



**GЕOPROSPEZIONI s.n.c.**  
via A. della Spina, 43  
56125 - Pisa  
tel/fax 050.552430  
P IVA n° 01745030500  
REA n° 151287

**PROSPEZIONE SISMICA CON METODOLOGIA MASW**  
(Multichannel Analysis of Surface Waves)

Località: Carraia-I Praticelli  
Comune: San Giuliano Terme (PI)

**RELAZIONE TECNICA**

**GЕOPROSPEZIONI**  
*di Salvetti Andrea e Turrini Giuseppe s.n.c.*  
**Via A. Della Spina, 43**  
**56125 PISA**  
**P.I. 01745030500**



Giugno 2010

PREMESSA .....	1
GENERALITA' .....	1
SISTEMA DI ACQUISIZIONE DEI DATI .....	1
<i>SISMOGRAFO</i> .....	2
<i>SORGENTE ENERGIZZANTE</i> .....	2
<i>TRIGGER</i> .....	2
<i>APPARECCHIATURA DI RICEZIONE</i> .....	3
<i>COMPUTER</i> .....	3
ELABORAZIONE DATI.....	3
GEOMETRIA E RISULTATI DELLO STENDIMENTO.....	3

## ALLEGATI

Tavola elaborati grafici e numerici

## PREMESSA

Su incarico della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa è stata effettuata una prospezione sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) su terreni di proprietà posti in località Carraia-I Praticelli, nel Comune di San Giuliano Terme (PI). Tale indagine consente la determinazione della velocità media di propagazione delle onde di taglio ( $V_{S30}$ ) e la classificazione sismica del sito, secondo quanto previsto dal Decreto 14/01/2008, Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, pubblicato sulla GU n° 29 del 04/02/2008.

Le seguenti note espongono la metodologia d'indagine ed i risultati ottenuti.

## GENERALITA'

Il metodo di prospezione sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) permette di ottenere un modello verticale di Vs a partire dalla modalità di propagazione delle onde superficiali, in particolare delle onde di Rayleigh.

Tale metodo sfrutta il fenomeno della dispersione della velocità associata a ciascuna frequenza che si origina quando le onde sismiche si propagano in un mezzo stratificato e trasversalmente isotropo.

Nelle prospezioni sismiche che impiegano le onde di tipo P, la maggior parte dell'energia sismica rilasciata si propaga sotto forma di onde superficiali di tipo Rayleigh. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione in profondità; al contrario, le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte) possiedono minore energia e, di conseguenza, la loro penetrazione è più superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia di analisi che utilizzi la propagazione delle onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. In particolare, la velocità delle onde S è il fattore dominante che controlla le caratteristiche con cui si manifesta il fenomeno della dispersione. Tale velocità può essere ricavata con un opportuno processo di calcolo.

## SISTEMA DI ACQUISIZIONE DEI DATI

L'acquisizione dei dati in campagna è stata effettuata utilizzando una strumentazione composta da:

- sismografo
- sorgente energizzante

- -trigger
- -apparecchiatura di ricezione
- computer

## SISMOGRAFO

Lo strumento impiegato nella presente indagine per la registrazione dei segnali sismici è un sismografo *AMBROGEO "ECHO12-24/2002" Seismic UNIT* avente le seguenti caratteristiche:

- Registrazione a 24 canali
- Intervallo di campionamento: 0,296 msec
- Conversione A/D: 16 bit
- Impedenza d'ingresso: 1 Kohm
- Guadagno da 10 dB a 100 dB con incrementi di 1 dB
- Tensione di saturazione: +/- 2,3 V
- Livello di saturazione: 100 dB
- Distorsione 0,01%
- Durata della registrazione: 1000 msec
- Campionamento: 130 microsec
- Range dinamico: 93 Db

## SORGENTE ENERGIZZANTE

Come sorgente energizzante è stata utilizzato un maglio metallico del peso di circa 100 kg., in caduta libera da un'altezza di 1,50 m, lasciato impattare su una piastra in ferro posizionata al suolo. L'acquisizione è stata effettuata ripetendo il numero di colpi al fine di confrontare e migliorare la qualità delle acquisizioni in termini di rapporto segnale/rumore di fondo.

## TRIGGER

Il trigger impiegato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso tramite il contatto fra il maglio e la piastra di battuta al momento dell'impatto. La chiusura del circuito consente l'acquisizione dei dati al sismografo con cui è collegato.

## APPARECCHIATURA DI RICEZIONE

Per la ricezione delle onde sono stati utilizzati 24 geofoni verticali *Geospace* con frequenza propria pari a 4,5 Hz.

