

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



S.O. GEOLOGIA TECNICA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA

INDAGINI GEOFISICHE – STESA L4 DI SISMICA A RIFLESSIONE

Socotec Italia S.r.l.

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

RC2A C1 R 69 IG GE0005 004 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	D. Fiore	Giugno 2023	S. Giugliano	Giugno 2023	I. D'Amore	Giugno 2023	G. BENEDETTI Giugno 2023
								ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Italiano Dott. Geol. Giampaolo Benedetti Ordine dei Geologi Emilia Romagna n. 1019

File: RC2AC1R69IGGE0005004A.doc

n. Elab.: 00

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati della Linea di sismica a riflessione L4 effettuata nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica della Nuova Linea AV Salerno-Reggio Calabria, lotto 1c.

La linea L4 è stata acquisita nel territorio di Trecchina, (PZ), Frazione Maurino. (Figura 1)

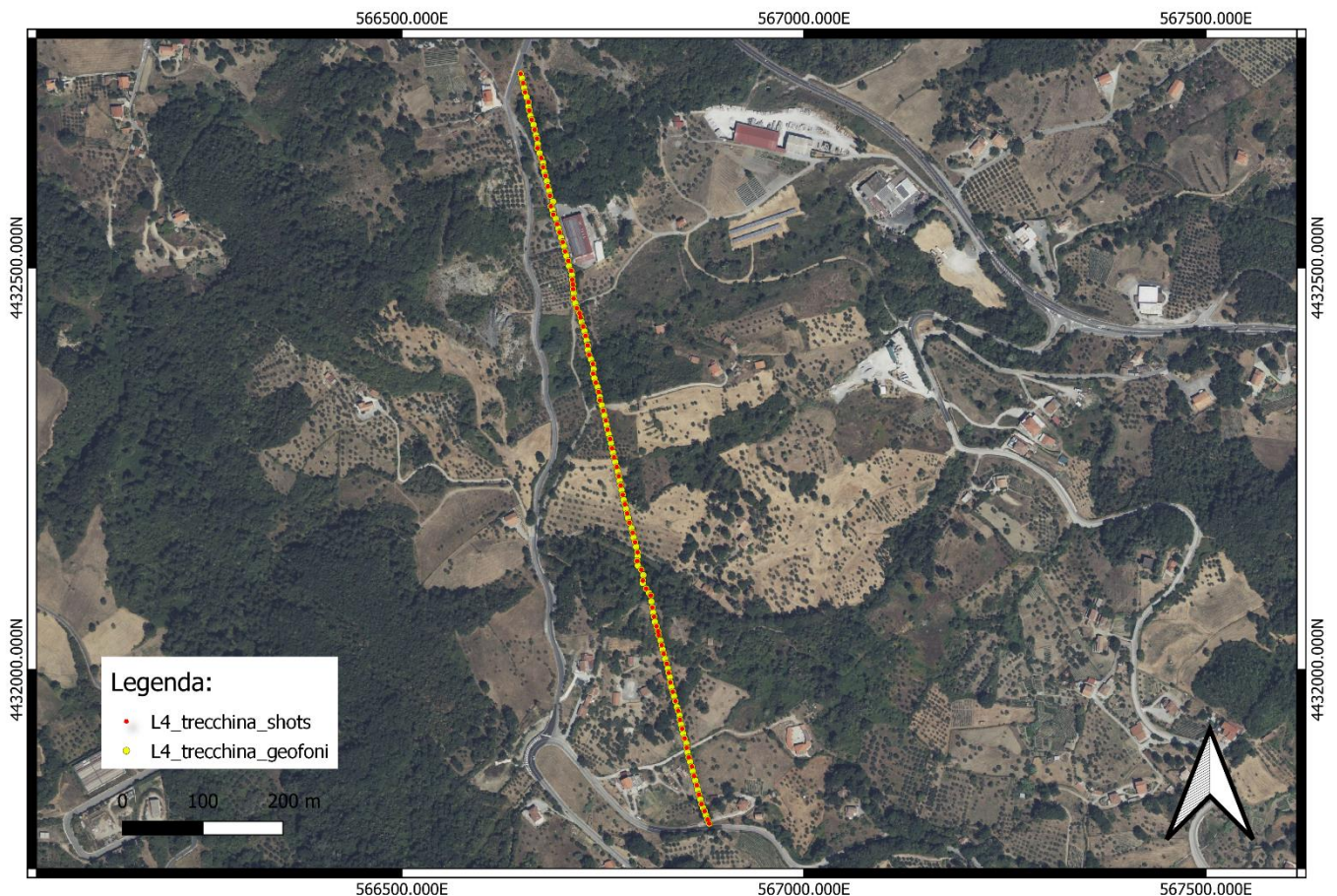


Figura 1. Ubicazione linea L4

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	INDAGINI GEOFISICHE – STESA L4 DI SISMICA A RIFLESSIONE Socotec Italia S.r.l.	COMMESSA RC2A	LOTTO C1 R 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE 0005 004	REV. A

2 METODO SISMICA A RIFLESSIONE

2.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

La sismica a riflessione è un metodo ampiamente utilizzato nell'esplorazione del sottosuolo per riconoscere la posizione stratigrafica e strutturale dei corpi geologici: stratificazione, superfici di discordanza, faglie, thrust, ecc. L'indagine di sismica a riflessione ad alta risoluzione consente una ricostruzione molto fedele delle strutture sepolte e può essere applicato in qualsiasi ambiente: terrestre, marino e di transizione (fiume, lago, delta, ecc.).

2.2 Metodologia e principi base del metodo

Il processo fisico di riflessione è illustrato nella Figura 2a, in cui sono mostrati i percorsi dei raggi sismici attraverso strati successivi. Di solito ci sono diversi strati sotto la superficie terrestre che contribuiscono alle riflessioni presenti in un singolo sismogramma. Il vantaggio dei dati di riflessione sismica è che consente la mappatura di molti orizzonti o strati con ogni shot. In Figura 2b sono indicati i percorsi dei raggi e i relativi arrivi che verrebbero registrati su un sismografo multicanale. In funzione della prima legge di Snell, il punto che rifletterà sotto la superficie terrestre sarà perfettamente al centro tra sorgente e ricevitore, questo punto prende il nome di (Common Depth Point, CDP) Figura 2c.

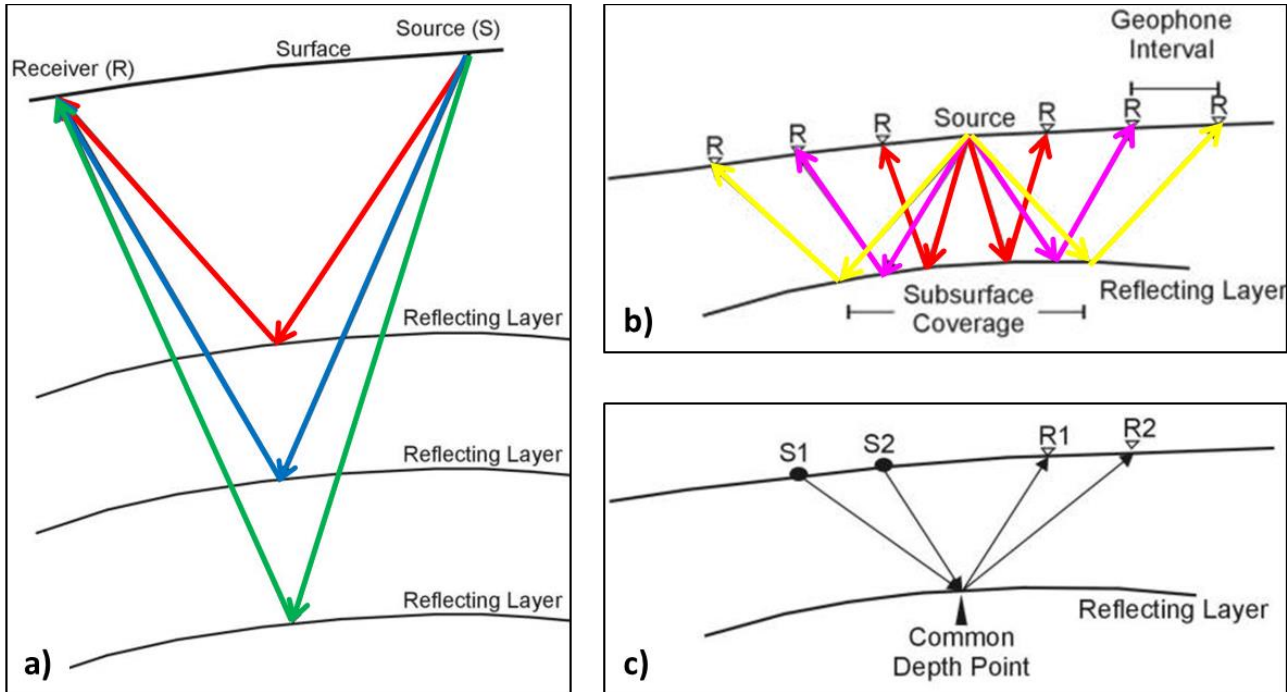


Figura 2. Fisica del processo di riflessione; a) schema del metodo di sismica a riflessione; b) registrazione multicanale per la sismica a riflessione; c) schema del "common depth point".

