Società Geologica S.r.l. Via G. Di Vitalone
18. Terni www.societageologica.it
info@societageologica.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Sig.ra Rossi Seconda Cantiere: Località: San Liberatore	

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SCPT TG 73 -100 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	6 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm²
Lunghezza delle aste	1.5 m
Peso aste a metro	11 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	1.20 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1.15
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

SOCIETA' GEOLOGICA s.r.l.
Via G. Di Vitalone, 18 - 05100 TERNI
Tel. 0744 402427 / Fax 0744 293784
P. IVA 01374990552

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... SCPT TG 73 -100 PAGANI
Prova eseguita in data 09/05//2014
Profondità prova 4.20 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	2	0.853	12.62	14.80	0.63	0.74
0.60	3	0.847	18.81	22.20	0.94	1.11
0.90	9	0.842	56.06	66.61	2.80	3.33
1.20	19	0.786	110.57	140.63	5.53	7.03
1.50	11	0.831	60.30	72.55	3.02	3.63
1.80	17	0.776	87.04	112.12	4.35	5.61
2.10	10	0.822	54.19	65.95	2.71	3.30
2.40	11	0.817	59.28	72.55	2.96	3.63
2.70	15	0.763	75.47	98.93	3.77	4.95
3.00	11	0.809	52.91	65.42	2.65	3.27
3.30	14	0.755	62.84	83.27	3.14	4.16
3.60	15	0.751	66.99	89.21	3.35	4.46
3.90	45	0.597	159.84	267.64	7.99	13.38
4.20	51	0.594	180.08	303.32	9.00	15.17

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo Saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0.00-0.90	5	Coesivo Incoerente	1.80	1.88	18.06	0.10	22.94	50.00	0.34	295.08	77.47
Strato (2) sabbia ghiaiosa	0.90-3.60	15	Incoerente	1.90	1.95	30.00	--	58.28	150.00	0.32	828.78	127.81
Strato (3) ghiaia	3.60-4.20	55	Incoerente	2.30	2.50	42.05	--	140.44	350.00	0.24	2810.96	177.94

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... SCPT TG 73 -100 PAGANI
Prova eseguita in data 09/05/2014
Profondità prova 4.50 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	1	0.853	6.31	7.40	0.32	0.37
0.60	6	0.847	37.61	44.41	1.88	2.22
0.90	17	0.792	99.59	125.82	4.98	6.29
1.20	35	0.686	177.78	259.05	8.89	12.95
1.50	17	0.781	87.59	112.12	4.38	5.61
1.80	10	0.826	54.50	65.95	2.72	3.30
2.10	10	0.822	54.19	65.95	2.71	3.30
2.40	10	0.817	53.89	65.95	2.69	3.30
2.70	16	0.763	80.50	105.52	4.02	5.28
3.00	15	0.759	67.68	89.21	3.38	4.46
3.30	21	0.705	88.02	124.90	4.40	6.24
3.60	19	0.751	84.85	113.00	4.24	5.65
3.90	38	0.647	146.27	226.01	7.31	11.30
4.20	45	0.594	158.90	267.64	7.94	13.38
4.50	53	0.590	169.44	287.03	8.47	14.35

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo Saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0.00-0.30	1	Coesivo Incoerente	1.75	1.84	18.00	0.10	4.59	10.00	0.35	65.00	47.44
Strato (2) sabbia ghiaiosa	0.30-3.60	16	Incoerente	1.90	1.96	30.00	--	60.33	155.00	0.32	880.62	125.72
Strato (3) ghiaia	3.60-4.50	52	Incoerente	2.30	2.50	42.00	--	134.27	335.00	0.25	2666.59	177.51

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... SCPT TG 73 -100 PAGANI
Prova eseguita in data 09/05/2014
Profondità prova 6.60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	6	0.853	37.87	44.41	1.89	2.22
0.60	5	0.847	31.35	37.01	1.57	1.85
0.90	3	0.842	18.69	22.20	0.93	1.11
1.20	2	0.836	12.38	14.80	0.62	0.74
1.50	6	0.831	32.89	39.57	1.64	1.98
1.80	15	0.776	76.80	98.93	3.84	4.95
2.10	19	0.772	96.70	125.31	4.83	6.27
2.40	14	0.767	70.83	92.33	3.54	4.62
2.70	14	0.763	70.43	92.33	3.52	4.62
3.00	10	0.809	48.10	59.48	2.40	2.97
3.30	10	0.805	47.86	59.48	2.39	2.97
3.60	8	0.801	38.11	47.58	1.91	2.38
3.90	6	0.797	28.45	35.69	1.42	1.78
4.20	7	0.794	33.04	41.63	1.65	2.08
4.50	8	0.790	34.24	43.33	1.71	2.17
4.80	9	0.787	38.36	48.74	1.92	2.44
5.10	9	0.784	38.21	48.74	1.91	2.44
5.40	8	0.781	33.84	43.33	1.69	2.17
5.70	10	0.778	42.14	54.16	2.11	2.71
6.00	28	0.675	94.02	139.19	4.70	6.96
6.30	51	0.573	145.24	253.53	7.26	12.68
6.60	53	0.570	150.27	263.47	7.51	13.17

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo Saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0.00-1.50	5	Coesivo Incoerente	1.80	1.88	18.06	0.10	22.94	50.00	0.34	295.08	85.49
Strato (2) sabbia ghiaiosa	1.50-3.30	15	Incoerente	1.90	1.95	30.00	--	58.28	150.00	0.32	828.78	129.41
Strato (3) sabbia mediamente addensata	3.30-5.70	9	Incoerente	1.70	1.91	26.00	--	45.95	---	0.34	512.74	133.74
Strato (4) ghiaia	5.70-6.60	50	Incoerente	2.30	2.50	42.00	--	130.17	325.00	0.25	2570.07	191.12

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... SCPT TG 73 -100 PAGANI
Prova eseguita in data 09/05/2014
Profondità prova 3.60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	3	0.853	18.93	22.20	0.95	1.11
0.60	5	0.847	31.35	37.01	1.57	1.85
0.90	5	0.842	31.14	37.01	1.56	1.85
1.20	12	0.836	74.27	88.82	3.71	4.44
1.50	11	0.831	60.30	72.55	3.02	3.63
1.80	15	0.776	76.80	98.93	3.84	4.95
2.10	27	0.722	128.51	178.07	6.43	8.90
2.40	27	0.717	127.70	178.07	6.39	8.90
2.70	30	0.713	141.04	197.86	7.05	9.89
3.00	35	0.659	137.11	208.16	6.86	10.41
3.30	31	0.655	120.71	184.37	6.04	9.22
3.60	58	0.601	207.28	344.96	10.36	17.25

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo Saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0.00-0.90	4	Coesivo Incoerente	1.80	1.87	18.00	0.10	18.35	40.00	0.35	239.25	74.53
Strato (2) sabbia ghiaiosa	0.90-3.30	27	Incoerente	2.00	2.20	30.12	--	82.92	210.00	0.3	1440.11	139.62
Strato (3) ghiaia	3.30-3.60	66	Incoerente	2.34	2.50	42.80	--	163.03	405.00	0.22	3336.45	179.35

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato... SCPT TG 73 -100 PAGANI
Prova eseguita in data 09/05/2014
Profondità prova 3.30 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	10	0.853	63.11	74.01	3.16	3.70
0.60	18	0.797	106.18	133.23	5.31	6.66
0.90	15	0.792	87.88	111.02	4.39	5.55
1.20	15	0.786	87.29	111.02	4.36	5.55
1.50	20	0.781	103.04	131.91	5.15	6.60
1.80	20	0.776	102.40	131.91	5.12	6.60
2.10	10	0.822	54.19	65.95	2.71	3.30
2.40	11	0.817	59.28	72.55	2.96	3.63
2.70	17	0.763	85.53	112.12	4.28	5.61
3.00	20	0.759	90.25	118.95	4.51	5.95
3.30	55	0.605	197.80	327.12	9.89	16.36

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo Saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0.00-0.30	11	Coesivo Incoerente	1.85	2.00	18.70	0.10	50.47	110.00	0.33	619.19	71.82
Strato (2) sabbia ghiaiosa	0.30-3.00	18	Incoerente	1.95	2.05	30.20	--	64.44	165.00	0.32	983.72	124.24
Strato (3) ghiaia	3.00-3.30	63	Incoerente	2.32	2.50	42.50	--	156.87	390.00	0.23	3193.70	174.82

