

CORSO IN GEOFISICA

Caratterizzazione dei suoli con varie tecniche attive e passive

**Albornoz Palace Hotel
Viale Giacomo Matteotti, Spoleto (PG)
2 – 3 Dicembre 2016**

Sismica a riflessione per indagini superficiali

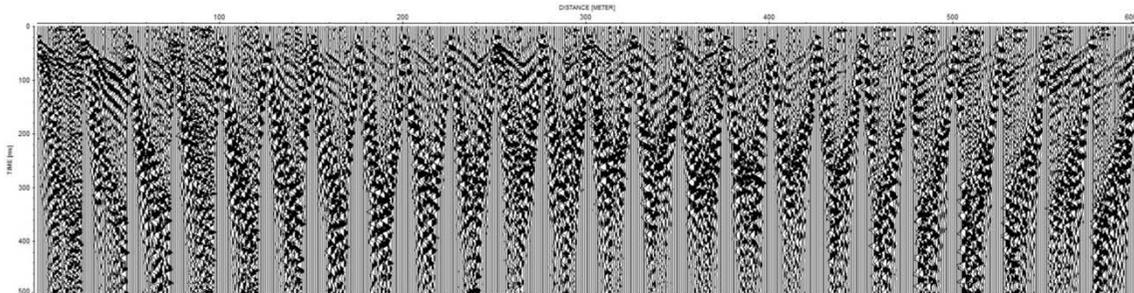
Processing del dato sismico

Dott. Geol. Francesco Fiera

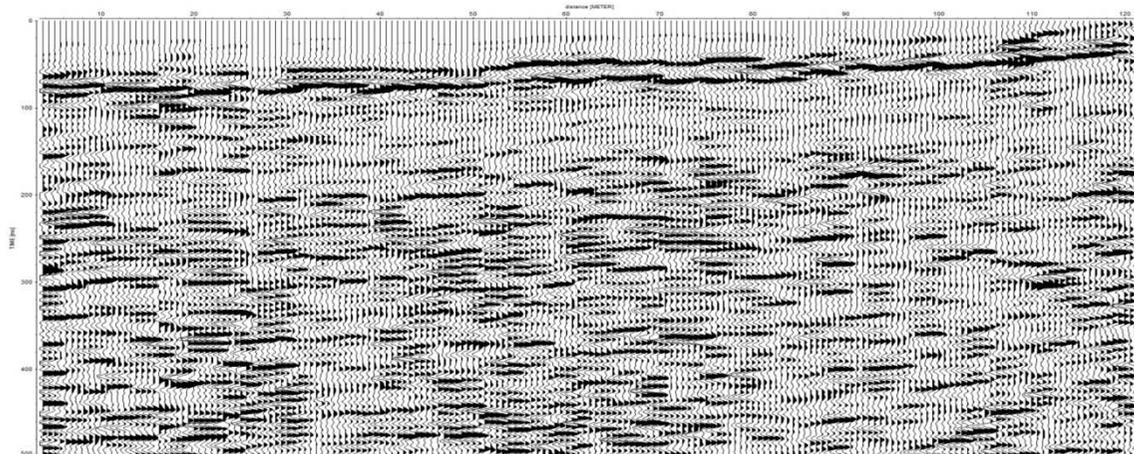
*Geo-Ernergizers s.n.c
Via C. Battisti, 38 – 56021 Cascina (PI)
www.geoenergizers.it
393-9043743*

Lo scopo dell'elaborazione di dati di sismica a riflessione è quello di **ricostruire la riflettività del sottosuolo** dalle tracce registrate estrapolandola sulla base del modello convoluzionale.

dal dato di campagna.....



