

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA GESTIONE TERRE E BONIFICHE

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N.443/01

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA

TRATTA RHO – GALLARATE  
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

ESITI GEOFISICA

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

MDL1 30 D 69 IG GE0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per commenti	VICENZETTO	Luglio 2017	RIGGI	Luglio 2017	BORELLI	Luglio 2017	ITALFERR S.p.A. Dot. Geology Francesco MARCHESE Resp. UO GEOLOGIA Ordine Geologi 1126/178 ES

File:

n. Elab.:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA MDL1	LOTTO 30	TIPO DOC. IG	OPERA/DISCIPLINA GE0001	REV. A

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. METODOLOGIE DI INDAGINE.....	3
3. INDAGINE SISMICA CON METODO MASW ATTIVO E PASSIVO.....	4
3.1 RISULTATI INDAGINE SISMICA DI SUPERFICIE.....	5

## ALLEGATI

N° Elaborato	Titolo	Pagina
1	Allegati Indagine Masw	33

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA	LOTTO	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	REV.
	MDL1	30	IG	GE0001	A	3 di 33

## 1. PREMESSA

Nel presente rapporto tecnico sono illustrati i risultati dell'indagine geofisica eseguita nei Comuni di Rho (MI), Vanzago (MI) e Parabiago (MI) nell'ambito del progetto "Potenziamento della linea Rho-Arona, tratta Rho-Gallarate, quadruplicamento Rho-Parabiago e raccordo Y".



Fig. 1\_ Ortofoto con ubicazione delle indagini

## 2. METODOLOGIE DI INDAGINE

La campagna di misure Geofisiche condotta, è consistita in indagini sismiche di superficie con la tecnica Masw e Re.Mi.. Di seguito si riporta una breve descrizione dei principi base della tecnica d'indagine ed i relativi risultati.

	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA MDL1	LOTTO 30	TIPO DOC. IG	OPERA/DISCIPLINA GE0001	REV. A

### 3. INDAGINE SISMICA CON METODO MASW ATTIVO E PASSIVO

E' stata eseguita un'indagine sismica mediante il metodo MASW (Multi Channel Analysis of Surface Waves) attivo e passivo, ai sensi del DM 14/01/2008.

Il metodo utilizzato sfrutta le onde di superficie (onde di Rayleigh) e il fenomeno della dispersione delle stesse (variazione della velocità di fase con il variare della frequenza).

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh,  $V(\text{fase})/\text{freq}$ , può essere convertito nel profilo  $V_s/\text{profondità}$ . Il metodo passivo sfrutta il rumore naturale, mentre il metodo attivo sfrutta sorgenti sismiche (massa battente).

Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura per avvicinarsi meglio al modello reale.

La strumentazione utilizzata, è quella classica per sismica a rifrazione ad elevata dinamica (24 bits di conversione A/D), con geofoni a bassa frequenza (preferibilmente da 4,5 Hz).

Nella fattispecie per le misure è stato utilizzato un sismografo a 48 canali mod. Abem Terraloc Pro a 24 bits.

Sono state effettuate 10 registrazioni da 32 secondi ciascuna, per il metodo passivo e una registrazione da 2 secondi, per il metodo attivo. I geofoni usati sono di tipo verticale da 4.5 Hz e grazie alla dinamica dello strumento (24 bits, range dinamico 117 dB), consentono la registrazione delle onde di superficie con contenuto in frequenza fino a circa 2 Hz.

I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati ed è stato possibile ricostruire un modello  $V_s/\text{profondità}$  attendibile, date le conoscenze geologiche delle zone indagate.

Qualora necessario, in fase di elaborazione, è possibile effettuare il picking della curva Velocità/frequenza per il solo modo fondamentale di vibrazione, oppure per diversi modi di vibrazione (fino al decimo).

Esiti Geofisica

COMMESSA	LOTTO	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	REV.	FOGLIO
MDL1	30	IG	GE0001	A	5 di 33

### 3.1 RISULTATI INDAGINE SISMICA DI SUPERFICIE

Di seguito una breve descrizione di quanto rilevato nei siti indagati.

Masw 1 L'indagine di **sismica superficiale** eseguita, ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino ad oltre 30 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore quadratico medio è del 5.18%.

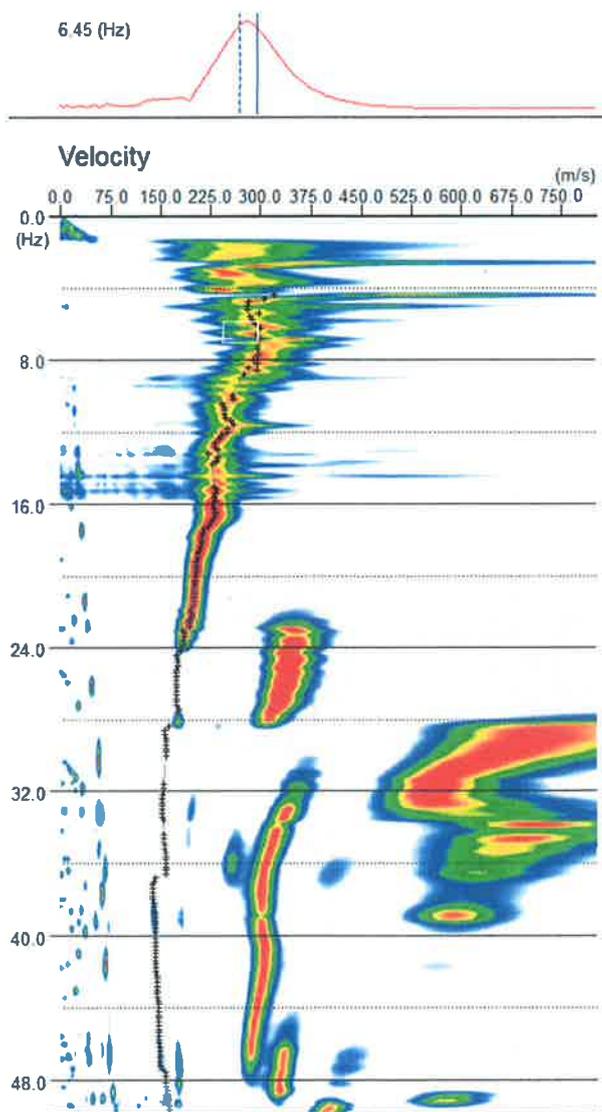


Fig. 2\_Curva di dispersione cumulativa metodi attivo e passivo

Esiti Geofisica

COMMESSA	LOTTO	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	REV.	FOGLIO
MDL1	30	IG	GE0001	A	6 di 33

### Dispersion Curves

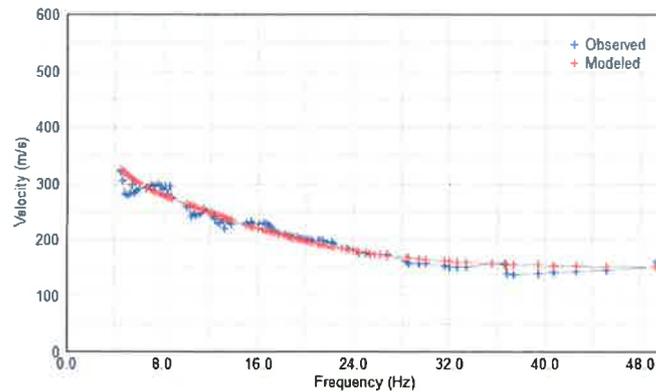


Fig. 3\_Curva di dispersione misurata blu e calcolata (rosso)

### Models

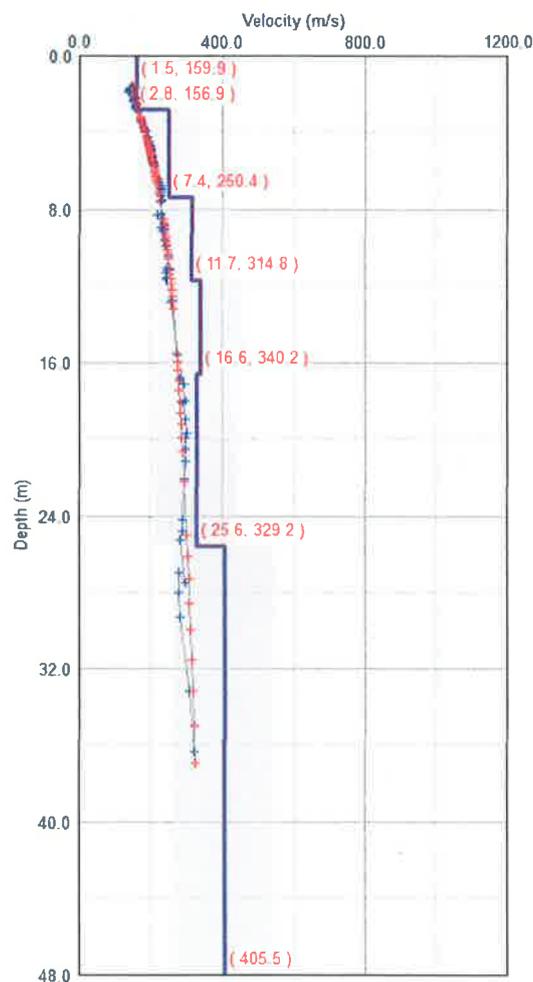


Fig. 4\_Modello risultante dall'inversione dei dati

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA MDL1	LOTTO 30	TIPO DOC. IG	OPERA/DISCIPLINA GE0001	REV. A

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 2 m.

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

$$V_{s30} = 293 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo di tipo **C** (**S = 1.5** secondo le NTC).

In allegato 1, vengono inoltre fornite tabelle recanti la classificazione del sito e lo spettro di risposta elastico relativo, ricavato considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni). Tale condizione corrisponde allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita** (secondo NTC).



Fig.5\_ Esecuzione Masw1



Fig.6\_Ortofoto con ubicazione Masw1

Masw 2. L'indagine di **sismica superficiale** eseguita, ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino ad oltre 30 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore quadratico medio è del 4.95%.

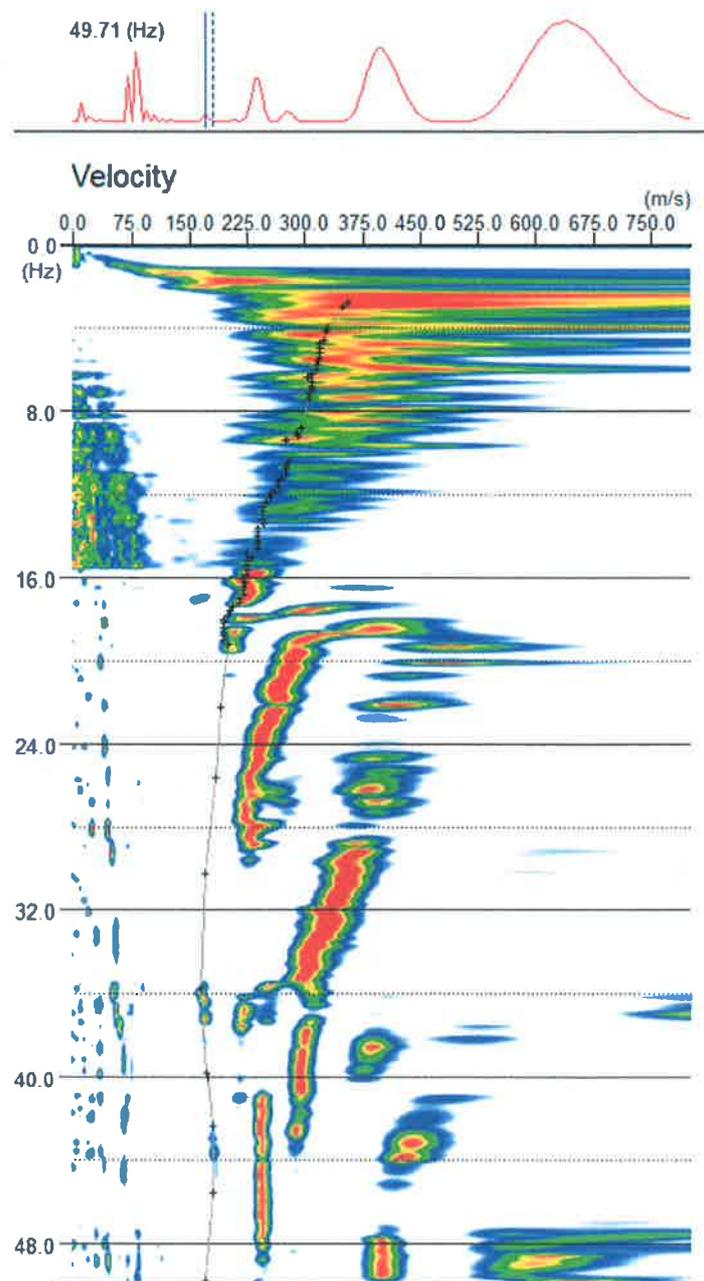


Fig. 7\_Curva di dispersione cumulativa metodi attivo e passivo

**Dispersion Curves**

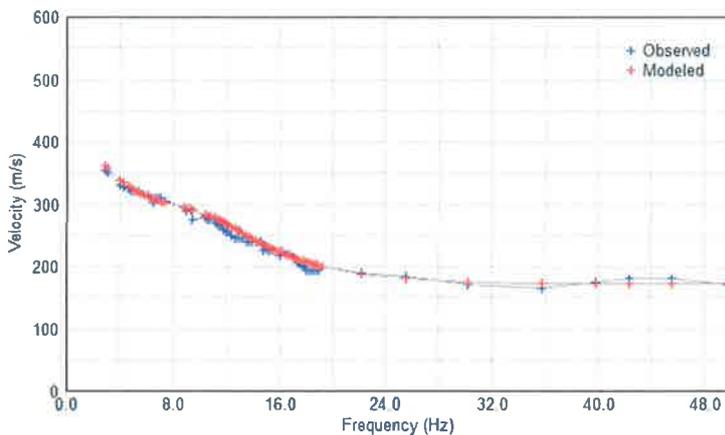


Fig. 8\_Curva di dispersione misurata blu e calcolata (rosso)

**Models**

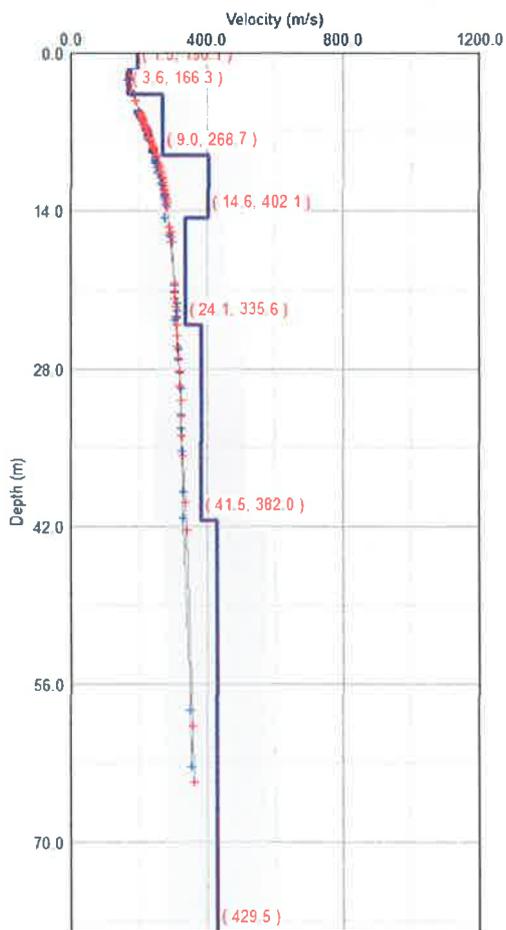


Fig. 9\_Modello risultante dall'inversione dei dati

	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA	LOTTO	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	REV.
	MDL1	30	IG	GE0001	A	10 di 33

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 2 m.

