



Via G. Garibaldi, 16 - CASAGIOVE (CE)

Tel. & Fax 0823/1702550

E-Mail: ggisas@libero.it

Cell. 339/7271088

COMUNE DI **ERCOLANO**
Provincia di NAPOLI

**Indagine geofisica mediante l'esecuzione di
n° 10 profili sismici tipo M.A.S.W. e n° 10
prove sismiche tipo Down-Hole
per il P.U.C. del Comune di Ercolano**

Committente: *ALBANESE PERFORAZIONI S.r.l.*
c/o Comune di ERCOLANO

RELAZIONE GEOFISICA

Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Antonio D'Errico

Casagiove, 1 luglio 2011

INDICE

	<i>Pagina</i>
1. PREMESSA	1
2. PROFILI SISMICI M.A.S.W.	2
2.1 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	3
2.2. METODOLOGIA OPERATIVA	4
2.3. METODOLOGIA NTERPRETATIVA.....	5
2.4. ESAME DEI RISULTATI	7
3. PROVE SISMICHE DOWN-HOLE	10

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Appendice 1 – PROFILI SISMICI M.A.S.W.

Appendice 2 – PROVE SISMICHE DOWN-HOLE

1. PREMESSA

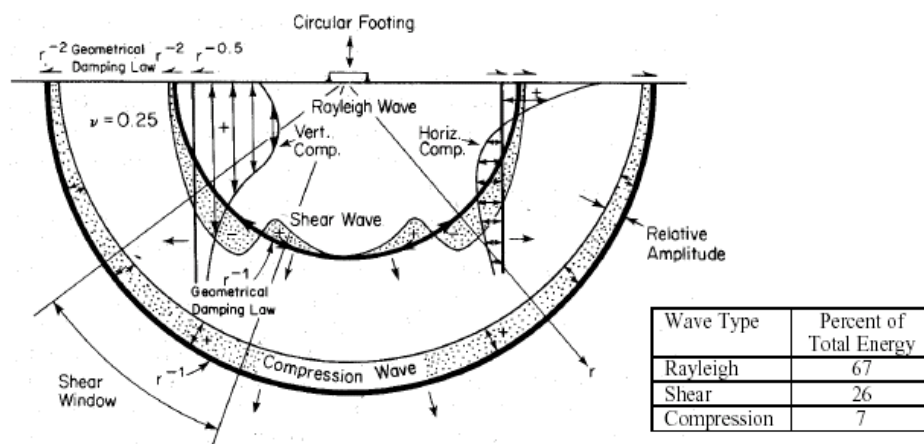
A seguito dell'incarico ricevuto dalla società ALBANESE PERFORAZIONI S.r.l. e per conto del Comune di Ercolano, è stata eseguita una indagine geofisica per determinare il valore del V_{S30} , ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03 e succ. mod. ed integr., a corredo del P.U.C. del comune di Ercolano (NA).

A tale scopo sono state effettuate le seguenti indagini:

- n° 10 profili sismici tipo *M.A.S.W.* (multichannel analysis of surface waves);
- n° 10 prove sismiche tipo *DOWN-HOLE*.

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*

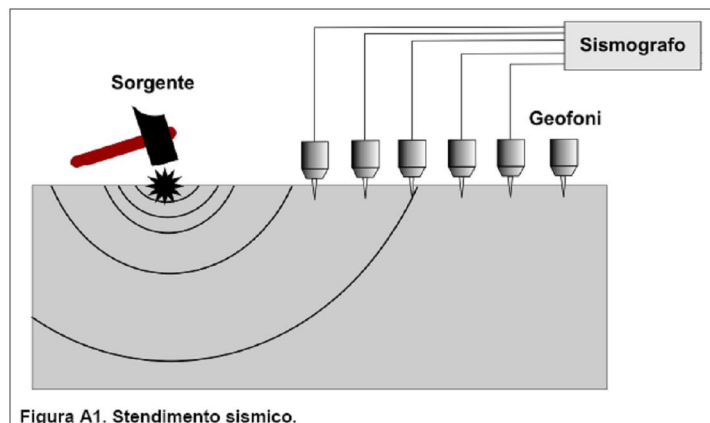
2.1. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

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).



I profili MASW sono stati eseguiti utilizzando n° 24 geofoni allineati sul terreno con le seguenti geometrie :

- interdistanza tra i geofoni di 1,00 metro e i punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità dei profili a distanze di 2,00 e 4,00 m dal geofono n° 1;
- solo per il profilo m.a.s.w. n°17 è stata scelta una interdistanza tra i geofoni di 1,50 metri e i punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità dei profili a distanze di 3,00 e 6,00 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 v.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 territorio comunale di Ercolano sono riportati nell'*Allegato 1* e riassunti nelle tabelle seguenti.

MASW n°5

Vs (m/sec)	221	295	399	499
Spessore (m)	2,30	2,60	5,10	semispazio
Profondità (m)	2,30	4,90	10,00	> 10,00

MASW n°6

Vs (m/sec)	223	294	362	451
Spessore (m)	2,70	5,20	7,90	semispazio
Profondità (m)	2,70	7,90	15,80	> 15,80

MASW n°7

Vs (m/sec)	190	260	452	617
Spessore (m)	1,50	2,50	9,30	semispazio
Profondità (m)	1,50	4,00	13,30	> 13,30

MASW n°8

Vs (m/sec)	151	220	555	973
Spessore (m)	1,80	1,60	5,80	semispazio
Profondità (m)	1,80	3,40	9,20	> 9,20

MASW n°10

Vs (m/sec)	168	262	405	489
Spessore (m)	1,50	2,40	8,20	semispazio
Profondità (m)	1,50	3,90	11,10	> 11,10

MASW n°11

Vs (m/sec)	187	281	513	854
Spessore (m)	1,90	1,30	3,20	semispazio
Profondità (m)	1,90	3,20	6,40	> 6,40

MASW n°17

Vs (m/sec)	246	274	381	1116
Spessore (m)	3,70	2,20	2,00	semispazio
Profondità (m)	3,70	5,90	7,90	> 7,90

MASW n°19

Vs (m/sec)	128	410	539	684
Spessore (m)	1,80	4,20	8,40	semispazio
Profondità (m)	1,80	6,00	14,40	> 14,40

MASW n°28

Vs (m/sec)	172	241	400	811
Spessore (m)	1,90	4,70	13,80	semispazio
Profondità (m)	1,90	6,60	20,40	> 20,40

MASW n°32

Vs (m/sec)	163	205	395	798
Spessore (m)	2,60	2,10	2,60	semispazio
Profondità (m)	2,60	4,70	7,30	> 7,30

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:

- Masw n°5 - $V_{S30} = 416$ m/sec;
- Masw n°6 - $V_{S30} = 361$ m/sec;
- Masw n°7 - $V_{S30} = 460$ m/sec;
- Masw n°8 - $V_{S30} = 587$ m/sec;
- Masw n°10 - $V_{S30} = 400$ m/sec;
- Masw n°11 - $V_{S30} = 616$ m/sec;
- Masw n°17 - $V_{S30} = 622$ m/sec;
- Masw n°19 - $V_{S30} = 478$ m/sec;
- Masw n°28 - $V_{S30} = 390$ m/sec;
- Masw n°32 - $V_{S30} = 487$ m/sec.

In *Allegato 1* si riportano le schede di elaborazione delle prove effettuate.

3. PROVA SISMICA DOWN-HOLE

L'indagine sismica in foro, tipo *down-hole*, è stata eseguita nei fori di sondaggio S.1, S.3, S.4, S.22 e S.23 della lunghezza di 30 metri, e nei dori S.14, S.15, S.21, S.24 e S.25 della lunghezza di 20 m.

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).

Per la registrazione dei segnali 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 infissa nel 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.

Sui tabulati relativi alle prove effettuate si riportano nell'**Appendice 2** 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): i valori dei tempi e delle velocità sismiche sono stati schematizzati su 2 grafici in cui si evidenzia l'andamento degli stessi con la profondità.

