



Via G. Garibaldi, 16 - CASAGIOVE (CE)

Tel. & Fax 0823/1702550

E-Mail: ggisas@libero.it

Cell. 339/7271088

COMUNE DI PRESENZANO

Provincia di Caserta

**Indagine geofisica mediante l'esecuzione di
n° 3 profili sismici tipo M.A.S.W. e n° 2 prove
in foro tipo Down-Hole per il P.U.C. comunale**

Committente: *Dott. Geol. Giuseppe MAGLIOCCA*

c/o Amministrazione Comunale di Presenzano

PROVE SISMICHE

*Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Antonio D'Errico*

Casagiove, dicembre 2013

INDICE

	<i>Pagina</i>
INDAGINE GEOFISICA	1
1. PROVA SISMICA DOWN-HOLE	2
1.2. ESAME DEI RISULTATI	3
2. INDAGINE SISMICA M.A.S.W.	4
2.1. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	5
2.2. METODOLOGIA OPERATIVA	6
2.3. METODOLOGIA INTERPRETATIVA	7
2.4. ESAME DEI RISULTATI	9
3. DETERMINAZIONE DEL V_{S30}	10

Appendice 1 - PROVE SISMICHE DOWN-HOLE

Appendice 2 – PROFILI SISMICI M.A.S.W.

INDAGINE GEOFISICA

A seguito dell'incarico ricevuto dal Dott. Geol. Giuseppe Magliocca, per conto dell'Amministrazione Comunale di Presenzano, è stata eseguita una indagine geofisica per il progetto di "redazione del Piano Urbanistico Comunale", del Comune di Presenzano (CE); in particolare sono state realizzate le seguenti indagini:

- n° 2 prove sismiche in foro, tipo down-hole;
- n° 3 profili sismici M.A.S.W.

Tale indagine è stata eseguita allo scopo di caratterizzare, da un punto di vista sismico, le varie formazioni litologiche affioranti nell'area in esame.

L'analisi delle velocità di propagazione delle onde sismiche ha permesso di definire la geometria e gli spessori dei terreni dei vari litotipi costituenti il sottosuolo e, nel contempo, ha fornito informazioni circa la natura litologica degli stessi ed il loro stato di rilassatezza e/o allentamento, e ha permesso di determinare i valori del V_{S30} .

1. PROVA SISMICA DOWN-HOLE

L'indagine sismica in foro, tipo *down-hole*, è stata eseguita nei fori di sondaggio S.1 e S.2 della lunghezza di 30 metri.

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 12 canali della PASI di Torino, modello *16S12*, con processore Pentium 200, display VGA a colori in LCD-TFT 10.4", trattamento del segnale a 16 bit, risoluzione di acquisizione a 16 bit, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" e registrazione automatica dei dati. Inoltre, è stato utilizzato un geofono tridimensionale da foro (o sonda geofonica); quest'ultimo è dotato di cinque geofoni da 10 Hz, di cui uno verticale per la registrazione delle onde P, e quattro geofoni orizzontali, disposti a 45° fra di loro, atti a registrare meglio le onde S. L'ancoraggio della sonda geofonica alla parete della tubazione (PVC ϕ 80 mm) è stato garantito da un pistone pneumatico azionato da un dispositivo ad aria compressa.

Il punto di scoppio, costituito da una piastra in alluminio posta sul terreno con una inclinazione di 45°, è situato in superficie ad una distanza di 3,00 m dal centro del foro, e di ciò se ne è tenuto conto per la correzione dei tempi di arrivo. L'energizzazione è stata generata colpendo la piastra con una massa battente da 5 Kg. Calando la sonda geofonica nel tubo e posizionandola a diverse profondità (con passo di 2 metri) sono stati registrati i sismogrammi da cui sono stati individuati i tempi di arrivo delle onde P e S.

Sul tabulato relativo alla prova effettuata si riportano i tempi registrati e le velocità calcolate per i singoli intervalli indagati. Inoltre, si riportano i valori dei moduli dinamici (Coefficiente di Poisson, Modulo di Young, Modulo di Taglio e Modulo di Bulk o di Incompressibilità).

Infine, i valori suddetti sono stati schematizzati su 2 grafici in cui si evidenzia l'andamento dei tempi e delle velocità sismiche con la profondità, nonché l'andamento del coefficiente di Poisson.

1.2. ESAME DEI RISULTATI

I risultati di campagna, e la loro interpretazione in chiave sismica, sono riportati in **Allegato 1**. Si riporta un tabulato con i tempi registrati in campagna, i valori di velocità V_p e V_s alle varie profondità e, infine, i moduli elastici.

Inoltre, si riportano i grafici tempi/profondità e velocità/profondità. Il primo grafico può essere interpretato come delle dromocrone, che da l'idea del numero di sismostrati in cui può essere suddiviso il sottosuolo investigato.

Di seguito si riportano le tabelle di sintesi dei sismostrati individuati.

