

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
PARTE GENERALE
GEOLOGIA E GEOTECNICA
PROVE E SONDAGGI
Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo da pk 22+000 a pk 44+250 – ATI
GEOSERVING - GEOLAVORI**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due Ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Febbraio 2021	Valido per costruzione ing. Enrico Piovano iscritto all'ordine degli ingegneri di Torino n.9273L Data: Febbraio 2021		

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
IN17	10	E	I2	IG	GE0000	004	A	- - - P - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
		Febbraio 2021



Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	Geol. Giuseppe Pacitti	Febbraio 2021	Ing. F.P. Furner	Febbraio 2021	Ing. F.P. Furner	Febbraio 2021	
								Data: Febbraio 2021

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1710E12IGGE0000004A.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

 GEOSERVING S.r.l. Indagini Geognostiche Laboratorio prove	 indagini geognostiche prove geotecniche in sito
--	--



**Linea AV/AC Verona – Padova
 Subtratta Verona-Vicenza
 1°Lotto Funzionale Verona-Bivio Vicenza**

**INDAGINI GEOFISICHE GEORADAR,
 MASW e DOWN HOLE**

Tratta pk 21+990 – pk 44+250

DATA PROVE	ID DOCUMENTO	IL RESPONSABILE DEL LABORATORIO
Ottobre 2020-Febbraio 2021	V5845/20	Dott. geol. Giuseppe Pacitti



SOMMARIO

1.	PREMESSA	3
2.	INDAGINE GEORADAR	4
2.1	Risultati	7
3.	METODO MASW E RE.MI.....	8
3.1	Modalità esecutive	9
3.2	Risultati	10
4.	PROVE DOWN HOLE	11
4.1	Elaborazione dati	12
4.2	Risultati	14

ALLEGATI

Allegato 1 - MASW

Allegato 2 - Down Hole: Tracciati onde P/S, parametri sismici, curva tempi-profondità, grafico intervalli velocità

1. PREMESSA

Per incarico del *CONSORZIO IRICAV DUE*, l'ATI costituita dalle società Geoserving s.r.l. (mandataria) e *GeoLavori S.r.l.(mandante)* ha eseguito una campagna di indagini geofisiche lungo la *“LINEA AV/AC VERONA – PADOVA SUBTRATTA VERONA – VICENZA. PRIMO LOTTO FUNZIONALE VERONA – BIVIO VICENZA”*.

Sinteticamente le attività di indagine sono consistite in:

- N° 2 indagini georadar in corrispondenza dei sondaggi geognostici BH-PE-78 e BH-PE-89;
- 13 misure di sismica superficiale con la metodologia attiva MASW (Multi Channel Analysis of Surface Waves) e la passiva Re.Mi. (Refraction Microtremor) combinate (MASW-PE-14 +MASW-PE-26);
- N° 3 indagini Down Hole in corrispondenza dei sondaggi BH-PE-47, BH-PE-80, BH-PE-93;

L'ubicazione in campo dei punti di indagine è stata determinata con riferimento alle planimetrie di progetto, in funzione alla presenza di linee aeree e reti di sottoservizi nonché all'effettiva accessibilità operativa ai punti stessi con i mezzi d'opera.

Al termine delle operazioni in campo, tutti i punti di indagine sono stati rilevati topograficamente con strumentazione satellitare di precisione.

Le indagini sono state eseguite in conformità a quanto descritto nelle norme:

- *AGI: Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, 1977;*
- *ANISIG: Modalità tecnologiche per l'esecuzione di indagini geognostiche e l'installazione e la gestione di impianti di monitoraggio;*

nonché nel rispetto del documento di RFI: *“CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI – PARTE SECONDA – SEZIONE 3 – RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE – Rev. A del 22.12.2017”*

2. INDAGINE GEORADAR

L'indagine radar è stata eseguita al fine di individuare dei punti liberi da sottoservizi, nei quali effettuare dei sondaggi geognostici.

La strumentazione impiegata per l'esecuzione delle scansioni *radar* è un dispositivo della MALA GeoScience (mod. Ground Explorer) con antenna a frequenza operante a 450 MHz.

Lo strumento si compone di un'unità di trasmissione-ricezione [antenna tx/rx] e di un'unità di trasduzione e registrazione del segnale.

Il principio di funzionamento dello strumento (legato alla propagazione di un'onda e.m. nel sottosuolo, si basa sul fenomeno fisico di partizione dell'energia ad un'interfaccia tra due mezzi con diverse proprietà dielettriche (costante dielettrica ϵ_r e riflettività R).

In particolare, in corrispondenza di un'interfaccia fisica, l'onda e.m. generata in superficie ed immessa nel sottosuolo per mezzo dell'antenna, subisce un fenomeno di riflessione e parte dell'energia (in funzione del contrasto di impedenza elettrica dei mezzi affacciati e dell'angolo di incidenza del segnale trasmesso) ritorna verso la superficie.

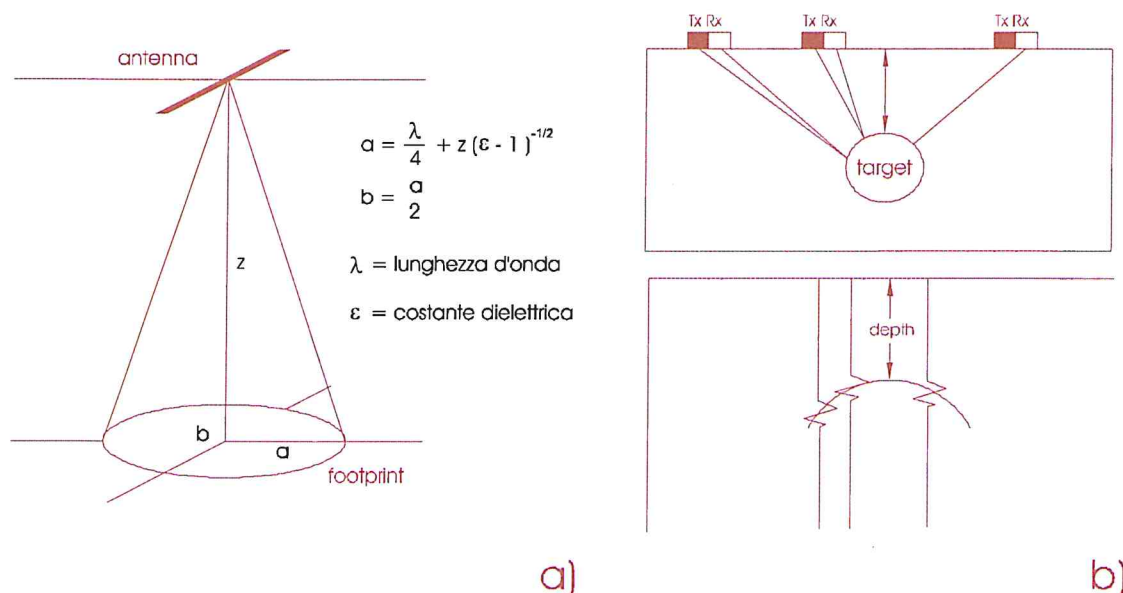


Figura 1. Propagazione di un'onda elettromagnetica nel sottosuolo: a) angolo solido di emissione dell'onda e footprint dell'antenna sul riflettore; b) configurazione monostatica responso di individuazione di un target.

La configurazione monostatica (fig. 1b) prevede l'utilizzo di una sola antenna (tx = rx) per la trasmissione e la ricezione del segnale, mentre la configurazione bistatica prevede l'utilizzo di due antenne (tx + rx) ad *offset* variabile. La selezione dell'*offset* permette, in prima

approssimazione, la stima della velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica e quindi, noto il tempo di registrazione, il calcolo della profondità del *target*.

$$V_m = c / (\epsilon_r / \epsilon_0)^{-1/2} \quad (1)$$

Nel caso specifico è stata utilizzata una configurazione bistatica ad offset fisso (0.18 m).

La velocità di propagazione V_m di un onda e.m. in un mezzo m è data dalla (1) dove c è la velocità della luce nel vuoto (3×10^8 m/s) ed ϵ_r è la costante dielettrica del mezzo, normalizzata rispetto a quella dell'aria.

La conoscenza della costante dielettrica relativa (o della velocità di propagazione v_r) è essenziale ai fini interpretativi, poiché permette di calcolare la profondità (h) di una superficie riflettente, con un errore massimo stimato ± 10 %.

Infatti:

$$h = \frac{ct_r}{2\sqrt{\epsilon_r}}$$

dove t_r è il tempo trascorso tra l'emissione e la ricezione dell'impulso.

L'attenuazione esprime invece la diminuzione dell'intensità del segnale per unità di lunghezza percorsa all'interno del materiale. Essa può essere considerata una funzione complessa della conducibilità elettrica, un'altra caratteristica fisica dei materiali. In generale, è possibile affermare che la massima profondità d'indagine ottenibile in un determinato materiale dipende dal suo valore di attenuazione.

Valori elevati si hanno per i materiali caratterizzati da elevati valori di conducibilità elettrica, quali limi, argille, materiali cristallini solubili, metalli e acque saline; valori bassi sono invece caratteristici di rocce cristalline, ghiaie, sabbie e acque demineralizzate.

Si evidenzia come la presenza d'acqua sia responsabile dell'aumento dei valori di entrambi i parametri, sebbene con intensità diversa nei vari materiali. Per questo motivo diventa molto difficile individuare dei target posti sotto il livello della falda.

I materiali caratterizzati da elevati valori di attenuazione limitano in modo determinante la profondità di indagine; nelle argille plastiche, ad esempio, essa è ridotta a pochi centimetri e nei metalli è praticamente nulla. Per contro, i materiali ad elevato valore di attenuazione sono ottimi bersagli, in quanto riflettono buona parte della radiazione incidente.

La tecnologia HDR (High Dynamic Range) del Radar utilizzato

I vantaggi della nuova tecnologia HDR (High Definition Radar) sono:

- 1) Basso rumore
- 2) Banda di frequenza allargata

Basso rumore:

La tecnologia dei GPR convenzionali utilizza campionamenti di tempo equivalenti, cioè ogni campione lungo la nostra traccia viene raccolto separatamente a intervalli di tempo determinati. Un campione per ogni intervallo di tempo.

Il GPR con tecnologia HDR è un sistema "quasi" a tempo reale, poichè raccoglie una porzione di traccia per ogni intervallo di tempo. Per esempio se usiamo il Ground Explorer 80 (80 MHz di freq. centrale) ci vorranno approssimativamente 5 cicli temporali per raccogliere una traccia intera, mentre i radar convenzionali impiegheranno più di 500 cicli. Quindi la tecnologia HDR crea un sistema estremamente veloce e questo surplus di velocità viene impiegato per lo stacking del segnale. Durante una normale fase di acquisizione (camminando) ogni traccia viene sommata migliaia di volte, riducendo così il rumore al minimo (e dunque aumentando il n. di bits significativi).

Banda di freq. allargata:

Questa è una caratteristica sviluppata da MALA indipendentemente dal metodo di campionamento. In particolare il ricevitore dei sistemi MALA è stato migliorato per poter ricevere un range di freq. più ampio. A confronto con le tecnologie più vecchie, l'antenna HDR raccoglie sia freq. più alte (miglior definizione) che più basse (maggior penetrazione). L'ampiezza della banda, grazie al miglioramento del ricevitore, raccoglie fino al 20% di freq. in più rispetto alle precedenti tecnologie. Chiaramente anche questo beneficia di un rapporto segnale / rumore migliore.

Un profilo (sezione GPR) si ottiene ripetendo il ciclo di trasmissione e ricezione innumerevoli volte, spostando progressivamente l'antenna lungo una direzione prefissata; il programma di elaborazione provvede ad accostare opportunamente le tracce dei segnali ricevuti. Il risultato è quello riportato nelle sezioni GPR.

Per effettuare le sezioni GPR è stata utilizzata la modalità in dominio di spazio: il trasmettitore emette impulsi in dipendenza dallo spazio percorso dall'operatore; questo è possibile grazie all'utilizzo di un encoder direttamente collegato all'antenna.

2.1 Risultati

Di seguito si riportano alcuni radargrammi significativi.

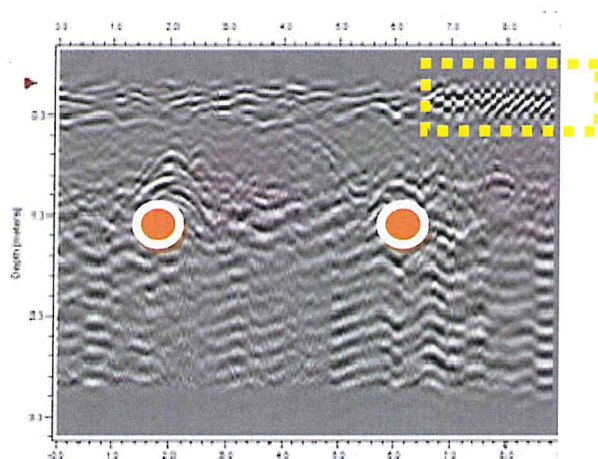


Figura 3. Scansione nel sito di BH-PE-79 nella quale sono visibili dei sottoservizi ed una rete elettrosaldada

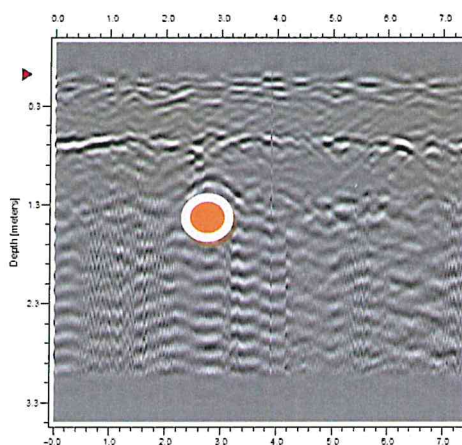


Figura 4. Radargramma nell'area di BH-PE-89 nella quale è visibile un sottoservizio.

Come accennato, per l'indagine è stata utilizzata un'antenna settata su frequenza di 450 MHz. E' stata effettuata in primo luogo una taratura dello strumento per attribuire una corretta costante dielettrica al "mezzo" attraversato, in modo da assegnare una corretta profondità ai sottoservizi individuati. In ogni caso, potendo variare da zona a zona tale costante, le profondità sono indicative.

Sono state realizzate scansioni incrociate, ortogonali tra loro per verificare la presenza di sottoservizi nelle varie direzioni.

Le scansioni condotte nei punti richiesti hanno permesso di ubicare i sondaggi in punti liberi da sottoservizi.

3. METODO MASW E RE.MI.

I metodi utilizzati sfruttano le onde di superficie e il fenomeno della dispersione delle stesse (variazione della velocità di fase con il variare della frequenza).

Solitamente si tratta di onde di Rayleigh in caso di acquisizioni terrestri. Questa scelta è legata al fatto che le onde di Rayleigh si propagano lungo la superficie topografica in uno strato di profondità circa pari alla lunghezza d'onda. In mezzi stratificati verticalmente eterogenei, le diverse lunghezze d'onda, relative alla propagazione di armoniche a diversa frequenza, si propagano con velocità di fase che dipende dalle proprietà dei materiali interessati. Ciò fa sì che la velocità di fase sia funzione della frequenza dell'onda stessa. Tale dipendenza prende il nome di dispersione geometrica e viene rappresentata tramite la curva di dispersione (velocità di fase vs. frequenza). La propagazione delle onde di superficie è un fenomeno multimodale, una stessa frequenza può propagarsi contemporaneamente a diverse velocità e ogni velocità viene chiamata modo. In questo caso particolare, si sono dovuti prendere spesso in considerazione 2 modi diversi di propagazione dell'onda: modo 1 per le basse frequenze, modo 2 per le alte. Il programma utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "Surface Plus" della GEOGIGA, che consente di effettuare l'inversione dei dati attraverso l'utilizzo del metodo Wevefield Transform per le indagini attive (MASW), mentre per le passive (Re.Mi.) può essere utilizzato anche il metodo SPAC.

Dalla curva di dispersione sperimentale è possibile caratterizzare il sottosuolo in termini di variazione della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s), e quindi del modulo di rigidità al taglio dinamico (G_0), in funzione della profondità.

Generalmente il metodo assume come modello del terreno un mezzo elastico-lineare a strati omogenei.

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 (Re.Mi.) sfrutta il rumore naturale, mentre il metodo attivo (MASW) sfrutta sorgenti sismiche (massa battente).

Tali metodi non sono univoci e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura onde ricavare il modello reale.

3.1 Modalità esecutive

I metodi MASW e Re.Mi. prevedono l'utilizzo di strumentazione 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. Terraloc Pro della ABEM Instruments, a 24 bits.

Ogni profilo è stato realizzato con array lineare con un offset intergeofonico di 2m e 5m come distanza di battuta.

Sono state effettuate 10 registrazioni da 30 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 120 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 e, grazie ai dati di taratura forniti, è stato possibile ricostruire un modello Vs/profondità attendibile.

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). Nella fattispecie si è ricorsi al picking del primo modo ed in alcuni casi del secondo modo di vibrazione, oltre a quello fondamentale.

3.2 Risultati

Di seguito è riportata una tabella con le coordinate dei punti centrali delle linee e i valori delle V_{s30} ricavati.

Masw/Re.Mi.	Latitudine	Longitudine	Vs30 (m/s)
14	45.424431°	11.358364°	256
15	45.434777°	11.370503°	223
16	45.446411°	11.383999°	314
17	45.452680°	11.394032°	246
18	45.456601°	11.403192°	315
19	45.461815°	11.401710°	307
20	45.474212°	11.421674°	295
21	45.479455°	11.425419°	302
22	45.492472°	11.438507°	313
23	45.504137°	11.448213°	329
24	45.511812°	11.455640°	353
25	45.517183°	11.470695°	356
26	45.520310°	11.483858°	229

In allegato 1. Si riportano le curve di dispersione delle velocità ed il modello risultate dall'inversione dei dati.

4. PROVE DOWN HOLE

Il metodo utilizzato consiste nella misura del tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie in prossimità della bocca foro, e i ricevitori, posti all'interno del foro di sondaggio (Figura 10).

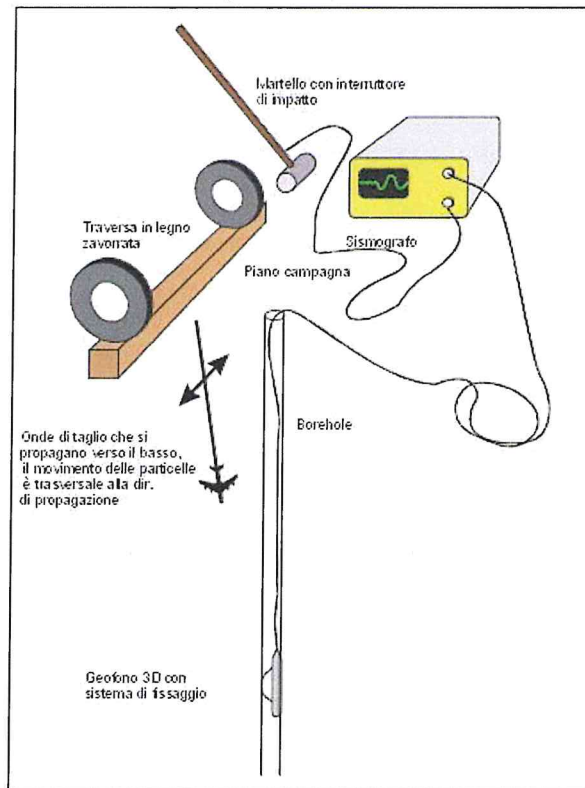


Figura 10. Configurazione utilizzata per le misure effettuate relativamente alle onde di taglio.

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata, consistono in:

- una sorgente meccanica (massa battente) in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
- un geofono tridimensionale (o a più componenti), con appropriata risposta in frequenza, dotato di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- un sistema di controllo dell'orientazione dei geofoni in foro (bussola elettronica) ovvero l'utilizzo di un geofono da foro con diversi sensori posti orizzontalmente (nella fattispecie si è utilizzato un geofono con 4 componenti orizzontali e 1 verticale);

- un sismografo multicanale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale su memoria di massa;
- un trasduttore (trigger) alloggiato nella sorgente necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.

Per le misure in questione è stata utilizzata la stessa strumentazione descritta in precedenza.

In corrispondenza delle verticali indagate sono state effettuate separatamente energizzazioni e registrazioni per onde P e per onde S con spaziatura di 1 m tra misure successive.

In particolare, per la generazione delle onde S è stata utilizzata la configurazione riportata anche in fig. 10 secondo il metodo del "plus-minus", che consiste nella energizzazione a polarità invertita degli impulsi generati con le battute sul trave in legno per la generazione di onde SH, in modo tale da mettere in evidenza le onde S rispetto alle P (che al contrario restano polarizzate nello stesso modo), sovrapponendo le registrazioni ottenute (All. 3). In pratica, per ogni acquisizione delle onde S sono state operate 2 battute agli estremi opposti di una trave in legno, opportunamente zavorrata, mediante massa battente da 10 kg.

In corrispondenza di ogni livello di misura si è provveduto a bloccare il geofono 5D alle pareti del foro, accertandosi che non vi fossero slittamenti.

I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati e di ogni foro vengono fornite due elaborazioni distinte: le curve tempi/profondità e le velocità di ogni intervallo.

4.1 Elaborazione dati

In fase di acquisizione sono stati utilizzati i seguenti parametri:

- finestra di registrazione 328 ms
- tempo (frequenza) di campionamento 0.02 ms (50000 Hz).

Per poter interpretare le misure in modo adeguato, occorre prima di tutto correggere i tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde, dal momento che il punto di battuta non coincide con il ricevitore (offset utilizzato = 2 m, eccetto che per la prova n. 80, per la quale offset = 1,85 m). Se d è la distanza della sorgente dall'asse, r la distanza tra la sorgente e il geofono 5D, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula:

$$t_{\text{corr}} = z / r \times t$$

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico tempi vs profondità in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali (vedere grafici allegati).

Il metodo delle velocità di intervallo consente di calcolare le velocità sismiche in corrispondenza di ogni intervallo di misura e quindi, nel presente caso, per ogni metro di profondità. Questo metodo consente di visualizzare puntualmente l'andamento delle velocità e quindi la presenza di livelli particolarmente "veloci" o "lenti".

Le velocità di intervallo vengono calcolate con l'espressione:

$$V_{p,s} = (r_2 - r_1) / (t_{2\text{corr}} - t_{1\text{corr}})$$

L'unico svantaggio di questo metodo è che non tiene conto dei casi in cui $t_2 < t_1$, inoltre nell'interpretazione si assume che i percorsi tra il punto di energizzazione e il punto di acquisizione siano rettilinei e non subiscano rifrazioni: questo porta talvolta a errori nella stima dei valori del coefficiente di Poisson (così come di altri parametri elastici e delle velocità stesse).

A tal proposito, i parametri elastici dinamici calcolati, sono gli stessi presentati nel paragrafo delle prove cross-hole.

In sostanza la procedura seguita in fase di elaborazione è la seguente:

- 1) suddivisione e ordinamento dei segnali registrati ad ogni livello per ogni canale in senso decrescente di profondità onde fornire il dato in forma aggregata come da specifiche tecniche, mediante software ReflexW;
- 2) selezione dei segnali migliori relativamente alle onde SH: per ogni livello misurato si hanno a disposizione 4 registrazioni provenienti da geofoni orizzontali, delle quali è stata scelta sempre quella con ampiezza maggiore (meglio orientata rispetto al punto di energizzazione);
- 3) analisi dei dati e picking, previo plottaggio sovrapposto delle onde S a diversa polarità (vedere allegato) mediante software ReflexW;
- 4) calcolo delle velocità registrate, previa correzione per l'offset del punto di energizzazione, e dei principali moduli dinamici.

