

Dr. Geol. STEFANO CASTAGNETTI

GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE

STUDI A CARATTERE DI PROTEZIONE CIVILE

via Argini Sud, 24 - 43030 BASILICANOVA PR

☎ e fax 0521.681244 - 338.8740794

e-mail: studio@stefacasta.it

PSCRIE
PIANO STRUTTURALE COMUNALE
DI REGGIO EMILIA



ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

Secondo livello di approfondimento

Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", approvato con Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2 maggio 2007

SECONDO STRALCIO

All. 2 - Rilievi geofisici di tipo sismico a rifrazione

il tecnico incaricato:

Dott. Geol. Stefano Castagnetti

con la collaborazione di Dott. Geol. Marco Baldi



Aprile 2010

Premessa

Per analizzare le caratteristiche geometriche di massima degli spessori delle coperture superficiali e di eventuali rifrattori profondi, e la misura delle Vs nei primi 30 metri di terreno, in corrispondenza di alcune aree da investigare nel contesto del PSC del Comune di Reggio Emilia, su commissione e indicazione del Dr. Geol. Castagnetti Stefano, sono state eseguiti stendimenti sismici rifrazione in onde P e prospezioni superficiali in sismica attiva tipo Masw, come di seguito descritto:

Sismica a Rifrazione onde Vp:

Area	Nome	n° geofoni	Spaziatura Geofoni m	Lunghezza Stendimento m	n° energizzazioni	Azimut stendimento
Parco Ottavi	A	24	3	72	5	SO – NE
Polo della Cultura (Consorzio Parmareggio)	B	24	3	72	5	S - N
Acquechiare	C	24	3	72	5	S – N
Fogliano	D	24	3	72	5	E SE – O NO
Polo della Cultura (S. Pio X)	E	24	3	72	5	E SE – O NO

Sismica a Rifrazione onde Vs - Prospezioni Masw:

Area	Nome	n° geofoni	Spaziatura Geofoni m	Lunghezza Stendimento m	Distanza energizz. m	Azimut stendimento
Rivalta (Reggia di Rivalta)	MW_1	24	1,5	34,5	15	O - E
Codemondo	MW_2	24	1,5	34,5	15	S - N
Roncocesi	MW_3	24	1,5	34,5	15	S - N
Cadè	MW_4	24	1,5	34,5	15	N - S
Parco Ottavi (settore sud)	MW_5	24	1,5	34,5	15	SO – NE
Parco Ottavi (settore nord)	MW_6	24	1,5	34,5	15	E - O
Polo della Cultura (Consorzio Parmareggio)	MW_7	24	1,5	34,5	15	S - N
Acquechiare	MW_8	24	1,5	34,5	15	S - N
Fogliano (settore sud)	MW_9	24	1,5	34,5	15	E - O
Fogliano (settore nord)	MW_10	24	1,5	34,5	15	NO - SE
Bagno (loc. Masone)	MW_11	24	1,5	34,5	15	O - E
Polo della Cultura (S. Pio X)	MW_12	24	1,5	34,5	15	E SE – O NO

Caratteristiche attrezzature

La prospezione geofisica sia per le stese sismiche multicanale di rifrazione in onde P, sia per le stese Masw per la valutazione del parametro V_{s30} , sono state eseguita utilizzando un sismografo multicanale ad incrementi di segnale, della P.A.S.I. mod. 16SG24, utilizzando un sistema di energizzazione come sotto descritto:

sismica di superficie e masw : mazza con massa di 10 kg e piastra in alluminio al suolo.

Le specifiche tecniche dello strumento sono:

- processore: Pentium 200 MMx Intel,
- Trattamento dati: Floating Point 32-Bit,
- Canali: 12/24
- Display: VGA colori LCD_TFT 10,4"
- Supporto memorizz.: Hard Disk 2,1 Gb
- Risoluzione acquisizione: 16/24 bit
- Sonde ambiente interne: temperatura, umidità relativa
- Formato dati: Pasi (.osv) e SEG-2 (.dat),
- Durata acquisizioni: Rifrazione, 32÷2048 ms
Riflessione, 32÷16384 ms,
- Tempi campionamento: da 16 μ s a 2 ms
- Filtri digitali: Passa alto (25÷400 Hz)
Passa Basso (100÷250 Hz)
Notch (50÷180 Hz)
- Attivazione filtri: in acquisizione o manualmente
- Trigger: inibizione impulsi dovuti a rimbalzi

Importanti funzioni dello strumento sono:

- possibilità di sommatoria, con/senza previsualizzazione totale/parziale;
- marker fisso o dinamico
- Auto Gain Control
- Delay Time
- Pre e post trigger
- Noise monitor
- Trace size automatica o manuale per ogni canale

Successivamente, dopo aver computerizzato i dati con un programma specifico, è possibile rivedere i segnali e quindi eventualmente filtrarli od amplificarli per una più corretta acquisizione dei tempi d'arrivo.

Indagine Sismica a Rifrazione onde Vp

La velocità di propagazione delle perturbazioni, indotte energizzando il suolo con i sistemi suddetti, dipende dalle caratteristiche meccaniche di un determinato litotipo ed in particolare dai moduli elastici di: Young, Poisson, d'incompressibilità, di rigidità e dalla densità.

Il metodo sismico a rifrazione fornisce modelli sismostratigrafici che presentano una precisione accurata, tanto più le condizioni naturali si avvicinano alle seguenti:

- *Modello semplice costituito da pochi rifrattori, caratterizzati da velocità costanti e ben differenziate nel passaggio da strato a strato;*
- *Velocità crescente con la profondità, strati lenti o inversioni di velocità costituiscono una limitazione alla tecnica di rifrazione anche se l'esistenza di formazioni intermedie a bassa velocità può essere alle volte rilevata da disturbi o da discontinuità nelle dromocrone ed affrontate dalle tecniche interpretative (GRM: Metodo Reciproco Generalizzato);*
- *Inclinazione degli strati o variazioni di pendenza non eccessive, anche se questi limiti possono essere superati con l'interpretazione GRM.*

Un altro fattore limitante è costituito da zone mascherate e/o cieche e cioè quando lo spessore di uno strato intermedio è ridotto oppure la sua velocità è di poco superiore a quella dello strato sovrastante.

Per l'interpretazione dei dati ottenuti dalle misure in sito è stata adottata una procedura di calcolo automatica che consente di scegliere ed integrare i dati relativi ai presupposti teorici del metodo tradizionale e cioè: *superficie piana del rifrattore, aumento della velocità con la profondità, assenza di discontinuità laterali.*

Questo ha permesso di descrivere anche rifrattori o zone di rifrazione di cui non si abbiano ricoperture.

Il programma consente di effettuare interattivamente varie operazioni a partire dalle scelte necessarie ed associare tempi d'arrivo a strati permettendo anche di modificare velocità e tempi reciproci.

La prospezione sismica ha consentito l'individuazione della profondità dei principali rifrattori nelle zone esaminate.

In conseguenza di quanto esposto l'interpretazione deve essere considerata di tipo semiquantitativo.

Caratteristiche della prospezione sismica a rifrazione

Le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo.

Nella prospezione sismica a rifrazione si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali, in altre parole delle onde di compressione e dilatazione (onde P), che sono le più veloci tra le diverse onde elastiche.

La velocità di propagazione di dette onde nel suolo é compresa in un ampio campo. Per lo stesso tipo di roccia, essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione o di fratturazione; aumenta per contro, generalmente, con la profondità e l'età geologica.

Nei litotipi sciolti **la velocità é più elevata sotto il livello freatico** e, nelle alluvioni sature, decresce invece con l'aumentare della porosità.

Il metodo sismico a rifrazione é soggetto alle seguenti limitazioni:

- *Un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali nello stesso risulterà superiore a quella del livello ad esso sovrastante.*
- *Con le tecniche interpretative normalmente adottate, quali il metodo dell'intercept-time, si suppone che i diversi livelli abbiano velocità costante e che le superfici di separazione fra essi siano piane.*

L'interpretazione dei dati é tanto più corretta quanto più per i dati elaborati si conoscono dettagliate correlazioni topografiche e stratigrafiche.

L'esame dei terreni investigati oscilla mediamente da 5÷8 m con evidenza di un unico rifrattore in corrispondenza delle Basi A, B e E, mentre spessori maggiori di investigazione sino a circa 10-15 m con presenza di 2 livelli rifrattori in corrispondenza delle Basi C e D.

Le sezioni interpretative indicano l'andamento generale dei limiti tra i diversi livelli (rifrattori sismici), mentre le velocità riportate sono indicative dell'andamento generale della velocità dell'onda sismica nello strato considerato.

Indagine sismica a rifrazione onde Vs – MASW

Lo scopo dell'indagine è di misurare le velocità sismiche (V_s) dei terreni attraversati e la valutazione della V_{s30} come prescritto da:

- *Ordinanza del P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003*
- *D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le Costruzioni".*

Si ricorda che la nuova normativa definisce l'azione sismica di progetto, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera. All'interno del territorio nazionale fino ad oggi sono state individuate 4 zone sismiche, contraddistinte dal valore a_g dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità (v. *Allegato 1 ord. 3274 del 2003 e succ. modifiche*). La classificazione del suolo (*tabella 1*) è invece convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove V_{s_i} e h_i sono la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello stato i-esimo.

categoria di sottosuolo e descrizione		V _{S30}	N _{SPT}	c _u
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V _{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m	>800 m/s		
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensate o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{S30} compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero N _{SPT30} >50 nei terreni a grana grossa e c _{u30} >250 kPa nei terreni a grana fina)	360÷800 m/s	>50	>250 kPa
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{S30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero 15<N _{SPT30} <50 nei terreni a grana grossa e 70<c _{u30} <250 kPa nei terreni a grana fina)	180÷360 m/s	15÷50	70÷250 kPa
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero N _{SPT30} <15 nei terreni a grana grossa e c _{u30} <70 kPa nei terreni a grana fina)	<180 m/s	<15	<70 kPa
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C e D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con V _{S30} >800 m/s)			
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V _{S30} inferiori a 100 m/s (ovvero 10<c _{u30} <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	<100 m/s		10÷20 kPa
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti			

Tabella1: classificazione del tipo di sottosuolo secondo le “Nuove norme tecniche per le costruzioni” D.M. 14/01/2008 - Tabelle 3.2.II e 3.2.III mod.

L'Indagine MASW

La prova MASW fornisce il profilo di velocità monodimensionale, assumendo un valore medio di velocità lungo lo stendimento dei ricevitori. La lunghezza dello stendimento dipende sia dal numero dei ricevitori utilizzati, sia dallo spazio disponibile. Normalmente si dispongono ad un interasse costante compreso tra 0,5 m e 3 m. A parità di numero di ricevitori un interasse maggiore consente di avere uno stendimento più lungo e quindi una maggiore risoluzione della curva di dispersione lungo la coordinata numero d'onda K; tuttavia si riduce il numero d'onda di Nyquist oltre cui diminuisce l'affidabilità del segnale misurato. Viceversa un interasse piccolo può essere necessario in piccoli spazi e consente un intervallo più ampio di numeri d'onda, ma comporta una minore risoluzione della curva di dispersione lungo i numeri d'onda. In questo caso si è deciso di adottare un interasse pari a 1,5 metri che con 24 ricevitori consente di coprire una lunghezza totale di 34,5 metri.

La sorgente è stata posta ad una distanza pari a 15 metri per ottimizzare il rapporto segnale / rumore.

Cenni sulla metodologia d'indagine e sull'elaborazione dati

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione, e nel registrare le vibrazioni prodotte sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

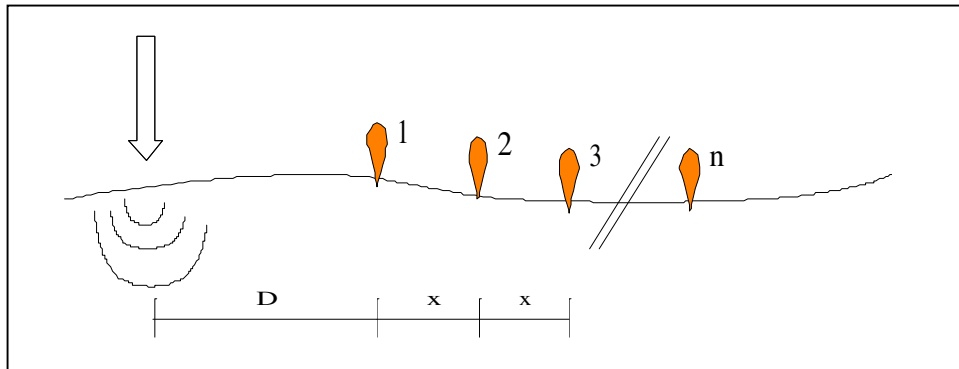


Figura 1 Schema acquisizione multicanale

Con tale tecnica si ottiene una modellazione del sottosuolo, tramite l'analisi delle onde di Rayleigh che costituiscono un particolare tipo di onde di superficie, che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza e della combinazione di onde sismiche di pressione (P-waves) e onde di taglio polarizzate verticalmente (Sv-waves).

In un mezzo stratificato si verifica una dispersione delle onde prodotte cioè una deformazione del treno d'onda, dovuto alla variazione di propagazione di velocità con la frequenza.

Le componenti a frequenza minore penetrano quindi più in profondità con velocità di fase in genere più alta, rispetto alle componenti a frequenza maggiore.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh è visualizzato tramite grafici $V(\text{fase}) / \text{frequenza}$, e convertito tramite calcoli e programmi appropriati in profili $V_s / \text{profondità}$.

Si ottiene quindi una dettagliata ricostruzione della distribuzione nel sottosuolo, della velocità delle onde S, anche se sono possibili leggere incertezze nella determinazione (<10÷20%), in particolare quando la stratigrafia è completamente sconosciuta. La interpretazione delle tecniche di rilievo sismico MASW traggono spunto dalle prime tecniche studiate da Nazarian e Stokoe (1984) che per primi hanno presentato il metodo SASW che utilizzava una sorgente di impulso e 2 soli sismometri di rilevazione (1 Hz) con spaziatura da 1 sino a 500 m.

Tale tecnica risultava però poco significativa in ambienti rumorosi o nel caso di treni d'onda di pressione molto energetici che quindi coprivano gli arrivi delle onde di Rayleigh.

A tale scopo Park et Alii (1999) hanno sviluppato il metodo MASW, per sopperire in parte alle difficoltà di applicazione della tecnica Sasw in alcune situazioni.

Le tracce dei sismogrammi, possono essere salvate nel dominio temporale, permettendo quindi di distinguere ed evidenziare (nel record di registrazione) le onde di Rayleigh, caratterizzate da elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta si ripartisce nelle onde di Rayleigh).

Si può così costruire un grafico ampiezza/frequenza, che consente di individuare il segnale proprio, relativo alle onde superficiali che interessano tale metodologia.

I dati acquisiti in formato *seg2* vengono elaborati tramite il programma **SWAN** che esegue l'interpretazione tramite le seguenti operazioni:

- Creazione di un progetto MASW.
- Collegamento dei file contenenti i dati da elaborare al progetto creato.
- Eventuale fase di pre-processing per manipolare i dati stessi in modo da migliorare la qualità della successiva interpretazione.
- Passaggio dal sismogramma al dominio spettrale mediante trasformata FK.
- Estrazione della curva di dispersione sperimentale mediante interpretazione dello spettro FK.
- Fase di inversione, ovvero generazione di un modello sintetico a cui sia associata una curva di dispersione teorica ben sovrapposta a quella sperimentale.

I dati della elaborazione vengono esportati e riportati nelle allegate schede:

Prospezione Sismica di Superficie –Metodologia MASW

Nella scheda sono riportati:

- Committente, cantiere, località, nome del file, strumentazione utilizzata e caratteristiche dell'indagine, data, direttore lavori e i risultati dell'elaborazione
- Spettro - Frequenza (Hz) / Numero d'onda (rad/m)
- Curva di dispersione e curva teorica - Frequenza (Hz) / Velocità di Fase (m/s)
- Grafico del modello della velocità – Velocità (m/s) / Profondità (m).
- Valore calcolato dal piano campagna delle V_{s30} (*Si ricorda che in base all'art 322 del DM 14 gennaio 2008 la velocità delle V_{s30} va ricalcolata dal piano di posa delle fondazioni.*)

Area Polo della Cultura

Data la dimensione dell'area sono state eseguite due prove masw (MW_7 settore stabilimento Parmareggio; MW_12 parrocchia S. Pio X) e due sismiche a rifrazione con misura delle Vp (B settore sede Consorzio Parmigiano-Reggiano; E parrocchia S. Pio X) oltre a CPT di taratura.

Sede Consorzio Parmareggio

indagine MASW

Valutazione del suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{s30})

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, che permette di caratterizzazione il sottosuolo basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio Vs.

Da tale analisi (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde Vs, per i vari strati individuati, di seguito riassunti: **MW_7**

1° strato:	velocità media onde Vs 159 m/sec	spessore medio 0,81 m
2° strato:	velocità media onde Vs 197 m/sec	spessore medio 1,73 m
3° strato:	velocità media onde Vs 253 m/sec	spessore medio 5,98 m
4° strato:	velocità media onde Vs 465 m/sec	spessore medio 7,64 m
5° strato:	velocità media onde Vs 385 m/sec	spessore medio 7,00 m
6° strato:	velocità media onde Vs 420 m/sec	spessore medio 6,84 m

Ottenendo in base ai dati sopra esposti una velocità V_{s30} rispetto al piano campagna naturale di:

$$V_{s30} = 339 \text{ m/sec}$$

Che corrisponde ad una Categoria del suolo di fondazione di tipo C (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina)*)

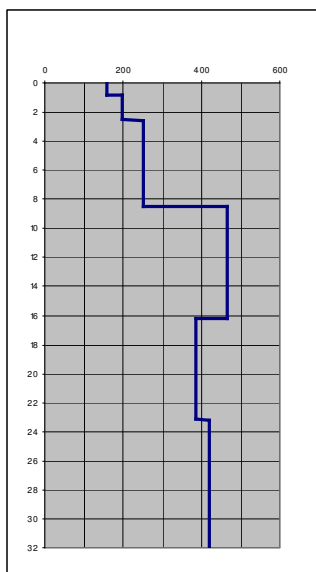
Indagine sismica a rifrazione Vp

Per la valutazione dell'andamento delle onde Vp è stata effettuata una prova sismica di superficie (*v pag1*)
Da tale analisi (vedi scheda sismica rifrazione multicanale) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde Vp. Le sezioni interpretative indicano l'andamento generale dei limiti tra i diversi livelli (rifrattori sismici), mentre le velocità riportate sono indicative dell'andamento generale della velocità dell'onda sismica nello strato considerato (*sempre tenendo conto della presenza o meno della falda*).

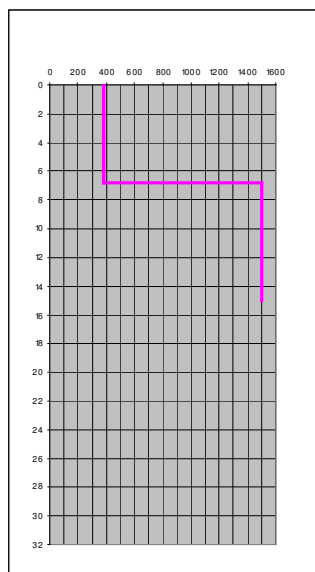
per i vari strati individuati, sinteticamente di seguito riassunti: **B**

1° strato:	velocità media onde Vp 310/380 m/sec	spessore medio 5,5/7,2 m
2° strato:	velocità media onde Vp 1540/1350 m/sec	spessore medio - indefinito

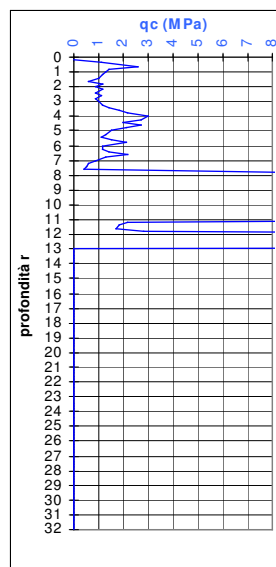
(Grafico Vs/ profondità)



(Grafico Vp/ profondità)



(grafico qc/profondità – CPT5)



Parrocchia S. Pio X

indagine MASW

Valutazione del suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{s30})

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, che permette di caratterizzare il sottosuolo basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio Vs.

Da tale analisi (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde Vs, per i vari strati individuati, di seguito riassunti: **MW_12**

1° strato:	velocità media onde Vs 169 m/sec	spessore medio 1,00 m
2° strato:	velocità media onde Vs 164 m/sec	spessore medio 2,06 m
3° strato:	velocità media onde Vs 298 m/sec	spessore medio 5,77 m
4° strato:	velocità media onde Vs 501 m/sec	spessore medio 5,82 m
5° strato:	velocità media onde Vs 421 m/sec	spessore medio 9,98 m
6° strato:	velocità media onde Vs 441 m/sec	spessore medio 5,37 m

Ottenendo in base ai dati sopra esposti una velocità V_{s30} rispetto al piano campagna naturale di:

$$V_{s30} = 352 \text{ m/sec}$$

Che corrisponde ad una Categoria del suolo di fondazione di tipo C (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina)

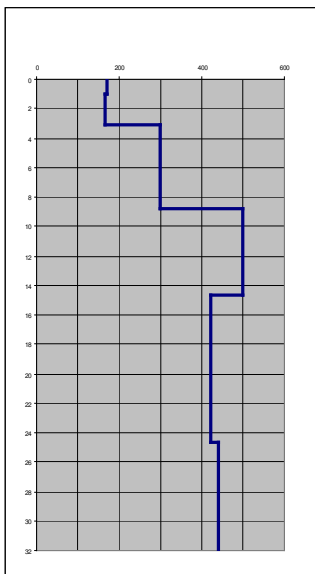
Indagine sismica a rifrazione Vp

Per la valutazione dell'andamento delle onde Vp è stata effettuata una prova sismica di superficie (*v pag1*)
Da tale analisi (vedi scheda sismica rifrazione multicanale) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde Vp. Le sezioni interpretative indicano l'andamento generale dei limiti tra i diversi livelli (rifrattori sismici), mentre le velocità riportate sono indicative dell'andamento generale della velocità dell'onda sismica nello strato considerato (*sempre tenendo conto della presenza o meno della falda*).