D.H. n° 1 – Campo Sportivo

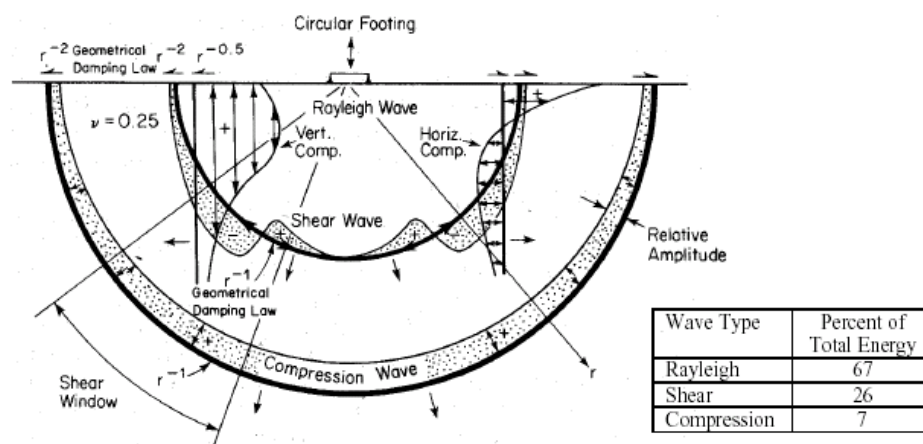
Strato n°	Profondità (m)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1	4,00	457	138
2	10,00	644	197
3	16,00	605	211
4	24,00	913	342
5	30,00	1098	438

D.H. n° 2 – Via Vicinale Monastero

Strato n°	Profondità (m)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1	4,00	499	148
2	10,00	1025	338
3	22,00	1706	658
4	30,00	1680	633

2. INDAGINE SISMICA M.A.S.W.

Il rilievo geofisico MASW (multichannel analysis of surface waves) è utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (V_S) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con *algoritmi genetici*



I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

1. Particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi
2. Non limitato – a differenza del metodo a rifrazione – dalla presenza di inversioni di velocità in profondità
3. Buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione)
4. Permette la ricostruzione della distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio (S) – fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito

Inoltre:

- La percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

- L'ampiezza delle *surface waves* dipende da \sqrt{r} e non da r come per le *body waves*.

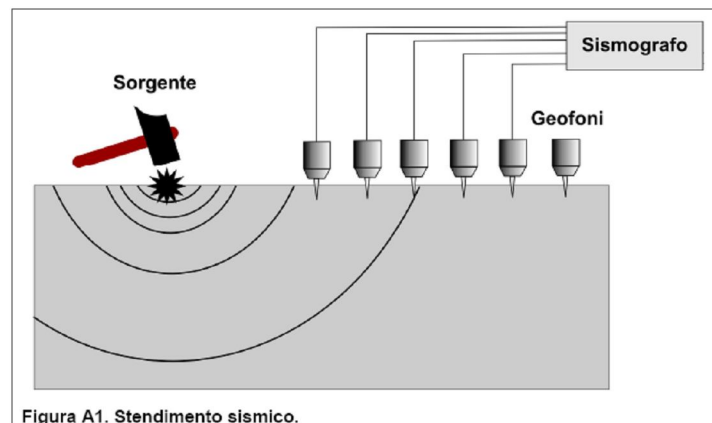
2.1. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali della **PASI** di Torino, modello **16SG24**, con processore Pentium IV, display VGA a colori in LCD-TFT 10.4" TouchScreen, trattamento del segnale a 16 bit, trattamento di dati Floating Point 32 bit, supporto di memorizzazione mediante Hard-Disk da 40 Gb, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione; inoltre, i guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento. Il trigger è dato da un geofono starter esterno, con possibilità di pre-trigger (0-10 ms).

Sono stati utilizzati 24 geofoni da 4,5 Hz e, come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica.

2.2. METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). E' sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).



Il profili MASW sono stati eseguiti utilizzando n° 24 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 2,00 metri; i punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze rispettivamente di 4,00 e 8,00 m dal geofono n° 1. La scelta dei due scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

2.3. METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Il software *winMASW 4.0* consente di analizzare dati sismici (*common-shot gathers* acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della V_s (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche *global-search methods* o *soft computing*).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi evolutivi offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni. A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun

modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (*search space*) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.

Quella finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (*deviazioni standard*) attenuata grazie all'impiego di tecniche statistiche.

Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.

2.4. ESAME DEI RISULTATI

I profili indicanti gli spessori dei litotipi e le velocità riscontrate nel sito esaminato sono riportati in *Allegato 2* e riassunti nelle tabelle seguenti.

MASW n° 1

Strato n°	Spessore (m)	Profondità (m)	Vs (m/sec)
1	1,30	1,30	141
2	5,20	6,50	223
3	11,40	17,90	292
4	semispazio	> 17,90	502

MASW n° 2

Strato n°	Spessore (m)	Profondità (m)	Vs (m/sec)
1	1,60	1,60	197
2	5,60	7,20	260
3	11,30	18,50	428
4	semispazio	> 18,50	721

MASW n° 3

Strato n°	Spessore (m)	Profondità (m)	Vs (m/sec)
1	1,50	1,50	160
2	3,70	5,20	214
3	11,40	16,60	307
4	semispazio	> 16,60	512

3. DETERMINAZIONE DEL V_{S30}

La nuova normativa sismica italiana (Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003) prevede una classificazione del sito in 5 classi in funzione della velocità delle onde S nei 30 metri di terreno (V_{S30}). Per V_{S30} si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità a partire dalla base delle fondazioni superficiali o dalla testa di fondazioni profonde, determinata secondo la seguente formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione dei seguenti valori del V_{S30} , calcolati a partire dal piano di campagna:

- Down-Hole 1: $V_{S30} = 240 \text{ m/s}$ – *Categoria di Suolo C*;
- Down-Hole 2: $V_{S30} = 397 \text{ m/s}$ – *Categoria di Suolo B*;

- Masw 1: $V_{S30} = 313 \text{ m/sec}$ – *Categoria di Suolo C*;
- Masw 2: $V_{S30} = 417 \text{ m/sec}$ – *Categoria di Suolo B*;
- Masw 3: $V_{S30} = 334 \text{ m/sec}$ – *Categoria di Suolo C*.

