



## **Comune di SCANDIANO (RE)**

**Quadro conoscitivo geologico,  
idrogeologico e sismico  
a supporto del  
Piano Strutturale Comunale  
ai sensi della L.R. n. 20/2000 e s.m.  
della Circolare Regionale n. 1288/1983  
e della D.A.L. n. 112/2000**

**APPROFONDIMENTI SISMICI**

		Dr. G. Bricchi		
		Dr. A.Carpenna	Dr. G.Bricchi	
00	Febbraio 2009	Dr. Lupi	Dr.A.Carpenna	
REV.	DATA	REDAZIONE	APPROVAZIONE	MODIFICHE



**GEOREFLEX srl**  
GEOLOGIA E GEOFISICA

Uffici: Via Fioruzzi, 15 - 29100 - Piacenza Tel.: 0523-454042 fax: 0523/462427  
www.georeflex.it - E-mail: info@georeflex.it

GEOLOGIA E GEOFISICA

riproduzione e consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione



**GEOLOGIA E GEOFISICA**

**pag- 2**

Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	pag.	3
	1.1 Analisi dei microtremori .....	pag.	4
	1.2 Descrizione, in ordine cronologico, delle varie fasi operative .....	pag.	5
<b>2</b>	<b>BREVE INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOLOGICO</b> .....	pag.	6
<b>3</b>	<b>INDAGINI GEOFISICHE</b> .....	pag.	7
	3.1 Descrizione del metodo .....	pag.	7
	3.2 Strumentazione e criteri di acquisizione .....	pag.	8
<b>4</b>	<b>ELABORAZIONE DEI DATI</b> .....	pag.	11
<b>5</b>	<b>CALCOLO DELLE Vs30</b> .....	pag.	28

## **TAVOLA**

Tav. 1: Ubicazione indagini sismiche



**GEOLOGIA E GEOFISICA**

**pag- 3**

Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

## **1 INTRODUZIONE**

Su incarico dello STUDIO IDROGEOLOGICO ASSOCIATO di Milano, nell'ambito dello Studio Geologico a supporto del Piano di Governo del Territorio del Comune di Scandiano, in Provincia di Reggio Emilia, Georeflex srl ha eseguito nel mese di Gennaio 2009 le seguenti indagini:

Nr. 8 Analisi dei microtremori

Per tale attività, è stata organizzata una squadra di nr. 2 operatori qualificati (geofisico senior ed assistente geofisico junior).

Tali indagini sono finalizzate a definire il valore medio delle velocità di taglio nel terreno in modo da ricostruire la stratigrafia sulla base della risposta alle sollecitazioni dinamiche cui il terreno stesso è sottoposto.



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

### 1.1 Analisi dei microtremori

L'attività di campagna è consistita nell'esecuzione di nr. 8 stendimenti sismici, la cui ubicazione è stata concordata tra lo Studio Idrogeotecnico e il Comune di Scandiano, in funzione della componente geologica del sito oggetto di indagine e della sua accessibilità; le stese sismiche hanno permesso l'acquisizione di segnali sismici mediante il metodo **ReMi (Refraction Microtremors)** dalla cui elaborazione è stato ricavato l'andamento sismo-stratigrafico dei terreni, in termini di propagazione delle onde S, sino al raggiungimento del *bedrock* sismico locale.



Fig. 1: Particolare di uno stendimento sismico



**GEOLOGIA E GEOFISICA**

**pag- 5**

Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

## **1.2 Descrizione, in ordine cronologico, delle varie fasi operative**

Lo studio è stato articolato in due fasi distinte:

- a).** Nella prima si è proceduto alla registrazione dei microtremori in corrispondenza delle postazioni individuate.
- b).** Nella seconda fase si è proceduto all'elaborazione dei dati registrati. Si è ottenuto in questo modo l'andamento delle velocità sismiche  $V_s$  con la profondità.

Si rammenta che questo rapporto tecnico, ed i risultati in esso illustrati, sono stati redatti ai sensi della L.R. nr. 20/2000 e s.m., della Circolare Regionale nr. 1288/1983 e della D.A.L. nr. 112/2007.



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

## 2 BREVE INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOLOGICO

Sono stati registrati i microtremori in corrispondenza di nr. 8 postazioni, ricadenti nel territorio comunale di Scandiano. Scandiano è ubicato ai piedi del basso Appennino Reggiano dove, al di sotto dei depositi continentali di età quaternaria, affiorano le Formazioni geologiche delle Unità Epiliguri che a loro volta sono sovrascorse sulle Unità Liguri. Le strutture geologiche che osserviamo sono dovute agli eventi tettonici compressivi hanno portato alla formazione dell'Appennino Reggiano al termine dell'Era Terziaria (circa 2 Ma fa).



Fig. 2: Inquadramento territoriale generale da immagine satellitare



### 3 INDAGINI GEOFISICHE

Lo scopo principale delle indagini geofisiche eseguite mediante metodo *ReMi* (*analisi dei Microtremori*) è stato quello di valutare l'andamento delle velocità delle onde S con la profondità.

A tal fine sono state effettuate almeno 12 registrazioni dei microtremori per ogni postazione. L'elevato numero di registrazioni è dovuto alla necessità di avere a disposizione dati non influenzati da forti fonti di rumore che danno origine a frequenze prevalenti che possono mascherare le frequenze di fondo.

#### 3.1 Descrizione del metodo

La determinazione delle Vs30 (cioè delle velocità delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità) risulta essere fondamentale per la definizione dei suoli secondo l'inquadramento della nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica.

Per tale valutazione, oltre alla sismica in foro (downhole e crosshole) ed alla sismica di superficie (rifrazione e riflessione ad onde S) metodi alternativi di modellazione del sottosuolo basati sull'analisi delle onde superficiali (Rayleigh) hanno assunto importanza progressivamente crescente negli ultimi anni.

Tra le varie tecniche disponibili, l'analisi dei microtremori (ReMi) risulta essere particolarmente soddisfacente, sia dal punto di vista dei risultati che dal punto di vista economico, essendo realizzabile con procedure operative molto simili a quelle impiegate per la sismica di superficie convenzionale.

Nel caso specifico tuttavia i tempi di registrazione dei files sismici devono essere necessariamente più lunghi, generalmente non inferiori ai 15 secondi.

Le geometrie e la strumentazione di acquisizione devono essere in grado di fornire informazioni sulle onde di superficie internamente ad una banda di frequenza che va dai 2 ai 40 Hz circa.

L'elaborazione del segnale consiste nel trasformare le registrazioni effettuate in spettri bidimensionali "*slowness-frequency*" che consentono la valutazione delle velocità di fase pertinenti a ciascuna singola componente, in frequenza dei treni d'onda che si propagano in superficie.

Questi spettri consentono, attraverso un *picking* manuale, la definizione di una curva di dispersione caratteristica del moto sismico in superficie che è strettamente correlato alla distribuzione delle onde S con la profondità.



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

L'inversione di questa curva consente di ottenere una ricostruzione dell'andamento delle onde S da cui risulta poi agevole arrivare alla determinazione delle Vs30.

Il software con cui è stato realizzato questo tipo di elaborazione è ReMi, prodotto dalla Optim LLC (Reno, Nevada, USA).

### 3.2 Strumentazione e criteri di acquisizione

Lo strumento di registrazione è un sismografo modulare denominato "GEODE" e fa parte della gamma dei prodotti Geometrics. E' uno strumento estremamente compatto, di ultima generazione, molto flessibile, che permette una grande varietà di configurazioni e di utilizzi.



Fig. 3: Particolare del sismografo e del sistema di registrazione



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

E' dotato di un convertitore analogico-digitale a 24 bit che permette intervalli di campionamento estremamente ridotti (da 0.02 ms a 16 ms), di un Range dinamico di sistema di ben 144 dB e di un'ampia banda di ingresso (da 1.75 Hz a 20 kHz). Queste caratteristiche, associate ad una bassissima distorsione (0.0005%), si traducono nella possibilità di riprodurre in modo estremamente accurato il segnale sismico, anche nelle componenti più elevate in frequenza.

In pratica è costituito da un modulo estremamente compatto (27x25x18cm) che viene collegato ad un'unità centrale di controllo costituita da un normale notebook (nel nostro caso un PC portatile DELL modello Latitude ATG).

La possibilità di visualizzare sullo schermo in tempo reale i dati e di darne una prima interpretazione speditiva permette di modificare durante la campagna, se necessario, i parametri di acquisizione in modo da ottenere il miglior risultato possibile.

I sensori disposti sul terreno, sono geofoni (**Mark Products** e **Geospace**) caratterizzati da una frequenza di smorzamento di 14 Hz (vedi schemi 1 e 2 relativi all'interno di un geofono tipo e al suo funzionamento).

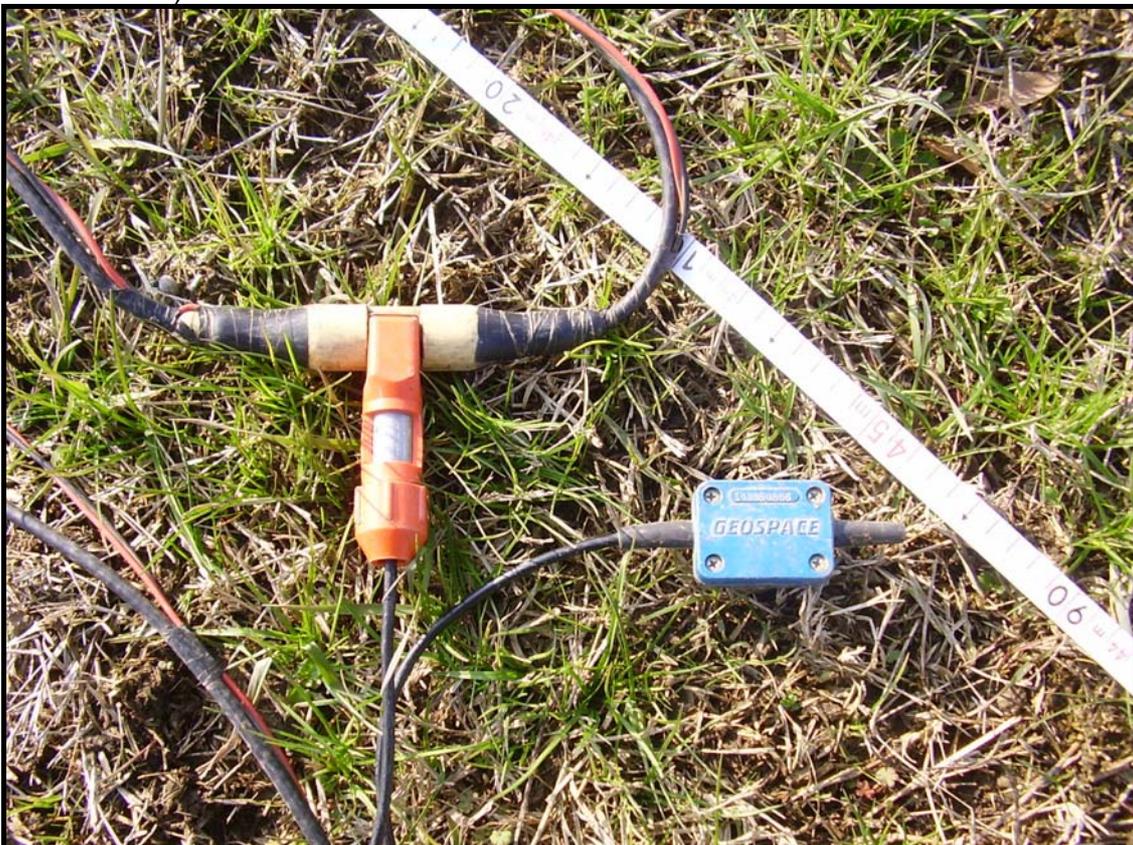
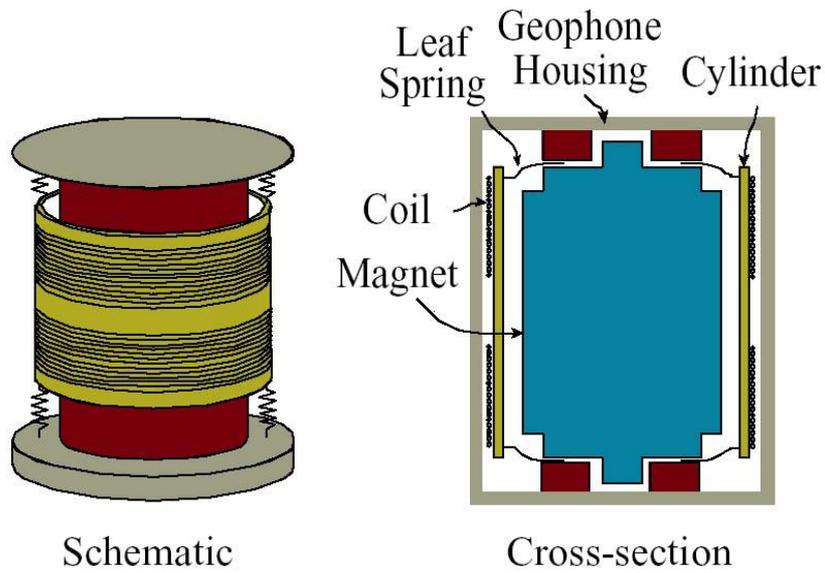
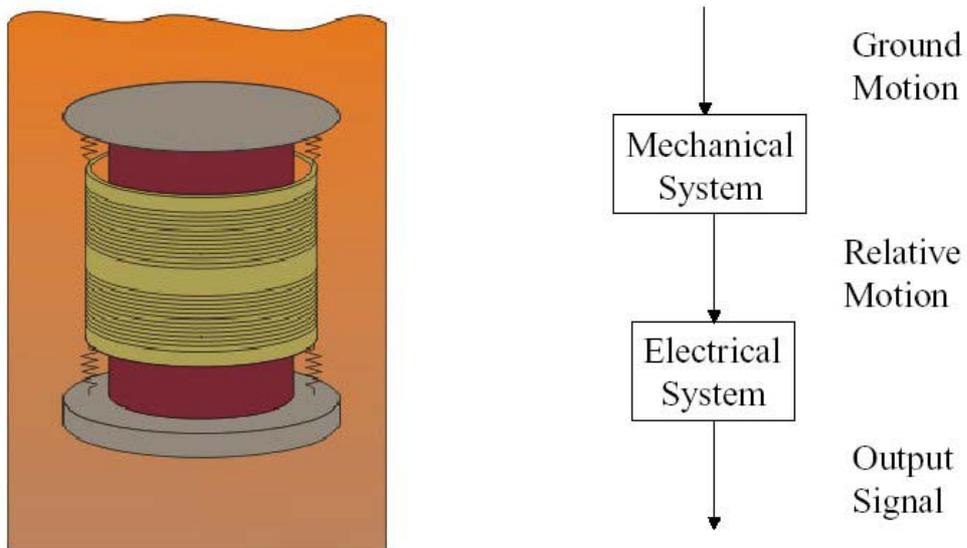


