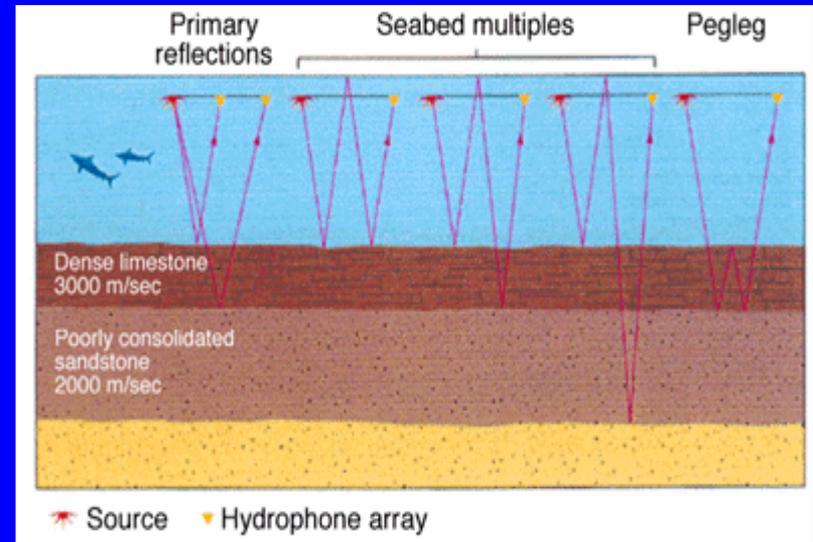
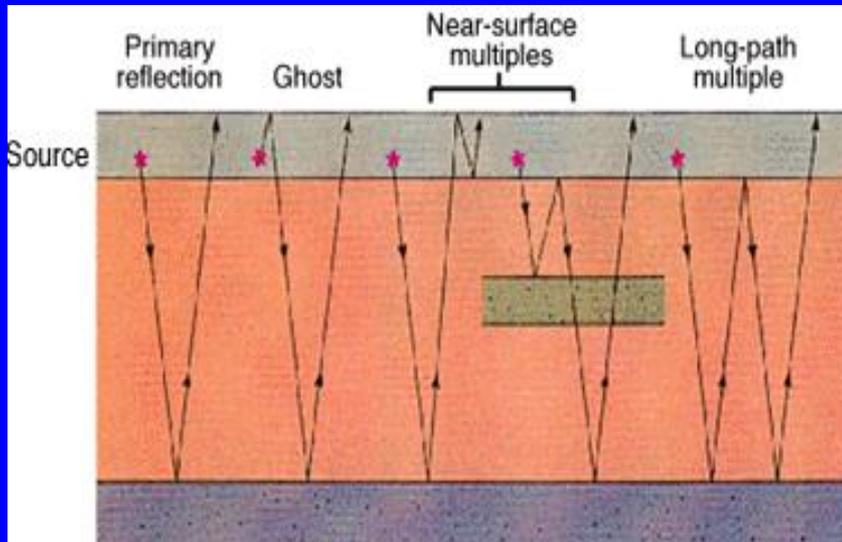


# MULTIPLE

*multiples o secondary reflections*

riflettori apparenti

dovuti a percorsi “multipli” delle onde sismiche all’interno degli spessori attraversati



**Interfacce principali che causano multiple:  
sono quelle caratterizzate dai massimi valori (assoluti)  
dei coefficienti di riflessione**

Table 3.1 *Energy reflected at interface between two media*

Interface	First medium		Second medium		$Z_1/Z_2$	$R$	$E_R$
	Velocity	Density	Velocity	Density			
Sandstone on limestone	2.0	2.4	3.0	2.4	0.67	0.2	0.040
Limestone on sandstone	3.0	2.4	2.0	2.4	1.5	-0.2	0.040
Shallow interface	2.1	2.4	2.3	2.4	0.93	0.045	0.0021
Deep interface	4.3	2.4	4.5	2.4	0.97	0.022	0.0005
“Soft” ocean bottom	1.5	1.0	1.5	2.0	0.50	0.33	0.11
“Hard” ocean botom	1.5	1.0	3.0	2.5	0.20	0.67	0.44
Surface of ocean (from below)	1.5	1.0	0.36	0.0012	3800	-0.9994	0.9988
Base of weathering	0.5	1.5	2.0	2.0	0.19	0.68	0.47
Shale over water sand	2.4	2.3	2.5	2.3	0.96	0.02	0.0004
Shale over gas sand	2.4	2.3	2.2	1.8	1.39	-0.16	0.027
Gas sand over water sand	2.2	1.8	2.5	2.3	0.69	0.18	0.034

All velocities in km/s, densities in g/cm<sup>3</sup>; the minus signs indicate 180° phase reversal.

Nell'interpretazione sismica una delle prime fasi è il riconoscimento delle multiple, segnali che vanno riconosciuti e classificati all'interno del profilo da interpretare, distinguendoli dai segnali primari, che descrivono l'effettiva distribuzione degli strati in profondità.

I percorsi delle onde sismiche (quindi anche di quelle che generano i segnali multipli) sono generalmente rappresentati come percorsi obliqui all'interno della serie riflettente. Nella realtà possiamo assumere che i percorsi siano sub-verticali in quanto l'*offset* può essere considerato nullo rispetto alle profondità dei riflettori.

Ti

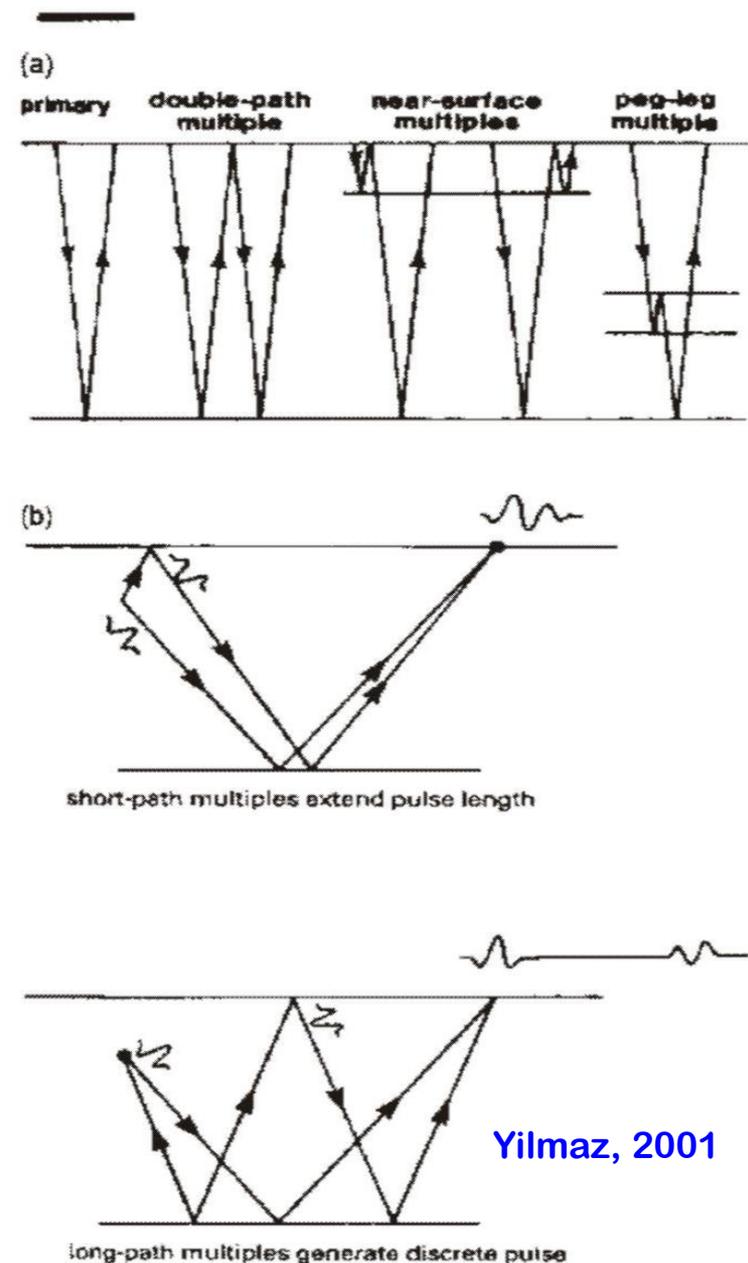


Fig. 4.5 (a) Various types of multiple reflection in a layered ground. (b) The difference between short-path and long-path multiples.

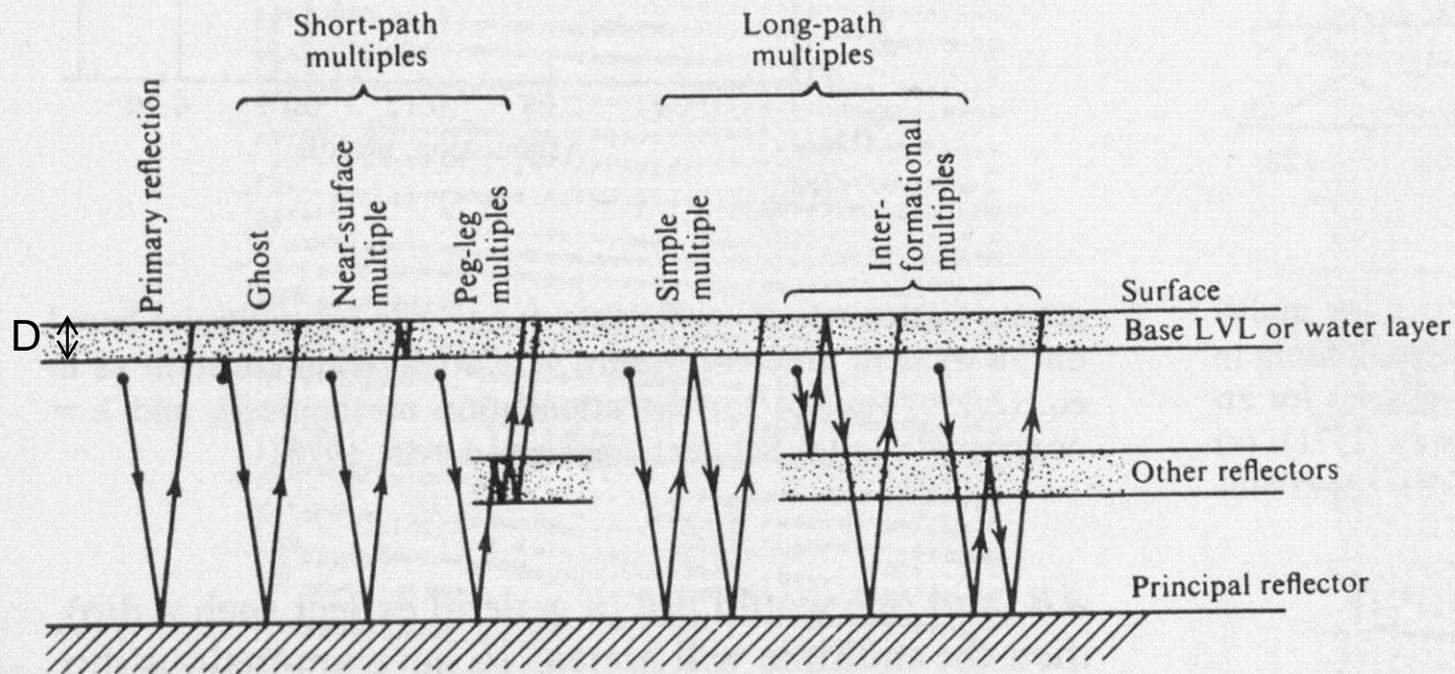


Fig. 6.29 Types of multiples.

