

# REGIONE CAMPANIA

Acqua Campania S.p.A.

UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE  
DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO E  
POTENZIAMENTO DELL'ALIMENTAZIONE  
POTABILE PER L'AREA BENEVENTANA

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

*Stralcio Allegato IV D.L. 31.05.2021 n.77 - L. di conversione 21.07.2021 n.108*

Responsabile Unico del Procedimento  
Dirigente Ciclo Integrato delle Acque della G.R. della Campania  
Ing. Rosario Manzi

Il Concessionario  
**Acqua Campania S.p.A.**  
Direttore Generale  
Area Tecnica  
(Ing. Gianluca Maria SALVIA)  


I Progettisti

Il Geologo



Coordinatore responsabile della  
Integrazione delle Prestazioni  
Specialistiche

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
0	Dicembre 2021	EMISSIONE PER VIA	---	---	---
TITOLO :  RELAZIONE TECNICA - GEOLOGIA E GEOTECNICA - INDAGINI SISMICHE GEOELETTRICHE  Parte 1 di 2			Progettazione:  		
Allegato	ED.02.2.ALL.04		Revisione:	0	Scala: -

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO  
IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

**INDICE**

PREMESSA.....	3
1. SISMICA A RIFLESSIONE - CENNI TEORICI .....	4
2. PROSPEZIONE SISMICA MASW - CENNI TEORICI.....	7
3. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	9
4. ACQUISIZIONE DATI E OPERAZIONI DI CAMPAGNA .....	12
5. ELABORAZIONE DATI .....	14
6. RISULTATI.....	20
6.1 - Elaborazione dati Prospezione Sismica MASW 1 Campolattaro (BN) .....	21
6.2 - Elaborazione dati Prospezione Sismica MASW 1 Faicchio (BN) .....	25
6.3 - Elaborazione dati Prospezione Sismica MASW 2 Faicchio (BN) .....	28

**ALLEGATI**

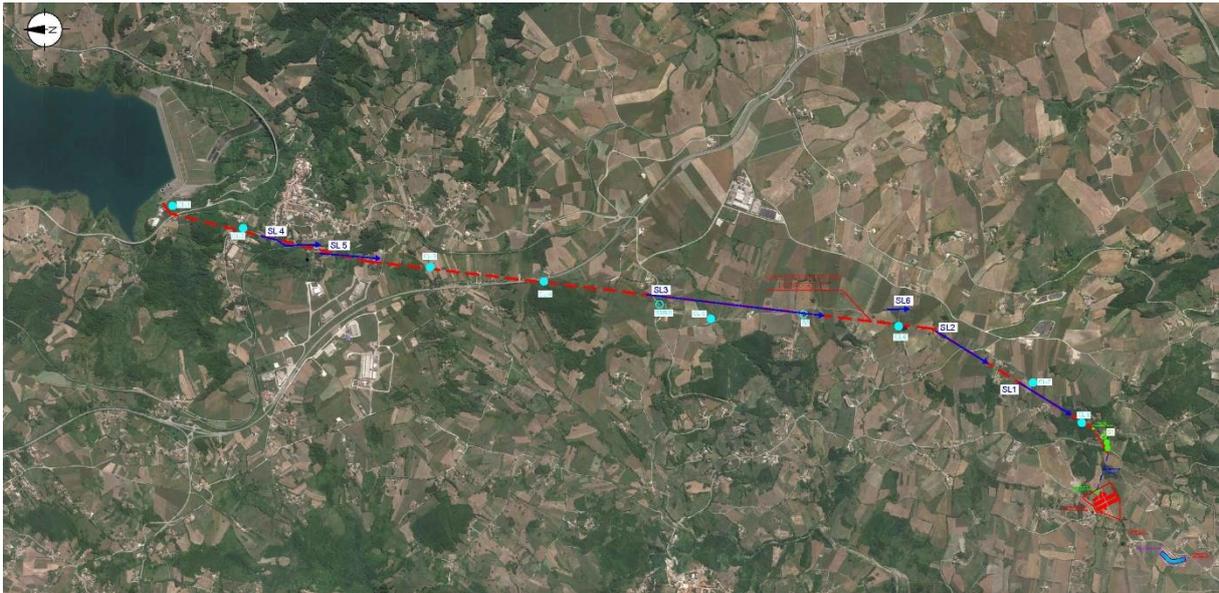
- TAV. 01 - INQUADRAMENTO GENERALE E UBICAZIONE AREA DI INDAGINE
- TAV. 02 - UBICAZIONE INDAGINI
- TAV. 03 - SL1 - PROCESSING, STACK E SEZIONE MIGRATA
- TAV. 04 - SL2 - PROCESSING, STACK E SEZIONE MIGRATA
- TAV. 05 - SL3 - PROCESSING, STACK E SEZIONE MIGRATA
- TAV. 06 - SL4 PROCESSING, STACK E SEZIONE MIGRATA
- TAV. 07 - SL5 - PROCESSING, STACK E SEZIONE MIGRATA
- TAV. 08 - SL6 - PROCESSING, STACK E SEZIONE MIGRATA

## **PREMESSA**

Su incarico della VIANINI LAVORI S.P.A., nei mesi di Agosto e Settembre 2020, è stata realizzata una campagna di indagini geofisiche di sismica a riflessione e MASW, inerenti il progetto "PROGETTAZIONE DEFINITIVA, CONCERNENTI L'INTERVENTO DI UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO" nei Comuni di Campolattaro, Casalduni, Ponte e Faicchio nella Provincia di Benevento.

Il lavoro è stato eseguito attraverso le seguenti fasi operative:

- Pianificazione e coordinamento per l'esecuzione in sito di n. 5 stendimenti di sismica a riflessione (SL) denominati SL1 da 450 m (nel Comune di Ponte), SL2 da 450m (nel Comune di Ponte), SL3 dal 1350 m (nel Comune di Casalduni), SL 4 da 460m (nel Comune di Campolattaro) SL 5 da 450m (nel Comune di Campolattaro), SL da 150m (nel Comune di Casalduni) per uno sviluppo totale di 3310 m, per la modellazione e caratterizzazione sismo stratigrafica delle litologie presenti nell'area di studio (Fig. 1).
- Processing dei dati e stesura della relazione tecnica.



*Fig. 1 – Ubicazione delle indagini si sismica a riflessione (SL)*

Il presente documento è stato redatto seguendo le seguenti normative e/o linee guida:

*ASTM D6429 – 99 (2011) e1 - Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods.*

*ASTM D7128 - 05(2010) - Standard Guide for Using the Seismic Reflection Method for Shallow Subsurface Investigation;.*

## 1. SISMICA A RIFLESSIONE - CENNI TEORICI

La sismica a riflessione è una tecnica che si basa sulla registrazione dei tempi che intercorrono tra l'istante di generazione di un impulso elastico in superficie e l'istante di ricezione del relativo impulso generato da una o più riflessioni su altrettante superfici riflettenti poste al di sotto del piano campagna. Uno dei principali vantaggi di tale metodologia geofisica, rispetto a quella a rifrazione, è la non necessaria condizione di un aumento della velocità con la profondità. Infatti la sismica a riflessione è funzione della quantità di contrasto di impedenza dei diversi materiali, di conseguenza, una netta variazione di velocità e/o di densità tra litotipi è sufficiente a determinare una riflessione delle onde elastiche in corrispondenza della superficie di separazione dei due mezzi a diversa impedenza acustica (Fig. 1.1). L'equazione matematica della impedenza acustica è la seguente:

$$R = (\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1) / (\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1)$$

dove R è l'impedenza acustica,  $\rho$  è la densità del mezzo attraversato e V è la velocità con cui attraversa il mezzo.

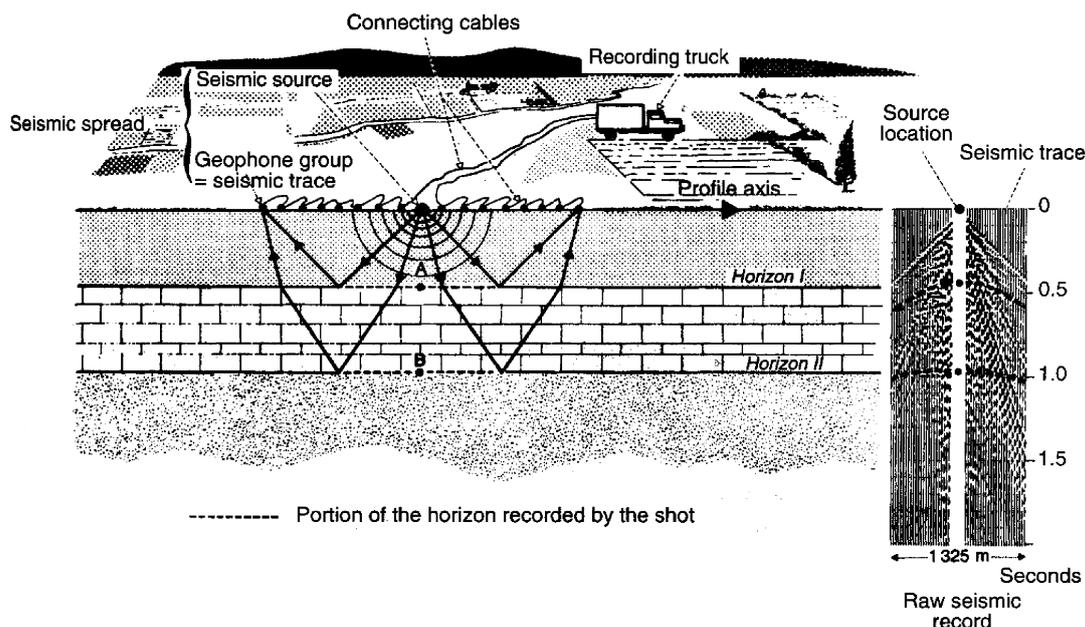


Fig. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..1 - Schema generale e concettuale del metodo a riflessione

L'equazione matematica, di tipo iperbolica (Fig.1.2), che regola la traiettoria della curva di un segnale riflesso è la seguente:

$$(V_1 \cdot t)^2 = 4H^2 + x^2 + 4H \cdot x \cdot \sin \phi$$

PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO  
IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

dove  $V_1$  è la velocità dell'onda che si propaga nel mezzo considerato omogeneo;  $t$  il tempo d'arrivo nel punto di ascissa generica  $x$ ;  $H$  lo spessore dello strato interessato;  $x$  la distanza del geofono dalla sorgente energizzante;  $\phi$  l'inclinazione della superficie riflettente.