2.3 Geometria di acquisizione del dato sismico

La geometria e la disposizione dell'*array* è studiata in base alla struttura da indagare e alla risoluzione a cui si vuole arrivare. Ovviamente più si vuole arrivare in profondità e avere una risoluzione adeguata, maggiore è il numero di copertura con cui bisogna investigare ed avere un'*array* più esteso, con costi di acquisizione maggiori. Normalmente le configurazioni utilizzate prevedono il continuo e progressivo avanzamento del sistema sorgente ricevitori lungo una direzione che serve ad investigare più punti contemporaneamente (*CDP*). Le principali configurazioni sono *split spread*, in cui la sorgente è posta in mezzo ai ricevitori (utilizzato spesso *onshore*) e *single-ended spread*, dove la sorgente è esterna allo stendimento e ad essa segue un *array* di ricevitori (utilizzato *offshore*). (Figura 3)

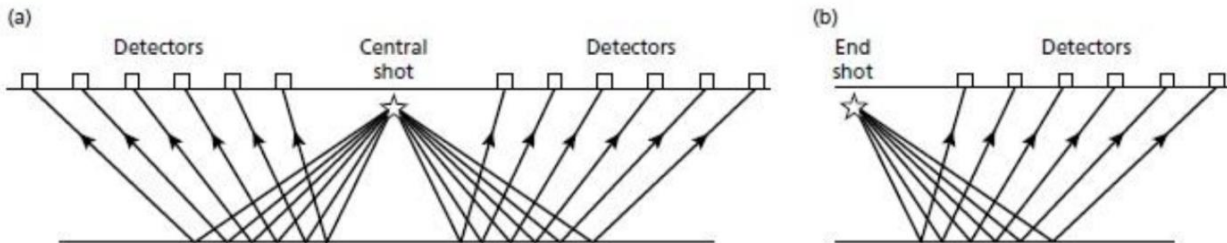


Figura 3. Geometria scoppio ricevitori, a) split spread b) single-ended spread da Kearey et al., 2002

Il punto che viene energizzato prende il nome di CMP (*common middle point*) se la superficie è orizzontale, perché per la prima legge di Snell il punto si ritroverà esattamente a metà tra sorgente e ricevitore. Se la superficie è inclinata questo punto prenderà il nome di CDP (*common depth point*).

La geometria con cui sorgente e ricevitore sono disposti fa sì che un solo CDP venga investigato con un *offset* diverso per ogni energizzazione. Questo raggruppamento prende il nome di CDP *gather* e ad esso sarà associato un numero che indica la copertura, ovvero il numero di energizzazioni che un CDP ha avuto con i diversi *offset*. (Figura 4)

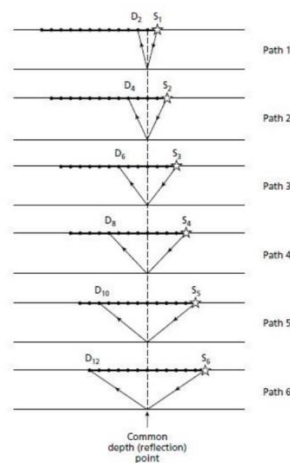


Figura 4. Geometria sorgente-ricevitore, in questo caso la copertura è 6 fold, poiché lo stesso punto nella stessa energizzazione è stato investigato con 6 offset differenti da Kearey et al., 2002.

Ogni CDP darà un numero di sismogrammi in base alla copertura con cui è indagato. Questi sismogrammi verranno poi affiancati e daranno vita al CDP *ghater*. (Figura 5)

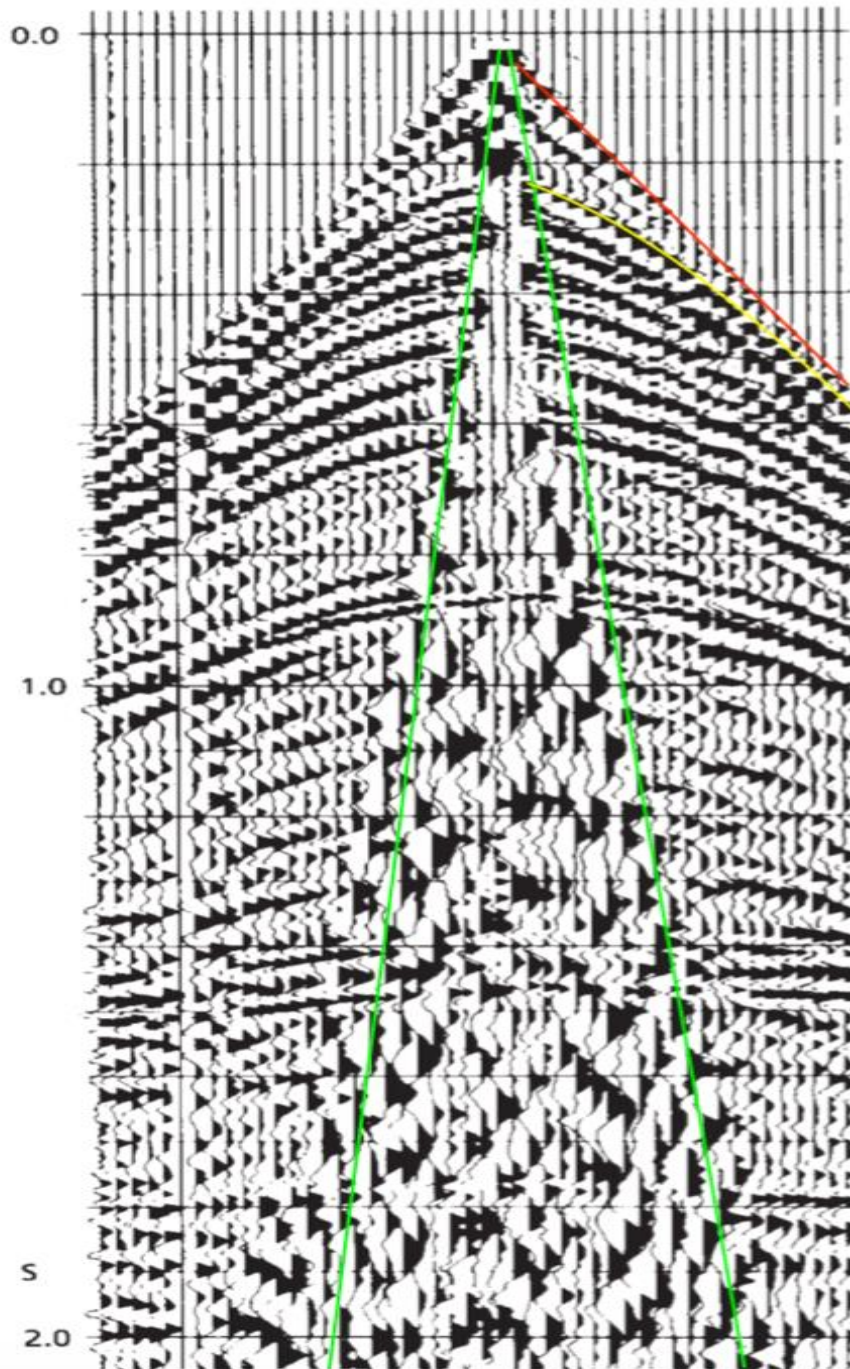


Figura 5. Sismogramma di un'energizzazione di tipo split spread da Kearey et al., 2002 modificato.

In figura 5 è mostrato un CDP gather. All'interno del cono verde ci sono gli arrivi delle onde chiamate ground roll che costituiscono il rumore. Le iperboli in giallo sono la traccia delle onde riflesse e in rosso la traccia delle onde dirette. Successivamente in fase di elaborazione del dato le tracce di rumore verranno eliminate con dei filtri e le iperboli delle riflesse verranno raddrizzate, per poi essere sommate e dare vita alla traccia sismica del singolo CDP.