Infine si riporta la sismo stratigrafia individuato con le velocità medie delle onde P e delle onde S per ogni singolo strato individuato e il valore del V_{S30} calcolato.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Masw n° 5



Masw n° 6



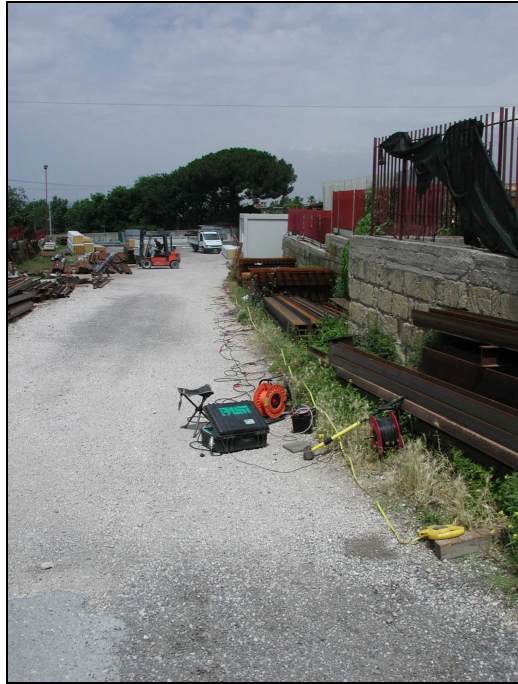
Masw n° 7



Masw n° 8



Masw n° 10



Masw n° 11



Masw n° 17



Masw n° 19



Masw n° 28



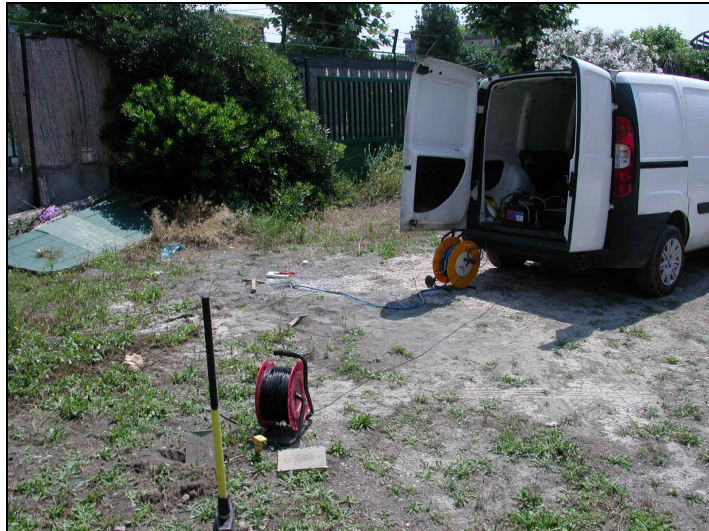
Masw n° 32



D-H n° 1



D-H n° 3



D-H n° 4



D-H n° 14



D-H n° 15



D-H n° 21



D-H n° 22



D-H n° 23



D-H n° 24



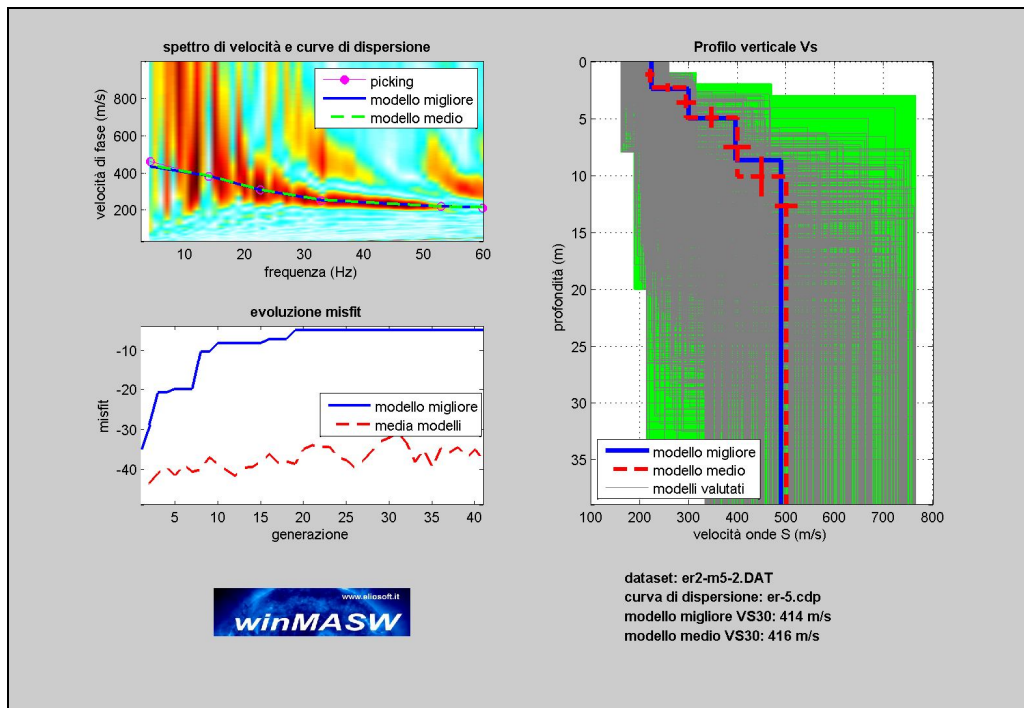
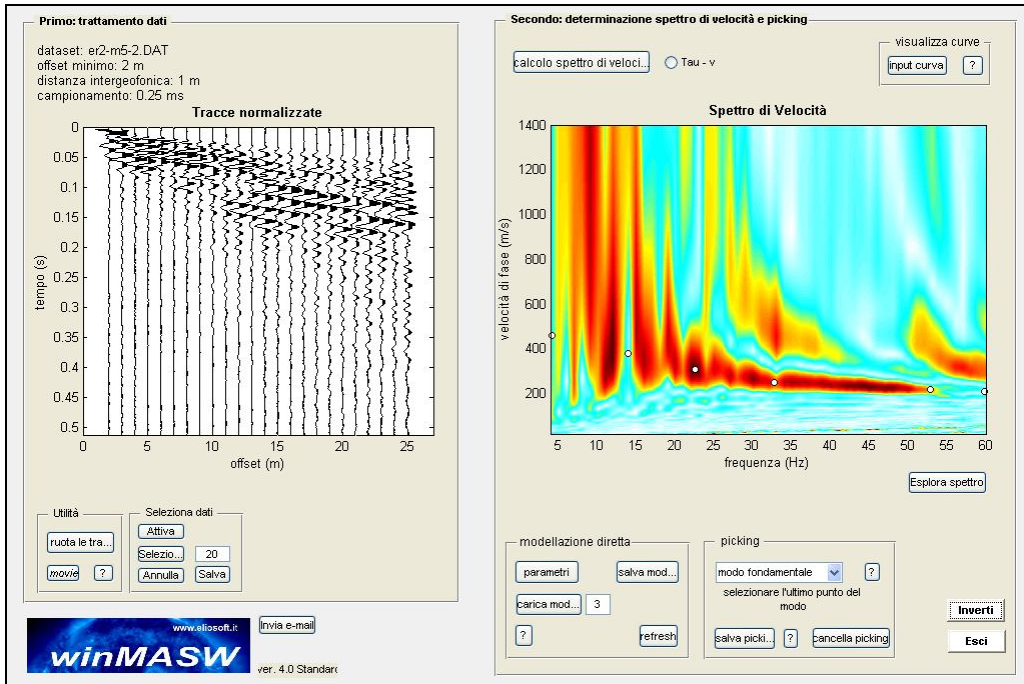
D-H n° 25