Fig. 4: Particolare del geofono e del connettore



**Schema 1: Interno di un geofono**



**Schema 2: Funzionamento di un geofono**



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

Nel caso delle indagini effettuate abbiamo utilizzato uno stendimento sismico composto da 24 geofoni con una spaziatura costante generalmente di 5 metri. La lunghezza della stesa sismica è risultata quindi pari a 115 m. Per le registrazioni in corrispondenza delle postazioni nr. 8 e 10 si è utilizzata una spaziatura costante tra i geofoni pari a 4 metri, con una stesa sismica pari quindi a 92 metri, mentre per le registrazioni alla postazione nr. 3, una spaziatura pari a 3 metri che origina una stesa sismica pari quindi a 69 metri.

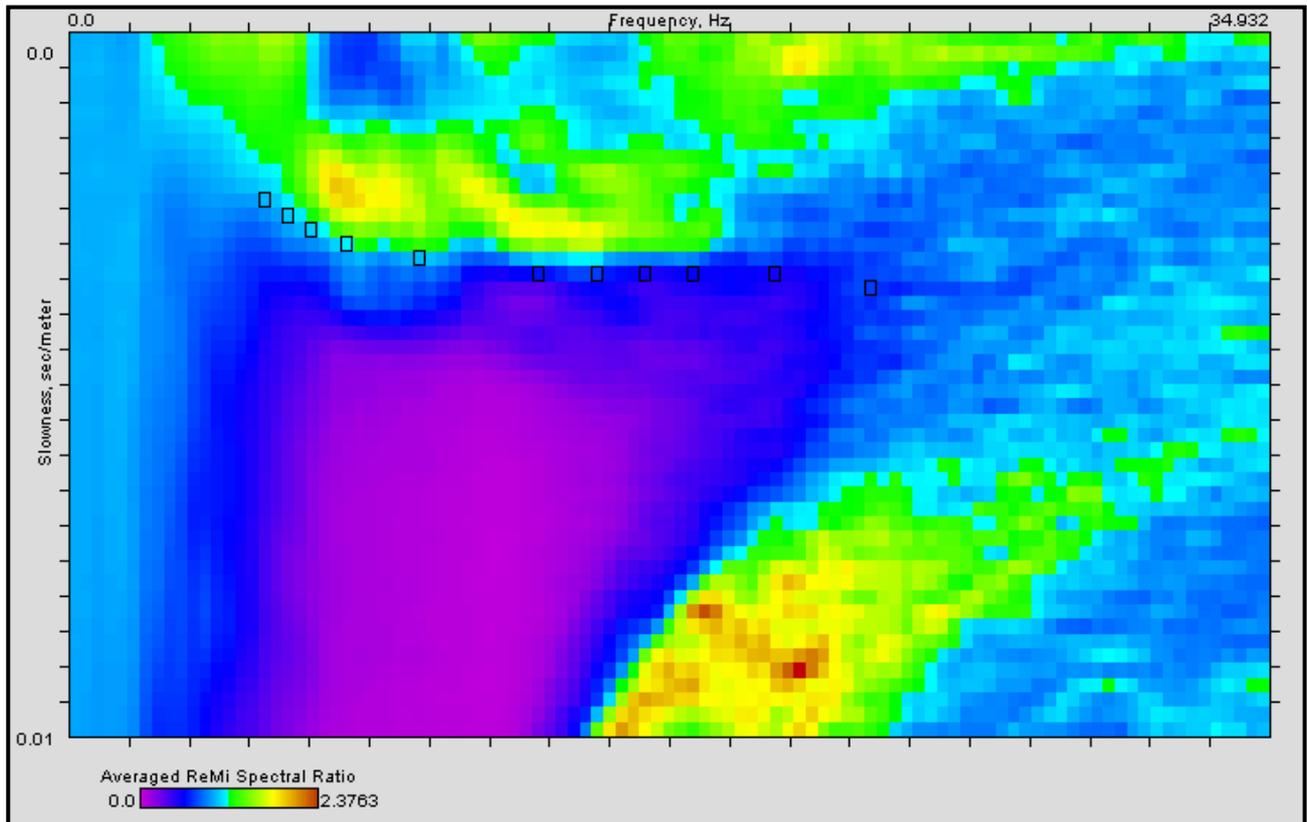
Si è impostata una finestra temporale di acquisizione di 32,768 sec e una frequenza di campionamento di 2 msec.

#### **4 ELABORAZIONE DEI DATI**

I dati, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (SEGY) con il software **ReMi** impiegato per l'elaborazione.

Ciascuna delle registrazioni effettuate, è stata convertita in uno spettro *frequency-slowness*, sul quale è stata interpretata la curva di dispersione relativa alle componenti in frequenza dei tremori a cui è sottoposto il sottosuolo sul sito in esame.

#### 4.1 ReMi 1



**Fig. 5 - Grafico illustrante i risultati emersi dall'elaborazione dei microtremori  
(con picking dei segnali)**



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

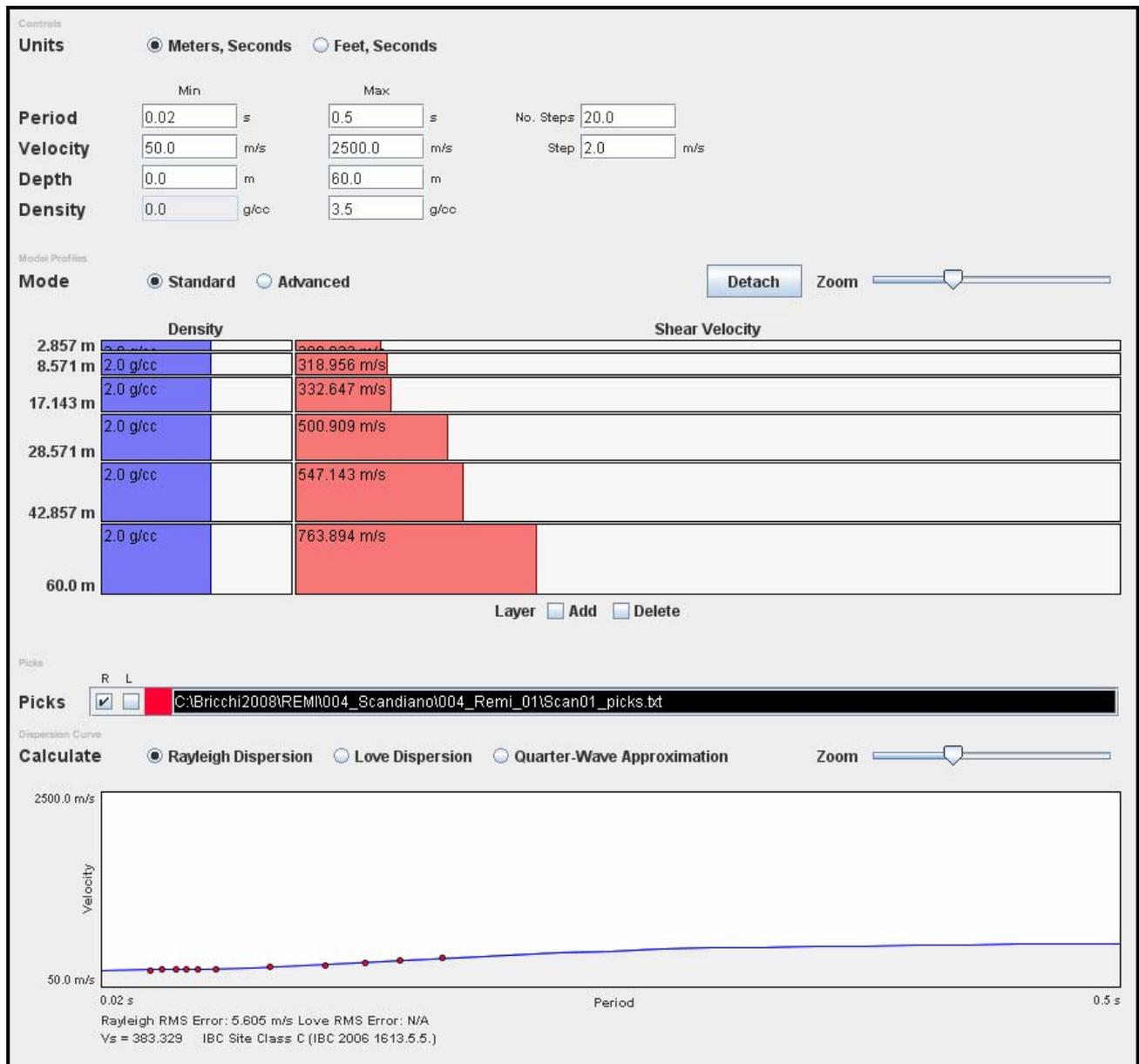
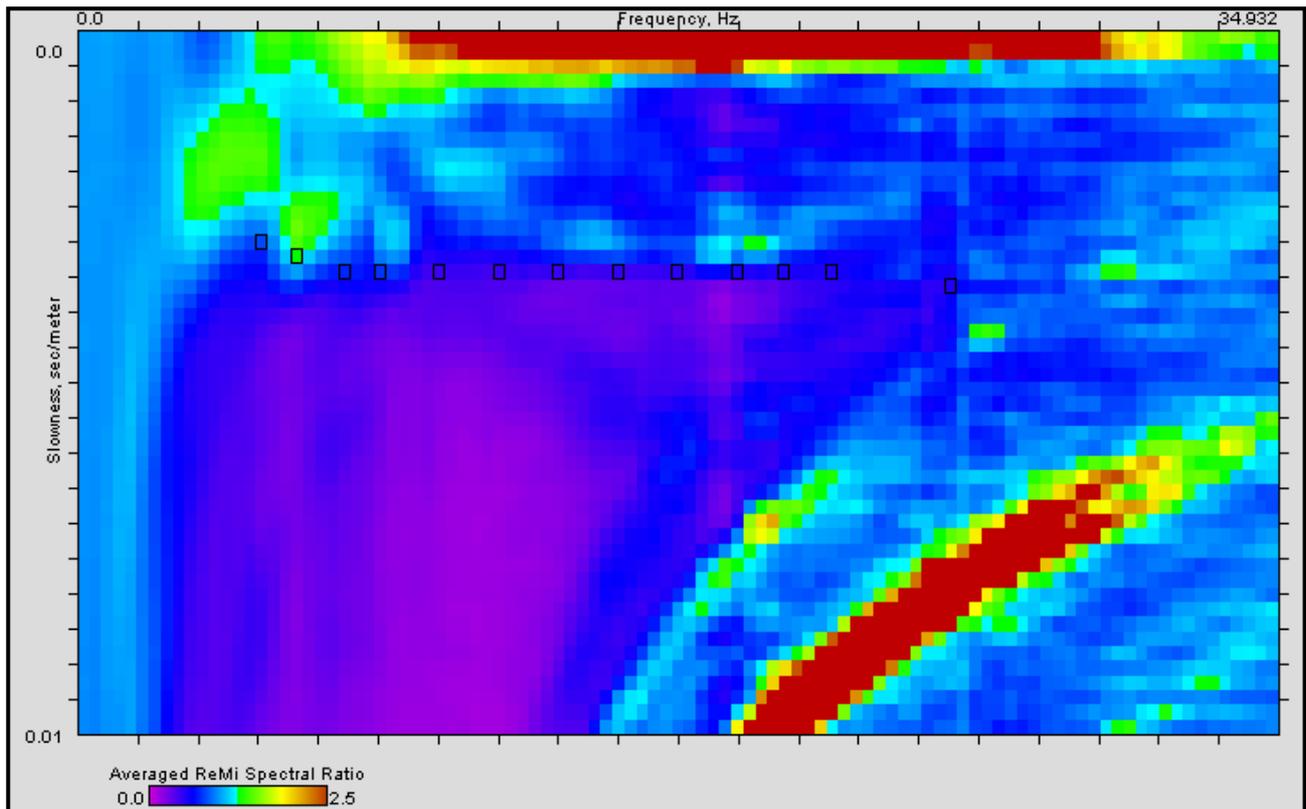