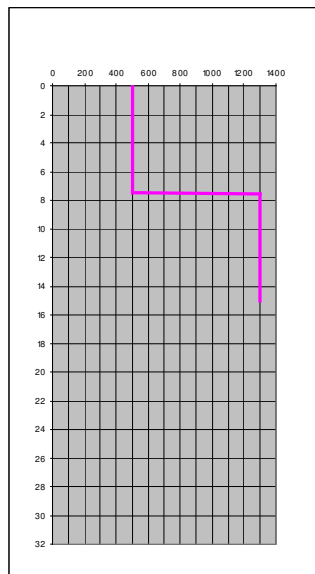
per i vari strati individuati, sinteticamente di seguito riassunti: **E**

- | | | |
|------------|--|-----------------------------|
| 1° strato: | velocità media onde Vp 470/610 m/sec | spessore medio 5,5/8 m |
| 2° strato: | velocità media onde Vp 1350/1250 m/sec | spessore medio - indefinito |

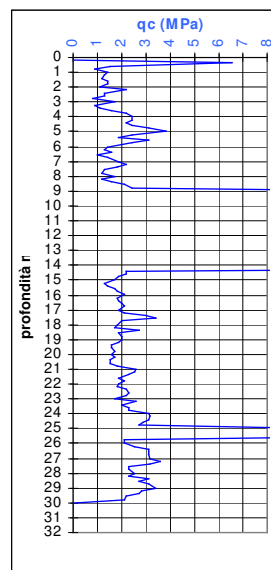
(Grafico Vs/ profondità)



(Grafico Vp/ profondità)



(grafico qc/profondità – CPT6)



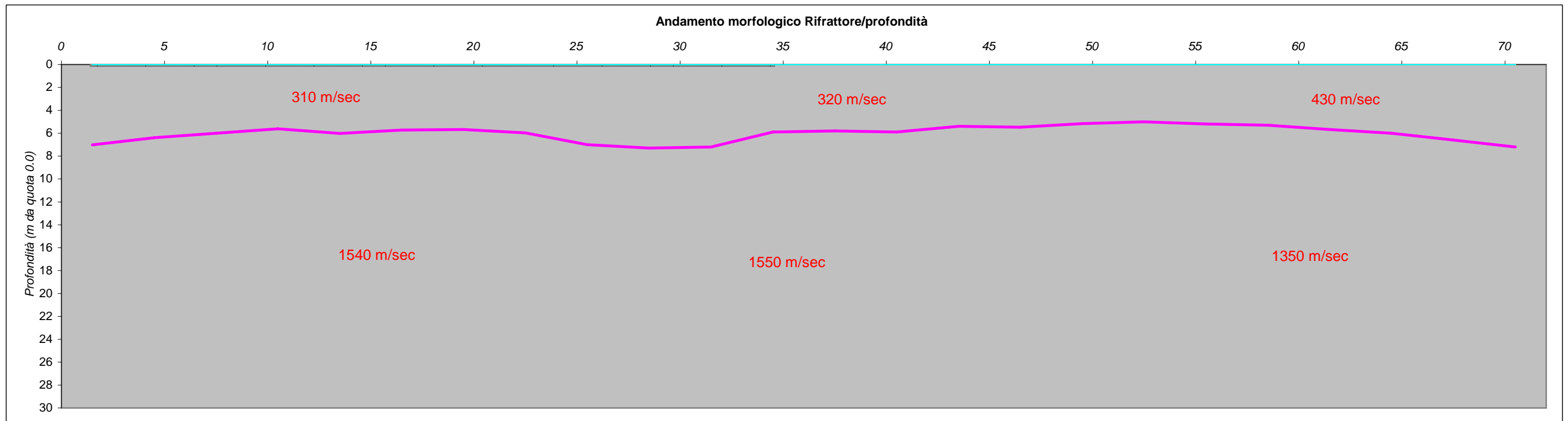
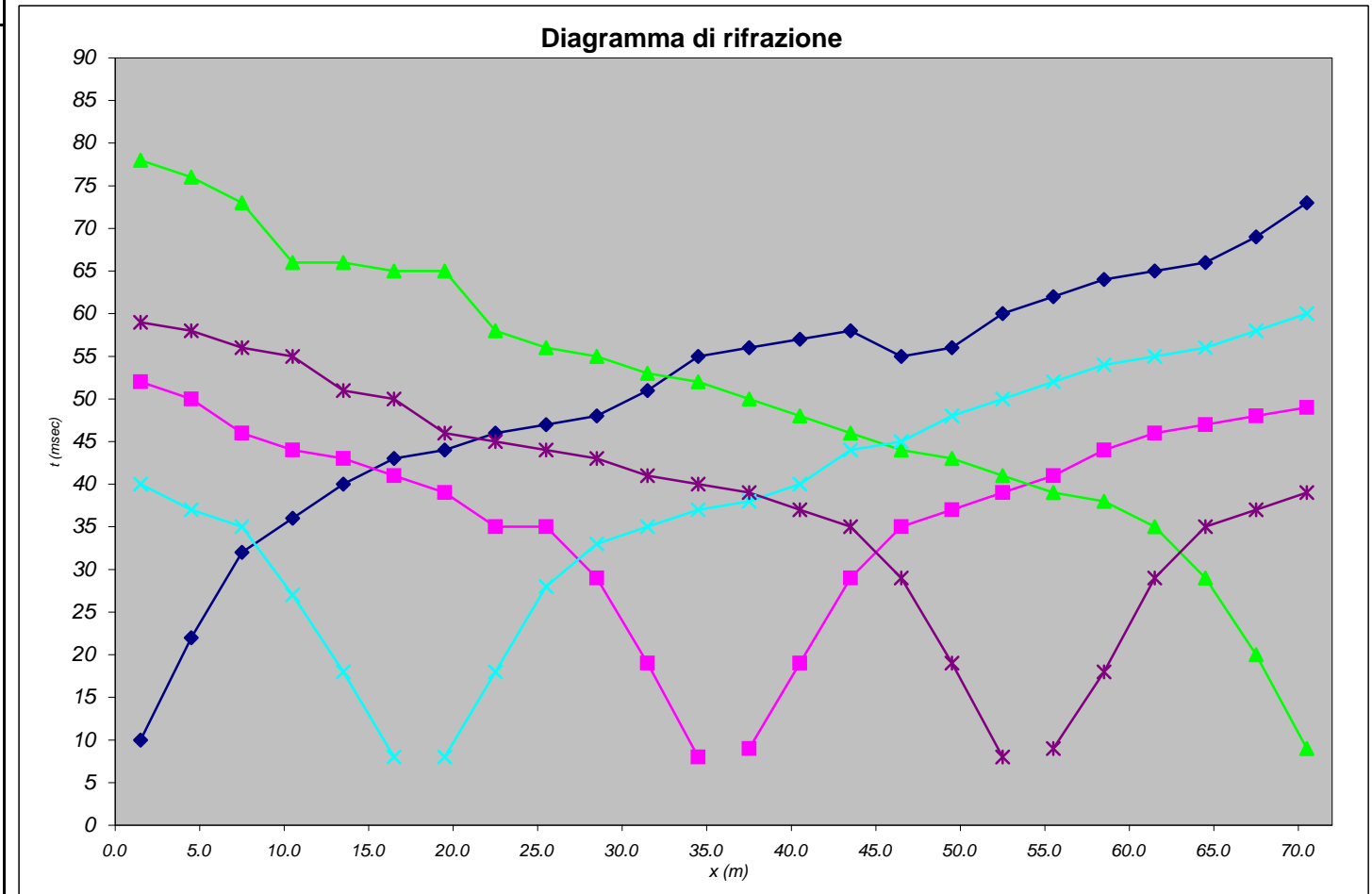
TECNOGEOFISICA snc Via Malta, 2 41012 Carpi (MO) info@tecnogEOFISICA.com	Sismica Rifrazione Multicanale	Committente:	Lavoro:	Località:	Data:
	Base Sismica n°B	Dott. Geol. S. Castagnetti	P.S.C. Reggio Emilia	Polo della Cultura - Consorzio Parmareggio	30/03/2010

Lunghezza stendimento :
72 m

Energizzazione:
X1=0 X2=18 X3=36 X4=54 X5=72

Azimet stendimento:
S - N

GEOFONI		t arrivi					PROFONDITA' (m da p.c.)			VELOCITA' (m/sec)			
Prog.	Quota	(x1)	(x2)	(x3)	(x4)	(x5)	1°rifratt	2°rifratt	3°rifratt	1°strato	2°strato	3°strato	4°strato
1.5	0.00	10.0	40.0	52.0	59.0	78.0	7.02			330	1560		
4.5	0.00	22.0	37.0	50.0	58.0	76.0	6.40			320	1540		
7.5	0.00	32.0	35.0	46.0	56.0	73.0	6.01			310	1540		
10.5	0.00	36.0	27.0	44.0	55.0	66.0	5.62			310	1540		
13.5	0.00	40.0	18.0	43.0	51.0	66.0	6.02			300	1540		
16.5	0.00	43.0	8.0	41.0	50.0	65.0	5.72			310	1560		
19.5	0.00	44.0	8.0	39.0	46.0	65.0	5.67			310	1580		
22.5	0.00	46.0	18.0	35.0	45.0	58.0	5.97			310	1600		
25.5	0.00	47.0	28.0	35.0	44.0	56.0	7.00			320	1600		
28.5	0.00	48.0	33.0	29.0	43.0	55.0	7.30			320	1600		
31.5	0.00	51.0	35.0	19.0	41.0	53.0	7.20			320	1600		
34.5	0.00	55.0	37.0	8.0	40.0	52.0	5.90			320	1570		
37.5	0.00	56.0	38.0	9.0	39.0	50.0	5.80			320	1550		
40.5	0.00	57.0	40.0	19.0	37.0	48.0	5.90			320	1530		
43.5	0.00	58.0	44.0	29.0	35.0	46.0	5.40			320	1480		
46.5	0.00	55.0	45.0	35.0	29.0	44.0	5.48			320	1450		
49.5	0.00	56.0	48.0	37.0	19.0	43.0	5.16			320	1420		
52.5	0.00	60.0	50.0	39.0	8.0	41.0	5.00			350	1390		
55.5	0.00	62.0	52.0	41.0	9.0	39.0	5.20			380	1350		
58.5	0.00	64.0	54.0	44.0	18.0	38.0	5.30			400	1350		
61.5	0.00	65.0	55.0	46.0	29.0	35.0	5.68			430	1330		
64.5	0.00	66.0	56.0	47.0	35.0	29.0	6.00			460	1330		
67.5	0.00	69.0	58.0	48.0	37.0	20.0	6.60			490	1320		
70.5	0.00	73.0	60.0	49.0	39.0	9.0	7.20			490	1320		



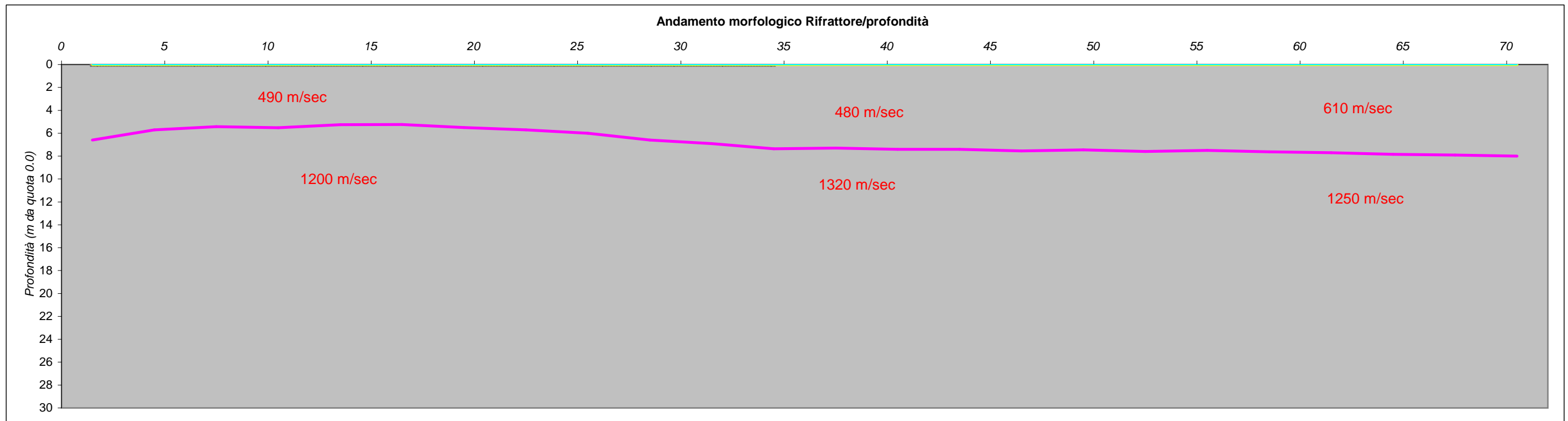
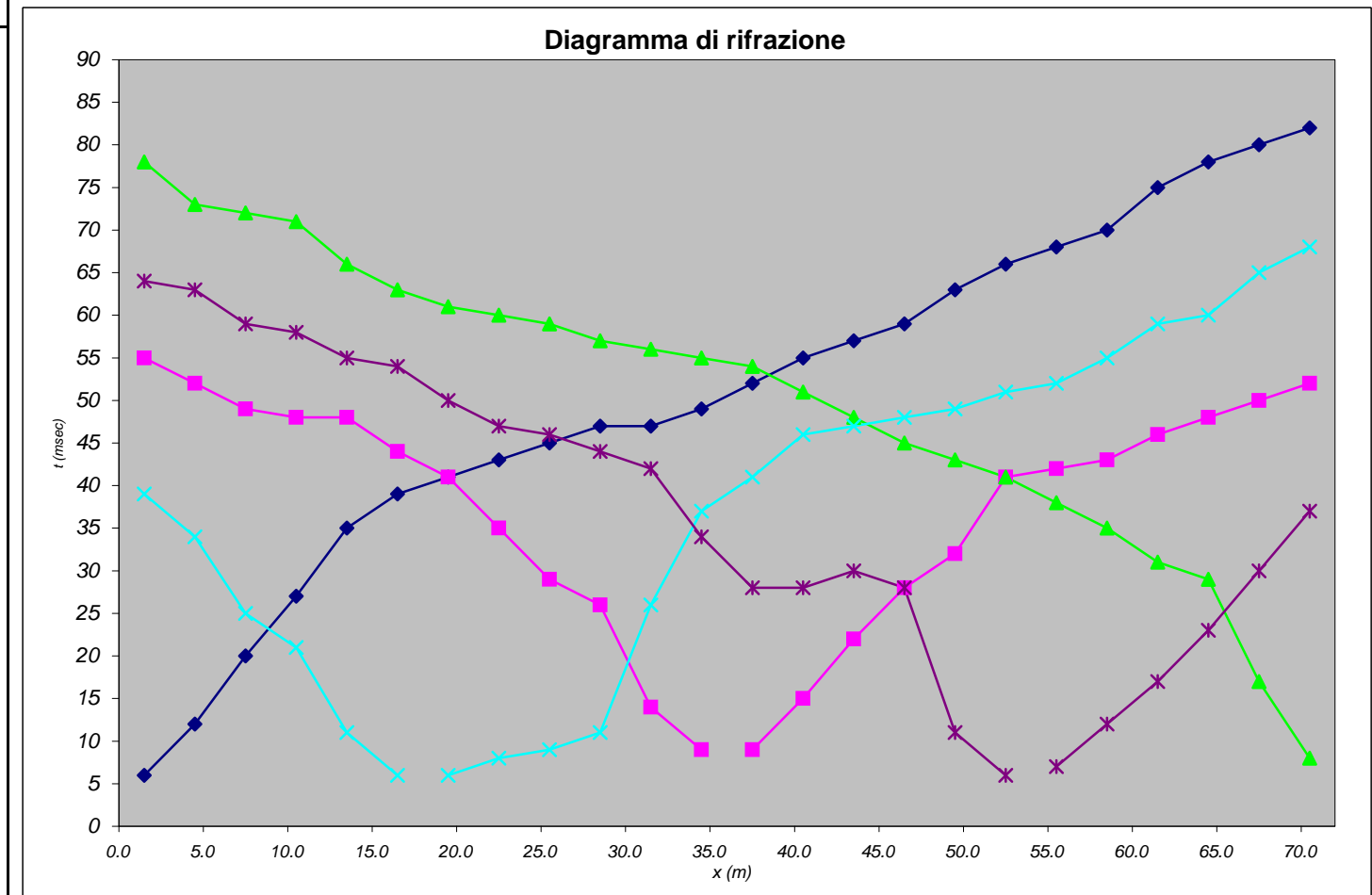
TECNOGEOFISICA snc Via Malta, 2 41012 Carpi (MO) info@tecnogEOFISICA.com	Sismica Rifrazione Multicanale	Committente:	Lavoro:	Località:	Data:
	Base Sismica n°E	Dott. Geol. S. Castagnetti	P.S.C. Reggio Emilia	Polo della cultura - Chiesa S. Pio X	30/03/2010

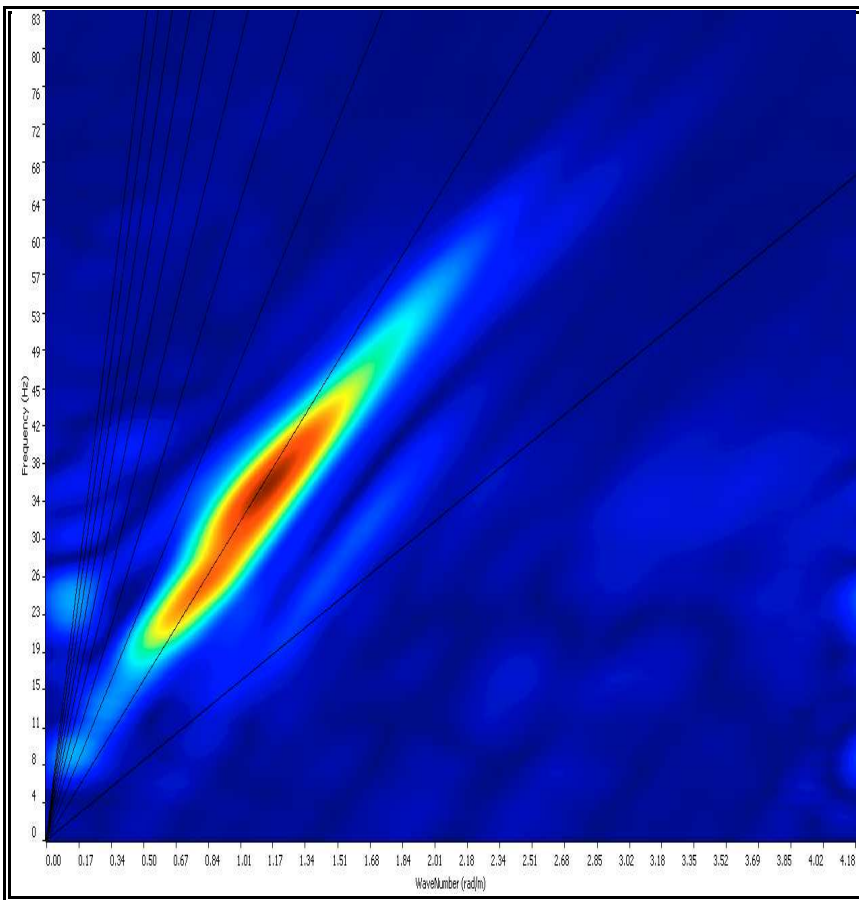
Lunghezza stendimento :
72 m

Energizzazione:
X1=0 X2=18 X3=36 X4=54 X5=72

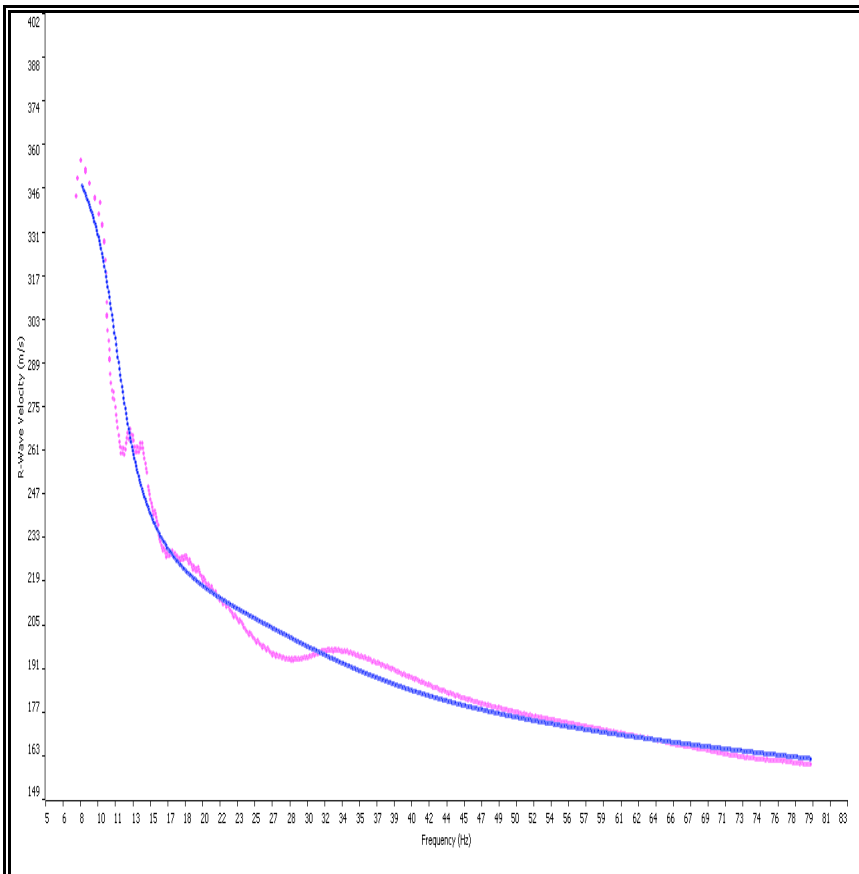
Azimet stendimento:
E SE - O NO

GEOFONI		t arrivi					PROFONDITA' (m da p.c.)			VELOCITA' (m/sec)			
Prog.	Quota	(x1)	(x2)	(x3)	(x4)	(x5)	1°rifratt	2°rifratt	3°rifratt	1°strato	2°strato	3°strato	4°strato
1.5	0.00	6.0	39.0	55.0	64.0	78.0	6.60			500	1230		
4.5	0.00	12.0	34.0	52.0	63.0	73.0	5.70			500	1220		
7.5	0.00	20.0	25.0	49.0	59.0	72.0	5.43			490	1210		
10.5	0.00	27.0	21.0	48.0	58.0	71.0	5.52			490	1200		
13.5	0.00	35.0	11.0	48.0	55.0	66.0	5.26			480	1220		
16.5	0.00	39.0	6.0	44.0	54.0	63.0	5.24			480	1250		
19.5	0.00	41.0	6.0	41.0	50.0	61.0	5.50			470	128		
22.5	0.00	43.0	8.0	35.0	47.0	60.0	5.70			470	1300		
25.5	0.00	45.0	9.0	29.0	46.0	59.0	6.00			470	1330		
28.5	0.00	47.0	11.0	26.0	44.0	57.0	6.60			470	1350		
31.5	0.00	47.0	26.0	14.0	42.0	56.0	6.90			470	1340		
34.5	0.00	49.0	37.0	9.0	34.0	55.0	7.36			470	1330		
37.5	0.00	52.0	41.0	9.0	28.0	54.0	7.30			480	1320		
40.5	0.00	55.0	46.0	15.0	28.0	51.0	7.40			490	1300		
43.5	0.00	57.0	47.0	22.0	30.0	48.0	7.40			500	1300		
46.5	0.00	59.0	48.0	28.0	28.0	45.0	7.54			520	1280		
49.5	0.00	63.0	49.0	32.0	11.0	43.0	7.45			530	1280		
52.5	0.00	66.0	51.0	41.0	6.0	41.0	7.60			550	1280		
55.5	0.00	68.0	52.0	42.0	7.0	38.0	7.50			570	1280		
58.5	0.00	70.0	55.0	43.0	12.0	35.0	7.62			590	1250		
61.5	0.00	75.0	59.0	46.0	17.0	31.0	7.70			610	1250		
64.5	0.00	78.0	60.0	48.0	23.0	29.0	7.85			630	1250		
67.5	0.00	80.0	65.0	50.0	30.0	17.0	7.90			650	1250		
70.5	0.00	82.0	68.0	52.0	37.0	8.0	8.00			670	1250		

