

# Italia - Concessione Minerbio

## Minerbio 3D

processing final report

sggeg - aesi


aprile 2011





**eni S.p.A.**  
**exploration & production division**

Doc. N° AESI-2010123-P-RAT-01

<b>TYPE OF DOCUMENT:</b>		<b>FINAL REPORT</b>		
<b>SUBJECT:</b>		<b>Italia – Concessione Minerbio</b>  <b>MINERBIO 3D</b>  <b>PROCESSING FINAL REPORT</b>		
<b>DISTRIBUTION:</b>		<b>To:     </b> <i>STOGIT .....</i> <b>5 Paper copy + 5 CDrom</b> <i>AESI Dept.....</i> <b>2 Paper copy + 2 CDrom</b>		
<b>REMARKS:</b>		First Issue  The original copy is available at the Company's Geophysical Services Intranet site.  The document, once downloaded from the Company's Intranet site, becomes a "non controlled copy"		
<b>DATE OF ISSUE:</b> 20/04/2011		 <b>AESI Quality Management System is ISO 9001:2008 certified - Nr. 6961/02/S</b>		
00 Rev.	67 Pages	Prepared by: AESI P. Follino	Checked by: AESI L. Pizzaferrì	Approved by: AESI S. Giammetti



eni s.p.a.  
exploration & production division

MINERBIO 3D PROCESSING - FINAL REPORT

DOC. N.  
AESI-2010123-P-RAT-01

REV.  
00

PAGE 2 DI 67

## Revision Sheet

Rev.	Date	Nr. of pages	Changes
00	27/7/2009	17	First Issue

*Changes in the last revision of the document are highlighted with a lateral line on the right side of the text.*



## Contenuti

1.	SCOPO DEL LAVORO	5
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	8
3.	SOMMARIO DELLA SEQUENZA DI ELABORAZIONE	10
4.	ELABORAZIONE E TEST DEI PARAMETRI	14
4.1.	Introduzione	14
4.2.	Reformat	14
4.3.	Creazione del Geometry Database	17
4.4.	Assegnazione delle Geometrie & QC	19
4.5.	Binning	20
4.6.	Sort in dominio CMP e QC Stack	21
4.7.	Conversione del dato a fase minima (Dynamite data)	21
4.8.	Minimum phase matching (Vibro seis data)	21
4.9.	Line Remove Filter (50Hz)	23
4.10.	Editing delle tracce & QC	23
4.11.	Sort in dominio CMP & Stack	23
4.12.	Geometrical Spreading	24
4.13.	Surface Consistent Amplitude Compensation	24
4.14.	Calcolo ed applicazione delle Correzioni Statiche	25
4.15.	Attenuazione del Ground-Roll in dominio shot e receiver	26
4.16.	Sort in dominio CMP & Stack	29
4.17.	Anomalous amplitude attenuation (AAA)	29
4.18.	Deconvoluzione	29
4.19.	Analisi di Velocità Preliminari	32
4.20.	Correzioni statiche Residuali Surface Consistent (First Pass)	32
4.21.	Analisi di Velocità Finali	32
4.22.	Correzioni statiche Residuali Surface Consistent (Second Pass)	32
4.23.	Correzioni statiche Residuali CMP Consistent	35
4.24.	DMO Velocity Analysis (3D Dmo Monitor)	37
4.25.	3D Full DMO Stack	37
4.26.	3D Full Plane F-X Deconvolution (Post Stack)	40
4.27.	Time Variant Filter	40



4.28.	3D Post Stack F-X-Y Trace Interpolation	40
4.29.	Conversione del dato a fase zero	43
4.30.	3D Post-stack Kirchhoff Time Migration	43
4.31.	Time Variant Filter	43
4.32.	Exponential Gain	43
4.33.	Conversione del dato in formato SEG-Y	43
5.	CONCLUSIONI	55
6.	SISTEMA DI QUALITA'	56
6.1.	Introduzione	56
6.2.	Controllo dei Documenti	56
6.3.	Gestione delle non-conformità	56
6.4.	Verifiche ed Ispezioni	56
7.	APPENDICI	57
A.1	Tabelle riassuntive dei parametri di acquisizione	57
A.2	Procedure per il controllo della qualità del dato	59
A.3	Location Map	60
A.4	Master Grid	61
A.5	Trattamento della Fase	62
A.6	Prodotti finali	63
A.7	Persone coinvolte nel progetto	64
A.8	Tempistica del progetto	65
A.9	Lista delle Figure	66



## I. SCOPO DEL LAVORO

Il presente rapporto descrive le fasi di test e di produzione della sequenza di elaborazione applicata al rilievo sismico MINERBIO 3D (Provincia di Bologna) *Figura 1*, situato nella concessione omonima *(Appendice A.3)*.



*Figura 1*

Nonostante l'area sia stata precedentemente investigata dal punto di vista geofisico da diversi rilievi sismici 2D, tali dati si sono rivelati inadatti ad una buona analisi del reservoir.

Per questo motivo, gli obiettivi della nuova acquisizione sono:

- ottenere una ricostruzione della struttura del giacimento e dell'organizzazione interna dei corpi sedimentari utilizzati per lo stoccaggio del gas (Pool C), ponendo particolare attenzione alla definizione dell'andamento delle faglie inverse delimitanti il campo a NE e alle relazioni geometriche esistenti tra il giacimento ed i corpi porosi presenti nella copertura.
- realizzare un modello dinamico 3-D del giacimento, tale da permettere l'ottimizzazione della gestione del campo in relazione all'attività di stoccaggio.



- permettere il monitoraggio del reservoir mediante un eventuale futuro studio 4D

Il campo di Minerbio, ubicato circa 20 km a NE di Bologna, è la parte nord-occidentale di un'anticlinale fagliata, vergente verso NE e appartenente al sistema di pieghe romagnole. La struttura è delimitata a NE da almeno due piani di faglia inversi, che immergono verso sud-ovest e danno luogo a rigetti fino a circa 100 m. L'anticlinale, con fianchi fortemente asimmetrici, è complicata da un'anticlinale minore costituente la culminazione mineralizzata di Minerbio e attualmente utilizzata per lo stoccaggio.

Il reservoir principale è costituito da livelli sabbiosi con spessore di alcune decine di metri, appartenenti alla Formazione Porto Garibaldi (Pliocene medio-sup) e posti ad una profondità media di 1270 m s.l.m (1.6 s TWT). L'estensione dell'area mineralizzata è di circa 8 km<sup>2</sup>.

La chiusura stratigrafica del giacimento è assicurata da una trappola di tipo misto, in cui interagiscono elementi tettonici (anticlinali asimmetriche, faglie marginali) e stratigrafici (geometrie lenticolari dei livelli sabbiosi con chiusura a pinch-out). La copertura del reservoir pliocenico è rappresentata dalle Argille del Santerno sup.

Il rilievo sismico in oggetto, per il quale sono stati utilizzati come sorgenti di energia sia l'esplosivo che i vibroseis, è caratterizzato da una Full Fold Area di circa 53 Km<sup>2</sup> ed una Single Fold Area di circa 95 Km<sup>2</sup>.

L'acquisizione sismica è stata eseguita da Geotec S.p.A (Gruppo DGS 2) e la registrazione dei dati ha avuto una durata di 52 giorni effettivi (dal 19 Novembre 2010 al 28 Gennaio 2011).

Le tabelle in [Appendice A.1](#) riassumono i principali parametri di acquisizione del rilievo.

Le caratteristiche salienti del territorio interessato dall'attività di acquisizione sismica 3D, cioè l'elevata densità abitativa, industriale ed agricola nonché la presenza di numerose aree protette ai sensi della vigente normativa a livello nazionale, regionale e provinciale, quali il SIC-ZPS (IT4050024), "Biotopi e Ripristini ambientali di Bentivoglio, San Pietro in Casale, Malalbergo e Baricella" e il SIC-ZPS (IT4050023) "Biotopi e Ripristini ambientali di Budrio e Minerbio", hanno richiesto in sede di progettazione un'attenta pianificazione delle attività di campagna al fine di minimizzarne i potenziali effetti negativi, adattando la geometria del rilievo – in particolare l'ubicazione dei punti di scoppio ("shot points") – ai vincoli antropici (strumenti di governo del territorio vigenti ed adottati) ed ambientali (sensibilità degli ecosistemi individuati attraverso l'attribuzione di un loro specifico valore ecologico-ambientale) presenti.

Tutte le caratteristiche sopra menzionate hanno reso necessario un attento e particolareggiato scouting al fine di ottenere le informazioni necessarie ad una ottimizzazione del rilievo.

In particolare, a causa della difficoltà nel posizionamento degli shot points e dei punti di vibrata, per ottenere una copertura full fold omogenea, sono state effettuate delle operazioni di undershooting che hanno permesso di compensare parzialmente la riduzione di copertura.



Nell'ambito dell'acquisizione delle swath I1 e I2 sono stati effettuati test di profondità e/o di carica al fine di stabilire l'opportuna combinazione per ridurre la presenza di Ground-Roll ed ottenere allo stesso tempo una buona risposta sismica.

Nonostante la qualità dei dati sismici sia risultata generalmente buona, sia dal punto di vista della risposta sismica che da quello del contenuto in frequenza, è da rilevare la presenza di un consistente disturbo di ground-roll tipico delle aree pianeggianti alluvionali e quindi con aerato piuttosto spesso.

La non linearità del ground-roll presente sui dati, anche se abbastanza discriminabile in frequenza e in ampiezza, ha comportato una intensiva fase di testing per consentire una buona attenuazione dello stesso.

E' presente inoltre una discreta quantità di tracce contaminate da diversi tipi di rumore sia random che organizzato, causati dai numerosi insediamenti abitativi e industriali e dalle numerose strade presenti nell'area.

In corrispondenza dei centri abitati di maggiore estensione e della centrale di Minerbio sono da segnalare delle aree con un deterioramento in termini di continuità e di frequenza del segnale sismico. Questo a causa della predominanza di offset medio-lunghi necessariamente introdotti tramite la tecnica dell'undershooting per compensare le riduzioni di copertura generati dalla mancanza di shot points nelle suddette zone.

Per quanto riguarda il calcolo delle correzioni statiche, è stata utilizzata la metodologia ad elevation con velocità di replacement costante di 1700 m/s.

L'elaborazione del dato sismico è stata eseguita presso il centro di elaborazione eni presso il Cineca (Bologna) nel il periodo Dicembre 2010 – Marzo 2011.

E' stato utilizzato il software Omega2 (v 2.8) di proprietà WesternGeco, operante su cluster IBM (dual quad core), 400 nodes (8 cpu's/node), 2,66 Ghz, 8G.2b RAM.





## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il bacino del Po è una depressione formatasi alla confluenza di due grandi regioni geologiche: l'area alpina e quella appenninica. La sua formazione è il risultato di due importanti eventi tettonici: collisione della zolla Apula con l'Europa, iniziata nel Cretaceo, che ha dato vita all'orogenesi alpina e la rotazione del blocco Sardo-Corso, di epoca miocenica, che ha provocato l'orogenesi appenninica. Per tutto il Neogene ed anche nel Quaternario all'interno del bacino, in continua subsidenza, si ha la deposizione di spesse sequenze terrigene generatisi dalla sedimentazione di correnti torbiditiche provenienti dalle Alpi e dagli Appennini.

Il campo di Minerbio è situato nell'Area ENI circa 20 chilometri a NE da Bologna. E' stato scoperto nel luglio 1956 dal pozzo esplorativo Minerbio I.

Il campo di Minerbio è costituito da un'anticlinale delimitata a NE da un sistema di faglie inverse nord-vergenti, appartenenti al thmt Selva - Minerbio.

Il reservoir principale è costituito da livelli sabbiosi spessi alcune decine di metri, ubicati all'interno della F.ne Porto Garibaldi (Pliocene medio - sup.) ed indicati con il nome di PoolC; sotto questo Pool, tanto all'interno della suddetta formazione, quanto entro le sottostanti Argille del Santerno, sono presenti altri Pool minori (chiamati D, E, F). Infine, nella copertura del giacimento (Argille del Santerno) sono presenti altri corpi sabbiosi mineralizzati a gas e noti come livelli PLQ I, A1, A2 e B.

La mineralizzazione è a gas secco.

Dal punto di vista strutturale, la struttura di Minerbio è la parte nord-occidentale di un'anticlinale fagliata (estendentesi sui campi di Minerbio e Selva), vergente verso NE ed appartenente al sistema di pieghe romagnole. L'anticlinale, che costituisce il margine NE di un bacino di piggy - back strutturatosi durante il Pliocene e bordato, a NE, da un sistema di faglie formante una zona di sovrascorrimento, è complicata da un'anticlinale minore, disassata (Alto di Minerbio). Le faglie che chiudono la struttura mineralizzata a NE sono, molto probabilmente, display secondari di questa fascia deformativa e presentano rigetti massimi verticali di un centinaio di metri. Inoltre, sulla base dell'interpretazione delle linee sismiche e dei log di pozzo, è possibile affermare che la faglia più esterna è anche quella a maggior sviluppo lineare e meno pendente, mentre la faglia interna sembra essere più verticale e, in profondità, potrebbe unirsi a quella più esterna. L'età del processo deformativo fragile non è definibile. Però, la migrazione verso NE dell'asse dell'anticlinale (ricostruibile analizzando la distribuzione degli spessori minimi delle Argille del Santemo inf. e sup. e la migrazione dell'onlap dei livelli sabbiosi della F.ne P.to Garibaldi sui fianchi dell'anticlinale) e il suturamento della struttura ad opera della parte basale delle Sabbie di Asti, fanno propendere per una storia deformativa fragile sviluppatasi durante il Pliocene medio - superiore. In questo periodo di tempo, nel bacino di piggy - back più interno ed in quello più esterno, si andavano deponendo corpi torbiditici di notevole spessore, che si appoggiavano in onlap sull'anticlinale stessa, colmando progressivamente le depressioni adiacenti.



Probabilmente, nel Plioc. sup. - Pleistocene si ha la formazione della struttura anticlinale minore, disassata rispetto all'anticlinale principale e più avanzata verso NE, costituente la culminazione mineralizzata di Minerbio ed oggi utilizzata per lo stoccaggio.

L'interpretazione sismica ha evidenziato che la struttura di Minerbio è un'anticlinale strizzata, allungata in direzione NW - SE (sui campi di Minerbio e Selva), vergente verso NE e con fianchi fortemente asimmetrici, su cui si sovrimpone un'anticlinale minore costituente il campo propriamente detto.

Il fianco NE, più pendente, è interessato da almeno due piani di faglia inversi, che immergono verso SW e danno luogo a rigetti anche di 100 m.

Tali piani hanno andamento parallelo al fronte della struttura e, verso il limite SE del campo, piegano verso S costituendo la separazione tra la struttura di Minerbio e quella di Selva. Il fianco SW, invece, scende regolarmente e senza alcuna traccia di complicazioni tettoniche.

Nel settore SE del campo, si evidenzia un'area di erosione (o non deposizione) del POOL C, con andamento coincidente con l'asse strutturale dell'anticlinale, che tende ad allargarsi andando verso la struttura di Selva e determina la separazione tra i due campi; la sismica indica che il settore NW del campo chiude regolarmente per pendenza.



### 3. SOMMARIO DELLA SEQUENZA DI ELABORAZIONE

Reformat	From SEG-Y to Omega DIO internal format.
Geometry DB Creation	From SPS geometry files
Geometry Update & QC	Trace headers updating from geometry DB.
Binning	Grid computation and application: bin size 20m x40m
Sort to CMP gather & Stack	Shot gather data were sorted to cmp domain and stacked for qc purpose
Minimum Phase Conversion	Conversion to minimum phase applying a filter operator derived from the recording system pulse response.
Dynamite – Vibroseis data Phase Matching	Vibroseis and dynamite shot gathers were analysed and matching phase operator was computed and applied to the vibroseis data
Line Remove Filter	A line remove notch filter was applied to remove power line interference
Bad Trace Editing	Information about bad and reverse polarity traces retrieved from observer's log and manually selected from shot records display
Sort to CMP gather & Stack	Shot gather data were sorted to cmp domain and stacked for qc purpose
Amplitude decay recovery	A preliminary velocity field was applied as a Velocity/Time (VT) function in Spherical Divergence Spreading correction, to recover the overall energy losses
Surface Consistent Amplitude Compensation	Shot gather data were analysed and source and detector balance factors were computed and applied to scale input traces in a surface-consistent way
Statics Corrections Update	Final statics corrections (elevation method) computed using GMG software package were updated into the trace headers
Ground Roll Filter	F-X Coherent Noise Suppression was applied in shot



and receiver domain to reduce the ground roll and coherent noise

Sort to CMP gather & Stack

Shot gather data were sorted to cmp domain and stacked for qc purpose

Anomalous Ampl Attenuation

2 passes of anomalous amplitude attenuation filter were applied to identify and attenuate anomalous amplitudes

Deconvolution

Type: Spiking (trace by trace)  
Operator Length: 120 ms .  
0.1% white noise.  
Autocorrelation gates design:  
Analysis Window 0 - 4000 ms  
Application Window 0 – 6000 ms

Preliminary Velocity Analysis

A preliminary run of velocity analysis was carried out using Omega InVa tool, MVF option  
Performed on 1.0 X 1.0 km grid  
Trial velocities range : 1500 - 5000  
Time Variant Velocity increment  
15 CMPs per location

Surface Consistent  
3D Residual Statics  
(First Pass)

CMP ordered data were NMO corrected using the preliminary velocity volume  
Time gate: 0.4 – 3.6 sec  
Max correlation shift +/-36ms  
Model extent : 15 x 7

Final Velocity analysis

A final run of velocity analysis was carried out using Omega InVa tool, MVF option  
Performed on 0.5 X 0.5 km grid  
Trial velocities range : 1500 - 5000  
Time Variant Velocity increment  
15 CMPs per location

Surface Consistent  
3D Residual Statics  
(Second Pass)

CMP ordered data were NMO corrected using the final velocity volume  
Time gate: 0.4 – 3.6 sec  
Max correlation shift +/-24ms  
Model extent : 15 x 7



CMP Consistent	Max Correlation shift : +/-16ms
Residual Statics XL Direction	Time Gate : 250-3600 ms Model extent : 3 traces
DMO Velocity analysis	A run of DMO velocity analysis was carried out using Omega InVa tool, MVF option Performed on 0.5 X 0.5 km grid Trial velocities range : 1500 - 5000 Time Variant Velocity increment 15 CMPs per location
3D Full DMO Stack	CMP ordered data were NMO corrected using DMO velocities DMO Operator type : Kirchhoff algorithm DMO Aperture size : 61 traces Maximum dip : 80 deg.
3D Full Plane F-X Deconvolution	Operator Width : 5 traces Width of window : 21 traces Length of window in time : 200ms No original data were added back
Time Variant Filter	A time variant filter with the following parameters was applied Time: 0.0sec Low cut: 14hz-24db/oct High cut: 140hz-48db/oct Time: 0.5sec Low cut: 12hz-24db/oct High cut: 120hz-48db/oct Time: 0.75sec Low cut: 10hz-24db/oct High cut: 110hz-48db/oct Time: 1.5sec Low cut: 8hz-24db/oct High cut: 100hz-48db/oct Time: 3.0sec Low cut: 8hz-24db/oct High cut: 80hz-48db/oct Time: 4.5sec Low cut: 6hz-24db/oct High cut: 70hz-48db/oct Time: 6.0sec Low cut: 4hz-24db/oct High cut: 60hz-48db/oct
Zero Phase Conversion Filter	Designed statistically using average minimum phase wavelet extracted from stacked data Computation gate: from 0.2 to 3.0 sec
Post-stack trace interpolation performed in F-X-Y domain	Bin size reduction from 20x40m to 20x20m



#### Post Stack Time Migration

3D Kirchhoff time migration  
Operator aperture 4km  
Time variant maximum dips and frequencies  
Dip taper 5deg  
Velocity field: smoothed dmo velocity field

#### Time Variant Filter

A time variant filter with the following parameters was applied  
Time: 0.0sec Low cut: 14hz-24db/oct High cut: 140hz-48db/oct  
Time: 0.5sec Low cut: 12hz-24db/oct High cut: 120hz-48db/oct  
Time: 0.75sec Low cut: 10hz-24db/oct High cut: 110hz-48db/oct  
Time: 1.5sec Low cut: 8hz-24db/oct High cut: 100hz-48db/oct  
Time: 3.0sec Low cut: 8hz-24db/oct High cut: 80hz-48db/oct  
Time: 4.5sec Low cut: 6hz-24db/oct High cut: 70hz-48db/oct  
Time: 6.0sec Low cut: 4hz-24db/oct High cut: 60hz-48db/oct

#### Exponential Gain

An exponential gain of 6dB/sec was applied  
Gain stop time 2.5 sec

#### Seg-y output

The final stack and migration volumes were converted to seg-y format 32 bit floating point as final deliverable



## 4. ELABORAZIONE E TEST DEI PARAMETRI

### 4.1. Introduzione

La sequenza di elaborazione è stata definita considerando come prioritari i seguenti obiettivi:

- Controllo della fase
- Elaborazione del dato in preservazione di ampiezza
- Elaborazione del dato in preservazione di frequenza

A questo scopo, per ogni step di elaborazione è stata eseguita una intensiva fase di testing volta a definire i migliori parametri per raggiungere gli obiettivi sopra descritti principalmente nella zona del target.