Fig. 6 - Grafico illustrante i risultati dell'inversione della curva di dispersione stimata

## 4.2 ReMi 2



**Fig. 7 - Grafico illustrante i risultati emersi dall'elaborazione dei microtremori  
(con picking dei segnali)**



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

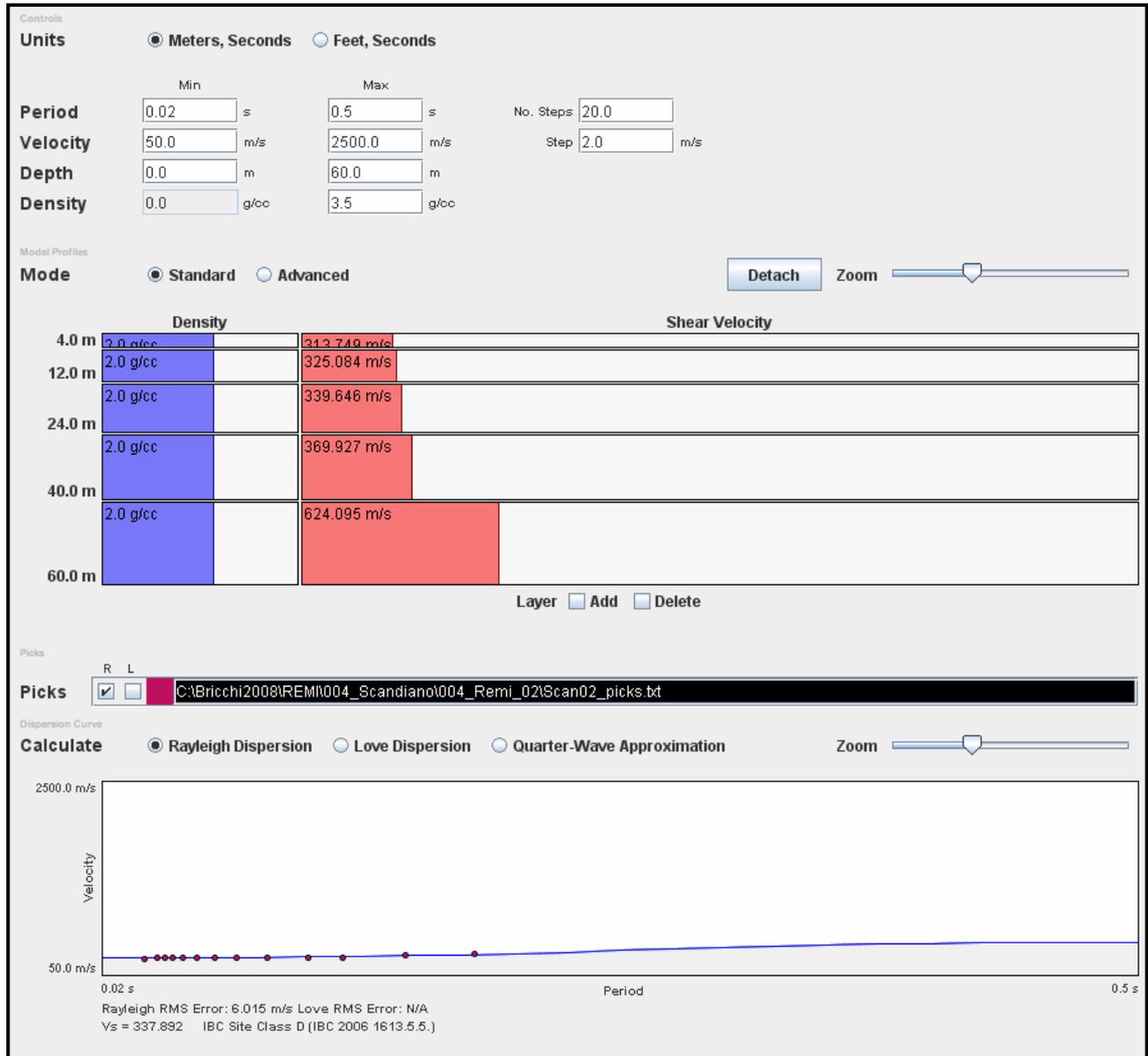
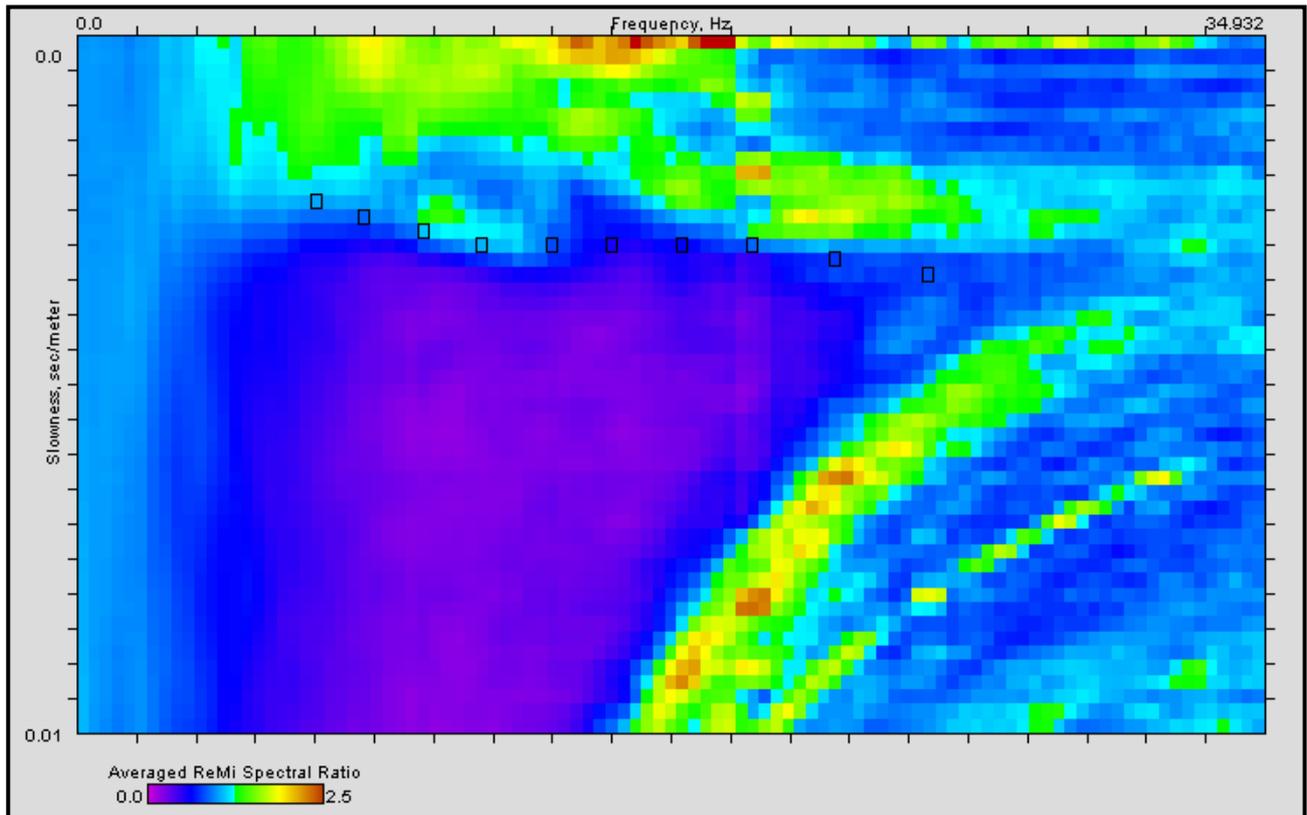


Fig. 8 - Grafico illustrante i risultati dell'inversione della curva di dispersione stimata