## COMPUTER

I dati relativi a ciascuna energizzazione sono stati memorizzati istantaneamente su di un computer portatile, collegato via cavo al sismografo, sul quale è installato il software di acquisizione *ECHO 2002*; esso consente la visualizzazione delle registrazioni effettuate e la regolazione dei parametri di acquisizione prima di ogni registrazione.

## ELABORAZIONE DATI

I file acquisiti sono stati elaborati mediante il software *WinMasw*, versione 4.3 Standard, prodotto da *Eliosoft*.

L'iter di elaborazione delle registrazioni che porta alla definizione del profilo di velocità delle onde S si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. estrazione del modo fondamentale della curva di dispersione;
2. inversione della curva di dispersione per ottenere un profilo 1-D di velocità delle onde VS;

L'operatore agisce nelle operazioni del software in particolar modo per due importanti operazioni;

- la modellazione dei terreni sulla base di dati geologici e di indagini geognostiche precedentemente eseguite.

- il picking delle curve di dispersione;

## GEOMETRIA E RISULTATI DELLO STENDIMENTO

La prospezione MASW è stata realizzata disponendo una stesa sismica allungata circa in direzione NNE-SSW, su terreni all'interno della proprietà oggetto delle indagini. Le acquisizioni sono state effettuate impiegando 24

geofoni verticali spazati di 2 m ed eseguendo una serie di energizzazioni esternamente alla stesa distanziate di 6 m dal geofono n° 1. Di seguito è raffigurata la geometria di acquisizione adottata per la presente indagine.



L'elaborazione dei dati acquisiti ha fornito un modello del sito investigato costituito da 4 sismostrati. Le caratteristiche dei terreni lungo la verticale indagata espresse in termini di spessori e velocità delle onde di taglio per ciascun sismostrato, sono riassunte nella tabella sottostante.

	sismostr. 1	sismostr. 2	sismostr. 3	sismostr. 4
vel. v (m/s)	169	151	126	185
spess. h (m)	3,50	1,70	11,90	12,90
profondità (m)	3,50	5,20	17,10	30,00
h/v	0,0207	0,0113	0,0994	0,0697

Da tali dati è possibile determinare il valore di  $VS_{30}$  e da questo la categoria di suolo di fondazione, secondo quanto stabilito dalla nuova normativa tecnica in tema di progettazione antisismica (D.M. 14/01/2008). In particolare, la  $VS_{30}$ , che rappresenta una velocità media ponderata, è calcolabile secondo la seguente espressione:

$$VS_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

$h_i$  = spessore i-esimo di ogni singolo sismostrato

$V_i$  = velocità i-esima di ogni singolo sismostrato

L'applicazione della suddetta formula ha fornito un valore di  $VS_{30}$ , relativo al modello medio, di 153 m/s.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, i valori ottenuti consentono di classificare il suolo lungo la verticale sismica come di tipo "D" corrispondente, secondo quanto stabilito dal Decreto Ministeriale 14/01/2008 a "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con

