezione ST2 da G12 verso G1.



Vista generale della sezione ST2 da G24 verso G1.



Shot Point B sx- onde SH – ST2



Shot Point D sx - onde SH – ST2



Shot Point E sx- onde SH – ST2



Shot Point C - onde P – ST2

SEZIONE SISMICA ST2– VIA DELL'ACCIAOLO– SCANDICCI (FI)
SCHEMA DELLA PROSPEZIONE SISMICA

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	41.3
2	5	5.0	41.3
3	10	5.0	41.3
4	15	5.0	41.3
5	20	5.0	41.3
6	25	5.0	41.3
7	30	5.0	41.3
8	35	5.0	41.3
9	40	5.0	41.3
10	45	5.0	41.3
11	50	5.0	41.3
12	55	5.0	41.3
13	60	5.0	41.3
14	65	5.0	41.3
15	70	5.0	41.3
16	75	5.0	41.3
17	80	5.0	41.3
18	85	5.0	41.3
19	90	5.0	41.3
20	95	5.0	41.3
21	100	5.0	41.3
22	105	5.0	41.3
23	110	5.0	41.3
24	115	5.0	41.3

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	1675426.50	1675466.01
Y(m)	4847801.08	4847693.08

**PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT – ST2– VIA
DELL'ACCIAOLO**

TIRI	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
A ESTERNO SX	-25.00	41.30
B ESTREMO SX	- 2.50	41.30
C INTERMEDIO SX	27.50	41.30
D CENTRALE	57.50	41.30
E INTERMEDIO DX	87.50	41.30
F ESTREMO DX	117.50	41.30
G ESTREMO DX	145.00	41.30

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST2 – VIA DELL'ACCIAOLO – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	1.40	8.50
2	5	1.30	7.80
3	10	1.30	7.90
4	15	1.40	8.30
5	20	1.30	8.70
6	25	1.40	8.70
7	30	1.50	8.60
8	35	1.60	8.40
9	40	1.90	8.10
10	45	1.80	7.90
11	50	1.60	8.10
12	55	1.50	8.40
13	60	1.40	8.70
14	65	1.30	8.70
15	70	1.70	8.40
16	75	1.60	8.30
17	80	1.50	8.10
18	85	1.50	7.80
19	90	1.60	7.30
20	95	1.80	6.80
21	100	2.10	6.90
22	105	1.70	7.30
23	110	1.70	7.60
24	115	1.70	7.50

**PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST2 – VIA DELL'ACCIAOLO – ONDE
SH**

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	0.80	8.40
2	5	0.90	8.60
3	10	1.00	8.50
4	15	1.70	8.30
5	20	1.50	8.40
6	25	1.40	8.30
7	30	1.60	8.50
8	35	2.10	8.30
9	40	2.40	8.40
10	45	2.10	8.50
11	50	1.40	7.30
12	55	0.80	7.30
13	60	0.80	7.40
14	65	0.70	7.30
15	70	1.20	7.20
16	75	1.30	7.10
17	80	1.30	8.20
18	85	1.20	8.90
19	90	0.90	8.00
20	95	1.30	7.60
21	100	1.70	8.00
22	105	1.90	9.00
23	110	1.50	9.40
24	115	1.50	8.90

TEMPI ONDE P - Shot Point A (-25.00 m) 41.30 mslm

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	40.50	41.30
2	5	42.00	41.30
3	10	43.50	41.30
4	15	45.00	41.30
5	20	49.00	41.30
6	25	51.50	41.30
7	30	53.00	41.30
8	35	57.00	41.30
9	40	59.00	41.30
10	45	59.00	41.30
11	50	61.00	41.30
12	55	63.00	41.30
13	60	69.00	41.30
14	65	73.00	41.30
15	70	75.00	41.30
16	75	77.50	41.30
17	80	79.50	41.30
18	85	84.00	41.30
19	90	86.00	41.30
20	95	87.50	41.30
21	100	88.50	41.30
22	105	89.50	41.30
23	110	90.00	41.30
24	115	93.00	41.30

TEMPI ONDE P - Shot Point B (-2.50 m) 41.30 mslm

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	8.00	41.30
2	5	19.00	41.30
3	10	25.00	41.30
4	15	31.50	41.30
5	20	37.00	41.30
6	25	41.50	41.30
7	30	42.50	41.30
8	35	45.00	41.30
9	40	46.00	41.30
10	45	49.50	41.30
11	50	52.00	41.30
12	55	54.50	41.30
13	60	55.50	41.30
14	65	57.50	41.30
15	70	60.00	41.30
16	75	64.50	41.30
17	80	66.50	41.30
18	85	67.00	41.30
19	90	70.00	41.30
20	95	72.50	41.30
21	100	75.50	41.30
22	105	80.00	41.30
23	110	83.50	41.30
24	115	86.00	41.30

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	41.50	41.30
2	5	37.50	41.30
3	10	33.00	41.30
4	15	26.00	41.30
5	20	19.50	41.30
6	25	9.00	41.30
7	30	7.00	41.30
8	35	19.00	41.30
9	40	27.00	41.30
10	45	33.00	41.30
11	50	36.50	41.30
12	55	40.00	41.30
13	60	42.50	41.30
14	65	45.00	41.30
15	70	47.50	41.30
16	75	51.00	41.30
17	80	53.50	41.30
18	85	54.00	41.30
19	90	57.00	41.30
20	95	59.00	41.30
21	100	62.50	41.30
22	105	67.00	41.30
23	110	70.00	41.30
24	115	74.00	41.30

TEMPI ONDE P - Shot Point C (27.50 m) 41.30 mslm

TEMPI ONDE P - Shot Point D (57.50 m) 41.30 mslm

TEMPI ONDE P - Shot Point E (87.50 m) 41.30 mslm

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	66.50	41.30
2	5	64.00	41.30
3	10	62.50	41.30
4	15	61.00	41.30
5	20	58.50	41.30
6	25	57.00	41.30
7	30	54.50	41.30
8	35	53.00	41.30
9	40	51.00	41.30
10	45	49.50	41.30
11	50	45.00	41.30
12	55	43.00	41.30
13	60	41.00	41.30
14	65	38.00	41.30
15	70	33.50	41.30
16	75	27.00	41.30
17	80	20.00	41.30
18	85	8.50	41.30
19	90	10.00	41.30
20	95	18.50	41.30
21	100	27.00	41.30
22	105	32.00	41.30
23	110	36.00	41.30
24	115	40.00	41.30

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	54.50	41.30
2	5	53.00	41.30
3	10	49.50	41.30
4	15	47.50	41.30
5	20	44.50	41.30
6	25	42.00	41.30
7	30	39.50	41.30
8	35	37.50	41.30
9	40	33.50	41.30
10	45	26.00	41.30
11	50	19.00	41.30
12	55	8.00	41.30
13	60	10.50	41.30
14	65	19.50	41.30
15	70	27.50	41.30
16	75	32.50	41.30
17	80	37.50	41.30
18	85	41.00	41.30
19	90	42.50	41.30
20	95	44.50	41.30
21	100	50.00	41.30
22	105	52.00	41.30
23	110	56.00	41.30
24	115	59.00	41.30

TEMPI ONDE P - Shot Point F (117.50 m) 41.30 mslm

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	96.00	41.30
2	5	94.50	41.30
3	10	92.00	41.30
4	15	91.00	41.30
5	20	88.50	41.30
6	25	86.50	41.30
7	30	83.50	41.30
8	35	80.50	41.30
9	40	79.00	41.30
10	45	76.50	41.30
11	50	74.50	41.30
12	55	71.50	41.30
13	60	70.50	41.30
14	65	65.00	41.30
15	70	62.50	41.30
16	75	58.00	41.30
17	80	56.00	41.30
18	85	52.50	41.30
19	90	50.00	41.30
20	95	47.00	41.30
21	100	45.50	41.30
22	105	43.50	41.30
23	110	38.50	41.30
24	115	36.50	41.30

TEMPI ONDE P - Shot Point G (145.00 m) 41.30 mslm

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	86.50	41.30
2	5	84.00	41.30
3	10	82.50	41.30
4	15	81.50	41.30
5	20	78.00	41.30
6	25	77.00	41.30
7	30	74.50	41.30
8	35	72.50	41.30
9	40	70.00	41.30
10	45	66.50	41.30
11	50	64.50	41.30
12	55	61.00	41.30
13	60	58.50	41.30
14	65	56.00	41.30
15	70	52.50	41.30
16	75	51.00	41.30
17	80	48.50	41.30
18	85	45.00	41.30
19	90	40.50	41.30
20	95	38.50	41.30
21	100	34.00	41.30
22	105	26.00	41.30
23	110	20.50	41.30
24	115	9.00	41.30

TEMPI ONDE SH - Shot Point A (-25.00 m) 41.30 mslm

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	94.50	41.30
2	5	100.00	41.30
3	10	102.00	41.30
4	15	106.00	41.30
5	20	109.00	41.30
6	25	114.50	41.30
7	30	116.50	41.30
8	35	120.00	41.30
9	40	124.00	41.30
10	45	128.50	41.30
11	50	132.50	41.30
12	55	135.00	41.30
13	60	138.00	41.30
14	65	142.50	41.30
15	70	146.00	41.30
16	75	150.00	41.30
17	80	152.50	41.30
18	85	156.50	41.30
19	90	158.00	41.30
20	95	162.50	41.30
21	100	169.00	41.30
22	105	171.00	41.30
23	110	173.50	41.30
24	115	178.50	41.30

TEMPI ONDE SH - Shot Point B (-2.50 m) 41.30 mslm

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	16.00	41.30
2	5	36.00	41.30
3	10	52.50	41.30
4	15	72.00	41.30
5	20	86.50	41.30
6	25	95.50	41.30
7	30	98.00	41.30
8	35	102.00	41.30
9	40	106.00	41.30
10	45	111.50	41.30
11	50	114.00	41.30
12	55	118.00	41.30
13	60	121.50	41.30
14	65	126.50	41.30
15	70	129.50	41.30
16	75	133.50	41.30
17	80	135.00	41.30
18	85	139.00	41.30
19	90	141.00	41.30
20	95	145.50	41.30
21	100	152.50	41.30
22	105	154.50	41.30
23	110	157.00	41.30
24	115	161.50	41.30

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	95.50	41.30
2	5	89.50	41.30
3	10	83.00	41.30
4	15	66.00	41.30
5	20	44.00	41.30
6	25	14.50	41.30
7	30	15.00	41.30
8	35	42.00	41.30
9	40	64.50	41.30
10	45	77.00	41.30
11	50	85.50	41.30
12	55	92.50	41.30
13	60	98.50	41.30
14	65	102.00	41.30
15	70	111.50	41.30
16	75	115.50	41.30
17	80	118.50	41.30
18	85	123.00	41.30
19	90	125.00	41.30
20	95	129.00	41.30
21	100	132.00	41.30
22	105	135.00	41.30
23	110	138.00	41.30
24	115	142.00	41.30

TEMPI ONDE SH - Shot Point C (27.50 m) 41.30 mslm

TEMPI ONDE SH - Shot Point D (57.50 m) 41.30 mslm

TEMPI ONDE SH - Shot Point E (87.50 m) 41.30 mslm

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	167.00	41.30
2	5	164.00	41.30
3	10	162.50	41.30
4	15	161.50	41.30
5	20	161.50	41.30
6	25	158.50	41.30
7	30	152.00	41.30
8	35	146.00	41.30
9	40	139.50	41.30
10	45	137.50	41.30
11	50	127.00	41.30
12	55	119.00	41.30
13	60	108.50	41.30
14	65	99.50	41.30
15	70	86.00	41.30
16	75	69.50	41.30
17	80	52.00	41.30
18	85	23.50	41.30
19	90	21.00	41.30
20	95	47.50	41.30
21	100	69.00	41.30
22	105	87.50	41.30
23	110	99.00	41.30
24	115	111.00	41.30

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	121.50	41.30
2	5	118.50	41.30
3	10	113.00	41.30
4	15	106.50	41.30
5	20	102.50	41.30
6	25	96.50	41.30
7	30	93.00	41.30
8	35	85.50	41.30
9	40	78.50	41.30
10	45	64.00	41.30
11	50	42.50	41.30
12	55	17.50	41.30
13	60	19.00	41.30
14	65	41.50	41.30
15	70	62.50	41.30
16	75	80.00	41.30
17	80	94.50	41.30
18	85	107.00	41.30
19	90	118.00	41.30
20	95	127.00	41.30
21	100	141.00	41.30
22	105	152.50	41.30
23	110	161.50	41.30
24	115	172.50	41.30

TEMPI ONDE SH - Shot Point F (117.50 m) 41.30 mslm

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	218.00	41.30
2	5	216.00	41.30
3	10	214.00	41.30
4	15	212.50	41.30
5	20	210.50	41.30
6	25	207.50	41.30
7	30	203.50	41.30
8	35	201.50	41.30
9	40	199.50	41.30
10	45	193.00	41.30
11	50	188.50	41.30
12	55	184.50	41.30
13	60	171.00	41.30
14	65	163.00	41.30
15	70	154.50	41.30
16	75	141.00	41.30
17	80	131.00	41.30
18	85	119.50	41.30
19	90	105.00	41.30
20	95	89.50	41.30
21	100	73.00	41.30
22	105	60.00	41.30
23	110	43.50	41.30
24	115	18.00	41.30

TEMPI ONDE SH - Shot Point G (145.00 m) 41.30 mslm

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	TEMPO DI ARRIVO IN msec	QUOTA IN mslm
1	0	226.50	41.30
2	5	224.50	41.30
3	10	222.00	41.30
4	15	220.50	41.30
5	20	218.00	41.30
6	25	215.50	41.30
7	30	211.50	41.30
8	35	208.50	41.30
9	40	202.50	41.30
10	45	196.00	41.30
11	50	190.50	41.30
12	55	183.50	41.30
13	60	177.50	41.30
14	65	175.00	41.30
15	70	172.00	41.30
16	75	166.50	41.30
17	80	162.00	41.30
18	85	156.00	41.30
19	90	148.00	41.30
20	95	134.50	41.30
21	100	121.50	41.30
22	105	111.50	41.30
23	110	99.00	41.30
24	115	86.00	41.30

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST2 – 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	320	740	2086
2	5	319	745	2086
3	10	312	750	2086
4	15	326	760	2086
5	20	319	740	2086
6	25	310	743	2085
7	30	315	786	2081
8	35	300	794	2073
9	40	319	702	2059
10	45	268	710	2034
11	50	260	737	1993
12	55	270	725	1942
13	60	270	743	1886
14	65	275	782	1838
15	70	271	710	1800
16	75	290	738	1775
17	80	291	767	1763
18	85	280	795	1763
19	90	295	723	1765
20	95	290	752	1767
21	100	288	780	1767
22	105	279	708	1767
23	110	285	737	1767
24	115	290	765	1767

VE**LOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST2 – 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	150	280	1072
2	5	149	279	1072
3	10	157	277	1072
4	15	156	276	1072
5	20	154	275	1072
6	25	153	273	1072
7	30	151	272	1072
8	35	150	270	1072
9	40	159	269	1076
10	45	159	258	1084
11	50	168	306	1084
12	55	168	305	1067
13	60	167	302	1038
14	65	176	309	1007
15	70	176	306	982
16	75	165	303	960
17	80	179	290	944
18	85	111	297	938
19	90	122	295	938
20	95	123	292	941
21	100	124	299	943
22	105	126	296	943
23	110	127	293	943
24	115	120	290	943

COMUNE DI SCANDICCI PROVINCIA DI FIRENZE

TITOLO:

-STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI-

**“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE
SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH)
CALCOLO VS₃₀ - D.M. 14/01/2008 – LINEA SISMICA ST3
LOCALITÀ OLMO – ZONA CIMITERO**

COMMITTENTE:

COMUNE DI SCANDICCI

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
22 Febbraio 2012

TRIGEO S.N.C.

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
VIA BOLOGNESE, 289 – 50139 LA LASTRA - FIRENZE
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 9062212 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI LINEA SISMICA ST3 – ZONA CIMITERO	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 1 di 13

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 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI VS30.....	9
6.0 CONSIDERAZIONI FINALI.....	10
ALLEGATI.....	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 Febbraio 2012, per conto del **COMUNE DI SCANDICCI**, in località **OLMO** nell'area circostante il Cimitero (**Fig. 1**).



Figura 1: Particolare del tratto centrale della sezione **ST3**.

L'indagine sismica, si inserisce nell'ambito dell'attività di revisione del vigente Regolamento Urbanistico, per il quale il comune sta effettuando le indagini geologico-tecniche previste in base all'art. 62 della Legge Regionale Toscana n. 1/2005 (Norme per il governo del territorio).

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 SCANDICCI LINEA SISMICA ST3 – ZONA CIMITERO	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 3 di 13

“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 **ST3** eseguito, scala 1:10.000 (da CTR 1:10.000);
- **Tavola 02:** Planimetria di dettaglio scala 1:1.000 (da CTR 1:2.000) con ubicazione del profilo sismico **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 03-06:** Diagrammi Tempi d’arrivo-Distanze (Dromocrone) 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;
- **Tavole 04-07:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-08:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 09-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Documentazione fotografica della linea sismica e di ciascun punto scoppio.

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

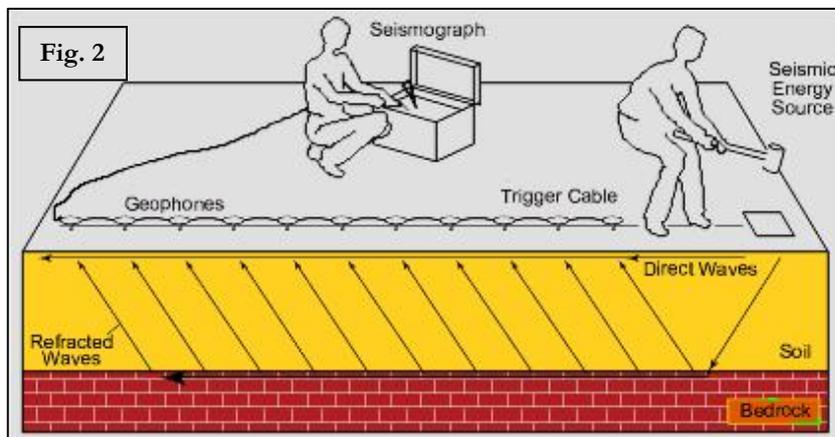
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1.000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo 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.

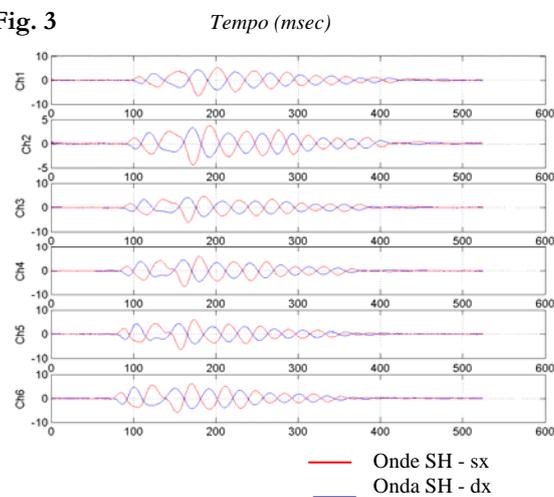
Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo PASI mod. 16S24 a 24 canali, dotato di filtri analogici e digitali, *notch filter* a 50 Hz ed *Automatic Gain Control*, con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit con sovracampionamento e post-processing, 4 contatori indipendenti, base dei tempi 20 Mhz, accuratezza $\pm 0.01\%$, trattamento dei dati come Floating Point 32 bit, processore Pentium Intel, ambiente operativo Windows ed un Hard Disk da 10 Gb dove vengono immagazzinati i dati

acquisiti, i dati sono quindi visualizzati sul display VGA a colori in LCD-TFT 10.4". le registrazioni vengono gestite dal PC interno ed in seguito trasferite mediante RS232 ad altri PC per le successive elaborazioni.

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.

Fig. 3



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

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

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

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

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

Infine sono stati calcolati i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{S30}), come richiesto dalla nuova "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 14 Gennaio 2008 e dall'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-06** 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 SCANDICCI LINEA SISMICA ST3 – ZONA CIMITERO	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 7 di 13

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 04-07**, 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 05-08** 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 09-10** 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.

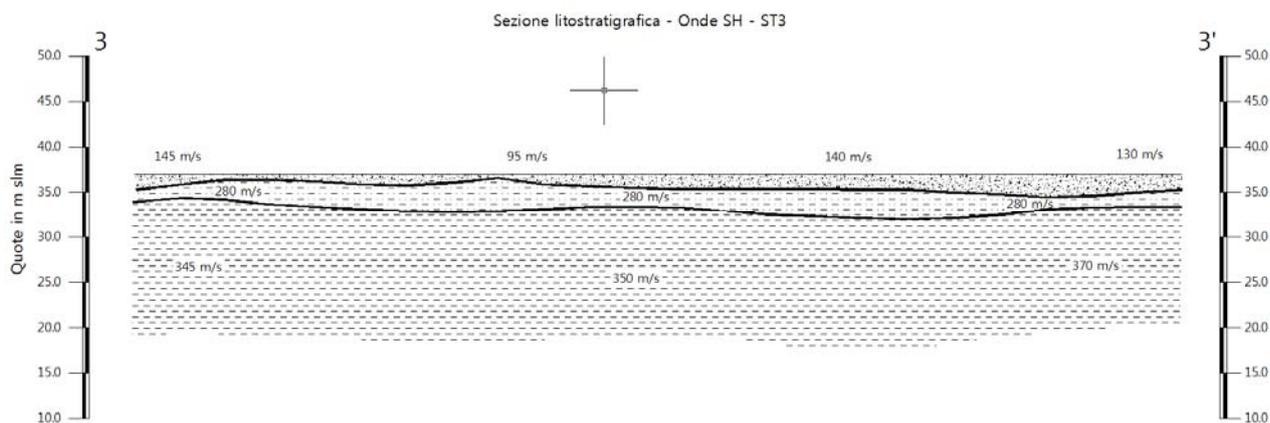
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di due superfici rifrangenti principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 1.20 m e 1.70 m (onde P) e tra 0.40 m e 2.50 m (onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità comprese tra 3.60 m e 6.40 m (onde P) e tra 2.80 e 5.00 m (Onde SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.40 m e ca. 4.60 m.

Nella zona d'intervento il rifrattore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 220 e 260 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 95-130 m/s, con il livello intermedio, costituito da depositi fluviali, che presenta velocità medie prossime a 870 m/s (onde P) ed attorno a 280 m/s (onde SH). Il rifrattore più profondo mette in contatto il livello

intermedio con il substrato, costituito da depositi lacustri, che presenta velocità comprese tra 1.725 e 1.785 m/s (onde P) e tra 345-370 m/s (onde SH).

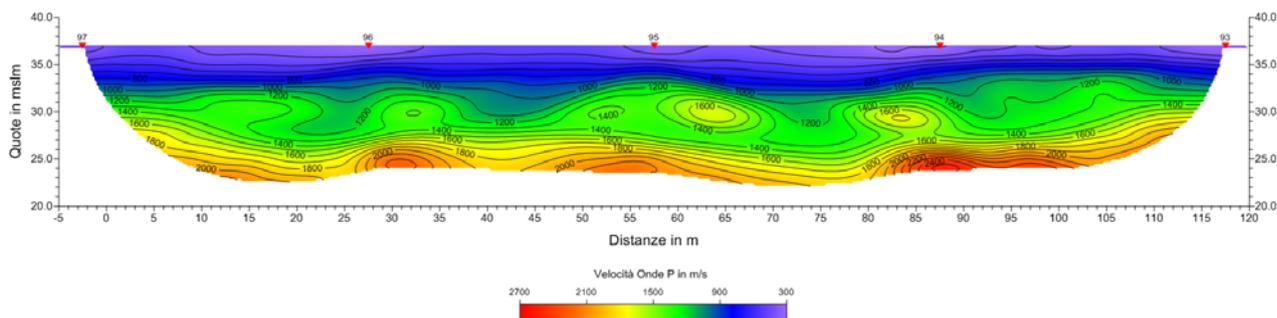
La **Sezione ST3**, effettuata in direzione NO-SE, è stata elaborata seguendo le informazioni



del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento dei due rifrattori.

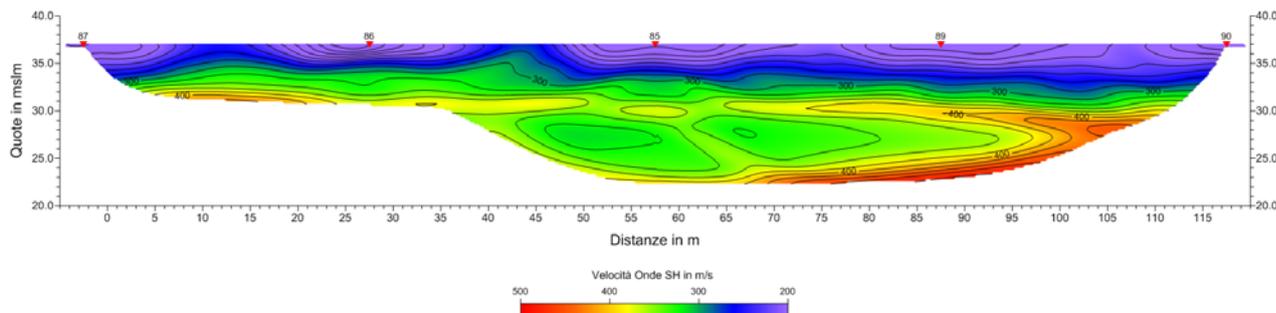
Il rifrattore più superficiale mostra un andamento suborizzontale, con spessori mediamente compresi tra 1.0 e 2.0 m, con spessori maggiori osservati lungo il tratto finale. Il rifrattore principale, che individua il passaggio tra i materiali intermedi limo argillosi ed il substrato costituito dai depositi lacustri, presenta anch'esso una superficie suborizzontale, con profondità comprese tra 3.0 e 6.0 m. Gli spessori maggiori si osservano lungo la sezione acquisita in onde P, molto probabilmente legata al grado di idratazione dei materiali che influenza unicamente l'andamento delle onde P.

L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH mostra una copertura



superficiale piuttosto omogenea con minime oscillazioni delle curve di isovelocità. Il passaggio dal livello intermedio al substrato lacustre risulta netto ed evidente in entrambe le sezioni elaborate. Il netto raffittimento delle curve di isovelocità, da quella dei 1.000 m/s (onde P) a da quella dei 300-400 m/s (onde SH). L'elaborazione tomografica mostra sia superficialmente che più in profondità la presenza di materiali omogenei e compatti, visto l'andamento regolare delle curve di isovelocità.

Unicamente nella sezione tomografica in onde P si osserva un ulteriore passaggio a partire dalla curva di isovelocità dei 1.400-1.500 m/s.



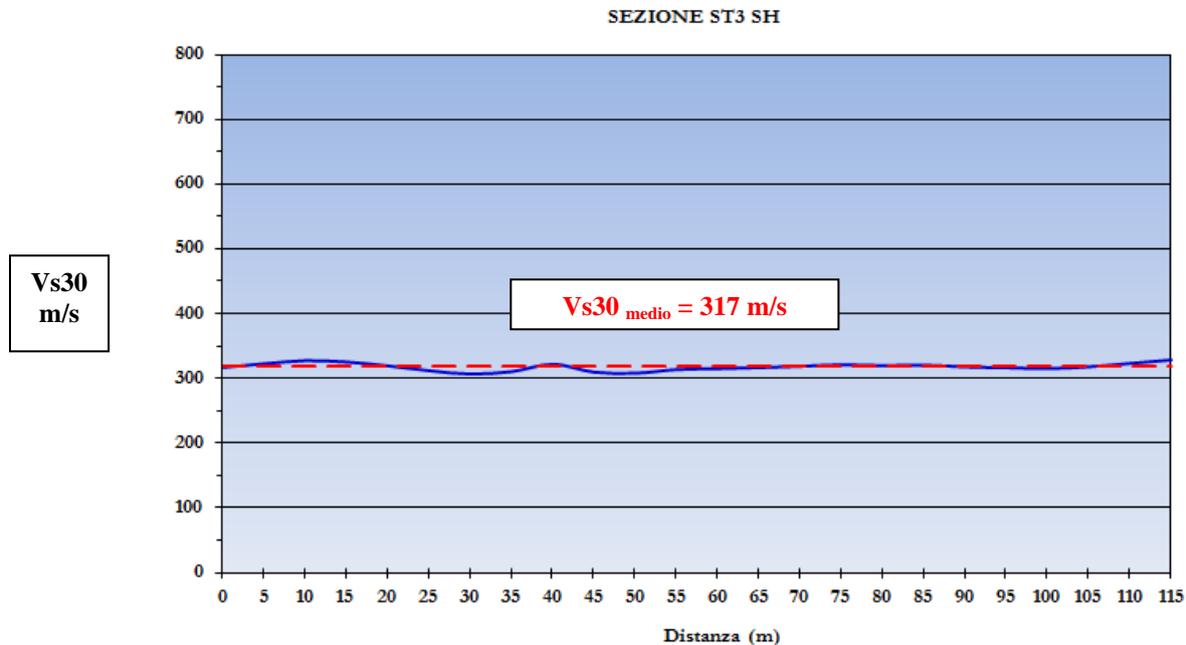
Le velocità del substrato fluviale risultano mediamente prossime a 1.750 m/s (onde P) e 350 (onde SH). Sia le onde P che le onde SH mostrano valori costanti lungo tutto lo stendimento. Il livello intermedio presenta velocità di 870 m/s (onde P) e di 280 m/s (onde SH). Per quanto riguarda i materiali più superficiali si osservano velocità comprese tra 220 e 600 m/s (onde P) e tra 95 e 145 m/s (onde SH), con i valori maggiori osservati lungo nella parte iniziale.

5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI Vs30

L'indagine mediante onde SH fornisce i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette **Vs30**), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. Le "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" definiscono 7 tipologie di suoli principali:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SP7,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositii di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SP7,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositii di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SP7,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositii di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{v,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositii di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, ma soprattutto sulla base dei valori di velocità ottenuti è stato possibile definire il valore di **Vs30** medio per la sezione **ST3**:



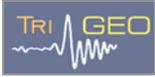
Vs30 = 317 m/s

6.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, nei pressi della zona industriale nell'area circostante il Cimitero, **SCANDICCI (FI)**. 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 e depositi limo-sabbiosi) ed il livello intermedio, costituito da limi-argillosi e tra quest'ultimo ed il substrato lacustre.

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

- sono state ricostruite due superfici rifrangenti principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 1.20 m e 1.70 m (onde P) e tra 0.40 m e 2.50 m (onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità comprese tra 3.60 m e 6.40 m (onde P) e tra 2.80 e 5.00 m (Onde SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.40 m e ca. 4.60 m;

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI LINEA SISMICA ST3 – ZONA CIMITERO	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 11 di 13

- nella zona d'intervento il rifrattore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 220 e 260 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 95-130 m/s, con il livello intermedio, costituito da depositi fluviali, che presenta velocità medie prossime a 870 m/s (onde P) ed attorno a 280 m/s (onde SH). Il rifrattore più profondo mette in contatto il livello intermedio con il substrato, costituito da depositi lacustri, che presenta velocità comprese tra 1.725 e 1.785 m/s (onde P) e tra 345-370 m/s (onde SH);
- è stata calcolata, come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni., una V_{s30} mediata sui primi 30 m, pari a **317 m/s**.

Firenze, li 22/02/2012

TRIGEO SNC

TRIGEO SNC

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

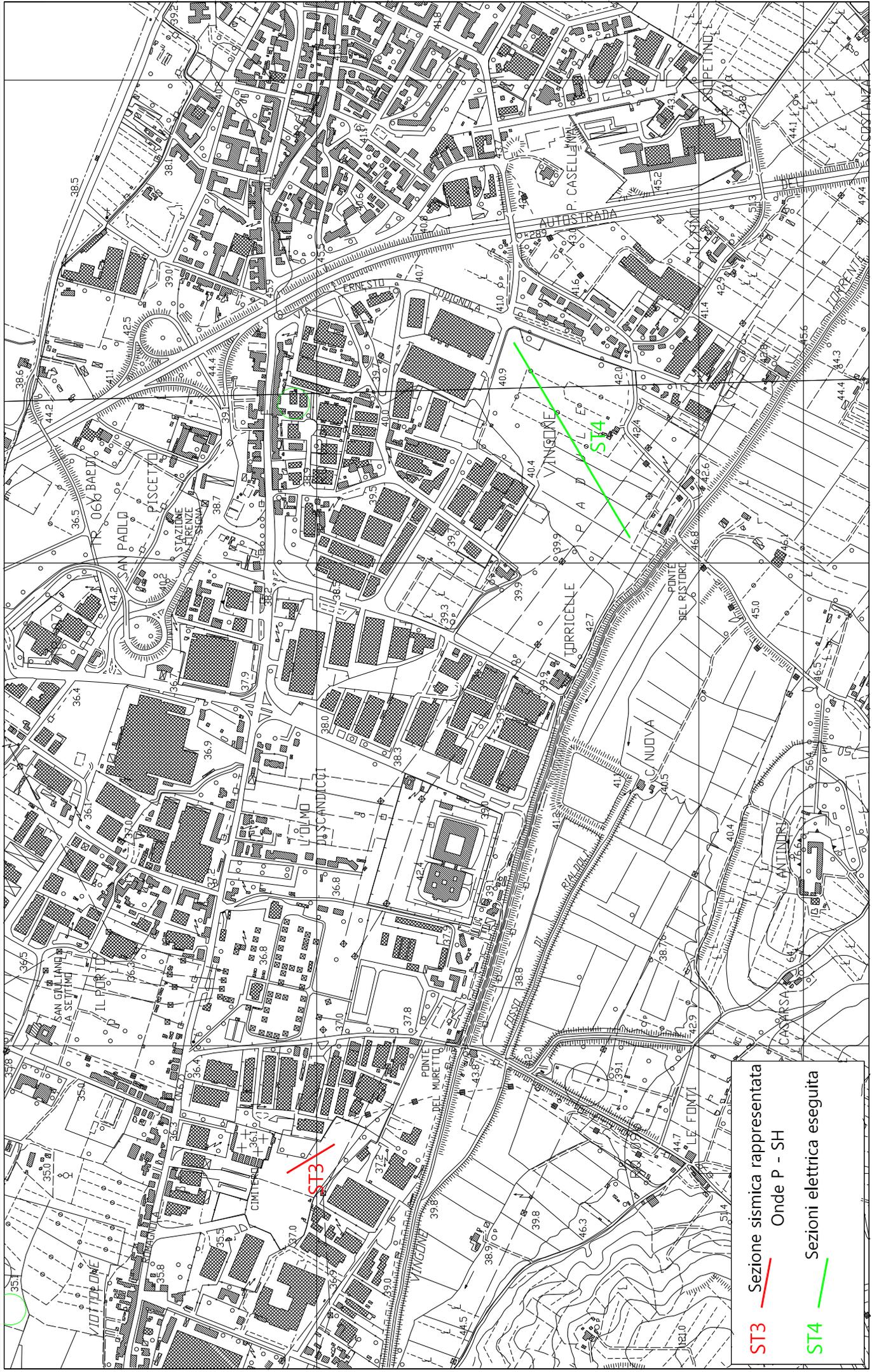
info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA BOLOGNESE 289 – 50139 LA LASTRA – FIRENZE
 Tel/Fax 055 9062212 – CELL. 328 7213928



ALLEGATI



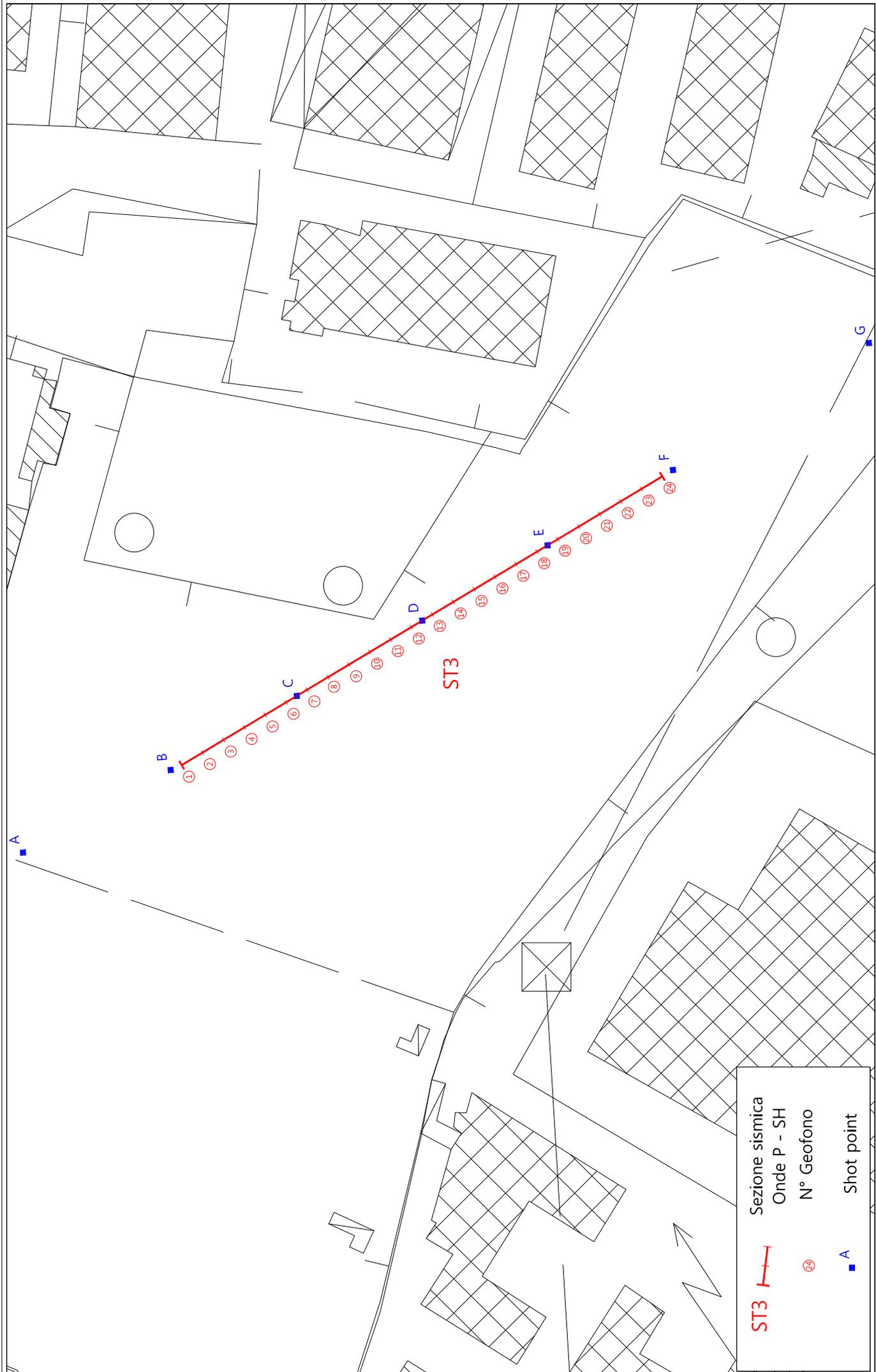
ST3 — Sezione sismica rappresentata
 Onde P - SH
ST4 — Sezione elettrica eseguita



Tavola 01 - Planimetria generale - ST3 - Cimitero

Febbraio 2012

Scala 1: 10000



ST3	Sezione sismica
	Onde P - SH N° Geofono
	Shot point

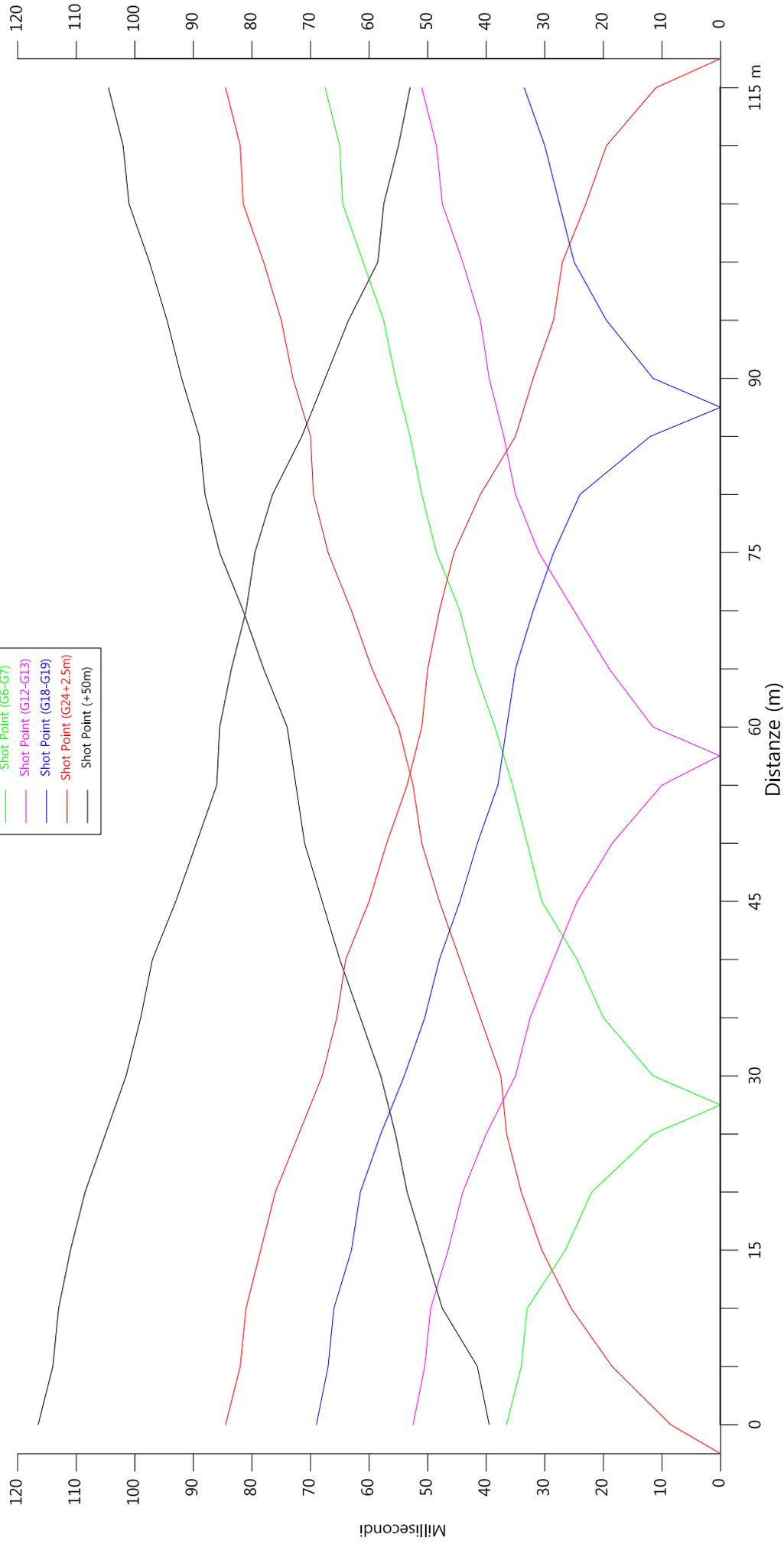
Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - ST3 - Cimitero

Febbraio 2012

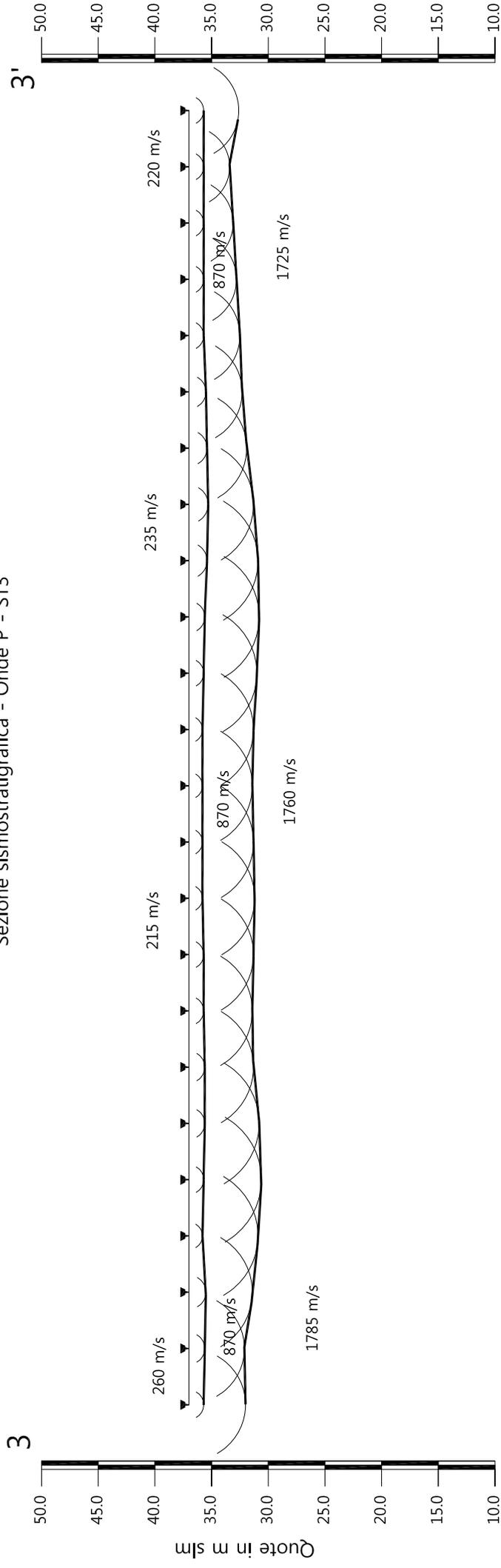
Scala 1: 1000

Dromocrone

- Shot Point (-37m)
- Shot Point (G1-2.5m)
- Shot Point (G6-G7)
- Shot Point (G12-G13)
- Shot Point (G18-G19)
- Shot Point (G24+2.5m)
- Shot Point (+50m)



Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST3



Numero geofono	0	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)	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00
Quote in m slm	1.30	1.40	37.00	1.20	1.30	1.40	37.00	1.30	37.00	1.30	37.00	1.20	37.00	1.20	37.00	1.40	1.60	1.70	1.50	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00
Profondità da p.c. Livello 2 (m)	1.30	1.40	37.00	1.20	1.30	1.40	37.00	1.30	37.00	1.30	37.00	1.20	37.00	1.20	37.00	1.40	1.60	1.70	1.50	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30

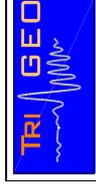
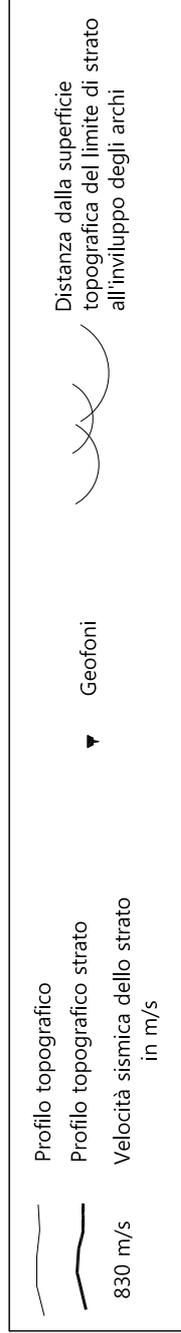
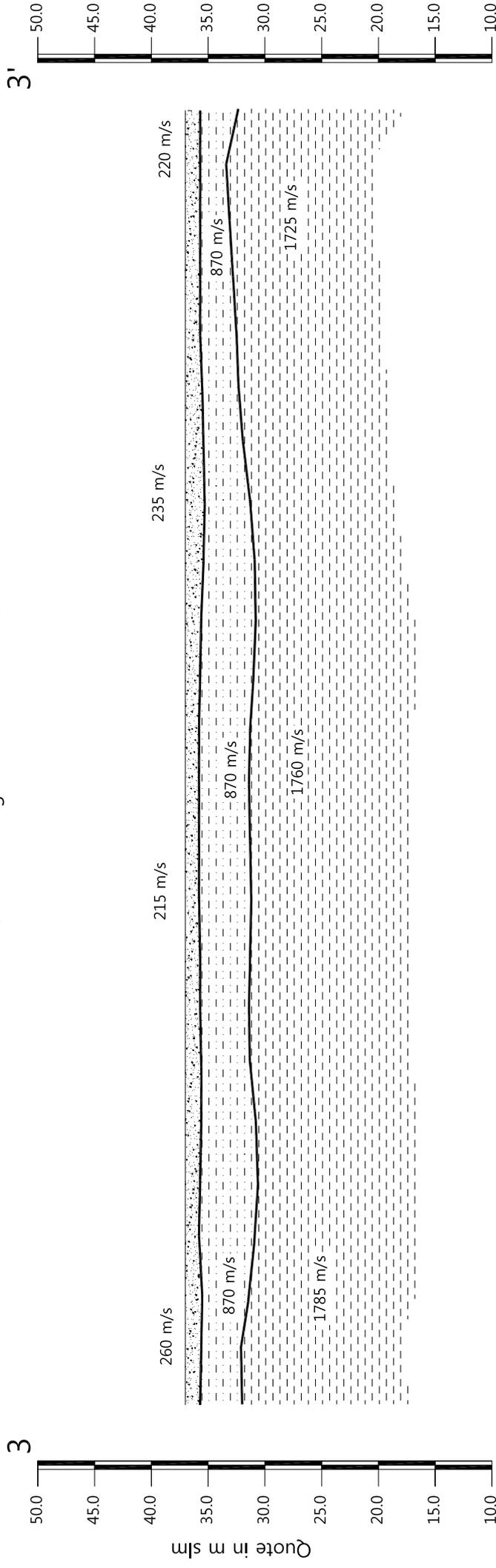


Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST3

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

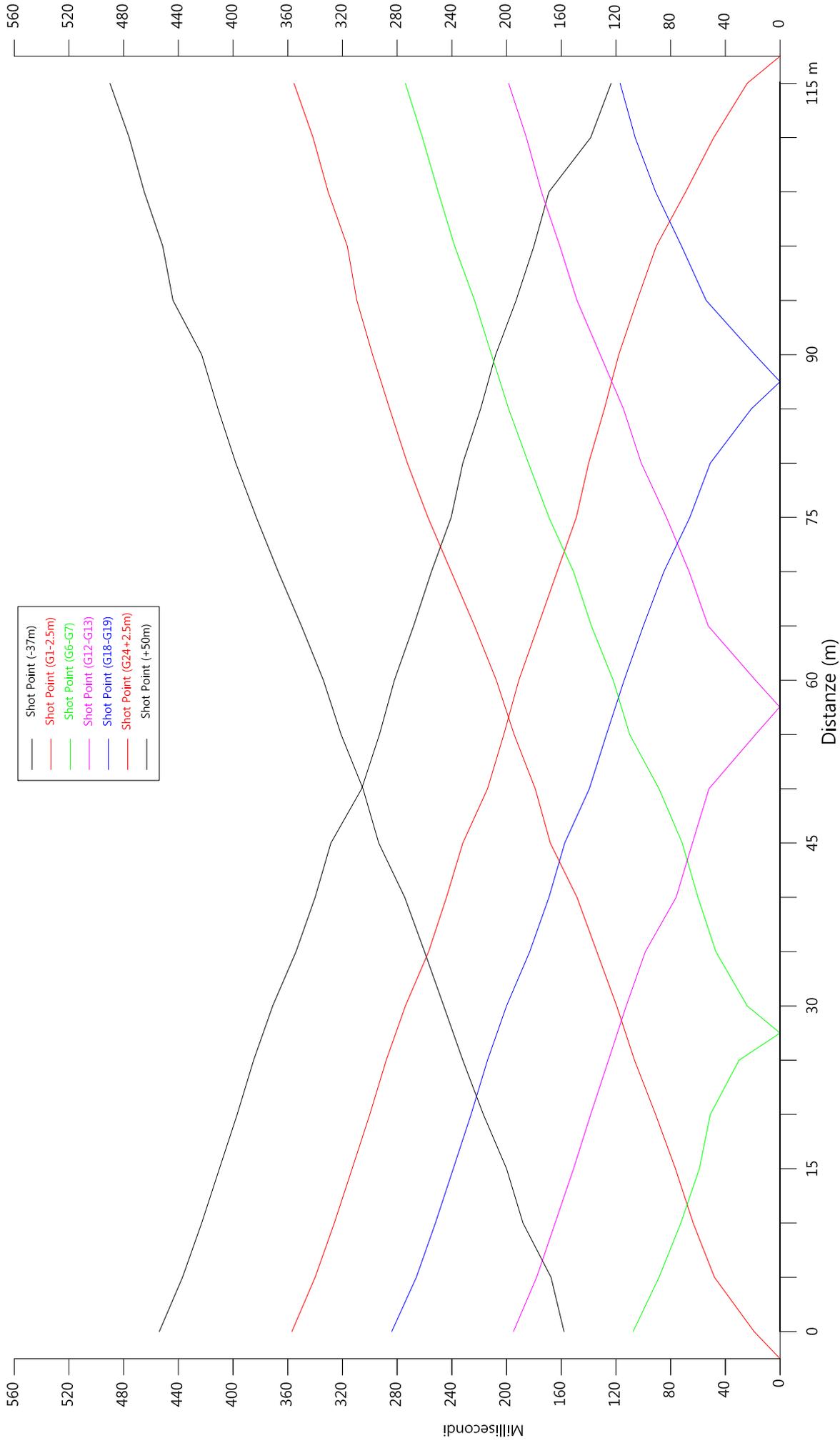
Sezione litostratigrafica - Onde P - ST3



Legenda

-  Terreno vegetale
-  Depositi limo sabbiosi
-  Livello intermedio
Depositi fluviali
-  Substrato
Depositi lacustri





- Shot Point (-37m)
- Shot Point (G1-2.5m)
- Shot Point (G6-G7)
- Shot Point (G12-G13)
- Shot Point (G18-G19)
- Shot Point (G24+2.5m)
- Shot Point (+50m)