### 4.2. Reformat

Gli shot provenienti dall'acquisizione, sono stati ricevuti su DVD ROM in formato SEG-Y con intervallo di campionamento 2ms e lunghezza di registrazione 6 sec.

I dati sono stati successivamente convertiti nel formato interno Omega2 (DIO format) senza alcun ricampionamento.

Analizzando le registrazioni di campagna è emersa una buona qualità del dato registrato ma allo stesso tempo la presenza di ground-roll tipico dei rilievi sismici terrestri.

E' stata riscontrata anche una accettabile quantità di tracce rumorose (rumore random e organizzato) dovuto alle numerose strade e insediamenti abitativi ed industriali presenti nell'area.

Alcuni esempi di raw shots sono riportati nelle [Fig. 2-4 \(dynamite\)](#) e [Fig. 5-6 \(vibroseis\)](#)

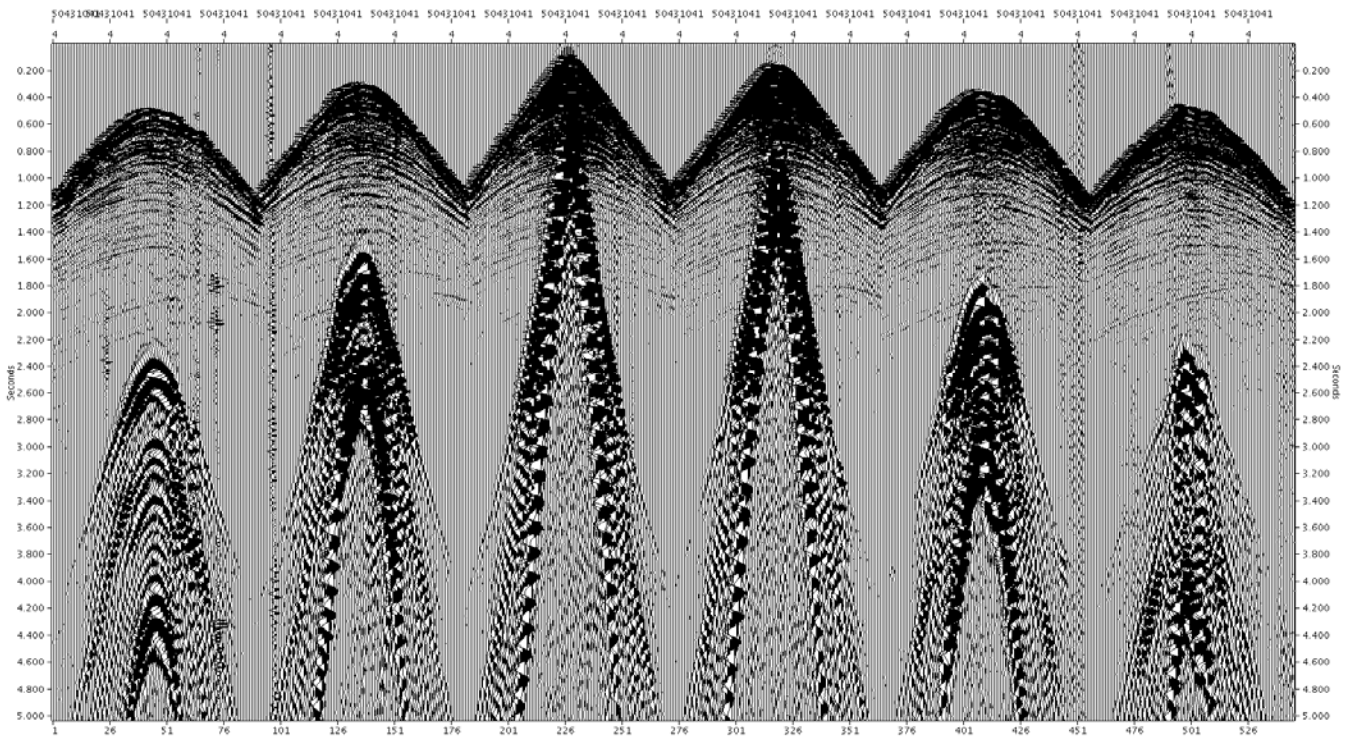


Figura 2

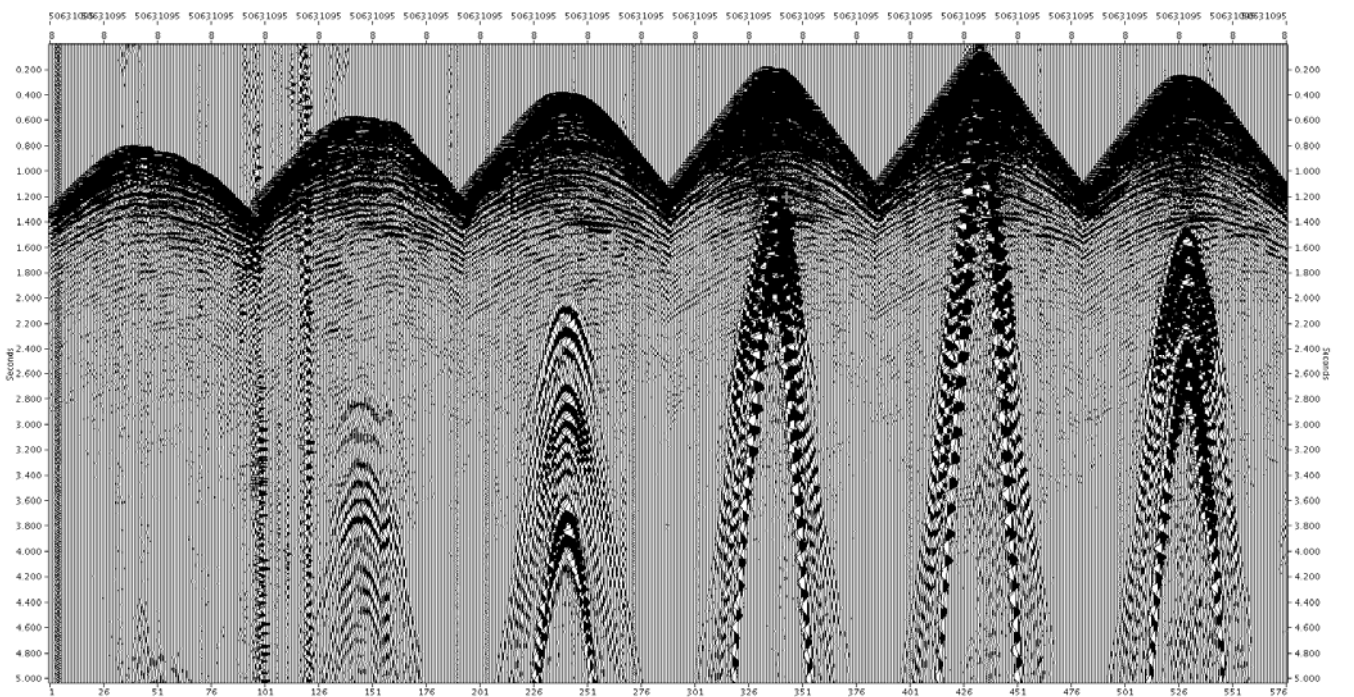


Figura 3



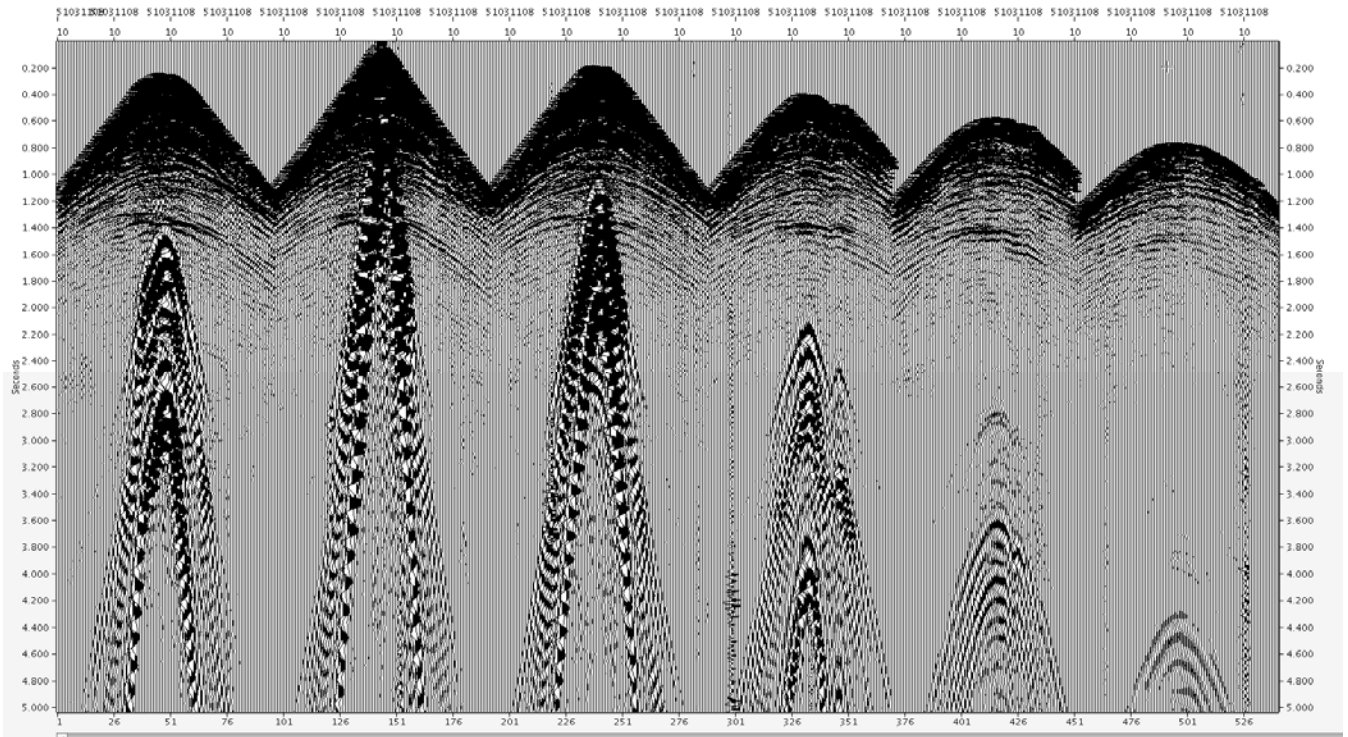


Figura 4

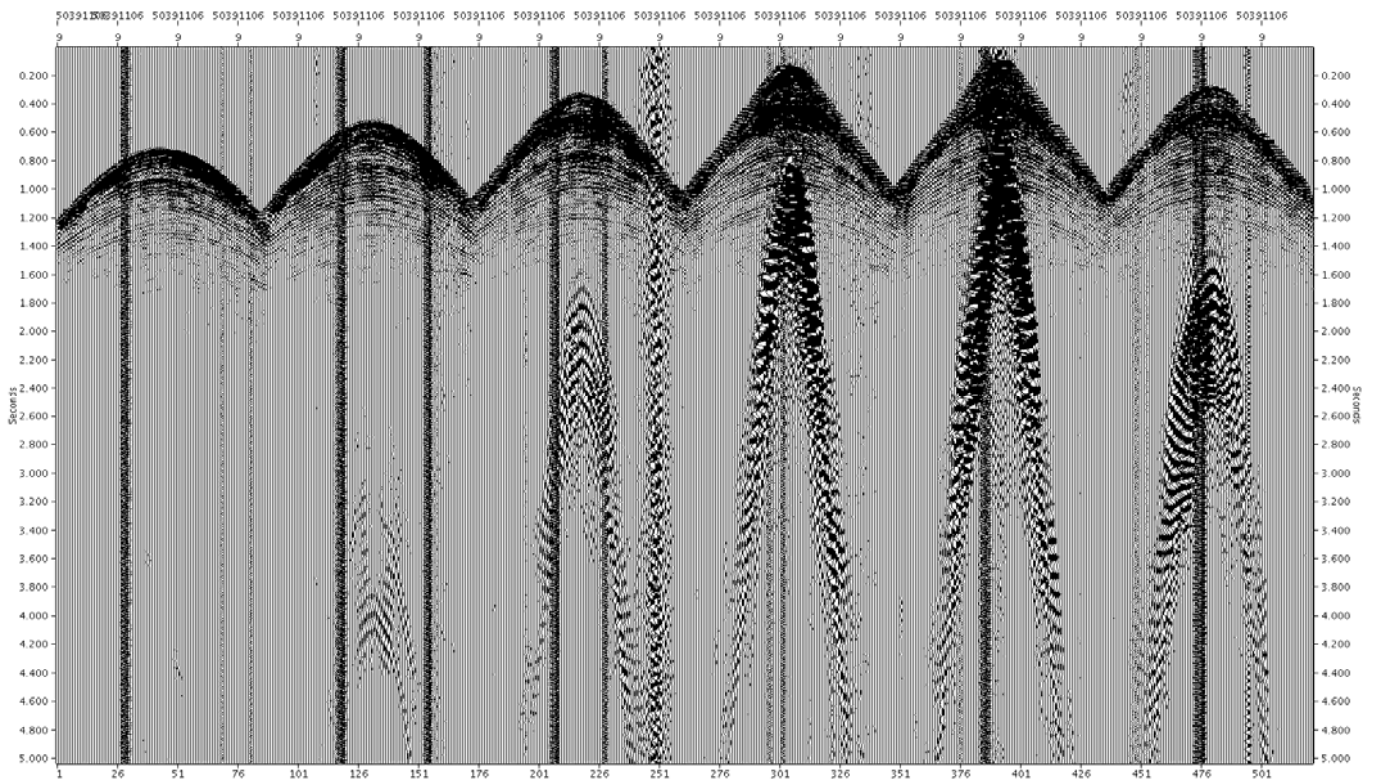
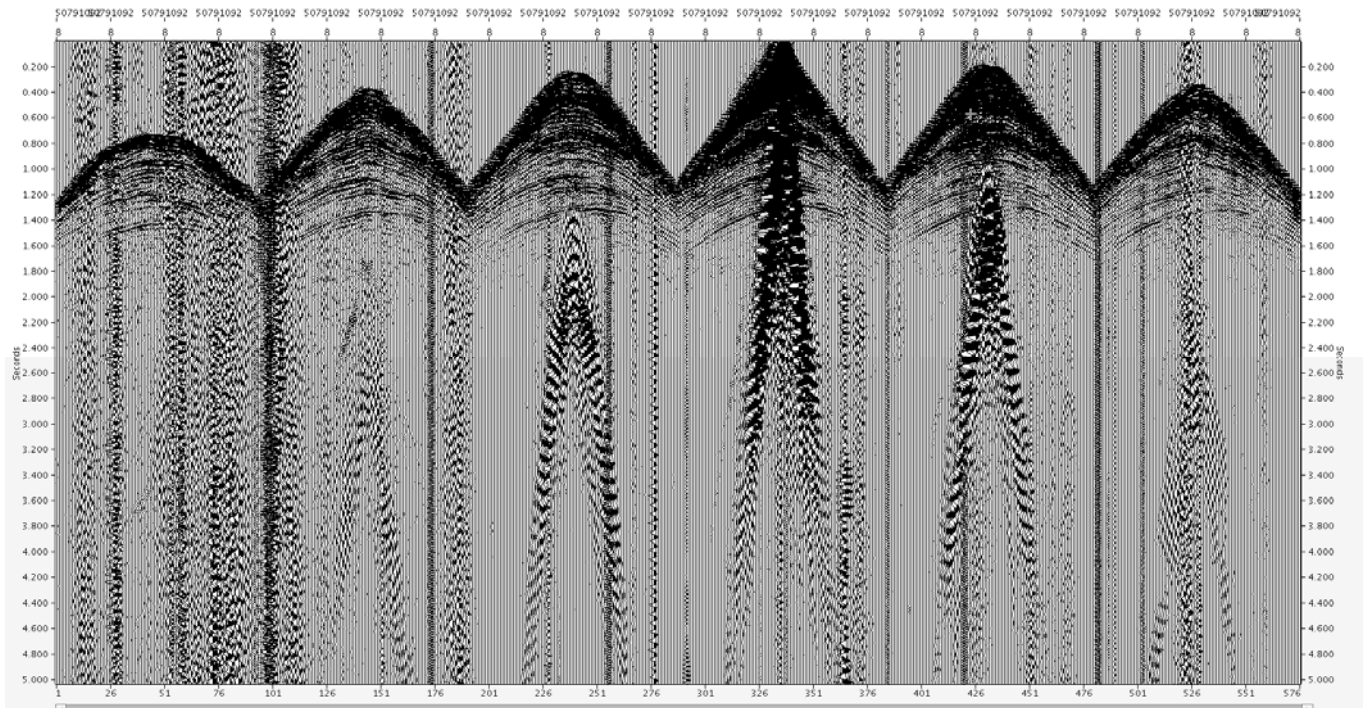


Figura 5



*Figura 6*

### 4.3. Creazione del Geometry Database

Partendo dai dati SPS prodotti in campagna ed inviati contemporaneamente al dato sismico, è stato creato un database contenente le informazioni di geometria necessarie per il processing.