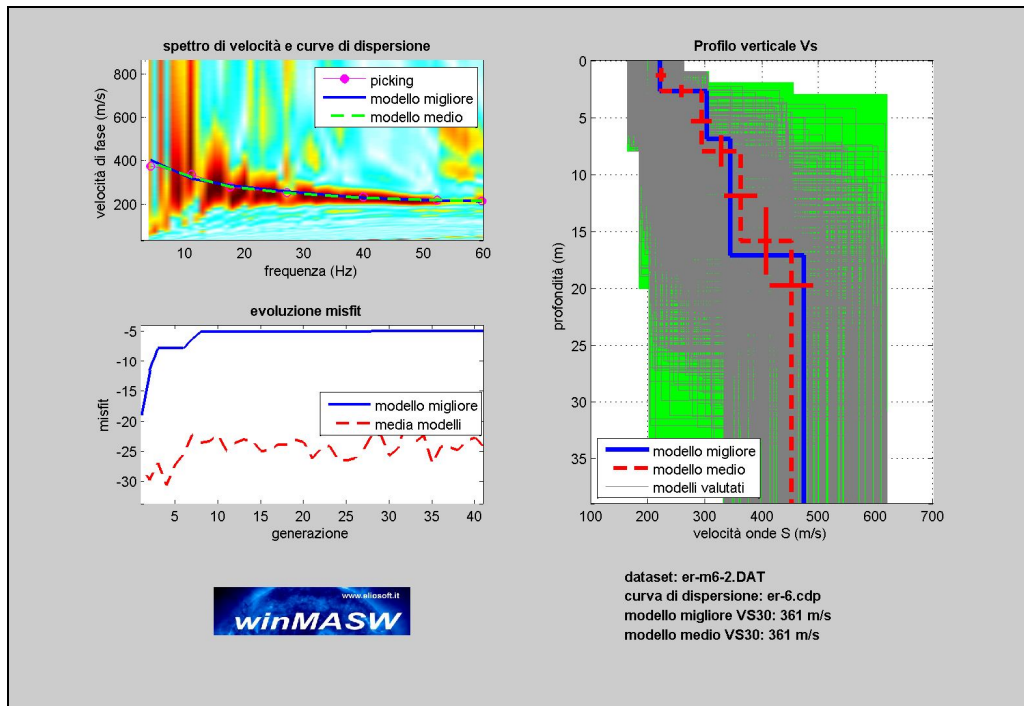
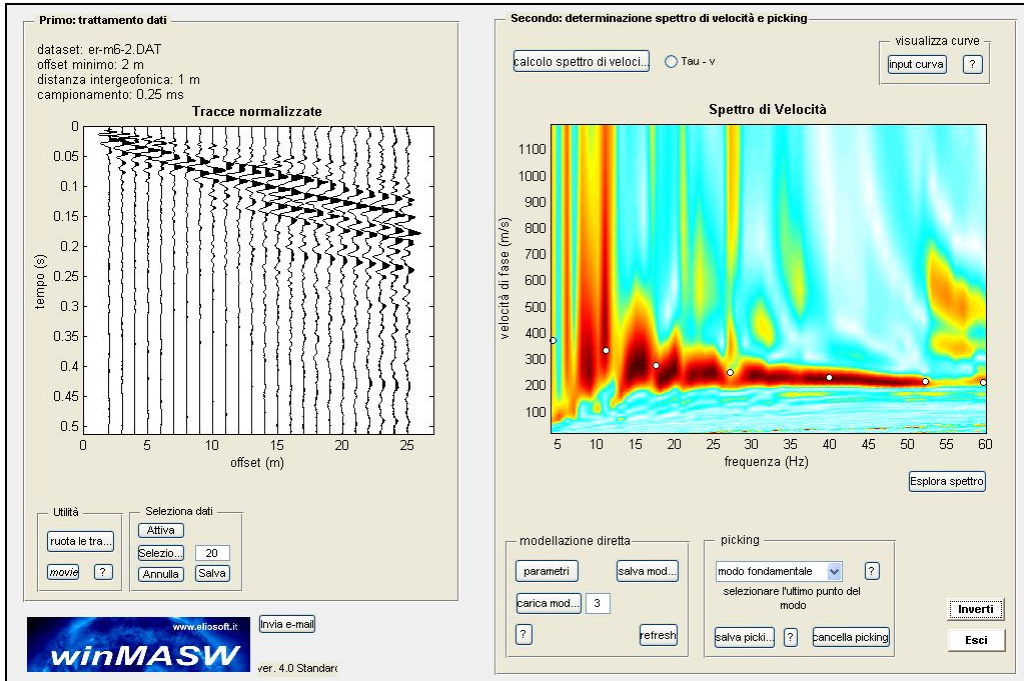
APPENDICE 1

ELABORATI M.A.S.W.

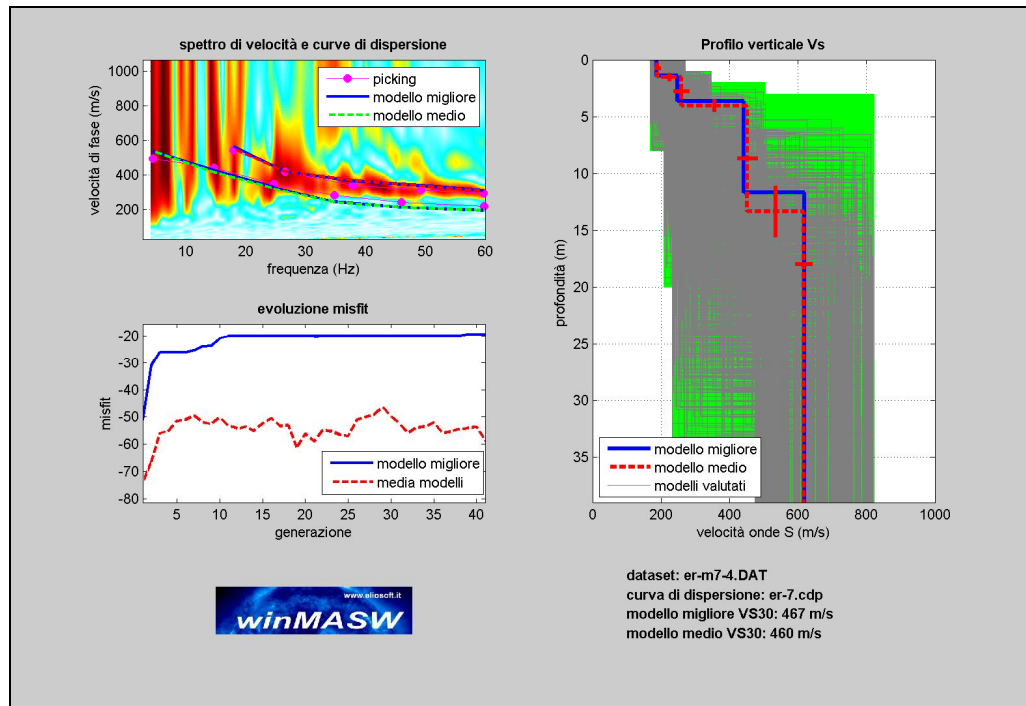
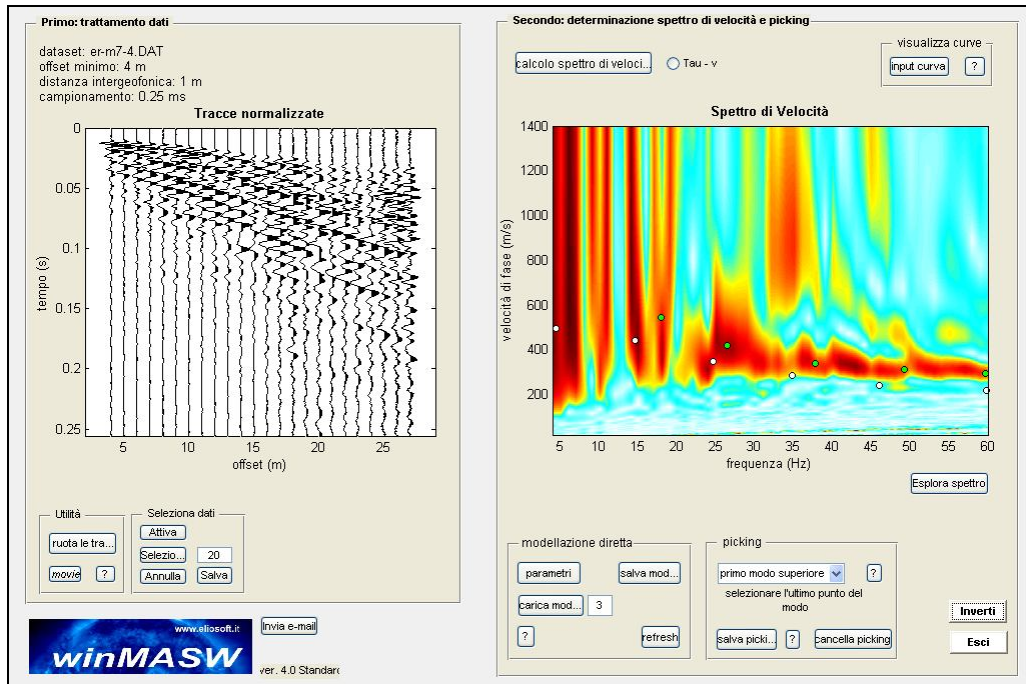
M.A.S.W. n° 5	
Committente	Comune di Ercolano
Cantiere	P.U.C.
Coordinate	40°48'9"N – 14°21'9"E



