



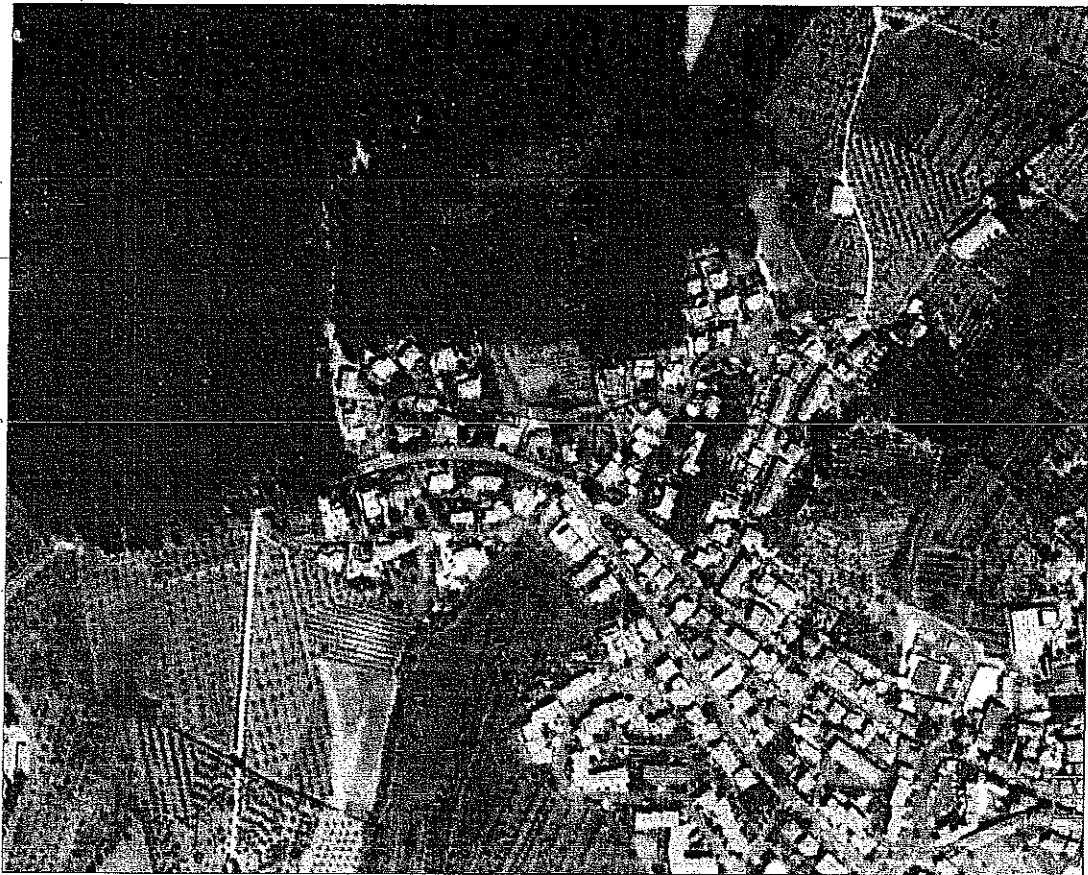
GEOLOGIA & AMBIENTE S.n.c.
Indagini Ambientali Geotecniche Geofisiche

SINCERT



INDAGINE SISMICA M.A.S.W. - Re.Mi. Via dell'Olivo - Mercatale Val di Pesa

COMMITTENTE Geol. Luca Cioni
DATA INDAGINE 06 Giugno 2011



Pistoia 06/06/2011

GEOLOGIA & AMBIENTE snc
GEOLOGIA & AMBIENTE S.N.C.
Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
Tel. e Fax 0573-366497
P.IVA 01427880479
e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it



Premessa

La presente relazione riporta i risultati di una campagna di prospezione geofisica in corrispondenza di un'area ubicata in Via dell'Olivo a Mercatale nel Comune di San Casciano in Val di Pesa. Tale indagine è stata finalizzata alla determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Onde S) e al calcolo del parametro Vs30. L'indagine, svolta in data 06.06.2011, è stata condotta conformemente alla vigente normativa sismica e in particolare ai contenuti dell' O. P. C. M. n. 3274/2003 *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica* e s. m. i., al D. M. 14.01.2008 *Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni* e alla Circolare 02.02.2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, contenente le Istruzioni per l'applicazione delle *Nuove norme tecniche per le costruzioni* di cui al D. M. 14.01.2008.