Le tabelle e i grafici allegati riguardano comunque tutte le registrazioni effettuate.

4.2 Risultati

La colonna utile indagata è variabile per ogni foro di sondaggio. In allegato 2. sono riportati i tracciati relativi a onde P e onde S, le tabelle dei parametri sismici, i grafici con le curve tempi-profondità e quelli degli intervalli di velocità per ciascun livello indagato.

Dal punto di vista sismostratigrafico, i risultati ottenuti sono compatibili con la situazione stratigrafica e, ove è stato possibile un confronto, risultano in buon accordo con i profili Vs delle Masw.

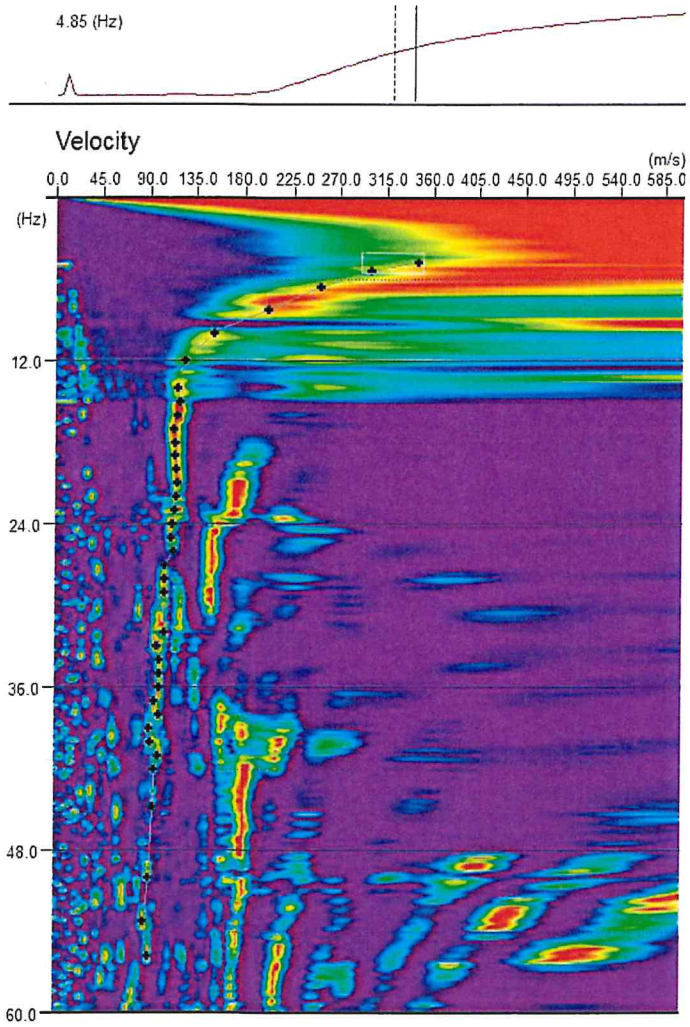
Per quanto concerne la classificazione sismica dei siti, le V_{s30} calcolate (ovvero le Vs equivalenti nei casi in cui non si siano indagate colonne di 30 m), sono risultate le seguenti:

DH47 => $V_{s29} = 224$ m/s

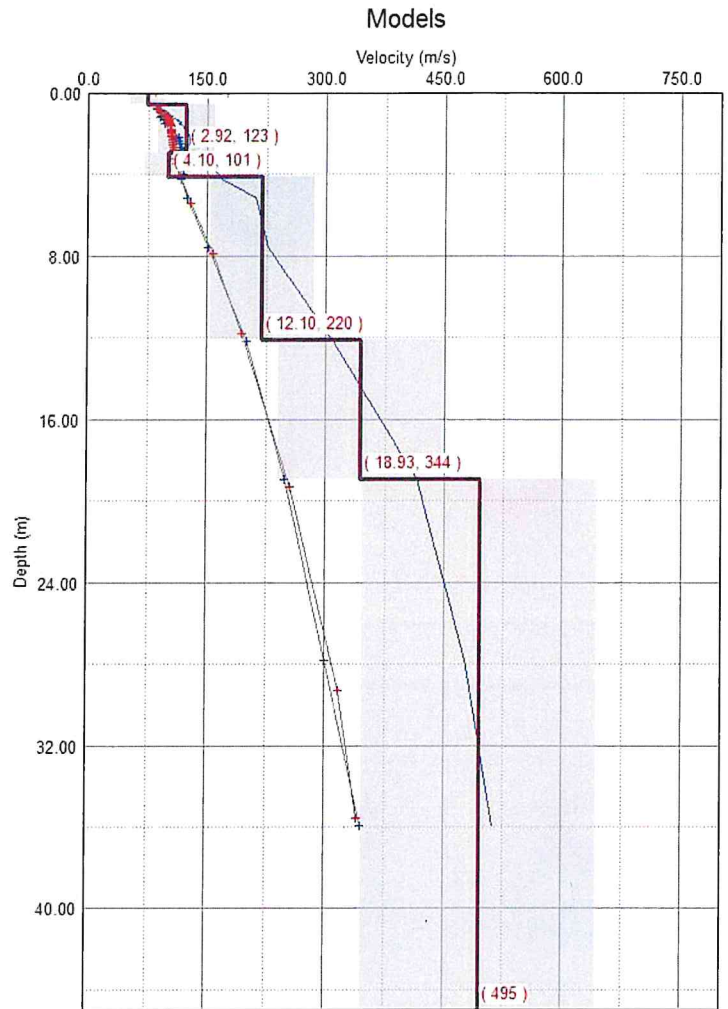
DH80 => $V_{s25} = 314$ m/s

DH93 => $V_{s23} = 190$ m/s

MASW 14

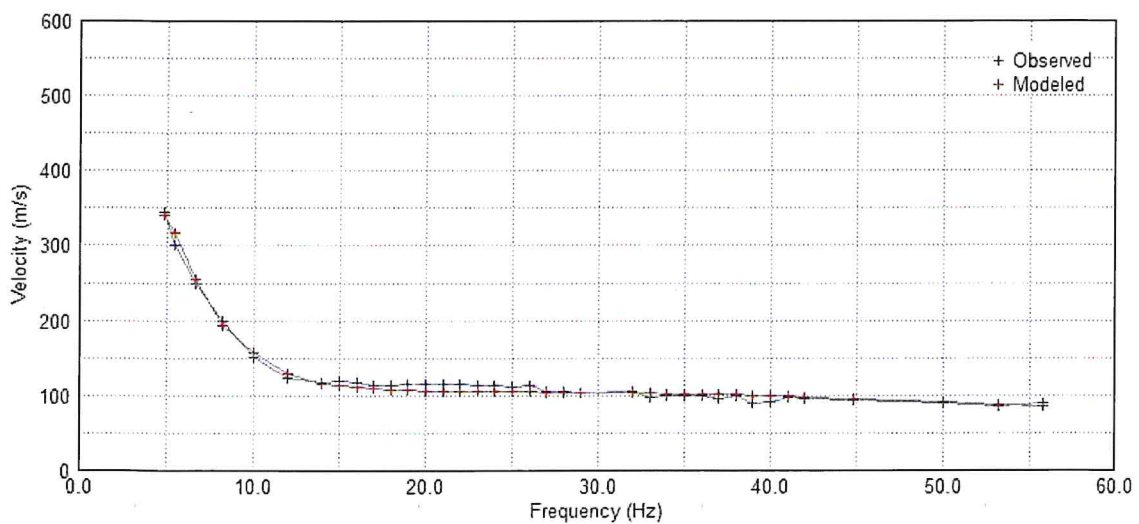


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

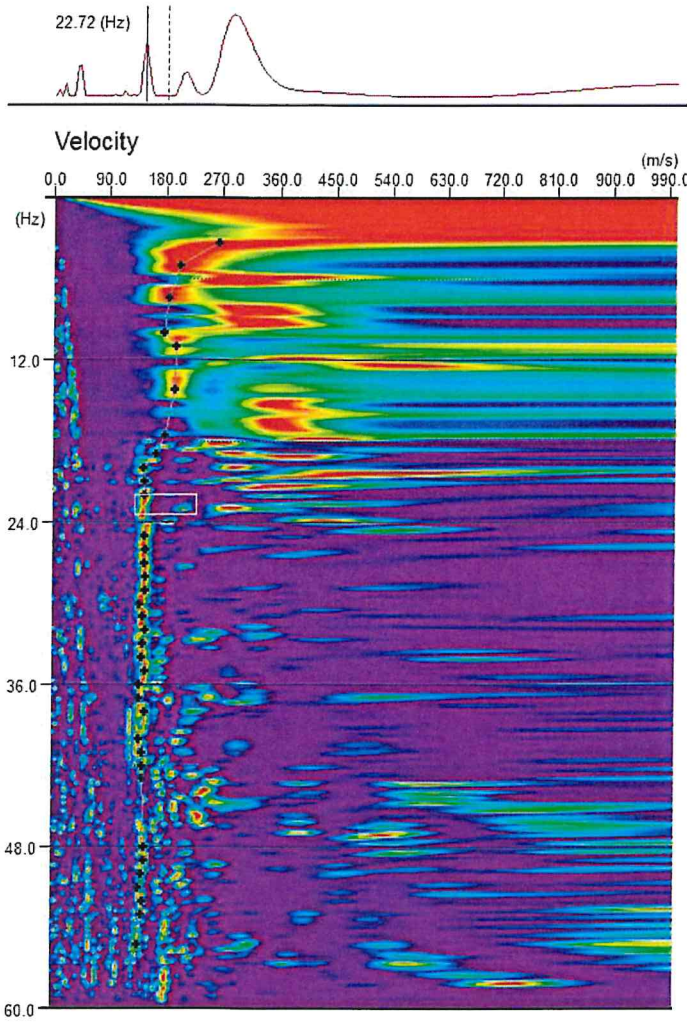
Dispersion Curves



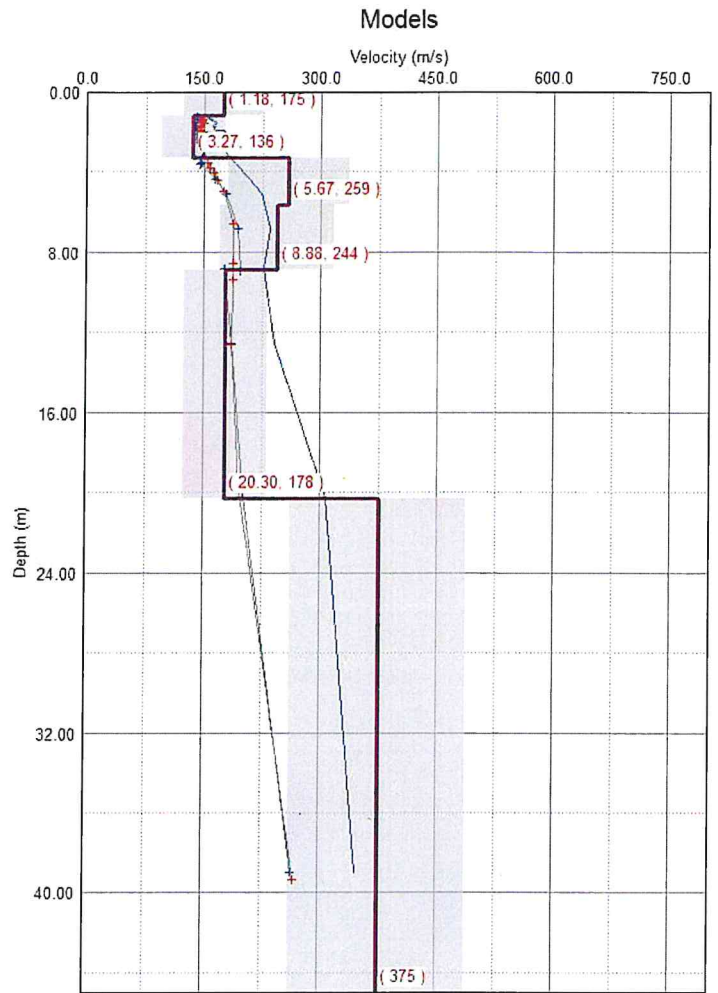
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

Vs30 = 256m/s

MASW 15

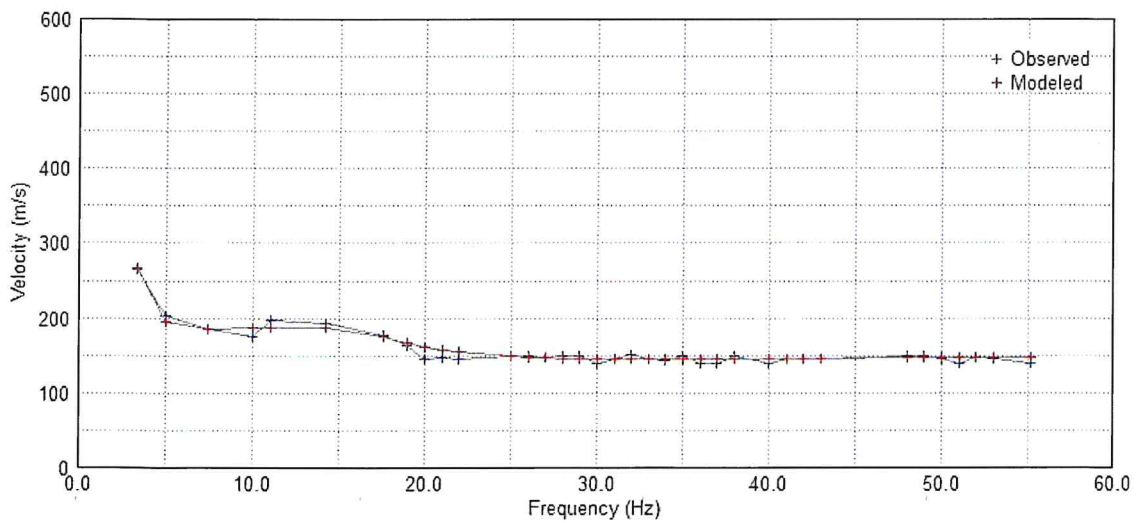


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

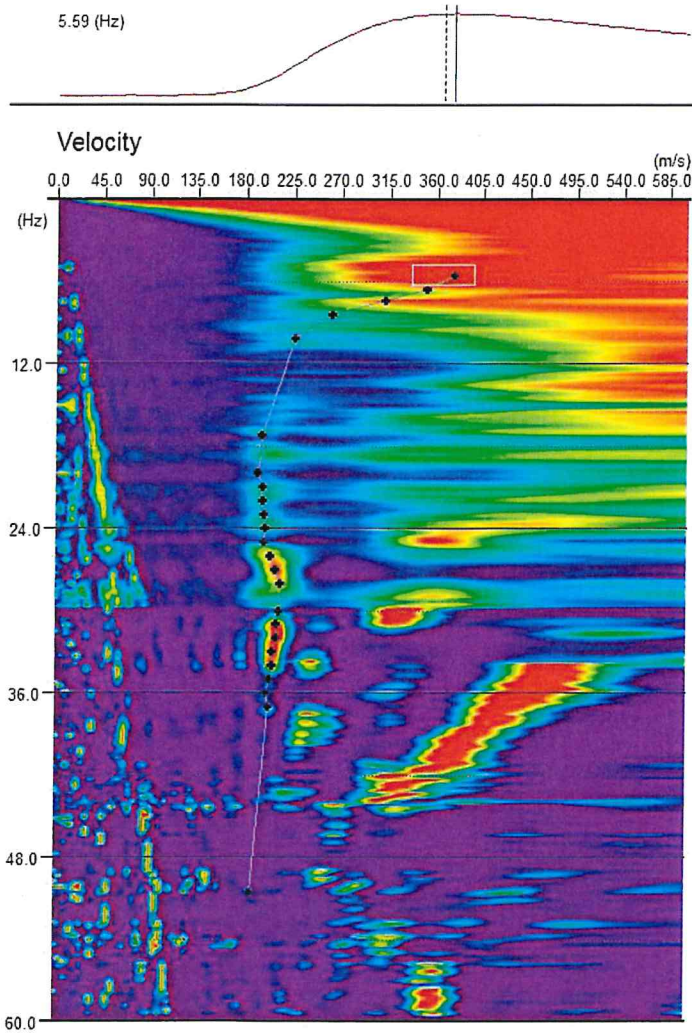
Dispersion Curves



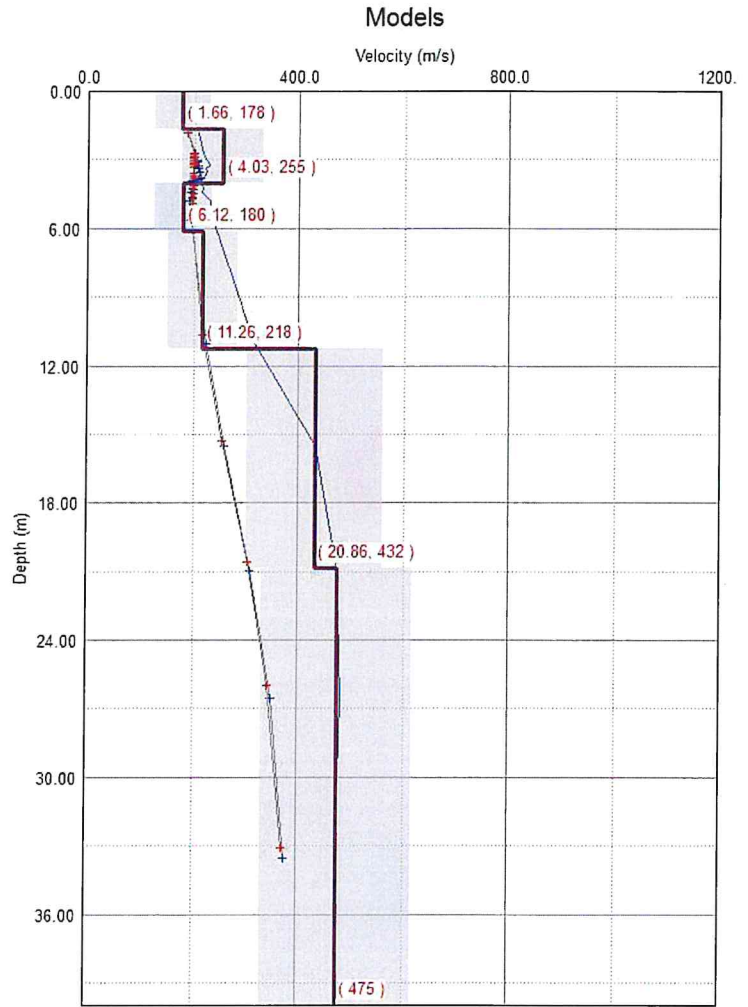
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

$V_{s30} = 223\text{m/s}$

MASW 16

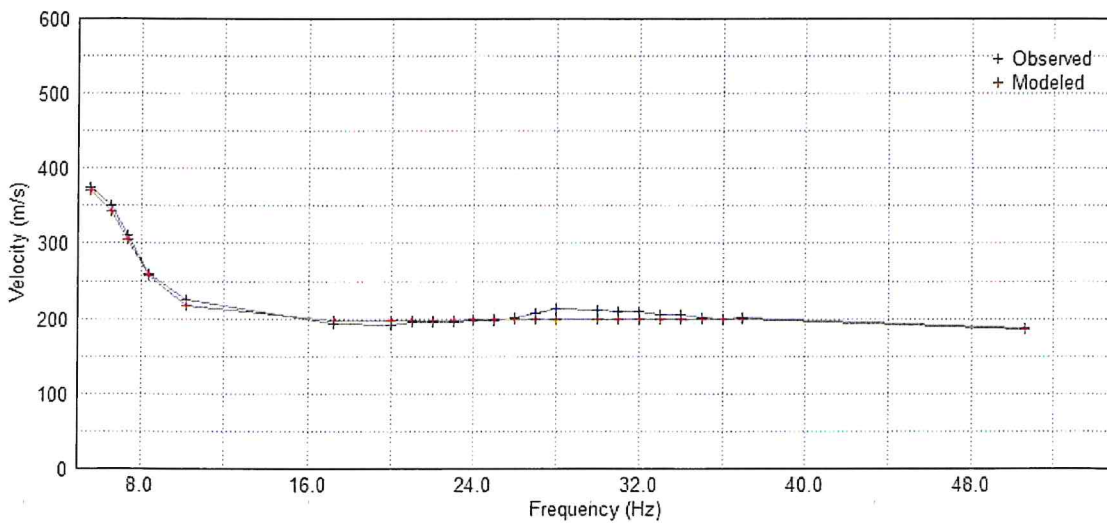


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

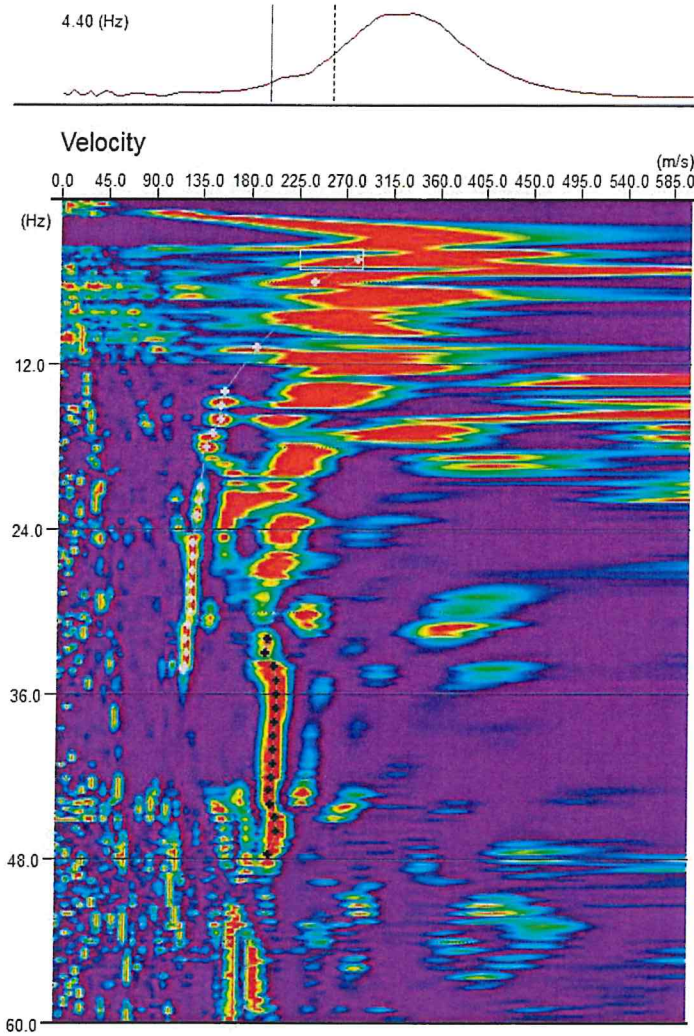
Dispersion Curves



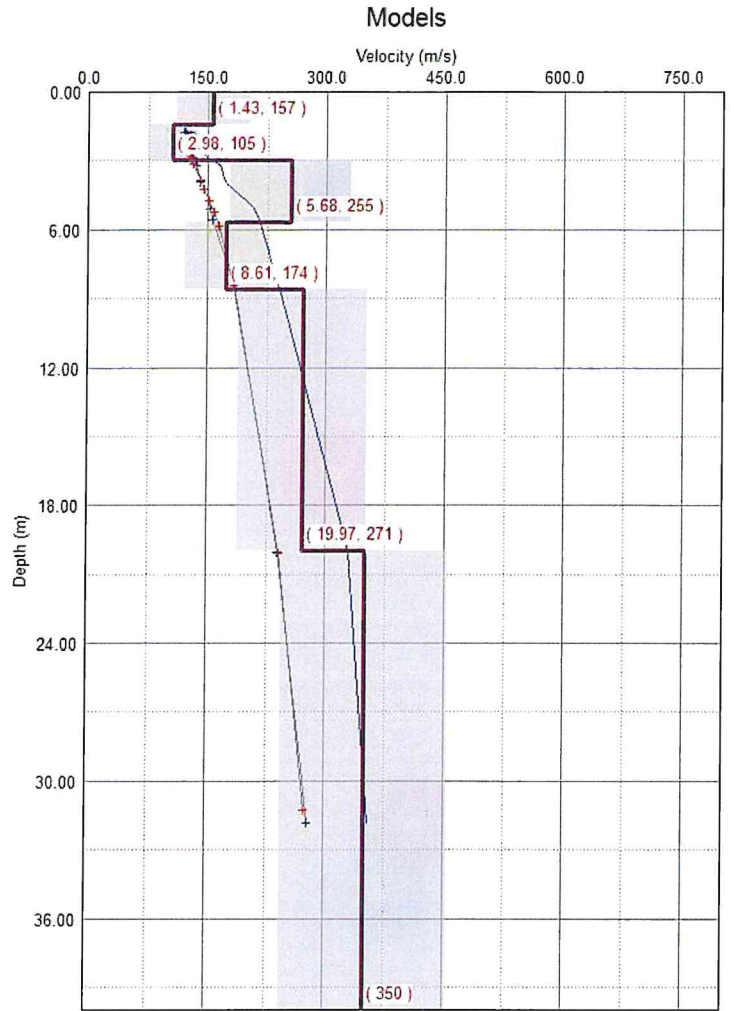
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