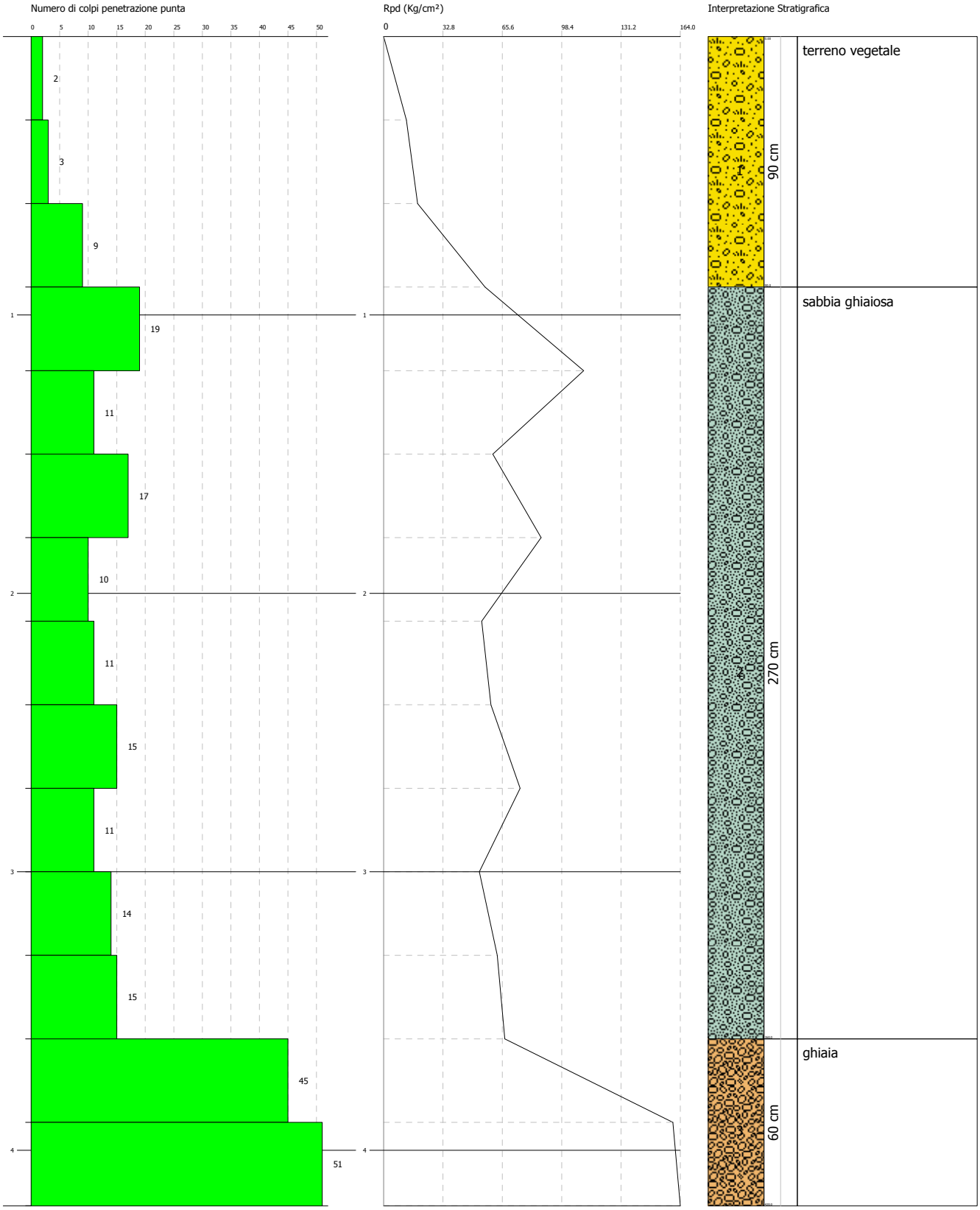
Società Geologica S.r.l.
Via G. Di Vitalone 18. Terni
www.societageologica.it
info@societageologica.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... SCPT TG 73 -100 PAGANI

Committente: Sig.ra Rossi Seconda
Cantiere:
Località: San Liberatore

Data: 09/05/2014

Scala 1:20



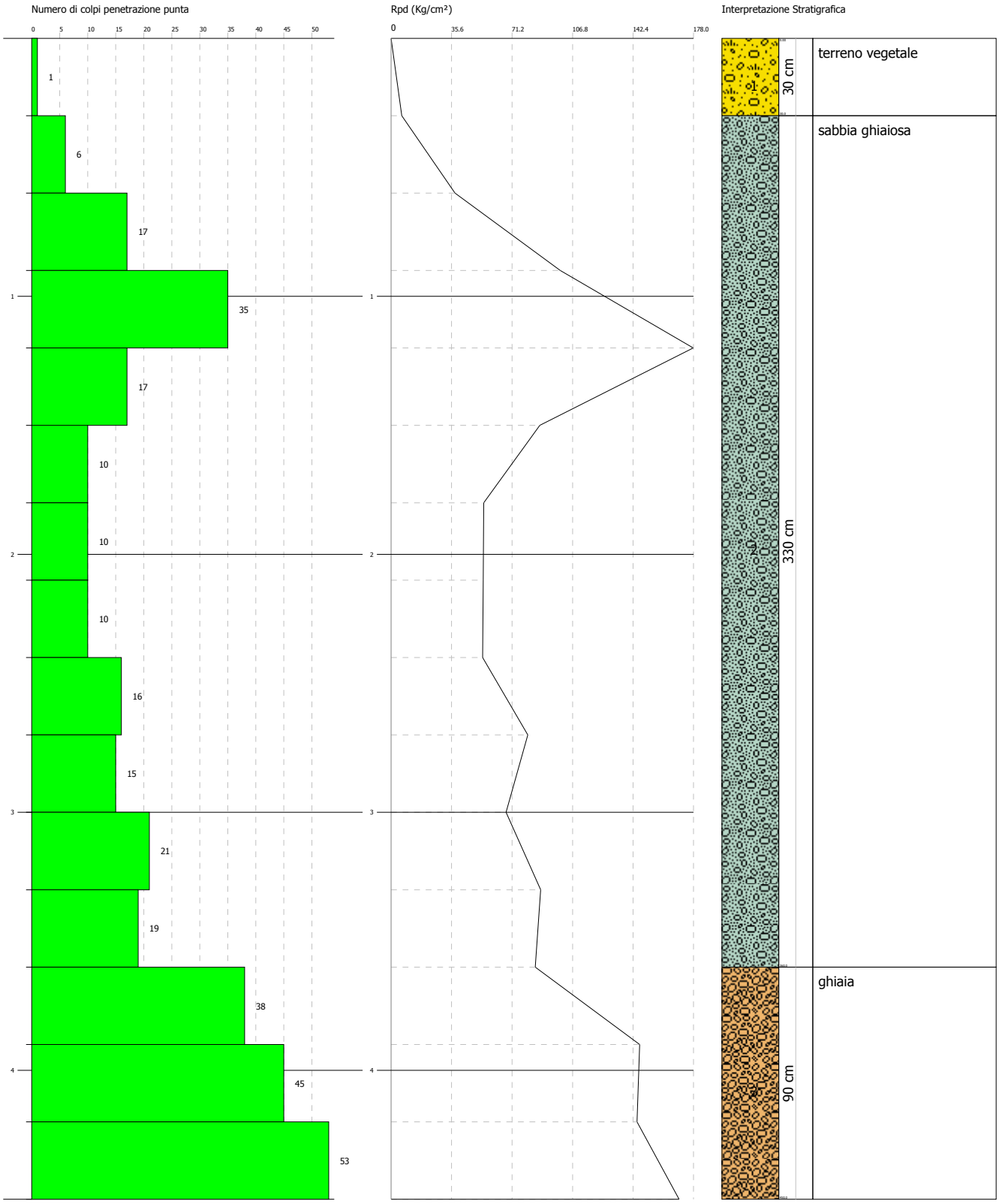
Società Geologica S.r.l.
Via G. Di Vitalone 18. Terni
www.societageologica.it
info@societageologica.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... SCPT TG 73 -100 PAGANI