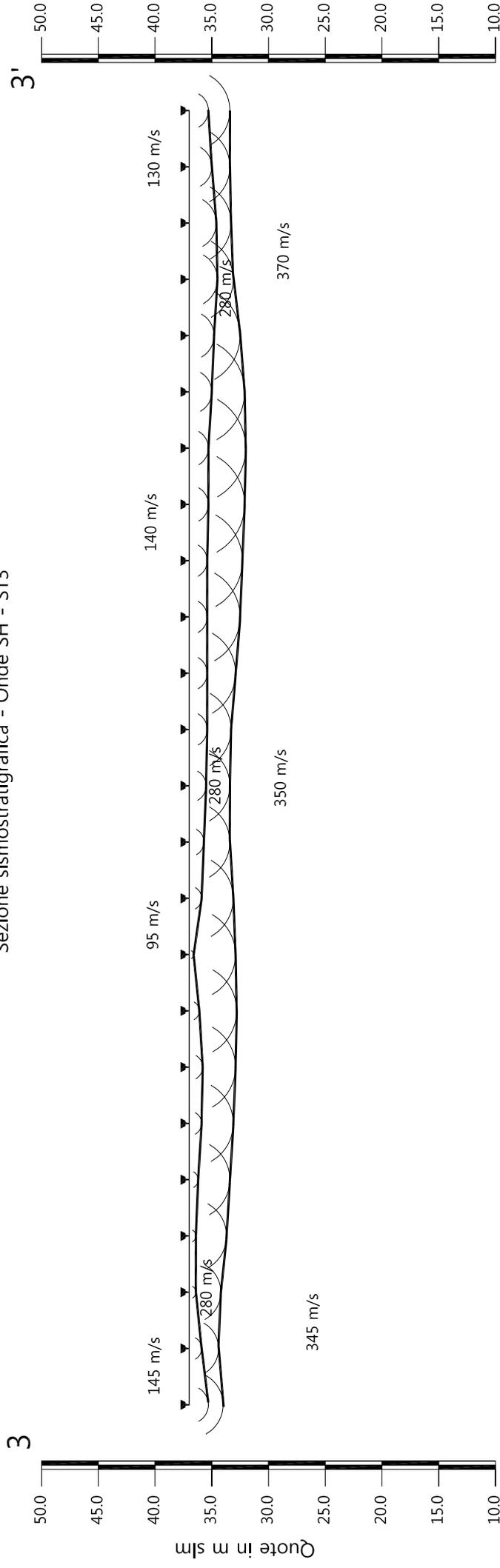


Tavola 06 - Dromocrone - Onde SH - ST3

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ST3



Numero geofono	0	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)	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	115	
Quote in m slm	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	115
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	1.70	1.10	0.60	0.60	0.60	0.80	1.10	1.20	0.90	0.40	1.10	1.30	1.50	1.60	1.60	1.60	1.60	1.70	2.00	2.00	2.20	2.50	2.40	2.00	3.60	1.70	
Profondità da p.c. Livello 2 (m)	3.00	2.80	2.80	2.80	3.30	3.60	3.90	4.10	4.20	4.10	3.90	3.60	3.60	3.70	4.10	4.50	4.70	4.90	5.00	4.90	4.50	3.90	3.70	3.60	3.60	3.60	3.60

Profilo topografico

 Profilo topografico strato

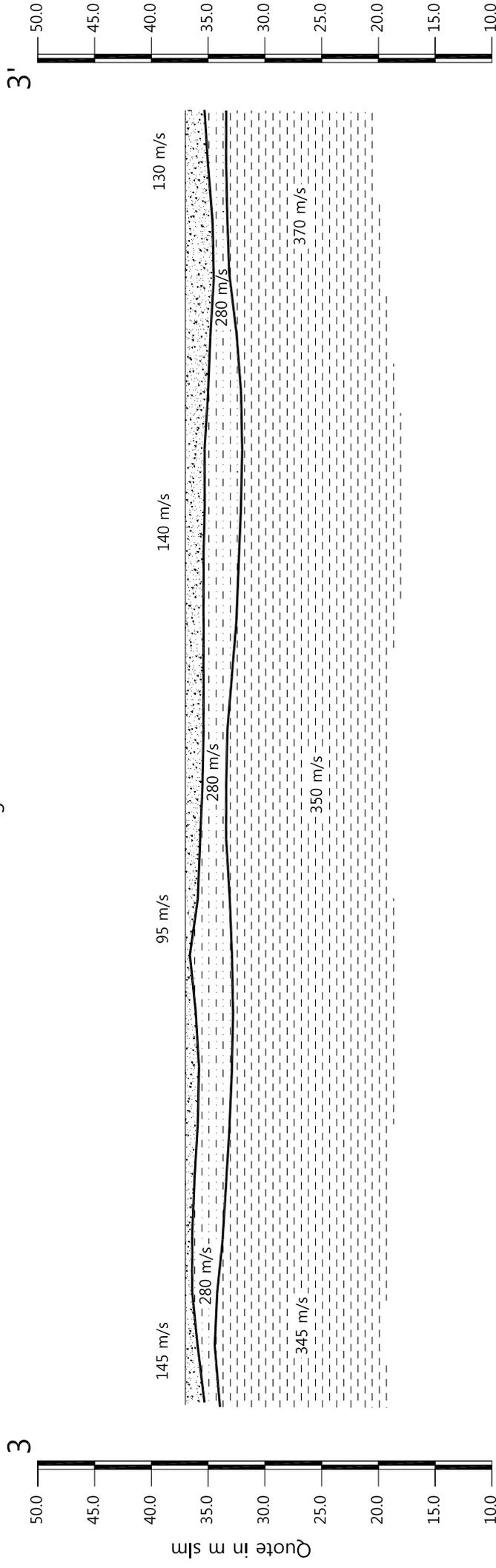
 830 m/s Velocità sismica dello strato in m/s

 Geofoni

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



Sezione litostratigrafica - Onde SH - ST3



Legenda

-  Terreno vegetale
-  Depositi limo sabbiosi
-  Livello intermedio
-  Depositi fluviali
-  Substrato
-  Depositi lacustri

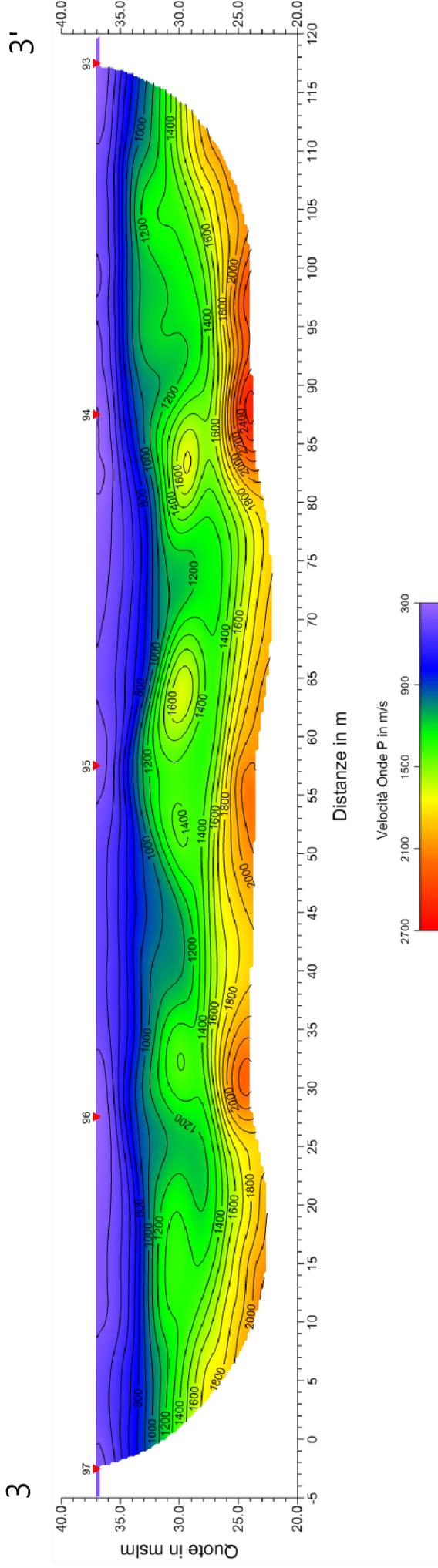


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 08 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - ST3

Sezione tomografica - Onde P - ST3



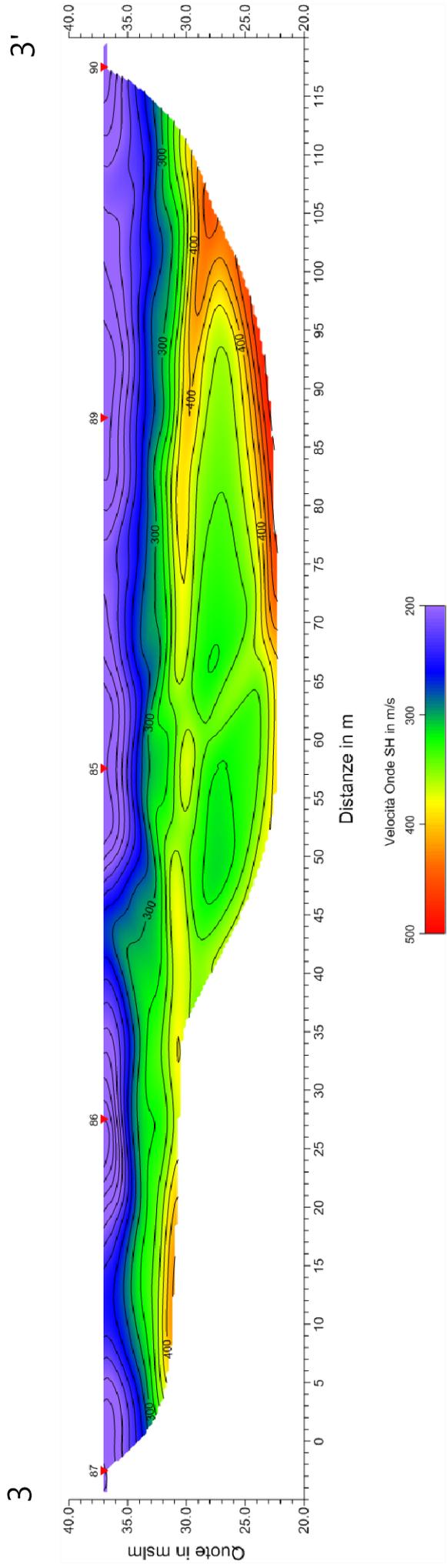
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 09 - Sezione tomografica - Onde P - ST3



Sezione tomografica - Onde SH - ST3



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ST3





Vista generale della sezione ST3 da G12 verso G1.



Vista generale della sezione ST3 da G12 verso G24.



Vista generale della sezione ST3 da G1 verso G24.



Shot Point E - onde P – ST3.

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA ST3 – ZONA CIMITERO

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	37.00
2	5	5.0	37.00
3	10	5.0	37.00
4	15	5.0	37.00
5	20	5.0	37.00
6	25	5.0	37.00
7	30	5.0	37.00
8	35	5.0	37.00
9	40	5.0	37.00
10	45	5.0	37.00
11	50	5.0	37.00
12	55	5.0	37.00
13	60	5.0	37.00
14	65	5.0	37.00
15	70	5.0	37.00
16	75	5.0	37.00
17	80	5.0	37.00
18	85	5.0	37.00
19	90	5.0	37.00
20	95	5.0	37.00
21	100	5.0	37.00
22	105	5.0	37.00
23	110	5.0	37.00
24	115	5.0	37.00

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	1672732,55	1672788,15
Y(m)	4848058,34	4847952,00

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
A - ESTERNO SX	-37.0	37.00
B - ESTREMO SX	- 2.50	37.00
C - INTERMEDIO SX	27.50	37.00
D - CENTRALE	57.50	37.00
E - INTERMEDIO DX	87.50	37.00
F - ESTREMO DX	117.50	37.00
G - ESTREMO DX	165.00	37.00

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST3 –CIMITERO – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	1.3	5
2	5	1.4	4.9
3	10	1.5	5.6
4	15	1.2	6.1
5	20	1.3	6.4
6	25	1.4	6.2
7	30	1.4	5.7
8	35	1.3	5.6
9	40	1.3	5.7
10	45	1.2	5.8
11	50	1.2	5.7
12	55	1.2	5.6
13	60	1.2	5.7
14	65	1.3	6
15	70	1.4	6.2
16	75	1.6	6.1
17	80	1.7	5.7
18	85	1.6	5.1
19	90	1.5	4.7
20	95	1.3	4.5
21	100	1.3	4.2
22	105	1.3	3.9
23	110	1.3	3.6
24	115	1.3	4.4

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST3 –CIMITERO – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	1.7	3
2	5	1.1	2.8
3	10	0.6	2.8
4	15	0.6	3.3
5	20	0.8	3.6
6	25	1.1	3.9
7	30	1.2	4.1
8	35	0.9	4.2
9	40	0.4	4.1
10	45	1.1	3.9
11	50	1.3	3.6
12	55	1.5	3.6
13	60	1.6	3.7
14	65	1.6	4.1
15	70	1.6	4.5
16	75	1.6	4.7
17	80	1.7	4.9
18	85	1.7	5
19	90	2	4.9
20	95	2.2	4.5
21	100	2.5	3.9
22	105	2.4	3.7
23	110	2	3.6
24	115	1.7	3.6

TEMPI ONDE P – ST3 – CIMITERO

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	QUOTA IN mslm
1	0	39.50	9.50	36.50	52.50	69.00	84.50	116.50	37.00
2	5	41.50	18.50	34.00	50.50	67.00	82.00	114.00	37.00
3	10	47.50	25.50	33.00	49.50	66.00	81.00	113.00	37.00
4	15	50.50	30.50	26.50	46.50	63.00	78.50	111.00	37.00
5	20	53.50	34.00	22.00	44.00	61.50	76.00	108.50	37.00
6	25	55.50	36.50	11.50	40.00	58.00	72.00	105.00	37.00
7	30	58.00	37.50	11.50	35.00	54.00	68.00	101.50	37.00
8	35	61.50	41.00	20.00	32.50	50.50	65.50	99.00	37.00
9	40	65.00	44.50	24.50	28.50	48.00	64.00	97.00	37.00
10	45	68.00	48.00	30.50	24.50	44.50	60.00	93.00	37.00
11	50	71.00	51.00	33.00	18.50	41.50	57.00	89.50	37.00
12	55	72.50	52.50	35.50	10.00	38.00	53.50	86.00	37.00
13	60	74.00	55.00	38.50	11.50	36.50	51.00	85.50	37.00
14	65	78.00	59.50	42.00	19.00	35.00	50.00	83.50	37.00
15	70	81.50	63.00	44.50	25.00	32.00	48.00	81.00	37.00
16	75	85.50	67.00	48.50	31.00	28.50	45.50	79.50	37.00
17	80	88.00	69.50	51.00	35.00	24.00	41.00	76.50	37.00
18	85	89.00	70.00	53.00	37.00	12.00	35.00	71.50	37.00
19	90	92.00	73.00	55.50	39.50	11.50	32.00	67.50	37.00
20	95	94.50	75.00	57.50	41.00	19.50	28.50	63.50	37.00
21	100	97.50	78.00	61.00	44.00	25.00	27.00	58.50	37.00
22	105	101.00	81.50	64.50	47.50	27.50	23.00	57.50	37.00
23	110	102.00	82.00	65.00	48.50	30.00	19.50	55.00	37.00
24	115	104.50	84.50	67.50	51.00	33.50	11.00	53.00	37.00

TEMPI ONDE SH – ST3 – CIMITERO

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	QUOTA IN mslm
1	0	158.00	18.50	107.50	195.00	284.00	357.00	454.00	37.00
2	5	167.50	47.50	88.50	178.00	266.00	340.00	437.00	37.00
3	10	188.00	63.00	72.50	164.50	252.00	326.00	423.00	37.00
4	15	200.00	76.00	59.00	151.00	239.00	313.00	410.00	37.00
5	20	217.00	90.50	51.00	138.50	226.00	300.00	397.00	37.00
6	25	232.00	106.00	30.00	125.50	214.00	288.00	385.00	37.00
7	30	246.00	119.00	24.00	112.50	200.00	274.00	371.00	37.00
8	35	260.00	133.50	47.00	98.50	183.00	257.00	354.00	37.00
9	40	274.50	148.00	60.00	76.00	169.00	244.00	340.00	37.00
10	45	293.50	167.50	71.50	64.00	157.50	232.00	328.50	37.00
11	50	305.00	178.50	88.50	52.00	139.50	214.00	306.00	37.00
12	55	321.00	194.00	110.00	18.00	127.00	202.00	293.00	37.00
13	60	334.00	207.00	122.00	18.00	114.00	191.00	282.00	37.00
14	65	350.00	223.00	138.00	52.50	100.00	177.00	268.00	37.00
15	70	367.00	240.00	151.00	66.50	85.00	163.00	255.00	37.00
16	75	383.00	257.00	169.00	83.00	66.00	149.00	240.50	37.00
17	80	398.00	272.00	184.00	101.50	51.00	140.00	232.00	37.00
18	85	411.00	285.00	198.50	114.50	21.00	128.50	219.00	37.00
19	90	423.00	297.50	211.00	131.50	18.50	118.00	208.00	37.00
20	95	444.00	309.00	223.50	148.50	54.00	104.50	193.00	37.00
21	100	451.50	316.00	238.00	161.00	72.00	90.50	180.00	37.00
22	105	465.00	330.00	250.00	174.50	91.00	69.00	169.00	37.00
23	110	476.00	341.00	261.50	185.50	106.00	48.50	138.50	37.00
24	115	490.00	355.00	274.00	198.50	117.00	24.00	454.00	37.00

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST3 – ZONA CIMITERO – 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	260	870	1785
2	5	254	870	1783
3	10	247	870	1780
4	15	241	870	1778
5	20	234	870	1776
6	25	228	870	1774
7	30	221	870	1771
8	35	215	870	1769
9	40	218	870	1767
10	45	220	870	1765
11	50	223	870	1762
12	55	225	870	1760
13	60	228	870	1757
14	65	230	870	1754
15	70	233	870	1751
16	75	235	870	1748
17	80	233	870	1745
18	85	231	870	1742
19	90	229	870	1740
20	95	228	870	1737
21	100	226	870	1734
22	105	224	870	1731
23	110	222	870	1728
24	115	220	870	1725

VE**VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST3 – ZONA CIMITERO – 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	145	280	345
2	5	138	280	345
3	10	131	280	344
4	15	124	280	344
5	20	116	280	343
6	25	109	280	343
7	30	102	280	342
8	35	95	280	342
9	40	101	280	341
10	45	106	280	341
11	50	112	280	340
12	55	118	280	350
13	60	123	280	352
14	65	129	280	353
15	70	134	280	355
16	75	140	280	357
17	80	139	280	358
18	85	138	280	360
19	90	136	280	362
20	95	135	280	363
21	100	134	280	365
22	105	133	280	367
23	110	131	280	368
24	115	130	280	370

COMUNE DI SCANDICCI PROVINCIA DI FIRENZE

TITOLO:

-STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI-

**“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE
SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH)
CALCOLO v_{s30} - D.M. 14/01/2008 – LINEA SISMICA ST5
IN LOCALITÀ RINALDI - SCANDICCI (FI)”**

COMMITTENTE:

COMUNE DI SCANDICCI

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
08 Febbraio 2012

TRIGEO S.N.C.

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
VIA BOLOGNESE, 289 – 50139 LA LASTRA - FIRENZE
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 9062212 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI LINEA SISMICA ST5 - IN LOCALITÀ RINALDI</i>	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 1 di 13

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 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI VS30.....	9
6.0 CONSIDERAZIONI FINALI.....	11
ALLEGATI.....	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 Gennaio 2012, per conto del **COMUNE DI SCANDICCI**, nei pressi di un'area posta in località **RINALDI, SCANDICCI (FI)** (Fig. 1).



Figura 1: Particolare del tratto centrale della sezione ST5.

L'indagine sismica, si inserisce nell'ambito dell'attività di revisione del vigente Regolamento Urbanistico, per il quale il comune sta effettuando le indagini geologico-tecniche previste in base all'art. 62 della Legge Regionale Toscana n. 1/2005 (Norme per il governo del territorio).

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 ST5 eseguito, scala 1:10.000 (da CTR 1:10.000);
- **Tavola 02:** Planimetria di dettaglio scala 1:1.000 (da CTR 1:2.000) con ubicazione del profilo sismico 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 03-06:** Diagrammi Tempi d’arrivo-Distanze (Dromocrone) 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;
- **Tavole 04-07:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-08:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 09-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Documentazione fotografica della linea sismica e di ciascun punto scoppio.

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

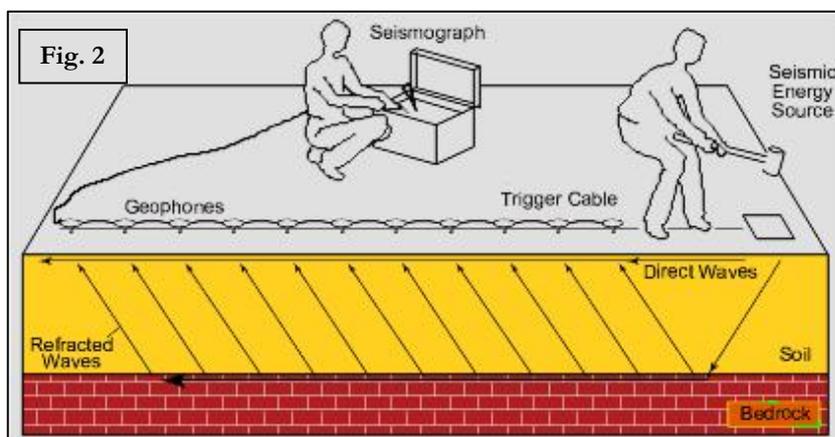
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1.000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo 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.

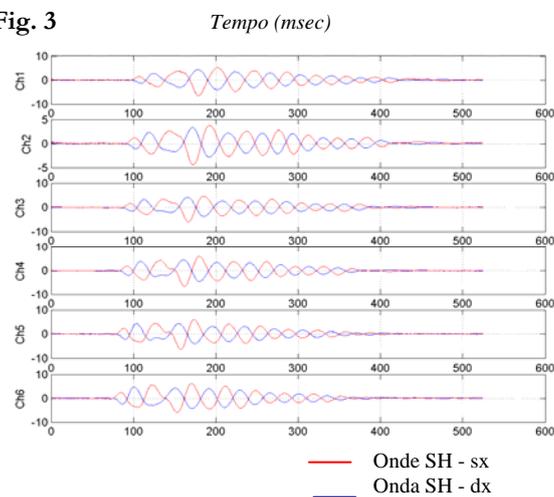
Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo PASI mod. 16S24 a 24 canali, dotato di filtri analogici e digitali, *notch filter* a 50 Hz ed *Automatic Gain Control*, con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit con sovracampionamento e post-processing, 4 contatori indipendenti, base dei tempi 20 Mhz, accuratezza $\pm 0.01\%$, trattamento dei dati come Floating Point 32 bit, processore Pentium Intel,

ambiente operativo Windows ed un Hard Disk da 10 Gb dove vengono immagazzinati i dati acquisiti, i dati sono quindi visualizzati sul display VGA a colori in LCD-TFT 10.4". Le registrazioni vengono gestite dal PC interno ed in seguito trasferite mediante RS232 ad altri PC per le successive elaborazioni.

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.

Fig. 3



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

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

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

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

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

Infine sono stati calcolati i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{s30}), come richiesto dalla nuova "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 14 Gennaio 2008 e dall'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-06** 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 SCANDICCI LINEA SISMICA ST5 - IN LOCALITÀ RINALDI	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 7 di 13

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 04-07**, 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 05-08** 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 09-10** 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.

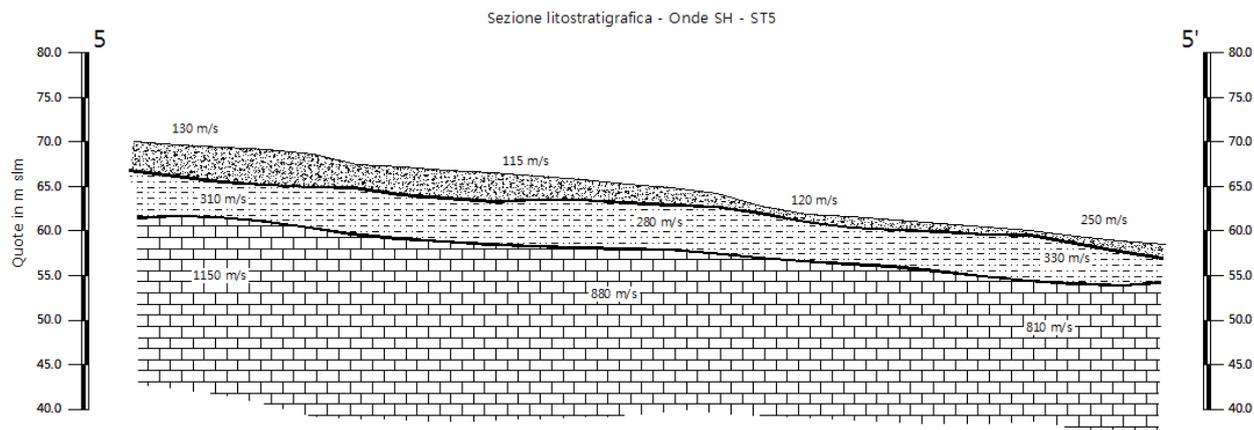
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di due superfici rifrangenti principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 0.90 m e 3.10 m (onde P) e tra 0.50 m e 3.90 m (onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità comprese tra 5.40 m e 8.70 m (onde P) e tra 4.30 e 8.50 m (Onde SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.80 m e ca. 7.00 m.

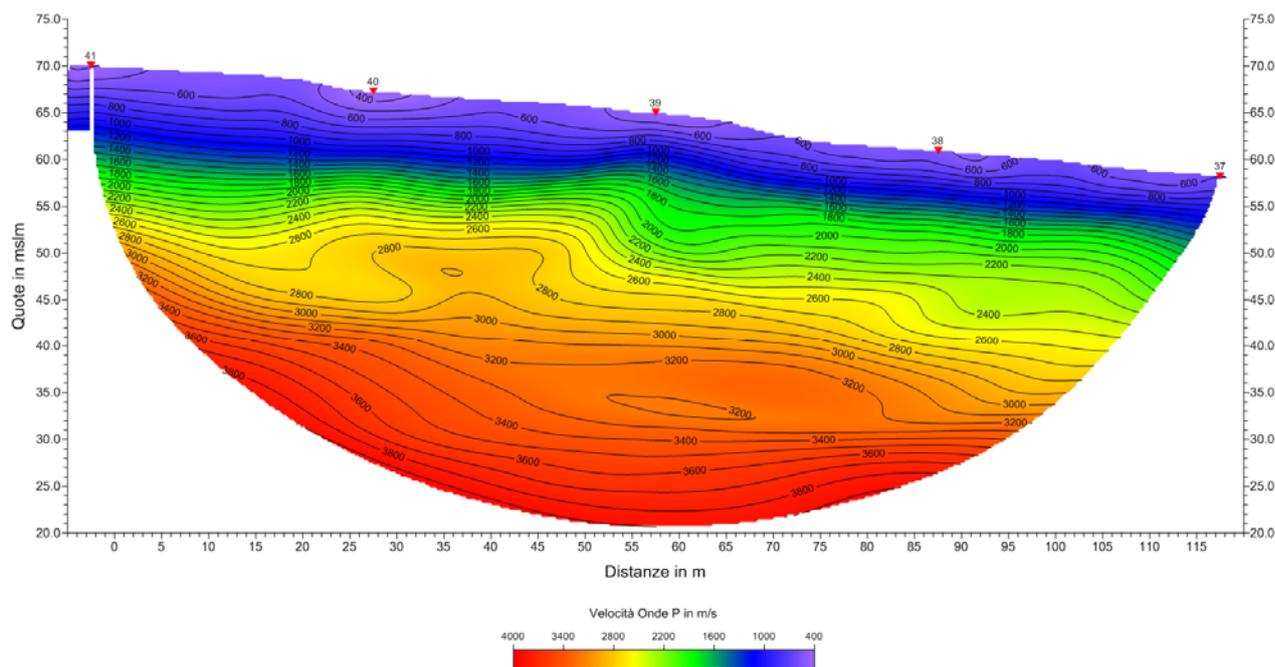
Nella zona d'intervento il rifrattore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 270 e 520 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 115-250 m/s, con il livello intermedio, costituito da materiale limo argillosi, che presenta velocità comprese tra 670-1.090 m/s (onde P) e tra 280-330 m/s (onde SH). Il rifrattore più profondo mette in contatto il livello

intermedio con il substrato roccioso, costituito dalla Formazione di Sillano -membro calcareo, che presenta velocità comprese tra 2.300 e 3.100 m/s (onde P) e tra 810-1.150 m/s (onde SH).

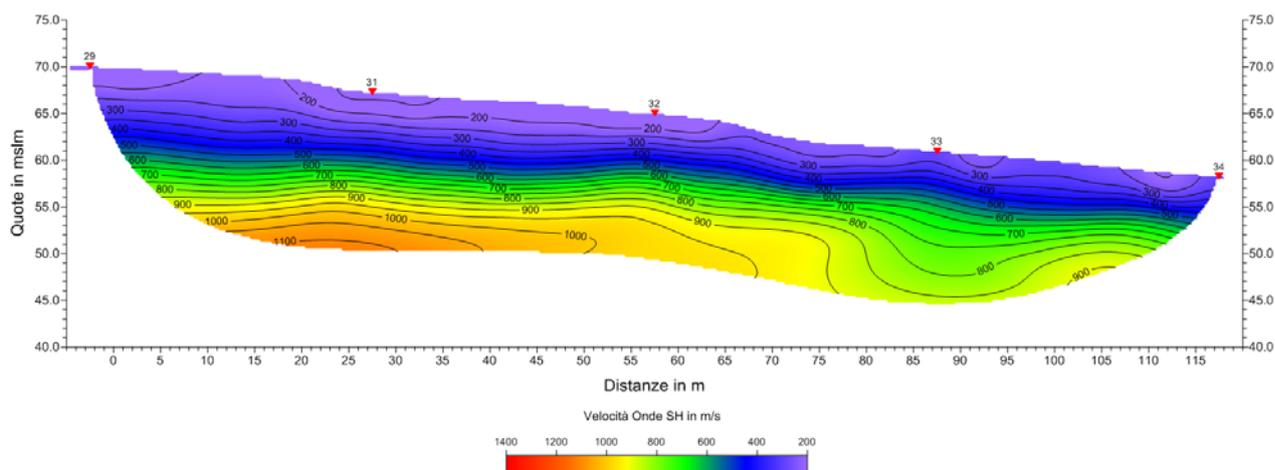
La **Sezione ST5**, effettuata in direzione SO-NE, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento dei due rifrattori.



Il rifrattore più superficiale mostra un andamento, con una tendenza a risalire lungo la sezione con profondità che passano da ca. 3.50 m a ca. 1.00 m. Il rifrattore principale, che individua il passaggio tra i materiali intermedi limo argillosi ed il substrato roccioso, mostra anch'esso una tendenza a risalire lungo la sezione, con profondità mediamente comprese tra ca. 8.00 e 4.50 m. Entrambe le elaborazione mostrano il medesimo andamento, presentando un ottima correlazione tra le due superfici rifrangenti rilevate.



L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH mostra materiali più superficiali con spessori maggiori nel tratto iniziale e centrale ed inferiori nella parte finale. Il passaggio dal livello intermedio al substrato roccioso risulta netto ed evidente in entrambe le sezioni elaborate. Il netto raffittimento delle curve di isovelocità, da quella dei 1.000 m/s (onde P) a da quella dei 400 m/s (onde SH). L'elaborazione tomografica mostra sia superficialmente che più in profondità la presenza di materiali omogenei e compatti, visto l'andamento regolare delle curve di isovelocità



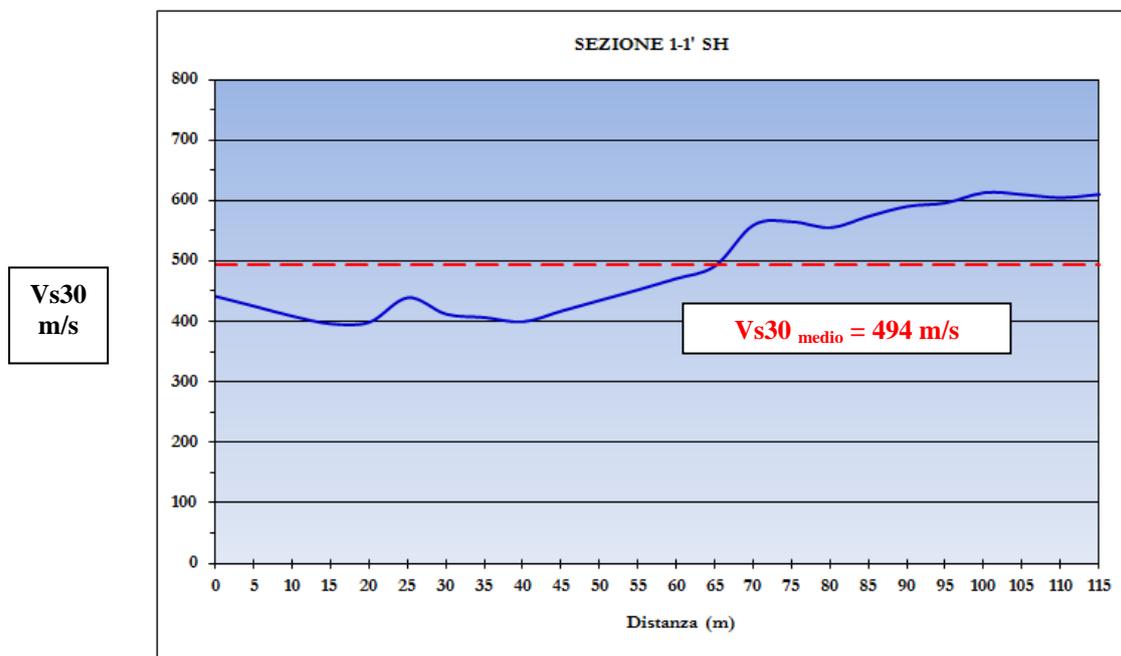
Le velocità del substrato roccioso risultano mediamente comprese tra 2.300 e 3.100 m/s (onde P) e tra 810-1.150 (onde SH). Sia le onde P che le onde SH mostrano valori decrescenti lungo lo stendimento. Il livello intermedio presenta velocità comprese tra 670 e 1.090 (onde P) e tra 280-330 m/s (onde SH), con valori mediamente crescenti lungo lo stendimento. Per quanto riguarda i materiali più superficiali si osservano velocità comprese tra 270 e 520 m/s (onde P) e tra 115 e 250 m/s (onde SH), con i valori maggiori osservati lungo la parte finale.

5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI Vs30

L'indagine mediante onde SH fornisce i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette **Vs30**), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. Le "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" definiscono 7 tipologie di suoli principali:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_r > 800$ m/s).</i>
S1	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.</i>
S2	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>

Sulla base delle caratteristiche litologiche, ma soprattutto sulla base dei valori di velocità ottenuti è stato possibile definire il valore di **Vs30** medio per la sezione ST5:



Vs30 = 494 m/s

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI LINEA SISMICA ST5 - IN LOCALITÀ RINALDI	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 11 di 13

6.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **RINALDI, SCANDICCI (FI)**. 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 e depositi limo-sabbiosi) ed il livello intermedio, costituito da limi-argillosi e tra quest'ultimo ed il substrato roccioso, costituito dalla Formazione di Sillano – membro calcareo.

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

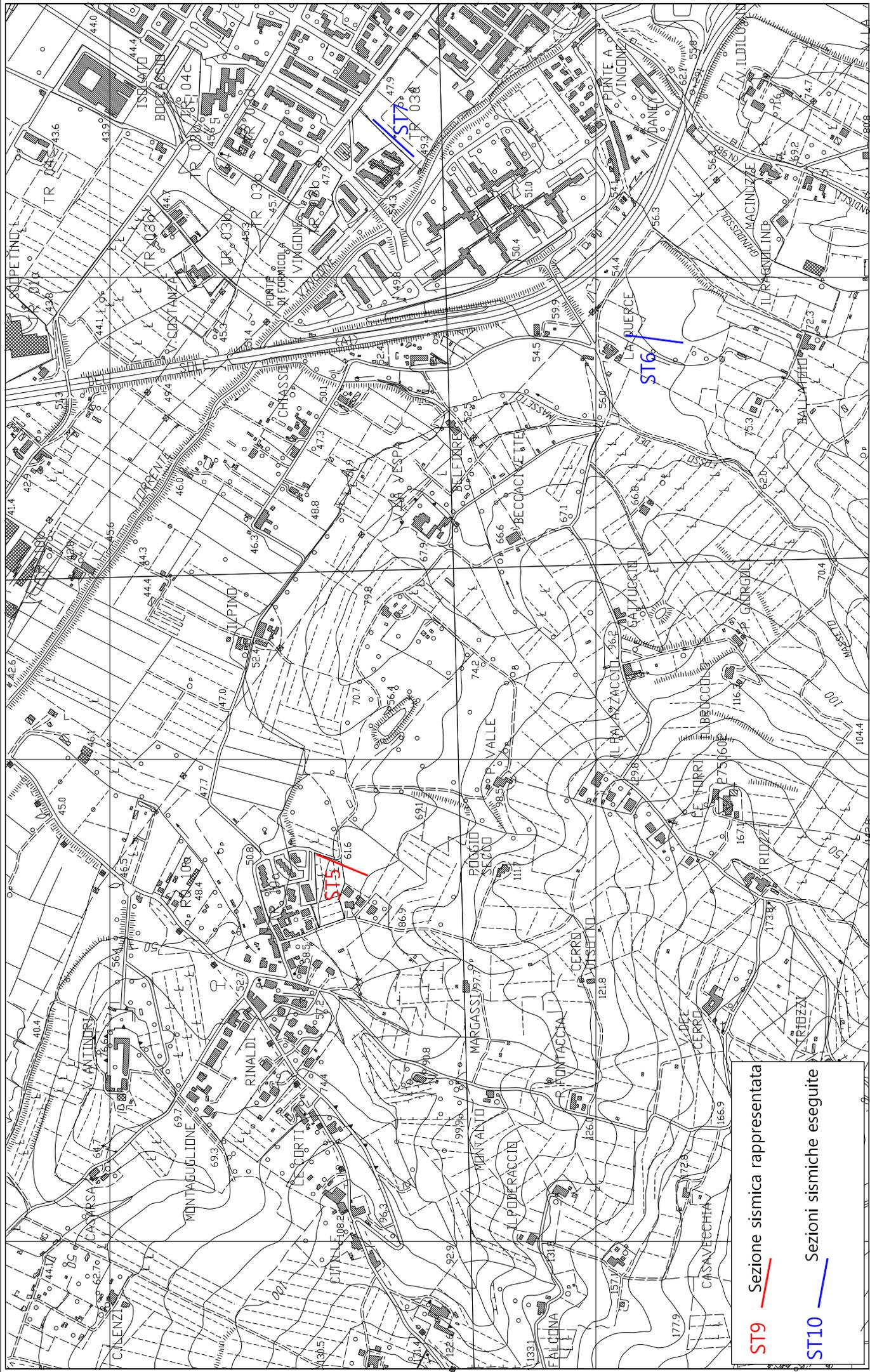
- sono state ricostruite due superfici rifrangenti principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 0.90 m e 3.10 m (onde P) e tra 0.50 m e 3.90 m (onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità comprese tra 5.40 m e 8.70 m (onde P) e tra 4.30 e 8.50 m (Onde SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.80 m e ca. 7.00 m;
- nella zona d'intervento il rifratore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 270 e 520 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 115-250 m/s, con il livello intermedio, costituito da materiale limo argillosi, che presenta velocità comprese tra 670-1.090 m/s (onde P) e tra 280-330 m/s (onde SH). Il rifratore più profondo mette in contatto il livello intermedio con il substrato roccioso, costituito dalla Formazione di Sillano – membro calcareo, che presenta velocità comprese tra 2.300 e 3.100 m/s (onde P) e tra 810-1.150 m/s (onde SH);
- è stata calcolata, come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni., una V_{s30} mediata sui primi 30 m, pari a **494 m/s**.

Firenze, lì 10/02/2012

TRIGEO SNC



ALLEGATI



ST9  Sezione sismica rappresentata

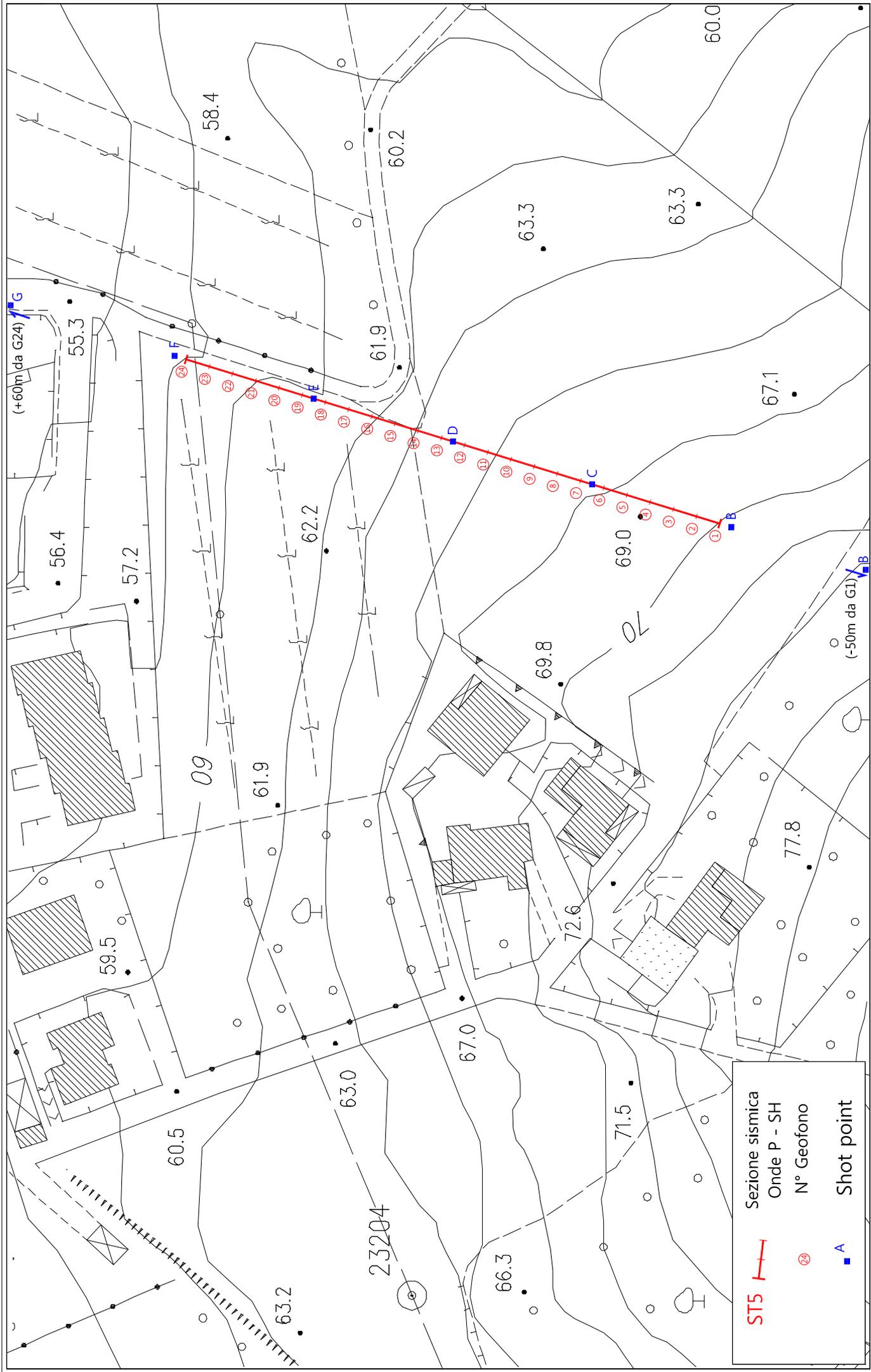
ST10  Sezioni sismiche eseguite



Tavola 01 - Planimetria generale - ST5 - Rinaldi

Febbraio 2012

Scala 1: 10000



ST5	Sezione sismica
	Onde P - SH N° Geofono
	Shot point



Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - ST5 - Rinaldi

Febbraio 2012

Scala 1: 1000

Dromocrone

- Shot Point (-50m)
- Shot Point (G1-2.5m)
- Shot Point (G6-G7)
- Shot Point (G12-G13)
- Shot Point (G18-G19)
- Shot Point (G24+2.5m)
- Shot Point (+60m)

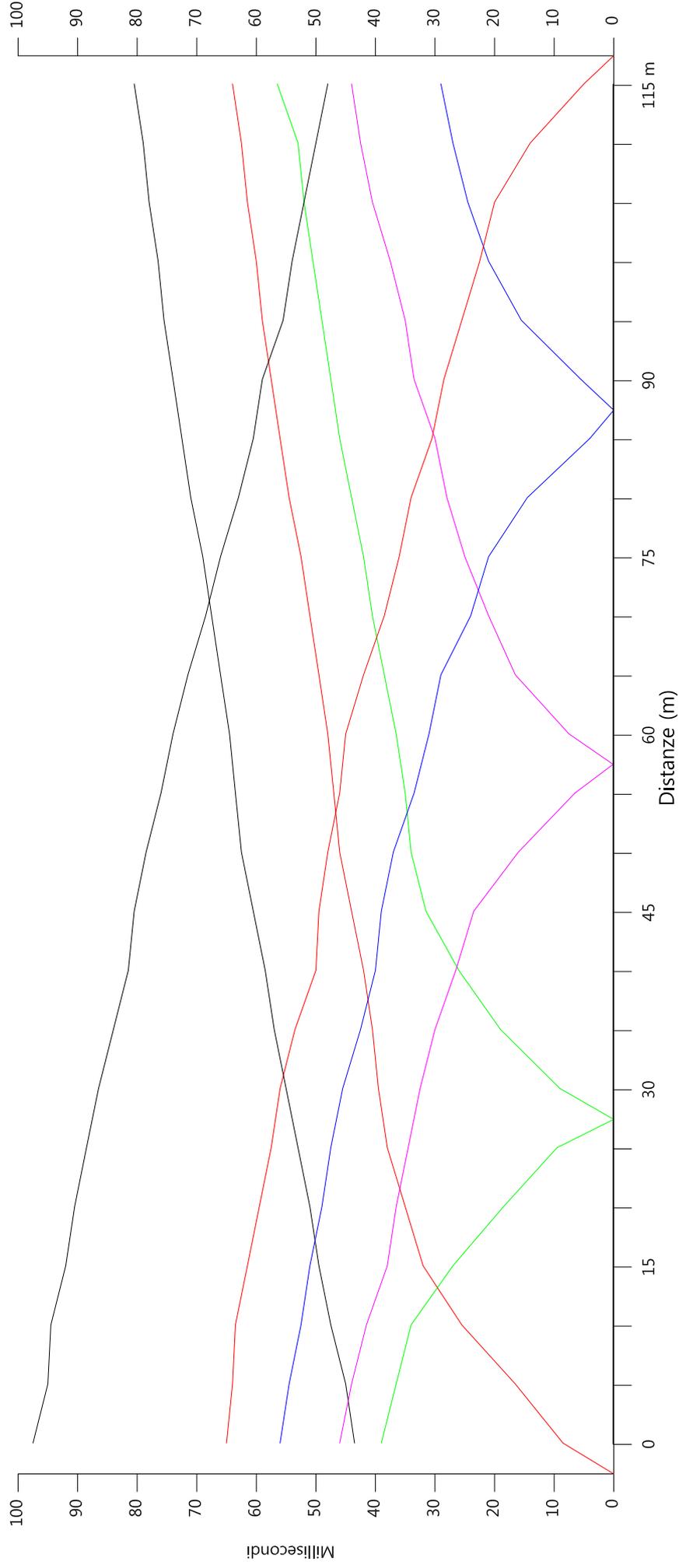
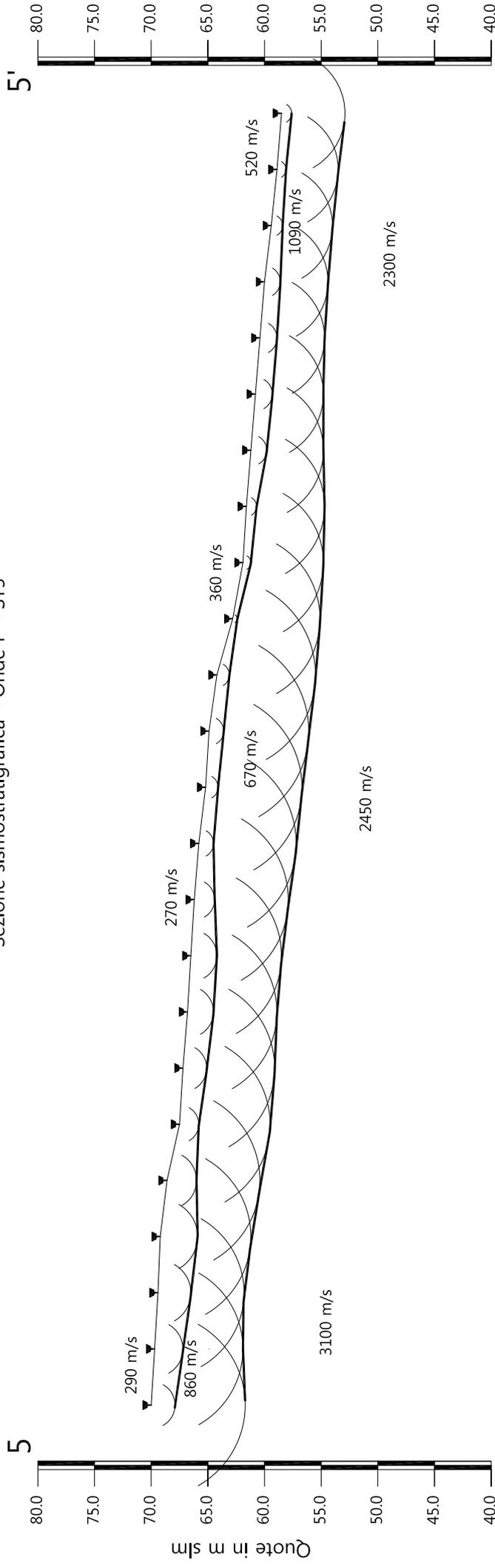


Tavola 03 - Dromocrone - Onde P - ST5

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione sismostratigrafica - Onde P - 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	70.00	2.10	8.30
2	5	69.70	2.50	7.80
3	10	69.40	2.90	7.60
4	15	69.20	3.10	7.80
5	20	68.60	2.60	8.20
6	25	67.50	1.70	8.00
7	30	67.20	2.10	8.10
8	35	66.80	2.30	7.90
9	40	66.50	2.30	8.00
10	45	66.20	1.80	8.30
11	50	65.80	1.30	8.60
12	55	65.20	1.10	8.50
13	60	64.90	1.10	8.60
14	65	64.20	1.10	8.70
15	70	62.80	0.40	7.70
16	75	61.90	0.70	7.10
17	80	61.60	0.90	6.90
18	85	61.20	1.40	6.40
19	90	60.80	1.50	6.00
20	95	60.40	1.50	5.70
21	100	60.00	1.40	5.60
22	105	59.40	1.00	5.40
23	110	58.90	0.80	5.40
24	115	58.50	0.90	5.60

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

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

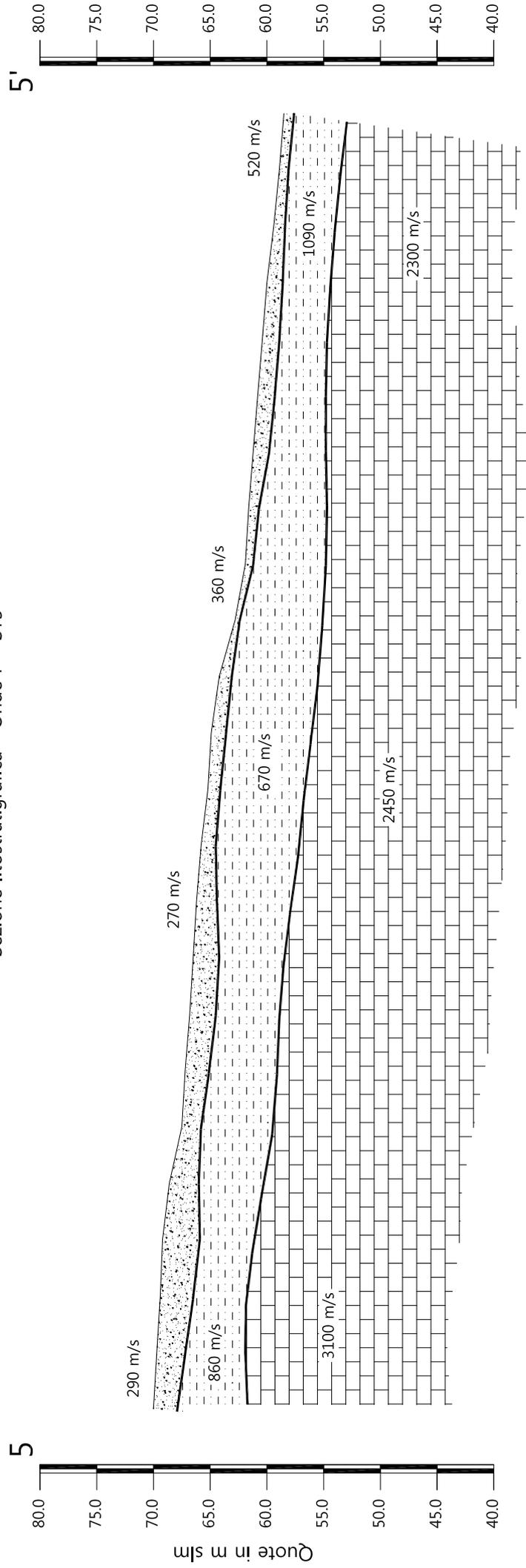


Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST5

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione litostratigrafica - Onde P - ST5



Legenda

-  Terreno vegetale
-  Depositi limo sabbiosi
-  Livello intermedio limi argillosi
-  Substrato roccioso
- Formazione di Sillano - membro calcareo (SILL)