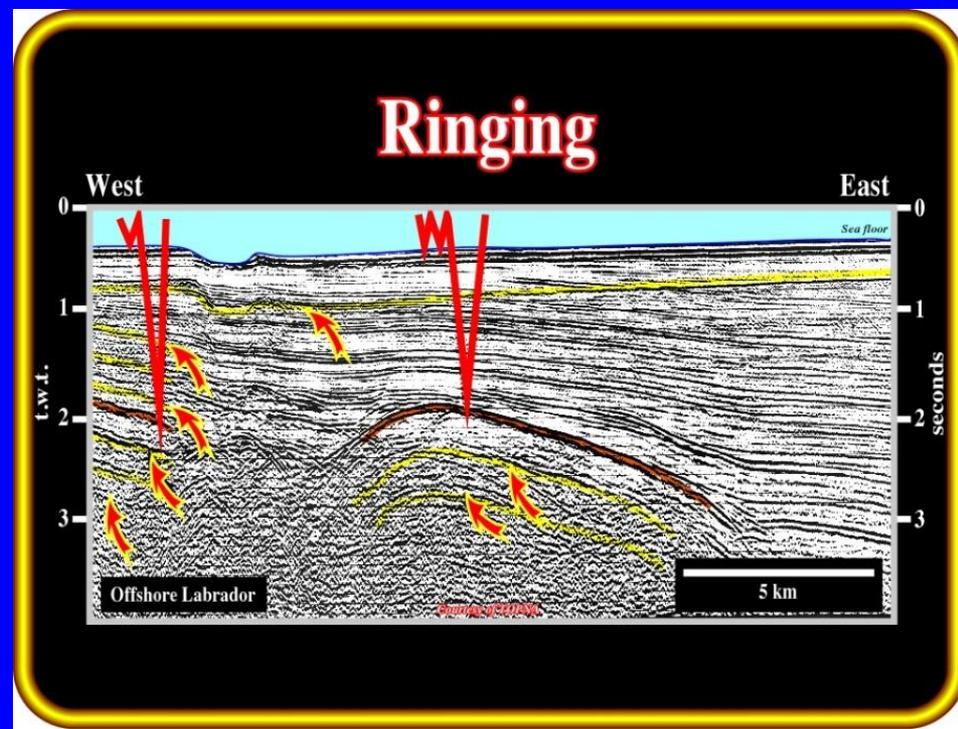
$$\text{Differenza di percorso per multiple near surface} = \lambda/2 + 2D$$

**Long-path multiples appear as distinct events .**  
**Short-path multiples are added to primary reflections and tend to come from shallow subsurface phenomena.**

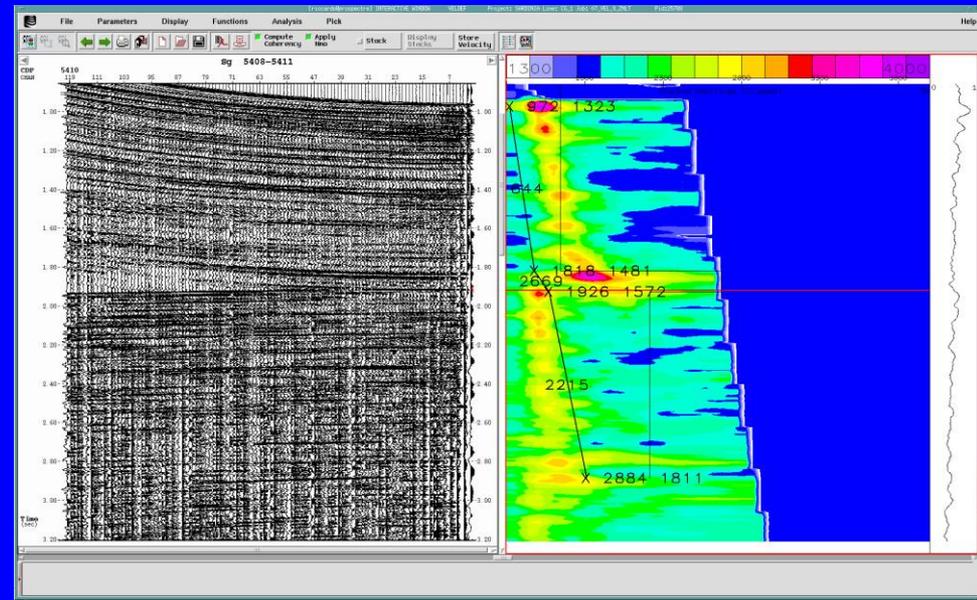
In generale le multiple sono caratterizzate da:

- **profondità** corrispondenti al percorso compiuto e non al/ai riflettore/i che le ha generate; da ciò derivano direttamente le loro pendenze;
  - **frequenze** maggiori rispetto alle frequenze dei segnali primari esistenti alle stesse profondità  $2WT$
- presenza talvolta di numerose **iperboli di diffrazione** dovute ad una velocità di *stack* relativa ai riflettori primari, quindi non adatta per i segnali multipli;
  - **velocità più basse** rispetto ai riflettori primari posti alle stesse profondità  $2WT$

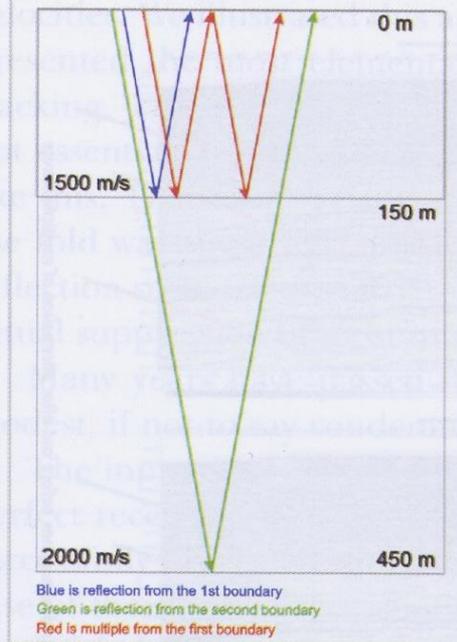
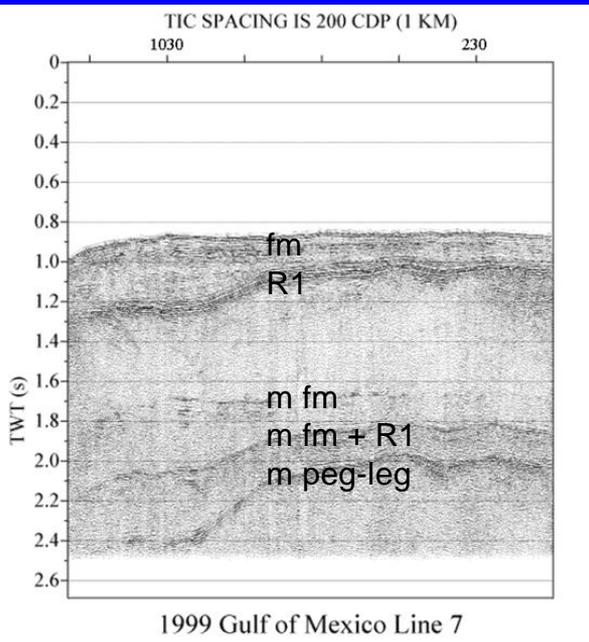
L'energia riflessa multipla viene generalmente ridotta dalle fasi del processing standard. Infatti, le velocità di stack selezionate correttamente sugli spettri di velocità riducono l'allineamento orizzontale delle riflessioni multiple.



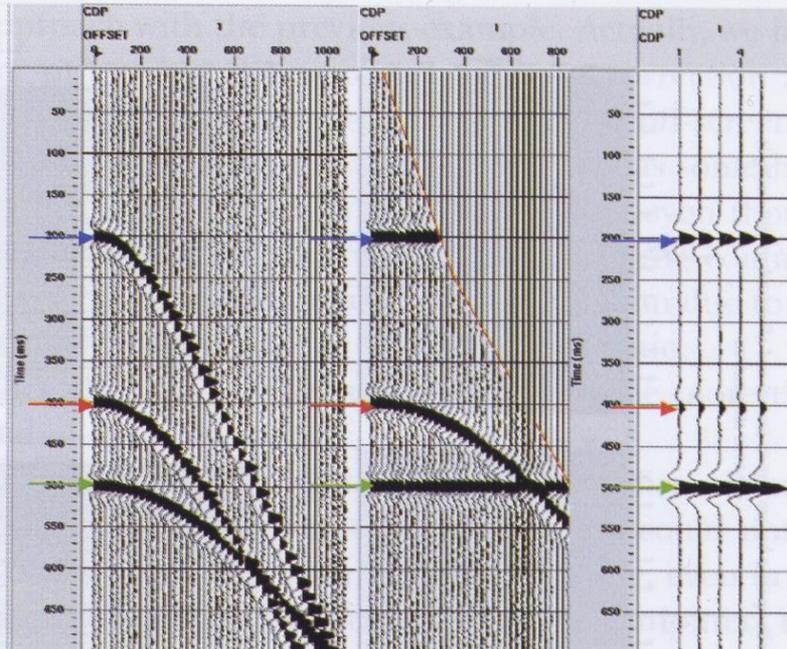
Entrambi i parametri velocità e frequenza possono essere utilizzati "ad hoc" in fase di processing per eliminare o almeno attenuare le multiple