Vs30 = 314m/s

MASW 17

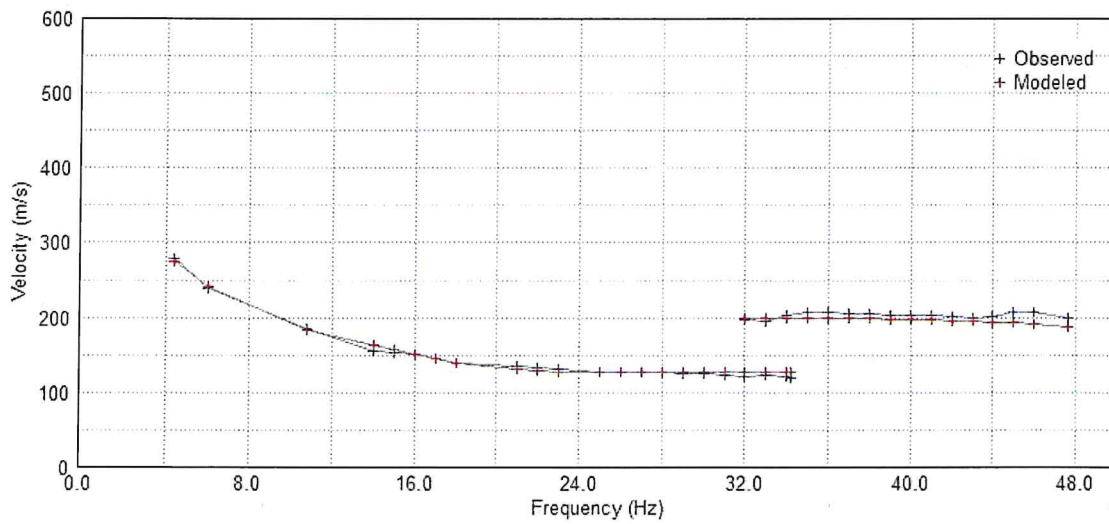


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

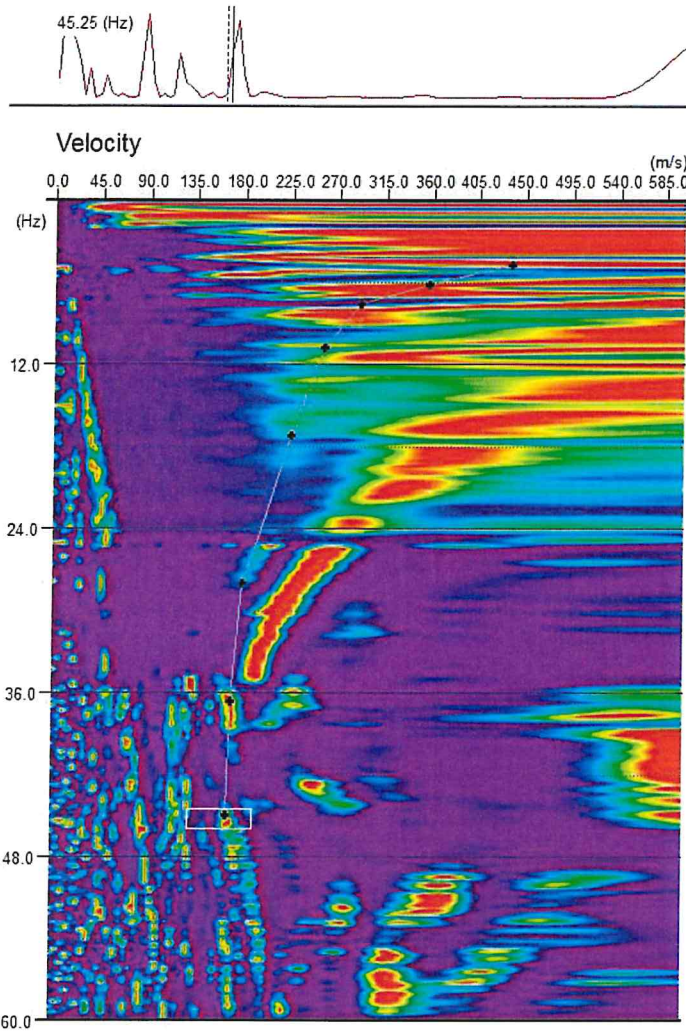
Dispersion Curves



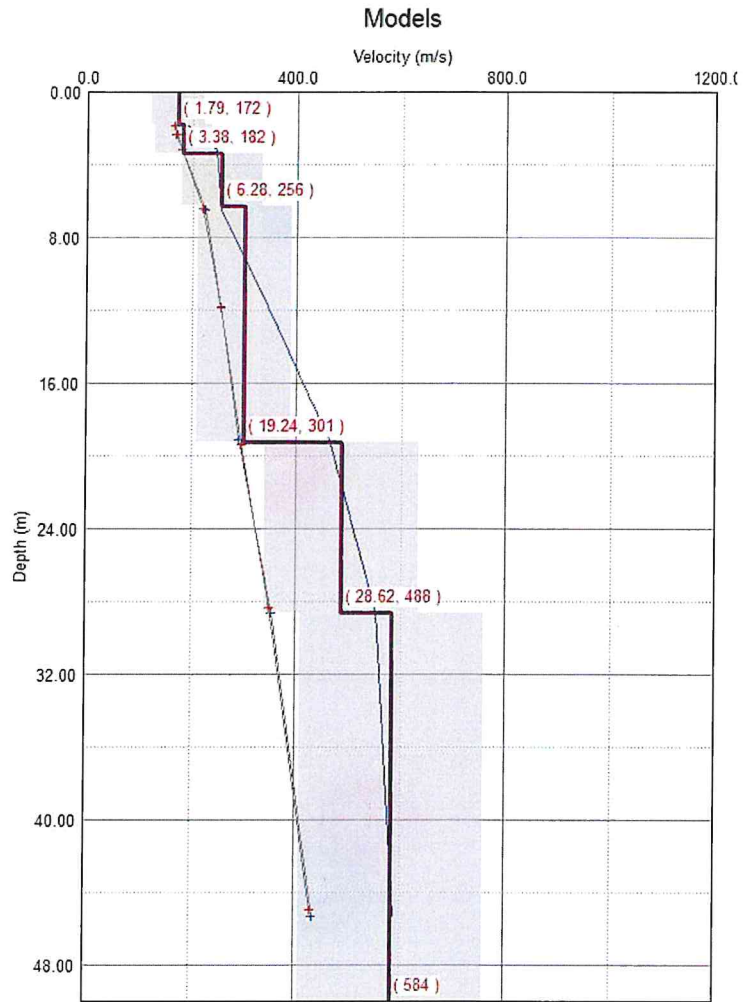
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

$V_{s30} = 246 \text{ m/s}$

MASW 18

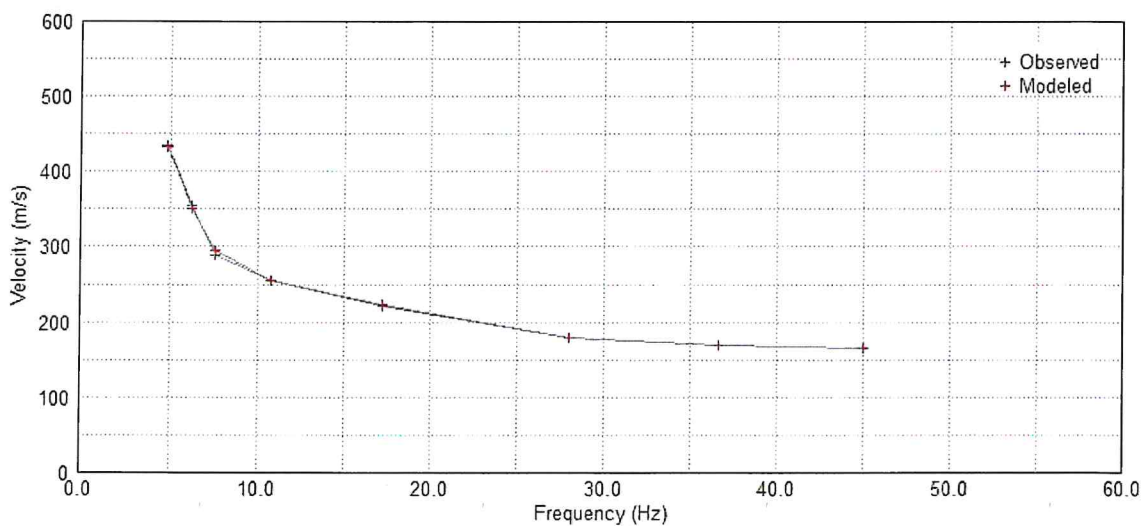


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

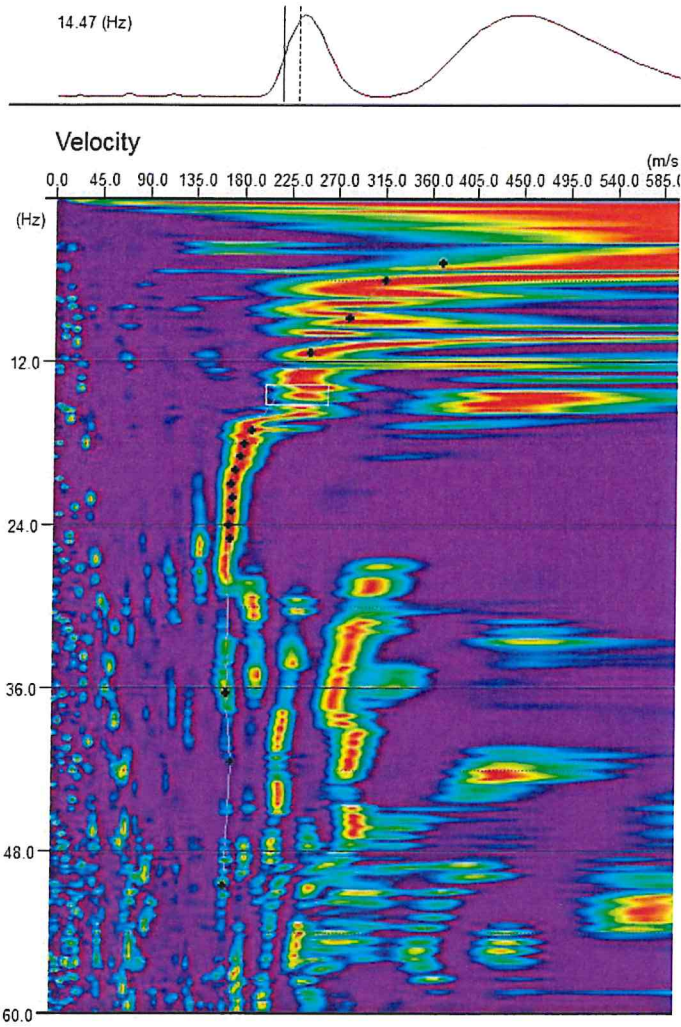
Dispersion Curves



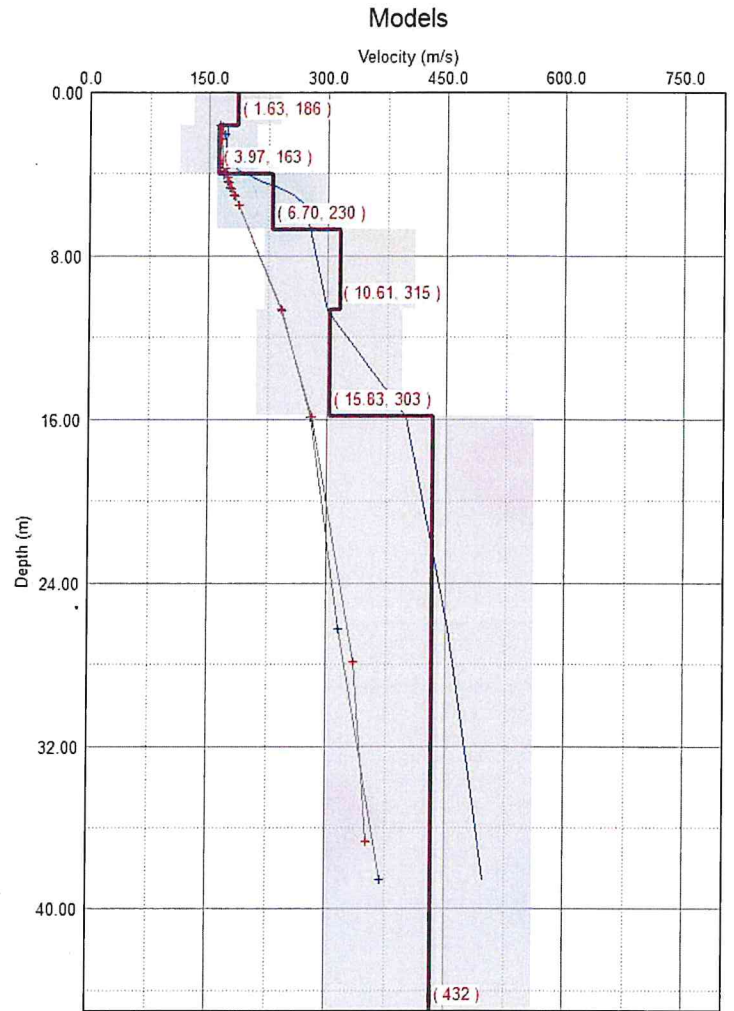
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

Vs30 = 315m/s

MASW 19

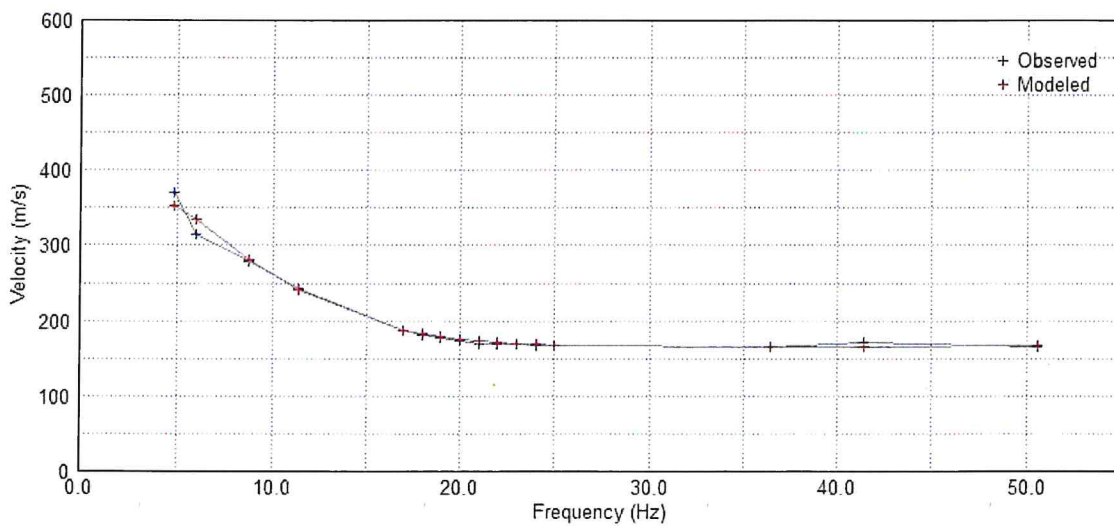


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

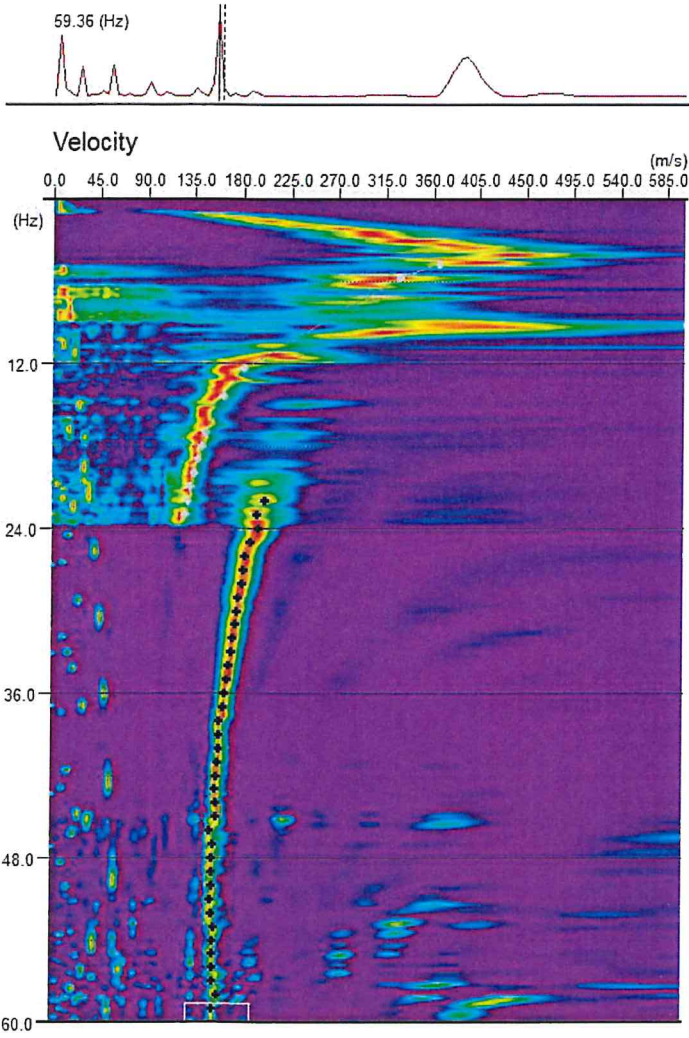
Dispersion Curves



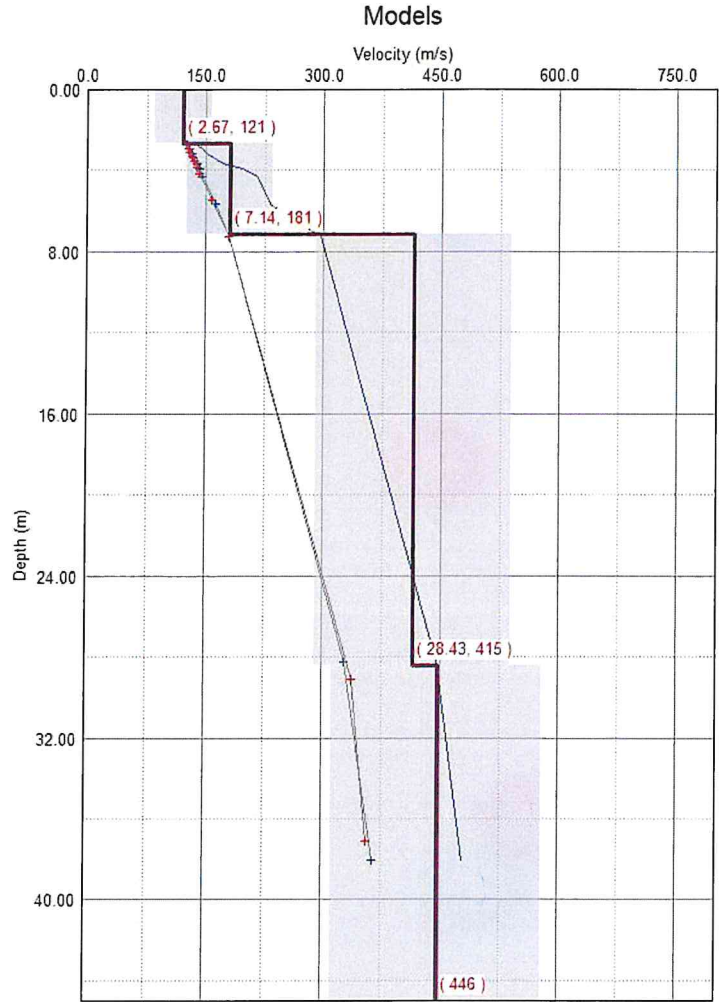
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