Committente: Sig.ra Rossi Seconda
Cantiere:
Località: San Liberatore

Data: 09/05/2014

Scala 1:22



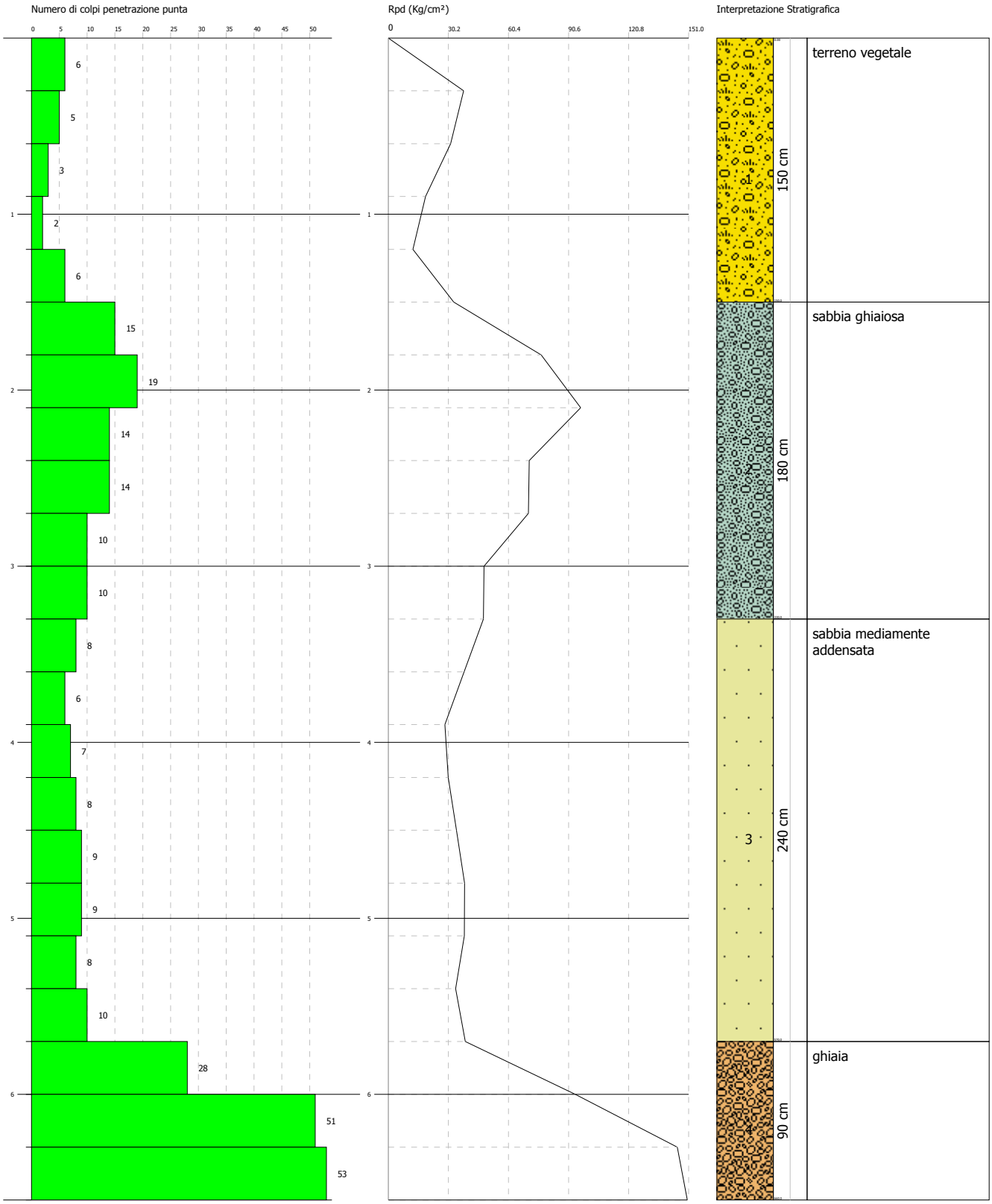
Società Geologica S.r.l.
Via G. Di Vitalone 18. Terni
www.societageologica.it
info@societageologica.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... SCPT TG 73 -100 PAGANI

Committente: Sig.ra Rossi Seconda
Cantiere:
Località: San Liberatore

Data: 09/05/2014

Scala 1:32



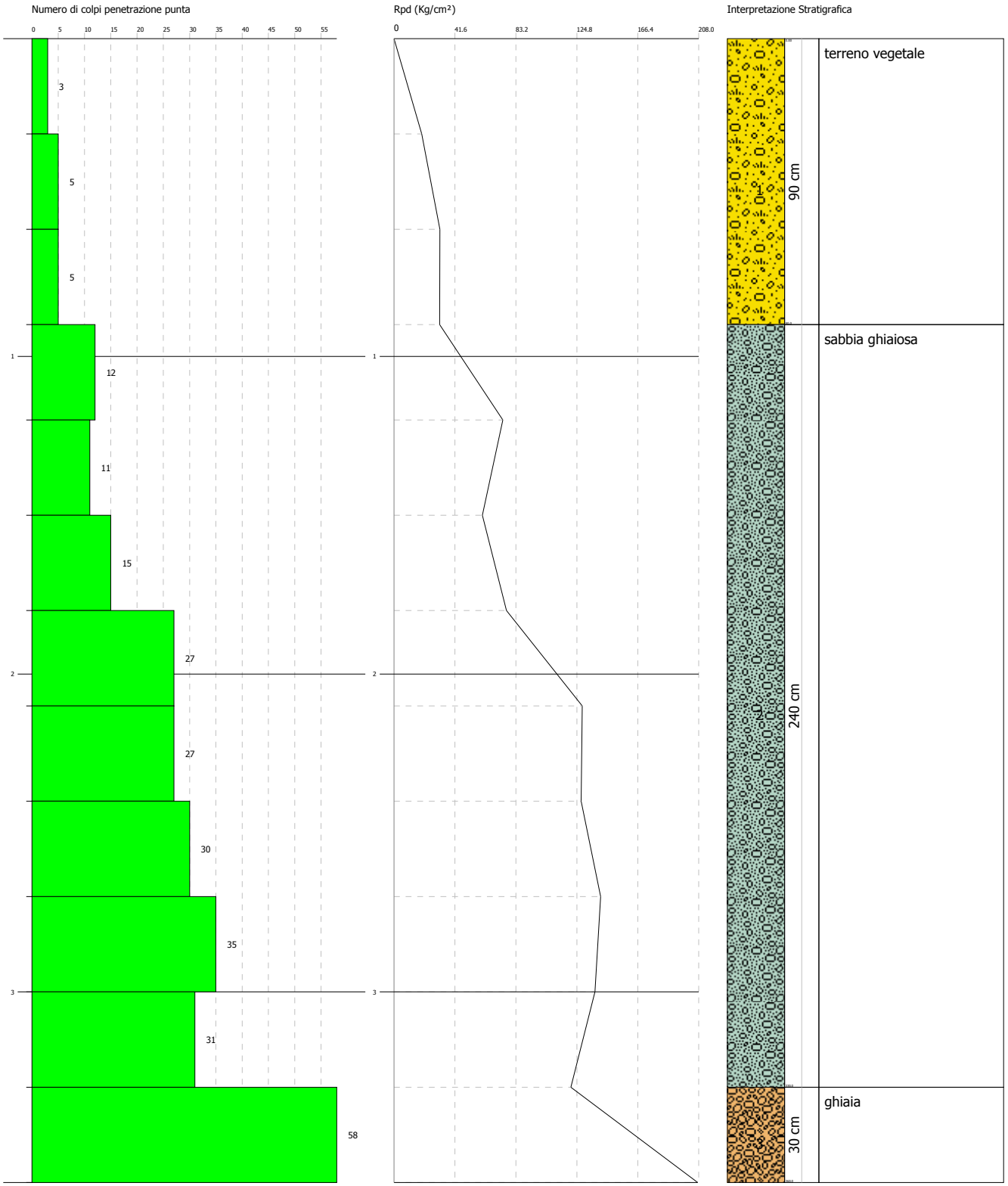
Società Geologica S.r.l.
Via G. Di Vitalone 18. Terni
www.societageologica.it
info@societageologica.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... SCPT TG 73 -100 PAGANI

Committente: Sig.ra Rossi Seconda
Cantiere:
Località: San Liberatore

Data: 09/05/2014

Scala 1:18



Società Geologica S.r.l.
Via G. Di Vitalone 18. Terni
www.societageologica.it
info@societageologica.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
Strumento utilizzato... SCPT TG 73 -100 PAGANI

Committente: Sig.ra Rossi Seconda
Cantiere:
Località: San Liberatore

Data: 09/05/2014

Scala 1:16

Società Geologica Srl
Via G. Vitalone 18 - 05100 Terni
Cod. Fisc./P.IVA 01374990552

REGIONE UMBRIA

PROVINCIA DI TERNI

COMUNE DI TERNI

COMMITTENTE: SIG.RA ROSSI SECONDA

INDAGINI GEOFISICHE TRAMITE SISMICA A RIFRAZIONE

DATA: OTTOBRE 2015

SOCIETA' GEOLOGICA S.R.L
DOTT. GEOL. LUCA LATELLA
DOTT. GEOL. GIORGIO ARCANGELI

SOCIETA' GEOLOGICA s.r.l.
Via G. Di Vitalone, 18 - 05100 TERNI
Tel. 0744 402427 / Fax 0744 293784
P. IVA 01374990552

Sommario

PREMESSA 2

NOTE TEORICHE SULLA SISMICA A RIFRAZIONE 2

SINTESI DEI RISULTATI 4

PROFILO RIFRAZIONE N° 1 (SR 1) 4

PREMESSA

Nel Luglio 2014, è stata eseguita un'indagine geofisica di sismica a rifrazione all'interno del territorio della Località San Liberatore, Comune di Terni, finalizzata all'acquisizione di dati geofisici per un progetto di Piano Attuativo.

L'indagine è consistita nell'allestimento di uno stendimento geofisico di lunghezza pari a 48 m, e nell'acquisizione di dati utilizzando il Sismografo a 24 canali 16SG24 della P.A.S.I. s.r.l. di Torino; come sorgente di energia è stata utilizzata una mazza di battuta su piastra in alluminio, mentre la successiva elaborazione è avvenuta mediante il software Intersism, della Geo&Soft International.

NOTE TEORICHE SULLA SISMICA A RIFRAZIONE

Come noto, la sismica a rifrazione utilizza le onde di volume nei corpi solidi, utilizzando per l'energizzazione un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva. Quando le onde sismiche si propagano all'interno di un mezzo infinitamente esteso (sorgente interna al mezzo) si definiscono onde di volume e si propagano secondo fronti d'onda sferici, secondo l'immagine mostrata in figura 1.