Il tecnico prospettore

Dott. Geol. Antonio D'Errico

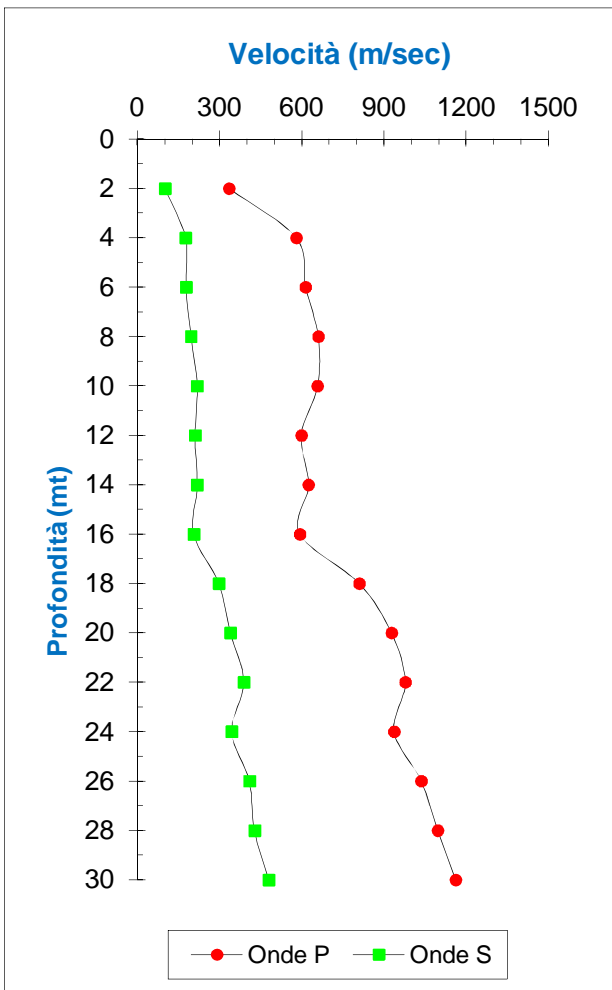
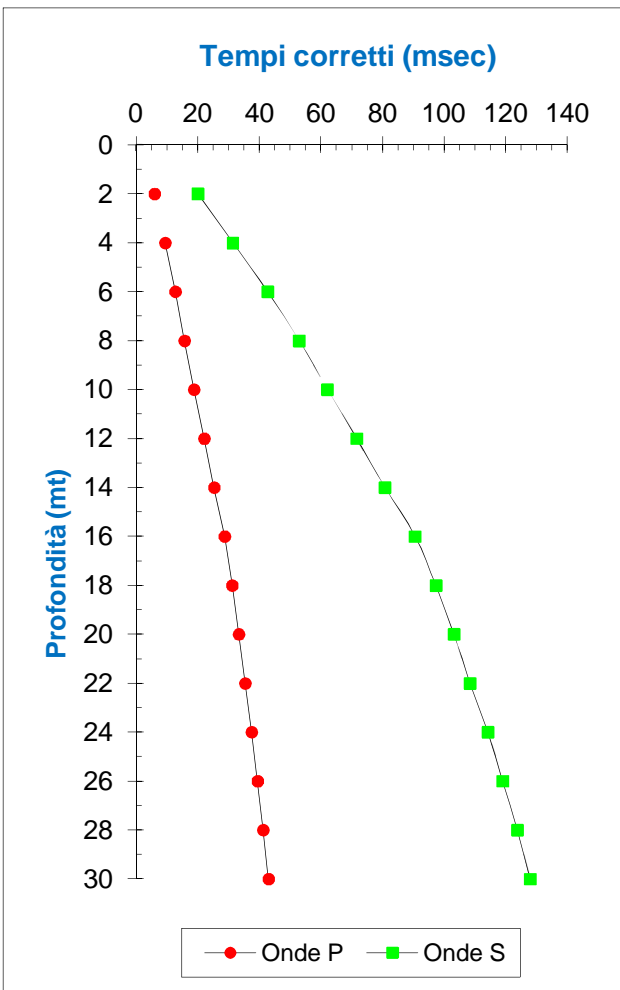
Appendice 1

PROVE SISMICHE DOWN-HOLE

PROVA SISMICA DOWN-HOLE - N° 1

COMMITTENTE	Comune di Presenzano
CANTIERE	P.U.C. - Campo Sportivo
DATA	10/12/2013
FORO N°	S. 1