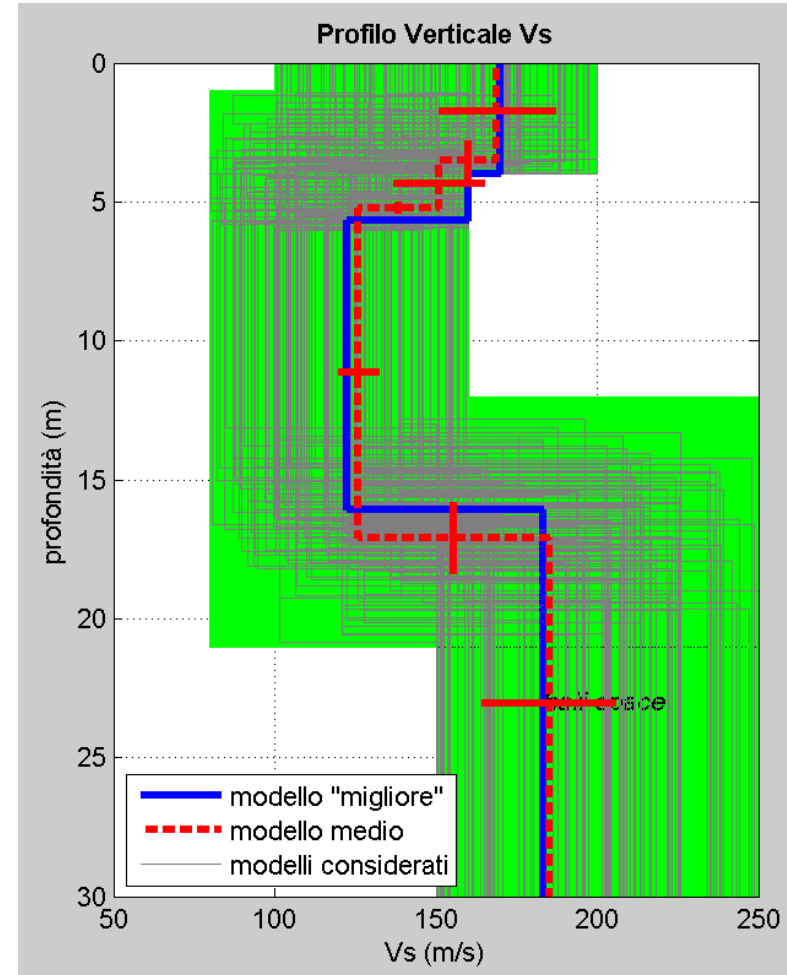
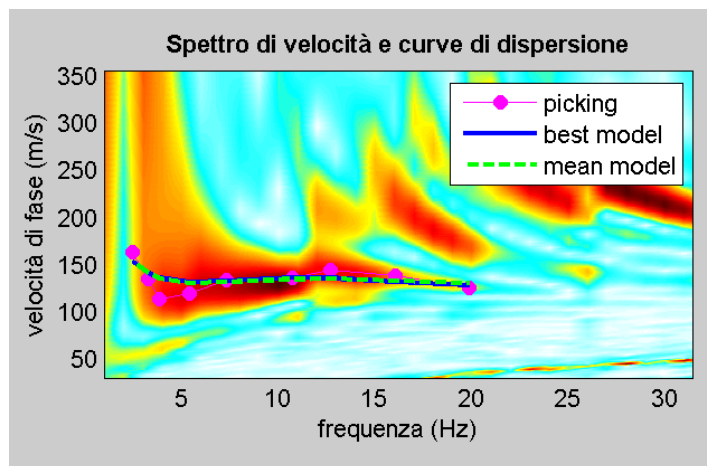
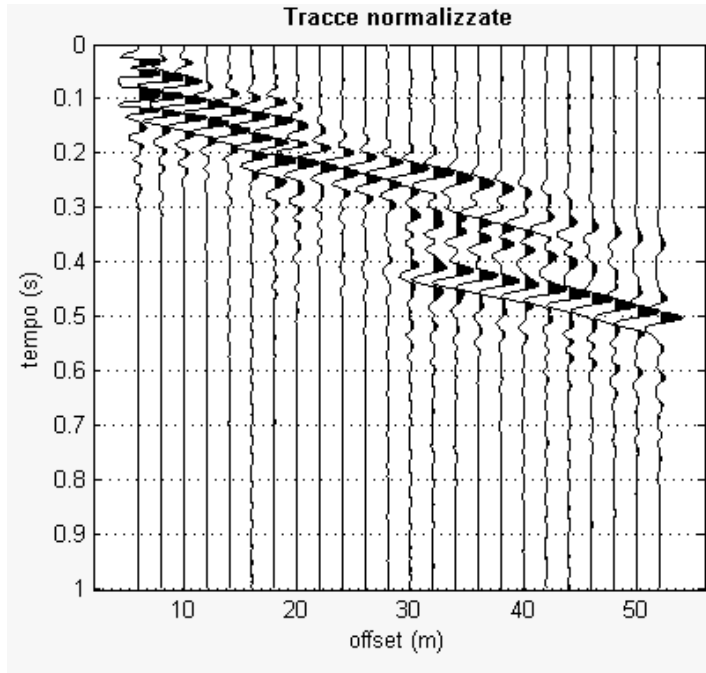
*spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS<sub>30</sub> inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT<sub>30</sub> < 15 nei terreni a grana grossa e cu<sub>30</sub> < 70 kPa nei terreni a grana fina”.*

Si precisa che il valore di VS<sub>30</sub> e la categoria di suolo di fondazione forniti sono stati valutati con riferimento al piano campagna. Entrambi i parametri dovranno essere accuratamente definiti oltre che sulla base dei dati contenuti nel presente rapporto, sulla scorta di ulteriori informazioni ed in particolare delle caratteristiche delle opere in progetto.