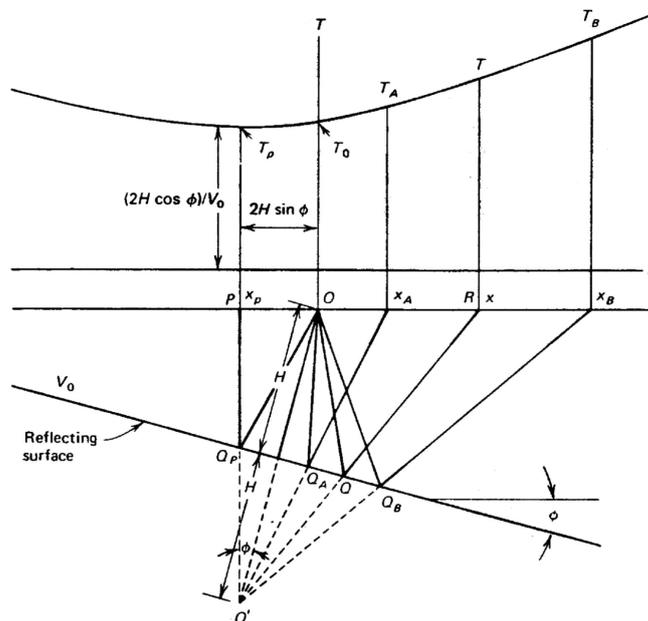


Fig. **Errore.** L'origine riferimento non è stata trovata..2 - Traiettoria dei raggi sismici su un riflettore inclinato e relative dromocrone (diagramma tempo-distanza.)

In fase di acquisizione dei dati, i parametri fondamentali riguardanti la geometria dello stendimento sono:

- l'offset, cioè la distanza tra la sorgente energizzante ed il primo geofono;
- il numero delle tracce da registrare, e quindi il numero dei geofoni;
- la quantità di shot point da eseguire, lungo la linea, per la copertura sismica pianificata.

La sorgente energizzante, nella sismica a riflessione, può essere posta all'esterno dello stendimento geofonico (off-end spread), oppure all'interno di esso (split-spread), Fig 1.4.

PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
 RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

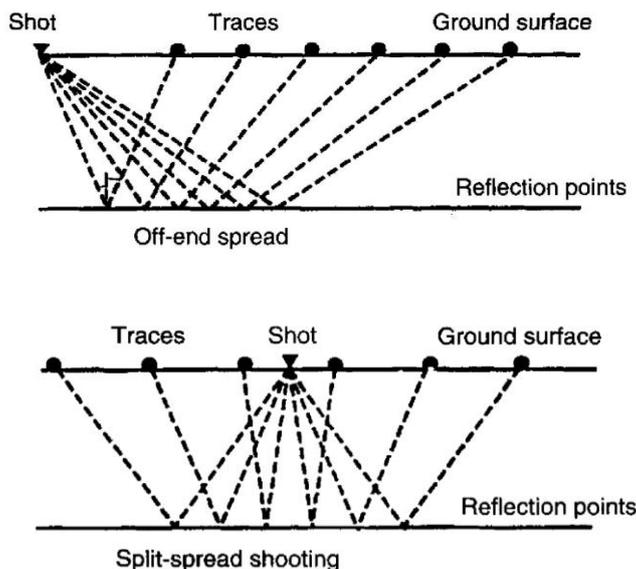


Fig. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..4 – Principali geometrie (array sismici) di acquisizione.

Solitamente vengono eseguite più misurazioni spostando la sorgente di energizzazione e la catena geofonica in direzioni uguali oppure opposte, così da investigare una porzione più ampia di terreno.

Su queste geometrie si basa la modalità di acquisizione del common-depth-point (CDP), che permette, energizzando in differenti posizioni in superficie, di indagare più volte un dato punto in profondità, per il quale si ottengono più segnali associati. Questa tecnica di acquisizione permette di avere più tracce acquisite in più posizioni, dello stesso punto in profondità dove avviene la riflessione del segnale, in modo tale da avere, nel medesimo punto in profondità più segnali in comune (CDP). Tale modalità prevede ovviamente almeno due coperture operando in multicanale (multifold coverage). In fig. 1.5 si riporta l'illustrazione della geometria di copertura attraverso la tecnica dei CDP.

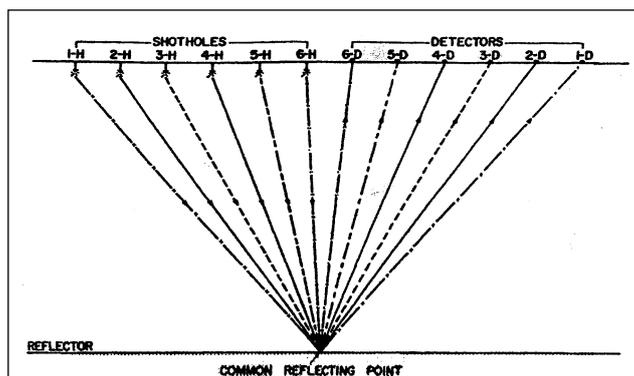


Fig. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..5 – Geometria del Common-Depth-Point a copertura.

Un aspetto significativo nella sismica a riflessione è il campionamento del segnale, quest'ultimo infatti è di tipo analogico cioè continuo nel tempo mentre lo strumento di acquisizione (sismografo) è di tipo digitale ossia in grado di campionare il segnale solo ad intervalli di tempo imposti dall'operatore. La funzione di Nyquist ci indica il numero minimo di campioni da registrare per trasformare in modo corretto, al fine di non incorrere in Aliasing, un segnale continuo (analogico) in un segnale campionato digitalmente. Il segnale, quindi, viene campionato con un intervallo di tempo  $\Delta t$  ed un intervallo di distanza  $\Delta x$ . Una scelta non corretta di tali valori sulle impostazioni del sismografo digitale implica un'acquisizione non corretta e falsata dei dati (Fig. 1.6 aliasing temporale).

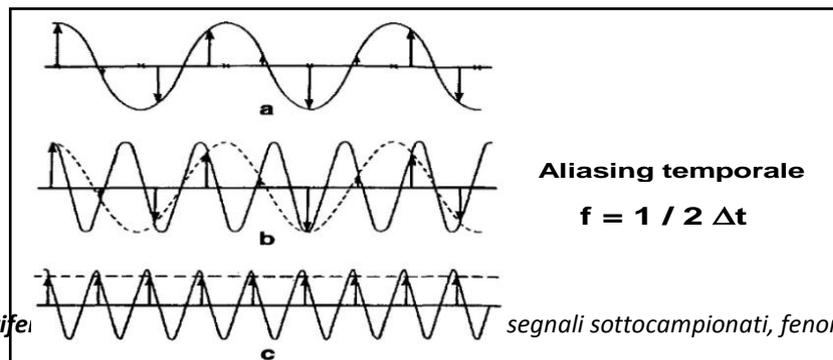


Fig. *Errore. L'origine rifer* Fig. *Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.* 6 – Geometria del Common-Depth-Point a copertura *segnali sottocampionati, fenomeno dell'aliasing*

Fig. *Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.* 6 – Geometria del Common-Depth-Point a copertura

## 2. PROSPEZIONE SISMICA MASW - CENNI TEORICI

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

## Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

## Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

## Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere:

deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

### Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

## 3. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'acquisizione dati in situ è stata eseguita utilizzando la seguente strumentazione:

- Sistema di acquisizione dati:

costituito da un sismografo digitale ECHO 48 (prodotto da AMBROGEO – Strumenti per Geofisica) con risoluzione 24 bit a 48 canali, con le caratteristiche tecniche, riportate in Tab. 3.1.

