



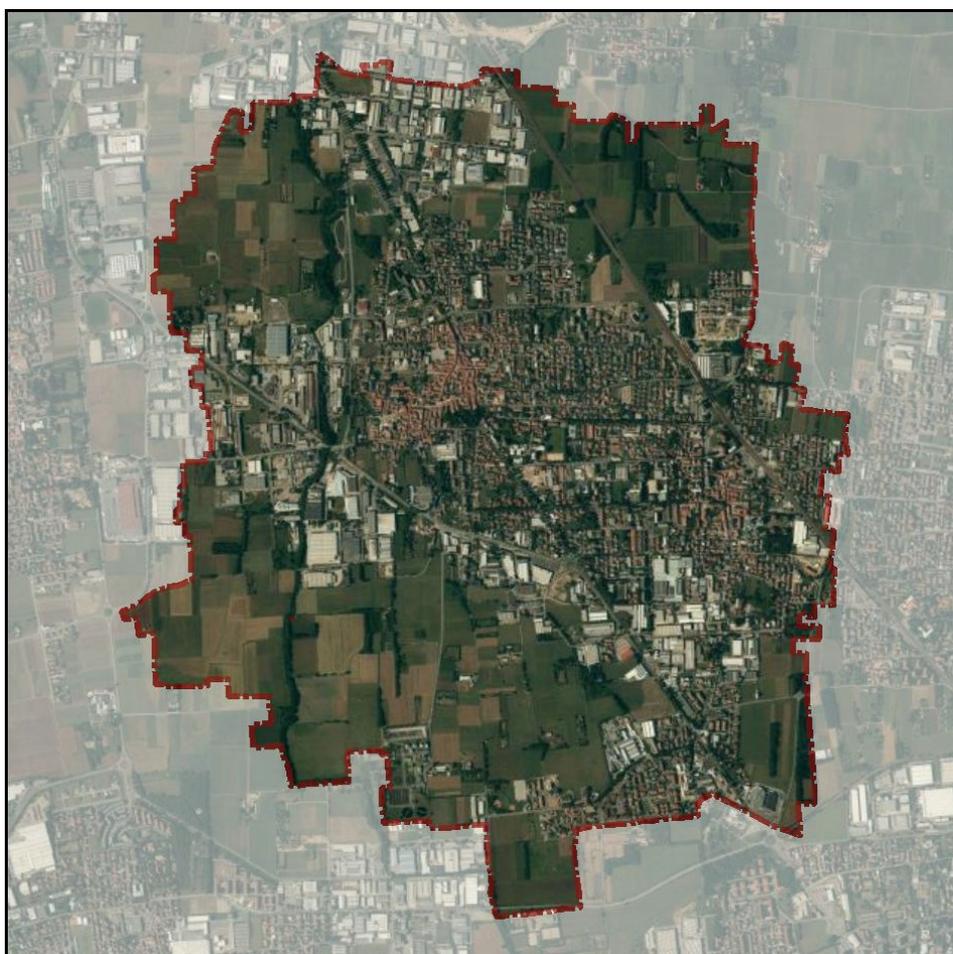
**studio associato**

Via Giorgio e Guido Paglia, n° 21 – 24122 **BERGAMO** – e-mail: bergamo@eurogeo.net  
Tel. +39 035 248689 – Fax +39 035 271216

REL. 10-11/06/2013

# Comune di Caronno Pertusella

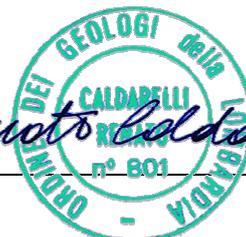
*Piazza A. Moro, 1– Caronno Pertusella (VA)*



**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA  
DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO  
ai sensi della D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011**

*Relazione Geologica*

Bergamo, giugno 2013







## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO E CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (TAV. 1)</b>	<b>6</b>
2.1	Introduzione	6
2.2	Zonazione della pericolosità sismica locale	9
2.1.1	<u>PRIMO LIVELLO</u>	9
2.1.2	<u>SECONDO LIVELLO</u>	9
TEORIA		11
PROCEDURA IN SITO		13
INTERPRETAZIONE DELLE MISURE		13
2.1.3	<u>TERZO LIVELLO</u>	16
<b>3</b>	<b>CARTA DEI VINCOLI (TAV. 2)</b>	<b>18</b>
3.1	Reticolo idrografico principale	18
3.2	Aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili	19
3.2.1	AREE DI TUTELA ASSOLUTA	20
3.2.2	AREE DI RISPETTO	20
<b>4</b>	<b>CARTA DI SINTESI (TAV. 3)</b>	<b>22</b>
4.1	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico:	22
4.2	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico:	22
4.3	Aree che presentano caratteristiche geotecniche scadenti:	22
<b>5</b>	<b>CARTA DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO (TAV. 4)</b>	<b>23</b>
5.1	Classi di fattibilità geologica	23
5.2.	Motivazioni dell'attribuzione delle classi di fattibilità	25
5.1.1	<u>CLASSE 2</u>	26
5.1.2	<u>CLASSE 3</u>	26
5.1.3	<u>CLASSE 4</u>	33
5.3	Normativa sismica	34

## Allegati

1. Velocità delle onde S, prove MASW  $V_{S30}$ ;
2. Schede regionali per la valutazione del Fattore di Amplificazione.

## Tavole

- 1 Carta della Pericolosità Sismica Locale (scala 1:5.000);
- 2 Carta dei Vincoli (scala 1:5.000);
- 3 Carta di Sintesi (scala 1:5.000);
- 4a Carta della Fattibilità Geologica delle azioni di piano (scala 1:5.000);
- 4b Carta della Fattibilità Geologica delle azioni di piano (scala 1:10.000).





## 1 PREMESSA

Con l'entrata in vigore della "Legge per il governo del territorio" (L.R. 12/05 dell'11 marzo 2005) la Regione Lombardia ha modificato l'approccio culturale alla materia urbanistica sostituendo il principio della pianificazione con quello del governo del territorio. La successiva D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005, aggiornata con la D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 e infine con la D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011, ha esplicitato i criteri e gli indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della Legge Regionale.

L'elemento tecnico di maggiore novità introdotto è rappresentato dall'elaborato della carta della pericolosità sismica con la quale sono individuate quelle parti del territorio comunale che, per litologia e/o conformazione geomorfologica del paesaggio, presentano maggiore sensibilità a un potenziale evento sismico.

La zonazione sismica è stata aggiunta alla carta della fattibilità geologica senza modifiche sostanziali alle perimetrazioni contenute nelle "*Relazione Geologico-Tecnica*" redatta ai sensi della L.R. 41/1997 nel 2003, con le quali sono stati distinti gli elementi di pericolosità naturale presenti nel territorio di Caronno Pertusella.

A tale studio si rimanda per la consultazione della documentazione di analisi propedeutica agli elaborati di seguito descritti.



## 2 ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO E CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (TAV. 1)

### 2.1 Introduzione

L'analisi sismica è articolata in tre livelli successivi di approfondimento implementati in relazione alla zona sismica di appartenenza del comune (O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003), agli scenari di pericolosità sismica locale ed alla tipologia delle costruzioni in progetto (allegato 5 alla D.G.R. 8/1566 e successive integrazioni).

Le zone sismiche sono quattro e sono così definite:

Tabella 1: Zone sismiche

Zona	Valori di $a_g$
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

dove  $a_g$  è il valore dell'accelerazione orizzontale massima espresso come frazione della gravità (g).

Il territorio comunale di Caronno Pertusella ricade nella zona sismica 4 (bassa sismicità).

I livelli di approfondimento e le fasi di applicazione richieste dalla normativa sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 2: LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA SULLA ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

zona sismica	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
4	Obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- nelle aree indagate con il 2° livello quando $F_a$ calcolato > valore soglia comunale; - nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

Il primo livello di approfondimento comporta il riconoscimento delle aree nelle quali è possibile un'amplificazione dell'effetto sismico sulla base delle caratteristiche



litologiche e morfologiche ricavabili dalle carte di inquadramento tematico e confrontate con gli scenari previsti dalle direttive tecniche (Tabella 3).

A ciascuna area così individuata è attribuita una classe di pericolosità sismica e il relativo livello di approfondimento. Le campiture che definiscono lo scenario di pericolosità sismica sono rappresentate nell'omonima tavola (TAV. 1).

**Tabella 3: SCENARI DI PERICOLOSITÀ, EFFETTI E CLASSI DI PERICOLOSITÀ ASSOCIATE**

<b>Sigla</b>	<b>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<b>EFFETTI</b>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

L'applicazione del secondo livello di analisi consente di verificare se i valori di spettro elastico sono adatti alle tipologie di opere in progetto o, se è necessario implementare il terzo livello di analisi per la definizione di nuovi spettri.

L'analisi di terzo livello prevede un approccio quantitativo. Va sempre applicato a progetti di edifici sensibili e/o rilevanti che prevedono affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) e, nel caso del comune di Caronno Pertusella, anche per l'analisi dell'amplificazione litologica quando i valori soglia stabiliti dalla Regione Lombardia non sono verificati.

Le direttive tecniche contenute nella D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011 indicano che tale approfondimento deve essere preceduto dall'analisi delle classe sismica di appartenenza del suolo.



Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono state definite le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni).

**A** - *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 metri.

**B** - *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti*, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $N_{spt} > 50$ , o coesione non drenata  $C_u > 250$  kPa).

**C** - *Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ ,  $70 < C_u < 250$  kPa).

**D** - *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 180$  m/s ( $N_{spt} < 15$ ,  $C_u < 70$  kPa).

**E** - *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*, con valori di  $V_{s30}$  simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m e giacenti su di un substrato di materiale più rigido con  $V_{s30} > 800$  m/s.

**S1** - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 metri di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $IP > 40$ ) e contenuto d'acqua (con  $V_s < 100$  m/s).

**S2** - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.



## 2.2 Zonazione della pericolosità sismica locale

### 2.1.1 Primo livello

La modesta complessità geologica del territorio di Caronno Pertusella consente di inserirlo in un'unica classe di pericolosità sismica locale.

È stata attribuita la classe **Z4a** all'intero territorio comunale in quanto formato da depositi alluvionali e/o fluvioglaciali di natura prevalentemente granulare.

### 2.1.2 Secondo livello

La procedura di secondo livello consiste in una valutazione semiquantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di *Fattore di Amplificazione (Fa)* e nel confronto con i valori soglia del territorio comunale stabiliti dalla Regione Lombardia e dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per ciò che concerne gli effetti di amplificazione morfologica (Tabella 4).

Tabella 4: Valori di soglia per il comune di Bertonico

	Creste e scarpate	suolo tipo A	suolo tipo B	suolo tipo C	suolo tipo D	suolo tipo E
periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	1,4 – 1,2		1,4	1,9	2,2	2,0
periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s	//		1,7	2,4	4,2	3,1

L'individuazione dei fattori di amplificazione è stata ottenuta rispettando le indicazioni contenute nell'allegato 5 della D.G.R. 8/1566 e successive integrazioni.

La procedura di valutazione degli effetti litologici (scenari Z4) presuppone la conoscenza della litologia dei materiali presenti, della stratigrafia del sito e dell'**andamento delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (Vs)** nel primo sottosuolo. Mediante queste informazioni e l'utilizzo delle schede litologiche preparate dalla Regione Lombardia è possibile la stima dei valori del *Fa*.



### 2.1.2.1 Procedura

Il primo punto della procedura di secondo livello prevede l'identificazione della litologia prevalente ed il raffronto del profilo delle **Vs** con l'apposito abaco contenuto nelle schede fornite dalla Regione Lombardia.

Attualmente sono disponibili 6 schede per 6 differenti litologie prevalenti.

Una volta individuata la scheda di riferimento, è stato verificato l'andamento delle **Vs** con la profondità utilizzando gli abachi riportati nelle schede di valutazione.

Gli approfondimenti contenuti nelle integrazioni all'Allegato 5 del febbraio 2006 (F. Pergalani, M. Compagnoni e V. Petrini) prevedono che nel caso in cui l'andamento delle **Vs** con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda litologica corrispondente, sia utilizzata la scheda che presenta l'andamento delle **Vs** più simile a quello riscontrato nell'indagine. In alcuni casi la valutazione del fattore di amplificazione è stata ottenuta utilizzando più schede e scegliendo la situazione più cautelativa.

Ove possibile è stata utilizzata la scheda litologica corrispondente, negli altri casi è stata utilizzata la curva con maggiore approssimazione per la stima del *Fa* negli intervalli 0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,5 s.

Il periodo proprio del sito (*T*) è stato calcolato considerando la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità *Vs* è uguale o maggiore a 800 m/s, mediante la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono lo spessore e la velocità dello strato *i*-esimo.

Laddove le prospezioni non abbiano investigato una profondità tale da raggiungere strati con **Vs** = 800 m/s, tale limite è stato interpolato manualmente.



Il valore del fattore di amplificazione ottenuto, con un'approssimazione di + 0,1 è stato confrontato con i valori soglia forniti dalla Regione Lombardia.

### **2.1.2.2 Applicazione del secondo livello**

Nell'applicazione del secondo livello di approfondimento l'intero territorio è stato considerato omogeneo, in quanto le differenze litologiche tra i terreni appartenenti al Livello Fondamentale della Pianura e quelli appartenenti alla valle attuale del Torrente Lura non sono significative.

Il sottosuolo presenta caratteristiche meccaniche modeste e tessitura omogenea. Nelle poche aree non urbanizzate la tessitura superficiale dei campi è fine, limosa e sabbioso limosa con rari ciottoli e/o blocchi. Solo lungo l'alveo del Torrente Lura, per l'azione della corrente che dilava le tessiture più fini e deposita quelle più grossolane nei momenti di piena, si riconoscono in abbondanza ciottoli e blocchi.

Lo sviluppo della velocità delle onde S con la profondità è stato ottenuto mediante l'esecuzione di prospezioni geofisiche di tipo MASW.

### **2.1.2.3 La metodologia MASW**

#### Teoria

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.



Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ .

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).

Le onde di dispersione superficiali si caratterizzano per la relazione tra la frequenza, l'energia e la capacità di penetrazione. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde sono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.



## Procedura in sito

Ciascuna base sismica è stata ottenuta con la stesa di un cavo sismico lungo 48 metri compresi 24 geofoni e una spaziatura dei punti di ricezione pari a 2 metri. In alcuni casi sono stati impostati due punti di energizzazione (shots) il primo a 5 metri dal primo geofono ed il secondo a 10 metri.

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati a rifrazione è consistita in un sismografo ECHO 24/2002 e 24 geofoni a frequenza naturale di 4,5 Hz. L'energizzazione del terreno (sorgente di energia) è stata ottenuta impiegando una mazza ed una piastra appoggiata al terreno.

Il rilievo altimetrico dei punti-geofono e dei punti di energizzazione non si è reso necessario in quanto il piano topografico è risultato pianeggiante.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campo;
2. estrazione della curva di dispersione;
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle **Vs** (profilo 1-D) che descrive la variazione di **Vs** con la profondità.

## Interpretazione delle misure

Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati. Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale **Vs** dalla curva di dispersione e sono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali. Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, sono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra



le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni). Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno. La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza indipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza. La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili ( $x$ ;  $y$ ), il cui legame costituisce la curva di dispersione.

Le prospezioni sismiche sono state interpretate mediante il software SWAN (GeoStudi Aster SRL, 2007). L'utilizzo di questo software consente di preprocessare i dati grezzi acquisiti epurandoli da eventuali disturbi. Successivamente, partendo dal sismogramma medio di sito, sono calcolati gli spettri FK (Frequenza-Numero d'onda) ed FV (Frequenza-Velocità).

La distribuzione dei picchi evidenziati dagli spettri viene ulteriormente analizzata per ricavare la curva di dispersione sperimentale che viene confrontata con quella teorica. Una volta trovata un'interpolazione tra le due curve il programma esegue l'inversione per ricostruire il profilo delle  $V_s$  con la profondità. Il profilo così ottenuto può essere ulteriormente modificato per aumentare il grado di interpolazione tra la curva di dispersione sperimentale e quella teorica.



### Analisi dei risultati ottenuti

Sono state realizzate cinque prove MASW nei siti individuati dai numeri 1, 2, 3, 4 e 5.

In ciascun sito sono stati ricavati due profili sismici energizzando il terreno a 5 e 10 metri dall'origine dell'allineamento geofonico.

Nel confronto con i valori soglia previsti dalla normativa sismica sono stati utilizzati i fattori di amplificazione più cautelativi.

**Tabella 5: VALORI DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA**

	periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	periodo compreso tra 0,5 – 1,5	Vs30 m/s
Sito 1	1,2	1,0	282
Sito 2	1,4	1,0	306 - 327
Sito 3	1,4	1,1	408 - 416
Sito 4	1,6 - 1,8	1,1 - 1,2	275 - 323
Sito 5	1,2 – 1,5	1,0	302 - 305
<b>Media</b>	<b>1,41</b>	<b>1,05</b>	//

**Tabella 6: CONFRONTO TRA VALORI CALCOLATI E VALORI SOGLIA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

Periodo	suolo tipo B		suolo tipo C		suolo tipo D		suolo tipo E	
	0,1 -0,5	0,5 – 1,5	0,1 -0,5	0,5 – 1,5	0,1 -0,5	0,5 – 1,5	0,1 -0,5	0,5 – 1,5
Soglia	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>1,9</b>	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>	<b>4,2</b>	<b>2,0</b>	<b>3,1</b>
Sito 1	1,2	1,0	<b>1,2</b>	<b>1,0</b>	1,2	1,0	1,2	1,0
Sito 2	1,4	1,0	<b>1,4</b>	<b>1,0</b>	1,4	1,0	1,4	1,0
Sito 3	<b>1,4</b>	<b>1,1</b>	1,4	1,1	1,4	1,1	1,4	1,1
Sito 4	1,6-1,8	1.1-1,2	<b>1,6-1,8</b>	<b>1.1-1,2</b>	1,6-1,8	1.1-1,2	1,6-1,8	1.1-1,2
Sito 5	1,2-1,5	1,0	<b>1,2-1,5</b>	<b>1,0</b>	1,2-1,5	1,0	1,2-1,5	1,0

Le velocità delle onde S nei primi 30 metri di profondità, collocano il sottosuolo di Caronno Pertusella a cavallo delle classi sismiche B e C con una prevalenza della classe C.

È stato inoltre verificato che:

- i valori soglia per il periodo compreso tra 0,1 - 0,5 s risultano verificati o sono prossimi al limite nel caso di suoli di tipo B;
- i valori soglia risultano sempre verificati per il periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s.



### Considerazioni finali

Le prove MASW hanno fornito valori del fattore di amplificazione confrontabili tra loro. In questa maniera è stato possibile provare la validità della procedura e verificare in quale caso lo spettro proposto dalla normativa vigente è insufficiente nella stima dell'amplificazione reale.

Nello scenario **Z4** è richiesta l'applicazione del secondo livello di approfondimento per il progetto di edifici strategici e rilevanti che prevedano affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) ed il terzo livello per l'analisi dell'amplificazione litologica quando il *Fattore di amplificazione* calcolato supera il valore soglia. L'analisi di secondo livello condotta nell'ambito di questo studio ha trovato che il *Fa* è verificato o prossimo alla soglia per strutture con periodo di oscillazione compreso tra 0,1 – 0,5 s, ed è sempre verificato per strutture con periodo di oscillazione compreso tra 0,5 s - 1,5 s.

Sulla base degli aggiornamenti alle direttive tecniche proposti con D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011, gli approfondimenti di analisi dovranno essere preceduti dalla definizione della classe sismica di appartenenza del suolo.

#### **2.1.3 Terzo livello**

L'applicazione del terzo livello di approfondimento prevede un approccio quantitativo per la valutazione della pericolosità sismica locale che potrà essere svolto ricorrendo a metodologie strumentali o numeriche.