Da un'analisi delle mappe dei layout di acquisizione si può avere un'idea delle difficoltà incontrate durante le operazioni di posizionamento sia dei ricevitori che degli shot points descritte nel paragrafo I.

Le *Fig.7 e 8* mostrano rispettivamente i layout delle sorgenti e dei ricevitori.

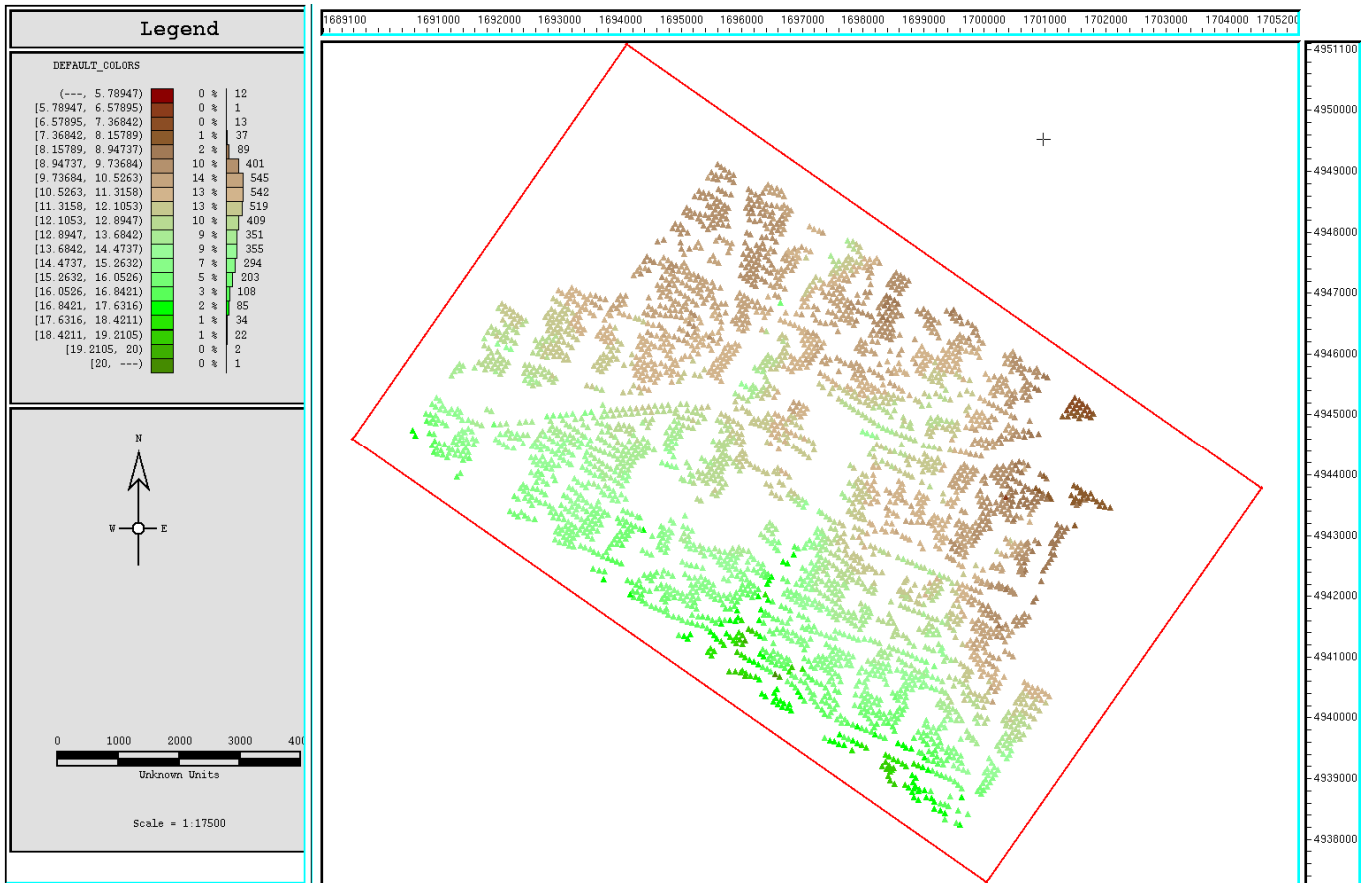


Fig. 7 - Sources Layout

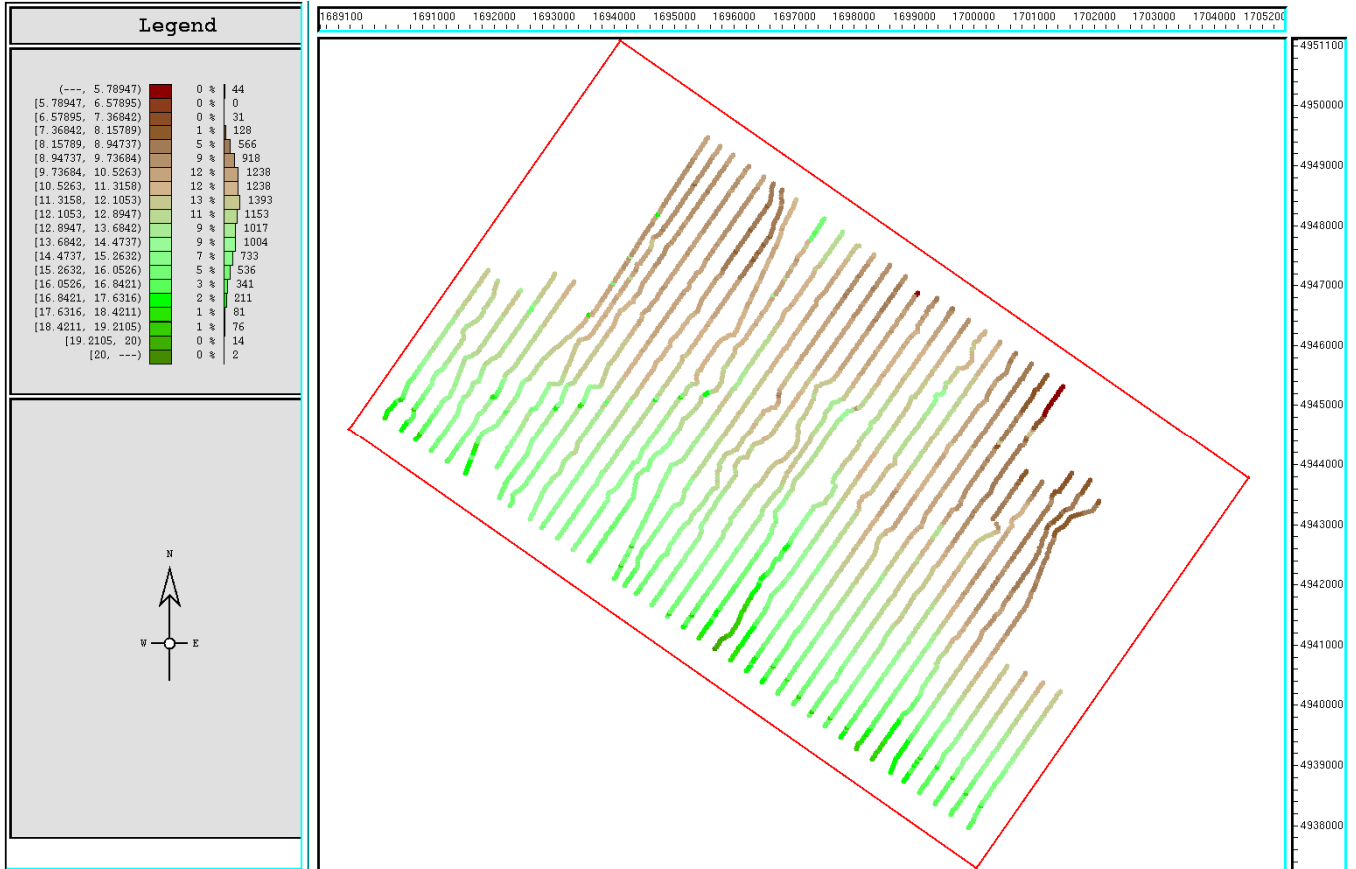


Fig. 8 - Receivers Layout

#### 4.4. Assegnazione delle Geometrie & QC

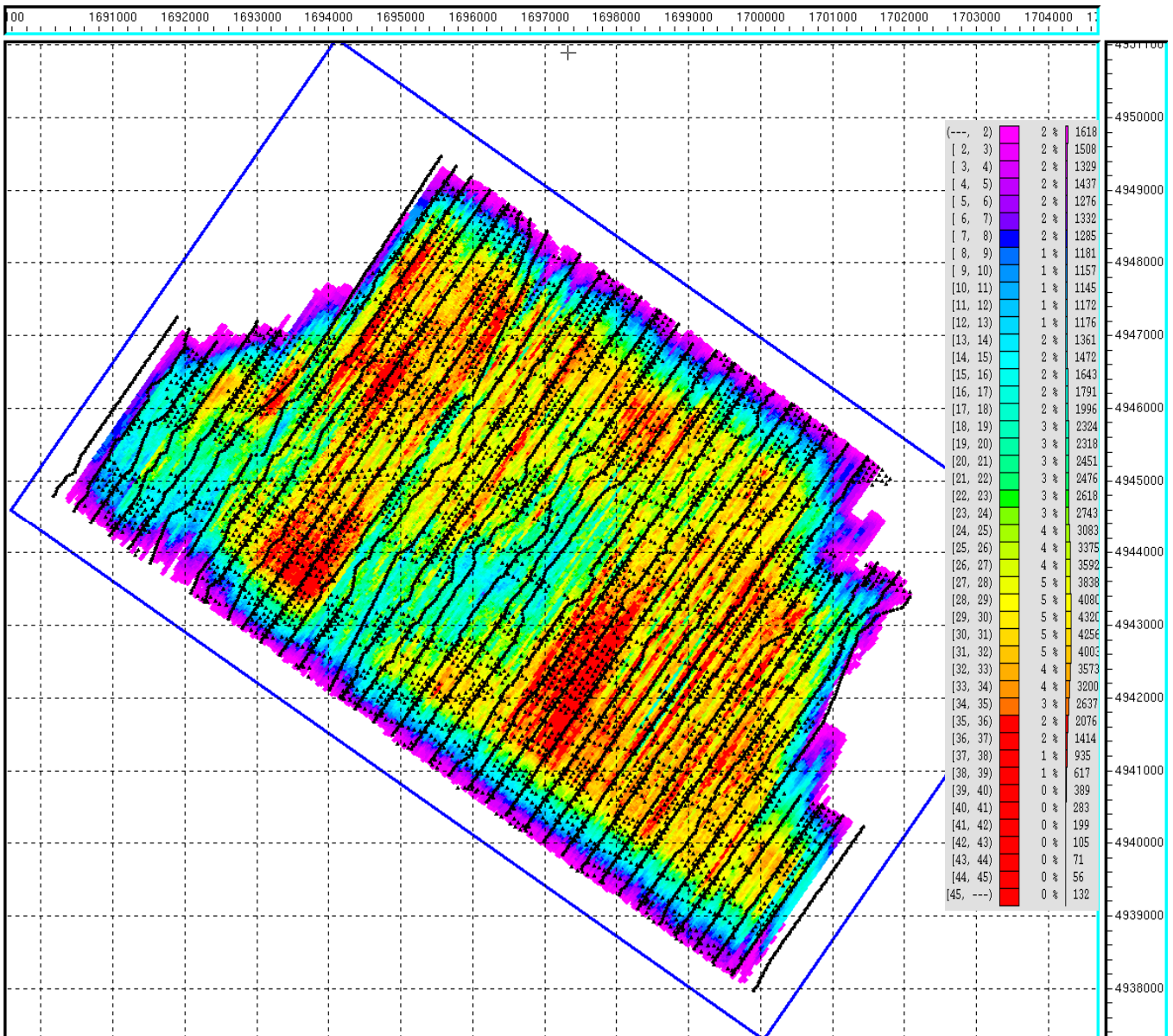
Le informazioni relative alle geometrie di acquisizione (coordinate dei punti di scoppio e dei ricevitori, quote ecc) sono state trascritte nelle headers delle tracce.

Dall'analisi delle curve di offset sovrapposte agli shot non sono emersi problemi di geometria.



## 4.5. Binning

Sulla base della posizione dei midpoints e dopo la relativa centratura, è stato calcolato ed applicato il grid ([Appendice A.4](#)). La mappa di copertura risultante rappresentata in [Fig. 9](#), è stata utilizzata per valutare la correttezza del grid utilizzato per l'elaborazione.



**Fig. 9 - Mappa di Copertura**



#### 4.6. Sort in dominio CMP e QC Stack

I dati sono stati riorganizzati in dominio CMP e quindi sommati al fine di ottenere un volume stack preliminare utilizzato come quality control. L'analisi del volume, effettuata con il programma di visualizzazione interno ad Omega non ha evidenziato problemi.

#### 4.7. Conversione del dato a fase minima (Dynamite data)

I dati acquisiti con sorgente ad esplosivo sono stati convertiti a fase minima prima della deconvoluzione.

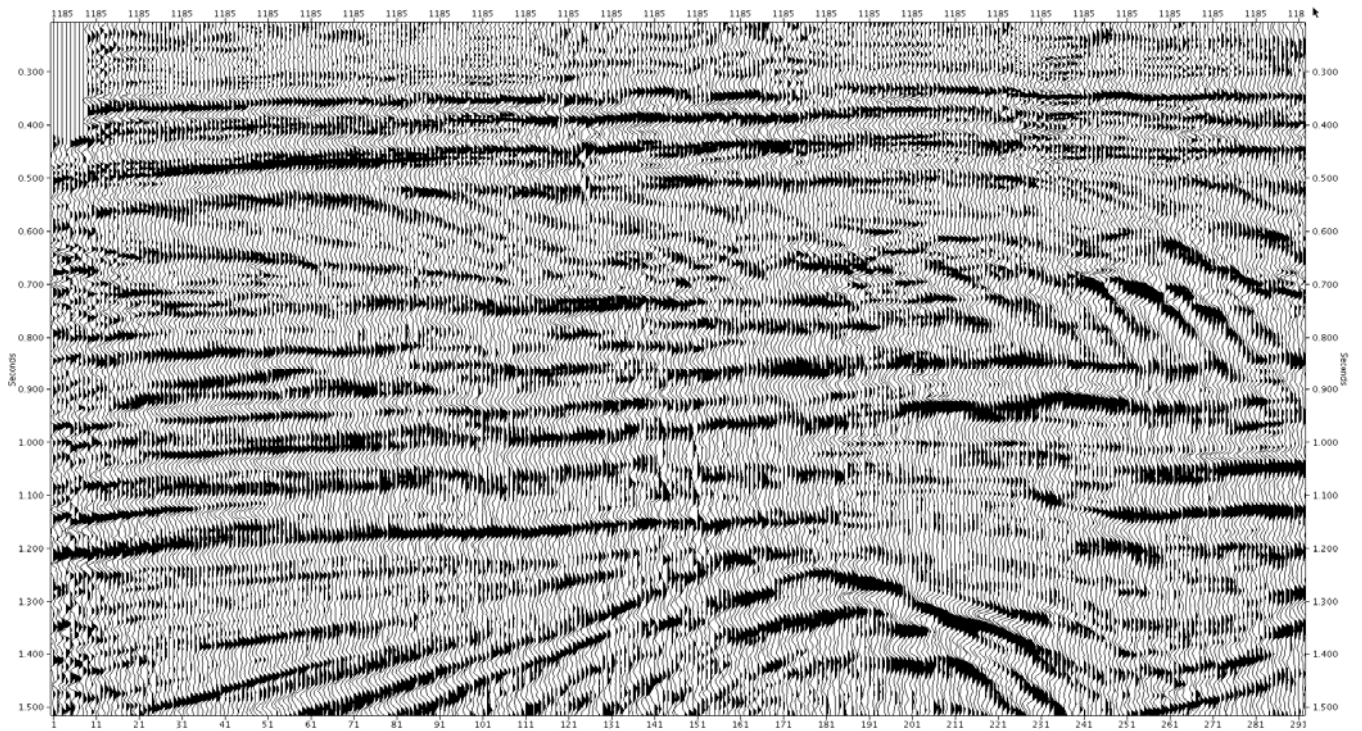
L'operatore utilizzato per questa fase di processing è stato ricavato dalla conversione a fase minima della convoluzione delle risposte all'impulso dell'apparecchiatura di registrazione e del geofono.

L'operatore per la conversione a fase minima è rappresentato nell' [Appendice A.5a](#)

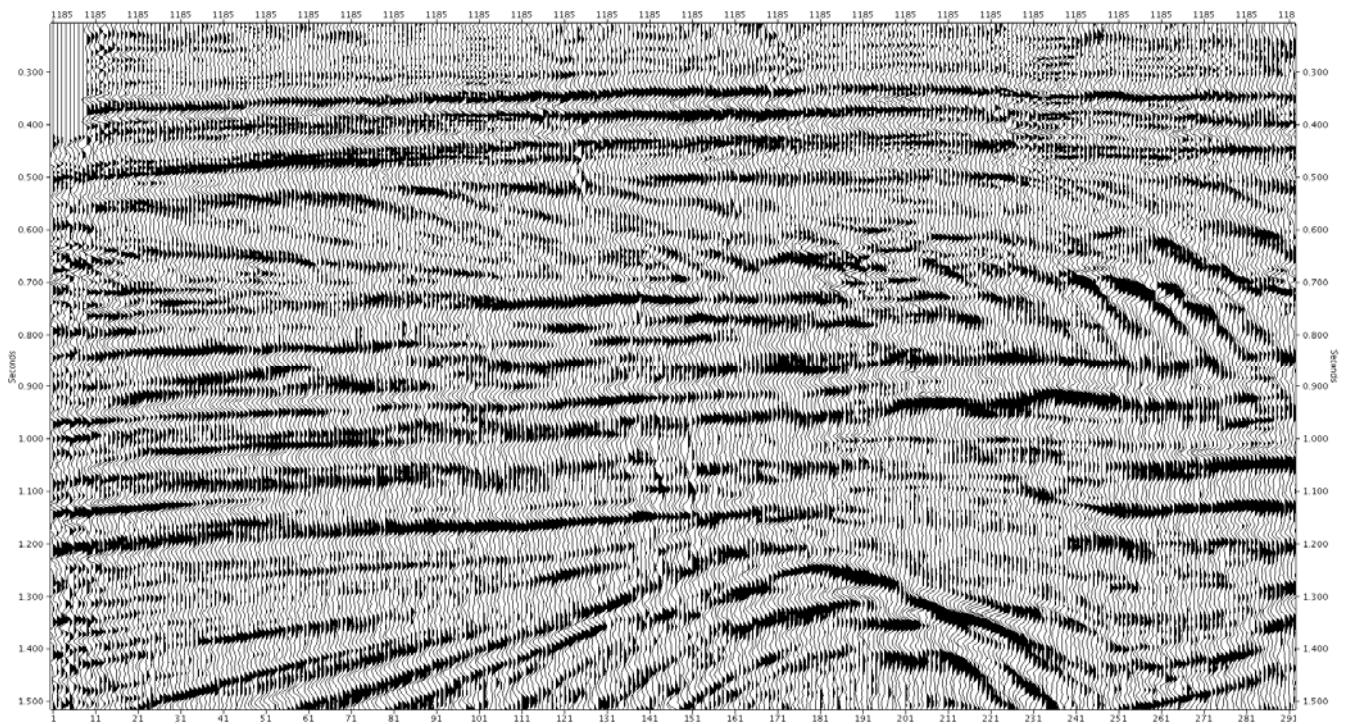
#### 4.8. Minimum phase matching (Vibroseis data)

Per avere omogeneità di fase tra I dati dinamite e vibroseis è stata applicata una sequenza di phase matching.