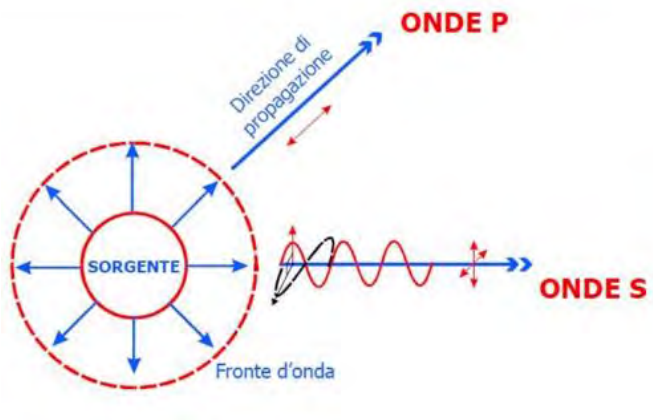


Figura 1: propagazione delle onda di volume

Esistono due tipologie di onde di volume:

- Onde P: onde longitudinali, o *prime*;
- Onde S: onde trasversali, o *secondarie.*

Le onde longitudinali sono caratterizzate da una velocità maggiore delle onde trasversali, secondo la relazione:

$$\sqrt{}$$

Dove *v* è il coefficiente di Poisson, definito come la deformazione trasversale risultante dall'applicazione di uno stress assiale.

Le onde sismiche viaggiano nel sottosuolo a differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione.

Le superfici di confine degli strati geologici, caratterizzati da una differenza di velocità tra lo strato superiore (V_1) e lo strato ad esso sottostante (V_2), producono dei raggi rifratti che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato "più veloce") rifrangendo continuamente verso l'alto (quindi verso lo strato "più lento") energia elastica.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità ($V_1 < V_2$). Un altro requisito indispensabile per il buon funzionamento di questa metodologia è che gli strati posseggano uno spessore sufficiente per essere rilevati. L'energia rifratta che ritorna alla superficie viene misurata utilizzando dei geofoni. Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica ed alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nella zona di indagine.

A solo titolo indicativo sono di seguito elencati alcuni valori medi di velocità delle onde di compressione Vp e trasversali Vs in diversi litotipi:

LITOTIPO	**Vp (m/s)**
Strato aerato superficiale	300 – 800
Sabbia asciutta	500 – 1000
Sabbia umida	600 – 1800
Acqua	1500 (valore medio)
Calcare	3500 - 5000
Arenaria	2500 - 4500
Graniti	4000 – 6000
Lave	2500 – 4000

Tipo di terreno	v_P [m/s]	v_S [m/s]
Argilla satura	1500	100 ÷ 250
Sabbia fine e media	300 ÷ 500	120 ÷ 200
Sabbia densa	400 ÷ 600	200 ÷ 400
Ghiaia	500 ÷ 750	300 ÷ 600
Arenaria	1500 ÷ 4500	700 ÷ 1500
Marna	1500 ÷ 4500	600 ÷ 1500

SINTESI DEI RISULTATI

Le indagini di sismica a rifrazione sono state effettuate sfruttando la propagazione delle onde primarie (P); come sorgente di energia è stata utilizzata una mazza di battuta, applicata su una superficie orizzontale, in modo tale da generare un fronte d'onda di volume.

Di seguito si espongono i risultati delle indagini:

PROFILO RIFRAZIONE N° 1 (SR 1)

- Lunghezza stendimento: 48 m;
- Distanza intergeofonica: 2.0 m.

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 tiri estremi e uno centrale, utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

L'interpretazione dei dati mediante l'esame delle dromocrone ha permesso di individuare la seguente successione di strati.

STRATO 1:

E' presente a partire dal piano di camagna fino ad una profondità di circa 1,5 m, caratterizzato da una Vp calcolata di 500 m/s; può essere associato a *Suolo/Terreno vegetale*.

STRATO 2:

E' presente a partire dalla base dello strato 1 fino ad una profondità di circa 5 m dal piano di campagna, caratterizzato da una Vp calcolata di 874 m/s; può essere associato a *Sabbie e ghiaie in matrice sabbiosa*.

STRATO 3:

STRATO 3:

E' presente a partire dalla base dello strato 2 fino ad elevate profondità, caratterizzato da una Vp calcolata di 1821 m/s; può essere associato a *conglomerati cementati*.

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
48.00	0.00	004.dat
24.00	0.00	005.dat
0.00	0.00	006.dat

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 48 [ms]	FBP da 24 [ms]	FBP da 0 [ms]
1	2.00	0.00	37.09	28.25	6.25
2	6.00	0.00	35.77	25.25	11.59
3	10.00	0.00	34.11	22.25	16.23
4	14.00	0.00	31.46	16.23	21.20
5	18.00	0.00	28.81	12.00	24.18
6	22.00	0.00	26.49	5.25	25.83
7	26.00	0.00	24.18	5.00	28.15
8	30.00	0.00	22.19	11.25	30.14
9	34.00	0.00	19.87	15.90	31.79
10	38.00	0.00	15.57	20.53	34.11
11	42.00	0.00	12.50	23.75	35.77