$$t(x) = \sqrt{\left(\frac{x}{v_1}\right)^2 + \left(\frac{2h}{v_1}\right)^2}$$



A - Scheme of reflected waves formation



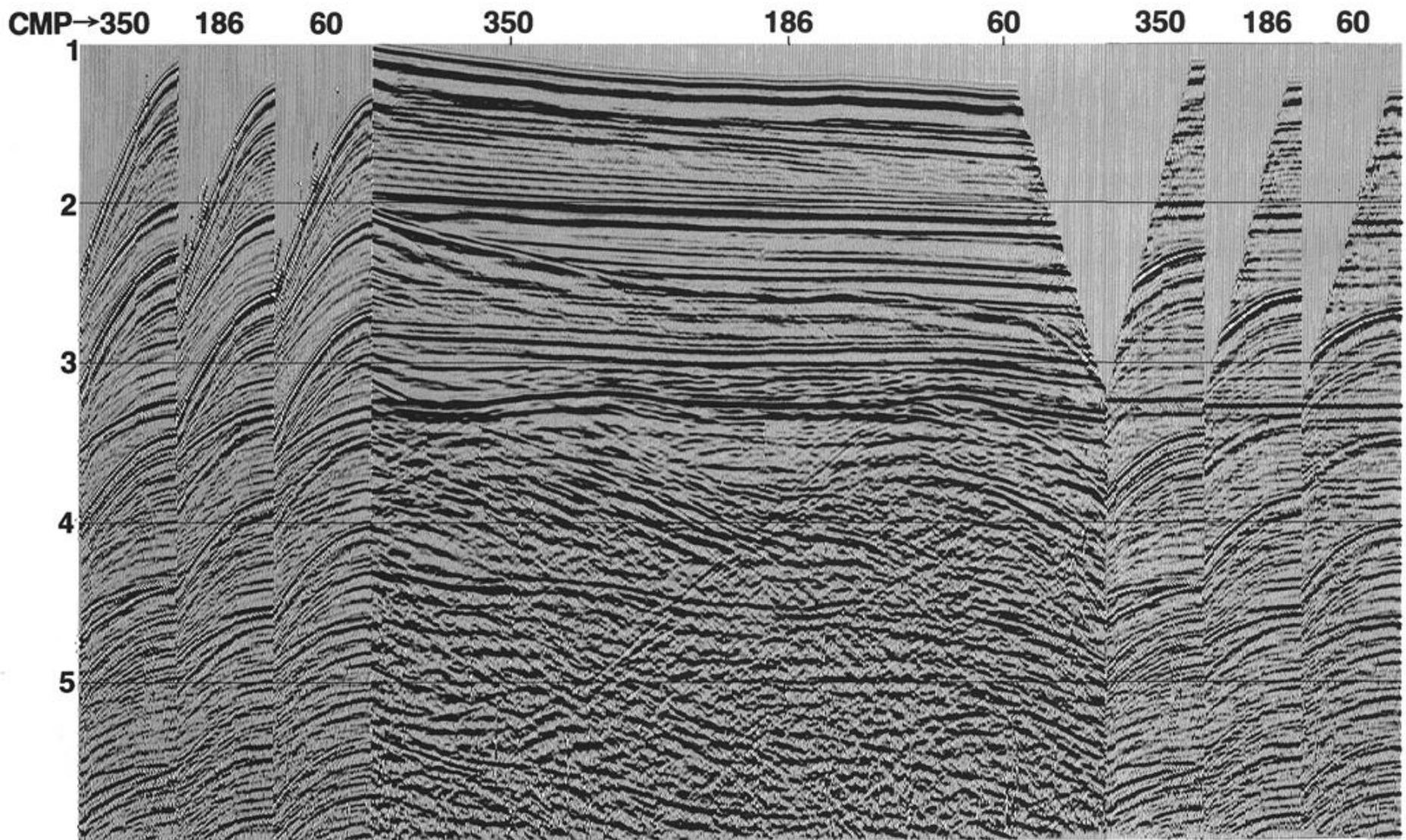
B - CDP seismic record

C - CDP gather after traveltine correction

D - Part of CDP section

Figure 1.1: Scheme of seismic artefacts formation over the time section.

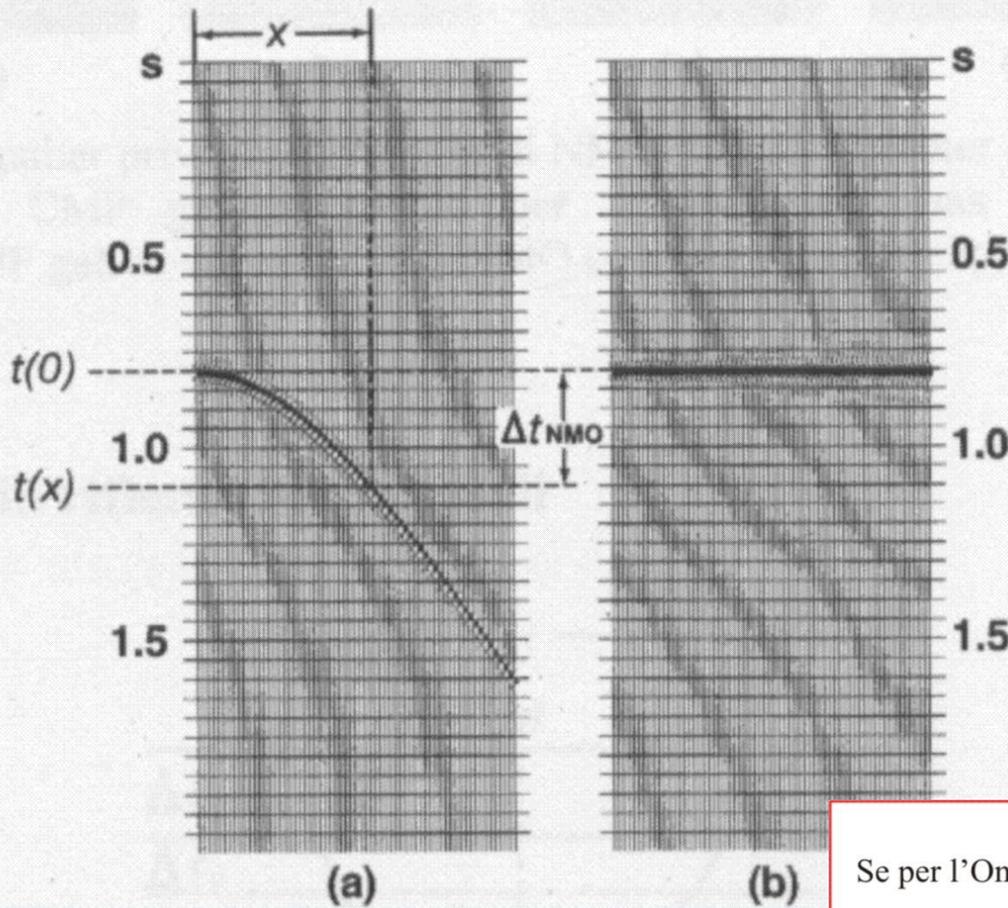
Evidenza di multipla nel segnale sismico:  
come lo stacking riduce le multiple



Three CMP gathers before (left) and after (right) NMO correction. Note that the primaries have been flattened and the multiples have been undercorrected after NMO correction. As a result, multiple energy has been attenuated on the stacked section (center) relative to primary energy (from Yilmaz 2001)

# Rimozione delle Multiple

Le iperboli relative alle multiple saranno caratterizzate da una velocità minore (quindi  $\Delta T$  maggiori) rispetto a quella dei riflettori primari esistenti in corrispondenza degli stessi  $2WT$ . Ciò ne permette generalmente il riconoscimento



**Correzione di NMO:** a parità delle altre condizioni ( $x$  e  $t_0$ )

$\Delta T_{NMO}$  aumenta al diminuire di  $V \rightarrow$  le iperboli relative alle multiple sono più "strette" di quelle relative ai segnali primari

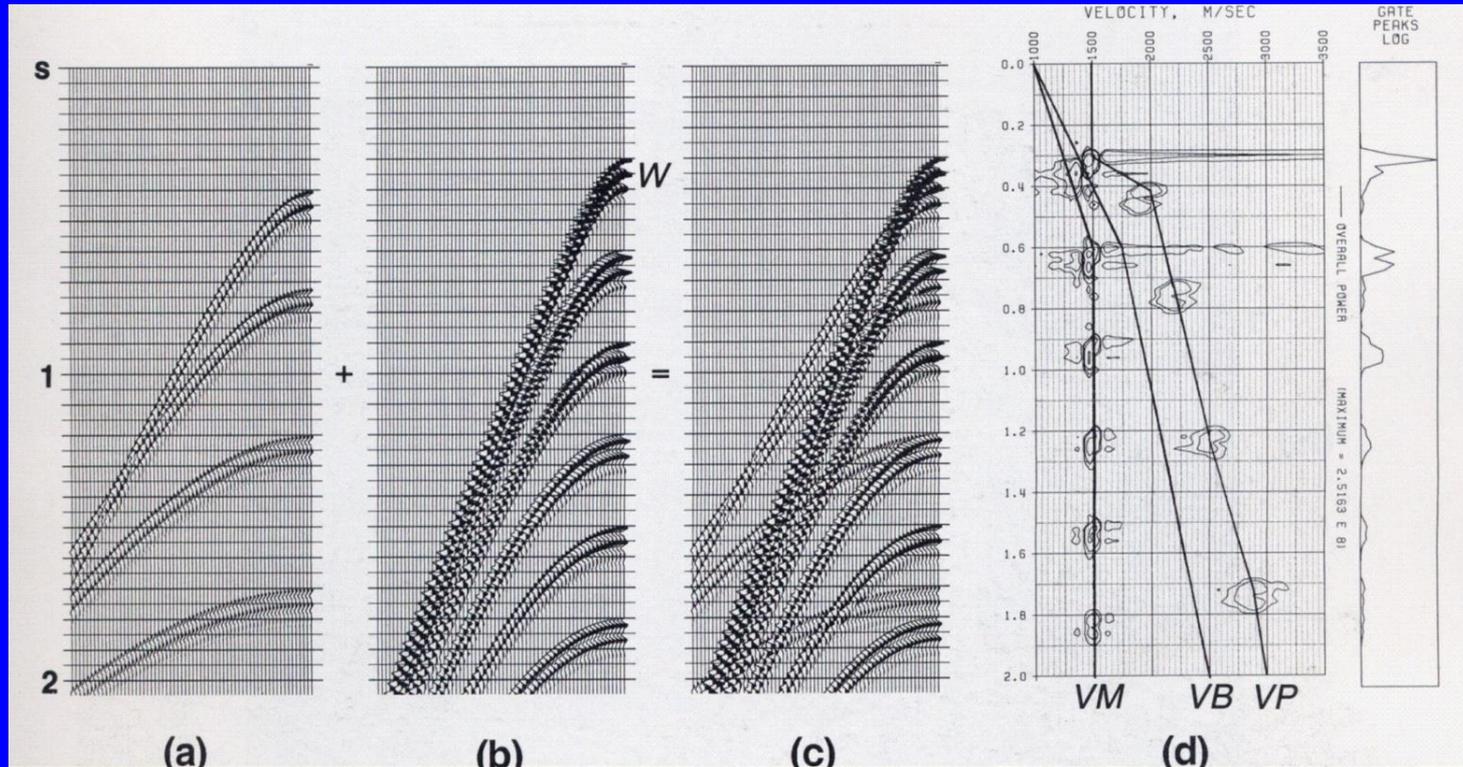
Se per l'Onda riflessa vale: 
$$t(x) = \sqrt{\left(\frac{x}{v_1}\right)^2 + \left(\frac{2h}{v_1}\right)^2}$$

allora 
$$t(0) = \frac{2h}{v_1}$$

quindi 
$$t(x) - t(0) = \sqrt{\left(\frac{x}{v_1}\right)^2 + \left(\frac{2h}{v_1}\right)^2} - t(0)$$

$$\Delta T_{NMO} = t(x) - t(0) = t(0) \cdot \left[ \sqrt{1 + \left(\frac{x}{V_{NMO} \cdot t(0)}\right)^2} - 1 \right]$$