Profondità dal p.c. mt	ONDE P		ONDE S		MODULI DINAMICI				γ g/cm ³
	Tempi msec	Velocità m/sec	Tempi msec	Velocità m/sec	Coeff. Poisson	Young Kg/cm ²	Taglio Kg/cm ²	Bulk Kg/cm ²	
2	10,8	334	36,0	100	0,45	475	164	1601	1,60
4	11,8	580	39,2	176	0,45	1549	535	5119	1,70
6	14,2	613	47,7	177	0,45	1578	543	5802	1,70
8	16,8	660	56,5	195	0,45	1807	623	6285	1,60
10	19,6	657	64,8	218	0,44	2234	778	6016	1,60
12	22,8	598	73,8	210	0,43	1926	674	4570	1,50
14	25,9	624	82,6	218	0,43	2220	777	5319	1,60
16	29,2	593	92,1	205	0,43	1963	686	4819	1,60
18	31,6	810	98,6	297	0,42	4090	1439	8784	1,60
20	33,7	927	104,3	340	0,42	5354	1884	11523	1,60
22	35,7	978	109,3	388	0,41	6482	2307	11557	1,50
24	37,8	937	115,0	344	0,42	5146	1811	11011	1,50
26	39,7	1036	119,8	408	0,41	7178	2552	13030	1,50
28	41,5	1096	124,4	427	0,41	7871	2793	14648	1,50
30	43,2	1162	128,5	480	0,40	9828	3521	15958	1,50



Prospezione sismica eseguita con sismografo PASI mod. 16SG24 e sonda geofonica a cinque componenti da 10 Hz.

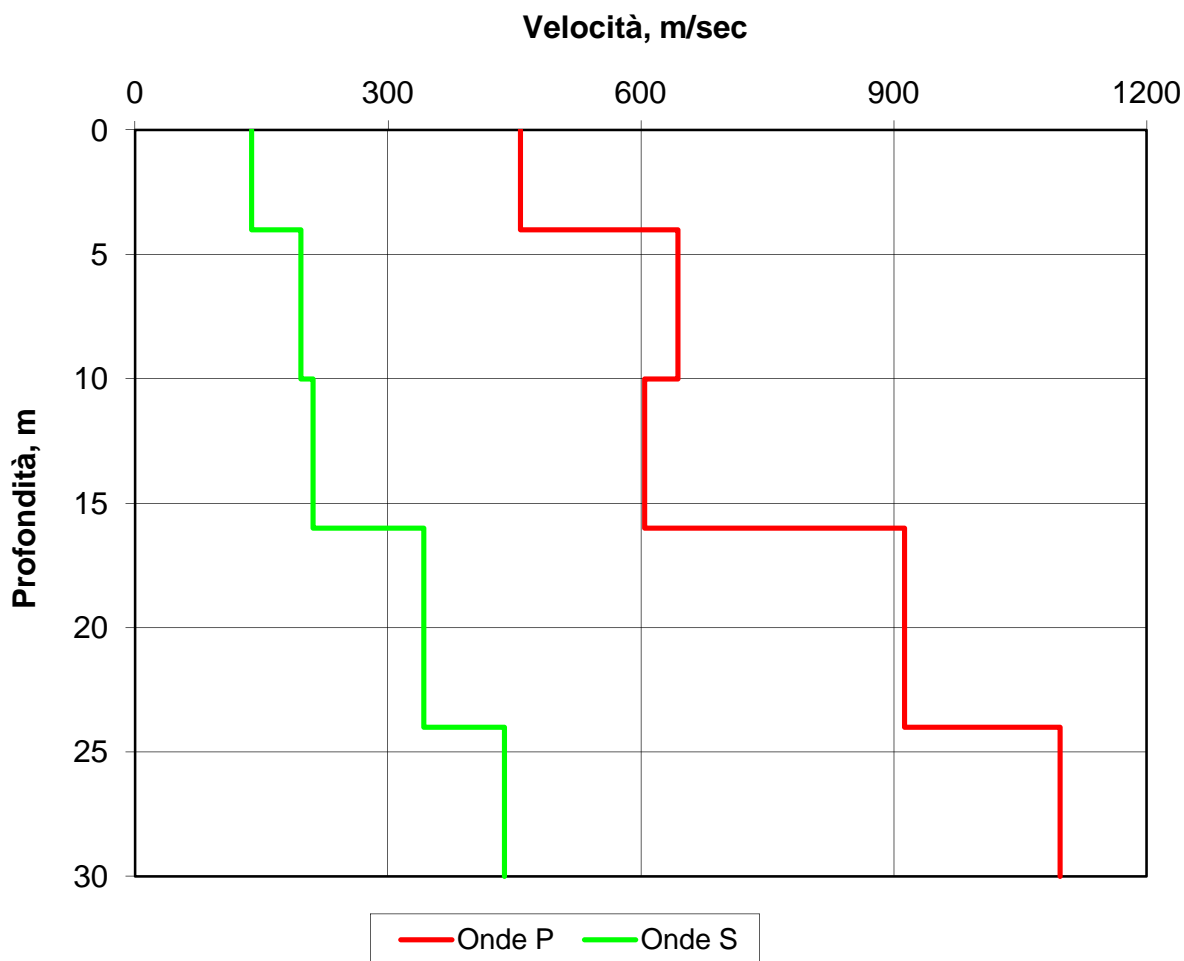
PROVA SISMICA DOWN-HOLE - N° 1

COMMITTENTE	Comune di Presenzano
LOCALITA'	P.U.C. - Campo Sportivo
FORO N°	S. 1

TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA RIEPILOGATIVA

STRATO n°	PROFONDITA' LETTO m	VELOCITA' Onde P m/sec	VELOCITA' Onde S m/sec	V _{S30}
1	4,00	457	138	240 m/sec (dal p.c.)
2	10,00	644	197	
3	16,00	605	211	
4	24,00	913	342	
5	30,00	1098	438	