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

$$V_{s30} = 306 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo tipo **C** (**S = 1.5** secondo le NTC).

In allegato 1, vengono inoltre fornite tabelle recanti la classificazione del sito e lo spettro di risposta elastico relativo, ricavato considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni). Tale condizione corrisponde allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita** (secondo NTC).



Fig.10\_Esecuzione Masw 2



Fig.11\_Ortofoto con ubicazione Masw2

Masw 3. L'indagine di **sismica superficiale** eseguita, ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino ad oltre 40 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore quadratico medio è del 4.34%.

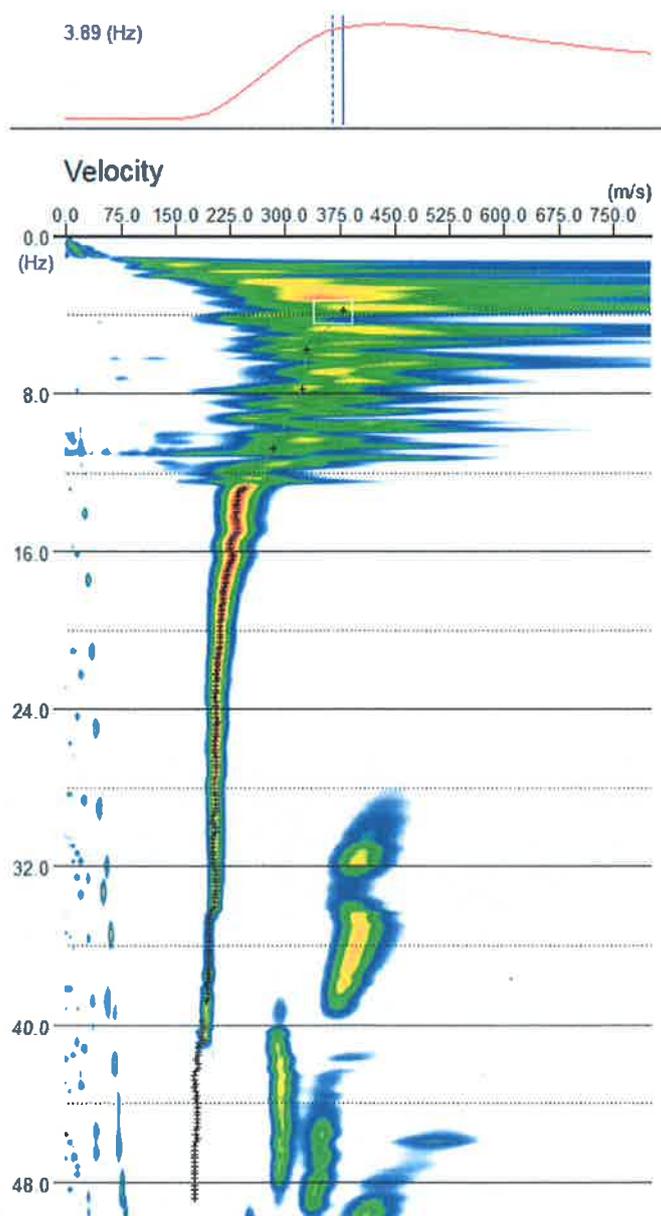


Fig. 12 \_Curva di dispersione cumulativa metodi attivo e passivo

**Dispersion Curves**

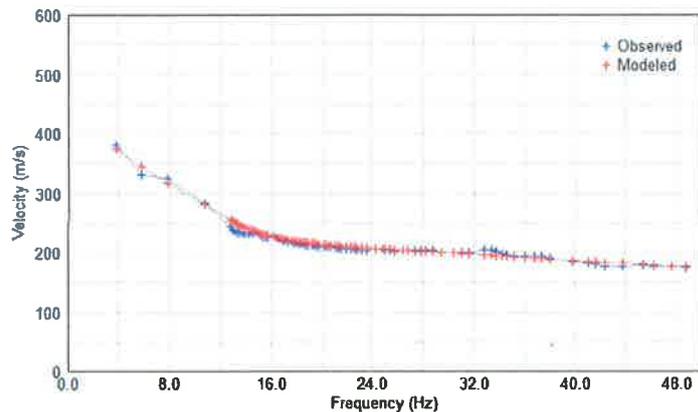


Fig. 13\_Curva di dispersione misurata blu e calcolata (rosso)

**Models**

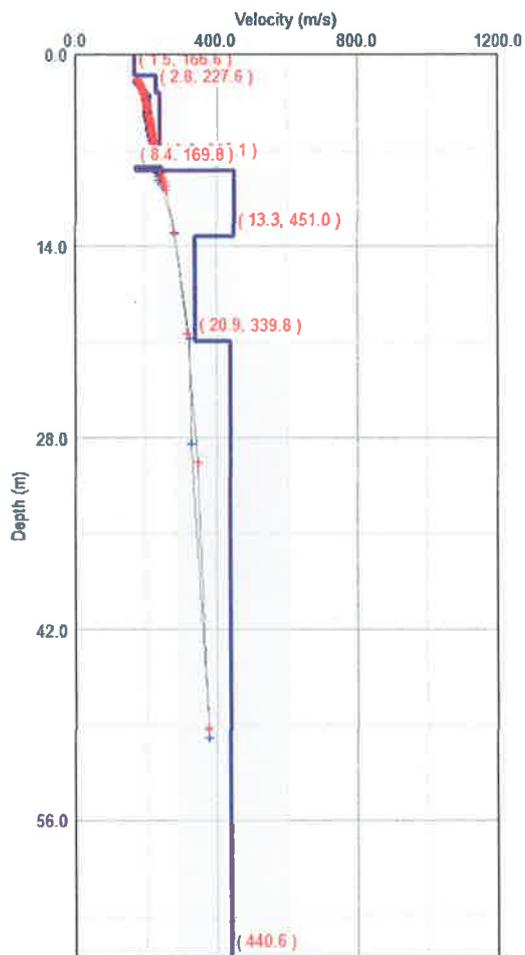


Fig. 14 \_Modello risultante dall'inversione dei dati

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA	LOTTO	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	REV.
	MDL1	30	IG	GE0001	A	13 di 33

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 2 m.

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

$$V_{s30} = 325 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo tipo **C** (**S = 1.5** secondo le NTC).

In allegato 1, vengono inoltre fornite tabelle recanti la classificazione del sito e lo spettro di risposta elastico relativo, ricavato considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni). Tale condizione corrisponde allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita** (secondo NTC).



Fig.15\_Esecuzione Masw 3



Fig.16\_Ortofoto con ubicazione Masw 3

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA MDL1	LOTTO 30	TIPO DOC. IG	OPERA/DISCIPLINA GE0001	REV. A

Masw 4. L'indagine di **sismica superficiale** eseguita, ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino ad oltre 40 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore quadratico medio è del 4.34%.

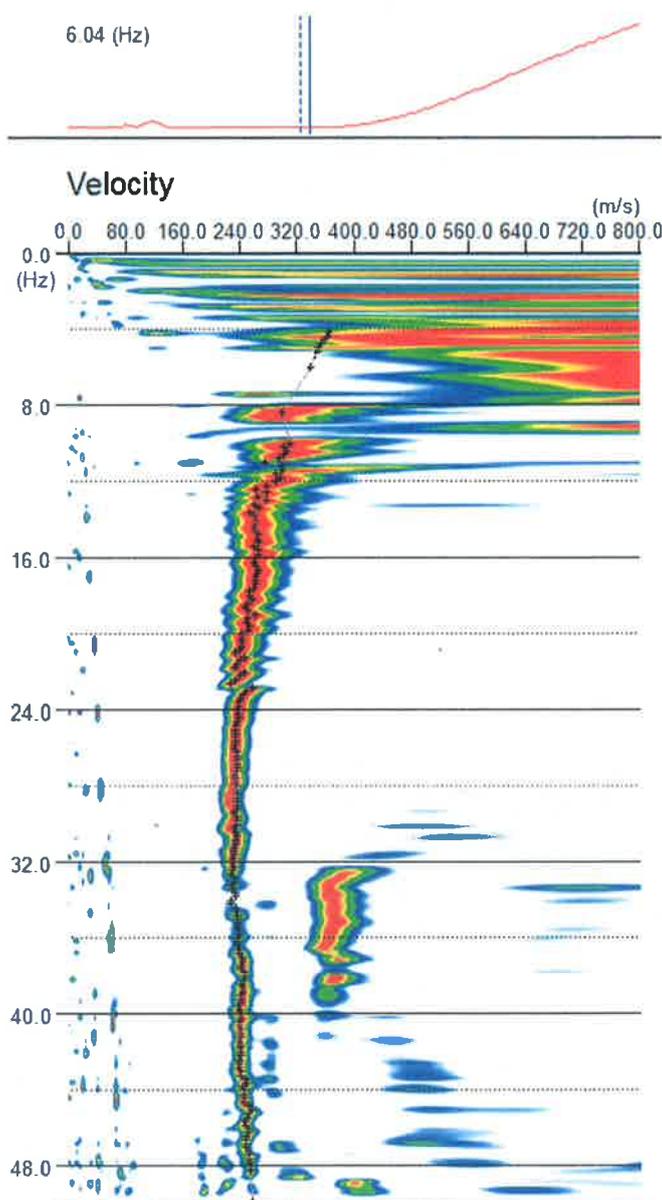


Fig. 17 \_Curva di dispersione cumulativa metodi attivo e passivo

### Dispersion Curves

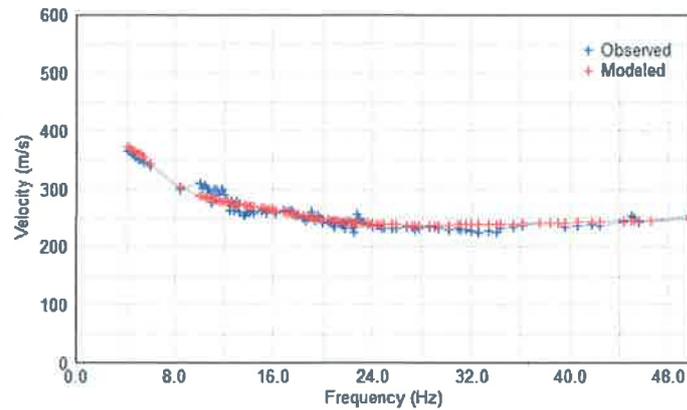


Fig. 18\_Curva di dispersione (blu) e calcolata (rosso)

### Models

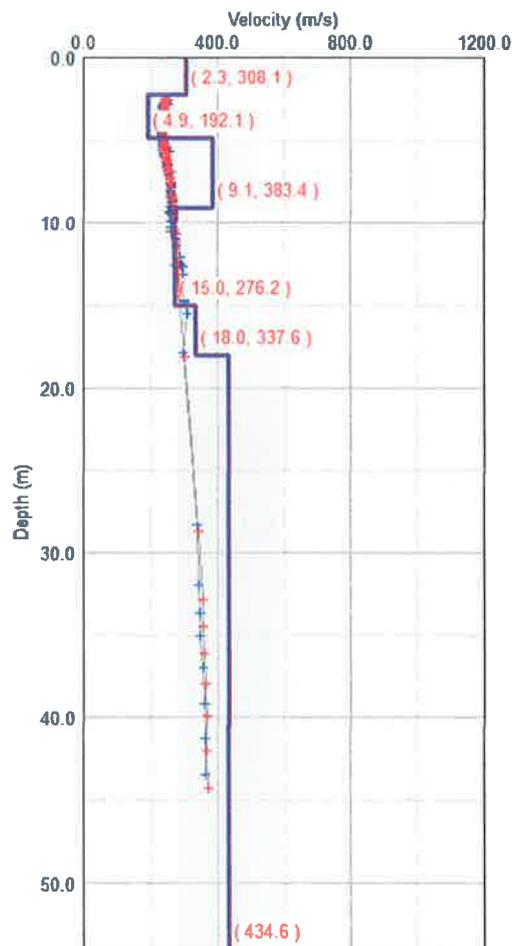


Fig. 19\_Modello risultante dall'inversione dei dati

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA MDL1	LOTTO 30	TIPO DOC. IG	OPERA/DISCIPLINA GE0001	REV. A

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 2 m.

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

$$V_{s30} = 334 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo tipo **C** (**S = 1.5** secondo le NTC).