# CMP-gathers sintetici e spettro di velocità



sismogrammi sintetici relativi a:

a) riflettori primari,

b) multiple: *often they interfere with each other*

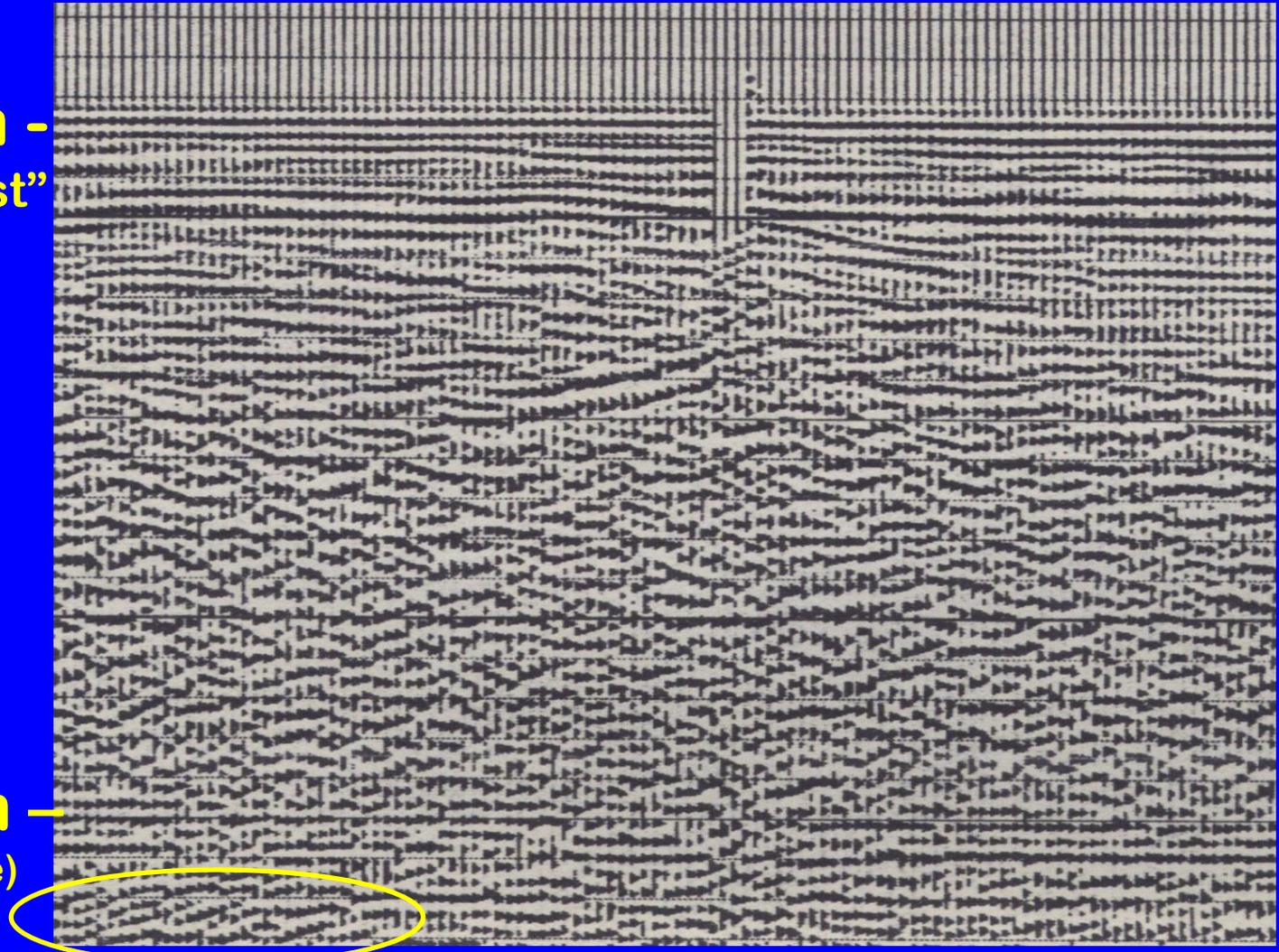
c) sismogramma composito: *multiples normally have a higher curvature than the primaries,*

d) spettro di velocità

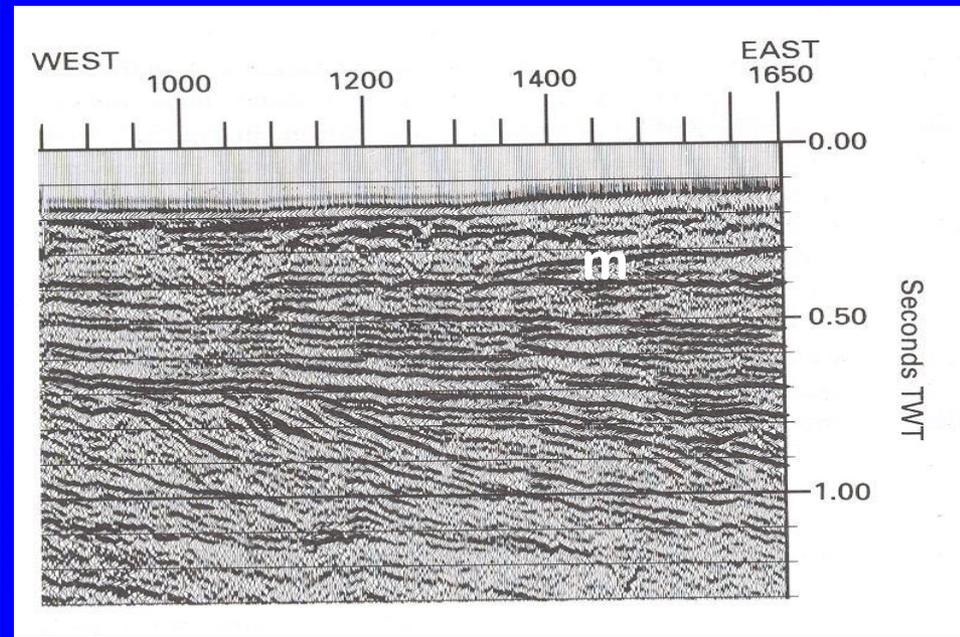
# Multiple - Esempio nel Tirreno Meridionale

**m -**  
multipla "ghost"

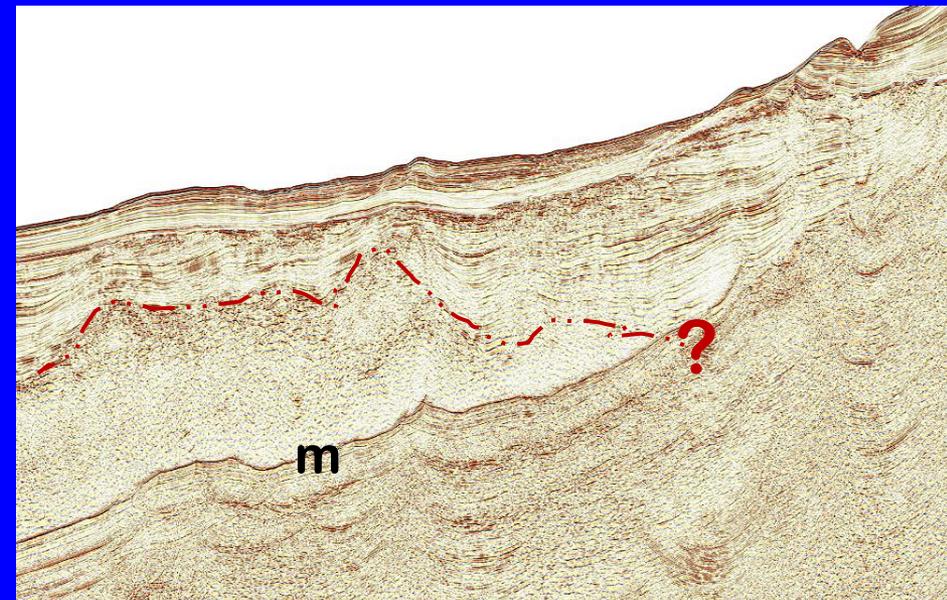
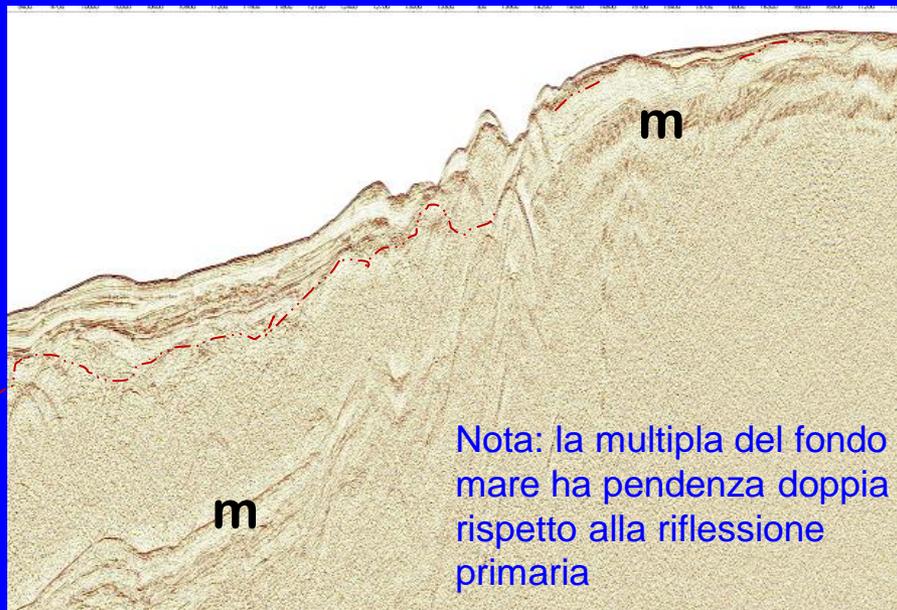
multipla  
semplice **m -**  
(freq. maggiore)