 <p><b>SISMOGRAFO "ECHO 48"</b> <b>AMBROGEO</b></p>	<p>CARATTERISTICHE TECNICHE</p> <p><b>SISMOGRAFO "ECHO 48/2012" (AMBROGEO)</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Risoluzione: 24 bit</li><li>▪ Numero canali: 48</li><li>▪ Intervallo di campionamento : 32,64,128,256,478,956us</li><li>▪ Possibilità di stack degli impulsi sismici</li><li>▪ Accuratezza Stacking trigger: 1/32 dell'intervallo di campionamento</li><li>▪ Test geofoni automatico</li><li>▪ Gain: 0,6,12,18,24,30,36,42,48,54,60,66,72dB</li><li>▪ Interfaccia USB su pannello interno</li><li>▪ Connettore per cavo sismico 1-24 e 15-48</li><li>▪ Codifica dati in formato SEG-2, SEG-Y</li></ul>
--	---

Tab. 3.1 – Caratteristiche tecniche del ECHO 48 (AMBROGEO).

- Sistema di ricezione:

costituito da stringhe da 4 geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa, con frequenza propria di 10 Hz. I trasduttori di velocità sono in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche prodotte da una specifica sorgente (Fig.3.1).

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO  
IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

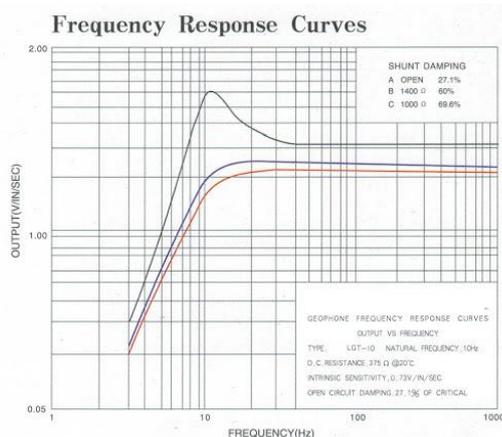


Fig. 3.1 – Array geofonico utilizzato, con grappoli da 4 geofoni, su ogni canale di registrazione e risposta geofonica dei sensori da 10 Hz utilizzati per l'acquisizione della sismica a riflessione.

- Sistema trasferimento segnale:

il trasferimento del segnale dal sistema di ricezione (geofono) al sistema di acquisizione dati (sismografo) è effettuato tramite un cavo sismico, costituito da cavo elettrico bipolare schermato e collegato al geofono. Il segnale acquisito dai geofoni sarà trasferito al sistema di acquisizione senza nessuna perdita di informazione (Fig.3.1).

- Sistema di energizzazione per le onde P:

la sorgente è costituita da un esploditore sismico (P-WAVE) calibro 8, equipaggiato con cartucce industriali (8 Kiln cal.8) per generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, per ottenere onde prevalentemente di compressione, con un incremento del rapporto segnale/rumore (Fig.3.2).

- Sistema trigger:

consiste in circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il colpo viene esploso nella base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati. In questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione (Fig.3.2).

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO  
IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**



*Fig. 3.2 – Esplositore sismico (P-Wave) e sistema con geofono trigger*

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata, Tab3.1.

N°	Strumentazione	Caratteristiche
1	Unità di acquisizione	Sismografo “AMBROGEO” mod. ECHO 48 a 24 bit
120	Geofoni verticali	Stringhe da n.4 geofoni “SENSOR” con $f_0 = 10\text{Hz}$
2	Cavi sismici	24 uscite da 115 m
1	Sorgente	Esplositore sismico P – WAVE (per cartucce industriali cal. 8 Kiln)

*Tab. 3.1 – Caratteristiche della strumentazione utilizzata*

#### 4. ACQUISIZIONE DATI E OPERAZIONI DI CAMPAGNA

L'acquisizione è stata condotta mediante allineamento delle stringhe/grappoli da n.4 geofoni superficiali per ogni canale di acquisizione. Dopo aver posizionato i geofoni sul terreno e dopo il collegamento di questi ultimi ai cavi sismici tramite appositi morsetti bipolari (split clip), per ogni acquisizione sono stati realizzati alcuni shots di prova allo scopo di tarare i parametri di acquisizione del sismografo in termini di determinazione del livello del rumore di fondo e taratura delle amplificazioni dei singoli canali di registrazione.

Compiuta la taratura della strumentazione, si è proceduto alla acquisizione dei dati in modo tale che, dopo ogni energizzazione (o somma di energizzazioni) su ciascun punto d'impatto prestabilito, si è acquisito e registrato il segnale sul sismografo per la successiva elaborazione. L'istante di tempo zero, in altre parole il segnale d'inizio registrazione, è stato inviato allo strumento da uno shock-sensor (trigger) posto direttamente sul terreno.

Gli impulsi sismici ricevuti dai geofoni sistemati sulla superficie topografica sono stati acquisiti utilizzando il sismografo tramite il quale, dopo una conversione analogico-digitale registrata nell'hard disk del computer esterno.

Per il presente lavoro è stata utilizzata la geometria di acquisizione "OFF-END PUSH-INCREASE", che prevede la sorgente energizzante posta all'esterno dello stendimento geofonico (Fig.4.1

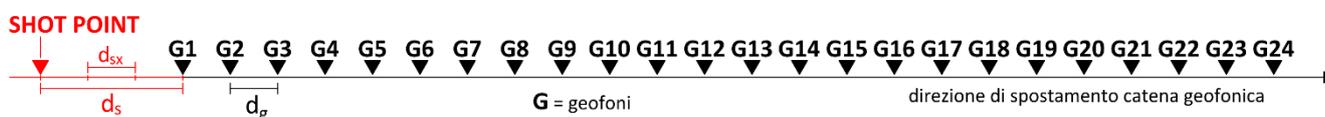


Fig. 4.1 – Schema della geometria dello stendimento OFF-END PUSH-INCREASE.

Nello specifico in ogni profilo di acquisizione di sismica a riflessione per ogni spostamento dello shot point "dsx" di una unità modulare di acquisizione (geofono) si è spostato e contemporaneamente traslando tutta la serie di ricevitori (G1 ÷ G24) di una altrettanto analoga unità modulare (in gergo "rollare" in avanti l'apparato di energizzazione e di registrazione di una unità). Si è proceduto energizzando su tutti i geofoni dello stendimento, in modo da ottenere una copertura in profondità del 2400% per ogni linea.

L'energizzazione delle onde di compressione è stata ottenuta con l'ausilio di un esploditore sismico calibro 8 (P-WAVE), utilizzando cartucce industriali (8 Kiln cal.8). Per ogni punto di energizzazione (shot-point) sono stati effettuati tre scoppi (tecnica "stacking") per sommare algebricamente i segnali ottenuti, rendendo in tal modo la potenza del segnale superiore a quella del rumore sismico di fondo.

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO  
IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

Le caratteristiche geometriche, di configurazione e acquisizione delle linee sismiche sono riportate nella seguente Tabella 4.1 e Fig. 4.2. Le ubicazioni delle indagini sono riportate negli allegati TAV. 01 Tav. 02.

Denominazione Linea	Distanza Shot Point $d_s$ (m)	Avanzamento Shot Point (m)	Numero Shot Point	Spaziatura geofonica $d_g$ (m)	Numero geofoni per base sismica	Lunghezza totale linea (m)	Coordinate Geografiche (Monte Mario Italy 2)	
							Inizio linea:	Fine linea:
Linea <b>SL 1</b>	-15	5.00	72	5.00	24	450.00	E=2496098.04 N=4565235.38	E=2495852.945 N=4564841.897
Linea <b>SL 2</b>	-15	5.00	72	5.00	24	450.00	E=2496492.753 N=4565869.062	E=2496247.217 N=4565474.872
Linea <b>SL 3</b>	-15	5.00	252	5.00	24	1350.00	E=2496773.013 N=4568069.927	E=2496611.624 N=4566722.628
Linea <b>SL 4</b>	-15	5.00	74	5.00	24	460.00	E=2497218.792 N=4570990.325	E=2497154.467 N=4570550.867
Linea <b>SL5</b>	-15	5.00	72	5.00	24	450.00	E=2497106.862 N=4570537.670	E=2497041.734 N=4570087.318
Linea <b>SL6</b>	-15	5.00	26	5.00	13	165.00	E=2541592.0358 N=4566238.62	E=2541595.9628 N=4566073.5432

Denominazione Linea	Durata Acquisizione (ms)	Passo di campionamento (ms)
Linea <b>SL 1</b>	2000	0.1282
Linea <b>SL 2</b>	2000	0.1282
Linea <b>SL 3</b>	2000	0.1282
Linea <b>SL4</b>	2000	0.1282
Linea <b>SL 5</b>	2000	0.1282
Linea <b>SL 6</b>	2000	0.1282

*Tab. 4.1 – Caratteristiche geometriche e di configurazione dei profili di sismica a riflessione (SL)*



Fig. 4.2 – Acquisizione sismica a riflessione S.L.

L'energizzazione delle onde di compressione è stata ottenuta con l'ausilio di un esploditore sismico calibro 8 (*P-WAVE*), utilizzando cartucce industriali (8 Kiln cal.8). Per ogni punto di energizzazione (*shot-point*) sono stati effettuati tre scoppi (tecnica "*stacking*") per sommare algebricamente i segnali ottenuti, rendendo in tal modo la potenza del segnale superiore a quella del rumore sismico di fondo.