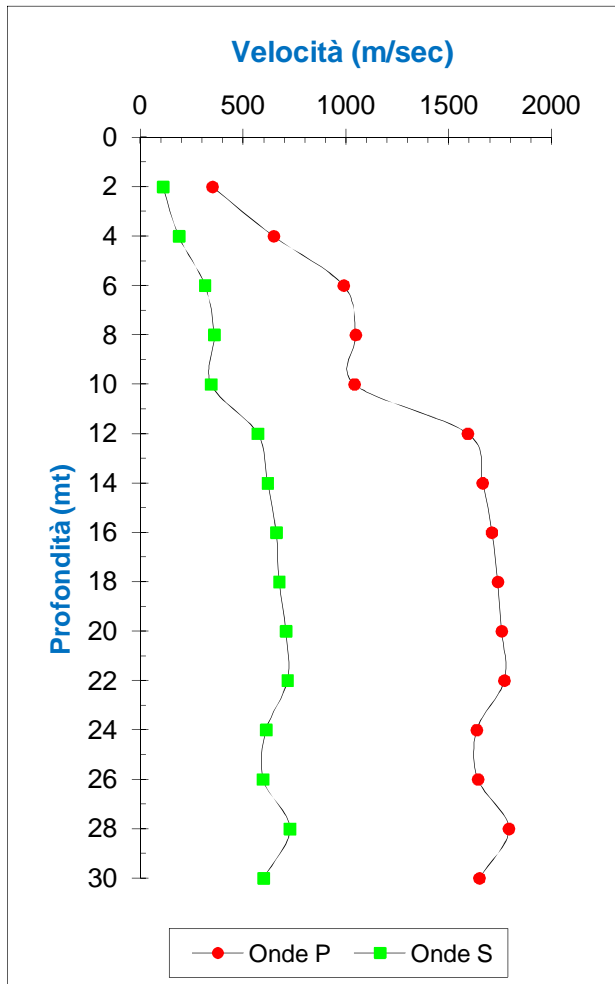
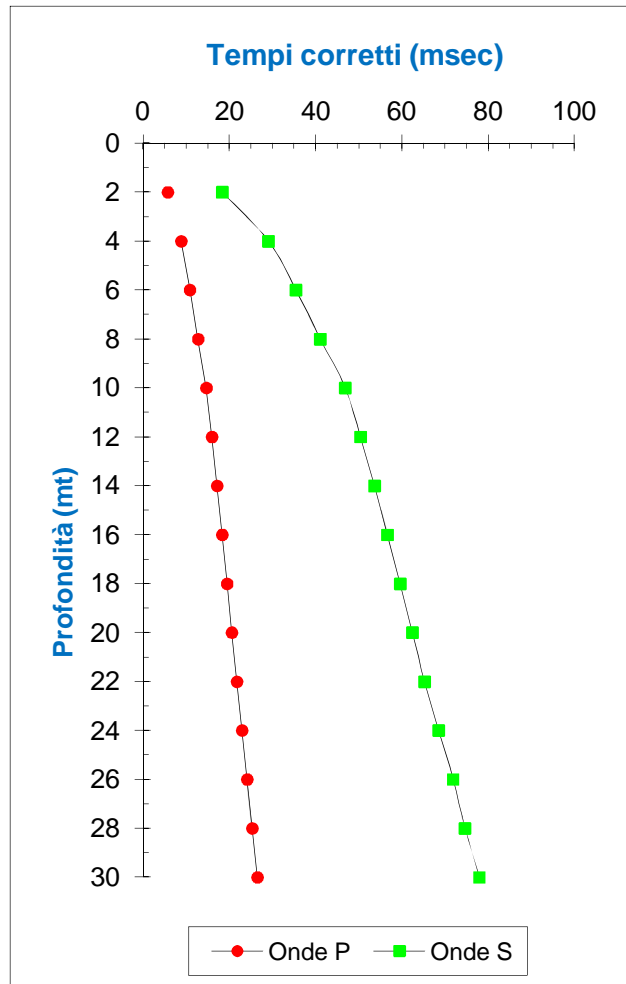
SCHEMA SISMOSTRATIGRAFICO



PROVA SISMICA DOWN-HOLE - N° 2

COMMITTENTE	Comune di Presenzano
CANTIERE	P.U.C. - Via Vicinale Monastero
DATA	10/12/2013
FORO N°	S. 2