In allegato 1, vengono inoltre fornite tabelle recanti la classificazione del sito e lo spettro di risposta elastico relativo, ricavato considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni). Tale condizione corrisponde allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita** (secondo NTC).



Fig. 20\_Esecuzione Masw 4



Fig. 21\_Ortofoto con ubicazione Masw 4

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA MDL1	LOTTO 30	TIPO DOC. IG	OPERA/DISCIPLINA GE0001	REV. A

Masw 5. L'indagine di **sismica superficiale** eseguita, ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a circa 40 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore quadratico medio è del 2.48%.

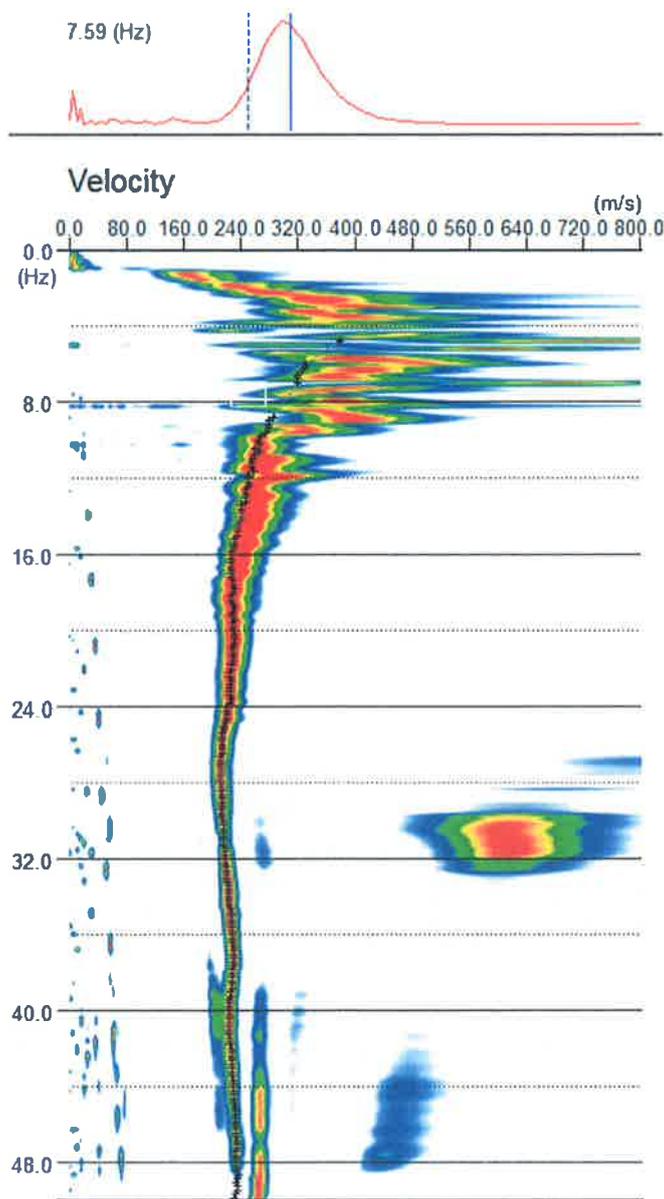


Fig. 22 \_Curva di dispersione cumulativa metodi attivo e passivo

Esiti Geofisica

COMMESSA	LOTTO	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	REV.	FOGLIO
MDL1	30	IG	GE0001	A	18 di 33

### Dispersion Curves

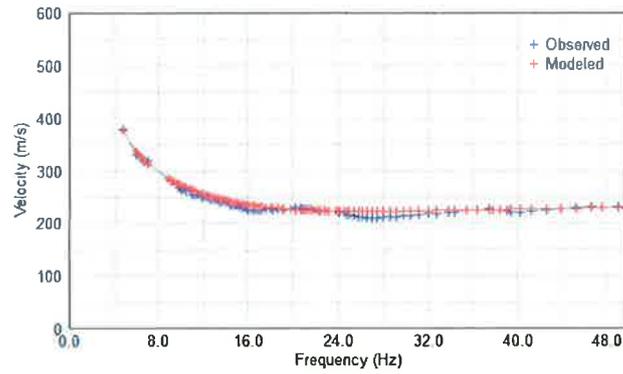


Fig. 23\_Curva di dispersione (blu) e calcolata (rosso)

### Models

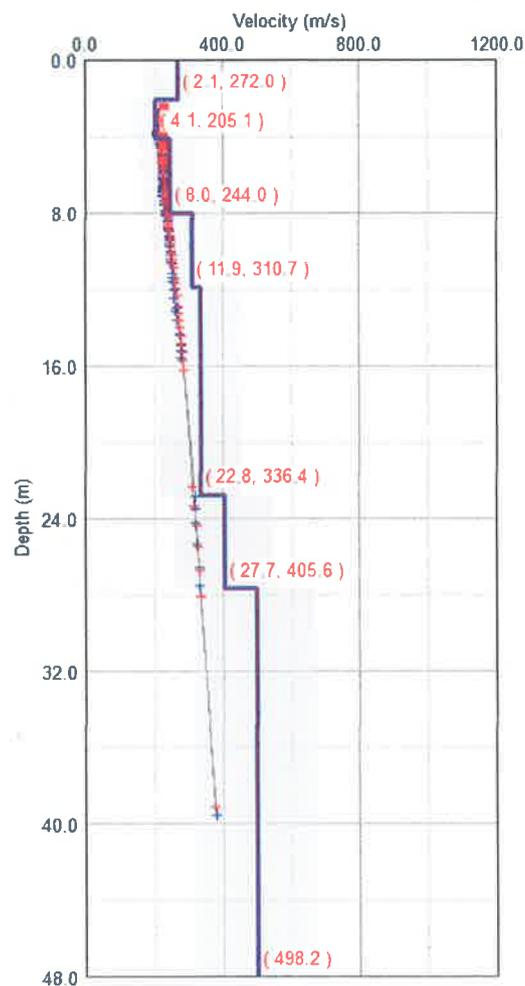


Fig. 24\_Modello risultante dall'inversione dei dati

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA	LOTTO	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	REV.
	MDL1	30	IG	GE0001	A	19 di 33

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 2 m.

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

$$V_{s30} = 315 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo tipo **C** (**S = 1.5** secondo le NTC).

In allegato 1, vengono inoltre fornite tabelle recanti la classificazione del sito e lo spettro di risposta elastico relativo, ricavato considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni). Tale condizione corrisponde allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita** (secondo NTC).

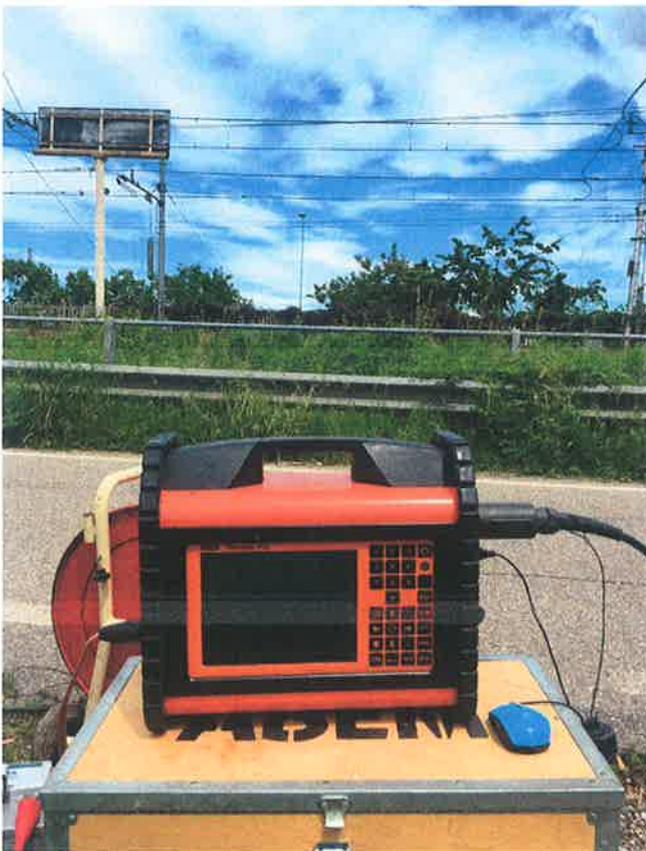


Fig.25\_Esecuzione Masw 5

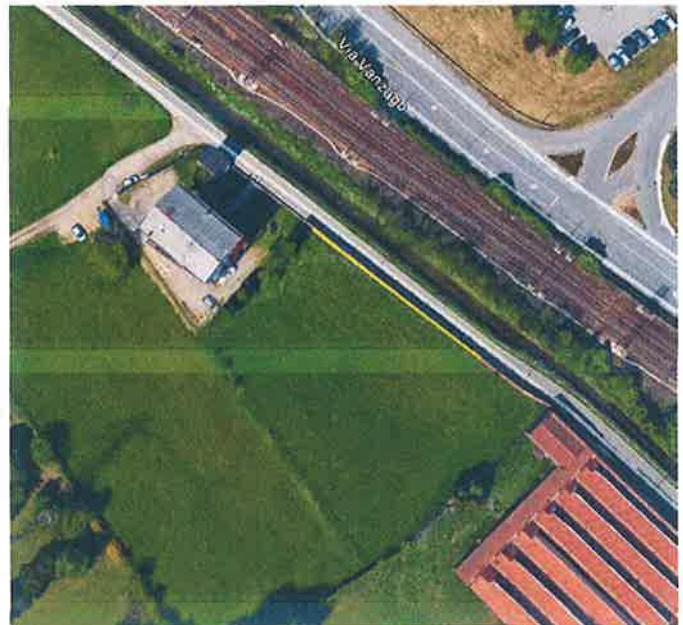


Fig.26\_Ortofoto con ubicazione Masw 5

Masw 6. L'indagine di **sismica superficiale** eseguita, ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a circa 40 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore quadratico medio è del 2.89%.

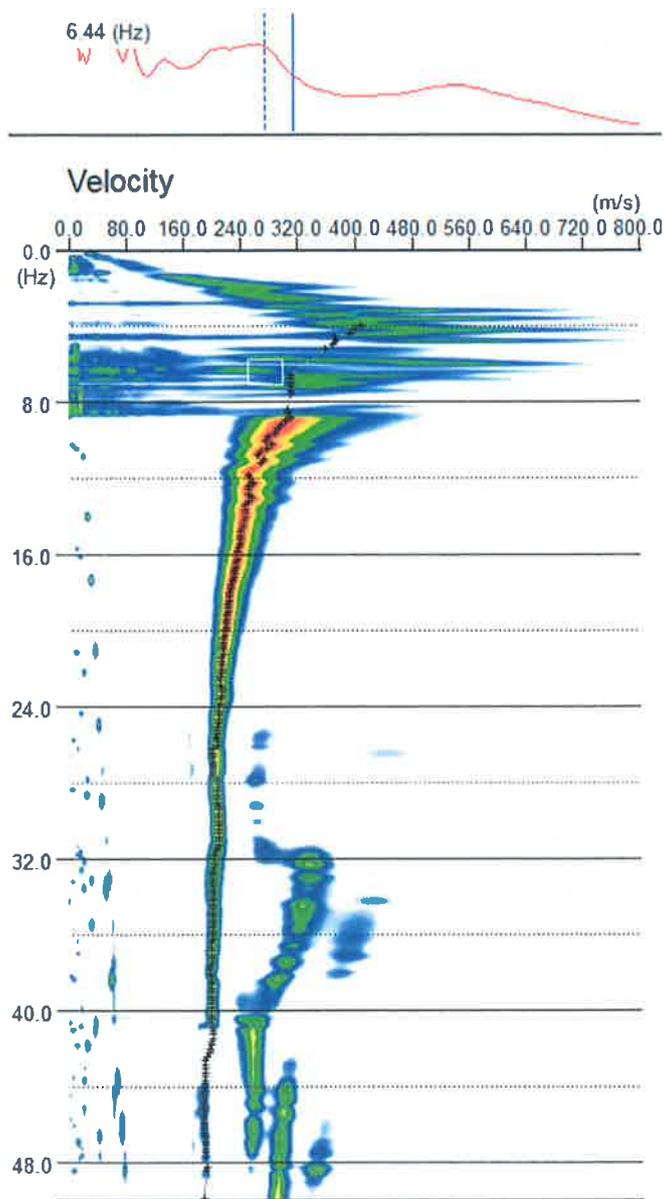


Fig. 27\_ Curva di dispersione cumulativa metodi attivo e passivo

Esiti Geofisica

COMMESSA	LOTTO	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	REV.	FOGLIO
MDL1	30	IG	GE0001	A	21 di 33

### Dispersion Curves

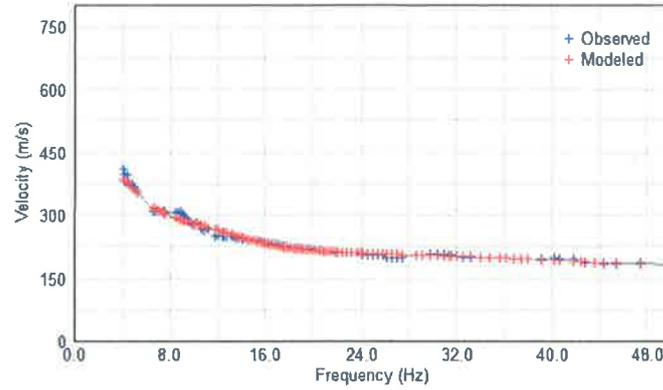


Fig. 28\_ Curva di dispersione (blu) e calcolata (rosso)

### Models

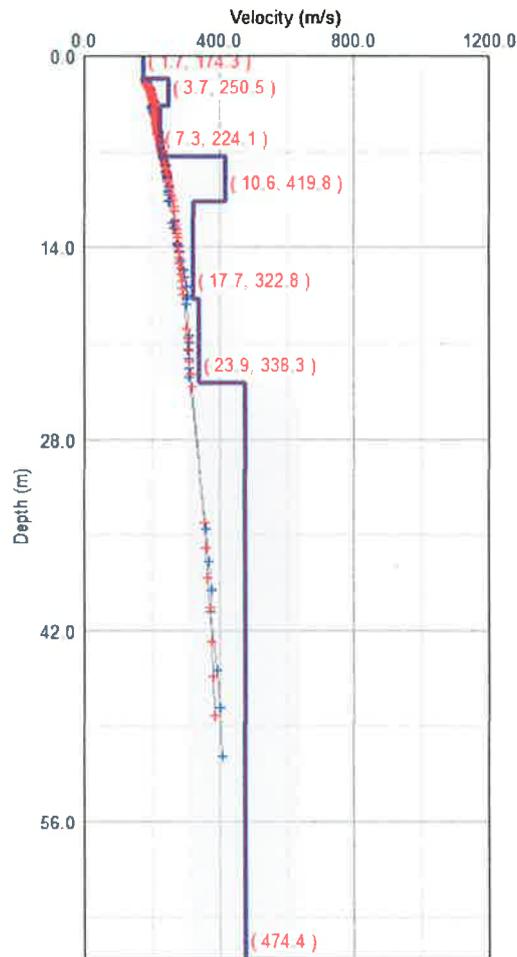


Fig. 29\_ Modello risultante dall'inversione dei dati

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA	LOTTO	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	REV.
	MDL1	30	IG	GE0001	A	22 di 33

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 2 m.