TIPO DI INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la ricostruzione del profilo verticale di velocità delle onde S e per il calcolo del parametro Vs30 è stata eseguita 1 prospezione sismica superficiale mediante la tecnica **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves) e **Re.Mi.** (Refraction Microtremor).

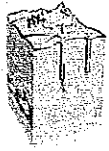
L'indagine è stata condotta mediante:

- sistema di energizzazione a impatto verticale per la generazione di onde Rayleigh, costituito da una mazza di 10 kg battente verticalmente su piastra rotonda in alluminio di 20 x 20 x 5 cm posta direttamente sul piano di campagna;
- un sistema di ricezione costituito da 12 geofoni verticali Geospace verticali con frequenza propria di 4.5 Hz;
- un sistema di acquisizione dati costituito da un sismografo DoReMi di SARA s.r.l., un cavo sismico con 24 canali, un notebook PC Windows 7 con software di acquisizione P.A.S.I. a 24 canali, un sistema di trigger rappresentato da un geofono starter.

METODOLOGIA E ACQUISIZIONE

Metodologia

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (nel caso specifico geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, nel senso che onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo



(Achenbach, J. D. 1999, Aki, K. and Richards, P.G. 1980) o - detto in maniera equivalente - la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo mentre onde a bassa frequenza si propagano e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

I metodi di utilizzo delle MASW sono di tipo attivo e passivo. Nel primo caso si energizza verticalmente con i metodi tradizionali e si procede a un'analisi del segnale non più nel campo nel tempo, come si fa abitualmente con la rifrazione, ma nel dominio della frequenza; il metodo attivo consente generalmente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze tra 5 - 10 Hz e 70 - 100 Hz, fornisce quindi informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30 - 50 metri, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente. Nel caso del metodo passivo, denominato anche NASW, MAM o ReMi a seconda degli autori, l'analisi delle frequenze viene condotta su registrazioni - che in questo caso devono essere prolungate per un tempo sufficientemente lungo - dei "natural" rumori di fondo.

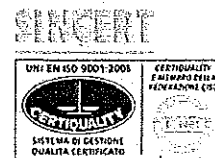
I principali vantaggi pratici nell'utilizzo di queste tecniche sono evidentemente nella semplicità di acquisizione rispetto alla sismica a rifrazione: le onde di taglio infatti non sempre possono essere rilevate in modo soddisfacente sia per il basso rapporto segnale / rumore, sia per la mancanza degli spazi necessari per effettuare profili di lunghezza adeguata. Il metodo passivo risulta inoltre particolarmente indicato in situazioni di elevato rumore di fondo caratteristico delle aree urbane, anche se può risentire negativamente di fonti di rumore orientate (fonti industriali).

La bibliografia abbonda di documenti che discutono sul grado di dettaglio delle ricostruzioni stratigrafiche ottenute con questi metodi. Un dato comunque su cui c'è univoca concordanza è il buon grado di affidabilità nella determinazione delle Vs medie entro lo spessore indagato. In altre parole, indipendentemente dalla situazione stratigrafica, il valore medio delle onde superficiali, e quindi di quelle di taglio, all'interno del volume di sottosuolo indagato è da ritenersi valido. I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento a un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°, sia della topografia sia delle diverse discontinuità elastiche.

Acquisizione

La metodologia di acquisizione si sviluppa in quattro fasi:

- 1) acquisizione dei dati di campagna energizzando a più riprese e alternativamente ai due estremi dello stendimento geofonico;
- 2) determinazione dello spettro di velocità sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;



- 3) calcolo della curva di dispersione attraverso il picking o la modellazione diretta;
- 4) inversione della curva di dispersione per l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs e il parametro Vs30.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software MASW (Vitantonio). Le acquisizioni sono state eseguite secondo le seguenti configurazioni spaziali e temporali:

| PARAMETRI CONFIGURAZIONALI DELLO STENDIMENTO MASW | | |
|---|------------|--------|
| CARATTERISTICHE SPAZIALI DELLO STENDIMENTO | | |
| ORIENTAMENTO | N - S | |
| DISLIVELLO ALTIMETRICO TRA GLI ESTREMI | 0 | |
| LUNGHEZZA STENDIMENTO | 24 m | |
| OFFSET INTERGEOFONICO | 2,0 m | |
| OFFSET PUNTI ENERGIZZAZIONE | 2,0 - 3,0m | |
| IMPOSTAZIONI DI CAMPIONAMENTO | | |
| | MASW | REMI |
| DURATA CAMPIONAMENTO | 2sec | 20 |
| FREQUENZA | 500 Hz | 500 Hz |
| PERIODO | 2μsec | 2msec |

Durante il processo di elaborazione, al fine di minimizzare le possibili soluzioni e cercare la più sensata coerenza tra lo spettro di velocità sperimentale e le curve di dispersione teoriche che possono generare tale spettro, ci si è avvalsi dei dati del rilevamento geologico eseguito in situ e forniti dalla Committenza.