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - ST5

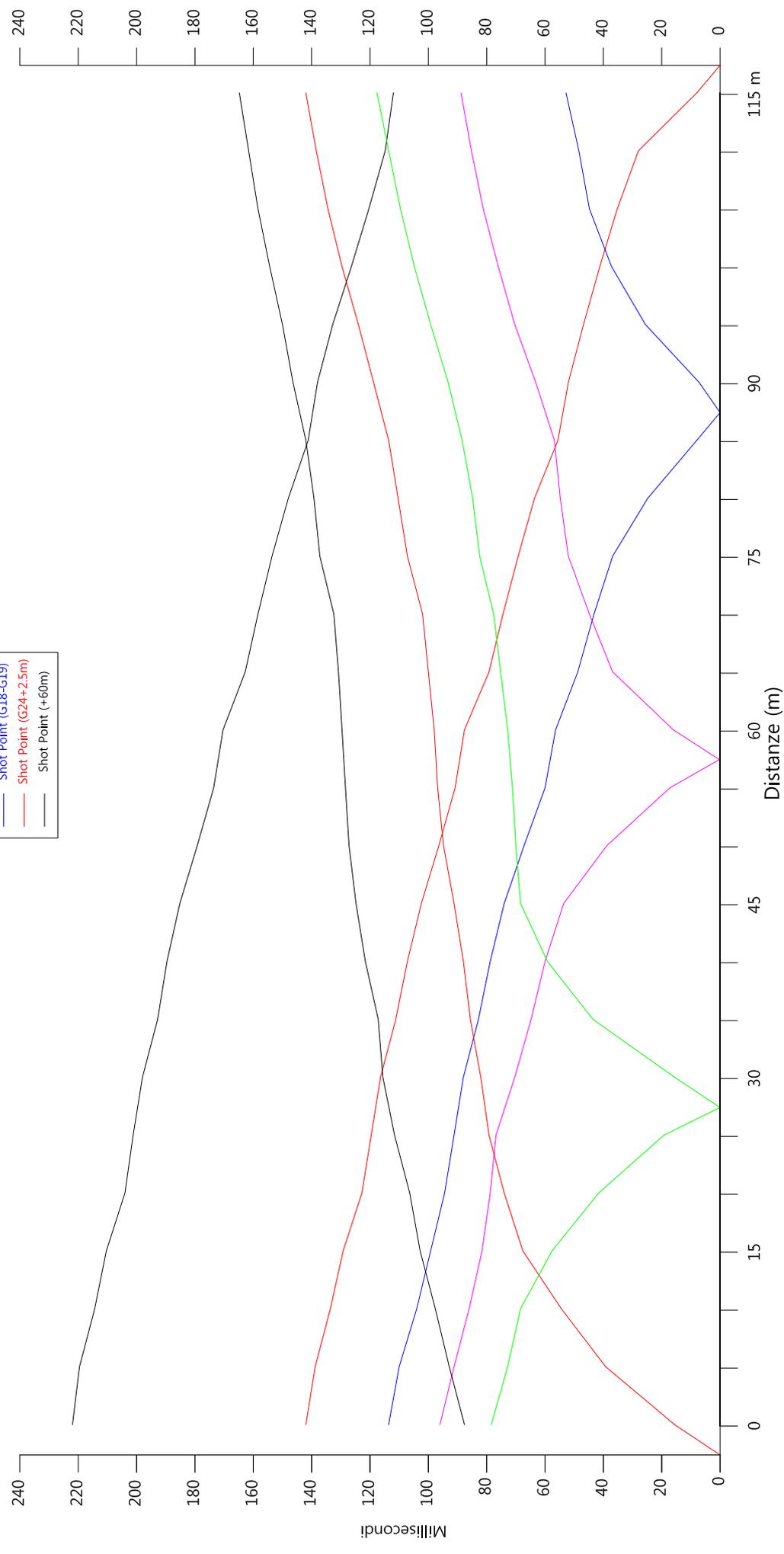


Tavola 06 - Dromocrone - Onde SH - ST5

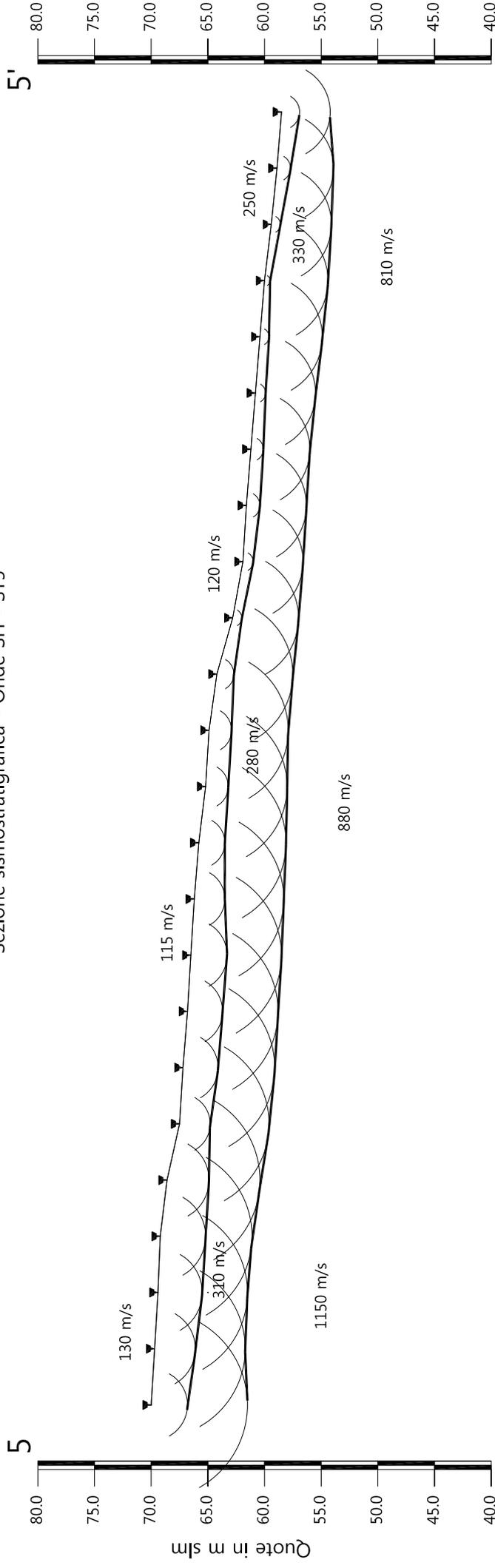
Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

- Shot Point (-50m)
- Shot Point (G1-2.5m)
- Shot Point (G6-G7)
- Shot Point (G12-G13)
- Shot Point (G18-G19)
- Shot Point (G24+2.5m)
- Shot Point (+60m)



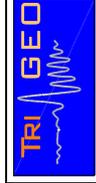
Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ST5



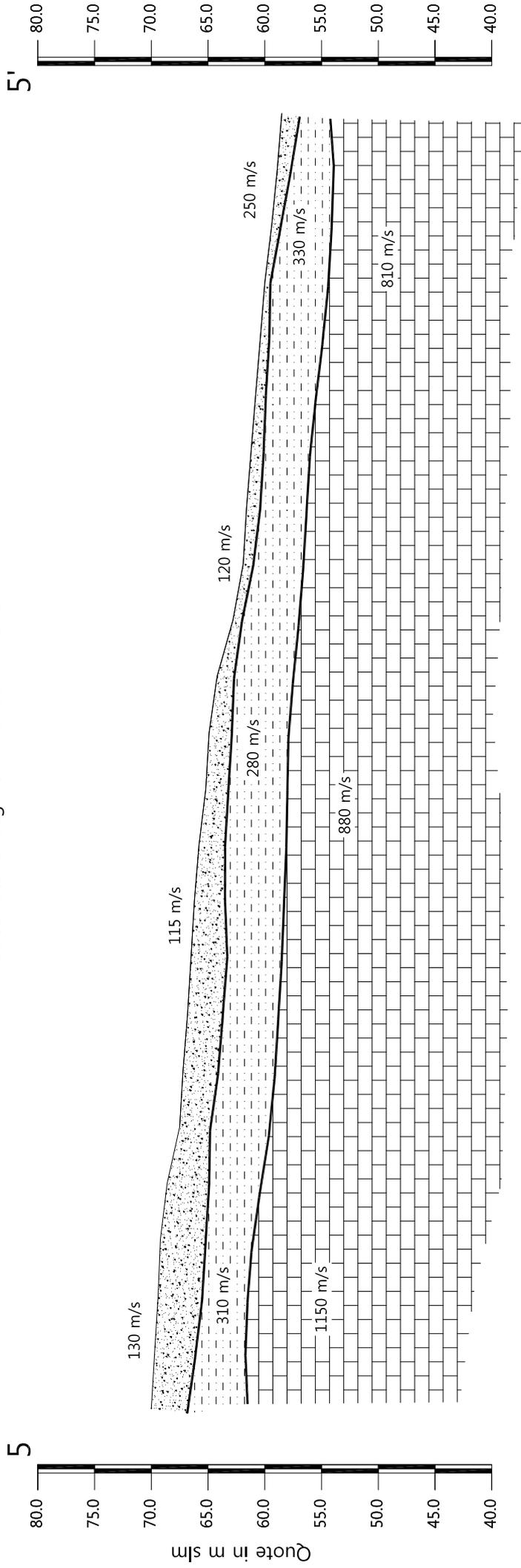
Numero geofono	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanze (m)	70.00	69.70	69.40	69.20	68.60	67.50	67.20	66.80	66.50	66.20	65.80	65.20	64.90	64.20	62.80	61.90	61.60	61.20	60.80	60.40	60.00	59.40	58.90	58.50	115
Quote in m slm	3.20	3.60	3.90	4.00	3.70	2.70	3.10	3.10	3.20	2.70	2.30	2.00	1.80	1.50	0.80	0.90	1.20	1.10	0.90	0.80	0.50	0.80	1.20	58.90	110
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	8.50	8.00	7.90	8.10	8.20	7.90	8.10	8.00	8.00	7.90	7.70	7.20	6.80	6.70	5.80	5.30	5.30	5.20	5.30	5.50	5.60	5.30	5.00	4.30	1.60
Profondità da p.c. Livello 2 (m)	3.20	3.60	3.90	4.00	3.70	2.70	3.10	3.10	3.20	2.70	2.30	2.00	1.80	1.50	0.80	0.90	1.20	1.10	0.90	0.80	0.50	0.80	1.20	58.90	110

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

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



Sezione litostratigrafica - Onde SH - ST5



Legenda

-  Terreno vegetale
-  Depositi limo sabbiosi
-  Livello intermedio limi argillosi
-  Substrato roccioso
-  Formazione di Sillano - membro calcareo (SILL)

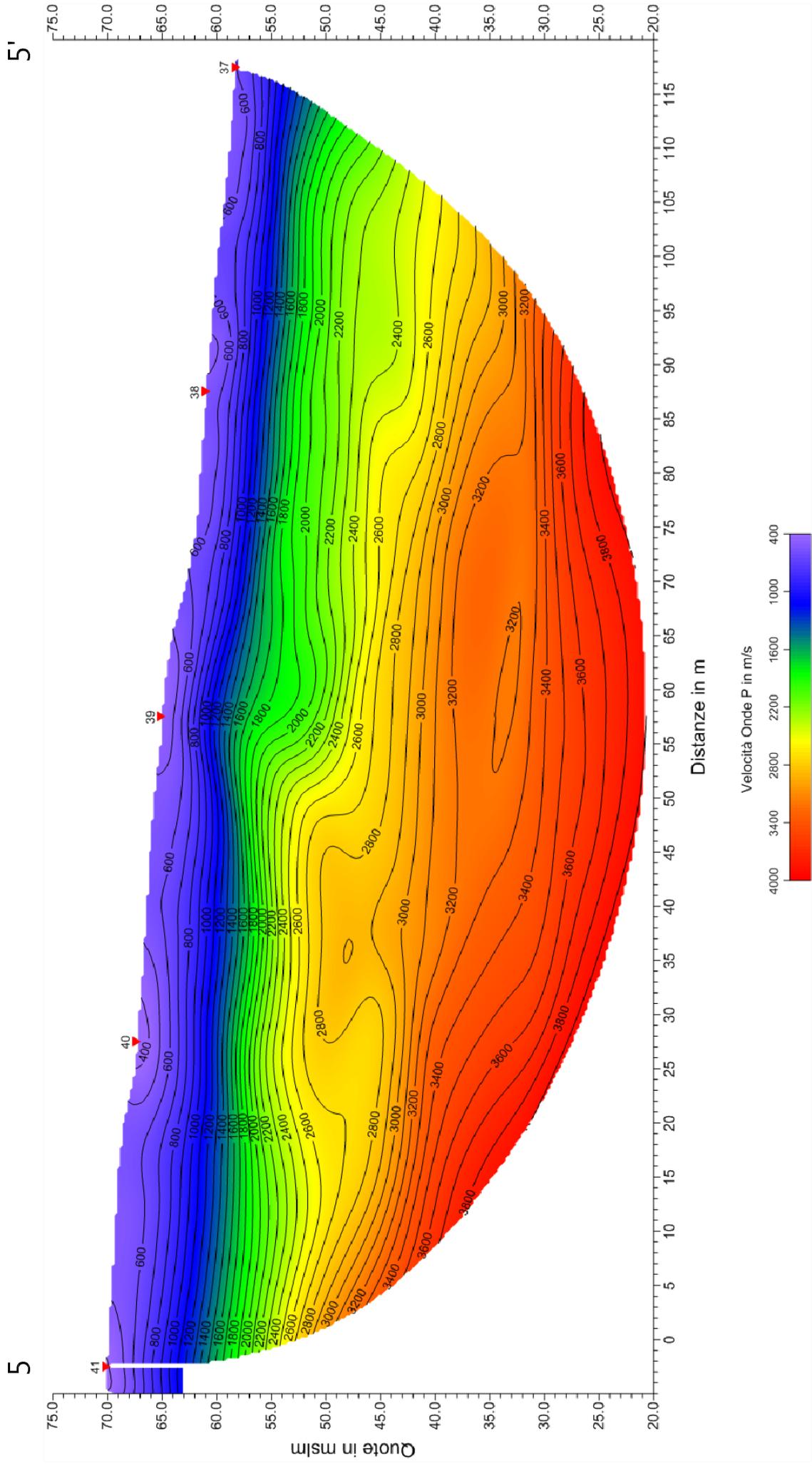


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 08 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - ST5

Sezione tomografica - Onde P - ST5



5

5'

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

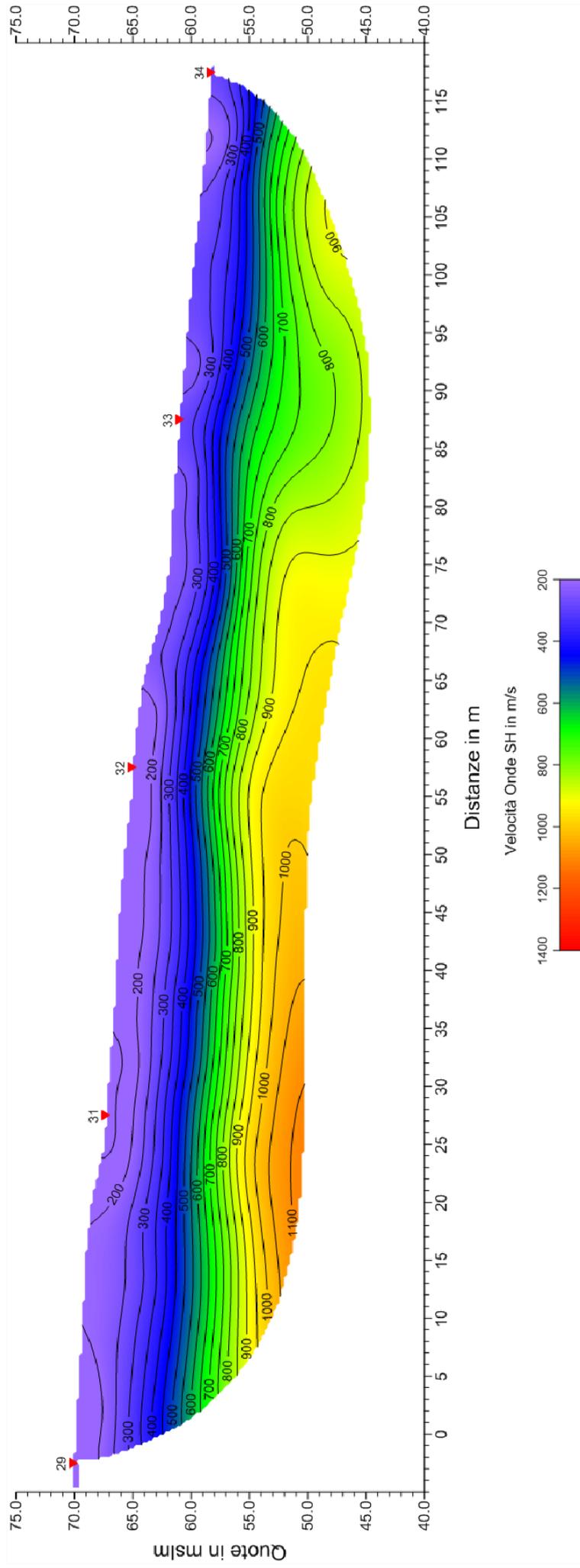
Tavola 09 - Sezione tomografica - Onde P - ST5



Sezione tomografica - Onde SH - ST5

5

5'



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ST5





Vista generale della sezione ST5 da G1 verso G24.



Shot Point B - onde SH – ST5



Shot Point A - onde SH – ST5



Vista generale della sezione ST5 da G12 verso G24.



Vista generale della sezione ST5 da G24 verso G1.



Shot Point C - onde P – ST5

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA ST5 – RINALDI – SCANDICCI (FI)

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	70.00
2	5	5.0	69.70
3	10	5.0	69.40
4	15	5.0	69.20
5	20	5.0	68.60
6	25	5.0	67.50
7	30	5.0	67.20
8	35	5.0	66.80
9	40	5.0	66.50
10	45	5.0	66.20
11	50	5.0	65.80
12	55	5.0	65.20
13	60	5.0	64.90
14	65	5.0	64.20
15	70	5.0	62.80
16	75	5.0	61.90
17	80	5.0	61.60
18	85	5.0	61.20
19	90	5.0	60.80
20	95	5.0	60.40
21	100	5.0	60.00
22	105	5.0	59.40
23	110	5.0	58.90
24	115	5.0	58.50

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	1673757,05	1673803,15
Y(m)	4846464,57	4846575,36

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT – ST9 – SAN VINCENZO A**TORRI**

SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
A - ESTERNO SX	-50.0	74.00
B - ESTREMO SX	- 2.50	70.10
C - INTERMEDIO SX	27.50	67.30
D - CENTRALE	57.50	65.00
E - INTERMEDIO DX	87.50	61.00
F - ESTREMO DX	117.50	58.40

<i>SCHEMA DELLA LINEA – ST9 – SAN VINCENZO A TORRI</i>	Febbraio 2012
	Comune di Scandicci (FI)

G - ESTREMO DX	175.00	53.00
-----------------------	--------	-------

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST5 – RINALDI – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	2.10	8.30
2	5	2.50	7.80
3	10	2.90	7.60
4	15	3.10	7.80
5	20	2.60	8.20
6	25	1.70	8.00
7	30	2.10	8.10
8	35	2.30	7.90
9	40	2.30	8.00
10	45	1.80	8.30
11	50	1.30	8.60
12	55	1.10	8.50
13	60	1.10	8.60
14	65	1.10	8.70
15	70	0.40	7.70
16	75	0.70	7.10
17	80	0.90	6.90
18	85	1.40	6.40
19	90	1.50	6.00
20	95	1.50	5.70
21	100	1.40	5.60
22	105	1.00	5.40
23	110	0.80	5.40
24	115	0.90	5.60

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST5 – RINALDI – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	3.20	8.50
2	5	3.60	8.00
3	10	3.90	7.90
4	15	4.00	8.10
5	20	3.70	8.20
6	25	2.70	7.90
7	30	3.10	8.10
8	35	3.10	8.00
9	40	3.20	8.00
10	45	2.70	7.90
11	50	2.30	7.70
12	55	2.00	7.20
13	60	1.80	6.80
14	65	1.50	6.70
15	70	0.80	5.80
16	75	0.90	5.30
17	80	1.20	5.30
18	85	1.10	5.20
19	90	0.90	5.30
20	95	0.80	5.50
21	100	0.50	5.60
22	105	0.80	5.30
23	110	1.20	5.00
24	115	1.60	4.30

TEMPI ONDE P – ST5 - Rinaldi

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	QUOTA IN mslm
1	0	43.50	8.50	39.00	46.00	56.00	65.00	97.50	70.00
2	5	45.00	16.50	36.50	44.00	54.50	64.00	95.00	69.70
3	10	47.50	25.50	34.00	41.50	52.50	63.50	94.50	69.40
4	15	49.50	32.00	27.00	38.00	51.00	61.50	92.00	69.20
5	20	51.00	35.00	18.50	36.50	49.00	59.50	90.50	68.60
6	25	53.00	38.00	9.50	34.50	47.50	57.50	88.50	67.50
7	30	55.00	39.50	9.00	32.50	45.50	56.00	86.50	67.20
8	35	57.00	40.50	19.00	30.00	42.50	53.50	84.00	66.80
9	40	58.50	42.00	26.00	26.50	40.00	50.00	81.50	66.50
10	45	60.50	44.00	31.50	23.50	39.00	49.50	80.50	66.20
11	50	62.50	46.00	34.00	16.00	37.00	48.00	78.50	65.80
12	55	63.50	47.00	35.00	6.50	33.50	46.00	76.00	65.20
13	60	64.50	48.00	36.50	7.50	31.00	45.00	74.00	64.90
14	65	66.00	49.50	38.50	16.50	29.00	42.00	71.50	64.20
15	70	67.50	51.00	40.50	21.00	24.00	38.50	68.50	62.80
16	75	69.00	52.50	42.00	25.00	21.00	36.00	66.00	61.90
17	80	71.00	54.50	44.00	28.00	14.50	34.00	63.00	61.60
18	85	72.50	56.00	46.00	30.00	4.00	30.50	60.50	61.20
19	90	74.00	57.50	47.50	33.50	5.50	28.50	59.00	60.80
20	95	75.50	59.00	49.00	35.00	15.50	25.50	55.50	60.40
21	100	76.50	60.00	50.50	37.50	21.00	22.50	54.00	60.00
22	105	78.00	61.50	52.00	40.50	24.50	20.00	52.00	59.40
23	110	79.00	62.50	53.00	42.50	27.00	14.00	50.00	58.90
24	115	80.50	64.00	56.50	44.00	29.00	5.00	48.00	58.50

TEMPI ONDE SH – ST5 - Rinaldi

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	QUOTA IN mslm
1	0	109.50	19.50	98.00	120.00	142.00	178.00	277.50	70.00
2	5	116.00	49.00	91.00	114.00	137.50	174.00	274.50	69.70
3	10	122.00	68.00	85.50	107.50	130.00	167.50	268.00	69.40
4	15	128.50	84.50	72.00	102.00	124.00	162.00	263.00	69.20
5	20	133.00	92.50	52.00	98.50	118.00	154.00	255.00	68.60
6	25	139.50	99.00	24.00	96.00	114.00	150.00	251.50	67.50
7	30	144.50	102.50	19.50	88.00	110.00	146.00	247.50	67.20
8	35	146.50	107.00	54.50	81.00	103.50	139.50	241.00	66.80
9	40	152.00	110.00	74.00	75.00	98.50	134.50	237.00	66.50
10	45	156.00	114.00	85.50	67.00	92.50	128.50	231.50	66.20
11	50	159.00	118.50	87.50	48.50	84.00	121.00	224.00	65.80
12	55	160.50	121.00	89.00	21.50	75.00	114.00	217.00	65.20
13	60	162.00	122.50	91.00	20.00	70.50	110.00	213.00	64.90
14	65	163.50	125.00	94.00	46.00	61.00	99.50	203.50	64.20
15	70	165.50	127.50	97.00	56.00	54.00	93.50	198.00	62.80
16	75	171.50	134.00	103.00	65.00	46.00	87.00	192.00	61.90
17	80	174.00	138.00	106.00	68.50	31.00	80.00	185.00	61.60
18	85	177.50	142.00	110.50	71.00	10.00	70.00	176.50	61.20
19	90	183.00	148.50	116.50	79.00	9.00	65.50	172.50	60.80
20	95	187.50	155.00	124.00	88.00	32.00	59.00	166.00	60.40
21	100	193.00	162.00	131.00	95.00	46.50	52.00	158.00	60.00
22	105	198.00	168.00	137.00	101.50	56.00	44.50	150.50	59.40
23	110	202.00	173.00	142.00	106.50	60.50	35.50	143.50	58.90
24	115	206.00	177.50	147.00	111.00	66.00	10.50	140.00	58.50

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST5 - RINALDI – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)	VELOCITÀ V₃ LIVELLO 3 (m/s)
1	0	290	860	3100
2	5	287	843	3041
3	10	284	825	2982
4	15	281	808	2923
5	20	279	791	2864
6	25	276	774	2805
7	30	273	756	2745
8	35	270	739	2686
9	40	281	722	2627
10	45	293	705	2568
11	50	304	687	2509
12	55	315	670	2450
13	60	326	705	2438
14	65	338	740	2425
15	70	349	775	2413
16	75	360	810	2400
17	80	380	845	2388
18	85	400	880	2375
19	90	420	915	2363
20	95	440	950	2350
21	100	460	985	2338
22	105	480	1020	2325
23	110	500	1055	2313
24	115	520	1090	2300

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST5 - RINALDI – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V₁ LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V₂ LIVELLO 2 (m/s)	VELOCITÀ V₃ LIVELLO 3 (m/s)
1	0	130	310	1150
2	5	128	307	1125
3	10	126	305	1101
4	15	124	302	1076
5	20	121	299	1052
6	25	119	296	1027
7	30	117	294	1003
8	35	115	291	978
9	40	116	288	954
10	45	116	285	929
11	50	117	283	905
12	55	118	280	880
13	60	118	284	874
14	65	119	288	868
15	70	119	293	863
16	75	120	297	857
17	80	136	301	851
18	85	153	305	845
19	90	169	309	839
20	95	185	313	833
21	100	201	318	828
22	105	218	322	822
23	110	234	326	816
24	115	250	330	810

COMUNE DI SCANDICCI

PROVINCIA DI FIRENZE

TITOLO:

STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI

“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE
SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH)
CALCOLO V_{S30} - D.M. 14/01/2008 – LINEA SISMICA ST6
VIA TRIOZZI - SCANDICCI (FI)”

COMMITTENTE:

COMUNE DI SCANDICCI

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
08 Febbraio 2012

TRIGEO S.N.C.

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
VIA BOLOGNESE, 289 – 50139 LA LASTRA - FIRENZE
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 9062212 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI VIA TRIOZZI - LINEA SISMICA ST6	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 1 di 13

INDICE

INTRODUZIONE.....	2
1.0 SCHEMA OPERATIVO.....	3
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 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI VS30.....	9
6.0 CONSIDERAZIONI FINALI.....	10
ALLEGATI.....	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 Gennaio 2012, per conto del **COMUNE DI SCANDICCI**, nei pressi di un'area posta a fianco di **VIA TRIOZZI, SCANDICCI (FI)** (Fig. 1).



Figura 1: Particolare della sezione ST6.

L'indagine sismica, si inserisce nell'ambito dell'attività di revisione del vigente Regolamento Urbanistico, per il quale il comune sta effettuando le indagini geologico-tecniche previste in base all'art. 62 della Legge Regionale Toscana n. 1/2005 (Norme per il governo del territorio).

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.

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI</i> <i>VIA TRIOZZI - LINEA SISMICA ST6</i>	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 3 di 13

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 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 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 03-06:** Diagrammi Tempi d'arrivo-Distanze (Dromocrone) 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;
- **Tavole 04-07:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-08:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 09-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Documentazione fotografica della linea sismica e di ciascun punto scoppio.

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

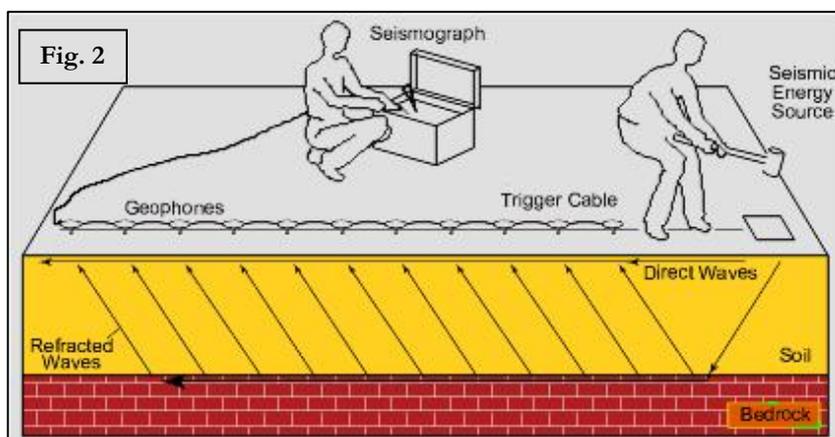
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo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



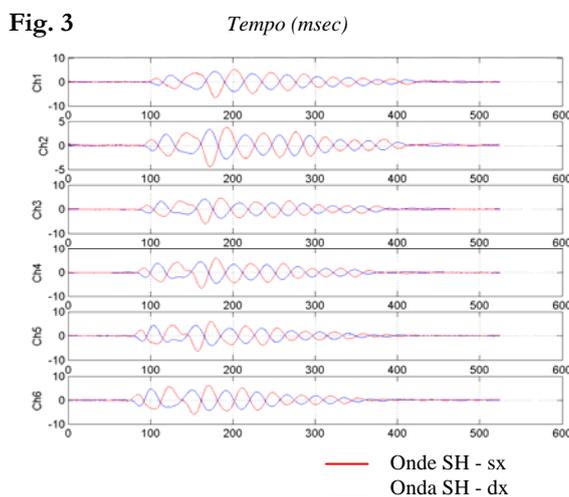
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo PASI mod. 16S24 a 24 canali, dotato di filtri analogici e digitali, *notch filter* a 50 Hz ed *Automatic Gain Control*, con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit con sovracampionamento e post-processing, 4 contatori indipendenti, base dei tempi 20 Mhz, accuratezza $\pm 0.01\%$, trattamento dei dati come Floating Point 32 bit, processore Pentium Intel, ambiente operativo Windows ed un Hard Disk da 10 Gb dove vengono immagazzinati i dati acquisiti, i dati sono quindi visualizzati sul display VGA a colori in LCD-TFT 10.4". Le registrazioni vengono gestite dal PC interno ed in seguito trasferite mediante RS232 ad altri PC per le successive elaborazioni.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni "PASI" verticali ed orizzontali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile e nel caso dei geofoni orizzontali dotati di bolla livellante, con

frequenza caratteristica di 10 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

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



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

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

elaborazione principale il *delay-time method* affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed il GRM come verifica e conferma dei risultati ottenuti.

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

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

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

Infine sono stati calcolati i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{S30}), come richiesto dalla nuova "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 14 Gennaio 2008 e dall'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-06** 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 04-07**, sono state riportate le sezioni sismostratigrafiche ottenute (onde P-SH), al di sotto della superficie topografica l'inviluppo 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

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI VIA TRIOZZI - LINEA SISMICA ST6	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 7 di 13

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 05-08** 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.

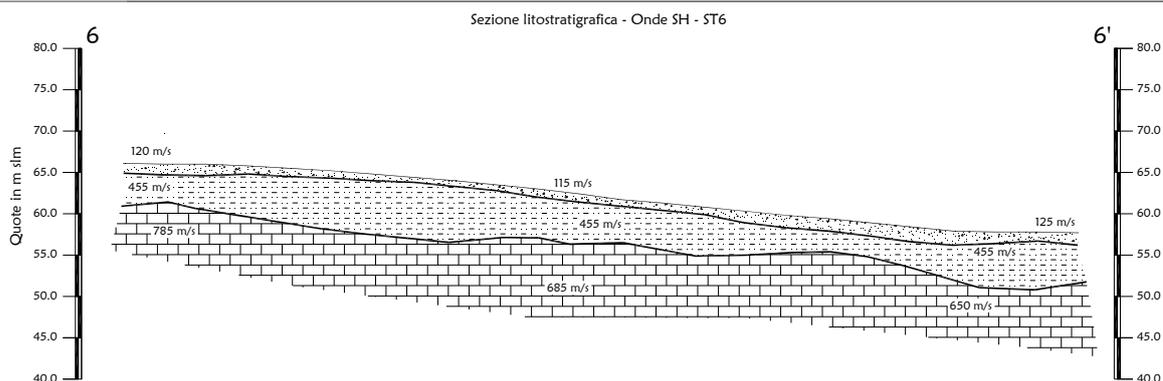
Infine nelle **Tavole 09-10** abbiamo le sezioni tomografiche interpretate realizzate mediante la "WET Tomography" con le relative curve di isovelocità. La scala in falsi colori presente, esprime i valori di velocità all'interno della sezione.

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 principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 0.60 m e 2.10 m (onde P ed onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità medie pari a ca. 6.0 m da p.c. con profondità comprese tra 4.00 m e 7.50 m (onde P ed SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.20 m e ca. 6.00 m.

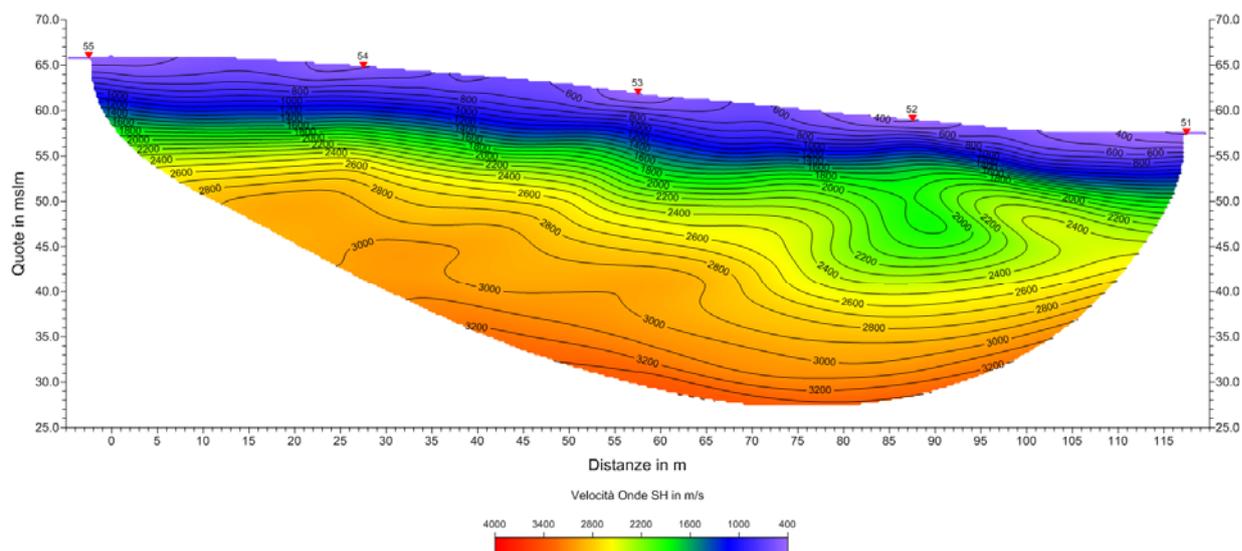
Nella zona d'intervento il rifrattore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 315 e 420 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 115-125 m/s, con il livello intermedio, costituito da materiale limi argillosi, che presenta velocità comprese tra 940-990 m/s (onde P) e tra 430-480 m/s (onde SH). Il rifrattore più profondo mette in contatto il livello intermedio con il substrato roccioso, che presenta velocità comprese tra 2.320 e 2.820 m/s (onde P) e tra 650-785 m/s (onde SH).

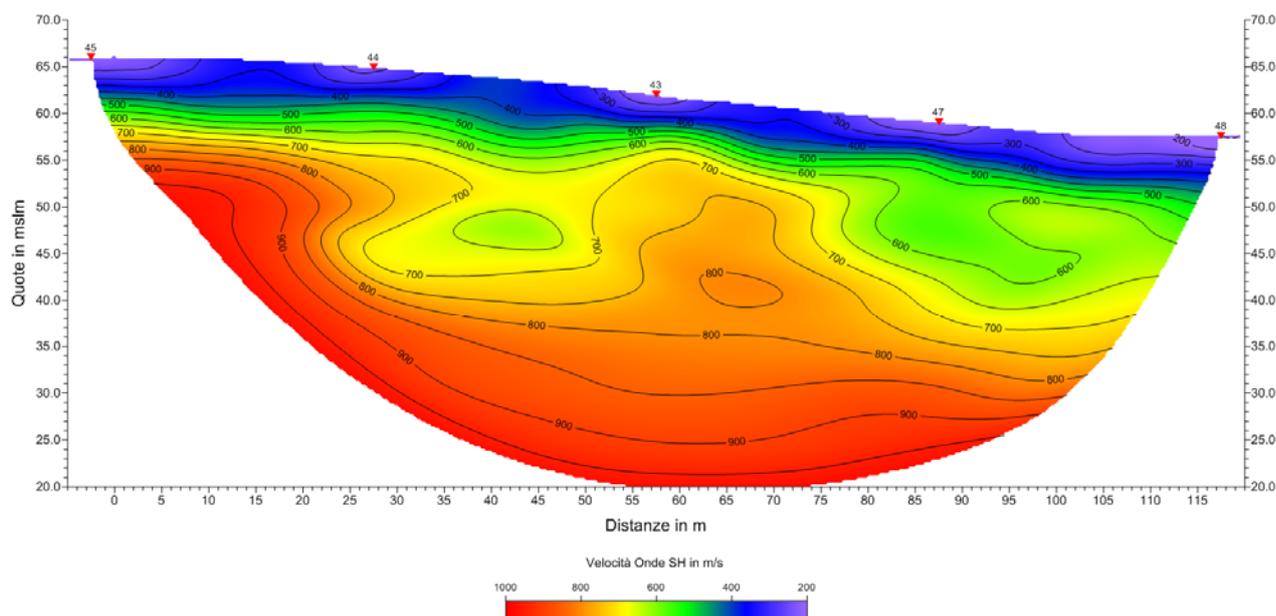


La **Sezione ST6**, effettuata in direzione SO-NE, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento dei due rifrattori.

I due rifrattori mostrano un andamento che segue in parte la morfologia di superficie, in particolare, lo strato più superficiale presenta spessori omogenei, mentre il rifrattore profondo, mostra delle ondulazioni. Le lievi discordanze evidenziate tra le due sezioni elaborate possono essere anche imputabili al grado di saturazione dei materiali, che influenza il comportamento delle onde P, le quali mediamente mostrano un rifrattore principale a profondità inferiori rispetto alle onde SH.

L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH in accordo con i risultati del GRM mostra materiali più superficiali con spessori omogenei solo nella tomo in onde S sulla fine gli spessori sembrano incrementare, ed il passaggio dal livello intermedio al substrato roccioso risulta evidenziato dal raffittimento delle curve di isovelocità (a partire da quella dei 2.200/2.400 m/s onde P mentre per le onde Sh a partire dalle curve di 600/650 m/s); le onde SH inoltre al passaggio con il substrato mostrano aree anomale (più bassa velocità) che potrebbero indicare il contatto con il substrato parzialmente fratturato nel tratto iniziale, invece per le onde P il passaggio è più regolare e netto.





Le velocità del substrato roccioso tendono sia per le onde P che SH a diminuire lungo la sezione passando da 2900 m/s (onde P) e 800 m/s (onde SH) ai rispettivi 2300 m/s e 645 m/s.

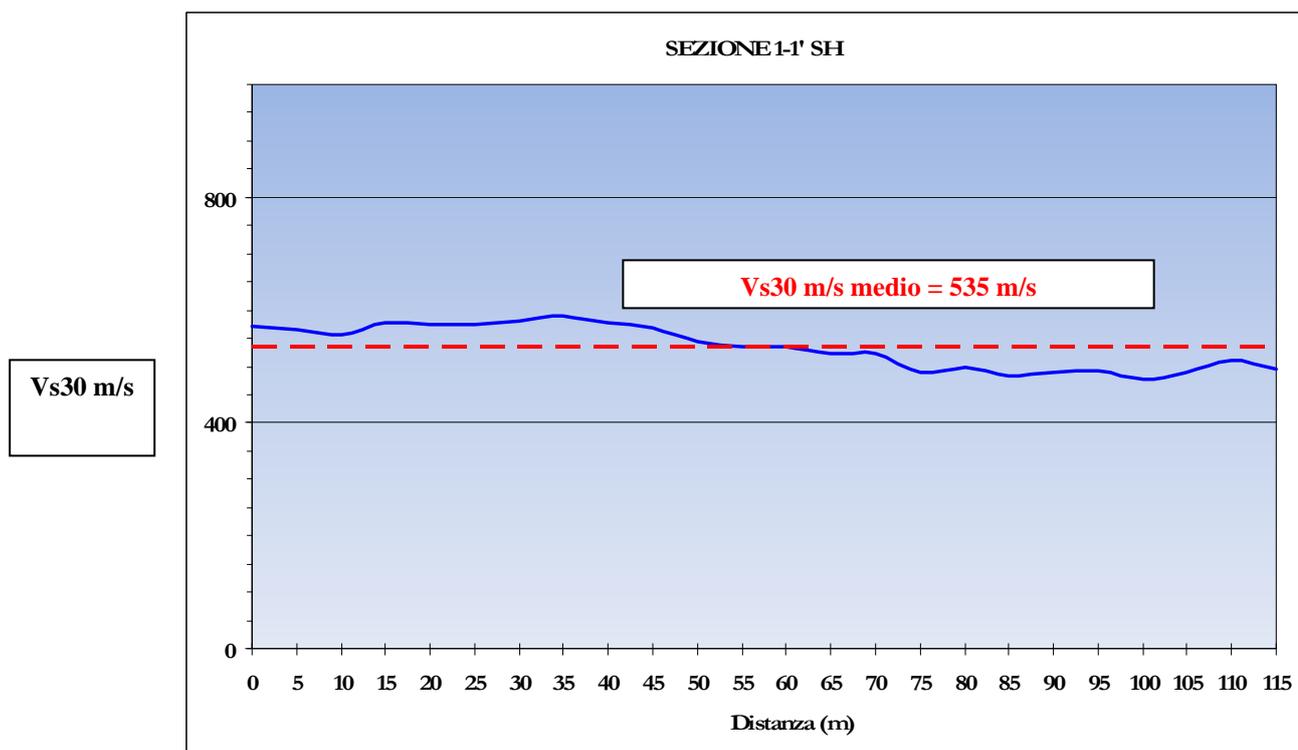
5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI Vs30

L'indagine mediante onde SH fornisce i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette **Vs30**), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. Le "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" definiscono 7 tipologie di suoli principali:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_r > 800$ m/s).</i>
S1	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.</i>
S2	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>

Sulla base delle caratteristiche litologiche, ma soprattutto sulla base dei valori di velocità ottenuti è stato possibile definire il valore di **Vs30** medio per la sezione ST6:

Vs30 media= 535 m/s



6.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta a fianco di **VIA TRIOZZI, SCANDICCI (FI)**. 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 e depositi limo-sabbiosi) ed il livello intermedio, costituito da limi argillosi e tra quest'ultimo ed il substrato roccioso.

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 SCANDICCI VIA TRIOZZI - LINEA SISMICA ST6	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 11 di 13

- sono state ricostruite due superfici rifrangenti principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 0.60 m e 2.10 m (onde P ed onde Sh); mentre la seconda si colloca a profondità medie pari a ca. 6.0 m da p.c. con profondità comprese tra 4.00 m e 7.50 m (onde P ed SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.20 m e ca. 6.00 m;
- nella zona d'intervento il rifratore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 315 e 420 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 115-125 m/s, con il livello intermedio, costituito da materiale limi argillosi, che presenta velocità comprese tra 940-990 m/s (onde P) e tra 430-480 m/s (onde SH). Il rifratore più profondo mette in contatto il livello intermedio con il substrato roccioso, che presenta velocità comprese tra 2.320 e 2.820 m/s (onde P) e tra 650-785 m/s (onde SH).;
- è stata calcolata, come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni., una V_{s30} mediata sui primi 30 m, pari a **535 m/s**.

Firenze, lì 08/02/2012

TRIGEO SNC

TRIGEO SNC

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

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA BOLOGNESE 289 – 50139 LA LASTRA – FIRENZE
 Tel/Fax 055 9062212 – CELL. 328 7213928



ALLEGATI

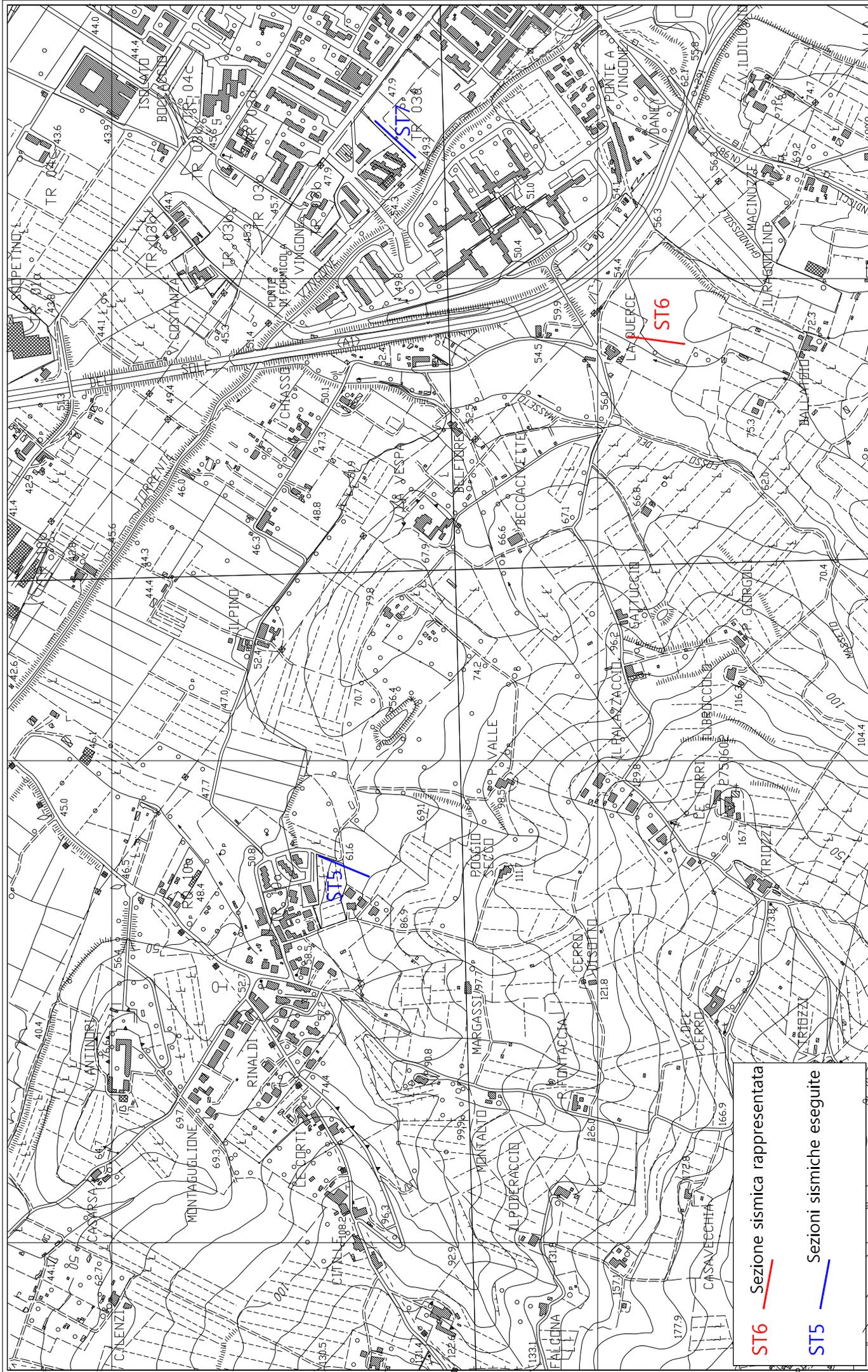


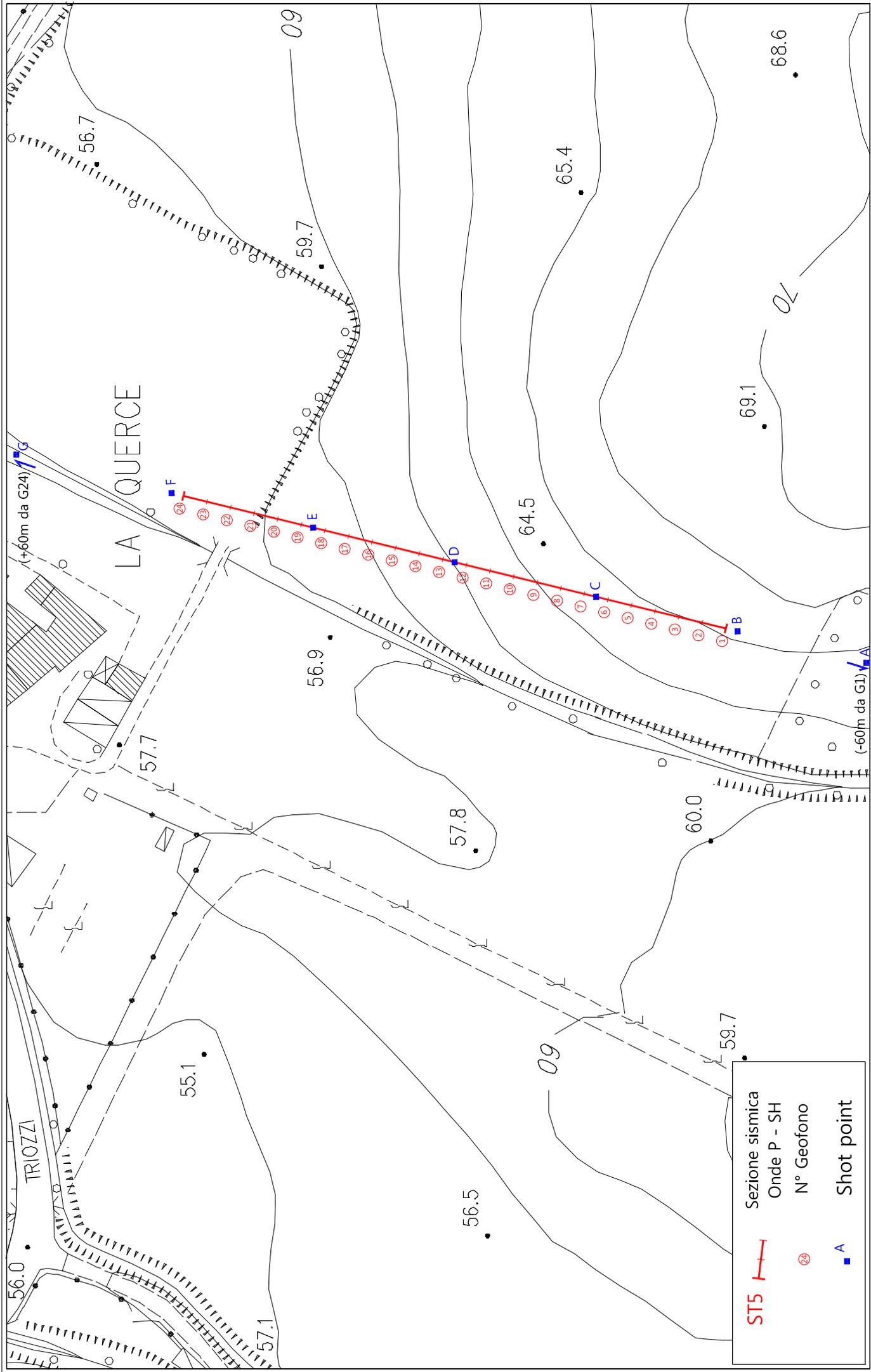
Tavola 01 - Planimetria generale - ST6 - Via Triozzi

Febbraio 2012

ST6 — Sezione sismica rappresentata

ST5 — Sezioni sismiche eseguite

Scala 1: 10000



ST5

Sezione sismica
 Onde P - SH
 N° Geofono
 Shot point

24
 A

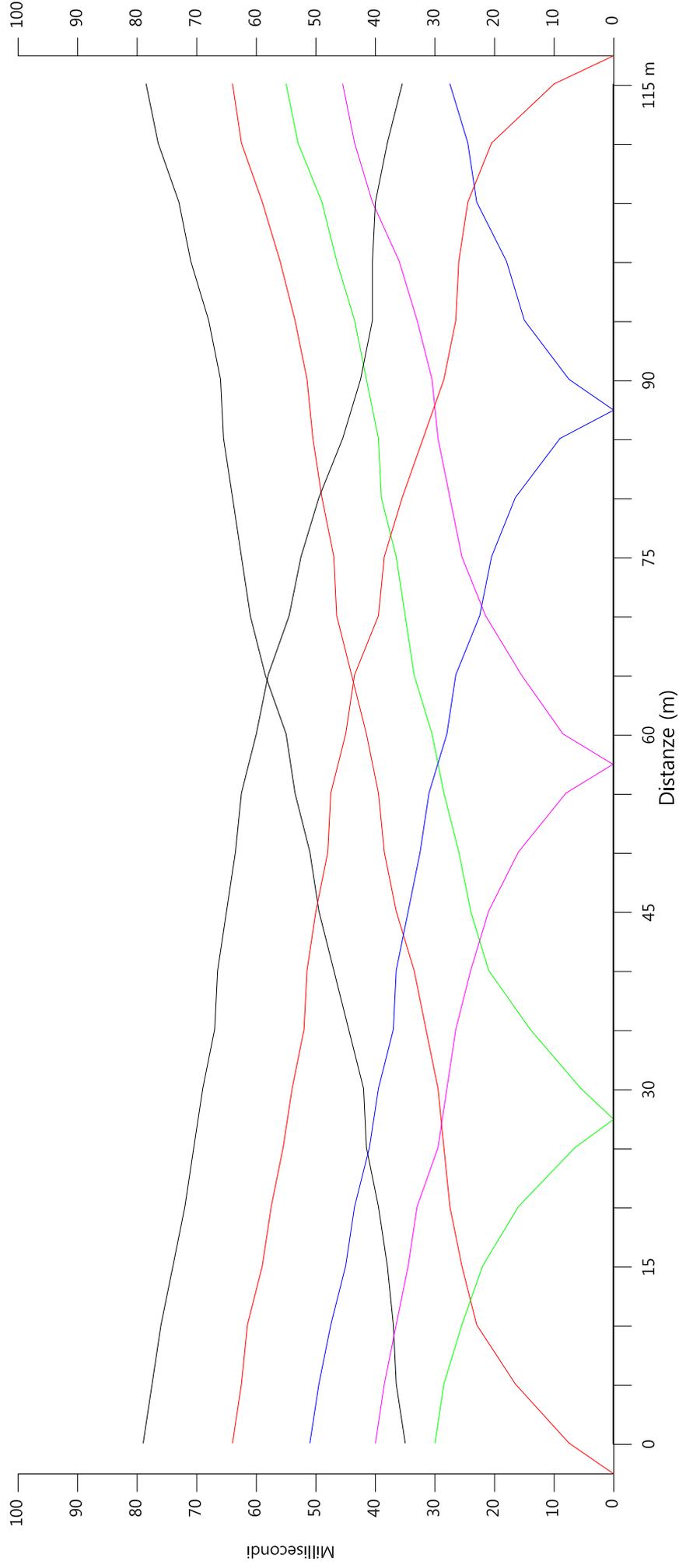
Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - ST6 - Via Triozzi

Febbraio 2012

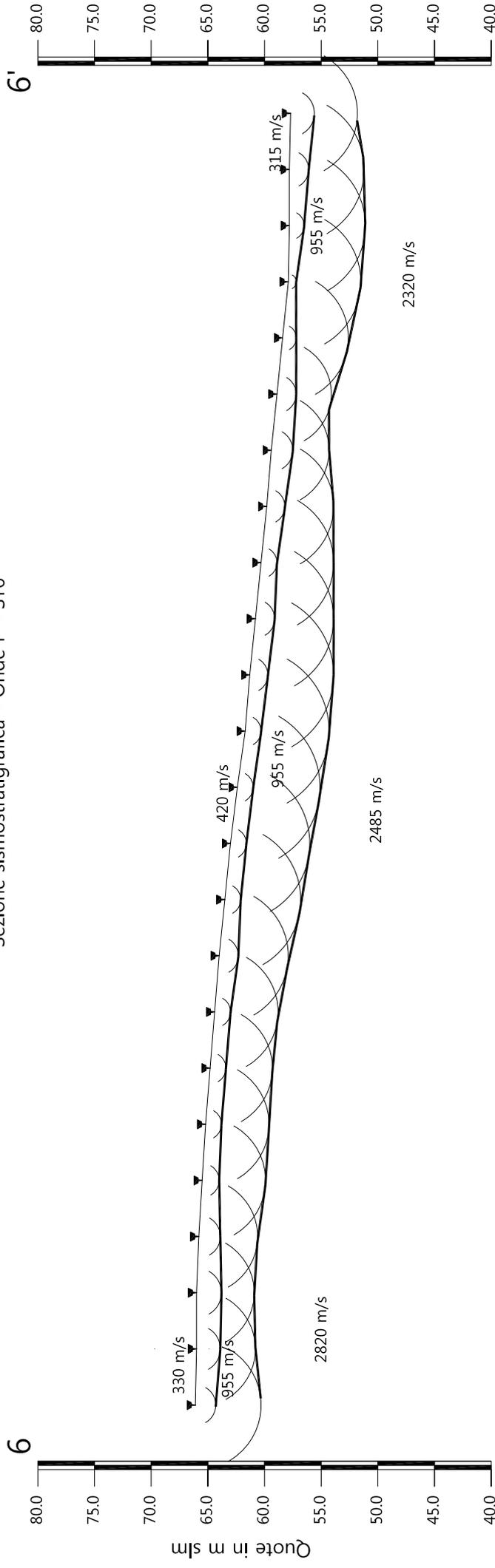
Scala 1: 1000

Dromocrone

- Shot Point (-60m)
- Shot Point (G1-2.5m)
- Shot Point (G6-G7)
- Shot Point (G12-G13)
- Shot Point (G18-G19)
- Shot Point (G24+2.5m)
- Shot Point (+60m)



Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST6



Numero geofono	Distanze (m)	Quote in m slm	Profondità da p.c. Livello 1 (m)	Profondità da p.c. Livello 2 (m)
0	66.10	5.80	1.80	5.80
1	66.00	5.20	2.10	5.20
2	66.00	5.10	2.20	5.10
3	66.00	5.20	1.90	5.20
4	65.80	5.60	1.50	5.60
5	65.50	5.60	1.40	5.60
6	65.20	5.60	1.40	5.60
7	64.80	5.50	1.40	5.50
8	64.40	5.60	1.40	5.60
9	64.00	6.10	1.70	6.10
10	63.50	6.70	1.40	6.70
11	63.00	7.00	1.40	7.00
12	62.40	7.30	1.40	7.30
13	61.70	7.40	1.40	7.40
14	61.30	7.40	1.60	7.40
15	60.80	6.90	1.70	6.90
16	60.30	6.40	1.40	6.40
17	59.80	5.90	1.60	5.90
18	59.40	5.10	1.90	5.10
19	58.90	4.80	1.70	4.80
20	58.40	5.80	1.20	5.80
21	57.90	6.40	0.70	5.790
22	57.80	6.70	1.30	57.80
23	57.80	6.60	1.70	57.80
24	57.70	5.90	2.10	57.70

Profilo topografico

 Profilo topografico strato

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

 Geofoni

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



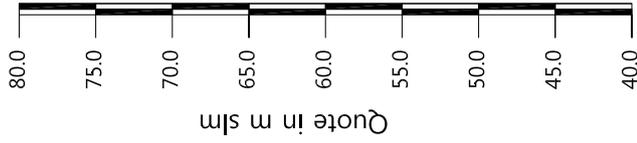
Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST6

Febbraio 2012

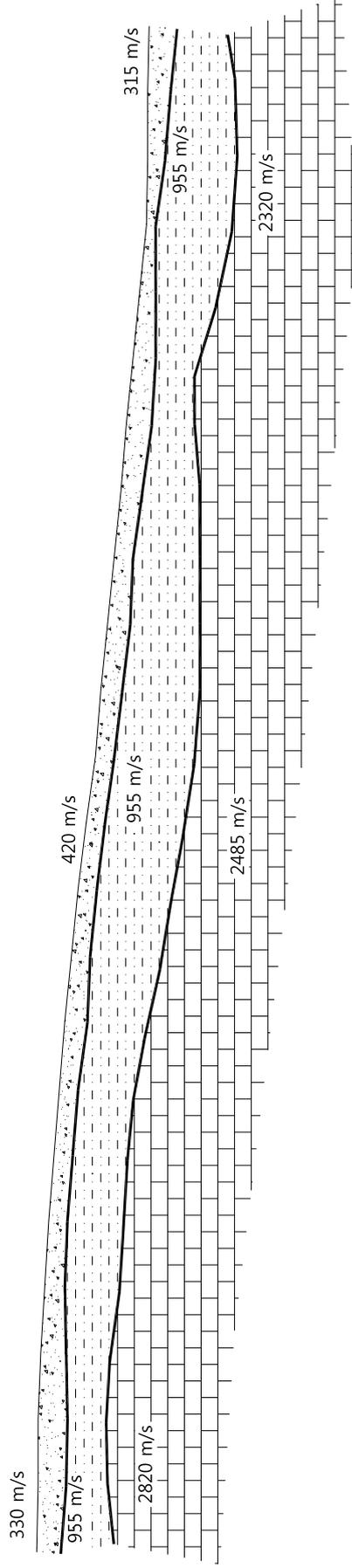
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione litostratigrafica - Onde P - ST6

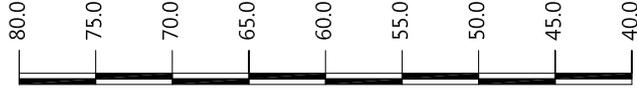
6



Quote in m slm



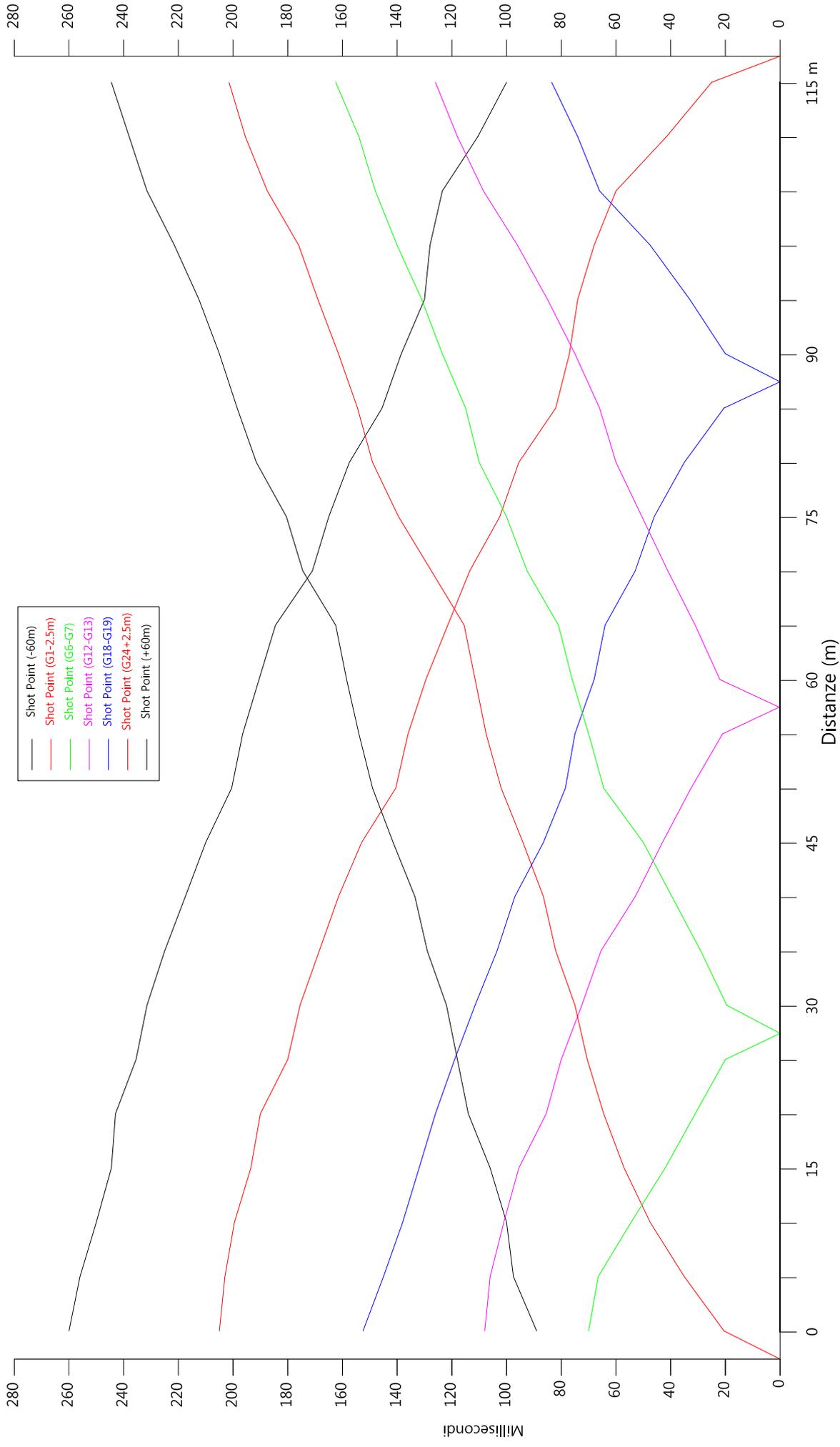
6'



Legenda

-  Terreno vegetale
-  Depositi limo sabbiosi
-  Livello intermedio limi argillosi
-  Substrato roccioso
Formazione di Sillano (SILL)





- Shot Point (-60m)
- Shot Point (G1-2.5m)
- Shot Point (G6-G7)
- Shot Point (G12-G13)
- Shot Point (G18-G19)
- Shot Point (G24+2.5m)
- Shot Point (+60m)

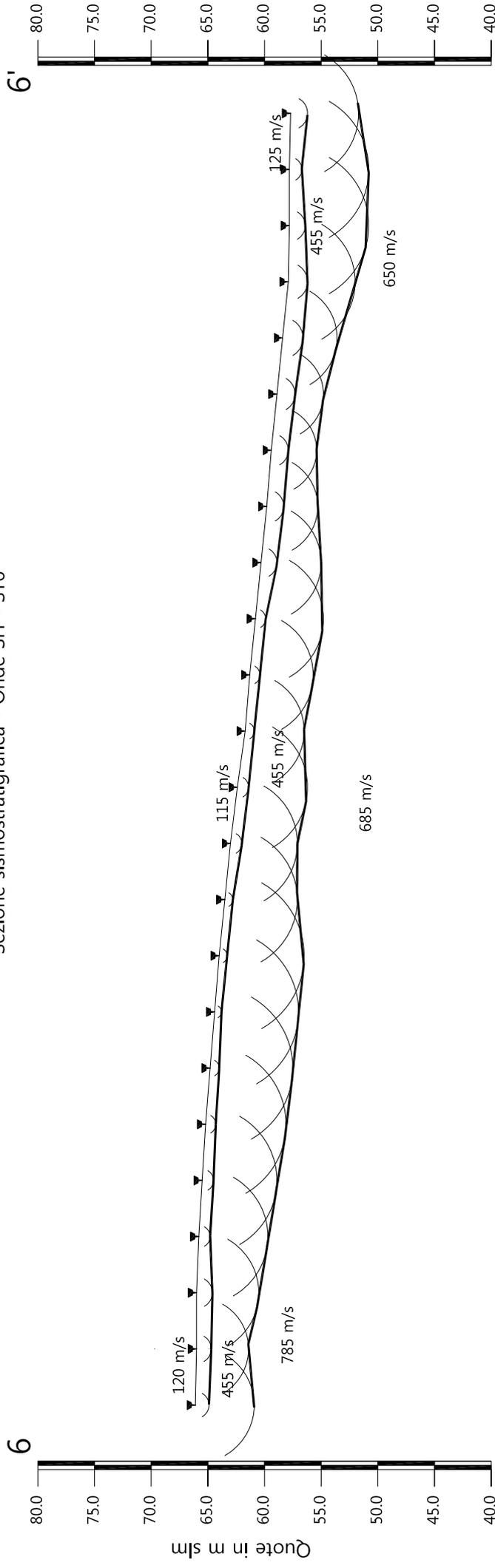
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 06 - Dromocrone - Onde SH - ST6



Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ST6



Numero geofono	0	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)	66.10	66.00	66.00	66.00	65.80	65.50	65.20	64.80	64.40	64.00	63.50	63.00	62.40	61.70	61.30	60.80	60.30	59.80	59.40	58.90	58.40	57.90	57.80	57.80	57.70	115
Quote in m slm	1.20	1.30	1.40	1.00	1.00	1.00	0.90	0.80	0.60	0.70	0.70	0.70	1.00	0.80	0.90	0.90	1.40	1.50	1.50	1.60	1.80	1.70	1.40	1.10	1.50	115
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	66.10	66.00	66.00	66.00	65.80	65.50	65.20	64.80	64.40	64.00	63.50	63.00	62.40	61.70	61.30	60.80	60.30	59.80	59.40	58.90	58.40	57.90	57.80	57.80	57.70	115
Profondità da p.c. Livello 2 (m)	66.10	66.00	66.00	66.00	65.80	65.50	65.20	64.80	64.40	64.00	63.50	63.00	62.40	61.70	61.30	60.80	60.30	59.80	59.40	58.90	58.40	57.90	57.80	57.80	57.70	115

- Profilo topografico
- Profilo topografico strato
- Velocità sismica dello strato in m/s
- 830 m/s
- Geofoni
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi



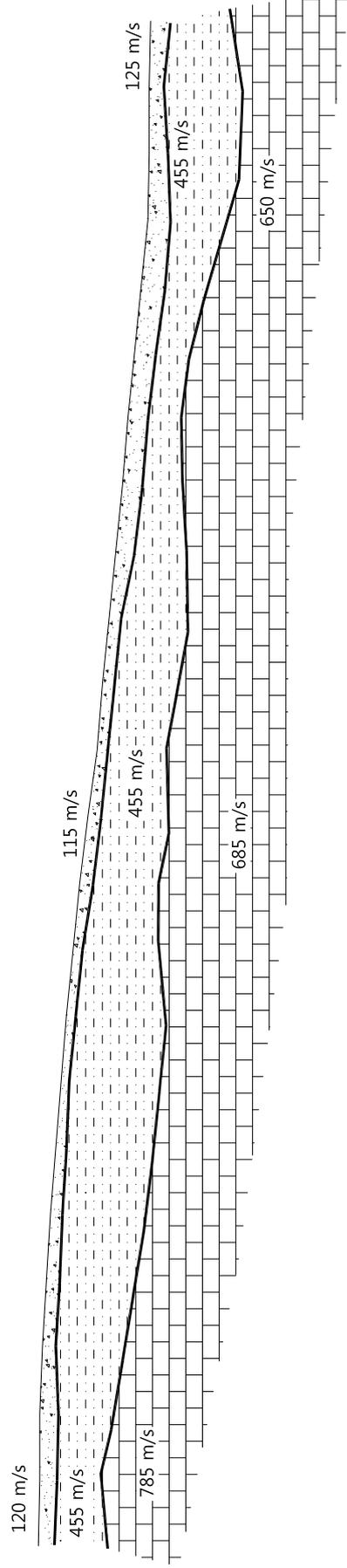
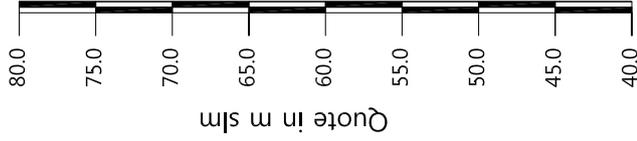
Tavola 07 - Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ST6

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione litostratigrafica - Onde SH - ST6

6



Legenda

-  Terreno vegetale
-  Depositi limo sabbiosi
-  Livello intermedio limi argillosi
-  Substrato roccioso
- Formazione di Sillano (SILL)

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

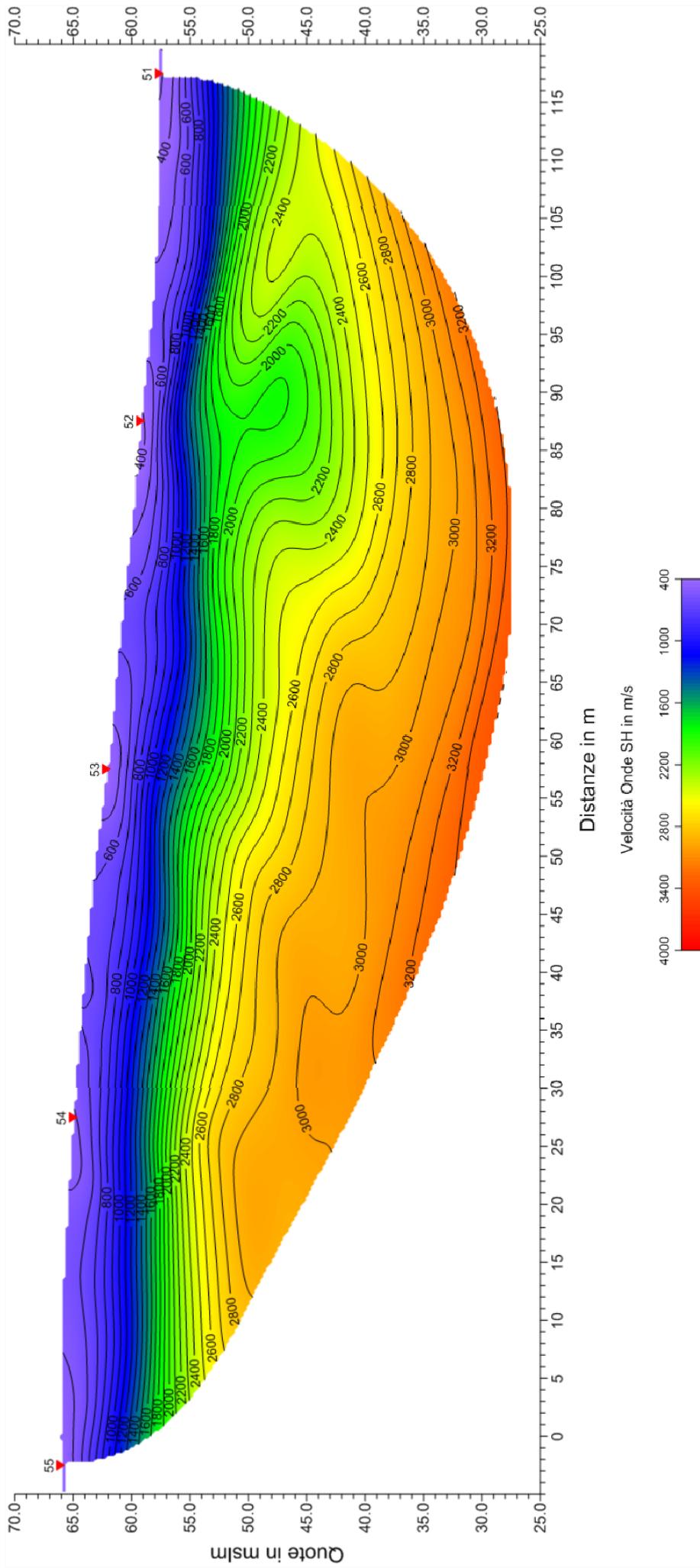
Tavola 08 - Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ST6



Sezione tomografica - Onde P - ST6

6

6'



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 09 - Sezione tomografica - Onde P - ST6



Sezione tomografica - Onde SH - ST6

6

6'

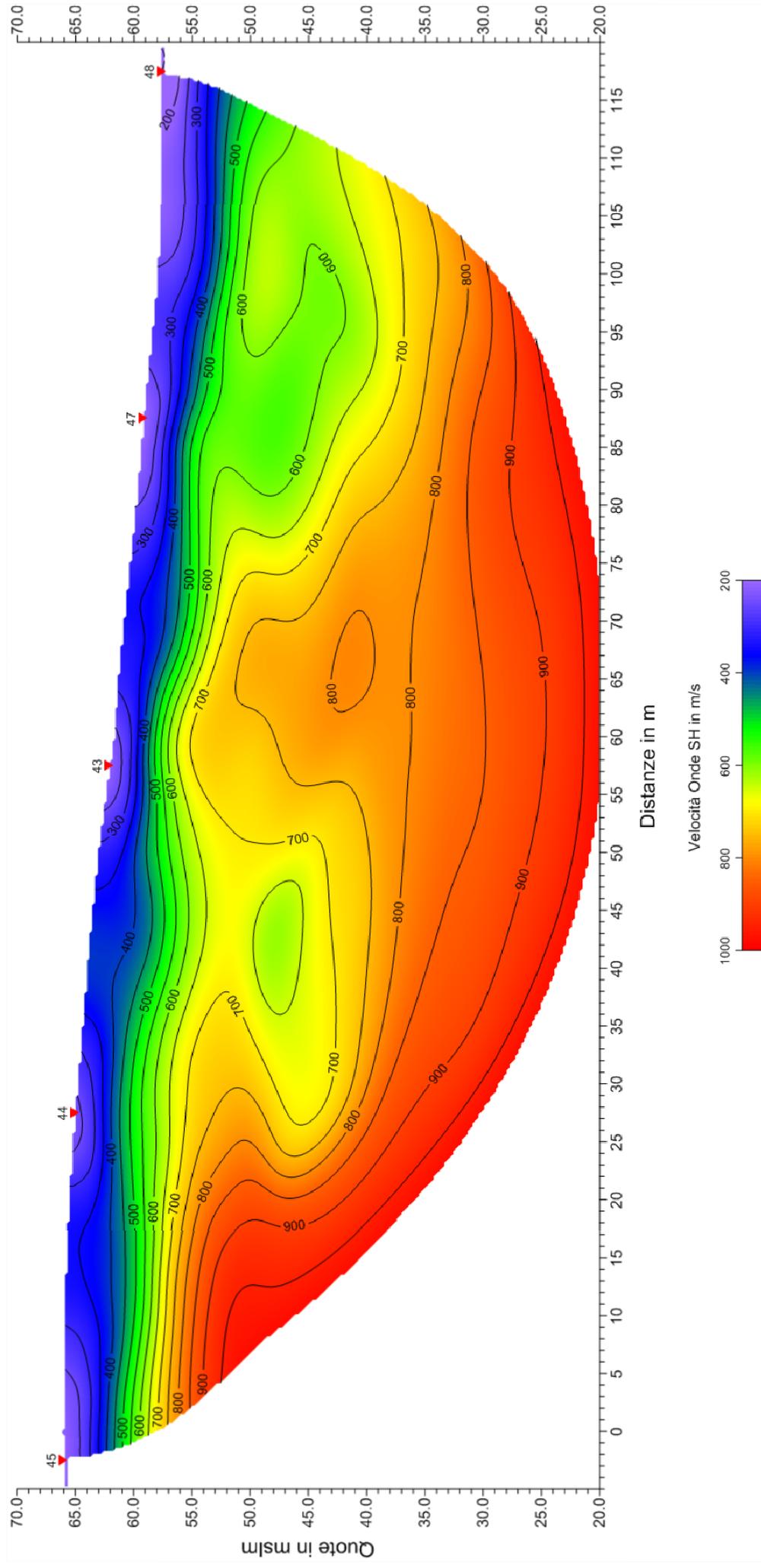


Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ST6

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500



Vista generale della sezione ST6 da G1 verso G24.



Vista generale della sezione ST6 da G24 verso G1.



Shot Point G sx- onde SH – ST6



Shot Point F sx - onde SH – ST6



Shot Point E - onde SH – ST6



Shot Point D - onde P – ST6



Shot Point E - onde P – ST6

SEZIONE SISMICA ST6 – VIA TRIOZZI– SCANDICCI (FI)**SCHEMA DELLA PROSPEZIONE SISMICA**

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	66.10
2	5	5.0	66.00
3	10	5.0	66.00
4	15	5.0	65.80
5	20	5.0	65.50
6	25	5.0	65.20
7	30	5.0	64.80
8	35	5.0	64.40
9	40	5.0	64.00
10	45	5.0	63.50
11	50	5.0	63.00
12	55	5.0	62.40
13	60	5.0	61.70
14	65	5.0	61.30
15	70	5.0	60.80
16	75	5.0	60.30
17	80	5.0	59.80
18	85	5.0	59.40
19	90	5.0	58.90
20	95	5.0	58.40
21	100	5.0	57.90
22	105	5.0	57.80
23	110	5.0	57.80
24	115	5.0	57.70

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	1674855.72	1674812.13
Y(m)	4845823.10	4845880.31

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT – ST6 – SAN VINCENZO A**TORRI**

TIRI	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
A ESTERNO SX	-60.00	68.00
B ESTREMO SX	- 2.50	66.10
C INTERMEDIO SX	27.50	65.00
D CENTRALE	57.50	61.90
E INTERMEDIO	87.50	59.00

<i>SCHEMA DELLA LINEA – ST6– VIA TRIOZZI</i>	Febbraio 2012
	Comune di Scandicci (FI)

DX		
F ESTREMO DX	117.50	57.70
G ESTREMO DX	175.00	56.00

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST6 – VIA TRIOZZI – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	1.80	5.80
2	5	2.10	5.20
3	10	2.20	5.10
4	15	1.90	5.20
5	20	1.50	5.60
6	25	1.40	5.60
7	30	1.40	5.50
8	35	1.40	5.60
9	40	1.70	6.10
10	45	1.40	6.70
11	50	1.40	7.00
12	55	1.40	7.30
13	60	1.40	7.40
14	65	1.60	7.40
15	70	1.70	6.90
16	75	1.40	6.40
17	80	1.60	5.90
18	85	1.90	5.10
19	90	1.70	4.80
20	95	1.20	5.80
21	100	0.70	6.40
22	105	1.30	6.70
23	110	1.70	6.60
24	115	2.10	5.90

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST6 – VIA TRIOZZI – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	1.20	5.20
2	5	1.30	4.60
3	10	1.40	5.50
4	15	1.00	6.10
5	20	1.00	6.60
6	25	0.90	7.10
7	30	0.80	7.30
8	35	0.60	7.40
9	40	0.70	7.50
10	45	0.70	6.40
11	50	1.00	5.90
12	55	1.00	6.20
13	60	0.80	5.20
14	65	0.90	5.60
15	70	0.90	6.00
16	75	1.40	5.30
17	80	1.50	4.50
18	85	1.50	4.00
19	90	1.60	4.10
20	95	1.80	4.80
21	100	1.70	5.90
22	105	1.40	7.00
23	110	1.10	7.00
24	115	1.50	6.00

TEMPI ONDE P – ST6- Via Triozzi

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	QUOTA IN mslm
1	0	37.60	7.50	32.60	42.60	53.60	66.60	81.60	66.10
2	5	38.10	18.10	30.10	40.10	51.10	64.10	79.10	66.00
3	10	37.30	23.30	25.80	36.80	47.80	61.80	76.30	66.00
4	15	37.60	25.10	21.60	34.10	44.60	58.60	73.60	65.80
5	20	38.70	26.70	15.20	32.20	42.70	56.70	71.20	65.50
6	25	40.30	27.30	6.50	28.30	39.80	54.30	69.30	65.20
7	30	40.70	28.20	5.50	26.70	38.20	52.70	67.70	64.80
8	35	43.20	30.20	12.70	25.20	35.70	50.70	65.70	64.40
9	40	45.60	32.10	19.60	22.60	35.10	50.10	65.10	64.00
10	45	48.30	35.30	22.80	19.80	33.30	48.80	63.80	63.50
11	50	50.00	37.50	25.00	15.00	31.50	47.00	62.50	63.00
12	55	53.00	39.00	28.00	8.00	30.50	47.00	62.00	62.40
13	60	55.30	41.80	30.80	8.50	28.30	45.30	60.30	61.70
14	65	58.70	44.20	33.70	15.70	26.70	43.70	58.20	61.30
15	70	61.40	46.90	35.40	21.90	22.90	39.90	54.90	60.80
16	75	63.20	47.70	37.20	26.20	21.20	39.20	53.20	60.30
17	80	64.90	49.90	39.90	28.40	17.40	36.40	50.40	59.80
18	85	66.30	51.30	40.30	30.30	9.00	32.80	46.30	59.40
19	90	67.00	52.50	42.50	31.50	7.50	29.50	43.50	58.90
20	95	69.20	54.70	44.70	34.20	16.20	27.70	41.70	58.40
21	100	72.40	57.40	47.90	37.40	19.40	27.40	41.90	57.90
22	105	73.40	59.40	49.40	40.90	23.40	24.90	40.40	57.80
23	110	75.60	61.60	52.10	42.60	23.60	19.60	37.10	57.80
24	115	76.60	62.10	53.10	43.60	25.60	10.00	33.60	57.70

TEMPI ONDE SH – ST6 – Via Triozzi

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	QUOTA IN mslm
1	0	89.00	20.50	70.00	108.00	152.50	205.00	260.00	66.10
2	5	97.50	35.00	66.50	106.00	145.00	203.00	256.00	66.00
3	10	100.00	47.50	54.50	101.00	138.00	199.50	250.00	66.00
4	15	106.00	57.00	42.00	95.50	132.00	193.50	244.50	65.80
5	20	114.00	64.50	31.00	85.50	126.00	190.00	243.00	65.50
6	25	118.00	70.50	20.00	80.00	119.00	180.00	235.50	65.20
7	30	122.00	75.00	19.50	72.50	111.50	175.50	231.50	64.80
8	35	129.00	82.00	29.00	65.50	103.50	168.50	225.00	64.40
9	40	133.50	86.50	39.50	53.00	97.00	161.50	217.50	64.00
10	45	141.50	94.00	50.00	43.00	86.50	153.00	210.00	63.50
11	50	149.00	102.00	64.50	32.50	78.50	140.50	200.50	63.00
12	55	154.00	107.50	70.00	21.00	75.00	136.00	196.50	62.40
13	60	158.50	111.50	76.00	22.00	68.00	129.50	190.50	61.70
14	65	162.50	115.50	81.00	31.00	64.00	121.50	184.50	61.30
15	70	174.50	127.50	92.50	41.00	53.00	113.50	171.00	60.80
16	75	180.50	139.50	100.00	50.50	46.00	102.50	165.00	60.30
17	80	191.50	149.00	110.00	60.00	35.00	95.50	157.50	59.80
18	85	198.50	154.50	115.00	66.00	20.50	82.00	145.50	59.40
19	90	205.00	161.50	123.50	75.00	20.00	77.00	138.50	58.90
20	95	212.50	169.00	131.00	85.00	33.00	74.00	130.00	58.40
21	100	221.50	176.00	140.00	96.00	47.50	68.00	128.00	57.90
22	105	231.50	187.50	148.00	108.50	66.00	60.00	123.50	57.80
23	110	238.00	195.50	154.00	118.00	74.00	41.50	110.50	57.80
24	115	244.50	201.50	162.50	126.00	83.50	25.00	100.00	57.70

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST6 – 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	330	940	2895
2	5	369	945	2887
3	10	382	950	2871
4	15	396	960	2847
5	20	399	940	2823
6	25	400	943	2796
7	30	385	986	2756
8	35	400	994	2707
9	40	419	902	2658
10	45	428	910	2621
11	50	420	937	2583
12	55	400	925	2531
13	60	490	943	2465
14	65	385	982	2395
15	70	381	910	2336
16	75	390	938	2300
17	80	391	967	2297
18	85	380	995	2318
19	90	375	923	2339
20	95	310	952	2343
21	100	318	980	2328
22	105	319	908	2312
23	110	315	937	2301
24	115	310	965	2299

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST6 – 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	120	480	800
2	5	119	479	798
3	10	117	477	795
4	15	116	476	790
5	20	114	475	783
6	25	113	473	775
7	30	121	472	765
8	35	120	470	755
9	40	129	469	740
10	45	129	458	721
11	50	128	456	702
12	55	128	445	684
13	60	117	442	669
14	65	116	449	656
15	70	116	446	647
16	75	115	443	645
17	80	129	440	646
18	85	111	447	651
19	90	122	445	654
20	95	133	452	654
21	100	124	429	650
22	105	126	436	646
23	110	127	443	646
24	115	130	440	646

COMUNE DI SCANDICCI PROVINCIA DI FIRENZE

TITOLO:

-STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI-

**“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE
SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH)
CALCOLO v_{s30} - D.M. 14/01/2008 – LINEA SISMICA ST7
VIA MASACCIO - SCANDICCI (FI)”**

COMMITTENTE:

COMUNE DI SCANDICCI

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
21 Febbraio 2012

TRIGEO S.N.C.

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
VIA BOLOGNESE, 289 – 50139 LA LASTRA - FIRENZE
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 9062212 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI</i> <i>LINEA SISMICA ST7 – VIA MASACCIO</i>	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 1 di 13

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 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI VS30.....	9
6.0 CONSIDERAZIONI FINALI.....	11
ALLEGATI.....	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 Febbraio 2012, per conto del **COMUNE DI SCANDICCI**, nei pressi di un'area posta in **VIA MASACCIO, SCANDICCI (FI)** (Fig. 1).



Figura 1: Particolare del tratto centrale della sezione ST7.

L'indagine sismica, si inserisce nell'ambito dell'attività di revisione del vigente Regolamento Urbanistico, per il quale il comune sta effettuando le indagini geologico-tecniche previste in base all'art. 62 della Legge Regionale Toscana n. 1/2005 (Norme per il governo del territorio).

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 **ST7** eseguito, scala 1:10.000 (da CTR 1:10.000);
- **Tavola 02:** Planimetria di dettaglio scala 1:1.000 (da CTR 1:2.000) con ubicazione del profilo sismico **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 03-06:** Diagrammi Tempi d’arrivo-Distanze (Dromocrone) 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;
- **Tavole 04-07:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-08:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 09-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Documentazione fotografica della linea sismica e di ciascun punto scoppio.

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

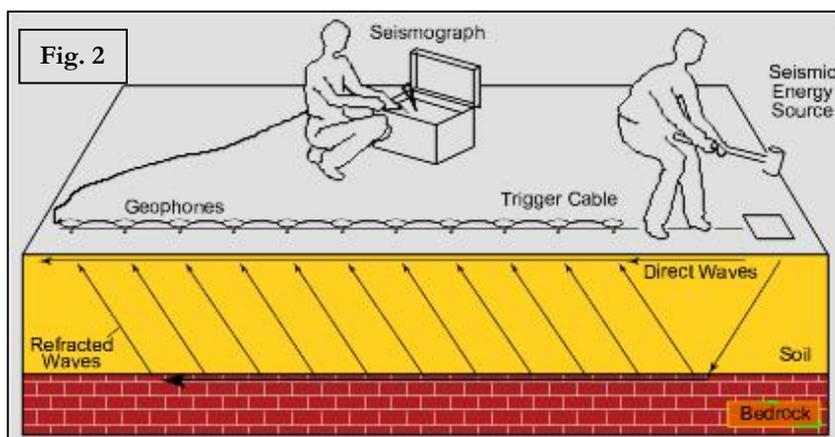
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1.000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo 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.

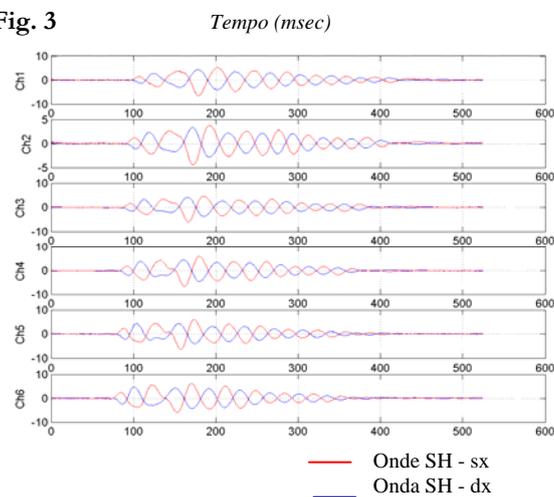
Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo PASI mod. 16S24 a 24 canali, dotato di filtri analogici e digitali, *notch filter* a 50 Hz ed *Automatic Gain Control*, con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit con sovracampionamento e post-processing, 4 contatori indipendenti, base dei tempi 20 Mhz, accuratezza $\pm 0.01\%$, trattamento dei dati come Floating Point 32 bit, processore Pentium Intel,

ambiente operativo Windows ed un Hard Disk da 10 Gb dove vengono immagazzinati i dati acquisiti, i dati sono quindi visualizzati sul display VGA a colori in LCD-TFT 10.4”. le registrazioni vengono gestite dal PC interno ed in seguito trasferite mediante RS232 ad altri PC per le successive elaborazioni.

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.

Fig. 3



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

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

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

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

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

Infine sono stati calcolati i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{s30}), come richiesto dalla nuova "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 14 Gennaio 2008 e dall'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-06** 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 SCANDICCI LINEA SISMICA ST7 – VIA MASACCIO	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 7 di 13

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 04-07**, 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 05-08** 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 09-10** 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.

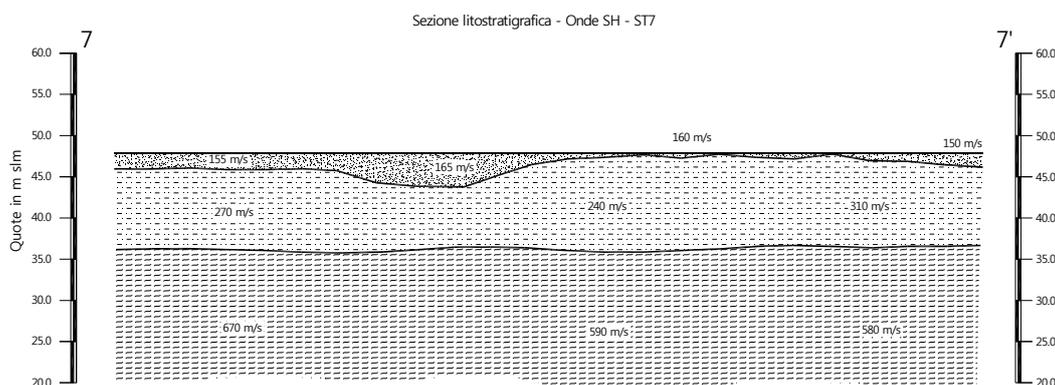
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di due superfici rifrangenti principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 1.70 m e 4.40 m (onde P) e tra 0.00 m e 4.30 m (onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità comprese tra 9.00 m e 11.60 m (onde P) e tra 11.20 e 12.00 m (Onde SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 2.30 m e ca. 10.90 m.

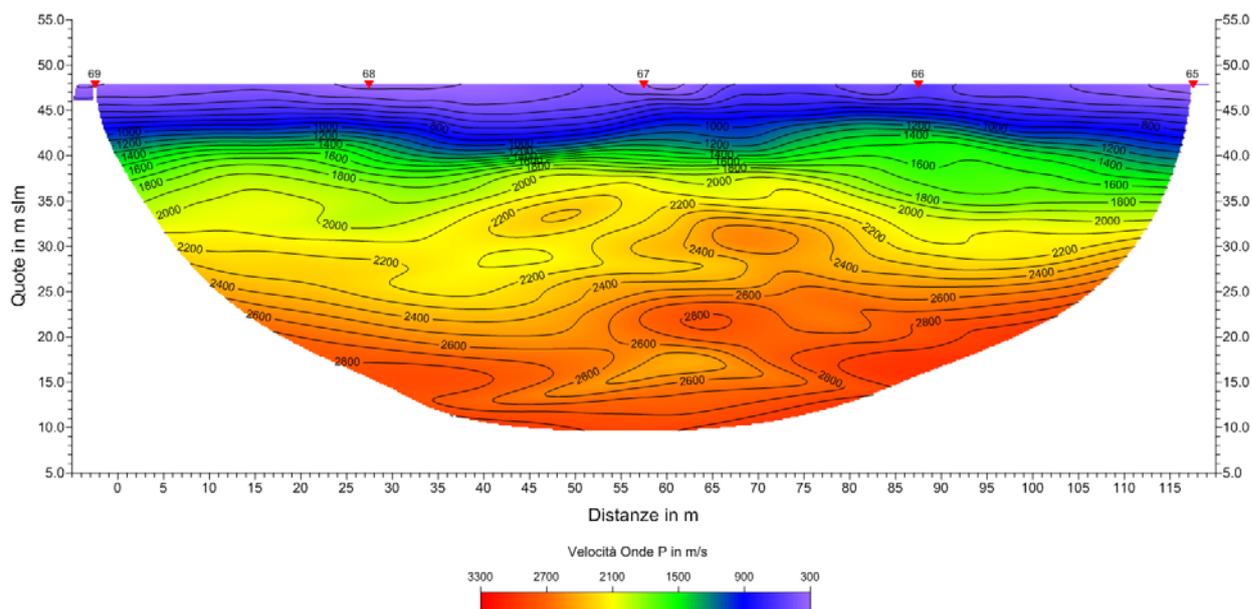
Nella zona d'intervento il rifrattore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 300 e 420 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 150-165 m/s, con il livello intermedio, costituito da depositi fluviali, che presenta velocità comprese tra 1.030-1.330 m/s (onde P) e tra 240-310 m/s (onde SH). Il rifrattore più profondo mette in contatto il livello

intermedio con il substrato, costituito da depositi lacustri, che presenta velocità comprese tra 1.950 e 2.250 m/s (onde P) e tra 580-670 m/s (onde SH).

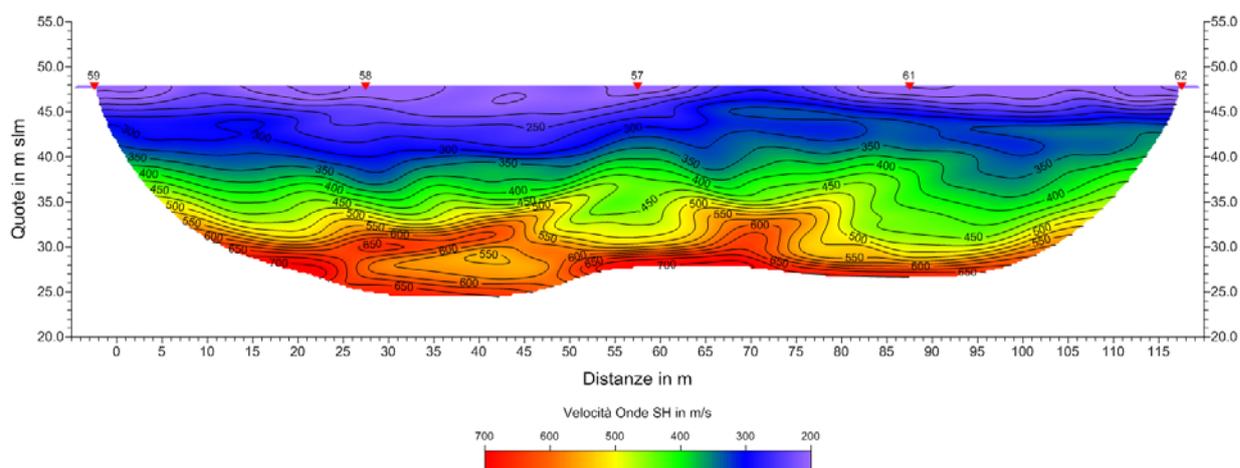
La **Sezione ST7**, effettuata in direzione SO-NE, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento dei due rifrattori.



Il rifrattore più superficiale mostra un andamento irregolare, con spessori piuttosto variabili e mediamente inferiori nel tratto centrale/finale. Il rifrattore principale, che individua il passaggio tra i materiali intermedi depositi fluviali ed il substrato costituito da depositi lacustri, presenta una superficie suborizzontale, con profondità medie prossime a 11.00 m. Entrambe le elaborazioni, onde P ed SH, mostrano il medesimo andamento, presentando un'ottima correlazione tra le due superfici rifrangenti rilevate.



L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH mostra materiali più superficiali con spessori maggiori nel tratto iniziale e finale ed inferiori nella parte centrale. Il passaggio dal livello intermedio al substrato fluviale risulta netto ed evidente in entrambe le sezioni elaborate. Il netto raffittimento delle curve di isovelocità, da quella dei 1.400-1.600 m/s (onde P) a da quella dei 400 m/s (onde SH). L'elaborazione tomografica mostra sia superficialmente che più in profondità la presenza di materiali omogenei e compatti, visto l'andamento regolare delle curve di



isovelocità

Le velocità del substrato lacustre risultano mediamente comprese tra 1.950 e 2.350 m/s (onde P) e tra 580-670 (onde SH). Sia le onde P che le onde SH mostrano valori più elevati nel tratto iniziale; le onde P tendono a decrescere più nettamente nel tratto centrale per poi risalire nella parte finale; le onde SH tendono anch'esse a decrescere nel tratto centrale mantenendo i medesimi valori sino alla fine della sezione. Il livello intermedio presenta velocità comprese tra 1.030 e 1.330 (onde P) e tra 270-310 m/s (onde SH), con valori mediamente decrescenti lungo lo stendimento. Per quanto riguarda i materiali più superficiali si osservano velocità comprese tra 300 e 420 m/s (onde P) e tra 150 e 165 m/s (onde SH), con i valori maggiori osservati lungo nella parte centrale e finale.

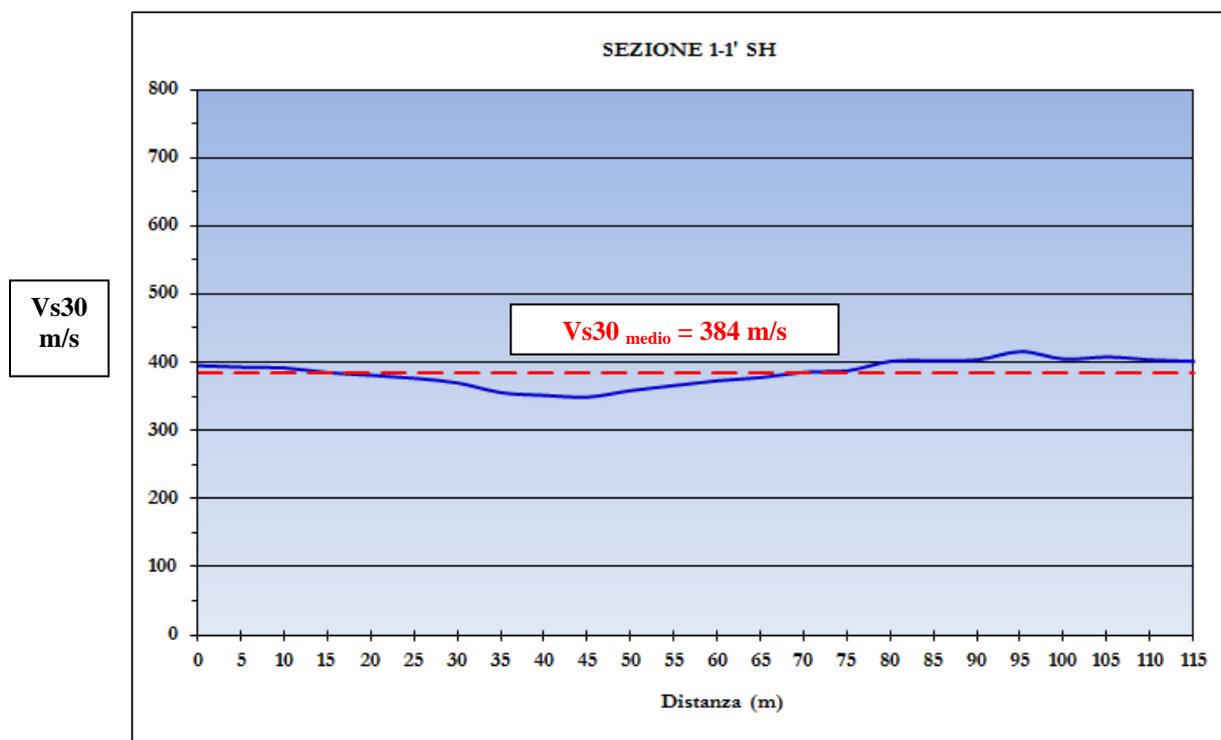
5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI Vs30

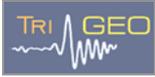
L'indagine mediante onde SH fornisce i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per

le Costruzioni. Le “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni” definiscono 7 tipologie di suoli principali:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_f > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, ma soprattutto sulla base dei valori di velocità ottenuti è stato possibile definire il valore di V_{s30} medio per la sezione **ST7**:



	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI LINEA SISMICA ST7 – VIA MASACCIO	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 11 di 13

Vs30 = 384 m/s

6.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **VIA MASACCIO, SCANDICCI (FI)**. 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 e depositi limo-sabbiosi) ed il livello intermedio, costituito da depositi fluviali e tra quest'ultimo ed il substrato, costituito da depositi lacustri.

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

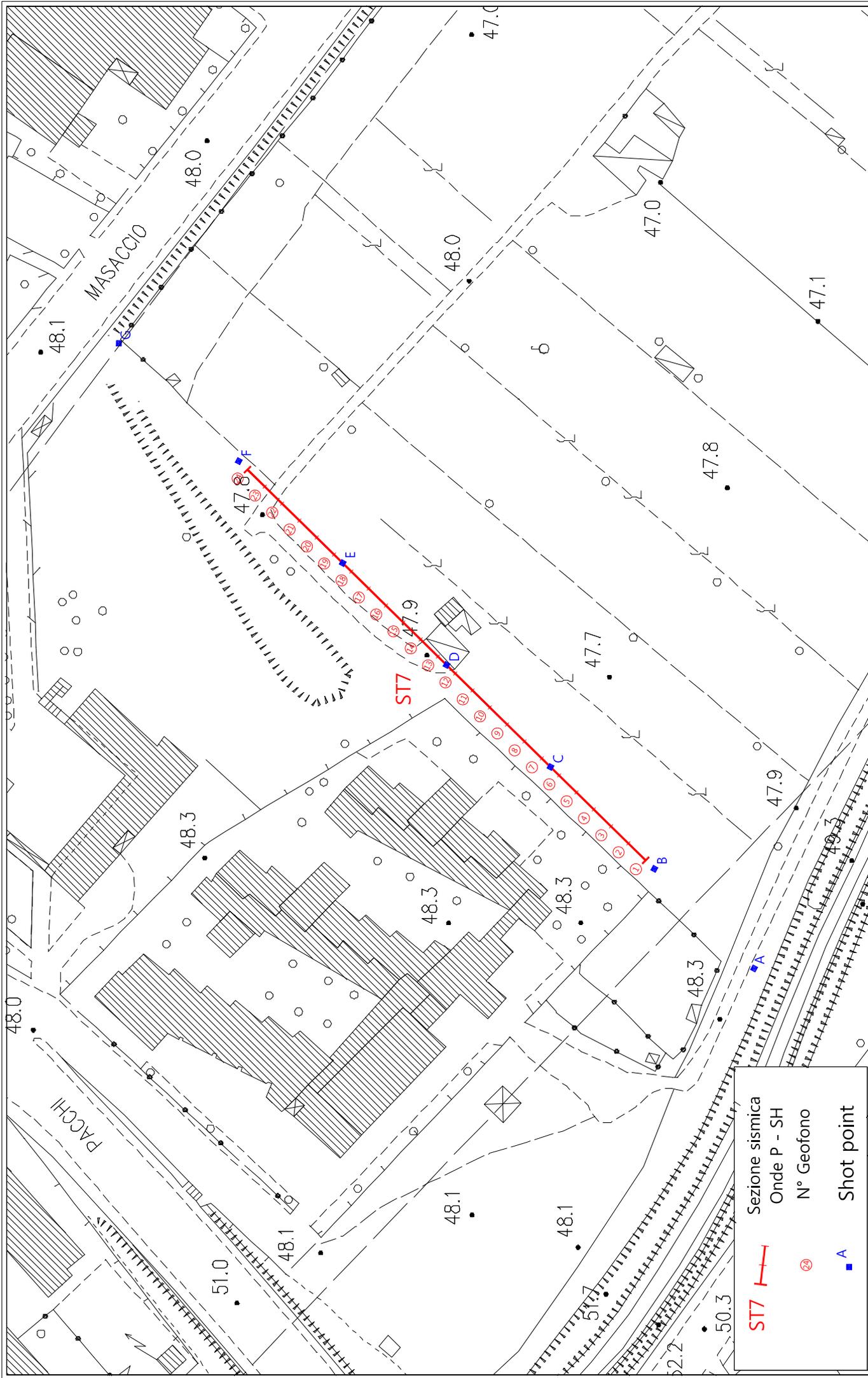
- sono state ricostruite due superfici rifrangenti principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 1.70 m e 4.40 m (onde P) e tra 0.00 m e 4.30 m (onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità comprese tra 9.00 m e 11.60 m (onde P) e tra 11.20 e 12.00 m (Onde SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 2.30 m e ca. 10.90 m;
- nella zona d'intervento il rifratore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 300 e 420 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 150-165 m/s, con il livello intermedio, costituito da depositi fluviali, che presenta velocità comprese tra 1.030-1.330 m/s (onde P) e tra 240-310 m/s (onde SH). Il rifratore più profondo mette in contatto il livello intermedio con il substrato, costituito da depositi lacustri, che presenta velocità comprese tra 1.950 e 2.250 m/s (onde P) e tra 580-670 m/s (onde SH);
- è stata calcolata, come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni., una Vs30 mediata sui primi 30 m, pari a **384 m/s**.