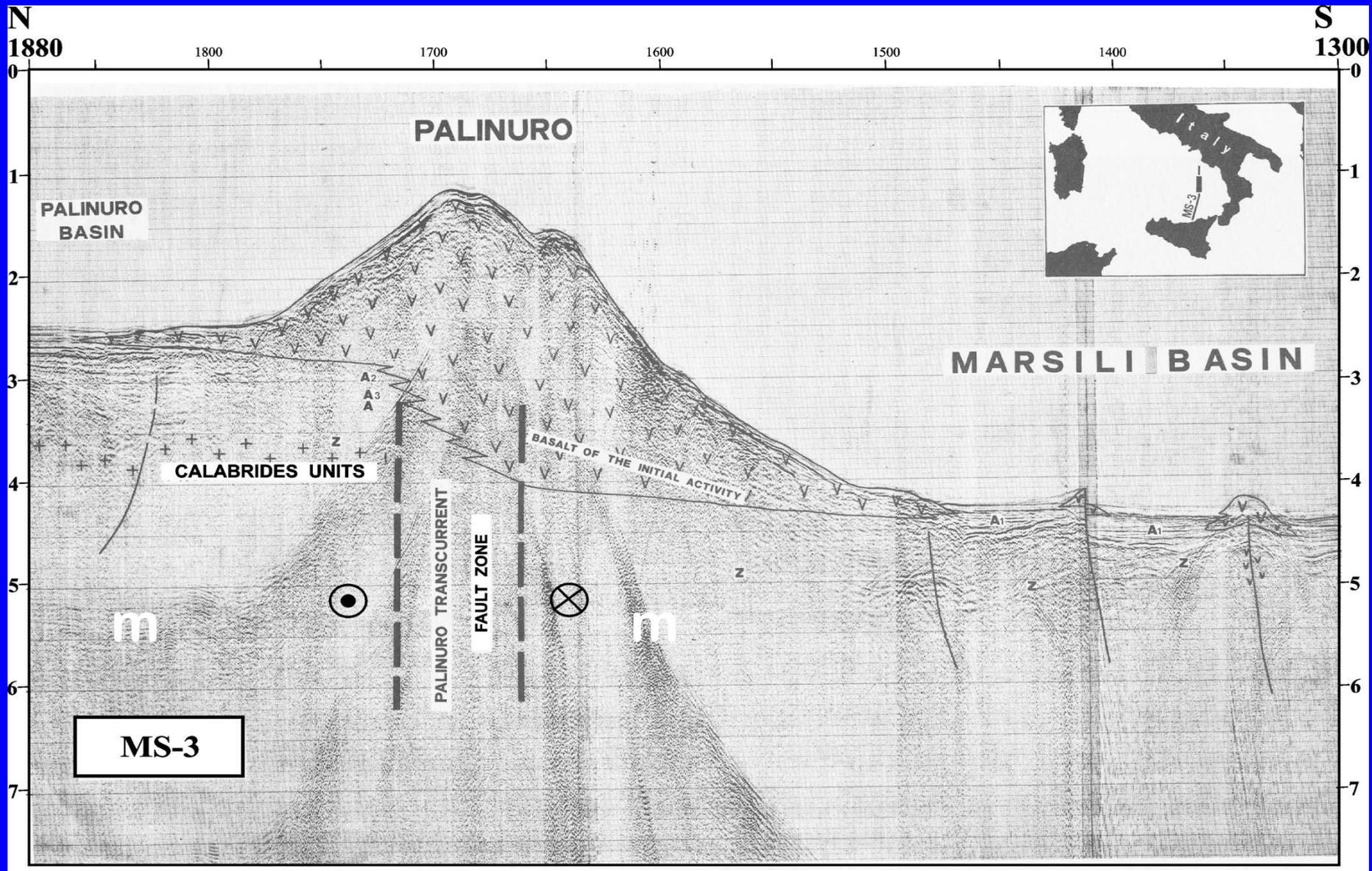


diffrazioni



Multiple di fondo mare: più profondo è il fm, minore sarà il «danno» prodotto dalle multiple

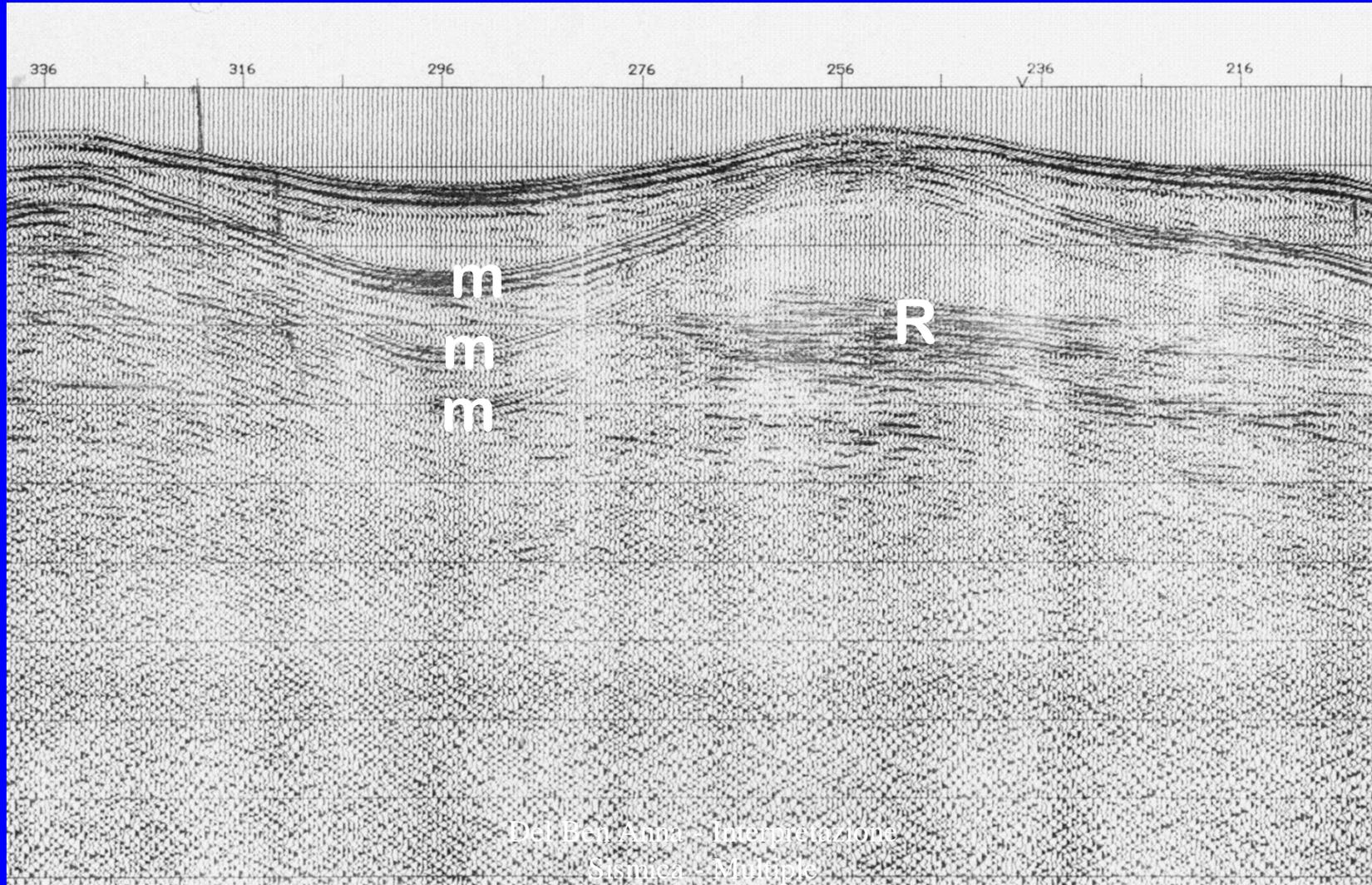




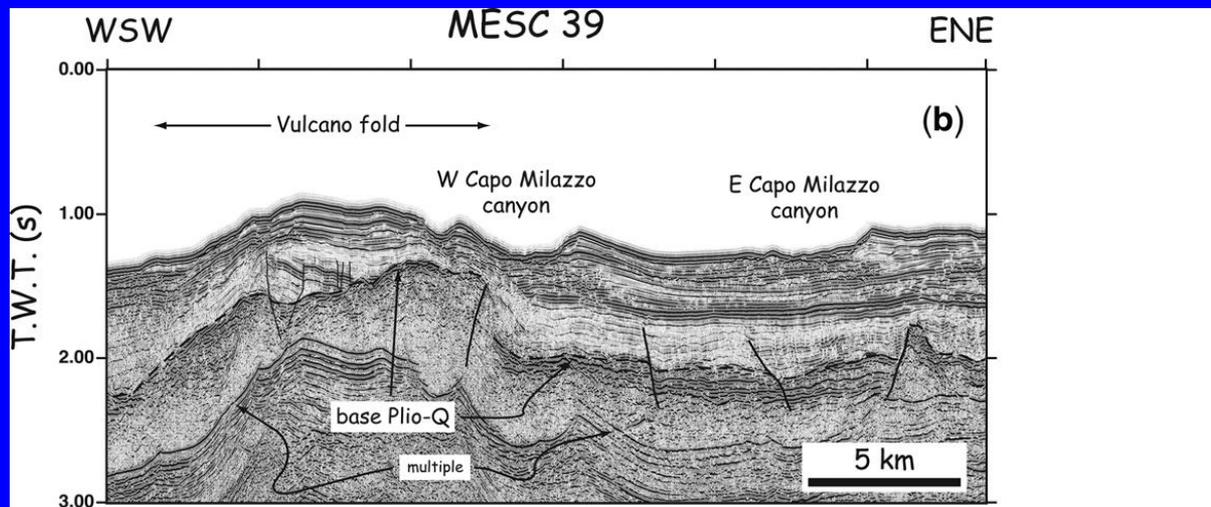
Del Ben Anna - Interpretazione Sismica - Multiple