Tramite una cross-equalization spectral analysis è stato ricavato un operatore per portare i dati vibroseis alla stessa fase di quelli dinamite. Il risultato dell'operazione è visibile nelle [Fig. 10-11](#)



*Fig. 10 - Stack fase minima (no phase matching)*



*Fig. 11 - Stack fase minima (after phase matching)*



## 4.9. Line Remove Filter (50Hz)

A causa delle numerose tracce affette da disturbo a monofrequenza (50hz e armoniche) introdotto dalla rete elettrica è stato applicato un filtro che, sfruttando la frequenza pressoché costante di questo tipo di disturbo, mediante un algoritmo adattativo, effettua una stima del noise e lo elimina dal dato sismico, lasciando inalterate le tracce senza anomalie.

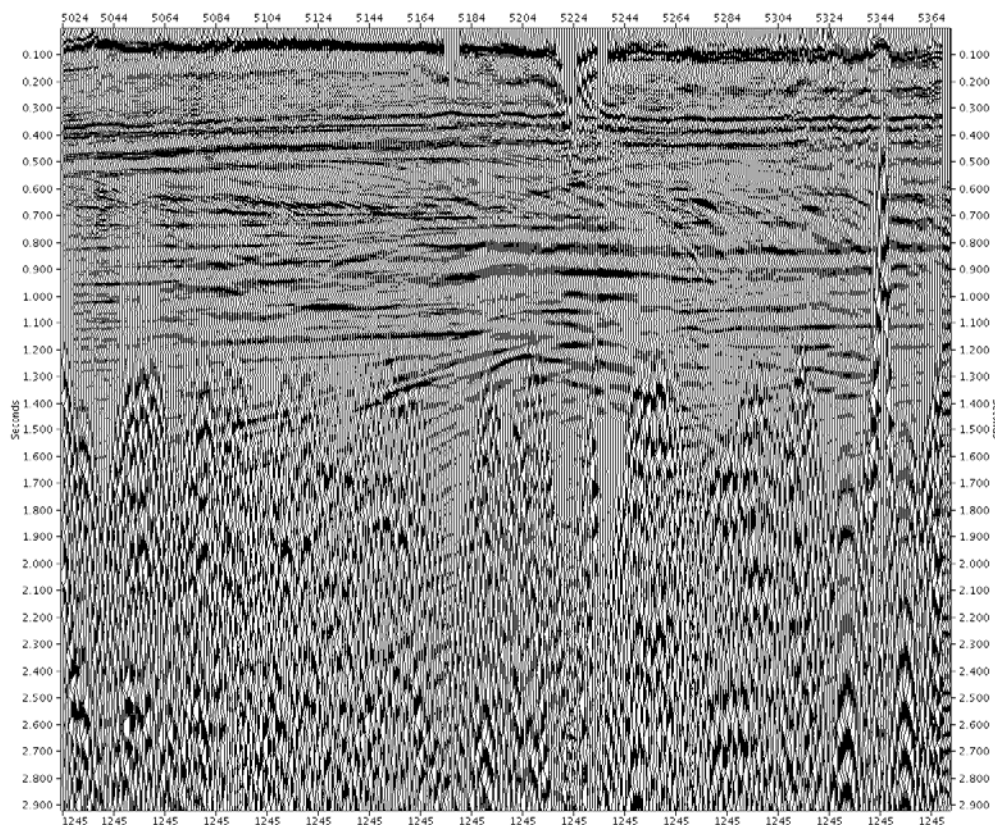
## 4.10. Editing delle tracce & QC

In base alle indicazioni pervenute dall'elaborazione eseguita in campagna ed alle informazioni presenti sui documenti di acquisizione, è stato effettuato l'editing delle tracce rumorose.

Le tracce eccessivamente rumorose, registrate da stazioni non attive o giudicate non accettabili dal punto di vista qualitativo, sono state rimosse.

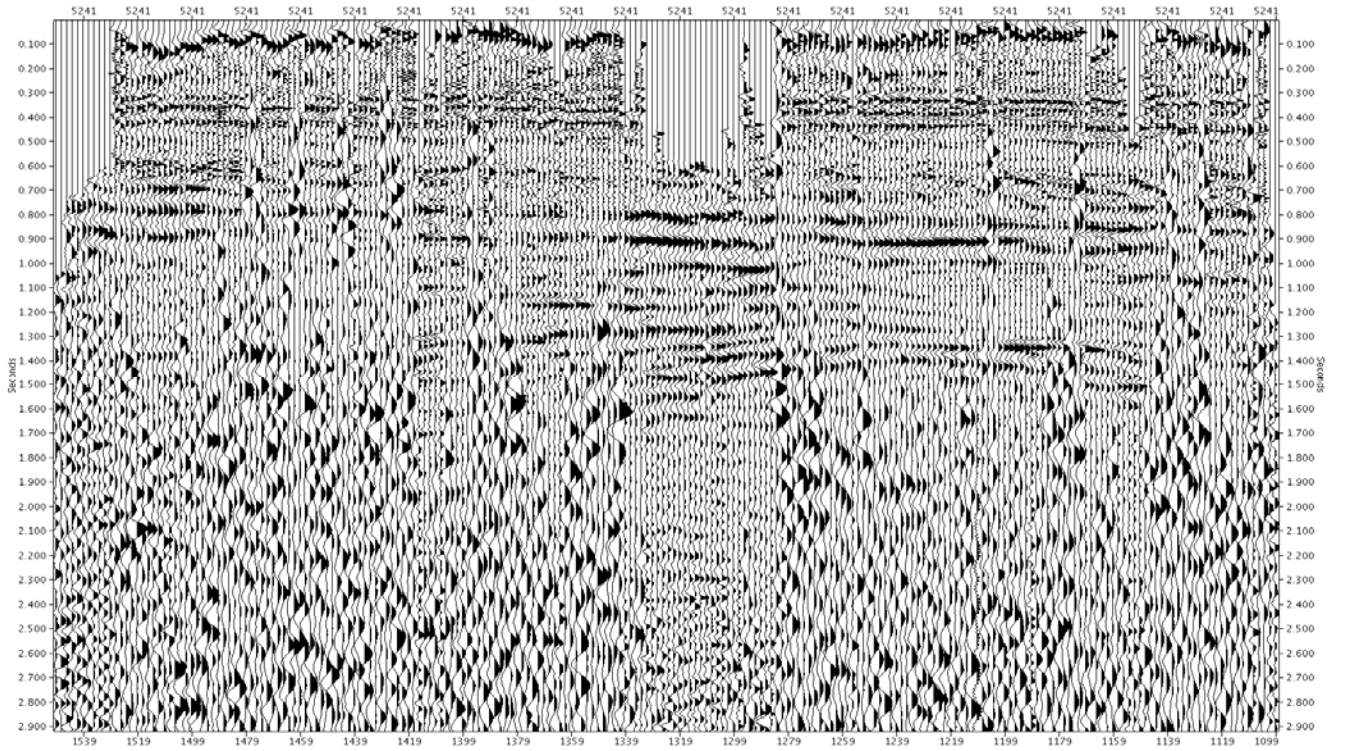
## 4.11. Sort in dominio CMP & Stack

Le tracce sin qui elaborate, sono state riorganizzate in dominio CMP e quindi sommate per ottenere un volume stack utilizzato come quality control. L'analisi del volume ha permesso di confermare l'efficacia del filtraggio. Le [Fig. 12-13](#) riportano alcuni esempi di brute stack.



**Fig. 12 - IL1245 brute stack**





*Fig. 13 - XL5241 brute stack*

#### 4.12. Geometrical Spreading

Il campo di velocità preliminare è stato utilizzato come funzione velocità/tempo per il recupero della perdita di energia dovuta alla divergenza sferica

#### 4.13. Surface Consistent Amplitude Compensation

Per compensare le anomalie di ampiezza introdotte principalmente dalle differenze tra profondità/quantità di carica, tipo di sorgente e accoppiamento tra geofoni e terreno, è stata calcolata ed applicata una compensazione di ampiezza di tipo surface consistent.

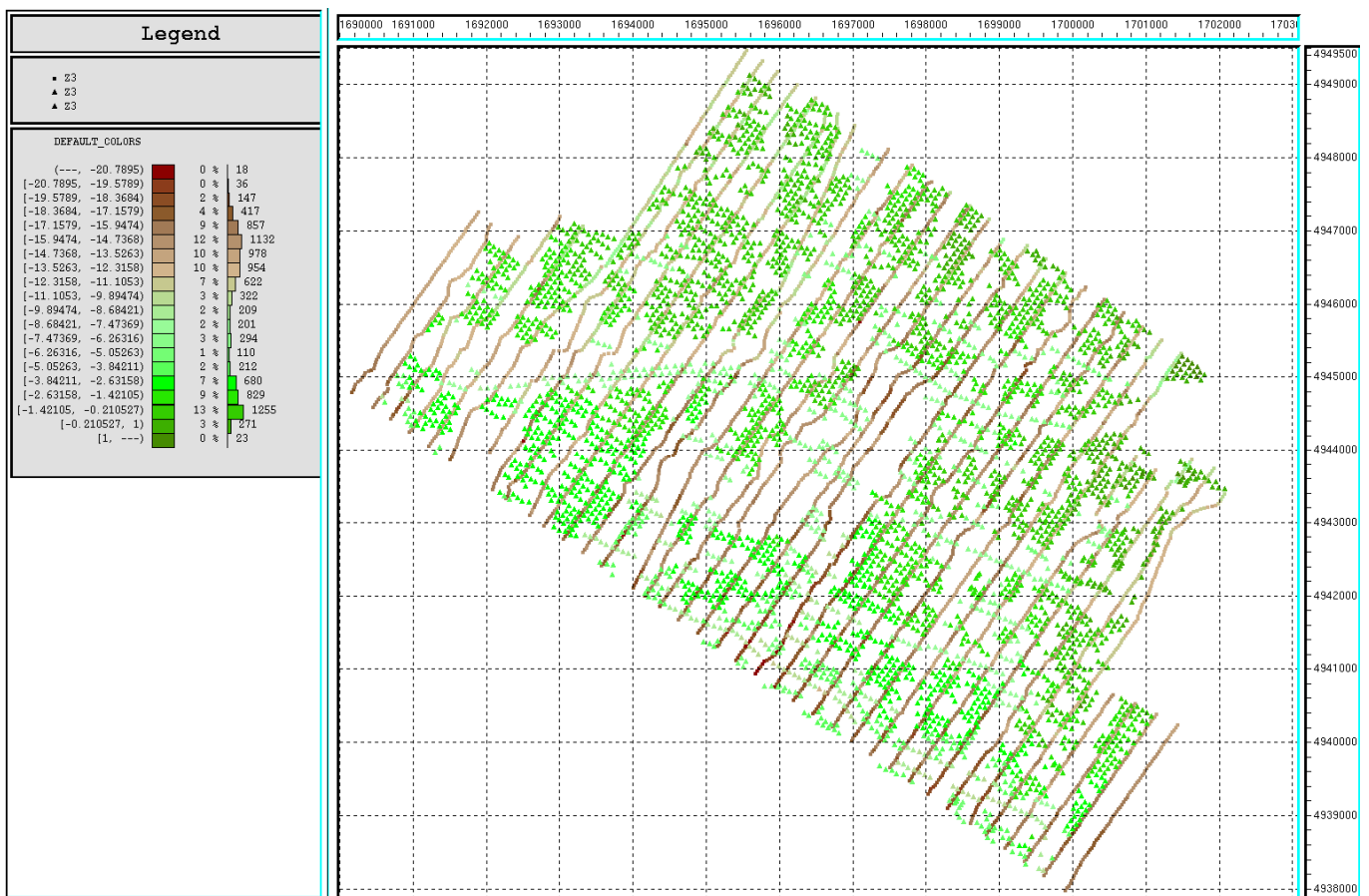
Ogni traccia è stata analizzata e decomposta nei quattro principali termini: sorgente, ricevitore offset e cmp. Solamente i termini sorgente e ricevitore sono stati applicati come fattori di compensazione.



#### 4.14. Calcolo ed applicazione delle Correzioni Statiche

Le correzioni statiche sono state calcolate utilizzando il metodo elevation con una velocità di riduzione al piano di 1700 m/s.

L'entità delle statiche calcolate con il metodo descritto varia da circa -22ms a +2ms come da mappa rappresentata in [Figura 14](#).



**Fig. 14 - Correzioni Statiche (Shot + Receiver)**



#### 4.15. Attenuazione del Ground-Roll in dominio shot e receiver

Per rimuovere il rumore coerente introdotto dal ground-roll, è stato utilizzato un filtro denominato FXCNS (F-X Coherent Noise Suppression) applicato in dominio shot e receiver.

Questo filtro è studiato per attenuare il rumore che si propaga lungo la superficie del terreno e che spesso contamina il dato sismico di tipo terrestre.

Poiché il ground-roll si propaga con una velocità variabile lungo lo stendimento, lo shot viene suddiviso in range di azimuth all'interno dei quali il disturbo si organizza in fan di velocità e ranges di frequenze maggiormente discriminabili.

Per una migliore identificazione dei disturbi pendenti, prima dell'applicazione del filtro è stato applicato un rms gain (windows 256-1024ms) che è stato poi rimosso.

Dopo vari test, la migliore attenuazione è stata ottenuta utilizzando i seguenti parametri:

In shot domain:

Low pass vel: 500m/s High pass vel: 900m/s

Low stop vel: 1m/s High stop vel: 1000m/s

Low pass freq: 2Hz High pass freq: 20Hz

Low cut freq: 1Hz High cut freq: 24Hz

Number of receiver bins: 20

In receiver domain:

Low pass vel: 500m/s High pass vel: 900m/s

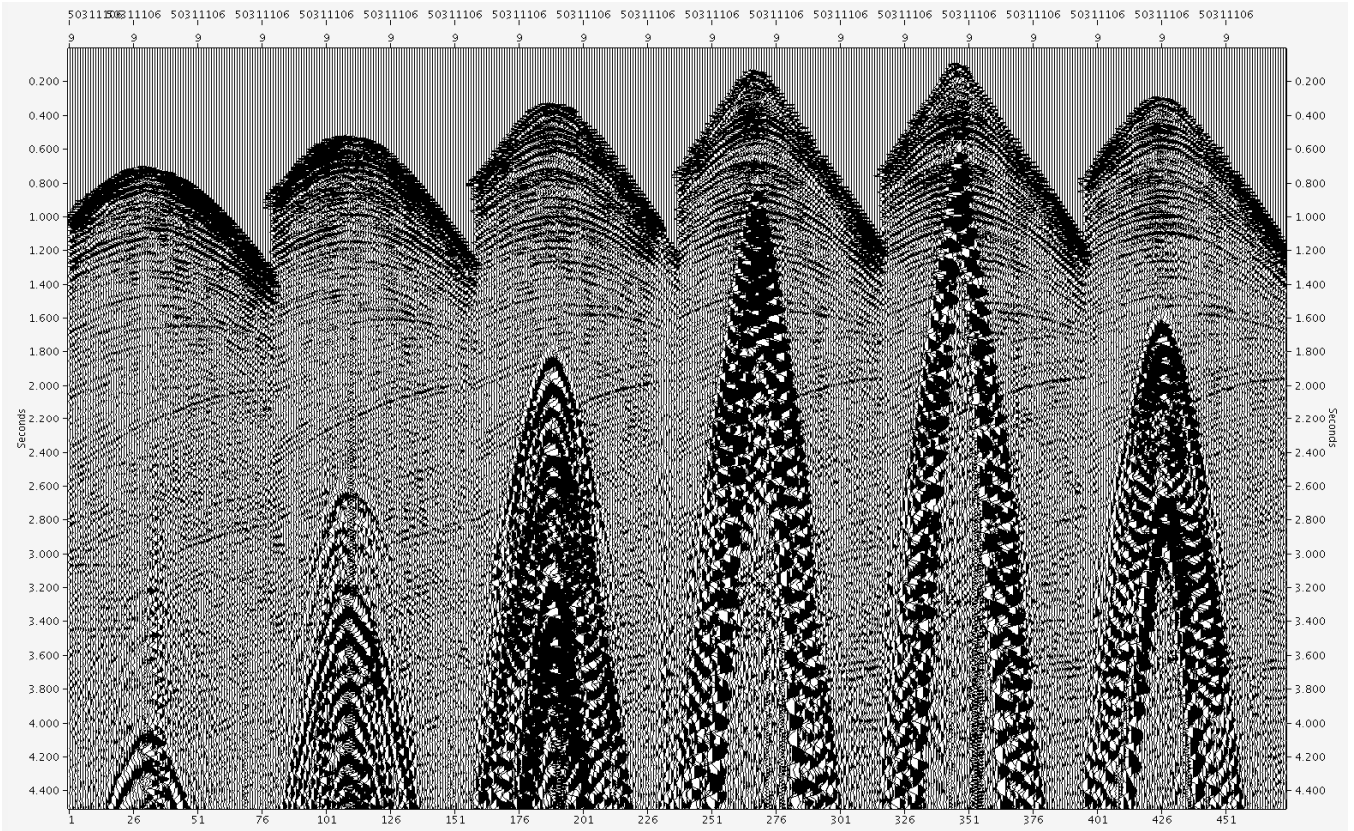
Low stop vel: 11m/s High stop vel: 1000m/s