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

$$V_{s30} = 316 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo tipo **C** (**S = 1.5** secondo le NTC).

In allegato 1, vengono inoltre fornite tabelle recanti la classificazione del sito e lo spettro di risposta elastico relativo, ricavato considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni). Tale condizione corrisponde allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita** (secondo NTC).



Fig.30\_Esecuzione Masw 6

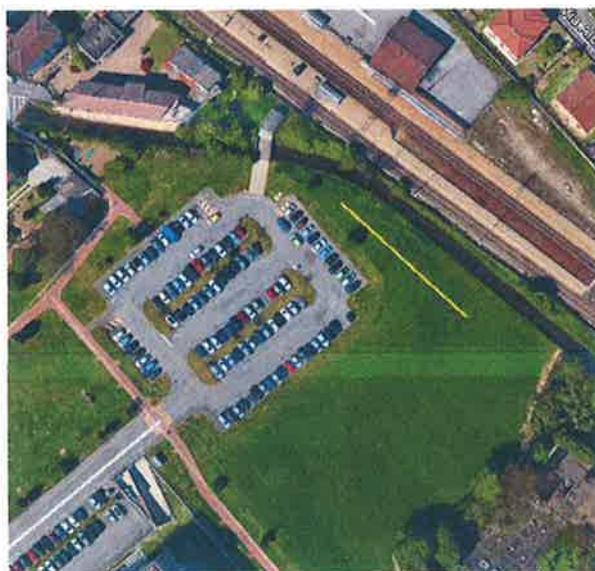


Fig.31\_Ortofoto con ubicazione Masw 6

Esiti Geofisica

COMMESSA	LOTTO	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	REV.	FOGLIO
MDL1	30	IG	GE0001	A	23 di 33

Masw 7. L'indagine di **sismica superficiale** eseguita, ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino ad oltre 40 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore quadratico medio è del 4.07%.

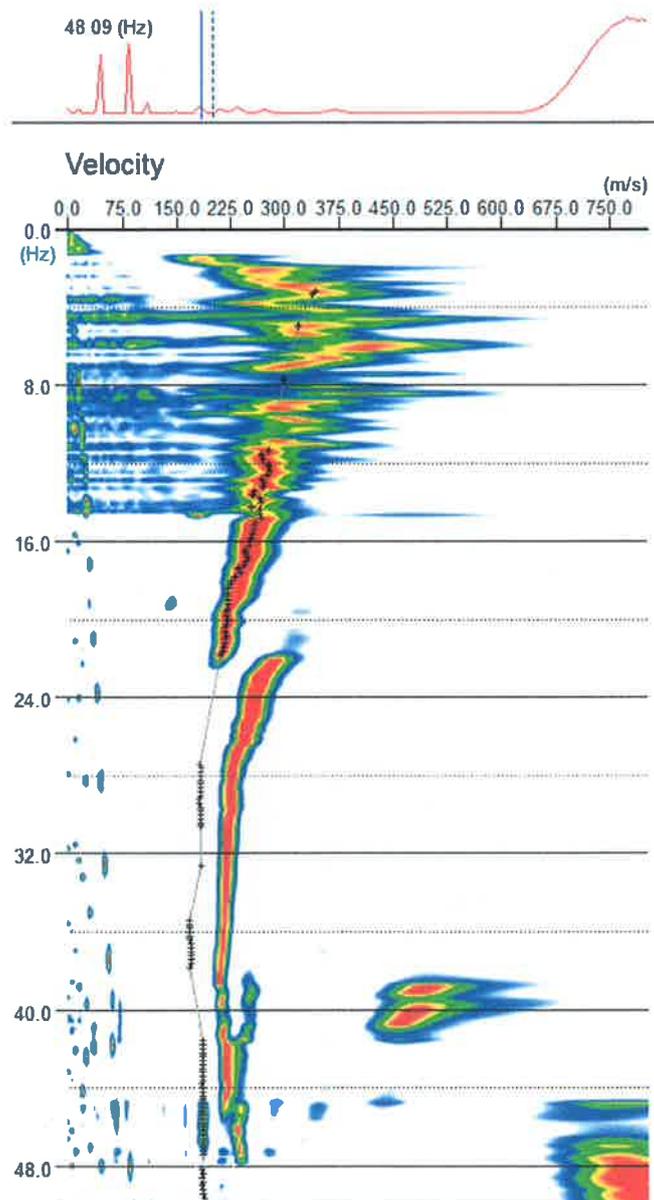


Fig. 32\_ Curva di dispersione cumulativa metodi attivo e passivo

**Dispersion Curves**

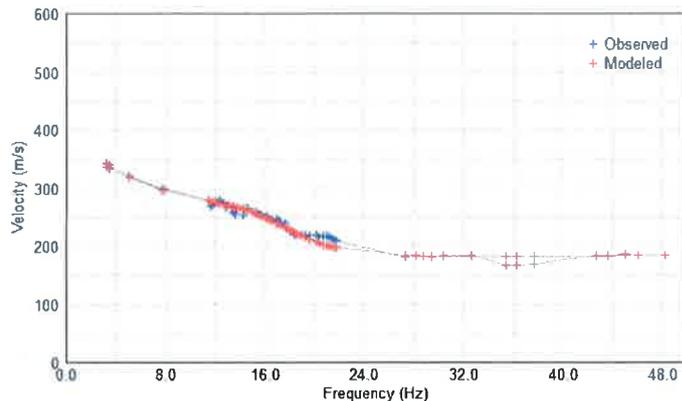


Fig. 33\_Curva di dispersione (blu) e calcolata (rosso)

**Models**

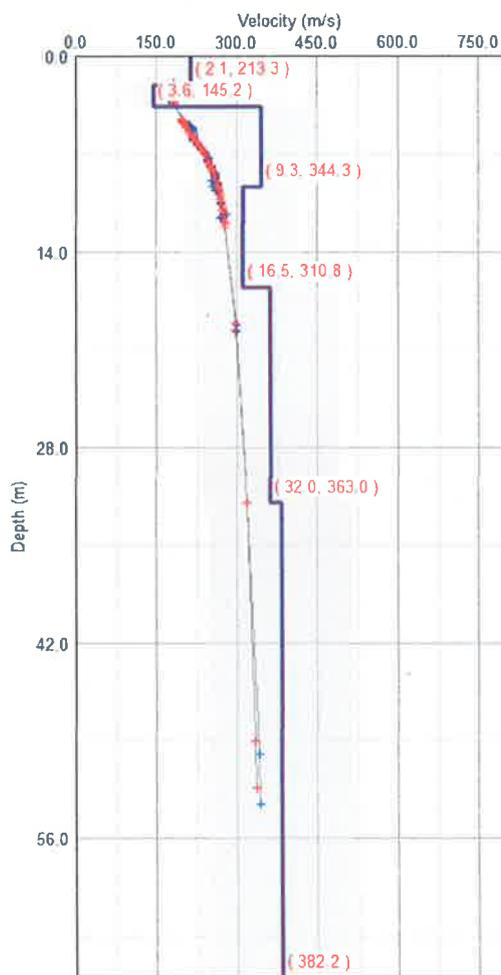


Fig. 34 \_ Modello risultante dall'inversione dei dati

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA MDL1	LOTTO 30	TIPO DOC. IG	OPERA/DISCIPLINA GE0001	REV. A

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 2 m.

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

$$V_{s30} = 307 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo tipo **C** (**S = 1.5** secondo le NTC).

In allegato 1, vengono inoltre fornite tabelle recanti la classificazione del sito e lo spettro di risposta elastico relativo, ricavato considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni). Tale condizione corrisponde allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita** (secondo NTC).



Fig. 35\_Esecuzione Masw 7

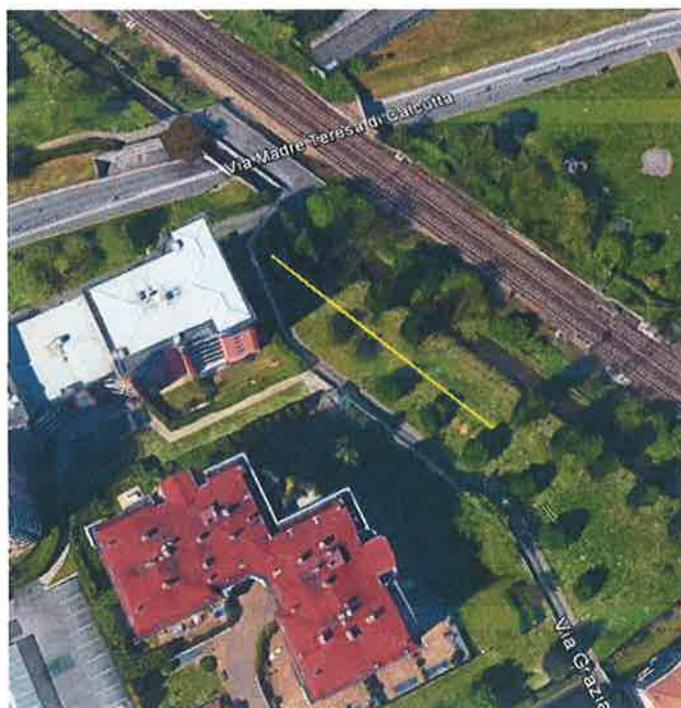


Fig. 36\_Ortofoto con ubicazione Masw 7

Esiti Geofisica

COMMESSA	LOTTO	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	REV.	FOGLIO
MDL1	30	IG	GE0001	A	26 di 33

Masw 8. L'indagine di **sismica superficiale** eseguita, ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino ad oltre 40 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore quadratico medio è del 4.34%.

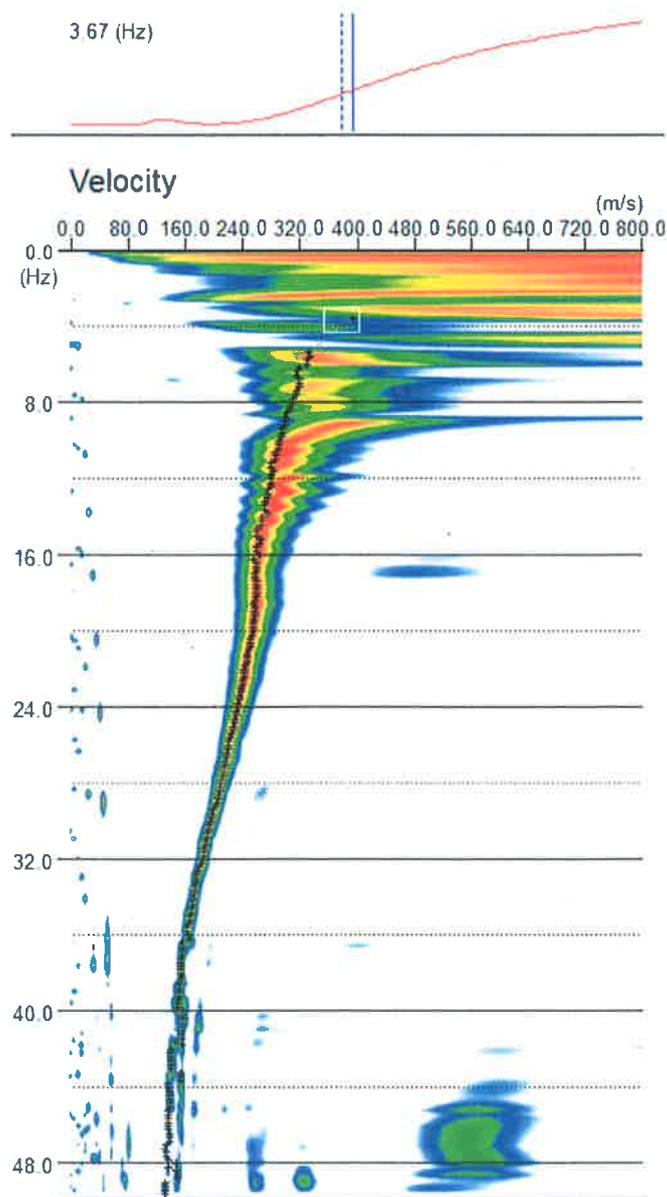


Fig. 37\_Curva di dispersione cumulativa metodi attivo e passivo

### Dispersion Curves

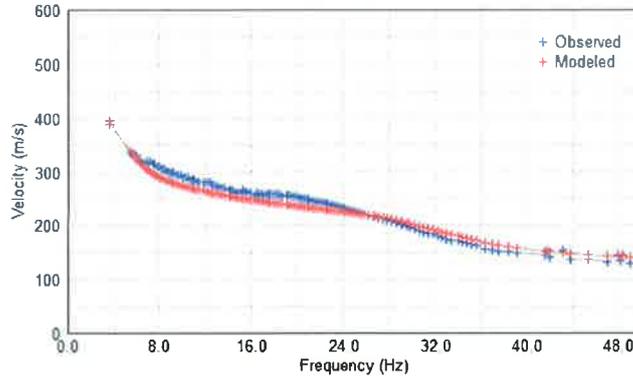


Fig. 38 \_Curva di dispersione (blu) e calcolata (rosso)

### Models

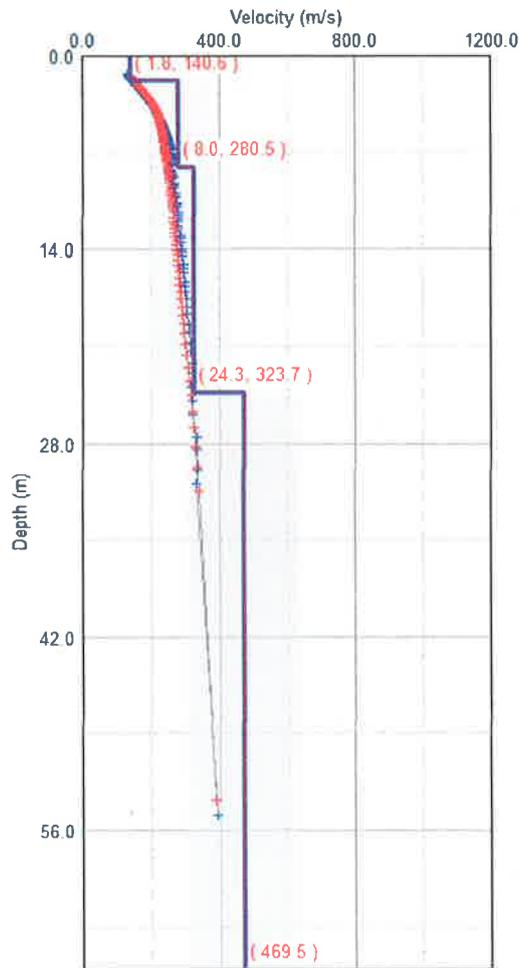


Fig. 39 \_Modello risultante dall'inversione dei dati

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA MDL1	LOTTO 30	TIPO DOC. IG	OPERA/DISCIPLINA GE0001	REV. A

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 2 m.