# Esempio nello Stretto di Messina:

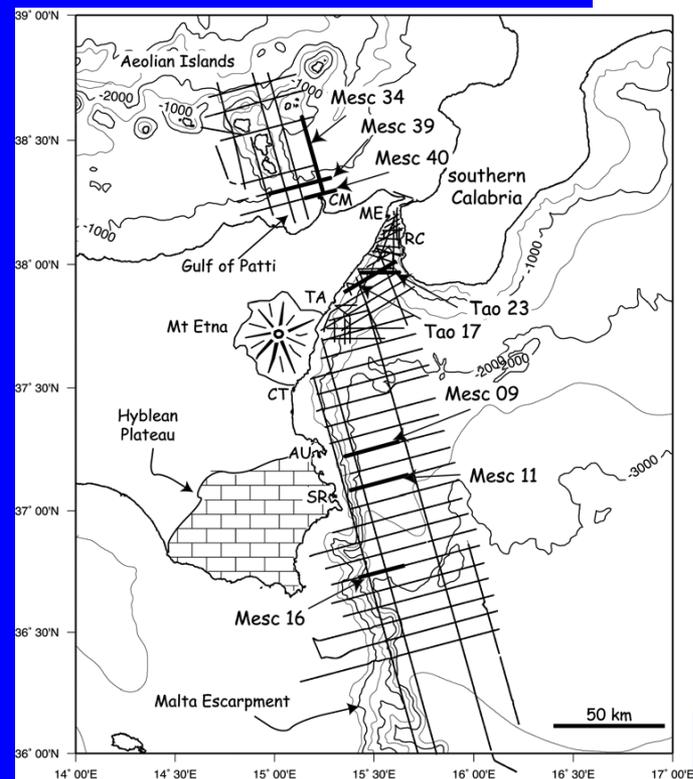
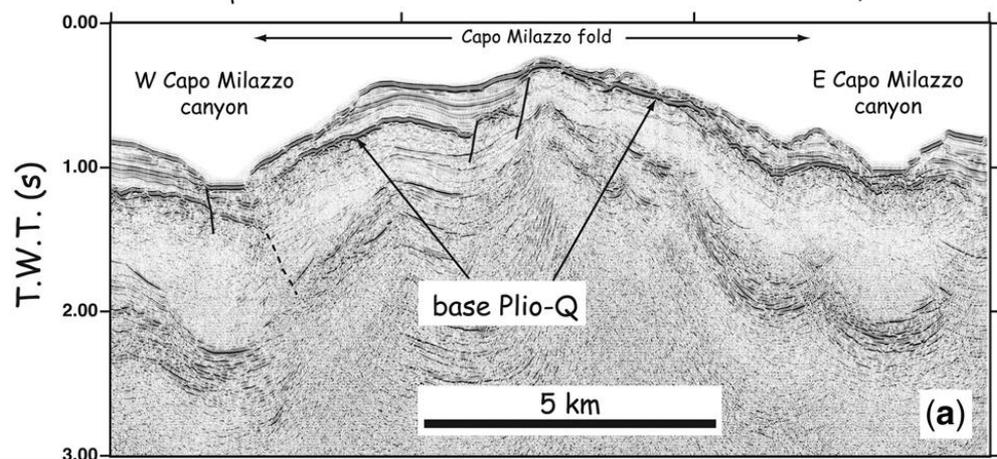
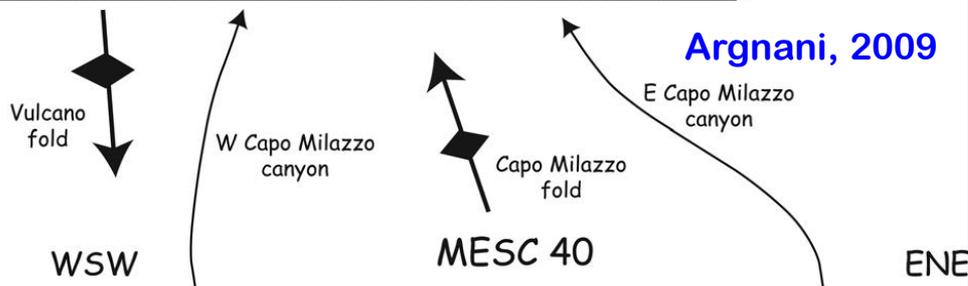
il fondo mare, caratterizzato da alto coefficiente di riflessione, produce multiple semplici ("m": si notino le pendenze via via crescenti con la profondità) che mascherano e/o interferiscono con i riflettori primari ("R")



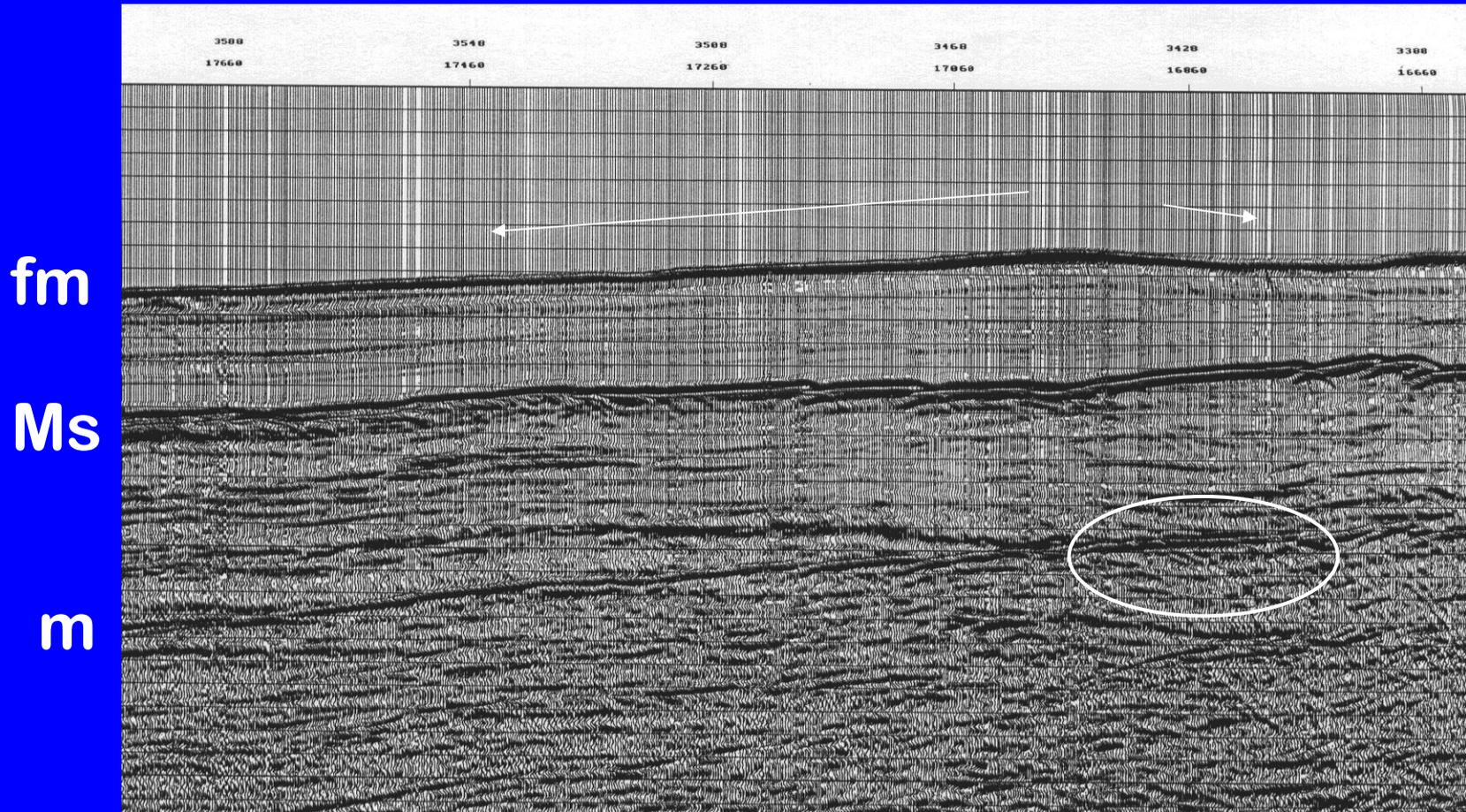
# Tirreno S-orientale



Argnani, 2009



# Esempio di profilo nello Ionio orientale

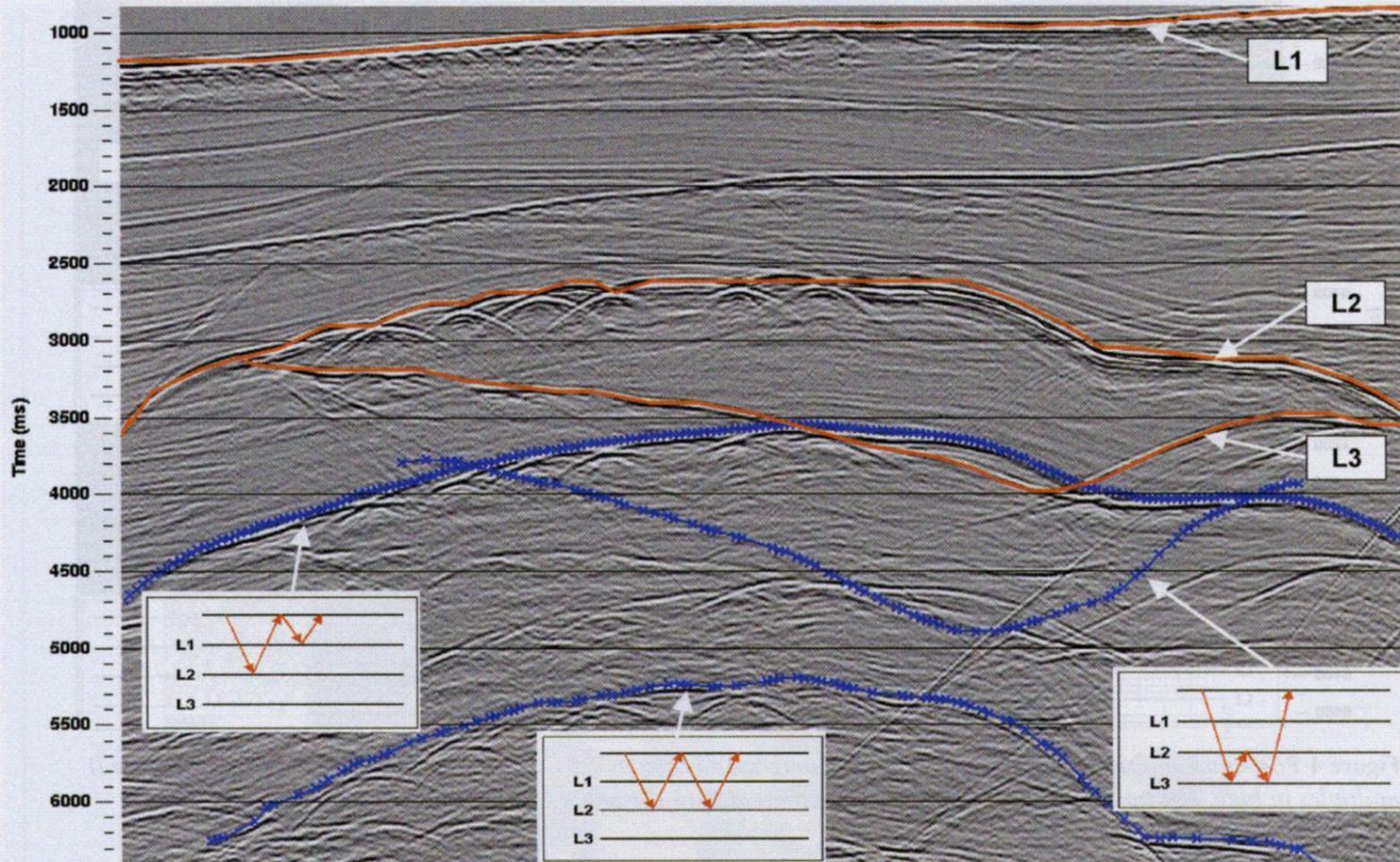


- La multipla principale è quella data dai riflettori Ms + fm. Si noti nel cerchio come la pendenza della multipla diventi inferiore di quella di Ms, perché sommata alla pendenza (qui opposta) del fondo mare.