Low pass freq: 2Hz High pass freq: 20Hz

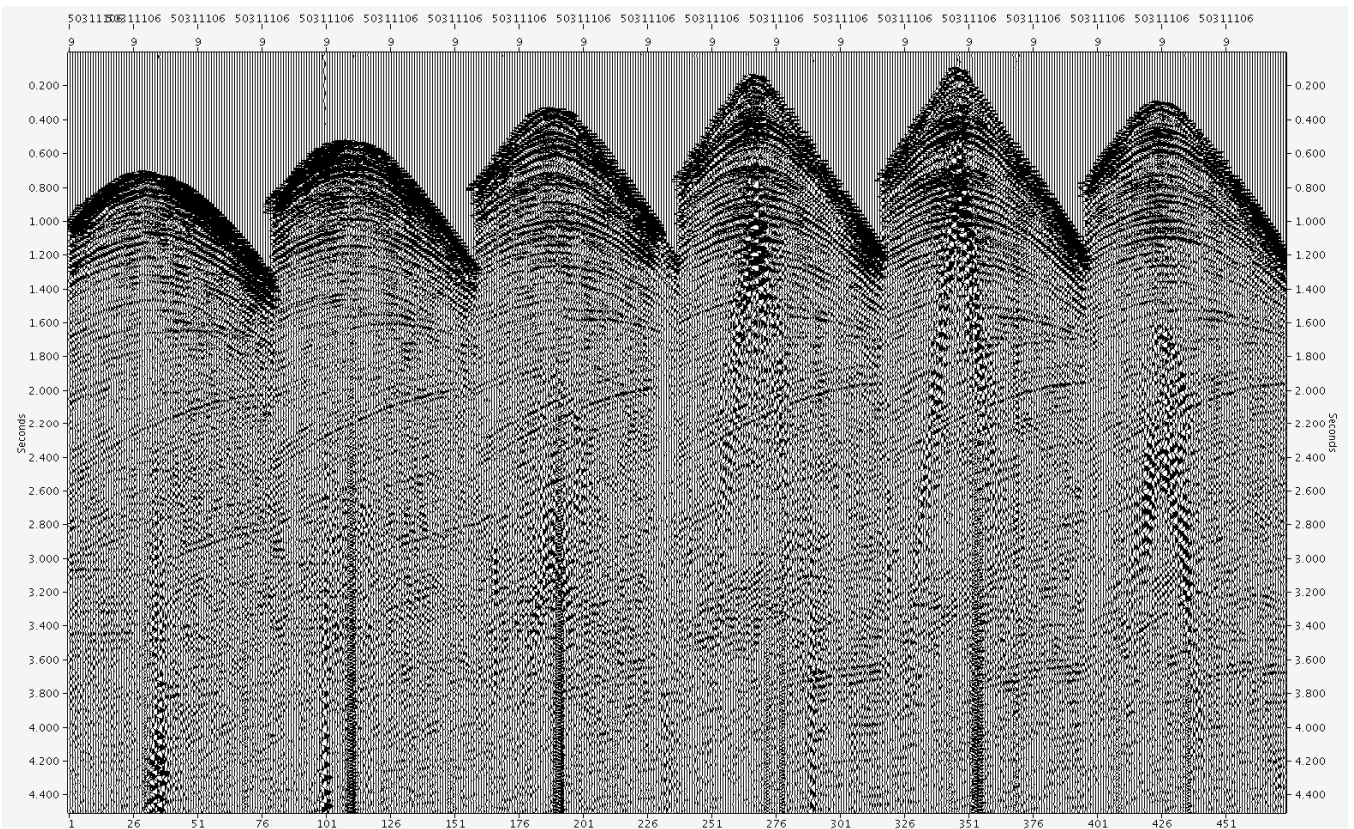
Low cut freq: 1Hz High cut freq: 24Hz

Number of receiver bins: 20

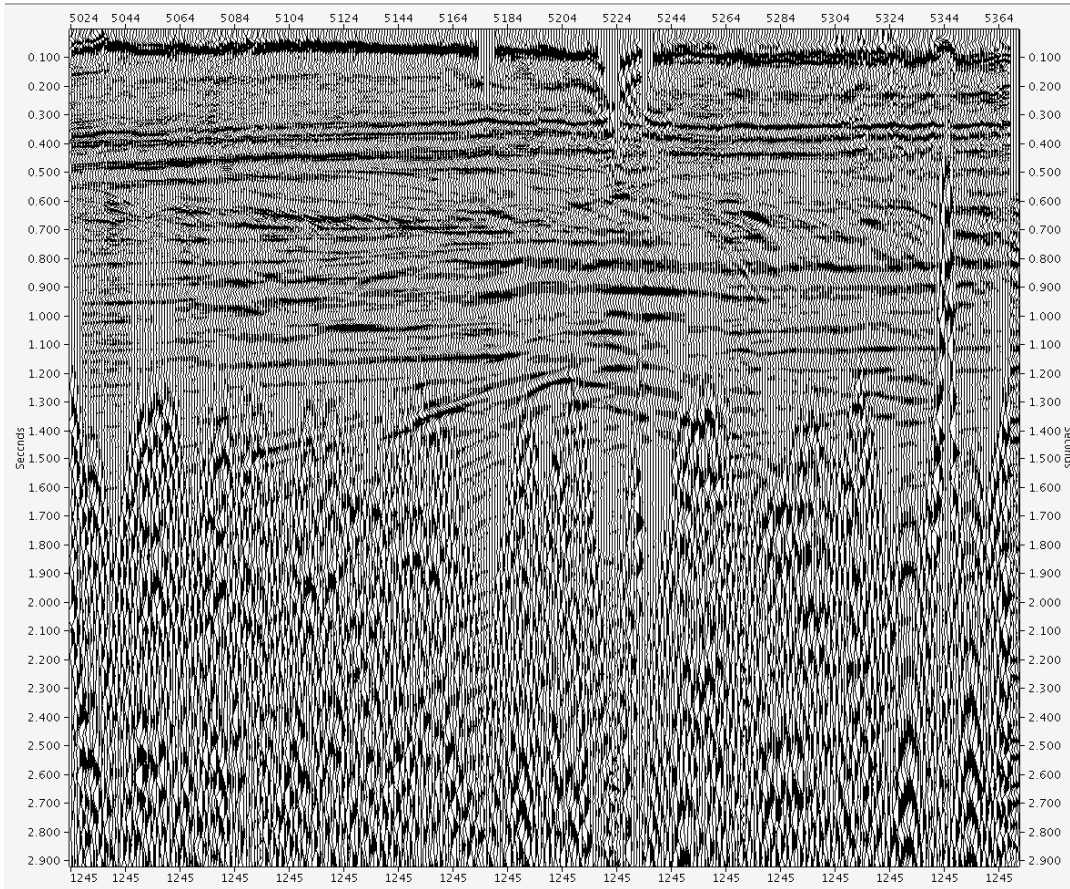
Il risultato dell'applicazione del filtraggio sopra descritto è apprezzabile nelle [Figure 15-16](#)



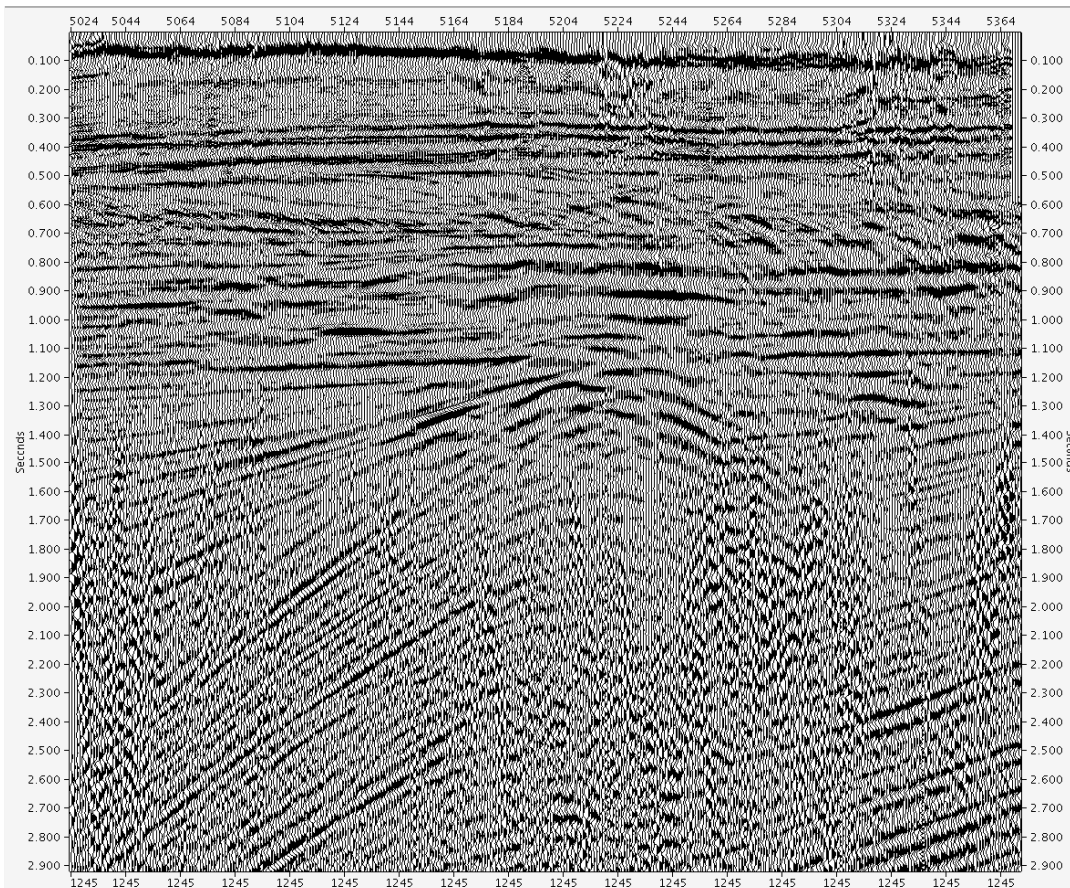
*Fig. 15 - Shot gather before FXCNS*



*Fig. 16 - Shot gather after FXCNS*



**Fig. 17 - IL1245 Stack before FXCNS**



**Fig. 18 - IL1245 Stack after FXCNS**



#### 4.16. Sort in dominio CMP & Stack

Le tracce sin qui elaborate, sono state riorganizzate in dominio CMP e quindi sommate per ottenere un volume stack utilizzato come quality control. L'analisi del volume ha permesso di confermare l'efficacia del filtraggio apprezzabile nelle [Figure 17-18](#)

#### 4.17. Anomalous amplitude attenuation (AAA)

Due iterazioni di Anomalous Amplitude Attenuation sono state applicate in dominio shot.

Il disturbo caratterizzato da ampiezze anomale è rimosso trasformando i dati sismici in dominio di frequenza ed applicando un filtro spaziale mediano per rimuovere i valori anomali.

Le bande di frequenza con ampiezze che superano una soglia dell'ampiezza media vengono opportunamente riscalate (moltiplicate per un fattore di riscaldamento specificato).

Questo processo può essere utilizzato per identificare ampiezze anormalmente alte o basse che possono essere discriminate utilizzando differenti soglie, bande di frequenza e finestre di analisi.

#### 4.18. Deconvoluzione

La deconvoluzione è un processo che aumenta la risoluzione temporale del dato sismico comprimendo l'ondina sismica. Applicando un filtro inverso che rimuove l'effetto filtrante del terreno i dati sono compressi fino ad approssimare una successione di spikes che rappresentano la riflettività del terreno. La deconvoluzione è anche utilizzata per attenuare una parte significativa dell'energia delle multiple a corto periodo, ove presenti. Sono stati testati diversi parametri per la scelta del miglior operatore di deconvoluzione relativamente alla lunghezza dell'operatore, alla scelta del gap e del valore di white noise. I risultati dei test sono stati analizzati sia in dominio shot che in dominio stack e dalla loro analisi è stato ricavato il seguente set di parametri utilizzato per la produzione:

Tipo di deconvoluzione Spiking (2ms, trace by trace)

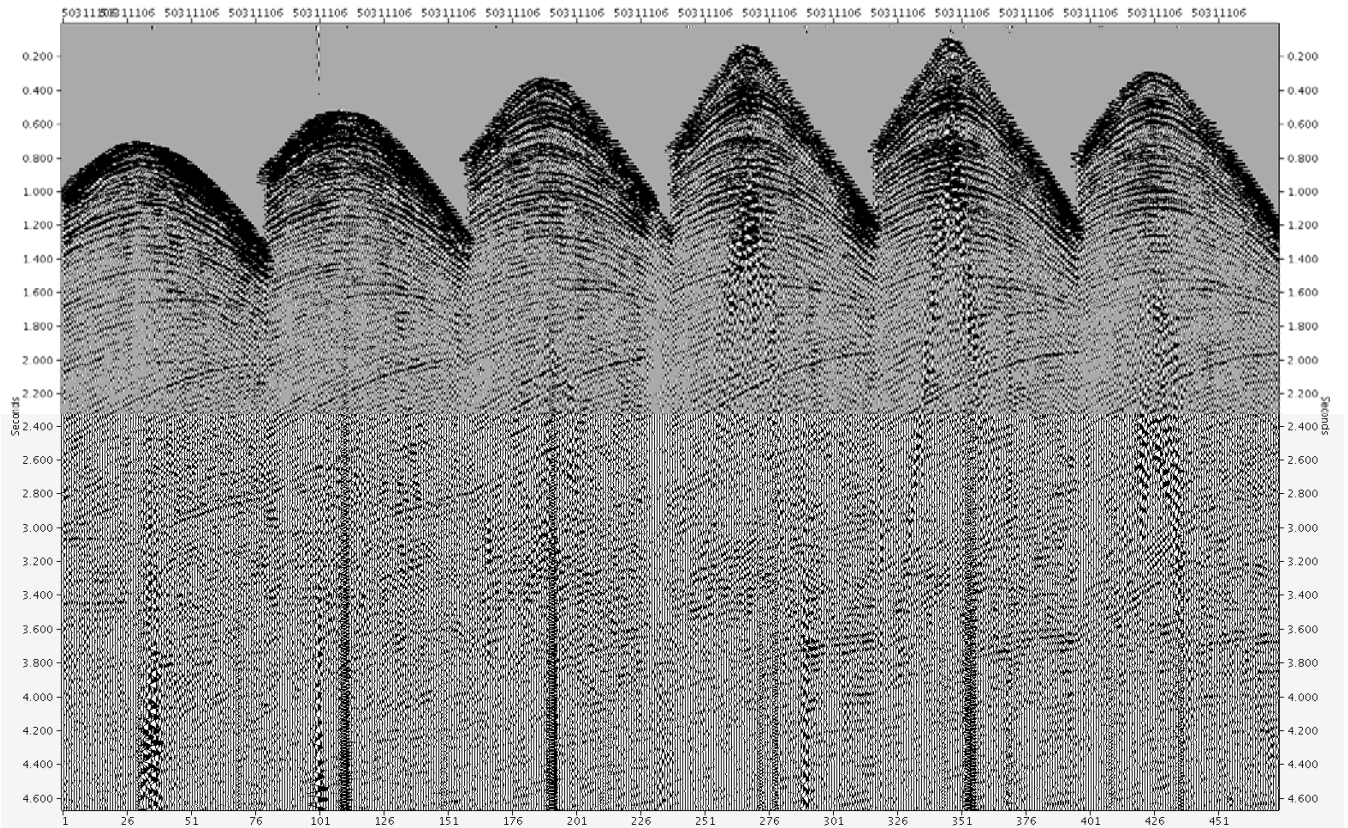
Lunghezza dell'operatore : 120ms

White noise : 0.1 %

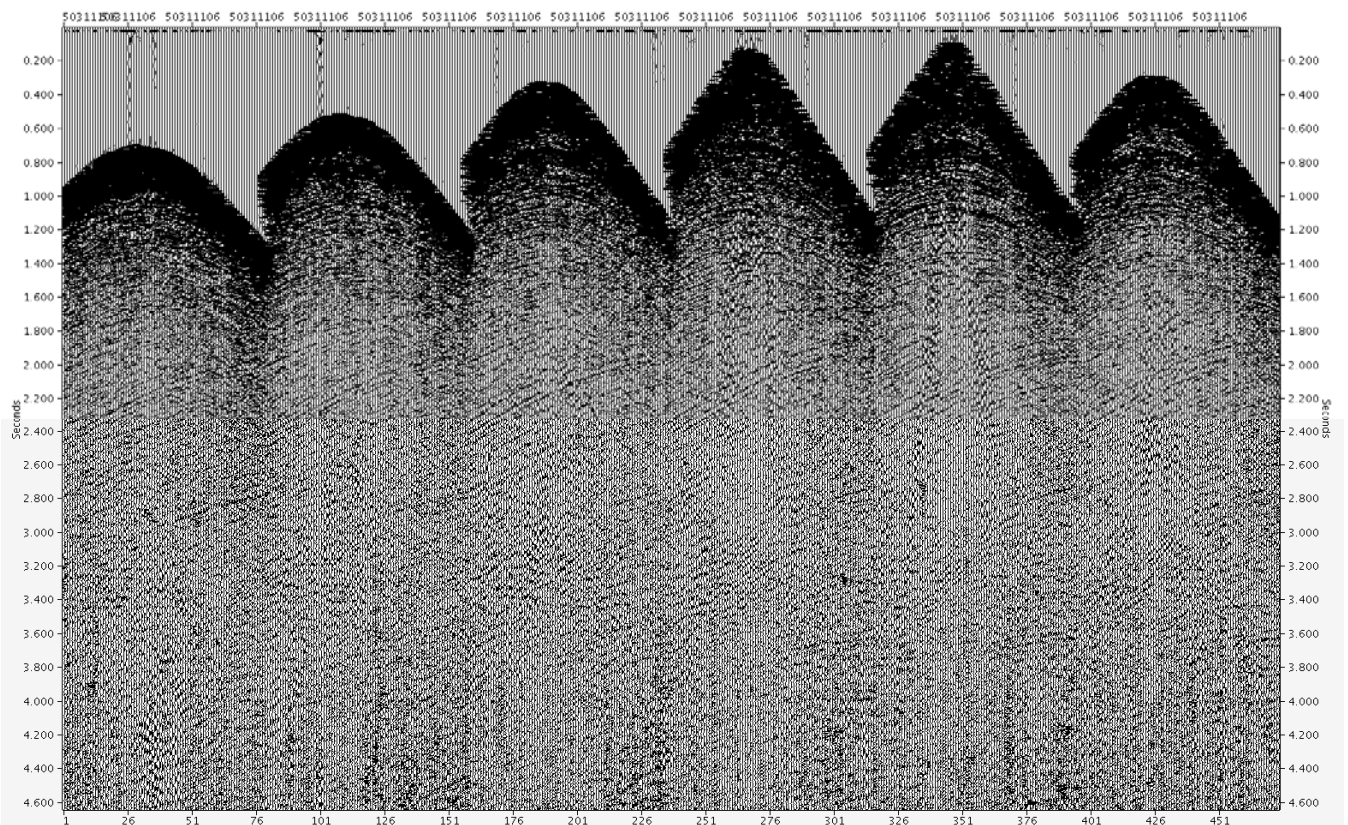
I finestra di autocorrelazione : da 0.0 sec a 4.0 sec

I finestra di applicazione : da 0.0 sec a 6.0 sec

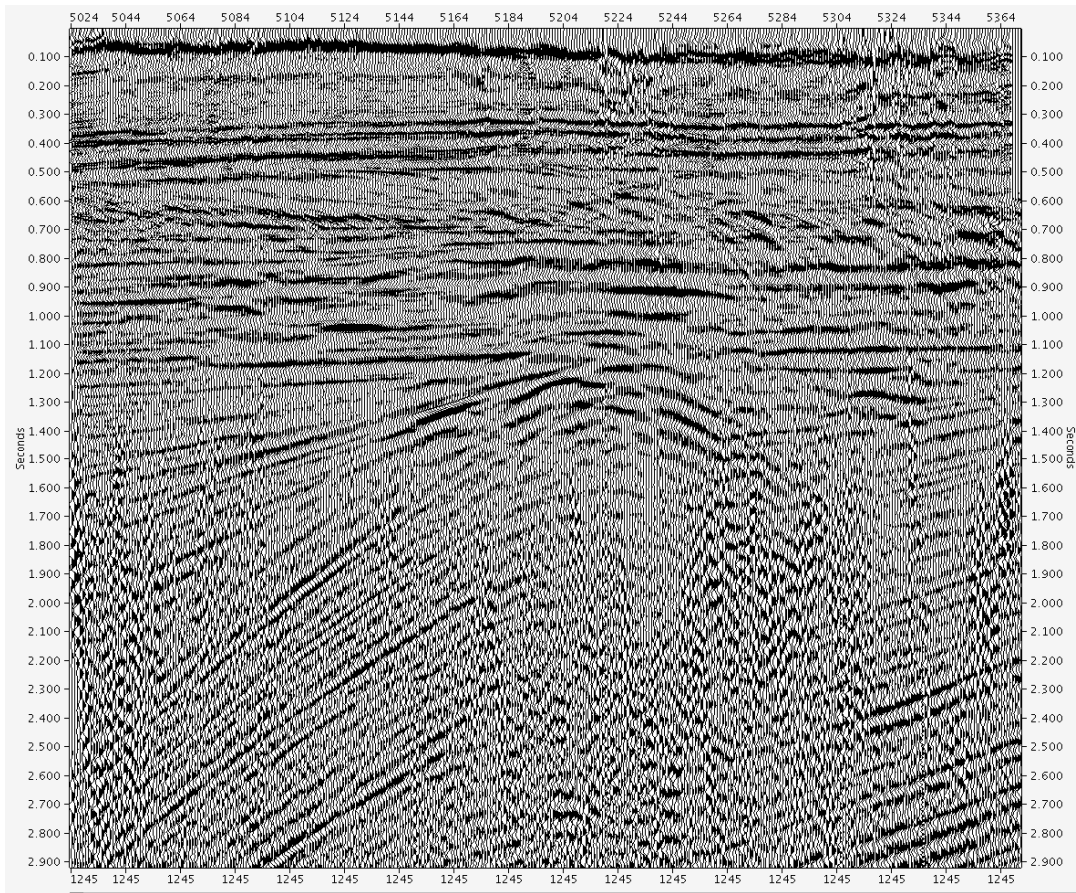
Le [Figure 19-22](#) mostrano la differenza tra il dato prima e dopo la deconvoluzione sia in dominio shot gather che in dominio stack. E' evidente un notevole incremento della risoluzione temporale in entrambi i domini.