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

$$V_{s30} = 309 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo tipo **C** (**S = 1.5** secondo le NTC).

In allegato 1, vengono inoltre fornite tabelle recanti la classificazione del sito e lo spettro di risposta elastico relativo, ricavato considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni). Tale condizione corrisponde allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita** (secondo NTC).



Fig. 40\_Esecuzione Masw 8



Fig. 41\_Ortofoto con ubicazione Masw 8

Masw 9. L'indagine di **sismica superficiale** eseguita, ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino ad oltre 40 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore quadratico medio è del 4.34%.

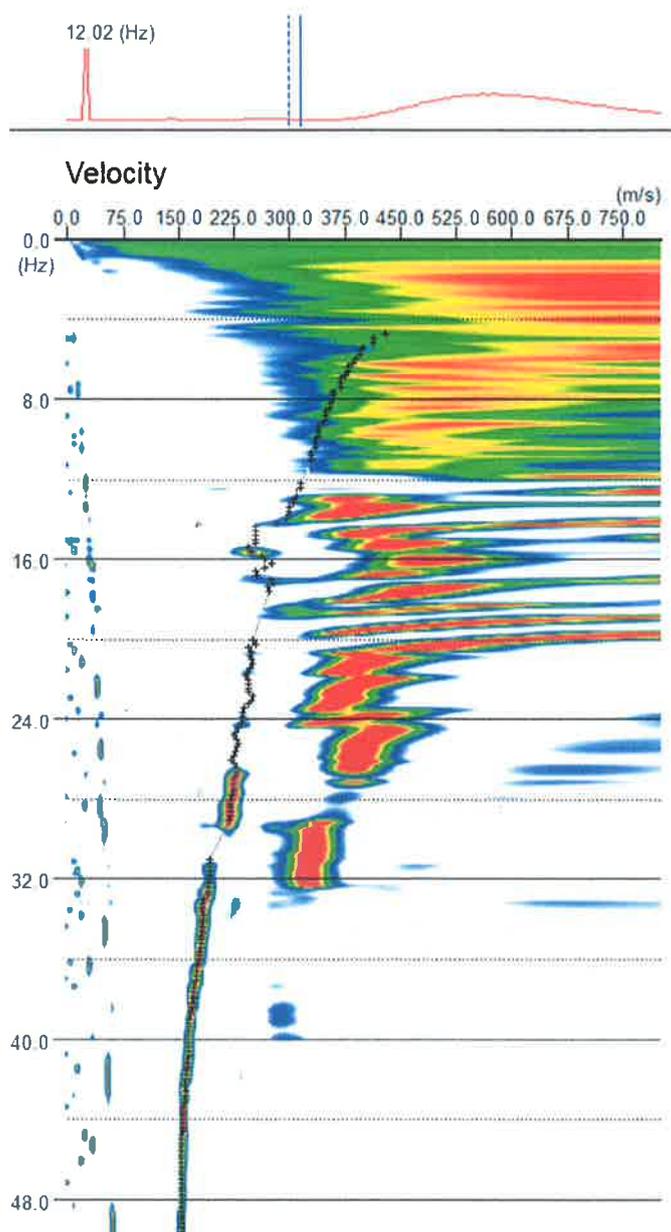


Fig. 42\_Curva di dispersione cumulativa metodi attivo e passivo

**Dispersion Curves**

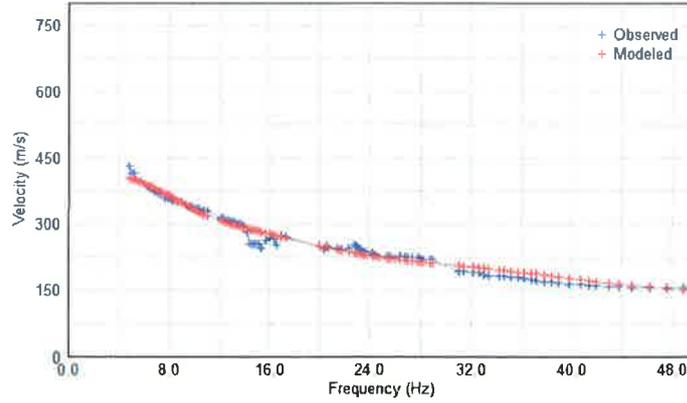


Fig. 43\_Curva di dispersione misurata (blu) e calcolata (rosso)

**Models**

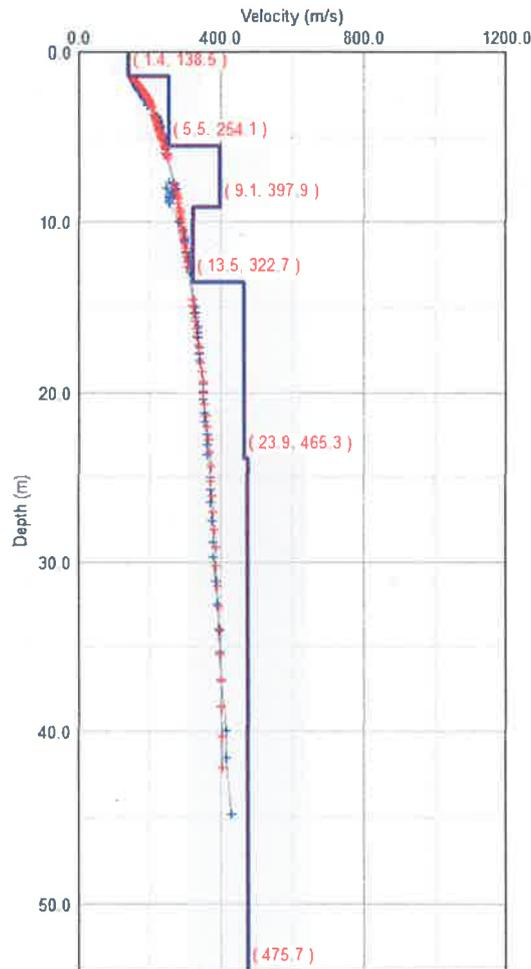


Fig. 44\_Modello risultante dall'inversione dei dati

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
	Esiti Geofisica	COMMESSA MDL1	LOTTO 30	TIPO DOC. IG	OPERA/DISCIPLINA GE0001	REV. A

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 2 m.

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

$$V_{s30} = 356 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo tipo **C** (**S = 1.5** secondo le NTC).

In allegato 1, vengono inoltre fornite tabelle recanti la classificazione del sito e lo spettro di risposta elastico relativo, ricavato considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni). Tale condizione corrisponde allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita** (secondo NTC).

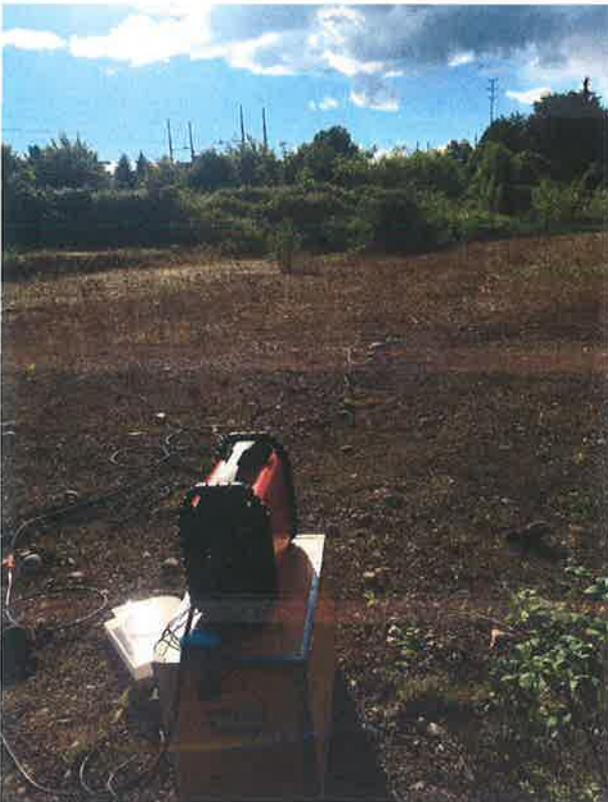


Fig.45\_ Esecuzione Masw 9



Fig.46\_ Ortofoto con ubicazione Masw 9

	<b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA</b> <b>TRATTA RHO-GALLARATE</b> <b>QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b>					
<b>Esiti Geofisica</b>	<b>COMMESSA</b> MDL1	<b>LOTTO</b> 30	<b>TIPO DOC.</b> IG	<b>OPERA/DISCIPLINA</b> GE0001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 32 di 33

Villa Estense (PD), luglio 2016

Vicenzetto S.r.l.

Esiti Geofisica

COMMESSA	LOTTO	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	REV.	FOGLIO
MDL1	30	IG	GE0001	A	33 di 33

**ALLEGATI**

**CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008**

Data: Luglio 2017

Località

Rho (MI) MASW 1

Metodo di indagine

MASW Attivo e Passivo  
(misura Vr)

Strumentazione utilizzata

Sismografo ABEM Terraloc Pro, 48 canali, 24 bits

Metodo di energizzazione

Rumore naturale+10 kg

Geometria stendimento:

24 geofoni - interasse 2 m

Coordinate UTM WGS84	
Latitudine	Longitudine
45.527292	9.055325

**RISPOSTA SISMICA LOCALE**

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

**Categorie di suolo di fondazione:**

		Ss	Cc	S=S <sub>s</sub> *S <sub>T</sub>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e Cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.2	1.41	1.20
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.5	1.59	1.50
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e Cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	1.8	2.35	1.80
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	1.6	1.90	1.60
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi speciali		
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F<sub>0</sub> e T<sub>c</sub> vengono forniti dalla normativa**Categorie Topografiche:**

		St	
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	1	
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media i > 15°	1.2	valore alla sommità del pendio
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	1.2	valore della cresta del rilievo
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°	1.4	valore della cresta del rilievo

Le sovraesperte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

**SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)**  
**Possibilità di superamento del 10% in 50 anni**

$$T_0 = agxS$$

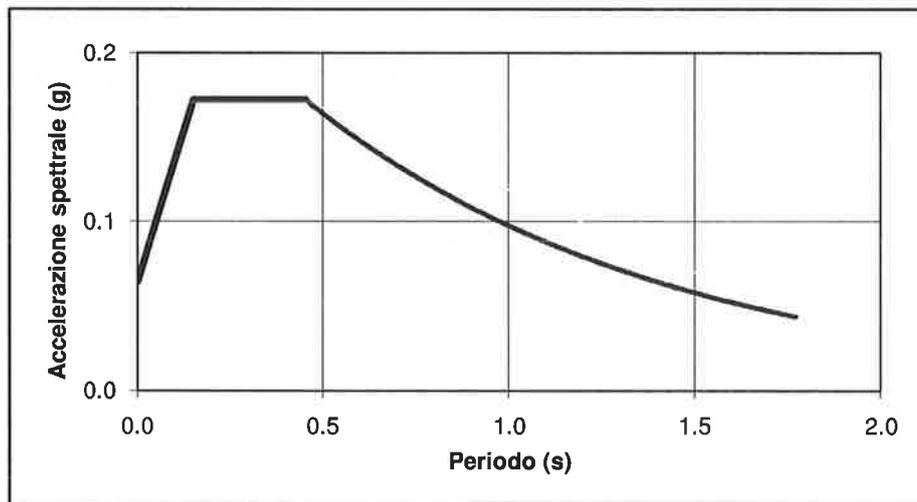
$$T_b = T_c/3$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^*$$