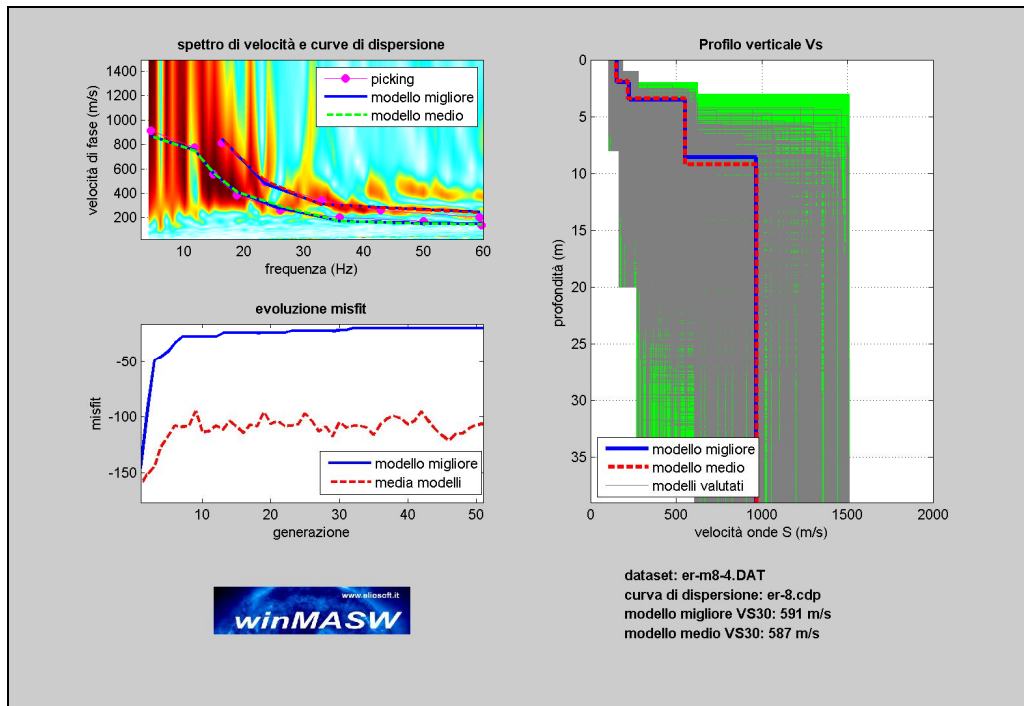
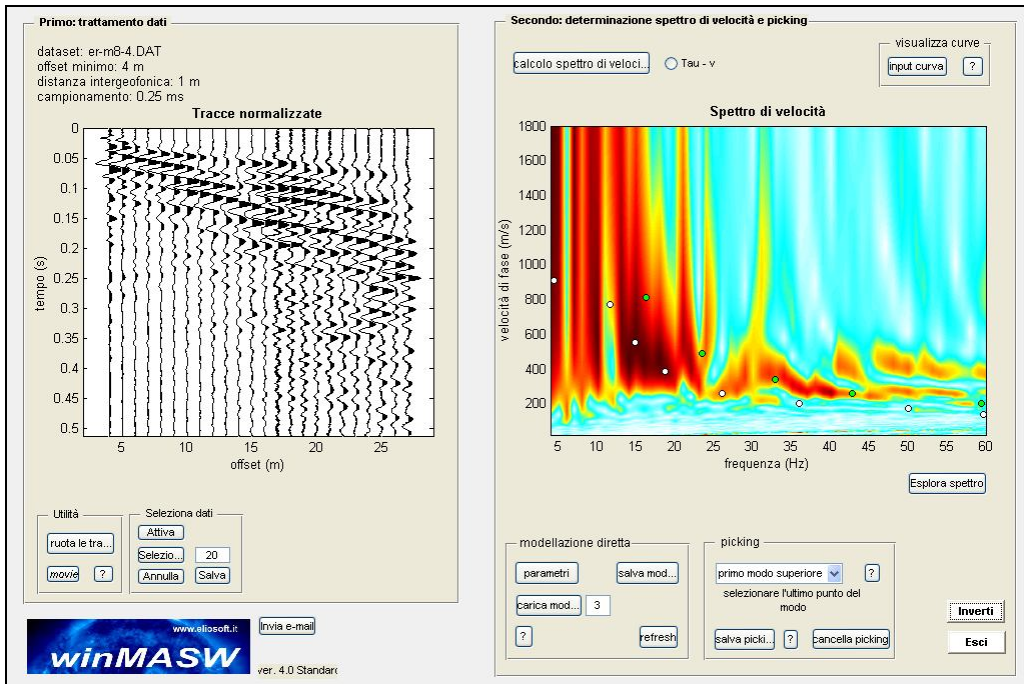
M.A.S.W. n° 6	
Committente	Comune di Ercolano
Cantiere	P.U.C.
Coordinate	40°48'27"N – 14°21'33"E



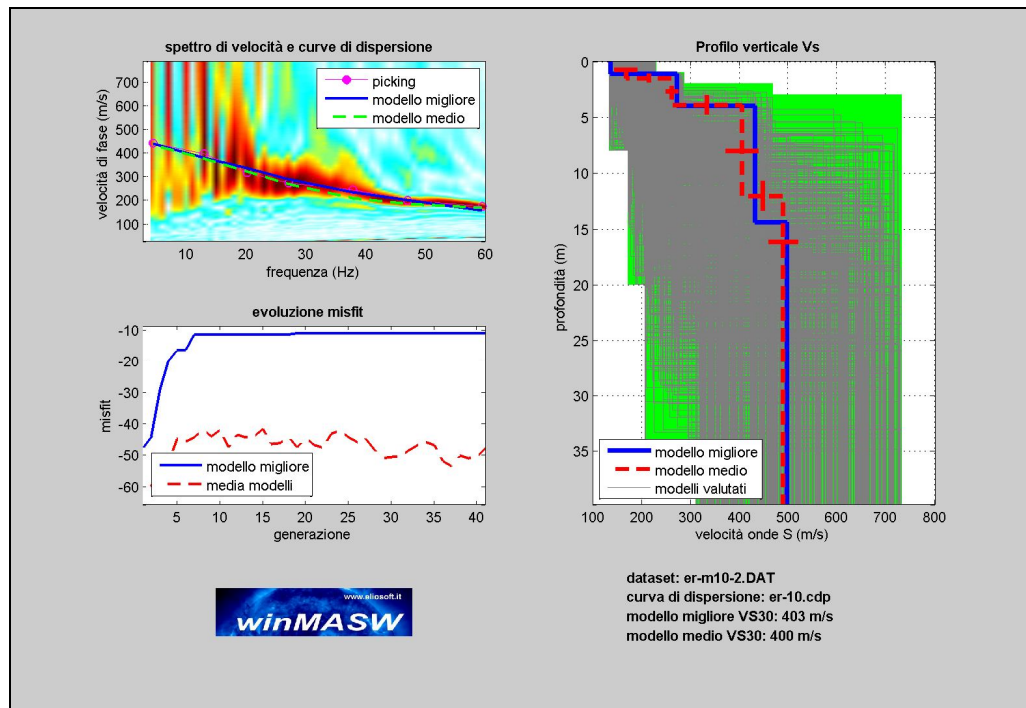
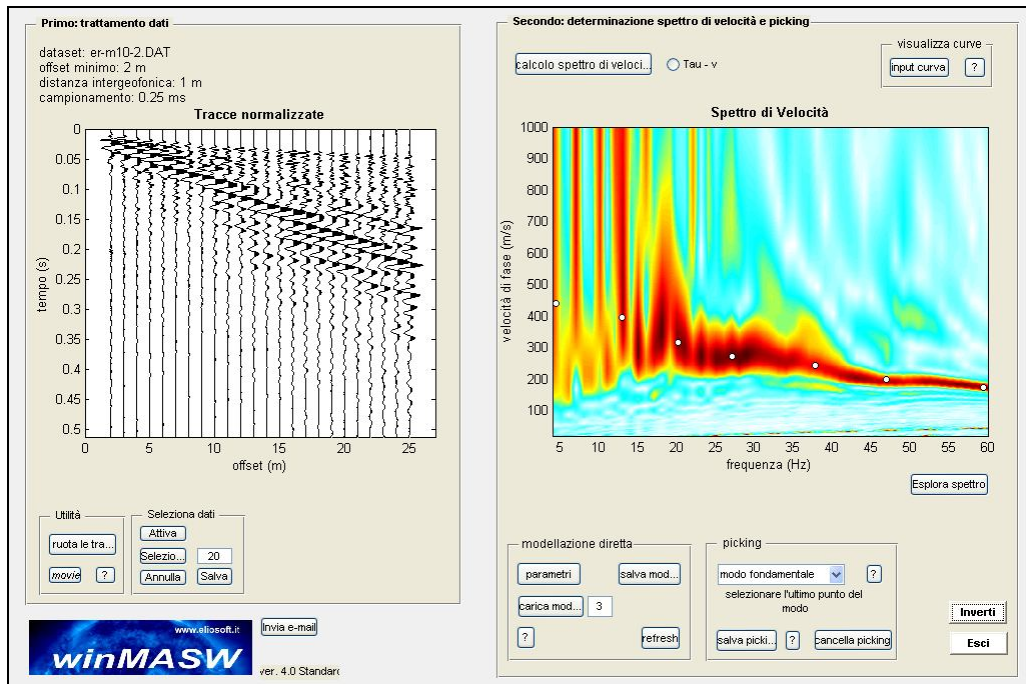
M.A.S.W. n° 7	
Committente	Comune di Ercolano
Cantiere	P.U.C.
Coordinate	40°48'23"N – 14°20'54"E