Per l'analisi dell'amplificazione litologica le metodologie strumentali prevedono lo sviluppo di una campagna di acquisizione dati tramite prove specifiche (nell'allegato 5 alla D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011 sono indicate a titolo esemplificativo il metodo di Nakamyre (1989) ed il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981)). Le metodologie numeriche consistono nella ricostruzione di un modello geometrico e meccanico dell'area di studio e nell'applicazione di codici di calcolo (monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali) per la valutazione della risposta sismica locale.

La scelta del metodo è a discrezione del professionista che valuterà la possibilità di integrare le due metodologie per compensare gli svantaggi dei differenti approcci.



Relativamente ai soli ambiti soggetti ad amplificazione litologica potrà essere evitata l'applicazione del terzo livello di approfondimento utilizzando lo spettro di norma caratteristico della classe di suolo superiore, seguendo il seguente schema:

- in sostituzione dello spettro per la classe sismica B si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe C; nel caso in cui la soglia non fosse sufficiente si può utilizzare lo spettro previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica C si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica E si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D.



### 3 CARTA DEI VINCOLI (TAV. 2)

Nella Carta dei Vincoli sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti dalle normative in vigore di contenuto prettamente idrogeologico e/o ambientale-paesaggistico.

Nel territorio di Caronno Pertusella sono presenti:

- Vincoli di polizia idraulica sul Reticolo Idrografico Principale ai sensi del R.D. n. 523/1904 art. 96 "Testo unico delle leggi sulle opere idrauliche" e successive disposizioni regionali in materia; sul Reticolo Idrico Minore ai sensi della D.G.R. 7868/2002 e della successiva modifica con D.G.R. 13950/2003 individuato con apposito studio approvato dallo STER di Varese (Regione Lombardia - Protocollo in uscita AE12.2011.0001292 del 15/03/2011).
- Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile: D.LGS. 258/2000 art. derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89.

#### **3.1 Reticolo idrografico principale**

Il Torrente Lura nasce nel territorio del Comune di Bizzarone (CO), ai confini con la Svizzera (Canton Ticino). Il suo corso si snoda da nord a sud per una lunghezza di circa 35 Km confluendo, all'altezza di Rho, nel fiume Olona, che a sua volta si immette nel Lambro; alla sezione di chiusura di Rho il bacino idrografico è di 120 km<sup>2</sup>.

Attraversa per esteso tutta la fascia pedemontana comasca e varesina, bagnando le zone collinari di modesta pendenza e la pianura normalmente in un territorio fortemente antropizzato: si tratta di un corso a meandri con portate medie. Al fine di limitare le eventuali esondazioni a valle, la Regione Lombardia ha progettato la realizzazione di un sistema di regimazione delle acque di piena del torrente con la formazione di alcune vasche di "laminazione" per trattenere le ondate di piena nella valle.

Lungo il suo corso all'interno del territorio comunale non esistono né derivazioni secondarie né immissioni di corsi d'acqua minori. Il Lura attraversa il territorio da nord a sud, con un andamento quasi rettilineo e solo debolmente sinuoso nella parte più settentrionale.



### **3.2 Aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili**

L'approvvigionamento idrico a scopo idropotabile avviene tramite i pozzi presenti sul territorio comunale, gestiti dal Consorzio Lurambiente, e tramite un pozzo presente in territorio di Garbagnate Milanese (MI).

Si tratta complessivamente di nove pozzi, quattro dei quali, i più vecchi e meno profondi, sono attualmente in disuso a causa di problemi di inquinamento.

Al momento quindi l'approvvigionamento idrico è assicurato da cinque pozzi profondi che captano acquiferi protetti da potenti livelli di argilla posti tra i 160 e i 180 m ca. da p.c., tra cui l'ex pozzo 42/2 di via Bergamo acquisito dal comune, approfondito e convertito a uso idropotabile (autorizzato in data 18 aprile 2007) (Tabella 7).

Le fasce di tutela assoluta e di rispetto sono istituite ai sensi del D.Lgs. 155/1999 e 258/2000 e sono applicate ai pozzi attualmente in uso.

Il pozzo di via Uboldo attualmente non è allacciato al pubblico acquedotto e pertanto non è soggetto a tale vincolistica. Le aree di tutela e rispetto saranno assegnate nel momento in cui l'opera dovesse essere riattivata. In caso di dismissione definitiva il pozzo dovrà essere cementato.

Per il pozzo di via Olona la fascia di rispetto è applicata con criterio geometrico. Per tutti gli altri pozzi sono stati realizzati studi di approfondimento ad hoc che, tramite l'applicazione del criterio idrogeologico, hanno portato alla riduzione della zona di rispetto, di fatto coincidente con la zona di tutela assoluta (*Deliberazione del Commissario straordinario della Provincia di Varese n. 157 del 16/04/2013 e precedenti Aut. N. 1871 Reg. Serie Separate n. 3593/11.05.G/50002 del 18/04/2007 e Aut. N. 2416 Reg. Serie Separate n. 4371/11.05.G/50002 del 25/05/2006*).



Tabella 7: Stato dell'approvvigionamento idrico

Pozzo N°	Pratica Provincia di Varese	indirizzo	Profondità colonna di produzione	Portata media annua di esercizio
1	--	via D. Chiesa	45,0	--
2	--	via D. Chiesa	67,0	--
3	--	via Uboldo	73,0	--
4	--	via Vivaldi Garbagnate M.se	62,5	--
5	<b>1098</b>	<b>via Bergamo</b>	<b>200,0</b>	<b>30 l/sec</b>
6	<b>1247</b>	<b>corso della Vittoria</b>	<b>155,0</b>	<b>60 l/sec</b>
7	<b>1786</b>	<b>via XXV Aprile</b>	<b>189,0</b>	<b>45 l/sec</b>
8	<b>1786</b>	<b>via E. Fermi</b>	<b>184,75</b>	<b>45 l/sec</b>
9	<b>1869</b>	<b>via Olona</b>	<b>162,0</b>	<b>54 l/sec</b>

### 3.2.1 Aree di tutela assoluta

Si tratta delle aree di raggio uguale a 10 metri di protezione assoluta delle captazioni di acque sotterranee destinate al consumo umano, pozzi o sorgenti.

Per tali ambiti valgono le prescrizioni contenute nel documento "direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto (comma 6 art. 21 del DLGS 11 maggio 1999, n. 152 e successive modificazioni)" approvato con D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 e pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 17 del 22 aprile 2003.

Le aree di tutela assoluta devono essere adeguatamente protette ed adibite esclusivamente ad opere di captazione ed alle infrastrutture accessorie. E' vietato al loro interno ogni tipo di intervento.

### 3.2.2 Aree di rispetto

Le zone di rispetto sono porzioni di territorio circostanti le zone di protezione assoluta con raggio di 200 m dal centro la captazione. In tali ambiti valgono le prescrizioni contenute nel documento "direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto (comma 6 art. 21 del DLGS 11 maggio 1999, n. 152 e successive modificazioni)" approvato con D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 e pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 17 del 22 aprile 2003 (Allegato 7) e ribadito nell'art. 94 del D.Lgs 152 del 3 aprile 2006.



L'attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art. 5 comma 6 del citato Decreto Legislativo (tra le quali edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio) entro le zone di rispetto, in assenza di diverse indicazioni formulate dalla Regione ai sensi dell'art. 5 comma 6 del D.L.258/00, è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che porti ad una ripermimetrazione di tali zone secondo i criteri temporale o idrogeologico (come da D.G.R. n. 6/15137 del 27 giugno 1996 e D.P.R. 236/88, art. 6) o che comunque accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e da apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.



#### **4 CARTA DI SINTESI (TAV. 3)**

La Carta di Sintesi individua una serie di poligoni ognuno dei quali definisce una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità omogenea per la presenza di uno o più fenomeni di rischio in atto o potenziale, o da vulnerabilità idrogeologica.

La sovrapposizione di più ambiti genera poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori.

##### ***4.1 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico:***

**vul:** area a media alta vulnerabilità dell'acquifero freatico per elevata conducibilità idraulica del primo sottosuolo.

##### ***4.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico:***

**in1:** area di pertinenza fluviale e/o frequentemente inondabile. In essa vi sono compresi l'alveo attivo e le fasce immediatamente circostanti il Torrente Lura dove sono riconoscibili attività di deposizione di sedimenti ghiaiosi e sabbiosi.

**in2:** area con moderato rischio di inondazione. Allagabilità per espansione laminare delle acque di esondazione e deposizione di sedimenti sabbiosi e detriti trascinati dalla corrente.

**trc:** area con basso rischio di inondazione

##### ***4.3 Aree che presentano caratteristiche geotecniche scadenti:***

**gt:** area con sottosuolo omogeneo, tessitura limosa e sabbioso limosa con rari ciottoli e/o blocchi, modeste proprietà meccaniche.



## **5 CARTA DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO (TAV. 4)**

### **5.1 Classi di fattibilità geologica**

I dati raccolti ed elaborati nei capitoli precedenti consentono, mediante l'analisi dei vari elementi che caratterizzano l'area in esame, di suddividere il territorio in settori a maggiore o minore vocazione urbanistica. Si tratta di una classificazione della pericolosità che fornisce indicazioni generali sulle destinazioni d'uso, sulle cautele generali da adottare per gli interventi, sugli studi e le indagini necessarie in caso di intervento e sulle opere di riduzione degli eventuali rischi territoriali, ciò al di là di ogni considerazione di carattere economico e amministrativo, ma esclusivamente in funzione dei diversi parametri naturali che caratterizzano il territorio.

È opportuno ricordare che per una lettura esaustiva delle possibilità di cambiamento di destinazione d'uso di una qualsiasi parte del territorio, la carta della fattibilità deve essere consultata insieme alla carta dei vincoli dove sono rappresentate le limitazioni derivanti dalla normativa in vigore.

La D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011 adotta quattro classi di fattibilità.

#### **Classe 1 (bianca) - Fattibilità senza particolari limitazioni**

*La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dal D.M. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni".*

#### **Classe 2 (gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni**

*La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati gli eventuali approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.*



### **Classe 3 (arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni**

*La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. Il professionista deve in alternativa:*

- *se dispone fin da subito di elementi sufficienti, definire puntualmente per le eventuali previsioni urbanistiche le opere di mitigazione del rischio da realizzare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità del comparto;*

- *se non dispone di elementi sufficienti, definire puntualmente i supplementi di indagine relativi alle problematiche da approfondire, la scala e l'ambito di territoriale di riferimento (puntuale, quali caduta massi, o relativo ad ambiti più estesi coinvolti dal medesimo fenomeno quali ad es. conoidi, interi corsi d'acqua ecc.) e la finalità degli stessi al fine di accertare la compatibilità tecnico-economica degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione. Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.*

*Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38).*

*Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".*

### **Classe 4 (rossa) – Fattibilità con gravi limitazioni**

*L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica*



*per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.*

*Il professionista deve fornire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, quando non é strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre deve essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.*

*Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.*

*A discrezione del professionista ogni classe di fattibilità, con particolare riferimento alle classi 2 e 3, può essere, per maggiore chiarezza, suddivisa in sottoclassi riguardanti ambiti omogenei.*

## **5.2. Motivazioni dell'attribuzione delle classi di fattibilità**

La suddivisione del territorio nelle diverse classi di fattibilità è accompagnata dai relativi articoli con le prescrizioni a cui attenersi per regolarne l'edificabilità.

L'attribuzione di alcune classi di fattibilità è da ascrivere alle indicazioni contenute nella D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011 per la redazione dello studio geologico ai sensi della L.R. 12 del 11 marzo 2005, secondo un rigido schema che prescrive la corrispondenza tra classi di fattibilità e le aree soggette ai vincoli nonché ai pericoli individuati nella carta di sintesi.



### **5.1.1 Classe 2**

In questa classe ricadono le zone dove sono state riscontrate modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati sia localmente che nelle aree immediatamente limitrofe.

Nella classe 2 è compreso gran parte del territorio di Caronno Pertusella. In tale ambito gli elementi maggiormente penalizzanti sono le modeste proprietà meccaniche del primo sottosuolo, nonché la vulnerabilità dell'acquifero freatico, mediamente alta, dovuta in particolar modo all'elevata conducibilità idraulica dei primi orizzonti del "non saturo".

L'utilizzo delle aree ricadenti in questa sottoclasse è subordinato alla realizzazione di approfondimenti geognostici necessari per la caratterizzazione puntuale dei parametri meccanici del sottosuolo, nonché della situazione idrogeologica locale.

Per la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento le richieste di concessione edilizia dovranno contenere:

- un'indicazione quantitativa e qualitativa degli scarichi liquidi prodotti dal fabbricato o dal complesso di cui si richiede la costruzione;
- un'indicazione progettuale dei sistemi di depurazione corrispondenti e/o dei sistemi adottati per l'eliminazione dei materiali residui e la salvaguardia idrogeologica e relativi criteri costruttivi.

Si applicano altresì le prescrizioni contenute nelle "*direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto (comma 6 art. 21 del DLGS 11 maggio 1999, n. 152 e successive modificazioni)*" approvato con D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 e pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 17 del 22 aprile 2003 (Allegato 7) e ribadito nell'art. 94 del D.Lgs 152 del 3 aprile 2006, per le aree ricadenti in tali ambiti.

### **5.1.2 Classe 3**

In questa classe ricadono le zone dove sono state rilevate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso.

In relazione alle condizioni di rischio riscontrate sono state individuate due sottoclassi.



### - 3a

La sottoclasse 3a include le aree di pertinenza del Torrente Lura inondabili per eventi di piena con  $Tr=100$  anni, così come delimitate nello “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d’acqua naturali e artificiali all’interno dell’ambito idrografico di pianura Lambro–Olona*” redatto dall’Autorità di Bacino del Fiume Po.

L’utilizzo di tali superfici è subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine geognostica che consentano di approfondire nel dettaglio la conoscenza delle proprietà fisico-meccaniche del terreno di fondazione, come previsto per la classe 2, della struttura idrogeologica e, in relazione al potenziale carico inquinante dell’insediamento, di valutare il grado di rischio di inquinamento e la metodologia per la salvaguardia della risorsa idrica, sia sotterranea che superficiale (D.Lgs. 152/1999).

Trova inoltre applicazione il seguente regolamento che vieta le seguenti attività:

- a. All’interno della fascia sono esclusivamente consentite le demolizioni senza ricostruzioni, la manutenzione ordinaria e straordinaria, il restauro ed il risanamento conservativo così come definito alle lettere a), b), c) e d) dell’art. 27 della L.R. 12/05 e s.m.i., senza l’aumento di superficie o volume e senza cambiamenti di destinazione d’uso che comportino aumento del carico di superficie o volume e senza mitigare la vulnerabilità dell’edificio.
- b. Per interventi diversi da quelli al punto a) sarà necessario effettuare una valutazione di compatibilità idraulica secondo le modalità illustrate nell’allegato 4 dei “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12*”.

All’interno dell’area esondabile individuata devono essere delimitate zone a diverso livello di pericolosità idraulica, sulla base, in particolare, dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento. Per la classificazione dei diversi livelli di pericolosità idraulica si fa riferimento al grafico seguente (*Figura 1*).

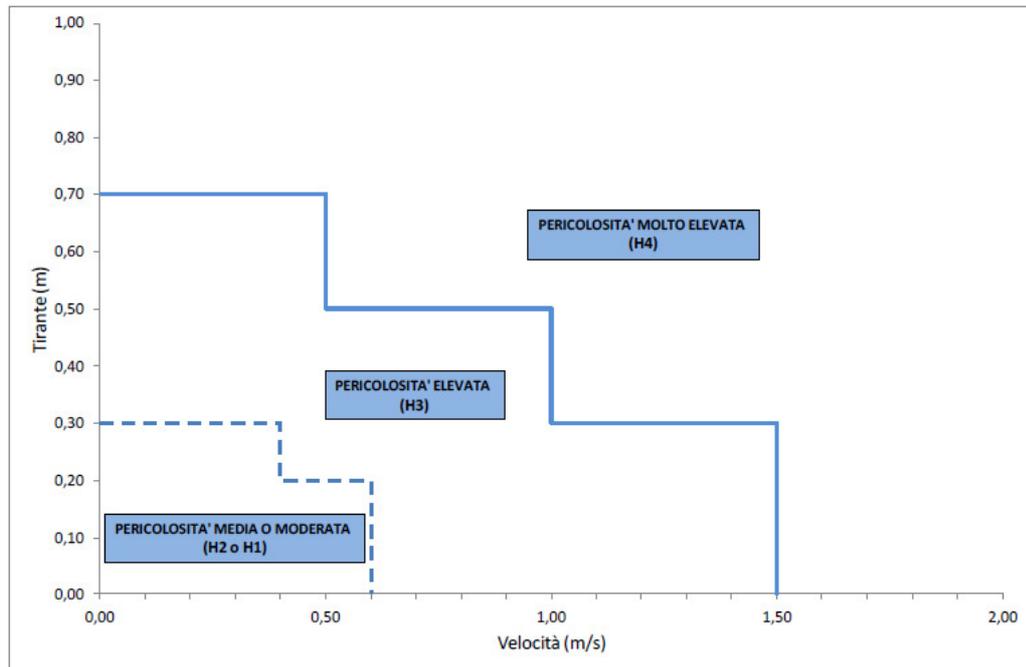


Figura 1: Schema per la classificazione dei diversi livelli di pericolosità idraulica

Partendo dalle aree a diversa pericolosità idraulica si procede a una suddivisione in zone a diverso livello di rischio attuale e potenziale (ossia conseguente a eventuali successive utilizzazioni delle aree), la cui quantificazione va valutata con l'analisi combinata della pericolosità idraulica (H), dell'entità degli elementi a rischio (E) e della loro vulnerabilità (V) secondo la seguente formula e i successivi schemi:

$$R = H \times E \times V$$

dove V viene posta cautelativamente uguale a 1.

Tabella 8: Classi di danno potenziale in funzione degli elementi a rischio contenuti

DANNO POTENZIALE	ELEMENTI A RISCHIO
Grave (E4)	Centri urbani, Centri urbani, beni architettonici, storici, artistici, insediamenti produttivi, principali infrastrutture viarie, servizi di elevato valore sociale.
Medio (E3)	Aree a vincolo ambientale e paesaggistico, aree attrezzate di interesse comune, infrastrutture viarie secondarie
Moderato (E2)	Aree agricole di elevato pregio (vigneti, frutteti)
Basso (E1)	Seminativi



Tabella 9: Matrice per la valutazione del rischio

	H4	H3	H2	H1
E4	R4	R4	R2	R2
E3	R3	R3	R2	R1
E2	R2	R2	R1	R1
E1	R1	R1	R1	R1

Qualora a seguito della valutazione di compatibilità idraulica il livello di rischio accertato risultasse pari a R4 (fattibilità 4), dovranno essere messe in atto opere di mitigazione della pericolosità e accorgimenti costruttivi atti a ridurre il livello di rischio.

- c. gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;
- d. La realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 22/97, fatto salvo quanto previsto al punti "g" delle attività consentite;
- e. In presenza di argini interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

Sono altresì consentite le seguenti attività.

- a. I cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;



- b. Gli interventi volti alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e all'eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- c. Le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;
- d. Il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto di fascia;
- e. Il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identificano come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;
- f. Il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, let. M) del D.Lgs. 22/97;
- g. L'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 22/97 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/97) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa;
- h. Gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla limitazione della fascia;
- i. L'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali;
- j. gli impianti di trattamento delle acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino;
- k. la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;



- I. l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni;
- m. il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino.

Eventuali interventi dovranno seguire le seguenti prescrizioni per minimizzare il rischio idraulico:

- Realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento;
- Realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena a tenuta stagna e disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
- Progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso di scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;
- Progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
- Adottare tutte le misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni (opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione, opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali, fondazioni profonde per evitare fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi).
- È vietata realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 22/97, ad eccezione dell'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.