Pisa, Giugno 2010

**GEOPROSPEZIONI**  
**di Salvetti Andrea e Turrini Giuseppe s.n.c.**  
**Via A. Della Spina, 43**  
**56125 PISA**  
**P.I. 01745030500**



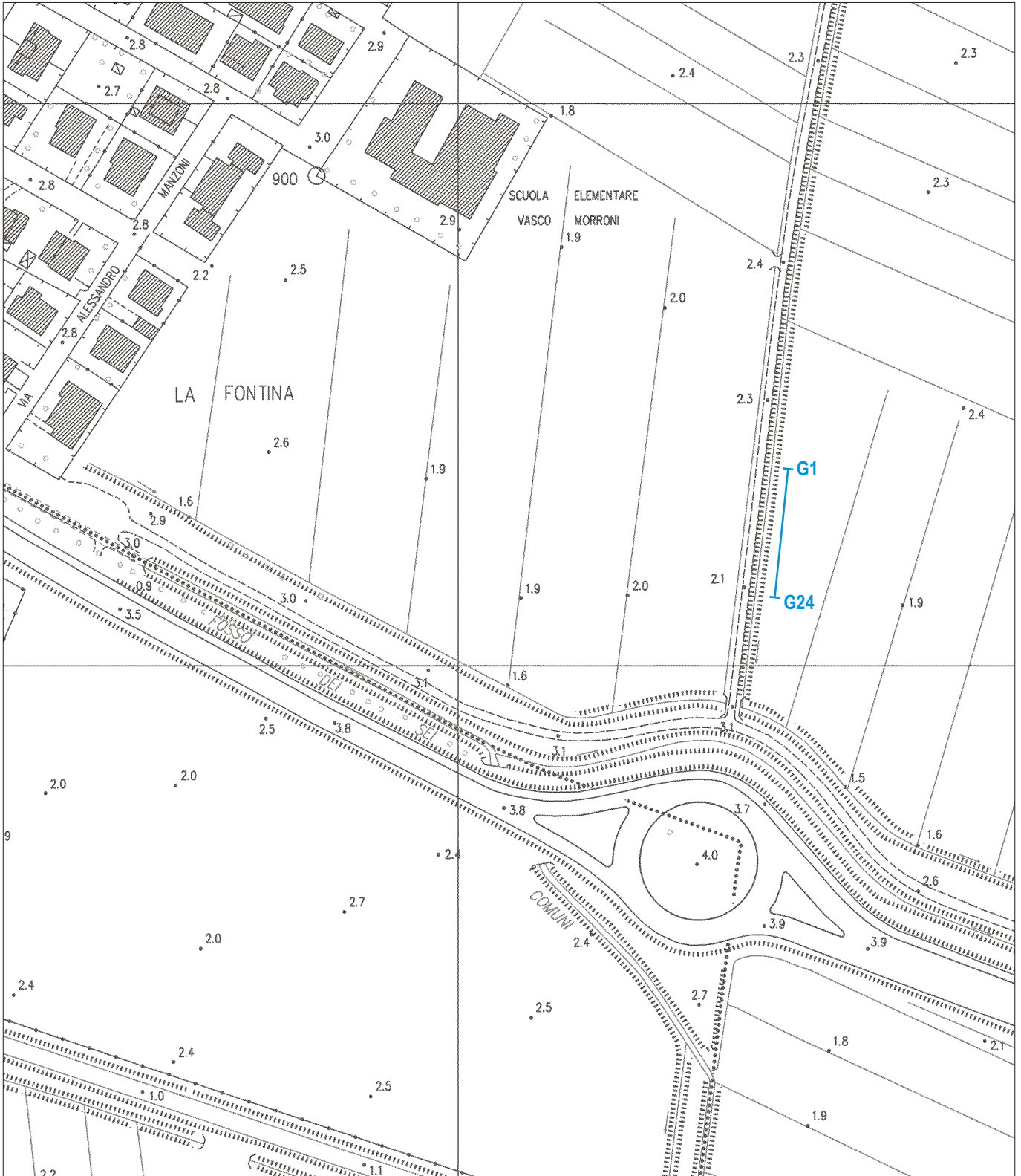



	sismostr. 1	sismostr. 2	sismostr. 3	sismostr. 4
vel. v (m/s)	169	151	126	185
spess. h (m)	3,50	1,70	11,90	12,90
profondità (m)	3,50	5,20	17,10	30,00
h/v	0,0207	0,0113	0,0994	0,0697



# UBICAZIONE INDAGINE

scala 1:2.000



 prospezione sismica masw e posizione relativa geofoni