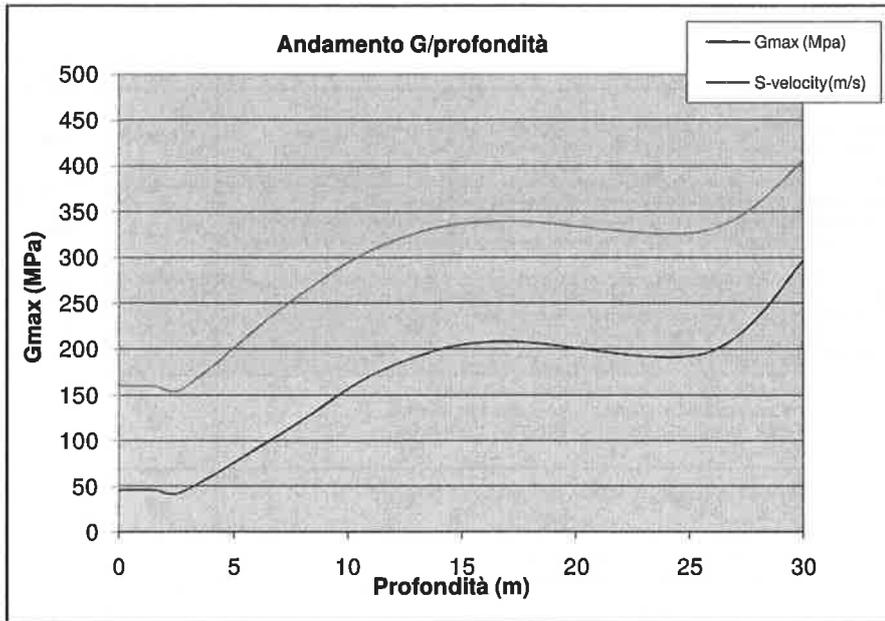
$$T_d = 4.0x a_g/g + 1.6$$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.0645
0.1505	0.1722
0.4516	0.1722
1.7720	0.0439

MASW 1



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	$\rho$ (t/mc)
0.0	160	46	1.80
1.5	160	46	1.80
2.8	157	44	1.80
7.4	250	113	1.80
11.7	315	179	1.80
16.6	340	208	1.80
25.6	329	195	1.80
30.0	405	295	1.80



$V_{s30}$  (m/s) = 293

MASW 1

**CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008**

Data: Luglio 2017

Località

Metodo di indagine

Pregnana Milanese (MI) **MASW 2**

MASW Attivo e Passivo

(misura Vr)

Strumentazione utilizzata

Sismografo ABEM Terraloc Pro, 48 canali, 24 bits

Metodo di energizzazione

Rumore naturale+10 kg

Geometria stendimento:

24 geofoni - interasse 2 m

Coordinate UTM WGS84	
Latitudine	Longitudine
45.517472	9.017067

**RISPOSTA SISMICA LOCALE**

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

**Categorie di suolo di fondazione:**

		Ss	Cc	S=S <sub>g</sub> *S <sub>T</sub>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 600 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e Cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.2	1.41	1.20
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.5	1.59	1.50
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e Cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	1.8	2.34	1.80
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	1.6	1.90	1.60
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi speciali		
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F<sub>0</sub> e T<sub>c</sub> vengono forniti dalla normativa

**Categorie Topografiche:**

		St	
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	1	
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media i > 15°	1.2	valore alla sommità del pendio
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	1.2	valore della cresta del rilievo
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°	1.4	valore della cresta del rilievo

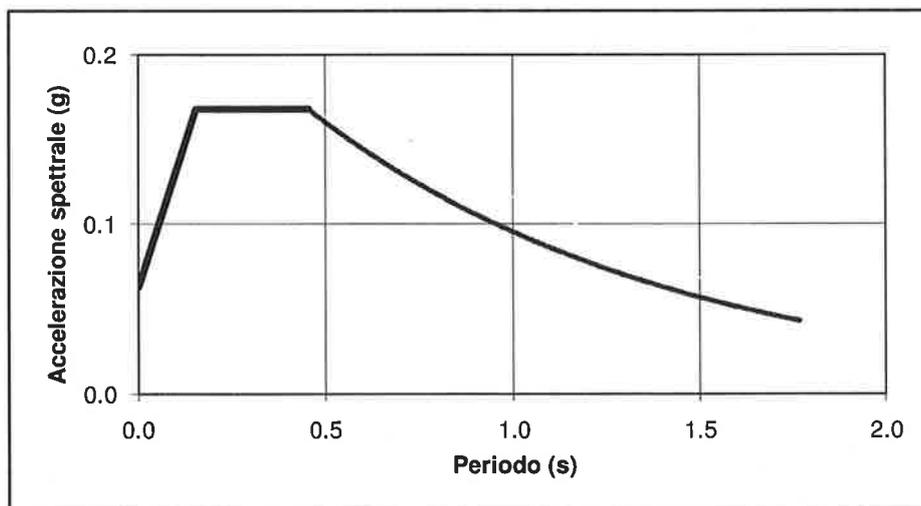
Le sovraesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

**SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)**  
**Possibilità di superamento del 10% in 50 anni**

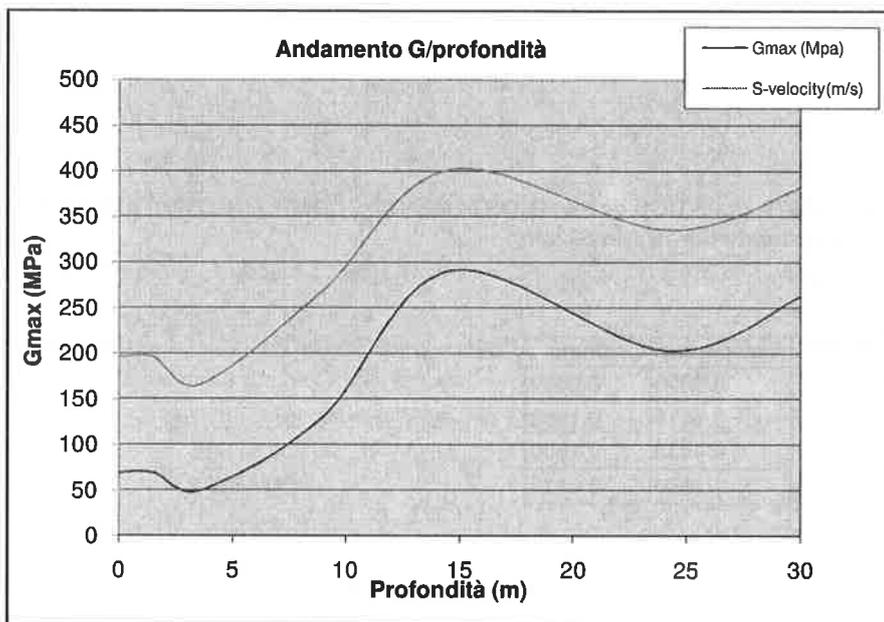
$T_0 = agxS$   
 $T_b = T_c/3$   
 $T_c = C_c \cdot T_c$   
 $T_d = 4.0x a_g/g + 1.6$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.0630
0.1511	0.1680
0.4532	0.1680
1.7680	0.0431

**MASW 2**



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	$\rho$ (t/mc)
0.0	196	69	1.80
1.5	196	69	1.80
3.6	166	50	1.80
9.0	269	130	1.80
14.6	402	291	1.80
24.1	336	203	1.80
30.0	382	263	1.80



**Vs<sub>30</sub> (m/s) = 306**

**MASW 2**

**CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008**

Data: Luglio 2017

Località **Pregnana Milanese (MI) MASW 3**

Metodo di indagine **MASW Attivo e Passivo (misura Vr)**

Strumentazione utilizzata **Sismografo ABEM Terraloc Pro, 48 canali, 24 bits**

Metodo di energizzazione **Rumore naturale+10 kg**

Geometria stendimento: **24 geofoni - interasse 2 m**

Coordinate UTM WGS84	
Latitudine	Longitudine
45.517326	9.016074

**RISPOSTA SISMICA LOCALE**

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

**Categorie di suolo di fondazione:**

		Ss	Cc	S=S <sub>s</sub> *S <sub>T</sub>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e Cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.2	1.41	1.20
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.5	1.59	1.50
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e Cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	1.8	2.34	1.80
<b>E</b>	Terreni del sottosuolo di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	1.6	1.90	1.60
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi speciali		
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F<sub>0</sub> e T<sub>c</sub> vengono forniti dalla normativa

**Categorie Topografiche:**

		St	
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	1	
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media i > 15°	1.2	valore alla sommità del pendio
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	1.2	valore della cresta del rilievo
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°	1.4	valore della cresta del rilievo

Le sovraespresse categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

**SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)**  
**Possibilità di superamento del 10% in 50 anni**

$$T_0 = a_g \times S$$

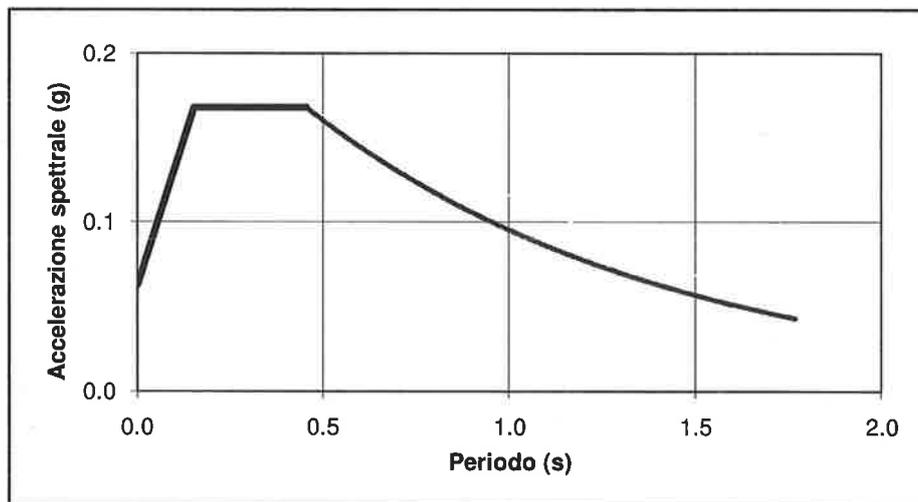
$$T_b = T_c / 3$$

$$T_c = C_c \times T_c^*$$

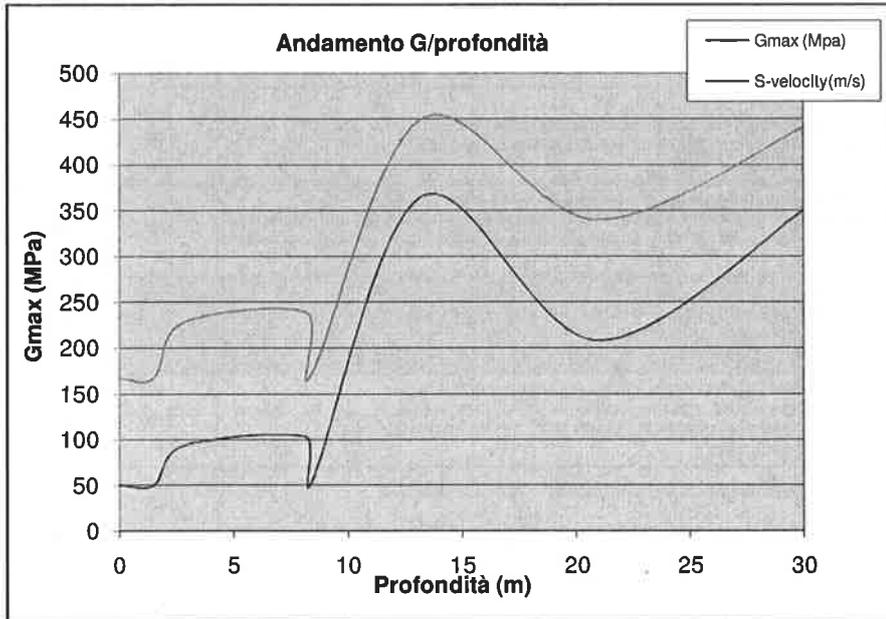
$$T_d = 4.0 \times a_g / g + 1.6$$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.0630
0.1511	0.1680
0.4532	0.1680
1.7680	0.0431

**MASW 3**



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	$\rho$ (t/mc)
0.0	167	50	1.80
1.5	167	50	1.80
2.8	228	94	1.80
8.2	239	103	1.80
8.4	170	52	1.80
13.3	451	366	1.80
20.9	340	208	1.80
30.0	441	350	1.80



$V_{s30}$  (m/s) = 325

MASW 3

**CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008**

Data: Luglio 2017

Località

Metodo di indagine

Pregnana Milanese (MI) **MASW 4**

MASW Attivo e Passivo

(misura Vr)

Strumentazione utilizzata

Metodo di energizzazione

Geometria stendimento:

Sismografo ABEM Terraloc Pro, 48 canali, 24 bits

Rumore naturale+10 kg

24 geofoni - interasse 2 m

Coordinate UTM WGS84	
Latitudine	Longitudine
45.520985	9.004163

**RISPOSTA SISMICA LOCALE**

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

**Categorie di suolo di fondazione:**

		Ss	Cc	S=S <sub>s</sub> *S <sub>T</sub>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e Cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.2	1.41	1.20
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.5	1.59	1.50
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e Cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	1.8	2.34	1.80
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	1.6	1.90	1.60
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi speciali		
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F<sub>0</sub> e T<sub>C</sub> vengono forniti dalla normativa

**Categorie Topografiche:**

		St	
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	1	
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media i > 15°	1.2	valore alla sommità del pendio
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	1.2	valore della cresta del rilievo
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°	1.4	valore della cresta del rilievo

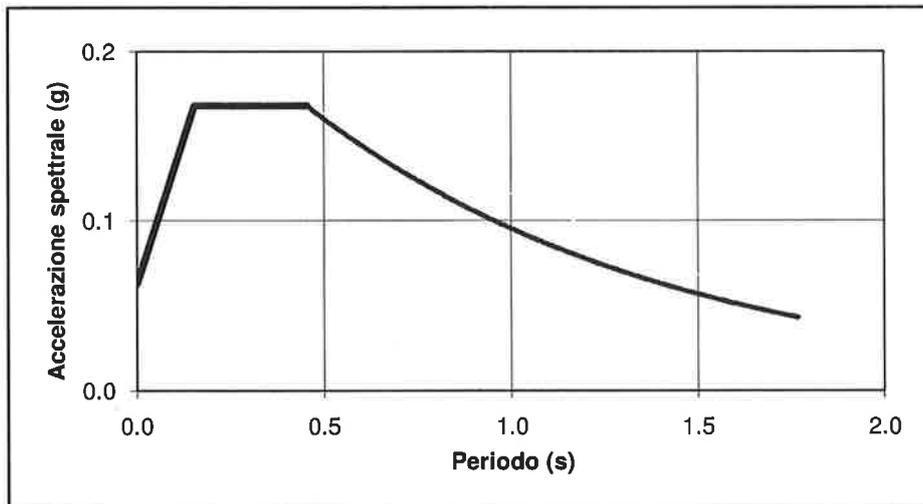
Le sovraesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

**SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)**  
**Possibilità di superamento del 10% in 50 anni**

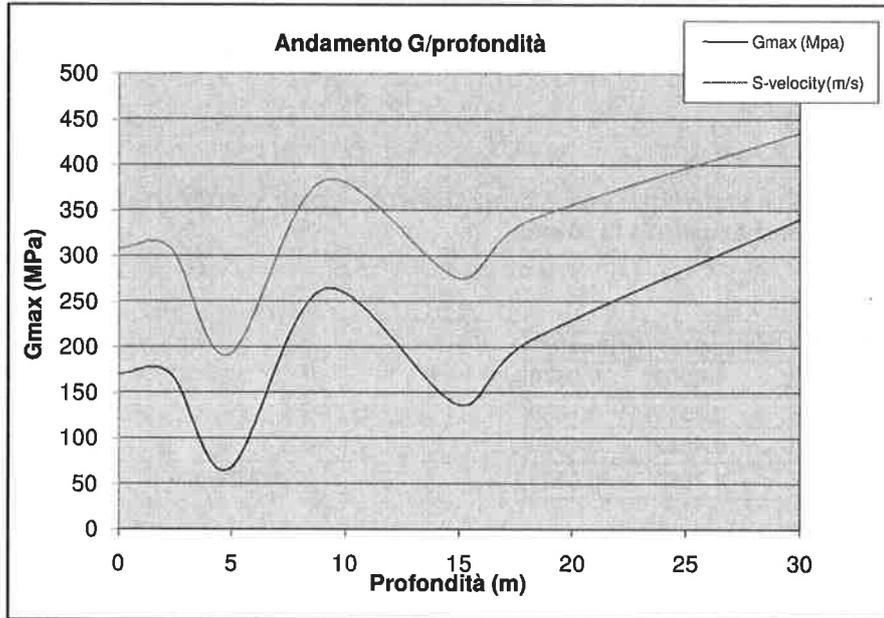
$T_0 = agxS$   
 $T_b = T_c/3$   
 $T_c = C_c \cdot T_C$   
 $T_d = 4.0 \cdot x_{a_g} / g + 1.6$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.0630
0.1511	0.1680
0.4532	0.1680
1.7680	0.0431

**MASW 4**



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	$\rho$ (t/mc)
0.0	308	171	1.80
2.3	308	171	1.80
4.9	192	66	1.80
9.1	383	264	1.80
15.0	276	137	1.80
18.0	338	206	1.80
30.0	435	341	1.80



**CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008**

Data: Luglio 2017

Località

Vanzago (MI) MASW 5

Metodo di indagine

MASW Attivo e Passivo  
(misura Vr)

Strumentazione utilizzata

Sismografo ABEM Terraloc Pro, 48 canali, 24 bits

Metodo di energizzazione

Rumore naturale+10 kg

Geometria stendimento:

24 geofoni - interasse 2 m

Coordinate UTM WGS84	
Latitudine	Longitudine
45.521408	9.002206

**RISPOSTA SISMICA LOCALE**

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

**Categorie di suolo di fondazione:**

		Ss	Cc	S=S <sub>s</sub> *S <sub>T</sub>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e Cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.2	1.41	1.20
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.5	1.59	1.50
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e Cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	1.8	2.34	1.80
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	1.6	1.90	1.60
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi speciali		
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F<sub>0</sub> e T<sub>c</sub> vengono forniti dalla normativa**Categorie Topografiche:**

		St	
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	1	
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media i > 15°	1.2	valore alla sommità del pendio
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	1.2	valore della cresta del rilievo
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°	1.4	valore della cresta del rilievo

Le sovraespresse categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

**SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)**  
**Possibilità di superamento del 10% in 50 anni**

$$T_0 = ag \times S$$

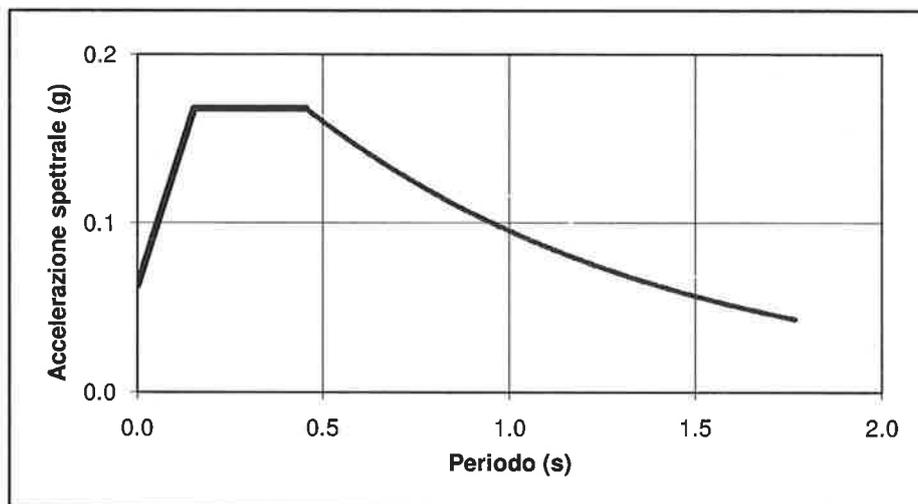
$$T_b = T_c / 3$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^*$$

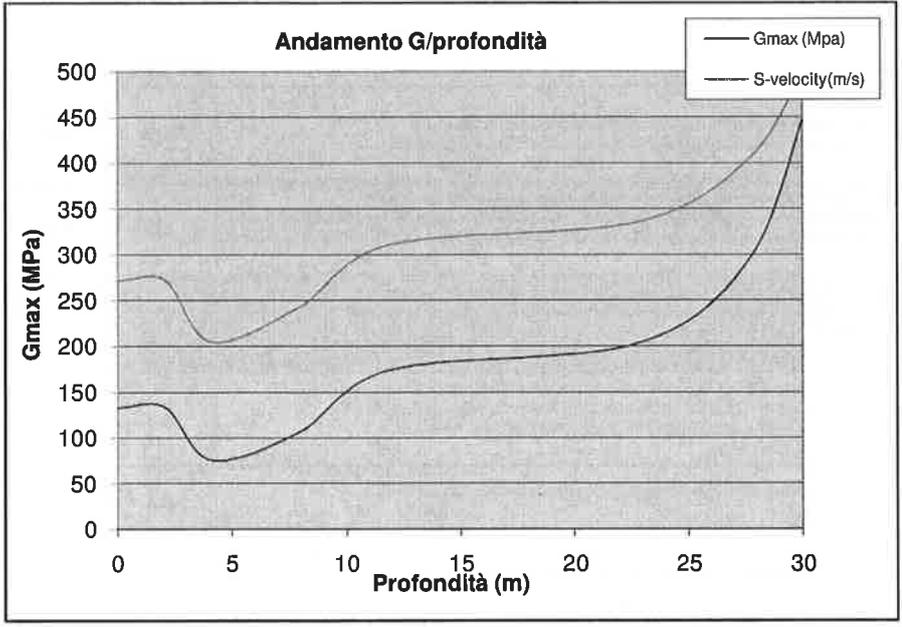
$$T_d = 4.0 \cdot x_{a_g} / g + 1.6$$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.0630
0.1511	0.1680
0.4532	0.1680
1.7680	0.0431

**MASW 5**



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	$\rho$ (t/mc)
0.0	272	133	1.80
2.1	272	133	1.80
4.1	205	76	1.80
8.0	244	107	1.80
11.9	311	174	1.80
22.8	336	203	1.80
27.7	406	297	1.80
30.0	498	446	1.80



$V_{s30}$  (m/s) = 315

MASW 5

**CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008**

Data: Luglio 2017

Località

Metodo di indagine

Vanzago (MI) **MASW 6**

MASW Attivo e Passivo

(misura Vr)

Strumentazione utilizzata

Sismografo ABEM Terraloc Pro, 48 canali, 24 bits

Metodo di energizzazione

Rumore naturale+10 kg

Geometria stendimento:

24 geofoni - interasse 2 m

Coordinate UTM WGS84	
Latitudine	Longitudine
45.524563	8.996241

**RISPOSTA SISMICA LOCALE**

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

**Categorie di suolo di fondazione:**

		S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>	S=S <sub>s</sub> *S <sub>T</sub>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e Cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.2	1.41	1.20
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.5	1.59	1.50
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e Cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	1.8	2.33	1.80
<b>E</b>	Terreni del sottosuolo di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	1.6	1.89	1.60
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi speciali		
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F<sub>0</sub> e T<sub>c</sub> vengono forniti dalla normativa**Categorie Topografiche:**

		S <sub>t</sub>	
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	1	
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media i > 15°	1.2	valore alla sommità del pendio
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	1.2	valore della cresta del rilievo
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°	1.4	valore della cresta del rilievo

Le sovraesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

**SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)**  
**Possibilità di superamento del 10% in 50 anni**

$$T_0 = a_g \times S$$

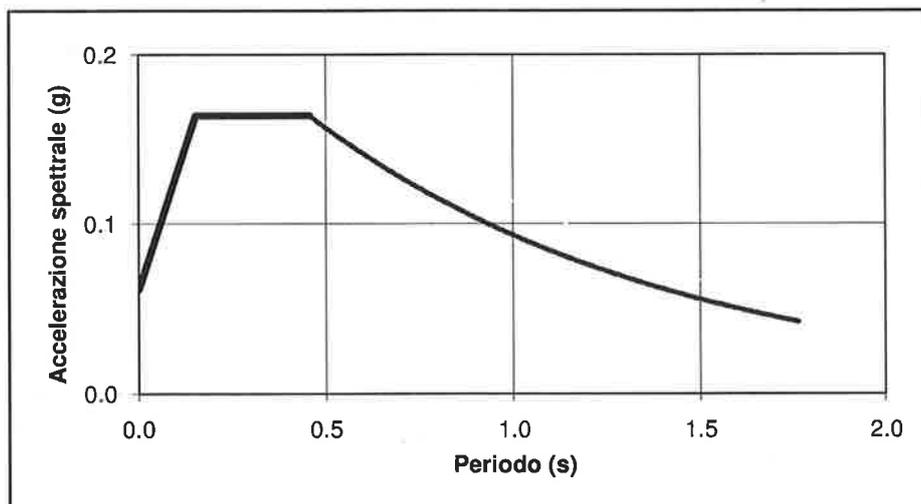
$$T_b = T_c / 3$$

$$T_c = C_c \cdot T_c$$

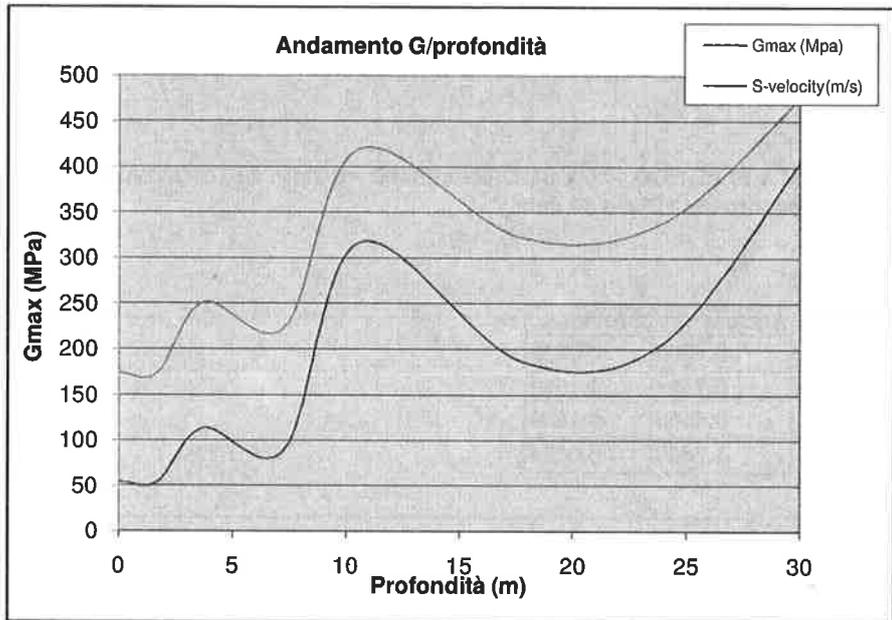
$$T_d = 4.0 \times a_g / g + 1.6$$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.0615
0.1521	0.1639
0.4563	0.1639
1.7640	0.0424

MASW 6



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	$\rho$ (t/mc)
0.0	174	54	1.80
1.7	174	54	1.80
3.7	251	113	1.80
7.3	224	90	1.80
10.6	420	318	1.80
17.7	323	188	1.80
23.9	338	206	1.80
30.0	474	404	1.80



**$V_{s30}$  (m/s) = 316**

**MASW 6**

**CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008**

Data: Luglio 2017

Località

Metodo di indagine

Strumentazione utilizzata

Metodo di energizzazione

Geometria stendimento:

Vanzago (Mi) MASW 7

MASW Attivo e Passivo

(misura Vr)

Sismografo ABEM Terraloc Pro, 48 canali, 24 bits

Rumore naturale+10 kg

24 geofoni - interasse 2 m

Coordinate UTM WGS84	
Latitudine	Longitudine
45.529440	8.987637

**RISPOSTA SISMICA LOCALE**

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

**Categorie di suolo di fondazione:**

		Ss	Cc	S=S <sub>s</sub> *S <sub>T</sub>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e Cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.2	1.41	1.20
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.5	1.59	1.50
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e Cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	1.8	2.33	1.80
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	1.6	1.89	1.60
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi speciali		
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F<sub>0</sub> e T<sub>c</sub> vengono forniti dalla normativa

**Categorie Topografiche:**

		St	
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	1	
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media i > 15°	1.2	valore alla sommità del pendio
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	1.2	valore della cresta del rilievo
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°	1.4	valore della cresta del rilievo