Profondità dal p.c. mt	ONDE P		ONDE S		MODULI DINAMICI				γ g/cm ^c
	Tempi msec	Velocità m/sec	Tempi msec	Velocità m/sec	Coeff. Poisson	Young Kg/cm ^q	Taglio Kg/cm ^q	Bulk Kg/cm ^q	
2	10,3	350	33,0	109	0,45	493	171	1523	1,40
4	11,0	648	36,3	186	0,45	1853	638	6862	1,80
6	12,1	989	39,6	314	0,44	5209	1805	15553	1,80
8	13,6	1046	43,8	358	0,43	6731	2350	16975	1,80
10	15,3	1041	48,9	343	0,44	6222	2164	17030	1,80
12	16,4	1593	51,9	569	0,43	16973	5954	38663	1,80
14	17,5	1665	54,8	619	0,42	19939	7028	41547	1,80
16	18,6	1710	57,6	660	0,41	22584	8003	43011	1,80
18	19,7	1738	60,4	675	0,41	23570	8359	44357	1,80
20	20,8	1758	63,1	708	0,40	25831	9215	44454	1,80
22	21,9	1771	65,8	716	0,40	26357	9406	45066	1,80
24	23,1	1636	69,0	612	0,42	16225	5724	33339	1,50
26	24,3	1642	72,3	596	0,42	15465	5435	34008	1,50
28	25,4	1793	75,0	727	0,40	27208	9717	46075	1,80
30	26,6	1649	78,3	599	0,42	16673	5860	36605	1,60





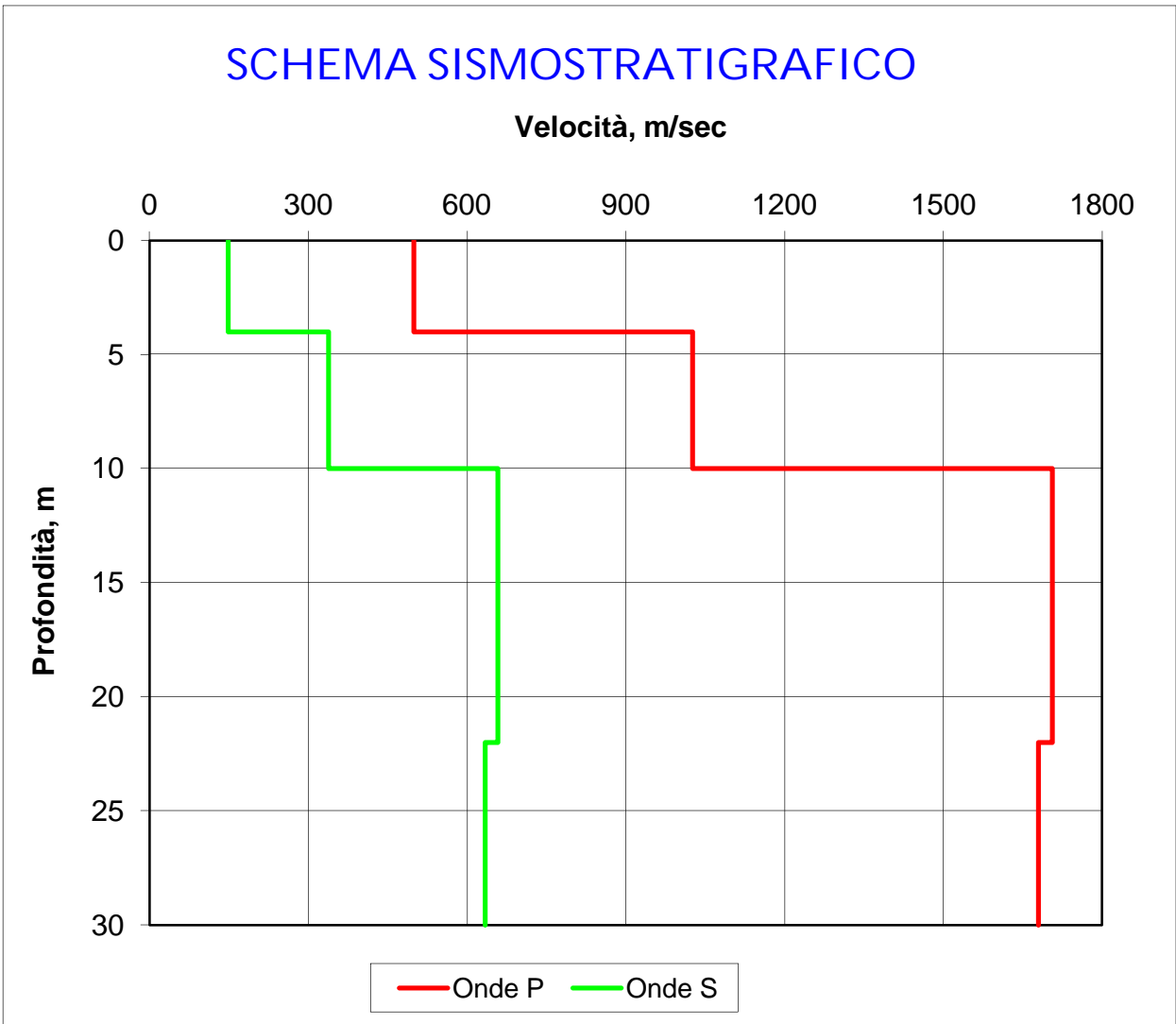
Geofisica Geotecnica Idrogeologia
Via G. Garibaldi, n° 16 - Casagiove (CE)
Tel. 0823/1702550 - Cell. 339/7271088