### 4.3 ReMi 3



**Fig. 9 - Grafico illustrante i risultati emersi dall'elaborazione dei microtremori  
(con picking dei segnali)**



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

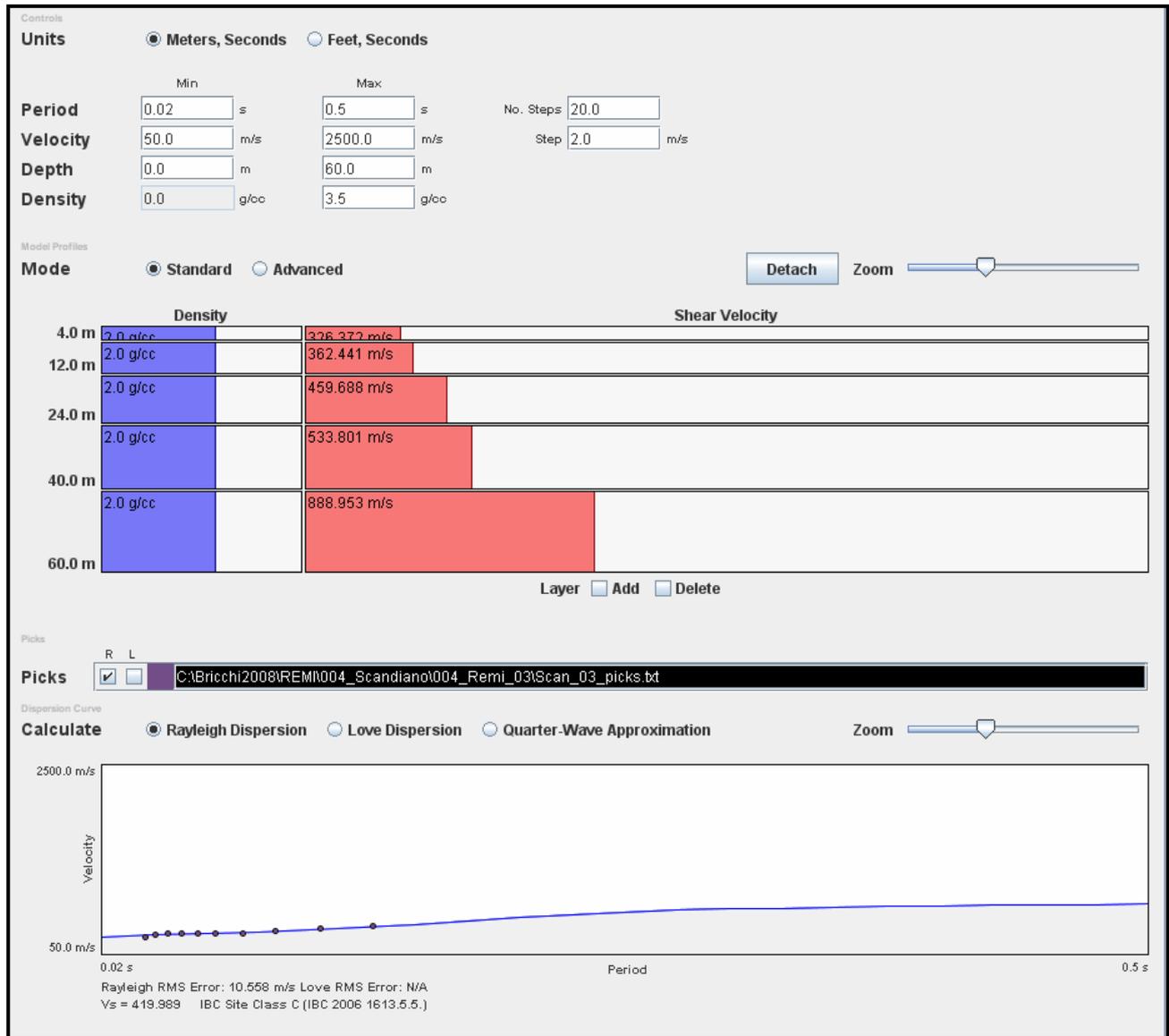
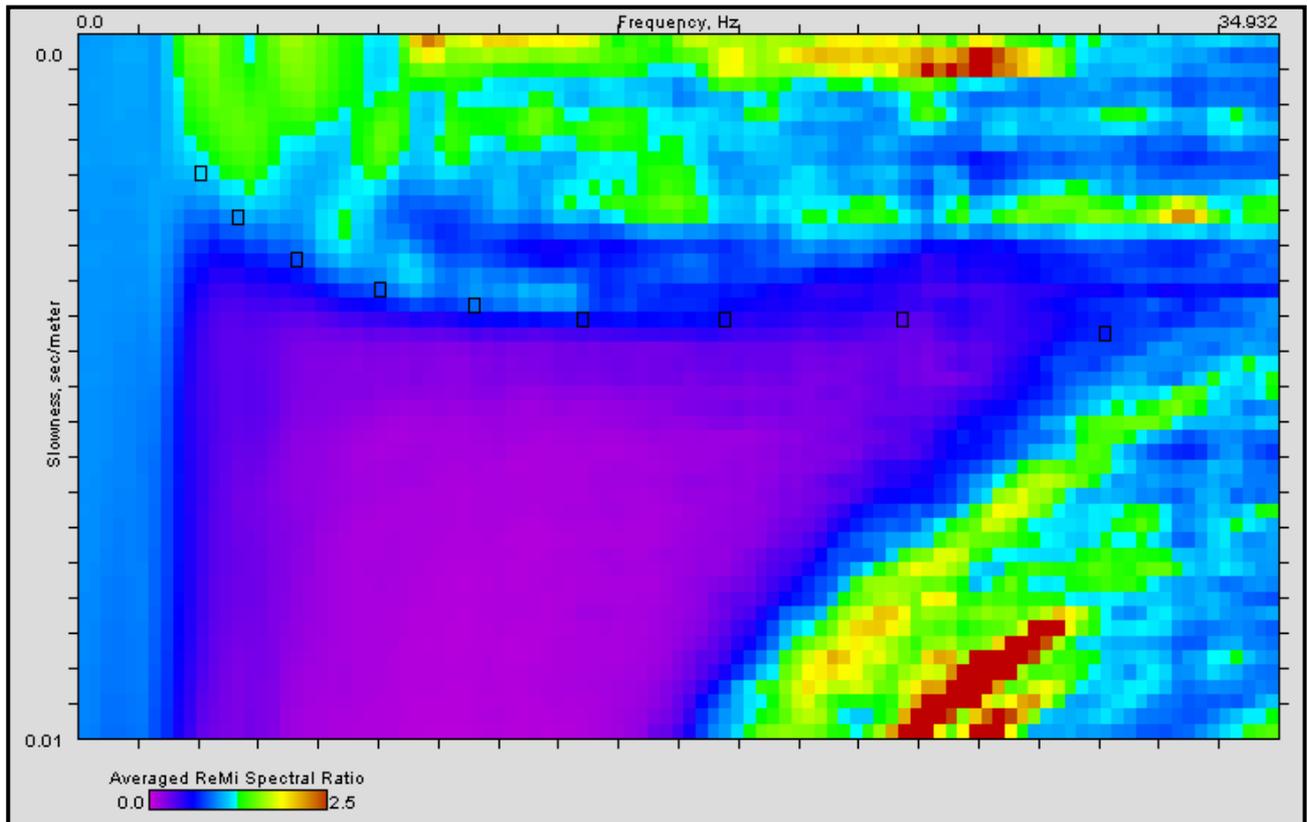


Fig. 10 - Grafico illustrante i risultati dell'inversione della curva di dispersione stimata

#### 4.4 ReMi 4



**Fig. 11 - Grafico illustrante i risultati emersi dall'elaborazione dei microtremori  
(con picking dei segnali)**



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

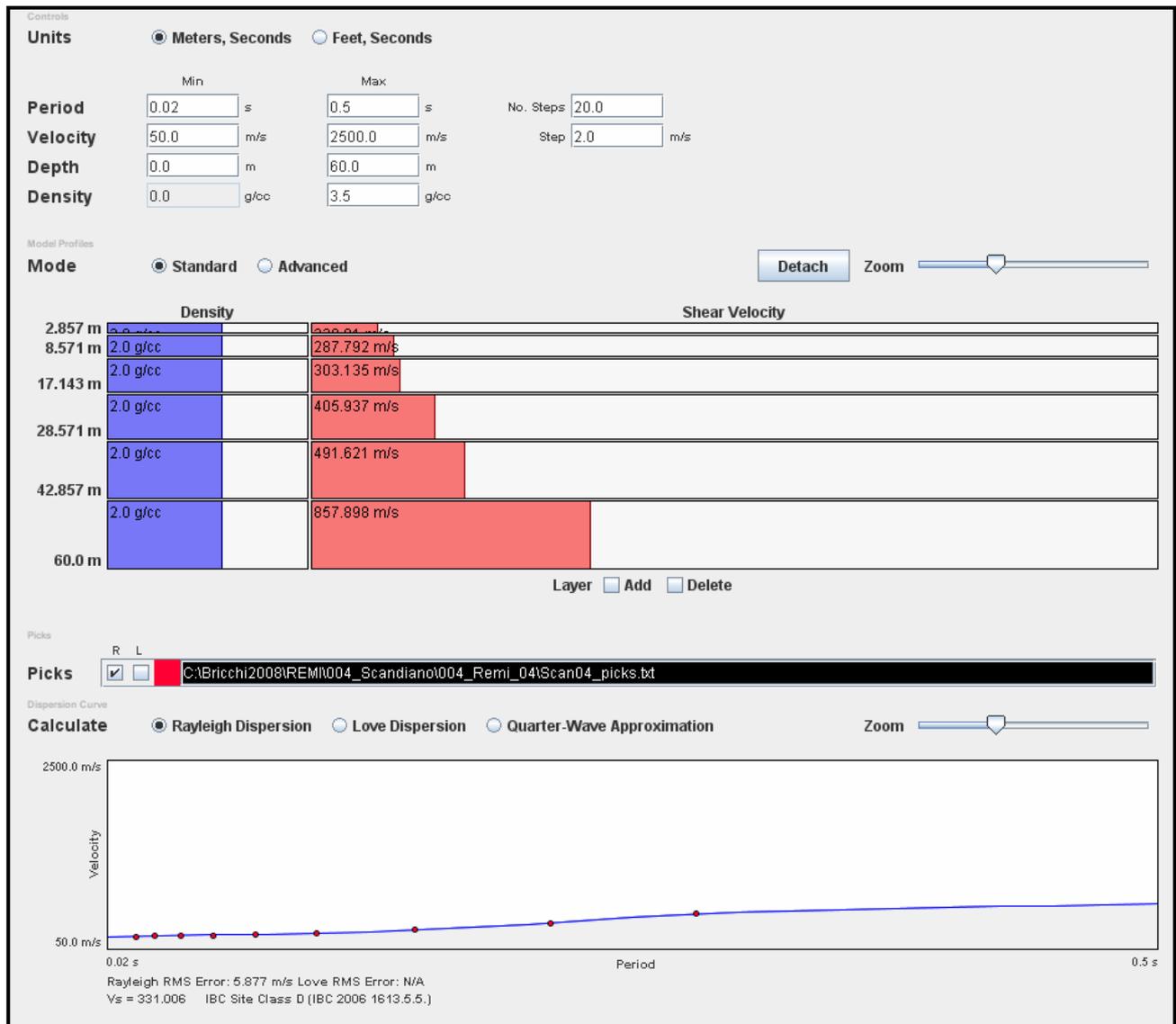
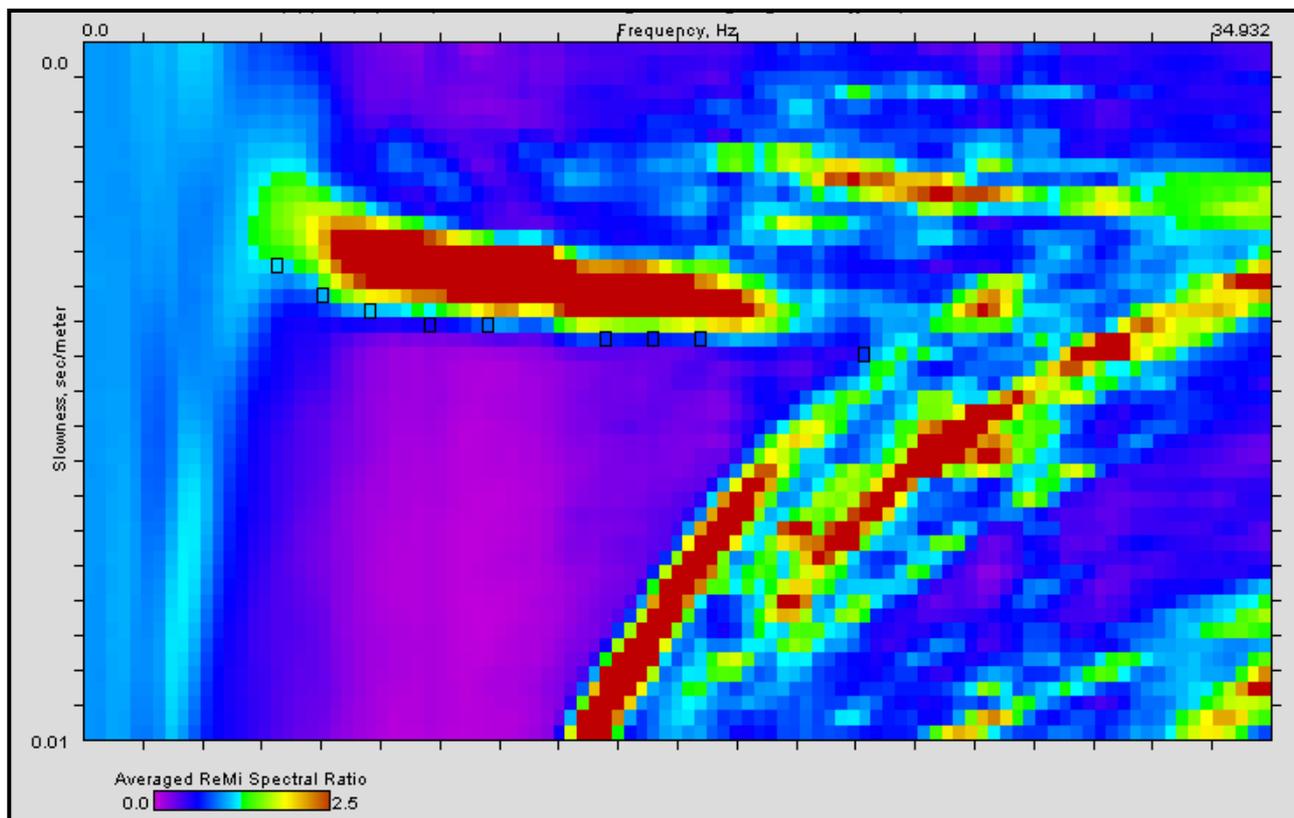