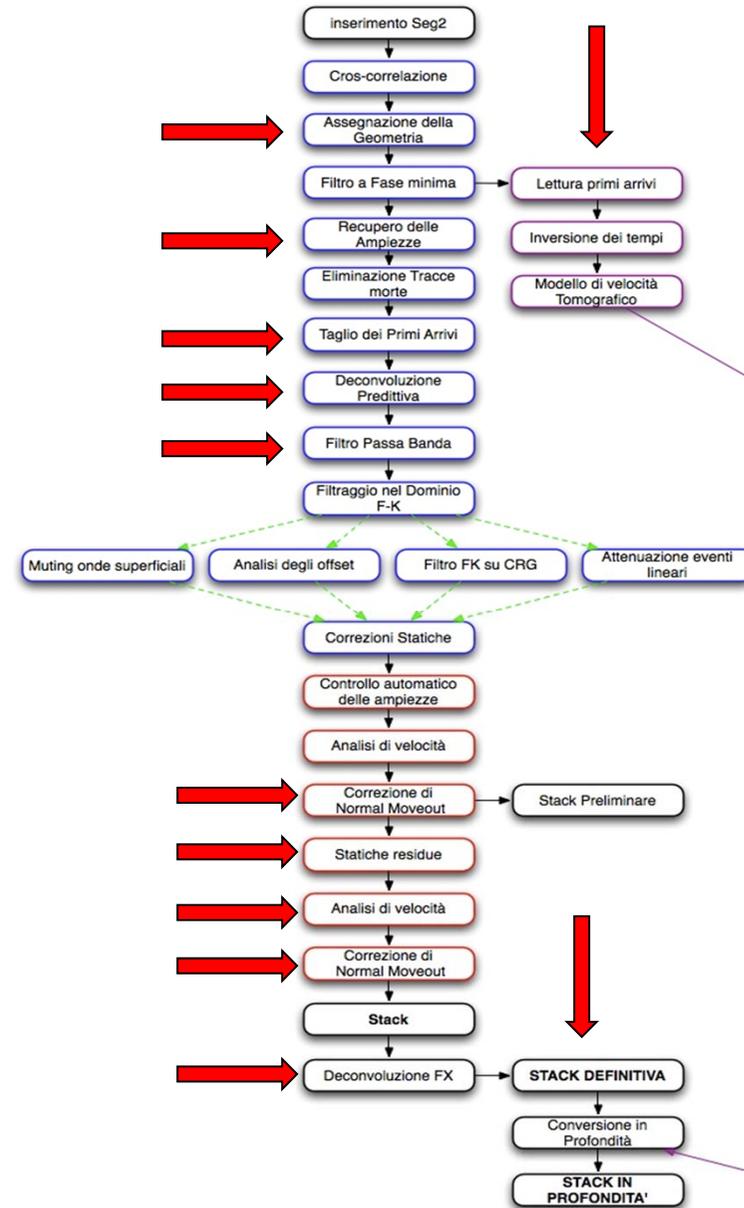
.....si arriva alla sezione Stack



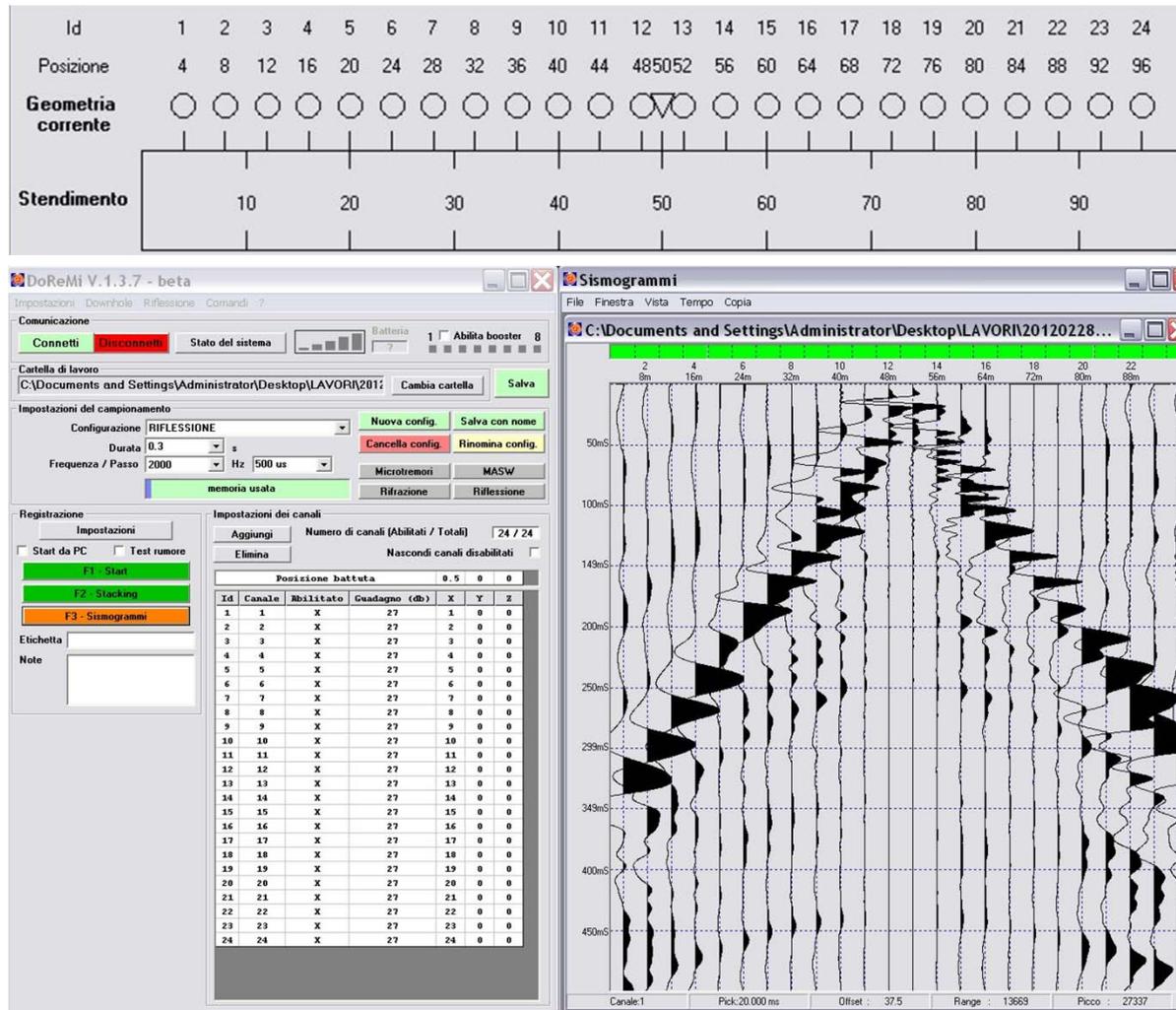
Il prodotto finale della sequenza di elaborazione è una **sezione sismica stack** che contiene informazioni su **struttura e stratigrafia** della zona esplorata. A partire dall'analisi di un profilo sismico, la successiva operazione di interpretazione è mirata a risalire alla presenza e posizione delle discontinuità nel terreno e possibilmente alle informazioni sulle **proprietà fisiche dei mezzi** che compongono il terreno.

Per ottenere il dato finale sono necessarie numerose operazioni di elaborazione da applicare in sequenza che costituiscono un “**processing flow**” (flusso di elaborazione).

L'elaborazione non può essere standardizzata perché dipende da molti fattori tra cui il più importante è rappresentato dalle **proprietà geologiche** del sottosuolo (ovvero dall'obiettivo finale dell'indagine).