PROVA SISMICA DOWN-HOLE - N° 2

COMMITTENTE	Comune di Presenzano
LOCALITA'	P.U.C. - Via Vicinale Monastero
FORO N°	S. 2

TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA RIEPILOGATIVA

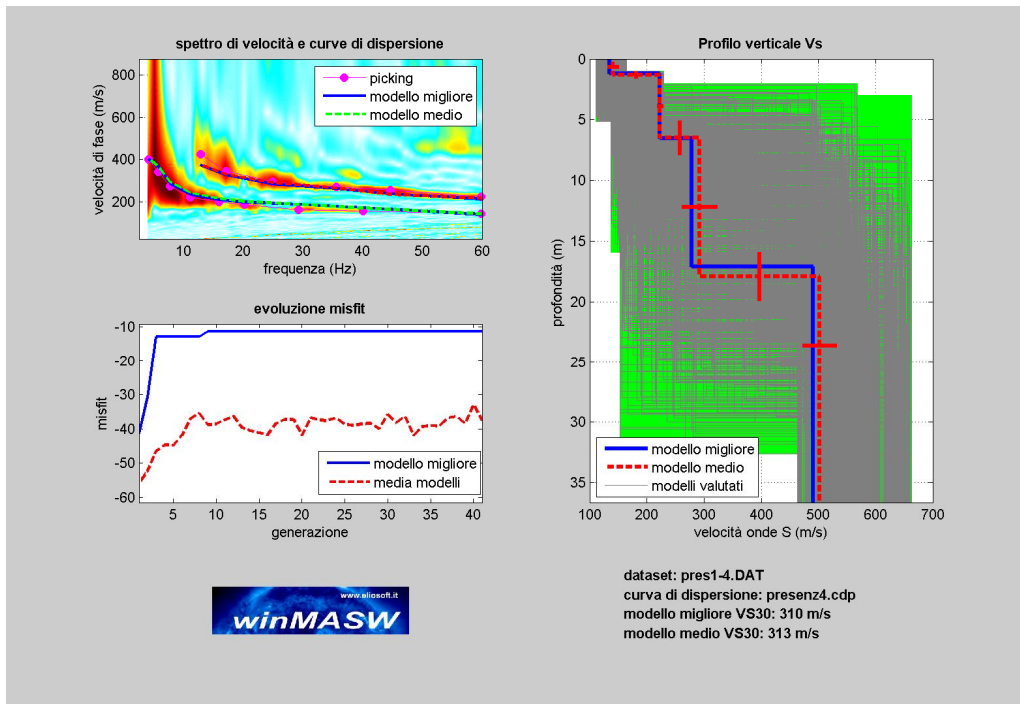
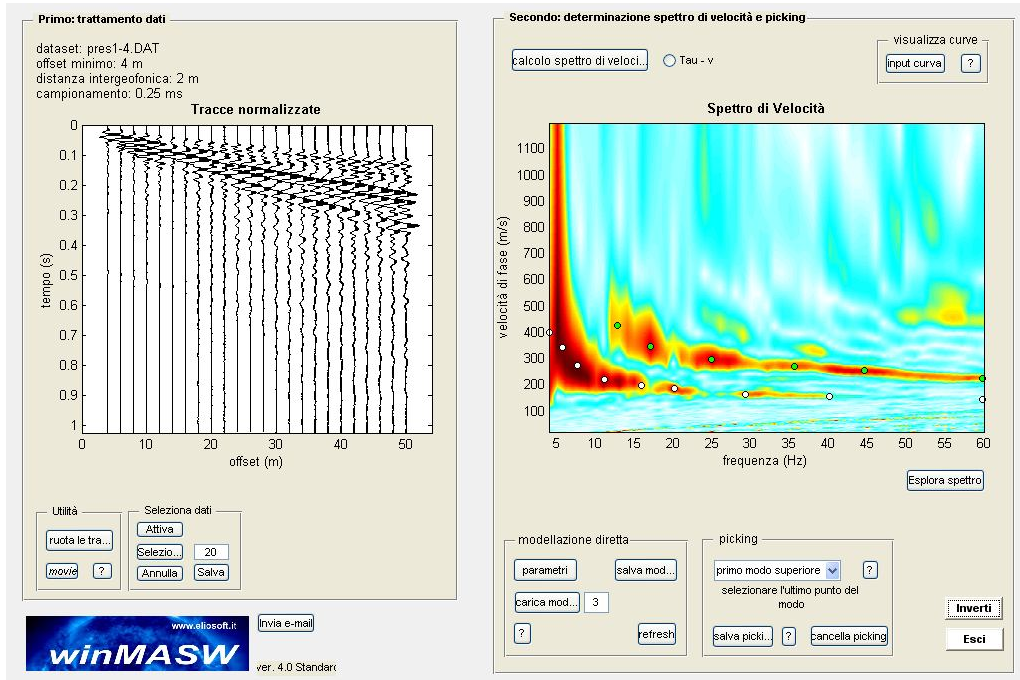
STRATO n°	PROFONDITA' LETTO m	VELOCITA' Onde P m/sec	VELOCITA' Onde S m/sec	V_{S30}
1	4,00	499	148	397 m/sec (dal p.c.)
2	10,00	1025	338	
3	22,00	1706	658	
4	30,00	1680	633	