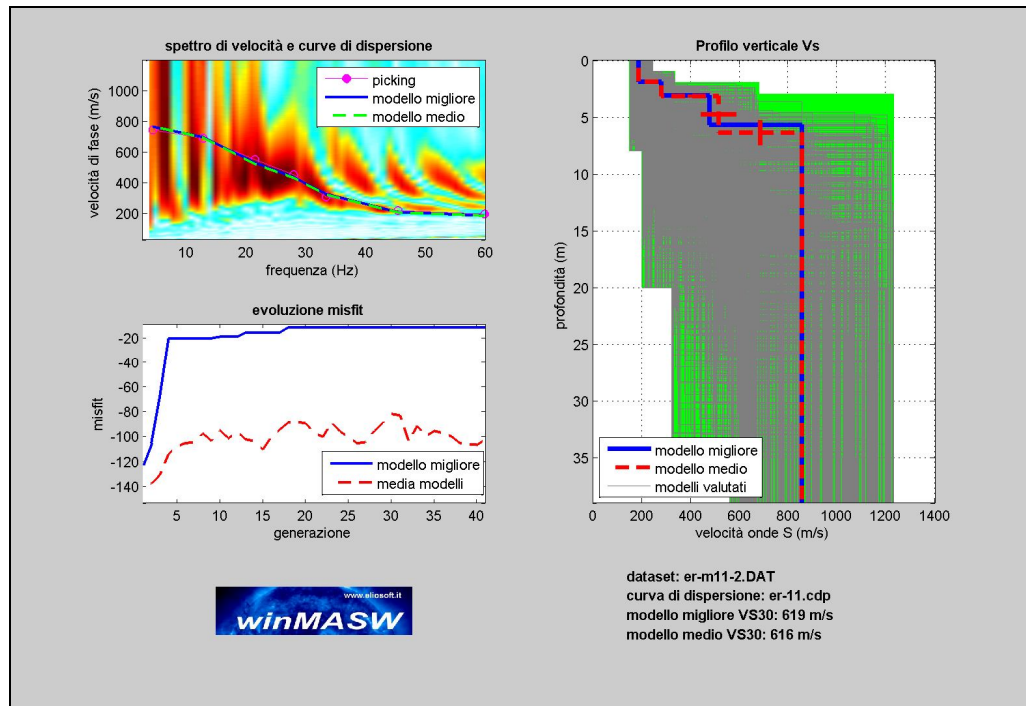
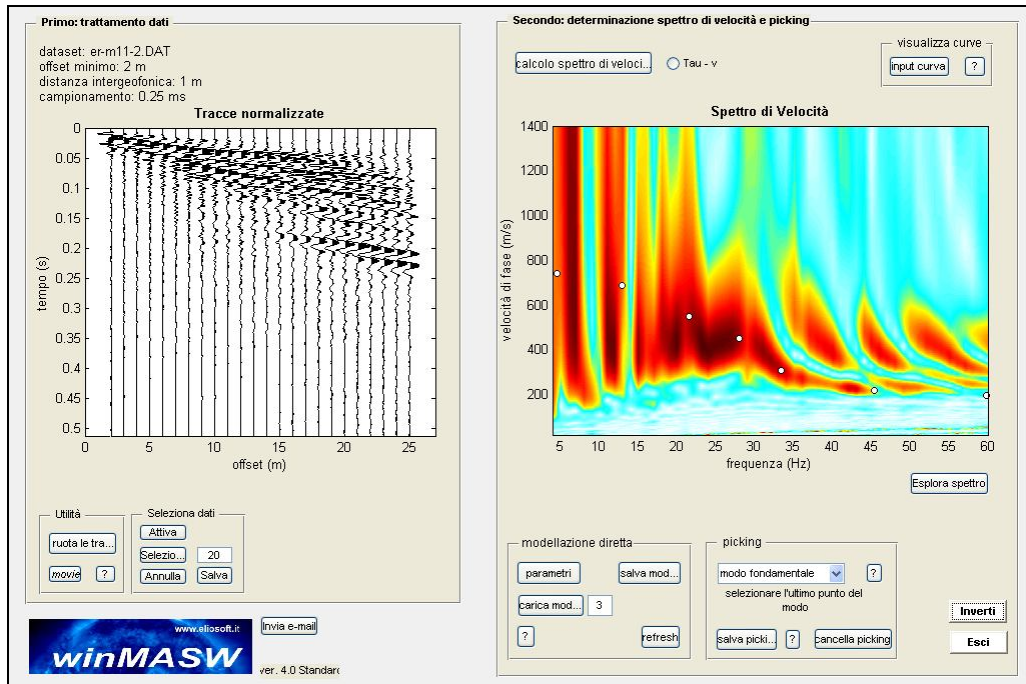
M.A.S.W. n° 8	
Committente	Comune di Ercolano
Cantiere	P.U.C.
Coordinate	40°49'36"N – 14°21'54"E