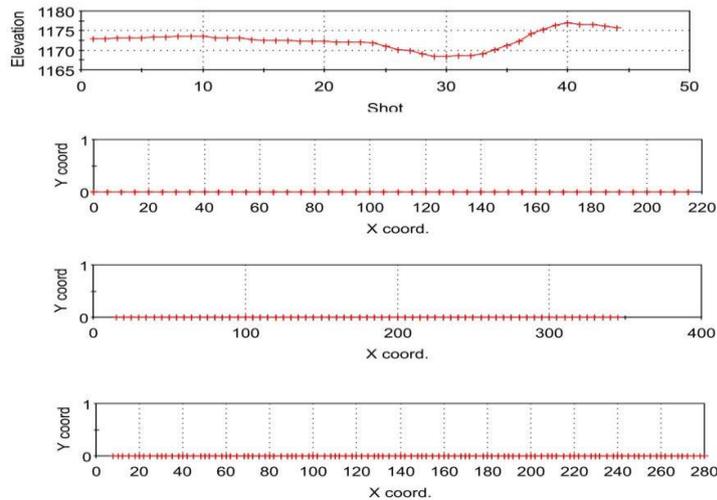
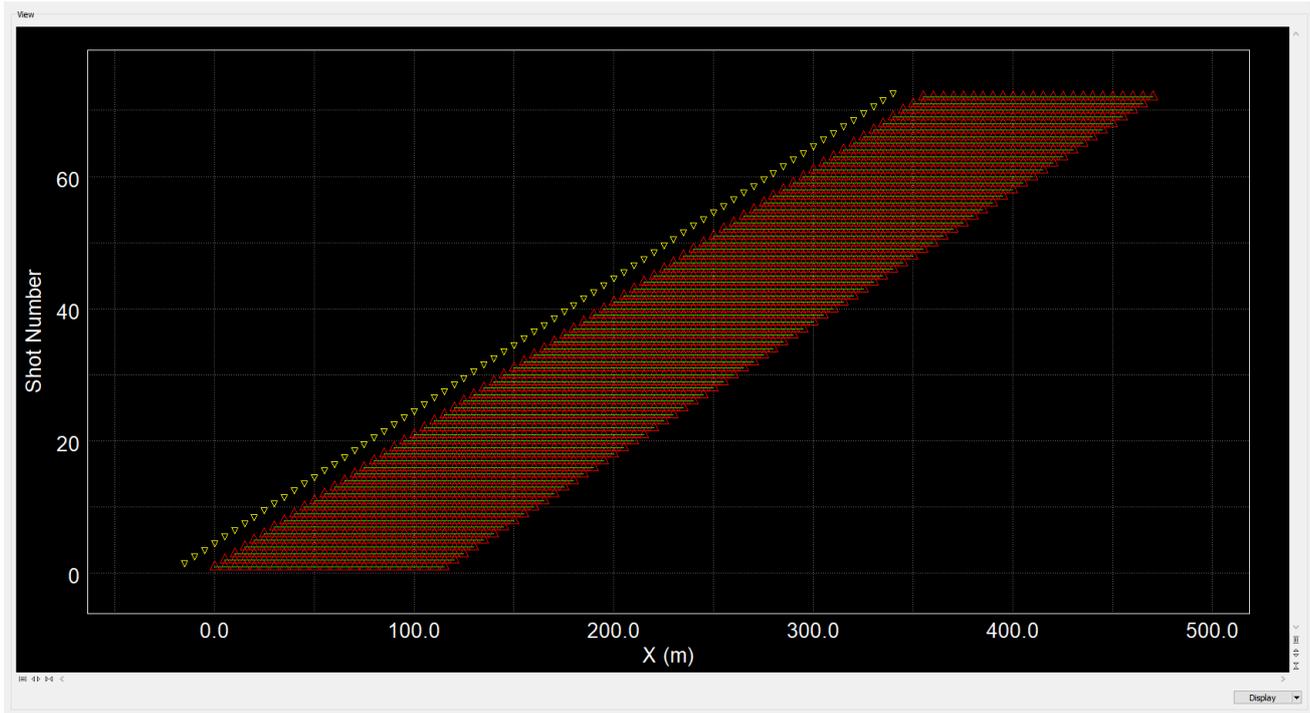
## 5. ELABORAZIONE DATI

Per l'elaborazione dati si è utilizzata la suite Geogiga Seismic Pro (della Geogiga Technology Corp.) nella specifico si sono utilizzati i programma REFLECTOR e FRONT END e SF imager sia per il pre-filtraggio, il sorting, il processing e l'editing dei dati acquisiti.

Le tecniche di *processing* utilizzate per l'elaborazione dei profili sismici si basano su modelli matematici complessi che hanno permesso di avere delle discrete analisi di velocità per la produzione delle sezioni di *stack* su cui è stata eseguita l'interpretazione.

Durante la fase di *pre-processing* sono state inserite le caratteristiche geometriche dell'indagine GEOMETRY INPUT (Fig. 5.1), utilizzando i parametri di acquisizione precedentemente utilizzati, ovvero l'off-end push increase ciò ha permesso un miglioramento delle caratteristiche spettrali dell'intero sismogramma.

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO  
IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**



*Fig. 5.1 – Esempio di GEOMETRY INPUT – Stacking chart, Elevation, Shots, Geophones, CDPs*

Di seguito le operazioni necessarie per il processing dei dati di sismica riflessione:

1. Come prime operazioni di pre-filtraggio si è proceduto al trace balance e all'applicazione del MUTE ha permesso di eliminare dalle registrazioni, canali di acquisizione, primi arrivi diretti e rifratti che non sono utilizzati nel processing della sismica a riflessione.

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.**

**RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

2. Dopo aver analizzato il contenuto in frequenza dal dato, è stato applicato un filtro in frequenza tipo *band-pass* (Fig.4.2), per individuare l'intervallo di frequenze in cui era concentrato il segnale utile, andando così a rimuovere dai sismogrammi il rumore random ed il rumore coerente a bassa frequenza.

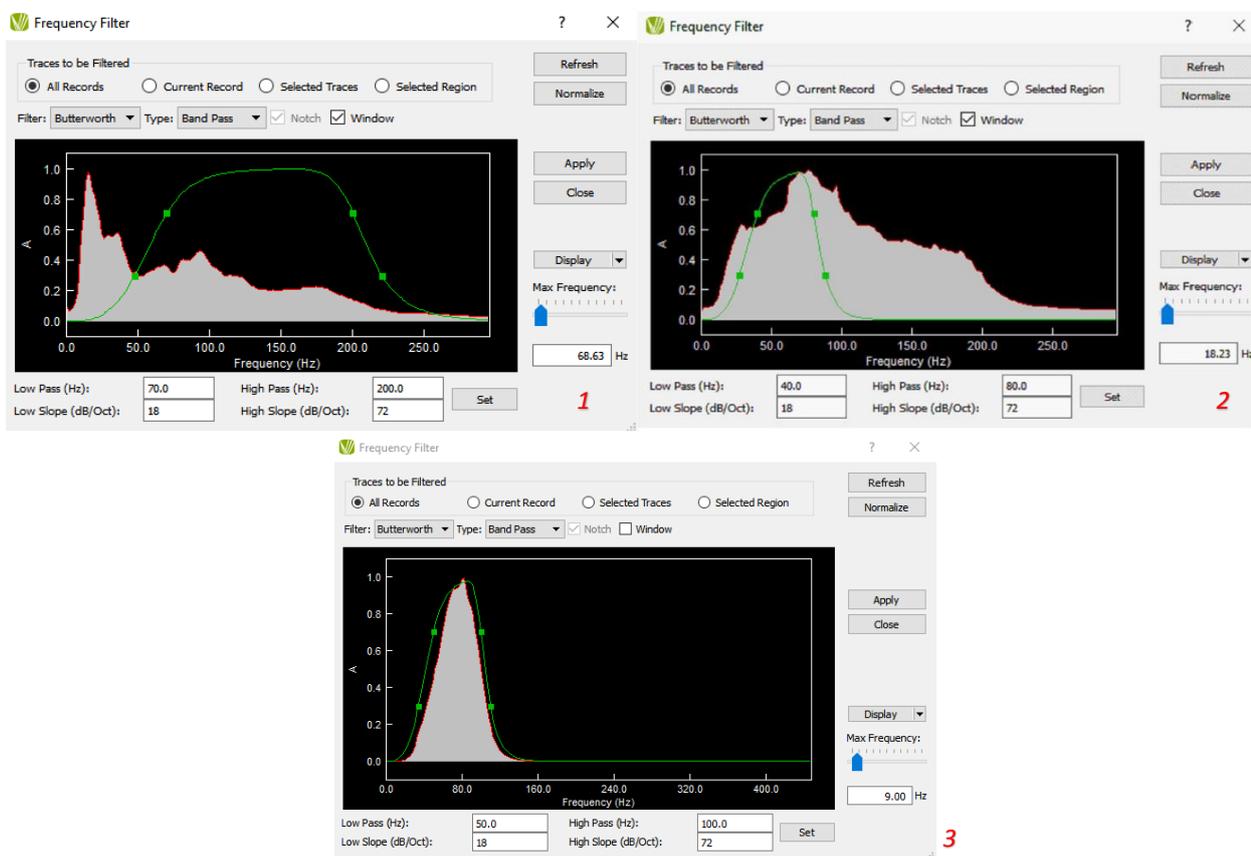


Fig. 5.2 – Esempio di uno spettro d' ampiezza prima del filtraggio (1), successivamente le operazioni di filtraggio intermedie (2) e spettro finale (*Amplitude spectrum*)

3. Successivamente si è applicato il filtro bidimensionale tipo F-K che agisce sulla velocità dei segnali per cancellare il rumore coerente, nel caso in cui questi si presenti con lo stesso range di frequenze rispetto ai segnali riflessi.

PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
 RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

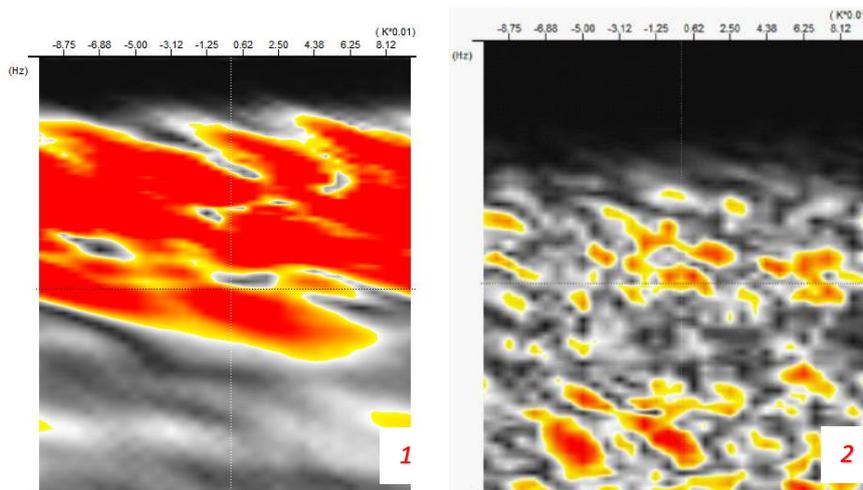


Fig. 5.2 – Esempio di curva F-K non filtrata (1) e filtrata (2), (F-K curves)

4. La deconvoluzione è un passaggio fondamentale nell’elaborazione del dato sismico, permette di recuperare le alte frequenze, attenuare le mutiple e ricostruire la forma d’onda. Ci sono 2 tipi di deconvoluzione, la *deconvoluzione spike* che agisce sull’impulso iniziale immesso nel terreno per aumentare la risoluzione verticale, migliorando le caratteristiche spettrali del segnale e la *deconvoluzione preditiva* per la cancellazione delle onde riflesse multiple che simulano marker fittizi.

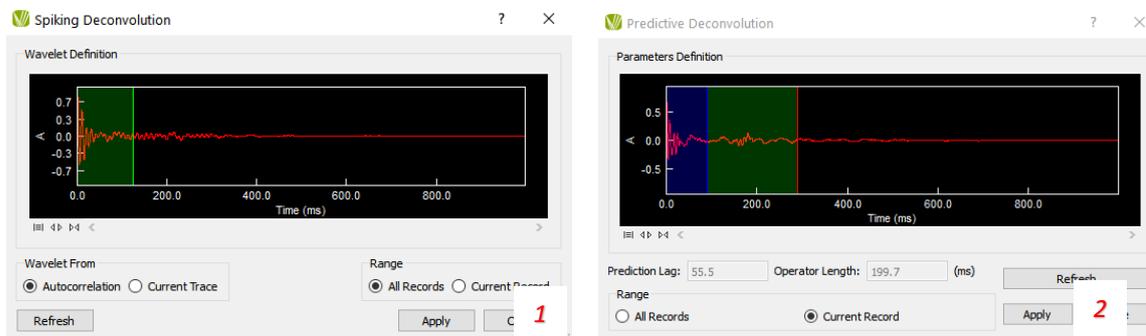


Fig. 5.3 – Esempio di deconvoluzione spike (1) e deconvoluzione predittiva (2), (F-K curves)

5. Successivamente è stata applicata la procedura del SORT che raccoglie le tracce che confluiscono in un medesimo punto CDP (CDP - *gather*). La correzione e la somma di tutte le tracce che convergono in un unico punto di riflessione comune (CDP – *Common Depth Point*) è l’elemento caratterizzante della sismica a riflessione “multicanale”.

PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

6. In seguito l'utilizzo della STATIC CORRECTION ha permesso di correggere i tempi delle varie tracce tenendo conto del profilo topografico, la cui morfologia non era piatta ed orizzontale.
7. Una volta effettuati tali passaggi, si è potuta definire la velocità di propagazione delle onde dei singoli riflettori attraverso l'analisi di velocità (VELOCITY ANALYSIS), mediante la *Semblance Spectra o Velocity Analysis* (Fig.4.3). Questa operazione è stata condotta mediante la tecnica dei pannelli di velocità ed ha permesso di ottenere per i diversi CDP un modello tempi doppi-velocità di stacking (RMS – *Stacking velocity*)

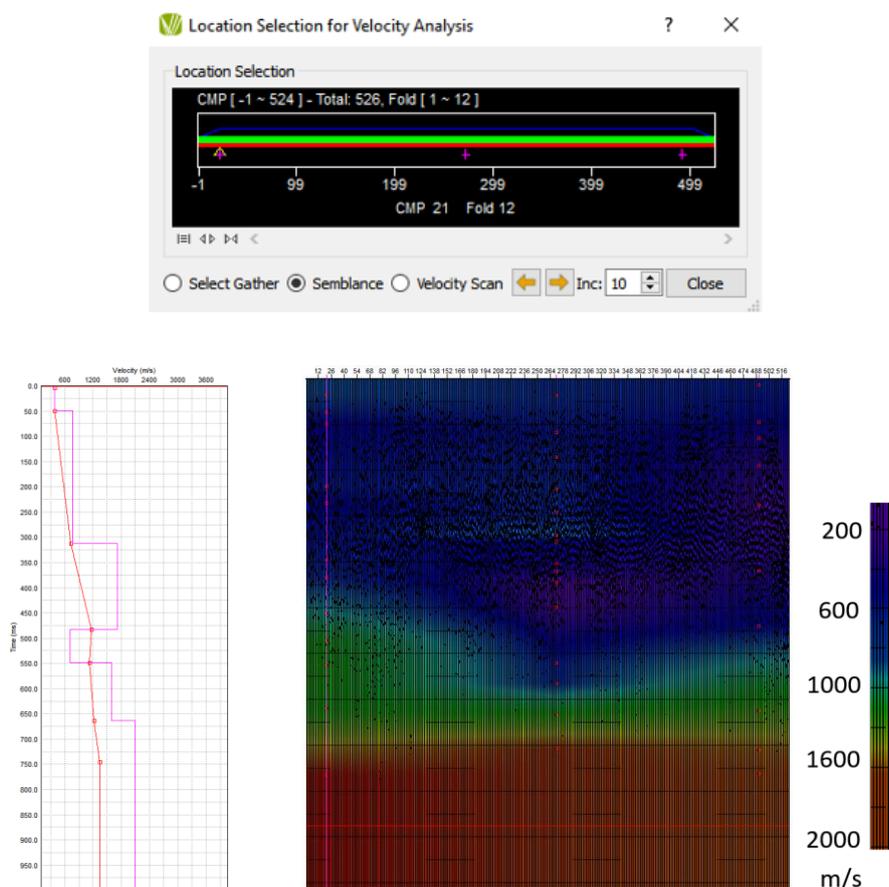


Fig. 5.3 – Esempio Modello di velocità 1D e 2D nei vari punto di controllo (Semblance spectra/Velocity Analysis)

È noto che tali velocità non sono quelle reali dei mezzi investigati, bensì velocità verticali mediate (RMS – la velocità verticale delle onde sismiche è generalmente differente da quella orizzontale in mezzi anisotropi, pertanto tali velocità differiscono generalmente da quelle ricavate mediante altre indagini sismiche, come la sismica a rifrazione, la tomografia sismica e il down-hole).

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO  
IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

8. Una volta eseguita l'analisi di velocità si è applicata la correzione di NORMAL MOVE-OUT (NMO), necessaria per la successiva fase di STACK. E' stata apportata, quindi, una correzione temporale alle tracce di ogni singola famiglia (correzione di *normal move-out*) in modo da poterle poi sommare aumentando il rapporto segnale/rumore (*stacking*) e creando una sezione "stack" in cui visualmente è possibile riconoscere i singoli riflettori e la relativa geometria.
9. L'applicazione di statiche residue (RESIDUAL STATIC) ha permesso di correggere i sismogrammi per le piccole deformazioni geometriche dovute a minori variazioni topografiche e di velocità di propagazione delle onde sismiche.
10. L'utilizzo del GAIN può consentire nell'ambito della porzione di sismogramma caratterizzato da elevato rapporto segnale/ rumore il recupero dell'ampiezza a seguito di attenuazione del segnale per motivi di spreading geometrico ed attenuazione intrinseca durante la propagazione delle onde sismiche.
11. La fase di EDITING permette di creare le sezioni stack finali sezione in tempi doppi (millisecondi, andata + ritorno) e/o in profondità (m).