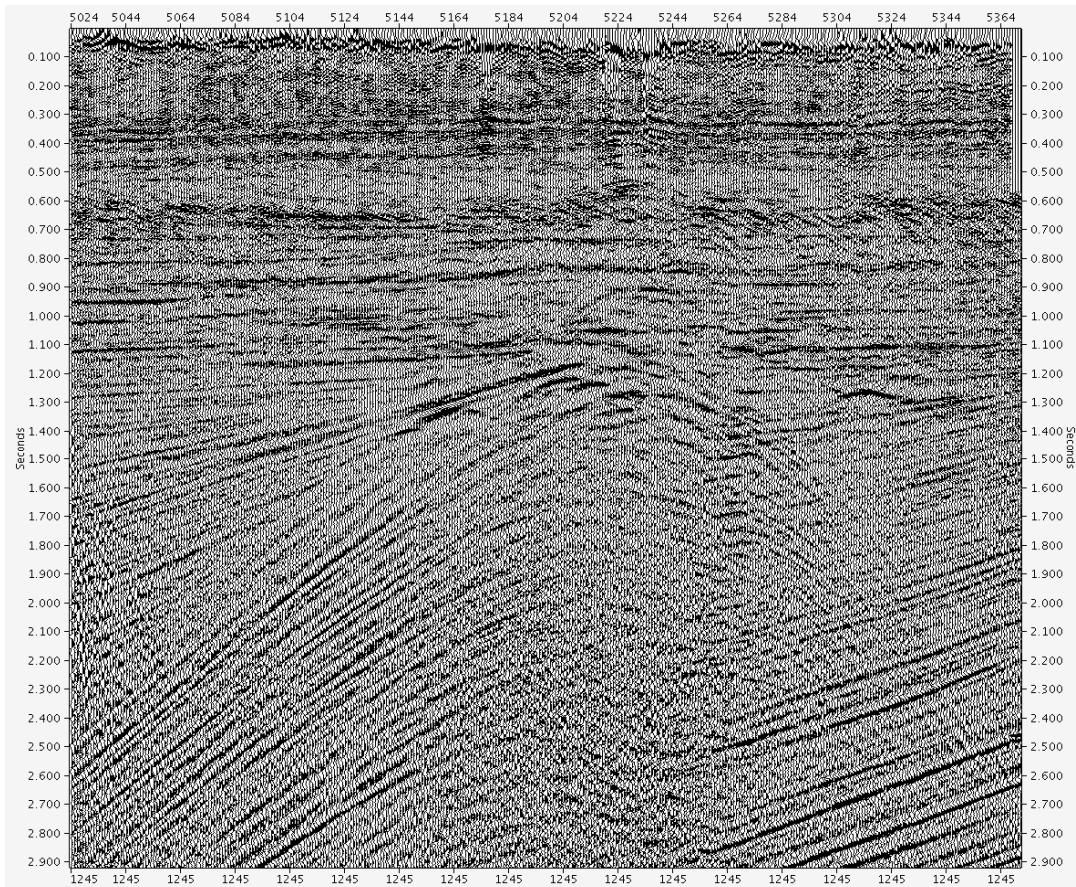
*Fig. 19 - Shot gather before deconvolution*



*Fig. 20 - Shot gather after deconvolution*



*Fig. 21 - IL1245 Stack before deconvolution*



*Fig. 22 - IL1245 Stack after deconvolution*





#### 4.19. Analisi di Velocità Preliminari

Utilizzando le velocità interpretate durante l'elaborazione eseguita in campagna come riferimento, è stata effettuata l'interpretazione delle analisi di velocità preliminari. La spaziatura tra le analisi di velocità utilizzata è di 1km in direzione inline ed 1km in direzione crossline. Il range di velocità di prova utilizzato è compreso tra 1500 e 5000 m/sec con incremento in velocità variabile nel tempo (MVF). Sono state utilizzate 15 CDP per ogni analisi di velocità. Per l'interpretazione è stato utilizzato il tool di Omega2 denominato 'INVA'.

#### 4.20. Correzioni statiche Residuali Surface Consistent (First Pass)

I dati, organizzati in dominio CMP sono stati corretti di NMO utilizzando il campo di velocità preliminare precedentemente ottenuto. Dopo l'applicazione di una funzione di mute per la soppressione degli arrivi diretti e rifratti e dei campioni deformati dallo stretching, è stata eseguita una prima iterazione di statiche residuali "surface consistent".

La finestra di correlazione utilizzata è compresa tra 0.4 e 3.6 sec; il massimo shift di correlazione è di +/-36 ms; il modello utilizzato per le crosscorrelazioni è di 15 tracce in direzione inline e di 7 tracce in direzione crossline.

#### 4.21. Analisi di Velocità Finali

Per l'interpretazione delle analisi di velocità finali, è stato utilizzato un grid con una spaziatura di 0.5km in direzione inline e 0.5km in direzione crossline.

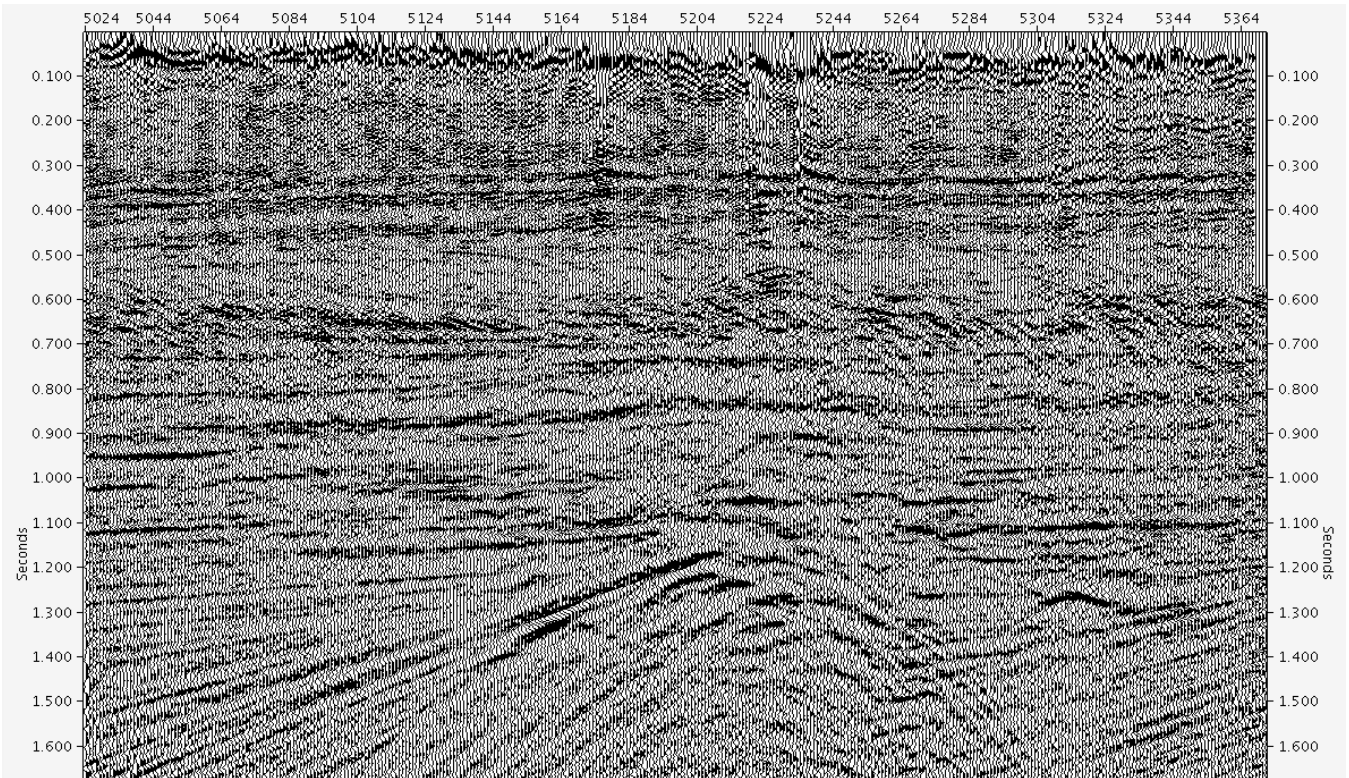
Il range di velocità di prova utilizzato è compreso tra 1500 e 5000 m/sec con incremento di velocità variabile nel tempo (MVF). Sono state utilizzate 15 CDP per ogni analisi di velocità .

Per l'interpretazione è stato utilizzato il tool di Omega2 'INVA'.

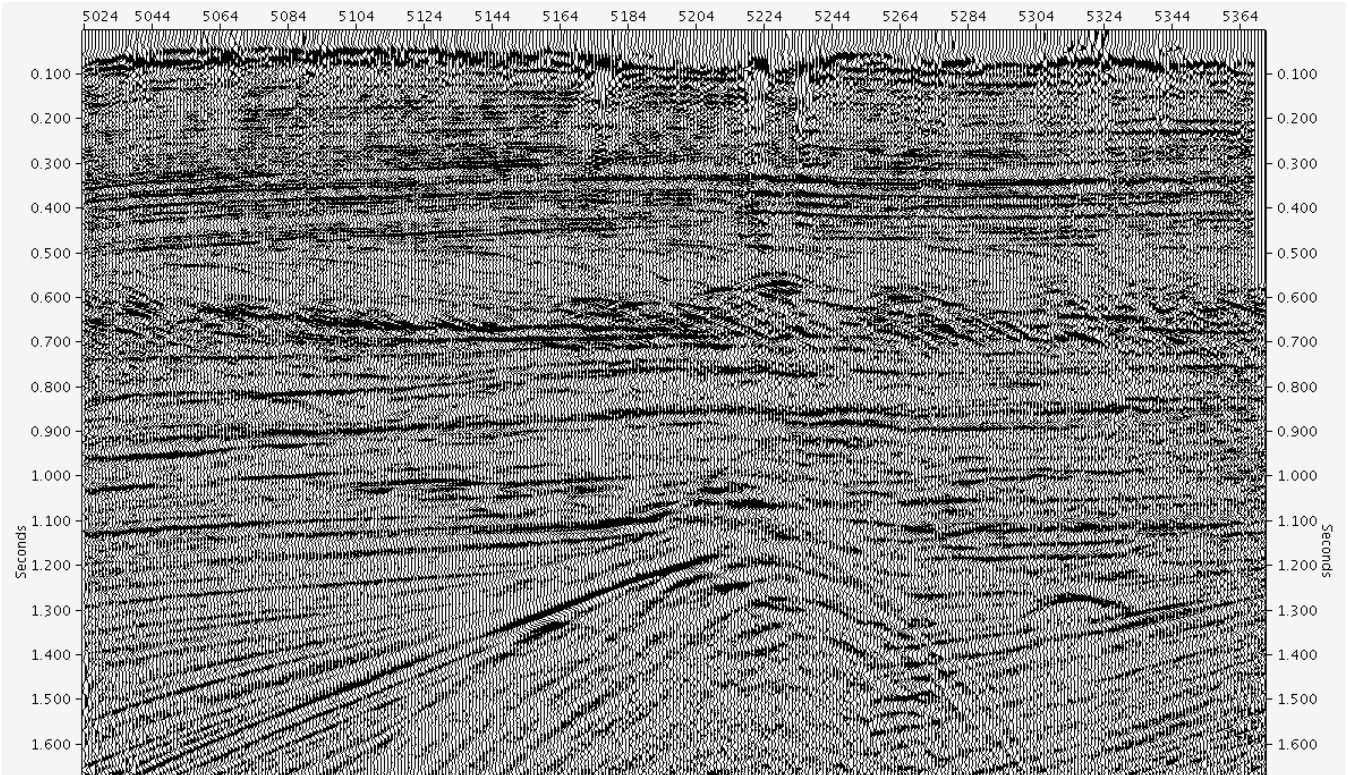
#### 4.22. Correzioni statiche Residuali Surface Consistent (Second Pass)

Dopo l'interpretazione delle velocità finali, è stata eseguita una seconda iterazione di statiche residuali surface consistent. La finestra di correlazione utilizzata è compresa tra 0.4 e 3.6 sec; il massimo shift di correlazione è di +/-24 ms; il modello utilizzato per le crosscorrelazioni è di 15 tracce in direzione inline e di 7 tracce in direzione crossline.

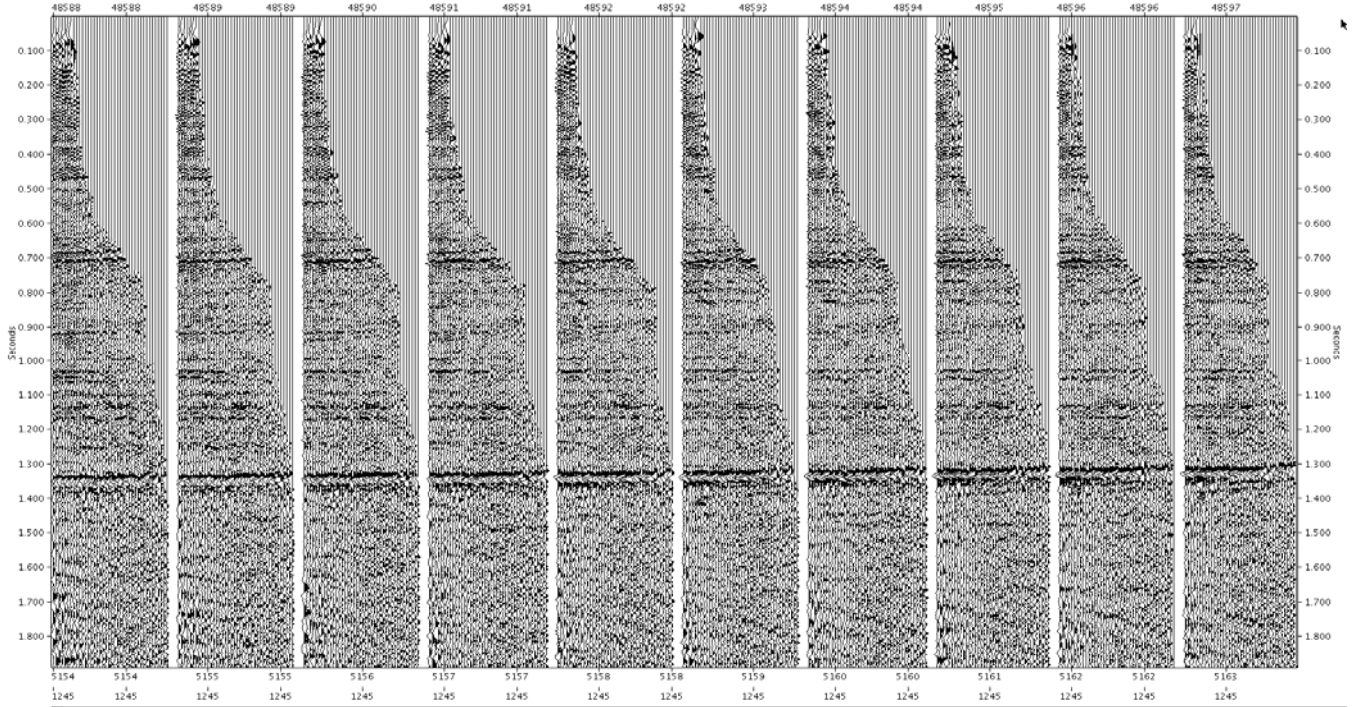
Dall'applicazione delle statiche residuali così calcolate e dalle due iterazioni di analisi di velocità, è risultato un notevole miglioramento a livello di continuità degli orizzonti e di contenuto in frequenza che è ben visibile nelle [Figure 23-26](#)



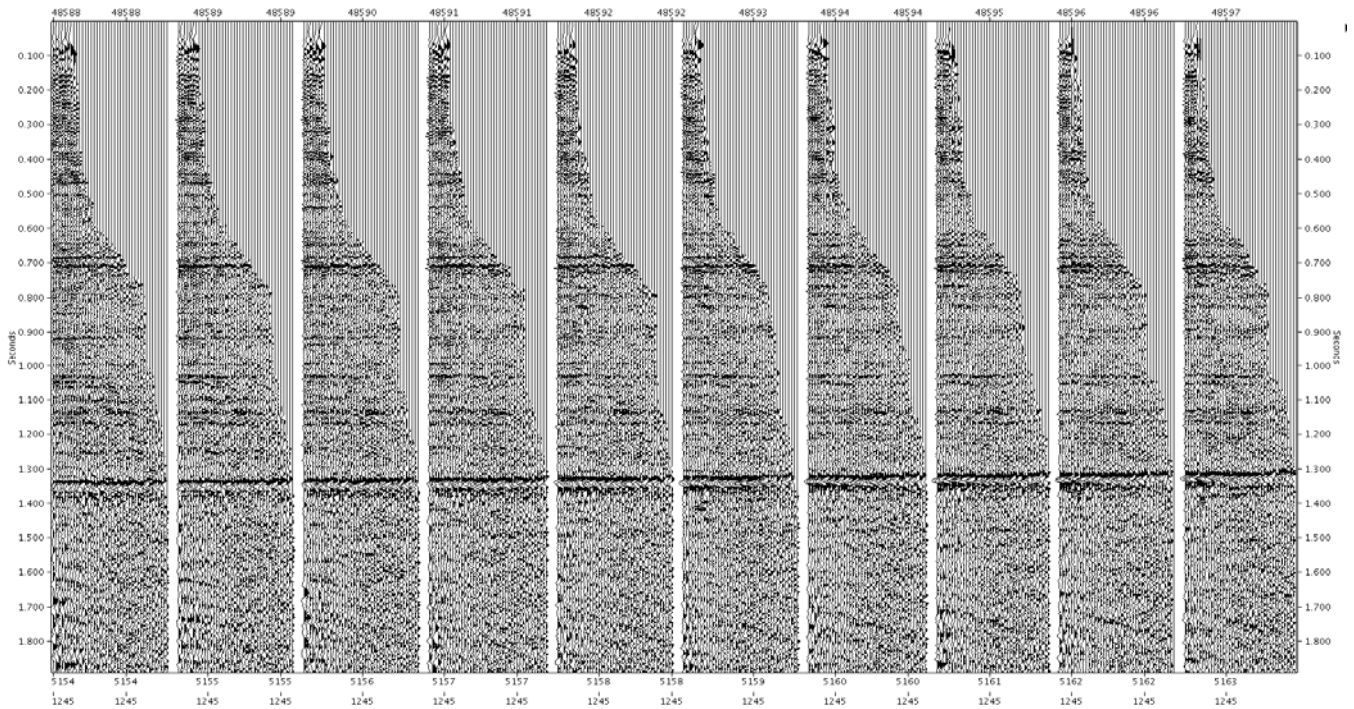
*Fig. 23 - IL1245 Stack after deconvolution*



*Fig. 24 - IL1245 Stack after 2<sup>nd</sup> pass SC residual statics and velocity analysis*



*Fig. 25 - CMP gathers after deconvolution*



*Fig. 26 - CMP gathers after 2<sup>nd</sup> pass SC residual statics and velocity analysis*



#### 4.23. Correzioni statiche Residuali CMP Consistent

Essendo ancora presenti sul dato statiche a corto periodo di una certa entità, non recuperate dalle due iterazioni di statiche residuali surface consistent, è stato applicato un programma di calcolo delle statiche residuali cmp consistent. In questa fase, le cmp corrette di normal moveout sono crosscorrelate con una traccia modello all'interno di una finestra temporale.