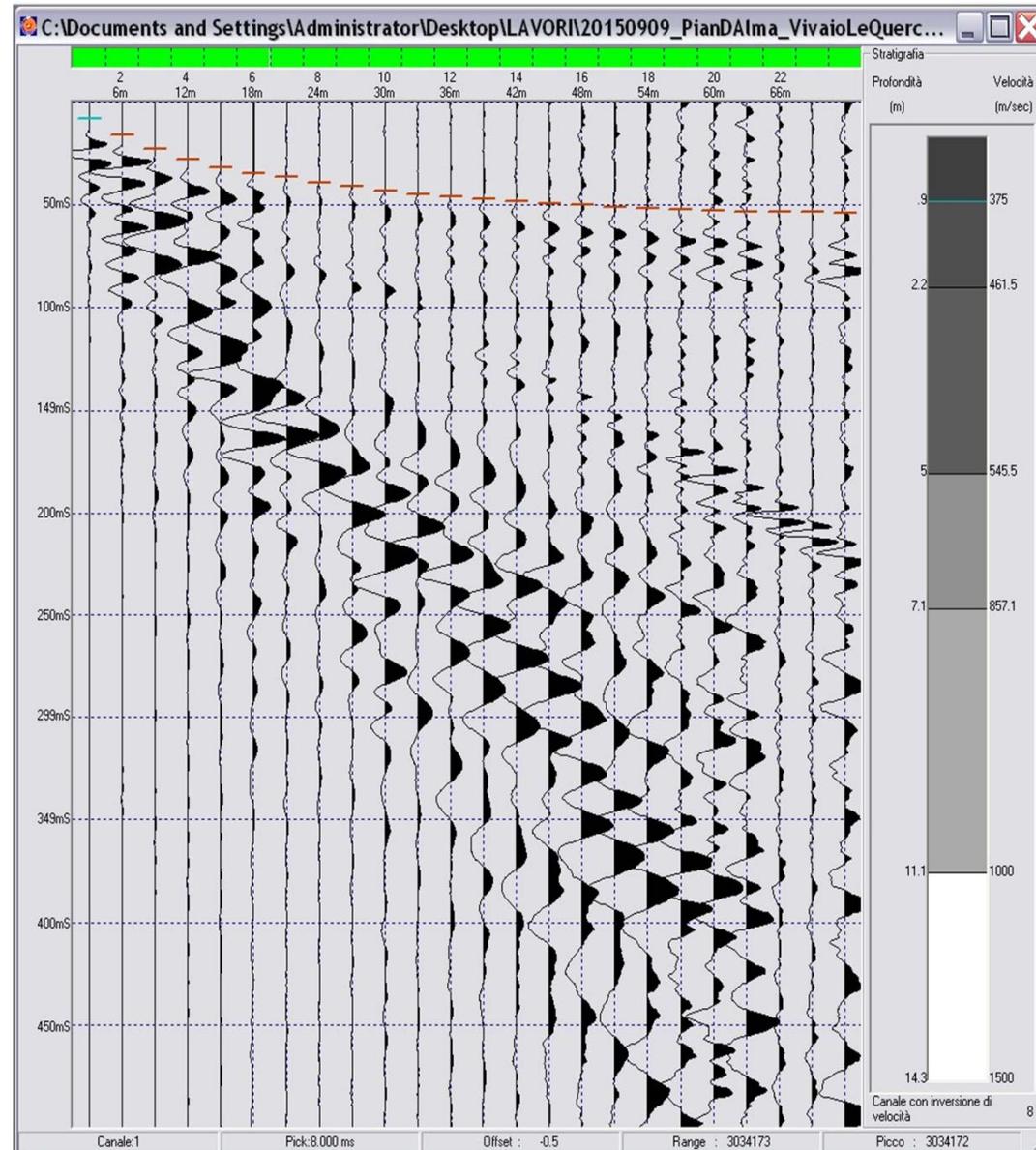


La **geometria** di sorgente e ricevitori può essere impostata in fase di acquisizione (in questo caso verrà automaticamente salvato nella **header line** delle tracce sismiche) o in fase di elaborazione.



Il *picking* dei primi arrivi, in prima analisi, permette di generare un modello 1D del substrato con il quale eseguire successivamente correzioni statiche e di Normal Move Out (NMO).

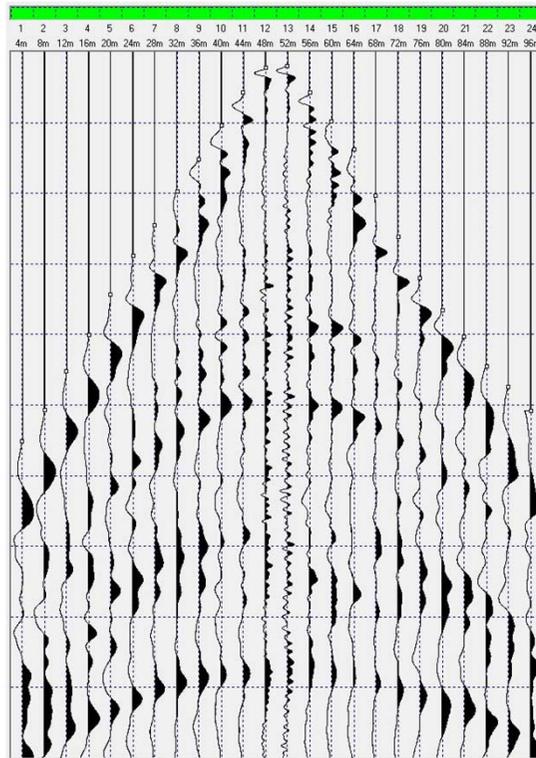
Inoltre il *picking* può essere utilizzato per eseguire il *muting delle tracce* prima dell'analisi di velocità per ottenere un segnale più pulito.