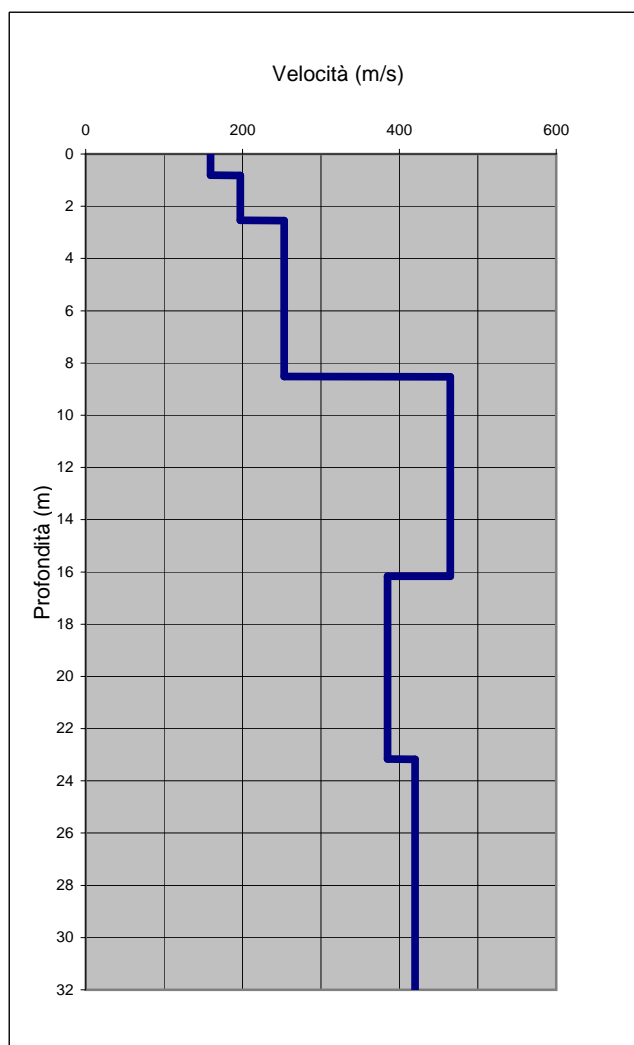




Spettro Ampiezza/Frequenza



Sovrapposizione Curva teorica /Curva di calcolo



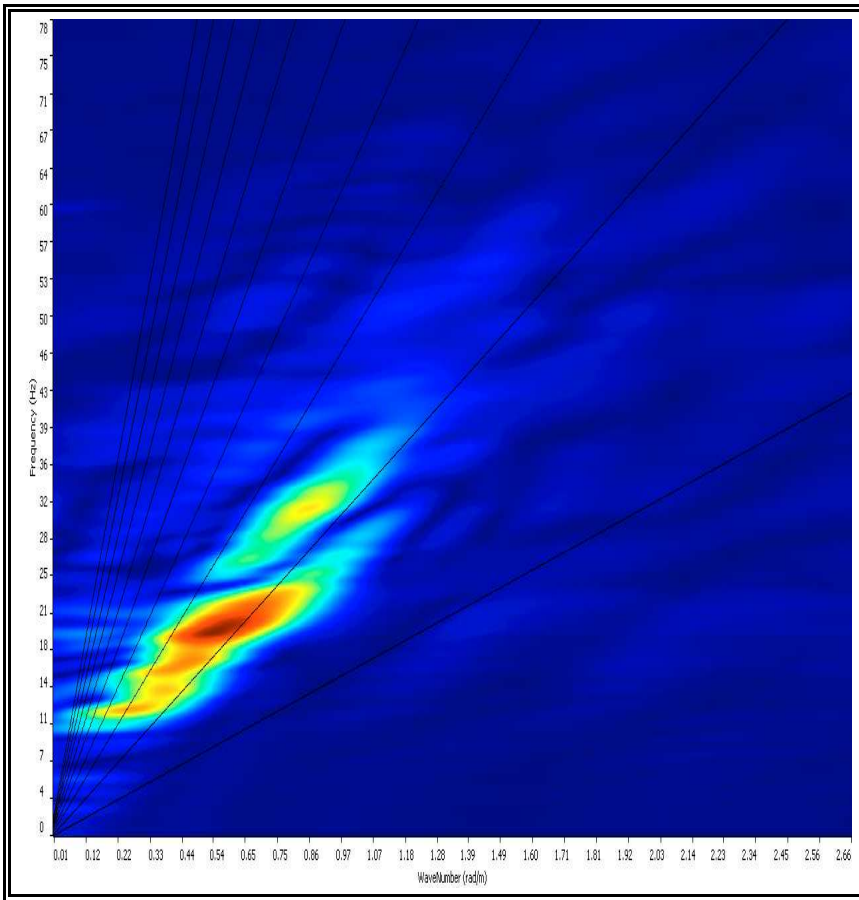
Profilo velocità/profondità

	Profondità da	Profondità a	Spessore m	Vel. Media m/sec
Strato1	0.00	0.81	0.81	159
Strato2	0.81	2.54	1.73	197
Strato3	2.54	8.52	5.98	253
Strato4	8.52	16.16	7.64	465
Strato5	16.16	23.16	7.00	385
Strato6	23.16	30.00	6.84	420

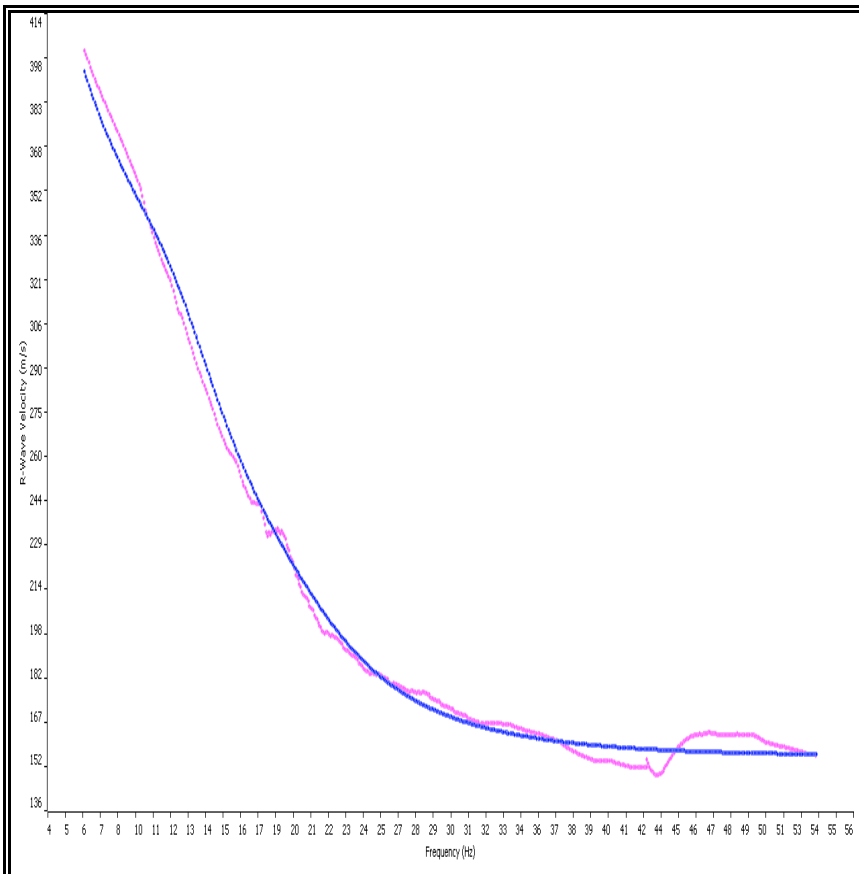
V_{s30} = 339 m/sec

Caratteristiche indagine

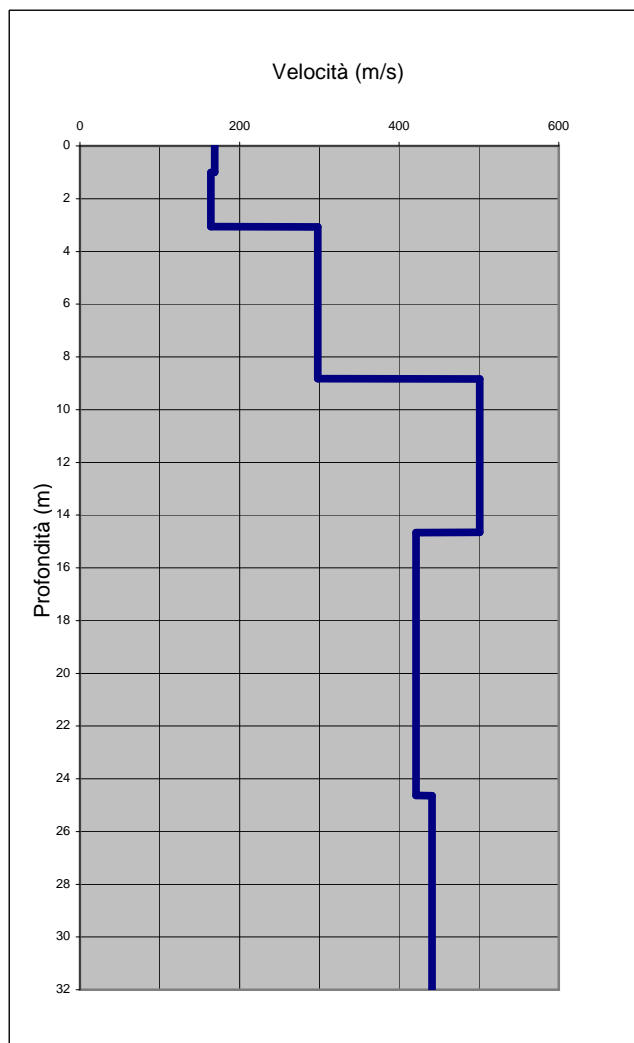
N° geofoni a 4,5 Hz	24
Spaziatura geofoni	1,5 m
Lunghezza stendimento	34,5 m
Energizzazione	15 m



Spettro Ampiezza/Frequenza



Sovrapposizione Curva teorica /Curva di calcolo



Profilo velocità/profondità

	Profondità da	Profondità a	Spessore m	Vel. Media m/sec
Strato1	0.00	1.00	1.00	169
Strato2	1.00	3.06	2.06	164
Strato3	3.06	8.83	5.77	298
Strato4	8.83	14.65	5.82	501
Strato5	14.65	24.63	9.98	421
Strato6	24.63	30.00	5.37	441

V_{s30} = 352 m/sec

Caratteristiche indagine

N° geofoni a 4,5 Hz	24
Spaziatura geofoni	1,5 m
Lunghezza stendimento	34,5 m
Energizzazione	15 m



Comparto "Polo della Cultura" - sede Consorzio Parmigiano Reggiano



Comparto "Polo della Cultura" - Parrocchia San Pio X

Area Parco Ottavi

Data la dimensione dell'area sono state eseguite due prove masw (MW_5 settore sud, MW_6 settore nord) e una sismica a rifrazione con misura delle Vp (denominata A nel settore Sud) oltre a CPT di taratura.

SETTORE SUD

indagine MASW

Valutazione del suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{s30})

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, che permette di caratterizzazione il sottosuolo basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio Vs.

Da tale analisi (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde Vs, per i vari strati individuati, di seguito riassunti: **MW_5**

1° strato:	velocità media onde Vs 172 m/sec	spessore medio 0,86 m
2° strato:	velocità media onde Vs 221 m/sec	spessore medio 1,72 m
3° strato:	velocità media onde Vs 282 m/sec	spessore medio 3,08 m
4° strato:	velocità media onde Vs 506 m/sec	spessore medio 5,74 m
5° strato:	velocità media onde Vs 459 m/sec	spessore medio 3,50 m
6° strato:	velocità media onde Vs 440 m/sec	spessore medio 15,10 m

Ottenendo in base ai dati sopra esposti una velocità V_{s30} rispetto al piano campagna naturale di:

$$V_{s30} = 390 \text{ m/sec}$$

Che corrisponde ad una Categoria del suolo di fondazione di tipo B (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} >$ di 50 nei terreni a grana grossa e $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fina)

Indagine sismica a rifrazione Vp

Per la valutazione dell'andamento delle onde Vp è stata effettuata una prova sismica di superficie (*v pag1*)
Da tale analisi (vedi scheda sismica rifrazione multicanale) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde Vp. Le sezioni interpretative indicano l'andamento generale dei limiti tra i diversi livelli (rifrattori sismici), mentre le velocità riportate sono indicative dell'andamento generale della velocità dell'onda sismica nello strato considerato (*sempre tenendo conto della presenza o meno della falda*).

per i vari strati individuati, sinteticamente di seguito riassunti: **A**

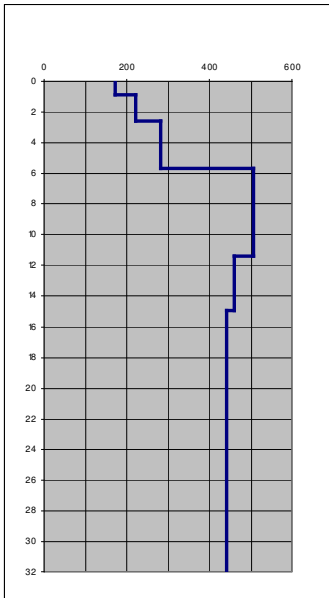
1° strato: velocità media onde Vp 440/430 m/sec

spessore medio 6/7 m

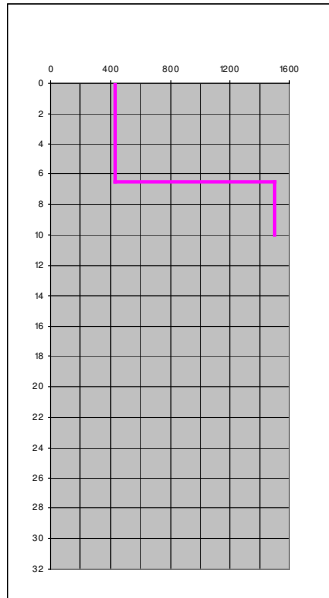
2° strato: velocità media onde Vp 1600/1350 m/sec

spessore medio - indefinito

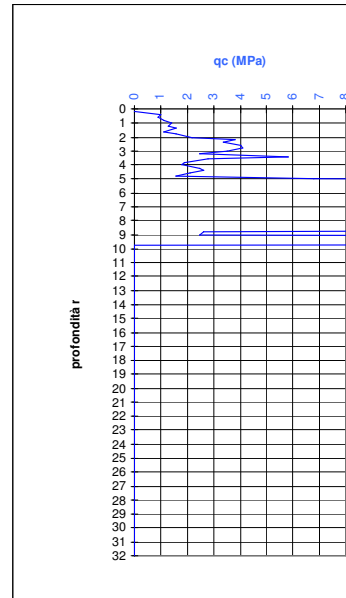
(Grafico Vs/ profondità)



(Grafico Vp/ profondità)



(grafico qc/profondità – CPT1)



SETTORE Nord

indagine MASW

Valutazione del suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{s30})

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, che permette di caratterizzare il sottosuolo basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio V_s .

Da tale analisi (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde V_s , per i vari strati individuati, di seguito riassunti: **MW_6**

1° strato:	velocità media onde V_s 145 m/sec	spessore medio 0,70 m
2° strato:	velocità media onde V_s 204 m/sec	spessore medio 1,51 m
3° strato:	velocità media onde V_s 336 m/sec	spessore medio 3,48 m
4° strato:	velocità media onde V_s 426 m/sec	spessore medio 3,88 m
5° strato:	velocità media onde V_s 396 m/sec	spessore medio 5,04 m
6° strato:	velocità media onde V_s 349 m/sec	spessore medio 9,26 m
7° strato:	velocità media onde V_s 391 m/sec	spessore medio 6,13 m

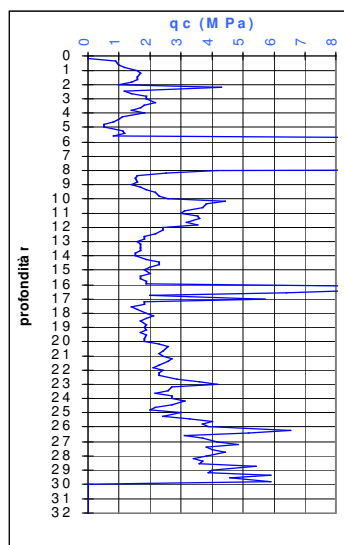
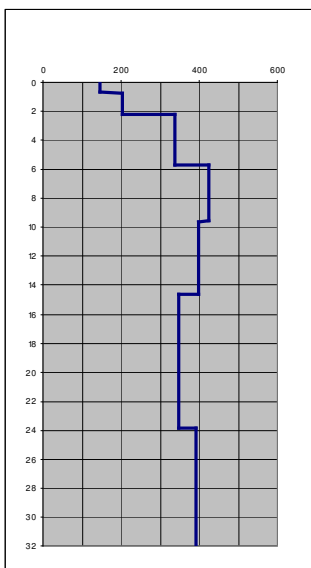
Ottenendo in base ai dati sopra esposti una velocità V_{s30} rispetto al piano campagna naturale di:

$$V_{s30} = 346 \text{ m/sec}$$

Che corrisponde ad una Categoria del suolo di fondazione di tipo C (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina)

(Grafico V_s /profondità)

(grafico q_c /profondità – CPT3)

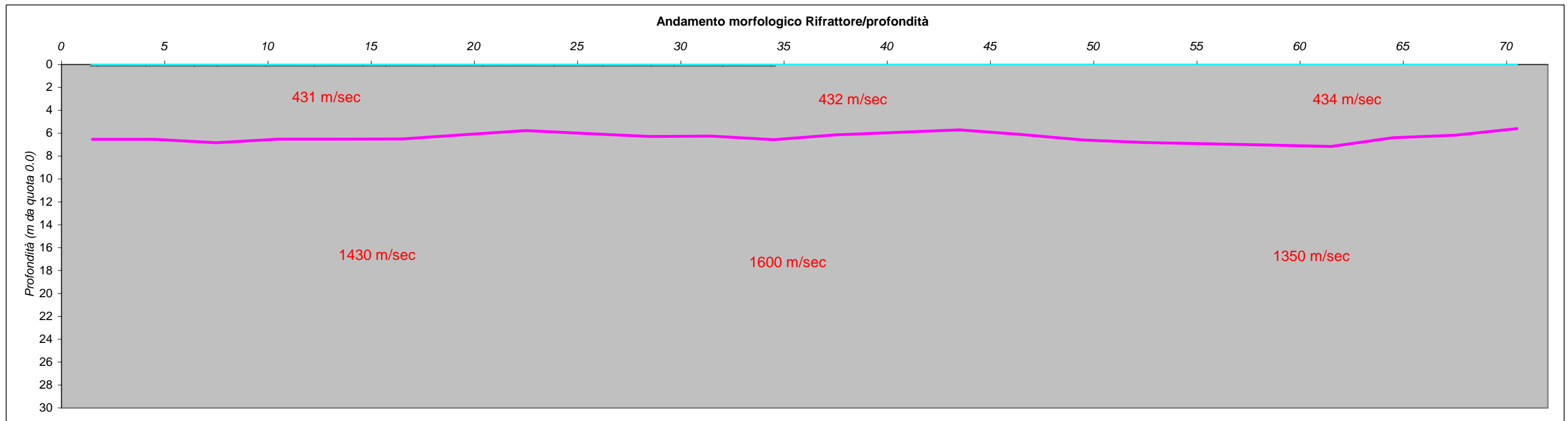
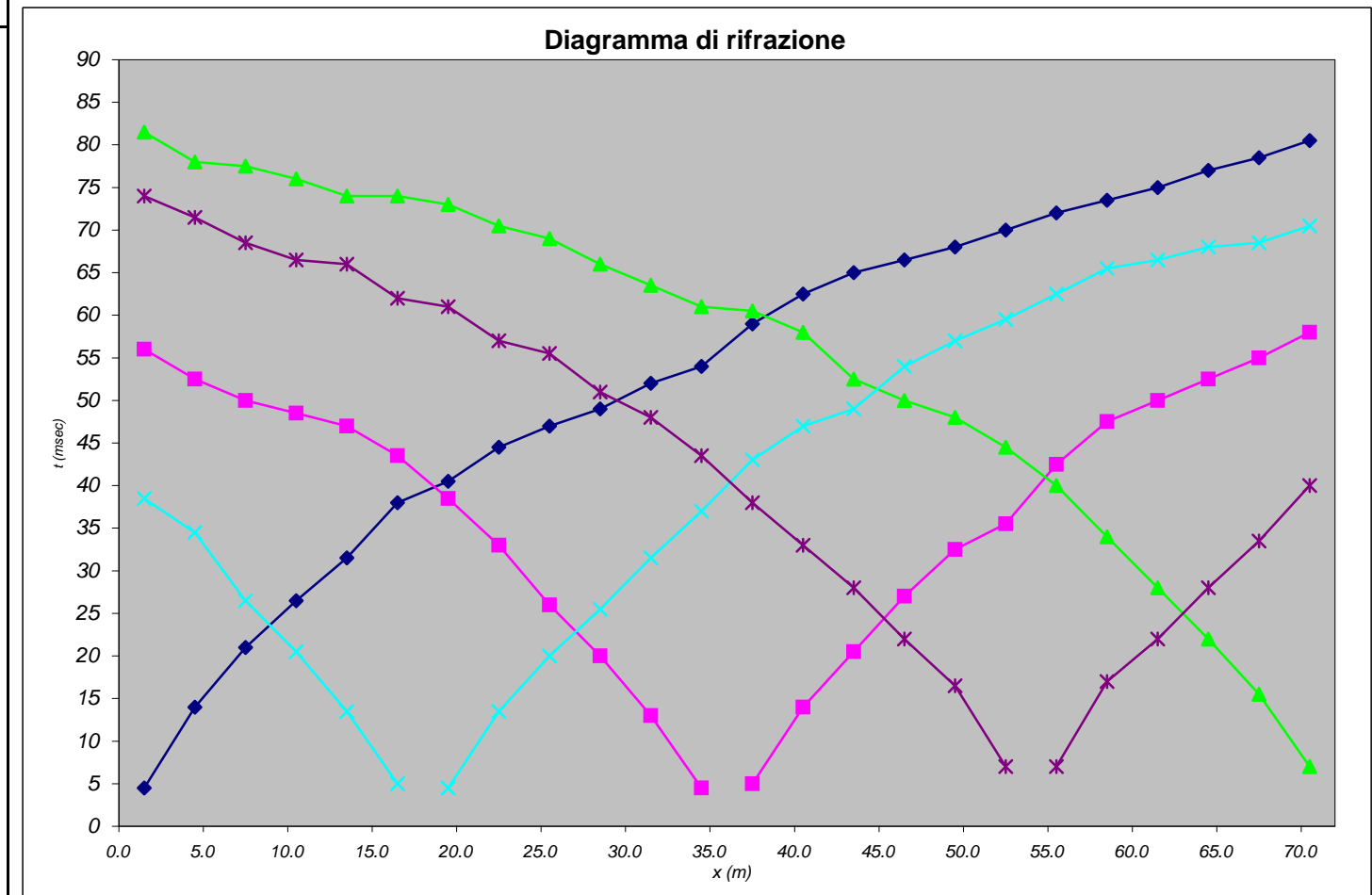