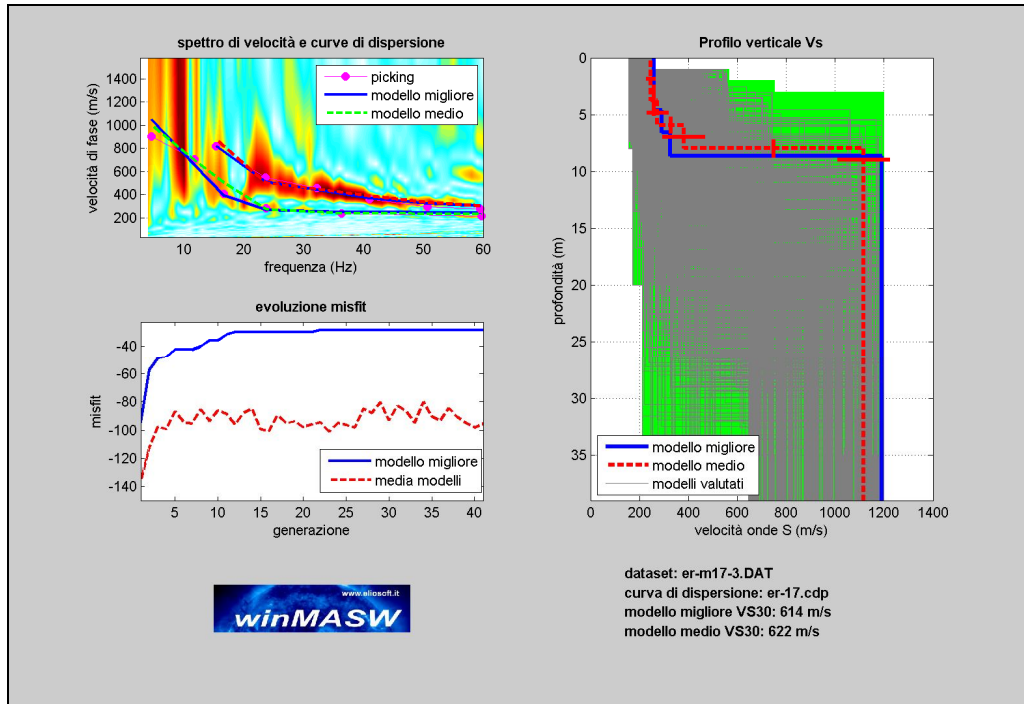
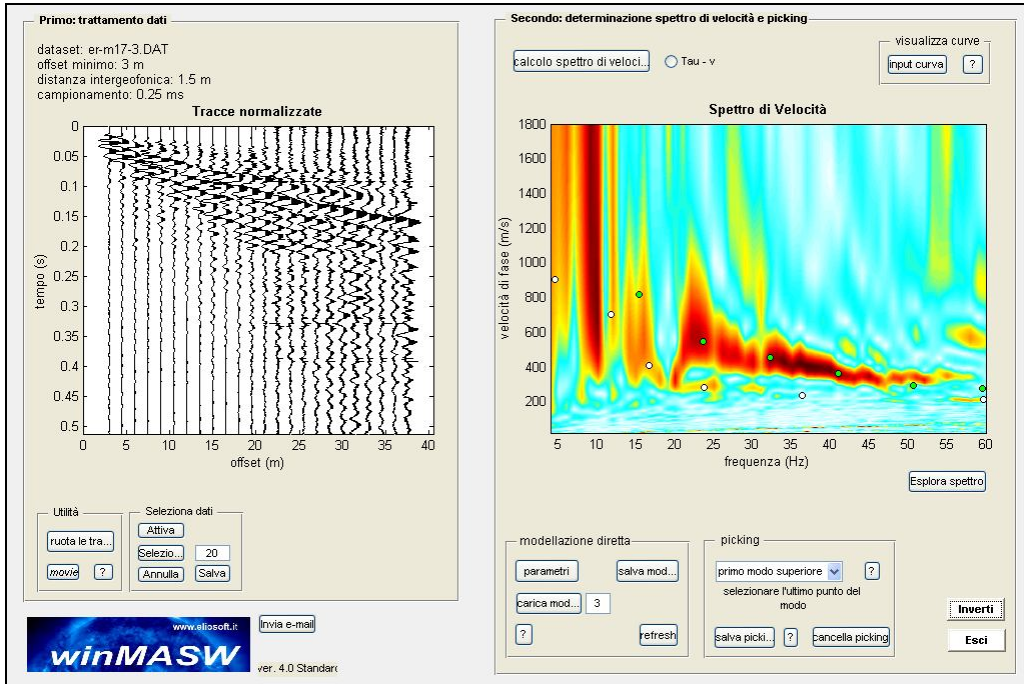
M.A.S.W. n° 10	
Committente	Comune di Ercolano
Cantiere	P.U.C.
Coordinate	40°50'16"N – 14°21'43"E



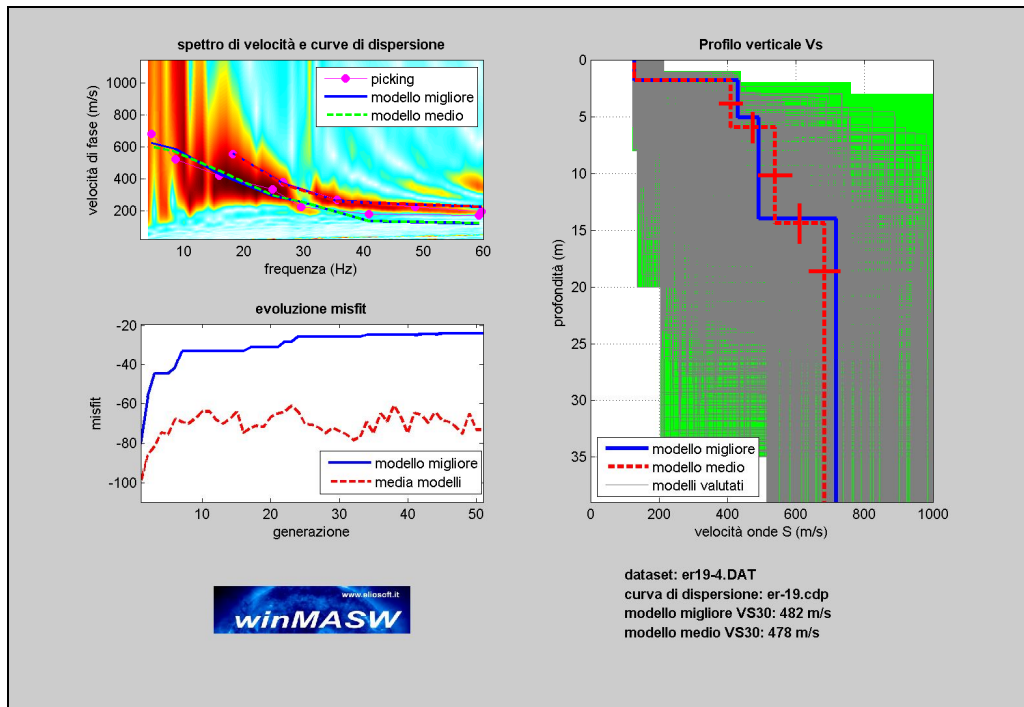
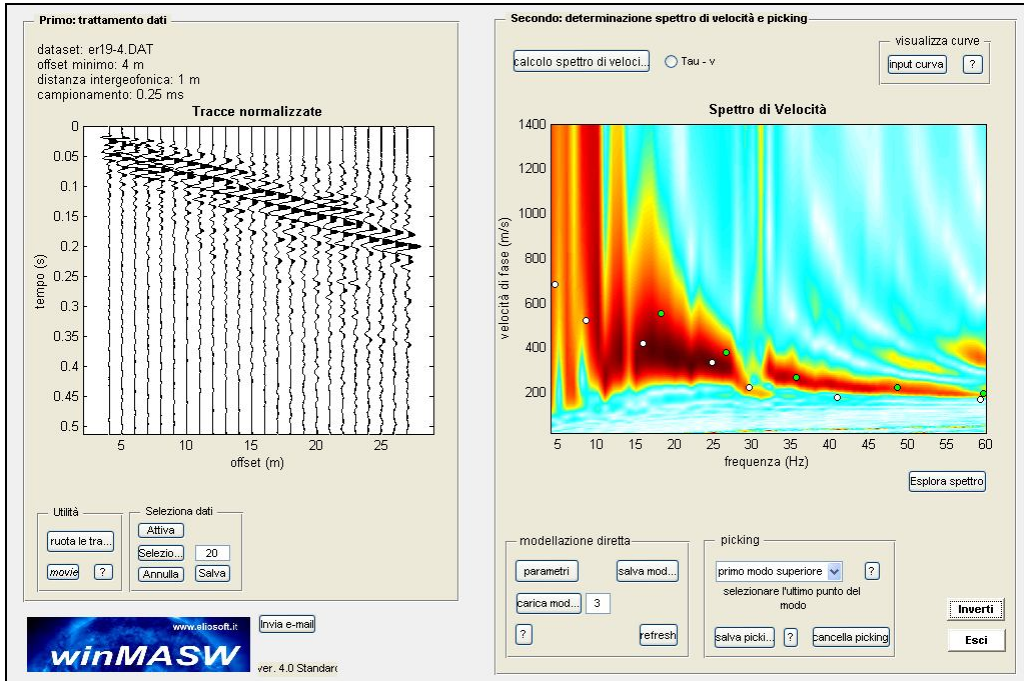
M.A.S.W. n° 11	
Committente	Comune di Ercolano
Cantiere	P.U.C.
Coordinate	40°50'0"N – 14°21'44"E