2.4 Processing del dato sismico

La creazione dei sismogrammi si basa su un teorema che è alla base del *survey* sismico, il teorema della convoluzione, secondo il quale la terra agisce come un filtro per le onde che vengono inviate e dall'interazione con essa ne deriva il sismogramma. (Figura 6)

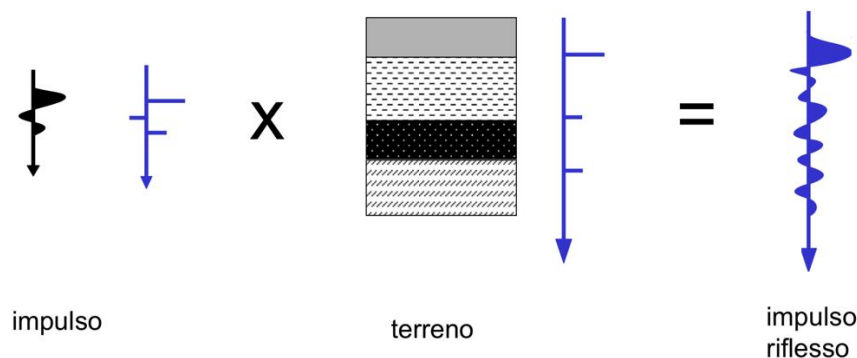


Figura 6. Teorema della convoluzione

Tutti i dati vengono acquisiti in formato digitale, perché comodo per la riproduzione e per l'elaborazione e per le loro dimensioni ridotte. Ma esiste un problema che si va a generare nel momento in cui questi dati, nel venire processati, vengono campionati con una frequenza di campionamento sbagliata o insufficiente. Quando avviene un campionamento sbagliato si crea il fenomeno dell'Aliasing, che consiste nella trasformazione delle frequenze superiori a un dato valore (detto frequenza di Nyquist) in frequenze di valore minore; queste frequenze sono fittizie e vanno ad inquinare il segnale digitale.

Per ovviare a questo si dovrà campionare con un passo che sia due volte superiore alla frequenza massima del segnale. (Figura 7)

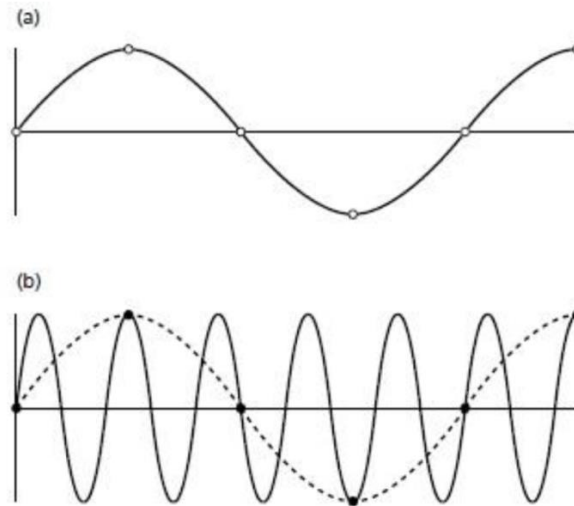


Figura 7. a) rappresentazione di un campionamento di una bassa frequenza. b) lo stesso campionamento risulta sbagliato per una frequenza più alta e dà vita a una bassa frequenza (fenomeno di Aliasing) da Kearey et al., 2002

2.4.1 Muting

Una delle prime operazioni che vengono fatte è la pulizia del dato, vale a dire eliminare le frequenze che entrano nella registrazione per errore, in maniera casuale.

2.4.2 Recupero delle ampiezze

Aumentando la profondità di investigazione, il segnale perde di intensità a causa di tre fattori:

Divergenza sferica del fronte d'onda

Perdita in trasmissione

Attenuazione anelastica

Per recuperare il segnale si possono utilizzare due tipi di amplificatori:

AGC (*automatic gate control*) che amplifica tutto il segnale; TVG (*time variable gain*) che amplifica solamente le frequenze che impone l'operatore.

2.4.3 Filtraggio di frequenza

Esistono filtri che tagliano determinate frequenze.

Filtro taglia alto: fa passare tutte le frequenze basse.

Filtro taglia basso: fa passare tutte le frequenze alte.

Filtro a finestra: taglia frequenze alte e basse prestabilite.

Filtro notch: taglia una frequenza determinate.

Di questi filtri si può controllare la velocità con cui si va a tagliare le frequenze. Esistono poi inoltre dei filtri chiamati FK che oltre a filtrare secondo le frequenze filtrano anche la velocità e vengono utilizzati per tagliare il ground roll.

2.4.4 Correzione statiche

Questo tipo di correzioni vengono applicate per uniformare la posizione della sorgente e dei ricevitori ad un unico datum di riferimento. Vengono usate quindi molto in situazioni *onshore* rispetto a quelle *offshore* dove servono ad eliminare se richiesto solamente la colonna d'acqua. (Figura 8)

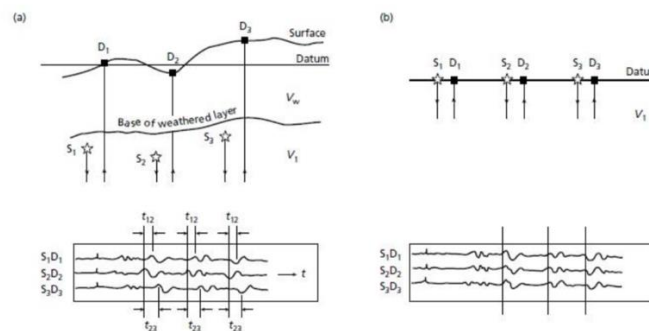


Figura 8. Correzioni statiche a) É possibile vedere come il dato sia sfalsato a causa della morfologia b) Il dato una volta avvenuta la correzione da Kearey et al., 2002

Ipotizzando una morfologia accidentata, una quota sorgente E_s e una quota ricevitore E_r , si può riportare tutto alla quota Datum (E_d) conoscendo la velocità dello strato v e il tempo di andata e ritorno dell'onda

tramite la seguente relazione: $\Delta t = \frac{E_s + E_r - 2E_d}{v}$. (Figura 9)

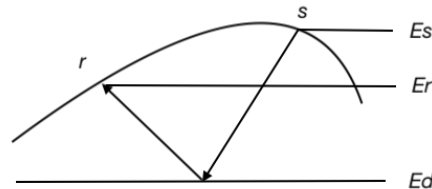


Figura 9. Morfologia con le relative quote, la velocità nella formula è la velocità dello strato che si trova tra la morfologia e il datum.

2.4.5 Demultiplexing

È il riordino delle tracce, riprende tutti i punti investigati con i diversi offset e li posiziona uno affianco all'altro per creare un CDP *gather*.

2.4.6 Correzione di Normal Moveout

Questa è l'operazione che permette di risolvere l'equazione dell'iperbole delle onde riflesse, in modo tale da allinearle per poi creare un unico sismogramma. Quindi, questa operazione risolve il tempo di ritardo di arrivo delle onde riflesse dovuto all'offset diverso in un CDP *gather*. Inoltre questa operazione aumenta il rapporto tra segnale e rumore, e la qualità della traccia ne trae beneficio.

La formula per trovare il valore di velocità che soddisfa l'equazione deriva dall'applicazione del teorema di Pitagora sulla struttura in figura 10.

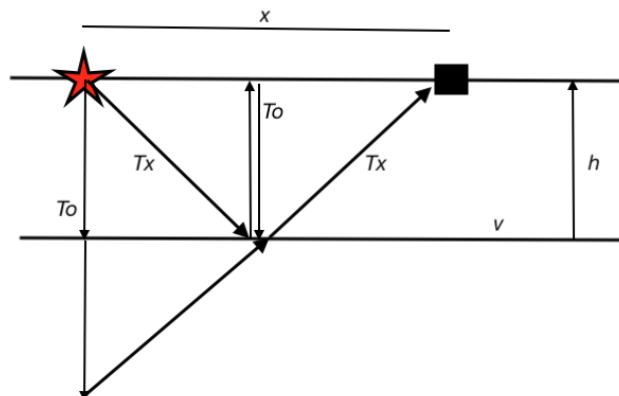


Figura 10. Costruzione geometrica per l'applicazione del teorema di Pitagora per descrivere la formula del NMO

Definendo i valori in figura 10:

x offset,

T_x è il tempo di andata e ritorno dell'onda,

T_0 è il tempo doppio sulla verticale;

il ritardo di tempo impiegato dall'onda per arrivare dalla sorgente al geofono rispetto al tempo che impiegherebbe sulla verticale (Δt).

In figura 12 si può creare un'immagine speculare grazie al principio dell'immagine riflessa da cui ne deriva che $\Delta t = T_x - T_0$, applicando il teorema di Pitagora sull'ipotenusa T_x si ha:

$T_x^2 = T_0^2 + \left(\frac{x}{V}\right)^2$ Dove $\left(\frac{x}{V}\right)$ rappresenta l'offset in funzione della velocità dello strato in cui l'onda viaggia.

Quindi l'equazione diventa: $\Delta t = \sqrt{T_0^2 + \left(\frac{x}{V}\right)^2} - T_0$

Svolgendo la seguente equazione si trova la formula del Normal moveout:

$$\Delta t = \frac{x^2}{2V^2T_0}$$

In questa formula l'unica incognita è la velocità, applicando vari valori di velocità l'iperbole delle onde riflesse si raddrizza (operazione che si esegue tramite l'analisi di velocità, di cui la Semblance è uno dei metodi più usati figura 11) ed è pronta per lo *stack* ovvero la somma delle tracce di un unico CDP, in modo da aumentare il valore del segnale rispetto a quello del rumore che è random e quindi si attenua.