- I manufatti per lo smaltimento delle acque (pozzi perdenti) dovranno essere progettati in modo tale da agevolare il drenaggio delle acque di piena. Sarà necessario prevedere la posa in opera di tutti quegli accorgimenti atti ad impedire l'infiltrazione nel sottosuolo di sostanze inquinanti dilavate dalle acque di piena. È vietato altresì il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali e sostanze potenzialmente pericolose in grado di contaminare acque e terreni a seguito di un evento di piena.
- Prevedere tutti quegli accorgimenti tecnici necessari a garantire la sicurezza dei locali in caso di allagamento. In particolare:
  - uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena centennale aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;
  - vie di evacuazione situate sopra il livello di piena centennale;
  - utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche;
  - utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.

Si applicano altresì le prescrizioni contenute nelle “*direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto (comma 6 art. 21 del DLGS 11 maggio 1999, n. 152 e successive modificazioni)*” approvato con D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 e pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 17 del 22 aprile 2003 (Allegato 7) e ribadito nell'art. 94 del D.Lgs 152 del 3 aprile 2006, per le aree ricadenti in tali ambiti.

### **- 3b**

La sottoclasse 3b include le aree inondabili per eventi di piena del Torrente Lura con  $Tr=500$  anni così come delimitate nello “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro–Olona*” redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

È necessario che gli interventi non modifichino i fenomeni idraulici naturali che possono aver luogo, né costituiscano significativo ostacolo al deflusso e/o limitino in maniera significativa la capacità d'invaso. A tal fine i progetti dovranno essere corredati da un'analisi di compatibilità idraulica che documenti l'assenza delle suddette interferenze o indichi i rimedi progettuali per ovviare a tale rischio quali ad



esempio sopralzi, recinzioni impermeabili e altri accorgimenti tecnici necessari a garantire la sicurezza dei locali in caso di allagamento.

Si applicano altresì le prescrizioni contenute nelle “*direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto (comma 6 art. 21 del DLGS 11 maggio 1999, n. 152 e successive modificazioni)*” approvato con D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 e pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 17 del 22 aprile 2003 (Allegato 7) e ribadito nell'art. 94 del D.Lgs 152 del 3 aprile 2006, per le aree ricadenti in tali ambiti.

### **5.1.3 Classe 4**

In classe 4 dovrà essere esclusa qualsiasi edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo come definiti dall'art. 27 comma a), b) e c) della L.R. 12/05 .

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio presente.

#### **- 4a**

La sottoclasse 4a include le aree di pertinenza torrentizia e quelle frequentemente inondabili limitrofe all'alveo del Torrente Lura.

#### **- 4b**

La sottoclasse 4b include le aree inondabili per eventi di piena del Torrente Lura con  $T_r=10$  anni così come delimitate nello “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro–Olona*” redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.



### 5.3 Normativa sismica

Il territorio di Caronno Pertusella è inserito nella classe **Z4a** di Pericolosità Sismica Locale.

Nello scenario **Z4** è richiesta l'applicazione del secondo livello di approfondimento nel progetto di edifici strategici e rilevanti che prevedano affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) ed il terzo livello per l'analisi dell'amplificazione litologica quando il *Fattore di amplificazione* calcolato supera il valore soglia. L'analisi di secondo livello condotta nell'ambito di questo studio ha trovato che il *Fa* è verificato o prossimo alla soglia per strutture con periodo di oscillazione compreso tra 0,1 – 0,5 s, ed è sempre verificato per strutture con periodo di oscillazione compreso tra 0,5 s - 1,5 s.

Sulla base degli aggiornamenti alle direttive tecniche contenuti nella D.G.R. 9/2612 del 30 novembre 2011, gli approfondimenti di analisi dovranno essere preceduti dalla definizione della classe sismica di appartenenza del suolo (A, B, C, D, E).

Ovvero per le strutture con periodo di oscillazione compreso tra 0,1 – 0,5 s, potrà essere evitata l'applicazione del terzo livello di approfondimento utilizzando lo spettro di norma caratteristico della classe di suolo superiore, seguendo il seguente schema:

- in sostituzione dello spettro per la classe sismica B si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe C; nel caso in cui la soglia non fosse sufficientemente cautelativa si può utilizzare lo spettro previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica C si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica E si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D.

Dott. Geol. Renato Caldarelli



Dott. Geol. Massimo Elitropi



**ALLEGATI**

**VELOCITA' DELLE ONDE S  
PROVE MASW  $V_{s30}$**

### SITO 1 (energizzazione 5m)

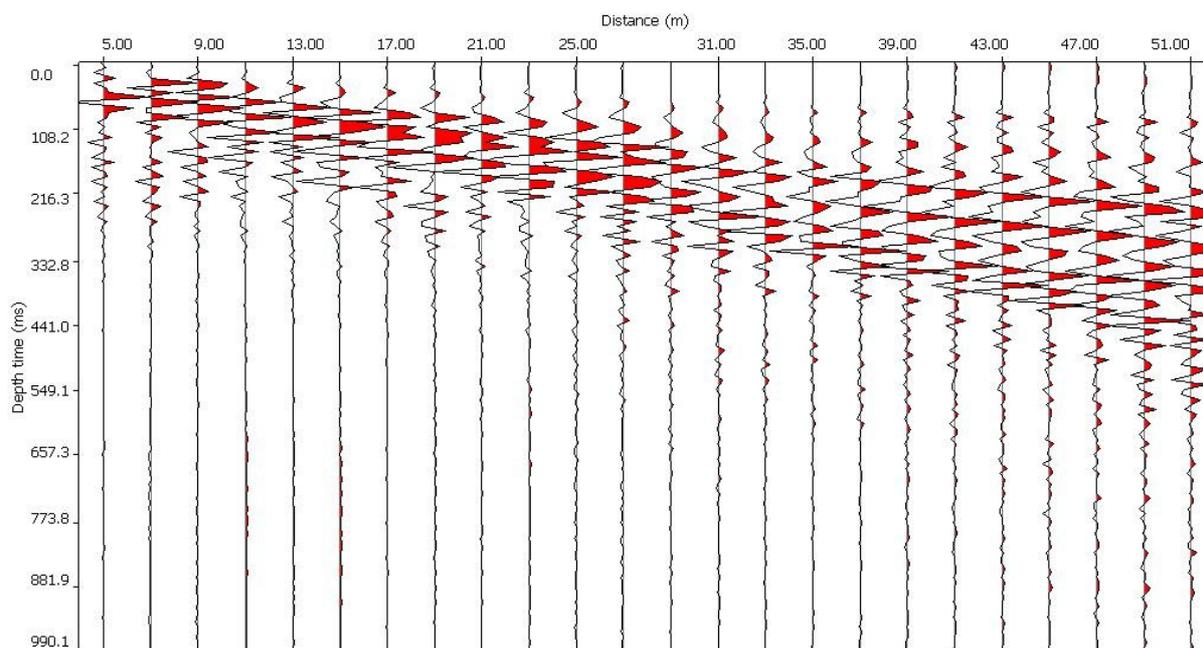


Fig. 1: Sismogramma medio

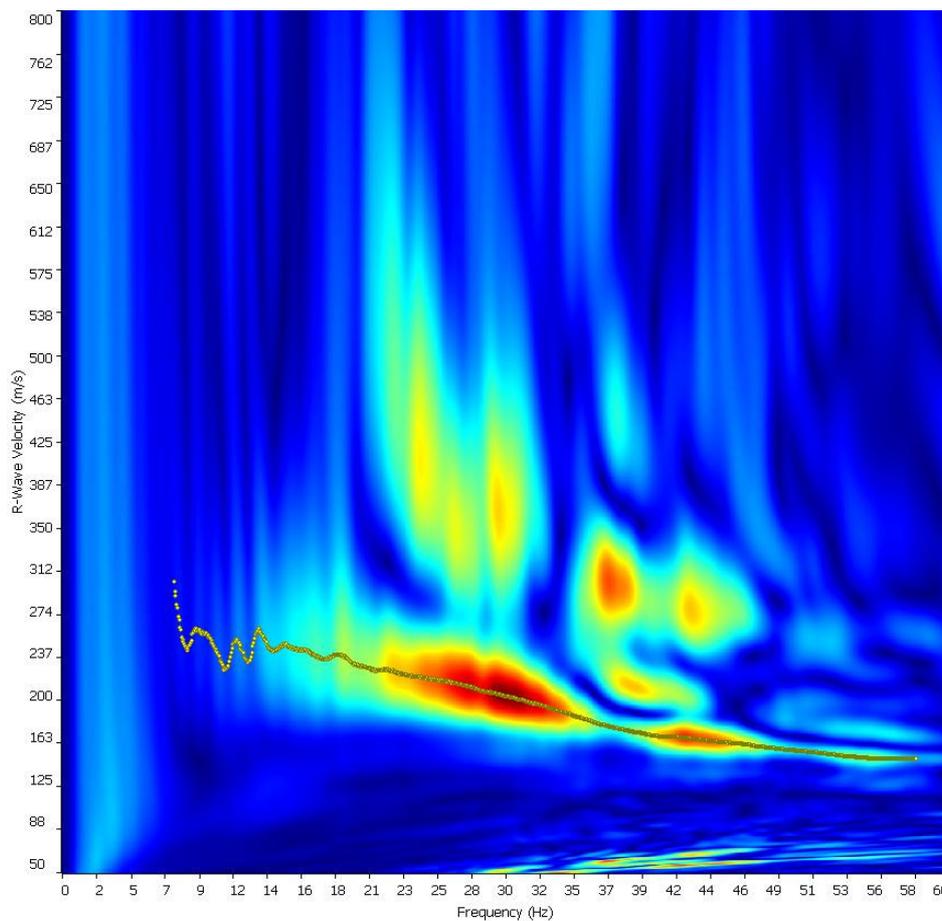
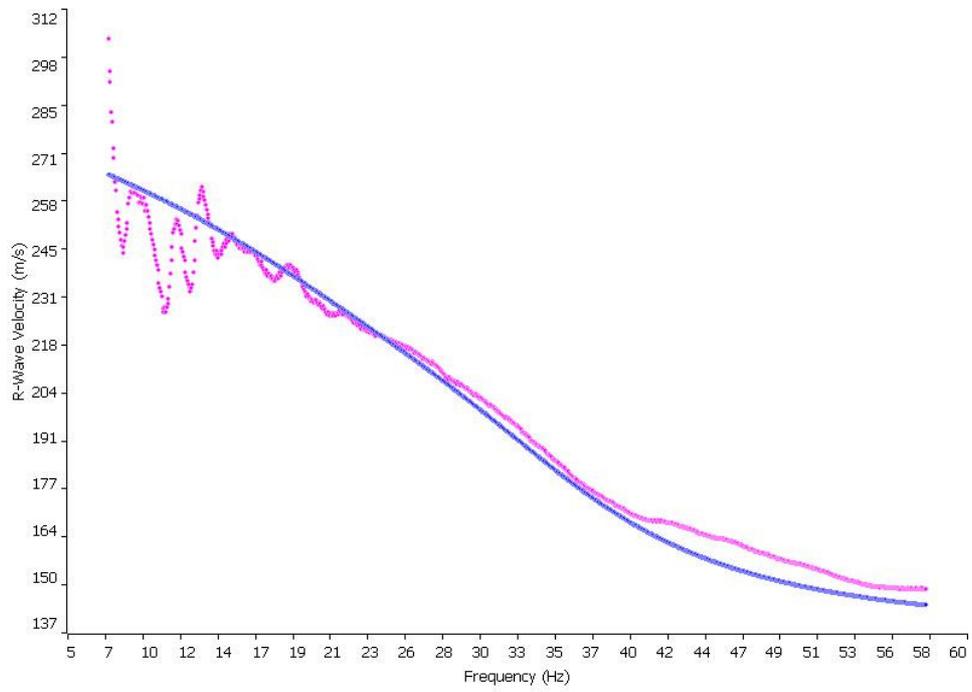
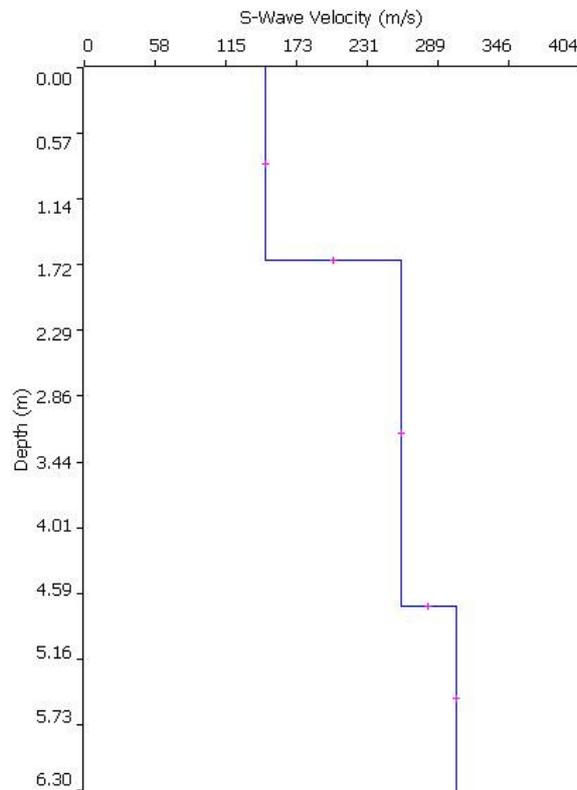


Fig. 2: Spettro Frequenza-velocità



**Fig. 3: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)**



**Fig. 4: Distribuzione Vs**

### SITO 2 (energizzazione 5m)

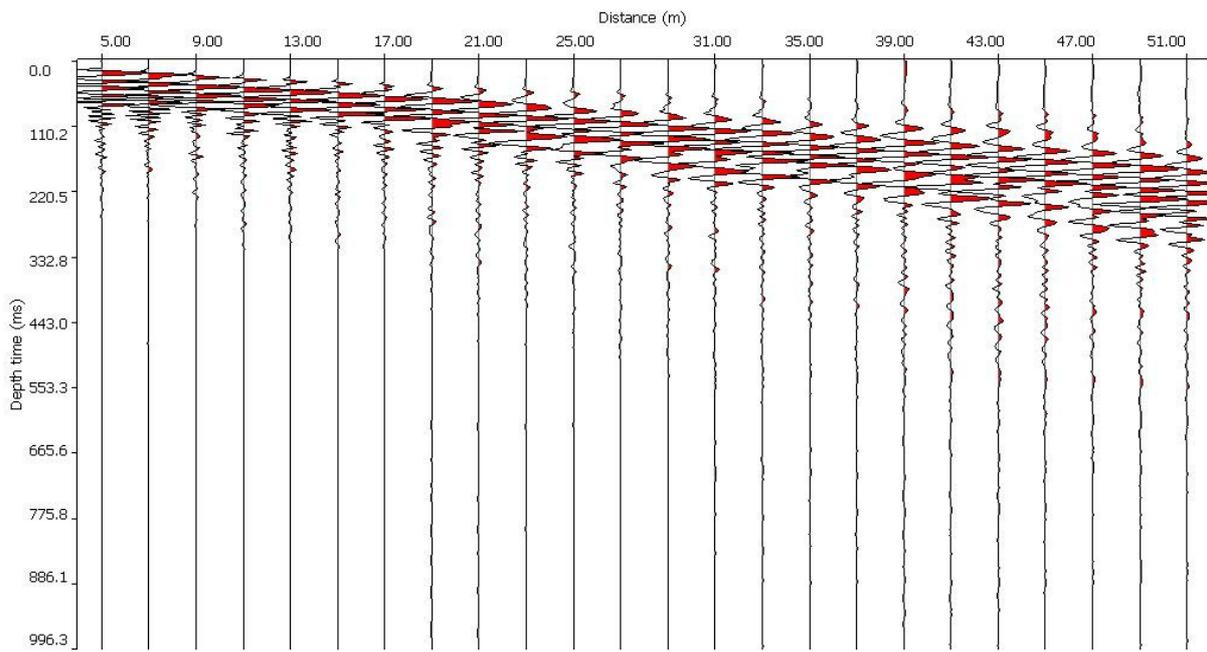


Fig. 5: Sismogramma medio

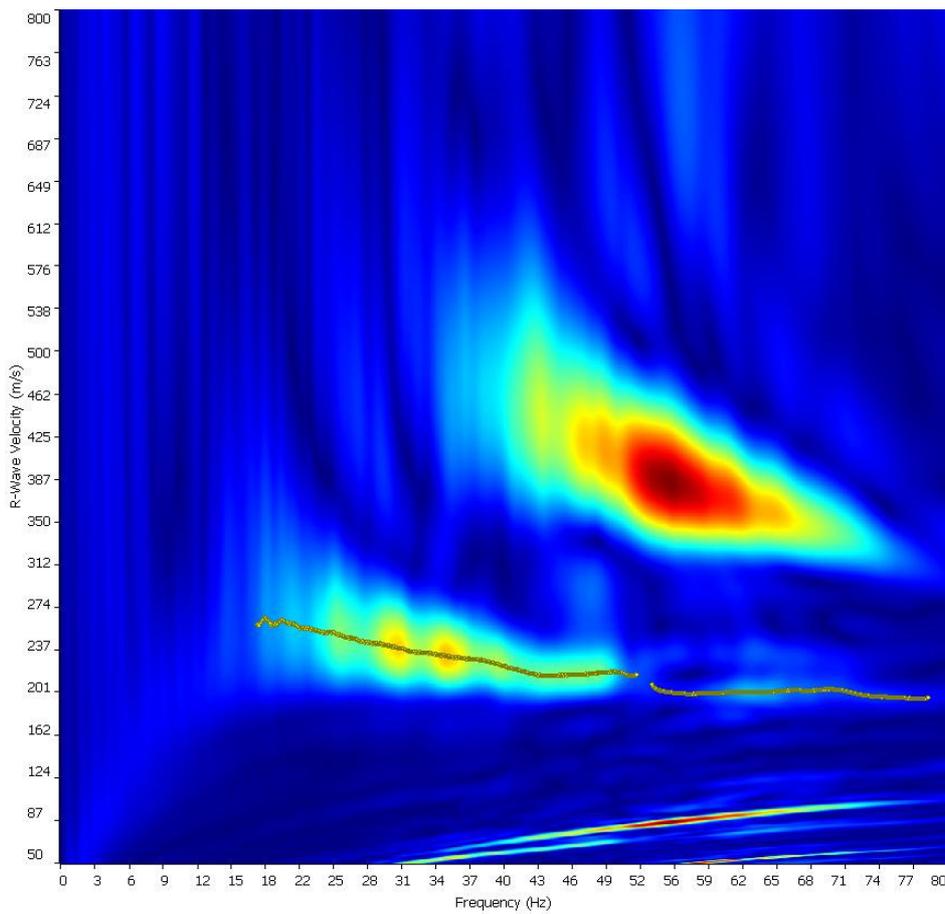
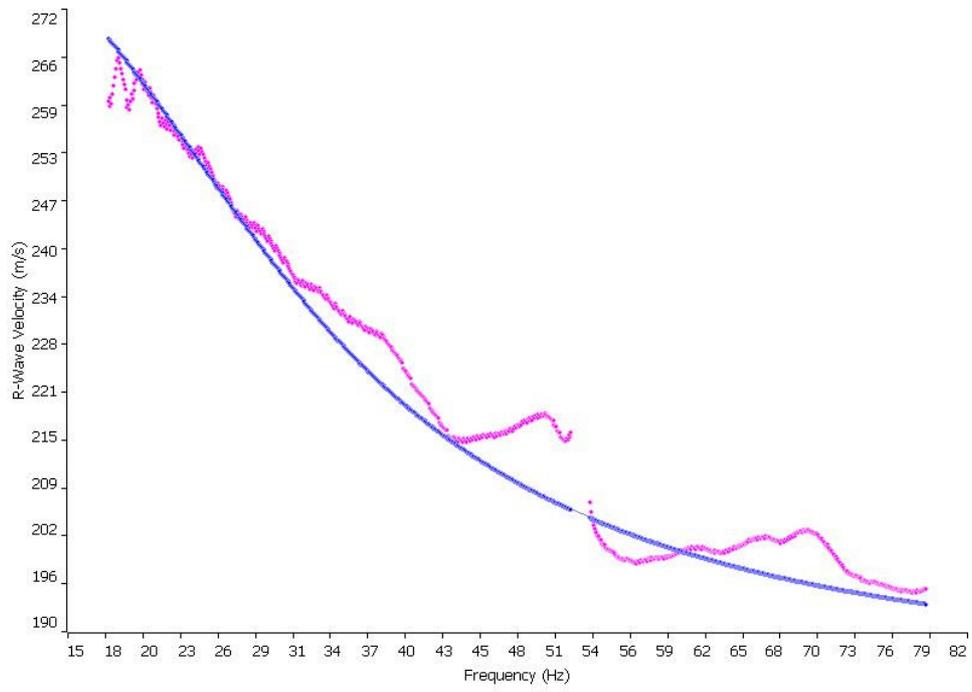
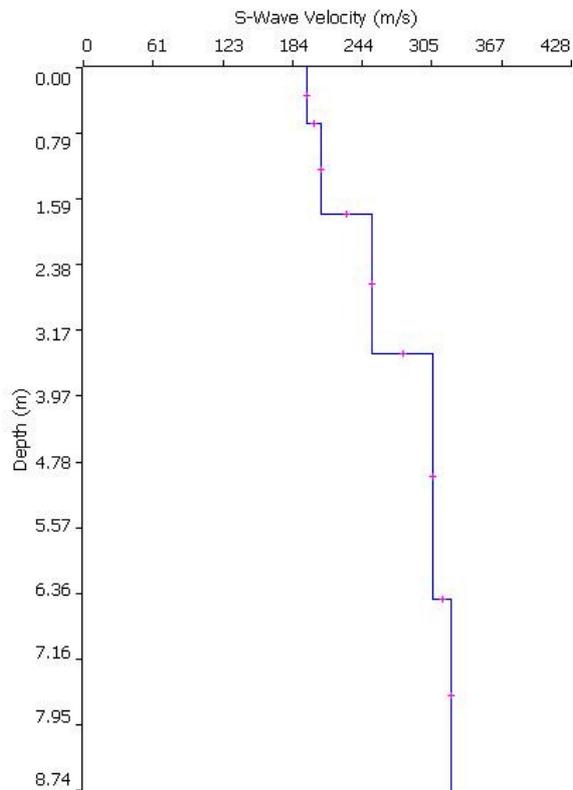