Nelle tabella di seguito viene riportata sinteticamente le sequenze di processing per le singole linee elaborate, Tabella 5.2:

<b>SEQUENZA DI PROCESSING</b>	
<b>SL 1 ÷ SL 6</b>	
1.	GEOMETRY INPUT
2.	FREQUENCY FILTER
3.	F-K FILTER
4.	SPIKE DECONVOLUTION
5.	FREQUENCY FILTER
6.	SORT
7.	STATIC CORRECTION
8.	VELOCITY ANALYSIS
9.	NORMAL MOVE OUT
10.	STACK
11.	FREQUENCY FILTER
12.	RESIDUAL STATIC
13.	GAIN
14.	EDITING

*Tab. 5.2 – Sequenza di processing*

## 6. RISULTATI

I risultati del processing per ogni linea sismica elaborata (SL 1 ÷ SL6) sono riportati negli allegati (TAV. 03 ÷ TAV. 10) e di seguito ele

- Ubicazione linea sismica acquisita
- copertura (Fold) della prospezione che presenta valore pari a 2400 %.
- Tracce sismiche acquisite
- Tracce sismiche filtrate
- Filtri, F-K e deconvoluzione
- Modello delle velocità
- Sezione stack migrata

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO  
IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

**6.1 - Elaborazione dati Prospezione Sismica MASW 1 Campolattaro (BN)**

L'indagine di sismica WASW 1 è stata effettuata nell'area PIP del Comune di Campolattaro (fig. 6.1.2), posizionata in campo come da planimetria indagini in fig. 6.1.1



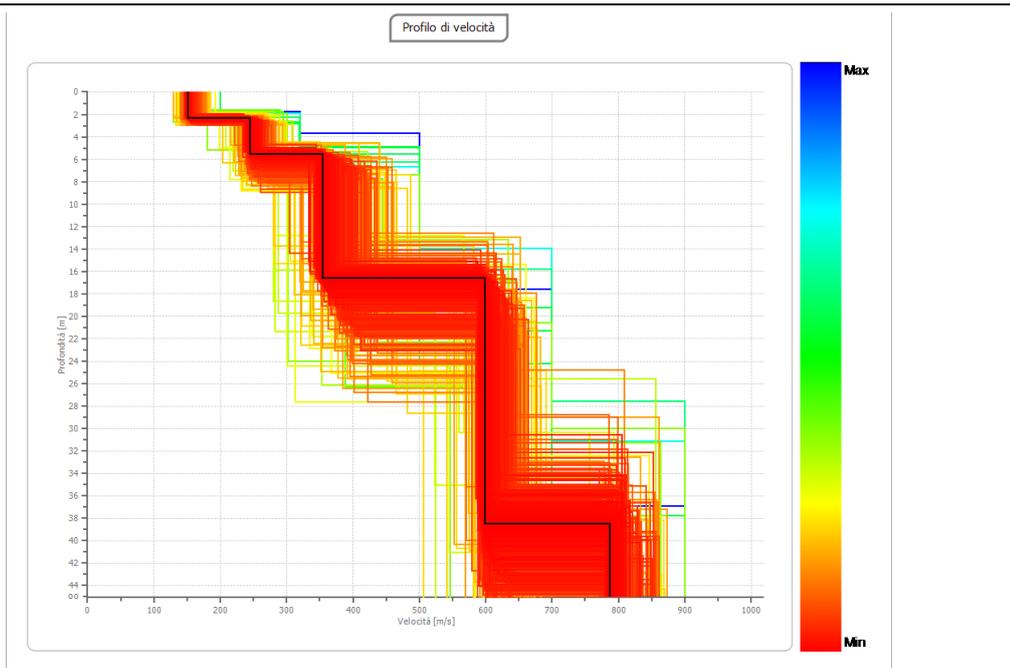
Fig. 6.1.1 Planimetria indagini MASW1, area PIP CAMPOLATTARO



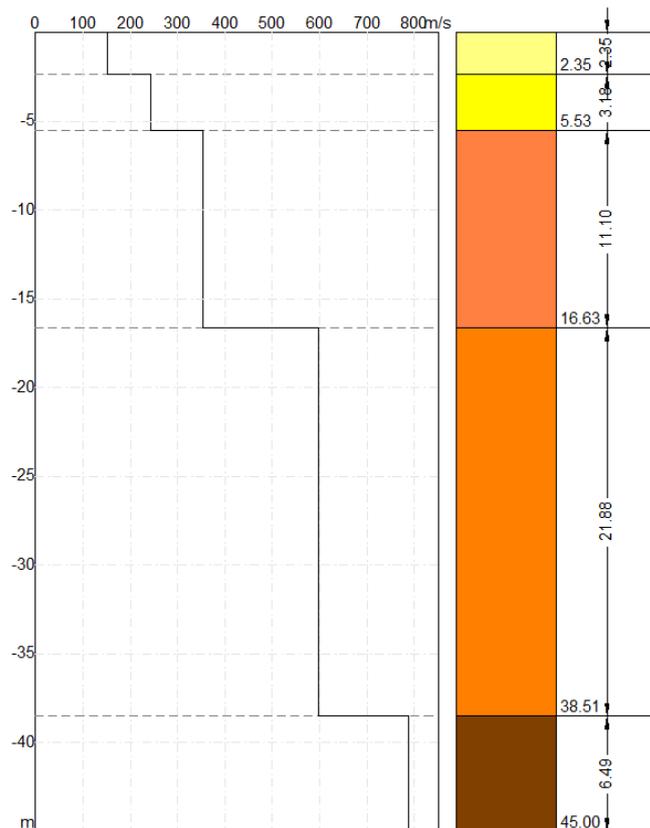
Fig. 6.1.2 Prospezione sismica MASW1, area PIP CAMPOLATTARO



**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
 RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**



**Fig. 6.1.6 - PROFILO DI VELOCITA' Vs**



**Fig. 6.1.7 - STRATIGRAFIA SISMICA**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO  
IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

In definitiva, la caratterizzazione sismica dal punto di vista sismo-stratigrafico, scaturita dall'indagine MASW a partire dal piano campagna, rivela la presenza dei sismostrati riportati in tab. 6.1.1.

Tab. 6.1.1 – Tabella parametri sismici da MASW 1

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson
1	2.35	2.35	<b>151.15</b>	406.98	1800.00	0.42
2	5.53	3.18	<b>244.42</b>	697.46	1800.00	0.43
3	16.63	11.10	<b>354.54</b>	1083.13	1900.00	0.44
4	38.51	21.88	<b>598.17</b>	1983.90	2000.00	0.45
5	oo	oo	<b>787.65</b>	2612.35	2100.00	0.45

La classificazione del terreno di fondazione viene effettuata sulla base del valore di  $V_{s,eq}$  valutato dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

$h_i$  = spessore dell'i-esimo strato;  $V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;  $N$  = numero di strati;  $H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

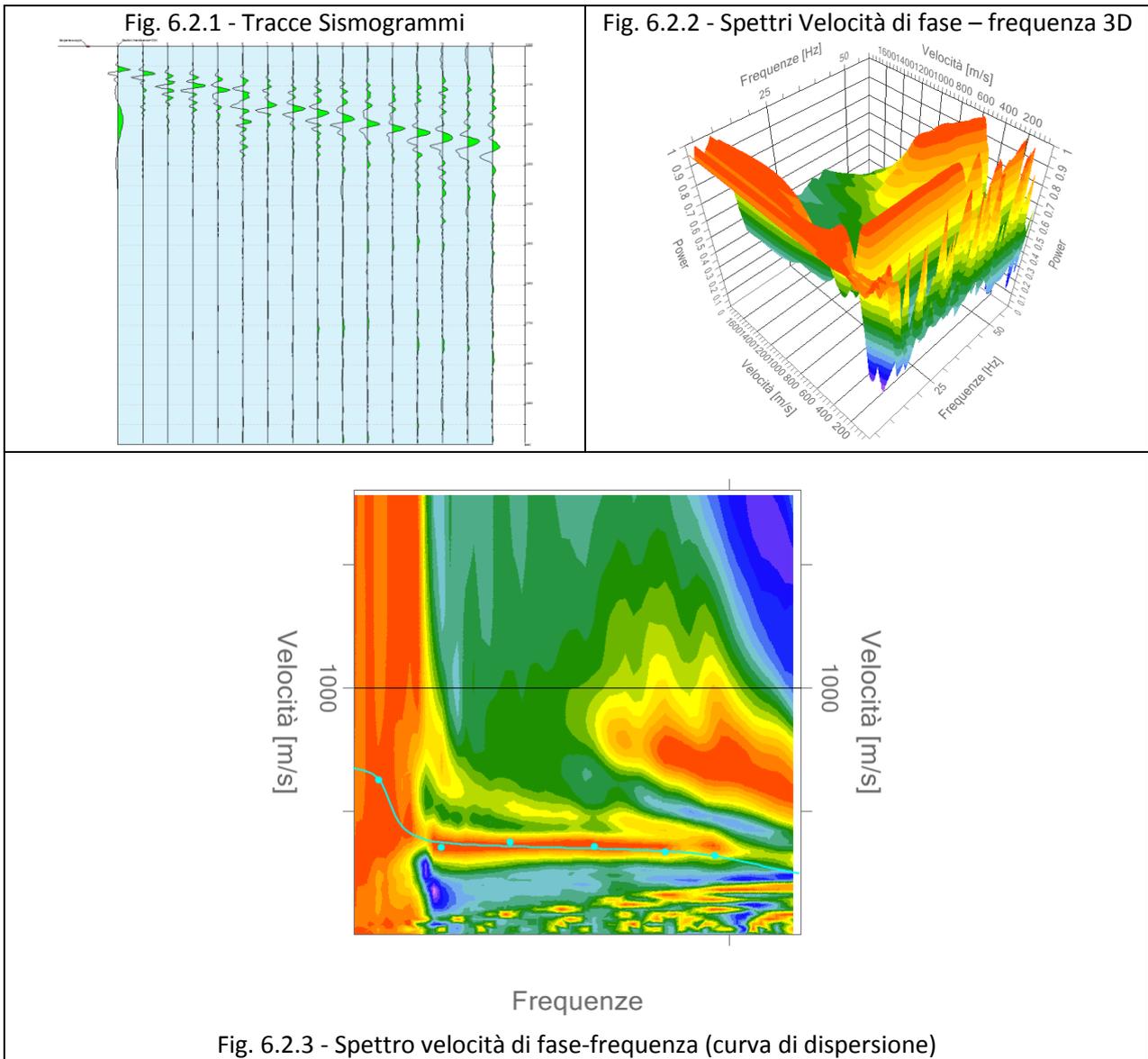
In definitiva, con le metodologie sopra citate, è stato determinato il valore di  $V_{s,eq}$  partendo dal piano campagna, che risulta avere valore di **364.88 (H=30.00 m)**.