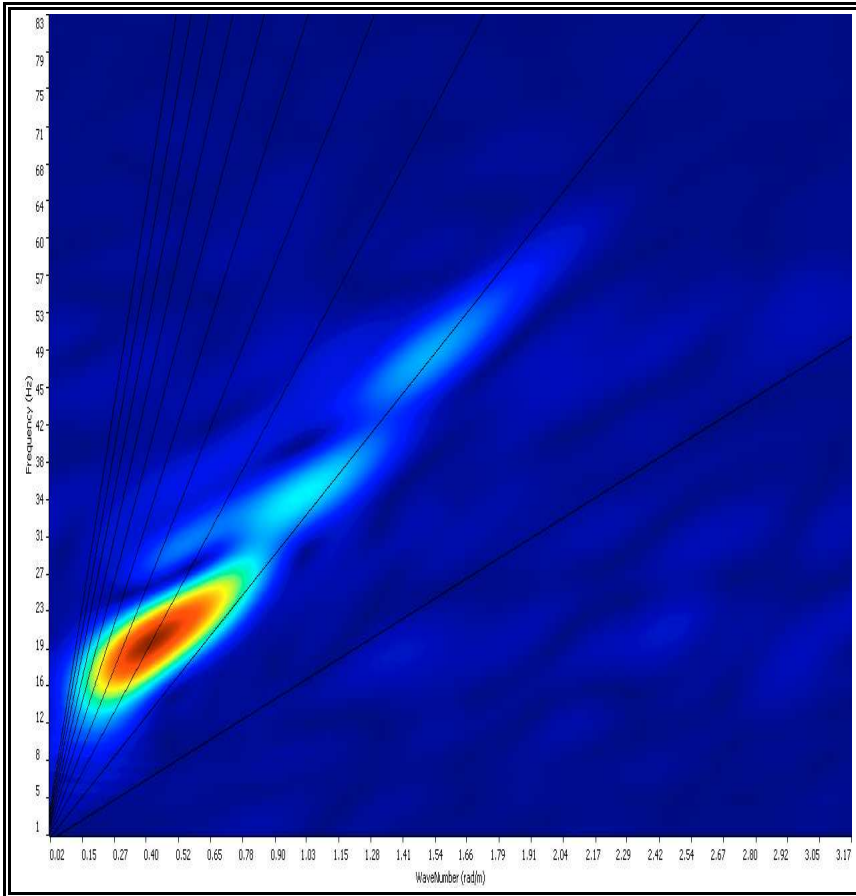
Lunghezza stendimento :
72 m

Energizzazione:
X1=0 X2=18 X3=36 X4=54 X5=72

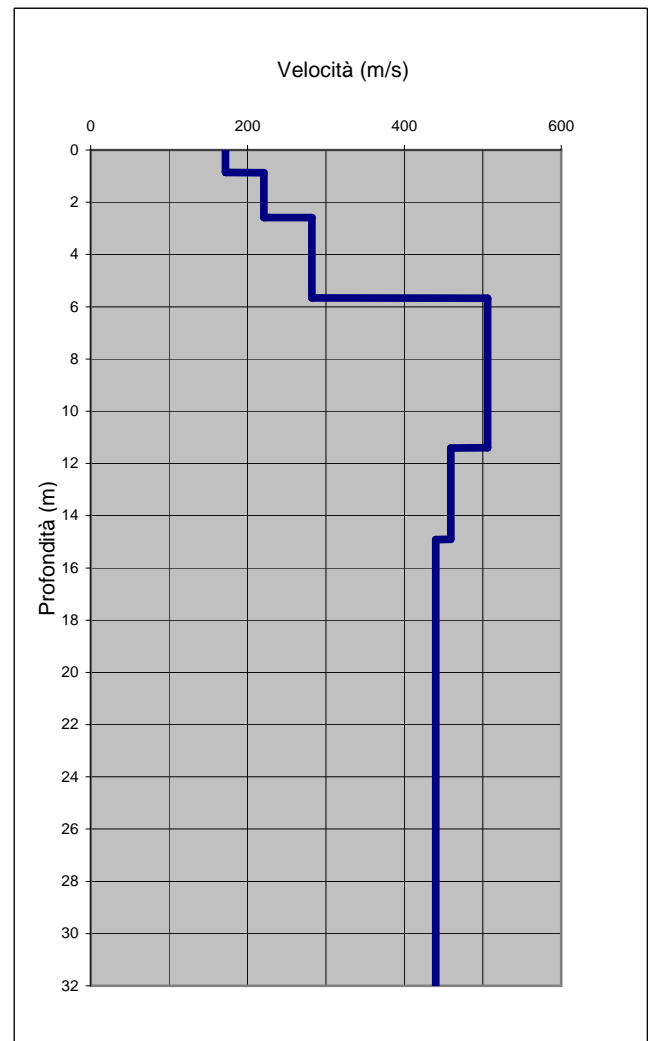
Azimut stendimento:
SO - NE

GEOFONI		t arrivi					PROFONDITA' (m da p.c.)			VELOCITA' (m/sec)			
Prog.	Quota	(x1)	(x2)	(x3)	(x4)	(x5)	1°rifratt	2°rifratt	3°rifratt	1°strato	2°strato	3°strato	4°strato
1.5	0.00	4.5	38.5	56.0	74.0	81.5	6.53			449	1400		
4.5	0.00	14.0	34.5	52.5	71.5	78.0	6.53			442	1400		
7.5	0.00	21.0	26.5	50.0	68.5	77.5	6.83			431	1400		
10.5	0.00	26.5	20.5	48.5	66.5	76.0	6.52			431	1400		
13.5	0.00	31.5	13.5	47.0	66.0	74.0	6.51			431	1400		
16.5	0.00	38.0	5.0	43.5	62.0	74.0	6.50			431	1430		
19.5	0.00	40.5	4.5	38.5	61.0	73.0	6.13			431	1490		
22.5	0.00	44.5	13.5	33.0	57.0	70.5	5.77			431	1500		
25.5	0.00	47.0	20.0	26.0	55.5	69.0	6.03			431	1550		
28.5	0.00	49.0	25.5	20.0	51.0	66.0	6.28			431	1580		
31.5	0.00	52.0	31.5	13.0	48.0	63.5	6.25			431	1590		
34.5	0.00	54.0	37.0	4.5	43.5	61.0	6.57			431	1600		
37.5	0.00	59.0	43.0	5.0	38.0	60.5	6.14			432	1600		
40.5	0.00	62.5	47.0	14.0	33.0	58.0	5.93			432	1590		
43.5	0.00	65.0	49.0	20.5	28.0	52.5	5.70			432	1520		
46.5	0.00	66.5	54.0	27.0	22.0	50.0	6.11			432	1430		
49.5	0.00	68.0	57.0	32.5	16.5	48.0	6.60			432	1360		
52.5	0.00	70.0	59.5	35.5	7.0	44.5	6.82			432	1350		
55.5	0.00	72.0	62.5	42.5	7.0	40.0	6.93			432	1350		
58.5	0.00	73.5	65.5	47.5	17.0	34.0	7.04			432	1350		
61.5	0.00	75.0	66.5	50.0	22.0	28.0	7.15			432	1350		
64.5	0.00	77.0	68.0	52.5	28.0	22.0	6.39			434	1350		
67.5	0.00	78.5	68.5	55.0	33.5	15.5	6.17			434	1350		
70.5	0.00	80.5	70.5	58.0	40.0	7.0	5.60			434	1360		

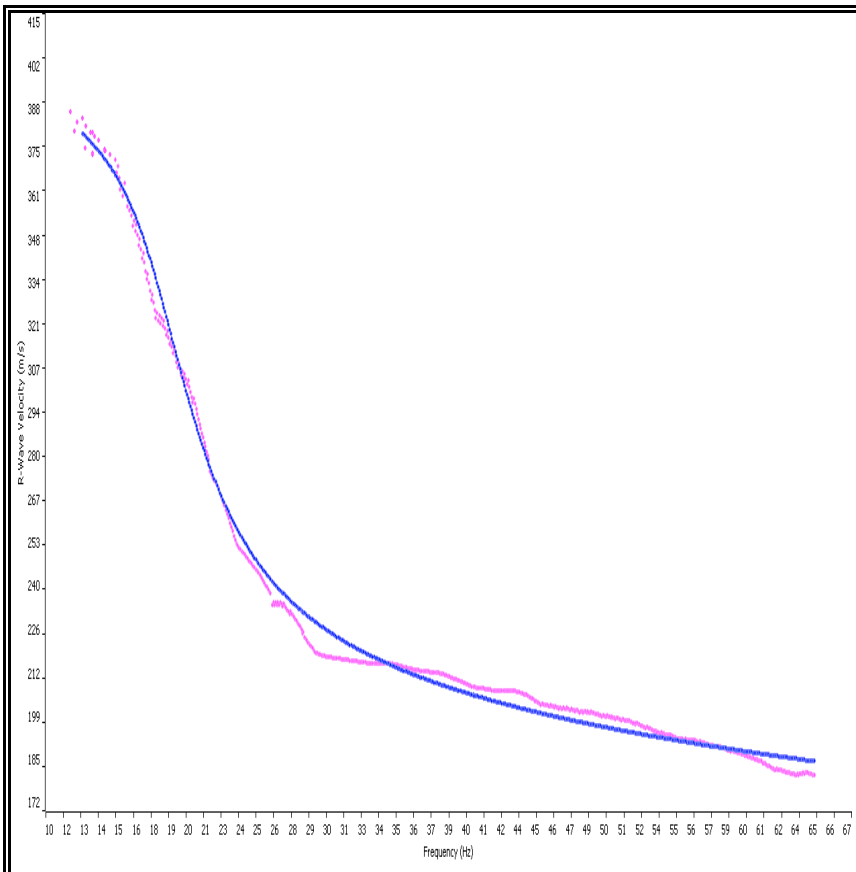




Spettro Ampiezza/Frequenza



Profilo velocità/profondità



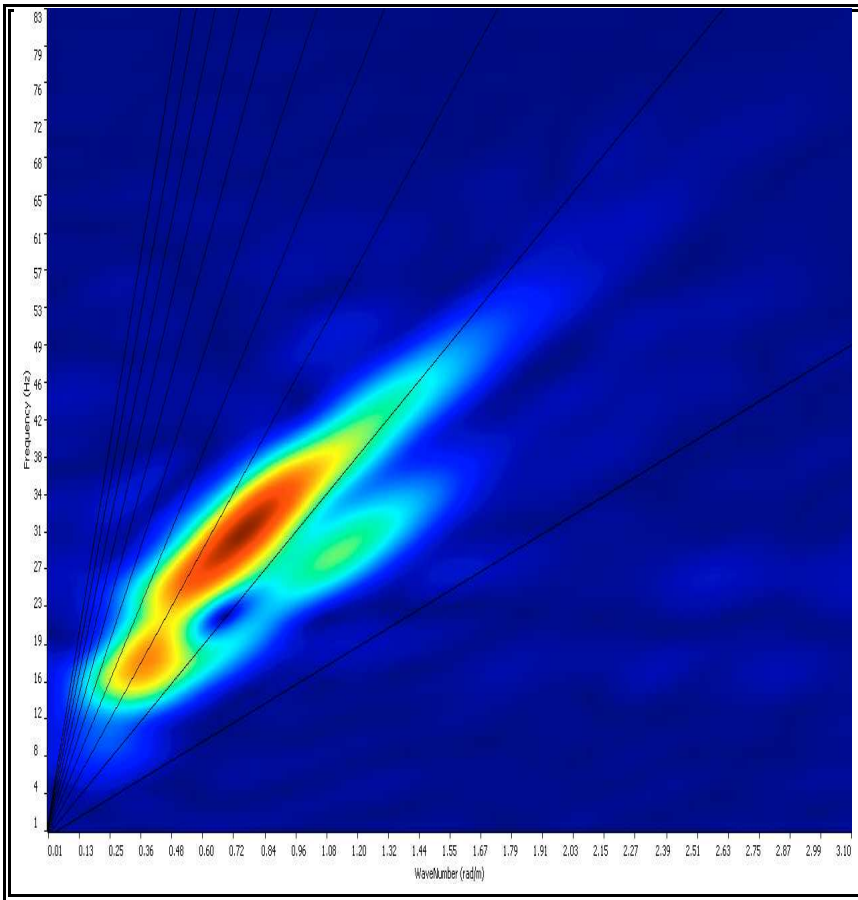
Sovrapposizione Curva teorica /Curva di calcolo

	Profondità da	Profondità a	Spessore m	Vel. Media m/sec
Strato1	0.00	0.86	0.86	172
Strato2	0.86	2.58	1.72	221
Strato3	2.58	5.66	3.08	282
Strato4	5.66	11.40	5.74	506
Strato5	11.40	14.90	3.50	459
Strato6	14.90	30.00	15.10	440

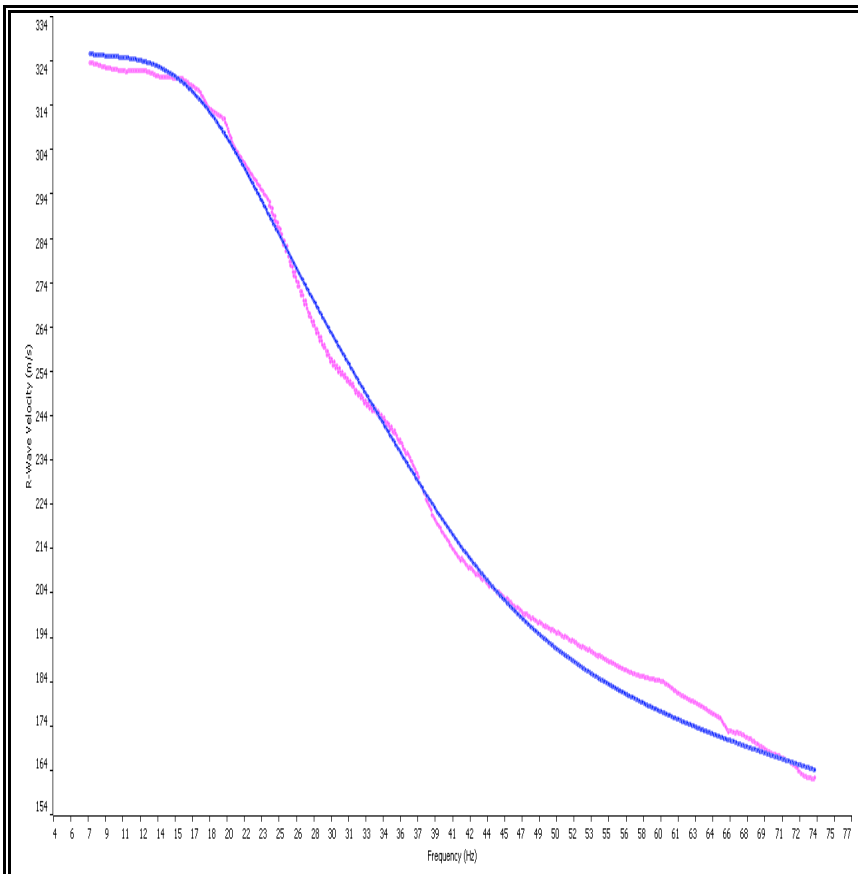
V_{s30} = 390 m/sec

Caratteristiche indagine

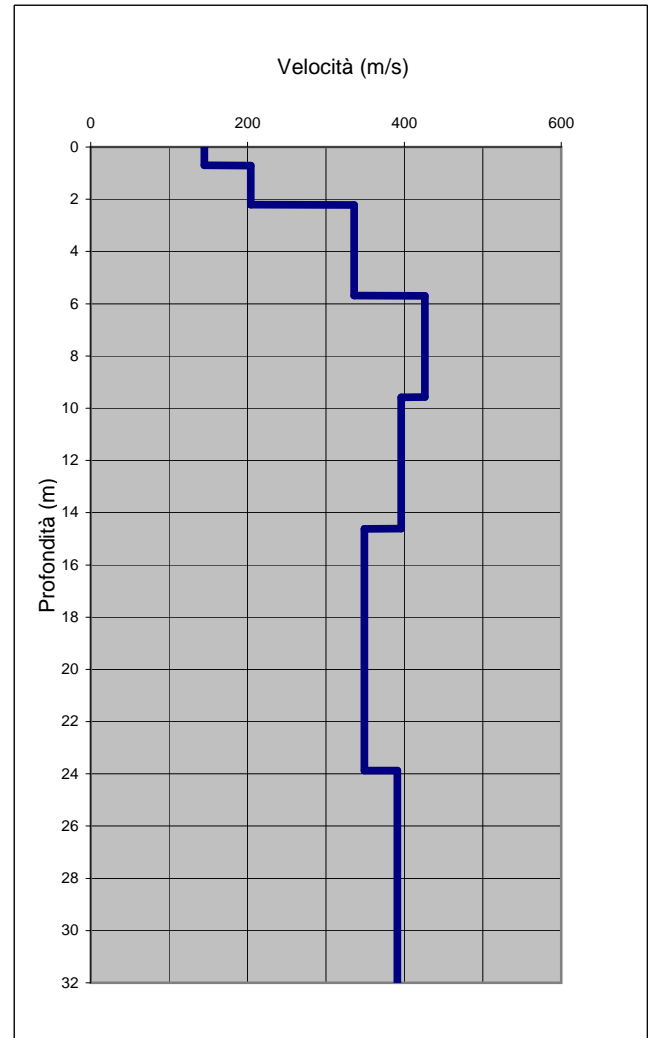
N° geofoni a 4,5 Hz	24
Spaziatura geofoni	1,5 m
Lunghezza stendimento	34,5 m
Energizzazione	15 m



Spettro Ampiezza/Frequenza



Sovrapposizione Curva teorica /Curva di calcolo



Profilo velocità/profondità

	Profondità da	Profondità a	Spessore m	Vel. Media m/sec
Strato1	0.00	0.70	0.70	145
Strato2	0.70	2.21	1.51	204
Strato3	2.21	5.69	3.48	336
Strato4	5.69	9.57	3.88	426
Strato5	9.57	14.61	5.04	396
Strato6	14.61	23.87	9.26	349
Strato7	23.87	30.00	6.13	391

V_{s30} = 346 m/sec

Caratteristiche indagine

N° geofoni a 4,5 Hz	24	
Spaziatura geofoni	1,5	m
Lunghezza stendimento	34,5	m
Energizzazione	15	m



Comparto Parco Ottavi - settore nord



Comparto Parco Ottavi - settore sud

Area Fogliano

Data la dimensione dell'area sono state eseguite due prove masw (MW_9 settore Sud; MW_10 settore Nord) e una sismiche a rifrazione con misura delle Vp (D settore Sud) oltre a CPT di taratura.

Settore Sud

indagine MASW

Valutazione del suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{s30})

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, che permette di caratterizzazione il sottosuolo basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio Vs.

Da tale analisi (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde Vs, per i vari strati individuati, di seguito riassunti: **MW_9**

1° strato:	velocità media onde Vs 114 m/sec	spessore medio 0,70 m
2° strato:	velocità media onde Vs 163 m/sec	spessore medio 1,20 m
3° strato:	velocità media onde Vs 230 m/sec	spessore medio 2,41 m
4° strato:	velocità media onde Vs 293 m/sec	spessore medio 5,56 m
5° strato:	velocità media onde Vs 259 m/sec	spessore medio 3,41 m
6° strato:	velocità media onde Vs 379 m/sec	spessore medio 11,11 m
7° strato:	velocità media onde Vs 401 m/sec	spessore medio 5,61 m

Ottenendo in base ai dati sopra esposti una velocità V_{s30} rispetto al piano campagna naturale di:

$$V_{s30} = 302 \text{ m/sec}$$

Che corrisponde ad una Categoria del suolo di fondazione di tipo C (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina)

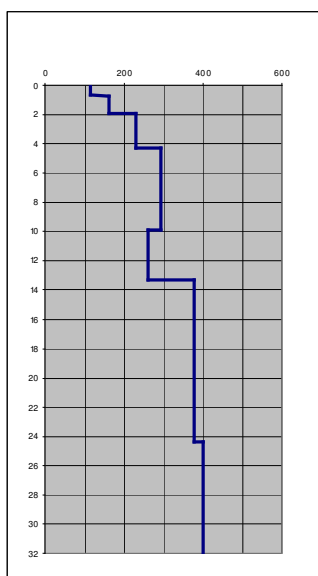
Indagine sismica a rifrazione Vp

Per la valutazione dell'andamento delle onde Vp è stata effettuata una prova sismica di superficie (*v pag1*)
Da tale analisi (vedi scheda sismica rifrazione multicanale) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde Vp. Le sezioni interpretative indicano l'andamento generale dei limiti tra i diversi livelli (rifrattori sismici), mentre le velocità riportate sono indicative dell'andamento generale della velocità dell'onda sismica nello strato considerato (*sempre tenendo conto della presenza o meno della falda*).

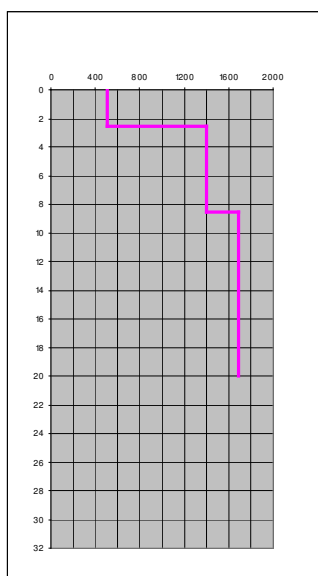
per i vari strati individuati, sinteticamente di seguito riassunti: **D**

1° strato:	velocità media onde Vp 430/540 m/sec	spessore medio 2,5/3,9 m
2° strato:	velocità media onde Vp 1430/1390 m/sec	spessore medio 2,5/7,5
3° strato:	velocità media onde Vp 1690 m/sec	spessore medio - indefinito

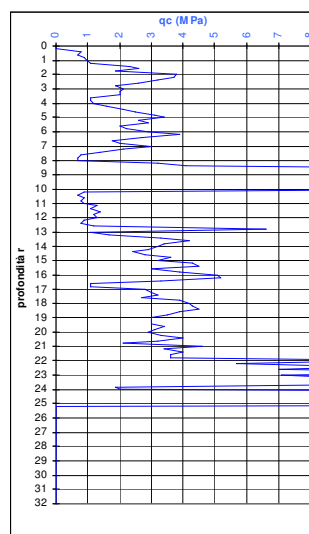
(Grafico Vs/ profondità)



(Grafico Vp/ profondità)



(grafico qc/profondità – CPT8)



Settore Nord

indagine MASW

Valutazione del suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{s30})

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, che permette di caratterizzazione il sottosuolo basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio Vs.