Fig. 6: Spettro Frequenza-velocità



**Fig. 7: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)**



**Fig. 8: Distribuzione Vs**

## SITO 2 (energizzazione 10m)

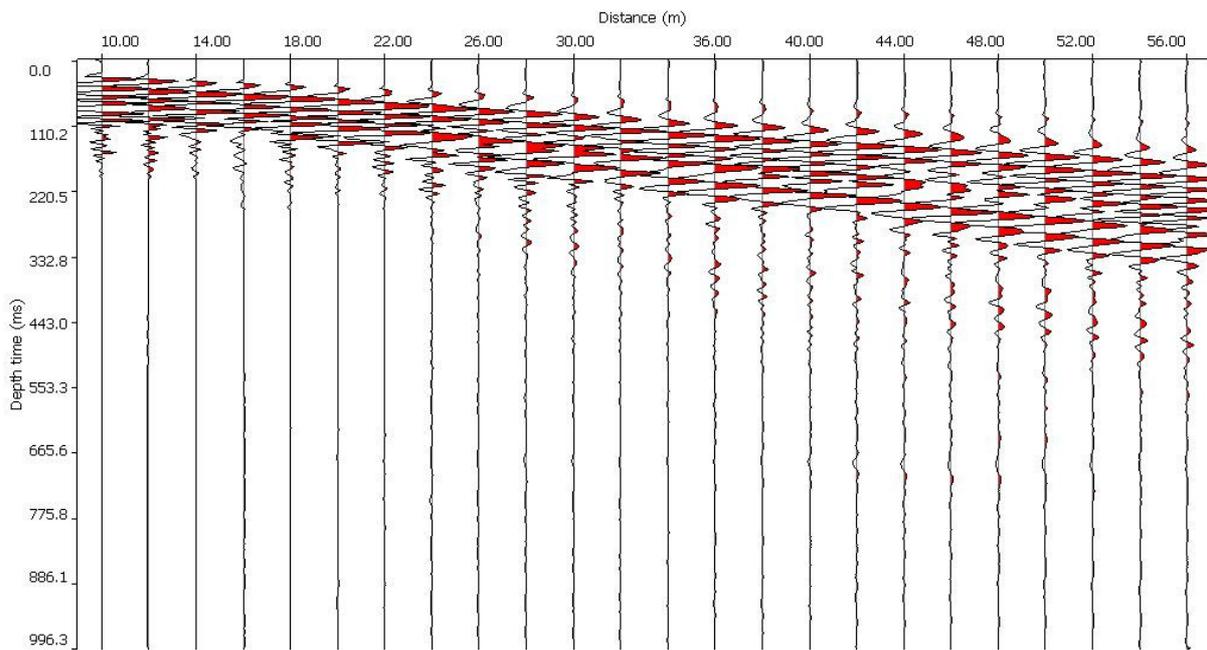


Fig. 9: Sismogramma medio

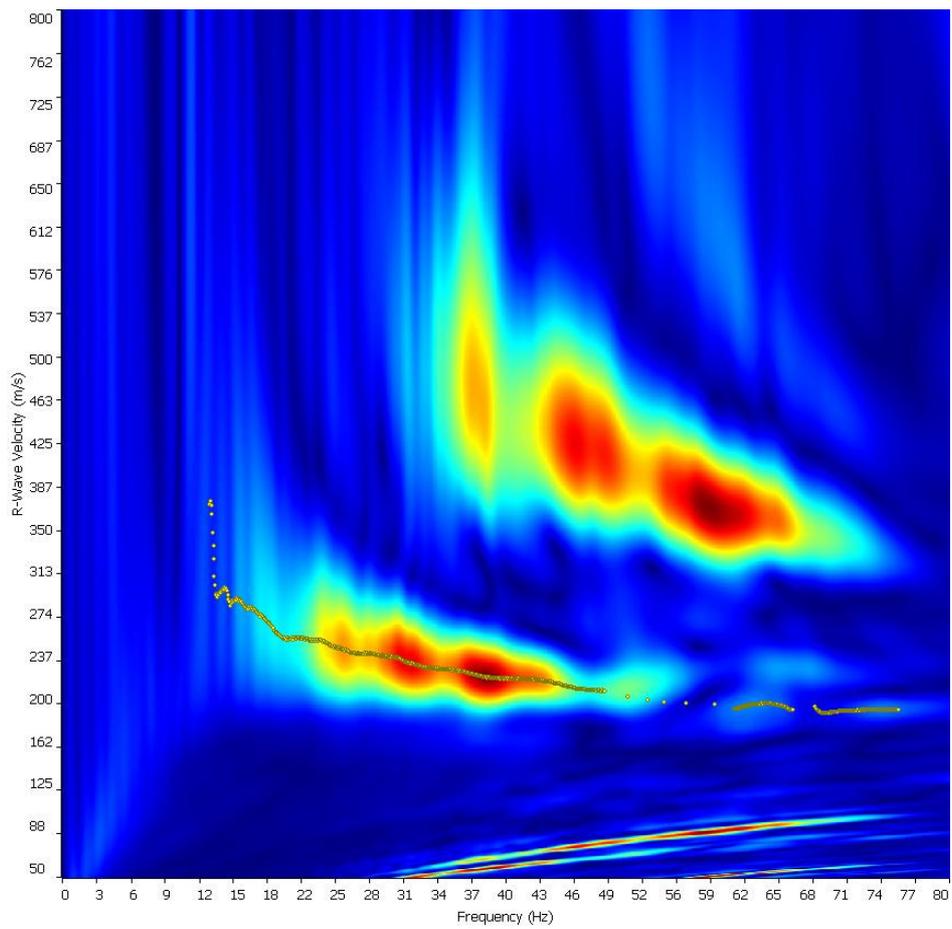
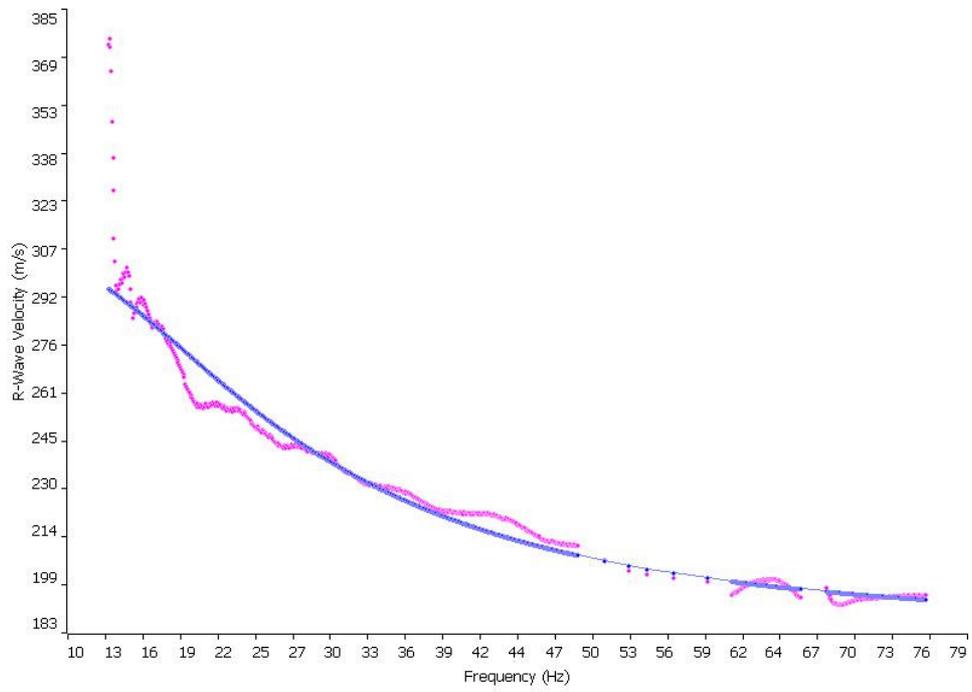
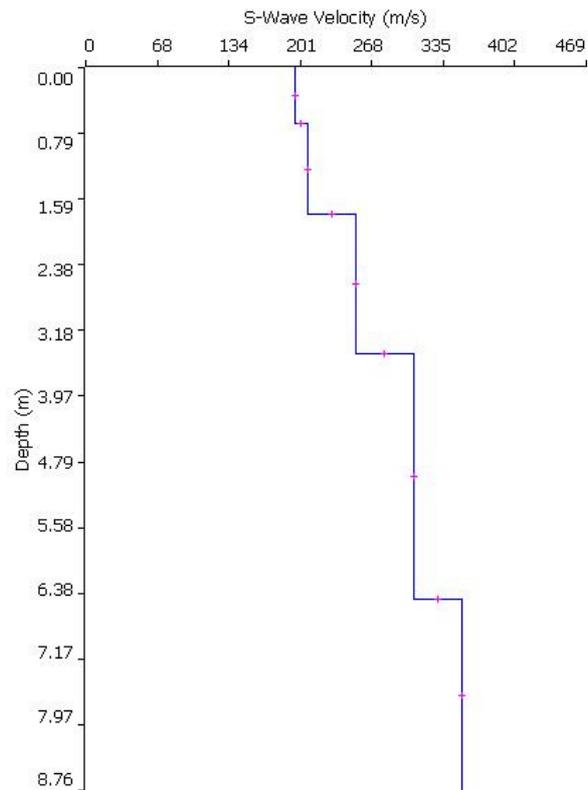


Fig. 10: Spettro Frequenza-velocità



**Fig. 11: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)**



**Fig. 12: Distribuzione Vs**

### SITO 3 (energizzazione 5m)

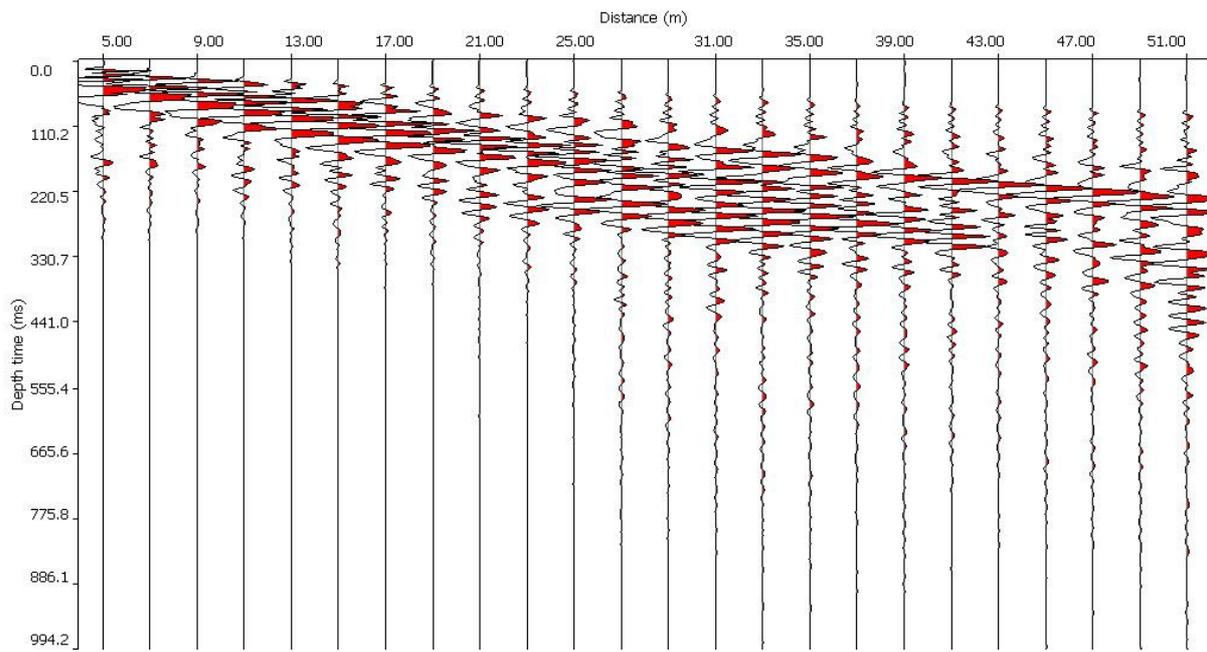


Fig. 13: Sismogramma medio

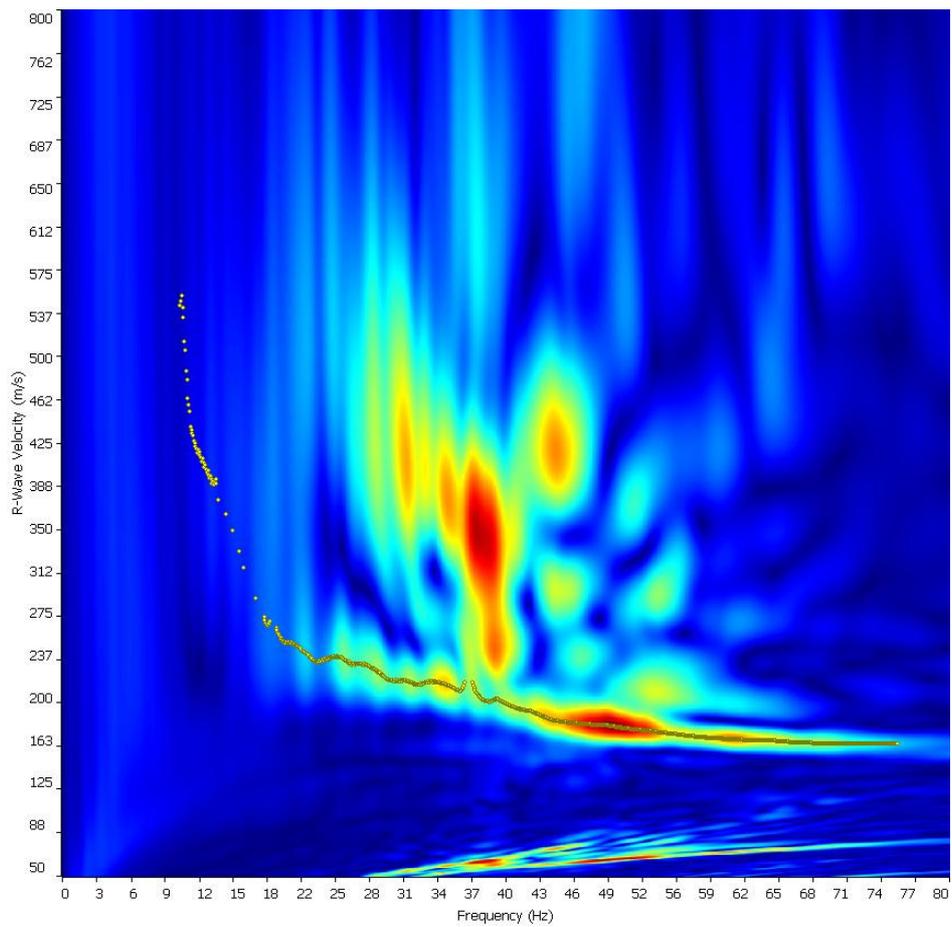
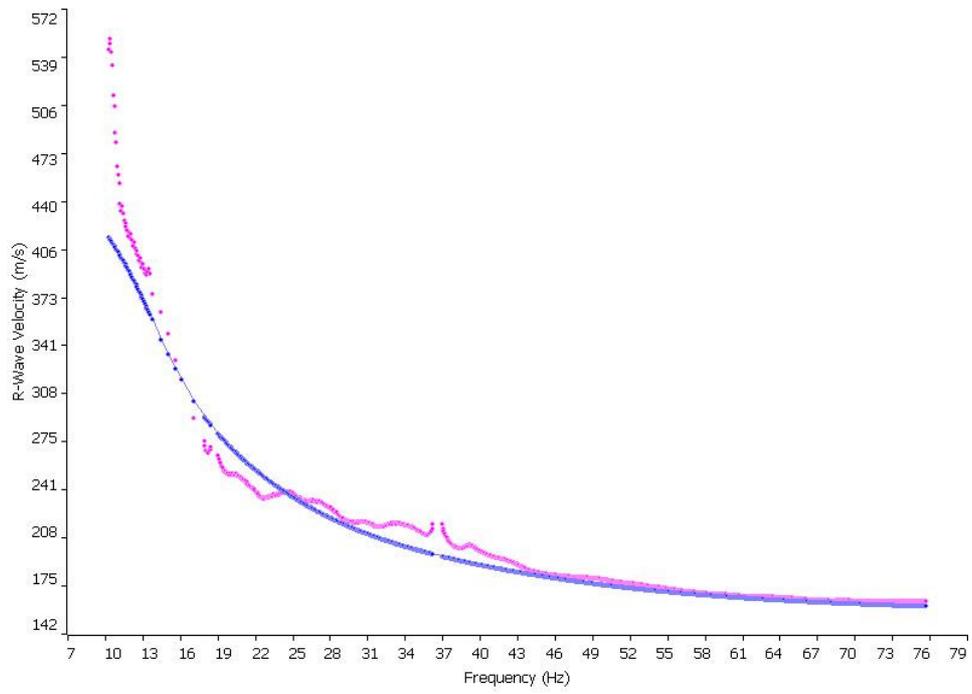
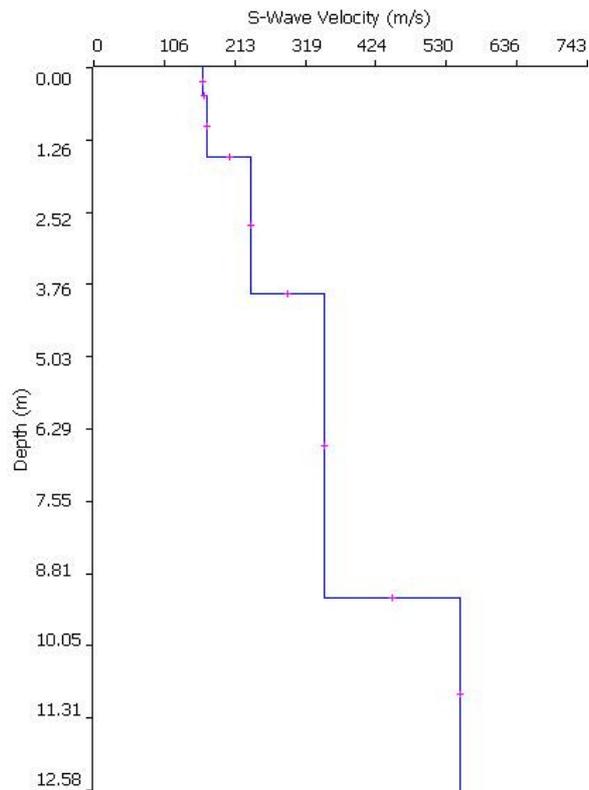