Alla luce delle categorie previste dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 17 gennaio 2018, e dalle misure effettuate in sito, i terreni esaminati si collocano in **categoria "B"** descritta in normativa come: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

## 6.2 - Elaborazione dati Prospezione Sismica MASW 1 Faicchio (BN)

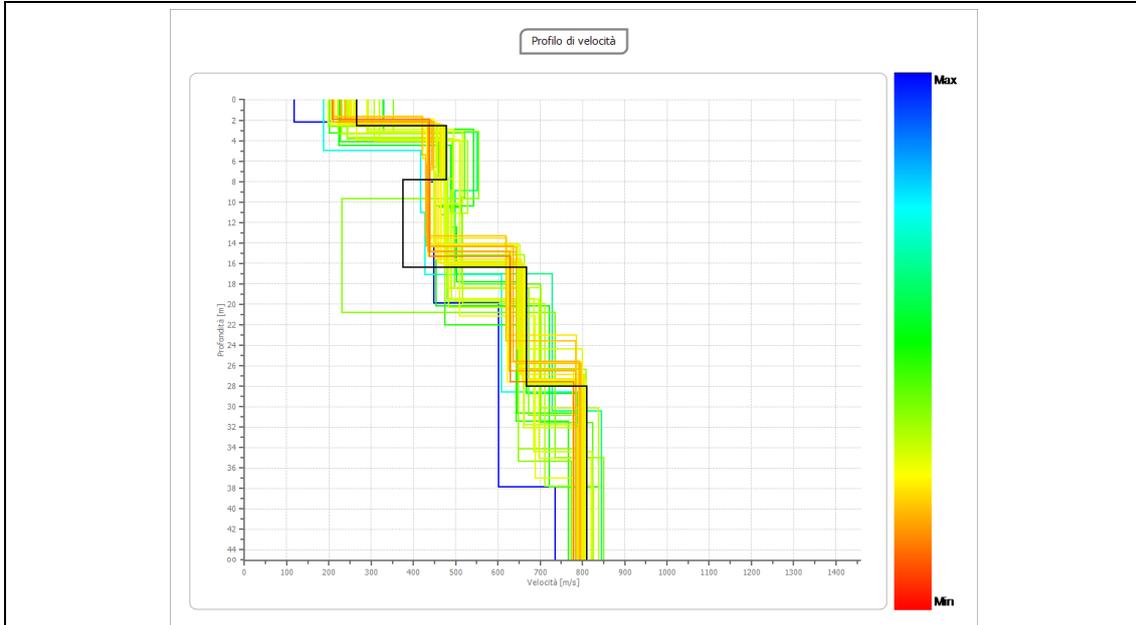
L'analisi delle onde di Rayleigh e Love, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale sismico generato (Fig. 6.2.1) da energizzazioni sul terreno nel dominio trasformato dove è possibile identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh e Love rispetto ad altri tipi di segnali. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione (fig. 6.1.2). La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale (fig. 6.2.3), e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Durata registrazione: 0h00'02".      Freq. campionamento: 1024 Hz  
Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 m.

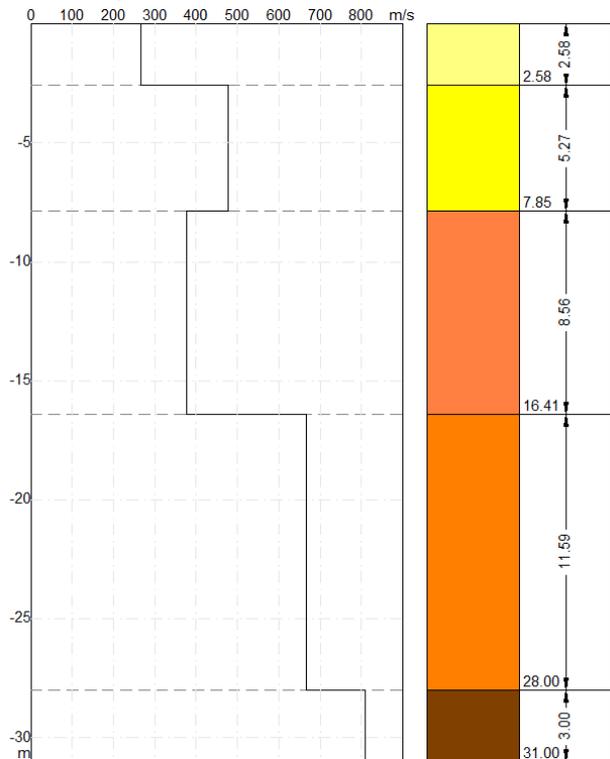


**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
 RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

La fase finale del processamento dati consiste nella inversione della curva di dispersione ricavata, che ci porta alla definizione del profilo verticale delle onde di taglio negli ultimi 30 m di sottosuolo (fig. 6.2.4) e alla relativa stratigrafia sismica (fig. 6.2.5).



**Fig. 6.2.4 - PROFILO DI VELOCITA' Vs**



**Fig. 6.2.5 - STRATIGRAFIA SISMICA**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO  
IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

In definitiva, la caratterizzazione sismica dal punto di vista sismo-stratigrafico, scaturita dall'indagine MASW a partire dal piano campagna, rivela la presenza dei sismostrati riportati in tab. 6.2.1.

Tab. 6.2.1 – Tabella parametri sismici da MASW 1

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson
1	2.58	2.58	<b>266.15</b>	882.72	1700.00	0.45
2	7.85	5.27	<b>476.94</b>	1752.37	1800.00	0.46
3	16.41	8.56	<b>375.79</b>	1579.53	1900.00	0.47
4	28.00	11.59	<b>667.67</b>	2214.40	2000.00	0.45
5	oo	oo	<b>809.92</b>	2686.21	2100.00	0.45

La classificazione del terreno di fondazione viene effettuata sulla base del valore di  $V_{s,eq}$  valutato dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

$h_i$  = spessore dell'i-esimo strato;  $V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;  $N$  = numero di strati;  $H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