ANALISI DEI RISULTATI

Nel complesso la prospezione geofisica eseguita, per mezzo delle analisi della prova MASW, ha permesso di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" che il parametro Vs30 relativi al sottosuolo del sito indagato. Nella tabella seguente si riporta il profilo verticale delle Onde S ricavato mediante elaborazione dei dati di campagna:

| SPESSORE DELLO STRATO [m] | PROFONDITA' DELLA BASE DELLO STRATO [m] | Vs [m/sec] |
|---------------------------|---|------------|
| 1 | -1 | 450 |
| 2 | -3 | 400 |
| 3 | -6 | 308 |
| 4 | -10 | 330 |
| 9 | -19 | 407 |
| 11 | -30 | 442 |

La velocità media di propagazione delle Onde di taglio entro i 30 metri di profondità (Vs30) è calcolata con l'espressione $Vs30 = 30 / (h_i / V_i)$. I profili MASW indicano una $Vs30 = 401 \text{ m/s}$.

Pistoia, 06/06/2011

GEOLOGIA & AMBIENTE SNC
di Naselli Geologia e Ambiente
Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
Tel. e Fax 0573 366497
P.IVA 01427880479
e-mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

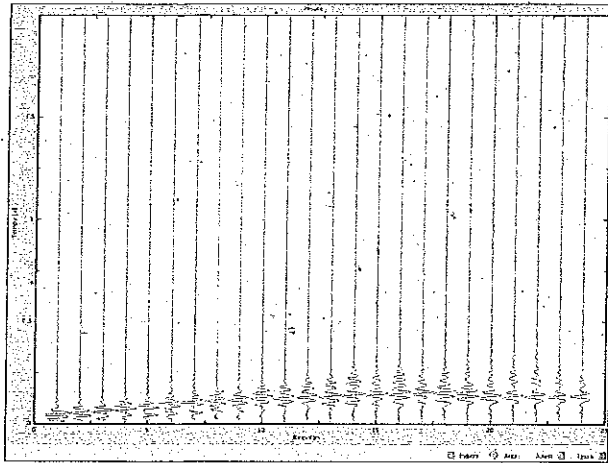


Figura 1: Tracce sperimentali tecnica attiva MASW

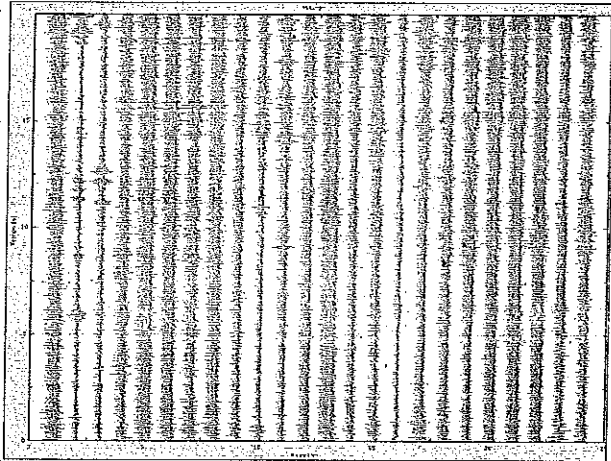


Figura 2: Tracce sperimentali tecnica passiva REMI

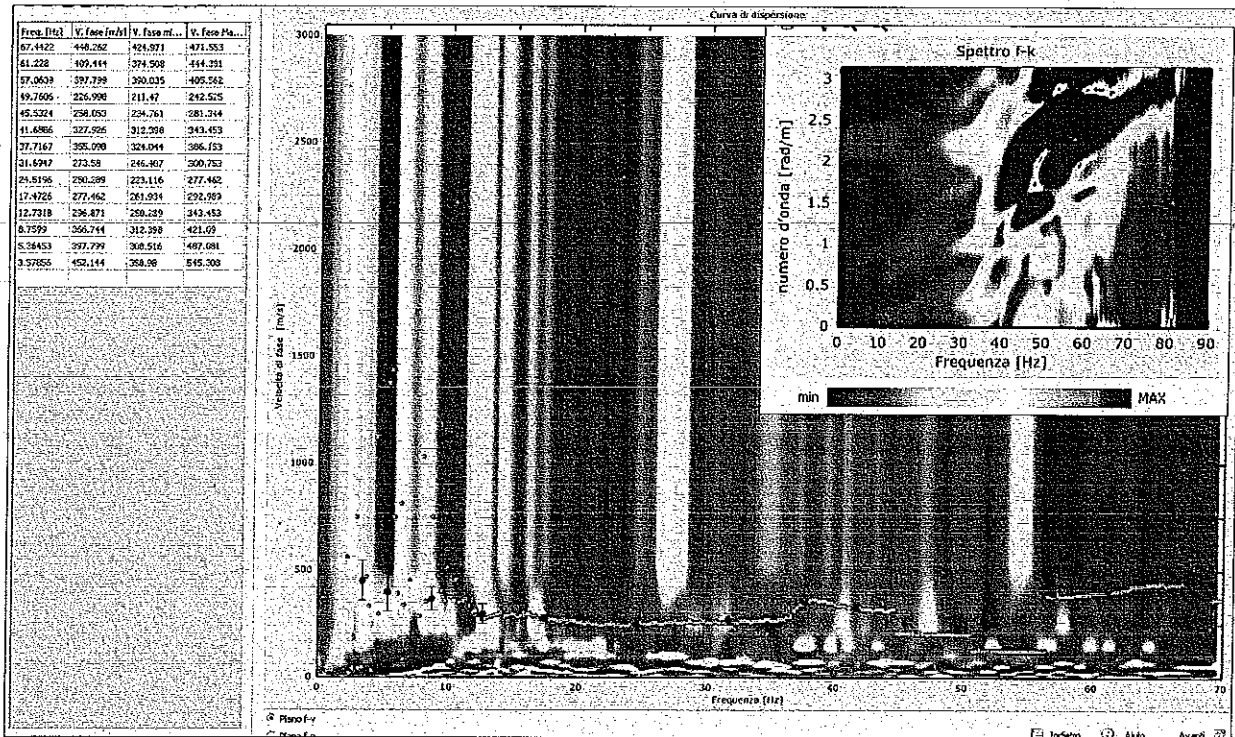


Figura 3: Curva di dispersione e spettro f-k

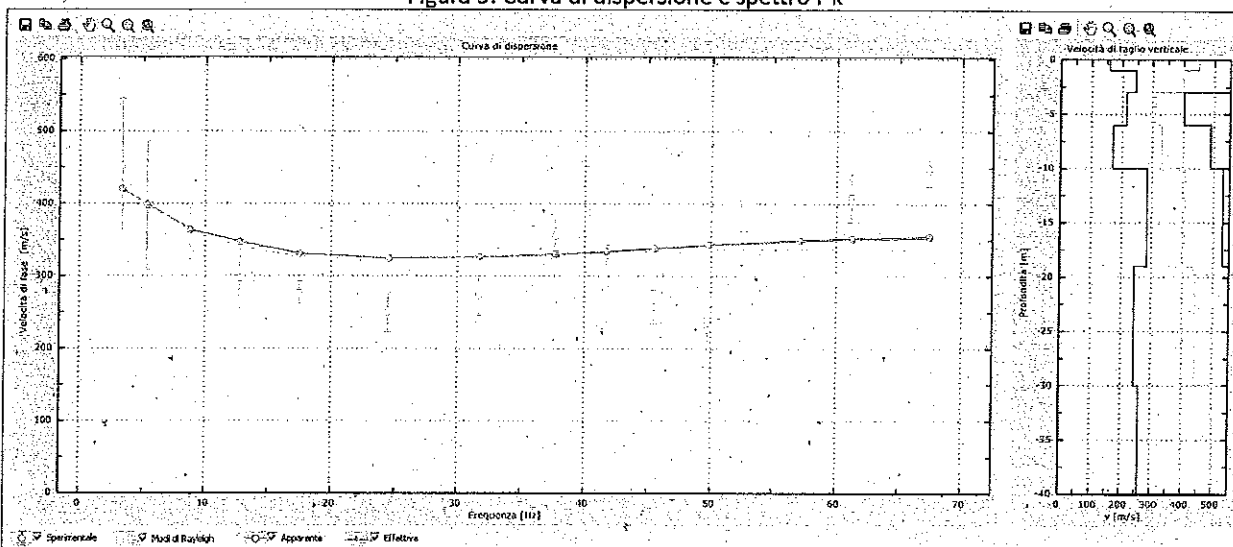


Figura 5: Velocità numeriche punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

Figura 6: Profilo Vs numerico