Fig. 14: Spettro Frequenza-velocità



**Fig. 15: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)**



**Fig. 16: Distribuzione Vs**

### SITO 3 (energizzazione 10m)

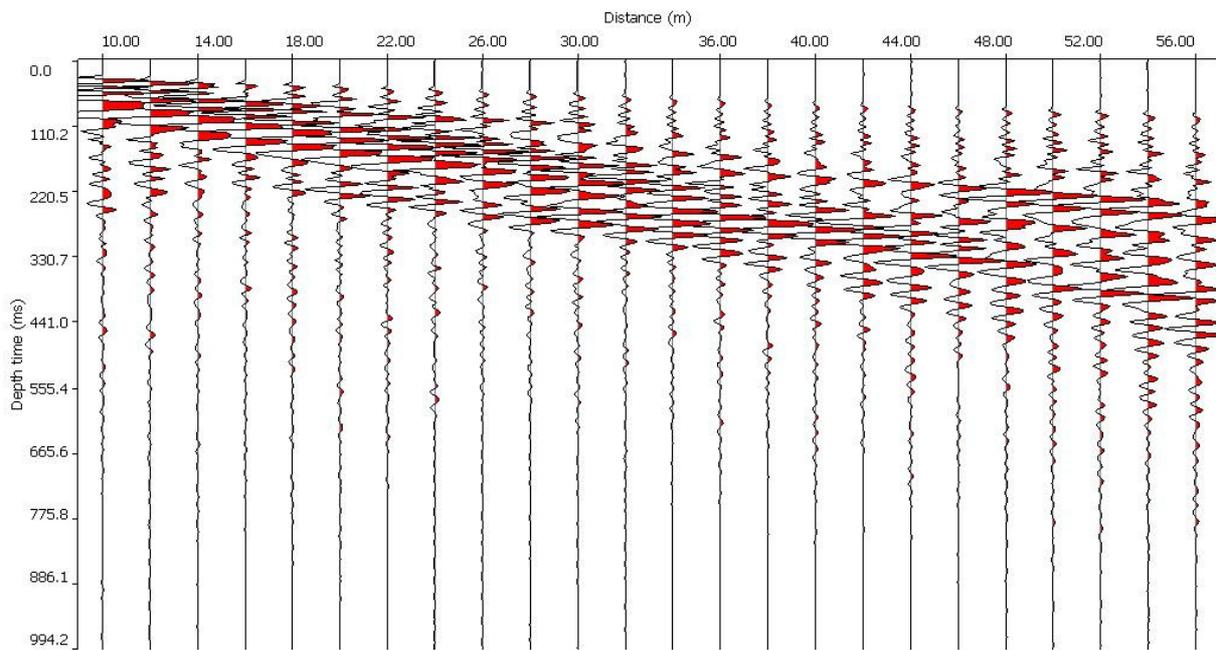


Fig. 17: Sismogramma medio

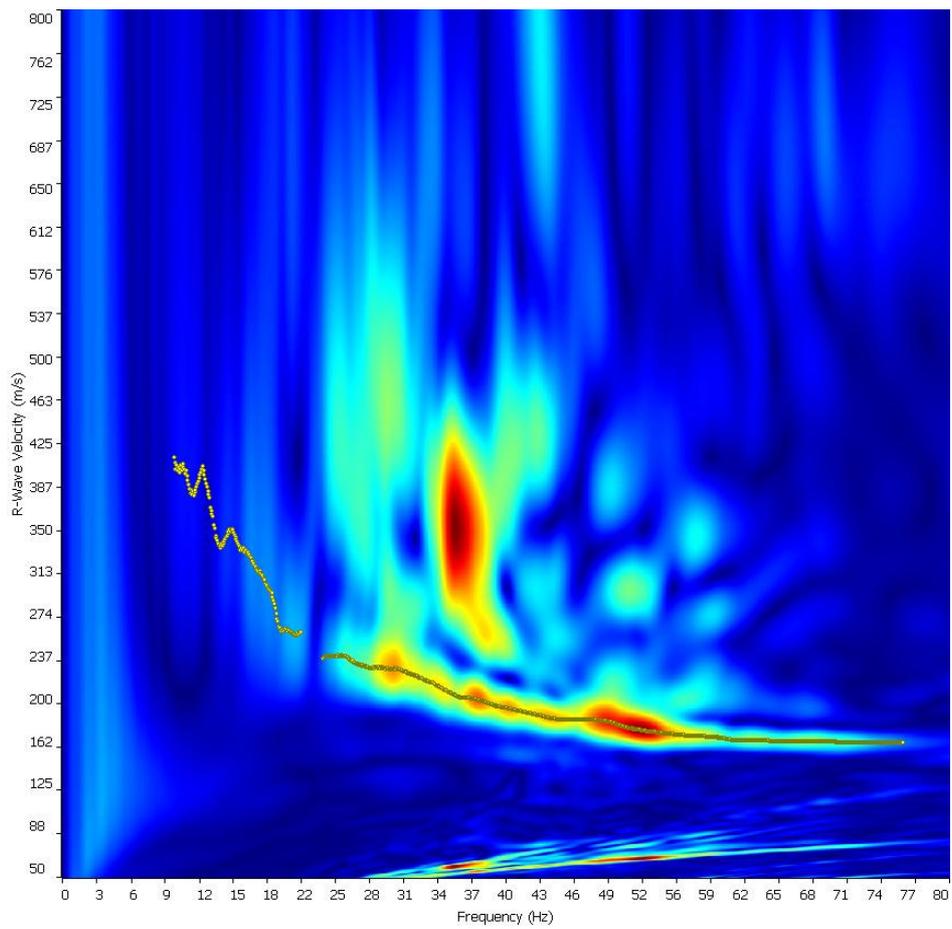
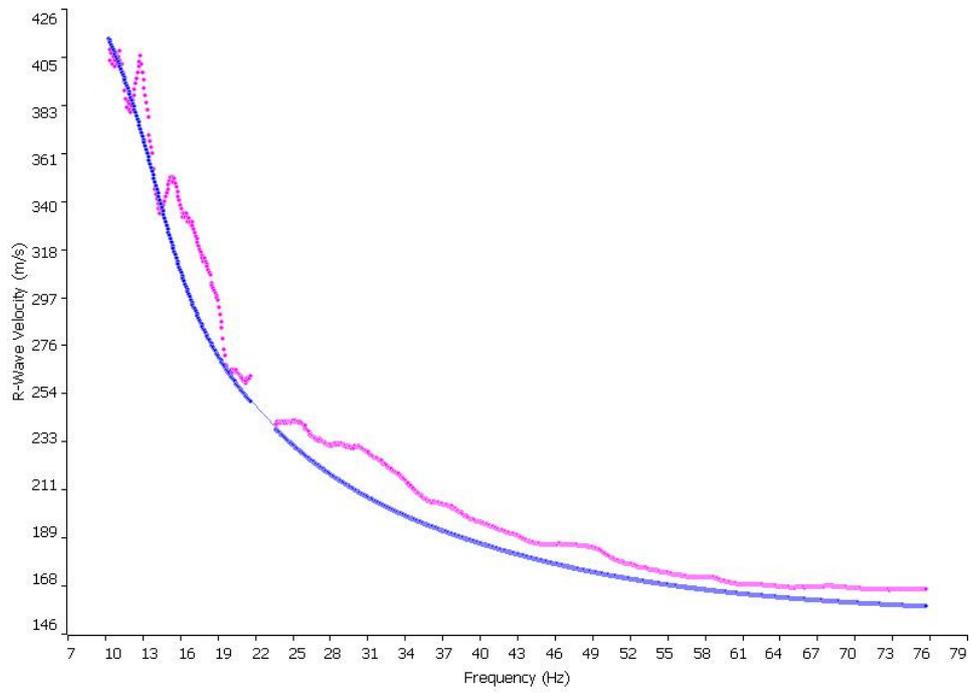
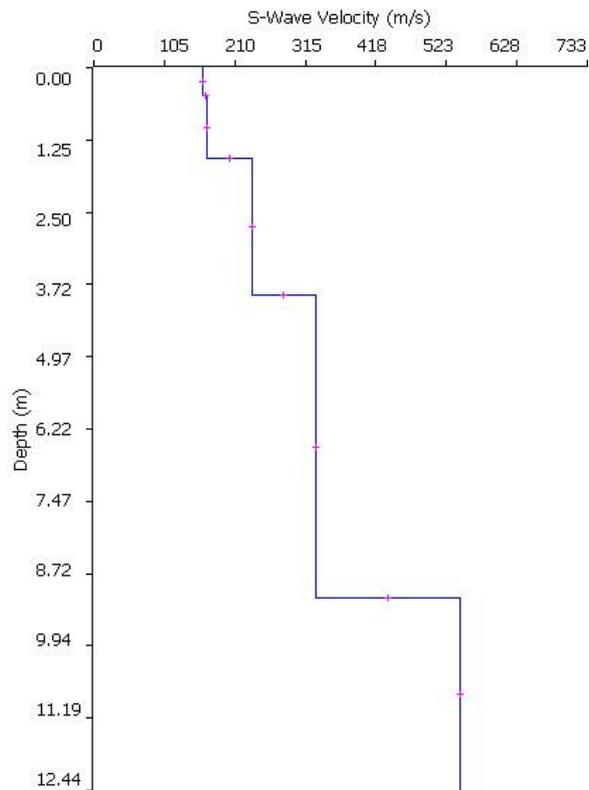


Fig. 18: Spettro Frequenza-velocità



**Fig. 19: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)**



**Fig. 20: Distribuzione Vs**

### SITO 4 (energizzazione 5m)

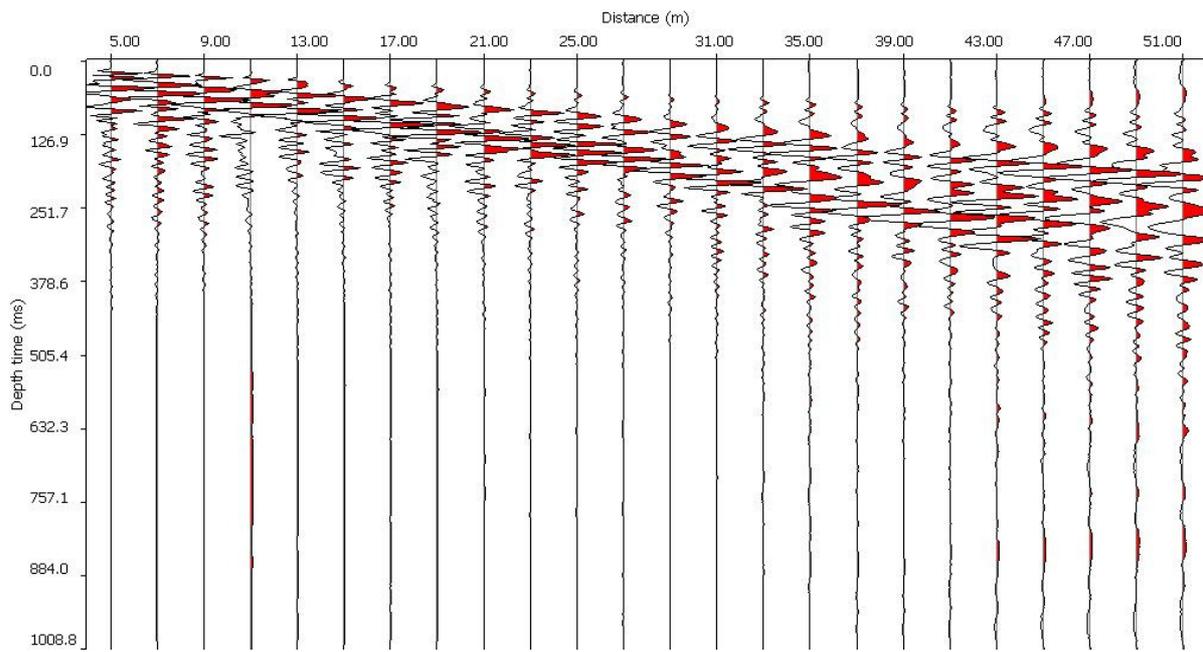


Fig. 21: Sismogramma medio

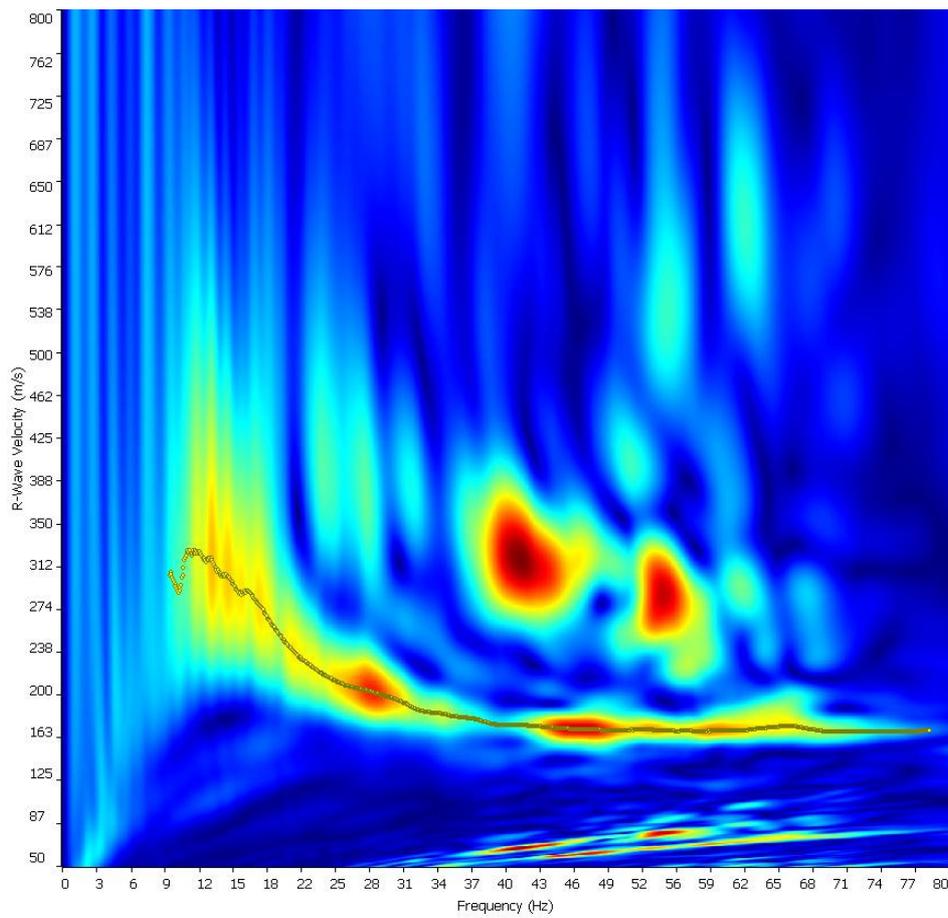
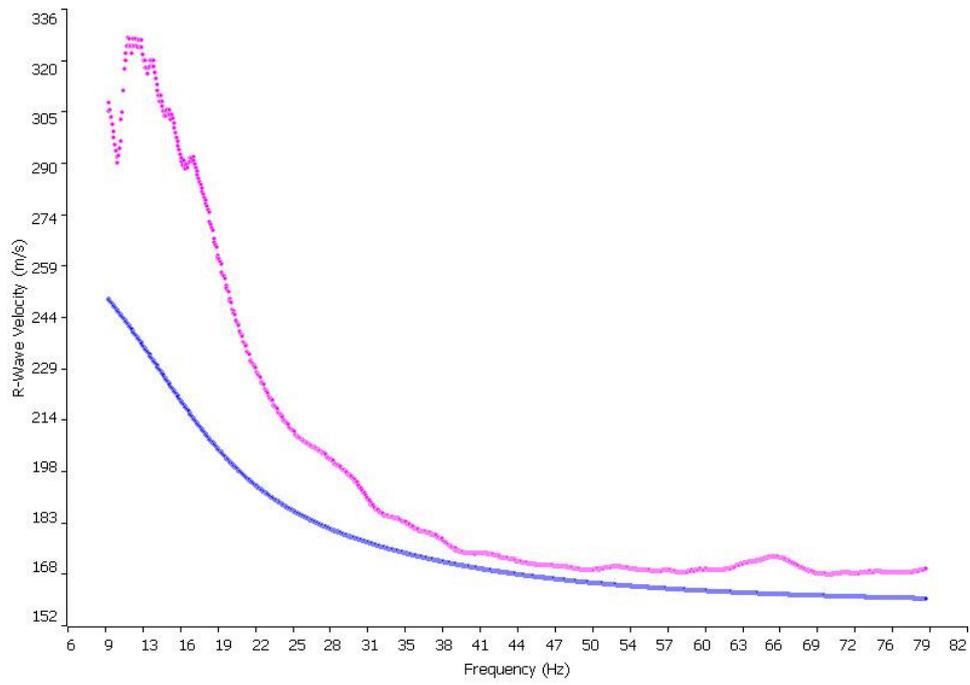
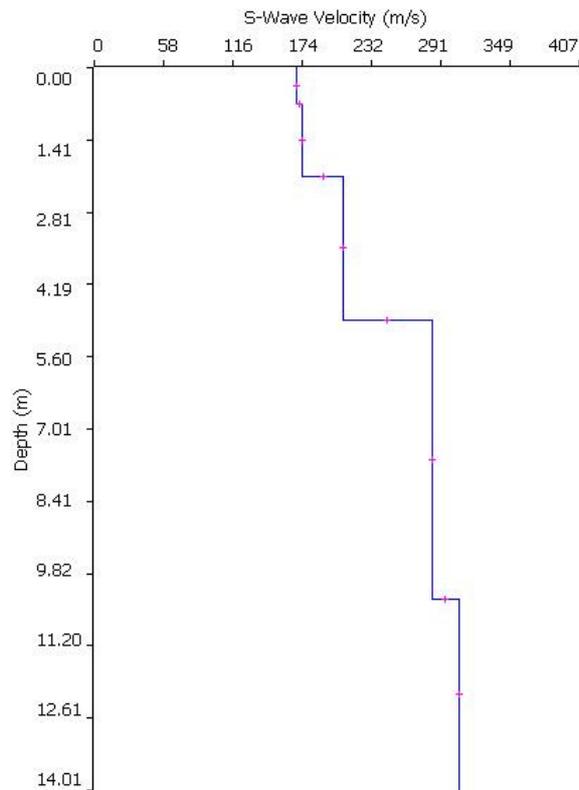