Da tale analisi (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde Vs, per i vari strati individuati, di seguito riassunti: **MW_10**

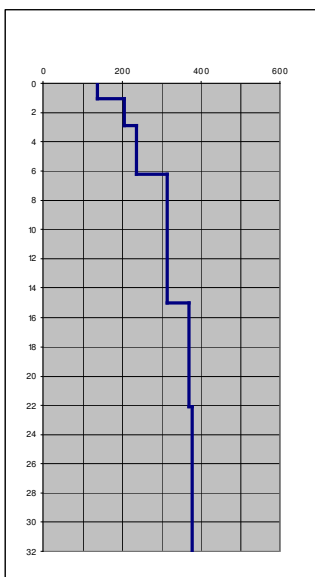
1° strato:	velocità media onde Vs 138 m/sec	spessore medio 1,00 m
2° strato:	velocità media onde Vs 206 m/sec	spessore medio 1,90 m
3° strato:	velocità media onde Vs 235 m/sec	spessore medio 3,33 m
4° strato:	velocità media onde Vs 316 m/sec	spessore medio 8,79 m
5° strato:	velocità media onde Vs 369 m/sec	spessore medio 7,07 m
6° strato:	velocità media onde Vs 379 m/sec	spessore medio 7,91 m

Ottenendo in base ai dati sopra esposti una velocità V_{s30} rispetto al piano campagna naturale di:

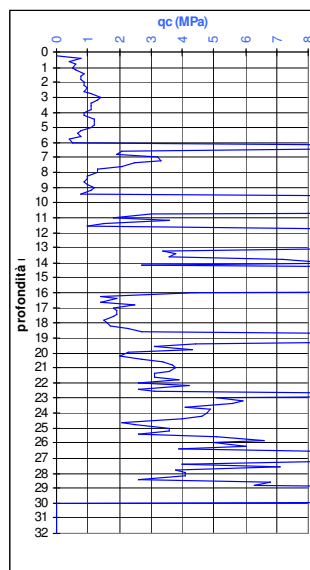
$$V_{s30} = 305 \text{ m/sec}$$

Che corrisponde ad una Categoria del suolo di fondazione di tipo C (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{sp} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina)

(Grafico V_s /profondità)



(grafico q_c /profondità – CPT11)

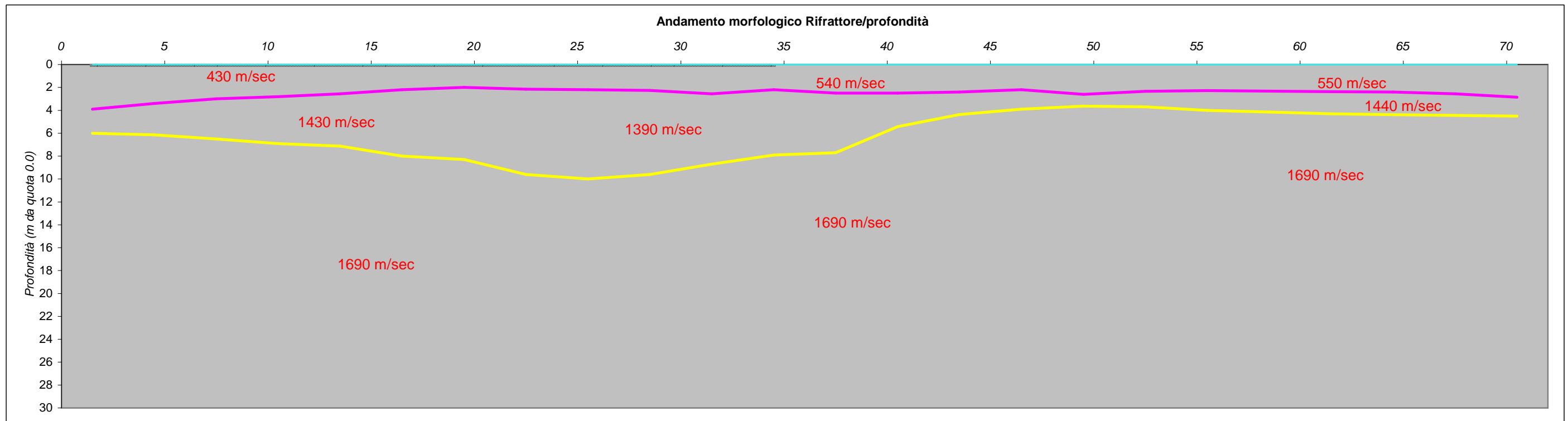
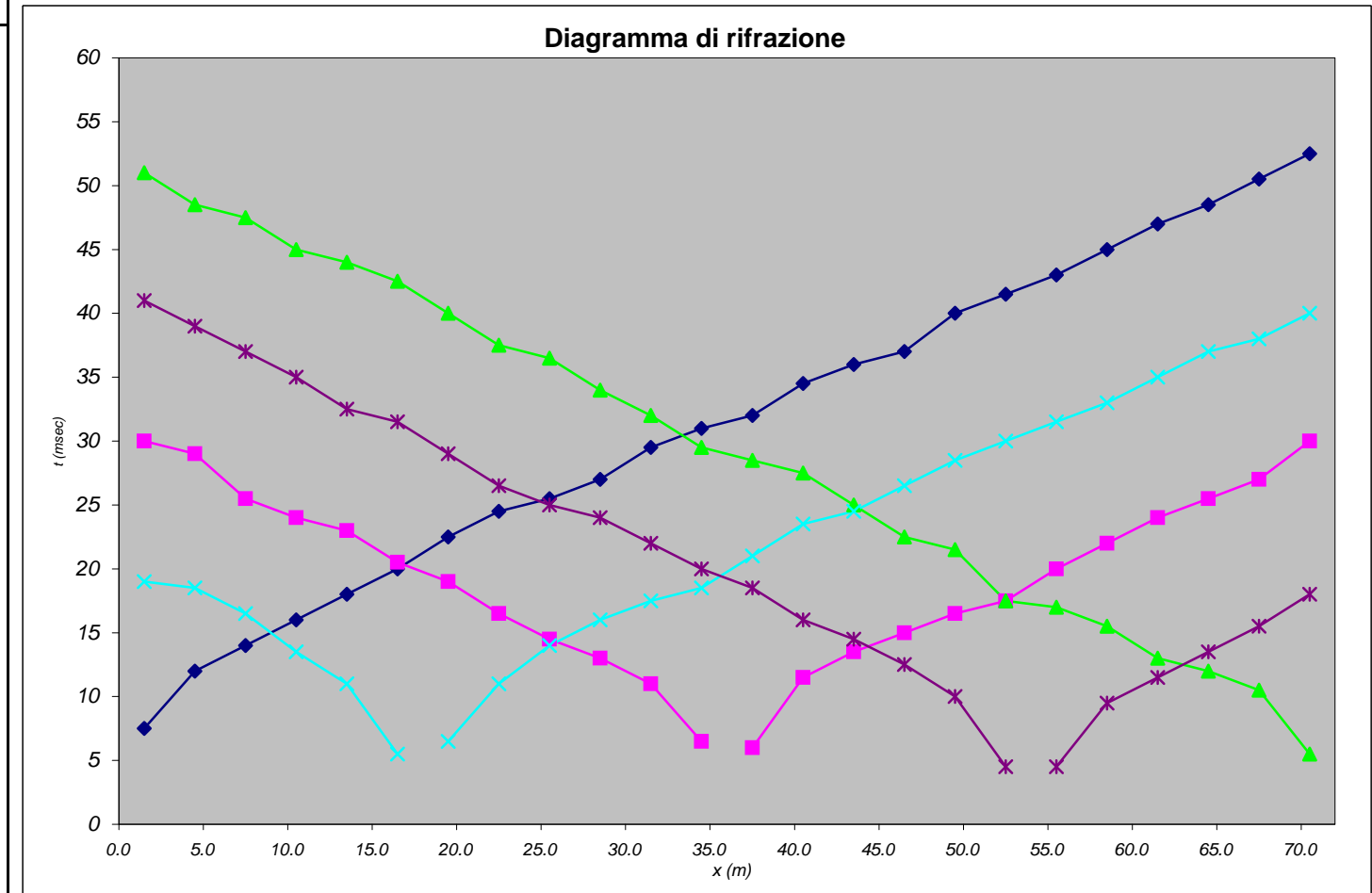


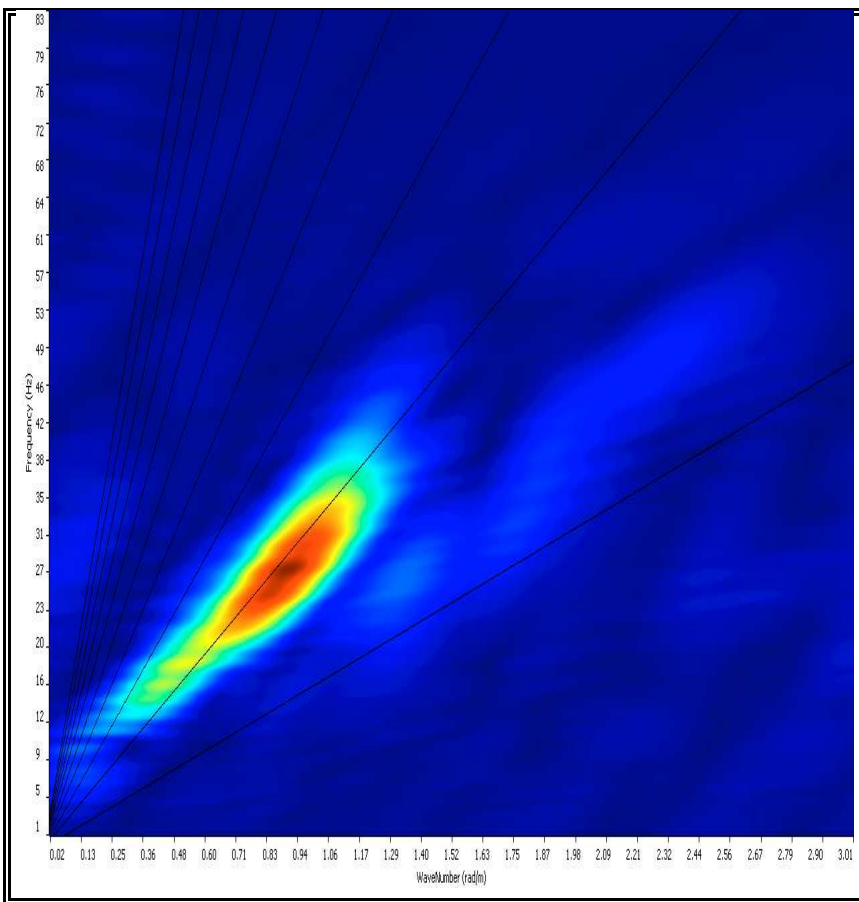
Lunghezza stendimento :
72 m

Energizzazione:
X1=0 X2=18 X3=36 X4=54 X5=72

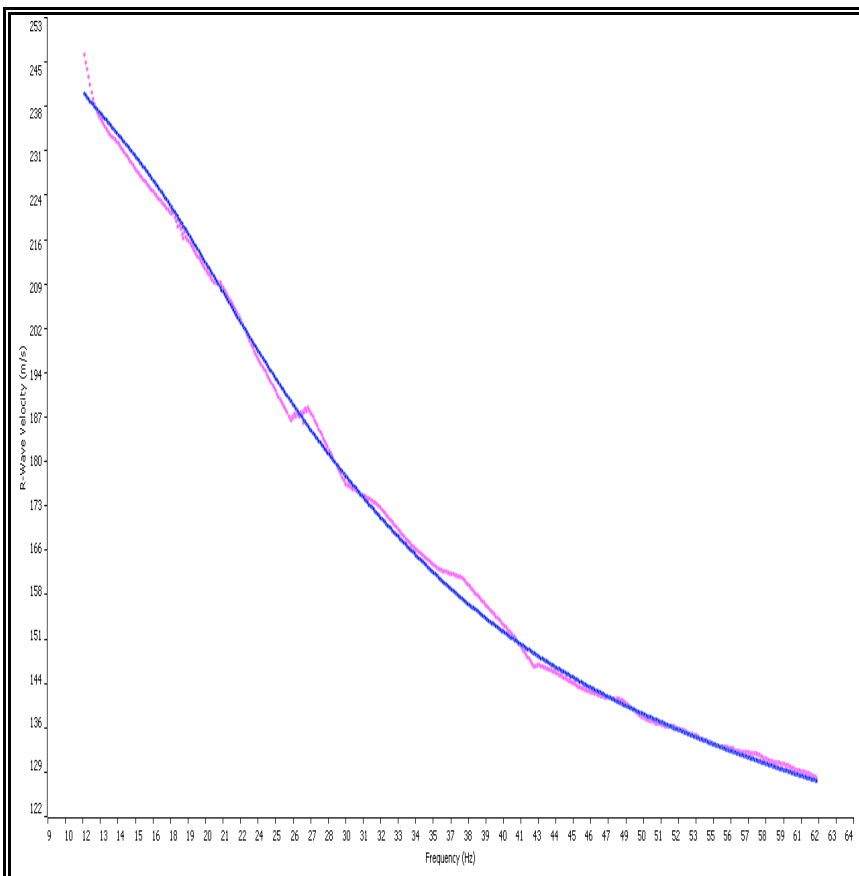
Azimet stendimento:
E SE - O NO

GEOFONI		t arrivi					PROFONDITA' (m da p.c.)			VELOCITA' (m/sec)			
Prog.	Quota	(x1)	(x2)	(x3)	(x4)	(x5)	1°rifratt	2°rifratt	3°rifratt	1°strato	2°strato	3°strato	4°strato
1.5	0.00	7.5	19.0	30.0	41.0	51.0	3.90	6.00		500	1470	1690	
4.5	0.00	12.0	18.5	29.0	39.0	48.5	3.40	6.15		470	147	1690	
7.5	0.00	14.0	16.5	25.5	37.0	47.5	3.00	6.50		450	1460	1690	
10.5	0.00	16.0	13.5	24.0	35.0	45.0	2.80	6.90		430	1470	1690	
13.5	0.00	18.0	11.0	23.0	32.5	44.0	2.56	7.12		440	1460	1690	
16.5	0.00	20.0	5.5	20.5	31.5	42.5	2.20	8.00		440	1420	1690	
19.5	0.00	22.5	6.5	19.0	29.0	40.0	2.00	8.30		440	1430	1690	
22.5	0.00	24.5	11.0	16.5	26.5	37.5	2.15	9.60		460	1420	1690	
25.5	0.00	25.5	14.0	14.5	25.0	36.5	2.20	10.00		490	1400	1690	
28.5	0.00	27.0	16.0	13.0	24.0	34.0	2.26	9.60		520	1400	1690	
31.5	0.00	29.5	17.5	11.0	22.0	32.0	2.55	8.70		520	1390	1690	
34.5	0.00	31.0	18.5	6.5	20.0	29.5	2.20	7.90		540	1410	1690	
37.5	0.00	32.0	21.0	6.0	18.5	28.5	2.50	7.70		540	1460	1690	
40.5	0.00	34.5	23.5	11.5	16.0	27.5	2.50	5.43		530	1460	1690	
43.5	0.00	36.0	24.5	13.5	14.5	25.0	2.40	4.37		530	1460	1690	
46.5	0.00	37.0	26.5	15.0	12.5	22.5	2.20	3.90		520	1430	1690	
49.5	0.00	40.0	28.5	16.5	10.0	21.5	2.60	3.64		520	1430	1690	
52.5	0.00	41.5	30.0	17.5	4.5	17.5	2.34	3.70		520	1460	1690	
55.5	0.00	43.0	31.5	20.0	4.5	17.0	2.28	4.00		530	1440	1690	
58.5	0.00	45.0	33.0	22.0	9.5	15.5	2.33	4.15		530	1440	1690	
61.5	0.00	47.0	35.0	24.0	11.5	13.0	2.37	4.30		550	1440	1690	
64.5	0.00	48.5	37.0	25.5	13.5	12.0	2.40	4.38		550	1440	1690	
67.5	0.00	50.5	38.0	27.0	15.5	10.5	2.55	4.45		550	1400	1690	
70.5	0.00	52.5	40.0	30.0	18.0	5.5	2.85	4.50		550	1400	1690	

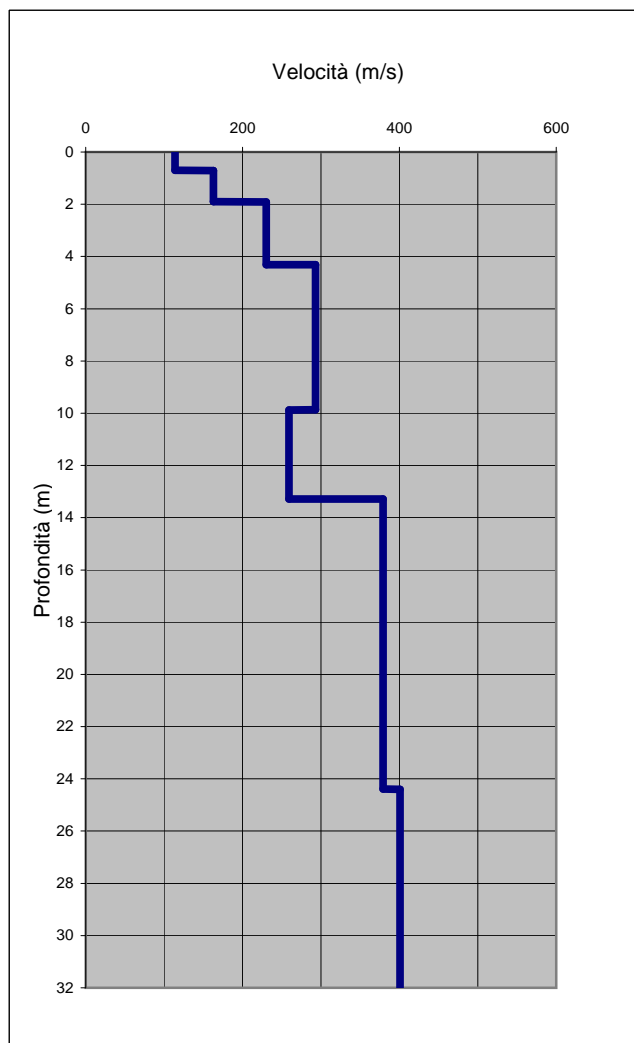




Spettro Ampiezza/Frequenza



Sovrapposizione Curva teorica /Curva di calcolo



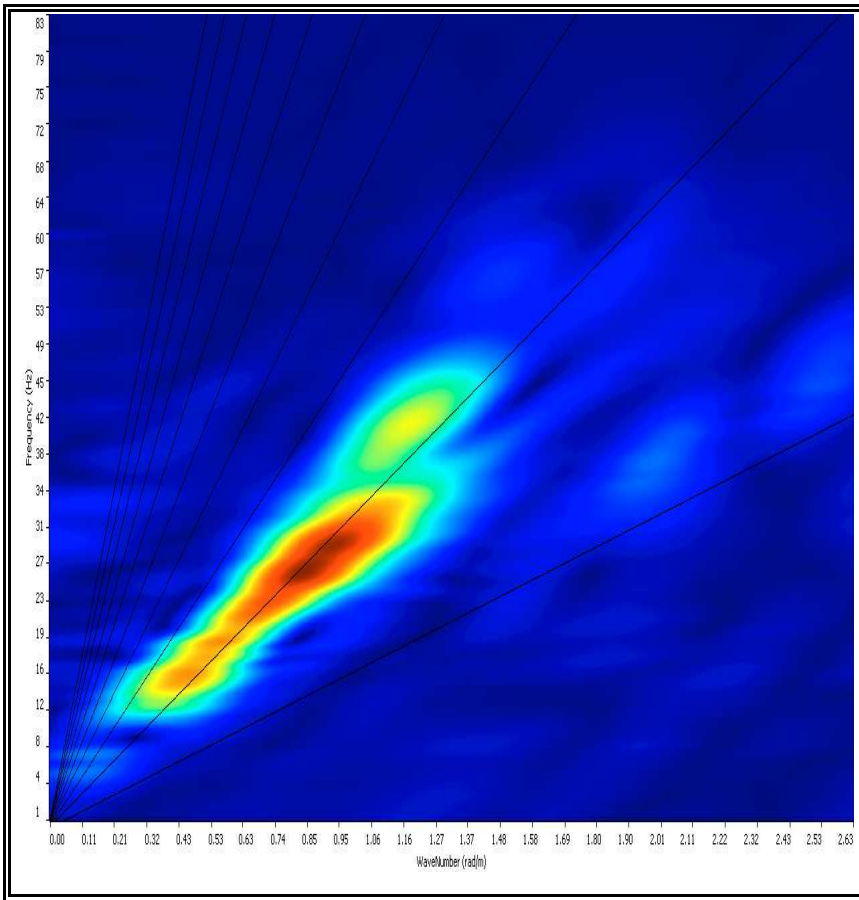
Profilo velocità/profondità

	Profondità da	Profondità a	Spessore m	Vel. Media m/sec
Strato1	0.00	0.70	0.70	114
Strato2	0.70	1.90	1.20	163
Strato3	1.90	4.31	2.41	230
Strato4	4.31	9.87	5.56	293
Strato5	9.87	13.28	3.41	259
Strato6	13.28	24.39	11.11	379
Strato7	24.39	30.00	5.61	401

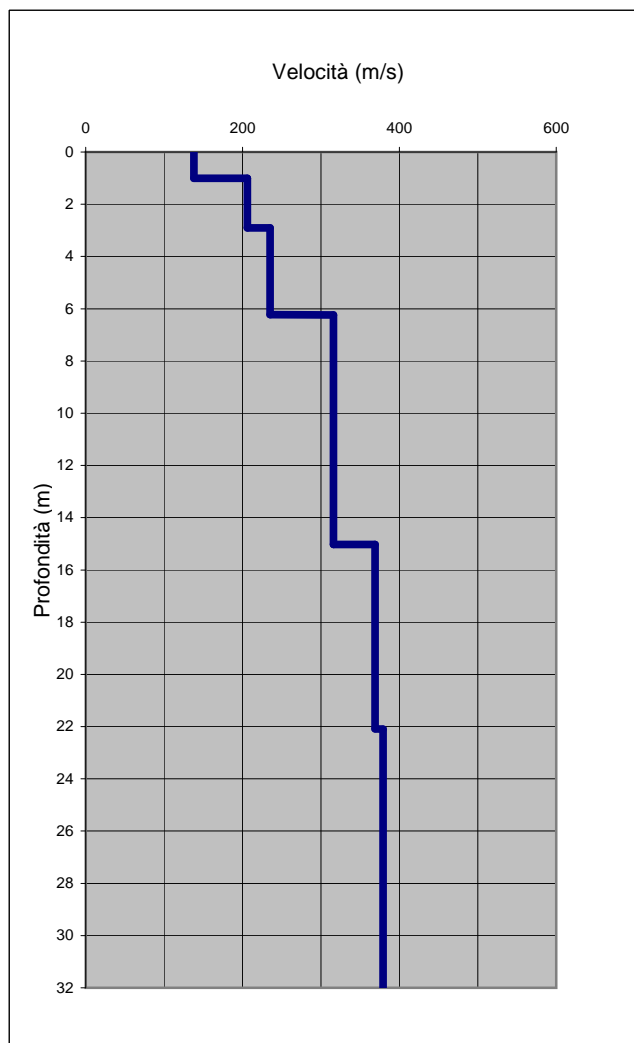
$V_{s30} = 302$ m/sec

Caratteristiche indagine

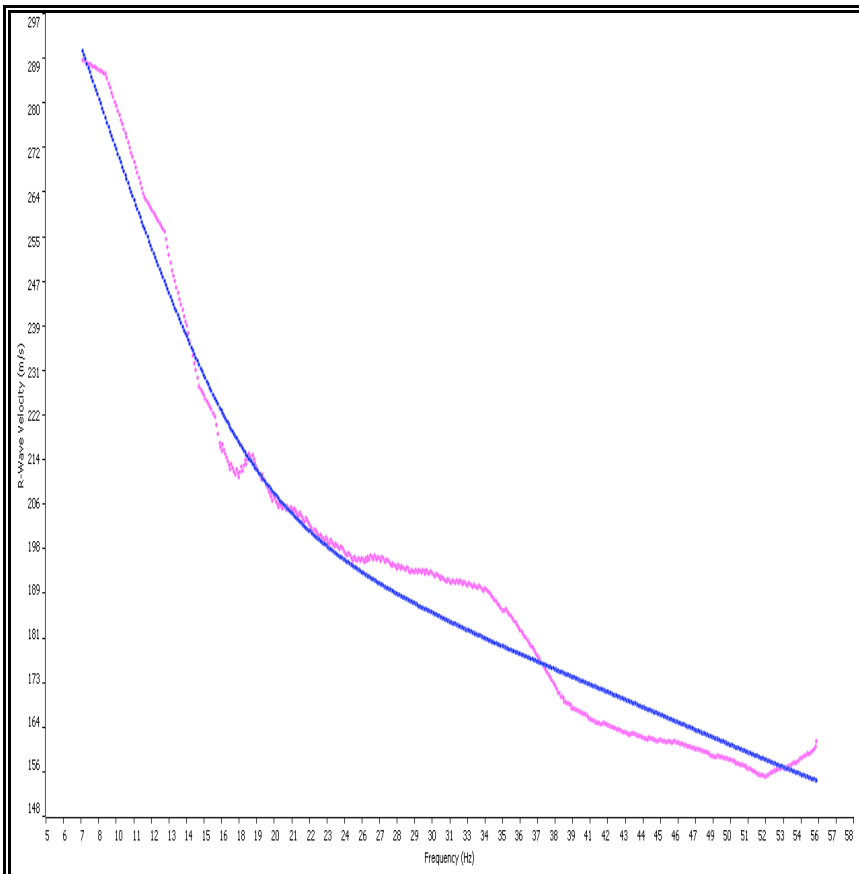
N° geofoni a 4,5 Hz	24
Spaziatura geofoni	1,5 m
Lunghezza stendimento	34,5 m
Energizzazione	15 m



Spettro Ampiezza/Frequenza



Profilo velocità/profondità



Sovrapposizione Curva teorica /Curva di calcolo

	Profondità da	Profondità a	Spessore m	Vel. Media m/sec
Strato1	0.00	1.00	1.00	138
Strato2	1.00	2.90	1.90	206
Strato3	2.90	6.23	3.33	235
Strato4	6.23	15.02	8.79	316
Strato5	15.02	22.09	7.07	369
Strato6	22.09	30.00	7.91	379

V_{s30} = 305 m/sec

Caratteristiche indagine

N° geofoni a 4,5 Hz	24	
Spaziatura geofoni	1,5	m
Lunghezza stendimento	34,5	m
Energizzazione	15	m



comparto residenziale Fogliano - settore nord



Comparto residenziale Fogliano - settore sud

Comparto Acquechiare

Indagine MASW

Valutazione del suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{s30})

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, che permette di caratterizzare il sottosuolo basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio V_s .