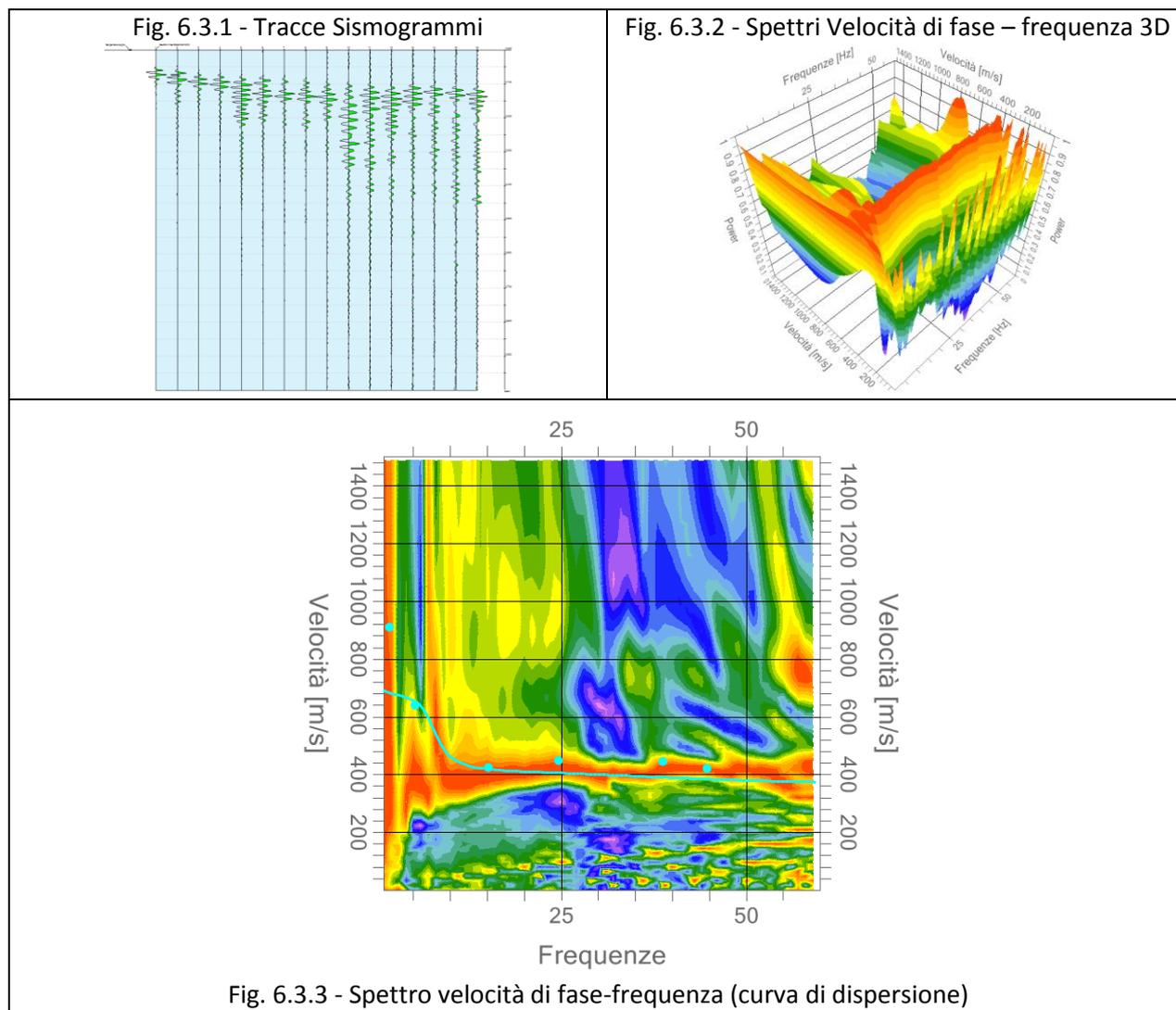
In definitiva, con le metodologie sopra citate, è stato determinato il valore di  $V_{s,eq}$  partendo dal piano campagna, che risulta avere valore di **459.83 (H=30.00 m)**.

Alla luce delle categorie previste dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 17 gennaio 2018, e dalle misure effettuate in sito, i terreni esaminati si collocano in categoria "**B**" descritta in normativa come: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

### 6.3 - Elaborazione dati Prospezione Sismica MASW 2 Faicchio (BN)

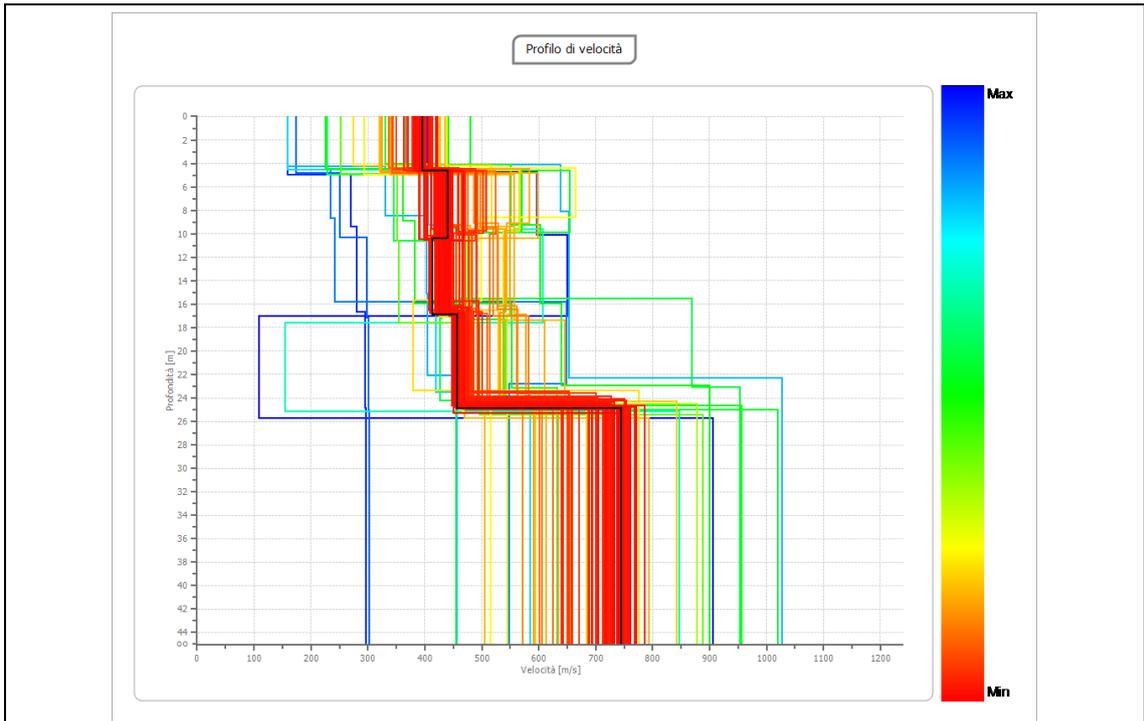
L'analisi delle onde di Rayleigh e Love, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale sismico generato (Fig. 6.3.1) da energizzazioni sul terreno nel dominio trasformato dove è possibile identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh e Love rispetto ad altri tipi di segnali. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione (fig. 6.3.2). La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale (fig. 6.3.3), e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Durata registrazione: 0h00'02". Freq. campionamento: 1024 Hz  
Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 m.

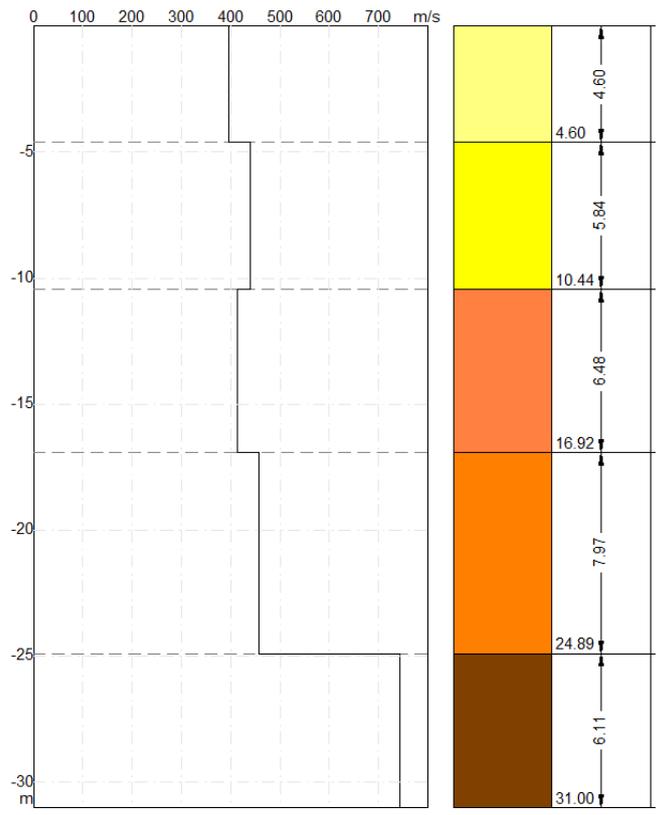


La fase finale del processamento dati consiste nella inversione della curva di dispersione ricavata, che ci porta alla definizione del profilo verticale delle onde di taglio negli ultimi 30 m di sottosuolo (fig. 6.3.4) e alla relativa stratigrafia sismica (fig. 6.3.5).

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
 RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**



**Fig. 6.3.4 - PROFILO DI VELOCITA' Vs**



**Fig. 6.5 - STRATIGRAFIA SISMICA**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA CONCERNENTE L'INTERVENTO DI UTILIZZO  
IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO.  
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

In definitiva, la caratterizzazione sismica dal punto di vista sismo-stratigrafico, scaturita dall'indagine MASW a partire dal piano campagna, rivela la presenza dei sismostrati riportati in tab. 6.3.1.

Tab. 6.3.1 – Tabella parametri sismici da MASW 1

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson
1	4.60	4.60	<b>396.02</b>	1066.31	1700.00	0.42
2	10.44	5.84	<b>439.53</b>	1457.76	1800.00	0.45
3	16.92	6.48	<b>412.75</b>	2104.61	2000.00	0.48
4	24.89	7.97	<b>456.61</b>	2328.28	2100.00	0.48
5	oo	oo	<b>744.36</b>	2004.25	2200.00	0.42

La classificazione del terreno di fondazione viene effettuata sulla base del valore di  $V_{s,eq}$  valutato dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

$h_i$  = spessore dell'i-esimo strato;  $V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;  $N$  = numero di strati;  $H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

In definitiva, con le metodologie sopra citate, è stato determinato il valore di  $V_{s,eq}$  partendo dal piano campagna, che risulta avere valore di **462.08 (H=30.00 m)**.

*Alla luce delle categorie previste dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 17 gennaio 2018, e dalle misure effettuate in sito, i terreni esaminati si collocano in categoria "B" descritta in normativa come: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*