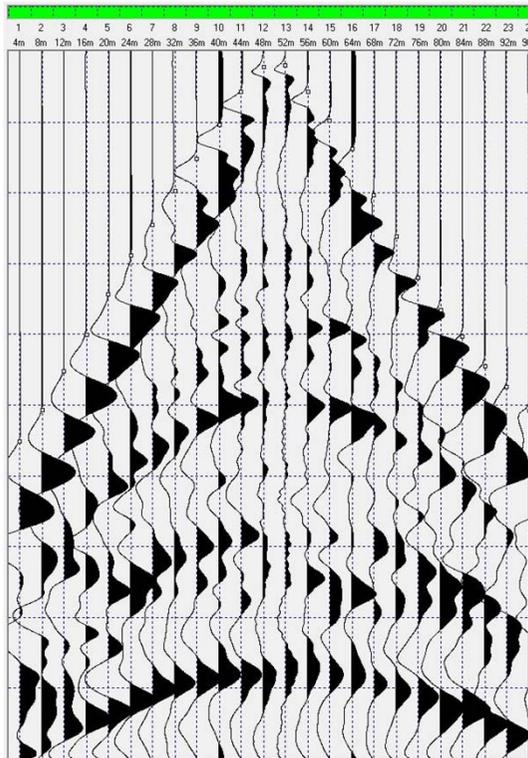
Il **filtro passa-banda** aiuta ad evidenziare la porzione di segnale che più ci interessa ed elimina gran parte dei disturbi ambientali ad alta e bassa frequenza. Generalmente si usano **filtri passa-banda con frequenze di soglia variabili nel tempo** in quanto i segnali tendono a perdere il contenuto in alta frequenza procedendo nel loro tragitto.

Per evidenziare i **segnali più superficiali** sarà necessario utilizzare una larghezza di banda spostata verso le **elevate frequenze**, viceversa per osservare **un segnale posto in profondità** (a tempi maggiori) sarà più utile adoperare una **larghezza di banda più spostata verso le basse frequenze**.

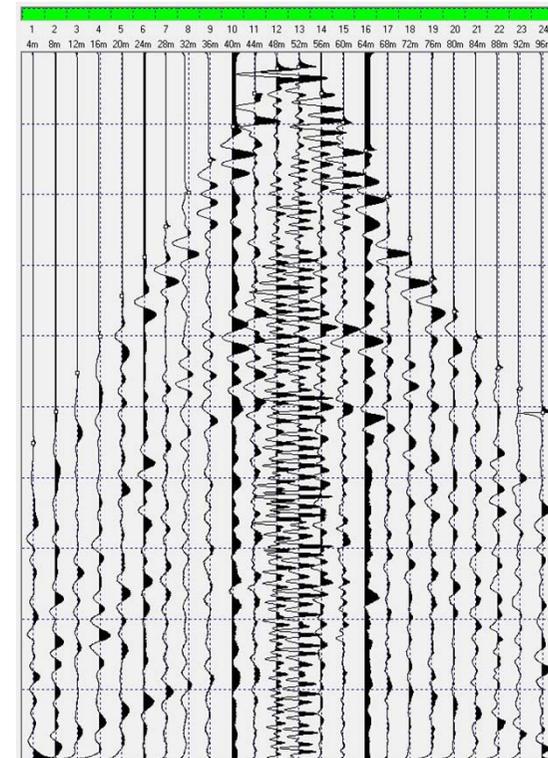
Nessun filtro applicato



filtro passa-basso del 1° ordine
Frequenza di soglia: 40 Hz



filtro passa-alto del 1° ordine
Frequenza di soglia: 90 Hz



L'intensità del segnale sismico che osserviamo sulle tracce diminuisce all'aumentare della profondità. Le ragioni per cui ciò accade sono diverse:

1. Nell'espandersi dal punto sorgente il segnale perde energia; questo fenomeno è conosciuto come **divergenza sferica**. La stessa quantità di energia è distribuita su una superficie sempre più grande.
2. In corrispondenza delle discontinuità **il segnale viene in parte riflesso e in parte trasmesso**. A seconda dell'angolo d'incidenza parte di questa energia viene convertita in onde S, onde rifratte etc...
3. Nel suo percorso l'energia viene dispersa (**scattering**); il sottosuolo non è omogeneo e quando le onde sismiche incontrano delle variazioni, il fronte d'onda viene distorto e deflesso in tutte le possibili direzioni.

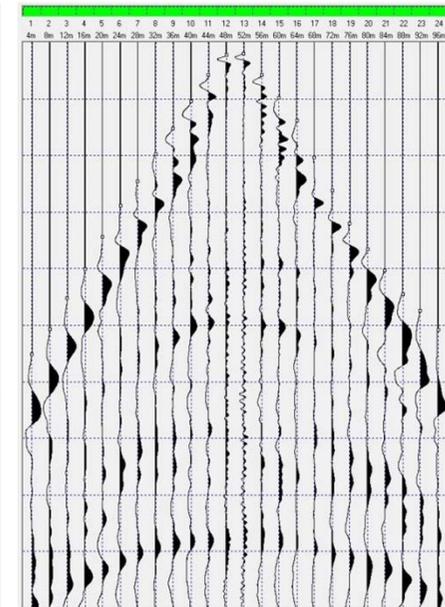
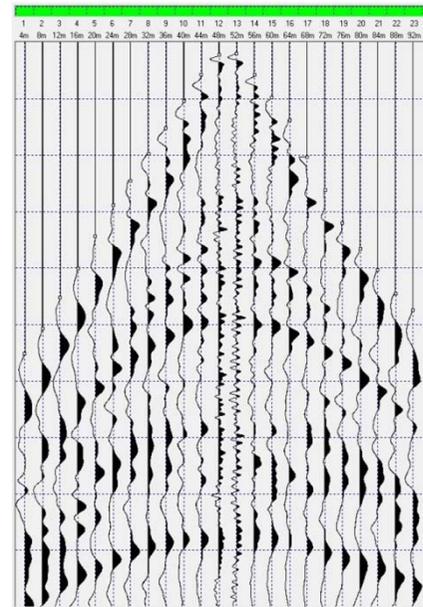
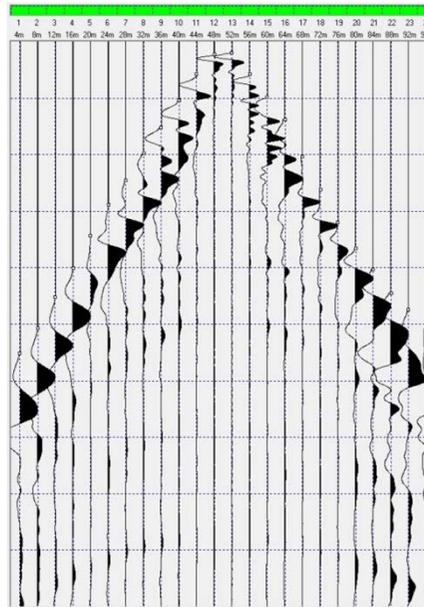
Tipicamente vengono impiegati due tipi di correzioni per sopperire a questa perdita di energia; una **correzione della divergenza sferica** e una **funzione di guadagno** (lineare o automatico). Tali correzioni variano a seconda del contesto e del dato sismico acquisito, di conseguenza devono essere testate più combinazioni.