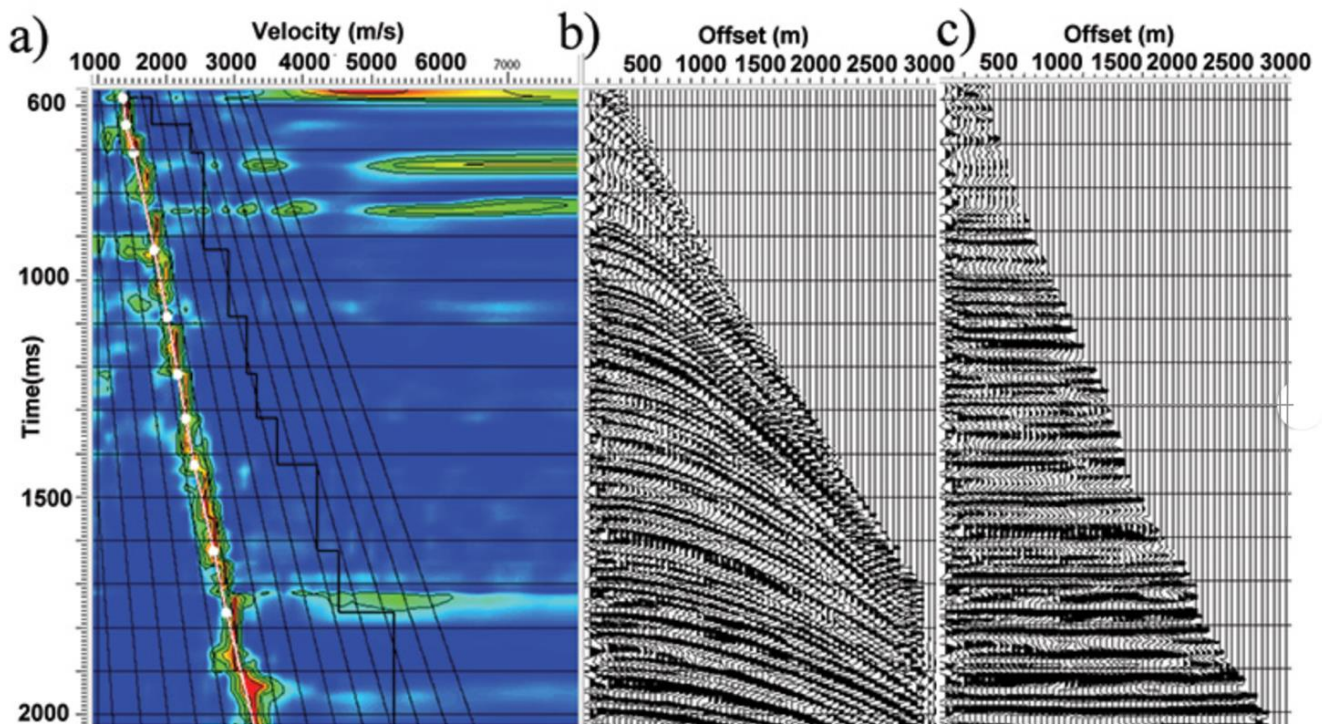


Figura 11. a) Pannello di Semblance indica le velocità quadratiche medie (di NMO) utilizzabili in base alla profondità, b) CDP gather pre NMO. c) CDP gather dopo il NMO. da <http://archives.aapg.org>

2.4.7 Risoluzione sismica

La risoluzione sismica è la capacità di distinguere due oggetti come due eventi sismici distinti. Viene divisa in: risoluzione verticale, il minimo spessore per il quale due interfacce producono due riflessioni distinte; risoluzione orizzontale, minima distanza per la quale due oggetti sono tra loro risolvibili. La risoluzione dipende dalla lunghezza d'onda (λ).

Risoluzione verticale:

Distanza minima, lungo la verticale della sezione sismica, che consente di discriminare due riflessioni sovrapposte. Il limite di risoluzione teoricamente è $\frac{1}{4}$ della lunghezza d'onda (λ). La risoluzione verticale decresce al crescere della profondità a causa dell'assorbimento delle alte frequenze e dell'aumento delle velocità con la compattazione dei sedimenti in profondità. Essa dipenderà dalla durata dell'impulso e dalla frequenza, infatti diventa maggiore quanto minore è la lunghezza d'onda e riesce ad andare

maggiormente nel dettaglio. Per questo l'impulso mandato cerca di essere uno *spike* con durata infinitesima e ampiezza infinita (delta di dirak);

Risoluzione orizzontale:

È la possibilità di discriminare due oggetti lateralmente questa dipende dall'interazione del fronte d'onda rispetto la superficie riflettente; l'area di risoluzione viene chiamata zona di Fresnel. (Figura 12)

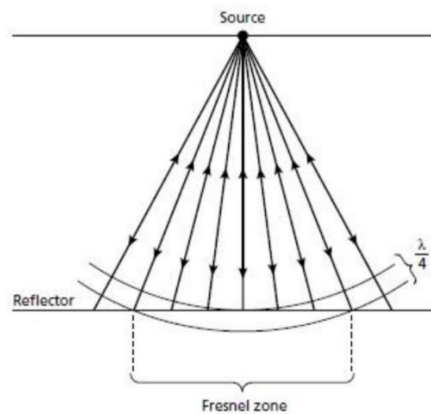


Figura 12. Zona di Fresnel da Kearey et al., 2002

Il diametro della zona di Fresnel dipenderà da λ e dalla profondità a causa della divergenza sferica del fronte d'onda: $d = V \sqrt{\frac{t}{f}}$ dove V è la velocità media (m/s); t è il ritardo (s); f è la frequenza dominante (Hz).

2.4.8 Artefatti

- Diffrazione e migrazione:

Quando l'onda incontra brusche discontinuità come bordi di strato fagliati, oggetti isolati o strutture con raggio di curvatura minore della lunghezza d'onda del raggio incidente, si verifica la diffrazione, ovvero la creazione di onde secondarie che emettono energia in tutte le direzioni, creando un'iperbole di diffrazione. (Figura 13)

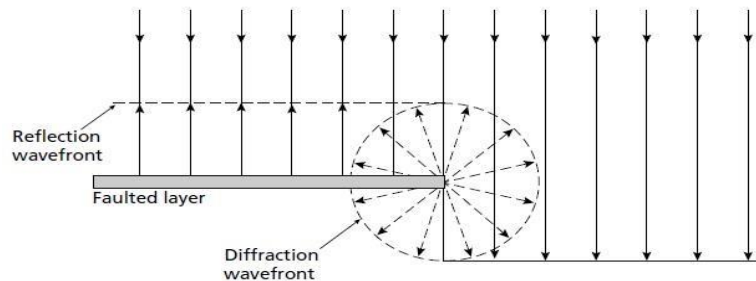


Figura 13. Diffrazione dell'onda (da P. Kearey et al., 2002)

Questa energia ritorna ai geofoni con tempi diversi e in funzione dell'offset, quindi un piano di faglia in profondità è facilmente riconoscibile dall'iperbole di diffrazione.

- Sideswipe:

Un altro effetto indesiderato che si può verificare sulla sezione sismica 2D è il *sideswipe*, esso è generato da una riflessione che si realizza su un orizzonte situato al di fuori del piano di sezione.

- Bowtie:

Nel caso in cui la curvatura dell'orizzonte è maggiore di quella del fronte d'onda (canale o piega sinclinale stretta) il riflettore viene focalizzato al di sotto della sua superficie e determina un effetto *bowtie*. Questo effetto ottico avviene perché in questi casi i punti che riflettono perpendicolarmente l'energia al ricevitore sono tre. (Figura 14)

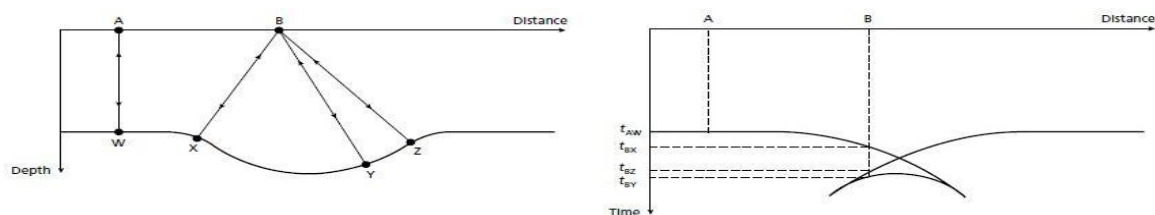


Figura 14. Effetto bowtie da Keray et al., 2002.