Fig. 22: Spettro Frequenza-velocità



**Fig. 23: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)**



**Fig. 24: Distribuzione Vs**

### SITO 4 (energizzazione 10m)

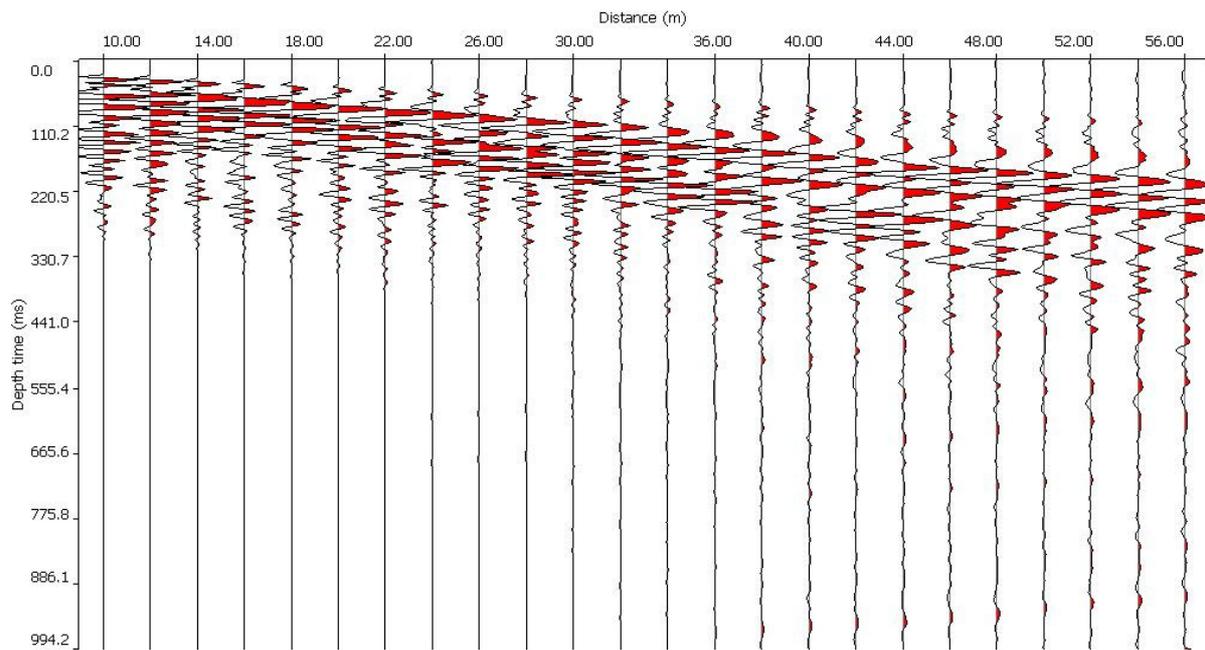


Fig. 25: Sismogramma medio

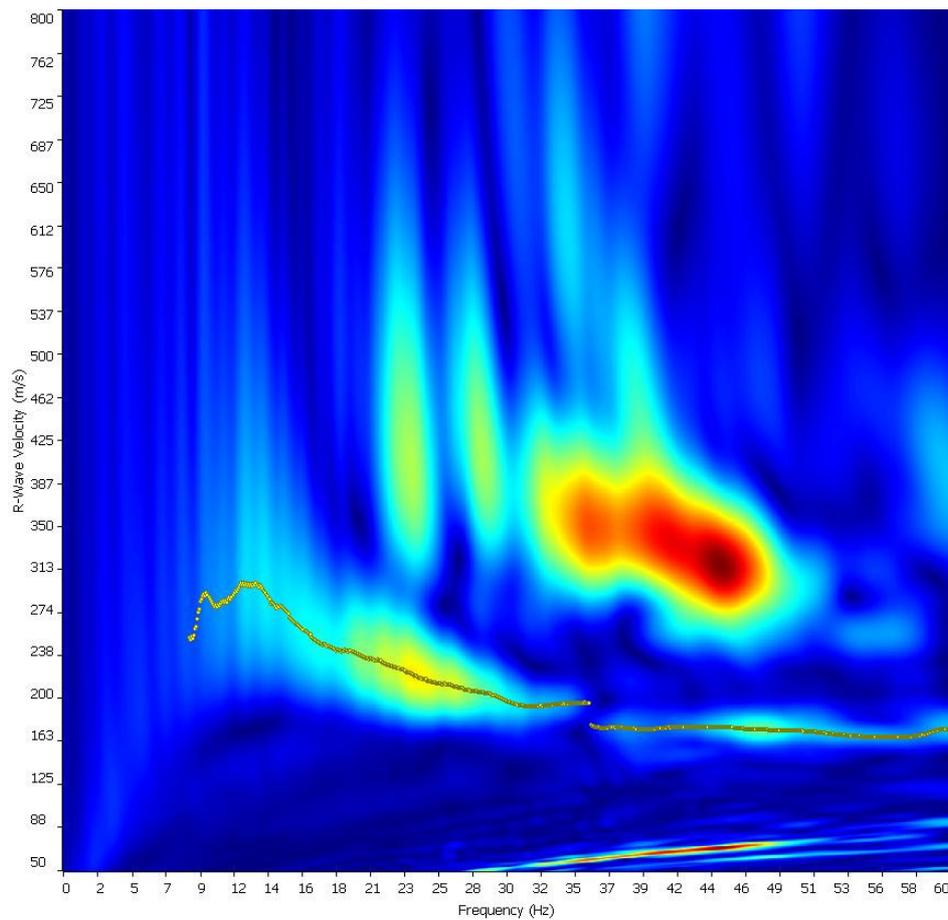
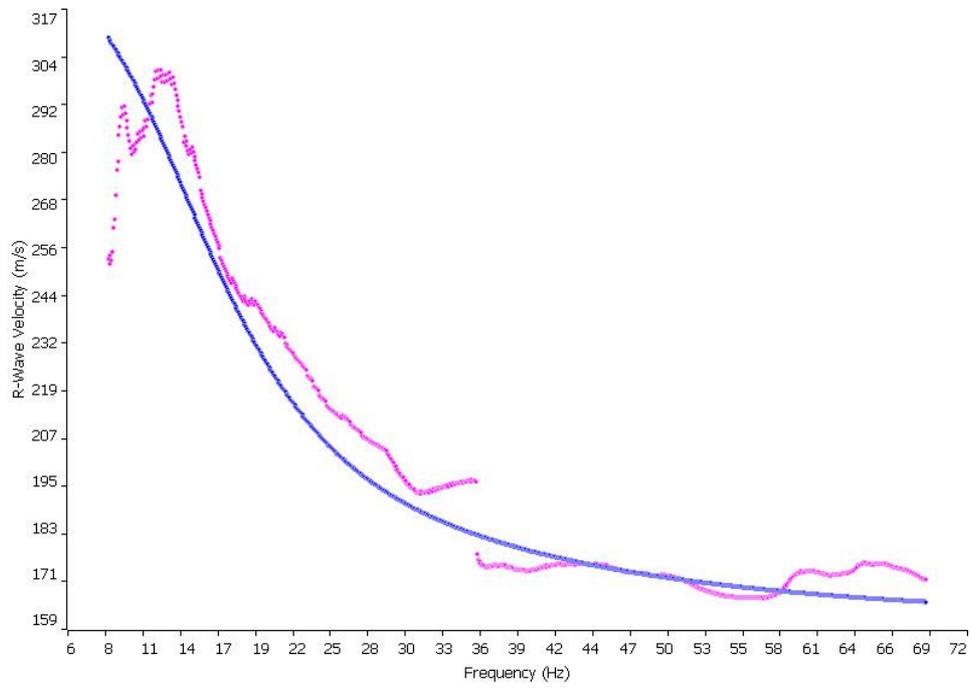
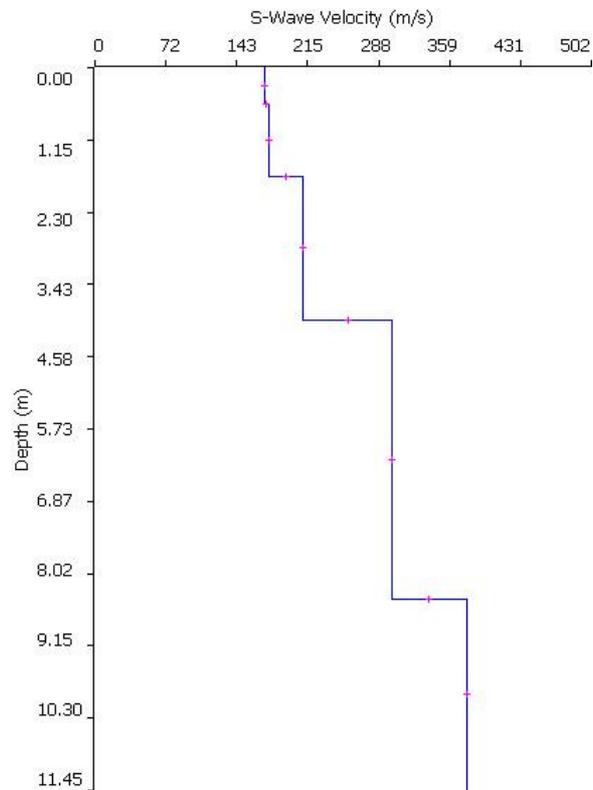


Fig. 26: Spettro Frequenza-velocità



**Fig. 27: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)**



**Fig. 28: Distribuzione Vs**

### SITO 5 (energizzazione 5m)

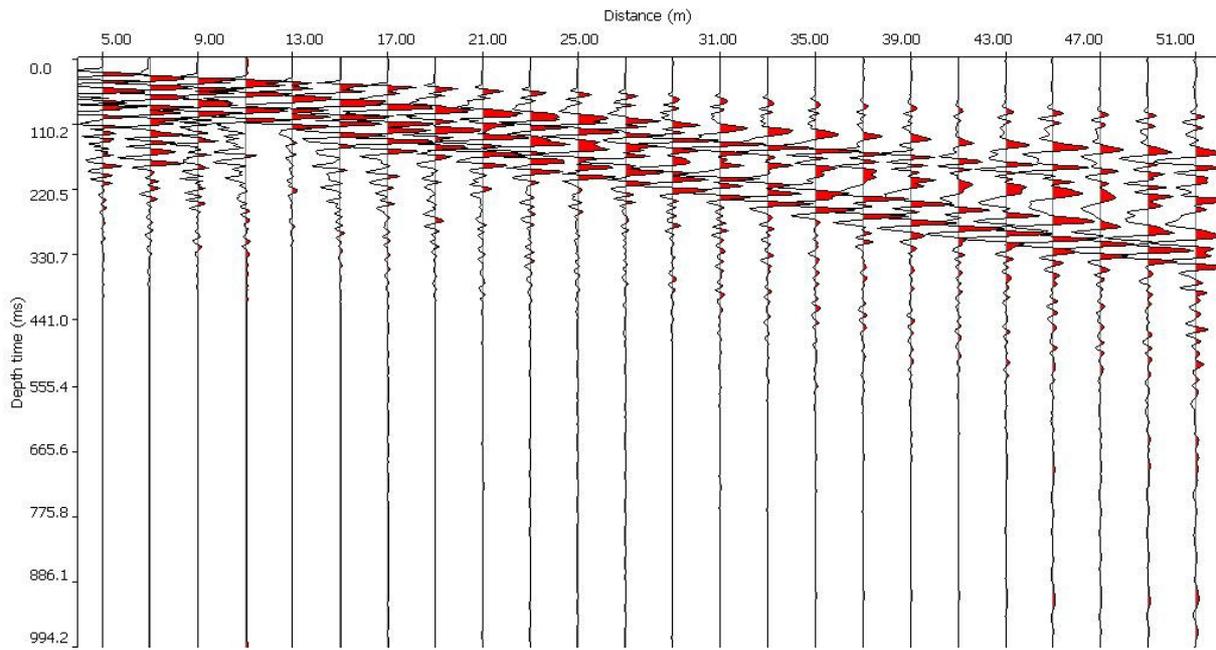


Fig. 29: Sismogramma medio

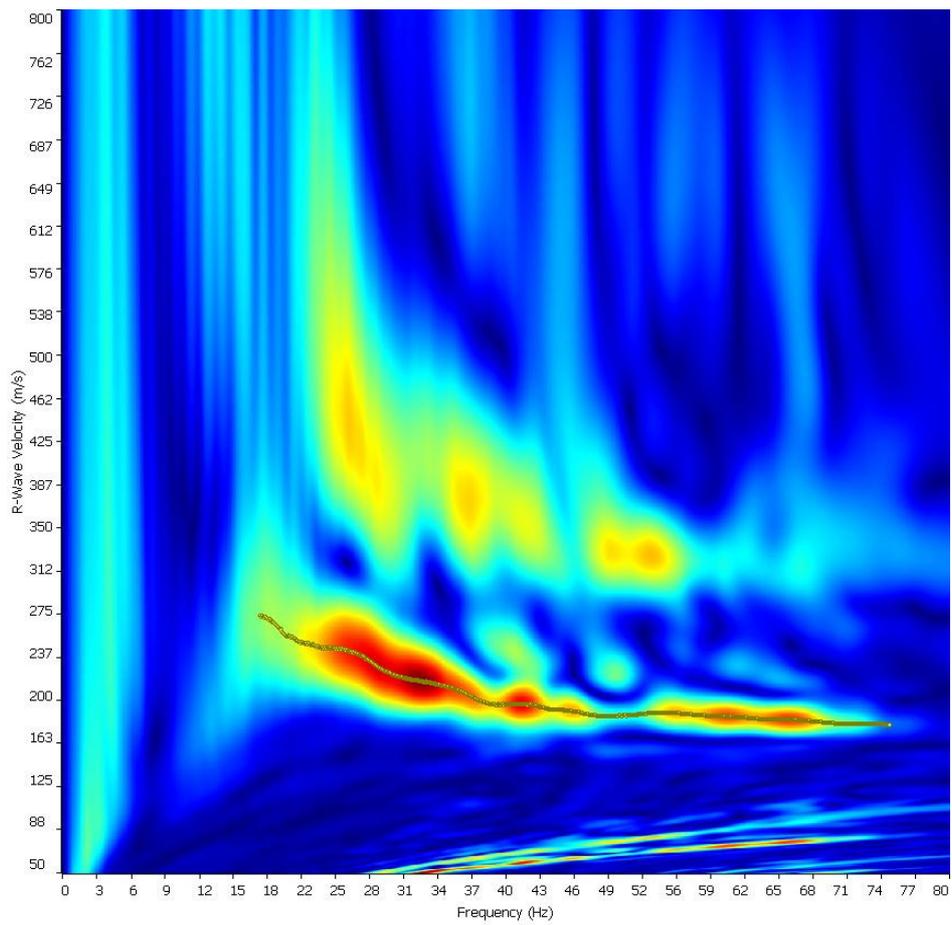
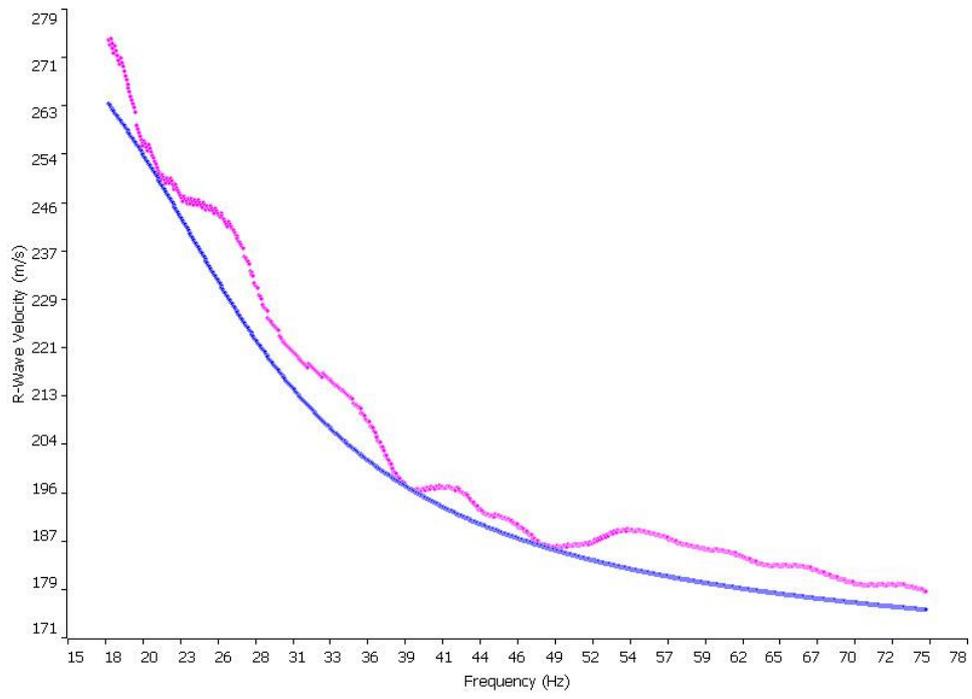
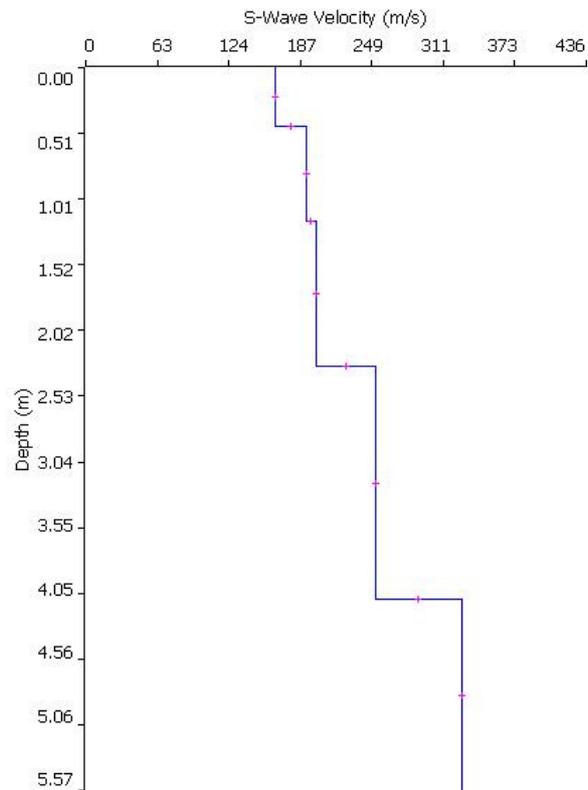