Nessun guadagno applicato

Finestra 50 ms

Finestra 200 ms

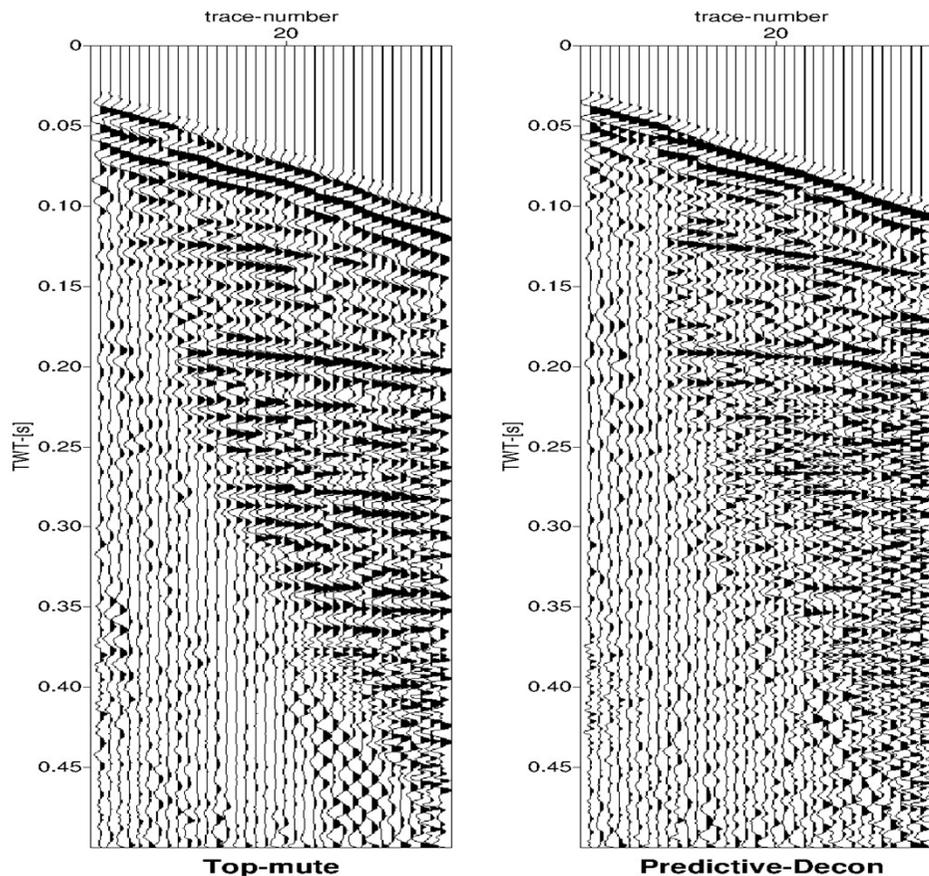
Applicazione dell'Automatic Gain Control (AGC) secondo finestre di grandezza variabile.



Sulla base del modello convoluzionale la **deconvoluzione** assume un carattere centrale nell'elaborazione, ed è un processo ampiamente applicato durante l'analisi dei dati sismici.

La **deconvoluzione** viene impiegata a diversi livelli del flusso d'elaborazione, con scopi differenti e aiuta a ricostruire la funzione della **riflettività terrestre**.

Tale principio viene impiegato durante l'elaborazione sia per rimuovere gli effetti del filtro terrestre, che riduce le alte frequenze al crescere della profondità, sia per attenuare le riverberazioni e le multiple, incrementando la risoluzione verticale del dato.



I processi d'elaborazione che assolvono a questi compiti sono:

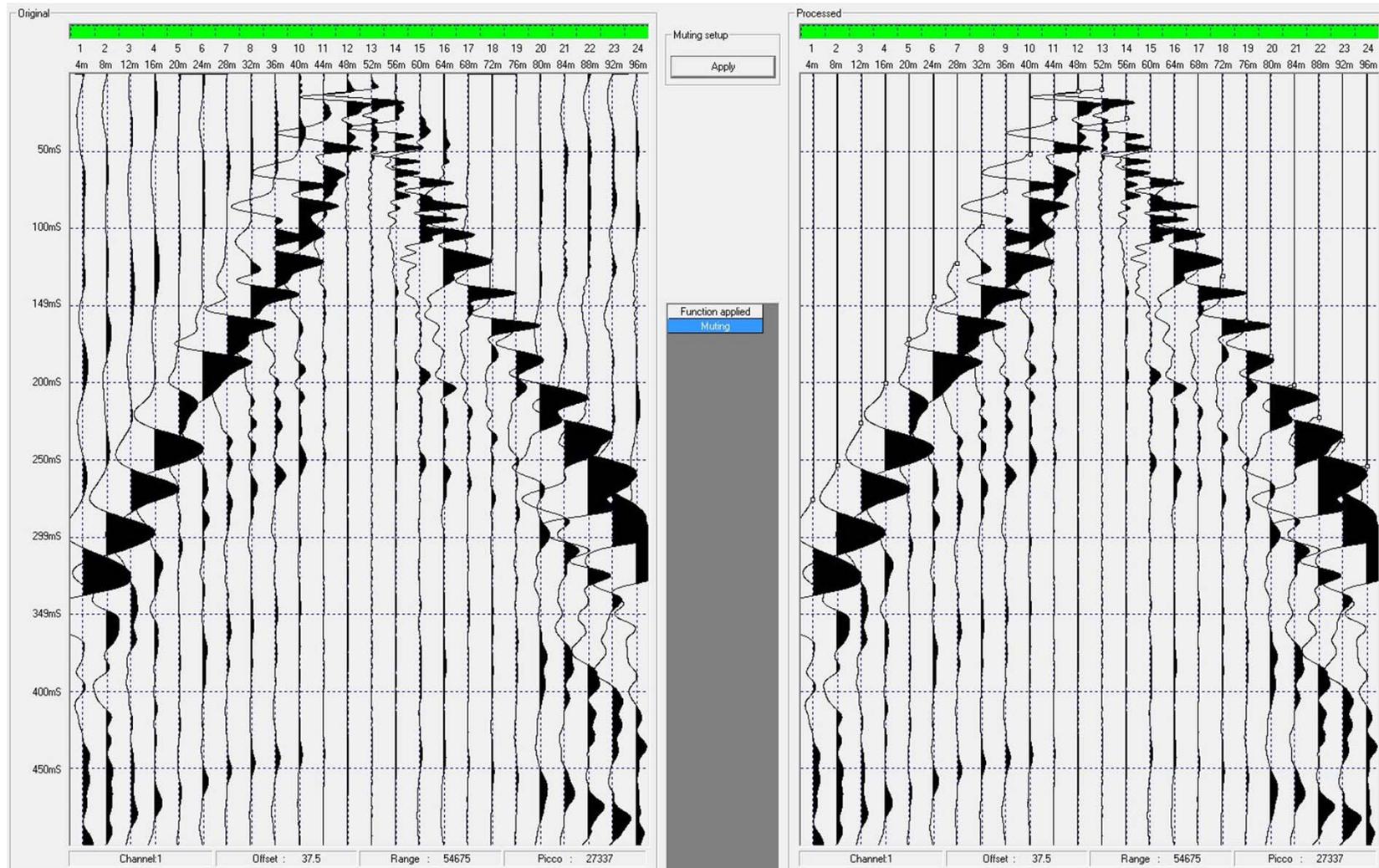
Deconvoluzione Spiking:

comprime l'ondina della sorgente in uno *spike* (ondina di *Dirac*), ampliando lo spettro d'ampiezza del segnale il che si traduce in un incremento della risoluzione spaziale (Yilmaz, 2001).

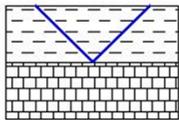
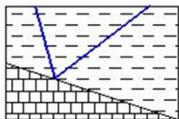
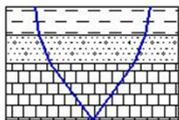
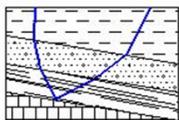
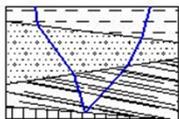
Deconvoluzione Predittiva:

mira a predire ed eliminare le riverberazioni che sono intruse nel segnale, come ad esempio le multiple.

Il **taglio dei primi arrivi** aiuta a pulire il segnale in funzione della successiva analisi di velocità:



Analisi di velocità per la correzione di NMO e stacking del CMP

Sintesi delle velocità di NMO			
STRUTTURA		Equazione	$V_{nmo}=f(v)$
	Strato singolo orizzontale	$t_x^2 = t_0^2 + x^2 / V_{nmo}^2$	$V_{nmo}=V_{int}$
	Strato singolo inclinato		$V_{nmo}=V/\cos \alpha$
	Multistrato orizzontale		$V_{nmo}=V_{rms}$
	Multistrato inclinato		$V_{nmo}=V_{rms}/\cos \alpha$
	Multistrato inclinato non parallelo		tracciamento iterativo

La **curva traveltime**, come funzione dell'offset per una serie di strati a velocità costante, è approssimato da un'**iperbole**. Questa approssimazione è migliore a **piccoli offset**.

In un mezzo composto da strati con pendenze arbitrarie, l'equazione di traveltime diventa complicata.

Tuttavia, nella pratica, fintanto che le **pendenze sono modeste (<15°)** e la parabola è stretta (larghezza inferiore alla profondità del riflettore), è sempre possibile mantenere l'assunzione iperbolica della riflessione.

Per contatti di **forma arbitraria**, l'assunzione della iperbolicità della riflessione **viene a cadere**.

Formula di Dix

$$V_i = \sqrt{\frac{(V_2^2 \cdot T_2) - (V_1^2 \cdot T_1)}{(T_2 - T_1)}}$$

SPETTRO DI VELOCITA'

Una tecnica di analisi della velocità molto usata è basata sul calcolo dello **spettro di velocità** (Taner and Koehler, 1969).

L'idea è quella di riportare alcune misure di **coerenza del segnale** su un grafico di **velocità verso il tempo t_0** .

Il principio che sta alla base di questa tecnica è quello di calcolare la coerenza di segnale su un **raggruppamento CMP o CSG** in finestre di piccole dimensioni che seguono una **traiettoria iperbolica** in funzione dell'offset.

Le **velocità di stack** sono ricavate dallo spettro di velocità scegliendo la funzione di velocità che produce **la più elevata coerenza** a quei tempi dove è presente un'ampiezza significativa di un evento di riflessione.