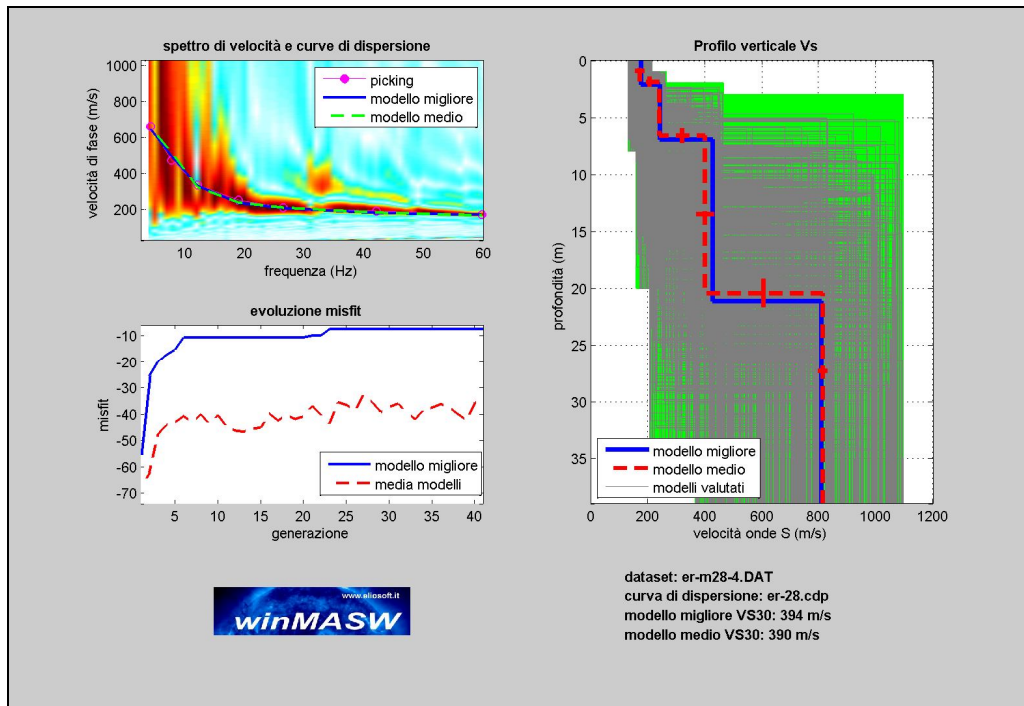
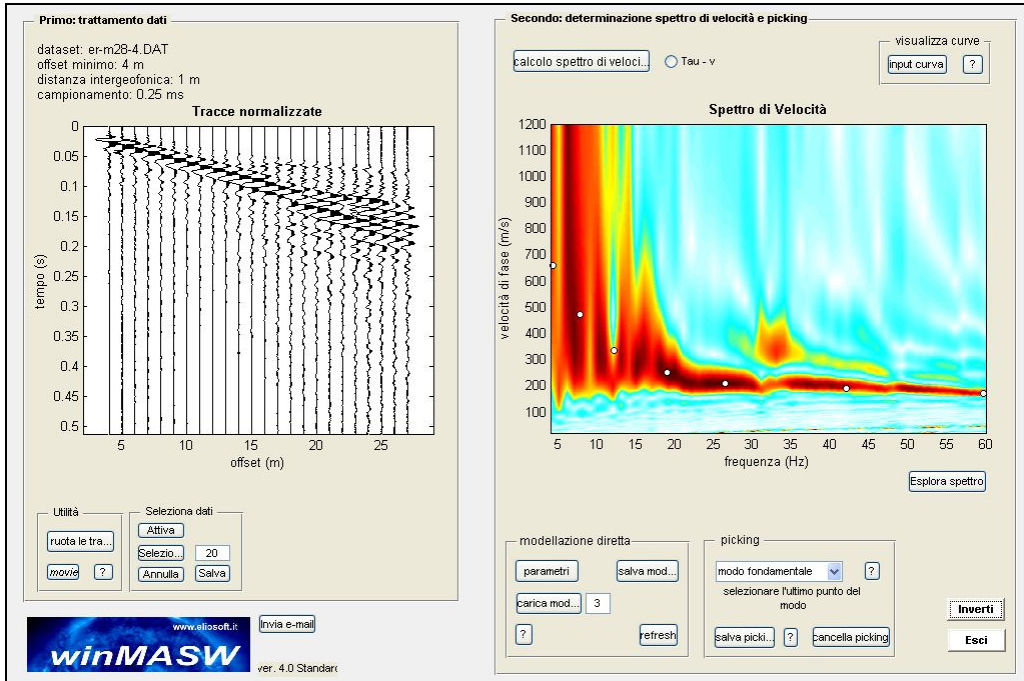
M.A.S.W. n° 17	
Committente	Comune di Ercolano
Cantiere	P.U.C.
Coordinate	40°49'3"N – 14°11'21"E



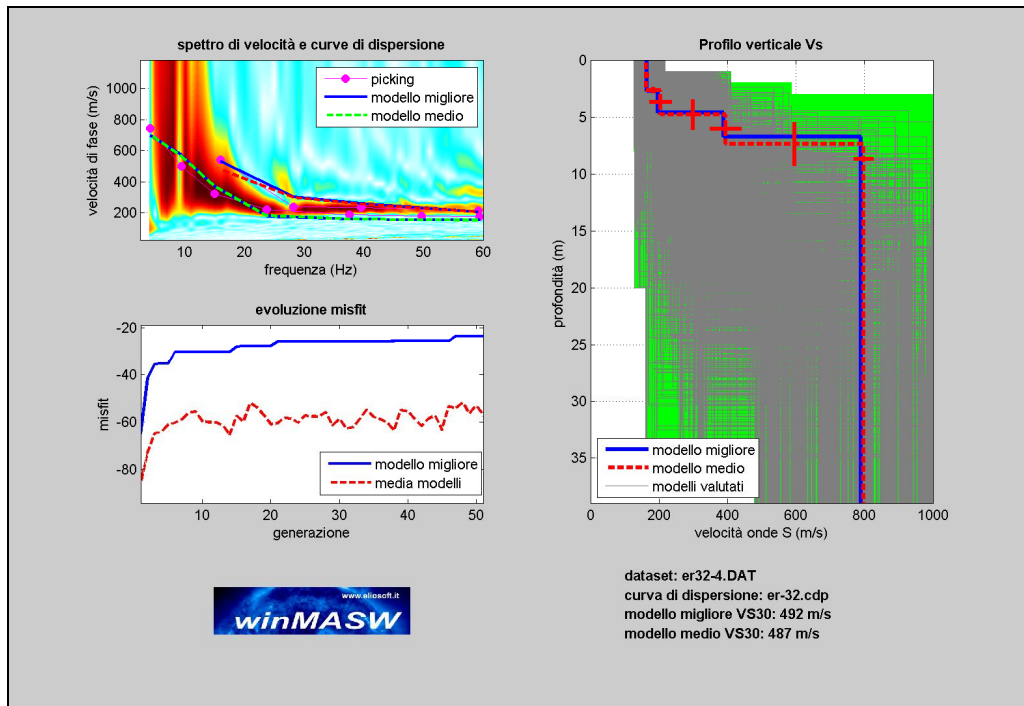
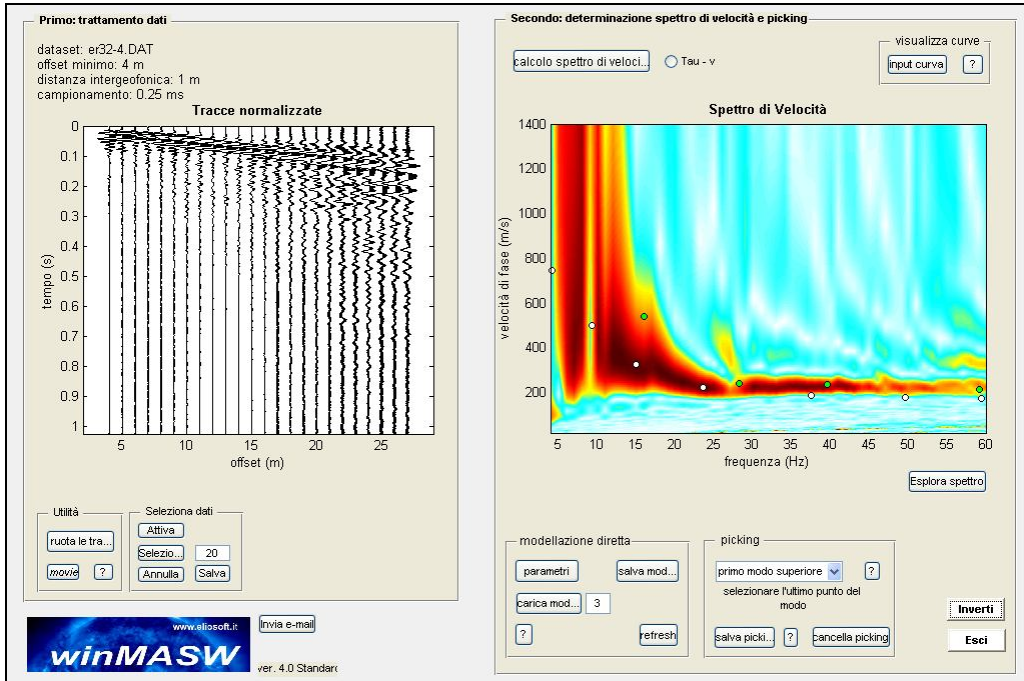
M.A.S.W. n° 19	
Committente	Comune di Ercolano
Cantiere	P.U.C.
Coordinate	40°48'37"N – 14°22'58"E