Fig. 30: Spettro Frequenza-velocità



**Fig. 31: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)**



**Fig. 32: Distribuzione Vs**

### SITO 5 (energizzazione 10m)

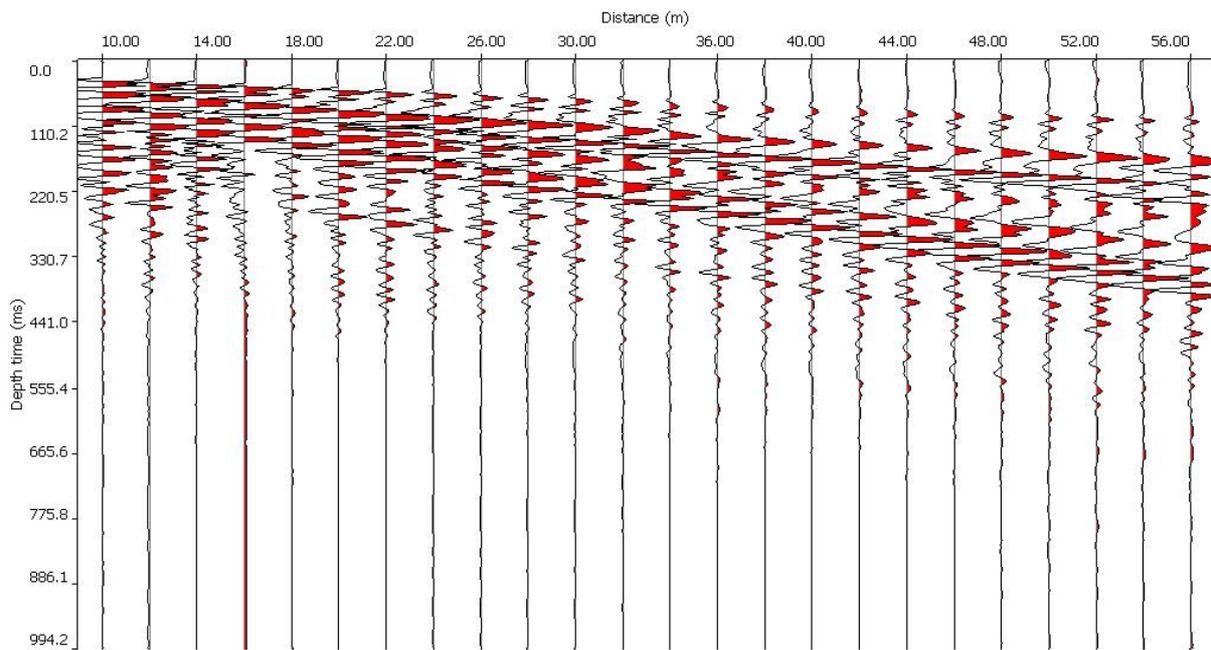


Fig. 33: Sismogramma medio

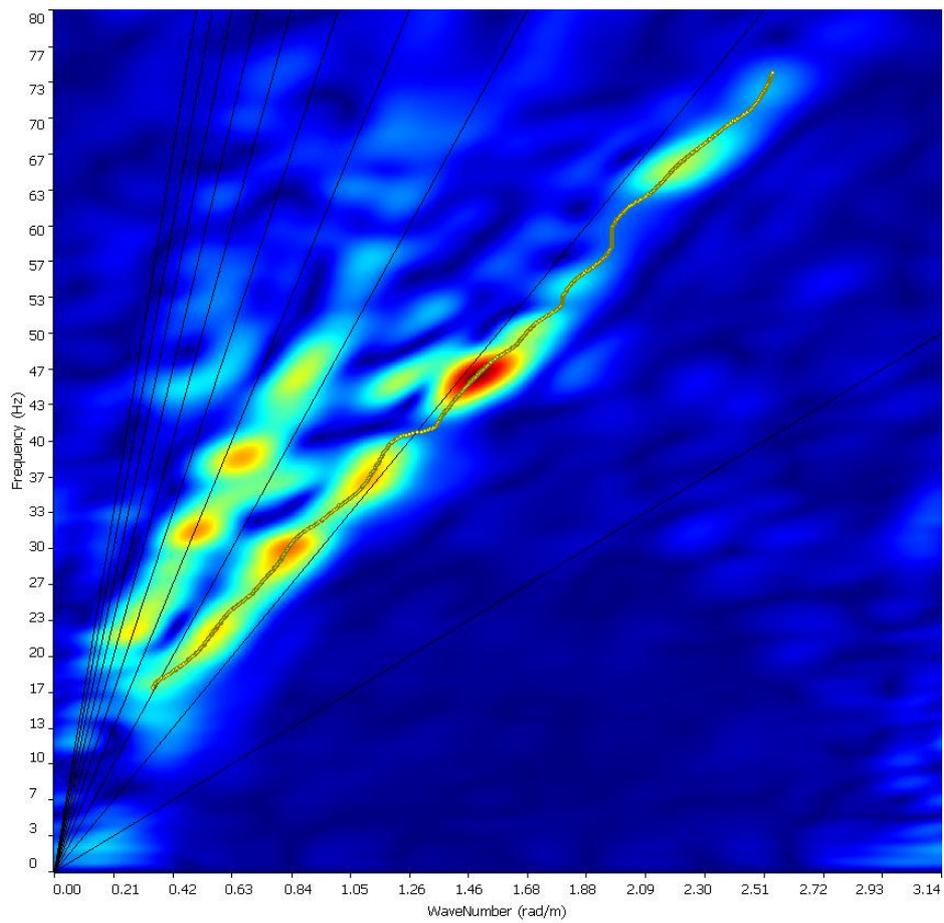
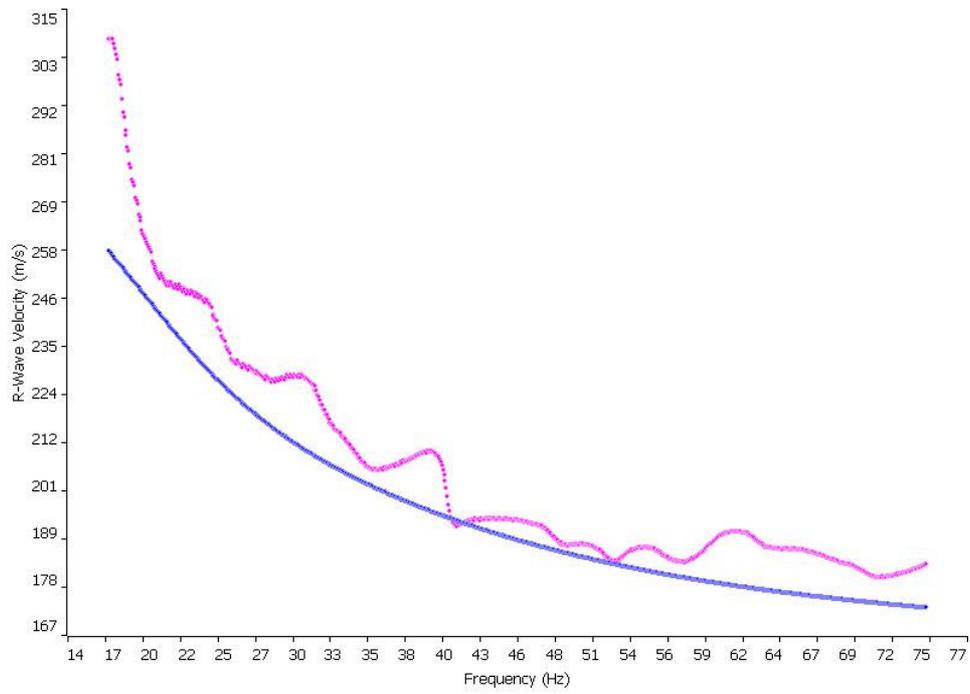
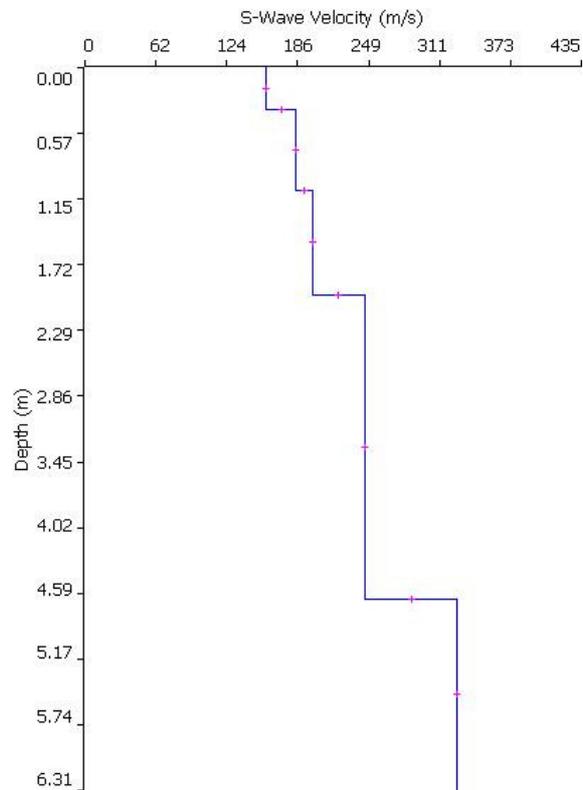


Fig. 34: Spettro Frequenza-velocità



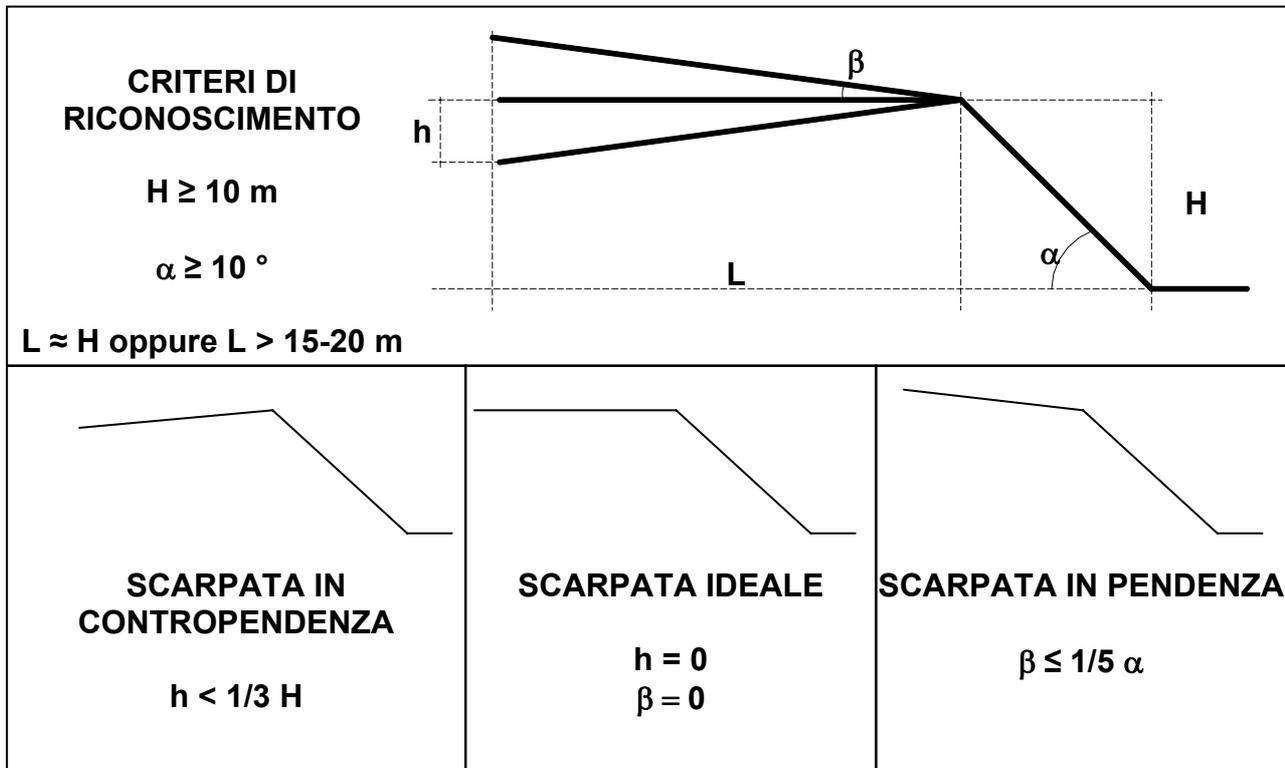
**Fig. 35: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)**



**Fig. 36: Distribuzione Vs**

**SCHEDE REGIONALI PER LA  
VALUTAZIONE DEL FATTORE DI  
AMPLIFICAZIONE**

EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATA - SCENARIO Z3a



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di Fa	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

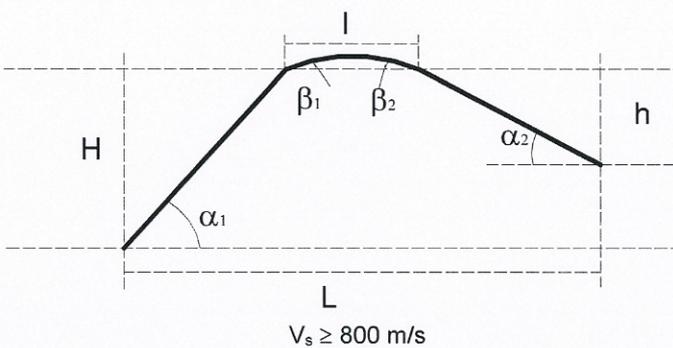
EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

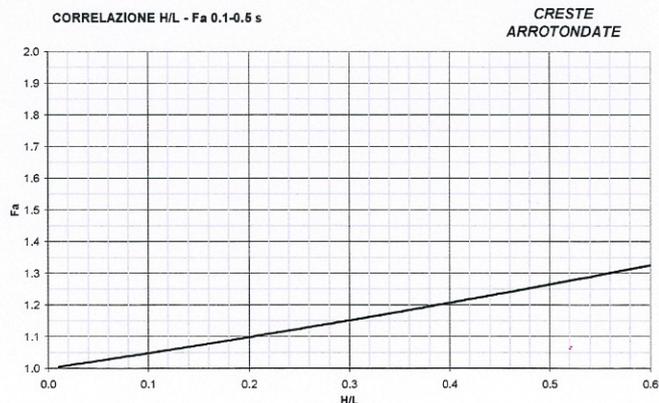
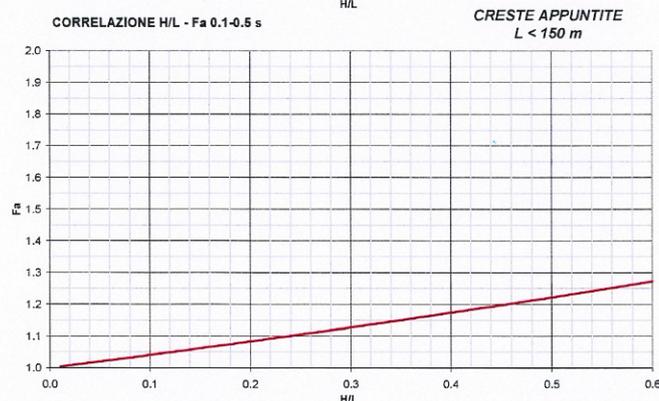
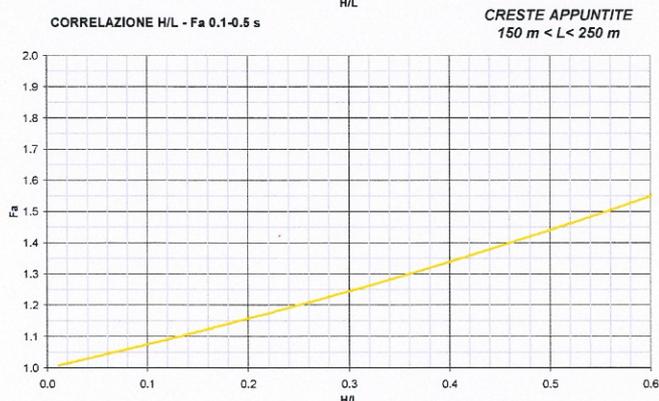
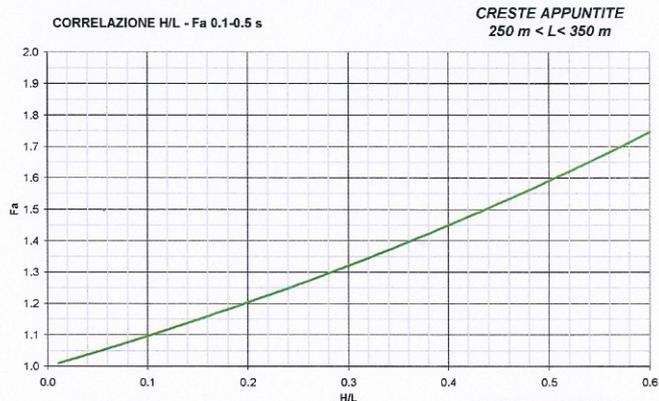
CRESTA  
 $\alpha_1 \geq 10^\circ$  e  $\alpha_2 \geq 10^\circ$   
 $h \geq 1/3 H$

CRESTA ARROTONDATA  
 $\beta_1 < 10^\circ$  e  $\beta_2 < 10^\circ$   
 $l \geq 1/3 L$

CRESTA APPUNTITA  
 $l < 1/3 L$



	$L > 350$	$250 < L < 350$	$150 < L < 250$	$L < 150$
<b>Creste Appuntite</b>	$Fa_{0.1-0.5} = e^{1.11H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.93H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.73H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.40H/L}$
<b>Creste Arrotondate</b>	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$			



EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

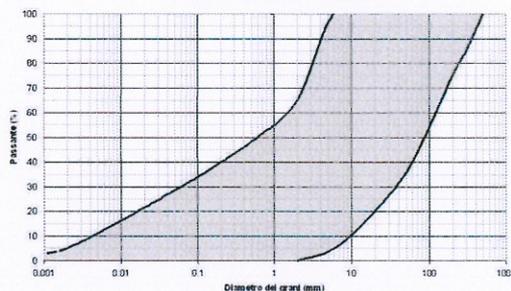
GRANULOMETRIA:

Da ghiaie e ciottoli con blocchi a ghiaie e sabbie limose debolmente argillose passando per ghiaie con sabbie limose, ghiaie sabbiose, ghiaie con limo debolmente sabbiose e sabbie con ghiaie

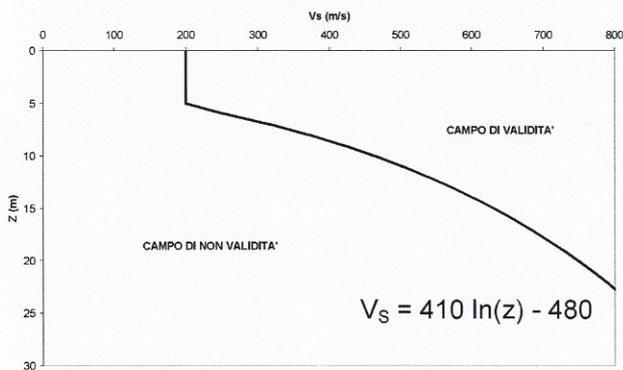
NOTE:

- Comportamento granulare
- Struttura granulo-sostenuta
- Frazione ghiaiosa superiore al 35%
- Frequenti clasti con  $D_{max} > 20$  cm
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 65%
- Matrice limoso - argillosa fino ad un massimo del 30% con frazione argillosa subordinata (fino al 5%)
- Presenza di eventuali trovanti con  $D > 50$  cm
- Presenza di eventuali orizzonti localmente cementati

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



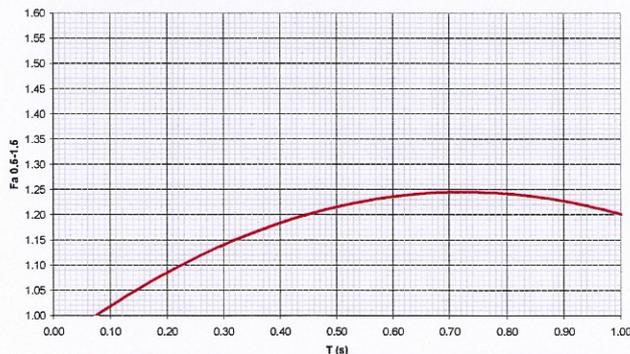
ANDAMENTO DEI VALORI DI  $V_s$  CON LA PROFONDITA'



Profondità primo strato (m)

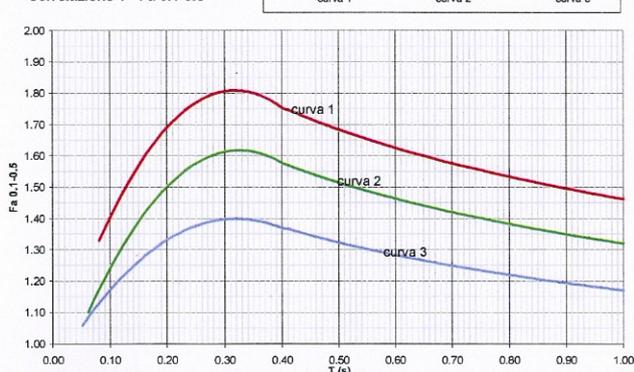
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
200				1	1									
250				2	2	2								
300				3	3	3	3							
350				3	3	3	3	3						
400				3	3	3	3	3	3					
450				3	3	3	3	3	3	3				
500				3	3	3	3	3	3	3	3			
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3		
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

Correlazione T - Fa 0.1-0.5



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.46 - 0.32LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.32 - 0.28LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.17 - 0.22LnT$

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 1

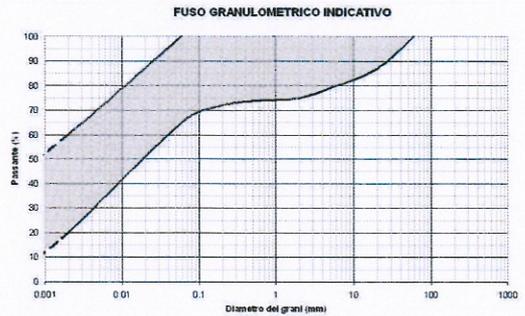
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