Da tale analisi (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde V_s , per i vari strati individuati, di seguito riassunti: **MW_8**

1° strato:	velocità media onde V_s 150 m/sec	spessore medio 1,00 m
2° strato:	velocità media onde V_s 274 m/sec	spessore medio 1,80 m
3° strato:	velocità media onde V_s 260 m/sec	spessore medio 5,47 m
4° strato:	velocità media onde V_s 397 m/sec	spessore medio 3,80 m
5° strato:	velocità media onde V_s 334 m/sec	spessore medio 10,60 m
6° strato:	velocità media onde V_s 415 m/sec	spessore medio 7,33 m

Ottenendo in base ai dati sopra esposti una velocità V_{s30} rispetto al piano campagna naturale di:

$$V_{s30} = 322 \text{ m/sec}$$

Che corrisponde ad una Categoria del suolo di fondazione di tipo C (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina)*)

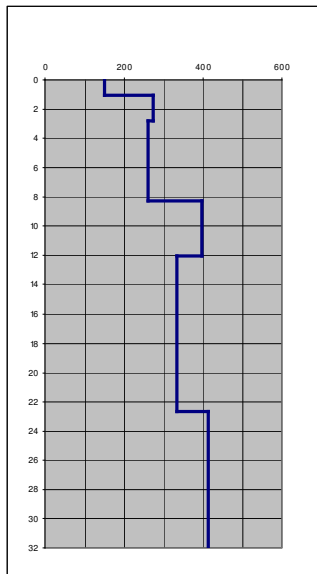
Indagine sismica a rifrazione V_p

Per la valutazione dell'andamento delle onde V_p è stata effettuata una prova sismica di superficie (*v pag1*)
Da tale analisi (vedi scheda sismica rifrazione multicanale) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde V_p . Le sezioni interpretative indicano l'andamento generale dei limiti tra i diversi livelli (rifrattori sismici), mentre le velocità riportate sono indicative dell'andamento generale della velocità dell'onda sismica nello strato considerato (*sempre tenendo conto della presenza o meno della falda*).

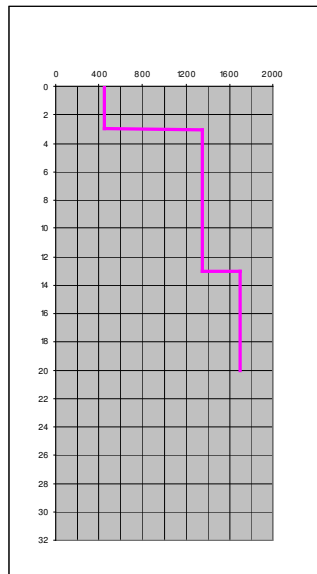
per i vari strati individuati, sinteticamente di seguito riassunti: **C**

1° strato:	velocità media onde V_p 410/490 m/sec	spessore medio 2,9/3,9 m
2° strato:	velocità media onde V_p 1330/1370 m/sec	spessore medio - 9/12 m
3° strato:	velocità media onde V_p 1700/1720 m/sec	spessore medio - indefinito

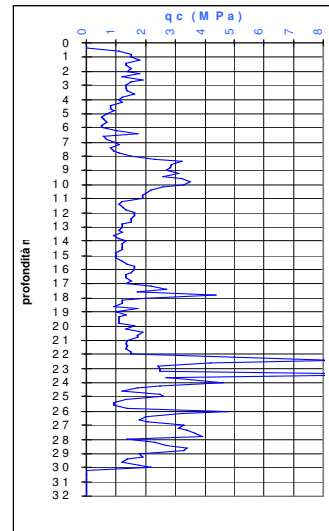
(Grafico Vs/ profondità)



(Grafico Vp/ profondità)



(grafico qc/profondità – CPT7)

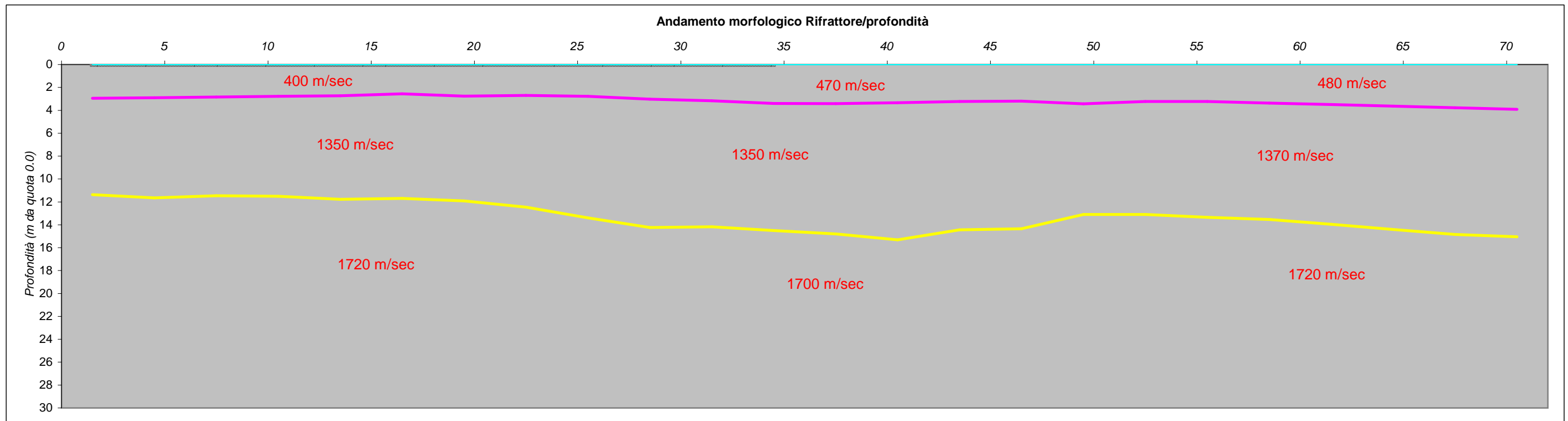
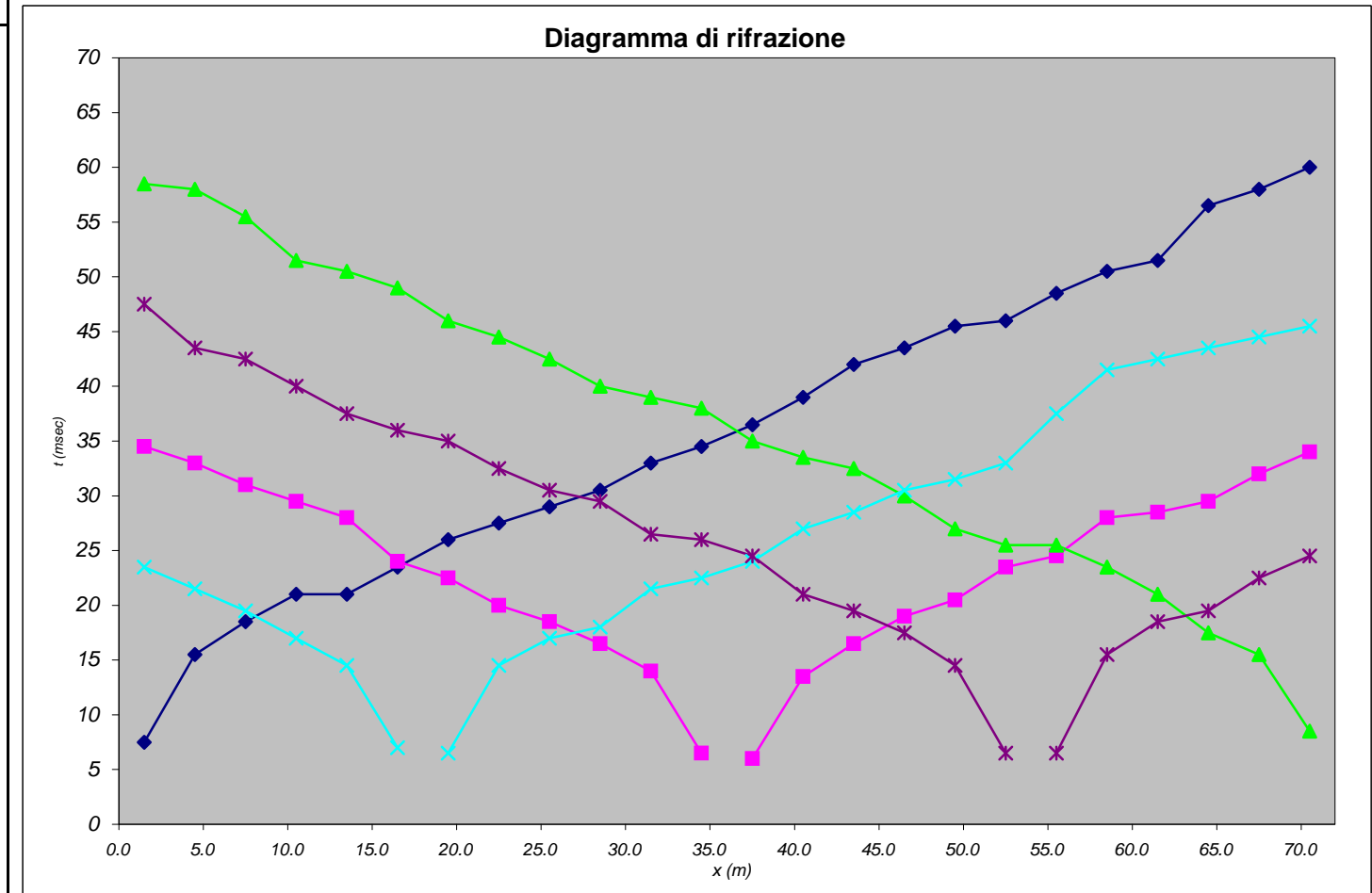


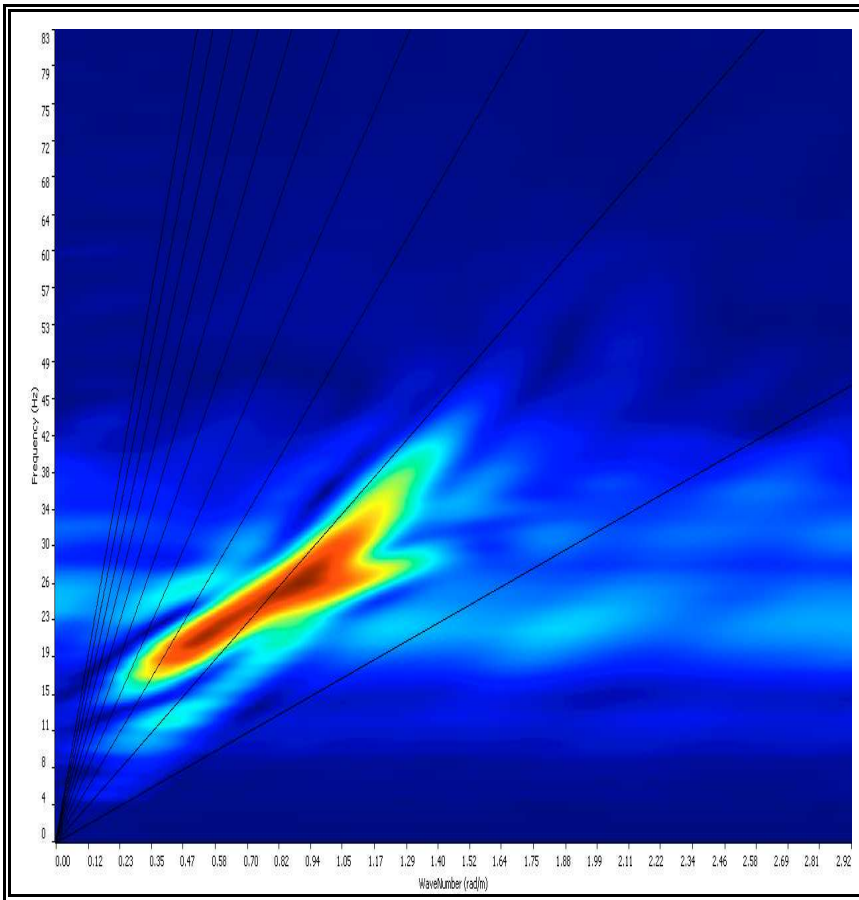
Lunghezza stendimento :
72 m

Energizzazione:
X1=0 X2=18 X3=36 X4=54 X5=72

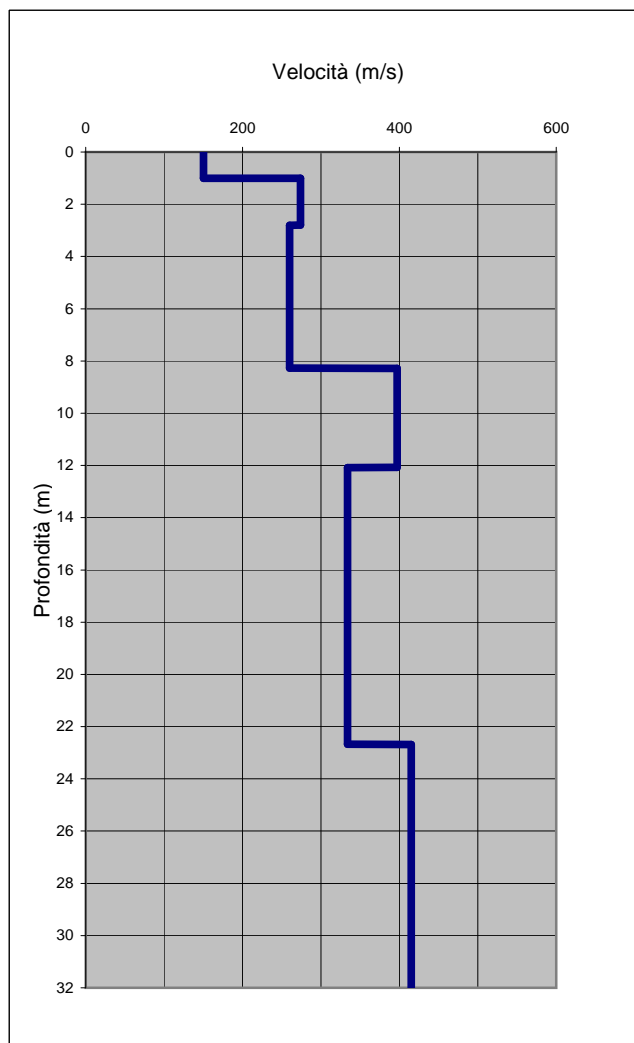
Azimet stendimento:
S - N

GEOFONI		t arrivi					PROFONDITA' (m da p.c.)			VELOCITA' (m/sec)			
Prog.	Quota	(x1)	(x2)	(x3)	(x4)	(x5)	1°rifratt	2°rifratt	3°rifratt	1°strato	2°strato	3°strato	4°strato
1.5	0.00	7.5	23.5	34.5	47.5	58.5	2.94	11.37		430	1330	1720	
4.5	0.00	15.5	21.5	33.0	43.5	58.0	2.90	11.65		420	1330	1720	
7.5	0.00	18.5	19.5	31.0	42.5	55.5	2.84	11.46		410	1330	1720	
10.5	0.00	21.0	17.0	29.5	40.0	51.5	2.78	11.51		400	1330	1720	
13.5	0.00	21.0	14.5	28.0	37.5	50.5	2.73	11.78		400	1350	1720	
16.5	0.00	23.5	7.0	24.0	36.0	49.0	2.56	11.69		410	1350	1720	
19.5	0.00	26.0	6.5	22.5	35.0	46.0	2.76	11.91		420	1350	1720	
22.5	0.00	27.5	14.5	20.0	32.5	44.5	2.70	12.46		440	1300	1720	
25.5	0.00	29.0	17.0	18.5	30.5	42.5	2.77	13.40		460	1320	1700	
28.5	0.00	30.5	18.0	16.5	29.5	40.0	3.03	14.23		470	1350	1700	
31.5	0.00	33.0	21.5	14.0	26.5	39.0	3.17	14.18		490	1370	1700	
34.5	0.00	34.5	22.5	6.5	26.0	38.0	3.40	14.50		480	1350	1700	
37.5	0.00	36.5	24.0	6.0	24.5	35.0	3.41	14.80		470	1350	1700	
40.5	0.00	39.0	27.0	13.5	21.0	33.5	3.34	15.31		460	1360	1700	
43.5	0.00	42.0	28.5	16.5	19.5	32.5	3.23	14.44		440	1360	1700	
46.5	0.00	43.5	30.5	19.0	17.5	30.0	3.19	14.35		430	1350	1700	
49.5	0.00	45.5	31.5	20.5	14.5	27.0	3.43	13.10		420	1370	1720	
52.5	0.00	46.0	33.0	23.5	6.5	25.5	3.23	13.10		430	1370	1720	
55.5	0.00	48.5	37.5	24.5	6.5	25.5	3.23	13.34		450	1370	1720	
58.5	0.00	50.5	41.5	28.0	15.5	23.5	3.37	13.54		460	1370	1720	
61.5	0.00	51.5	42.5	28.5	18.5	21.0	3.50	13.96		480	1370	1720	
64.5	0.00	56.5	43.5	29.5	19.5	17.5	3.63	14.40		490	1370	1720	
67.5	0.00	58.0	44.5	32.0	22.5	15.5	3.77	14.84		500	1370	1720	
70.5	0.00	60.0	45.5	34.0	24.5	8.5	3.91	15.05		500	1370	1720	

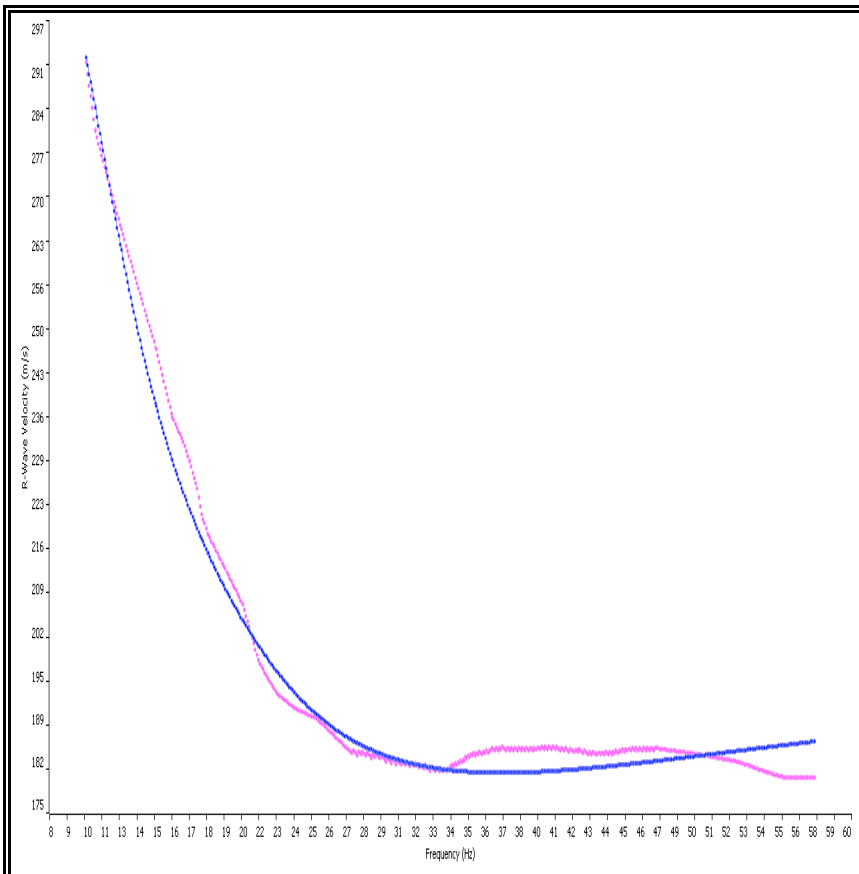




Spettro Ampiezza/Frequenza



Profilo velocità/profondità



Sovrapposizione Curva teorica /Curva di calcolo

	Profondità da	Profondità a	Spessore m	Vel. Media m/sec
Strato1	0.00	1.00	1.00	150
Strato2	1.00	2.80	1.80	274
Strato3	2.80	8.27	5.47	260
Strato4	8.27	12.07	3.80	397
Strato5	12.07	22.67	10.60	334
Strato6	22.67	30.00	7.33	415

$V_{s30} = 322$ m/sec

Caratteristiche indagine

N° geofoni a 4,5 Hz	24
Spaziatura geofoni	1,5 m
Lunghezza stendimento	34,5 m
Energizzazione	15 m



Comparto Acque Chiare

Area Cadè

indagine MASW

Valutazione del suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{s30})

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, che permette di caratterizzare il sottosuolo basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio V_s .