Fig. 12 - Grafico illustrante i risultati dell'inversione della curva di dispersione stimata

#### 4.5 ReMi 5



**Fig. 13 - Grafico illustrante i risultati emersi dall'elaborazione dei microtremori  
(con picking dei segnali)**



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

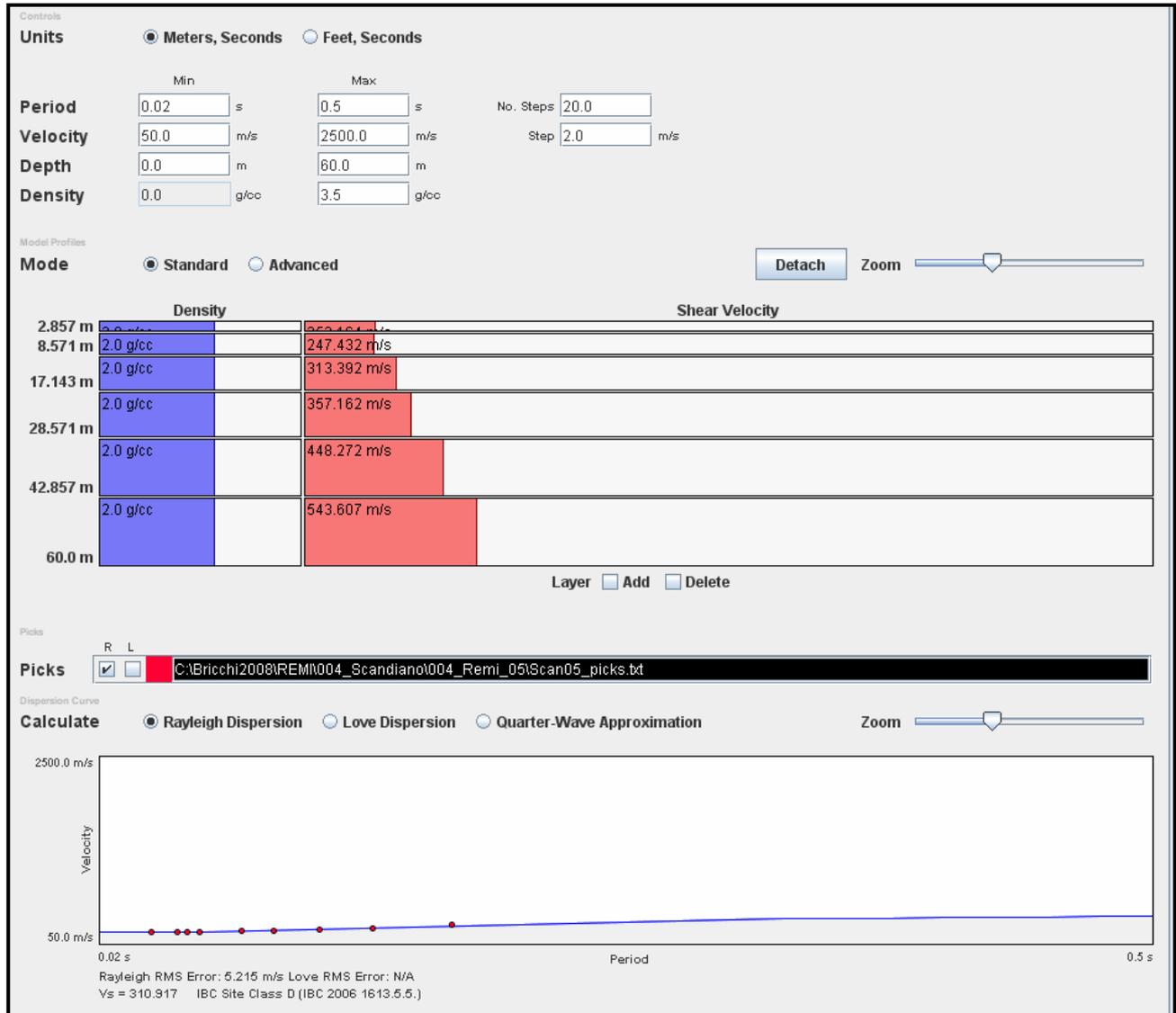
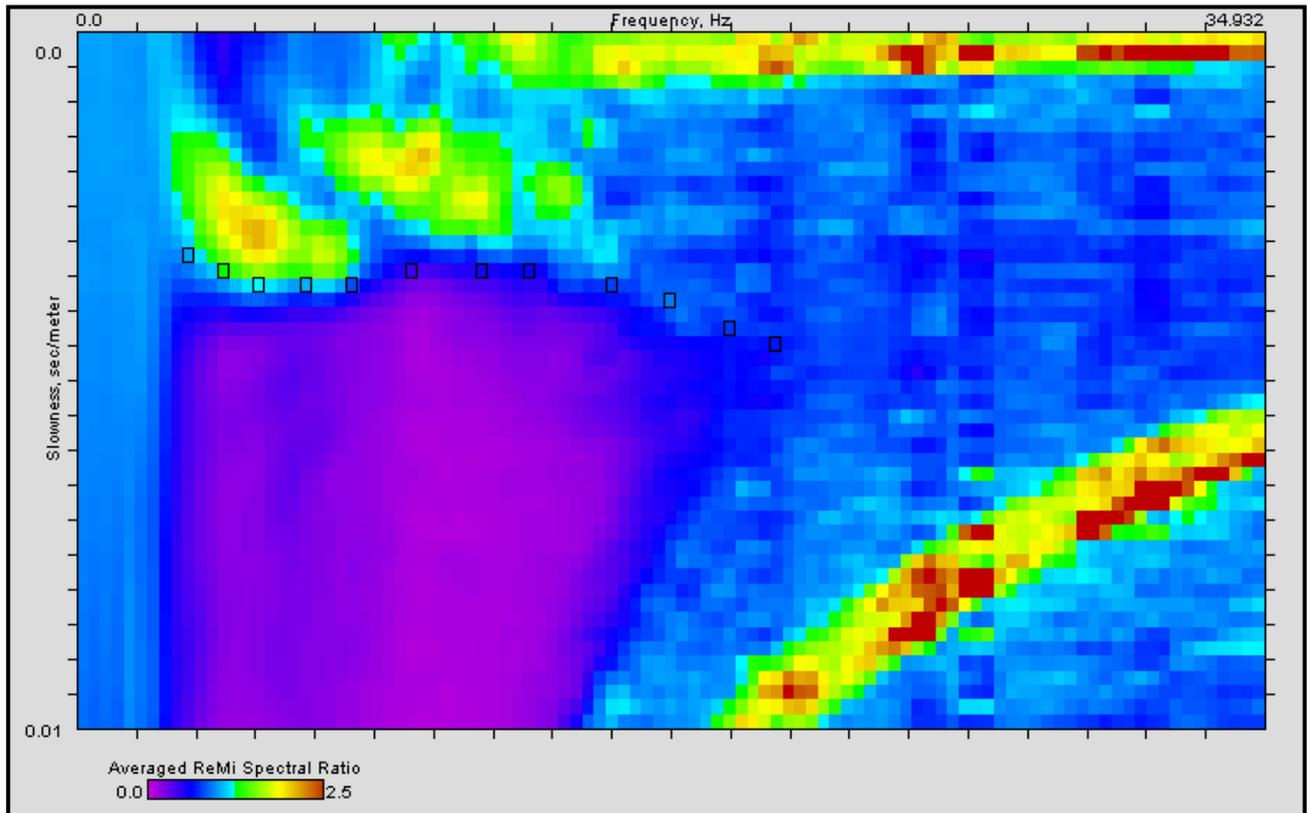


Fig. 14 - Grafico illustrante i risultati dell'inversione della curva di dispersione stimata