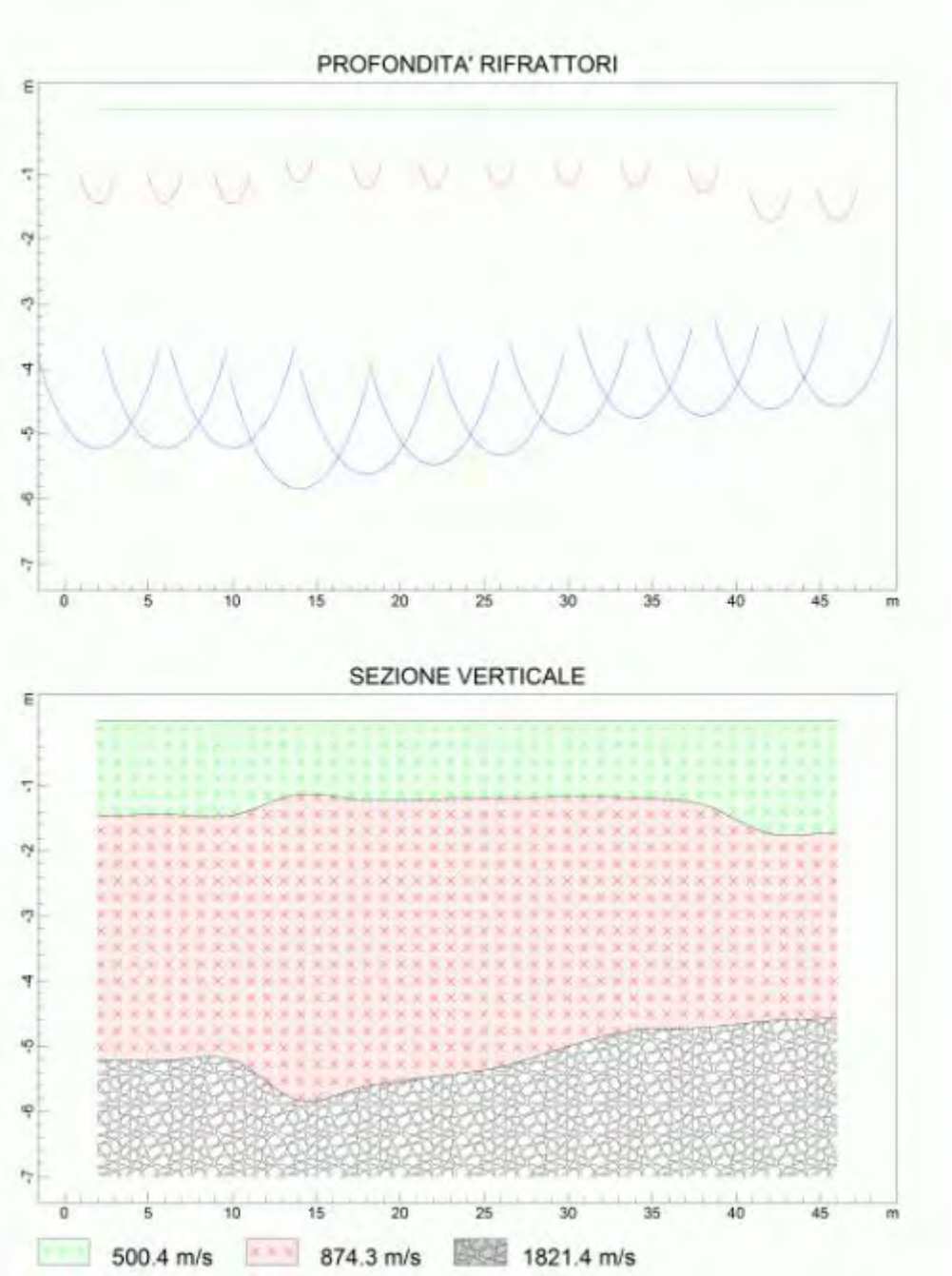
12	46.00	0.00	6.25	27.50	37.75

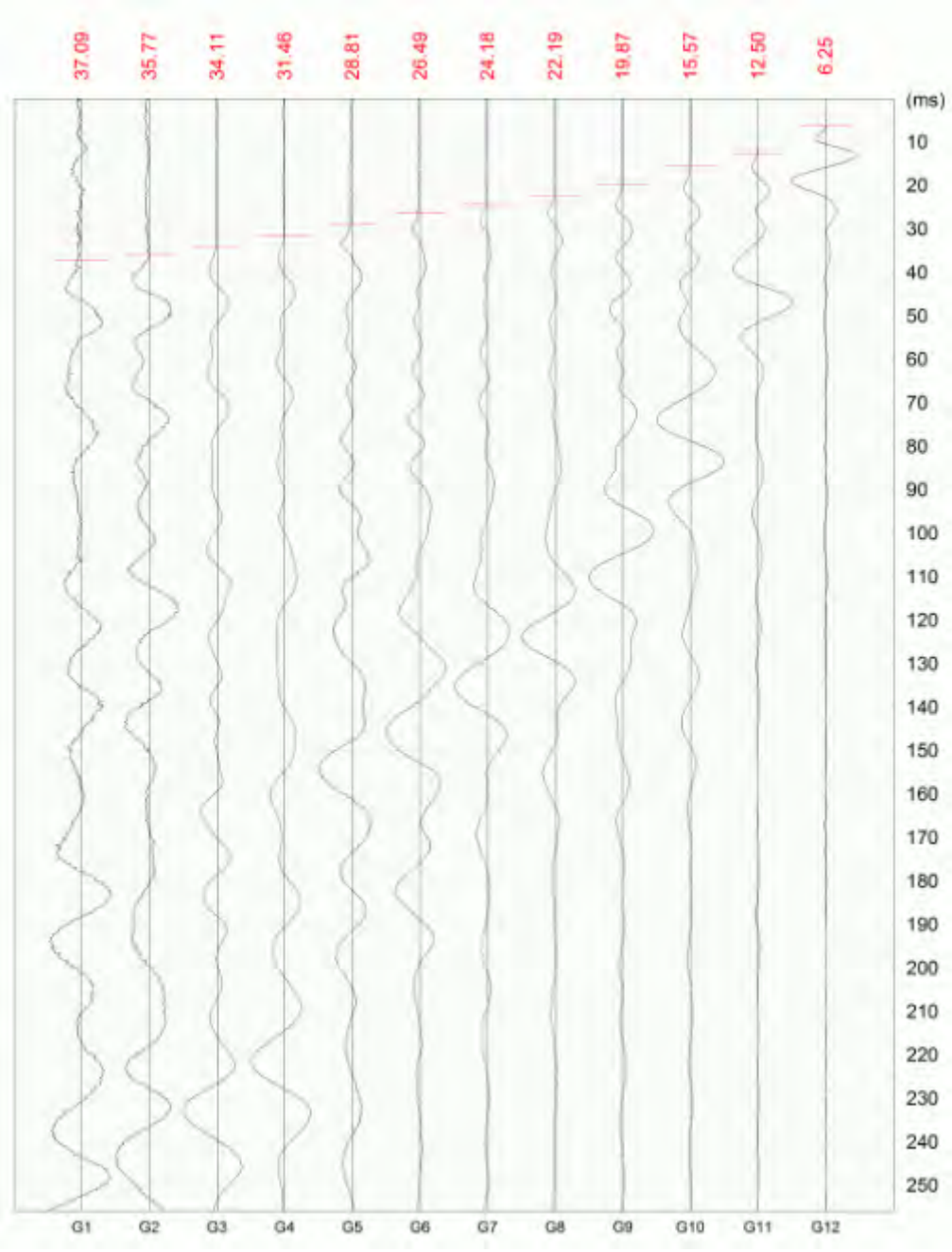
DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

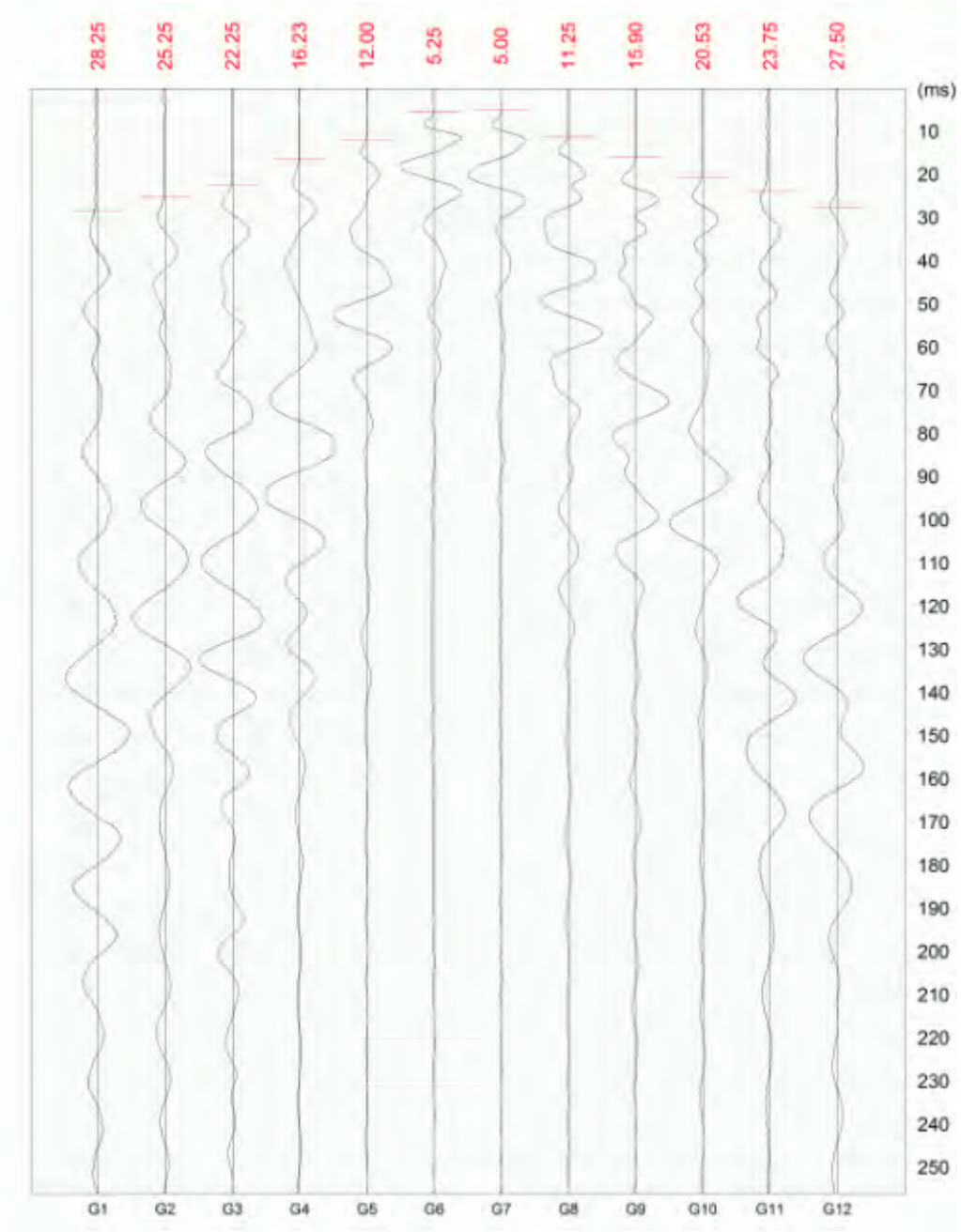
N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]
1	1.5	5.2
2	1.4	5.2
3	1.5	5.2
4	1.1	5.8
5	1.2	5.6
6	1.2	5.5
7	1.2	5.3
8	1.2	5.0
9	1.2	4.7
10	1.3	4.7
11	1.7	4.6
12	1.7	4.6