Firenze, lì 21/02/2012

TRIGEO SNC



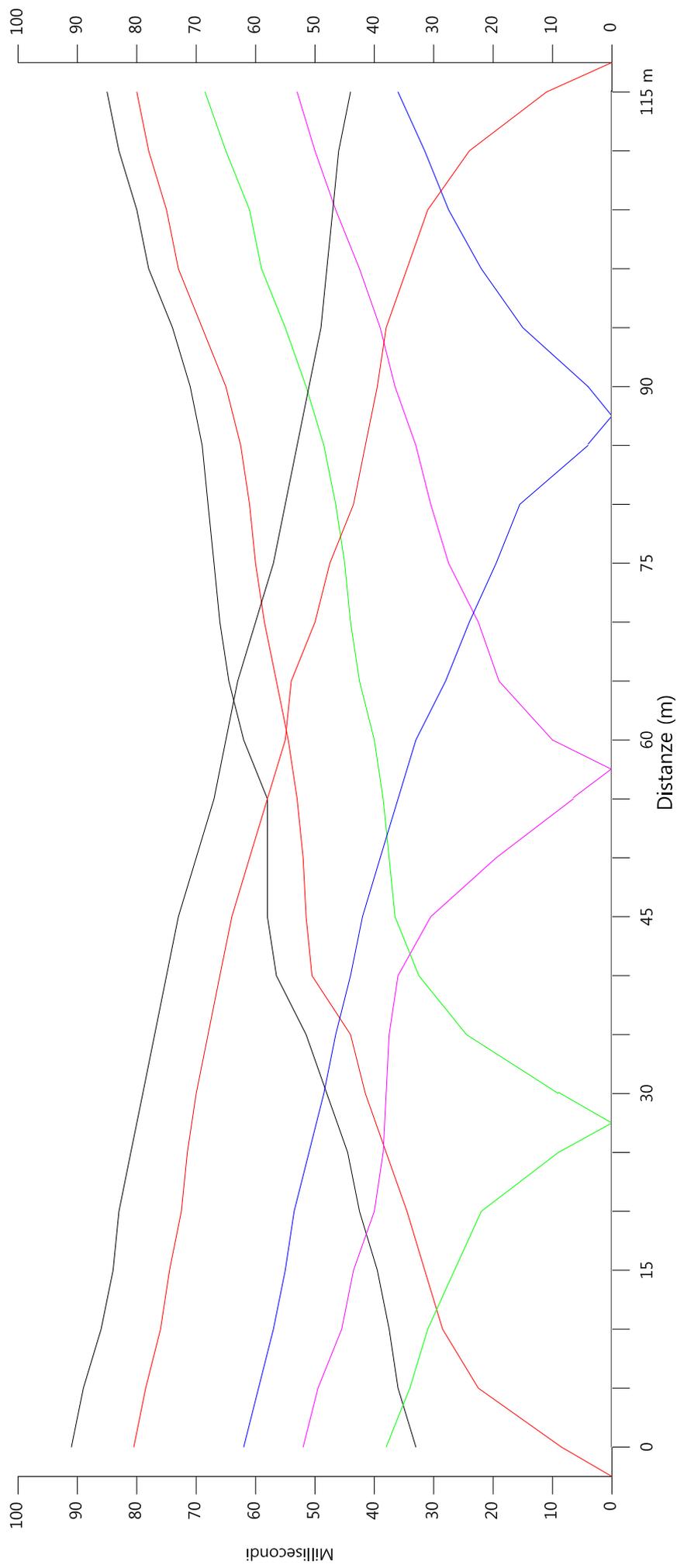
ALLEGATI



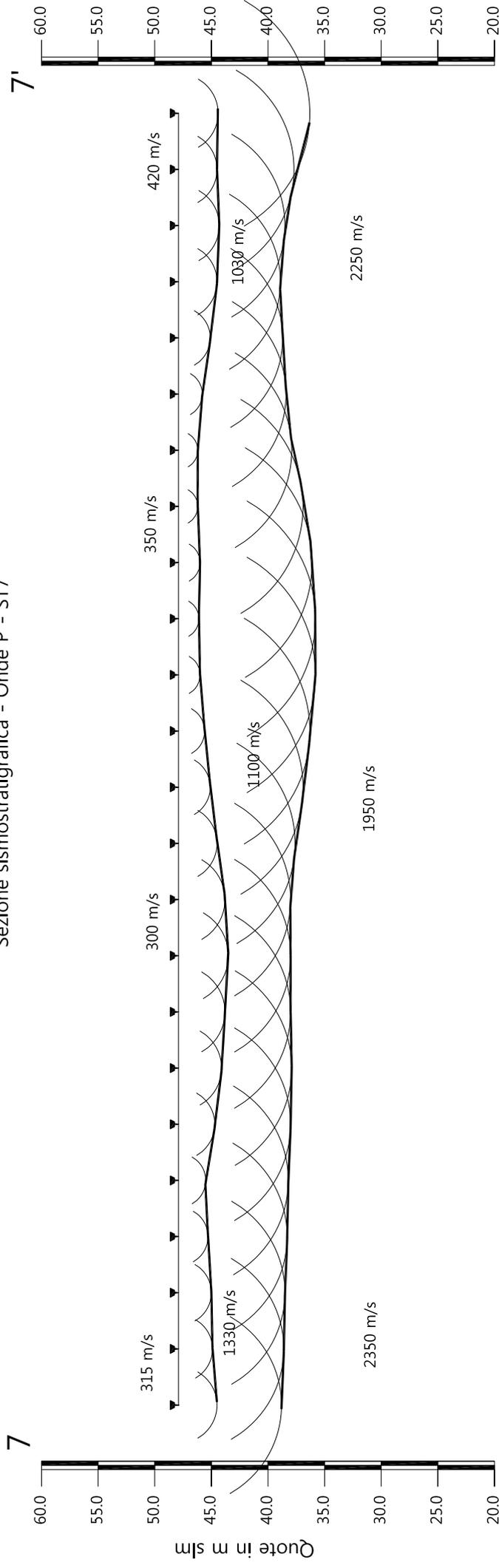
ST7	Sezione sismica
	Onde P - SH
	N° Geofono
	Shot point

Dromocrone

- Shot Point (-30m)
- Shot Point (G1-2.5m)
- Shot Point (G6-G7)
- Shot Point (G12-G13)
- Shot Point (G18-G19)
- Shot Point (G24+2.5m)
- Shot Point (+40m)



Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST7



Numero geofono	0	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)	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90
Quote in m slm	3.40	3.00	3.00	2.90	2.60	2.40	2.40	3.80	4.10	4.40	4.10	3.40	2.80	2.30	1.90	1.80	1.90	1.70	1.70	2.10	2.80	3.40	3.60	3.40	47.90
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90
Profondità da p.c. Livello 2 (m)	3.40	3.00	3.00	2.90	2.60	2.40	2.40	3.80	4.10	4.40	4.10	3.40	2.80	2.30	1.90	1.80	1.90	1.70	1.70	2.10	2.80	3.40	3.60	3.40	47.90

- Profilo topografico
- Profilo topografico strato
- Velocità sismica dello strato in m/s
- 830 m/s
- Geofoni
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi

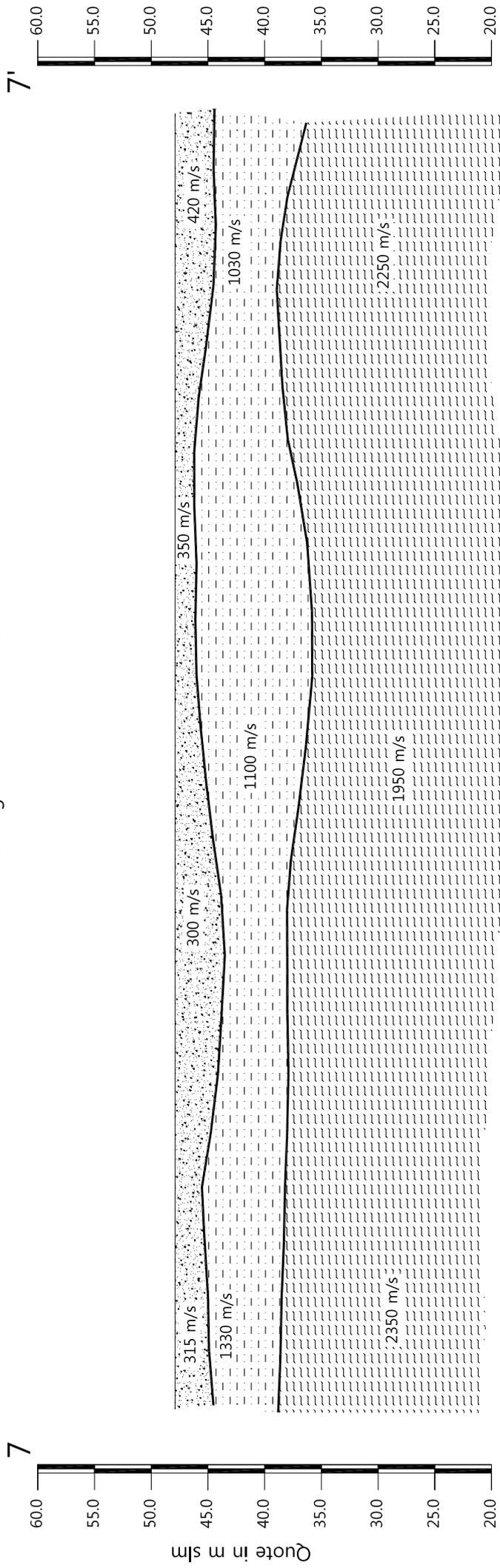


Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST7

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione litostratigrafica - Onde P - ST7



Legenda

-  Terreno vegetale
-  Depositi limo sabbiosi
-  Livello intermedio Depositi fluviali
-  Substrato Depositi Lacustri



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - ST7

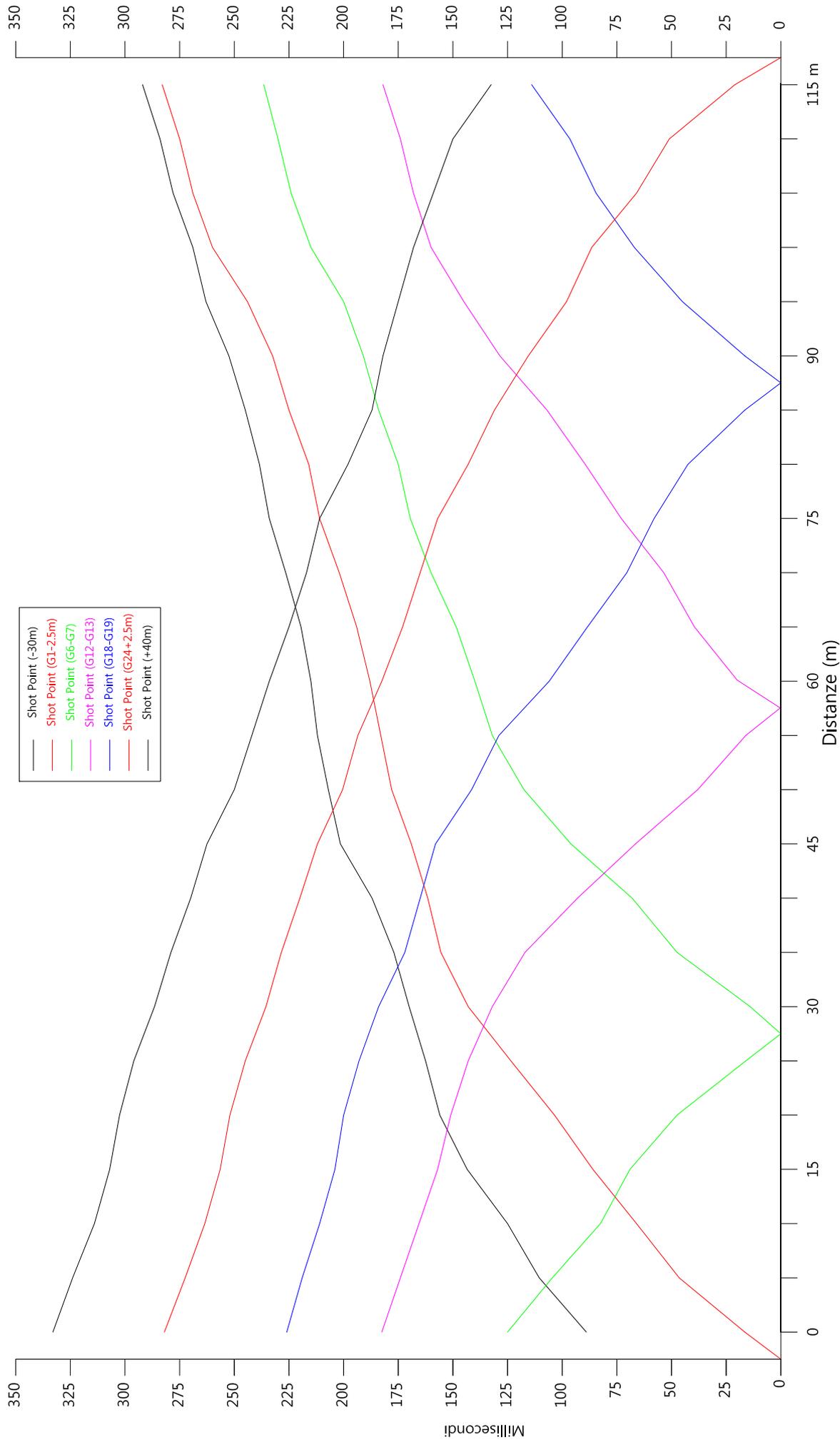
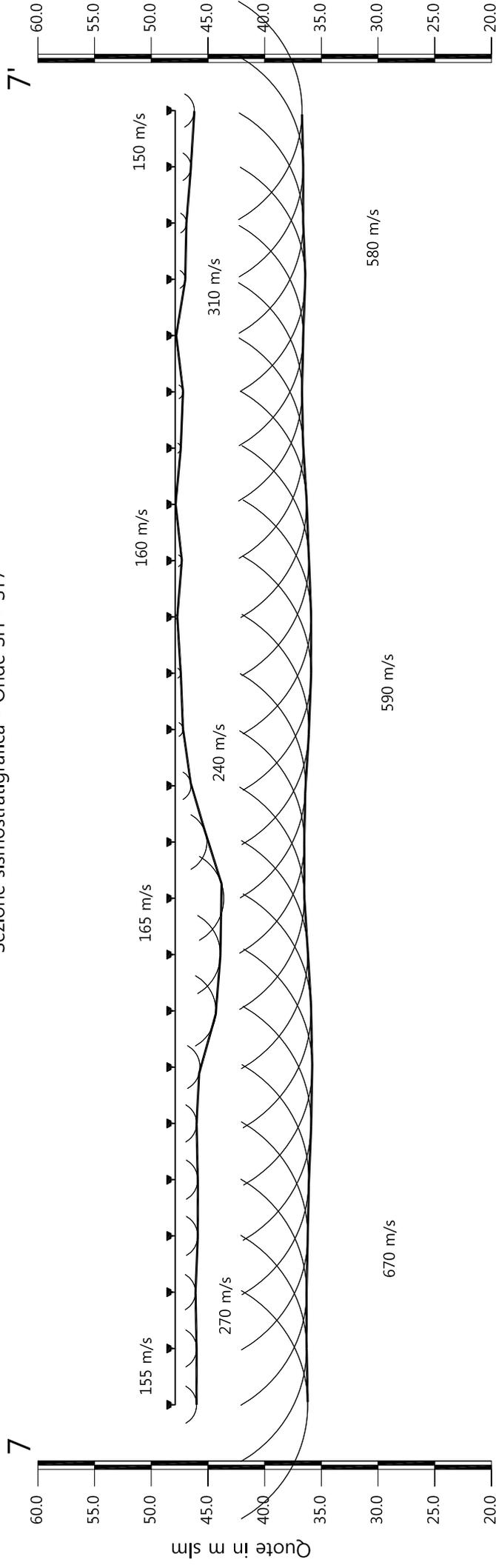


Tavola 06 - Dromocrone - Onde SH - ST7

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ST7



Numero geofono	0	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)	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	47.90	115.24	
Quote in m slm	1.90	1.90	1.80	2.00	2.00	2.00	2.20	3.60	4.00	4.00	4.30	2.80	1.40	0.70	0.50	0.20	0.60	0.00	0.50	0.70	0.10	0.90	1.00	1.40	47.90	110.23	
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	11.70	11.60	11.60	11.70	11.80	11.80	12.10	12.00	11.70	11.70	11.40	11.40	11.50	11.80	12.00	12.00	11.80	11.60	11.30	11.20	11.30	11.50	11.30	11.30	11.30	47.90	115.24
Profondità da p.c. Livello 2 (m)	11.70	11.60	11.60	11.70	11.80	11.80	12.10	12.00	11.70	11.70	11.40	11.40	11.50	11.80	12.00	12.00	11.80	11.60	11.30	11.20	11.30	11.50	11.30	11.30	11.30	47.90	115.24

- Profilo topografico
- Profilo topografico strato
- Velocità sismica dello strato in m/s
- 830 m/s
- Geofoni
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi

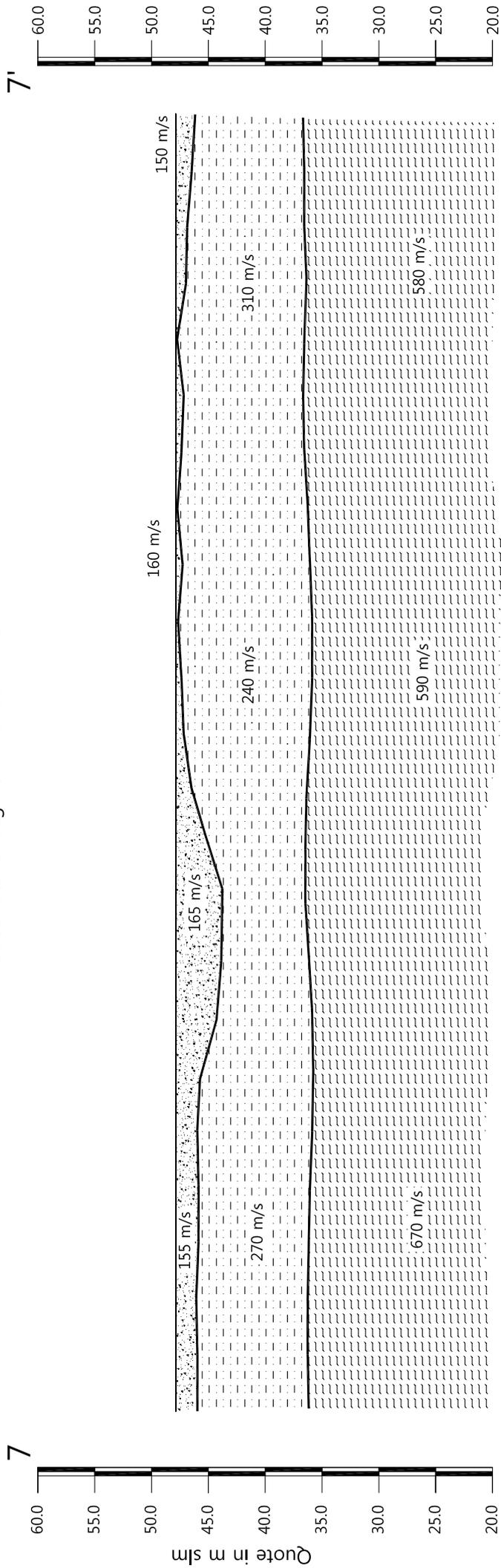


Tavola 07 - Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ST7

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione litostratigrafica - Onde SH - ST7



Legenda

-  Terreno vegetale
-  Depositi limo sabbiosi
-  Livello intermedio
-  Depositi fluviali
-  Substrato
-  Depositi lacustri

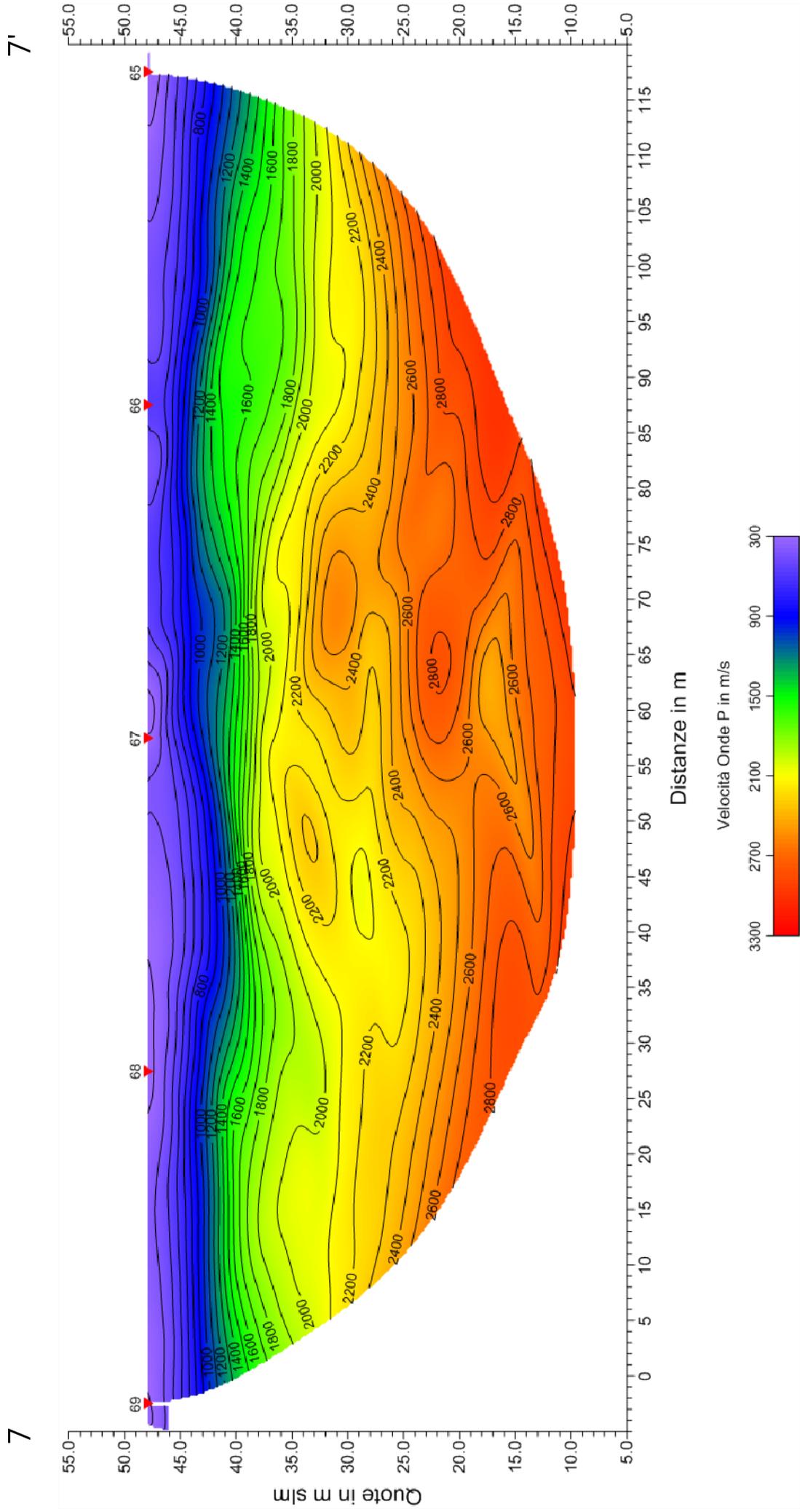
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 08 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - ST7



Sezione tomografica - Onde P - ST7



7

7'

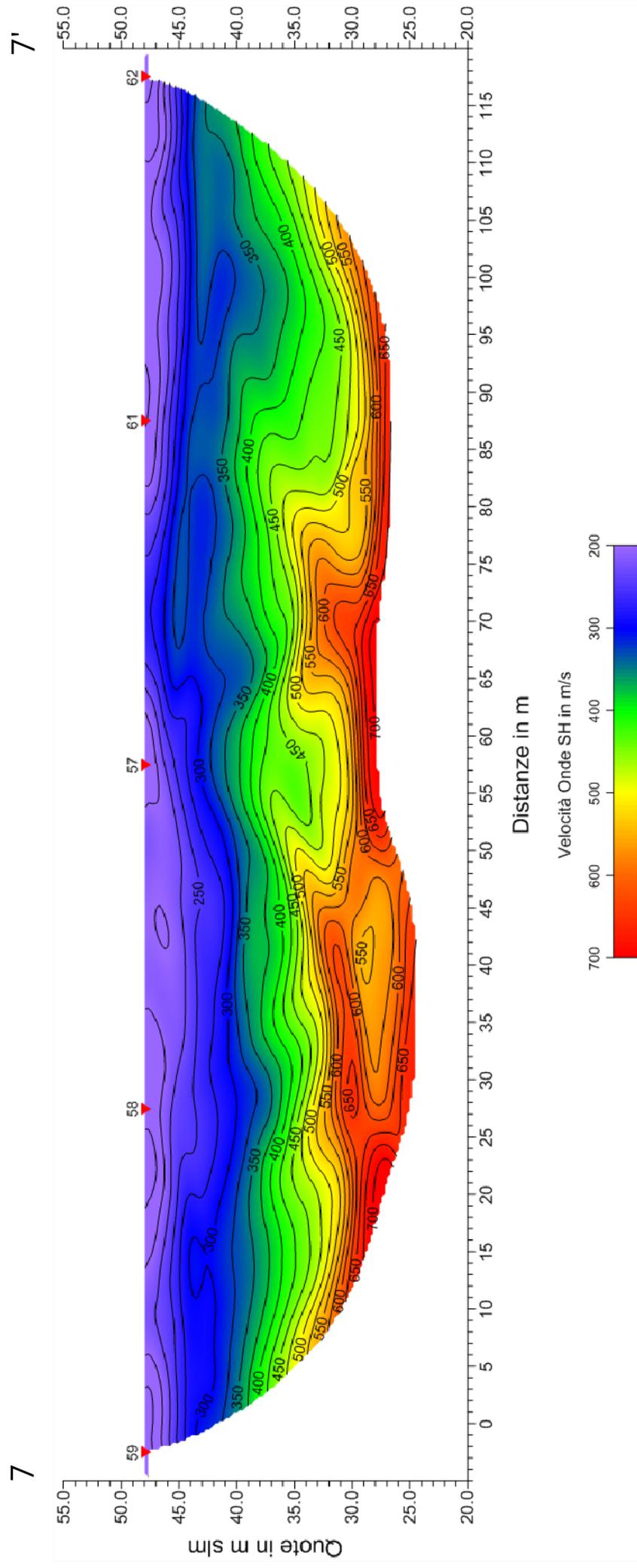
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 09 - Sezione tomografica - Onde P - ST7



Sezione tomografica - Onde SH - ST7



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ST7



Vista generale della sezione ST7 da G1 verso G24.



Vista generale della sezione ST7 da G12 verso G24.



Vista tratto centrale (Sismografo) della sezione ST7.



Shot Point D - onde P – ST7

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA ST7 – VIA MASACCIO – SCANDICCI (FI)

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	47.90
2	5	5.0	47.90
3	10	5.0	47.90
4	15	5.0	47.90
5	20	5.0	47.90
6	25	5.0	47.90
7	30	5.0	47.90
8	35	5.0	47.90
9	40	5.0	47.90
10	45	5.0	47.90
11	50	5.0	47.90
12	55	5.0	47.90
13	60	5.0	47.90
14	65	5.0	47.90
15	70	5.0	47.90
16	75	5.0	47.90
17	80	5.0	47.90
18	85	5.0	47.90
19	90	5.0	47.90
20	95	5.0	47.90
21	100	5.0	47.90
22	105	5.0	47.90
23	110	5.0	47.90
24	115	5.0	47.90

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	1675249,77	1675331,03
Y(m)	4846374,19	4846462,50

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
A - ESTERNO SX	-35.0	47.90
B - ESTREMO SX	- 2.50	47.90
C - INTERMEDIO SX	27.50	47.90
D - CENTRALE	57.50	47.90
E - INTERMEDIO DX	87.50	47.90
F - ESTREMO DX	117.50	47.90
G - ESTREMO DX	145.00	47.90

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST7 – VIA MASACCIO – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	3.40	9.10
2	5	3.00	9.30
3	10	2.90	9.40
4	15	2.60	9.60
5	20	2.40	9.70
6	25	3.20	9.90
7	30	3.80	10.00
8	35	4.10	9.90
9	40	4.40	9.90
10	45	4.10	9.90
11	50	3.40	10.30
12	55	2.80	11.00
13	60	2.30	11.60
14	65	1.90	12.10
15	70	1.80	12.10
16	75	1.90	11.80
17	80	1.70	11.00
18	85	1.70	10.00
19	90	2.10	9.50
20	95	2.80	9.20
21	100	3.40	9.00
22	105	3.60	9.40
23	110	3.40	10.20
24	115	3.50	11.60

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST7 – VIA MASACCIO – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	1.90	11.70
2	5	1.90	11.60
3	10	1.80	11.60
4	15	2.00	11.70
5	20	2.00	11.80
6	25	1.90	12.00
7	30	2.20	12.10
8	35	3.60	12.00
9	40	4.00	11.70
10	45	4.30	11.40
11	50	2.80	11.40
12	55	1.40	11.50
13	60	0.70	11.80
14	65	0.50	12.00
15	70	0.20	12.00
16	75	0.60	11.80
17	80	0.00	11.60
18	85	0.50	11.30
19	90	0.70	11.20
20	95	0.10	11.30
21	100	0.90	11.50
22	105	1.00	11.30
23	110	1.40	11.30
24	115	1.70	11.20

TEMPI ONDE P – ST7 – Via Massaccio

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	QUOTA IN mslm
1	0	33.00	8.50	38.00	52.00	62.00	80.50	91.00	47.90
2	5	36.00	22.50	34.00	49.50	59.50	78.50	89.00	47.90
3	10	37.50	28.50	31.00	45.50	57.00	76.00	86.00	47.90
4	15	39.50	31.50	26.50	43.50	55.00	74.50	84.00	47.90
5	20	42.50	34.50	22.00	40.00	53.50	72.50	83.00	47.90
6	25	44.50	38.00	9.00	38.50	51.00	71.50	81.00	47.90
7	30	48.00	41.50	9.00	38.00	48.50	70.00	79.00	47.90
8	35	51.50	44.00	24.50	37.50	46.50	68.00	77.00	47.90
9	40	56.50	50.50	32.50	36.00	44.00	66.00	75.00	47.90
10	45	58.00	51.50	36.50	30.50	42.00	64.00	73.00	47.90
11	50	58.00	52.00	37.50	19.50	39.00	61.00	70.00	47.90
12	55	58.00	53.00	38.50	6.50	36.00	58.00	67.00	47.90
13	60	62.00	54.50	40.00	10.00	33.00	55.00	65.00	47.90
14	65	64.50	56.50	42.50	19.00	28.00	54.00	63.00	47.90
15	70	66.00	58.50	44.00	22.50	24.00	50.00	60.00	47.90
16	75	67.00	60.00	45.00	27.50	19.50	47.50	57.00	47.90
17	80	68.00	61.00	46.50	30.50	15.50	43.50	55.00	47.90
18	85	69.00	62.50	48.50	33.00	4.00	41.50	53.00	47.90
19	90	71.00	65.00	51.50	36.50	4.00	39.50	51.00	47.90
20	95	74.00	69.00	55.00	39.00	15.00	38.00	49.00	47.90
21	100	78.00	73.00	59.00	42.50	22.00	34.50	48.00	47.90
22	105	80.00	75.00	61.00	46.50	27.50	31.00	47.00	47.90
23	110	83.00	78.00	65.00	50.00	31.50	24.00	46.00	47.90
24	115	85.00	80.00	68.50	53.00	36.00	11.00	44.00	47.90

TEMPI ONDE SH – ST7 – Via Masaccio

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	QUOTA IN mslm
1	0	89.00	16.50	125.00	182.50	226.00	282.00	333.00	47.90
2	5	110.50	46.50	104.50	174.00	219.00	272.50	324.00	47.90
3	10	125.00	66.00	82.50	165.50	211.00	263.50	314.00	47.90
4	15	143.50	86.00	69.00	157.00	204.00	256.50	307.00	47.90
5	20	156.00	103.50	47.50	151.00	200.00	252.00	302.50	47.90
6	25	162.50	123.50	16.00	143.00	193.00	245.00	296.00	47.90
7	30	170.00	143.00	14.00	132.00	184.00	235.50	286.50	47.90
8	35	177.00	155.50	47.50	117.00	172.00	228.50	279.00	47.90
9	40	187.00	161.50	68.00	93.00	165.00	220.00	270.00	47.90
10	45	201.50	169.00	96.00	66.50	158.00	212.00	262.50	47.90
11	50	207.00	178.00	117.50	38.00	141.50	200.50	250.00	47.90
12	55	212.00	183.00	132.00	16.00	129.00	193.50	242.00	47.90
13	60	215.00	188.00	140.00	20.50	106.00	182.50	234.00	47.90
14	65	219.50	194.00	148.50	39.50	88.50	173.00	225.00	47.90
15	70	226.50	202.00	160.00	53.50	70.50	165.00	217.00	47.90
16	75	234.00	211.00	169.50	73.00	58.00	157.00	211.00	47.90
17	80	238.50	216.00	175.00	89.50	42.50	143.00	198.00	47.90
18	85	245.00	225.00	184.00	107.00	16.50	131.00	187.00	47.90
19	90	252.50	232.50	191.00	128.50	16.50	115.50	182.00	47.90
20	95	263.00	244.00	200.00	145.00	45.00	98.00	175.00	47.90
21	100	269.00	260.00	215.00	160.00	67.00	86.50	168.00	47.90
22	105	278.00	269.00	224.00	168.00	84.50	66.00	159.00	47.90
23	110	284.00	275.00	230.00	174.00	96.50	51.00	150.00	47.90
24	115	292.00	283.00	236.50	182.00	114.00	21.00	132.50	47.90

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST7 – VIA MASACCIO – 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	315	1330	2350
2	5	313	1309	2314
3	10	311	1288	2277
4	15	309	1267	2241
5	20	306	1246	2205
6	25	304	1225	2168
7	30	302	1205	2132
8	35	300	1184	2095
9	40	306	1163	2059
10	45	313	1142	2023
11	50	319	1121	1986
12	55	325	1100	1950
13	60	331	1098	1975
14	65	338	1097	2000
15	70	344	1095	2025
16	75	350	1093	2050
17	80	359	1092	2075
18	85	368	1090	2100
19	90	376	1088	2125
20	95	385	1087	2150
21	100	394	1085	2175
22	105	403	1083	2200
23	110	411	1082	2225
24	115	420	1080	2250

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST7 – VIA MASACCIO – 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	155	270	665
2	5	156	267	658
3	10	157	265	651
4	15	158	262	645
5	20	160	259	638
6	25	161	256	631
7	30	162	254	624
8	35	165	251	617
9	40	164	248	610
10	45	164	245	604
11	50	163	243	597
12	55	163	240	590
13	60	162	245	589
14	65	161	251	588
15	70	161	256	588
16	75	160	262	587
17	80	159	267	586
18	85	158	273	585
19	90	156	278	584
20	95	155	283	583
21	100	154	289	583
22	105	153	294	582
23	110	151	300	581
24	115	150	305	580

COMUNE DI SCANDICCI PROVINCIA DI FIRENZE

TITOLO:

STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI

“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE
SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH)
CALCOLO V_{S30} - D.M. 14/01/2008 – LINEA SISMICA ST8
LOCALITA' VILLA LA CAPANNACCIA - SCANDICCI (FI)”

COMMITTENTE:

COMUNE DI SCANDICCI

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
23 Febbraio 2012

TRIGEO S.N.C.

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
VIA BOLOGNESE, 289 – 50139 LA LASTRA - FIRENZE
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 9062212 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI</i> <i>LINEA SISMICA ST8 - LOCALITÀ VILLA LA CAPANNACCIA</i>	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 1 di 13

INDICE

INTRODUZIONE.....	2
1.0 SCHEMA OPERATIVO.....	3
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 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI VS30.....	9
6.0 CONSIDERAZIONI FINALI.....	10
ALLEGATI.....	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 Gennaio 2012, per conto del **COMUNE DI SCANDICCI**, nei pressi di un'area posta **località Villa La Capannaccia, SCANDICCI (FI)** (Fig. 1).



Figura 1: Particolare della sezione ST8.

L'indagine sismica, si inserisce nell'ambito dell'attività di revisione del vigente Regolamento Urbanistico, per il quale il comune sta effettuando le indagini geologico-tecniche previste in base all'art. 62 della Legge Regionale Toscana n. 1/2005 (Norme per il governo del territorio).

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 SCANDICCI LINEA SISMICA ST8 - LOCALITÀ VILLA LA CAPANNACCIA	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 3 di 13

“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 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 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 03-06:** Diagrammi Tempi d’arrivo-Distanze (Dromocrone) 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;
- **Tavole 04-07:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-08:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 09-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Documentazione fotografica della linea sismica e di ciascun punto scoppio.

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

TRIGEO SNC VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR) TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117	www.trigeo.it VIA BOLOGNESE 289 – 50139 LA LASTRA – FIRENZE Tel/Fax 055 9062212 – CELL. 328 7213928
--	--

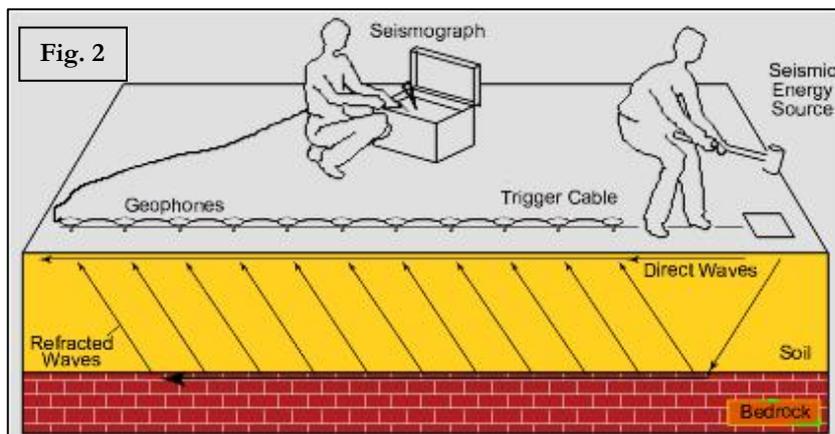
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo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



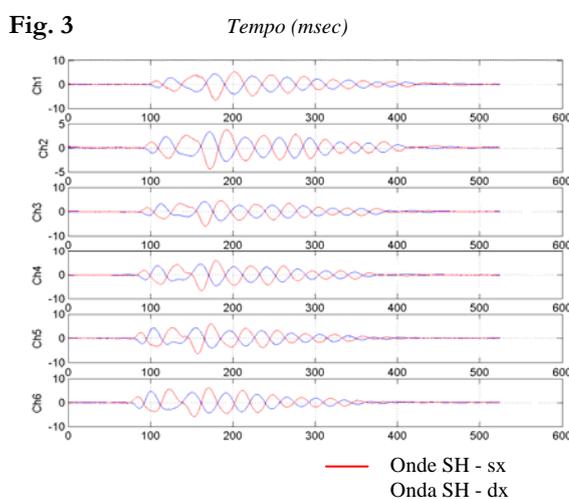
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo PASI mod. 16S24 a 24 canali, dotato di filtri analogici e digitali, *notch filter* a 50 Hz ed *Automatic Gain Control*, con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit con sovracampionamento e post-processing, 4 contatori indipendenti, base dei tempi 20 Mhz, accuratezza $\pm 0.01\%$, trattamento dei dati come Floating Point 32 bit, processore Pentium Intel, ambiente operativo Windows ed un Hard Disk da 10 Gb dove vengono immagazzinati i dati acquisiti, i dati sono quindi visualizzati sul display VGA a colori in LCD-TFT 10.4". Le registrazioni

vengono gestite dal PC interno ed in seguito trasferite mediante RS232 ad altri PC per le successive elaborazioni.

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

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



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

Oltre al GRM, in alcuni casi, è stato utilizzato, per conferma e confronto, un algoritmo di inversione che usa il *delay-time method* per ottenere un primo modello approssimato in profondità, che

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

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

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

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

Infine sono stati calcolati i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{s30}), come richiesto dalla nuova "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 14 Gennaio 2008 e dall'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-06** 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 04-07**, sono state riportate le sezioni sismostratigrafiche ottenute (onde P-SH), al di sotto della superficie topografica l'inviluppo 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'inviluppo dato da questi cerchi è una buona approssimazione della forma e posizione del rifrattore.

Nelle **Tavole 05-08** 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.

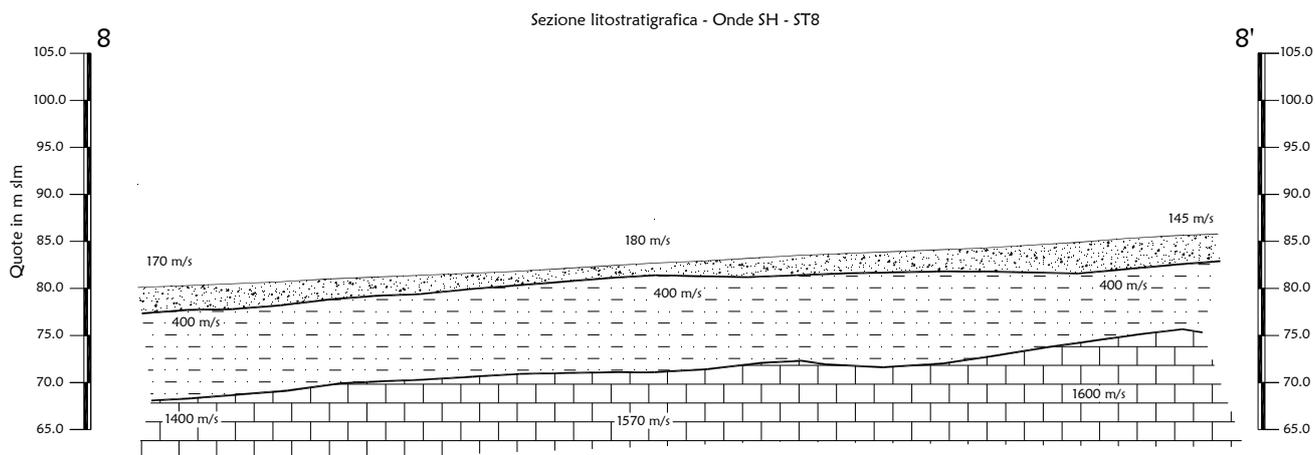
Infine nelle **Tavole 09-10** abbiamo le sezioni tomografiche interpretate realizzate mediante la "WET Tomography" con le relative curve di isovelocità. La scala in falsi colori presente, esprime i valori di velocità all'interno della sezione.

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 principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 1.00 m e 3.30 m (onde P ed onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità medie pari a ca. 10.30/11.30 m da p.c. con profondità comprese tra 8.20 m e 12.30 m (onde P ed SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 2.10 m e ca.10.50 m.

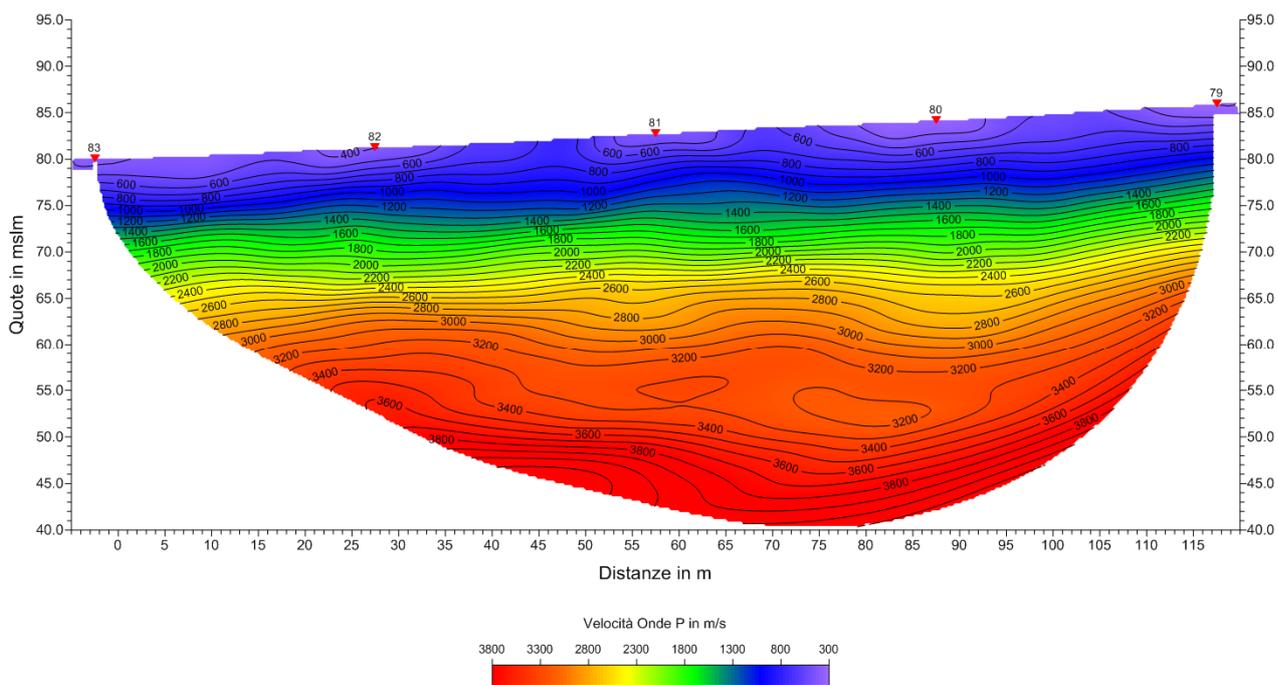
Nella zona d'intervento il rifrattore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 315 e 355 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 145-180 m/s, con il livello intermedio, costituito da materiale limi argillosi, che presenta velocità comprese tra 910-990 m/s (onde P) e tra 400-500 m/s (onde SH). Il rifrattore più profondo mette in contatto il livello intermedio con il substrato roccioso, che presenta velocità comprese tra 2.925 e 2.985 m/s (onde P) e tra 1400-1600 m/s (onde SH).



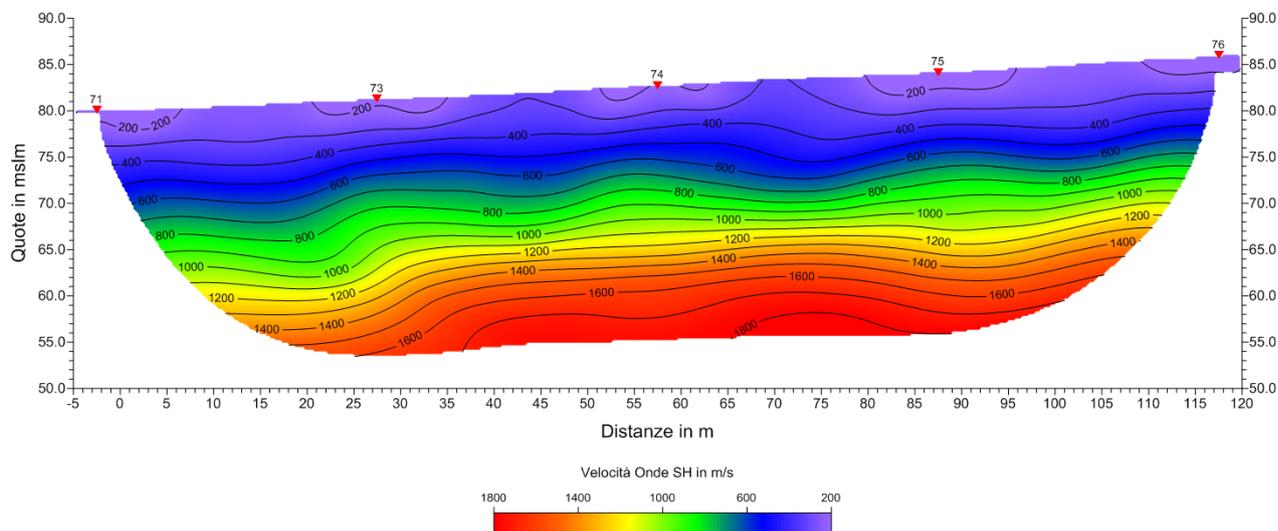
La **Sezione ST8**, effettuata in direzione SO-NE, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento dei due rifrattori.

I due rifrattori mostrano un andamento che segue mediamente la morfologia di superficie, in particolare, lo strato più superficiale presenta spessori maggiori in corrispondenza dei tratti iniziale e finale della sezione, mentre il rifrattore profondo, mostra delle lievi ondulazioni. Le lievi discordanze evidenziate tra le due sezioni elaborate possono essere anche imputabili al grado di saturazione dei materiali, che influenza il comportamento delle onde P, le quali mediamente mostrano un rifrattore principale a profondità inferiori rispetto alle onde SH.

L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH in accordo con i risultati del GRM mostra materiali più superficiali con spessori maggiori sul tratto iniziale e finale, inoltre nella



tomo in onde S il rifrattore profondo evidenziato da un raffittimento delle curve di isovelocità, mostra più ondulazioni, invece per le onde P il passaggio è più regolare e netto.



Le velocità del substrato roccioso per le onde P sono omogenee ed oscillano intorno a 2800/2900 m/s mentre per le onde Sh tendono a incrementare mediamente lungo la sezione passando da 1390 m/s (onde P) e 1600 m/s.

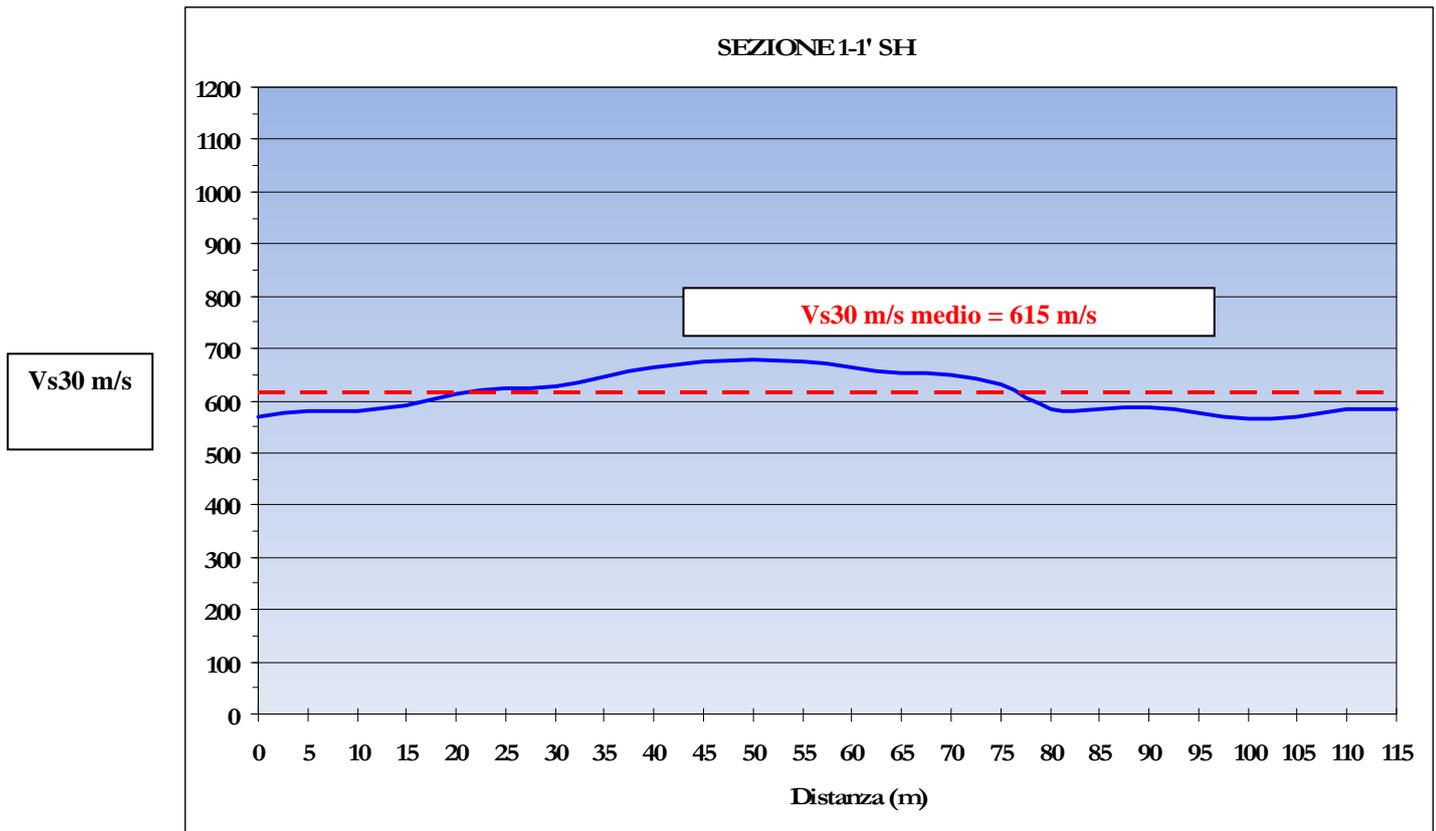
5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI Vs30

L'indagine mediante onde SH fornisce i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette **Vs30**), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. Le "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" definiscono 7 tipologie di suoli principali:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{107,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{107,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{107,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{v,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensibili o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

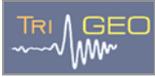
Sulla base delle caratteristiche litologiche, ma soprattutto sulla base dei valori di velocità ottenuti è stato possibile definire il valore di **Vs30** medio per la sezione ST8:

Vs30 media= 615 m/s



6.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in **LOC. CAPANNACCIA, SCANDICCI (FI)**. 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 e depositi limo-sbbiosi) ed il livello intermedio, costituito da limi argillosi e tra quest'ultimo ed il substrato roccioso.

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI</i> <i>LINEA SISMICA ST8 - LOCALITÀ VILLA LA CAPANNACCIA</i>	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 11 di 13

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

- sono state ricostruite due superfici rifrangenti principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 1.00 m e 3.30 m (onde P ed onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità medie pari a ca. 10.30/11.30 m da p.c. con profondità comprese tra 8.20 m e 12.30 m (onde P ed SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 2.10 m e ca.10.50 m;
- Nella zona d'intervento il rifrattore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 315 e 355 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 145-180 m/s, con il livello intermedio, costituito da materiale limi argillosi, che presenta velocità comprese tra 910-990 m/s (onde P) e tra 400-500 m/s (onde SH). Il rifrattore più profondo mette in contatto il livello intermedio con il substrato roccioso, che presenta velocità comprese tra 2.925 e 2.985 m/s (onde P) e tra 1.400-1.600 m/s (onde SH);
- è stata calcolata, come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni., una Vs30 mediata sui primi 30 m, pari a **615 m/s**.