#### 4.6 ReMi 6



**Fig. 15 - Grafico illustrante i risultati emersi dall'elaborazione dei microtremori  
(con picking dei segnali)**



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

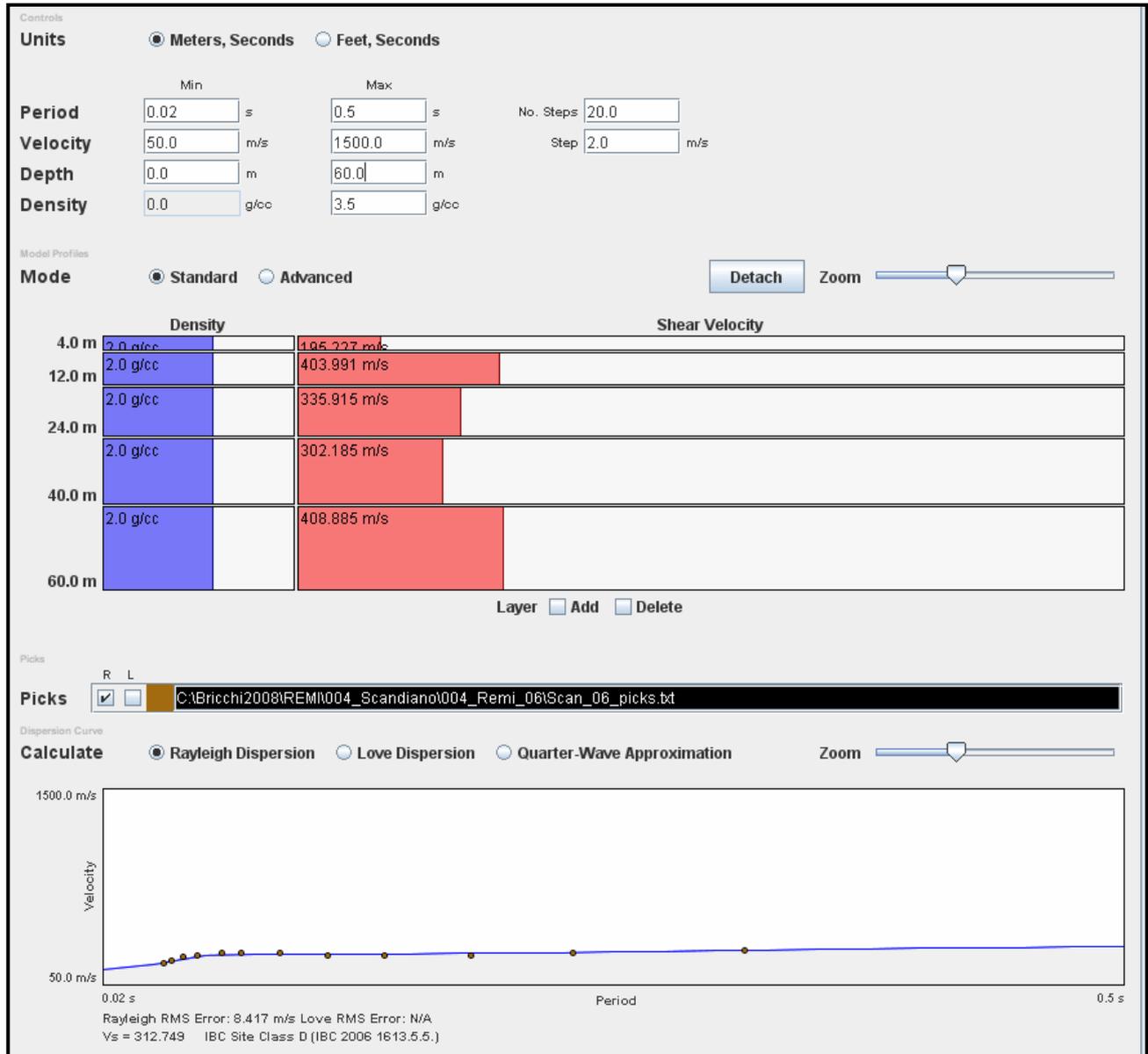
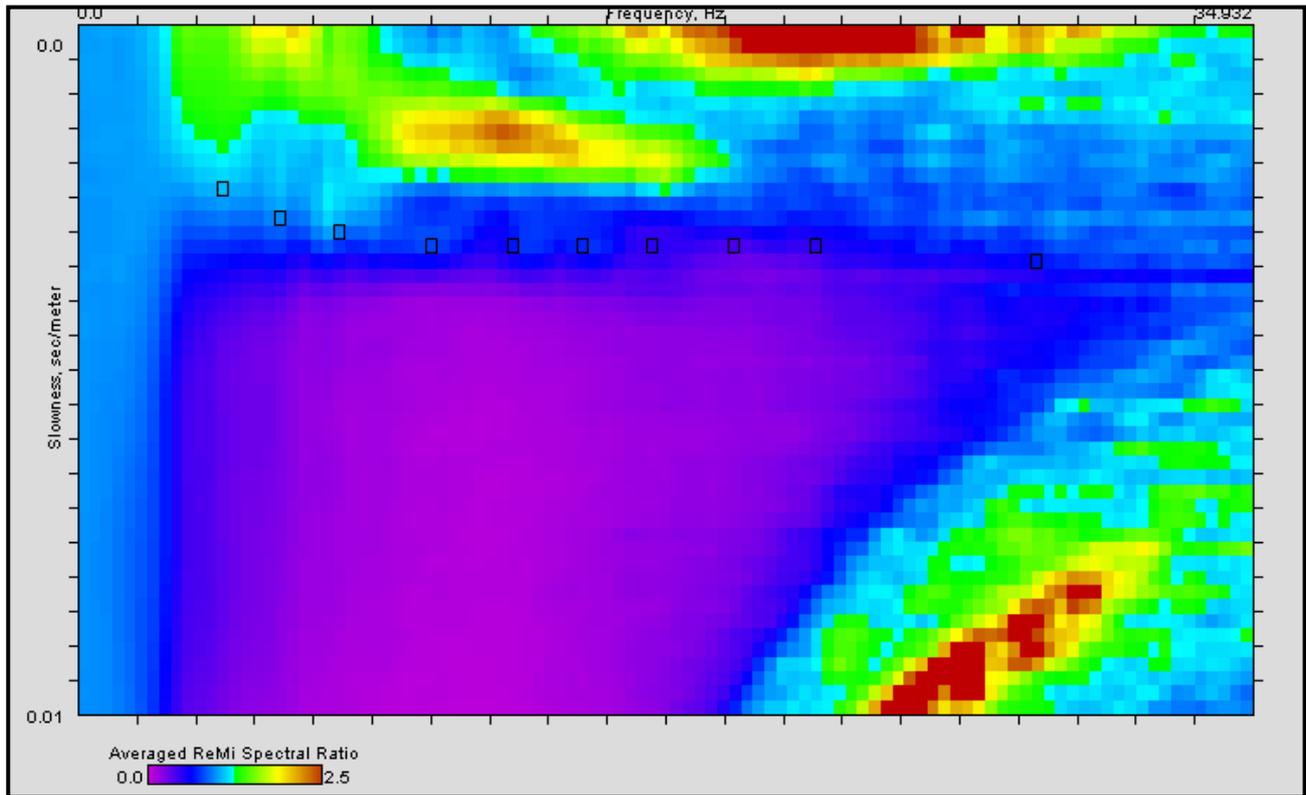


Fig. 16 - Grafico illustrante i risultati dell'inversione della curva di dispersione stimata

#### 4.7 ReMi 7



**Fig. 17 - Grafico illustrante i risultati emersi dall'elaborazione dei microtremori  
(con picking dei segnali)**



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

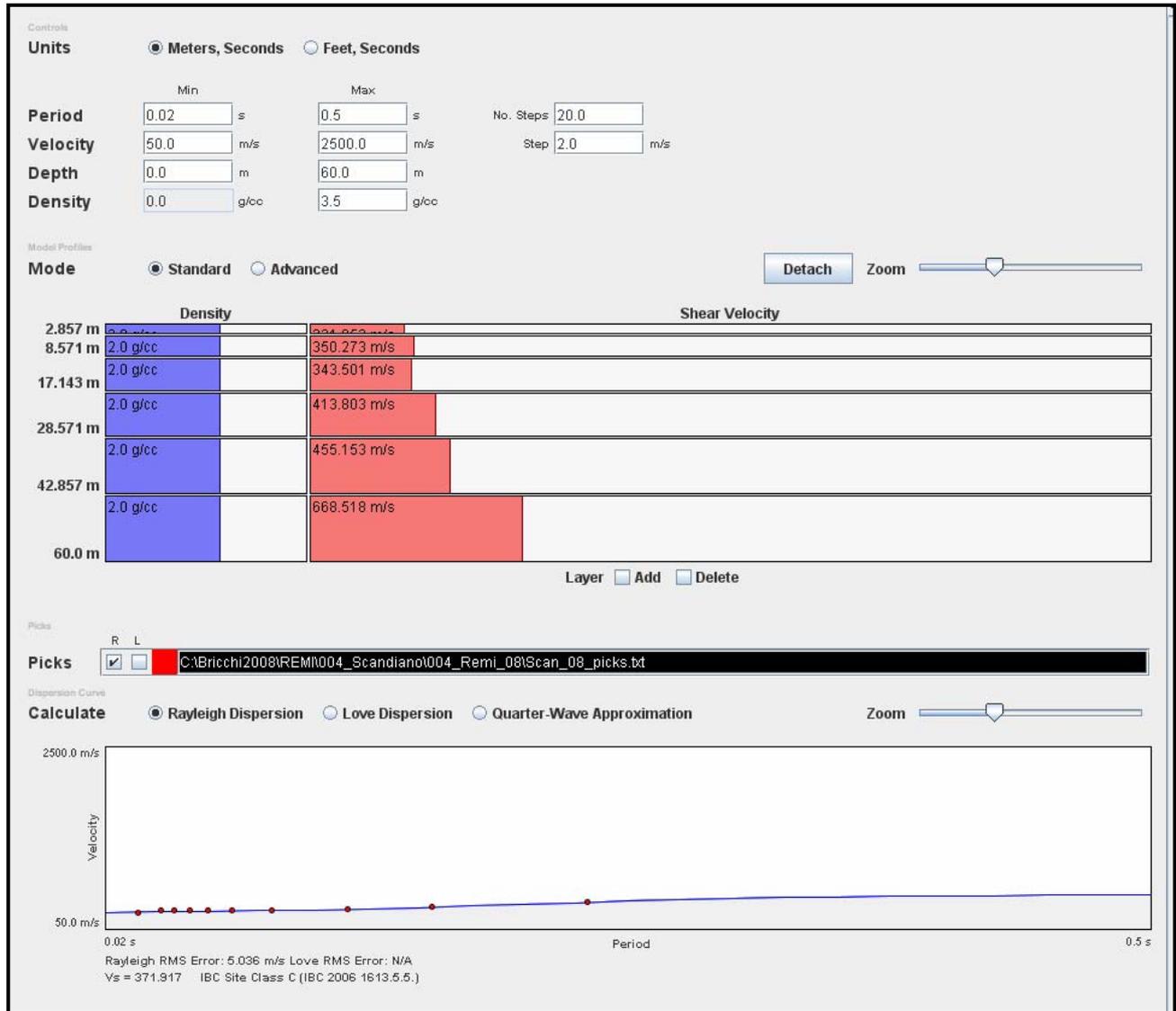
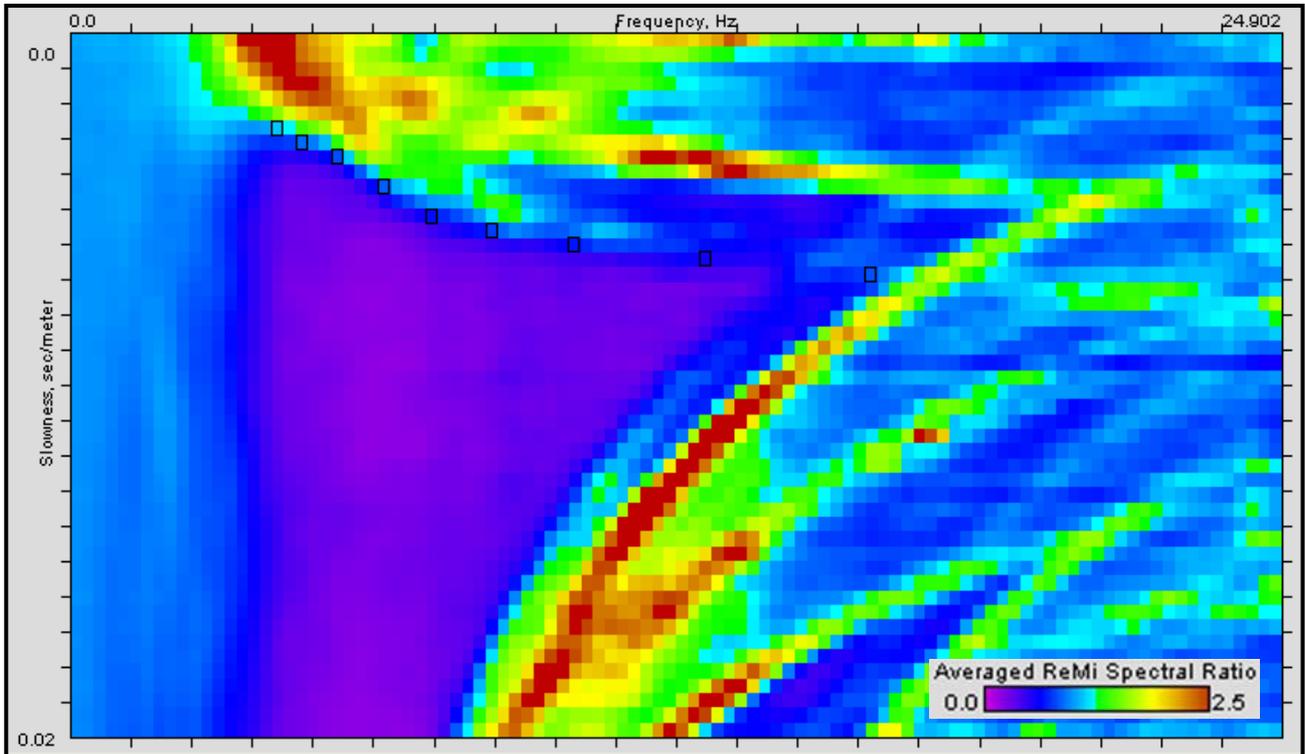


Fig. 18 - Grafico illustrante i risultati dell'inversione della curva di dispersione stimata