M.A.S.W. n° 28	
Committente	Comune di Ercolano
Cantiere	P.U.C.
Coordinate	40°50'1"N – 14°20'55"E



M.A.S.W. n° 32	
Committente	Comune di Ercolano
Cantiere	P.U.C.
Coordinate	40°48'59"N – 14°22'58"E



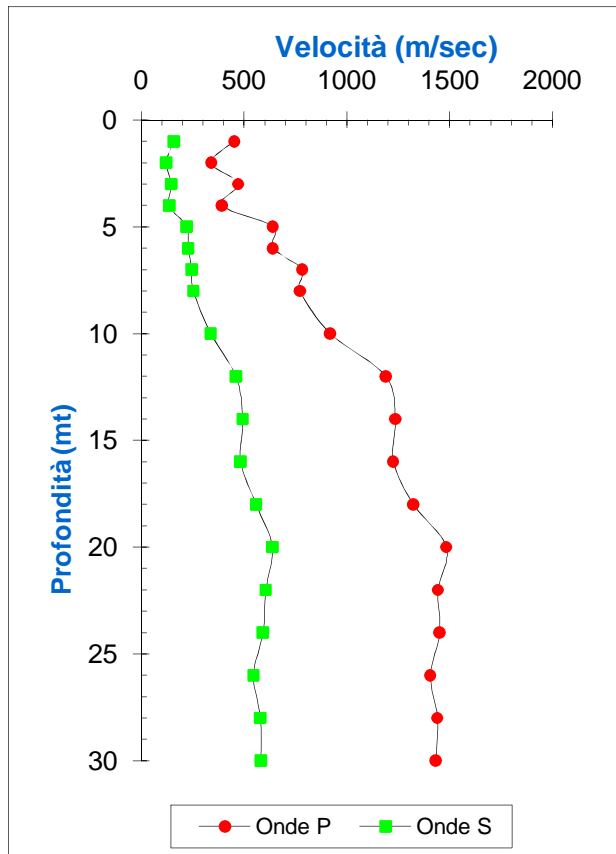
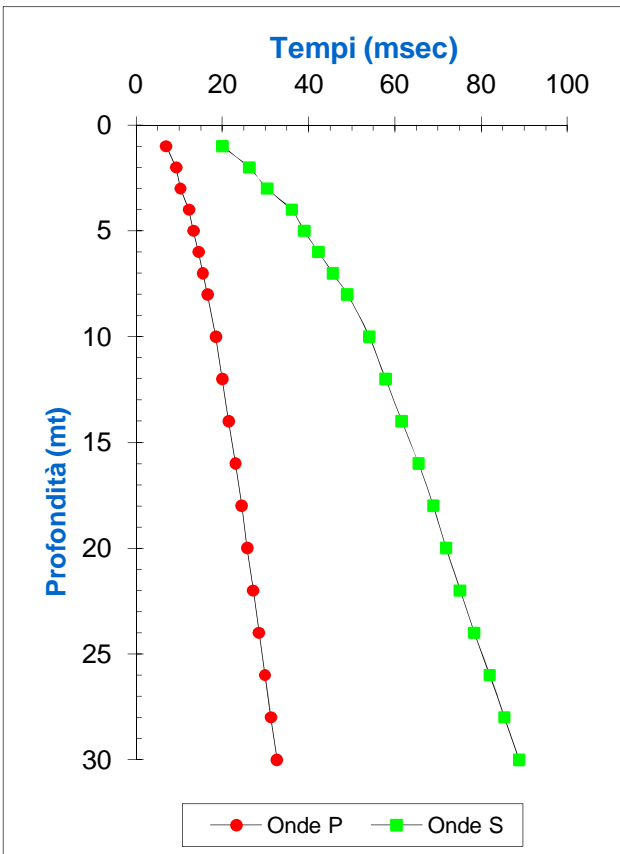
APPENDICE 2

PROVE SISMICHE DOWN-HOLE

PROVA SISMICA DOWN-HOLE 1

COMMITTENTE	Amm.ne Comunale di ERCOLANO
LOCALITA'	P.U.C.
DATA	31/05/2011
PROVA IN FORO N°	S. 1

Profondità dal p.c. in mt	ONDE P		ONDE S		MODULI DINAMICI				γ g/cm ³
	Tempi in msec	Velocità in m/sec	Tempi in msec	Velocità in m/sec	Coeff. Poisson	Young Kg/cm ²	Taglio Kg/cm ²	Bulk Kg/cm ²	
1	7,0	452	20,0	158	0,43	1093	383	2613	1,50
2	9,3	340	26,3	121	0,43	682	239	1564	1,60
3	10,3	471	30,4	145	0,45	1083	374	3457	1,75
4	12,3	391	36,1	135	0,43	937	328	2295	1,75
5	13,3	639	39,0	219	0,43	2457	858	6150	1,75
6	14,5	639	42,3	228	0,43	2640	926	6061	1,75
7	15,5	783	45,6	245	0,45	3100	1073	9510	1,75
8	16,6	771	49,0	252	0,44	3265	1135	9114	1,75
10	18,5	919	54,1	337	0,42	5756	2026	12375	1,75
12	20,0	1188	57,9	459	0,41	10636	3770	20189	1,75
14	21,5	1235	61,6	492	0,41	12159	4330	21447	1,75
16	23,1	1225	65,5	482	0,41	11694	4156	21262	1,75
18	24,5	1323	68,9	558	0,39	15460	5560	23854	1,75
20	25,8	1484	71,9	637	0,39	21200	7649	31362	1,85
22	27,2	1443	75,1	605	0,39	18184	6532	28448	1,75
24	28,5	1450	78,4	591	0,40	17460	6240	29248	1,75
26	29,9	1405	82,0	546	0,41	14994	5318	28184	1,75
28	31,3	1440	85,4	579	0,40	16785	5986	29035	1,75
30	32,7	1433	88,8	581	0,40	16854	6018	28633	1,75



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

PROVA SISMICA DOWN-HOLE 1

COMMITTENTE	Amm.ne Comunale di ERCOLANO
LOCALITA'	P.U.C.
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	413	140	340 <i>m/sec</i>
2	6,00	639	223	
3	10,00	824	278	
4	18,00	1243	498	
5	30,00	1442	590	

SCHEMA SISMOSTRATIGRAFICO