# Diversi tipi di Multiple – si notino le pendenze

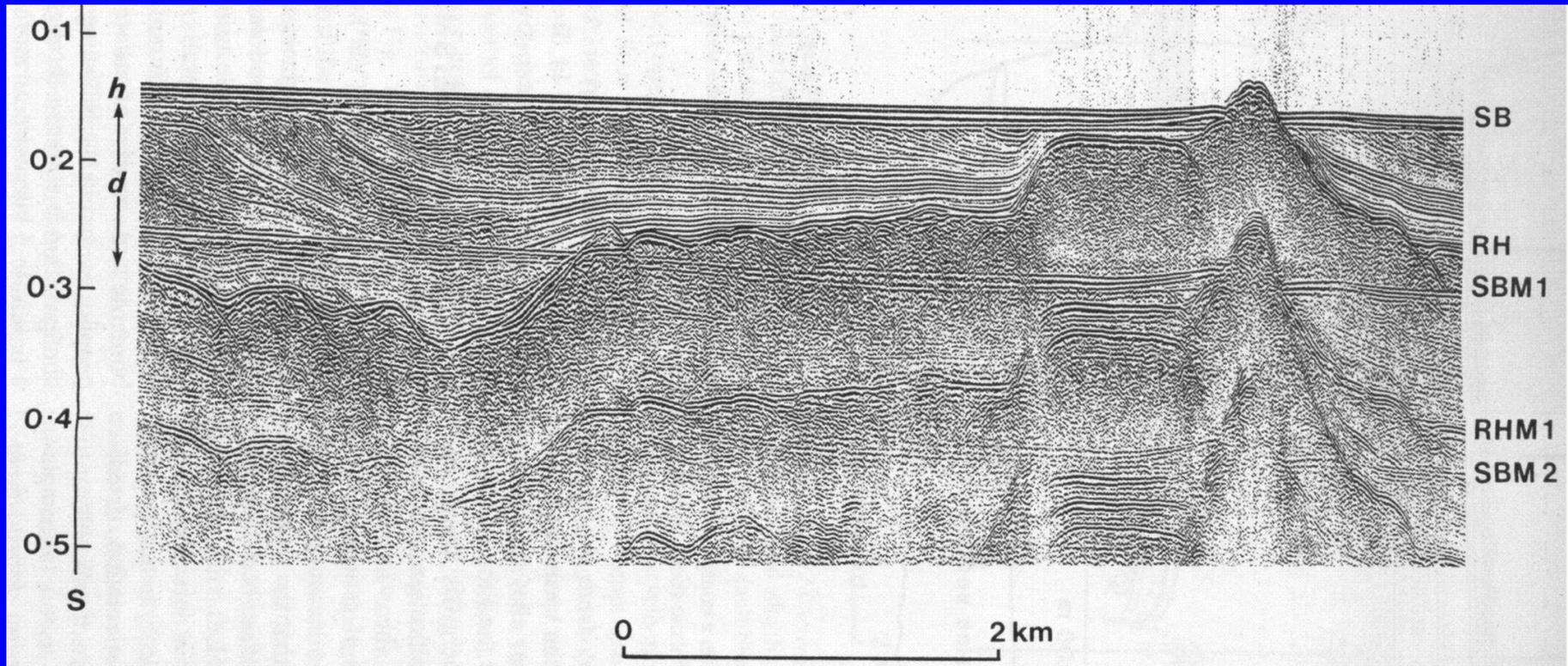
first break volume 21, March 2003

technical article

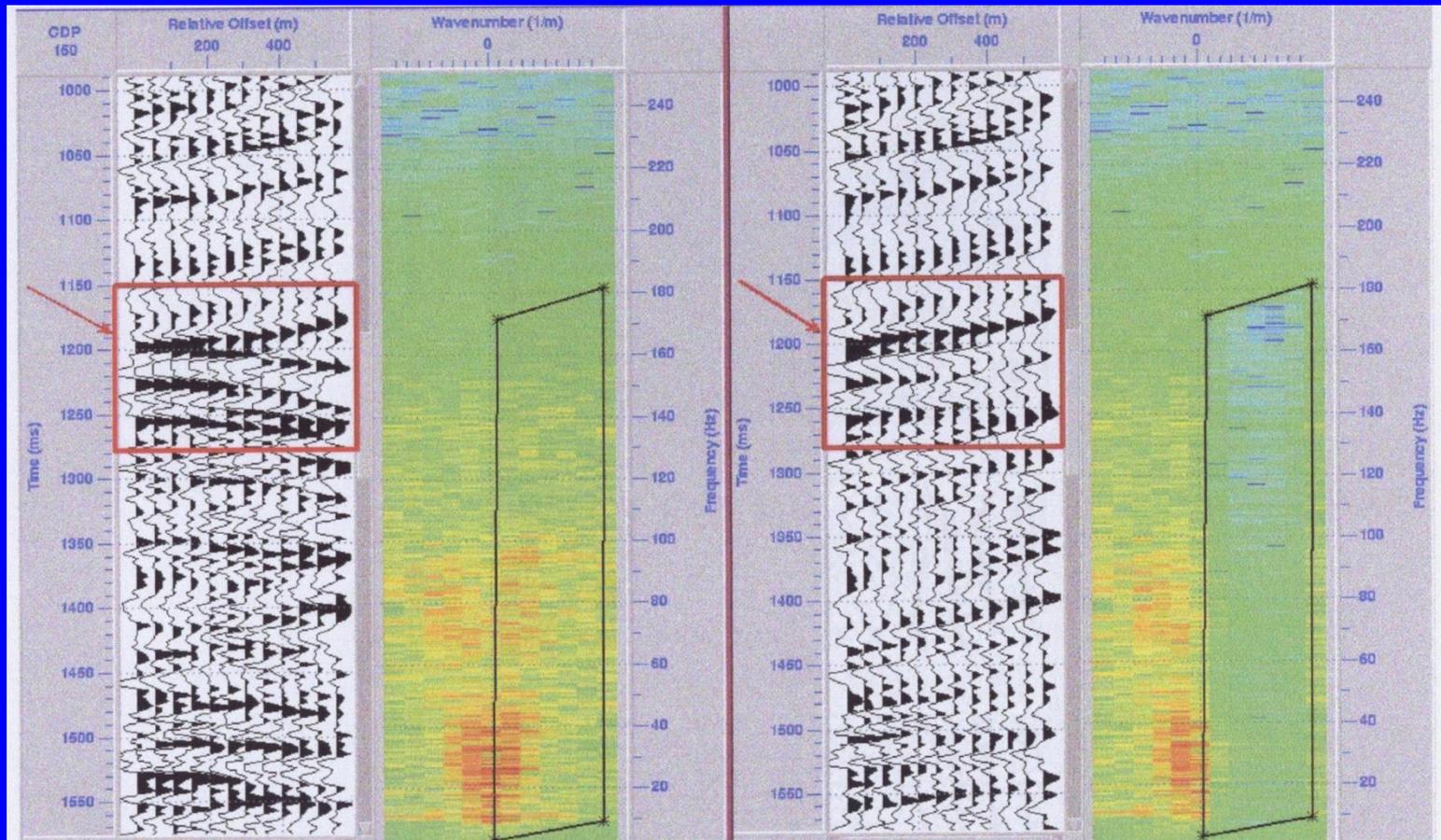


# Multiple: Esempio nel Golfo di Patrasso

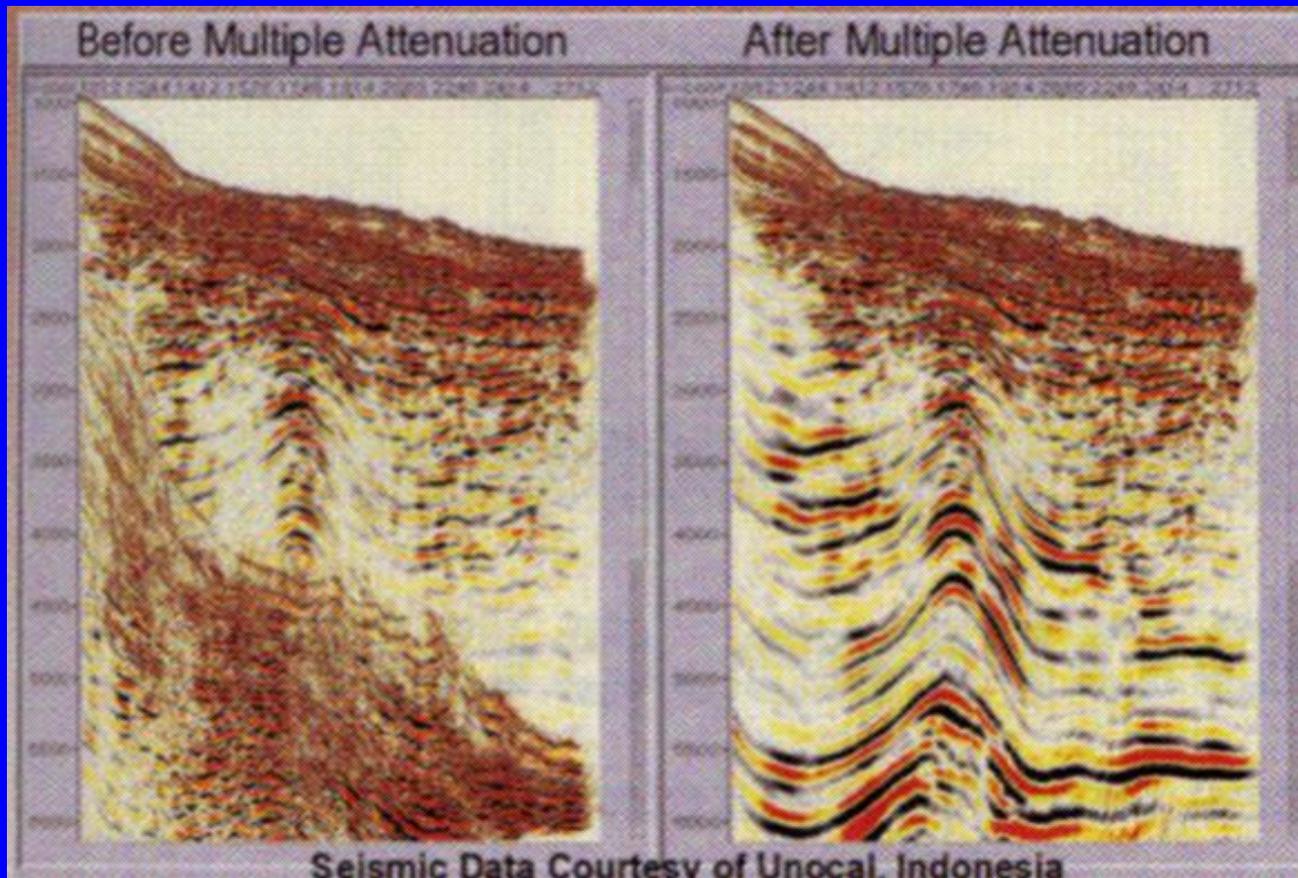
profilo ad alta risoluzione monocanale => non si sono fatte correzioni di NMO, quindi le multiple sono rimaste integre, interferendo con i segnali primari. Tra questi ultimi RH, molto evidente, è comunque interpretabile lungo tutto il profilo.