Per ovviare a questi effetti ottici si utilizzano alcune operazioni matematiche, migrazione, che vanno a modificare (migrare) i punti che hanno creato riflessioni "fittizie"; la migrazione, inoltre, serve a riposizionare riflettori inclinati che vengono riportati all'inclinazione reale. (Figura 15)

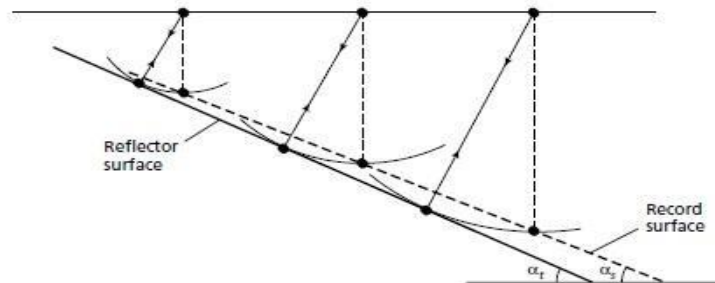


Figura 15. Tramite l'operazione di migrazione il riflettore che ha dato la riflessione viene ricalibrato alla profondità e all'inclinazione reale (record surface) da Kearey et al., 2002.

Le operazioni di migrazione si fanno tramite degli algoritmi matematici che si applicano in base ai casi di studio tra i più utilizzati si ricordano: *Kirchoff* il più semplice gestisce tutte le pendenze ma non variazioni laterali; *differenze finite* gestisce pendenze fino a 35°, ma meglio utilizzabile per variazioni di velocità; *frequency-wavenumber* gestisce tutte le pendenze ma da problemi con i cambiamenti di velocità.

- Multiple:

Poiché il profilo sismico non è la riproduzione fedele della realtà geologica bensì è un'immagine sonora del sottosuolo, possono crearsi dei *pit fall* o anche definiti artefatti a causa di errori in fase di acquisizione del dato o a causa di effetti di processing o dati da geometrie particolari.

La prima cosa che si ha è l'esagerazione verticale che deve essere calcolata rispetto la realtà geologica. Tra gli effetti acustici si ricordano l'effetto *ringing* che è causato dal segnale emesso dalle sorgenti impulsive che impattano su una superficie riflettente: poiché l'impulso non è unico bensì formato da più impulsi che viaggiano con tempi infinitesimi, il riflettore verrà investigato più volte. E ciò che sembra più riflettori paralleli tra loro in realtà è un unico riflettore. L'artefatto acustico più comune sono le multiple. Queste si creano quando un'onda attraversa strati con contrasti di impedenza acustica molto elevati come ad esempio acqua e roccia. (Figura 16)

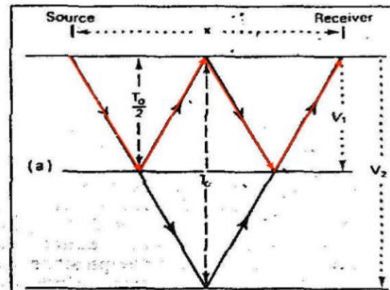


Figura 16. Schema di una riflessione multipla, ipotizzando che all'interfaccia a ci sia un forte contrasto di impedenza acustica, l'energia invece di riflettere nel punto di riflessione viene riflessa seguendo le frecce rosse e per questo viene definita multipla

Per questo le multiple arriveranno ai ricevitori con tempi doppi rispetto la prima riflessione di arrivo.

L'effetto delle multiple viene attenuato con la deconvoluzione, che è un'operazione matematica che va a riconoscere nel sismogramma l'onda sorgente grazie alla quale riesce a capire quante volte è ripetuta. L'operazione deconvoluzione *spiking* elimina l'effetto del *ringing*, la deconvoluzione predittiva elimina l'effetto delle multiple vere e proprie.

- Anomalie di velocità:

Sono anomalie dovute a contrasti e cambiamenti di velocità laterali delle rocce nel sottosuolo. Quando il fronte d'onda attraversa una porzione di terreno a velocità sismica maggiore rispetto alle litologie circostanti, determina un effetto visibile sulla sezione sismica chiamato *velocity pull-up*, mentre, nel caso in cui uno strato a bassa velocità è incassato in rocce con una velocità sismica più alta si verifica l'opposto, ovvero un *velocity push-down*. Questo effetto fa registrare negli orizzonti sottostanti un inarcamento nel primo caso (es. diapiro salino) ed un piegamento verso il basso nel secondo (es. riempimento di canale). (Figura 17)

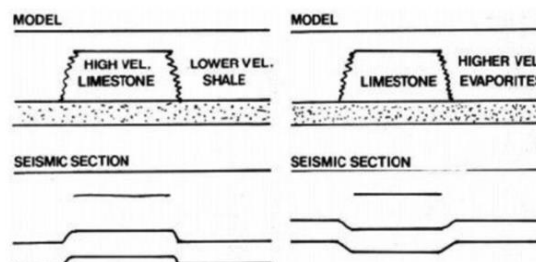


Figura 17. Pull up, push down e anomalia laterale di velocità da Badley et al., 1985

3 FASI DI ACQUISIZIONE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prova si compone delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.
- GPS per il rilievo topografico

Nel dettaglio:

sistema energizzante: tale sistema deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali. Per generare le onde di compressione P sono stati utilizzati diversi metodi, in punti agibili, dove era accessibile l'uso di un trattore, è stato utilizzato un weight dropper di 500 kg, fatto cadere da una altezza di circa 2.5 metri, in altre zone impraticabili da mezzi è stato utilizzato il fucile sismico caricato con cartucce cal.8 con circa 12 gr di polvere da sparo (figura 18). In posti dove c'era roccia affiorante ed era impossibile creare il foro per effettuare la detonazione tramite il fucile; è stato utilizzato il martello da 8 kg.



Figura 18. Sistemi energizzanti, Weight dropper e fucile sismico.

sistema di ricezione e acquisizione dati: Tutta la campagna è stata acquisita con il sistema wi-fi SMART-SOLO IGU-16HR; sono geofoni a frequenza caratteristica minima 5 Hz, figura 19, ogni geofono è dotato di bobina mobile ad oscillazione verticale, sistema di registrazione su memoria, batteria esterna e sistema GPS.




Figura 19. Geofono Smart Solo

Questo sistema di ricezione, innovativo, permette di registrare i segnali in maniera continua su una memoria interna al geofono per tutta la durata della campagna; ogni geofono oltre ad essere ricevitore di segnale nel punto in cui è installato, è anche sistema di acquisizione del dato sismico sul canale a cui è assegnato; successivamente si scaricano e tagliano le tracce tramite un *tool* di matlab per pc. e si crea il sismogramma affiancando tutte le tracce derivanti dall'intero array. vengono riportate le caratteristiche tecniche di seguito, Tabella 1:

Physical Specs		Smart Electronics Specs (@ 2ms sample interval, 31.25 Hz, 25°C unless otherwise indicated)	
Size	103mm(L)x95mm(W)x118mm(H)(w/o spike)	ADC resolution	32bits
Weight	1.1kg(Including internal battery and spike)	Sample intervals	0.25, 0.5, 1, 2, 4ms
Waterproof	IP67	Preamplifier gain	0dB to 24 dB in 6 dB steps
Recharge Time	<3.25 hours	Anti-alias filter	206.5Hz@2ms (82.6% of Nyquist)
Charging Temperature Range	+3°C~+45°C		selectable - linear Phase or minimum phase
Operating temperature	-40°C~+70°C	DC blocking filter	1Hz to 10Hz, 1Hz increments or DC Removed
Operating Life@25°C	35 days @1ms continuous 70 days @segmented(12hours ON/12hours SLEEP)	GPS Time Standard	1ppm
Sensor Specs DT-SOLO 5Hz (All parameters are specified at +22°C in the vertical position unless otherwise stated.)		Timing Accuracy	±10us, GPS disciplined
Natural Frequency (Fn)	5Hz	Maximum Input Signal	±2.5Vpeak @Gain 0dB
Coil Resistance	1800Ω	Instantaneous Dynamic Range	125dB @ 2ms Gain 0dB
Damping	Open Circuit Damping: 0.6 Damping with 43kΩ: 0.70	Equivalent Input Noise	0.18uV @ 2ms Gain 18 dB
Sensitivity	Open Circuit Intrinsic Voltage Sensitivity: 80 V/m/s (2.03 V/in/s)	Total Harmonic Distortion	<0.0002% @ Gain 0dB
Distortion	< 0.1%	Common Mode Rejection	>100dB
		Gain Accuracy	<5%
		System Dynamic Range	145dB
		Frequency Response	0~1652Hz

Tabella 1. Caratteristiche del sistema Smart Solo

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	INDAGINI GEOFISICHE – STESA L4 DI SISMICA A RIFLESSIONE Socotec Italia S.r.l.	COMMESSA RC2A	LOTTO C1 R 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE 0005 004	REV. A

Sistema Trigger:

Con il Sistema utilizzato da Smart Solo è fondamentale la registrazione del T0, ossia l'istante esatto dell'impatto del Maglio o martello sul terreno o dello scoppio del fucile sismico; in modo da tagliare le tracce in modo adeguato in fase di pre-processing.