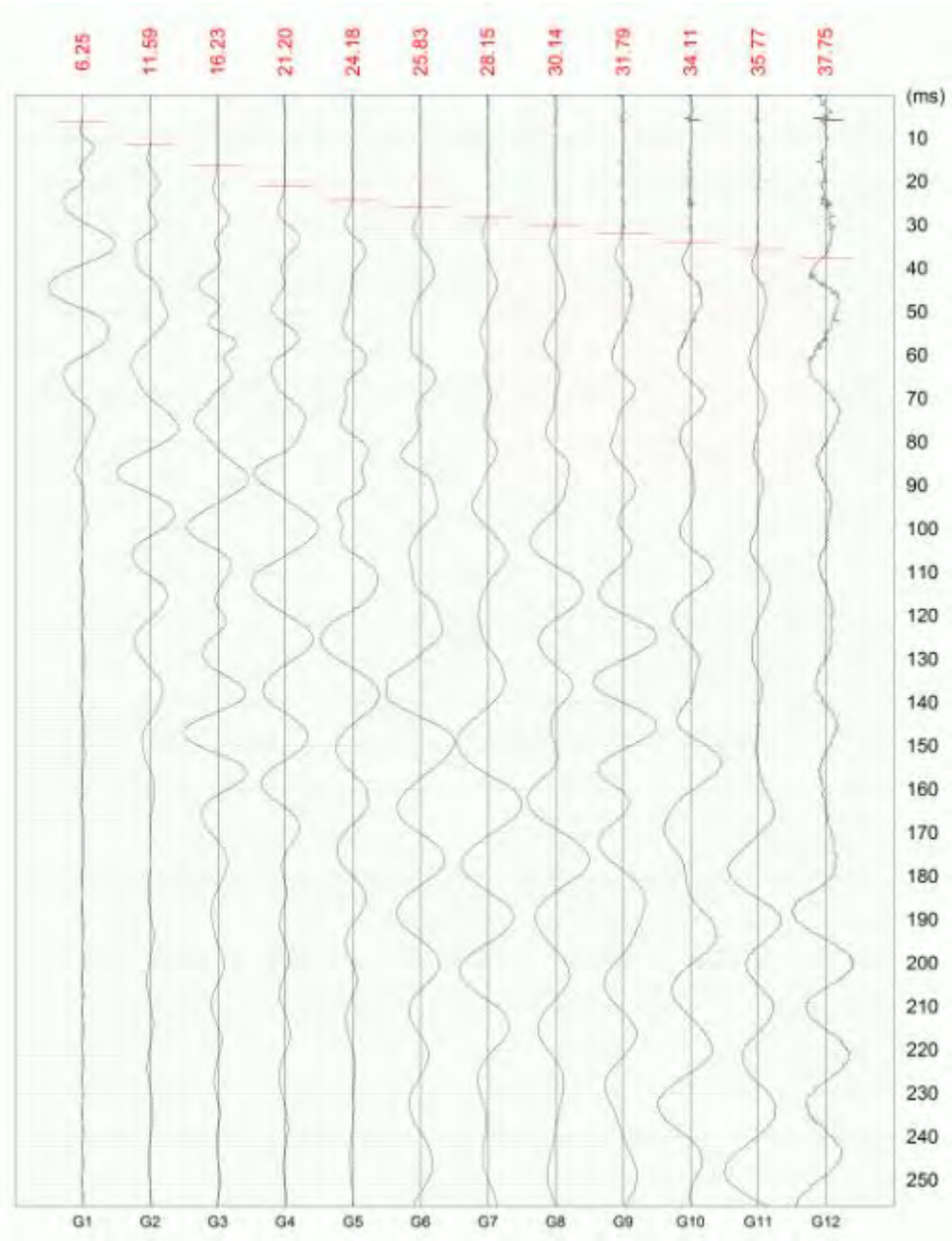
VELOCITA' DEGLI STRATI

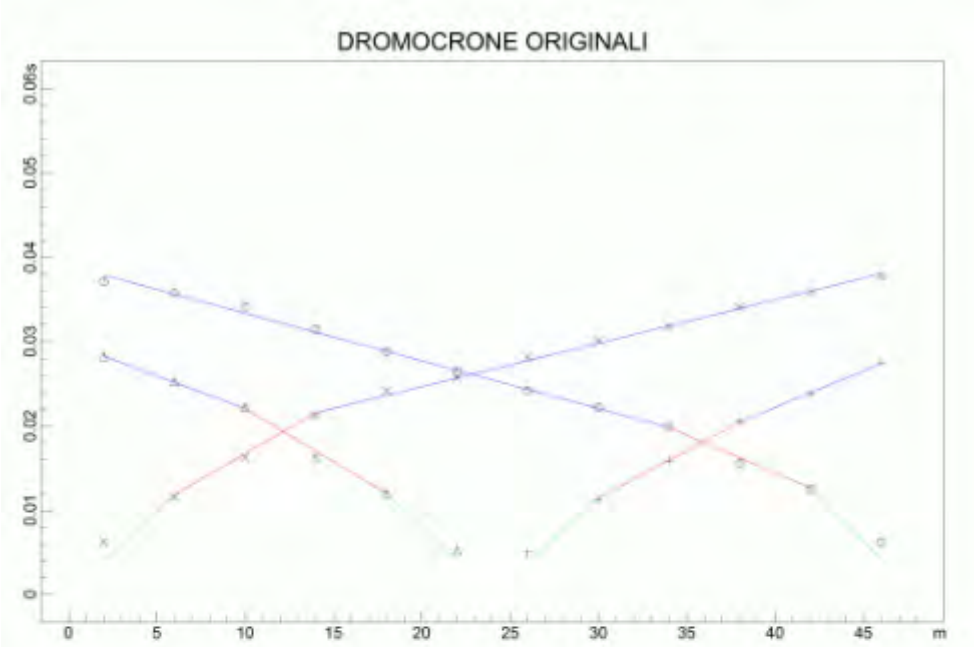
N. Strato	Velocità [m/s]
1	500.4
2	874.3
3	1821.4

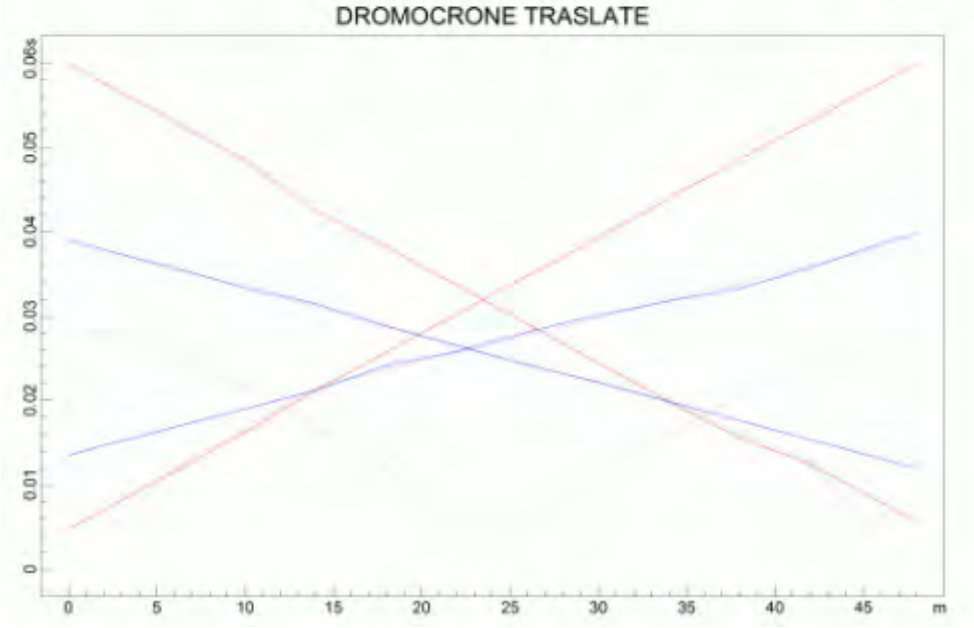

PROFONDITA' RIFRATTORI
m
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
m
SEZIONE VERTICALE
m
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
m
500.4 m/s
874.3 m/s
1821.4 m/s


37.09
35.77
34.11
31.46
28.81
26.49
24.18
22.19
19.87
15.57
12.50
6.25
(ms)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250
G1
G2
G3
G4
G5
G6
G7
G8
G9
G10
G11
G12


28.25
25.25
22.25
16.23
12.00
5.25
5.00
11.25
15.90
20.53
23.75
27.50
(ms)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250
G1
G2
G3
G4
G5
G6
G7
G8
G9
G10
G11
G12


6.25
11.59
16.23
21.20
24.18
25.83
28.15
30.14
31.79
34.11
35.77
37.75
(ms)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250
G1
G2
G3
G4
G5
G6
G7
G8
G9
G10
G11
G12


DROMOCRONE ORIGINALI
0.06s
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
m


DROMOCRONE TRASLATE
0.06s
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
m

Società Geologica Srl
Via G. Vitalone 18 - 05100 Terni
Cod. Fisc./P.IVA 01374990552

REGIONE UMBRIA

PROVINCIA DI TERNI

COMUNE DI TERNI

COMMITTENTE: SIG.RA ROSSI SECONDA

INDAGINI MASW

MULTI-CHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (ANALISI MULTI-CANALE DI ONDE DI SUPERFICIE)

DATA: OTTOBRE 2015

SOCIETA' GEOLOGICA S.R.L
DOTT. GEOL. LUCA LATELLA
DOTT. GEOL. GIORGIO ARCANGELI

Sommario

PREMESSA 2

NOTE TEORICHE 2

A cosa serve sapere la V_s? 2

Cos'è una misura MASW 3

SINTESI DEI RISULTATI 5

PROFILO MASW N.1 5

PROFILO MASW N.2 ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**

ALLEGATI ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**

MASW1 7

MASW2 ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**

PREMESSA

Nel mese di Luglio 2014 sono state eseguite indagini di tipo MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) all'interno del territorio del Comune di Terni, loc. S. Liberatore; le indagini sono finalizzate all'acquisizione di dati geofisici per la realizzazione di un piano attuativo.

Le indagini sono consistite nell'allestimento di n. 2 stendimenti di lunghezza pari a 48 m, con acquisizioni effettuate utilizzando il Sismografo a 12 canali 16SG24 della P.A.S.I. s.r.l. di Torino; come sorgente di energia è stata utilizzata una mazza di battuta su piastra in alluminio, mentre la successiva elaborazione è avvenuta mediante il software WinMASW, della Eliosoft.

NOTE TEORICHE

A cosa serve sapere la V_s?

La questione della conoscenza della velocità delle onde S, V_s, è venuta alla ribalta in relazione alle novità normative in materia antisismica, in quanto utile a stimare l'effetto di sito (amplificazione litologica). La recente normativa (D.M. 14.01.2008) ha introdotto la definizione dell'azione sismica di progetto per diverse categorie di suolo di fondazione, sulla base del parametro $\mathbf{V_{s30}}$, definito come la media equivalente delle velocità delle onde S nei primi 30 m di profondità, secondo la relazione:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

Figura 1: Schema concettuale del calcolo del parametro Vs_{30}

Le categorie di suolo descritte dal D.M. 14.01.2008 e classificate in base al parametro Vs30 sono le seguenti:

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 $V_s > 800$ m/s).