Vs30 = 307m/s

MASW 20

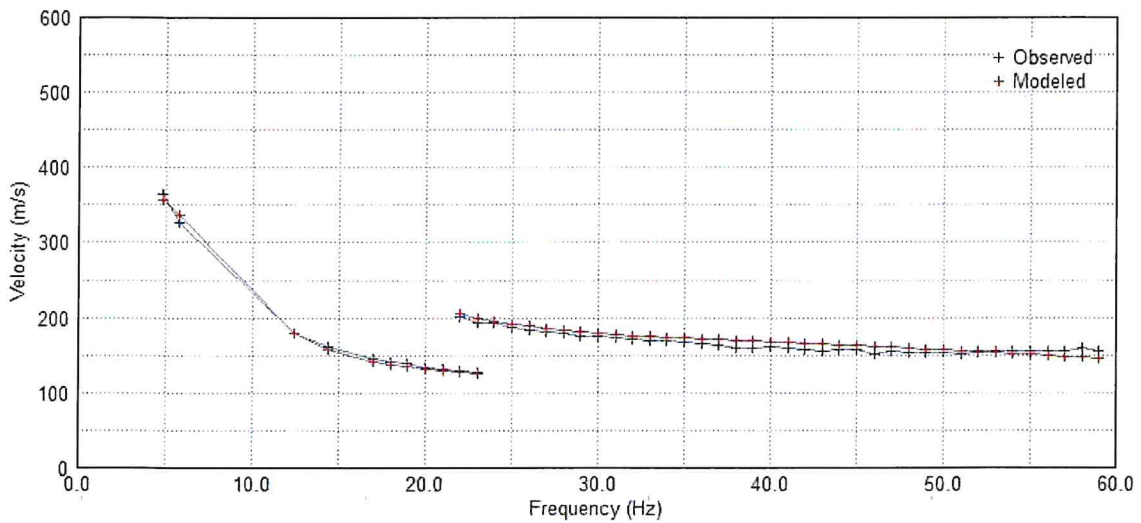


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

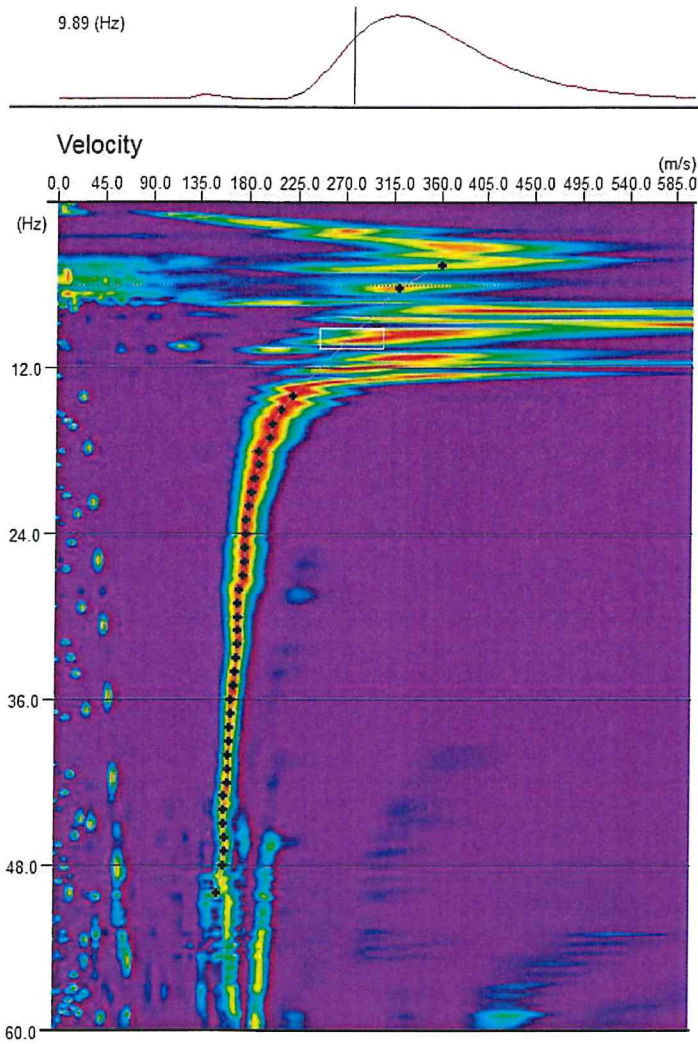
Dispersion Curves



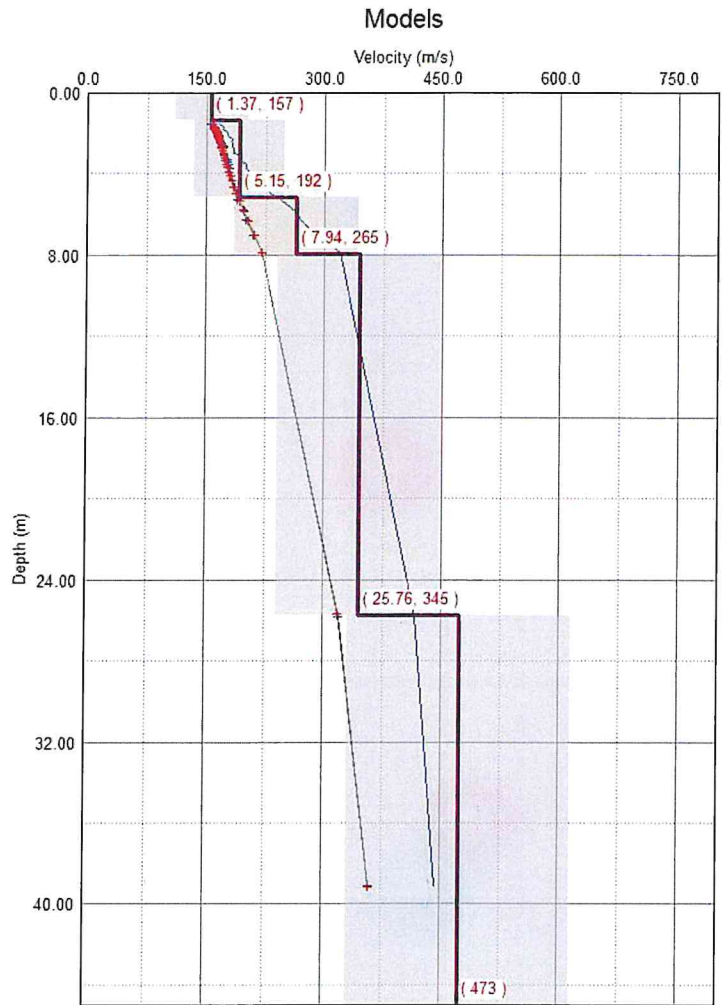
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

Vs30 = 295m/s

MASW 21

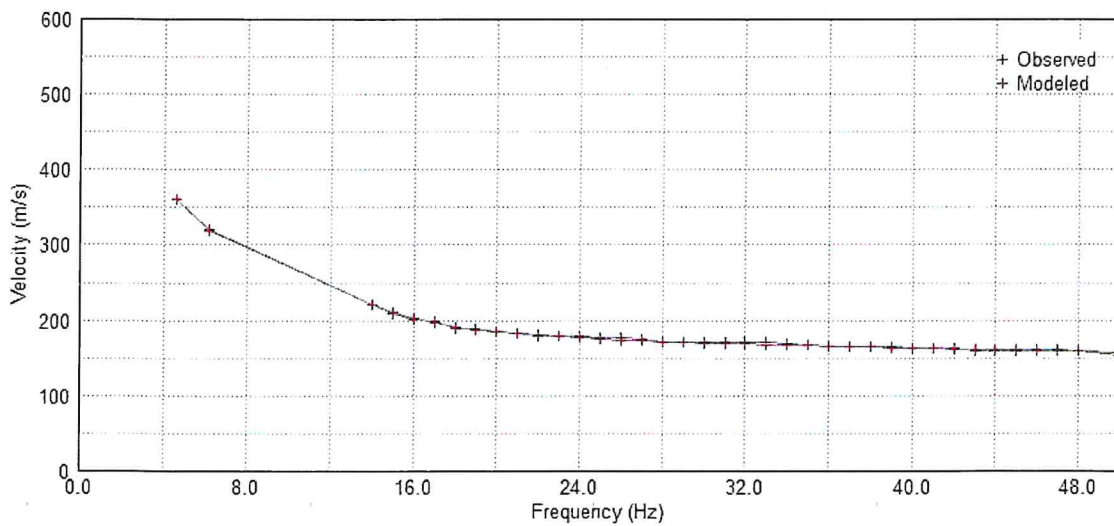


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

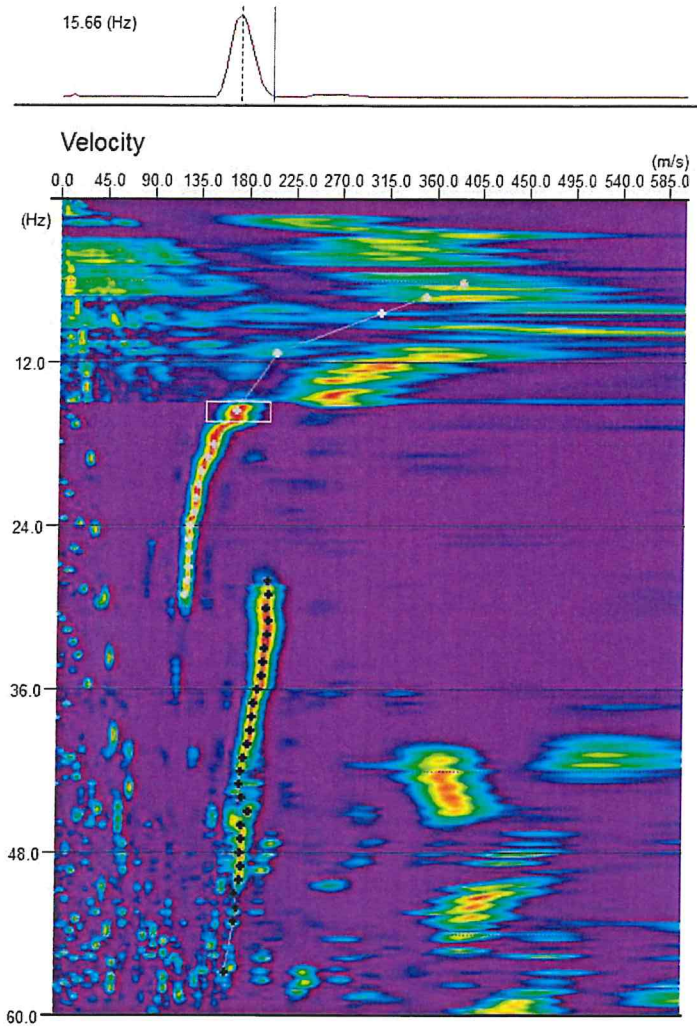
Dispersion Curves



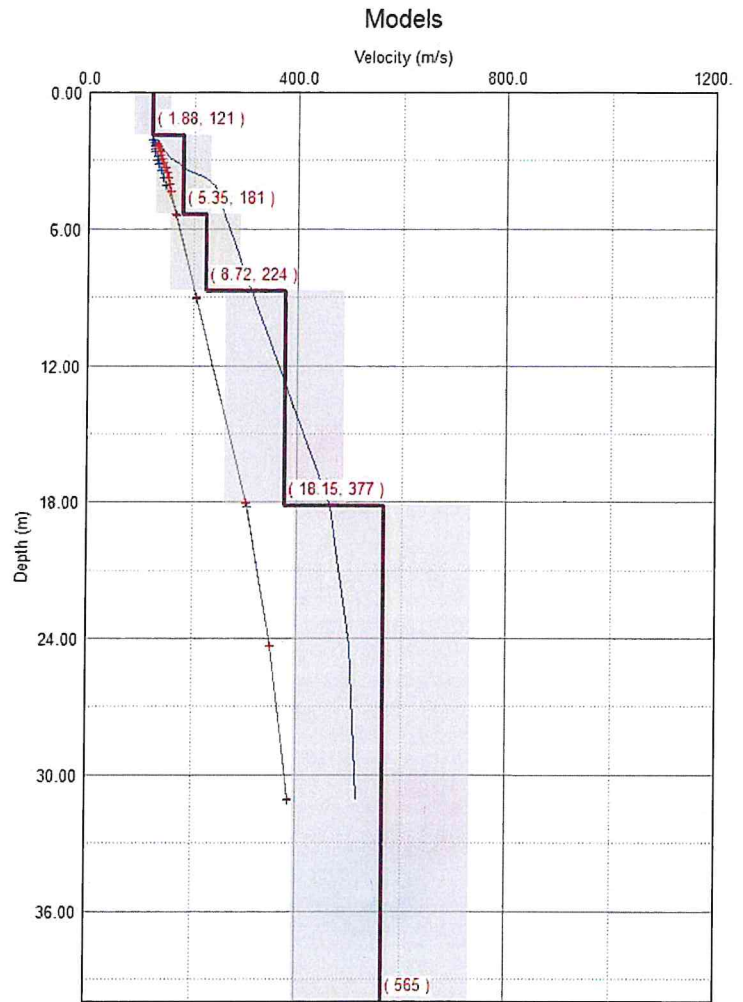
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

Vs30 = 302m/s

MASW 22

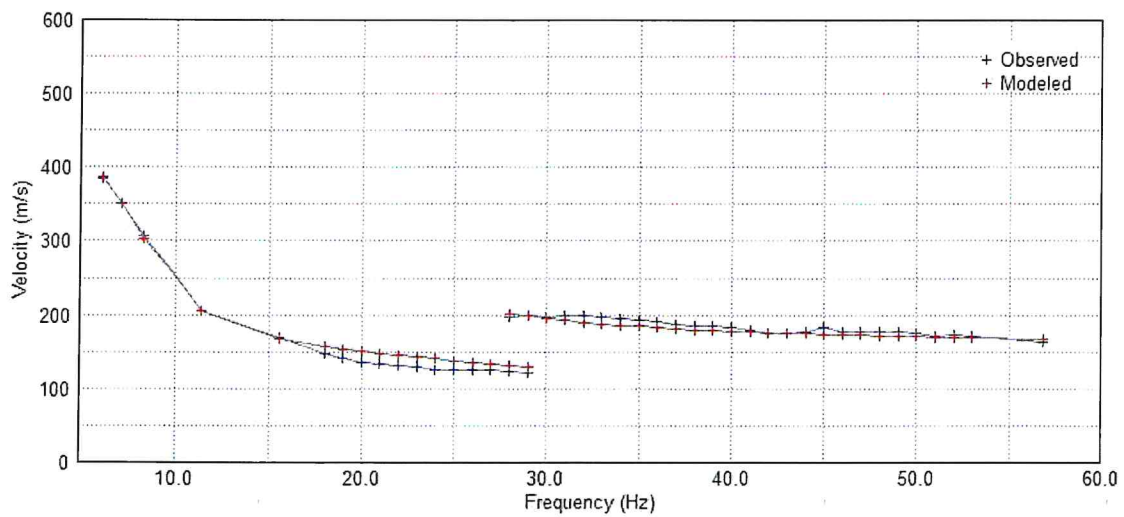


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

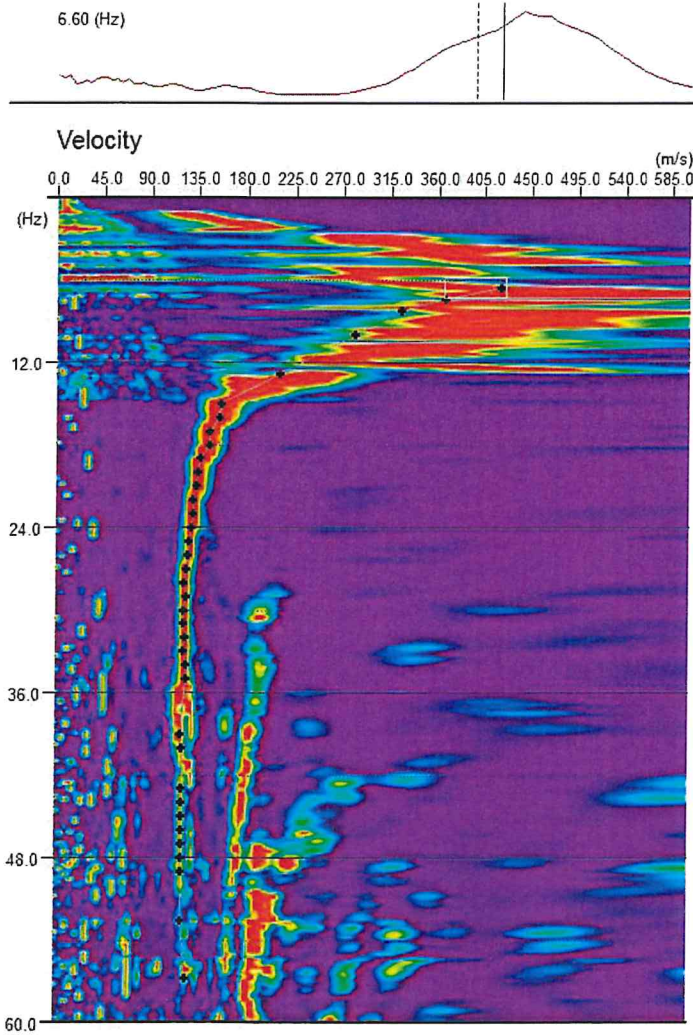
Dispersion Curves



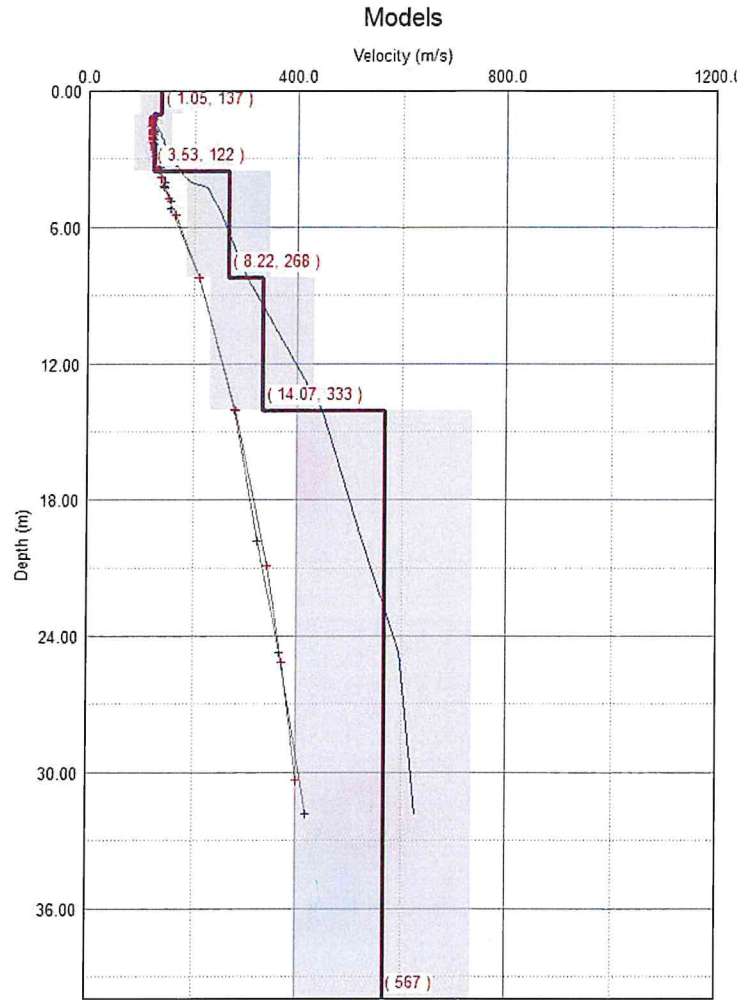
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

Vs30 = 313m/s

MASW 23

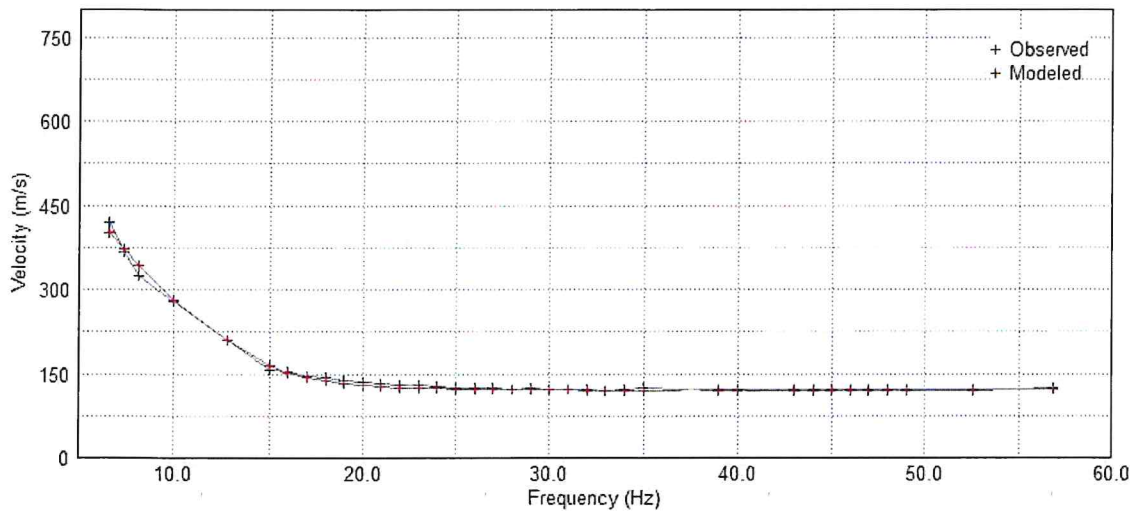


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

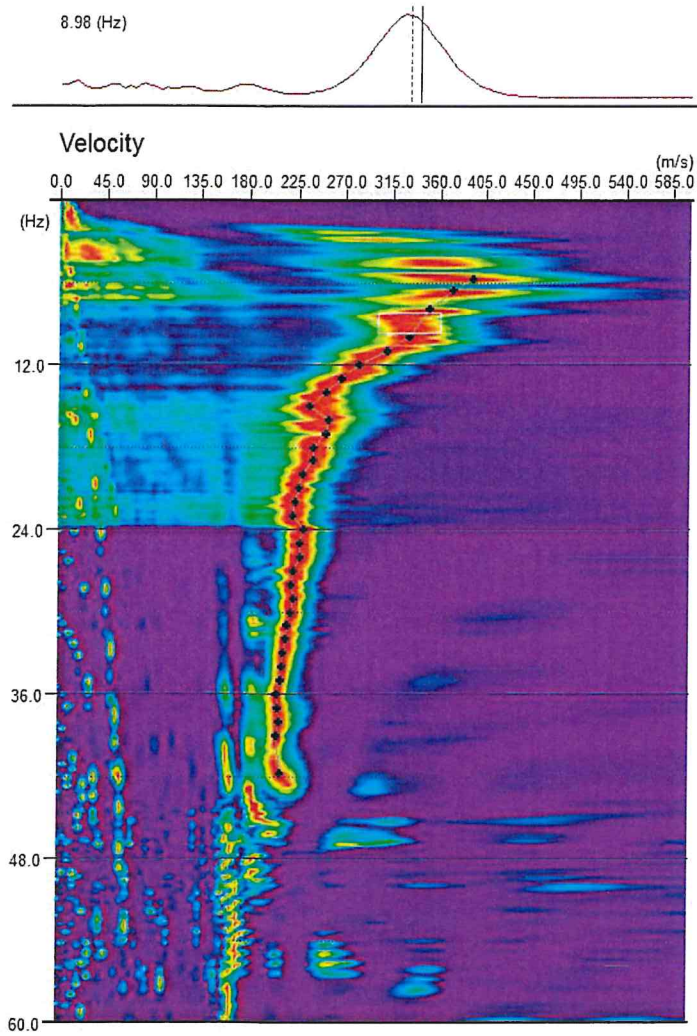
Dispersion Curves



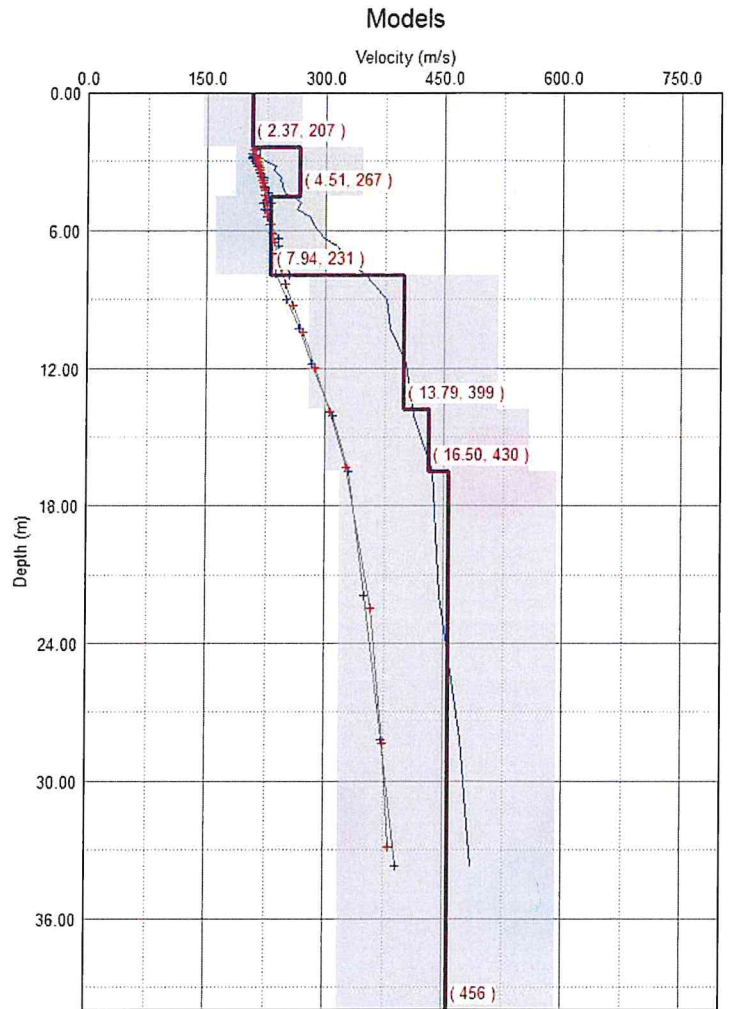
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