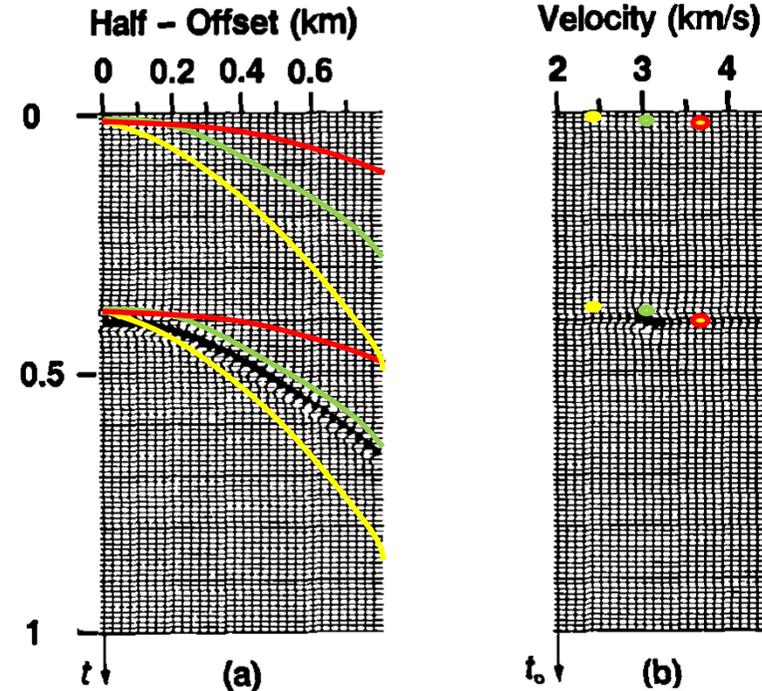
Spettro di Velocità

Nella figura (a) riportata accanto, il CMP gather in input contiene una **singola iperbole** di riflessione proveniente da una interfaccia **piana**. La velocità del mezzo al di sopra del riflettore è **3000 m/s**.

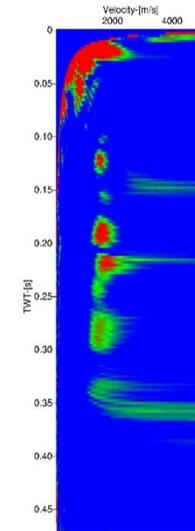
Supponiamo ora di plottare, utilizzando l'equazione della curva di riflessione, delle iperboli sintetiche, usando un range di velocità da 2000 a 4300 m/s (le iperboli colorate sono solo tre delle tante possibilità).

La figura (b) mostra il risultato della coerenza del segnale incontrato dalle iperboli sintetiche sul sismogramma. Ogni coppia $V-t_0$ avrà la sua posizione ed il suo valore all'interno del grafico.

Facendo il contouring dei valori così ottenuti si determina lo spettro di velocità (Taner and Koehler, 1969).



Lo stesso grafico può essere rappresentato in forma di point mode dove i colori rappresentano la terza dimensione (come in una carta topografica)



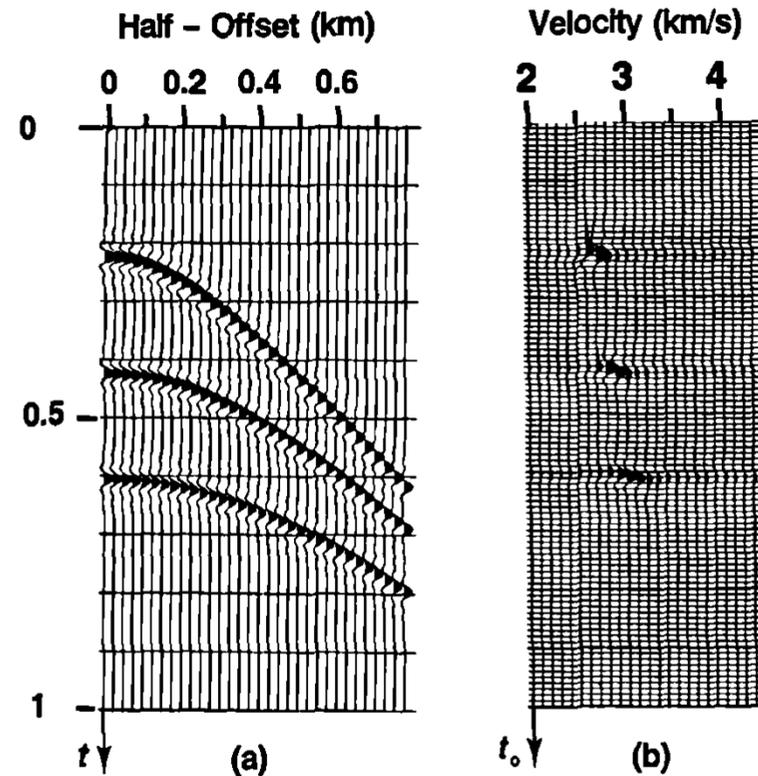
Spettro di Velocità

Nella figura (a) è mostrato un esempio di **CMP gather** associato ad un modello di sottosuolo con più strati.

Nella figura (b) è invece rappresentato lo spettro di velocità con evidenziate le velocità di stack: **2700**, **2800**, and **3000** m/s.