In questa campagna è stato utilizzato un geofono verticale a 4.5 Hz collegato ad un Sistema GPS che ha registrato il tempo GPS di ogni Shots; creando la linea una tabella definita SHOT HISTORY.

La linea sismica L4 è stata acquisita con 162 geofoni spazati di 5 metri, con esecuzione di 85 shots

Rilievo GPS:

Nonostante il Sistema Smart Solo è dotato di un GPS interno, è stato fatto il rilievo GPS di tutto il Sistema Geofoni e shots, per effettuare le correzioni statiche.

Il rilievo è stato effettuato con il GPS: Ricevitore GPS-GNSS Leica VIVA con correzione RTK (figura 20), il rilievo GPS è stato effettuato in coordinate metriche UTM Zona 33 Nord, l'altitudine di ogni punto viene registrata in quota ellisoidica. Successivamente viene effettuata la conversione in quota sul livello del mare applicando lo scarto medio di più punti conosciuti. Per effettuare la correzione sono stati consultati 10 vertici trigonometrici regionali, usando lo scarto medio di 46.95m (Tabella 2):

ID punto	Ellissoidica	Ortometrica	scarto
504618	980.18	933.28	46.9
504619	696.33	649.49	46.84
505601	698.49	651.72	46.77
505620	757.58	710.86	46.72
520635	674.98	628.19	46.79
520636	741.26	694.49	46.77
520638	891.69	845.01	46.68
521130	673.94	627.27	46.67
521637	634.6	585.88	48.72
521639	810.11	763.46	46.65

Tabella 2. Punti trigonometrici regionali



Figura 20. Rilievo GPS

4 PROCESSING DEL DATO SISMICO

Di seguito viene riportato il work flow eseguito tramite il software ProMAX della Halliburton per l'elaborazione della linea:

2304 - SOCOTEC PROCESSINF FLOW

Floppy Input

```
Floppy format? SEG-2
MAXIMUM traces per record (shot) 0
Input data SAMPLE RATE 0.
Record length to input 0.
Specify path name to disk files
/home/promax/Data/2304-socotec/input/LINE3/
Specify extension to disk files dat
File selection method? File Mask
Specify MASK for input files 00000
Specify MASK list for input files 30011-31503/
SECONDARY selection choice Input All
```

Inline Geom Header Load

```
Primary header to match database FFID
Secondary header to match database None
Match by valid trace number? No
Drop traces with NULL CDP headers? No
Drop traces with NULL receiver headers? No
```

Spiking/Predictive Decon

```
TYPE of deconvolution Minimum phase predictive
```



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

INDAGINI GEOFISICHE – STESA L4 DI SISMICA A
RIFLESSIONE Socotec Italia S.r.l.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1 R 69	IG	GE 0005 004	A	21 di 25

Decon operator length(s) 80.0
 Operator prediction distance(s) 8
 Apply prediction filter correction? No
 Operator 'white noise' level(s) 1
 Window rejection factor 2.
 Time gate reference Time 0
 Get decon gates from the DATABASE? Yes
 SELECT decon gate parameter file DECON
 Output traces or filters Normal decon output
 Apply a bandpass filter after decon? No

Automatic Gain Control

Application mode APPLY
 Type of AGC scalar MEAN
 AGC operator length 200.
 BASIS for scalar application Centered
 Robust Scaling? No

Surface Wave Noise Attenuation

Velocity 350.
 Trace spacing 5.
 Low frequency (Hz) 0.
 High frequency (Hz) 40.
 Blend width (Hz) 5.
 Set trace mix limit? No
 Panel size 500
 Panel edge 50
 Panel mix 30

Apply Refraction Statics

Final datum elevation 900
 Replacement velocity 2000
 NMO static method Elevations
 Length of smoother 5
 Processing DATUM NMO DATUM
 Database math method Conventional method

Apply Residual Statics

Normal database entry naming mode? No

Normal Moveout Correction

Direction for NMO application FORWARD
 Stretch mute percentage 40.
 Apply any remaining static during Yes
 Disable check for previously applied NMO? No
 Get 3D dip velocities? No
 Apply partial NMO? No
 Apply P-Sv converted-wave NMO? No
 Long offset correction? ALCHALABI
 Get velocities from the database? Yes
 SELECT Velocity parameter file Unknown object

CDP/Ensemble Stack

Sort order of input ensembles CDP
 METHOD for trace summing Div-amplitude
 Root power scalar for stack normalization 0.5
 Diversity scalar operator length 20.
 Apply final datum statics after stack? Yes
 Has NMO been applied? Yes



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

INDAGINI GEOFISICHE – STESA L4 DI SISMICA A
 RIFLESSIONE Socotec Italia S.r.l.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1 R 69	IG	GE 0005 004	A	22 di 25

Eigenvector Filter

Mode	Output Eigen-filtered Zone
Get matrix design gates from DATABASE?	No
SELECT Primary header word	CDP
SPECIFY design time gate parameters	101:900-1900/
Get application gates from DATABASE?	No
SELECT Primary header word	CDP
SPECIFY application gate parameters	101:0-2000/
Type of Computations ?	Complex
Horizontal window width	333
Start percent of eigenimage range	0.
End percent of eigenimage range	60.

Bandpass Filter

TYPE of filter	Time and Space-Variant Filter
Type of filter specification	Ormsby bandpass
PHASE of filter	Zero
Percent zero padding for FFT's	25.
Apply a notch filter?	No
Space-variant filter parameters	100:20-32-120-160,16-24-80-120/
Get time gates from the DATABASE?	No
SELECT Primary time gate header word	Unknown object
SELECT Secondary time gate header word	Unknown object
SPECIFY filter time gate parameters	100:0-150,400-1000/

Surface Wave Noise Attenuation

Velocity	450.
Trace spacing	2.5
Low frequency (Hz)	0.
High frequency (Hz)	80.
Blend width (Hz)	5.
Set trace mix limit?	No
Panel size	500
Panel edge	50
Panel mix	30

F-K Filter

Type of F-K filter	Power Exponent
Panel width in traces	300
Percent flat for time ramping	100.
Percent flat for offset ramping	33.
Power to raise F-K space to:	2.
Re-apply T-X trace mute after filter?	Yes
Time filter padding in percent	25.
Space filter padding in percent	25.

Header Statics

Bulk shift static	0.
What about previous statics?	Add to previous statics
First header word to apply	Unknown object
HOW to apply header statics	Subtract

Automatic Gain Control

Application mode	APPLY
Type of AGC scalar	MEAN
AGC operator length	1500.



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

**INDAGINI GEOFISICHE – STESA L4 DI SISMICA A
 RIFLESSIONE Socotec Italia S.r.l.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1 R 69	IG	GE 0005 004	A	23 di 25

BASIS for scalar application
 Robust Scaling?

Centered
 No

Phase Shift Migration

Minimum CDP to migrate	1
Maximum CDP to migrate	399
CDP interval (feet or meters)	2.5
Minimum frequency to migrate (in Hz)	0.
Maximum frequency to migrate (in Hz)	200.
Get INTERVAL-velocity-versus-time function from database?	No
INTERVAL-velocity-versus-time for migration	100:150-1800,400-2200/
Percent velocity scale factor	80.
Migrate dips	up to and beyond 90 degrees
Maximum amount of memory (in Mbytes)	128.

F-K Filter

Type of F-K filter	Power Exponent
Panel width in traces	300
Percent flat for time ramping	100.
Percent flat for offset ramping	33.
Power to raise F-K space to:	1.25
Re-apply T-X trace mute after filter?	Yes
Time filter padding in percent	25.
Space filter padding in percent	25.