$$V_{s30} = 329 \text{ m/s}$$

MASW 24

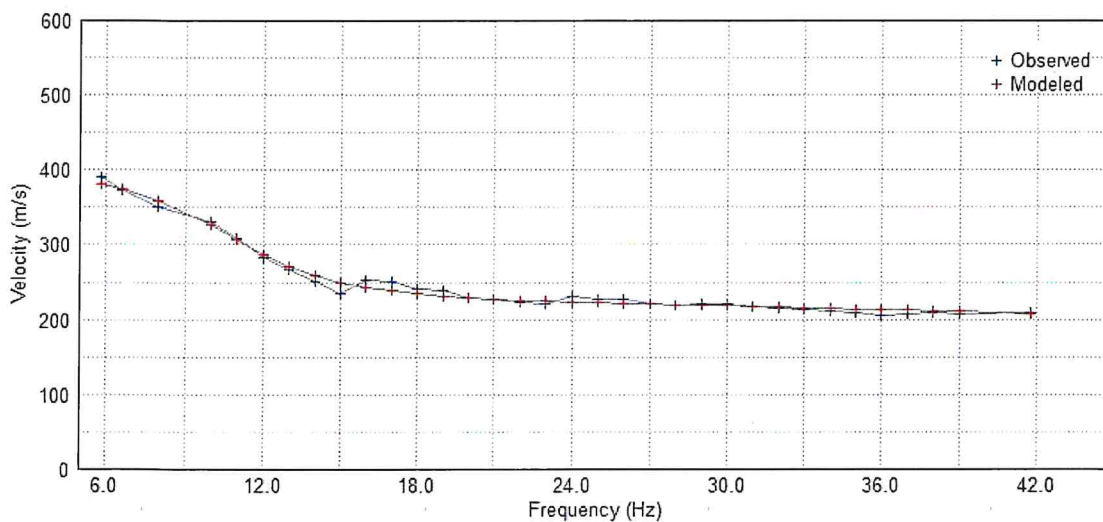


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

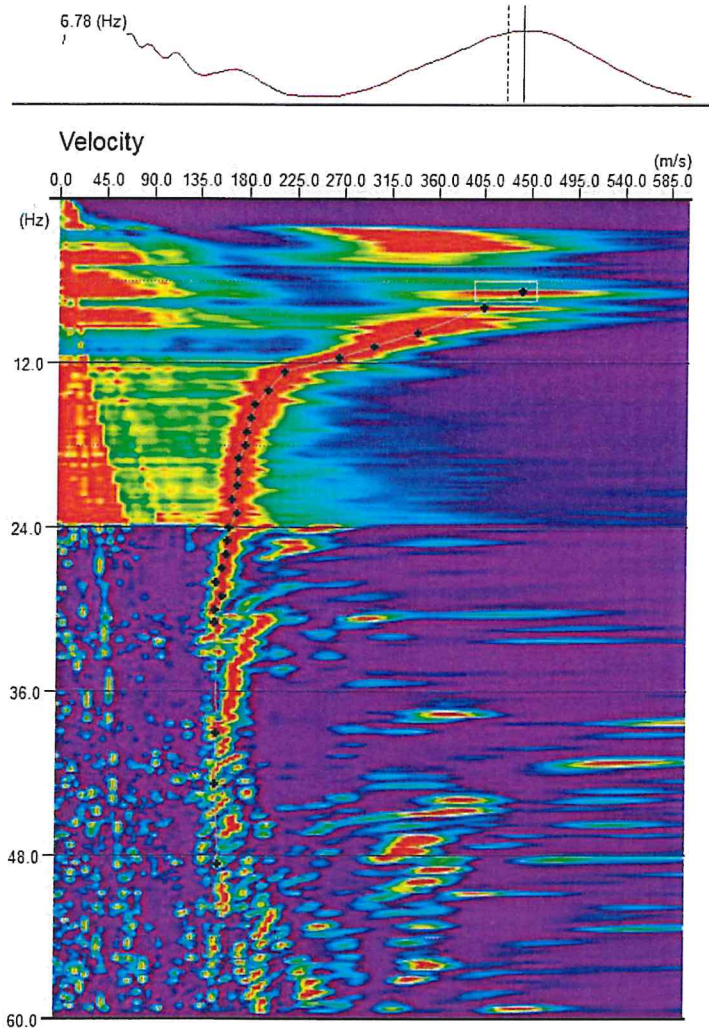
Dispersion Curves



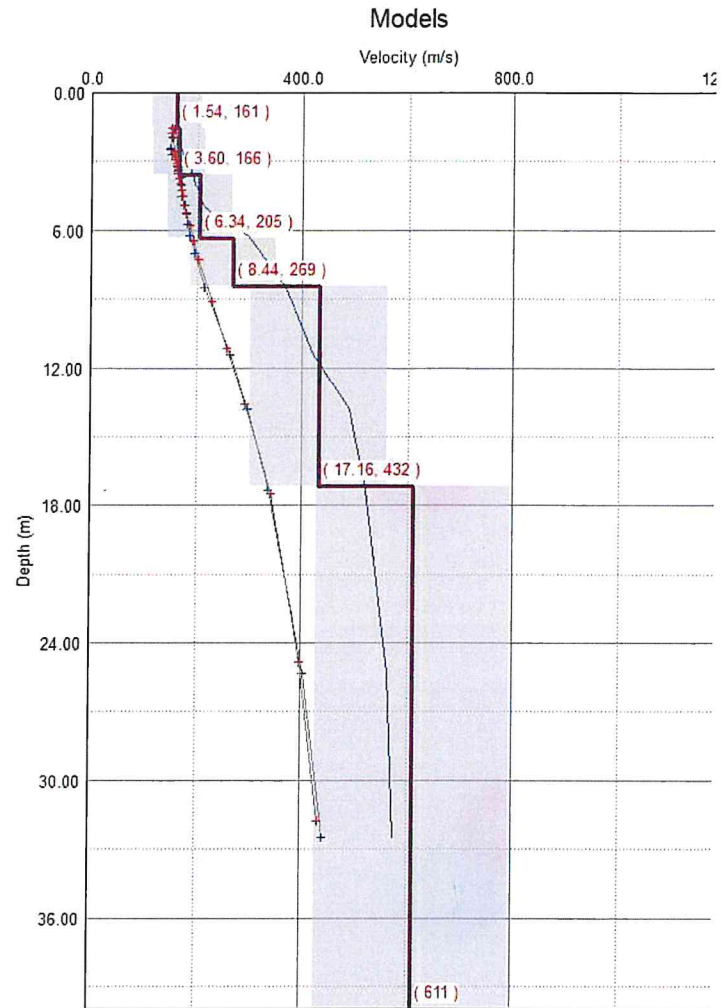
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

$$Vs_{30} = 353\text{m/s}$$

MASW 25

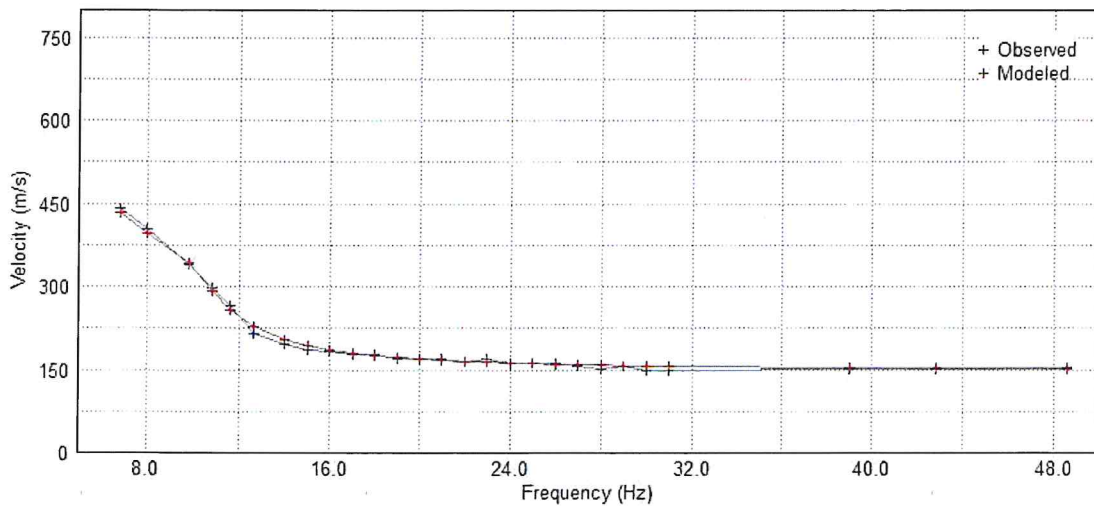


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

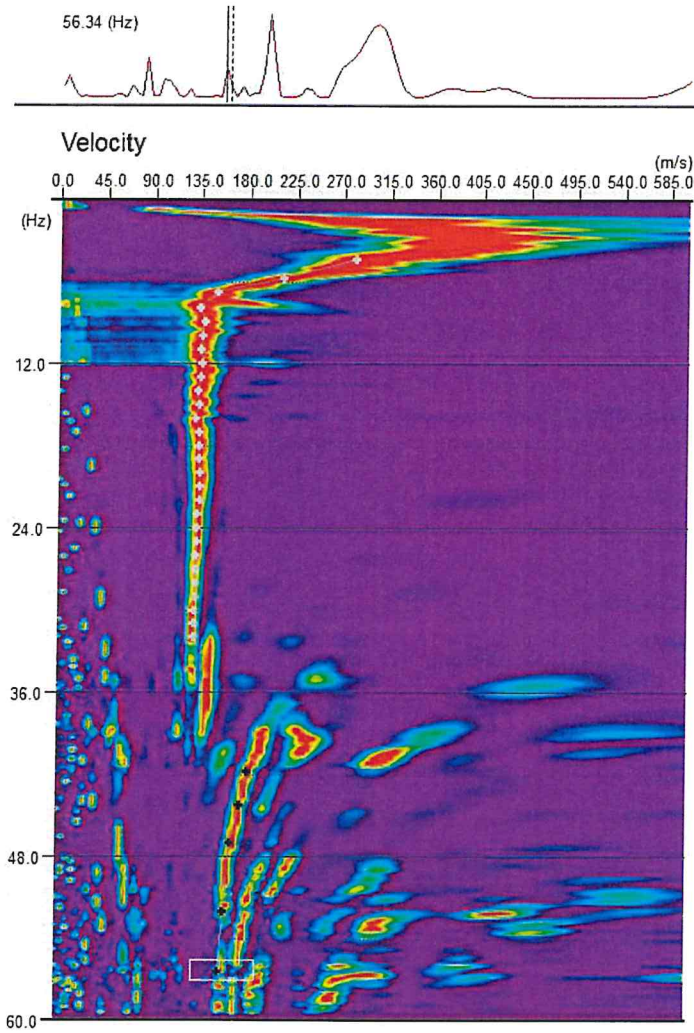
Dispersion Curves



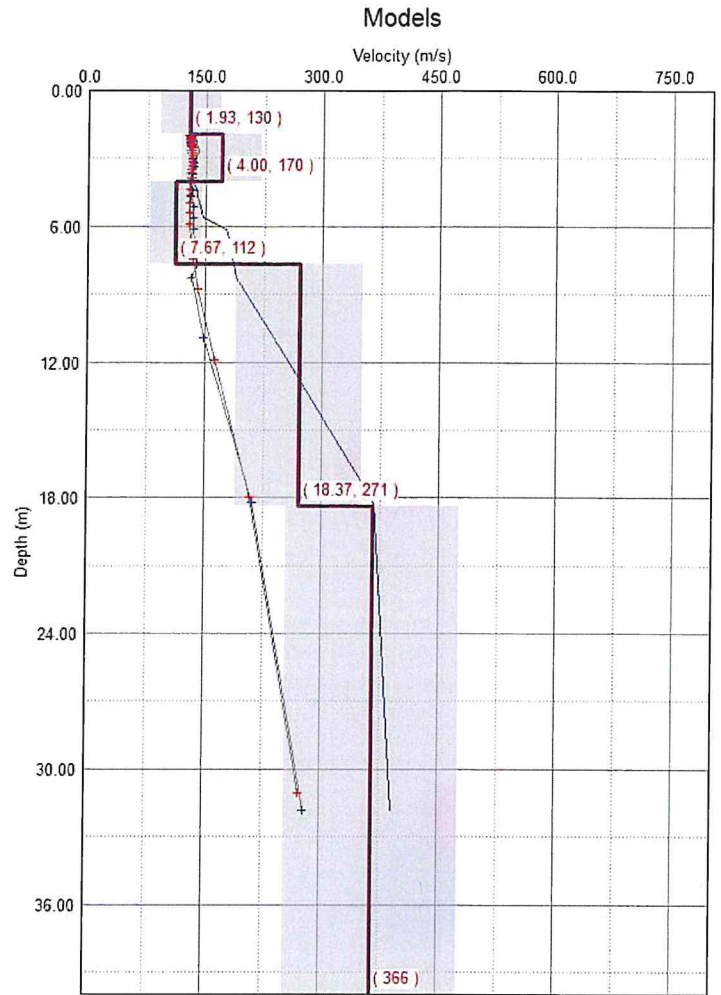
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