Da tale analisi (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde V_s , per i vari strati individuati, di seguito riassunti: **MW_4**

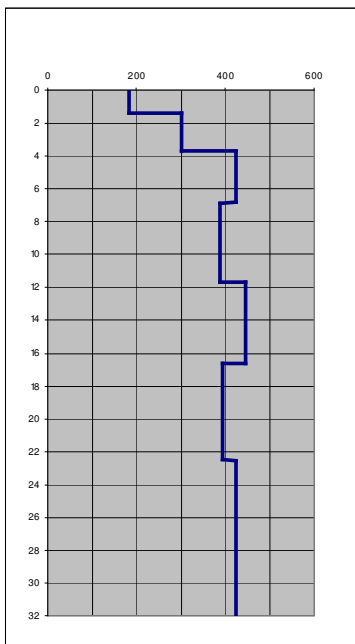
1° strato:	velocità media onde V_s 184 m/sec	spessore medio 1,42 m
2° strato:	velocità media onde V_s 302 m/sec	spessore medio 2,26 m
3° strato:	velocità media onde V_s 425 m/sec	spessore medio 3,15 m
4° strato:	velocità media onde V_s 390 m/sec	spessore medio 4,84 m
5° strato:	velocità media onde V_s 447 m/sec	spessore medio 4,94 m
6° strato:	velocità media onde V_s 395 m/sec	spessore medio 5,89 m
7° strato:	velocità media onde V_s 425 m/sec	spessore medio 7,50 m

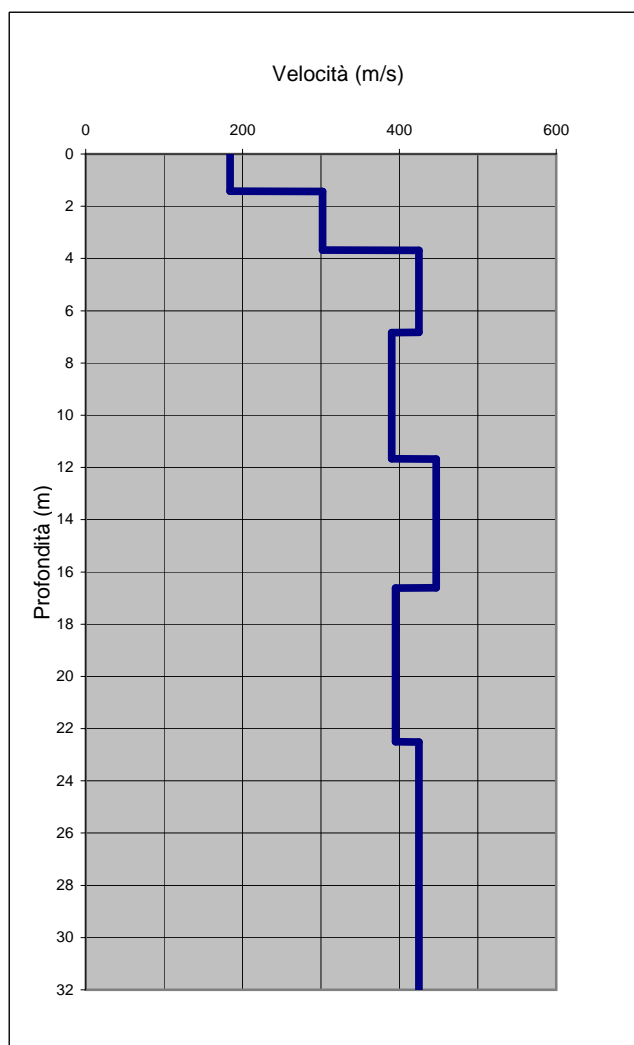
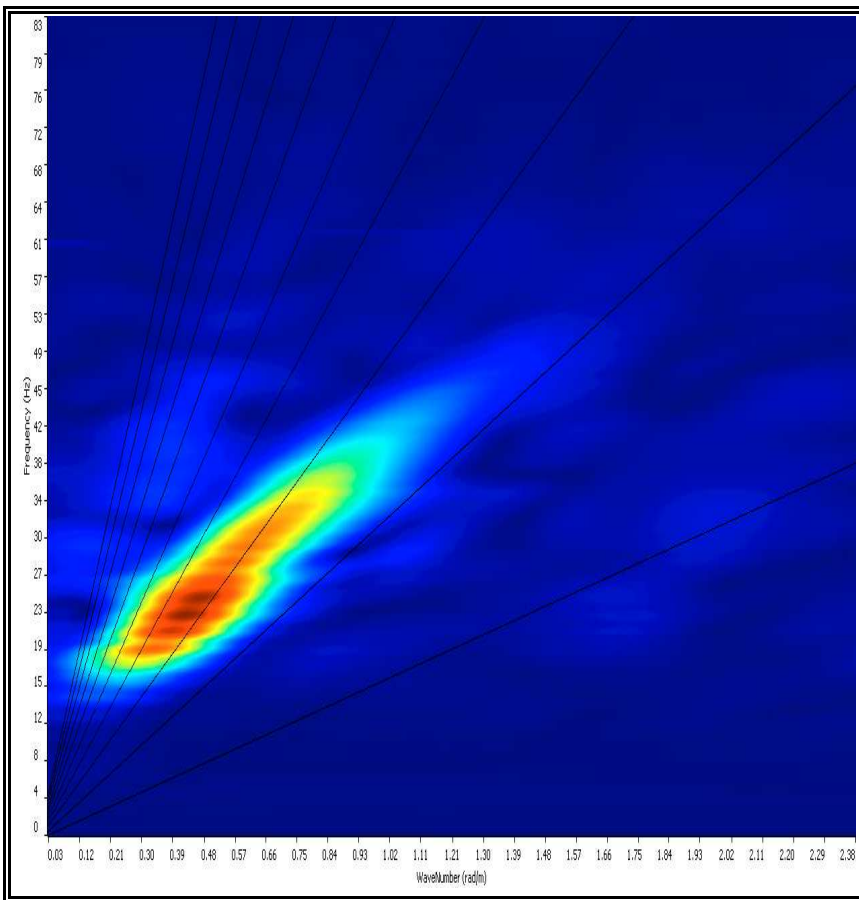
Ottenendo in base ai dati sopra esposti una velocità V_{s30} rispetto al piano campagna naturale di:

$$V_{s30} = 382 \text{ m/sec}$$

Che corrisponde ad una Categoria del suolo di fondazione di tipo B (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} >$ di 50 nei terreni a grana grossa e $c_u >$ 250 kPa nei terreni a grana fina)

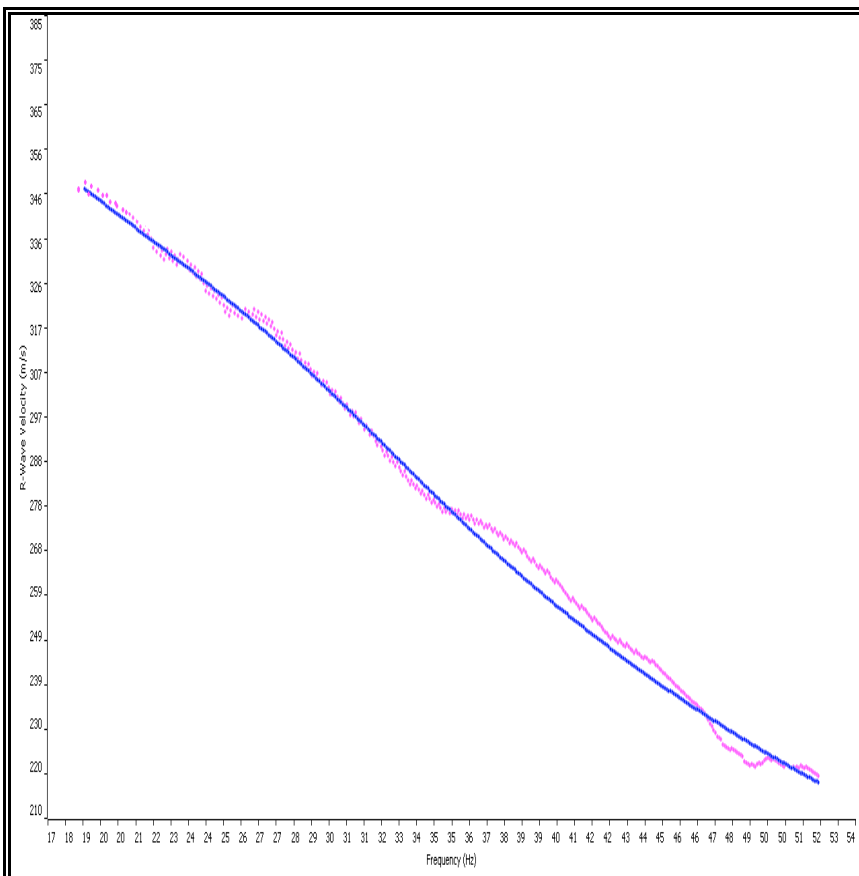
(Grafico V_s /profondità)





Spettro Ampiezza/Frequenza

Profilo velocità/profondità



	Profondità da	Profondità a	Spessore m	Vel. Media m/sec
Strato1	0.00	1.42	1.42	184
Strato2	1.42	3.68	2.26	302
Strato3	3.68	6.83	3.15	425
Strato4	6.83	11.67	4.84	390
Strato5	11.67	16.61	4.94	447
Strato6	16.61	22.50	5.89	395
Strato7	22.50	30.00	7.50	425

$V_{s30} = 382$ m/sec

Caratteristiche indagine

N° geofoni a 4,5 Hz	24	
Spaziatura geofoni	1,5	m
Lunghezza stendimento	34,5	m
Energizzazione	15	m



area residenziale Cadè

Area Codemondo

indagine MASW

Valutazione del suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{s30})

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, che permette di caratterizzare il sottosuolo basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio V_s .

Da tale analisi (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde V_s , per i vari strati individuati, di seguito riassunti: **MW_2**

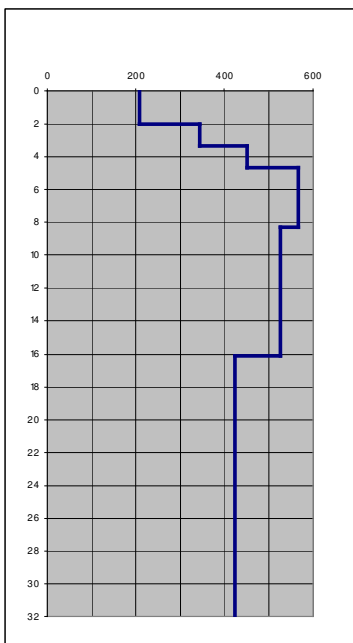
1° strato:	velocità media onde V_s 208 m/sec	spessore medio 2,00 m
2° strato:	velocità media onde V_s 346 m/sec	spessore medio 1,31 m
3° strato:	velocità media onde V_s 451 m/sec	spessore medio 1,32 m
4° strato:	velocità media onde V_s 568 m/sec	spessore medio 3,62 m
5° strato:	velocità media onde V_s 526 m/sec	spessore medio 7,83 m
6° strato:	velocità media onde V_s 426 m/sec	spessore medio 13,92 m

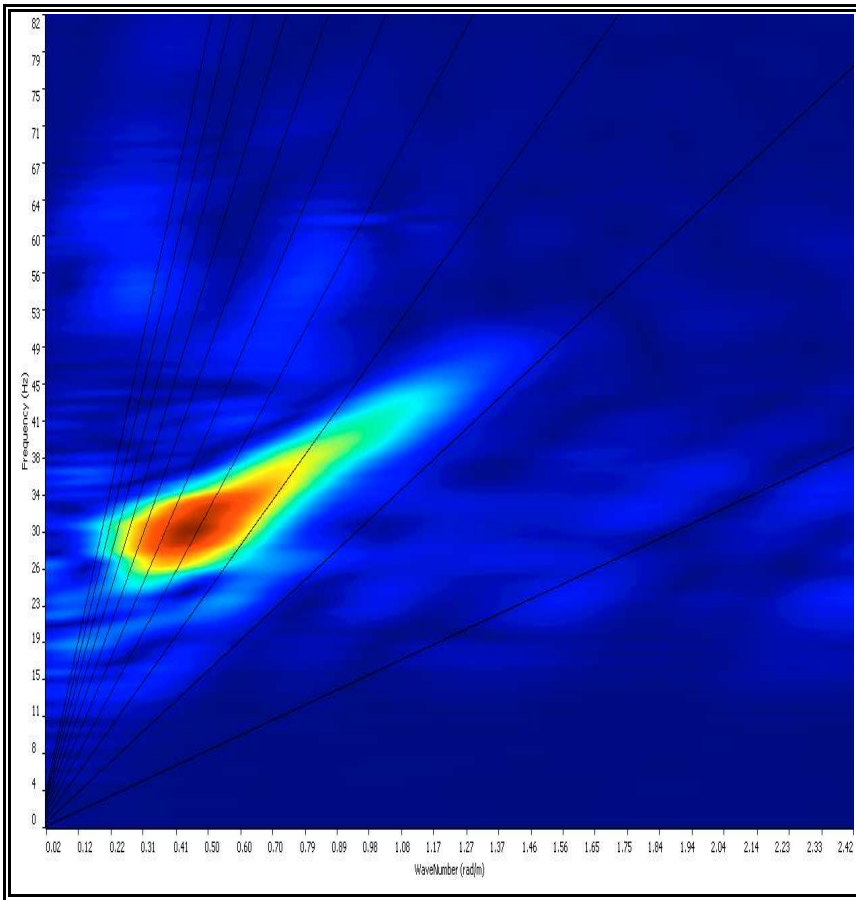
Ottenendo in base ai dati sopra esposti una velocità V_{s30} rispetto al piano campagna naturale di:

$$V_{s30} = 427 \text{ m/sec}$$

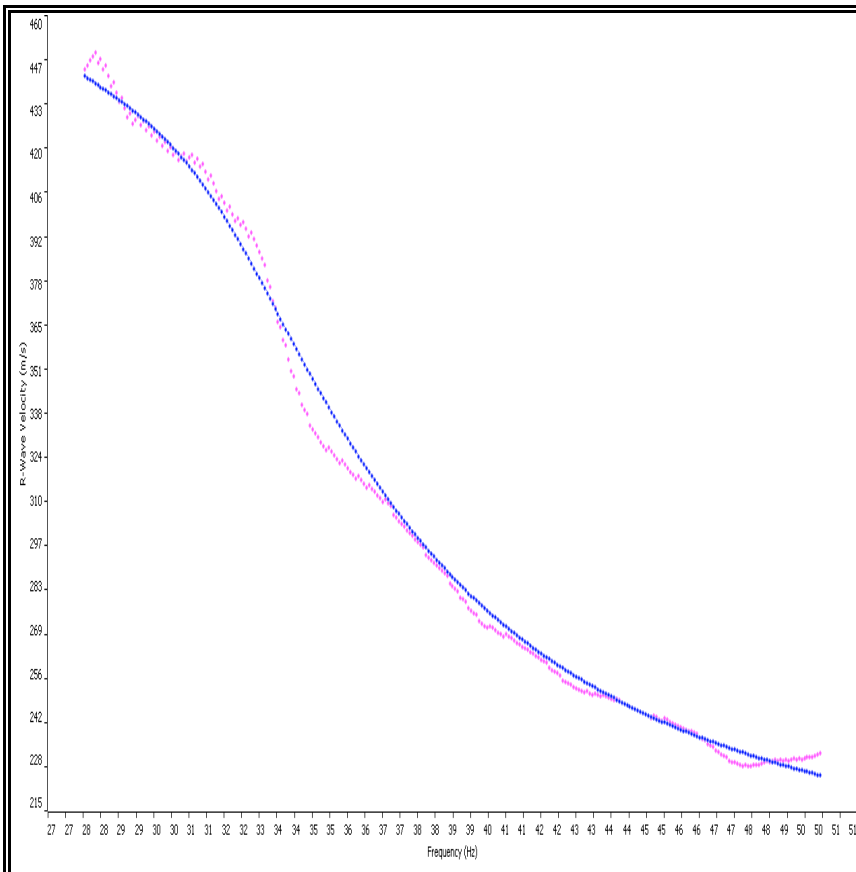
Che corrisponde ad una Categoria del suolo di fondazione di tipo B (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} >$ di 50 nei terreni a grana grossa e $c_u >$ 250 kPa nei terreni a grana fina)

(Grafico V_s /profondità)

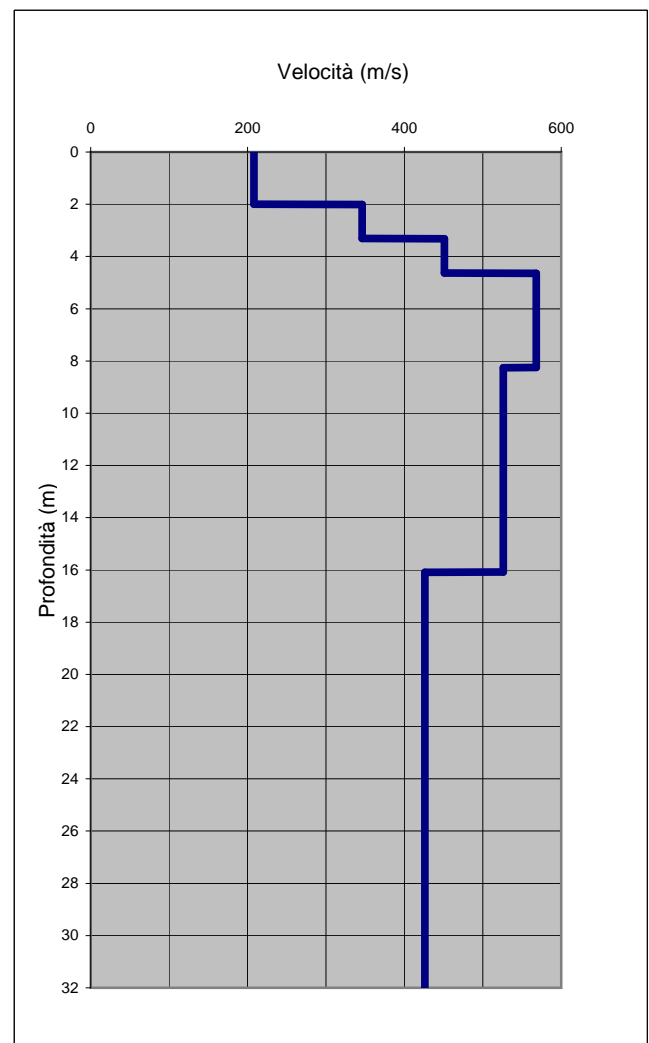




Spettro Ampiezza/Frequenza



Sovrapposizione Curva teorica /Curva di calcolo



Profilo velocità/profondità

	Profondità		Spessore	Vel. Media
	da	a	m	m/sec
Strato1	0.00	2.00	2.00	208
Strato2	2.00	3.31	1.31	346
Strato3	3.31	4.63	1.32	451
Strato4	4.63	8.25	3.62	568
Strato5	8.25	16.08	7.83	526
Strato6	16.08	30.00	13.92	426

V_{s30} = 427 m/sec

Caratteristiche indagine

N° geofoni a 4,5 Hz	24	
Spaziatura geofoni	1,5	m
Lunghezza stendimento	34,5	m
Energizzazione	15	m



area residenziale Codemondo

Area Masone (Bagno)

indagine MASW

Valutazione del suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{s30})

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, che permette di caratterizzare il sottosuolo basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio V_s .

Da tale analisi (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde V_s , per i vari strati individuati, di seguito riassunti: **MW_11**

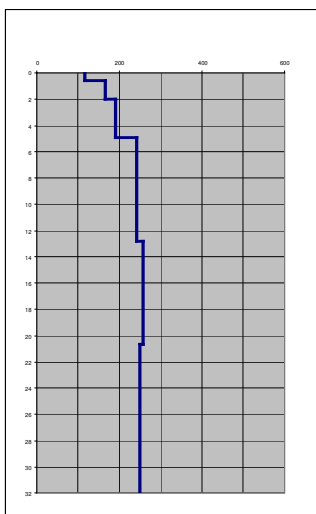
1° strato:	velocità media onde V_s 116 m/sec	spessore medio 0,60 m
2° strato:	velocità media onde V_s 166 m/sec	spessore medio 1,40 m
3° strato:	velocità media onde V_s 190 m/sec	spessore medio 2,90 m
4° strato:	velocità media onde V_s 240 m/sec	spessore medio 7,93 m
5° strato:	velocità media onde V_s 258 m/sec	spessore medio 7,89 m
6° strato:	velocità media onde V_s 248 m/sec	spessore medio 9,28 m

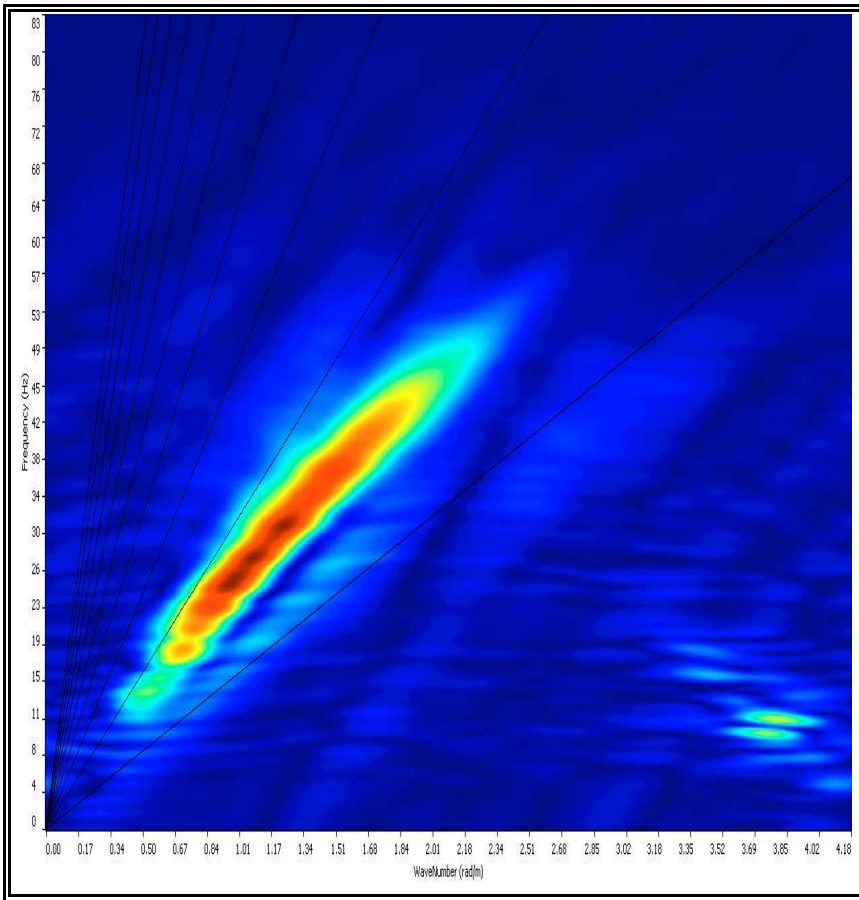
Ottenendo in base ai dati sopra esposti una velocità V_{s30} rispetto al piano campagna naturale di:

$$V_{s30} = 231 \text{ m/sec}$$

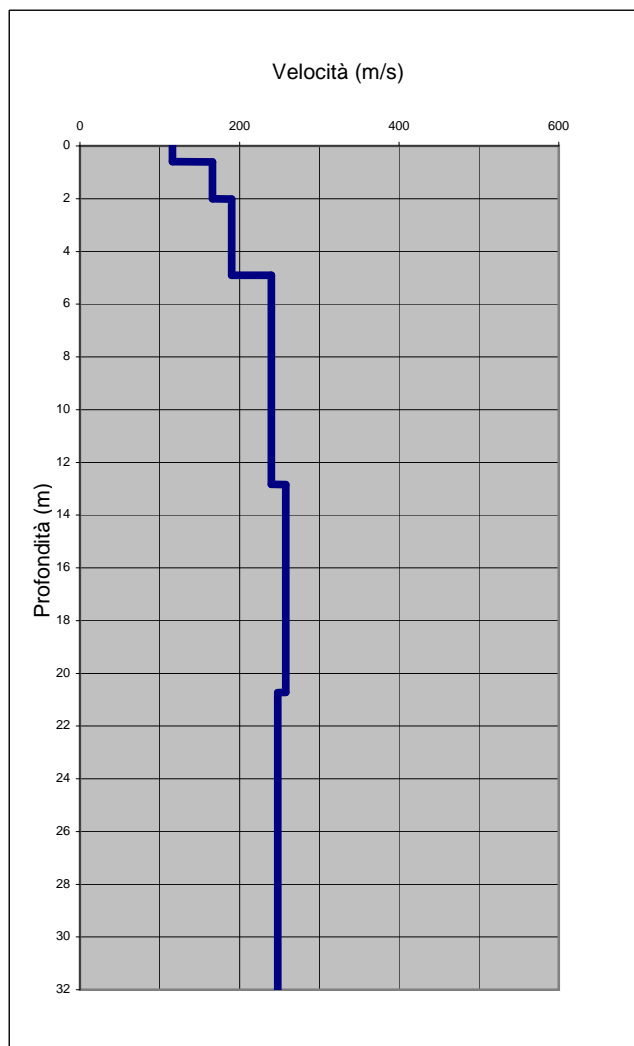
Che corrisponde ad una Categoria del suolo di fondazione di tipo C (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{sp} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina)