#### 4.8 ReMi 8



**Fig. 19 - Grafico illustrante i risultati emersi dall'elaborazione dei microtremori  
(con picking dei segnali)**



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

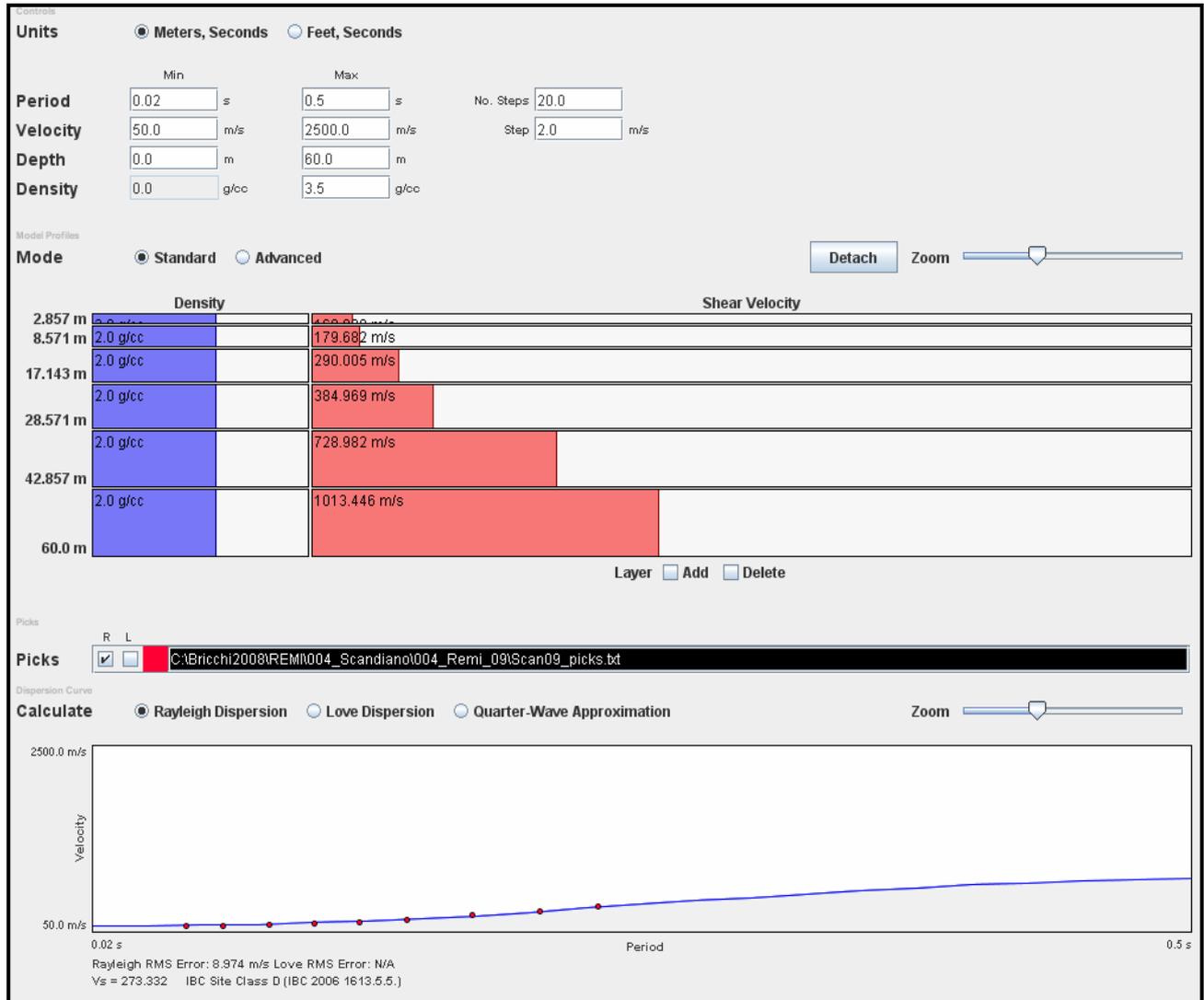


Fig. 20 - Grafico illustrante i risultati dell'inversione della curva di dispersione stimata



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

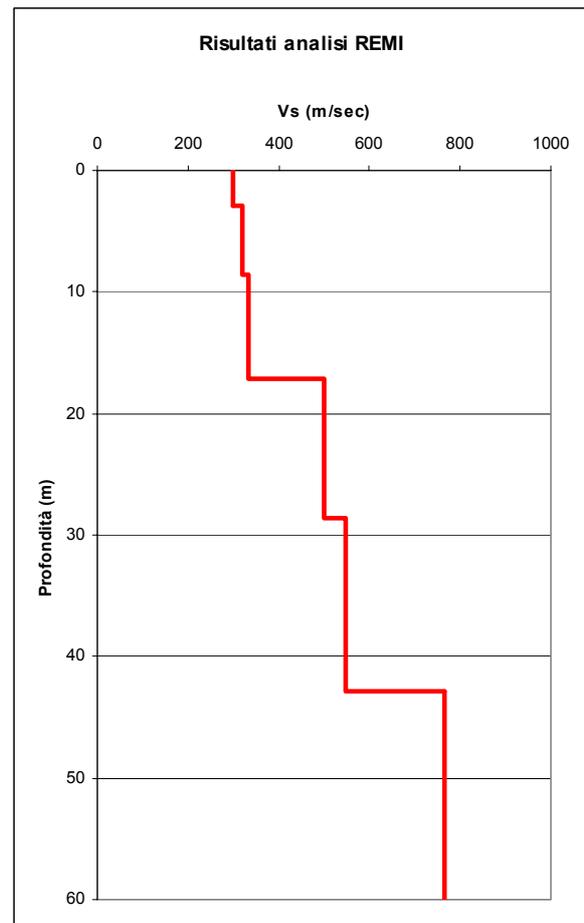
## 5 CALCOLO DELLE Vs30

Il parametro Vs30 rappresenta la velocità media di propagazione delle Onde S entro i primi 30 metri di profondità. Secondo quanto riportato nel Decreto Ministeriale 14/01/08 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, sulla base dei dati ricavati dalle indagini dei microtremori (**ReMi**), per il calcolo del valore di Vs30 è stata impiegata la formula riportata così di seguito enunciata:

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

### 5.1 ReMi 1

Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	2.86	300
2	5.71	319
3	8.57	333
4	11.43	501
5	14.29	547
6	17.14	764



ReMi 1: Vs30 = 420 m/sec

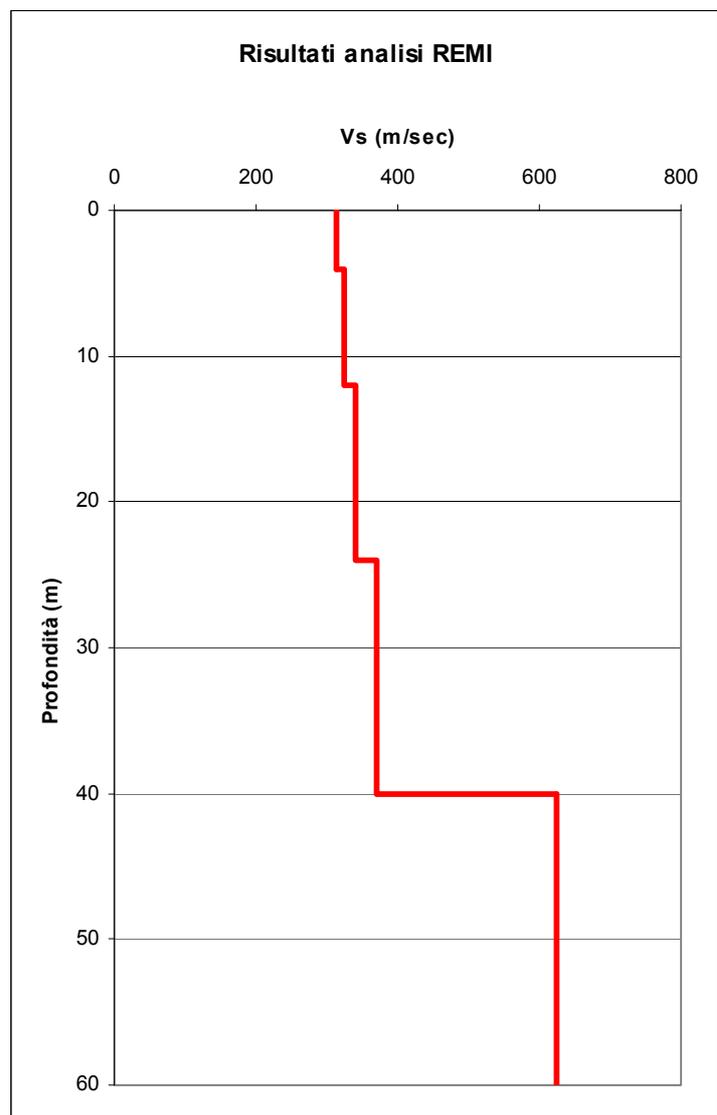


Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

## 5.2 ReMi 2

Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	4.00	314
2	8.00	325
3	12.00	340
4	16.00	370
5	20.00	624



**ReMi 2: Vs30 = 337 m/sec**

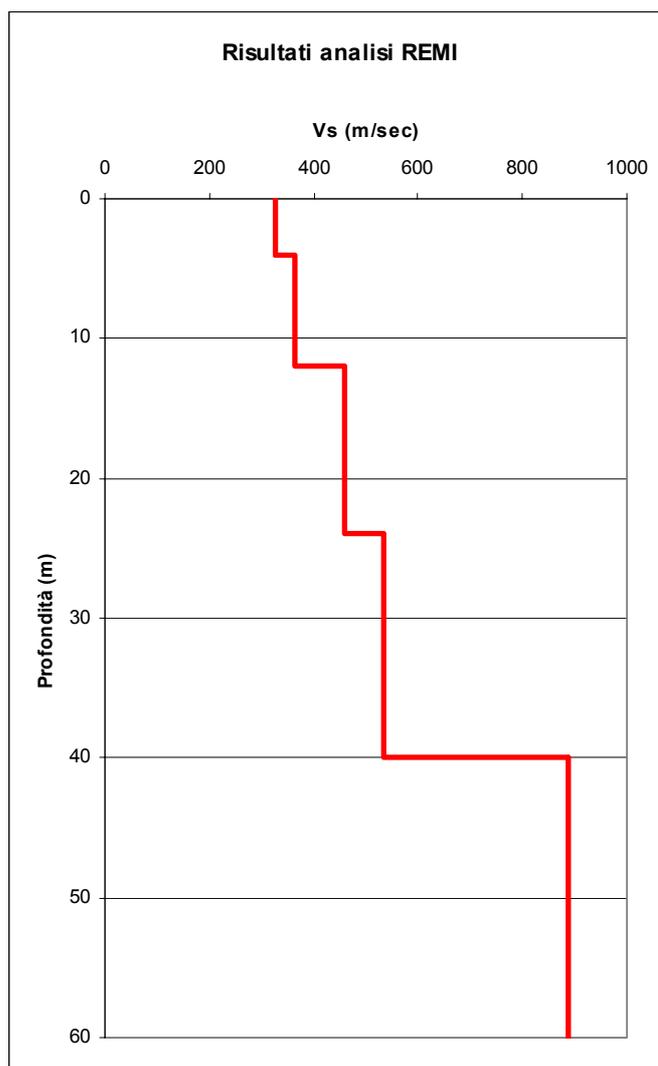


Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

### 5.3 ReMi 3

Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	4.00	326
2	8.00	362
3	12.00	460
4	16.00	534
5	20.00	889



**ReMi 3: Vs30 = 419 m/sec**

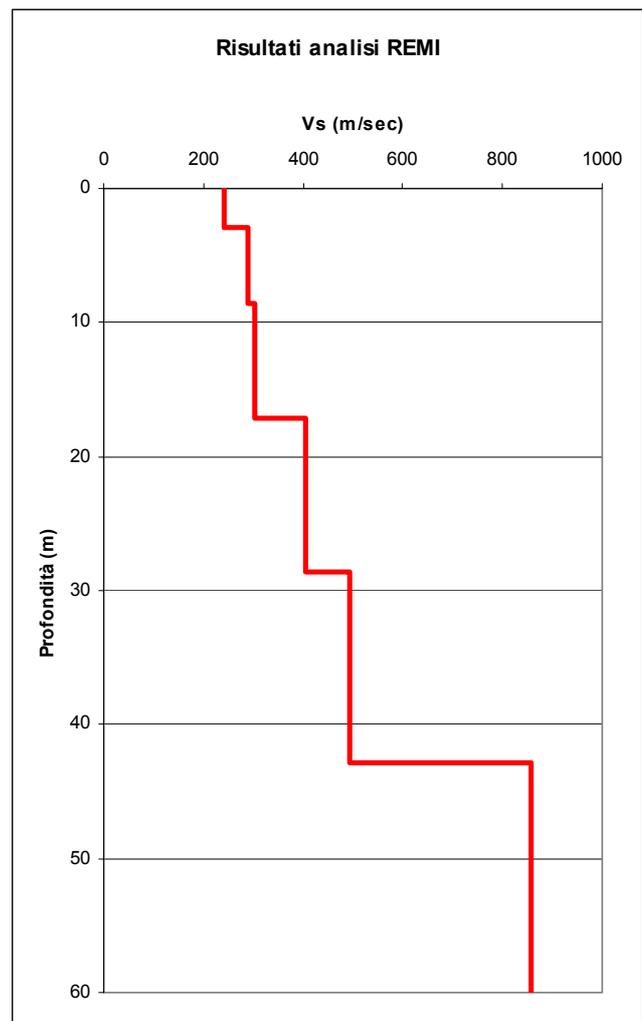


Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

#### 5.4 ReMi 4

Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	2.86	240
2	5.71	288
3	8.57	303
4	11.43	406
5	14.29	492
6	17.14	858