Trace Header Math

Select mode	Fixed equation mode
DEFINE trace header equation(s) TFULL_S=0.0; TLIVE_S=0.0; TFULL_E=2000.0; TLIVE_E=2000.0;	

Trace Sample Math

Define Trace Sample Equation
 sample=30

Trace Header Math

Select mode	Fixed equation mode
DEFINE trace header equation(s) elev_st = -1998.0	

Header Statics

Bulk shift static	0.
What about previous statics?	Add to previous statics
First header word to apply	Unknown object
HOW to apply header statics	Add

Trace Math

MODE of operation	Trace/Trace
TYPE of trace/trace operation	Add Traces
Honor ensemble boundaries	Yes
How to handle odd ensemble traces	KILL

Time/Depth Conversion

Conversion direction	Time-to-DEPTH
----------------------	---------------

INDAGINI GEOFISICHE – STESA L4 DI SISMICA A RIFLESSIONE Socotec Italia S.r.l.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1 R 69	IG	GE 0005 004	A	24 di 25

```

Maximum frequency of interest (in Hz)      200.
Percent velocity scale factor              100.
Type of velocity table to use              Stacking (RMS) Velocity
Get velocities from DATABASE?              Yes
SELECT Velocity Parameter File            AV VEL

```

Header Statics

```

Bulk shift static                          0.
What about previous statics?               Add to previous statics
First header word to apply                 Unknown object
HOW to apply header statics                Add

```

SEG-Y Output

```

Type of SEG-Y                              Standard
Type of storage to use                      Disk Image
Enter DISK file path name
/home/promax/Data/2304-socotec/output/SOC-L3-MIG-DEP.SEGY
Job ID # for binary header                  9999
Line # for binary header                   9999
Desired trace format                        IEEE Real
Use the coordinate scalars?                 Yes
Use the Rev 1 time scalars?                 No
Maximum time to output                      2000.
Remap SEG-Y header values?                 Yes
Output/override trace header entries
sou_sloc,4I,,193/
rec_sloc,4I,,197/

```

Trace Display

5 INTERPRETAZIONE DEI DATI

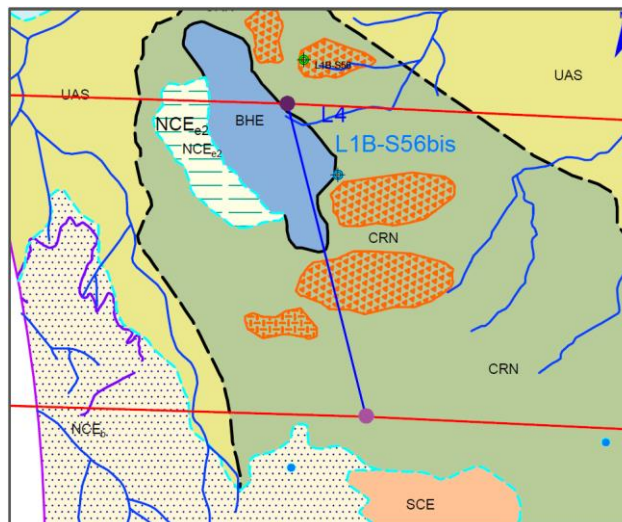


Fig.21 posizionamento della linea sismica L4

La linea L4 mostra un contrasto molto marcato di impedenza acustica a circa 50 -60 metri di profondità.

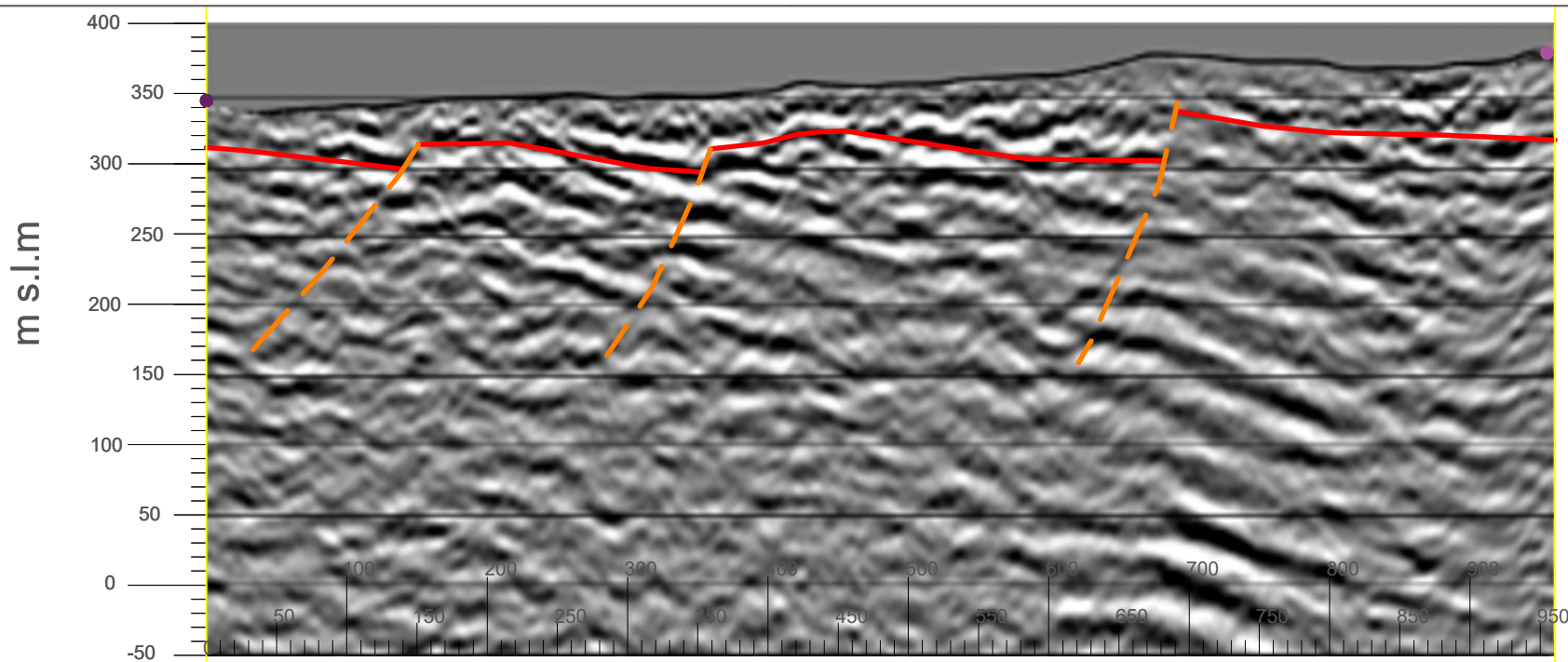
Al di sopra di questo riflettore è evidente una facies sismica con ampiezze e frequenze ben marcata ovvero “ripetizione di bande bianche e nere”. Questo tipo di riflessione è tipica di materiali argillosi che hanno subito diagenesi, caratteristica della formazione delle Crete Nere (CRN). Sono ben evidenti anche dei depositi circoscritti entro i primi 20 metri di profondità alla base di due rotture di pendio; tali depositi potrebbero essere ascrivibili a dei corpi di frana.

L’orizzonte sismico definito come Top CRN è fratturato da modeste strutture estensionali che immergono SE-NW. Al di sotto di questo orizzonte è possibile notare sismostrati ben stratificati sottostanti alla formazione delle crete nere; questi, Calcari con Selce del Bulgheria (BHE), mostrano una stratificazione immergente verso SE. Il contatto tra BHE e CRN sembra essere una discordanza stratigrafica (TOPLAP).

LINEA 4: TRECCHINA (FRAZIONE MAURINO)

START POINT
X: 566647.476
Y: 4432741.216
Z: 346.27

END POINT
X: 566882.303
Y: 4431808.476
Z: 390.7



NW

SE

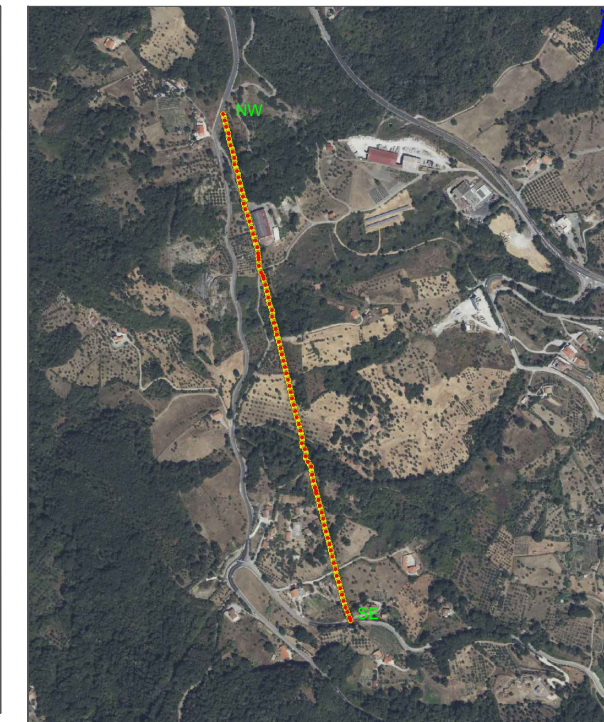
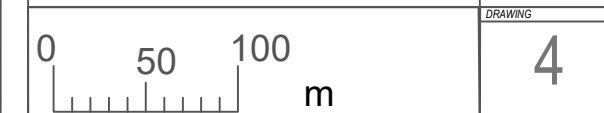