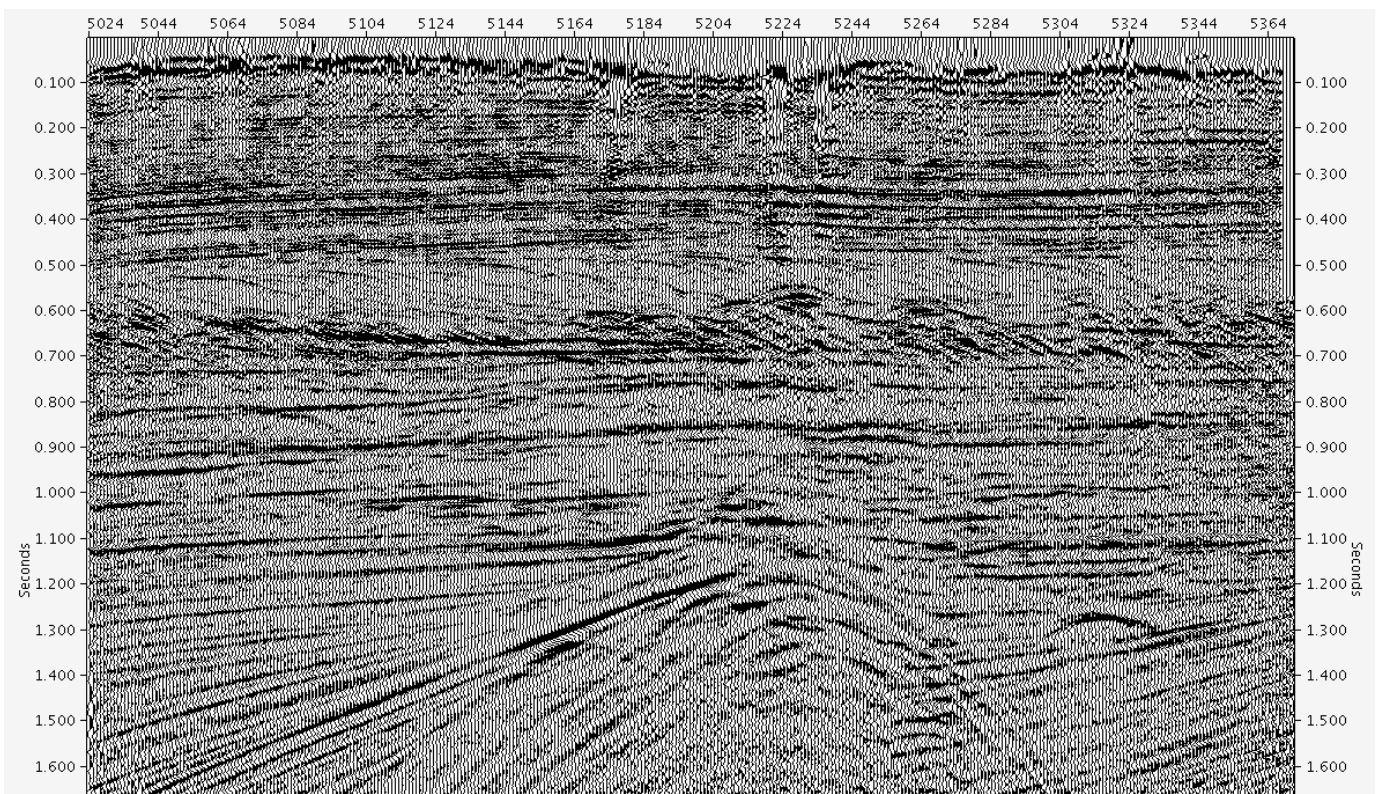
Gli shift trovati dalle crosscorrelazioni tra le cmp ed il modello possono essere applicati alle tracce come shift costanti.

I seguenti parametri sono stati utilizzati per il calcolo e l'applicazione delle statiche residuali:

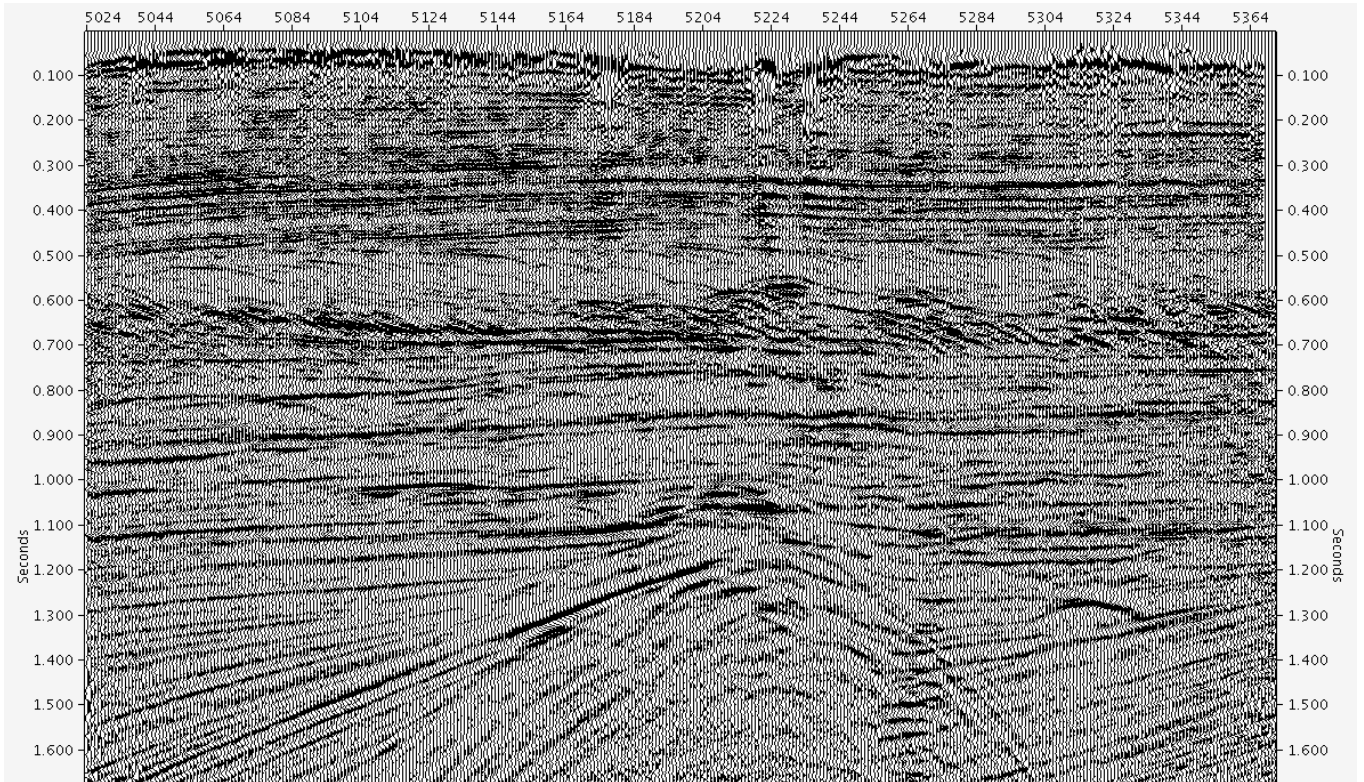
Finestra di correlazione : 250 - 3600ms - Massimo shift di correlazione : +/- 16ms

Numero di cmp utilizzate nel modello : 3 - Tipo di stretching : costante.

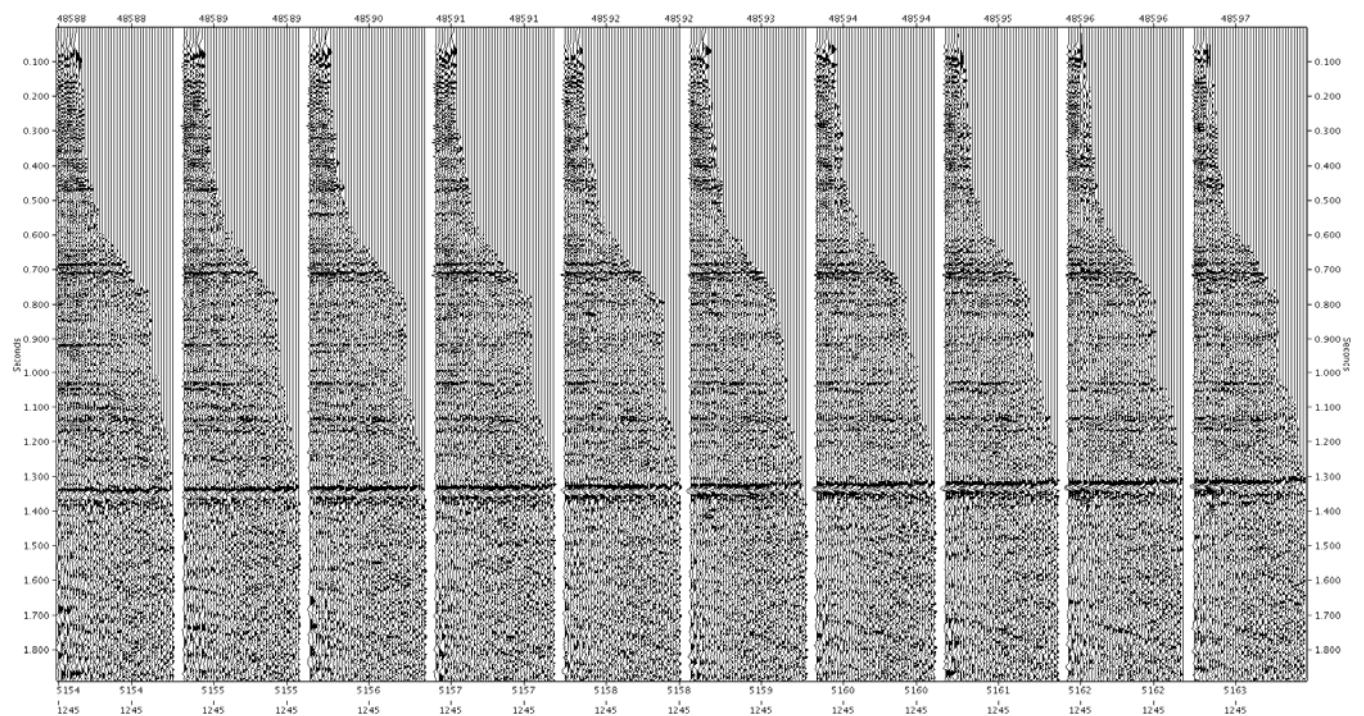
Dall'applicazione delle statiche residuali così calcolate, è risultato un ulteriore miglioramento a livello di continuità degli orizzonti e di contenuto in frequenza apprezzabile sia in dominio cmp ([Figure 27 - 28](#)) che in dominio stack ([Figure 29 - 30](#))



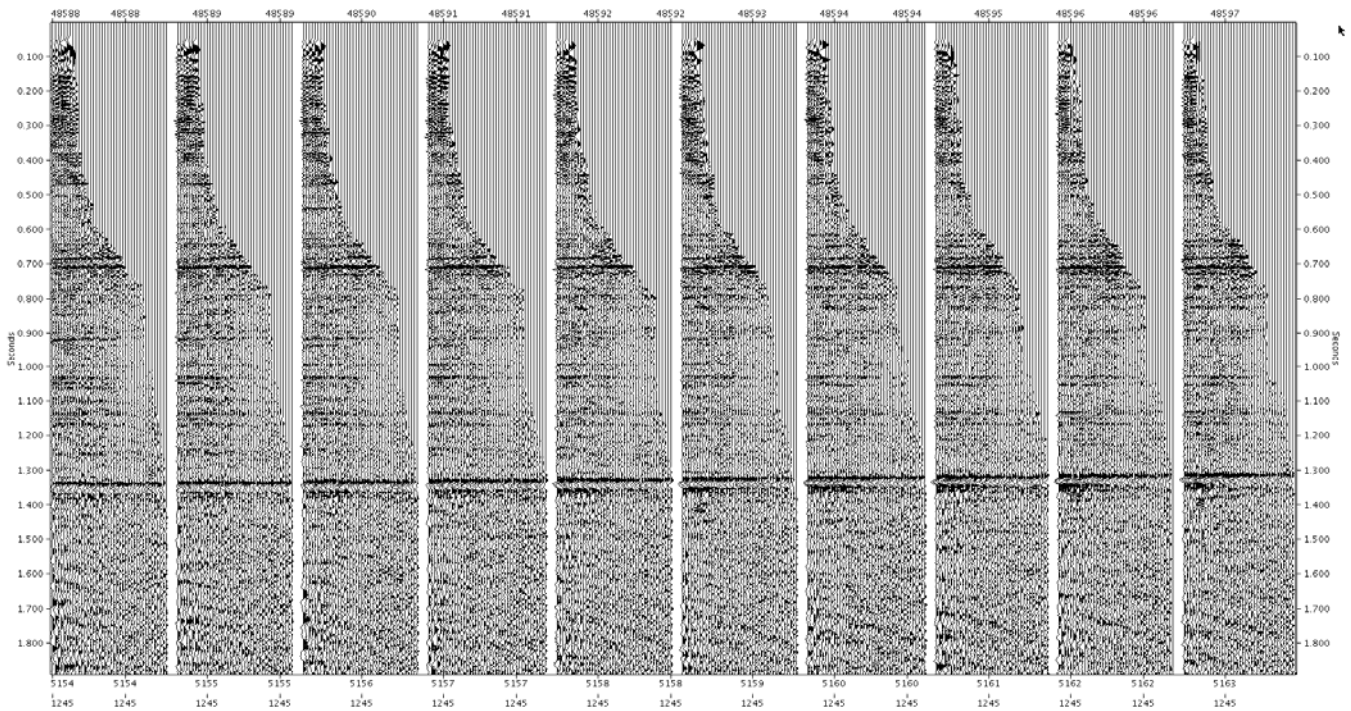
*Fig. 27 - IL1245 Stack after 2<sup>nd</sup> pass SC residual statics and velocity analysis*



*Fig. 28 - IL1245 Stack after CMP consistent residual statics*



*Fig. 29 - CMP gathers after 2<sup>nd</sup> pass SC residual statics and velocity analysis*



*Fig. 30 - CMP gathers after CMP consistent residual statics*

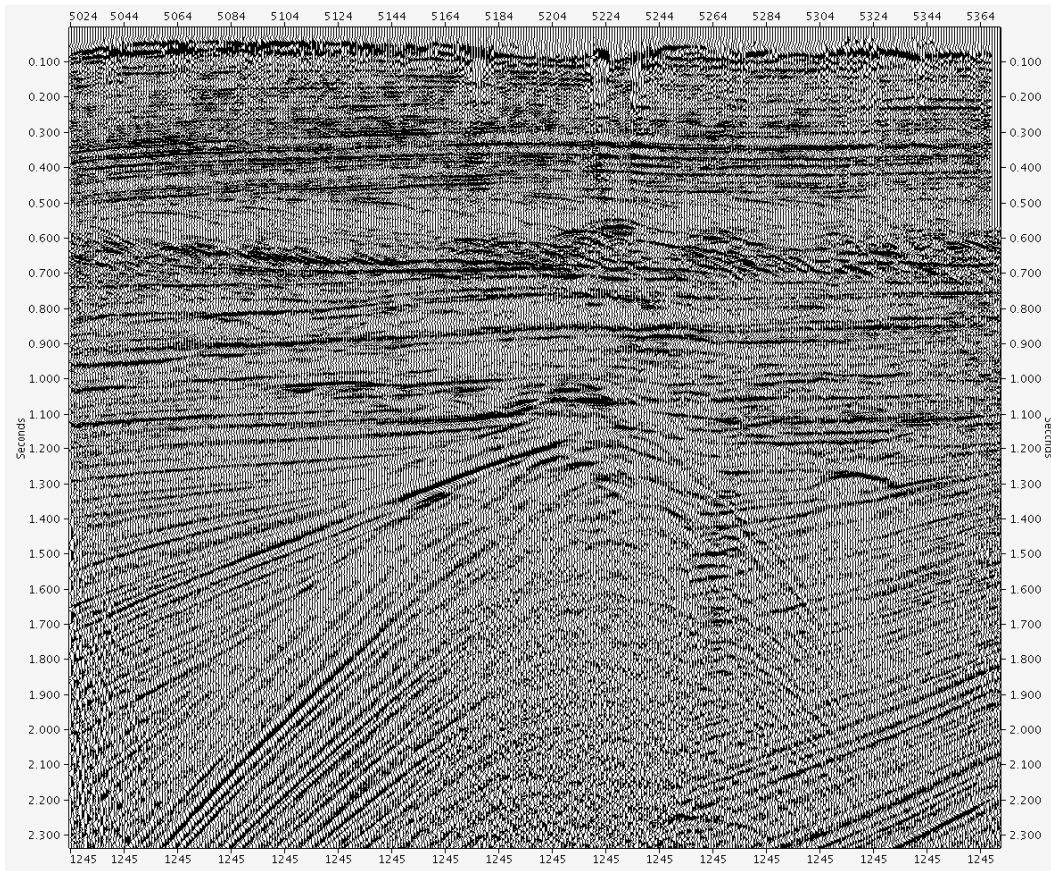
#### 4.24. DMO Velocity Analysis (3D Dmo Monitor)

Per l'interpretazione delle analisi di velocità DMO, è stato utilizzato un grid con una spaziatura di 0.5km in direzione inline e 0.5km in direzione crossline. Il range di velocità di prova utilizzato è compreso tra 1500 e 5000 m/sec con incremento di velocità variabile nel tempo (MVF). Sono state utilizzate 15 CDP per ogni analisi di velocità. Per l'interpretazione è stato utilizzato il tool di Omega2 'INVA'.