Firenze, li 23/02/2012

TRIGEO SNC



ALLEGATI

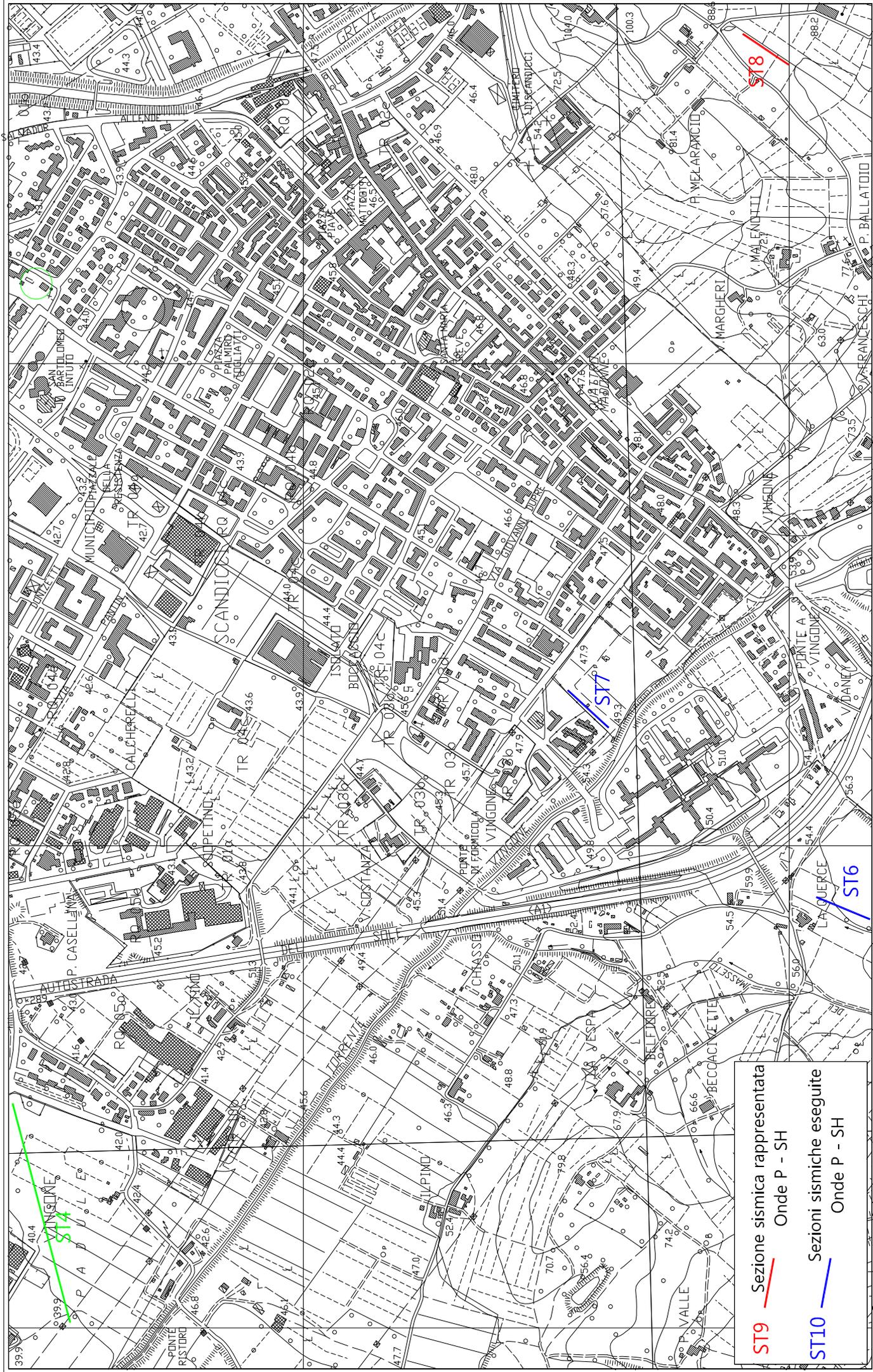
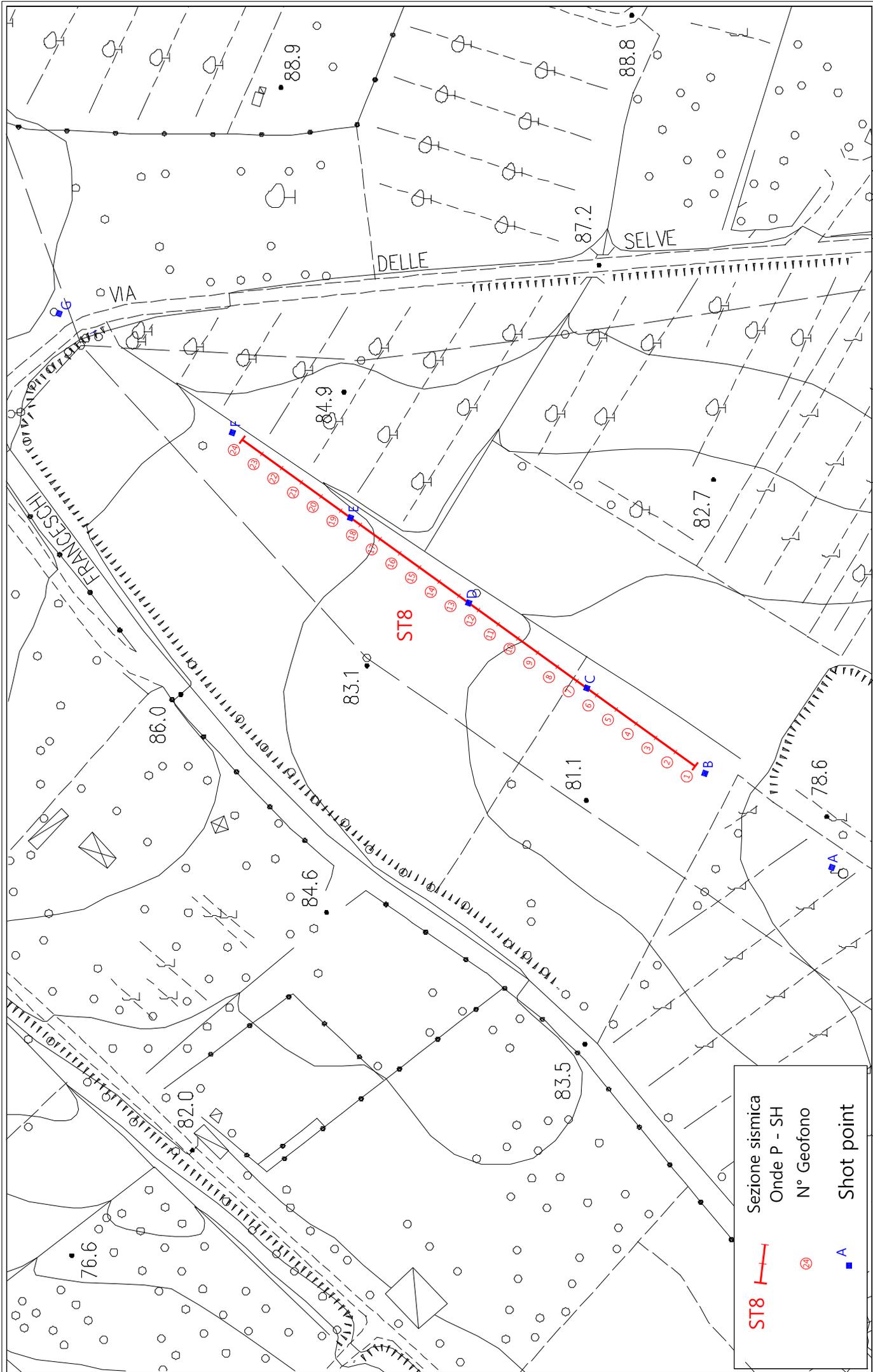


Tavola 01 - Planimetria generale - ST8 - Capannaccia

Febbraio 2012

Scala 1: 10000



ST8	Sezione sismica
	Onde P - SH
	N° Geofono
	Shot point

Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - ST8 - Capannaccia

Febbraio 2012

Scala 1: 1000

Dromocrone

- Shot Point (-35m)
- Shot Point (G1-2.5m)
- Shot Point (G6-G7)
- Shot Point (G12-G13)
- Shot Point (G18-G19)
- Shot Point (G24+2.5m)
- Shot Point (+45m)

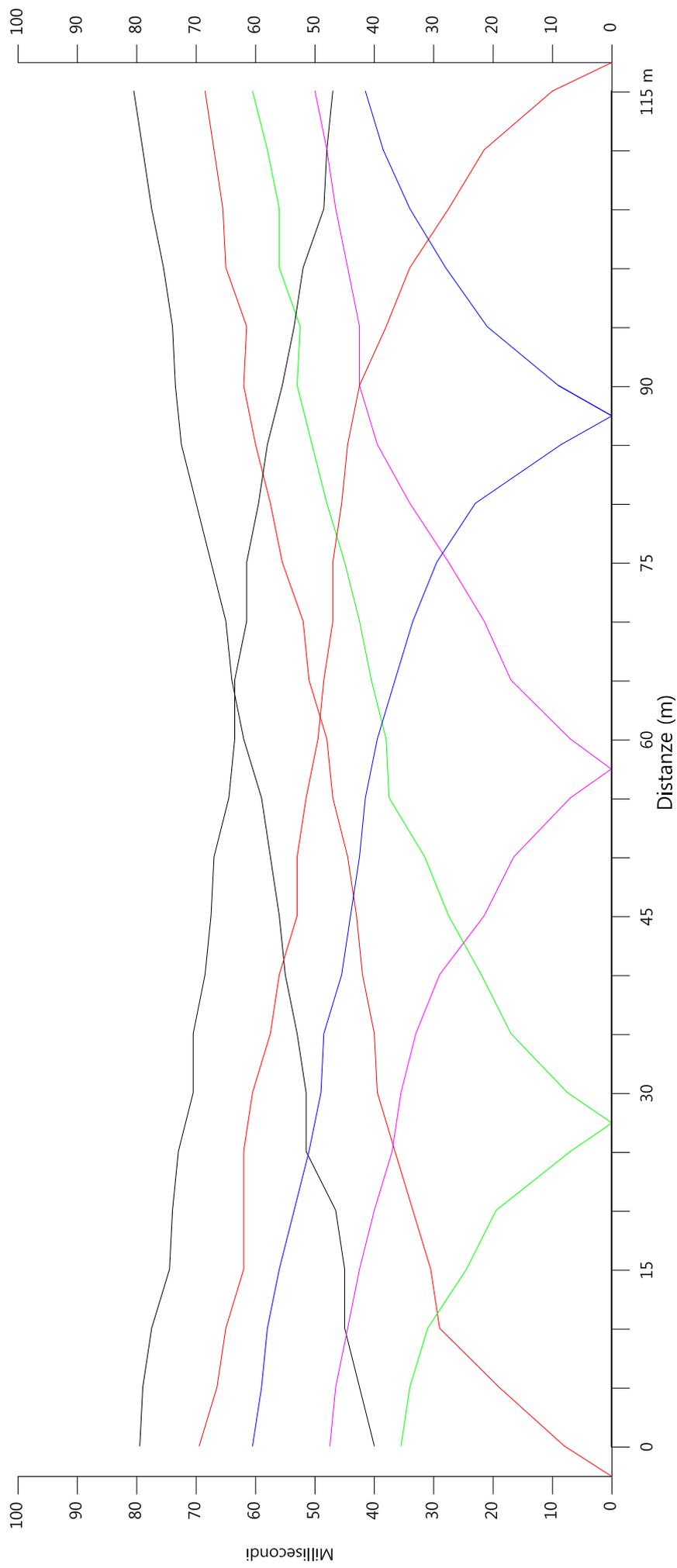
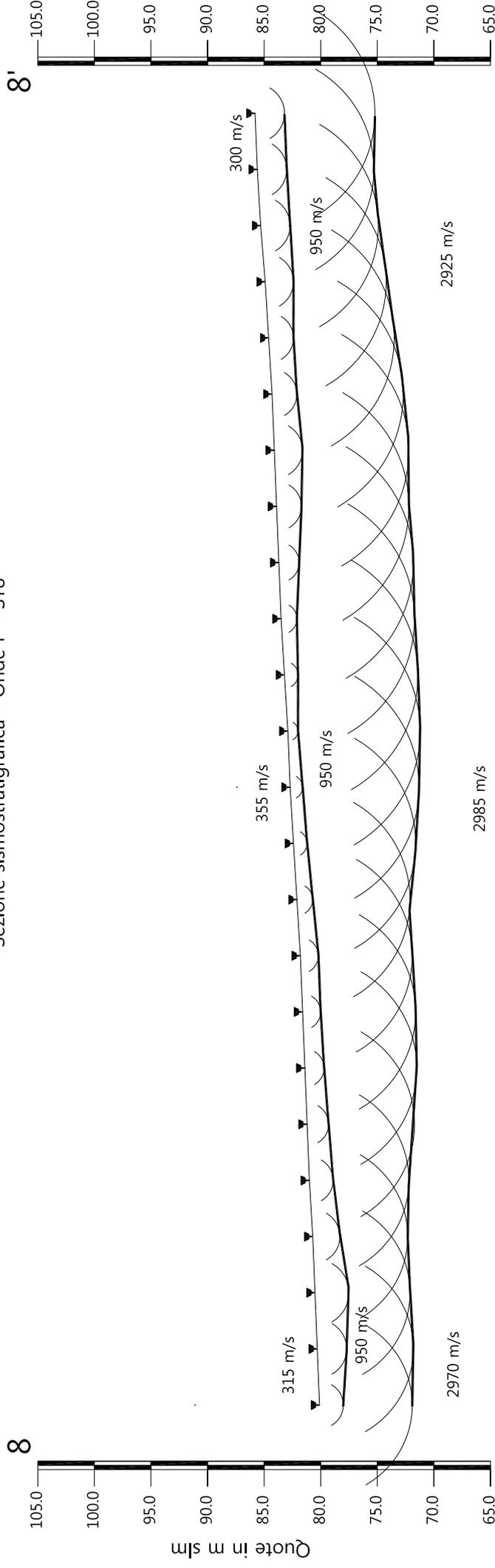


Tavola 03 - Dromocrone - Onde P - ST8

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST8



Numero geofono	Distanze (m)	Quote in m slm	Profondità da p.c. Livello 1 (m)	Profondità da p.c. Livello 2 (m)
1	0	80.10	2.40	8.20
2	5	80.30	2.40	8.50
3	10	80.50	2.50	8.40
4	15	80.70	2.20	8.40
5	20	81.00	2.10	8.80
6	25	81.20	1.90	9.50
7	30	81.40	1.70	9.90
8	35	81.60	1.50	10.00
9	40	81.80	1.80	9.90
10	45	82.10	1.60	10.00
11	50	82.40	1.40	10.80
12	55	82.70	1.20	11.40
13	60	82.90	1.00	11.70
14	65	83.20	1.30	11.80
15	70	83.50	1.50	11.80
16	75	83.70	1.90	11.90
17	80	83.90	2.30	11.70
18	85	84.10	2.60	11.90
19	90	84.30	2.30	11.60
20	95	84.60	2.30	11.10
21	100	84.90	2.60	10.70
22	105	85.30	2.70	10.40
23	110	85.60	2.70	10.30
24	115	85.80	2.70	10.60

Profilo topografico
 Profilo topografico strato
 Velocità sismica dello strato in m/s
 830 m/s
 Geofoni
 Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi



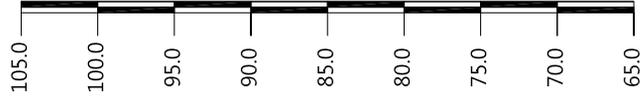
Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST8

Febbraio 2012

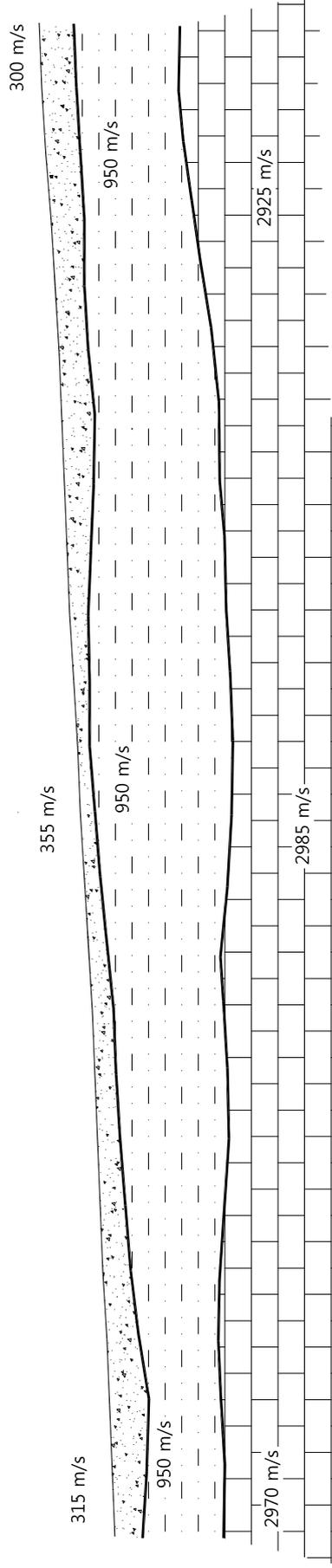
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione litostratigrafica - Onde P - ST8

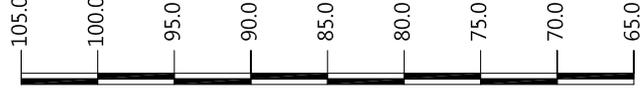
8



Quote in m slm



8'



Legenda



Terreno vegetale
Depositi limo sabbiosi



Livello intermedio
limi argillosi



Substrato roccioso
Formazione di Monte Morello (MLL)



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 04 - Sezione litostratigrafica - Onde P - ST8

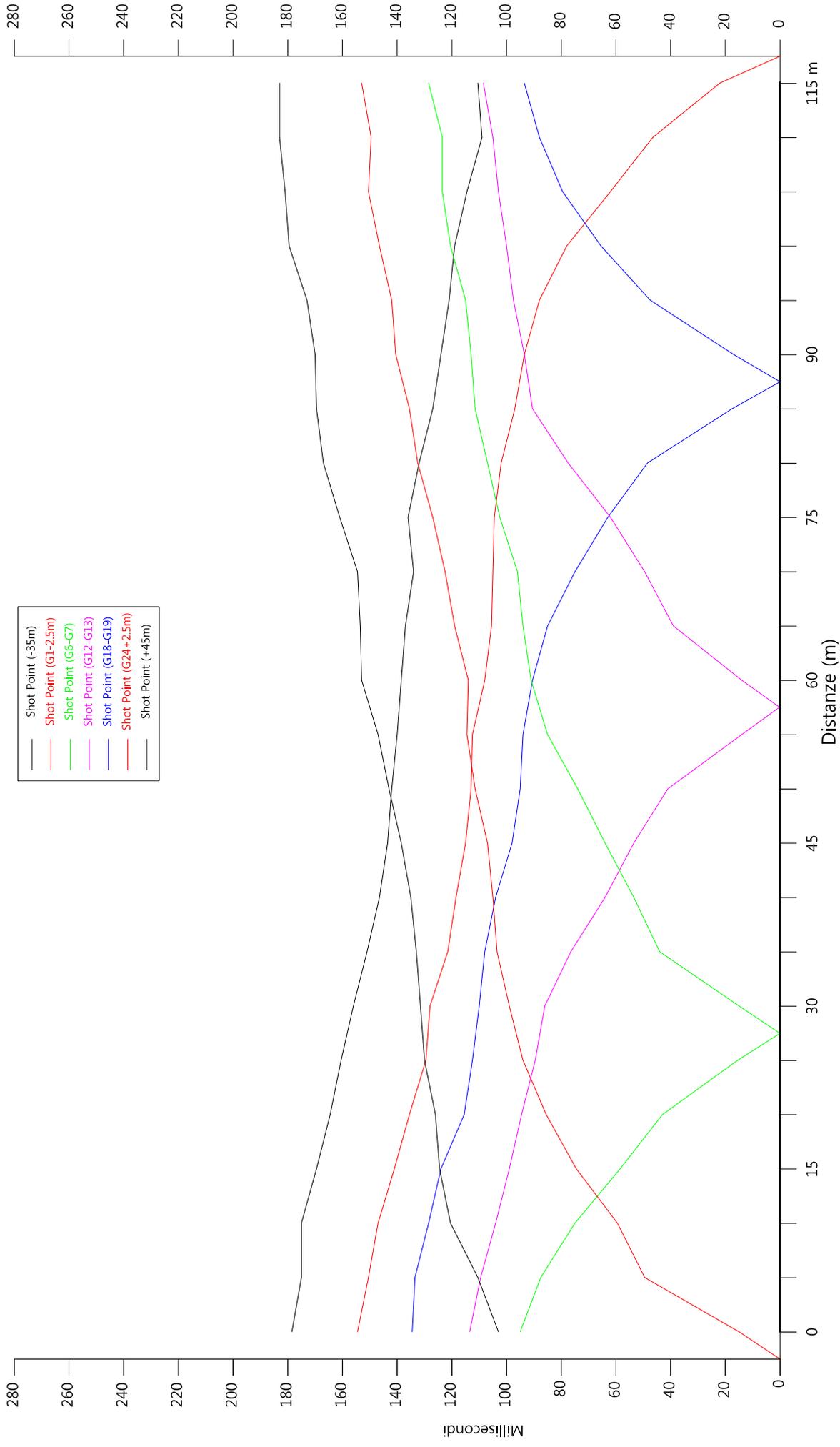
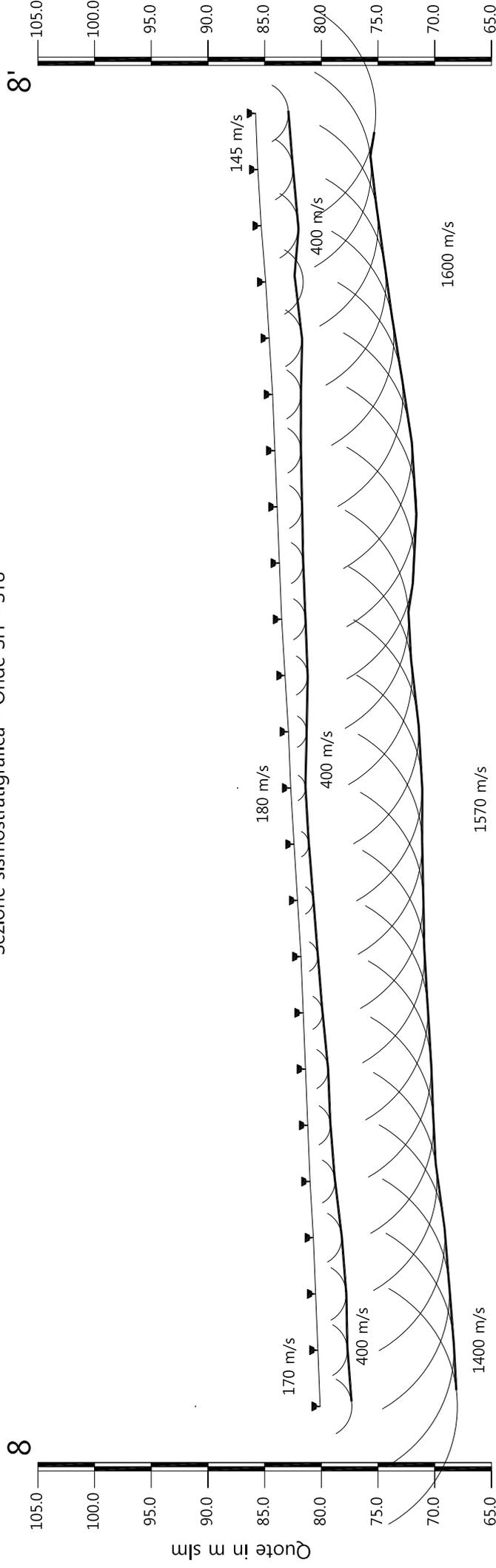


Tavola 06 - Dromocrone - Onde SH - ST8

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ST8



Numero geofono	Distanze (m)	Quote in m slm	Profondità da p.c. Livello 1 (m)	Profondità da p.c. Livello 2 (m)
1	0	80.10	2.80	12.10
2	5	80.30	2.60	12.00
3	10	80.50	2.70	11.80
4	15	80.70	2.50	11.60
5	20	81.00	2.20	11.20
6	25	81.20	2.00	11.10
7	30	81.40	2.00	11.10
8	35	81.60	1.70	11.00
9	40	81.80	1.50	10.90
10	45	82.10	1.40	11.10
11	50	82.40	1.30	11.30
12	55	82.70	1.30	11.60
13	60	82.90	1.60	11.50
14	65	83.20	2.00	11.20
15	70	83.50	2.10	11.20
16	75	83.70	2.10	11.90
17	80	83.90	2.20	12.30
18	85	84.10	2.30	12.10
19	90	84.30	2.50	11.50
20	95	84.60	2.90	11.00
21	100	84.90	3.30	10.60
22	105	85.30	3.30	10.30
23	110	85.60	3.10	10.00
24	115	85.80	2.90	10.60

- 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

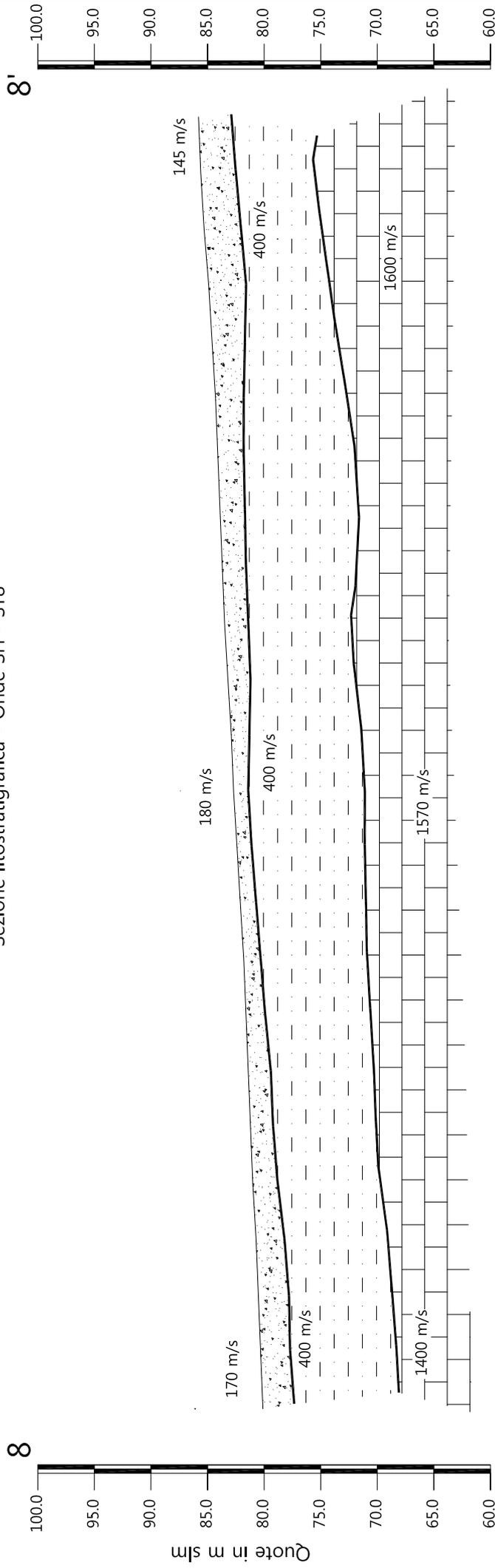


Tavola 07 - Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ST8

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione litostratigrafica - Onde SH - ST8



Legenda

-  Terreno vegetale
 -  Depositi limo sabbiosi
 -  Livello intermedio limi argillosi
 -  Substrato roccioso
- Formazione di Monte Morello (MLL)



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 08 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - ST8

Sezione tomografica - Onde P - ST8

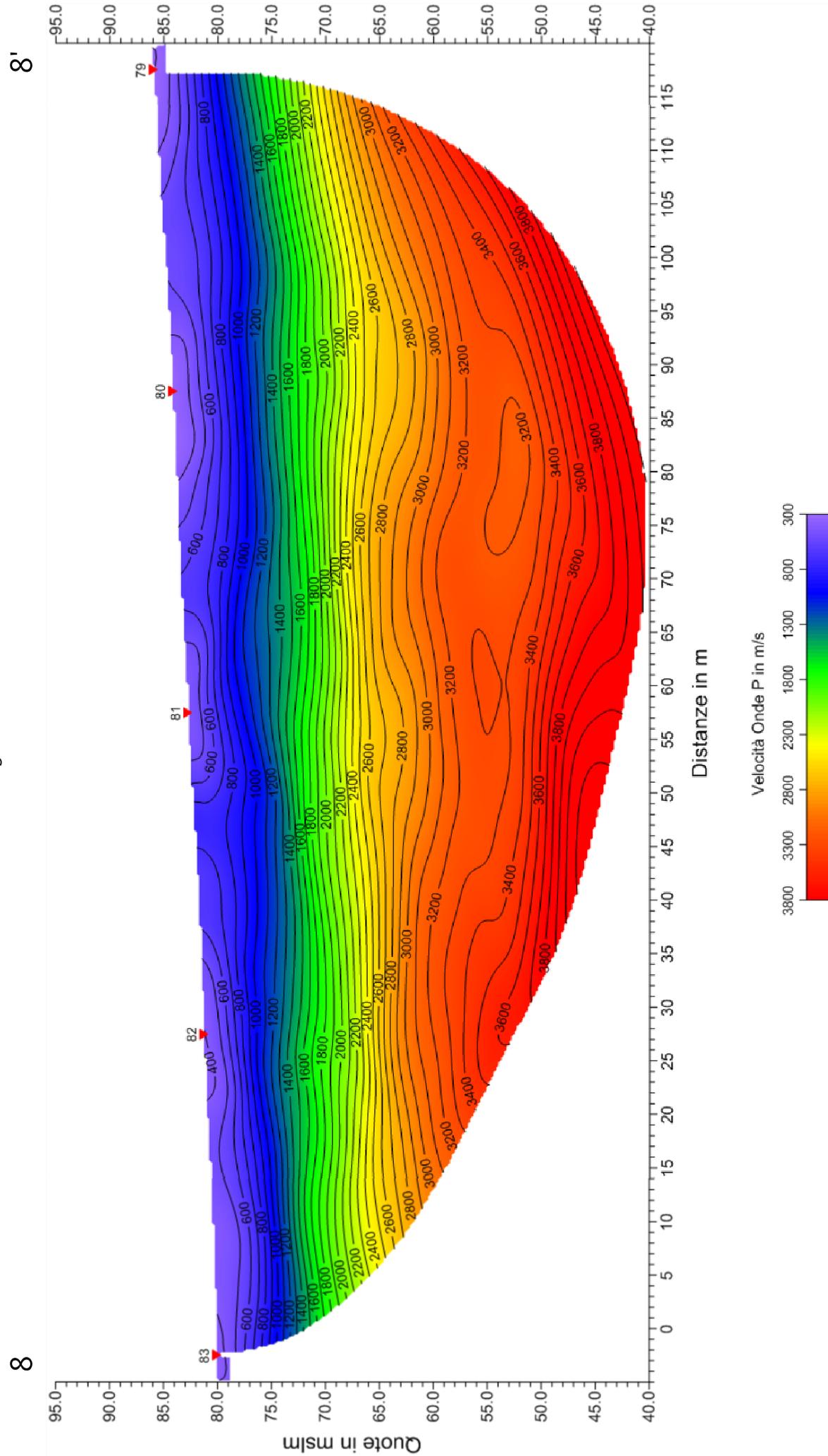
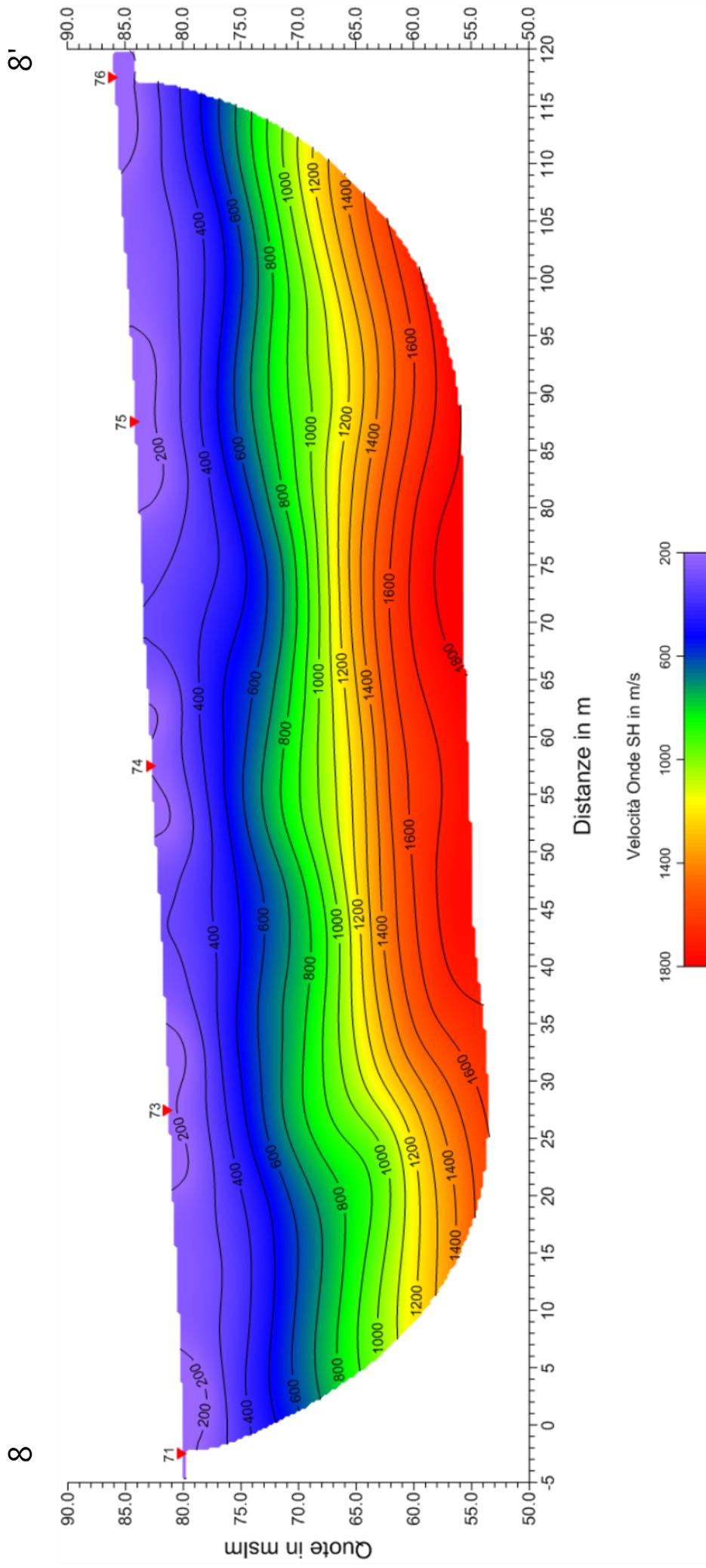


Tavola 09 - Sezione tomografica - Onde P - ST8

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione tomografica - Onde SH - ST8



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ST8





Vista generale della sezione ST8 da G1 verso G24.



Shot Point B - onde SH – ST8



Shot Point A - onde SH – ST8



Vista generale della sezione ST8 dal colpo G



Shot Point F - onde SH – ST8



Shot Point D - onde P – ST8



Shot Point C - onde P – ST8

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA ST8 – CAPANNACCIA – SCANDICCI (FI)

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	80.10
2	5	5.0	80.30
3	10	5.0	80.50
4	15	5.0	80.70
5	20	5.0	81.00
6	25	5.0	81.20
7	30	5.0	81.40
8	35	5.0	81.60
9	40	5.0	81.80
10	45	5.0	82.10
11	50	5.0	82.40
12	55	5.0	82.70
13	60	5.0	82.90
14	65	5.0	83.20
15	70	5.0	83.50
16	75	5.0	83.70
17	80	5.0	83.90
18	85	5.0	84.10
19	90	5.0	84.30
20	95	5.0	84.60
21	100	5.0	84.90
22	105	5.0	85.30
23	110	5.0	85.60
24	115	5.0	85.80

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	1676614,70	1676685
Y(m)	4846004,29	4846101,00

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT – ST8 – CAPANNACCIA

SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
A - ESTERNO SX	-35.0	79.00
B - ESTREMO SX	- 2.50	80.00
C - INTERMEDIO SX	27.50	81.40
D - CENTRALE	57.50	82.80
E - INTERMEDIO DX	87.50	84.40
F - ESTREMO DX	117.50	85.80
G - ESTREMO DX	160.00	88.00

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST8 – CAPANNACCIA – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	2.40	8.20
2	5	2.40	8.50
3	10	2.50	8.40
4	15	2.20	8.40
5	20	2.10	8.80
6	25	1.90	9.50
7	30	1.70	9.90
8	35	1.50	10.00
9	40	1.80	9.90
10	45	1.60	10.00
11	50	1.40	10.80
12	55	1.20	11.40
13	60	1.00	11.70
14	65	1.30	11.80
15	70	1.50	11.80
16	75	1.90	11.90
17	80	2.30	11.70
18	85	2.60	11.90
19	90	2.30	11.60
20	95	2.30	11.10
21	100	2.60	10.70
22	105	2.70	10.40
23	110	2.70	10.30
24	115	2.70	10.60

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST8 – CAPANNACCIA – ONDE SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	2.80	12.10
2	5	2.60	12.00
3	10	2.70	11.80
4	15	2.50	11.60
5	20	2.20	11.20
6	25	2.00	11.10
7	30	2.00	11.10
8	35	1.70	11.00
9	40	1.50	10.90
10	45	1.40	11.10
11	50	1.30	11.30
12	55	1.30	11.60
13	60	1.60	11.50
14	65	2.00	11.20
15	70	2.10	11.20
16	75	2.10	11.90
17	80	2.20	12.30
18	85	2.30	12.10
19	90	2.50	11.50
20	95	2.90	11.00
21	100	3.30	10.60
22	105	3.30	10.30
23	110	3.10	10.00
24	115	2.90	10.60

TEMPI ONDE P – ST8 - CAPANNACCIA

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	QUOTA IN mslm
1	0	36.00	8.00	35.50	47.50	60.50	69.50	79.50	80.10
2	5	38.50	19.00	34.00	46.50	59.00	66.50	79.00	80.30
3	10	41.00	29.00	31.00	44.50	58.00	65.00	77.50	80.50
4	15	41.00	30.50	24.50	42.50	56.00	62.00	74.50	80.70
5	20	42.50	33.50	19.50	40.00	53.50	62.00	74.00	81.00
6	25	45.50	36.50	7.00	37.00	51.00	62.00	73.00	81.20
7	30	47.50	39.50	7.50	35.50	49.00	60.50	70.50	81.40
8	35	49.00	40.00	17.00	33.00	48.50	57.50	70.50	81.60
9	40	49.00	42.00	22.00	29.00	45.50	56.00	68.50	81.80
10	45	52.00	43.00	27.50	21.50	44.00	53.00	67.50	82.10
11	50	53.50	44.50	31.50	16.50	42.50	53.00	67.00	82.40
12	55	55.00	47.00	37.50	7.00	41.50	51.50	64.50	82.70
13	60	57.50	48.00	38.00	7.00	39.50	49.50	63.50	82.90
14	65	59.00	51.00	40.50	17.00	36.50	48.50	63.50	83.20
15	70	60.00	52.00	42.50	21.50	33.50	47.00	61.50	83.50
16	75	62.50	55.50	45.00	27.50	29.50	47.00	61.50	83.70
17	80	62.50	57.50	48.00	34.00	23.00	45.50	59.50	83.90
18	85	67.50	60.00	50.50	39.50	8.50	44.50	58.00	84.10
19	90	68.50	62.00	53.00	42.50	9.00	42.50	55.50	84.30
20	95	69.00	61.50	52.50	42.50	21.00	38.00	53.50	84.60
21	100	70.50	65.00	56.00	44.50	28.00	34.00	52.00	84.90
22	105	72.50	65.50	56.00	46.50	34.00	27.50	48.50	85.30
23	110	74.00	67.00	58.00	48.00	38.50	21.50	48.00	85.60
24	115	75.50	68.50	60.50	50.00	41.50	10.00	47.00	85.80

TEMPI ONDE SH – ST8 - CAPANNACCIA

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	QUOTA IN mslm
1	0	103.00	15.00	95.00	113.50	134.50	154.50	178.50	80.10
2	5	110.50	49.50	87.50	109.50	133.50	150.50	175.00	80.30
3	10	120.50	59.50	75.00	104.00	128.50	147.00	175.00	80.50
4	15	124.50	74.50	58.50	99.00	124.00	141.00	169.50	80.70
5	20	126.00	85.50	43.00	94.50	115.50	135.50	164.50	81.00
6	25	130.00	94.00	15.50	89.50	112.50	129.50	160.50	81.20
7	30	131.50	99.00	15.00	86.00	110.00	128.00	156.00	81.40
8	35	133.00	103.50	44.00	76.50	108.00	121.50	151.00	81.60
9	40	135.00	105.00	53.50	64.00	104.00	118.50	146.50	81.80
10	45	138.50	107.00	64.00	53.50	98.00	115.00	143.50	82.10
11	50	143.00	111.50	74.00	41.00	95.00	113.00	142.00	82.40
12	55	147.00	114.50	85.00	14.00	94.00	112.50	140.00	82.70
13	60	153.00	114.00	91.00	14.00	90.50	108.00	138.50	82.90
14	65	153.50	119.00	94.00	39.00	85.00	105.50	137.00	83.20
15	70	154.50	122.50	96.00	49.50	75.00	105.00	134.00	83.50
16	75	161.00	127.00	102.50	62.00	63.00	104.50	136.00	83.70
17	80	167.00	132.50	107.00	77.50	48.50	102.00	132.00	83.90
18	85	169.50	135.50	111.50	90.50	17.50	97.00	127.00	84.10
19	90	170.00	140.50	113.00	93.50	17.00	93.50	124.00	84.30
20	95	173.00	142.00	115.00	97.50	47.50	88.00	121.00	84.60
21	100	179.50	146.50	120.50	100.00	65.50	78.00	119.00	84.90
22	105	181.00	150.50	123.50	103.00	79.50	62.00	114.50	85.30
23	110	183.00	149.50	123.50	105.00	88.00	46.50	109.00	85.60
24	115	183.00	153.00	128.50	108.50	93.50	22.00	110.50	85.80

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST8 - CAPANNACCIA – 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	315	950	2966
2	5	367	943	2965
3	10	334	925	2965
4	15	381	908	2964
5	20	379	991	2966
6	25	370	974	2970
7	30	353	956	2974
8	35	350	939	2976
9	40	351	922	2975
10	45	353	905	2984
11	50	354	987	2996
12	55	355	970	3007
13	60	356	905	3001
14	65	358	940	2985
15	70	359	975	2965
16	75	300	910	2954
17	80	300	945	2950
18	85	300	980	2951
19	90	300	915	2944
20	95	320	950	2930
21	100	310	985	2913
22	105	320	920	2902
23	110	330	955	2898
24	115	330	990	2897

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST8 - CAPANNACCIA – 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	170	410	1389
2	5	178	407	1390
3	10	176	405	1390
4	15	174	402	1390
5	20	171	499	1392
6	25	179	496	1401
7	30	177	494	1422
8	35	175	491	1451
9	40	176	488	1487
10	45	176	485	1526
11	50	177	483	1563
12	55	178	480	1587
13	60	188	484	1594
14	65	189	488	1594
15	70	189	493	1600
16	75	180	497	1610
17	80	186	401	1617
18	85	183	405	1617
19	90	189	409	1610
20	95	185	413	1602
21	100	141	418	1593
22	105	148	422	1586
23	110	144	426	1584
24	115	150	430	1584

COMUNE DI SCANDICCI PROVINCIA DI FIRENZE

TITOLO:

-STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI-

**“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE
SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH)
CALCOLO v_{s30} - D.M. 14/01/2008 – LINEA SISMICA ST9
IN LOCALITÀ FABBRICA NOZZOLI – SAN VINCENZO A TORRI - SCANDICCI (FI)”**

COMMITTENTE:

COMUNE DI SCANDICCI

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
08 Febbraio 2012

TRIGEO S.N.C.

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
VIA BOLOGNESE, 289 – 50139 LA LASTRA - FIRENZE
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 9062212 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI</i> <i>LINEA SISMICA ST9</i> <i>IN LOC. FABBRICA NOZZOLI – SAN VINCENZO A TORRI</i>	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 1 di 13

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 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI VS30.....	9
6.0 CONSIDERAZIONI FINALI.....	11
ALLEGATI.....	12

INTRODUZIONE

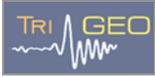
La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante sismica a rifrazione (acquisizione ed elaborazione dati con metodologia tomografica) nel mese di Gennaio 2012, per conto del **COMUNE DI SCANDICCI**, nei pressi di un'area posta in località **FABBRICA NOZZOLI – SAN VINCENZO A TORRI, SCANDICCI (FI)** (Fig. 1).



Figura 1: Particolare del tratto centrale della sezione ST9: Shot point C – Onde SH.

L'indagine sismica, si inserisce nell'ambito dell'attività di revisione del vigente Regolamento Urbanistico, per il quale il comune sta effettuando le indagini geologico-tecniche previste in base all'art. 62 della Legge Regionale Toscana n. 1/2005 (Norme per il governo del territorio).

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

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI</i> <i>LINEA SISMICA ST9</i> <i>IN LOC. FABBRICA NOZZOLI – SAN VINCENZO A TORRI</i>	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 3 di 13

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 ST9 eseguito, scala 1:10.000 (da CTR 1:10.000);
- **Tavola 02:** Planimetria di dettaglio scala 1:1.000 (da CTR 1:10.000) con ubicazione del profilo sismico ST9 eseguito, posizionamento dei geofoni e delle energizzazioni effettuate;
- Schema dettagliato della linea sismica con posizionamento relativo dei geofoni (quote-distanze), coordinate in Gauss-Boaga dei geofoni iniziale e finale e punti di energizzazioni (quote-distanze);
- Tabelle Tempi di arrivo Onde P e SH relativi ai vari scoppi, con riportati posizione, tempo di arrivo e quota di ciascun geofono;
- **Tavole 03-06:** Diagrammi Tempi d’arrivo-Distanze (Dromocrone) 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;
- **Tavole 04-07:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-08:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 09-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Documentazione fotografica della linea sismica e di ciascun punto scoppio.

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

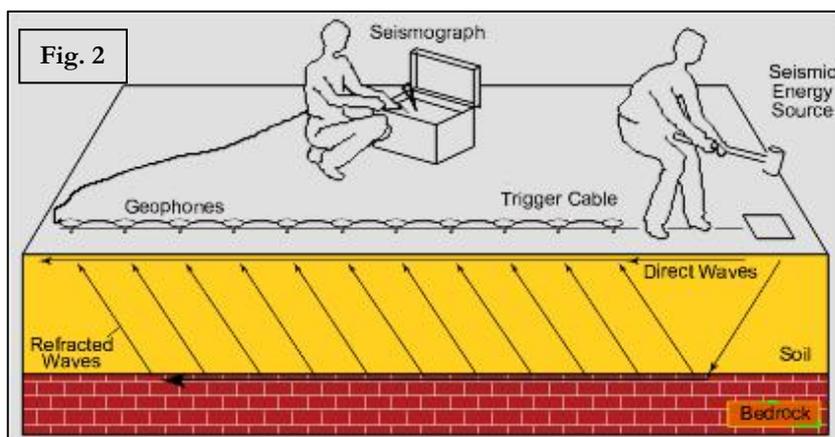
Nella **Tavola 01**, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:5000 con inserita la sezione sismica eseguita. Nella **Tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita, la posizione di ogni singolo 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



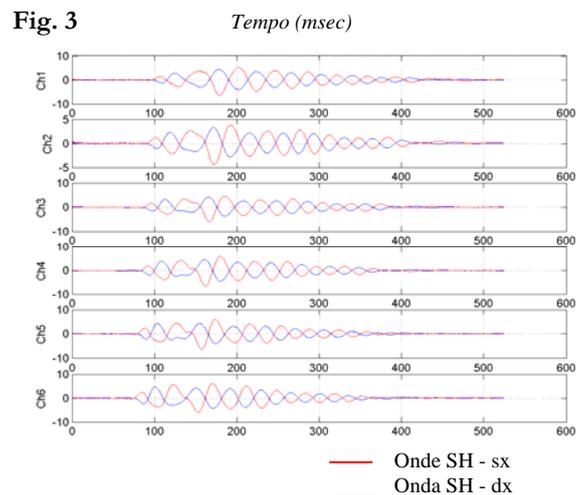
A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo PASI mod. 16S24 a 24 canali, dotato di filtri analogici e digitali, *notch filter* a 50 Hz ed *Automatic Gain Control*, con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit con sovracampionamento e post-processing, 4 contatori indipendenti, base dei tempi 20 Mhz,

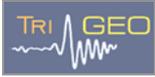
accuratezza $\pm 0.01\%$, trattamento dei dati come Floating Point 32 bit, processore Pentium Intel, ambiente operativo Windows ed un Hard Disk da 10 Gb dove vengono immagazzinati i dati acquisiti, i dati sono quindi visualizzati sul display VGA a colori in LCD-TFT 10.4". le registrazioni vengono gestite dal PC interno ed in seguito trasferite mediante RS232 ad altri PC per le successive elaborazioni.

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

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI LINEA SISMICA ST9 IN LOC. FABBRICA NOZZOLI – SAN VINCENZO A TORRI	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 6 di 13

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.

Infine sono stati calcolati i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{s30}), come richiesto dalla nuova "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 14 Gennaio 2008 e dall'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-06** 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 04-07**, sono state riportate le sezioni sismostratigrafiche ottenute (onde P-SH), al di sotto della superficie topografica l'inviluppo 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'inviluppo dato da questi cerchi è una buona approssimazione della forma e posizione del rifrattore.

Nelle **Tavole 05-08** 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 09-10** 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.

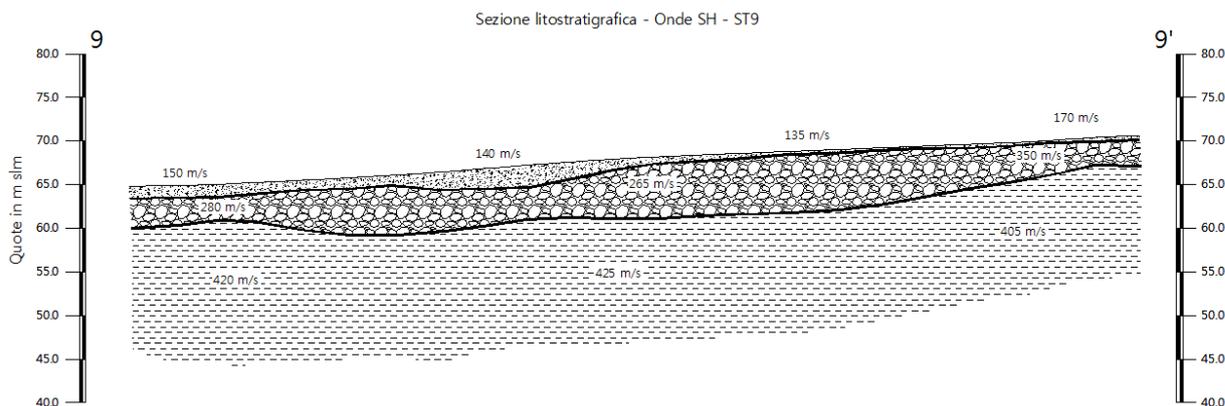
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

I risultati ottenuti dalla sezione eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di due superfici rifrangenti principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 0.50 m e 3.00 m (onde P) e tra 0.20 m e 2.60 m (onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità comprese tra 4.10 m e 6.50 m (onde P) e tra 3.30 e 7.00 m (Onde SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.40 m e ca. 5.50 m.

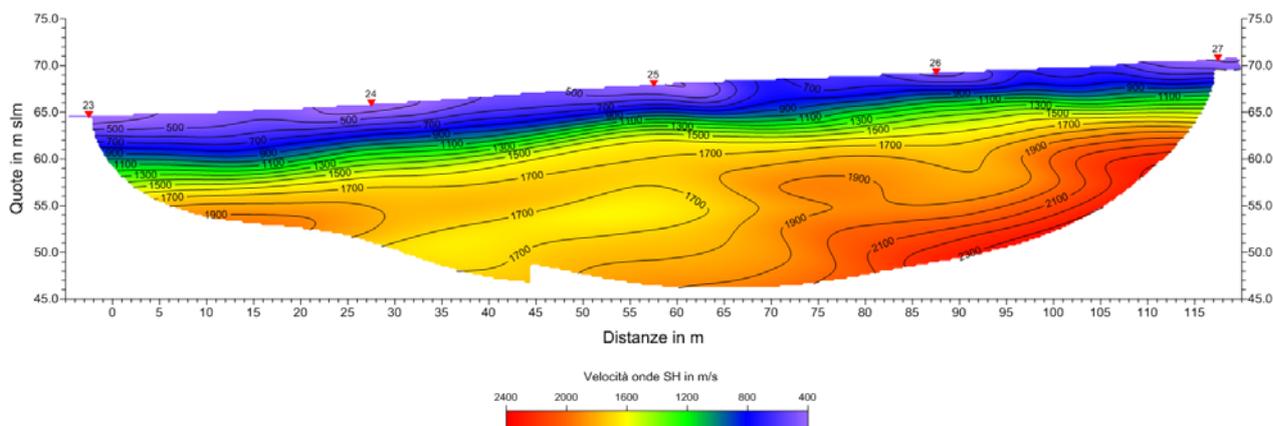
Nella zona d'intervento il rifrattore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 295 e 400 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 150-170 m/s, con il

livello intermedio, costituito da materiale da ghiaie in matrice limo-sabbiosa, che presenta velocità comprese tra 940-1365 m/s (onde P) e tra 280-350 m/s (onde SH). Il rifrattore più profondo mette in contatto il livello intermedio con il substrato pliocenico, che presenta velocità comprese tra 1.660 e 1.880 m/s (onde P) e tra 405-425 m/s (onde SH).

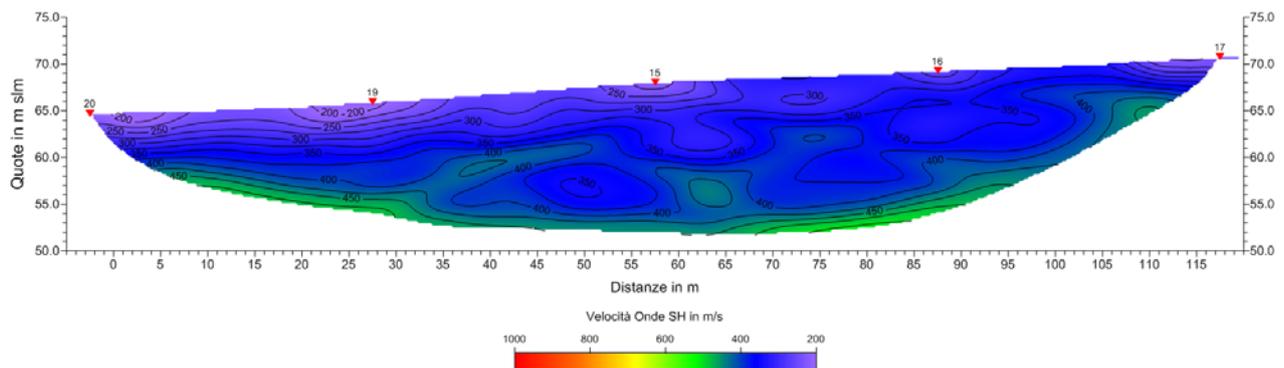
La **Sezione ST9**, effettuata in direzione SO-NE, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento dei due rifrattori.



Il rifrattore più superficiale mostra un andamento, con una tendenza a risalire lungo la sezione con profondità che passano da ca. 1.50/2.00 m (tratto iniziale/centrale) a ca. 0.50 m (tratto finale). Il rifrattore principale, che individua il passaggio al substrato pliocenico, mostra mediamente una tendenza ad approfondirsi nel tratto centrale ed a risalire nei tratti iniziale e finale, con profondità mediamente comprese tra 4.00 e 6.50 m. L'elaborazione con onde P mostra un andamento più irregolare, ma mediamente concorde con quanto già evidenziato dalle onde SH.



L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH mostra materiali più superficiali con spessori maggiori nel tratto iniziale e centrale ed inferiori nella parte finale. Il passaggio dal livello intermedio al substrato pliocenico risulta più evidente nella sezione elaborata con onde P, dove il netto raffittimento delle curve di isovelocità (a partire da quella dei 1.000 m/s) indica tale limite; le onde SH invece mostrano una sezione tomografica sostanzialmente più omogenea,



molto probabilmente per la presenza di abbondante matrice limo-sabbiosa all'interno del livello intermedio. Le ghiaie in virtù della presenza di abbondante matrice mostrano velocità simili al substrato pliocenico costituito principalmente da argille e limi.

Le discordanze evidenziate tra le due sezioni elaborate possono essere anche imputabili al grado di saturazione dei materiali, che influenza il comportamento delle onde P, le quali mediamente mostrano un rifratore principale a profondità inferiori rispetto alle onde SH.