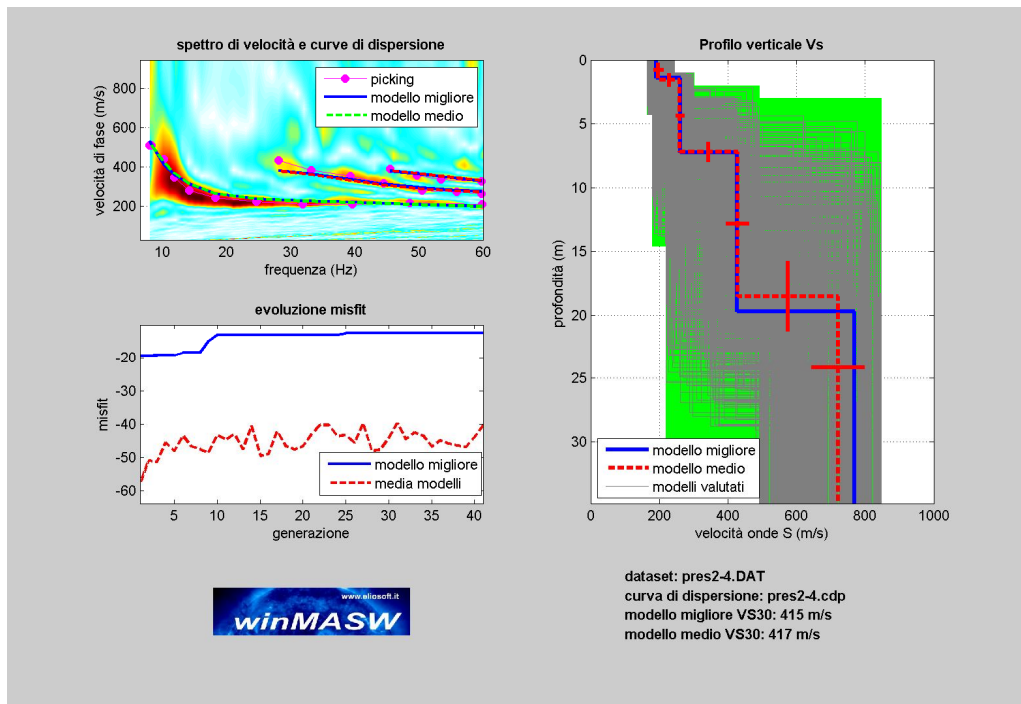
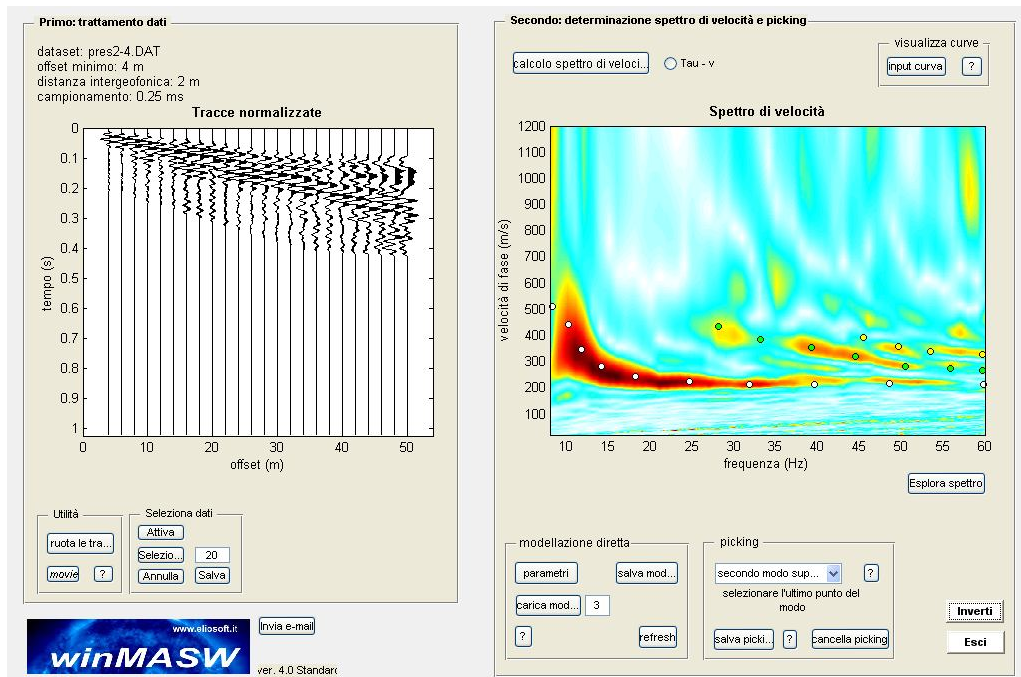
Appendice 2

ELABORATI M.A.S.W.

PROFILO MASW 1	
Committente	Dott. Giuseppe Magliocca c/o Comune di Presenzano
Cantiere	P.U.C.
Comune	PRESENZANO (CE)



PROFILO MASW 2	
Committente	Dott. Giuseppe Magliocca c/o Comune di Presenzano
Cantiere	P.U.C.
Comune	PRESENZANO (CE)



PROFILO MASW 3	
Committente	Dott. Giuseppe Magliocca c/o Comune di Presenzano
Cantiere	P.U.C.
Comune	PRESENZANO (CE)