Le sovraespresse categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

**SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)**  
Possibilità di superamento del 10% in 50 anni

$$T_0 = a_g \times S$$

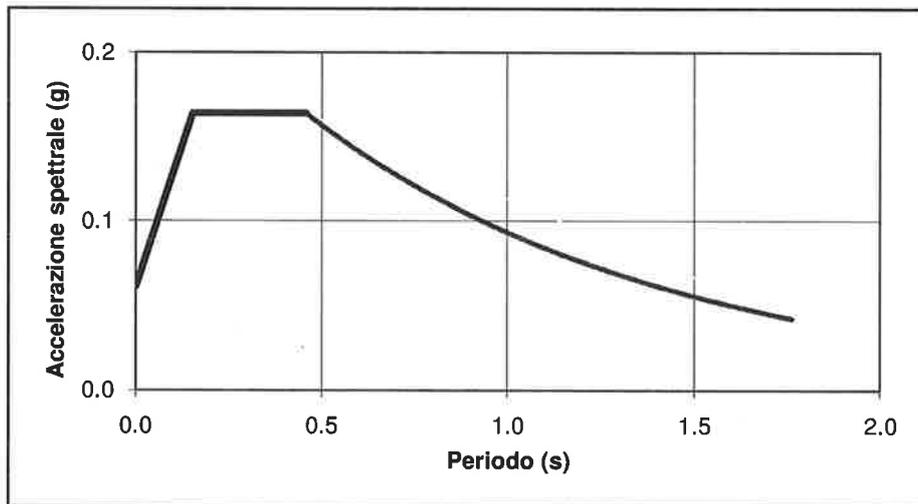
$$T_b = T_c / 3$$

$$T_c = C_c \times T_c^*$$

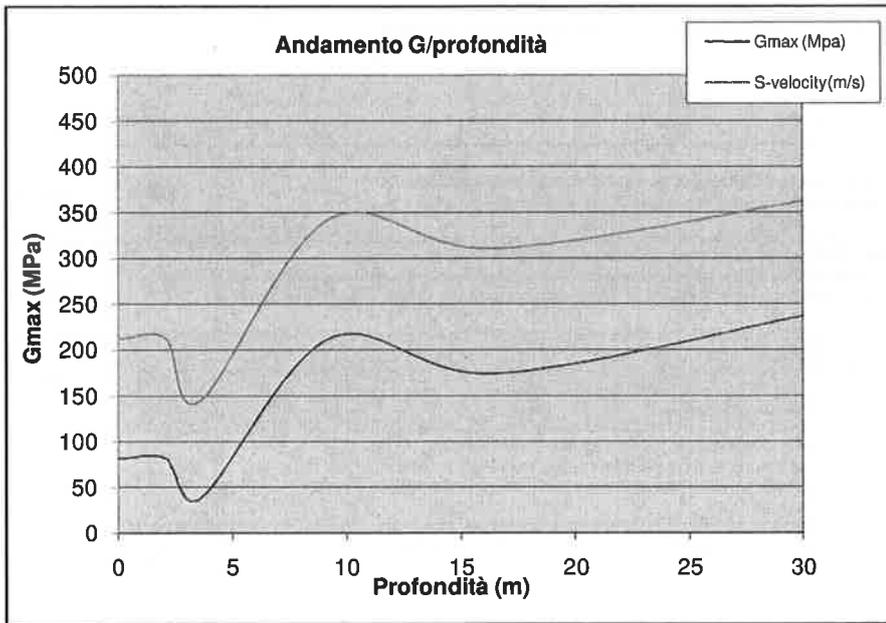
$$T_d = 4.0 \times a_g / g + 1.6$$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.0615
0.1521	0.1639
0.4563	0.1639
1.7640	0.0424

MASW 7



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	$\rho$ (t/mc)
0.0	213	82	1.80
2.1	213	82	1.80
3.6	145	38	1.80
9.3	344	213	1.80
16.5	311	174	1.80
30.0	363	237	1.80



**CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008**

Data: Luglio 2017

Località

Metodo di indagine

Strumentazione utilizzata

Metodo di energizzazione

Geometria stendimento:

Nerviano (MI) **MASW 8**

MASW Attivo e Passivo

(misura Vr)

Sismografo ABEM Terraloc Pro, 48 canali, 24 bits

Rumore naturale+10 kg

24 geofoni - interasse 2 m

Coordinate UTM WGS84	
Latitudine	Longitudine
45.542166	8.964206

**RISPOSTA SISMICA LOCALE**

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

**Categorie di suolo di fondazione:**

		Ss	Cc	S=S <sub>s</sub> *S <sub>T</sub>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e Cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.2	1.41	1.20
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.5	1.59	1.50
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e Cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	1.8	2.33	1.80
<b>E</b>	Terreni del sottosuolo di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	1.6	1.89	1.60
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi speciali		
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F<sub>0</sub> e T<sub>C</sub> vengono forniti dalla normativa

**Categorie Topografiche:**

		St	
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	1	
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media i > 15°	1.2	valore alla sommità del pendio
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	1.2	valore della cresta del rilievo
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°	1.4	valore della cresta del rilievo

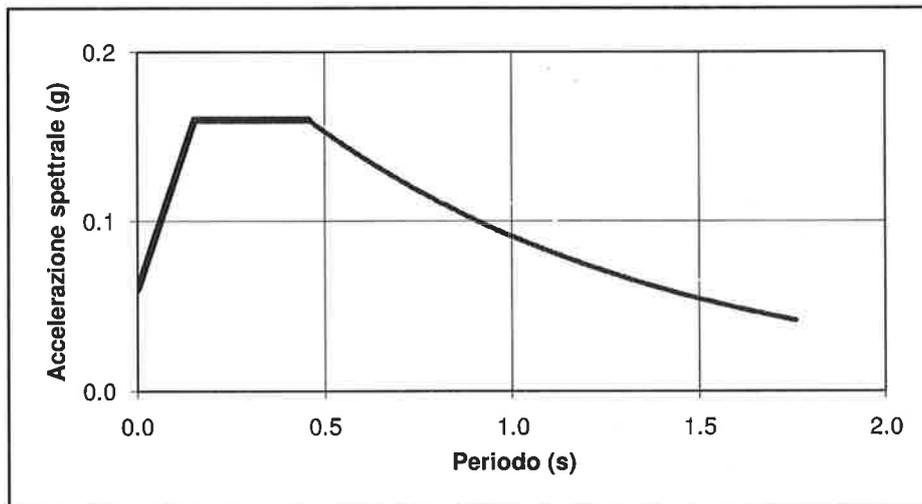
Le sovraesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

**SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)**  
**Possibilità di superamento del 10% in 50 anni**

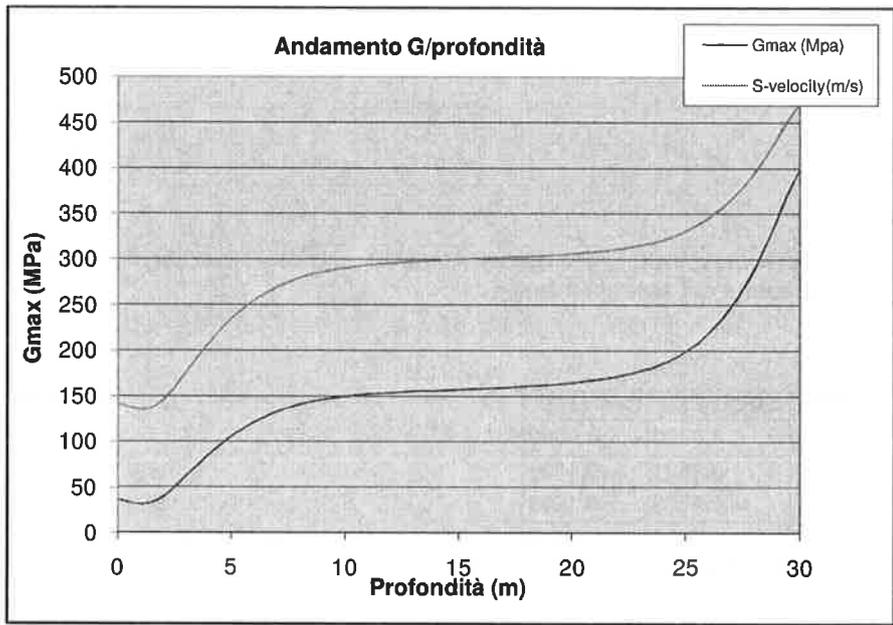
$T_0 = a_g \times S$   
 $T_b = T_c / 3$   
 $T_c = C_c \times T_c^*$   
 $T_d = 4.0 \times a_g / g + 1.6$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.0600
0.1521	0.1599
0.4563	0.1599
1.7600	0.0415

MASW 8



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	$\rho$ (t/mc)
0.0	141	36	1.80
1.8	141	36	1.80
8.0	280	141	1.80
24.3	324	189	1.80
30.0	470	398	1.80



**$V_{s30}$  (m/s) = 309**

**MASW 8**

**CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008**

Data: Luglio 2017

Località

Parabiago (MI) **MASW 9**

Metodo di indagine

MASW Attivo e Passivo  
(misura Vr)

Strumentazione utilizzata

Sismografo ABEM Terraloc Pro, 48 canali, 24 bits

Metodo di energizzazione

Rumore naturale+10 kg

Geometria stendimento:

24 geofoni - interasse 2 m

Coordinate UTM WGS84	
Latitudine	Longitudine
45.556867	8.941218

**RISPOSTA SISMICA LOCALE**

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

**Categorie di suolo di fondazione:**

		Ss	Cc	S=S <sub>s</sub> *S <sub>T</sub>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m,	1.00	1.00	1.00
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e Cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.2	1.41	1.20
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.5	1.59	1.50
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e Cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	1.8	2.33	1.80
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	1.6	1.89	1.60
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi speciali		
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F<sub>0</sub> e T<sub>c</sub> vengono forniti dalla normativa

**Categorie Topografiche:**

		St	
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	1	
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media i > 15°	1.2	valore alla sommità del pendio
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	1.2	valore della cresta del rilievo
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°	1.4	valore della cresta del rilievo

Le sovraespresse categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

**SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)**  
**Possibilità di superamento del 10% in 50 anni**

$$T_0 = a_g \times S$$

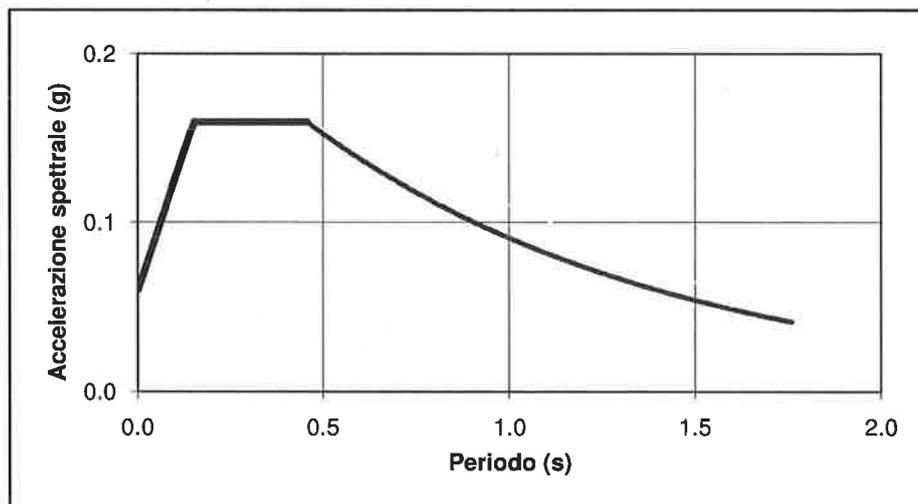
$$T_b = T_c / 3$$

$$T_c = C_c \times T_c'$$

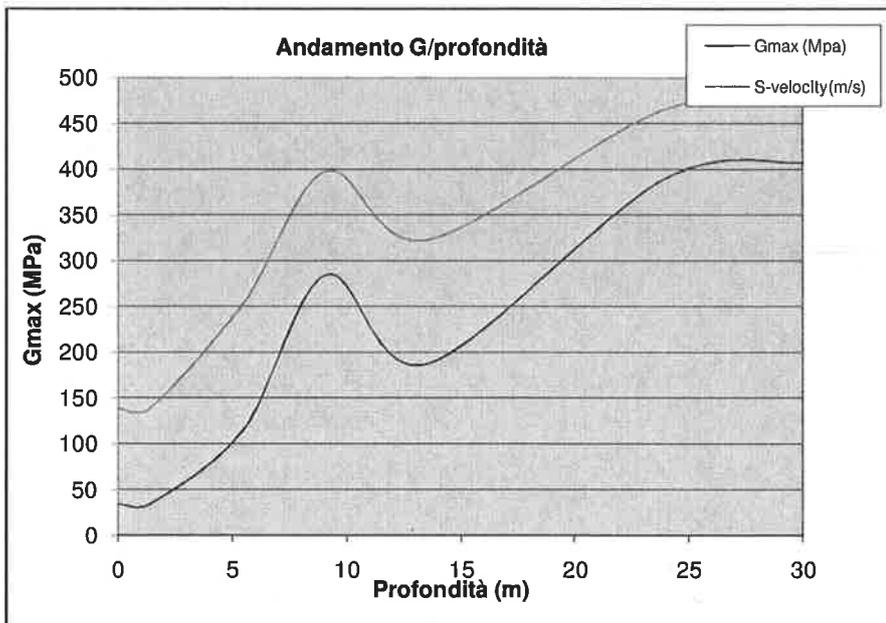
$$T_d = 4.0 \times a_g / g + 1.6$$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.0600
0.1521	0.1597
0.4563	0.1597
1.7600	0.0414

**MASW 9**



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	$\rho$ (t/mc)
0.0	139	35	1.80
1.4	139	35	1.80
5.5	254	116	1.80
9.1	398	285	1.80
13.5	323	188	1.80
23.9	465	389	1.80
30.0	476	408	1.80



$V_{s30}$  (m/s) = 357

MASW 9