**ReMi 4: Vs30 = 329 m/sec**

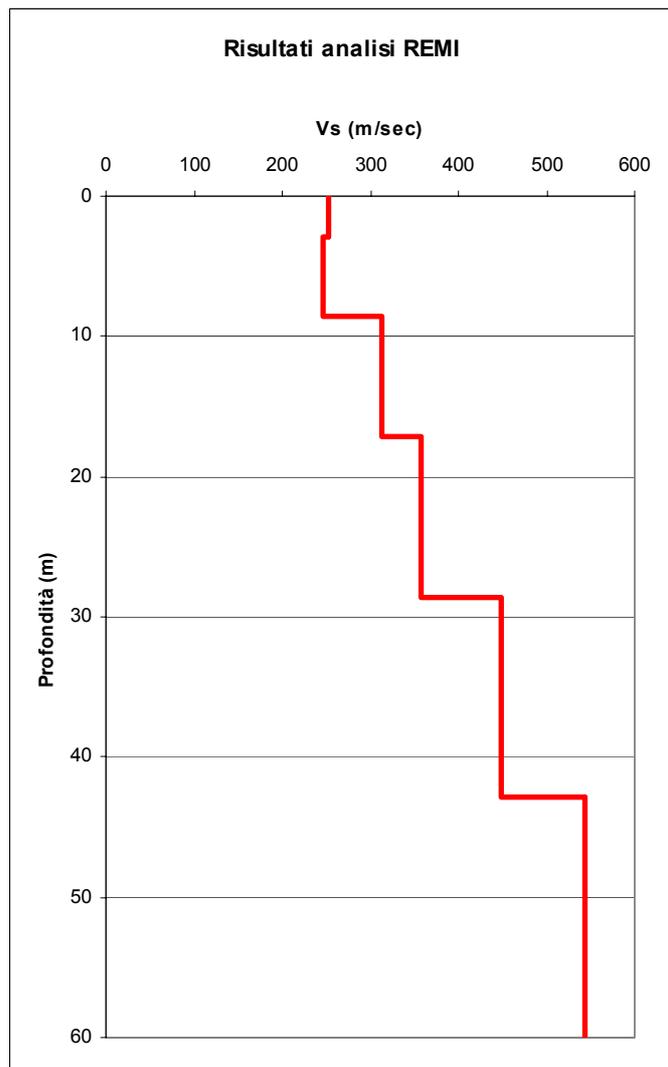


Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

### 5.5 ReMi 5

Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	2.86	252
2	5.71	247
3	8.57	313
4	11.43	357
5	14.29	448
6	17.14	544



**ReMi 5: Vs30 = 309 m/sec**

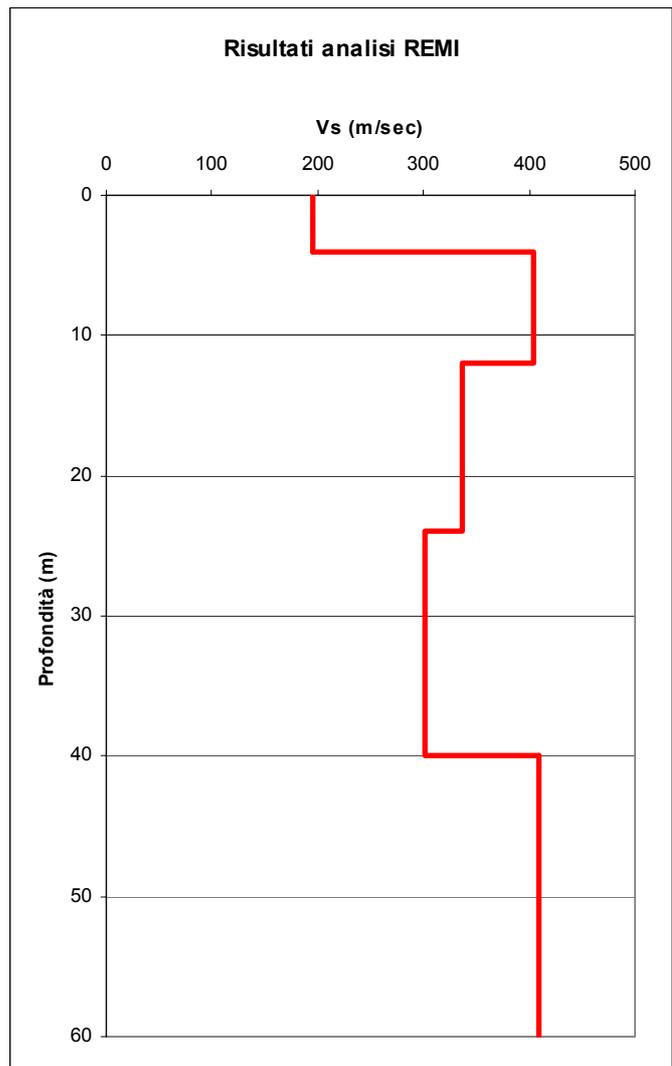


Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

### 5.6 ReMi 6

Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	4.00	195
2	8.00	404
3	12.00	336
4	16.00	302
5	20.00	409



**ReMi 6: Vs30 = 313 m/sec**

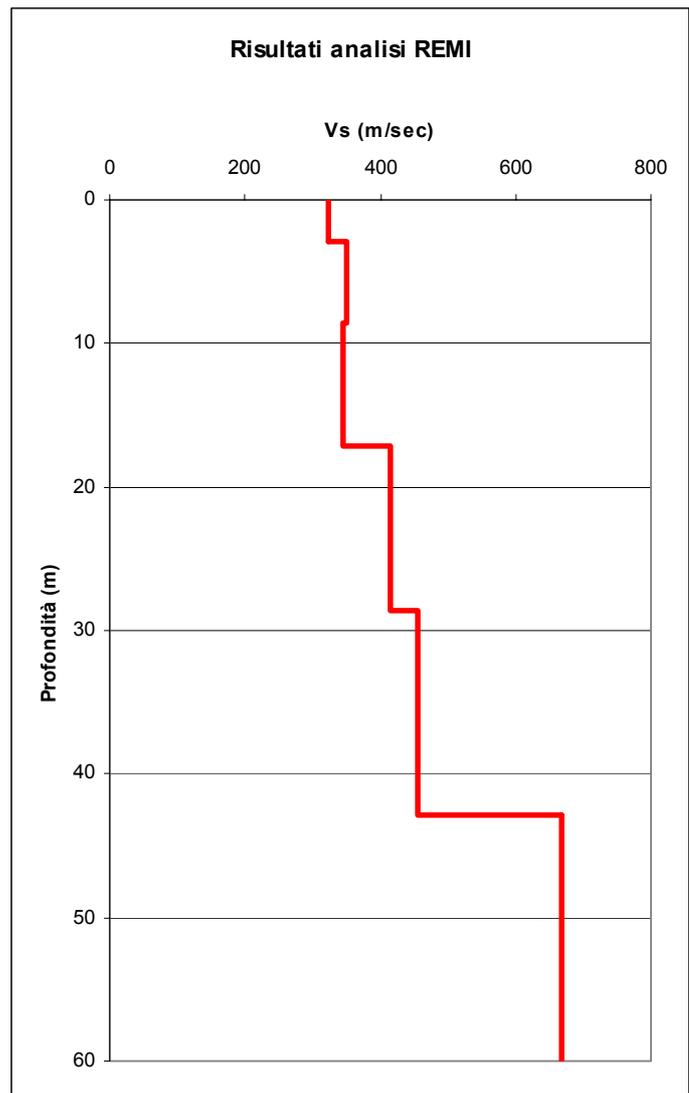


Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

### 5.7 ReMi 7

Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	2.86	322
2	5.71	350
3	8.57	344
4	11.43	414
5	14.29	455
6	17.14	669



**ReMi 7: Vs30 = 371 m/sec**

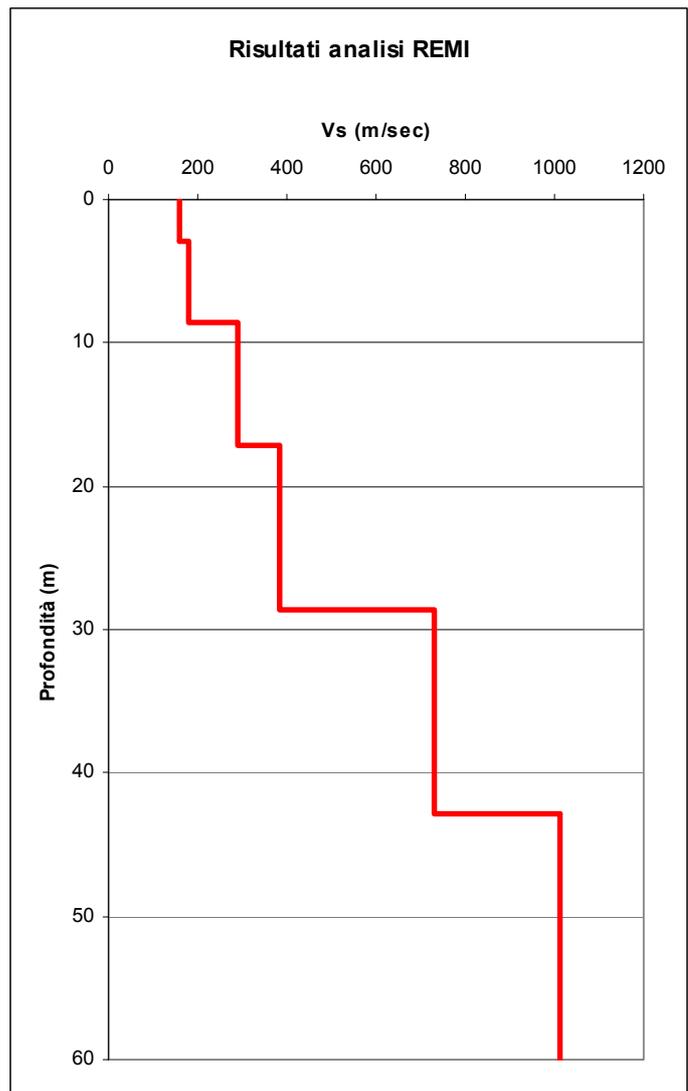


Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

### 5.8 ReMi 8

Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	2.86	160
2	5.71	180
3	8.57	290
4	11.43	385
5	14.29	729
6	17.14	1013



**ReMi 8: Vs30 = 271 m/sec**



**GEOLOGIA E GEOFISICA**

**pag- 36**

Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

**TIMBRO E FIRMA DEL LEGALE RAPPRESENTANTE**

**Dott. Geol. Andrea Carpena**

**GEOREFLEX S.r.l.**

Sede legale: Via Fioruzzi n. 15 - 29100 Piacenza (PC)  
Capitale sociale Euro 30.000,00 i.v.  
Reg. Imprese PC n° 0116440333 – REA 131568  
c.f. 01164400333  
p.IVA 01164400333



**GEOLOGIA E GEOFISICA**

Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: [info@georeflex.it](mailto:info@georeflex.it) – P.IVA n.01164400333 – [www.georeflex.it](http://www.georeflex.it)

## **TAVOLA**