TAVOLA No 4

1:10000

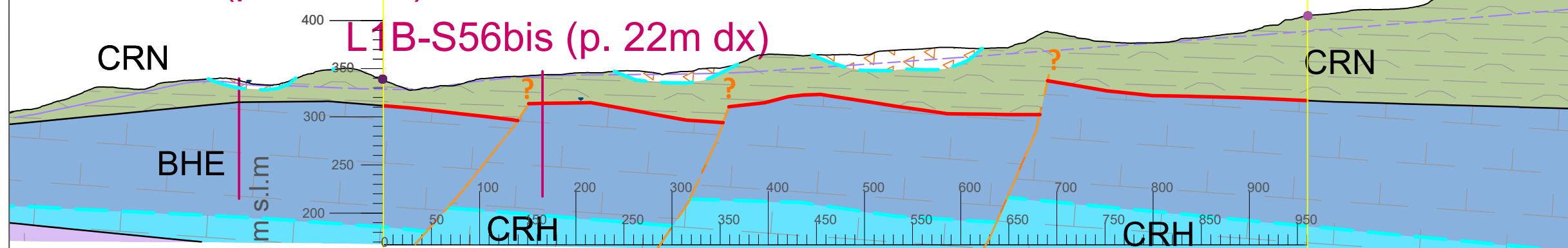


DRAWING
4

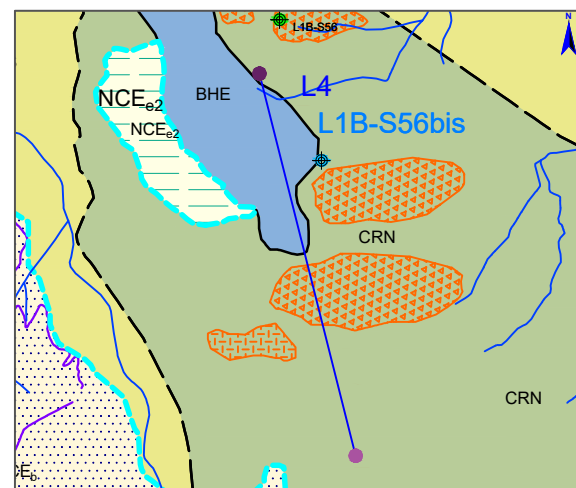
SRT LAGONEGRO REV01 DEF

L1B-S56 (p. 17m dx)

L1B-S56bis (p. 22m dx)



SIMBOLOGIE ELEMENTI GEOLOGICI	INTERPRETAZIONE PROFILI SISMICI
Contatto geologico incerto	FAGLIE INDIVIDUATE CON INDAGINI SISMICHE
Faglia incerta	FAGLIE
Faglia certa	SHOTS
Faglia diretta certa	GEOFONI
Aree milonitizzate	
Linea di involucro dei carichi idraulici ipotizzati sulla base del contesto geologico-idrogeologico	



<p>DEPOSITI QUATERNARI (DEPOSITI NON DISTINTI IN BASE AL BACINO DI PERTINENZA)</p> <p>DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI Depositi ghiaioso-sabbiosi e subordinatamente sabbioso-limosi nelle aree di alveo e golenali dei principali corsi d'acqua. ATTUALE</p> <p>DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E TERRAZZATI Depositi fluviali ghiaioso-sabbiosi e subordinatamente sabbioso-limosi. Spessori variabili tra pochi metri ed alcune decine di metri.</p> <p>PLEISTOCENE MEDIO - PLEISTOCENE SUP. UNITA' DELLA CATENA APPENNINICA (INTERNE) - UNITA' LIGURIDI</p> <p>UNITA' TETTONICA DEI TERRENI AD AFFINITA' SICILIDE</p> <p>FORMAZIONE DELLE CRETE NERE Argilliti grigio scure e nere molto ricche in materia organica (black shales), caratterizzate da un fitto clivaggio (sleaty cleavage), con intercalazioni di quarzo-areniti grigio chiare di spessore da 10 cm al metro.</p> <p>Nella parte alta intercalazioni di litareniti e calcareniti a grana fine, gradate. Nella bassa valle del F. Noce sono presenti blocchi di basalti ofiolitici massicci, non metamorfici, non osservati nell'area di studio. Spessore: circa 200 m.</p> <p>CRETACICO INF. - EOCENE MEDIO</p>	<p>UNITA' DELLA CATENA APPENNINICA (ESTERNE) - UNITA' TETTONICA VERBICARO</p> <p>CALCARI CON SELCE E MARNE DEL BULGHERIA Calcareniti grossolane in strati medi con cenni di laminazione e gradazione alternate a calcilutiti grigio scure con liste e noduli di selce, ben stratificate.</p> <p>Nella parte media sono più frequenti le calcilutiti con intercalazioni di marne silicifere giallastre; al tetto scompaiono le intercalazioni marnose. Spessore: circa 150 m.</p> <p>GIURASSICO INF. - GIURASSICO MEDIO</p> <p>CALCARI DI MONTE CRIVO Calcarei dolomitici in banchi, parzialmente eteropici di calcari dolomitici grigio scuri, a luoghi stromatolitici, in cui si ritrovano grossi megalodontidi.</p> <p>Spessore: supera i 500 m.</p> <p>RETICO - GIURASSICO INF.</p> <p>UNITA' DELLA CATENA APPENNINICA (ESTERNE) - UNITA' TETTONICA ALBURNO-CERVATI-POLLINO</p> <p>FORMAZIONE DEL BIFURTO Argilliti silicifere di colore bruno o vinaccia, argilliti marnose grigio-brune con intercalazioni di strati e lenti sottili, medi e spessi di brecciole e calcareniti brune gradate a macroforaminiferi, quarzo-areniti fini brune e calcari marnosi grigi. La formazione è paraconcordante su TRN. Spessore: fino a 100 m. Depositi riferibili a sistemi torbiditici di acque profonde.</p> <p>BURDIGALIANO MEDIO - SERRAVALLIANO/LANGHIANO</p>	<p>CALCARI A RADIOLITIDI Calcarei fangosostenuti, calcareniti, calciruditi grigiastre, biancastre e avana, in strati da medi a spessi, talora sottili; più a sud, nel lagonegrese, si osservano anche calcilutiti grigio scure e nere, stratificate.</p> <p>Spessore variabile tra 150 m (zona di Casalbuono) e 350-500 m (Lagonegrese).</p> <p>TURONIANO-SENONIANO</p> <p>CALCARI CON REQUIENIE E GASTEROPODI Nell'area di Serra San Giacomo: calcari micritici avana, in banchi e strati, con numerose intercalazioni di dolomie grigie fetide.</p> <p>Nell'area a sud del Vallo di Diano e nel Lagonegrese: calcareniti e calcilutiti grigio scure e nocciola stratificate, in strati compresi tra 20 e 100 cm, con frequenti livelli a requienidi e gasteropodi.</p> <p>Spessore: circa 650 m.</p> <p>NEOCOMIANO - CENOMANIANO</p> <p>UNITA' DELLA CATENA APPENNINICA (ESTERNE) - UNITA' TETTONICA MONTE FORAPORTA</p> <p>DOLOMIE E CALCARI DEL MONTE FORAPORTA Si distinguono due orizzonti principali, che dal basso sono denominati: "dolomie della Calda" e "calcarei della Serra del Palo". Le "dolomie della Calda" sono costituite da una monotona successione di dolomie grigie e nere in strati di 30-40 cm e straterelli di 5-10 cm, con frequenti livelli carboniosi di qualche centimetro di spessore.</p> <p>I "calcarei della Serra del Palo" comprendono calcari e calcari marnosi</p>	<p>straterelli da neri a giallastri con intercalazioni di marne e argille giallastre.</p> <p>Spessore: massimo valutabile di circa 450 m.</p> <p>TRIASSICO SUP. - GIURASSICO MEDIO</p> <p>UNITA' DELLA CATENA APPENNINICA (ESTERNE) - UNITA' TETTONICA MONTI DELLA MADDALENA</p> <p>DOLOMIA SUPERIORE Nell'area di Polla e Sala Consilina: dolomie cristalline grigie, lutitiche e arenitiche, bioclastiche e oncolitiche, ruditiche intraclastiche, con livelli stromatolitici, in strati e banchi tabulari.</p> <p>Nell'area del Lagonegrese (tra Casalbuono e Rivello): dolomie grigio chiare e bianche mal stratificate o in banchi irregolari. A luoghi doloriditi e cicli calcareo-dolomitici con frequenti livelli pisolitici.</p> <p>In tutta l'area la DBS si presenta tettonizzata, evidenziando tre caratteri geomeccanici differenti: uno meno tettonizzato, spesso non stratificato (es. a Rivello).</p> <p>Spessore totale: circa 700 m.</p> <p>NORICO - RETICO</p> <p>UNITA' DELLA CATENA APPENNINICA (ESTERNE) - UNITA' LAGONEGRESI</p> <p>UNITA' LAGONEGRESI II</p> <p>SCISTI SILICEI Litofacies Armizzone: argilliti silicifere, prevalentemente rosse e subordinatamente verdi, con intercalazioni di diaspri varicolori a radiolari e selci in strati decimetrici.</p> <p>Spessore: circa 200 m.</p> <p>TRIASSICO SUP. - GIURASSICO SUP.</p>
--	--	--	---