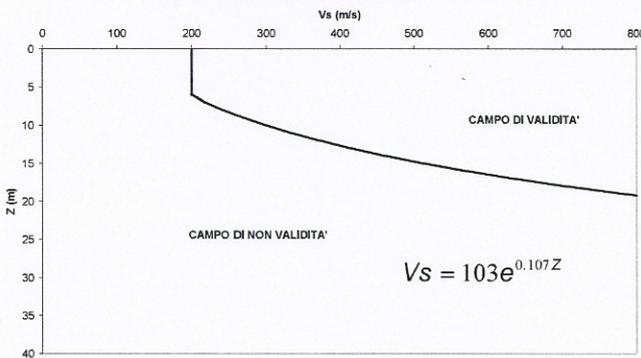
Da limi ghiaioso – argillosi debolmente sabbiosi ad argille con limi passando per limi argillosi, limi con sabbie argillose, limi e sabbie con argille, argille ghiaiose, argille ghiaiose debolmente limose ed argille con sabbie debolmente limose

NOTE:

- Comportamento coesivo
- Struttura matrice-sostenuta
- Frazione limosa superiore al 40%
- Presenza di clasti immersi con  $D_{max} < 2-3$  cm
- Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 25%
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 35%
- Frazione argillosa compresa tra 20% e 60%
- Presenza di eventuali sottili orizzonti ghiaioso fini e sabbioso medio-grossolani



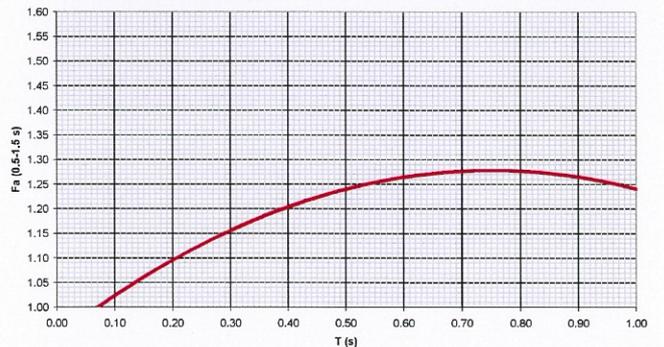
ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'



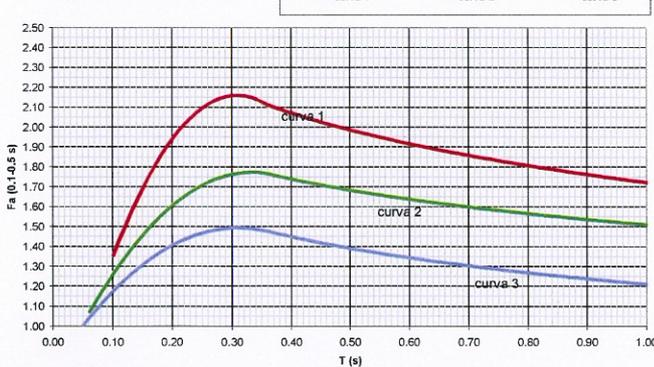
Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
200				1	1	1								
250				2	2	1								
300				2	2	2	2	2	2	2				
350				3	3	3	2	2	2	2	2			
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3		
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.6T^2 + 0.9T + 0.94$$

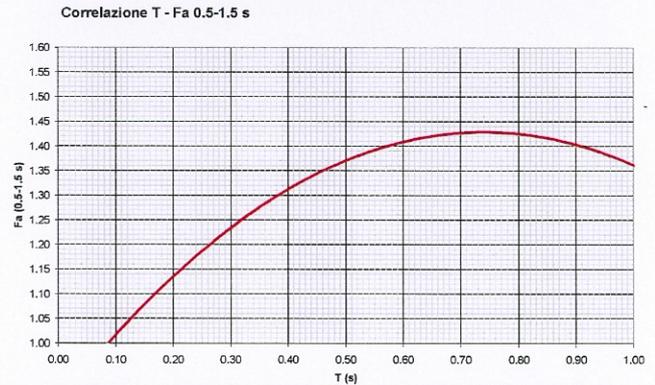
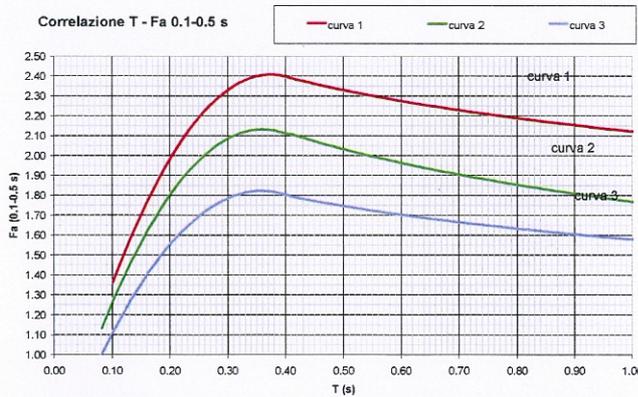
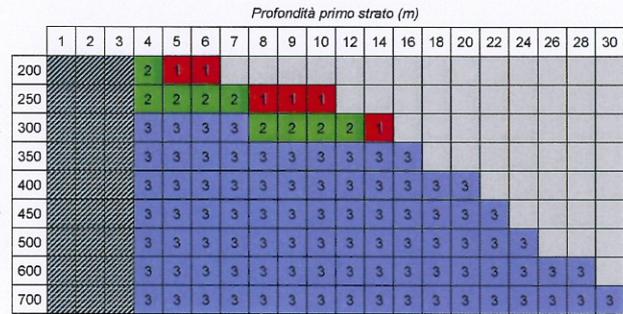
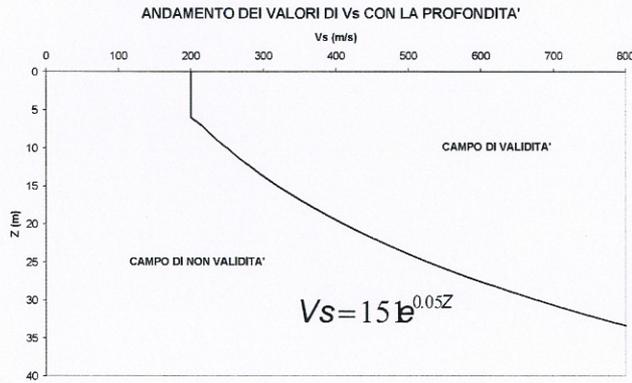
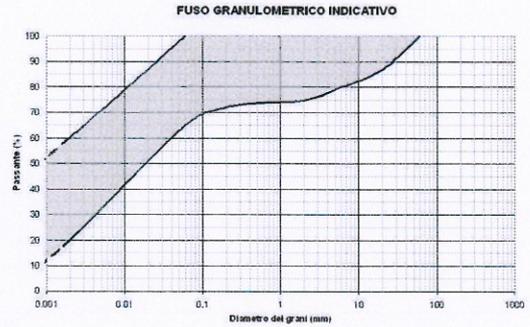
Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -18.7T^2 + 11.5T + 0.39$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.72 - 0.38LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

**EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 2**

**PARAMETRI INDICATIVI**

**GRANULOMETRIA e NOTE:** come per la litologia limoso - argillosa TIPO 1, a cui in aggiunta è possibile associare i seguenti range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per argille con limi ghiaiosi debolmente sabbiosi:

PARAMETRO		INTERVALLO
Peso di volume naturale	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19.5-20.0
Peso specifico particelle solide	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	25.7-26.7
Contenuto d'acqua naturale	w [%]	20-25
Limite di liquidità	w <sub>L</sub> [%]	30-50
Limite di plasticità	w <sub>P</sub> [%]	15-20
Indice di plasticità	I <sub>P</sub> [%]	15-30
Indice dei vuoti	e	0.5-0.7
Grado di saturazione	S <sub>r</sub> [%]	90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K <sub>0</sub>	0.5-0.6
Indice di compressione	C <sub>c</sub>	0.15-0.30
Indice di rigonfiamento	C <sub>s</sub>	0.02-0.06
Coefficiente di consolidazione secondaria	C <sub>a</sub>	0.001-0.005
Grado di consolidazione	OCR	1-3
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N <sub>spt</sub>	15-30



$$Fa_{0.5-1.5} = -T^2 + 1.48T + 0.88$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	0.10 < T ≤ 0.40	0.40 < T ≤ 1.00
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	0.08 < T ≤ 0.40	0.40 < T ≤ 1.00
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	0.05 < T ≤ 0.40	0.40 < T ≤ 1.00
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 1

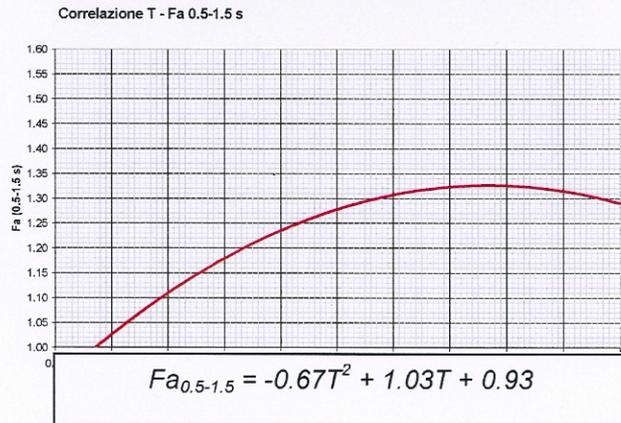
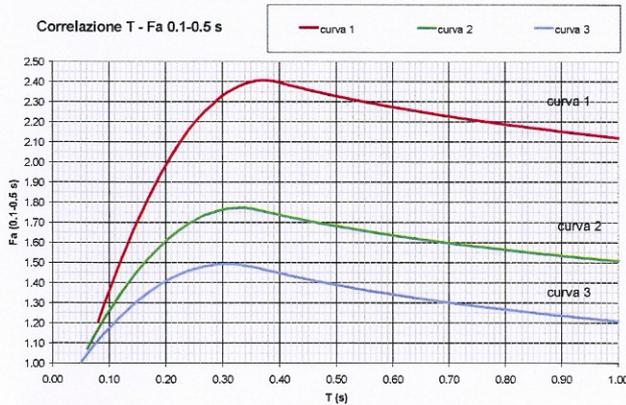
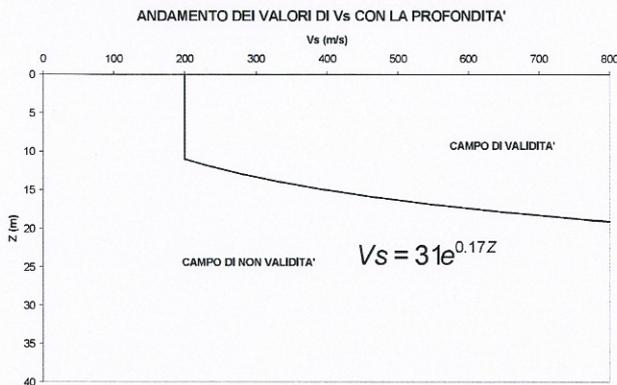
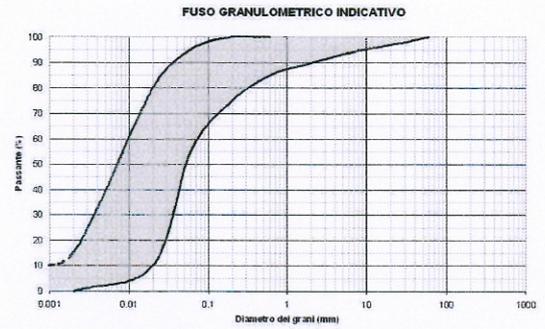
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:

- Comportamento coesivo
  - Frazione limosa ad un massimo del 95%
  - Presenza di clasti immersi con  $D_{max} < 2-3$  cm
  - Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
  - Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
  - Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%
- A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30 \ln T$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25 \ln T$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26 \ln T$

EFFETTI LITOLOGICI - SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO - SABBIOSA TIPO 2

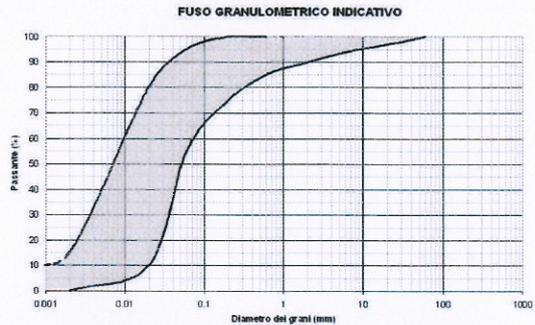
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

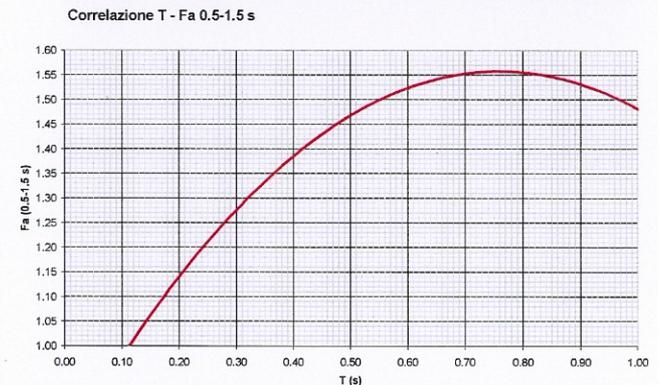
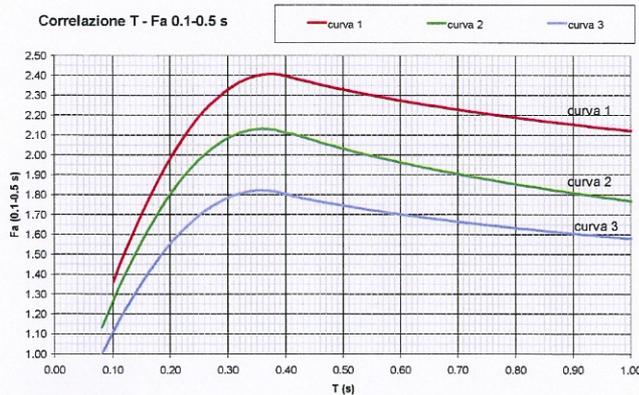
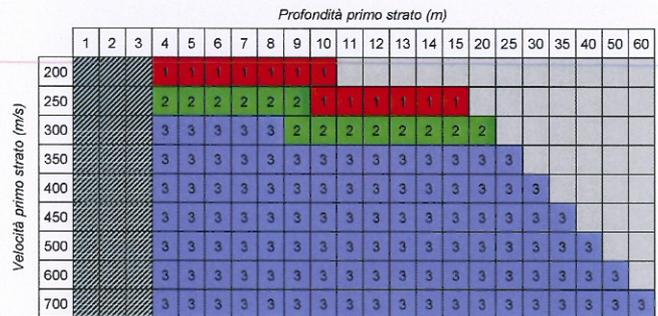
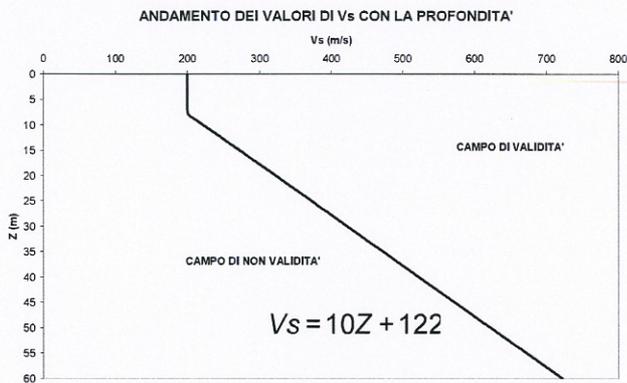
Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:

- Comportamento coesivo
- Frazione limosa ad un massimo del 95%
- Presenza di clasti immersi con  $D_{max} < 2-3$  cm
- Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
- Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%
- A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi



PARAMETRO	INTERVALLO
Peso di volume naturale	$\gamma$ (kNm <sup>3</sup> ) 18.5-19.5
Peso specifico particelle solide	$\gamma_s$ (kNm <sup>3</sup> ) 26.0-27.9
Contenuto d'acqua naturale	w (%) 25-30
Limite di liquidità	w <sub>L</sub> (%) 25-35
Limite di plasticità	w <sub>p</sub> (%) 15-20
Indice di plasticità	I <sub>p</sub> (%) 5-15
Indice dei vuoti	e 0.6-0.9
Grado di saturazione	S <sub>r</sub> (%) 90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K <sub>0</sub> 0.4-0.5
Indice di compressione	C <sub>c</sub> 0.10-0.30
Indice di rigonfiamento	C <sub>s</sub> 0.03-0.05
Coefficiente di consolidazione secondaria	C <sub>α</sub> 0.002-0.006
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N <sub>spt</sub> 0-20



$$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

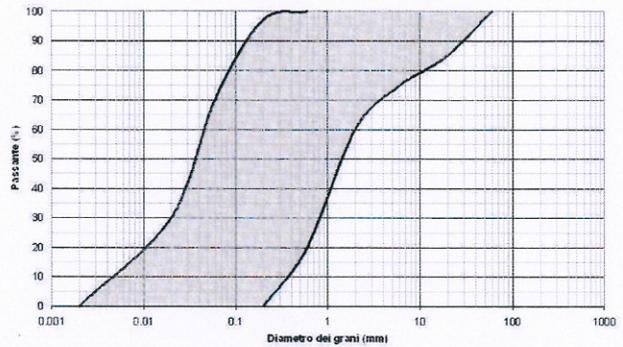
GRANULOMETRIA:

Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

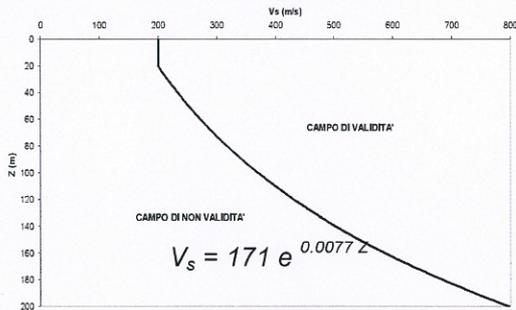
NOTE:

- Comportamento granulare
- Struttura granulo-sostenuta
- Clasti con  $D_{max} > 20$  cm inferiori al 15%
- Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
- Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



ANDAMENTO DELLE Vs CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA



Profondità primo strato (m)

	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
200	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	NA	NA	NA								
250	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	NA	NA	NA								
300	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	NA	NA	NA								
350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

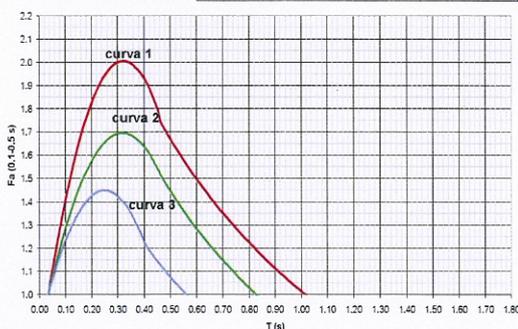
ove la sigla NA indica  $Fa = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1

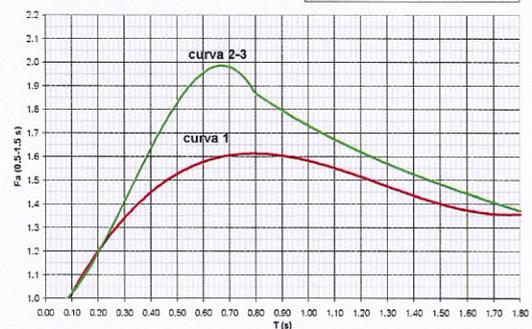
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media  $V_s$  minore o uguale a 300 m/s poggiante su strato con velocità maggiore di 500 m/s



Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



Correlazione T - Fa (0.5-1.5 s)



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^2 - 2.18 T + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T < 0.80$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$