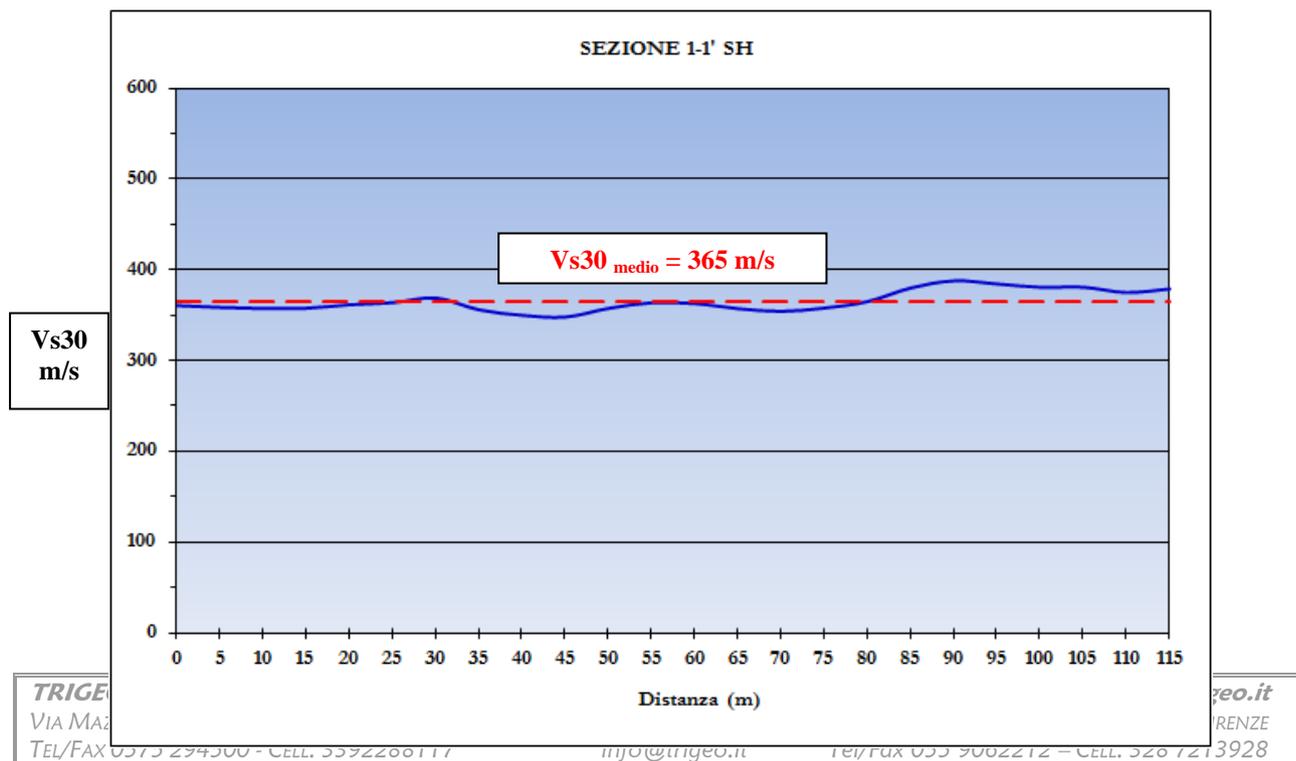
Le velocità del substrato pliocenico risultano mediamente comprese tra 1.660 e 1.880 m/s per le onde P e prossimi a 420 m/s per le onde SH. Le onde P mostrano valori crescenti lungo lo stendimento, mentre le onde SH risultano più costanti. Il livello intermedio presenta velocità comprese tra 940 e 1.365 (onde P) e tra 280-350 m/s (onde SH), crescenti lungo lo stendimento. Per quanto riguarda i materiali più superficiali si osservano velocità comprese tra 295 e 400 m/s (onde P) e prossime a 140 m/s (onde SH), con i valori maggiori osservati lungo la parte finale.

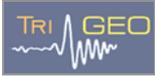
5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI Vs30

L'indagine mediante onde SH fornisce i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette **Vs30**), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. Le “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni” definiscono 7 tipologie di suoli principali:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_1 > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, ma soprattutto sulla base dei valori di velocità ottenuti è stato possibile definire il valore di **Vs30** medio per la sezione ST9:



	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI LINEA SISMICA ST9 IN LOC. FABBRICA NOZZOLI – SAN VINCENZO A TORRI	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 11 di 13

s

Vs30 = 365 m/s

6.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **FABBRICA NOZZOLI – SAN VINCENZO A TORRI, SCANDICCI (FI)**. 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 e depositi limo-sbbiosi) ed il livello intermedio, costituito da ghiaie in matrice limo-sabbiosa e tra quest'ultimo ed il substrato pliocenico.

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

- sono state ricostruite due superfici rifrangenti principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 0.50 m e 3.00 m (onde P) e tra 0.20 m e 2.60 m (onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità comprese tra 4.10 m e 6.50 m (onde P) e tra 3.30 e 7.00 m (Onde SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.40 m e ca. 5.50 m;
- nella zona d'intervento il rifrattore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 295 e 400 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 150-170 m/s, con il livello intermedio, costituito da materiale da ghiaie in matrice limo-sabbiosa, che presenta velocità comprese tra 940-1365 m/s (onde P) e tra 280-350 m/s (onde SH). Il rifrattore più profondo mette in contatto il livello intermedio con il substrato pliocenico, che presenta velocità comprese tra 1.660 e 1.880 m/s (onde P) e tra 405-425 m/s (onde SH);
- è stata calcolata, come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni., una Vs30 mediata sui primi 30 m, pari a **365 m/s**.

Firenze, li 08/02/2012

TRIGEO SNC

TRIGEO SNC VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR) TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117	info@trigeo.it	www.trigeo.it VIA BOLOGNESE 289 – 50139 LA LASTRA – FIRENZE Tel/Fax 055 9062212 – CELL. 328 7213928
--	--	--



*STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI
LINEA SISMICA ST9
IN LOC. FABBRICA NOZZOLI – SAN VINCENZO A TORRI*

Febbraio 2012

Comune di Scandicci (FI)

Pag. 12 di 13

ALLEGATI

TRIGEO SNC

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)

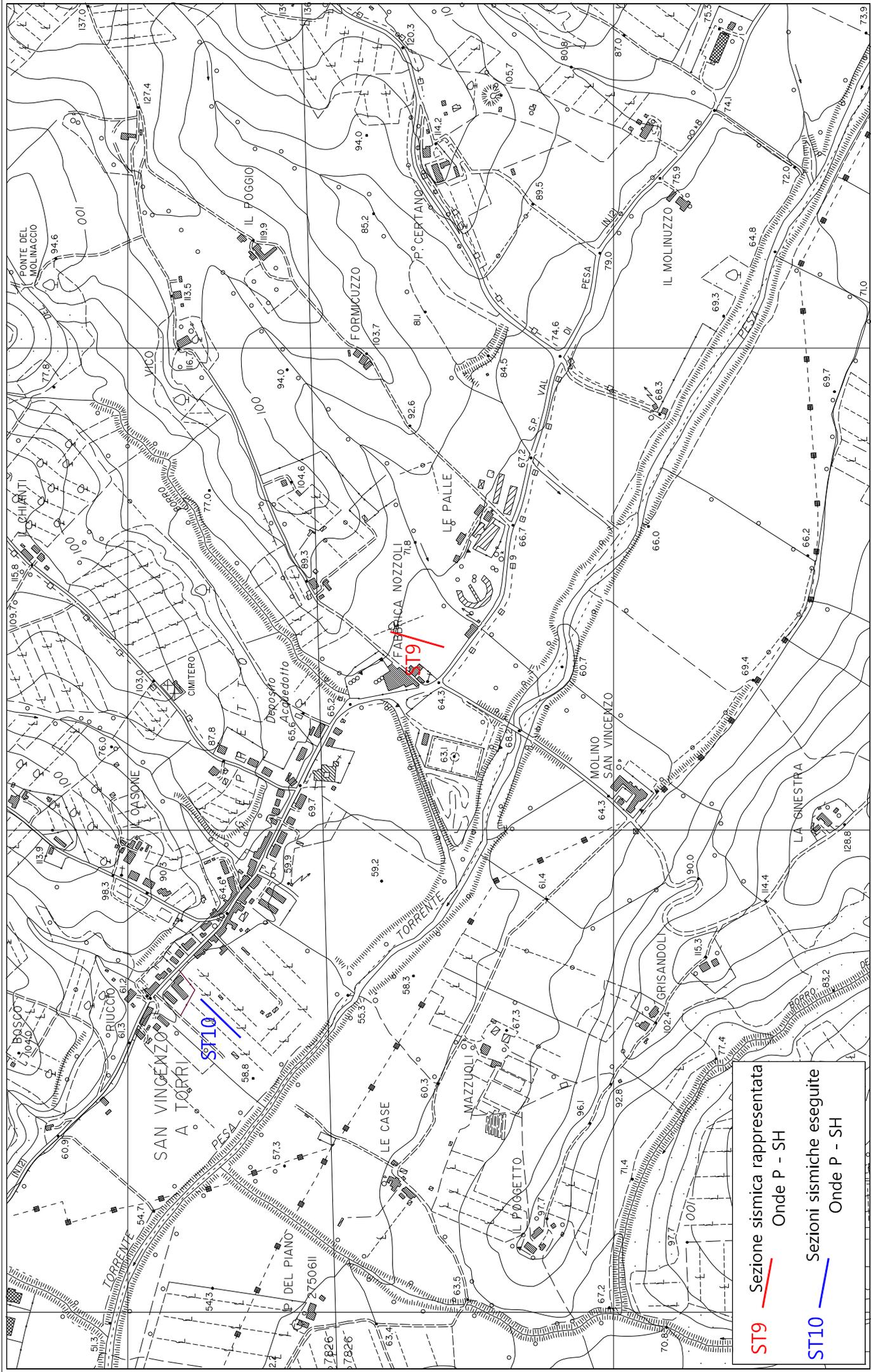
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117

info@trigeo.it

www.trigeo.it

VIA BOLOGNESE 289 – 50139 LA LASTRA – FIRENZE

Tel/Fax 055 9062212 – CELL. 328 7213928

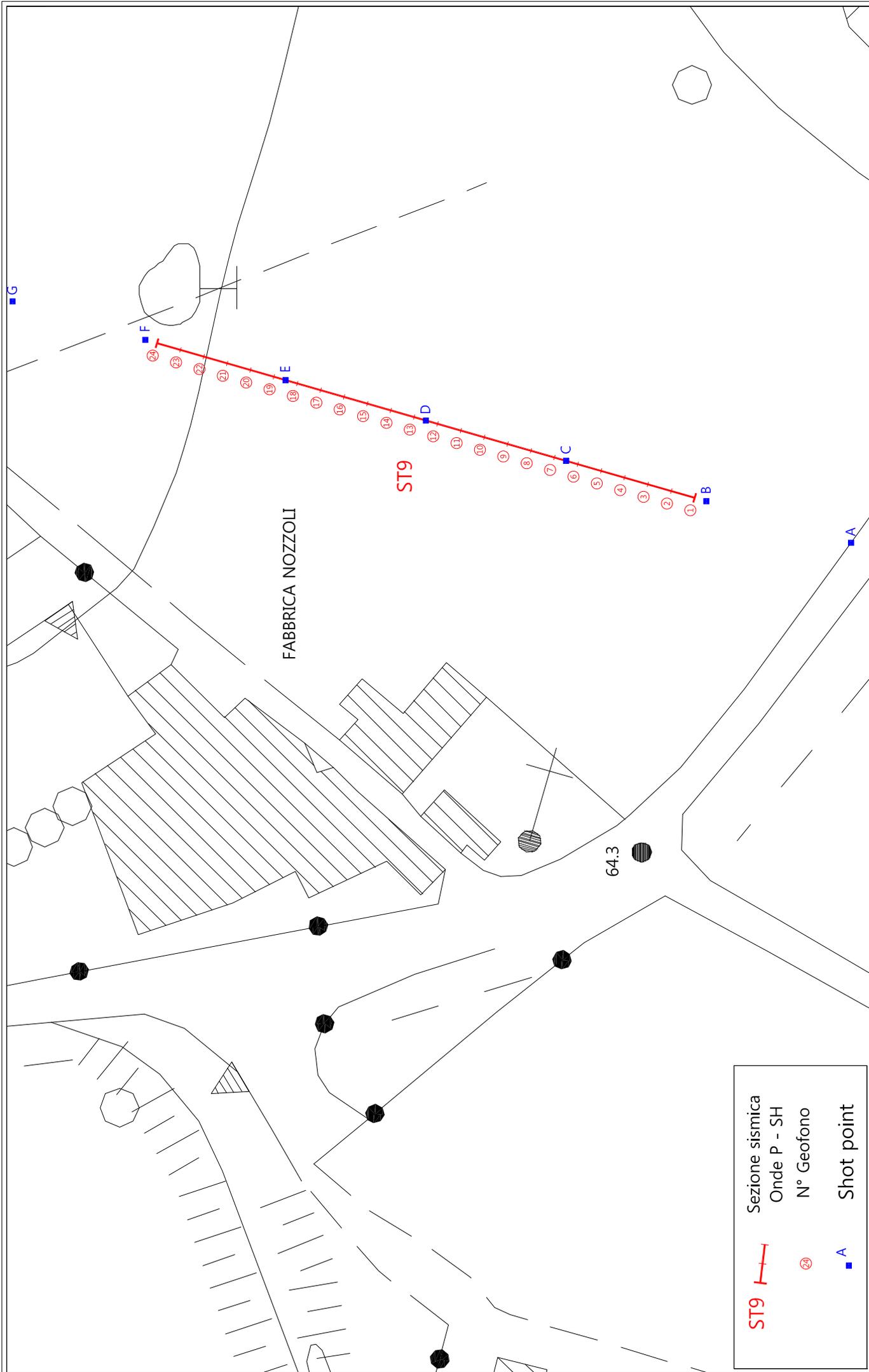


ST9 — Sezione sismica rappresentata
 Onde P - SH
ST10 — Sezioni sismiche eseguite
 Onde P - SH

Tavola 01 - Planimetria generale - ST9 - San Vincenzo a Torri

Febbraio 2012

Scala 1: 10000



ST9	Sezione sismica
	Onde P - SH
	N° Geofono
	Shot point

Dromocrone

- Shot Point (-30m)
- Shot Point (G1-2.5m)
- Shot Point (G6-G7)
- Shot Point (G12-G13)
- Shot Point (G18-G19)
- Shot Point (G24+2.5m)
- Shot Point (+30m)

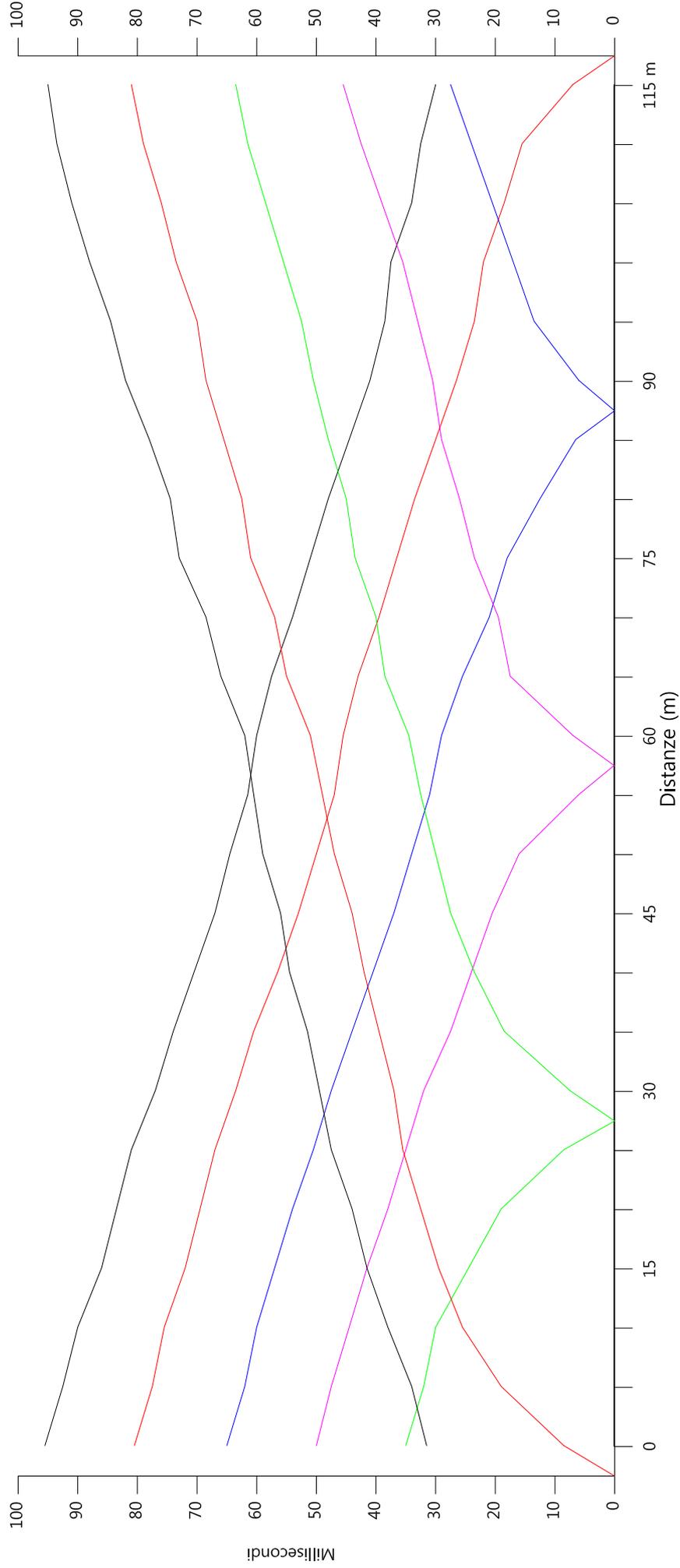
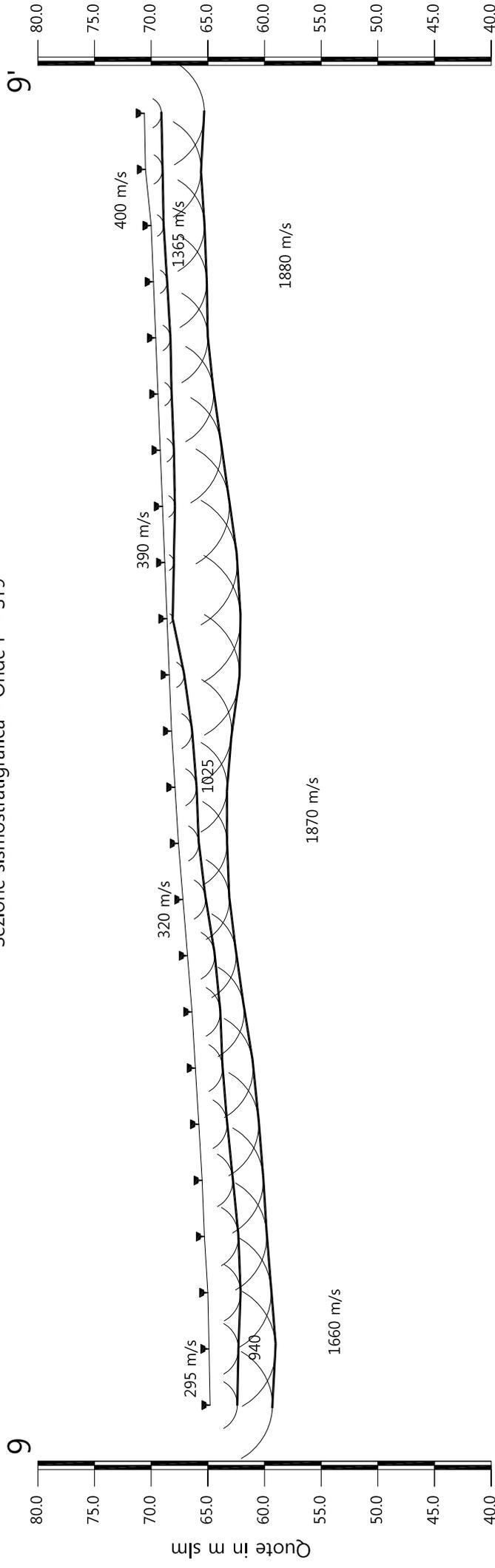


Tavola 03 - Dromocrone - Onde P - ST9

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST9



Numero geofono	0	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)	64.80	64.90	65.00	65.30	65.50	65.80	66.10	66.40	66.80	67.20	67.60	67.90	68.20	68.40	68.60	68.80	69.00	69.20	69.40	69.60	69.80	70.00	70.50	70.60	70.60
Quote in m slm	2.40	2.60	2.90	3.00	3.00	2.70	2.40	2.50	2.40	2.00	1.80	1.90	1.80	1.30	0.50	0.80	1.10	1.20	1.20	1.30	1.20	1.10	1.50	1.50	1.50
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	2.40	2.60	2.90	3.00	3.00	2.70	2.40	2.50	2.40	2.00	1.80	1.90	1.80	1.30	0.50	0.80	1.10	1.20	1.20	1.30	1.20	1.10	1.50	1.50	1.50
Profondità da p.c. Livello 2 (m)	2.40	2.60	2.90	3.00	3.00	2.70	2.40	2.50	2.40	2.00	1.80	1.90	1.80	1.30	0.50	0.80	1.10	1.20	1.20	1.30	1.20	1.10	1.50	1.50	1.50

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

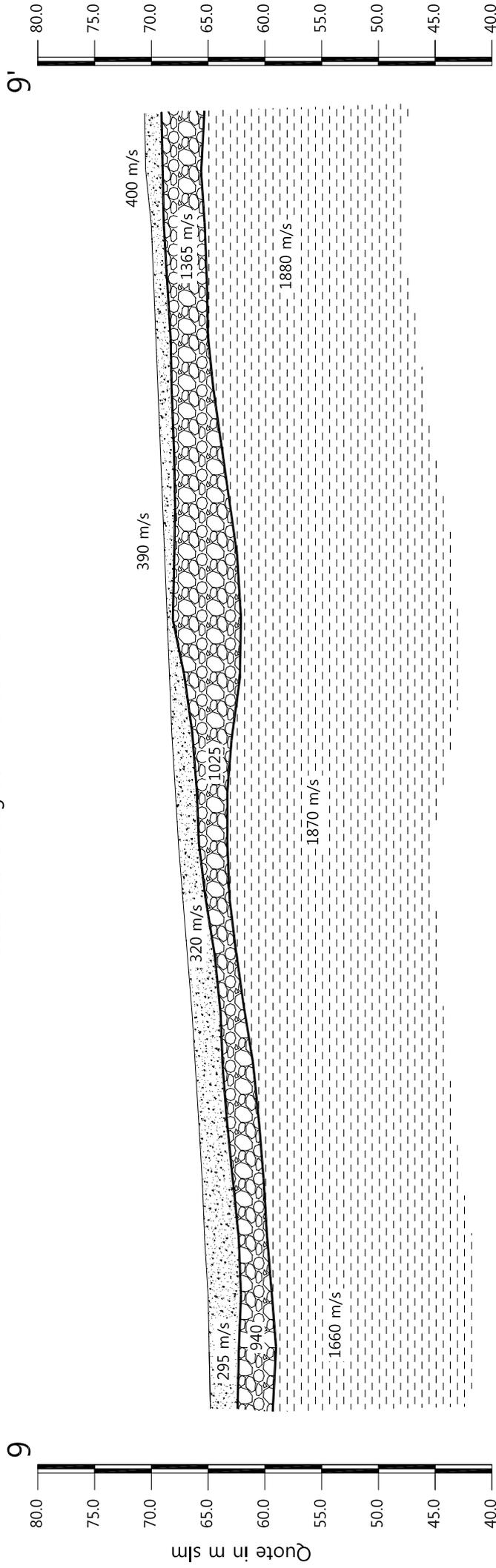


Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST9

Febbraio 2012

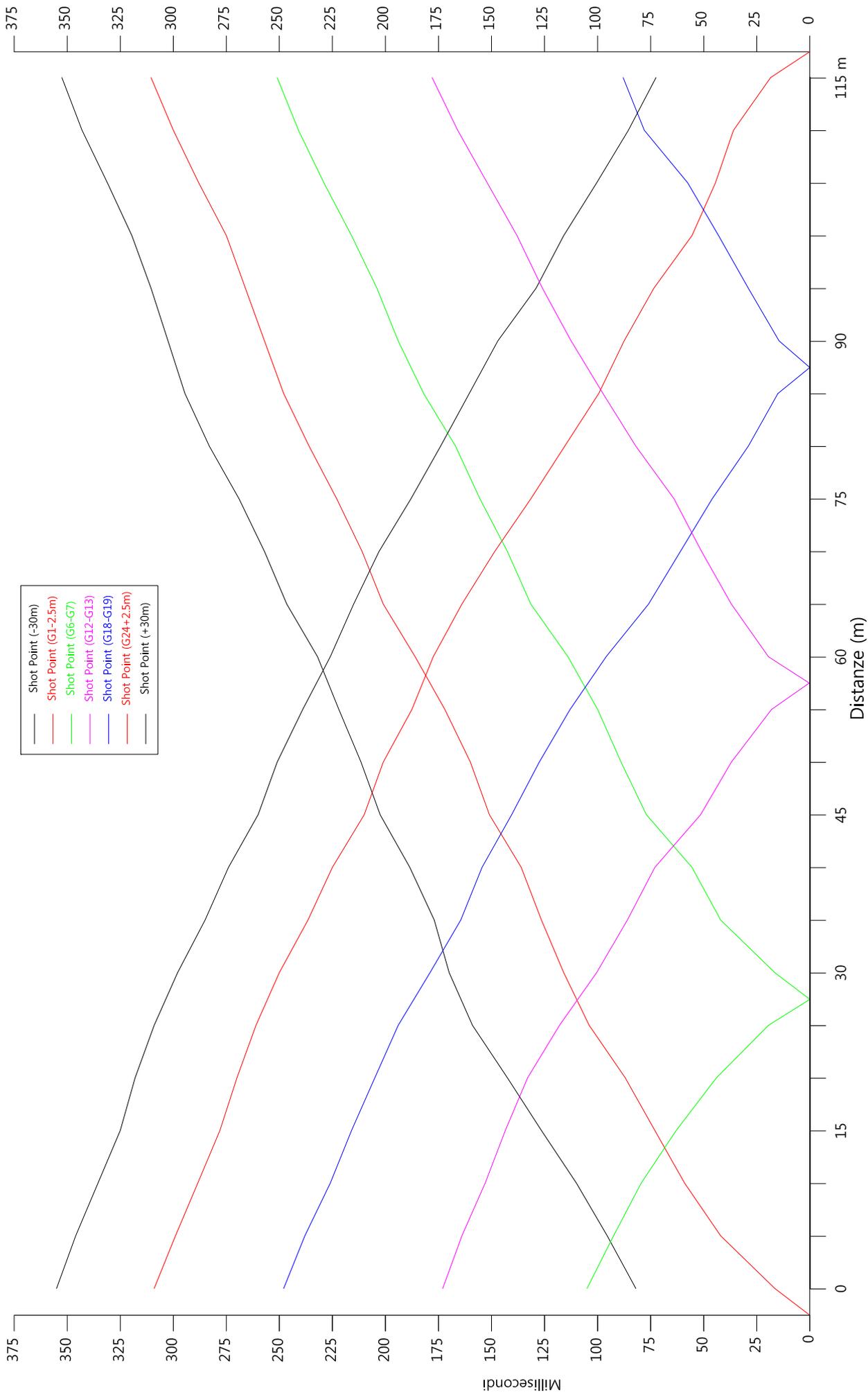
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione litostratigrafica - Onde P - ST9



Legenda

-  Terreno vegetale
Depositi limo sabbiosi
-  Ghiaie in matrice
limo-sabbiosa
-  Substrato pliocenico



Shot Point (-30m)
 Shot Point (G1-2.5m)
 Shot Point (G6-G7)
 Shot Point (G12-G13)
 Shot Point (G18-G19)
 Shot Point (G24+2.5m)
 Shot Point (+30m)

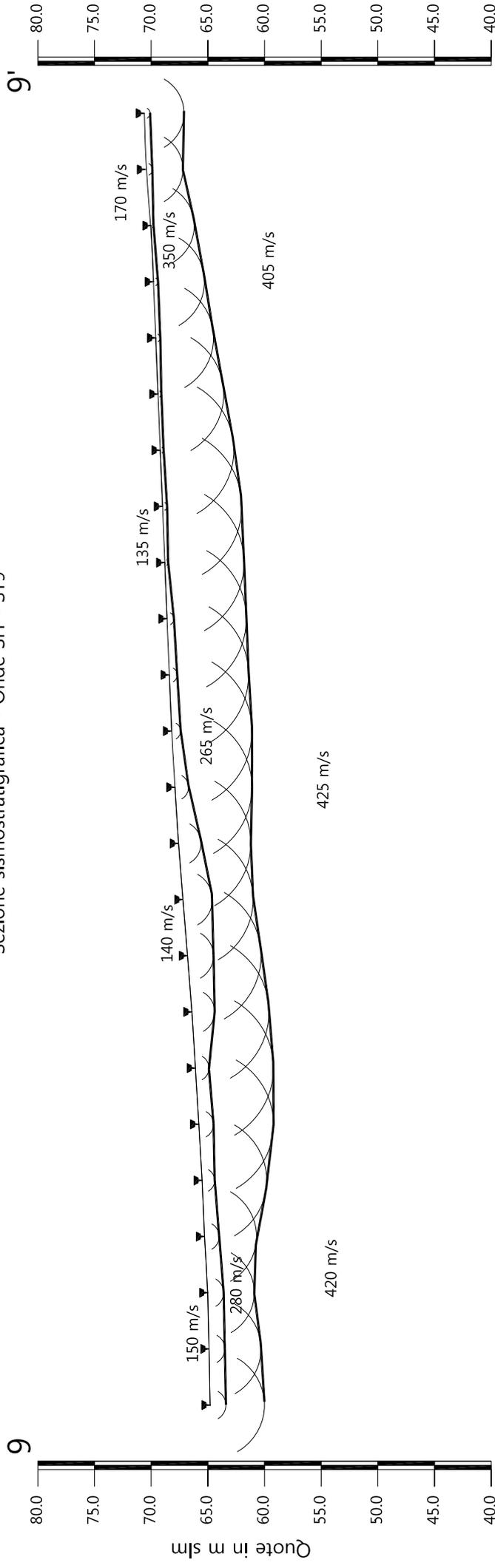


Tavola 06 - Dromocrone - Onde SH - ST9

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
 Scala Orizzontale 1:500

Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ST9



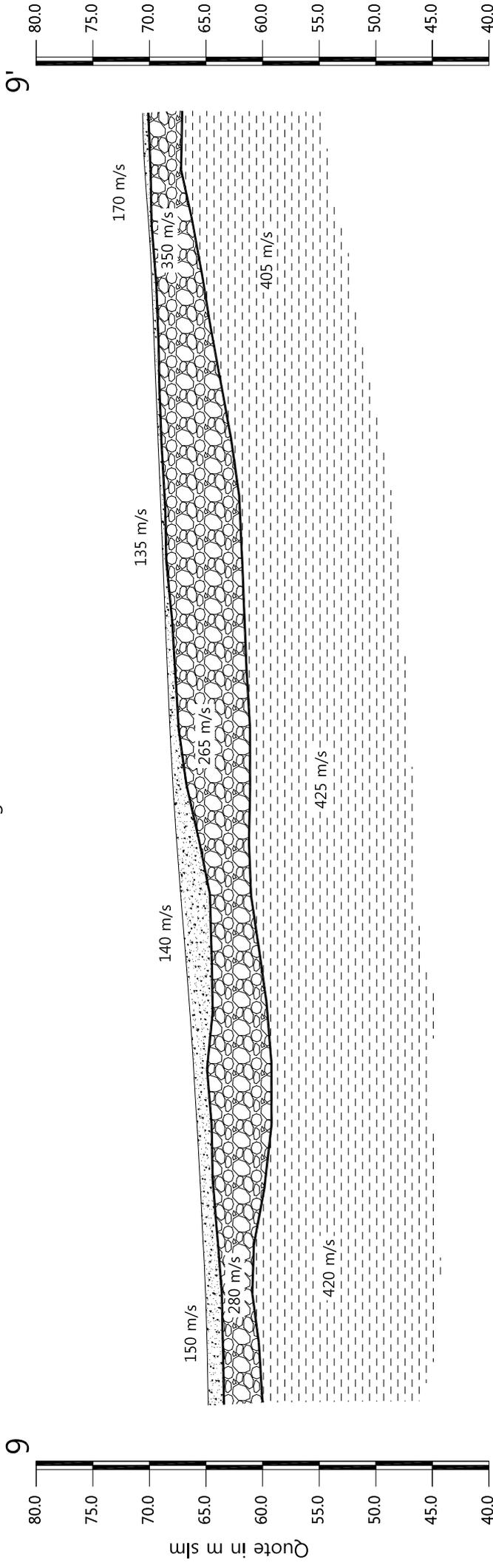
Numero geofono	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanze (m)	64.80	64.90	65.00	65.30	65.50	65.80	66.10	66.40	66.80	67.20	67.60	67.90	68.20	68.40	68.60	68.80	69.00	69.20	69.40	69.60	69.80	70.00	70.50	70.60	115
Quote in m slm	1.40	1.40	1.40	1.30	1.10	1.30	1.20	2.00	2.00	2.30	2.60	2.00	1.20	2.00	6.80	7.00	7.00	7.00	5.80	5.10	4.50	3.80	3.30	3.50	0.50
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	1.40	1.40	1.40	1.30	1.10	1.30	1.20	2.00	2.00	2.30	2.60	2.00	1.20	2.00	6.80	7.00	7.00	7.00	5.80	5.10	4.50	3.80	3.30	3.50	0.50
Profondità da p.c. Livello 2 (m)	1.40	1.40	1.40	1.30	1.10	1.30	1.20	2.00	2.00	2.30	2.60	2.00	1.20	2.00	6.80	7.00	7.00	7.00	5.80	5.10	4.50	3.80	3.30	3.50	0.50

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

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



Sezione litostratigrafica - Onde SH - ST9



Legenda

-  Terreno vegetale
Depositi limo sabbiosi
-  Ghiaie in matrice
limo-sabbiosa
-  Substrato pliocenico

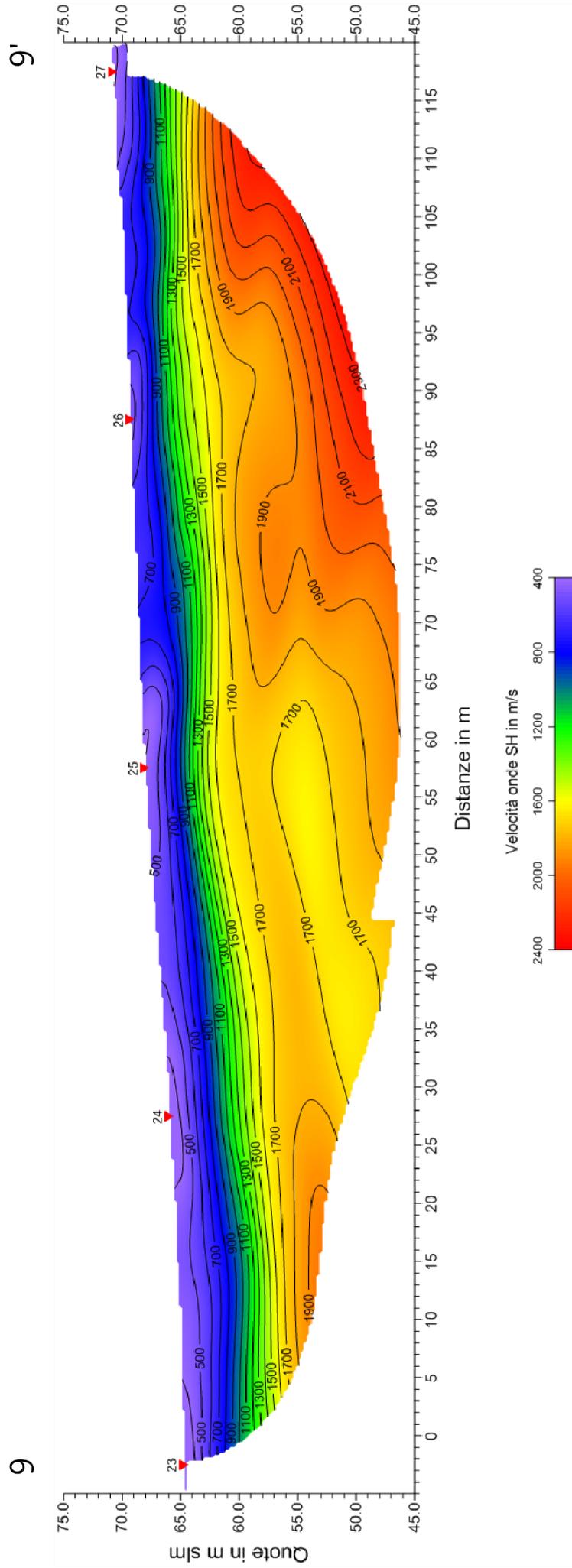
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 08 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - ST9



Sezione tomografica - Onde P - ST9



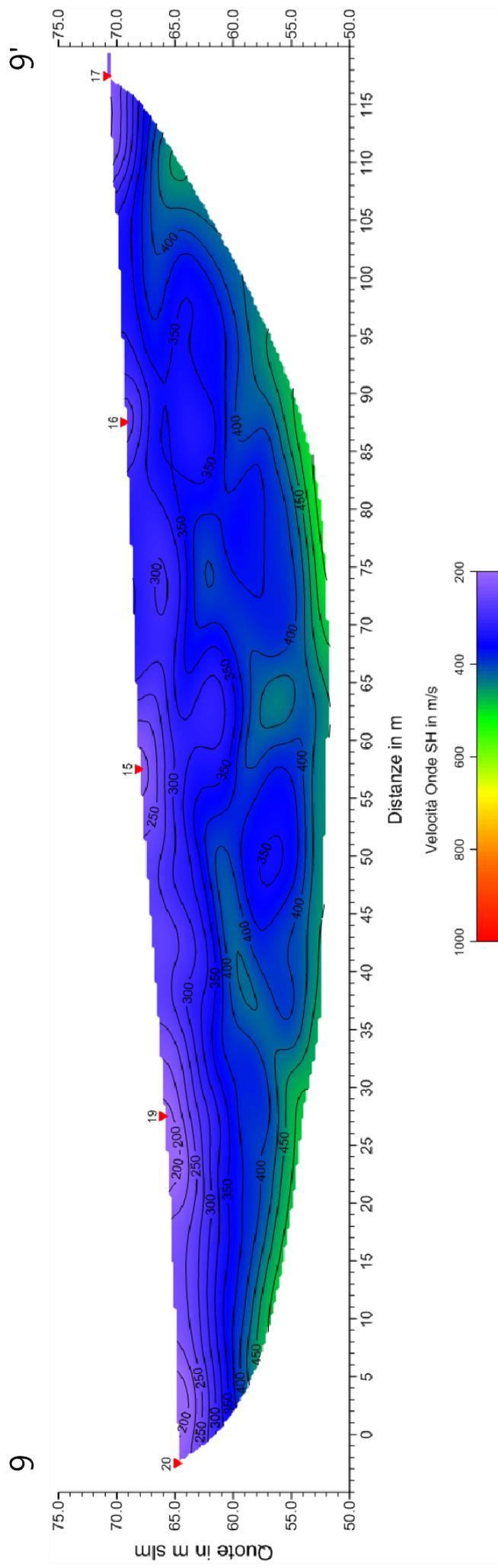
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 09 - Sezione tomografica - Onde P - ST9



Sezione tomografica - Onde SH - ST9



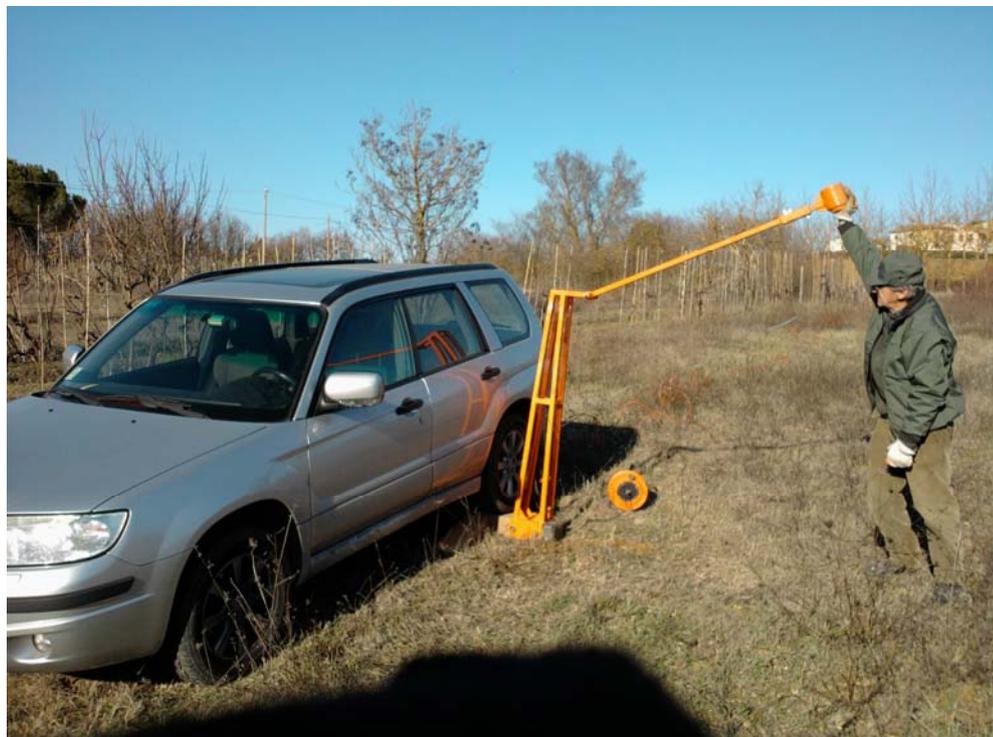
Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ST9



Vista generale della sezione ST9 da G1 verso G24.



Shot Point B - onde SH – ST9



Shot Point C - onde SH – ST9



Shot Point D - onde SH – ST9



Shot Point E - onde SH – ST9



Shot Point D - onde P – ST9

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA ST9 – SAN VINCENZO A TORRI – SCANDICCI (FI)

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	64.80
2	5	5.0	64.90
3	10	5.0	65.00
4	15	5.0	65.30
5	20	5.0	65.50
6	25	5.0	65.80
7	30	5.0	66.10
8	35	5.0	66.40
9	40	5.0	66.80
10	45	5.0	67.20
11	50	5.0	67.60
12	55	5.0	67.90
13	60	5.0	68.20
14	65	5.0	68.40
15	70	5.0	68.60
16	75	5.0	68.80
17	80	5.0	69.00
18	85	5.0	69.20
19	90	5.0	69.40
20	95	5.0	69.60
21	100	5.0	69.80
22	105	5.0	70.00
23	110	5.0	70.50
24	115	5.0	70.60

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	1669380.44	1669412.34
Y(m)	4840359.00	4840469.49

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT – ST9 – SAN VINCENZO A TORRI

SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
A - ESTERNO SX	-30.0	64.60
B - ESTREMO SX	- 2.50	64.80
C - INTERMEDIO SX	27.50	66.00
D - CENTRALE	57.50	68.00
E - INTERMEDIO DX	87.50	69.30

<i>SCHEMA DELLA LINEA – ST9 – SAN VINCENZO A TORRI</i>	Febbraio 2012
	Comune di Scandicci (FI)

F - ESTREMO DX	117.50	70.70
G - ESTREMO DX	140.00	72.50

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST9 – SAN VINCENZO A TORRI – ONDE P

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	2.40	5.50
2	5	2.60	5.90
3	10	2.90	5.60
4	15	3.00	5.50
5	20	2.70	5.40
6	25	2.50	5.30
7	30	2.40	5.10
8	35	2.50	4.60
9	40	2.40	4.30
10	45	2.00	4.10
11	50	1.80	4.30
12	55	1.90	4.60
13	60	1.80	5.30
14	65	1.30	6.20
15	70	0.50	6.50
16	75	0.80	6.40
17	80	1.10	5.90
18	85	1.20	5.40
19	90	1.20	4.90
20	95	1.30	4.60
21	100	1.20	4.70
22	105	1.10	4.70
23	110	1.50	4.90
24	115	1.50	5.30

**PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST9 – SAN VINCENZO A TORRI – ONDE
SH**

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	1.40	4.80
2	5	1.40	4.60
3	10	1.40	4.10
4	15	1.30	4.60
5	20	1.10	5.70
6	25	1.30	6.60
7	30	1.20	6.90
8	35	2.00	6.80
9	40	2.30	6.50
10	45	2.60	6.20
11	50	2.00	6.40
12	55	1.20	6.80
13	60	0.80	7.10
14	65	0.70	7.00
15	70	0.60	7.00
16	75	0.30	7.00
17	80	0.40	7.00
18	85	0.30	6.50
19	90	0.30	5.80
20	95	0.40	5.10
21	100	0.40	4.50
22	105	0.20	3.80
23	110	0.60	3.30
24	115	0.50	3.50

TEMPI ONDE P – ST9 - San Vincenzo a Torri

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	QUOTA IN mslm
1	0	31.50	8.50	35.00	50.00	65.00	80.50	95.50	64.80
2	5	34.00	19.00	32.00	47.50	62.00	77.50	92.50	64.90
3	10	38.00	25.50	30.00	44.50	60.00	75.50	90.00	65.00
4	15	41.50	29.50	24.50	41.50	57.00	72.00	86.00	65.30
5	20	44.00	32.50	19.00	38.00	54.00	69.50	83.50	65.50
6	25	47.50	35.50	8.50	35.00	50.50	67.00	81.00	65.80
7	30	49.50	37.00	7.50	32.00	47.50	63.50	77.00	66.10
8	35	51.50	39.50	18.50	27.50	44.00	60.50	74.00	66.40
9	40	54.50	42.00	23.50	24.00	40.50	56.50	70.50	66.80
10	45	56.00	44.00	27.50	20.50	37.00	53.00	67.00	67.20
11	50	59.00	47.00	30.00	16.00	34.00	50.00	64.50	67.60
12	55	60.50	49.00	32.50	6.00	31.00	47.00	61.50	67.90
13	60	62.00	51.00	34.50	7.00	29.00	45.50	60.00	68.20
14	65	66.00	55.00	38.50	17.50	25.50	43.00	57.50	68.40
15	70	68.50	57.00	40.00	19.50	21.00	39.50	54.00	68.60
16	75	73.00	61.00	43.50	23.50	18.00	36.50	51.00	68.80
17	80	74.50	62.50	45.00	26.00	12.50	33.50	48.00	69.00
18	85	78.00	65.50	48.00	29.00	6.50	30.00	44.50	69.20
19	90	82.00	68.50	50.50	30.50	6.00	26.50	41.00	69.40
20	95	84.50	70.00	52.50	33.00	13.50	23.50	38.50	69.60
21	100	88.00	73.50	55.50	35.50	17.00	22.00	37.50	69.80
22	105	91.00	76.00	58.50	39.00	20.50	18.50	34.00	70.00
23	110	93.50	79.00	61.50	42.50	24.00	15.50	32.50	70.50
24	115	95.00	81.00	63.50	45.50	27.50	7.00	30.00	70.60

TEMPI ONDE SH – ST9 - San Vincenzo a Torri

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	QUOTA IN mslm
1	0	82.00	16.50	105.00	173.00	248.00	309.00	355.00	64.80
2	5	95.50	42.00	92.50	164.00	238.00	299.00	346.00	64.90
3	10	110.00	59.00	79.50	153.00	226.00	288.50	335.50	65.00
4	15	126.50	73.00	63.00	143.50	216.00	278.00	325.00	65.30
5	20	142.50	87.00	44.00	133.00	205.00	270.00	318.00	65.50
6	25	159.00	104.00	19.50	118.00	194.00	261.00	309.00	65.80
7	30	170.00	116.00	16.50	100.50	179.00	250.00	298.00	66.10
8	35	177.00	126.50	42.00	86.00	164.50	236.50	285.00	66.40
9	40	188.50	136.00	55.50	73.00	154.50	225.00	274.00	66.80
10	45	202.50	151.00	77.00	51.50	140.50	210.00	260.00	67.20
11	50	211.50	160.00	89.00	37.00	127.50	201.00	251.00	67.60
12	55	222.00	172.00	100.00	18.00	113.00	187.50	239.00	67.90
13	60	232.00	186.00	114.00	19.50	96.00	177.50	226.00	68.20
14	65	246.50	201.00	131.50	37.00	76.00	164.00	215.00	68.40
15	70	257.00	211.00	142.50	51.00	61.00	148.50	203.00	68.60
16	75	269.00	223.00	155.50	64.00	46.00	131.50	188.00	68.80
17	80	283.00	236.00	167.00	82.00	29.00	115.50	174.00	69.00
18	85	294.50	248.00	182.00	97.50	15.00	99.50	160.50	69.20
19	90	302.50	257.00	194.00	112.50	14.50	87.50	147.00	69.40
20	95	310.50	266.00	204.00	126.00	29.00	73.50	129.00	69.60
21	100	319.50	275.00	216.00	138.00	43.00	55.50	116.00	69.80
22	105	331.00	288.00	229.00	152.00	57.50	44.50	100.50	70.00
23	110	343.00	300.00	241.00	166.00	78.00	36.00	85.50	70.50
24	115	352.50	310.50	251.00	178.00	88.00	18.50	72.50	70.60

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST9 – 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	295	940	1584
2	5	299	948	1570
3	10	302	955	1572
4	15	306	963	1616
5	20	309	971	1686
6	25	313	979	1729
7	30	316	986	1753
8	35	320	994	1760
9	40	329	1002	1807
10	45	338	1010	1946
11	50	346	1017	2088
12	55	355	1025	2157
13	60	364	1053	1997
14	65	373	1082	1782
15	70	381	1110	1613
16	75	390	1138	1547
17	80	391	1167	1513
18	85	393	1195	1576
19	90	394	1223	1687
20	95	395	1252	1813
21	100	396	1280	1936
22	105	398	1308	2039
23	110	399	1337	2173
24	115	400	1365	2290

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST9 – 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	150	280	409
2	5	149	279	405
3	10	147	277	401
4	15	146	276	403
5	20	144	275	415
6	25	143	273	434
7	30	141	272	446
8	35	140	270	444
9	40	139	269	439
10	45	139	268	441
11	50	138	266	446
12	55	138	265	441
13	60	137	272	427
14	65	136	279	409
15	70	136	286	398
16	75	135	293	392
17	80	139	300	401
18	85	141	307	415
19	90	142	315	420
20	95	143	322	411
21	100	144	329	402
22	105	146	336	393
23	110	147	343	393
24	115	170	350	392

COMUNE DI SCANDICCI PROVINCIA DI FIRENZE

TITOLO:

STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI

“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE
SISMICA A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P ED SH)
CALCOLO v_{S30} - D.M. 14/01/2008 – LINEA SISMICA ST10
IN LOCALITÀ SAN VINCENZO A TORRI - SCANDICCI (FI)”

COMMITTENTE:

COMUNE DI SCANDICCI

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
08 Febbraio 2012

TRIGEO S.N.C.

VIA MAZZINI, 18 – 52011 SOCI (AR)
VIA BOLOGNESE, 289 – 50139 LA LASTRA - FIRENZE
TEL/FAX 0575 294500 – CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 9062212 – 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI</i> <i>LINEA SISMICA ST10</i> <i>IN LOCALITÀ SAN VINCENZO A TORRI</i>	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 1 di 12

INDICE

INTRODUZIONE.....	2
1.0 SCHEMA OPERATIVO.....	3
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 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI VS30.....	9
6.0 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 Gennaio 2012, per conto del **COMUNE DI SCANDICCI**, nei pressi di un'area posta in località **SAN VINCENZO A TORRI, SCANDICCI (FI)** (Fig. 1).



Figura 1: Particolare della sezione ST10: Shot point A–Onde SH.

L'indagine sismica, si inserisce nell'ambito dell'attività di revisione del vigente Regolamento Urbanistico, per il quale il comune sta effettuando le indagini geologico-tecniche previste in base all'art. 62 della Legge Regionale Toscana n. 1/2005 (Norme per il governo del territorio).

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:

	<i>STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI</i> LINEA SISMICA ST10 <i>IN LOCALITÀ SAN VINCENZO A TORRI</i>	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 3 di 12

- **Tavola 01:** Planimetria generale del profilo sismico ST10 eseguito, scala 1:10.000 (da CTR 1:10.000);
- **Tavola 02:** Planimetria di dettaglio scala 1:1.000 (da CTR 1:10.000) con ubicazione del profilo sismico ST10 eseguito, posizionamento dei geofoni e delle energizzazioni effettuate;
- Schema dettagliato della linea sismica con posizionamento relativo dei geofoni (quote-distanze), coordinate in Gauss-Boaga dei geofoni iniziale e finale e punti di energizzazioni (quote-distanze);
- Tabelle Tempi di arrivo Onde P e SH relativi ai vari scoppi, con riportati posizione, tempo di arrivo e quota di ciascun geofono;
- **Tavole 03-06:** Diagrammi Tempi d'arrivo-Distanze (Dromocrone) 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;
- **Tavole 04-07:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05-08:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 09-10:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500;
- Documentazione fotografica della linea sismica e di ciascun punto scoppio.

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).

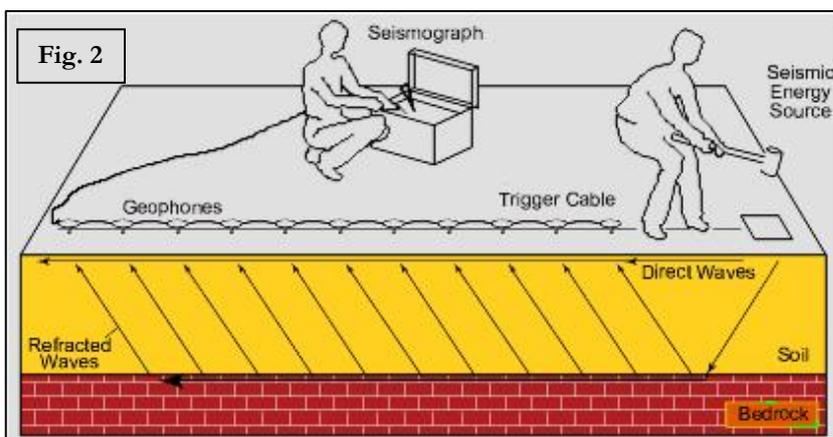
Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati e degli spazi a disposizione è stata scelta una distanza intergeofonica di 5 m per la sezione eseguita sia

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

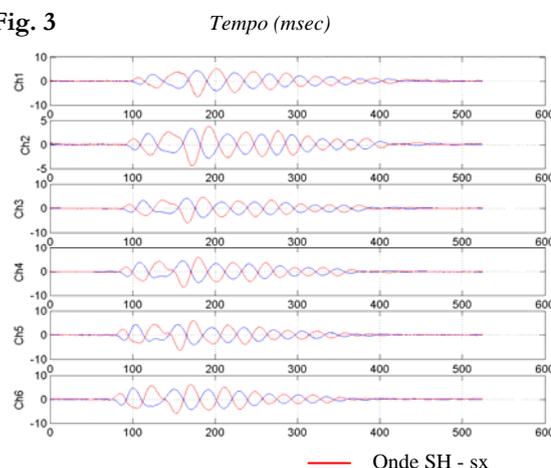


A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo PASI mod. 16S24 a 24 canali, dotato di filtri analogici e digitali, *notch filter* a 50 Hz ed *Automatic Gain Control*, con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit con sovracampionamento e post-processing, 4 contatori indipendenti, base dei tempi 20 Mhz, accuratezza $\pm 0.01\%$, trattamento dei dati come Floating Point 32 bit, processore Pentium Intel, ambiente operativo Windows ed un Hard Disk da 10 Gb dove vengono immagazzinati i dati acquisiti, i dati sono quindi visualizzati sul display VGA a colori in LCD-TFT 10.4". le registrazioni vengono gestite dal PC interno ed in seguito trasferite mediante RS232 ad altri PC per le successive elaborazioni.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni "PASI" verticali ed orizzontali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile e nel

Fig. 3



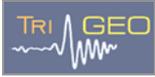
caso dei geofoni orizzontali dotati di bolla livellante, con frequenza caratteristica di 10 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

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 rifratore, il calcolo della sezione tempi-profondità ed il fattore di conversione in profondità. Il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati fino ad angoli superiori a 20 gradi. Il GRM in definitiva è un metodo di interpretazione globale e sintetico per il quale molti dei metodi esistenti sono dei casi particolari.