(Grafico V_s /profondità)

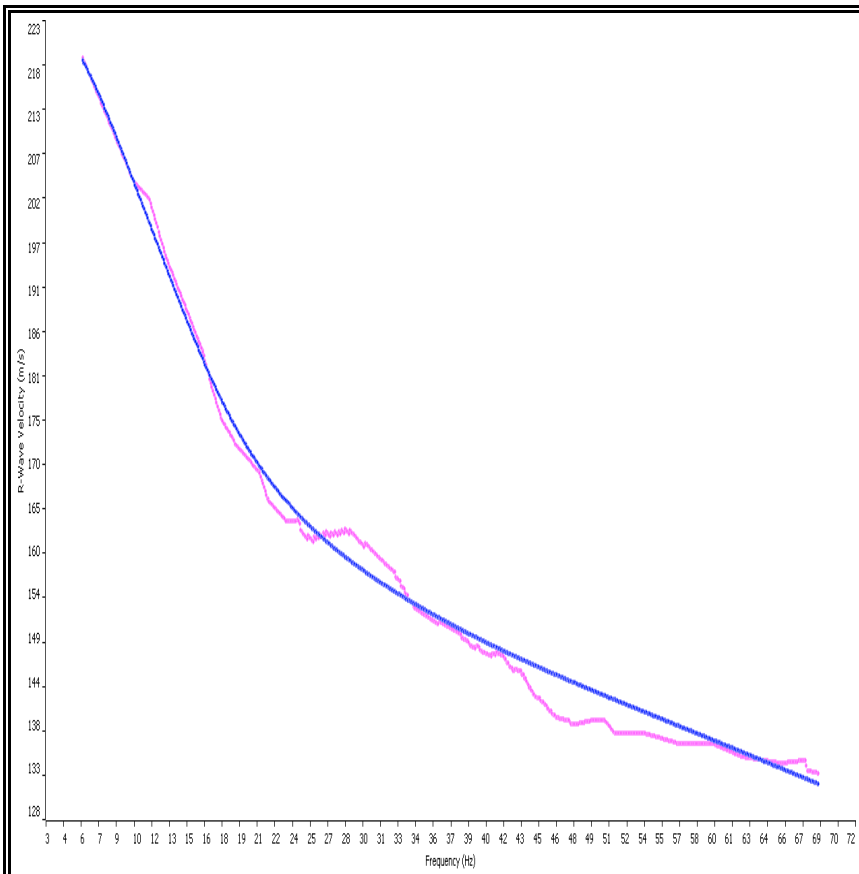




Spettro Ampiezza/Frequenza



Profilo velocità/profondità



Sovrapposizione Curva teorica /Curva di calcolo

	Profondità		Spessore	Vel. Media
	da	a	m	m/sec
Strato1	0.00	0.60	0.60	116
Strato2	0.60	2.00	1.40	166
Strato3	2.00	4.90	2.90	190
Strato4	4.90	12.83	7.93	240
Strato5	12.83	20.72	7.89	258
Strato6	20.72	30.00	9.28	248

V_{s30} = 231 m/sec

Caratteristiche indagine

N° geofoni a 4,5 Hz	24	
Spaziatura geofoni	1,5	m
Lunghezza stendimento	34,5	m
Energizzazione	15	m



Area residenziale Masone

Area Rivalta

indagine MASW

Valutazione del suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{s30})

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, che permette di caratterizzare il sottosuolo basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio V_s .

Da tale analisi (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde V_s , per i vari strati individuati, di seguito riassunti: **MW_1**

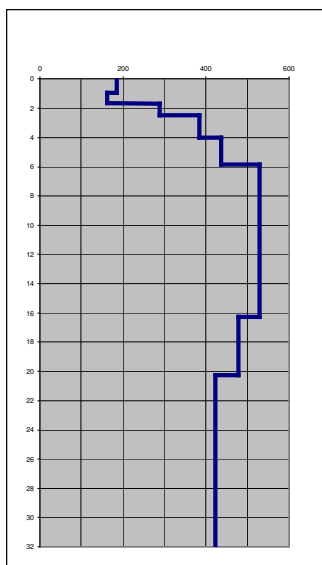
1° strato:	velocità media onde V_s 185 m/sec	spessore medio 0,96 m
2° strato:	velocità media onde V_s 162 m/sec	spessore medio 0,72 m
3° strato:	velocità media onde V_s 288 m/sec	spessore medio 0,81 m
4° strato:	velocità media onde V_s 384 m/sec	spessore medio 1,52 m
5° strato:	velocità media onde V_s 437 m/sec	spessore medio 1,83 m
6° strato:	velocità media onde V_s 529 m/sec	spessore medio 10,43 m
7° strato:	velocità media onde V_s 479 m/sec	spessore medio 3,98 m
8° strato:	velocità media onde V_s 423 m/sec	spessore medio 9,75 m

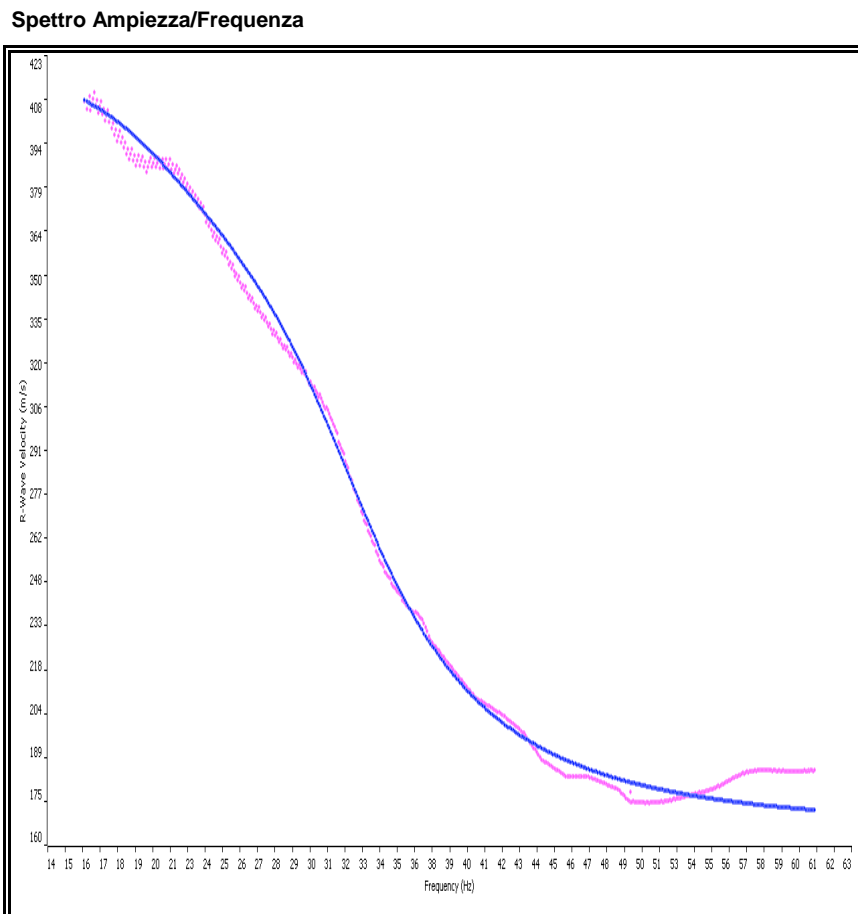
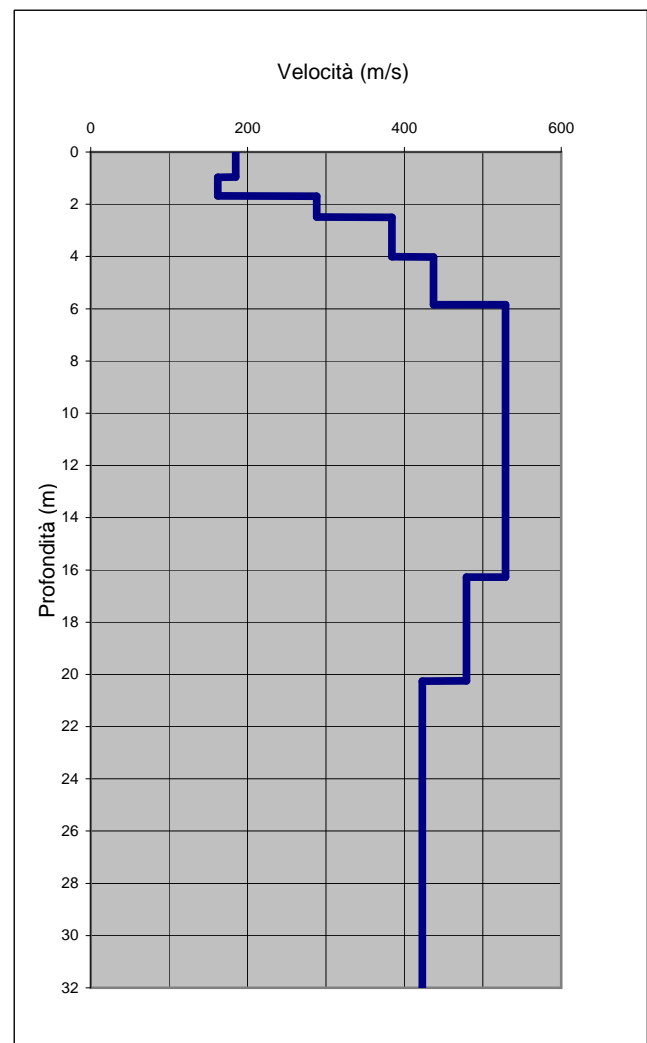
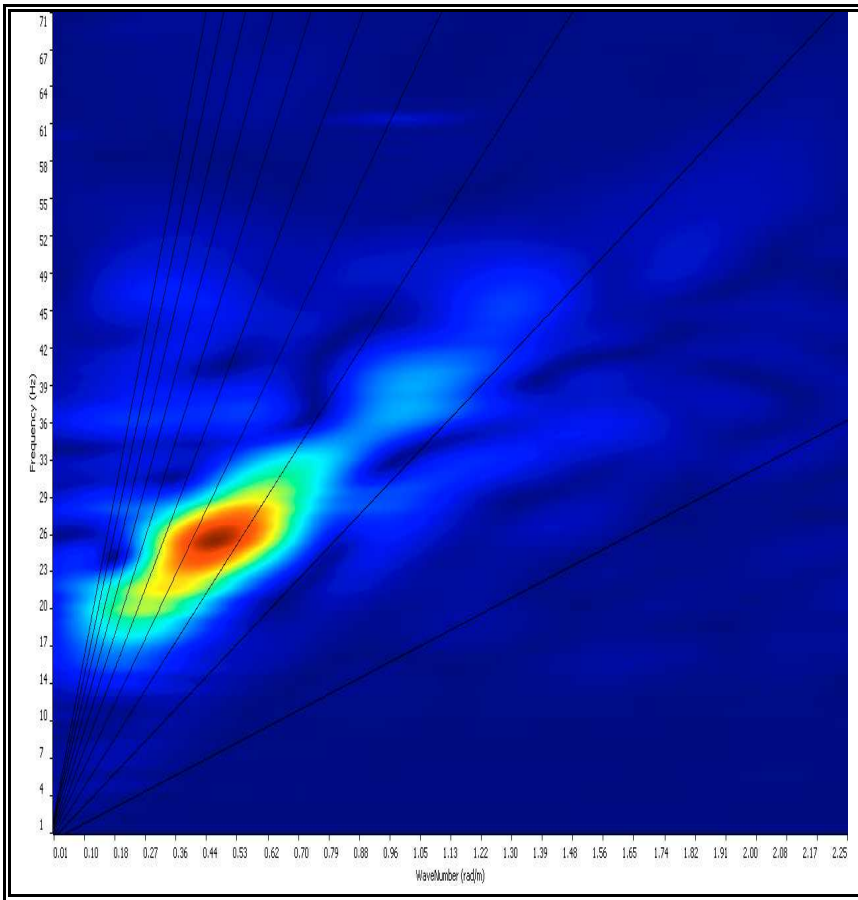
Ottenendo in base ai dati sopra esposti una velocità V_{s30} rispetto al piano campagna naturale di:

$$V_{s30} = 419 \text{ m/sec}$$

Che corrisponde ad una Categoria del suolo di fondazione di tipo B (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} >$ di 50 nei terreni a grana grossa e $c_u >$ 250 kPa nei terreni a grana fina)

(Grafico V_s /profondità)





Profilo velocità/profondità

	Profondità da	Profondità a	Spessore m	Vel. Media m/sec
Strato1	0.00	0.96	0.96	185
Strato2	0.96	1.68	0.72	162
Strato3	1.68	2.49	0.81	288
Strato4	2.49	4.01	1.52	384
Strato5	4.01	5.84	1.83	437
Strato6	5.84	16.27	10.43	529
Strato7	16.27	20.25	3.98	479
Strato8	20.25	30.00	9.75	423

V_{s30} = 419 m/sec

Caratteristiche indagine

N° geofoni a 4,5 Hz	24	
Spaziatura geofoni	1,5	m
Lunghezza stendimento	34,5	m
Energizzazione	15	m



Area Reggio di Rivalta

Area Roncoesi

indagine MASW

Valutazione del suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{s30})

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, che permette di caratterizzare il sottosuolo basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio V_s .

Da tale analisi (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde V_s , per i vari strati individuati, di seguito riassunti: **MW_3**

1° strato:	velocità media onde V_s 95 m/sec	spessore medio 0,94 m
2° strato:	velocità media onde V_s 136 m/sec	spessore medio 1,57 m
3° strato:	velocità media onde V_s 243 m/sec	spessore medio 2,79 m
4° strato:	velocità media onde V_s 342 m/sec	spessore medio 3,70 m
5° strato:	velocità media onde V_s 219 m/sec	spessore medio 11,76 m
6° strato:	velocità media onde V_s 429 m/sec	spessore medio 6,27 m
7° strato:	velocità media onde V_s 319 m/sec	spessore medio 2,97 m

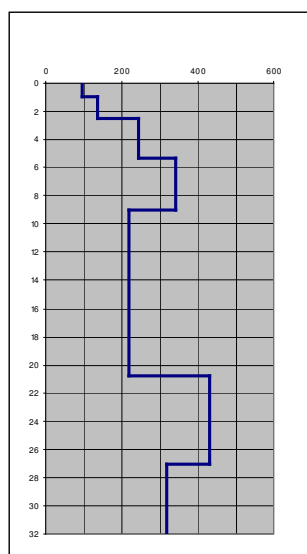
Ottenendo in base ai dati sopra esposti una velocità V_{s30} rispetto al piano campagna naturale di:

$$V_{s30} = 247 \text{ m/sec}$$

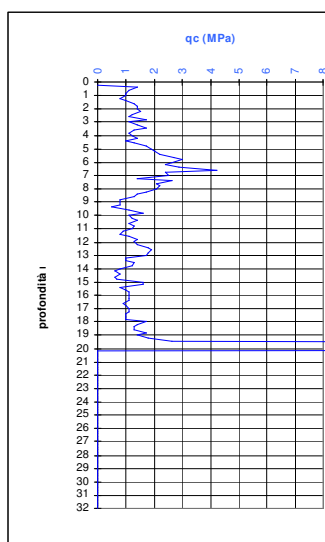
Che corrisponde ad una Categoria del suolo di fondazione di tipo C (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina)

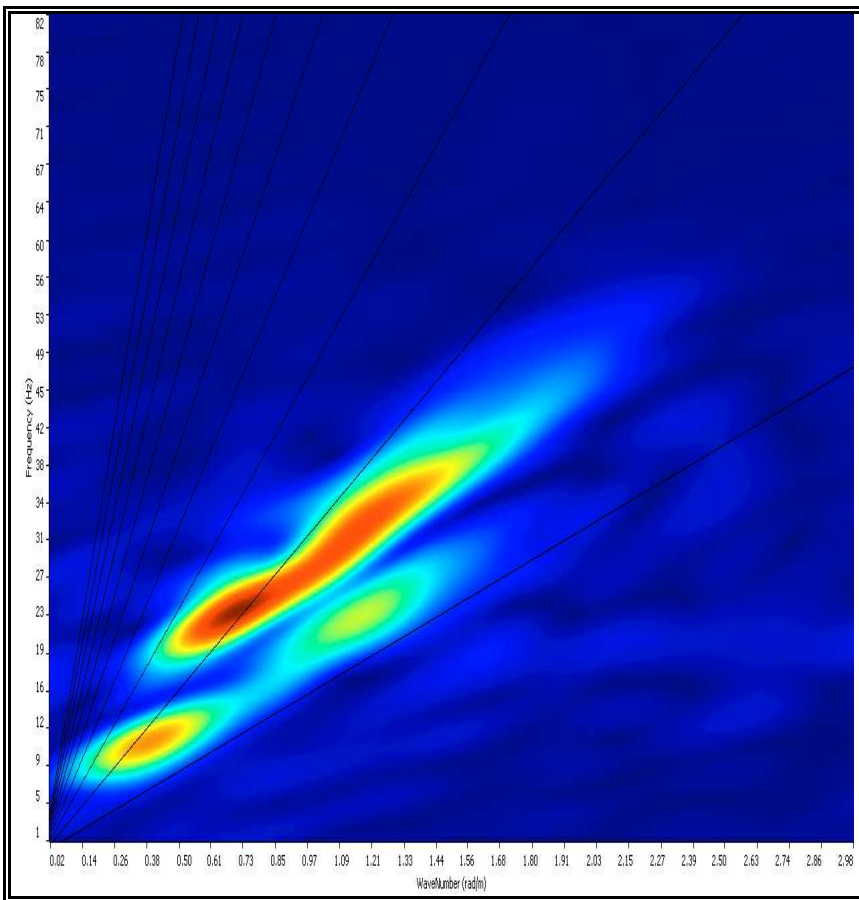
Nell'area per una migliore taratura dei dati è stata eseguita una prova CPT spinta fino – 20 m da p.c.

(Grafico V_s /profondità)

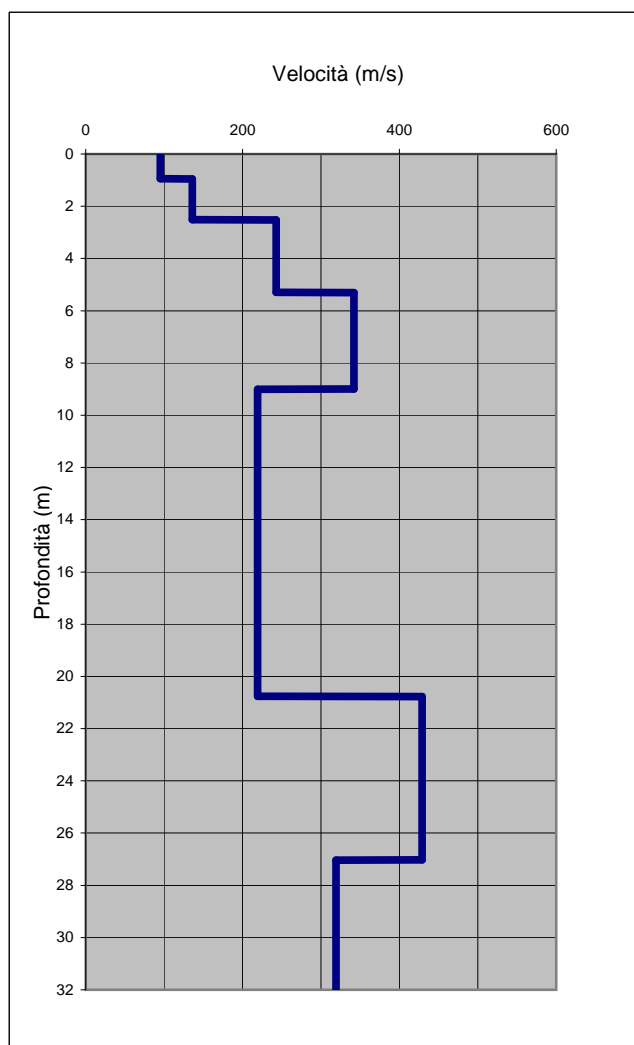


(grafico q_c /profondità – CPT4)

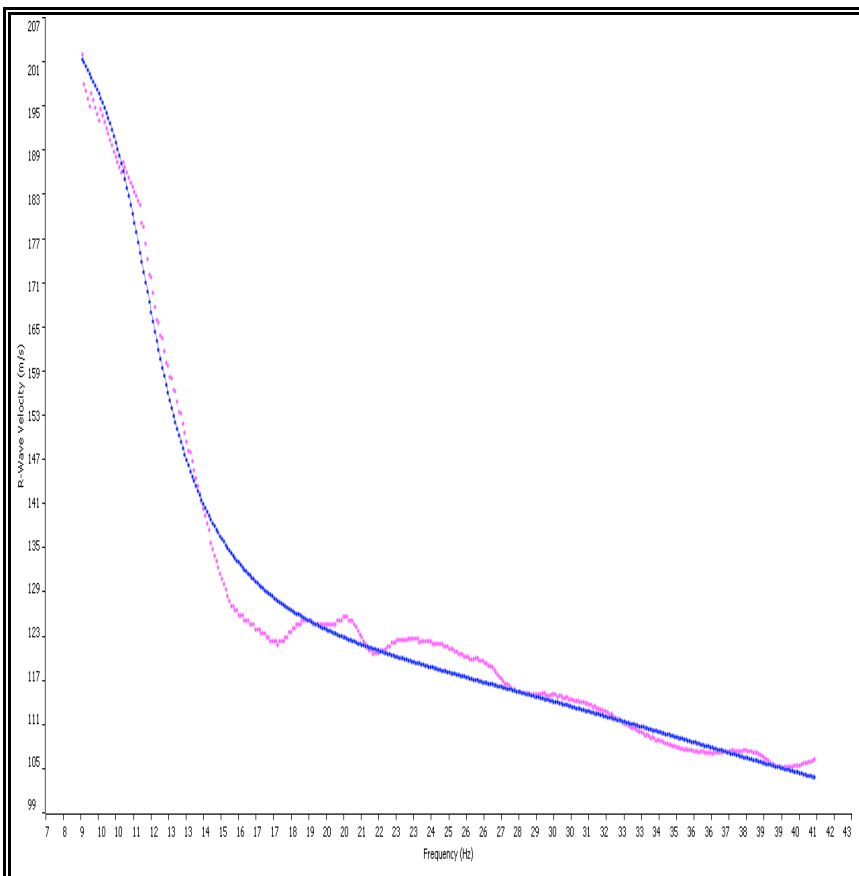




Spettro Ampiezza/Frequenza



Profilo velocità/profondità



Sovrapposizione Curva teorica /Curva di calcolo

	Profondità da	Profondità a	Spessore m	Vel. Media m/sec
Strato1	0.00	0.94	0.94	95
Strato2	0.94	2.51	1.57	136
Strato3	2.51	5.30	2.79	243
Strato4	5.30	9.00	3.70	342
Strato5	9.00	20.76	11.76	219
Strato6	20.76	27.03	6.27	429
Strato7	27.03	30.00	2.97	319

$V_{s30} = 247$ m/sec

Caratteristiche indagine

N° geofoni a 4,5 Hz	24	
Spaziatura geofoni	1,5	m
Lunghezza stendimento	34,5	m
Energizzazione	15	m



Arae residenziale Roncofesè