Vs30 = 356m/s

MASW 26

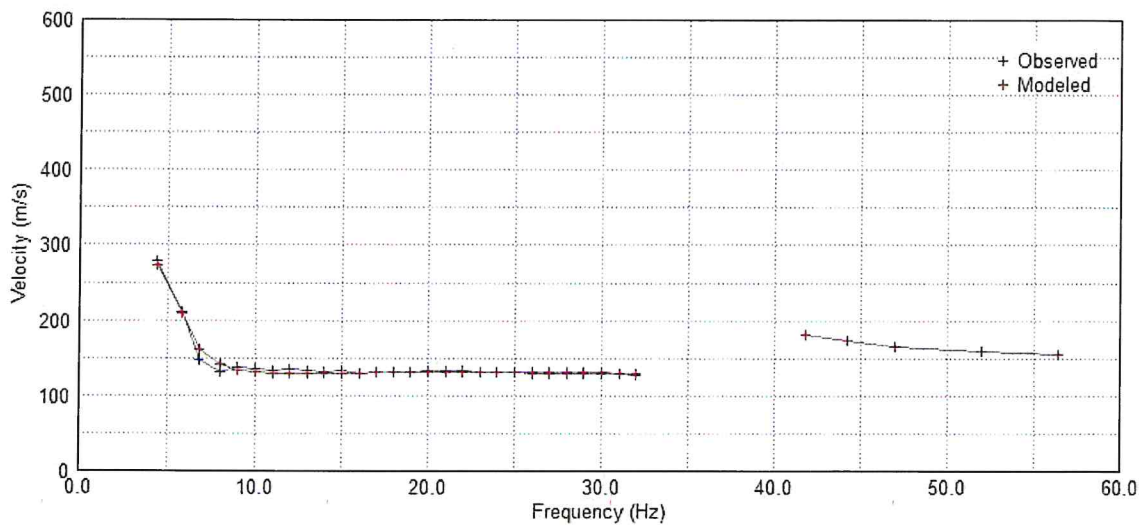


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

Dispersion Curves



CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

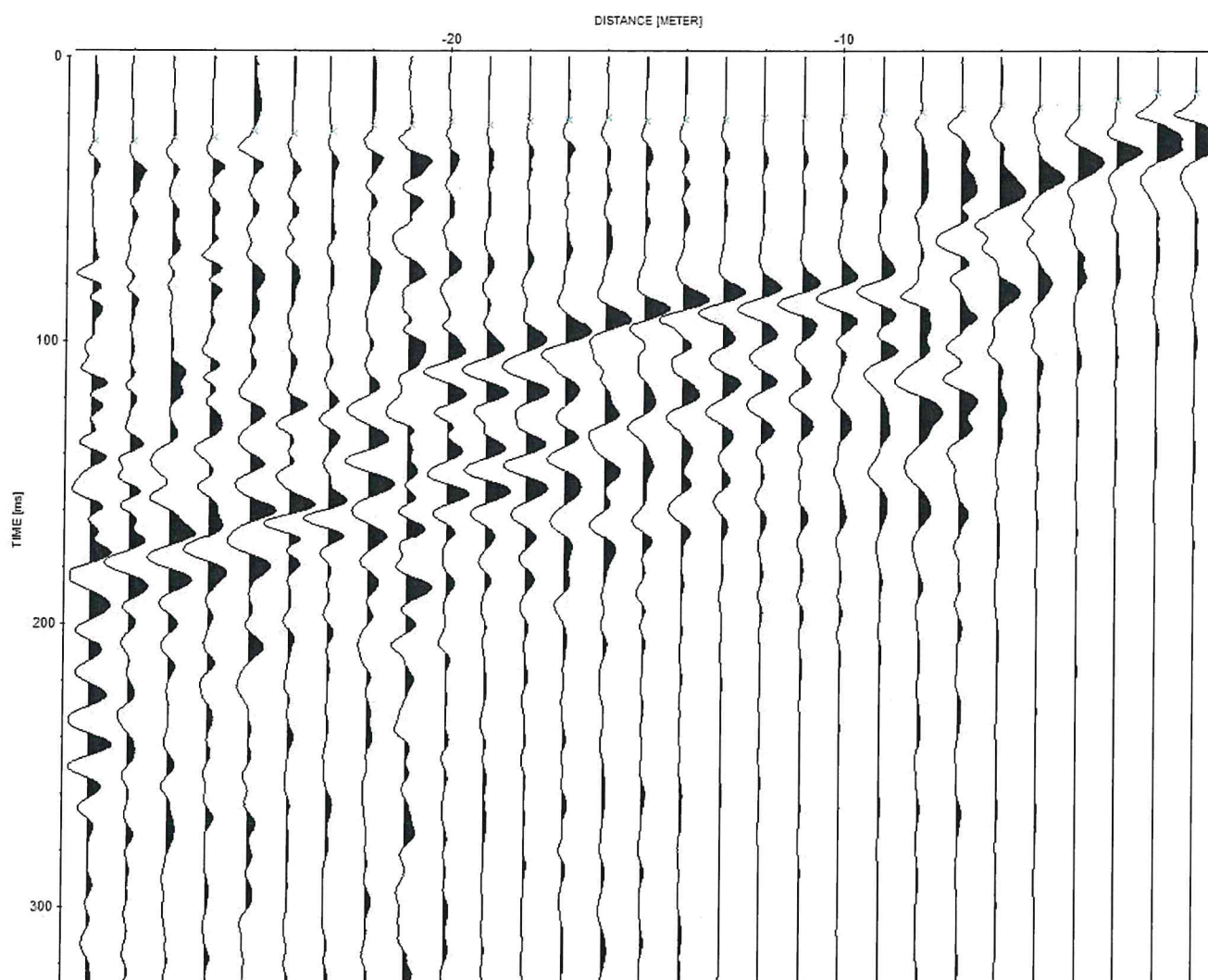
Vs30 = 229m/s

Indagine Down Hole BH47

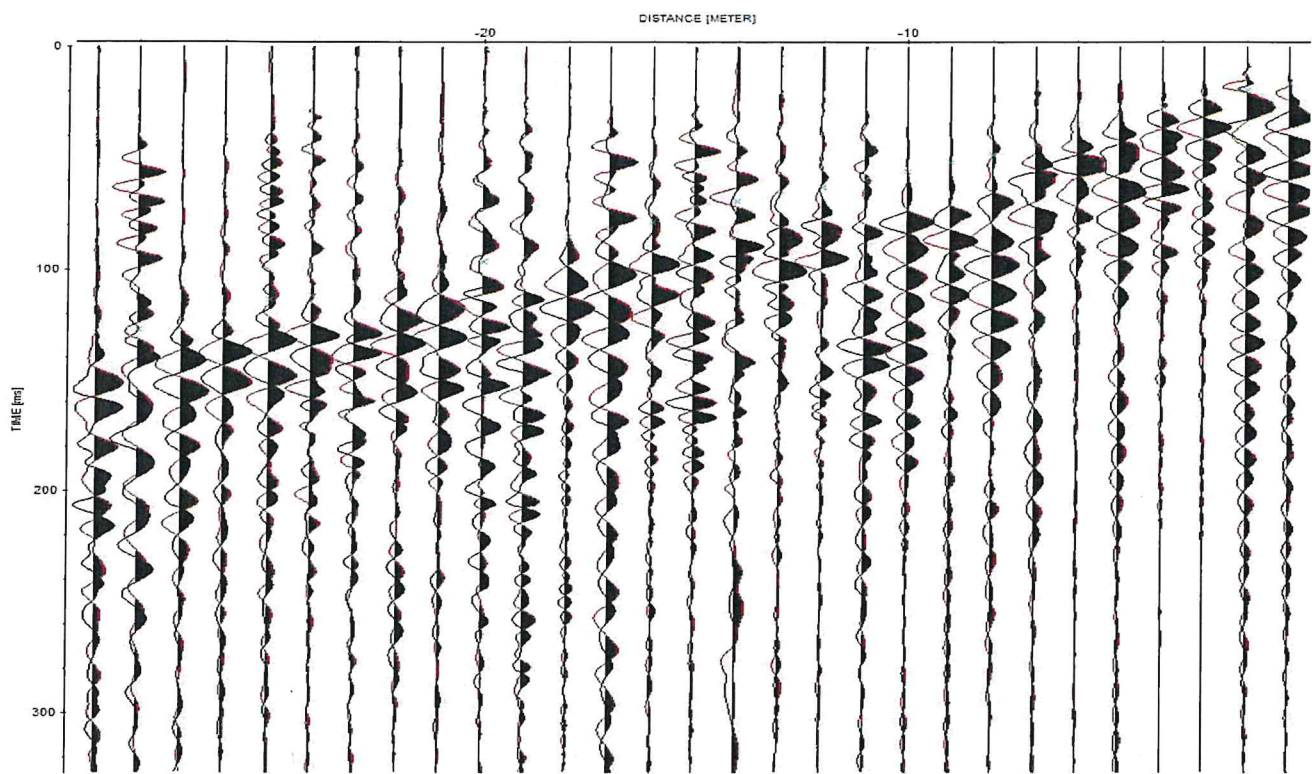


Piazzamento su BH47

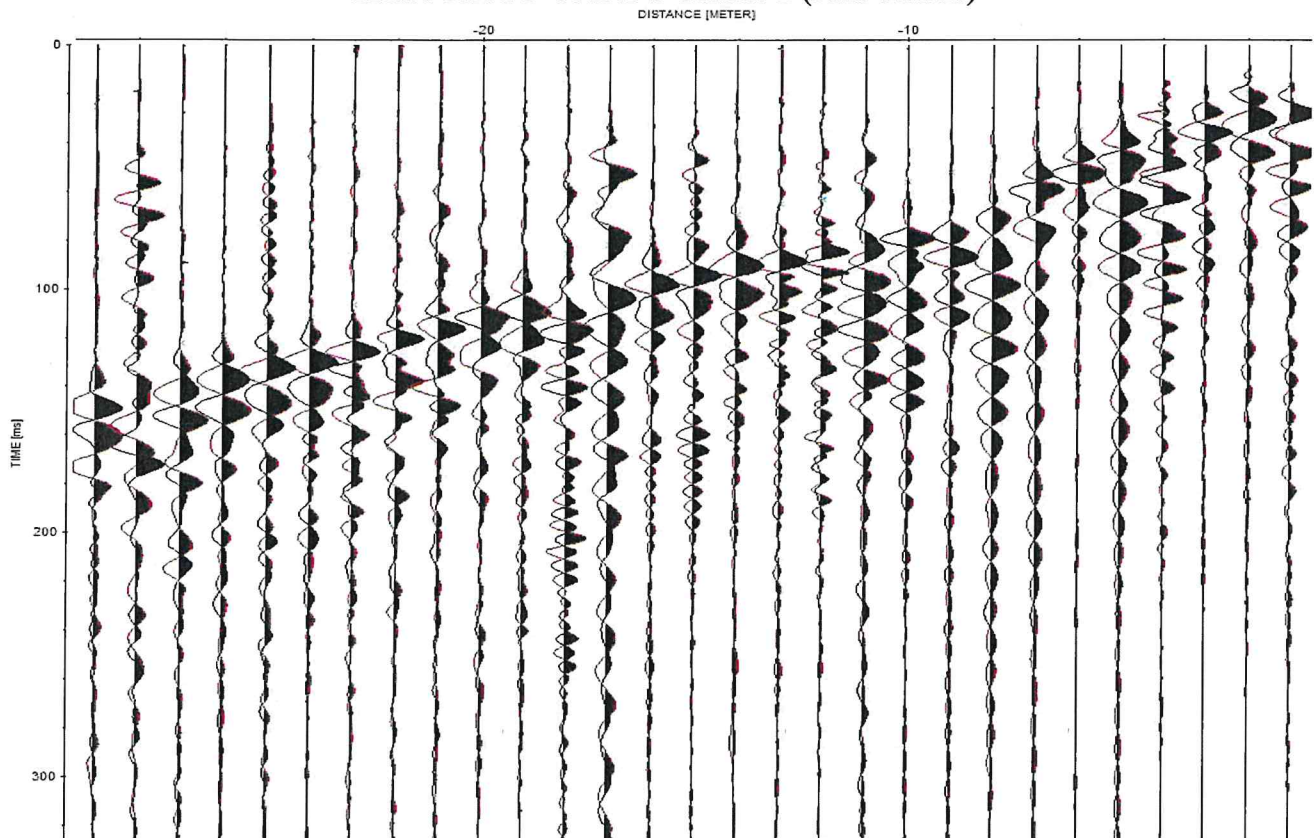
TRACCIATO ONDE P



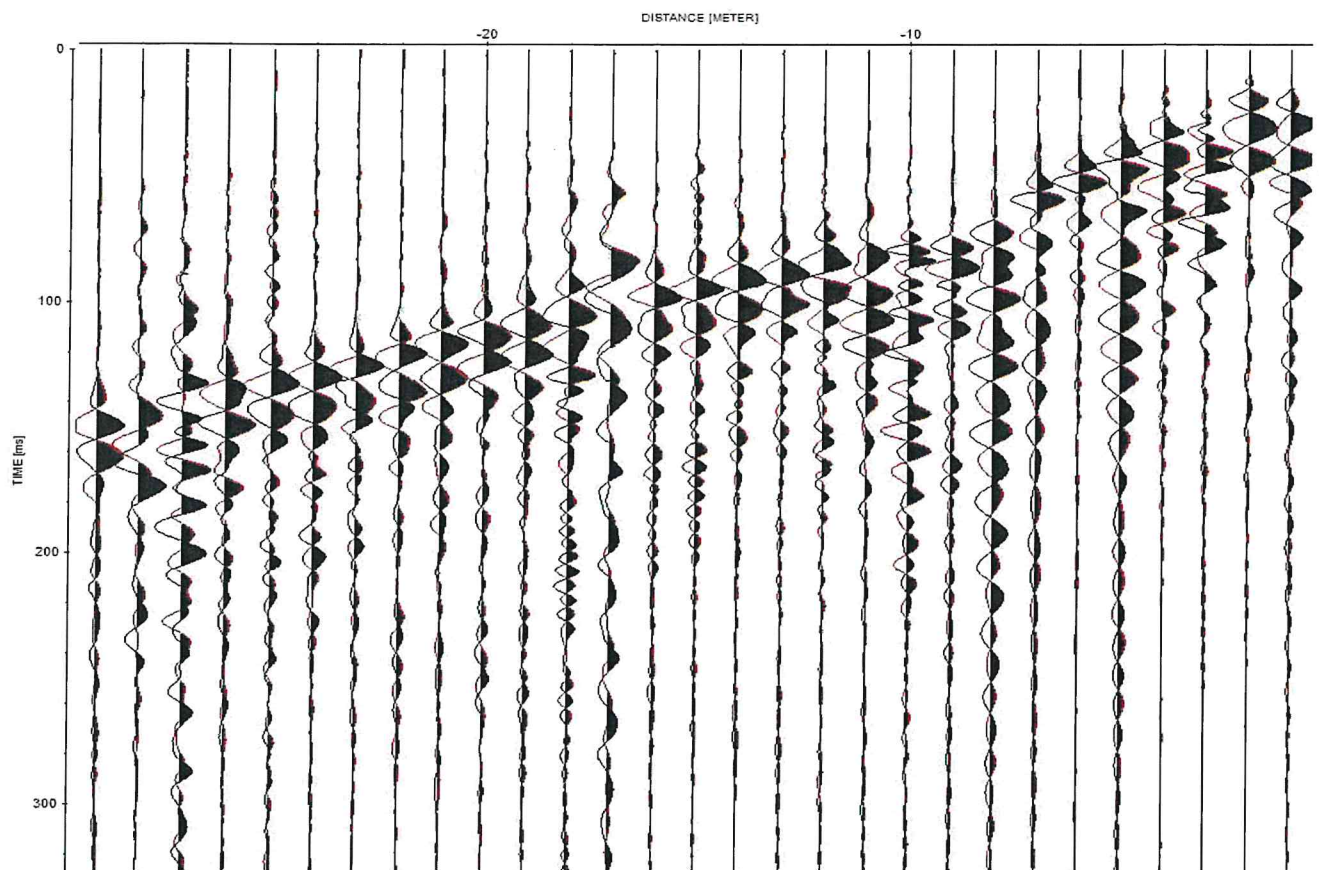
TRACCIATO ONDE S Canale 1 (Plus-Minus)



TRACCIATO ONDE S Canale 2 (Plus-Minus)



TRACCIATO ONDE S Canale 3 (Plus-Minus)



TRACCIATO ONDE S Canale 4 (Plus-Minus)

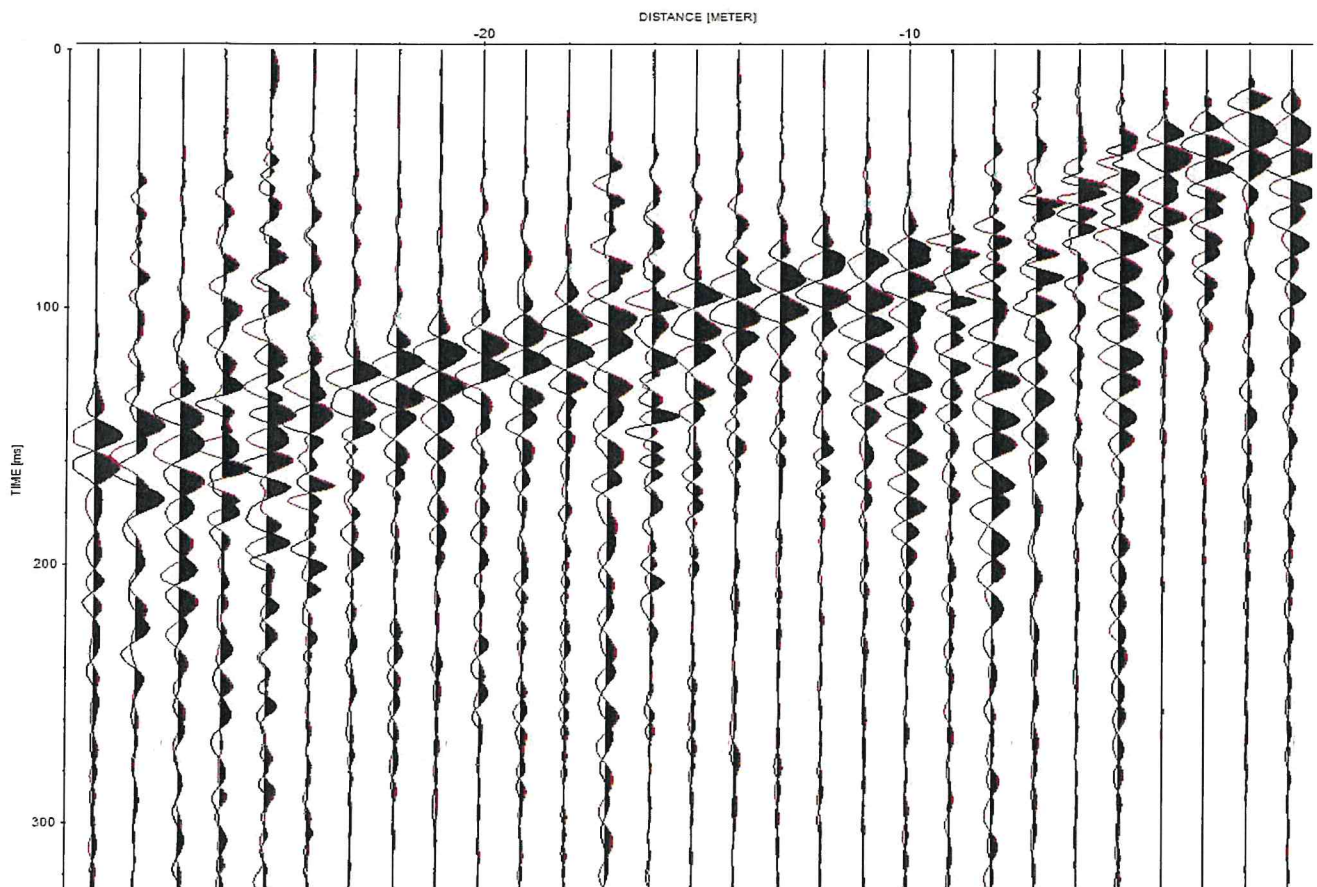


TABELLA PARAMETRI SISMICI

Prof. (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Vp/Vs	Densità (t/mc)	Poisson	G (MPa)	E (MPa)	Lamè	Bulk
-1.00	177	136	1.30	1.36	-0.22	25	39	-8	9
-2.00	224	91	2.46	1.43	0.40	12	33	48	56
-3.00	212	154	1.38	1.41	-0.06	33	63	-3	19
-4.00	271	162	1.68	1.48	0.22	39	95	31	57
-5.00	1161	280	4.15	1.95	0.47	153	448	2322	2424
-6.00	1320	175	7.56	2.00	0.49	61	182	3361	3402
-7.00	1413	107	13.20	2.02	0.50	23	69	3991	4006
-8.00	1590	183	8.67	2.07	0.49	70	208	5094	5141
-9.00	1218	244	4.99	1.97	0.48	117	347	2685	2763
-10.00	951	249	3.83	1.88	0.46	116	339	1466	1543
-11.00	1427	252	5.67	2.03	0.48	128	381	3871	3957
-12.00	2196	302	7.26	2.20	0.49	201	599	10208	10342
-13.00	2672	495	5.39	2.28	0.48	561	1662	15191	15565
-14.00	2980	221	13.46	2.33	0.50	114	342	20478	20554
-15.00	3857	383	10.07	2.45	0.50	359	1074	35709	35949
-16.00	2748	143	19.27	2.30	0.50	47	140	17247	17278
-17.00	2219	310	7.15	2.20	0.49	212	633	10435	10576
-18.00	2234	260	8.58	2.21	0.49	149	446	10719	10818
-19.00	2664	127	20.99	2.28	0.50	37	110	16128	16152
-20.00	2209	340	6.50	2.20	0.49	255	758	10236	10405
-21.00	2690	261	10.29	2.29	0.50	156	467	16234	16338
-22.00	2439	313	7.78	2.24	0.49	220	657	12906	13053
-23.00	1588	314	5.06	2.07	0.48	204	603	4812	4948
-24.00	1355	186	7.28	2.01	0.49	69	207	3544	3590
-25.00	1477	382	3.87	2.04	0.46	297	870	3856	4054
-26.00	1675	213	7.87	2.09	0.49	95	282	5672	5735
-27.00	1976	315	6.28	2.16	0.49	214	636	7994	8136
-28.00	2147	246	8.73	2.19	0.49	133	396	9831	9920
-29.00	1653	438	3.77	2.08	0.46	400	1170	4894	5161

CURVA TEMPI - PROFONDITA'

(blu = Vp; rosso = Vs)

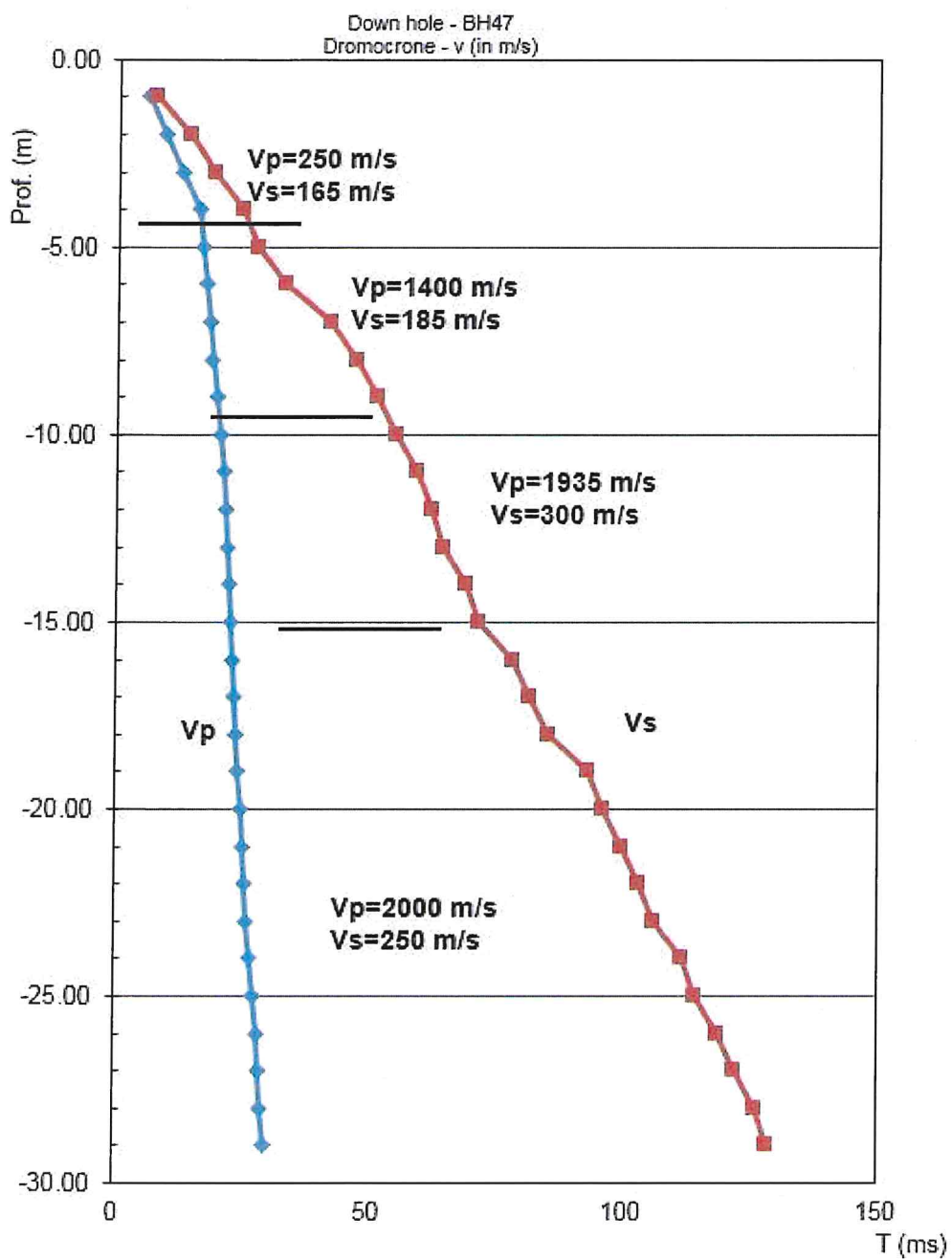
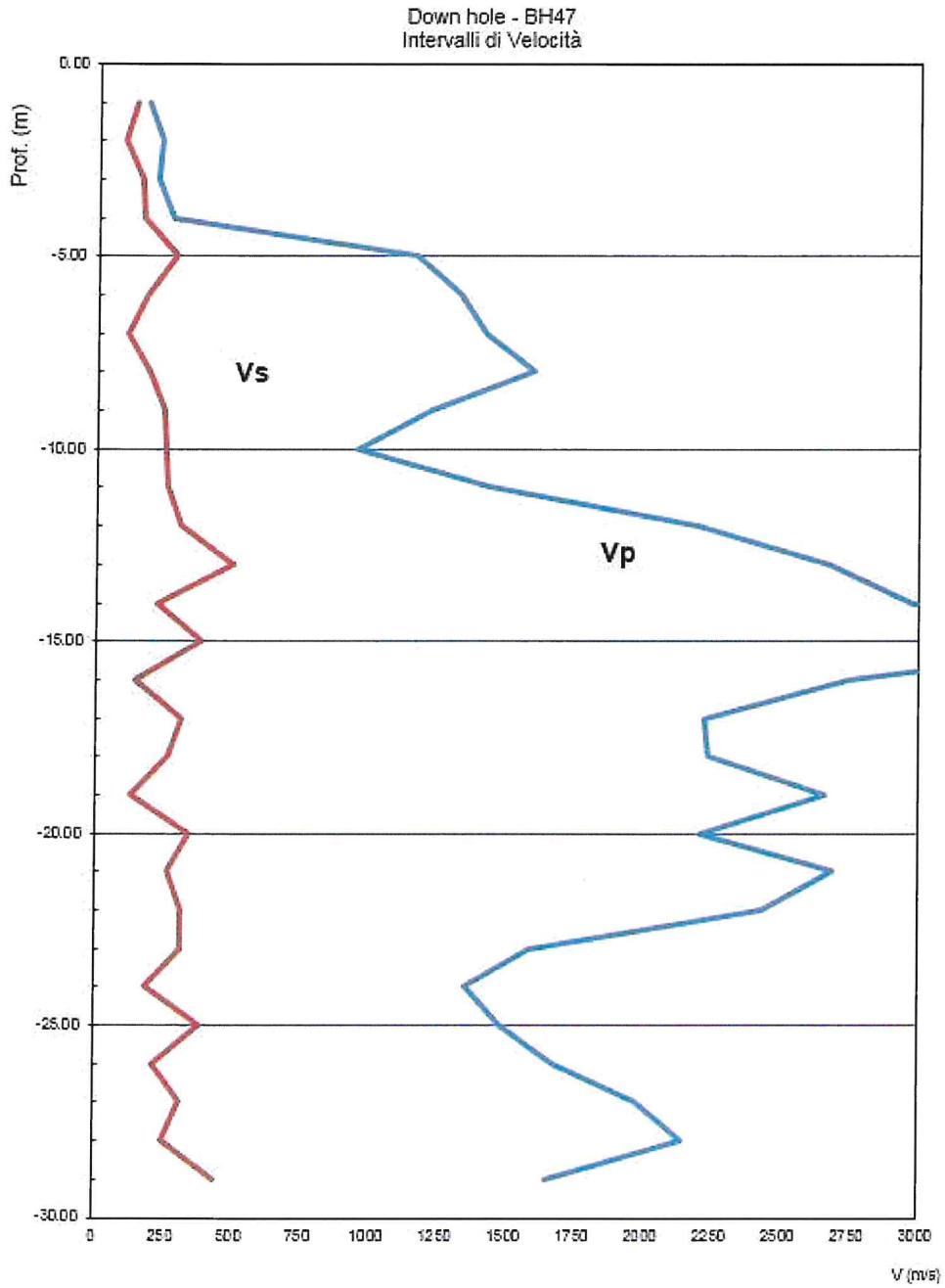


GRAFICO INTERVALLI DI VELOCITA'