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

Terminata la fase preliminare di verifica dati, mediante la metodologia GRM, è stato utilizzato un nuovo sistema di analisi dei dati sismici che consente di elaborare profili a bassa, media ed elevata copertura. Le dromocrone ricavate dall'interprete vengono elaborate sulla base di tre distinte metodologie analitiche: CMP (intercept time refraction), Plus-Minus e Wavefront. Il metodo

	STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI LINEA SISMICA ST10 IN LOCALITÀ SAN VINCENZO A TORRI	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 6 di 12

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.

Infine sono stati calcolati i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{s30}), come richiesto dalla nuova "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 14 Gennaio 2008 e dall'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003.

3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nelle **Tavole 03-06** 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 04-07**, 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 05-08** 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.

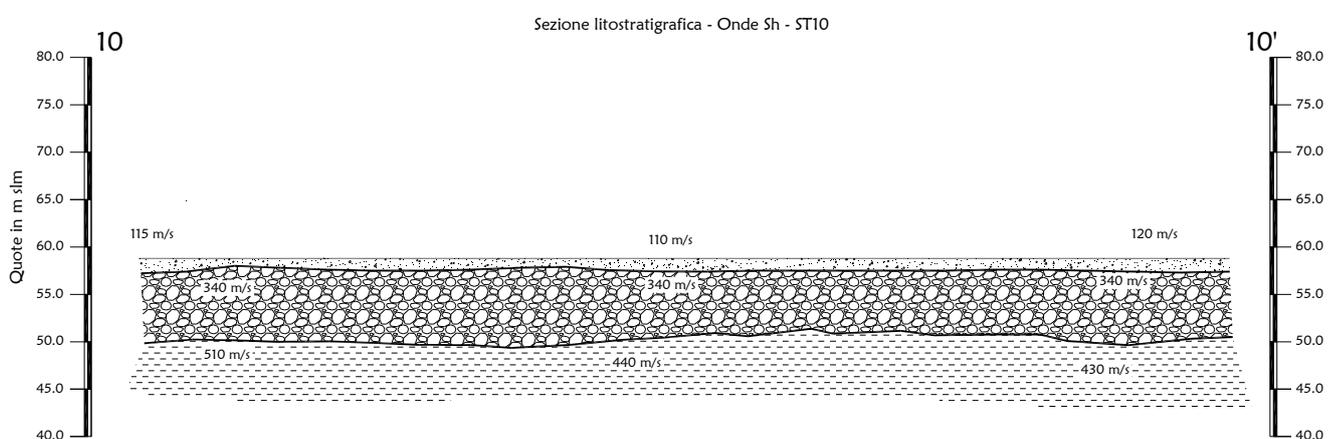
Infine nelle **Tavole 09-10** abbiamo le sezioni tomografiche interpretate realizzate mediante la “WET Tomography” con le relative curve di isovelocità. La scala in falsi colori presente, esprime i valori di velocità all’interno della sezione.

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 principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 0.50 m e 1.90 m (onde P ed onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità comprese tra 6.40 m e 7.15 m (onde P) e tra 7.40 e 9.50 m (Onde SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.10 m e ca. 7.50 m.

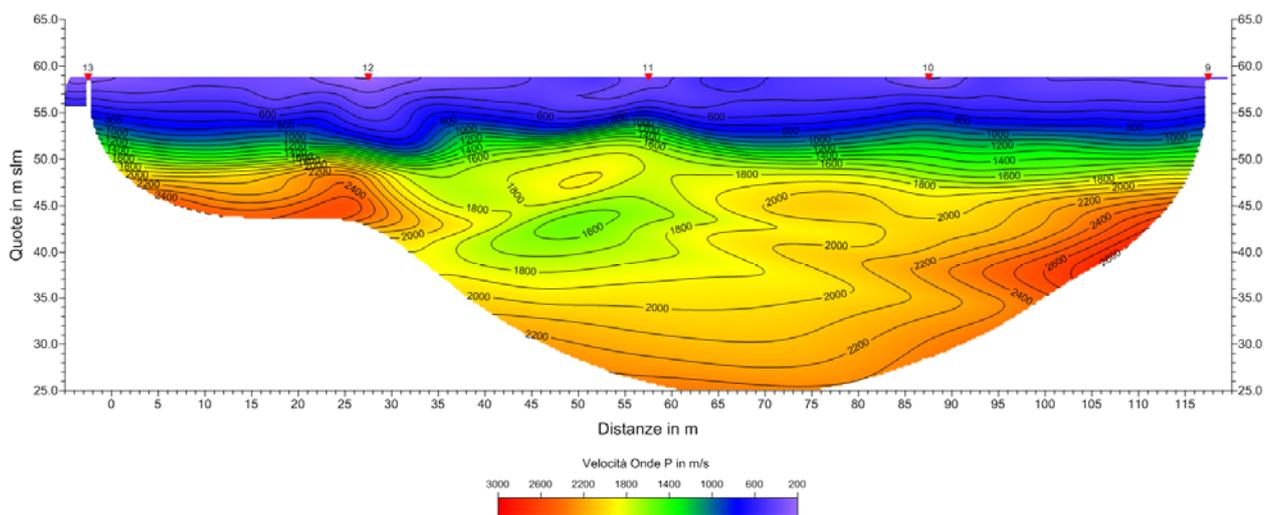
Nella zona d’intervento il rifratore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 265 e 300 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 110-120 m/s, con il livello intermedio, costituito da materiale da ghiaie in matrice limo-sabbiosa, che presenta velocità comprese tra 490-580 m/s (onde P) e tra 315-380 m/s (onde SH). Il rifratore più profondo mette in contatto il livello intermedio con il substrato pliocenico, che presenta velocità comprese tra 1.760 e 1.970 m/s (onde P) e tra 430-520 m/s (onde SH).



La **Sezione ST10**, effettuata in direzione SO-NE, è stata elaborata seguendo le informazioni del GRM, che hanno permesso di ricostruire l'andamento dei due rifrattori.

I due rifrattori mostrano un andamento orizzontale, tipico di questi ambienti di sedimentazione, il rifrattore più profondo, mostra una tendenza a risalire lungo la sezione allontanandosi dal corso del fiume, mostrando la tendenza ad una riduzione dell'orizzonte intermedio di ghiaie in matrice, dati confermati anche da precedenti indagini con altre metodologie (tomografia elettrica). Le discordanze evidenziate tra le due sezione elaborate possono essere anche imputabili al grado di saturazione dei materiali, che influenza il comportamento delle onde P, le quali mediamente mostrano un rifrattore principale a profondità inferiori rispetto alle onde SH.

L'analisi tomografica eseguita sia con onde P che con onde SH in accordo con i risultati del GRM mostra materiali più superficiali con spessori omogenei ed il passaggio dal livello intermedio al substrato pliocenico risulta più evidente nella sezione elaborata con onde P, dove il netto raffittimento delle curve di isovelocità (a partire da quella dei 7/800 m/s) indica tale limite; le onde SH invece mostrano una sezione tomografica sostanzialmente più omogenea, molto probabilmente per la presenza di abbondante matrice limo-sabbiosa all'interno del livello intermedio. Le ghiaie in virtù della presenza di abbondante matrice mostrano velocità simili al substrato pliocenico costituito principalmente da argille e limi.



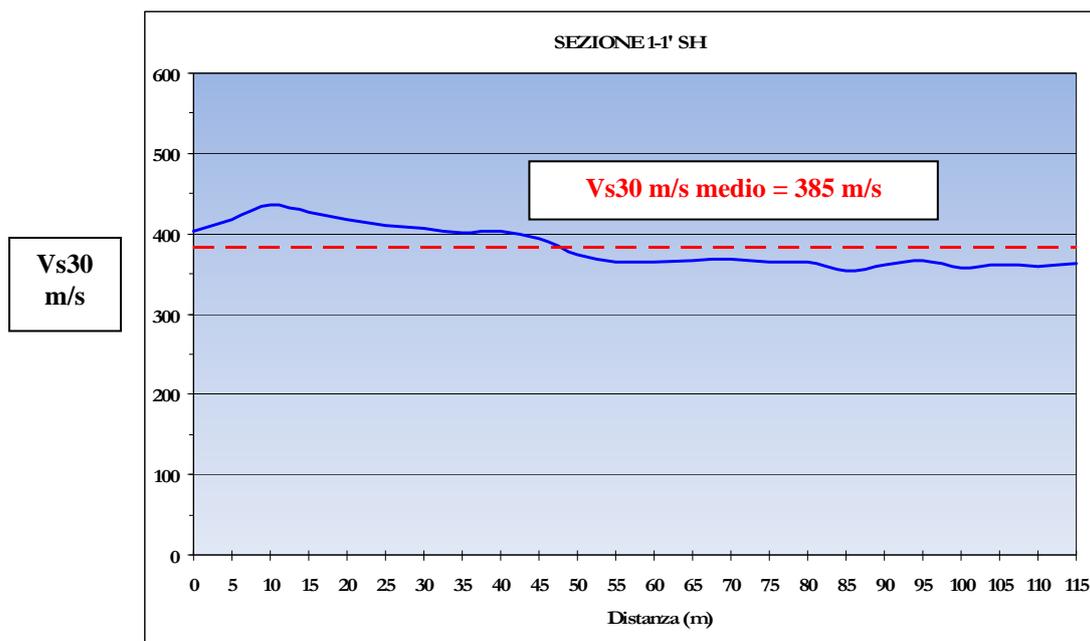
Le velocità del substrato pliocenico tendono sia per le onde P che SH a diminuire lungo la sezione passando da 1.900 m/s (onde P) e 520 m/s (onde SH) ai rispettivi 1.760 m/s (P) e 430 m/s (SH).

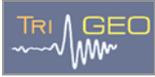
5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA DAI VALORI DI V_{s30}

L'indagine mediante onde SH fornisce i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{s30}), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. Le "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" definiscono 7 tipologie di suoli principali:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_i > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, ma soprattutto sulla base dei valori di velocità ottenuti è stato possibile definire il valore di V_{s30} medio per la sezione ST10:



	<p style="text-align: center;">STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI SCANDICCI LINEA SISMICA ST10 IN LOCALITÀ SAN VINCENZO A TORRI</p>	Febbraio 2012
		Comune di Scandicci (FI)
		Pag. 10 di 12

6.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area, posta in località **SAN VINCENZO A TORRI, SCANDICCI (FI)**. 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 e depositi limo-sabbiosi) ed il livello intermedio, costituito da ghiaie in matrice limo-sabbiosa e tra quest'ultimo ed il substrato pliocenico.

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

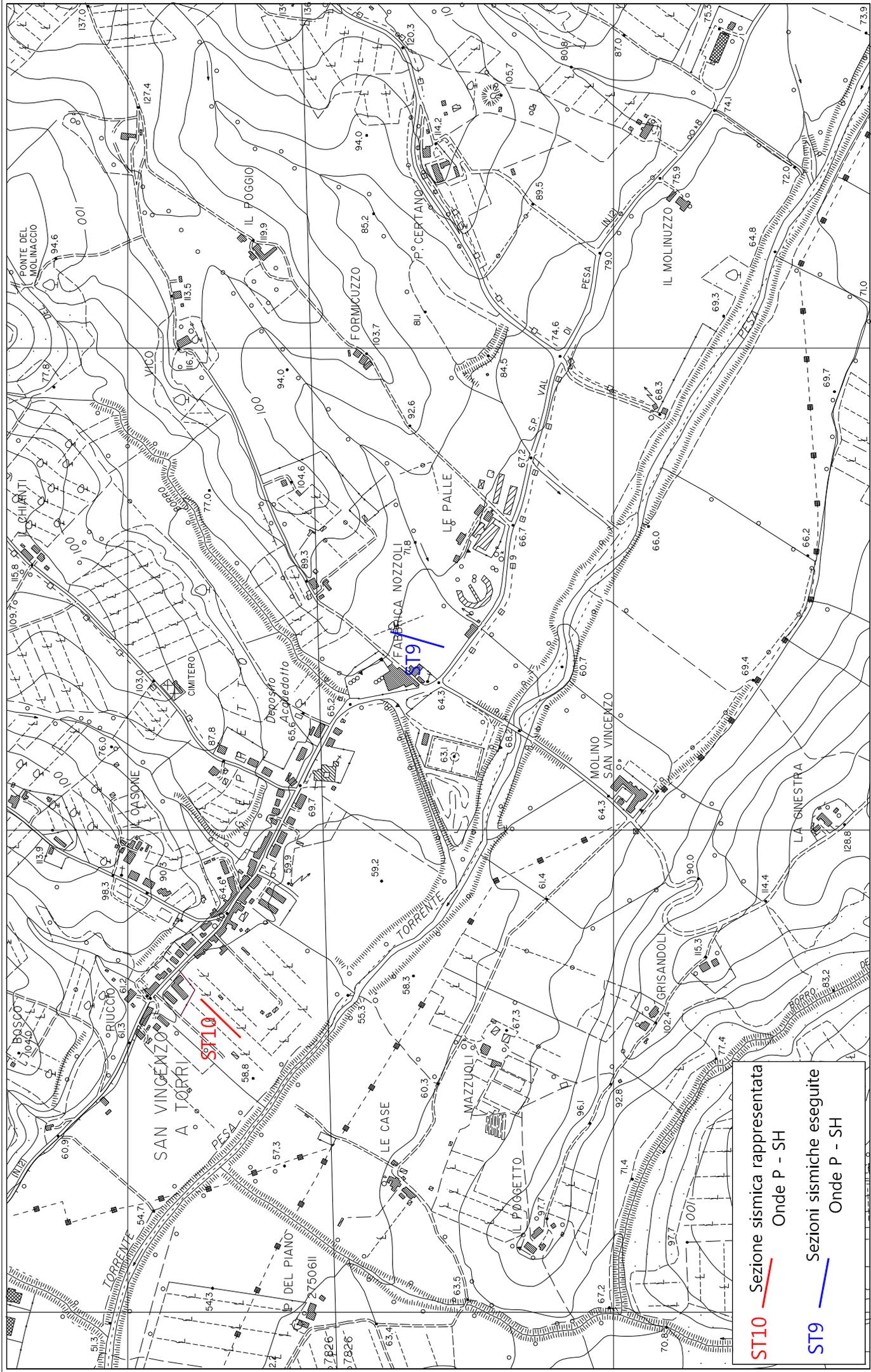
- sono state ricostruite due superfici rifrangenti principali: la prima si localizza a profondità comprese tra 0.50 m e 1.90 m (onde P ed onde SH); mentre la seconda si colloca a profondità comprese tra 6.40 m e 7.15 m (onde P) e tra 7.40 e 9.50 m (Onde SH). I valori medi di profondità delle due superfici individuate, rispetto al p.c., sono rispettivamente di ca. 1.10 m e ca. 7.50 m;
- nella zona d'intervento il rifratore più superficiale mette a contatto il terreno vegetale ed i depositi limo-sabbiosi superficiali, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali comprese tra 265 e 300 m/s e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra 110-120 m/s, con il livello intermedio, costituito da materiale da ghiaie in matrice limo-sabbiosa, che presenta velocità comprese tra 490-580 m/s (onde P) e tra 315-380 m/s (onde SH). Il rifratore più profondo mette in contatto il livello intermedio con il substrato pliocenico, che presenta velocità comprese tra 1.760 e 1.970 m/s (onde P) e tra 430-520 m/s (onde SH);
- è stata calcolata, come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni., una V_{s30} mediata sui primi 30 m, pari a **385 m/s**.

Firenze, lì 08/02/2012

TRIGEO SNC



ALLEGATI



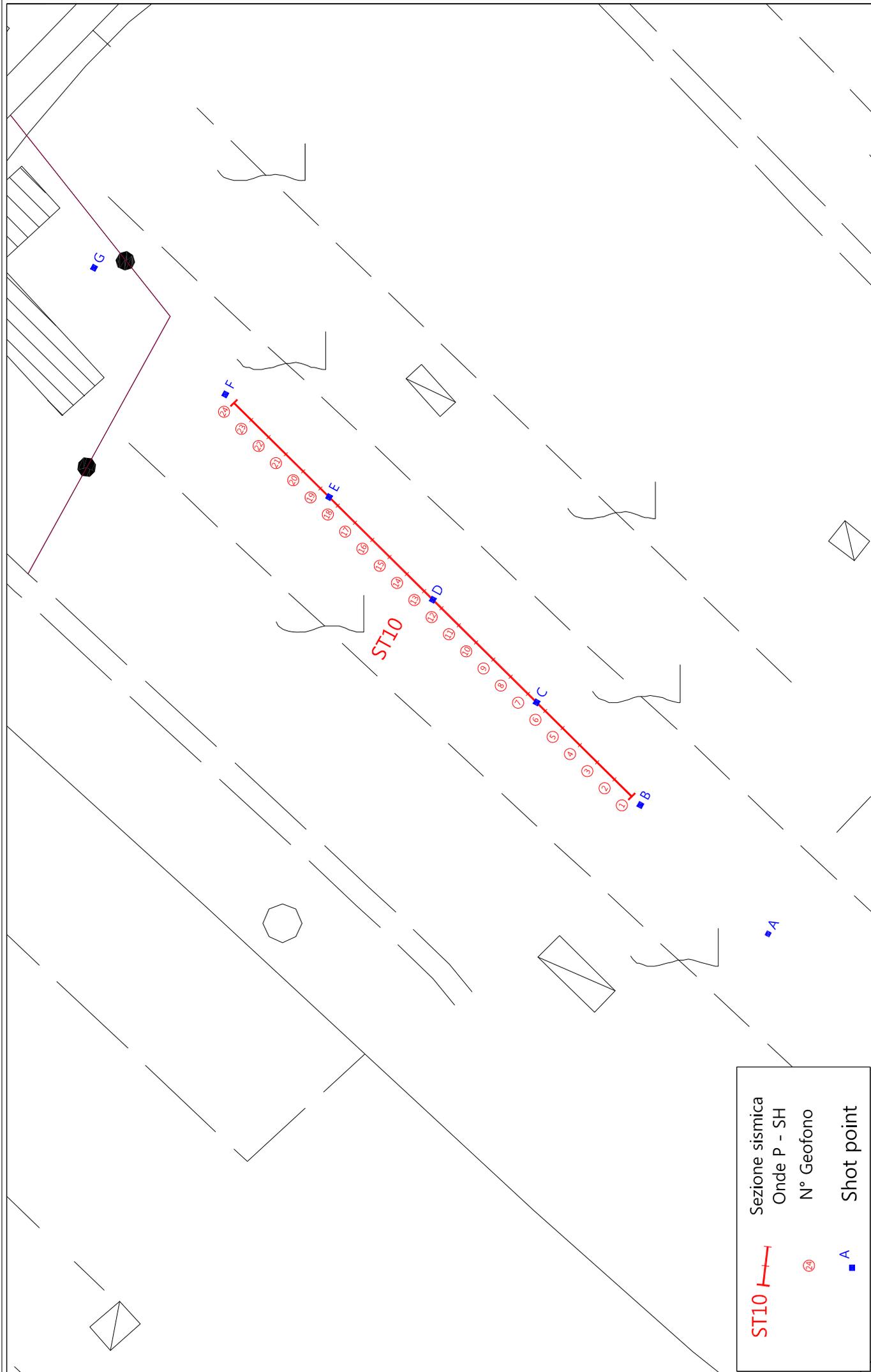
ST10 — Sezione sismica rappresentata
Onde P - SH

ST9 — Sezioni sismiche eseguite
Onde P - SH

Tavola 01 - Planimetria generale - ST10 - San Vincenzo a Torri

Febbraio 2012

Scala 1: 10.000



	Sezione sismica
	Onde P - SH N° Geofono
	Shot point

Dromocrone

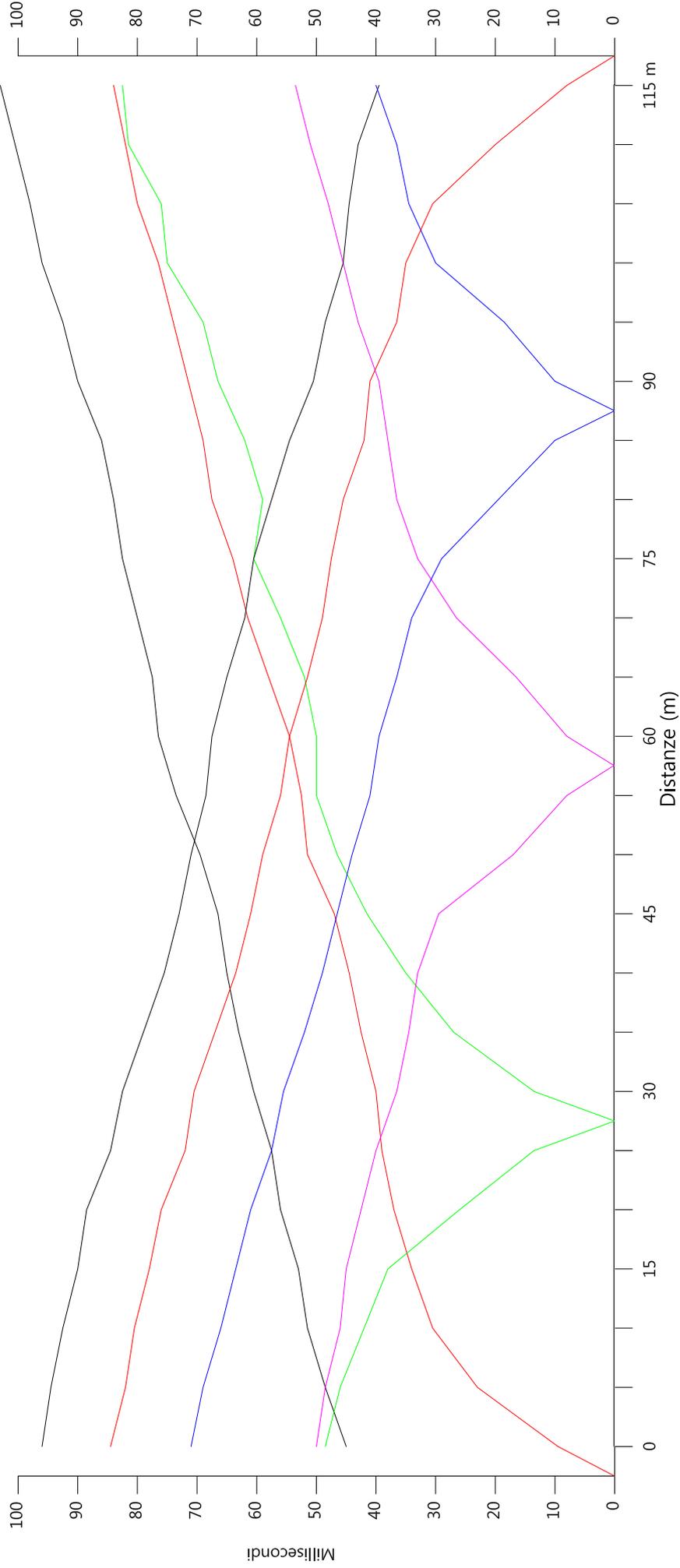
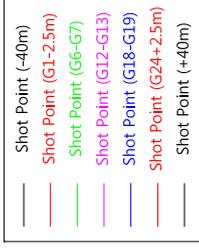
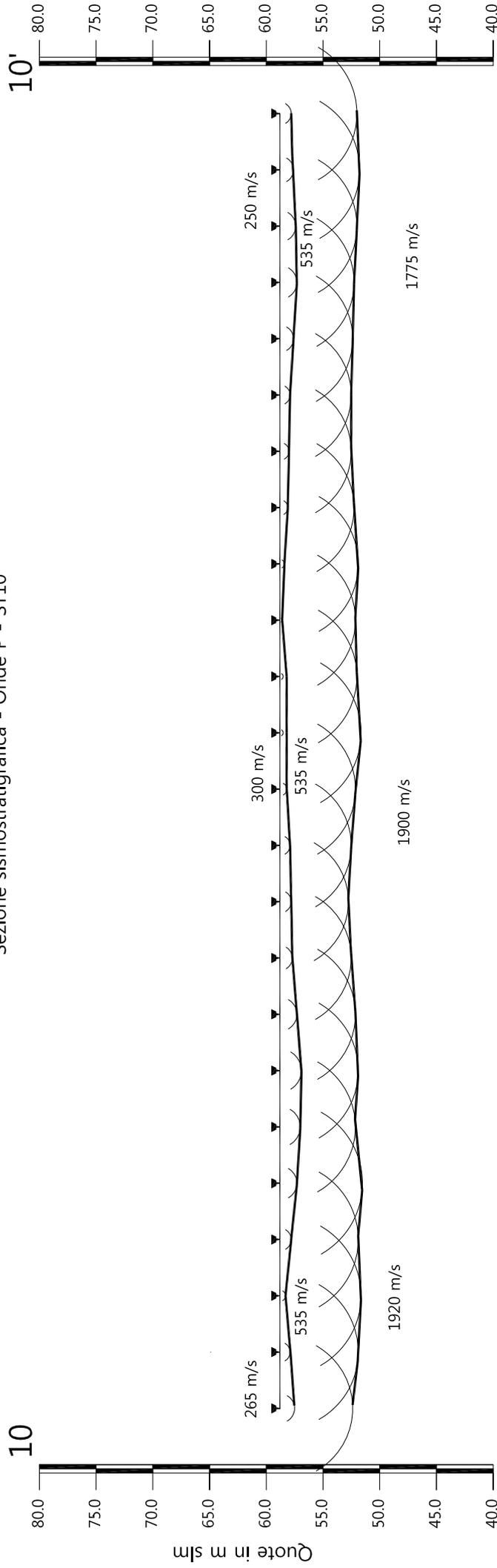


Tavola 03 - Dromocrone - Onde P - ST10

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST10



Numero geofono	0	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)	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80
Quote in m slm	1.30	0.90	0.50	1.00	1.50	1.80	1.90	1.50	1.10	1.00	0.90	0.60	0.30	0.30	0.80	0.20	0.40	0.70	0.80	0.90	1.20	1.50	1.40	1.20	1.00
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80
Profondità da p.c. Livello 2 (m)	1.30	0.90	0.50	1.00	1.50	1.80	1.90	1.50	1.10	1.00	0.90	0.60	0.30	0.30	0.80	0.20	0.40	0.70	0.80	0.90	1.20	1.50	1.40	1.20	1.00

Profilo topografico

 Profilo topografico strato

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

 Geofoni

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

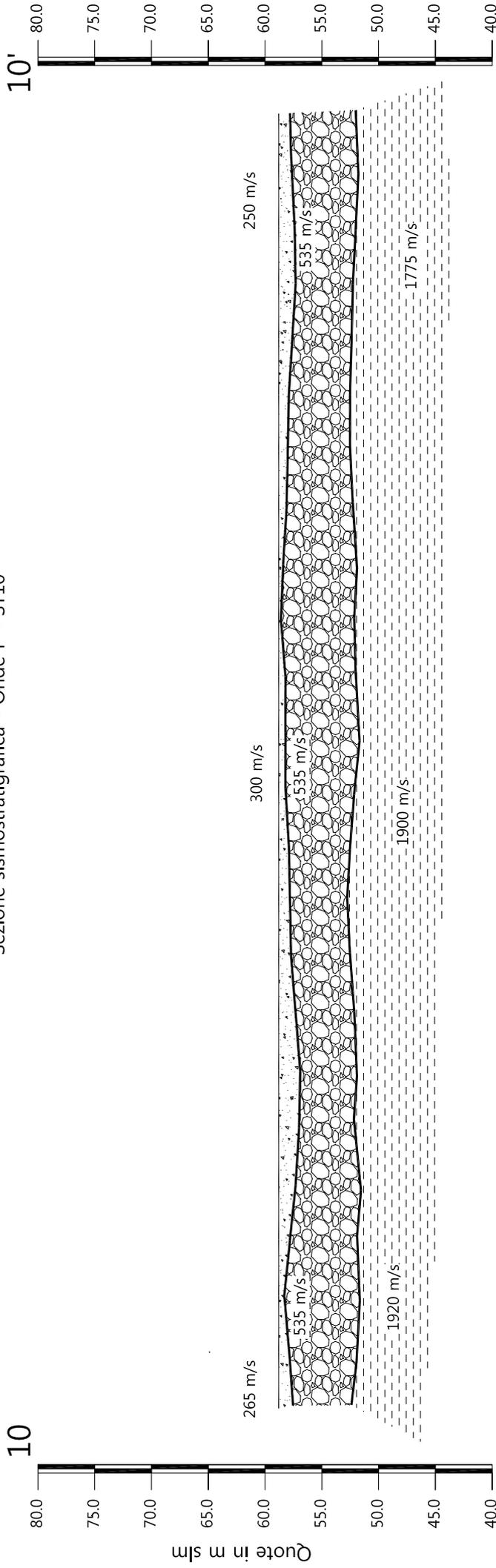


Tavola 04 - Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST10

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione sismostratigrafica - Onde P - ST10



Legenda

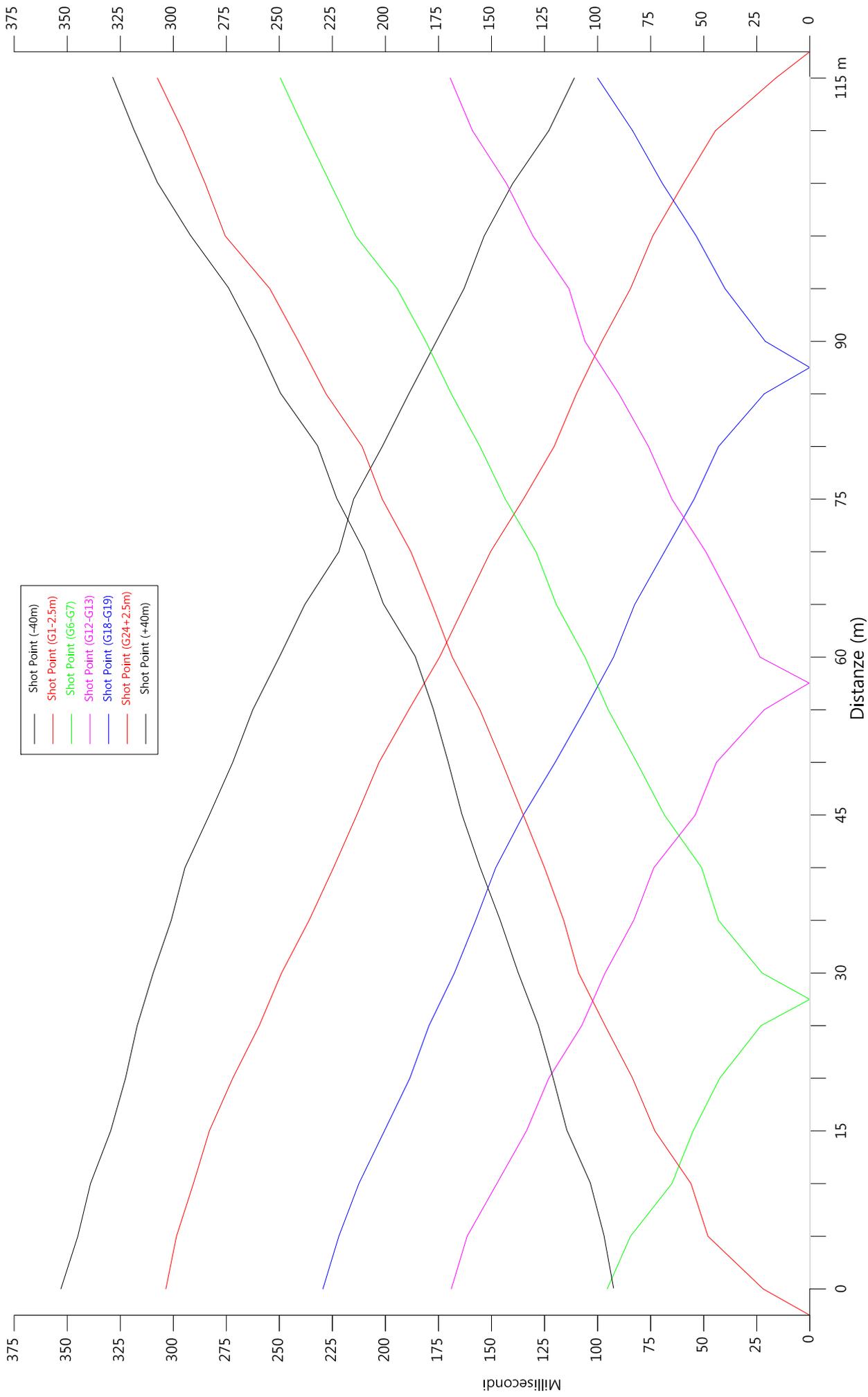
-  Terreno vegetale
Depositi limo sabbiosi
-  Ghiaie in matrice
limo-sabbiosa
-  Substrato pliocenico

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 05 - Sezione litostratigrafica - Onde P - ST10





- Shot Point (-40m)
- Shot Point (G1-2.5m)
- Shot Point (G6-G7)
- Shot Point (G12-G13)
- Shot Point (G18-G19)
- Shot Point (G24+2.5m)
- Shot Point (+40m)

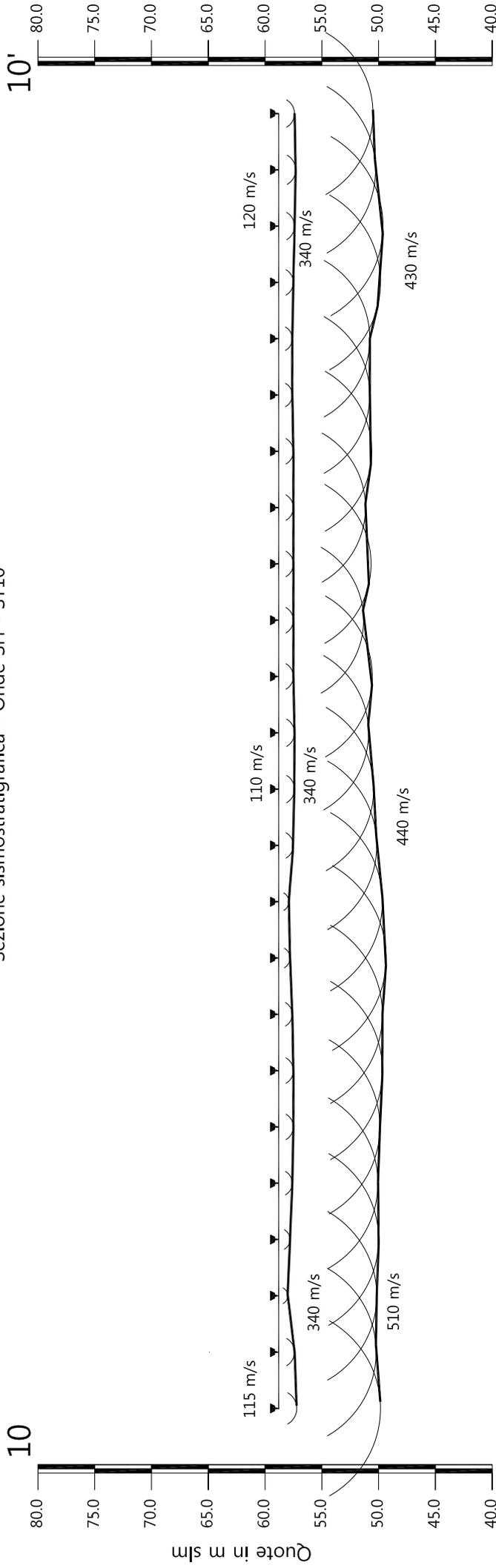


Tavola 06 - Dromocrone - Onde SH - ST10

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ST10



Numero geofono	0	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)	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80
Quote in m slm	1.60	1.40	0.80	1.00	1.20	1.30	1.30	1.30	1.20	1.00	0.90	1.30	1.40	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.20	1.20	1.30	1.40	1.50	1.40
Profondità da p.c. Livello 1 (m)	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80	58.80
Profondità da p.c. Livello 2 (m)	1.60	1.40	0.80	1.00	1.20	1.30	1.30	1.30	1.20	1.00	0.90	1.30	1.40	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.20	1.20	1.30	1.40	1.50	1.40

Profilo topografico

 Profilo topografico strato

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

 Geofoni

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

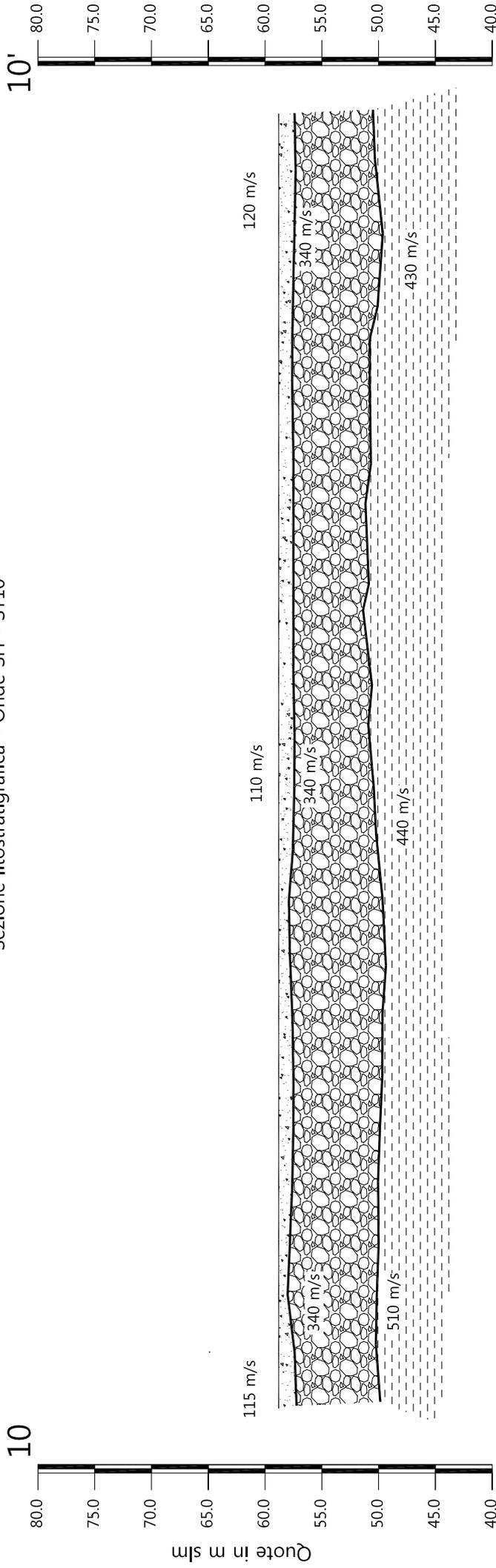


Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 07 - Sezione sismostratigrafica - Onde SH - ST10

Sezione litostratigrafica - Onde SH - ST10



Legenda

-  Terreno vegetale
-  Depositi limo sabbiosi
-  Ghiaie in matrice limo-sabbiosa
-  Substrato pliocenico

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

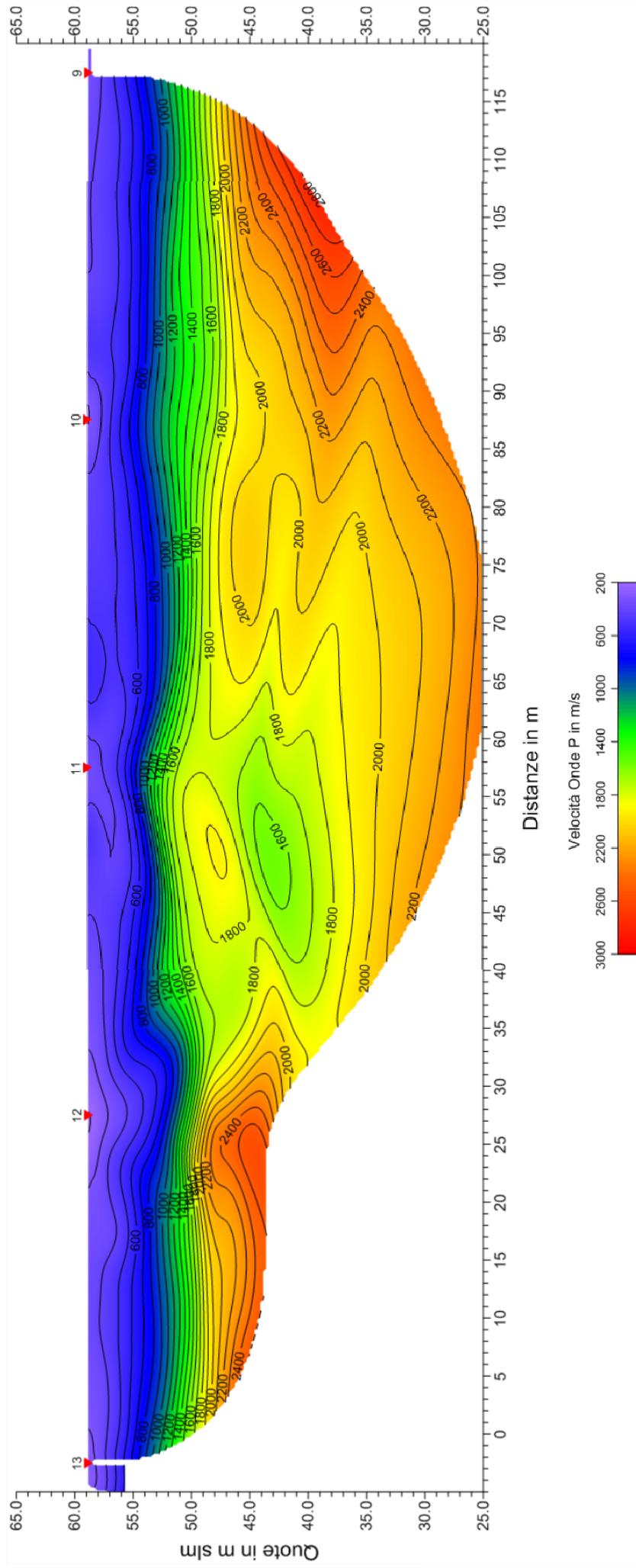
Tavola 08 - Sezione litostratigrafica - Onde SH - ST10



Sezione tomografica - Onde P - ST10

10

10'



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Febbraio 2012

Tavola 09 - Sezione tomografica - Onde P - ST10



Sezione tomografica - Onde SH - ST10

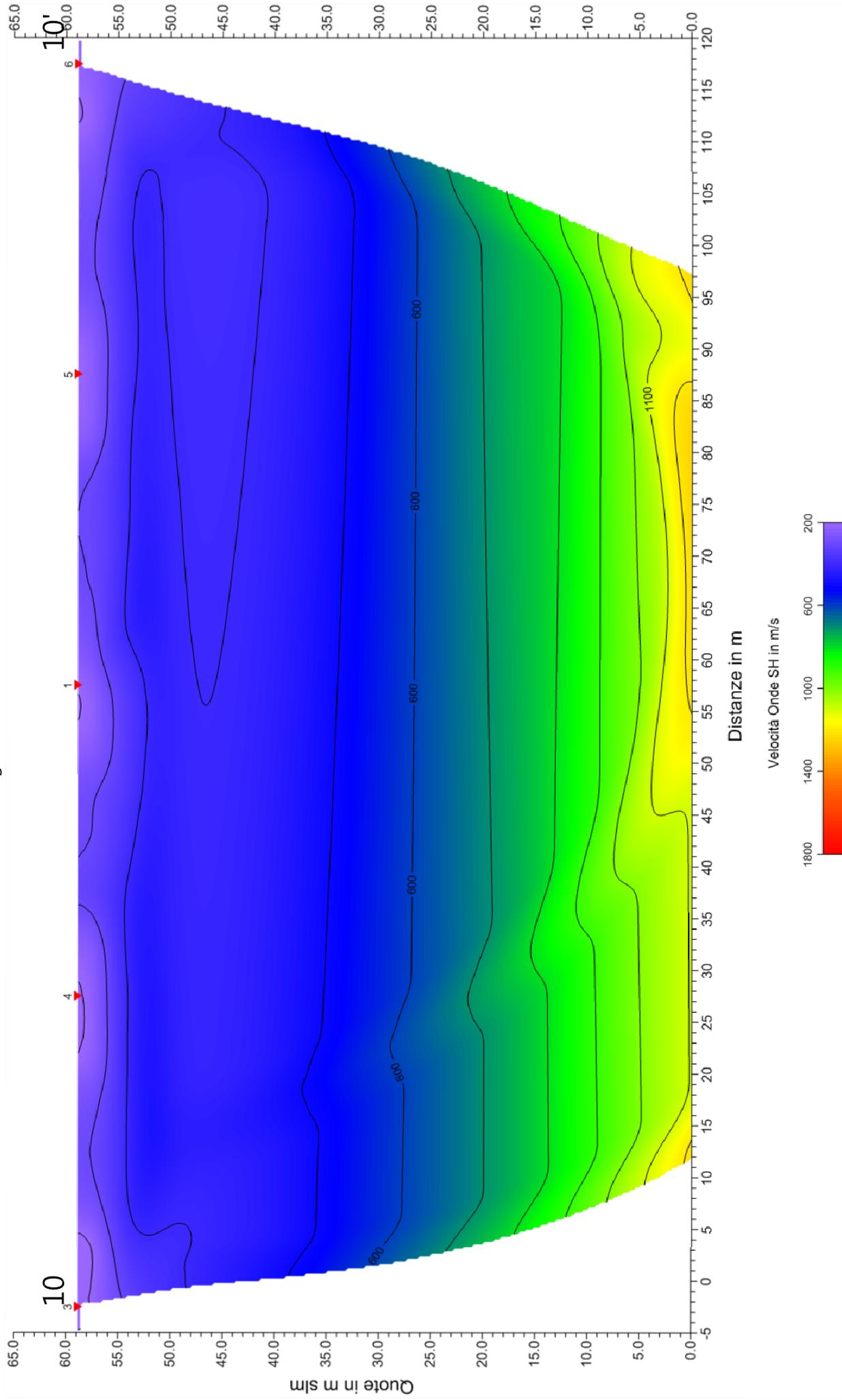


Tavola 10 - Sezione tomografica - Onde SH - ST10

Febbraio 2012

Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500



Vista generale della sezione ST10 da G1 verso G24.



Vista generale della sezione ST10 da G24 verso G1.



Shot Point A dx- onde SH – ST10



Shot Point A sx - onde SH – ST10



Shot Point G - onde SH – ST10



Shot Point A - onde P – ST10

SEZIONE SISMICA ST10 – SAN VINCENZO A TORRI – SCANDICCI (FI)
SCHEMA DELLA PROSPEZIONE SISMICA

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0.0	58.80
2	5	5.0	58.80
3	10	5.0	58.80
4	15	5.0	58.80
5	20	5.0	58.80
6	25	5.0	58.80
7	30	5.0	58.80
8	35	5.0	58.80
9	40	5.0	58.80
10	45	5.0	58.80
11	50	5.0	58.80
12	55	5.0	58.80
13	60	5.0	58.80
14	65	5.0	58.80
15	70	5.0	58.80
16	75	5.0	58.80
17	80	5.0	58.80
18	85	5.0	58.80
19	90	5.0	58.80
20	95	5.0	58.80
21	100	5.0	58.80
22	105	5.0	58.80
23	110	5.0	58.80
24	115	5.0	58.80

COORDINATE GAUSS-BOAGA DEI GEOFONI 1 E 24

	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	1668570.48	1668650,69
Y(m)	4840777.72	4840860.00

**PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT – ST10 – SAN VINCENZO A
TORRI**

TIRI	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
A ESTERNO SX	-40.0	58.80
B ESTREMO SX	- 2.50	58.80
C INTERMEDIO SX	27.50	58.80
D CENTRALE	57.50	58.80
E INTERMEDIO DX	87.50	58.80

<i>SCHEMA DELLA LINEA – ST10– SAN VINCENZO A TORRI</i>	Febbraio 2012
	Comune di Scandicci (FI)

F ESTREMO DX	117.50	58.80
G ESTREMO DX	147.50	58.80

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST10 – SAN VINCENZO A TORRI – ONDE

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	1.30	6.42
2	5	0.90	6.91
3	10	0.50	7.16
4	15	1.00	6.91
5	20	1.50	7.28
6	25	1.80	6.66
7	30	1.90	6.91
8	35	1.50	6.66
9	40	1.10	6.29
10	45	1.00	6.04
11	50	0.90	6.29
12	55	0.60	6.66
13	60	0.30	7.16
14	65	0.00	6.79
15	70	0.20	6.66
16	75	0.40	6.91
17	80	0.70	6.54
18	85	0.80	6.29
19	90	0.90	6.29
20	95	1.20	6.42
21	100	1.50	6.54
22	105	1.40	6.79
23	110	1.20	7.03
24	115	1.00	6.79

P

PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST10 – SAN VINCENZO A TORRI – ONDE

SH

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	1.60	8.97
2	5	1.40	8.59
3	10	0.80	8.64
4	15	1.00	8.81
5	20	1.20	8.75
6	25	1.30	8.92
7	30	1.30	9.14
8	35	1.20	9.14
9	40	1.00	9.47
10	45	0.90	9.14
11	50	1.30	8.64
12	55	1.40	8.37
13	60	1.40	7.92
14	65	1.30	8.25
15	70	1.30	7.48
16	75	1.30	8.14
17	80	1.30	7.65
18	85	1.30	8.20
19	90	1.20	8.03
20	95	1.20	8.03
21	100	1.30	8.97
22	105	1.40	9.19
23	110	1.50	8.53
24	115	1.40	8.31

TEMPI ONDE P – ST10 - San Vincenzo a Torri

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	QUOTA IN mslm
1	0	45.00	9.50	48.50	50.00	71.00	84.50	96.00	58.8
2	5	48.50	23.00	46.00	48.50	69.00	82.00	94.50	58.8
3	10	51.50	30.50	42.00	46.00	66.00	80.50	92.50	58.8
4	15	53.00	34.00	38.00	45.00	63.50	78.00	90.00	58.8
5	20	56.00	37.00	26.00	42.50	61.00	76.00	88.50	58.8
6	25	57.50	39.00	13.50	40.00	57.50	72.00	84.50	58.8
7	30	60.50	40.00	13.50	36.50	55.50	70.50	82.50	58.8
8	35	63.00	42.50	27.00	34.50	52.00	67.00	79.00	58.8
9	40	65.00	44.50	35.00	33.00	49.00	63.50	75.50	58.8
10	45	66.50	47.00	41.50	29.50	46.50	61.00	73.00	58.8
11	50	69.50	51.50	46.50	17.00	44.00	59.00	71.00	58.8
12	55	73.50	52.50	50.00	8.00	41.00	56.00	68.50	58.8
13	60	76.50	54.50	50.00	8.00	39.50	54.50	67.50	58.8
14	65	77.50	58.00	52.00	16.50	36.50	51.50	65.00	58.8
15	70	80.00	61.50	56.00	26.50	34.00	49.00	62.00	58.8
16	75	82.50	64.00	60.50	33.00	29.00	47.50	60.50	58.8
17	80	84.00	67.50	59.00	36.50	19.50	45.50	57.50	58.8
18	85	86.00	69.00	62.00	38.00	10.00	42.00	54.50	58.8
19	90	90.00	71.50	66.50	39.50	10.00	41.00	50.50	58.8
20	95	92.50	74.00	69.00	43.00	18.50	36.50	48.50	58.8
21	100	96.00	76.50	75.00	45.50	30.00	35.00	45.50	58.8
22	105	98.00	80.00	76.00	48.00	34.50	30.50	44.50	58.8
23	110	100.50	82.00	81.50	51.00	36.50	20.00	43.00	58.8
24	115	103.00	84.00	82.50	53.50	40.00	8.00	39.50	58.8

TEMPI ONDE SH – ST10 - San Vincenzo a Torri

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	QUOTA IN mslm
1	0	92.50	22.00	95.50	175.50	229.50	303.50	353.00	58.8
2	5	97.00	48.00	84.50	166.00	222.00	298.50	345.00	58.8
3	10	103.50	56.00	65.00	147.50	212.50	290.50	339.00	58.8
4	15	114.50	73.00	55.00	133.50	200.50	283.00	329.50	58.8
5	20	121.00	83.50	42.50	123.00	188.50	272.00	322.50	58.8
6	25	128.00	96.50	23.00	107.50	179.50	259.50	317.00	58.8
7	30	137.50	109.00	22.50	96.50	167.50	249.00	309.50	58.8
8	35	146.00	116.00	43.00	83.00	157.50	236.00	301.00	58.8
9	40	155.50	125.00	51.00	73.50	148.00	224.50	294.50	58.8
10	45	164.00	135.00	68.50	54.00	135.00	213.50	283.00	58.8
11	50	170.50	145.00	81.50	44.00	120.00	203.00	272.00	58.8
12	55	177.50	155.50	95.00	21.50	106.00	189.00	262.50	58.8
13	60	186.00	168.50	106.00	23.50	92.50	174.50	250.00	58.8
14	65	201.00	178.00	119.50	36.00	82.50	162.50	238.00	58.8
15	70	210.00	188.00	129.00	49.00	68.50	150.50	222.00	58.8
16	75	223.00	201.50	143.50	65.00	54.50	135.00	215.00	58.8
17	80	232.00	211.00	155.50	76.00	43.00	120.50	201.50	58.8
18	85	249.50	228.00	169.00	90.00	21.50	110.00	189.00	58.8
19	90	261.00	241.00	181.00	106.00	21.00	98.00	176.00	58.8
20	95	274.00	254.50	194.50	113.50	40.00	84.50	163.00	58.8
21	100	292.00	275.50	214.00	130.50	53.50	74.00	153.50	58.8
22	105	307.50	285.00	226.00	143.00	69.50	59.50	140.00	58.8
23	110	318.50	295.50	238.00	159.00	83.50	44.50	123.00	58.8
24	115	328.50	307.50	249.50	169.50	100.00	16.00	111.00	58.8

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST10 – 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	265	540	1902
2	5	269	545	1902
3	10	282	550	1903
4	15	296	560	1904
5	20	299	540	1909
6	25	300	543	1923
7	30	285	586	1945
8	35	300	494	1963
9	40	319	502	1972
10	45	328	510	1964
11	50	320	537	1942
12	55	300	525	1910
13	60	290	543	1878
14	65	285	582	1856
15	70	281	510	1843
16	75	290	538	1830
17	80	291	567	1812
18	85	280	595	1791
19	90	275	523	1774
20	95	260	552	1765
21	100	258	580	1764
22	105	259	508	1764
23	110	255	537	1764
24	115	250	565	1764

VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – ST10 – 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	110	380	519
2	5	119	379	519
3	10	117	377	519
4	15	116	376	520
5	20	114	375	518
6	25	113	373	511
7	30	121	372	499
8	35	120	370	483
9	40	129	369	469
10	45	119	358	458
11	50	108	356	448
12	55	108	345	439
13	60	117	342	432
14	65	116	349	427
15	70	116	356	425
16	75	125	333	425
17	80	129	320	425
18	85	111	317	426
19	90	122	315	427
20	95	133	322	427
21	100	114	329	427
22	105	126	336	427
23	110	117	343	427
24	115	120	340	427