Tabella 1: categorie di suolo secondo il D.M. 14.01.2008

La V_s ha un notevole valore anche dal punto di vista dell'ingegneria civile (ricordiamo ad esempio che il *modulo di taglio* è dato dal prodotto della densità per il quadrato della V_s) e, in generale, la conoscenza di V_s e V_p consente di effettuare una serie di considerazioni sulle caratteristiche geofisiche geomeccaniche e litologiche.

Si ricordi, giusto per dare un motivo di riflessione, come la V_p sia fortemente influenzata dalla presenza di acqua (le rifrazioni in V_p fatte in pianura alluvionale forniscono V_p attorno a 1500 m/s a pochissimi metri di profondità proprio a causa della "tavola d'acqua") mentre la V_s ne sia solo modestamente influenzata.

Cos'è una misura MASW

MASW è l'acronimo di *Multi-channel Analysis of Surface Waves* (*Analisi Multi-canale di Onde di Superficie*): il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superfcie, prodotte attraverso una *sorgente*.

Più precisamente si analizza la ***dispersione*** delle onde di superfice (il particolare fenomeno in base al quale onde caratterizzate da diverse frequenze viaggiano a profondità

diverse); il principio base è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale (cioè dell'onda sismica che si propaga) viaggiano a profondità diverse, attraverso mezzi con caratteristiche meccaniche, e quindi velocità, diverse; dall'interpretazione delle indagini è possibile ottenere *una curva di dispersione*, che mostra la velocità corrispondente a diverse frequenze e, quindi, a diverse profondità, secondo l'esempio mostrato in figura 1.

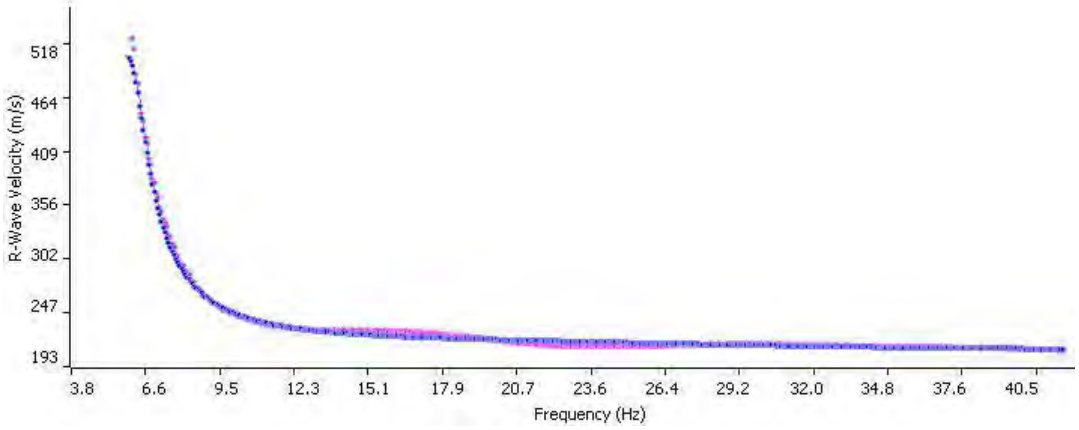


Figura 2: Esempio di curva di dispersione

Lunghezze d'onda più ampie (corrispondenti a frequenze più basse) viaggiano più in profondità (in altri termini *sentono* gli strati più profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (corrispondenti alle frequenze più alte) si concentrano nella parte più superficiale; poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, le frequenze più basse viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte.

Tradizionalmente le *MASW* sono effettuate tramite analisi delle onde di Rayleigh (che vengono registrate tramite i comuni geofoni a componente verticale e prodotte attraverso una comunissima sorgente ad impatto verticale, cioè la classica martellata).

Questo avviene per almeno 2 motivi:

1. tali geofoni (e tale modalità di acquisizione) sono sicuramente i più semplici e comuni.

2. la propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh si verifica senza problemi anche in presenza di canali a bassa velocità (inversioni di velocità) che, come sappiamo, risultano invisibili per la rifrazione.

In sintesi, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo (dalle sue variazioni verticali), dalla determinazione delle curve di dispersione è

possibile ricavare le caratteristiche del mezzo (i parametri fondamentali sono la velocità delle onde di taglio e lo spessore degli strati).

SINTESI DEI RISULTATI

Riepilogando, all'interno del territorio comunale della città di Attigliano sono state effettuate n. 2 indagini geofisiche di tipo MASW, che hanno permesso di desumere la stratigrafia dei siti investigati dal punto di vista geofisico, individuando spessori dei depositi, qui chiamati *sismostrati*, e le relative velocità delle onde S, V_s.

Di seguito vengono esposti i risultati delle indagini.

PROFILO MASW N.1

- Lunghezza stendimento: 48 m
- Distanza Intergeofonica: 4 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 3 battute rispettivamente con offset di 2, 5 e 10 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

L'interpretazione dei dati ha permesso di individuare il seguente risultato :

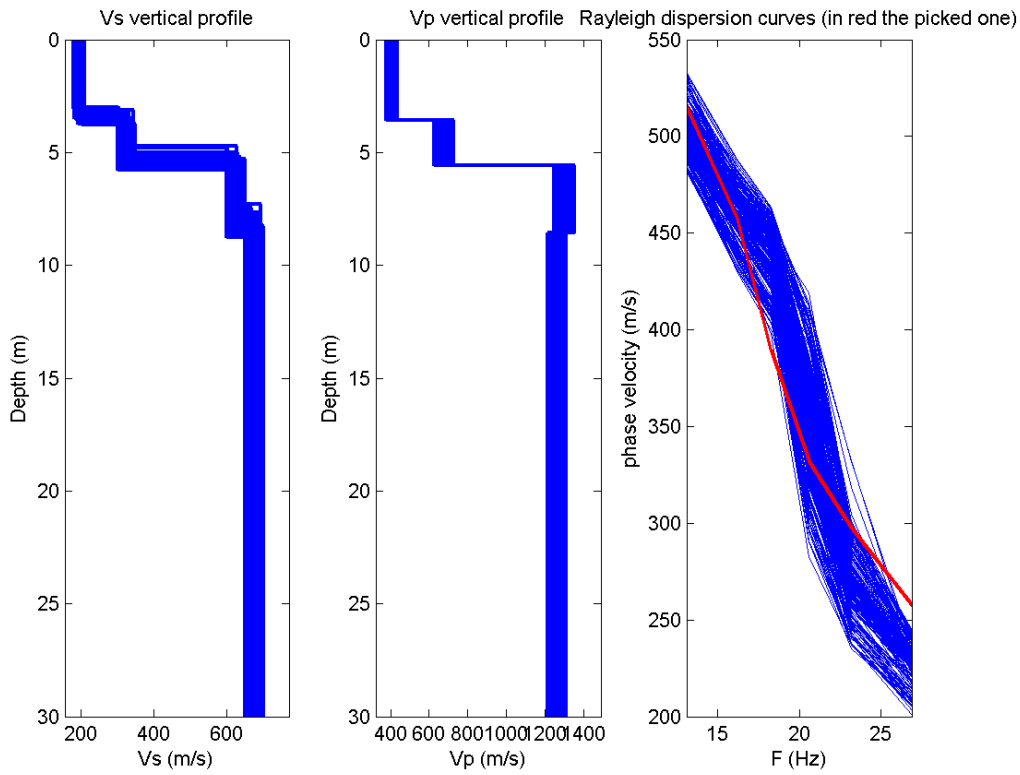
$$Vs_{30}\ (m/s) = 490$$

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

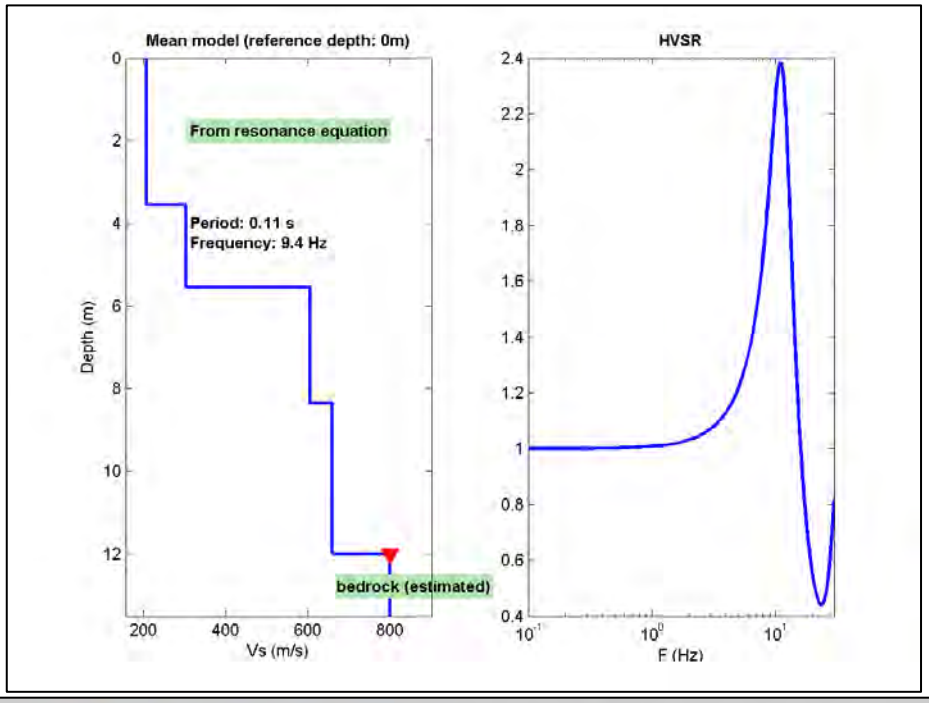
B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30> 250 kPa nei terreni a grana fina).*