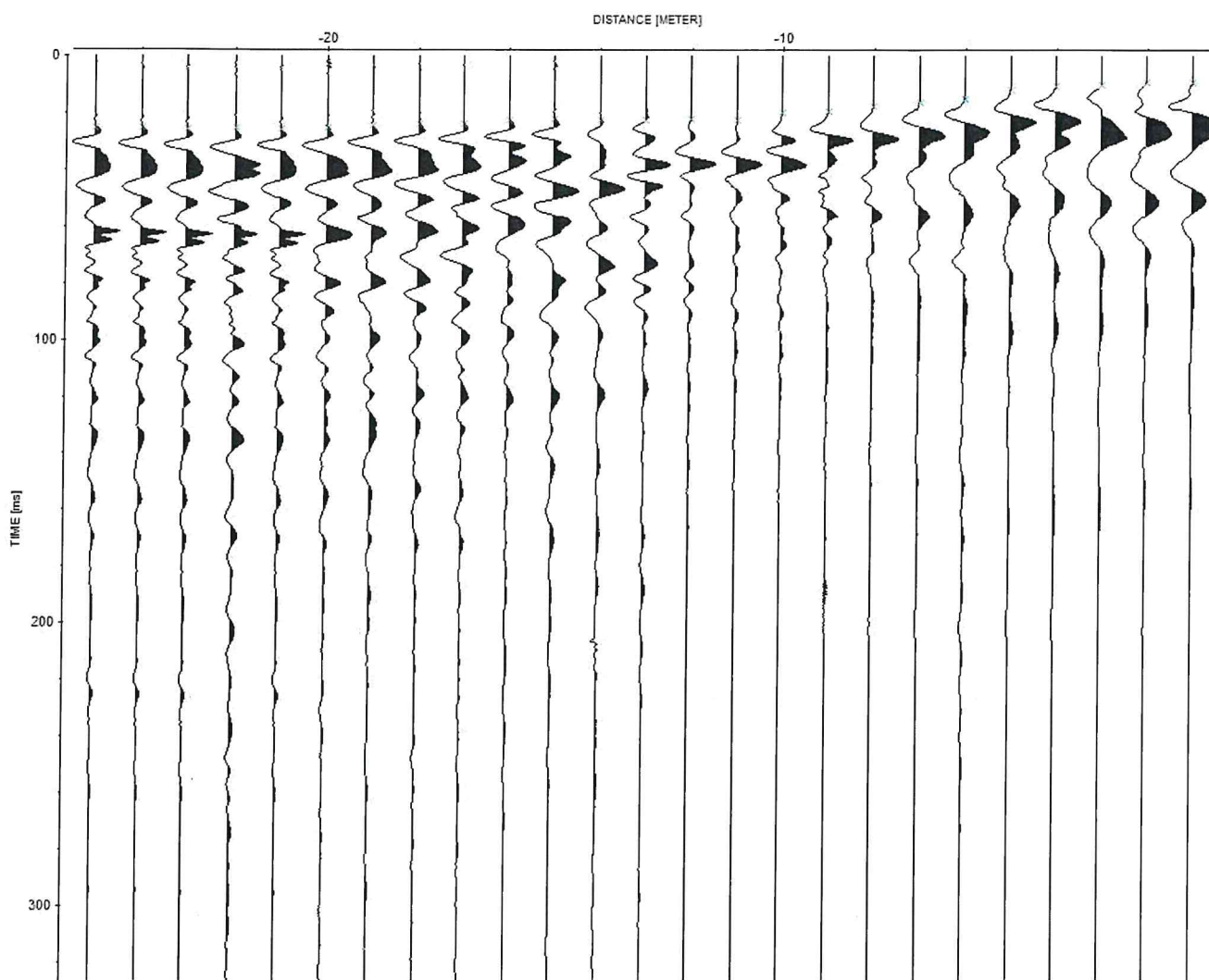


Indagine Down Hole BH80

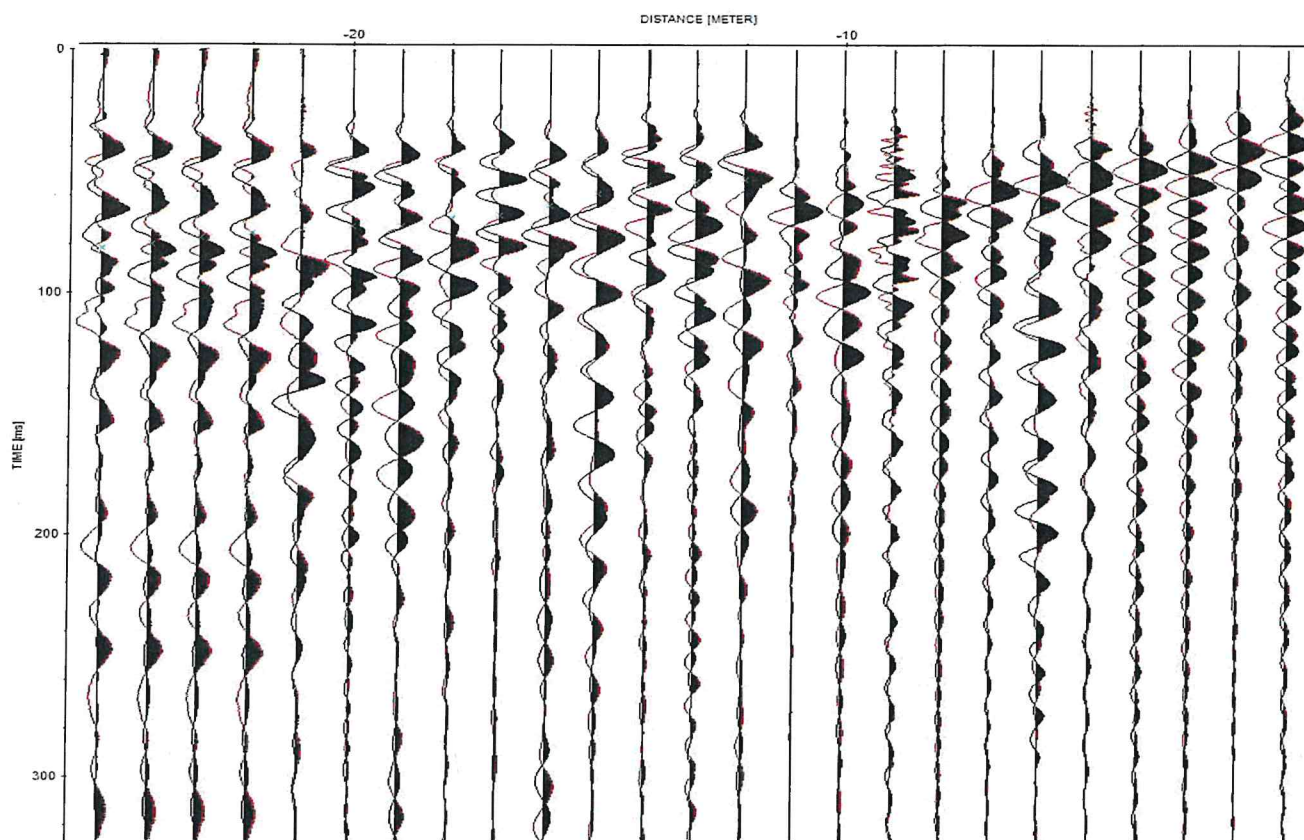


Piazzamento su BH80

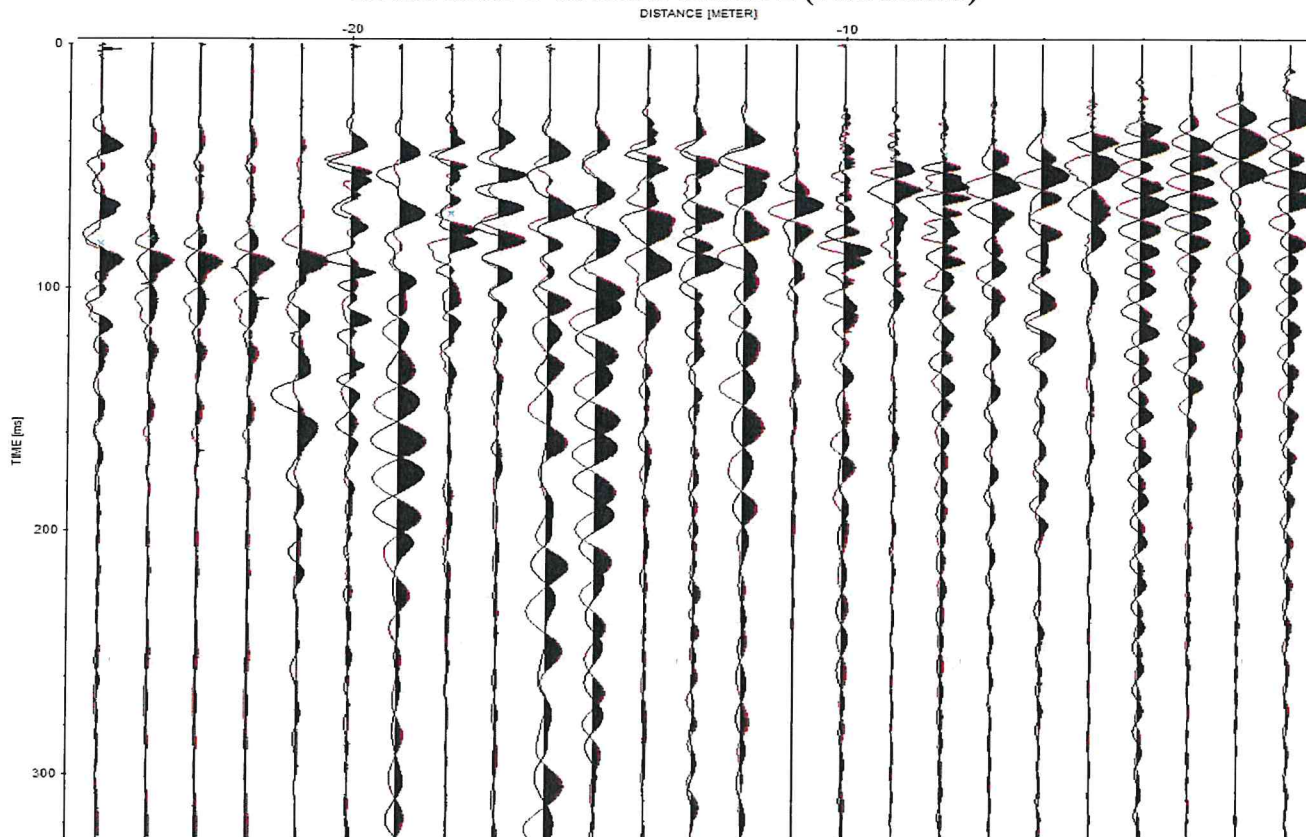
TRACCIATO ONDE P



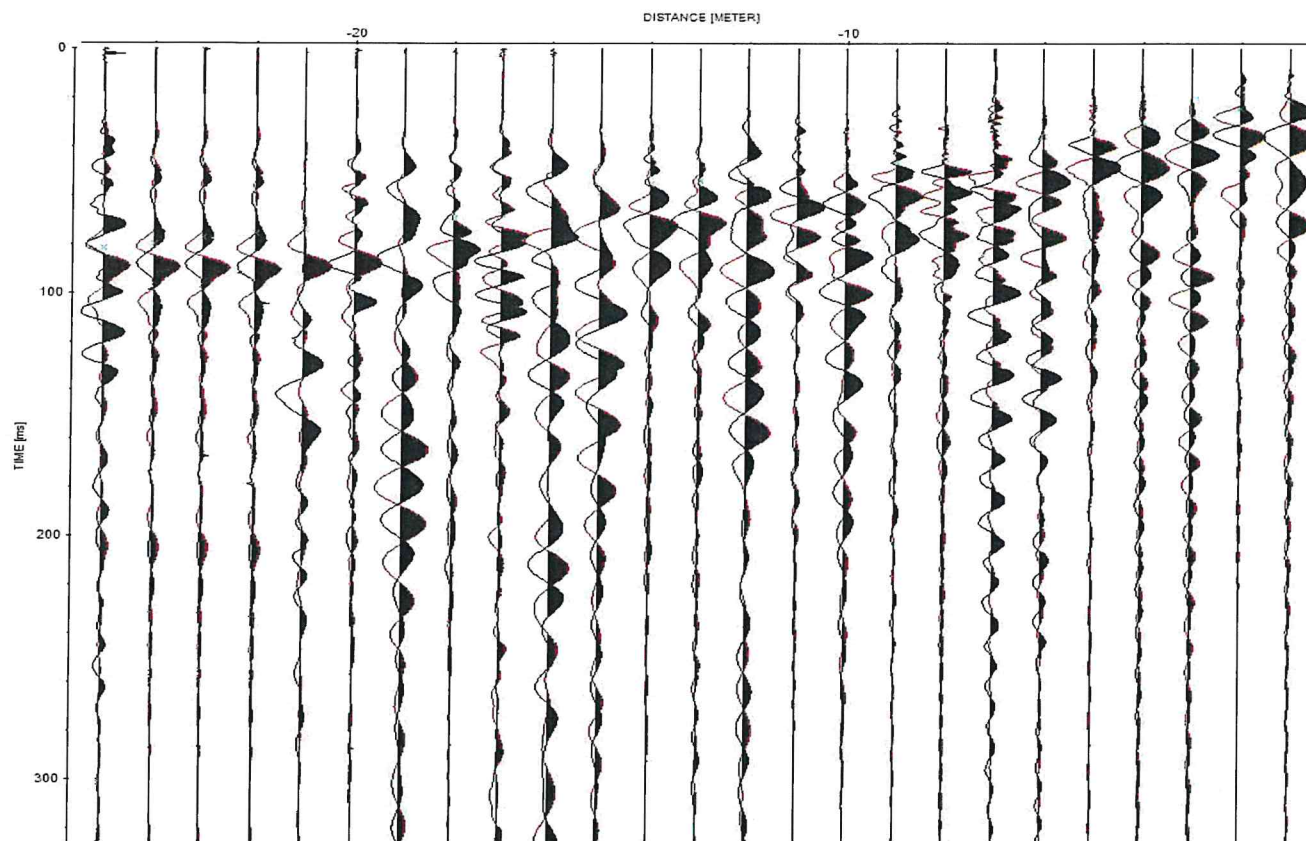
TRACCIATO ONDE S Canale 1 (Plus-Minus)



TRACCIATO ONDE S Canale 2 (Plus-Minus)



TRACCIATO ONDE S Canale 3 (Plus-Minus)



TRACCIATO ONDE S Canale 4 (Plus-Minus)

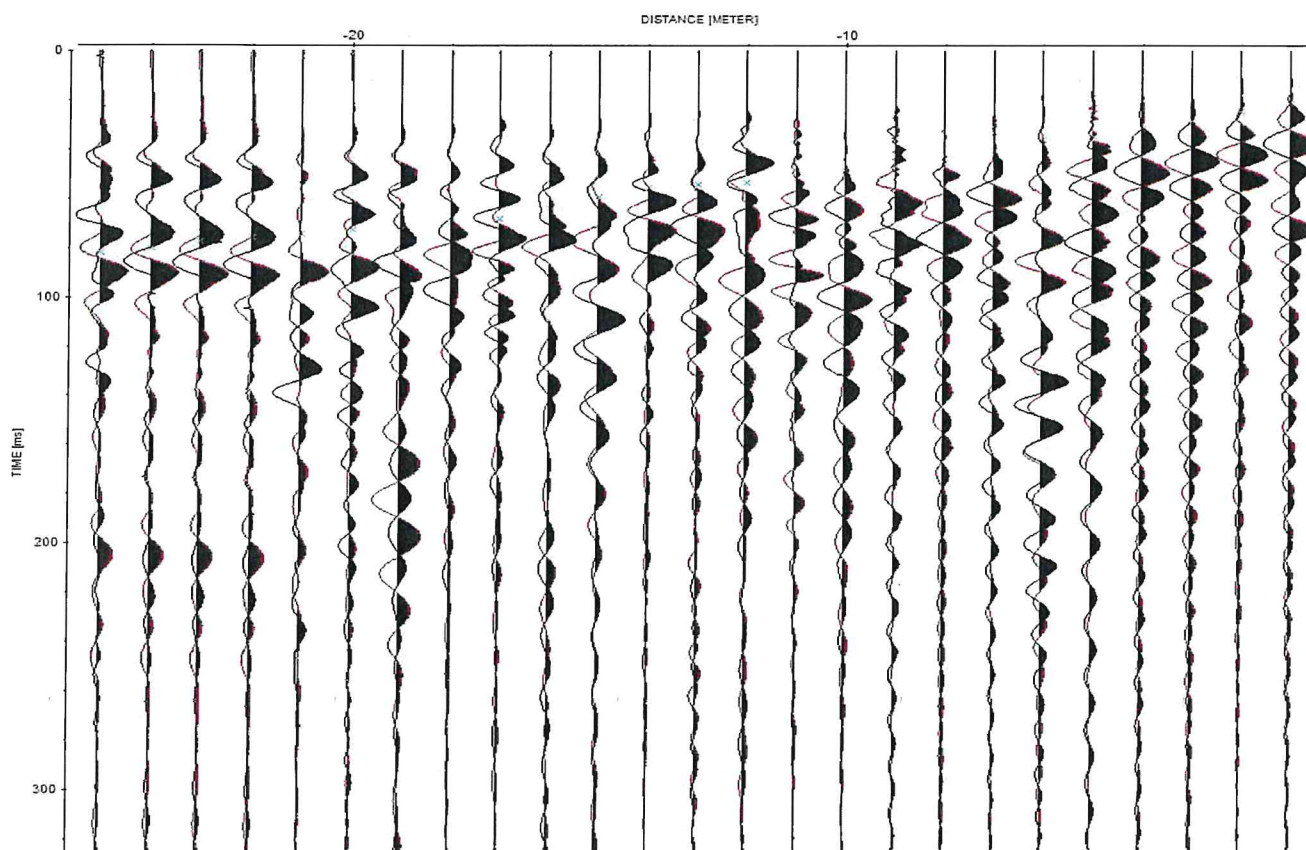


TABELLA PARAMETRI SISMICI

Prof. (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Vp/Vs	Densità (t/mc)	Poisson	G (MPa)	E (MPa)	Lamè	Bulk
-1.00	222	98	2.27	1.42	0.38	14	38	43	52
-2.00	288	79	3.64	1.50	0.46	9	27	106	112
-3.00	487	121	4.04	1.65	0.47	24	71	344	360
-4.00	773	225	3.44	1.80	0.45	91	265	897	958
-5.00	614	237	2.59	1.73	0.41	97	273	457	522
-6.00	418	254	1.65	1.61	0.21	104	250	73	142
-7.00	410	258	1.59	1.60	0.17	107	250	56	127
-8.00	719	229	3.14	1.78	0.44	93	269	734	796
-9.00	1013	586	1.73	1.90	0.25	652	1628	645	1080
-10.00	1423	533	2.67	2.03	0.42	577	1635	2947	3331
-11.00	634	323	1.96	1.74	0.32	181	481	335	456
-12.00	2405	499	4.82	2.24	0.48	556	1644	11837	12208
-13.00	1499	580	2.58	2.05	0.41	689	1946	3223	3683
-14.00	2500	394	6.34	2.26	0.49	350	1042	13399	13633
-15.00	1528	542	2.82	2.05	0.43	603	1722	3587	3989
-16.00	2376	196	12.11	2.23	0.50	86	257	12433	12491
-17.00	2093	242	8.64	2.18	0.49	128	382	9291	9377
-18.00	2410	499	4.83	2.24	0.48	558	1648	11887	12258
-19.00	2915	457	6.38	2.32	0.49	485	1441	18758	19081
-20.00	2266	652	3.47	2.21	0.45	941	2739	9480	10107
-21.00	2941	704	4.18	2.33	0.47	1154	3391	17817	18587
-22.00	2642	673	3.93	2.28	0.47	1032	3023	13847	14534
-23.00	2284	584	3.91	2.22	0.47	755	2212	10056	10559
-24.00	3615	649	5.57	2.42	0.48	1018	3020	29566	30245
-25.00	2808	524	5.36	2.31	0.48	633	1875	16918	17340

CURVA TEMPI - PROFONDITA'
(blu = V_p ; rosso = V_s)

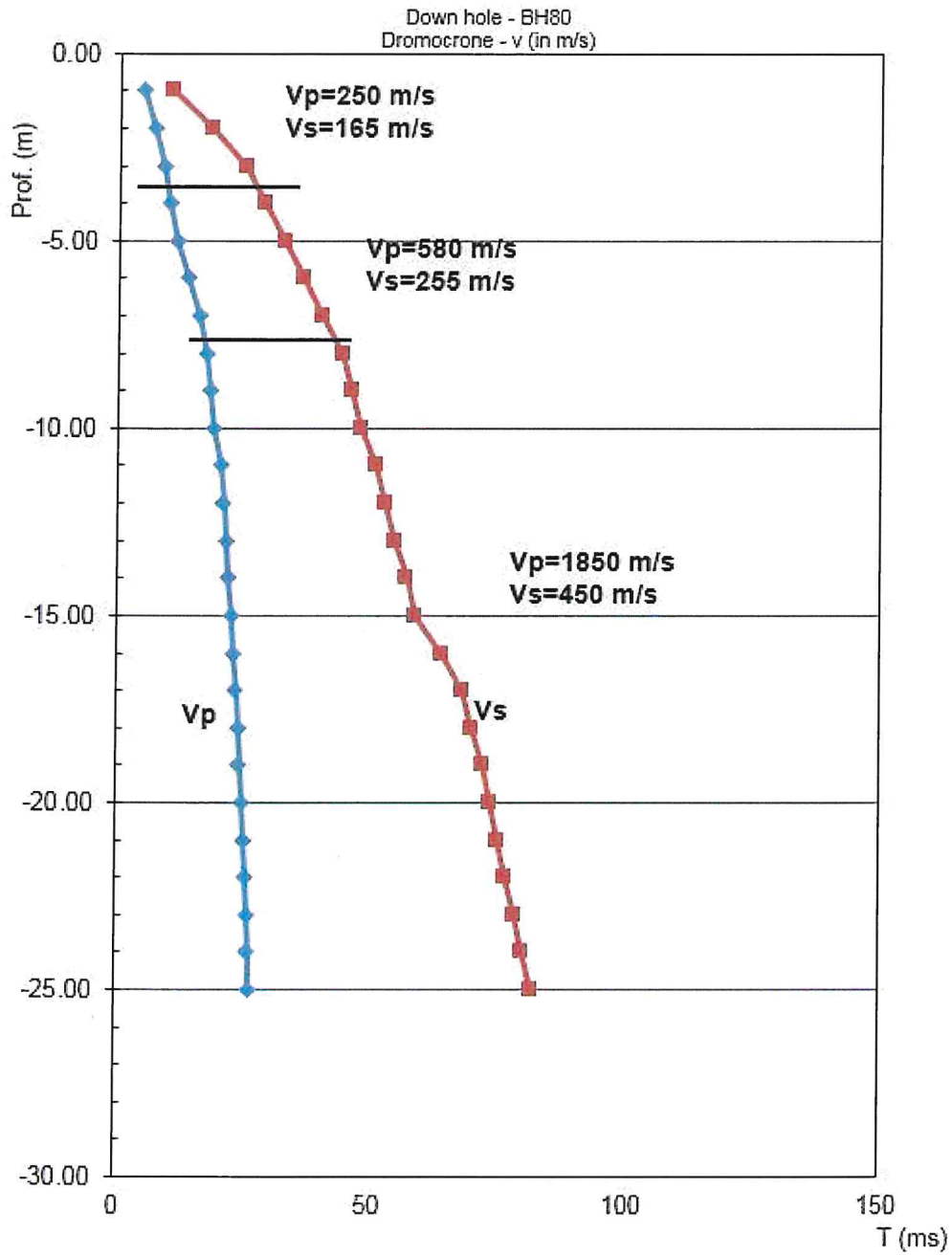
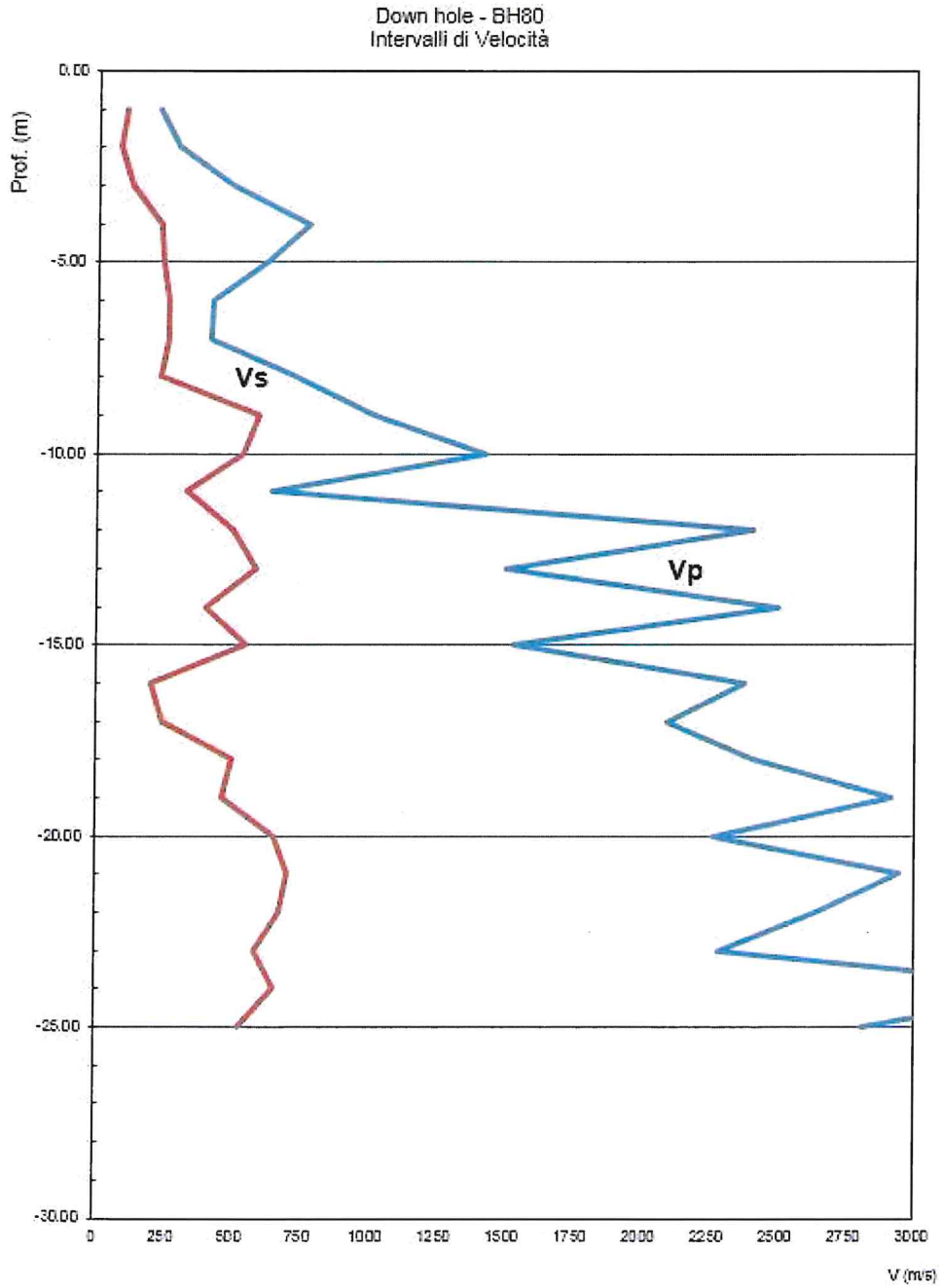


GRAFICO INTERVALLI DI VELOCITA'