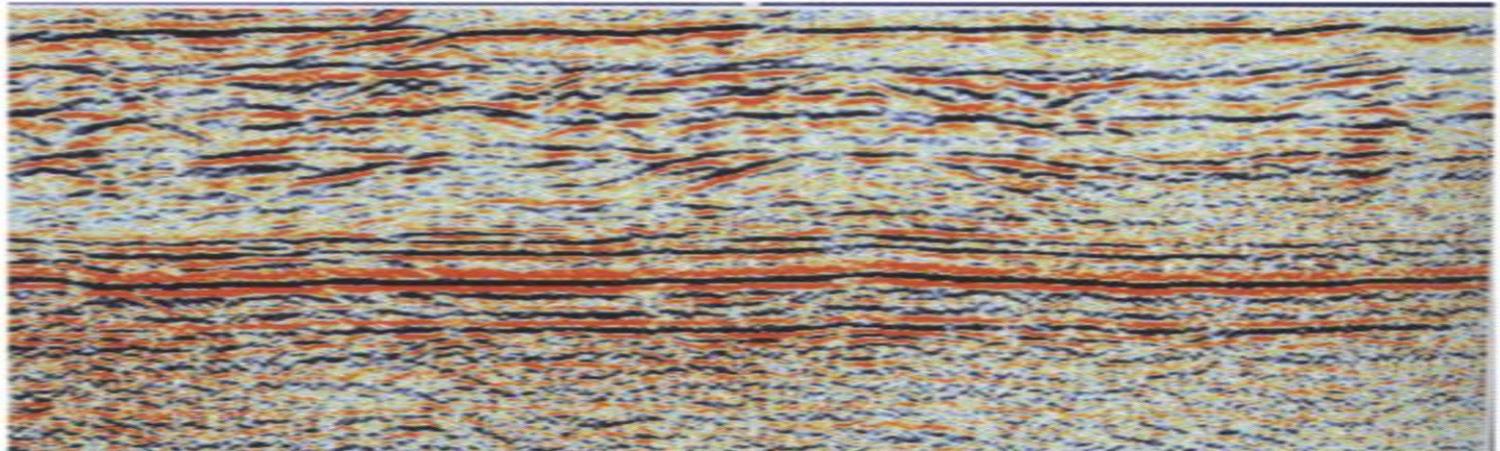
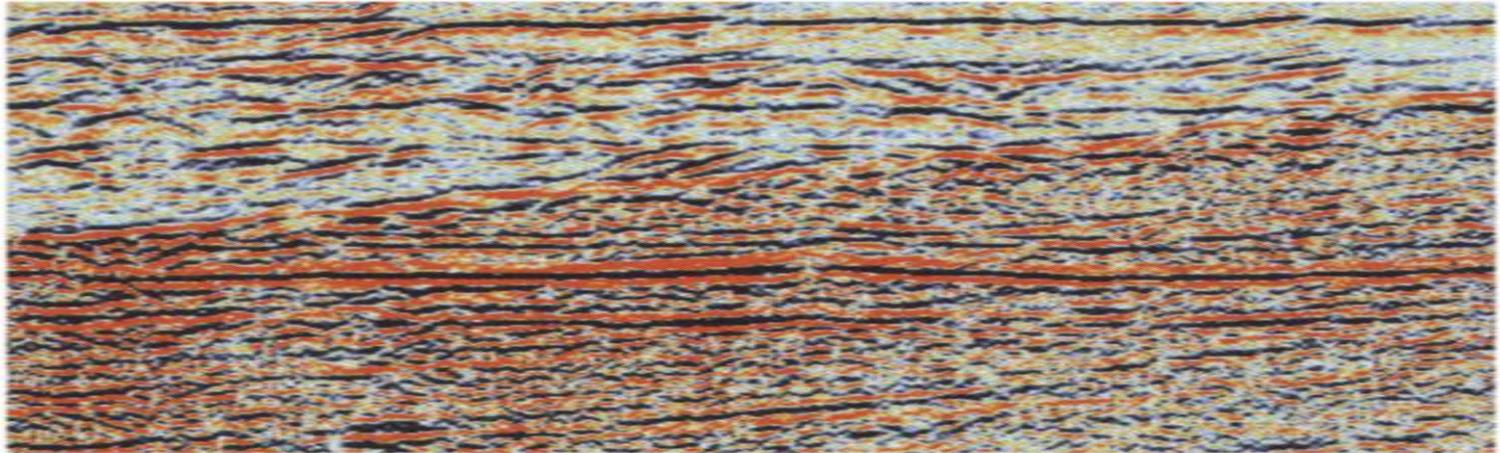
**Esempio di rimozione multiple:  
nel dominio delle frequenze possiamo selezionare  
il settore relativo alle multiple e filtrarlo per  
ottenere un dato “*demultiplexed*”**

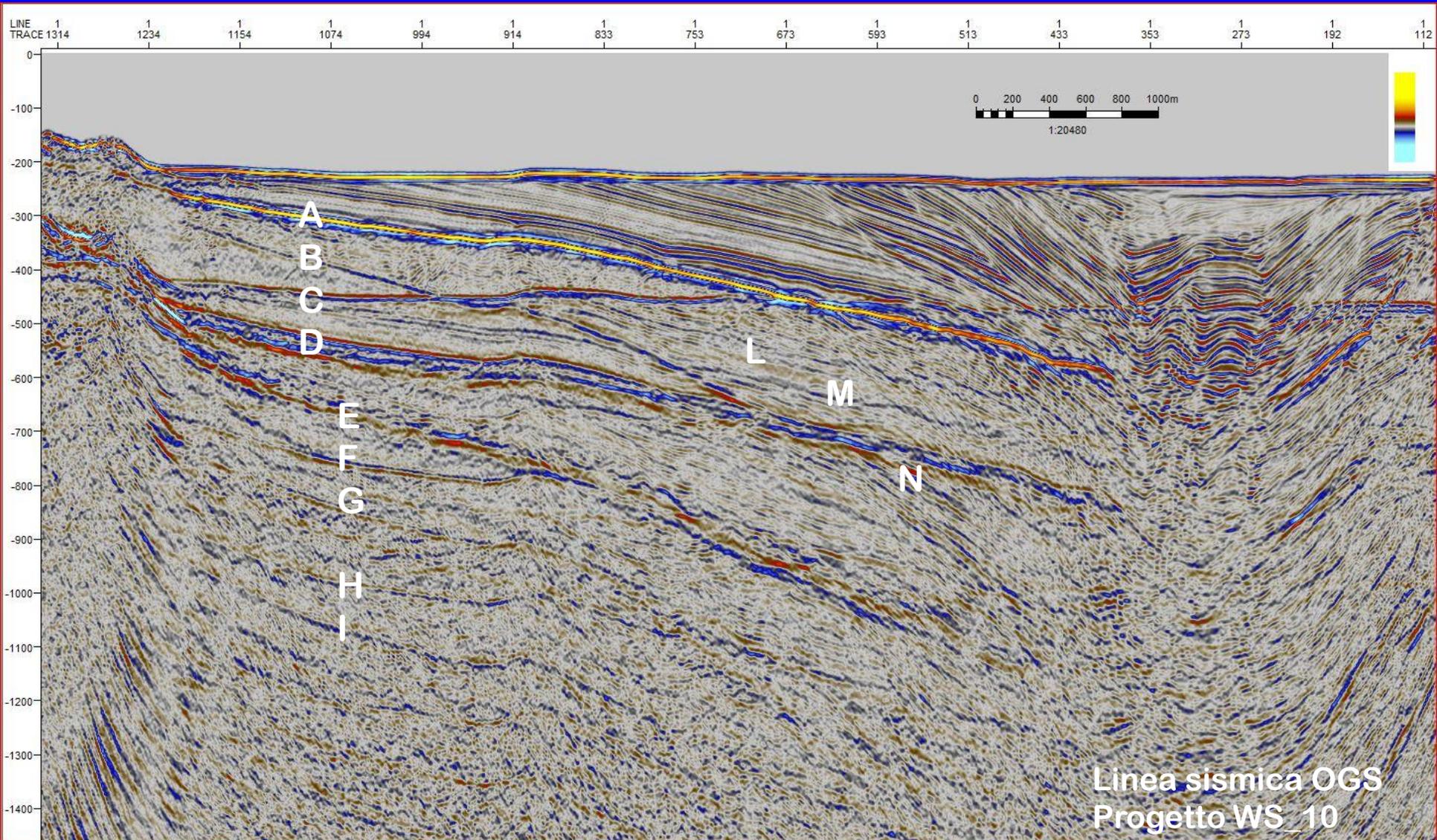


# Rimozione di Multiple - Esempio



# Esempio di rimozione di multiple





**Esercizio: quali sono i segnali primari e quali i segnali multipli?  
 Quali sono i percorsi dei raggi che hanno generato le multiple?  
 Quale è la pendenza reale del riflettore A-base PQ (assumendo  $V_{int\ PQ}$  pari a 2000m/s)?**