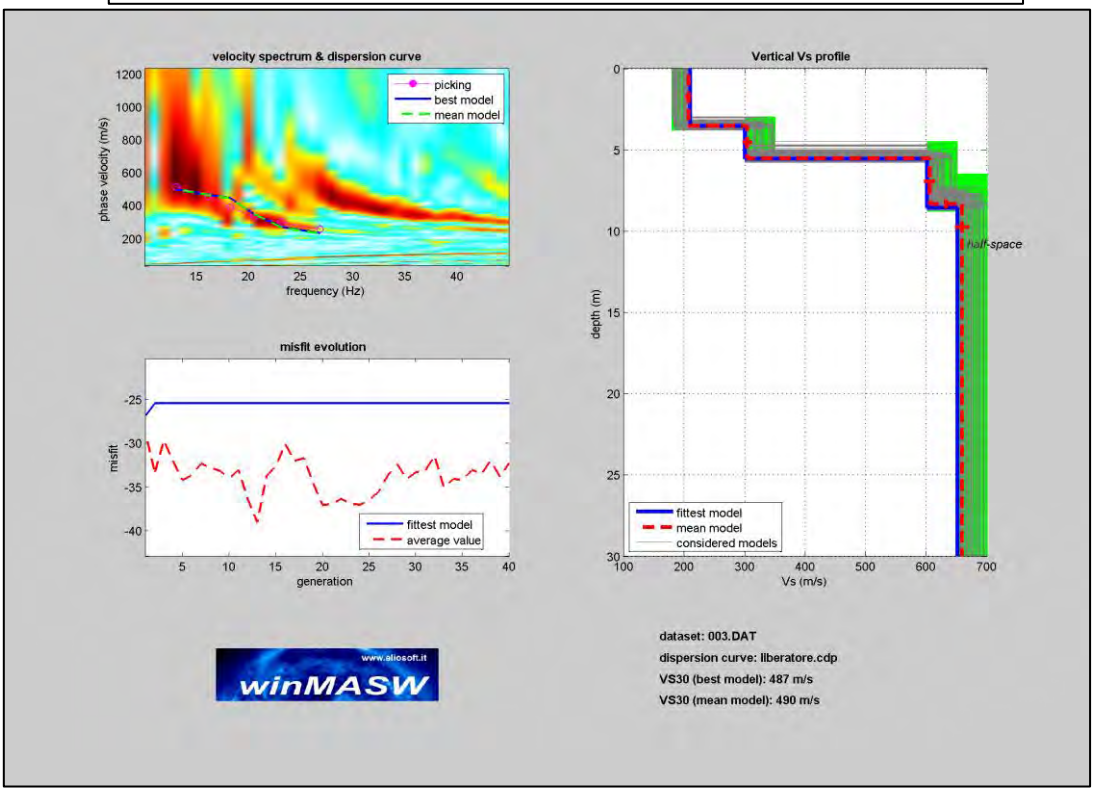
E' da tener presente, tuttavia, che le Vs30, e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna.

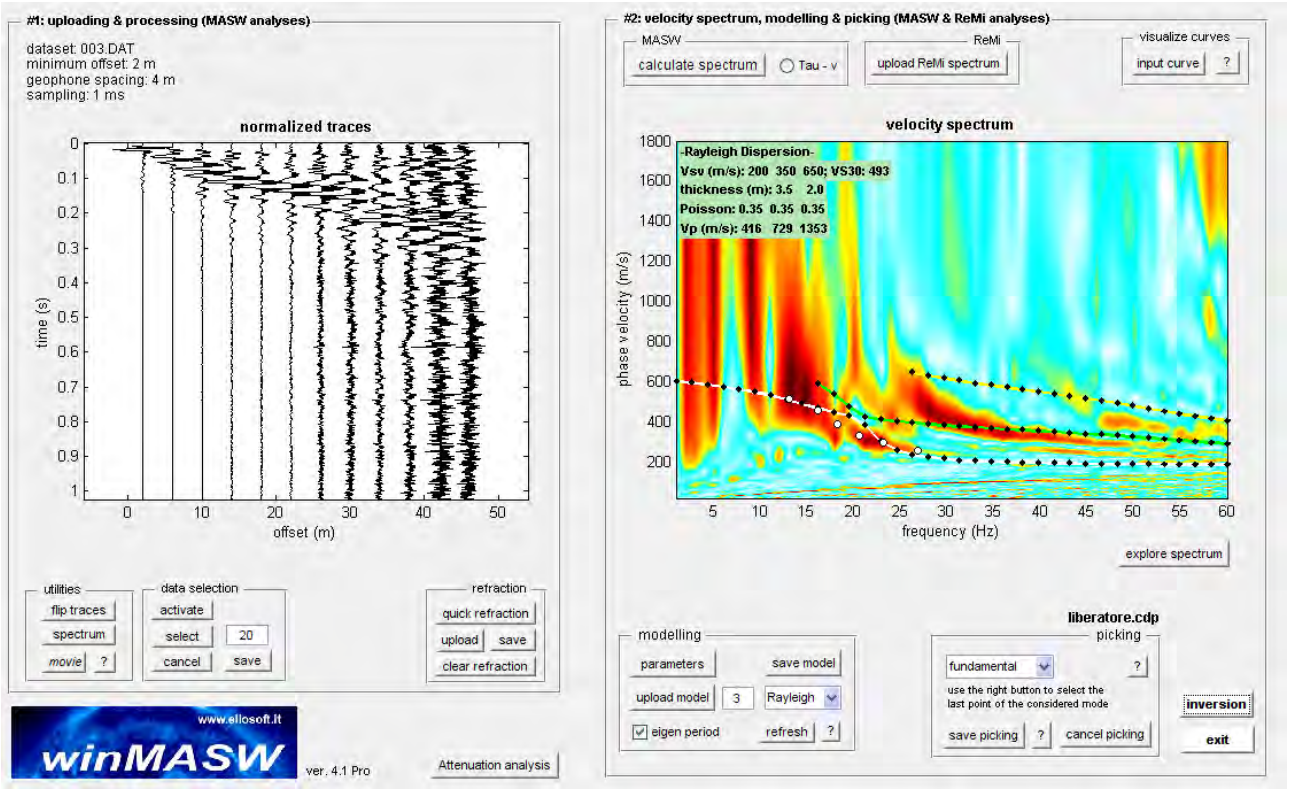
Sismostrato	**Vs (m/s)**	**Spessore (m)**	**Densità (t/m^3)**
1	207	3.6	1.9
2	304	2.0	1.9
3	800	--	2.1


Vs vertical profile
Vp vertical profile
Rayleigh dispersion curves (in red the picked one)
Depth (m)
Vs (m/s)
Vp (m/s)
phase velocity (m/s)
F (Hz)

MASW1


Mean model (reference depth: 0m)
From resonance equation
Period: 0.11 s
Frequency: 9.4 Hz
bedrock (estimated)
Depth (m)
Vs (m/s)
HVSR
F (Hz)


velocity spectrum & dispersion curve
picking
best model
mean model
phase velocity (m/s)
frequency (Hz)
misfit evolution
misfit
generation
fittest model
average value
Vertical Vs profile
half-space
depth (m)
Vs (m/s)
fittest model
mean model
considered models
www.eliosoft.it
winMASW
dataset: 003.DAT
dispersion curve: liberatore.cdp
VS30 (best model): 487 m/s
VS30 (mean model): 490 m/s


#1: uploading & processing (MASW analyses)
dataset: 003.DAT
minimum offset: 2 m
geophone spacing: 4 m
sampling: 1 ms
normalized traces
time (s)
offset (m)
utilities
flip traces
spectrum
movie
?
data selection
activate
select
20
cancel
save
refraction
quick refraction
upload
save
clear refraction
www.ellosoft.it
winMASW
ver. 4.1 Pro
Attenuation analysis
#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)
MASW
calculate spectrum
Tau - v
ReMi
upload ReMi spectrum
visualize curves
input curve
?
velocity spectrum
-Rayleigh Dispersion-
Vsv (m/s): 200 350 650; VS30: 493
thickness (m): 3.5 2.0
Poisson: 0.35 0.35 0.35
Vp (m/s): 416 729 1353
phase velocity (m/s)
frequency (Hz)
explore spectrum
modelling
parameters
save model
upload model
3
Rayleigh
eigen period
refresh
?
liberatore.cdp
picking
fundamental
?
use the right button to select the last point of the considered mode
save picking
?
cancel picking
inversion
exit