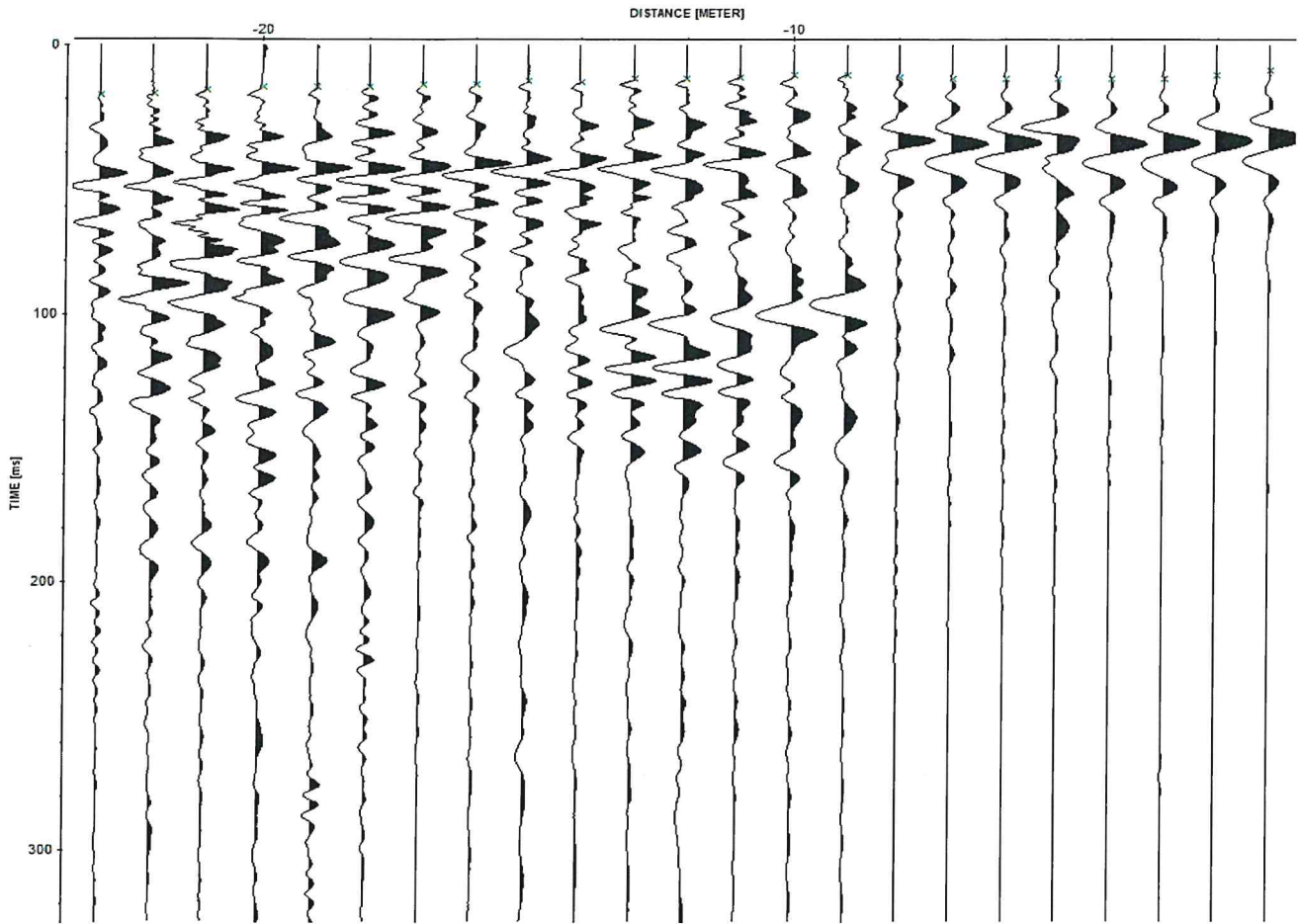


Indagine Down Hole BH93

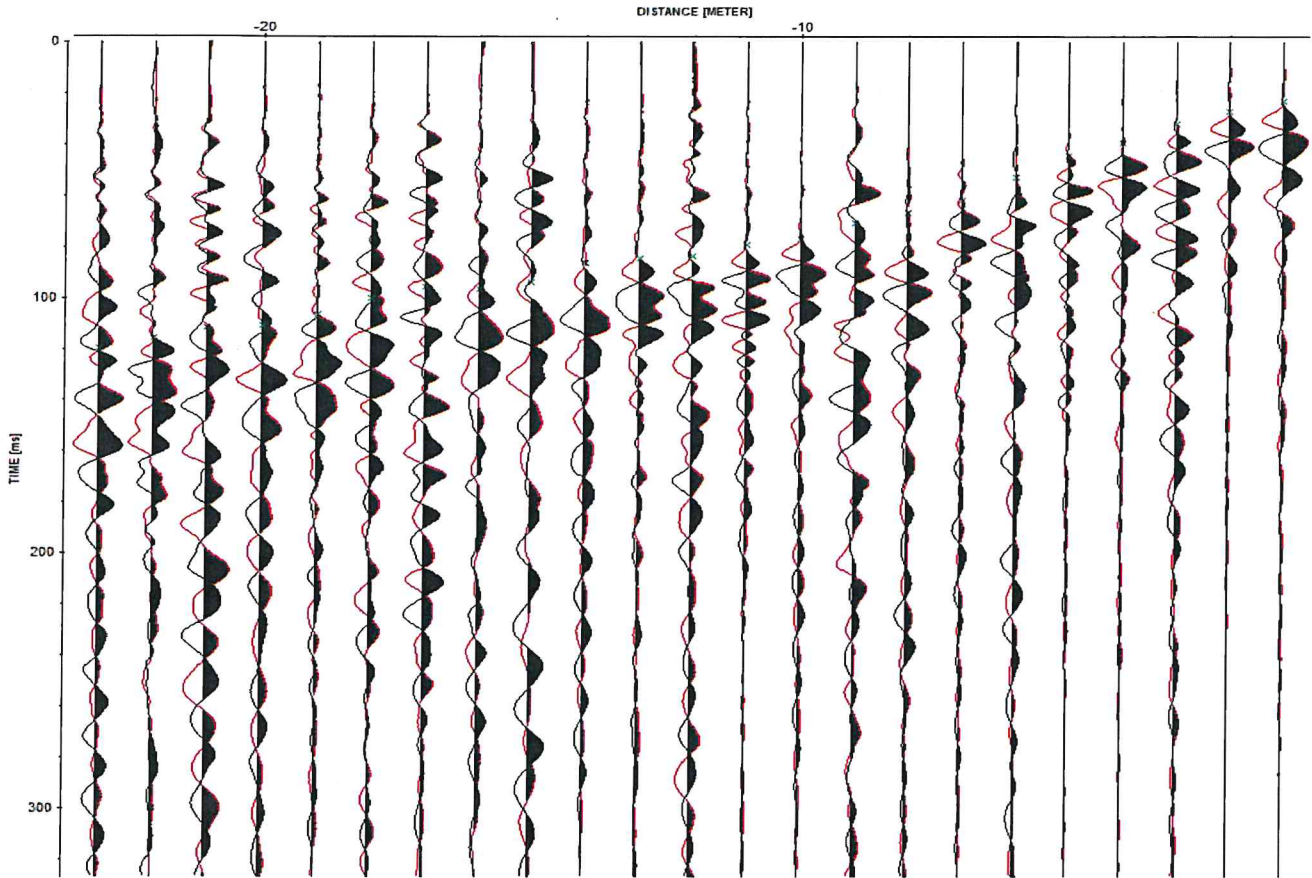


Piazzamento su BH93

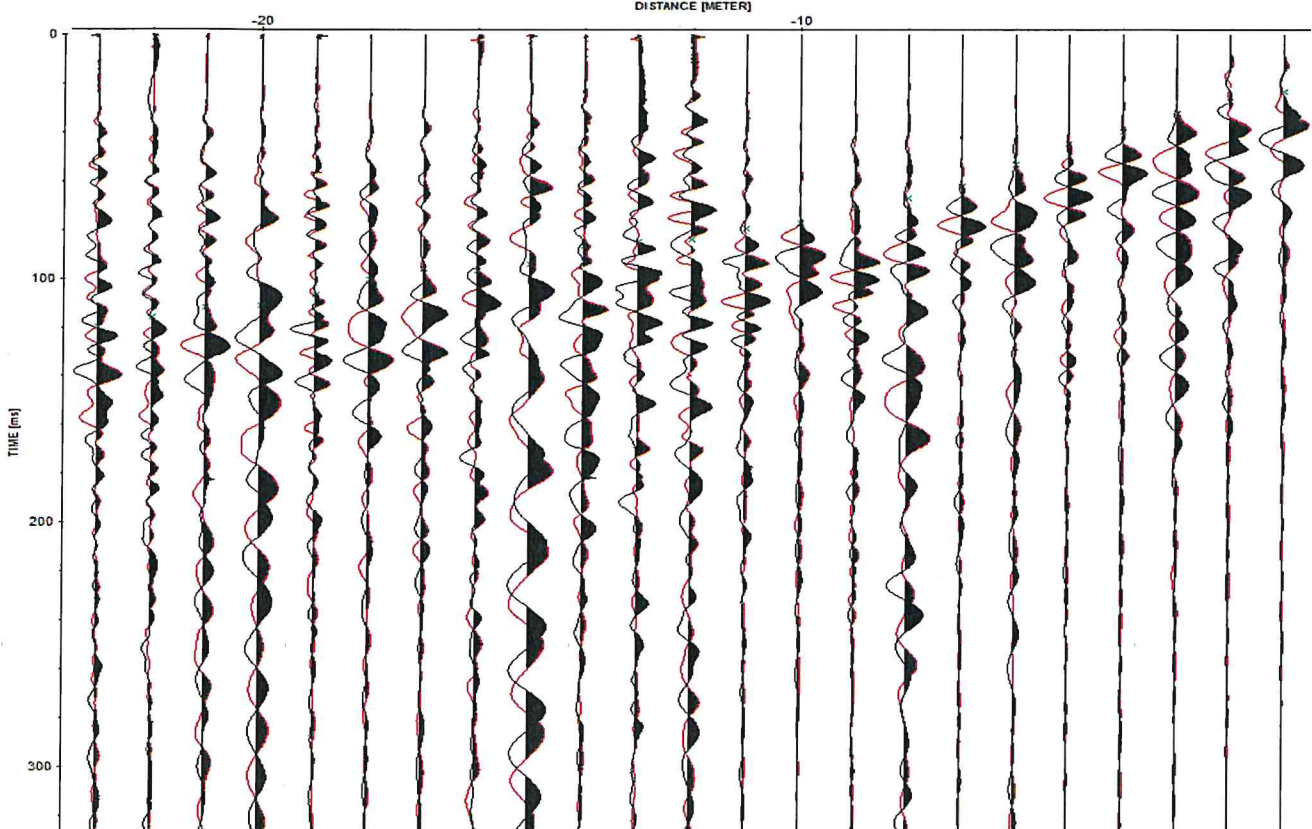
TRACCIATO ONDE P



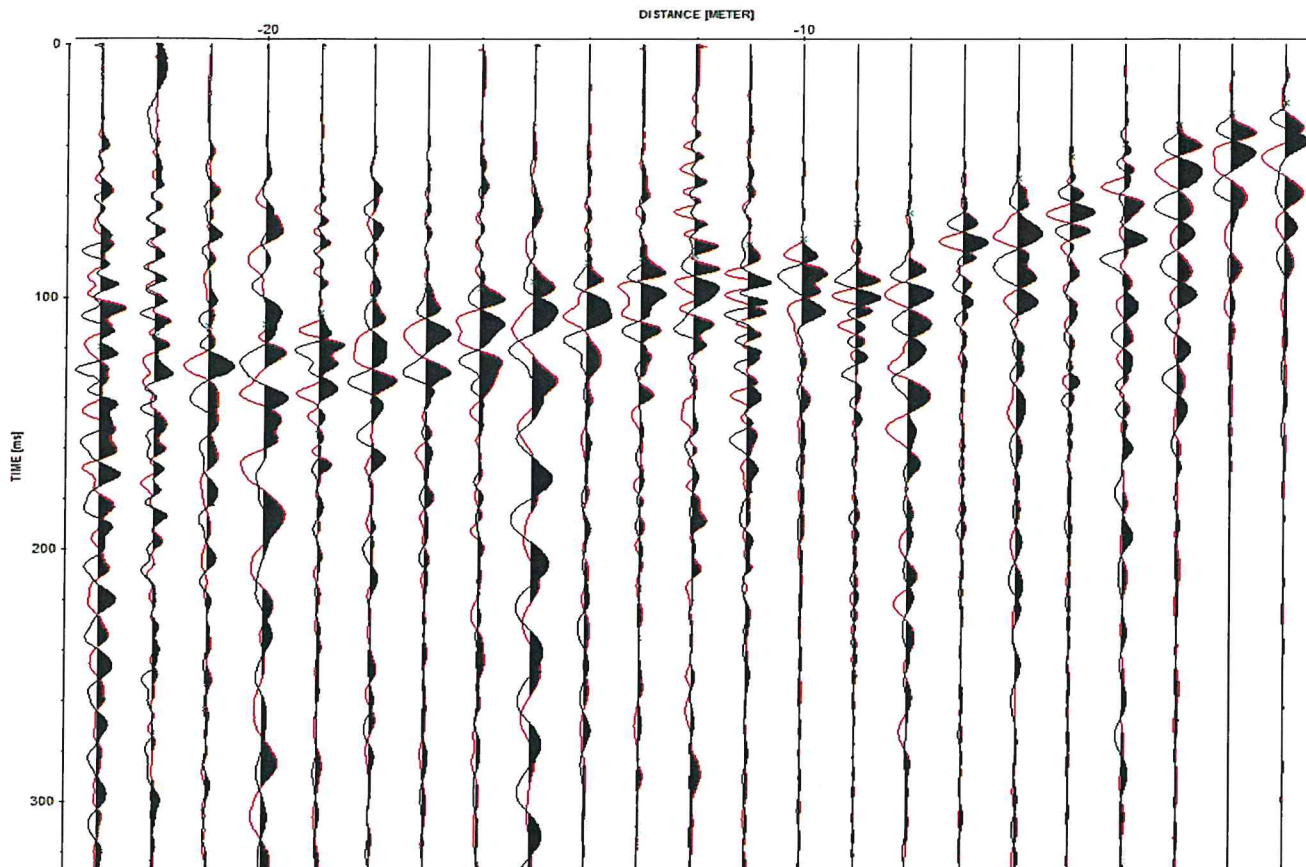
TRACCIATO ONDE S Canale 1 (Plus-Minus)



TRACCIATO ONDE S Canale 2 (Plus-Minus)



TRACCIATO ONDE S Canale 3 (Plus-Minus)



TRACCIATO ONDE S Canale 4 (Plus-Minus)

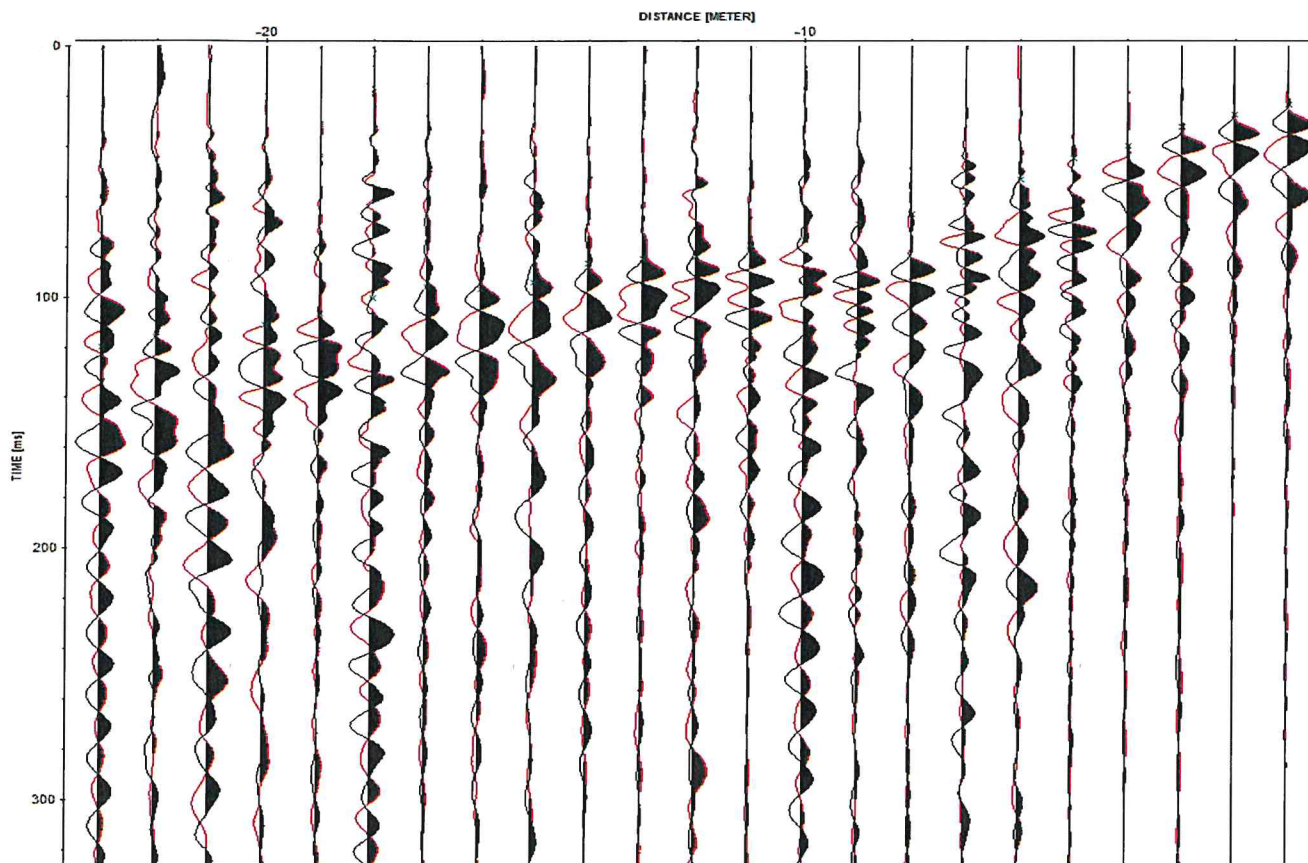


TABELLA PARAMETRI SISMICI

Prof. (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Vp/Vs	Densità (t/mc)	Poisson	G (MPa)	E (MPa)	Lamè	Bulk
-1.00	237	96	2.47	1.44	0.40	13	37	54	63
-2.00	273	68	4.03	1.48	0.47	7	20	97	102
-3.00	515	103	5.02	1.67	0.48	18	52	408	420
-4.00	723	99	7.32	1.78	0.49	17	52	897	909
-5.00	1292	151	8.54	1.99	0.49	46	136	3232	3263
-6.00	1661	108	15.34	2.09	0.50	24	73	5709	5726
-7.00	2430	104	23.30	2.24	0.50	24	73	13197	13213
-8.00	2503	178	14.05	2.26	0.50	72	214	13992	14040
-9.00	2091	238	8.80	2.18	0.49	123	368	9283	9365
-10.00	2914	151	19.32	2.32	0.50	53	158	19607	19642
-11.00	1449	359	4.03	2.03	0.47	263	771	3742	3917
-12.00	2404	276	8.70	2.24	0.49	171	511	12599	12713
-13.00	2089	556	3.75	2.18	0.46	674	1972	8159	8608
-14.00	2605	493	5.28	2.27	0.48	553	1640	14317	14686
-15.00	3456	130	26.54	2.40	0.50	41	122	28569	28596
-16.00	1478	617	2.39	2.04	0.39	777	2166	2902	3420
-17.00	2415	688	3.51	2.24	0.46	1059	3084	10944	11650
-18.00	2116	287	7.37	2.18	0.49	180	537	9427	9547
-19.00	2435	157	15.50	2.24	0.50	55	166	13199	13236
-20.00	1963	224	8.78	2.15	0.49	108	322	8089	8160
-21.00	2714	595	4.56	2.29	0.47	810	2389	15246	15786
-22.00	2139	289	7.39	2.19	0.49	183	546	9646	9769
-23.00	2290	262	8.75	2.22	0.49	152	453	11328	11429

CURVA TEMPI - PROFONDITA'
(blu = V_p ; rosso = V_s)

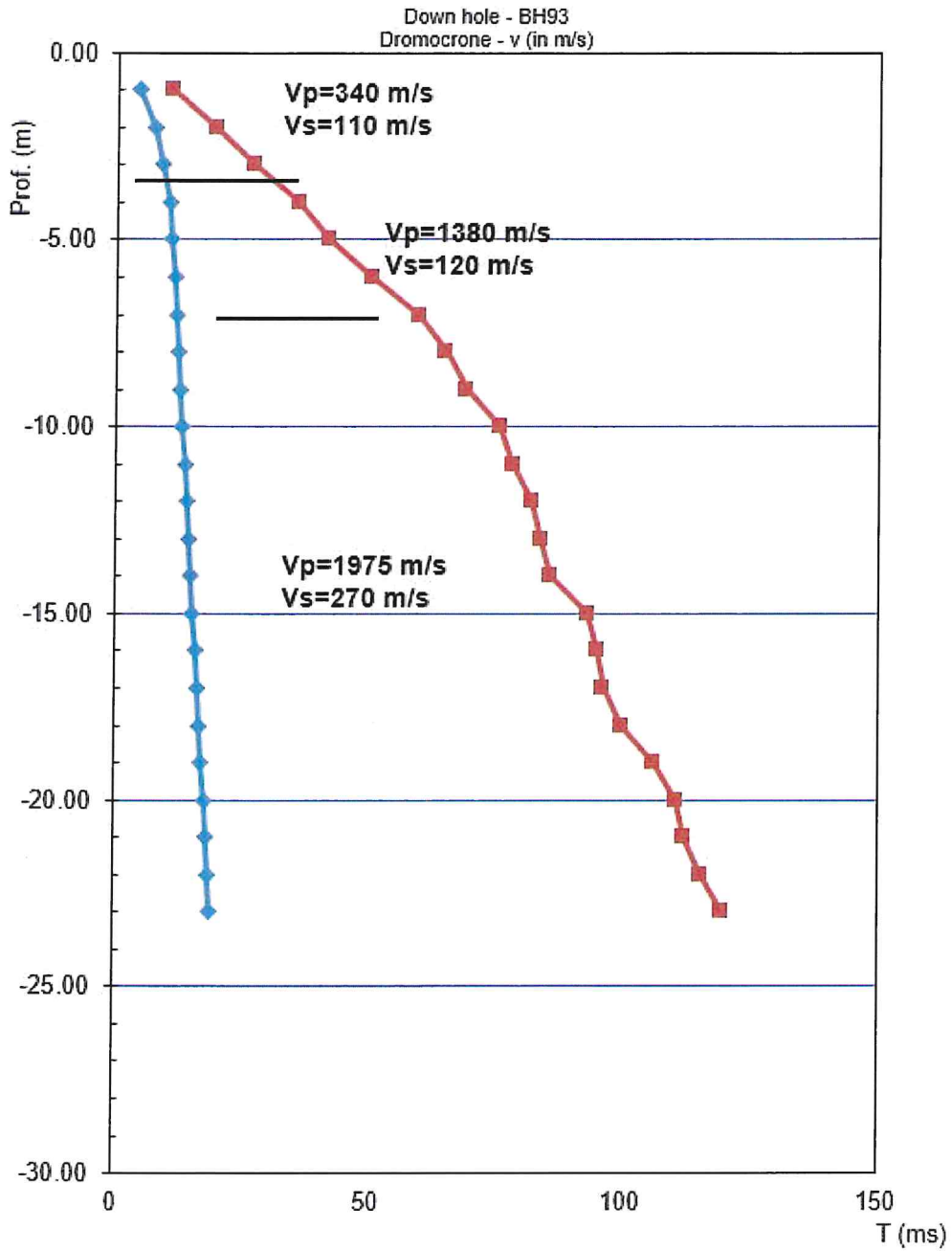


GRAFICO INTERVALLI DI VELOCITA'

Down hole - BH93
Intervalli di Velocità