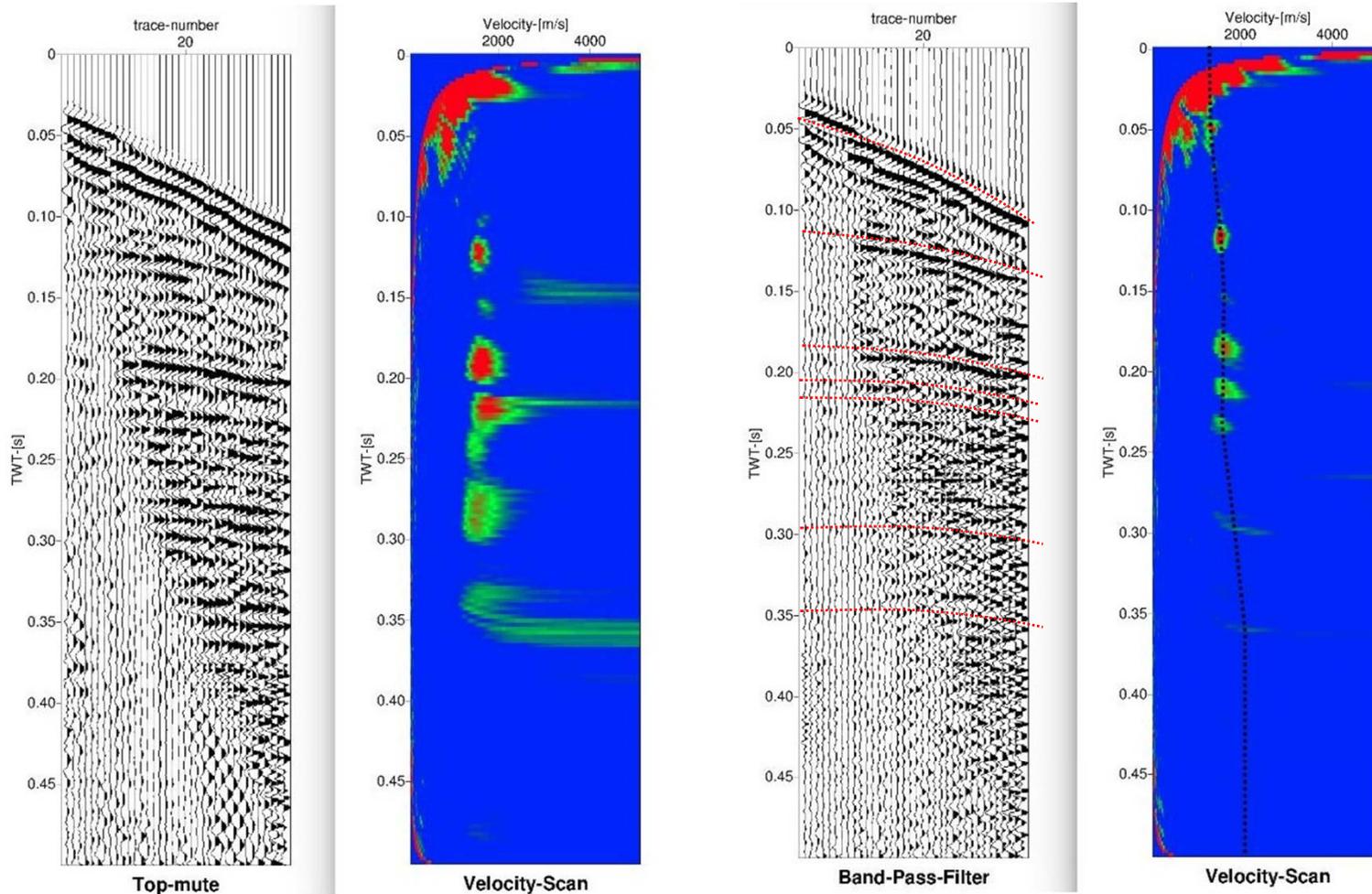
I punti rappresentati nel grafico corrispondono agli eventi **superficiale**, **medio** e **profondo**, rispettivamente.

Lo spettro di velocità non fornisce solamente la velocità di stack ma permette anche di distinguere tra riflessioni **primarie** e **multiple**.



Spettro di Velocità

Riflessioni primarie e multiple

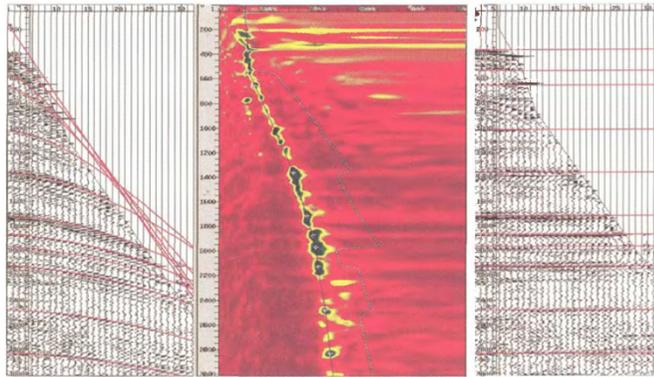


Sismogramma semplice

Sismogramma deconvoluto

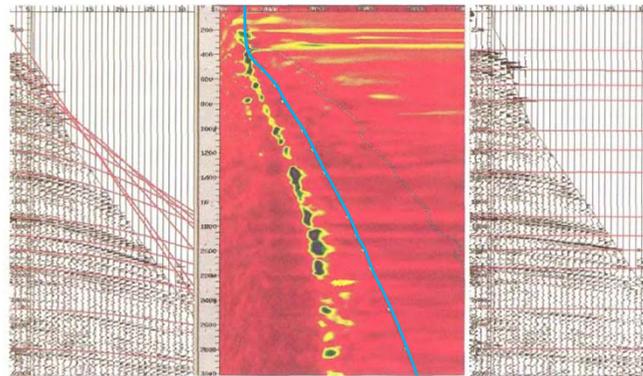
Fattori che influenzano la stima della velocità

- (a) Lunghezza dello stendimento,
- (b) Copertura dello Stacking (n° di tracce nel CMP),
- (c) Rapporto segnale-rumore,
- (d) Muting,
- (e) Lunghezza della finestra temporale,
- (f) Intervallo di campionamento delle velocità,
- (g) Scelta della misura di coerenza,
- (h) Distanza da una vera traiettoria iperbolica
- (i) Larghezza di banda dei dati.

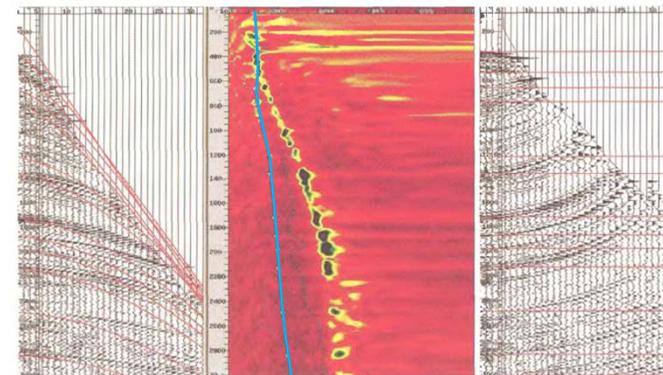


Velocità corretta

Velocità sovrastimata



Velocità sottostimata



Dopo la correzione del NMO e lo stacking del **singolo CMP** si otterrà **una delle tante tracce della sezione stack finale** che andrà a posizionarsi alla sua coordinate prestabilita geometricamente in precedenza.