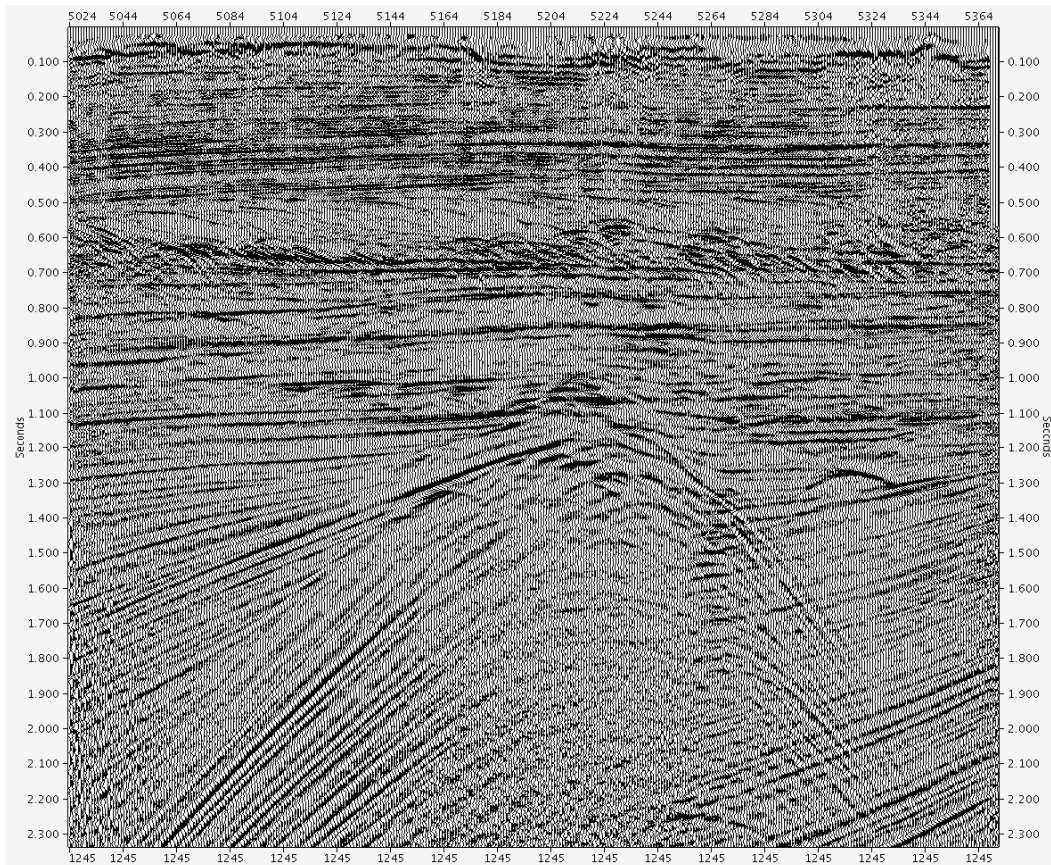
#### 4.25. 3D Full DMO Stack

Ai dati organizzati in dominio CDP sono state applicate le correzioni statiche totali e la correzione di Normal Move-out utilizzando il campo di velocità DMO precedentemente interpretato.

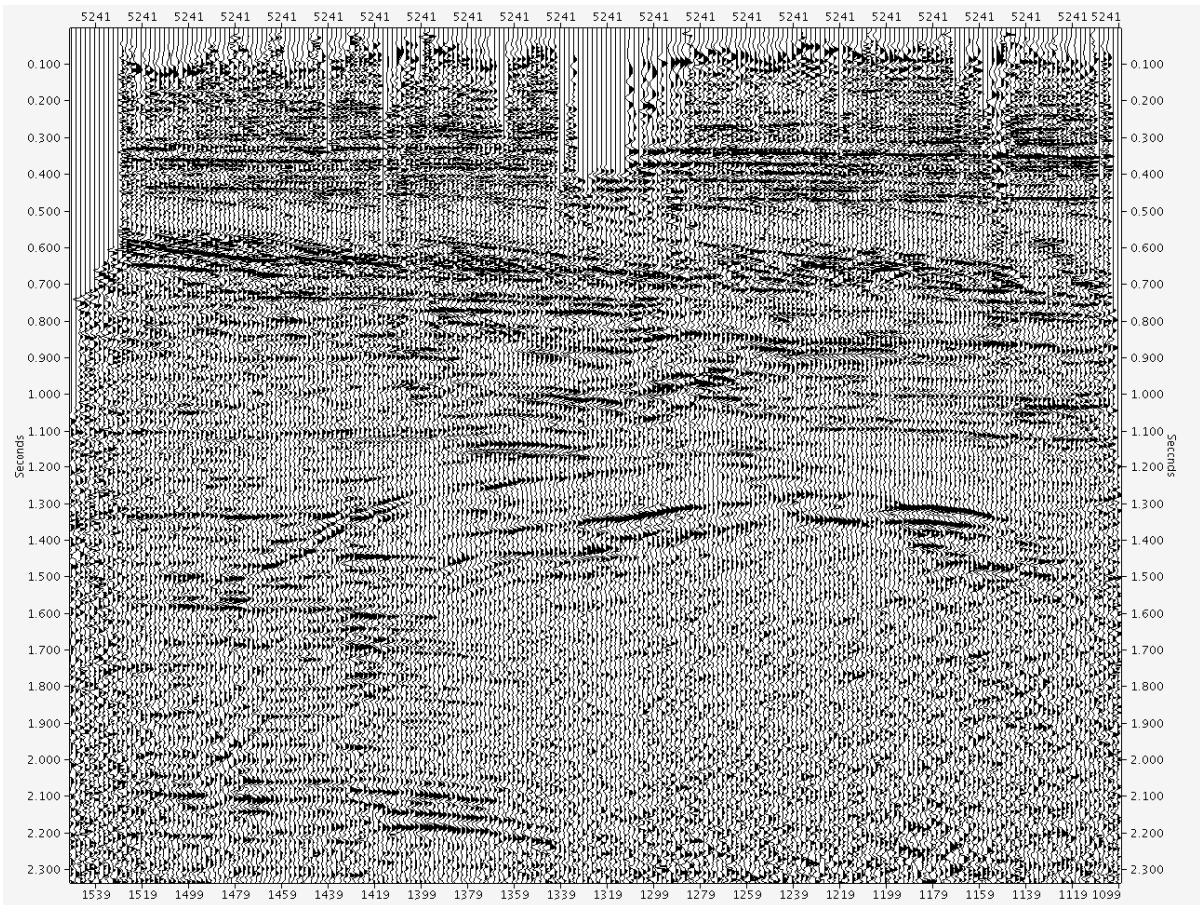
Mediante l'operazione di Full DMO Stack (Kirchhoff algorithm), sono state calcolate ed applicate le correzioni di dip moveout, utilizzando come valore di massima pendenza 60 gradi e come apertura dell'operatore 6l tracce. L'applicazione del DMO ha permesso di ottenere un buon miglioramento del rapporto S/N globale e un altrettanto apprezzabile miglioramento nella parte più strutturata del rilievo. Il beneficio è apprezzabile soprattutto nelle zone ad alto contenuto di diffrazioni (dai 1500ms fino oltre i 3000ms), risultate molto meglio focalizzate e continue come da *Figure 31 - 34*



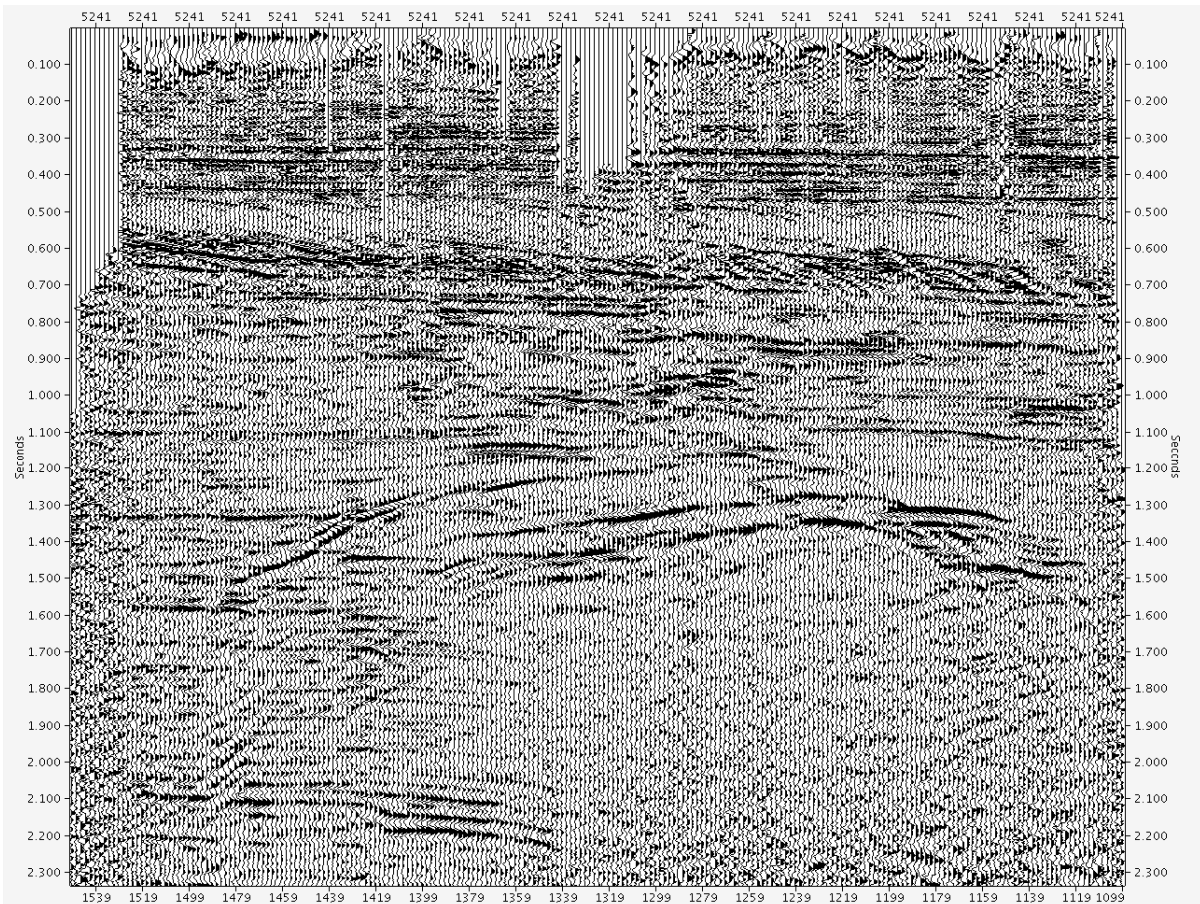
*Fig. 31 - IL1245 Stack after CMP consistent residual statics*



*Fig. 32 - IL1245 Stack after full DMO*



**Fig. 33 - XL5241 Stack after CMP consistent residual statics**



**Fig. 34 - XL5241 Stack after full DMO**





#### 4.26. 3D Full Plane F-X Deconvolution (Post Stack)

Al volume DMO stack, è stata applicata una deconvoluzione in dominio F-X per ridurre il rumore random residuo con i seguenti parametri:

In-line operator width: 5 tr - Crossline operator width: 5 tr

In-line direction window width: 21 tr - Crossline direction window width: 21 tr

Time window length: 200ms - White noise percentage: 0.01

#### 4.27. Time Variant Filter

E' stato quindi applicato un filtro passabanda variabile nel tempo come da tabella sottostante:

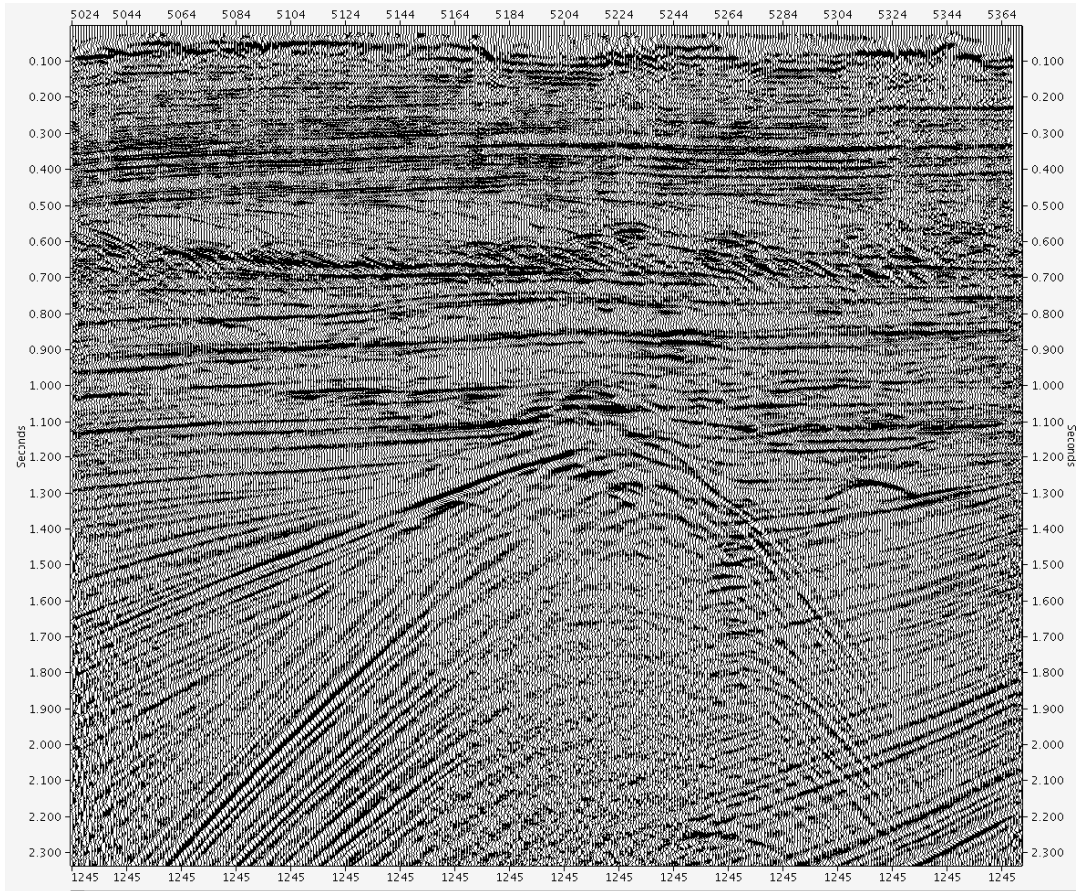
Time:0.0sec	Low cut: 14hz-24db/oct	High cut: 140hz-48db/oct
Time:0.5sec	Low cut: 12hz-24db/oct	High cut: 120hz-48db/oct
Time:0.75sec	Low cut: 10hz-24db/oct	High cut: 110hz-48db/oct
Time:1.5sec	Low cut: 8hz-24db/oct	High cut: 100hz-48db/oct
Time:3.0sec	Low cut: 8hz-24db/oct	High cut: 80hz-48db/oct
Time:4.5sec	Low cut: 6hz-24db/oct	High cut: 70hz-48db/oct
Time:6.0sec	Low cut: 4hz-24db/oct	High cut: 60hz-48db/oct

Il risultato dei due step di elaborazione sopra descritti è visibile nelle seguenti figure [Figure 35 - 38](#)

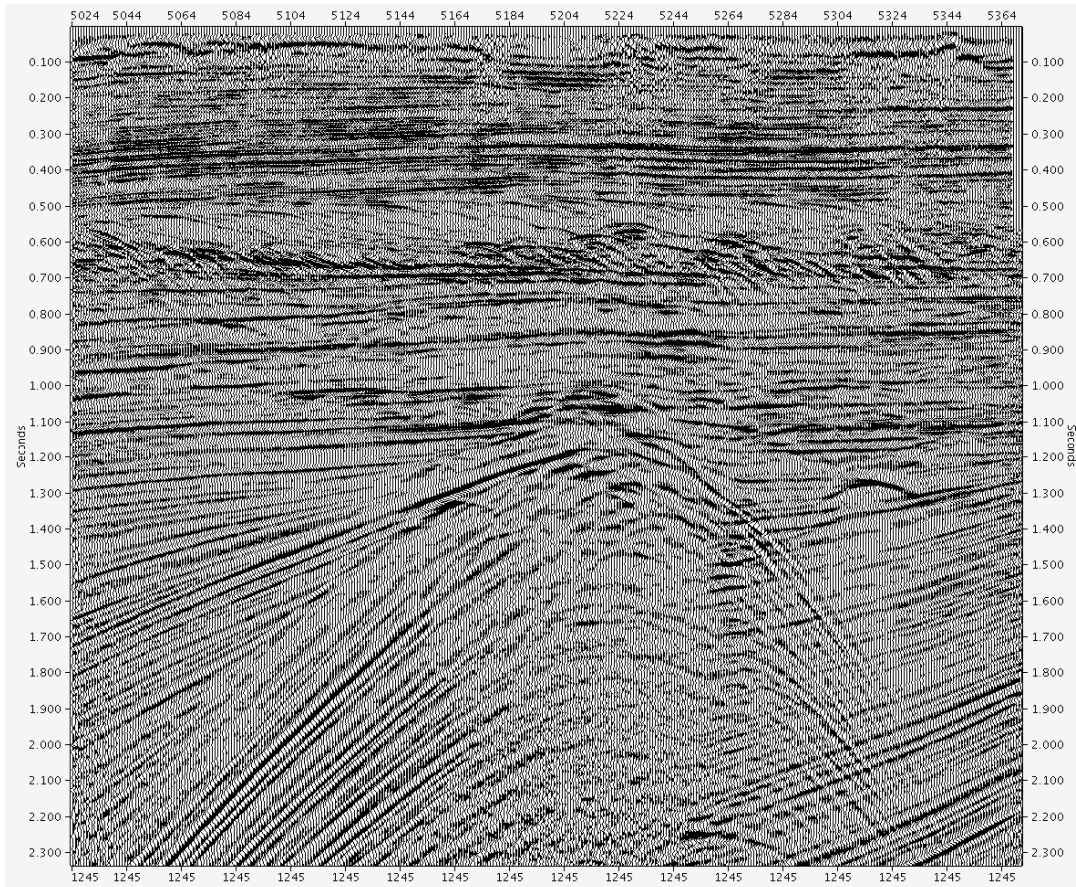
#### 4.28. 3D Post Stack F-X-Y Trace Interpolation

Ai fini di ridurre il campionamento spaziale in direzione crossline e quindi evitare aliasing in fase di migrazione, è stata utilizzata una interpolazione 3D in dominio F-X-Y.

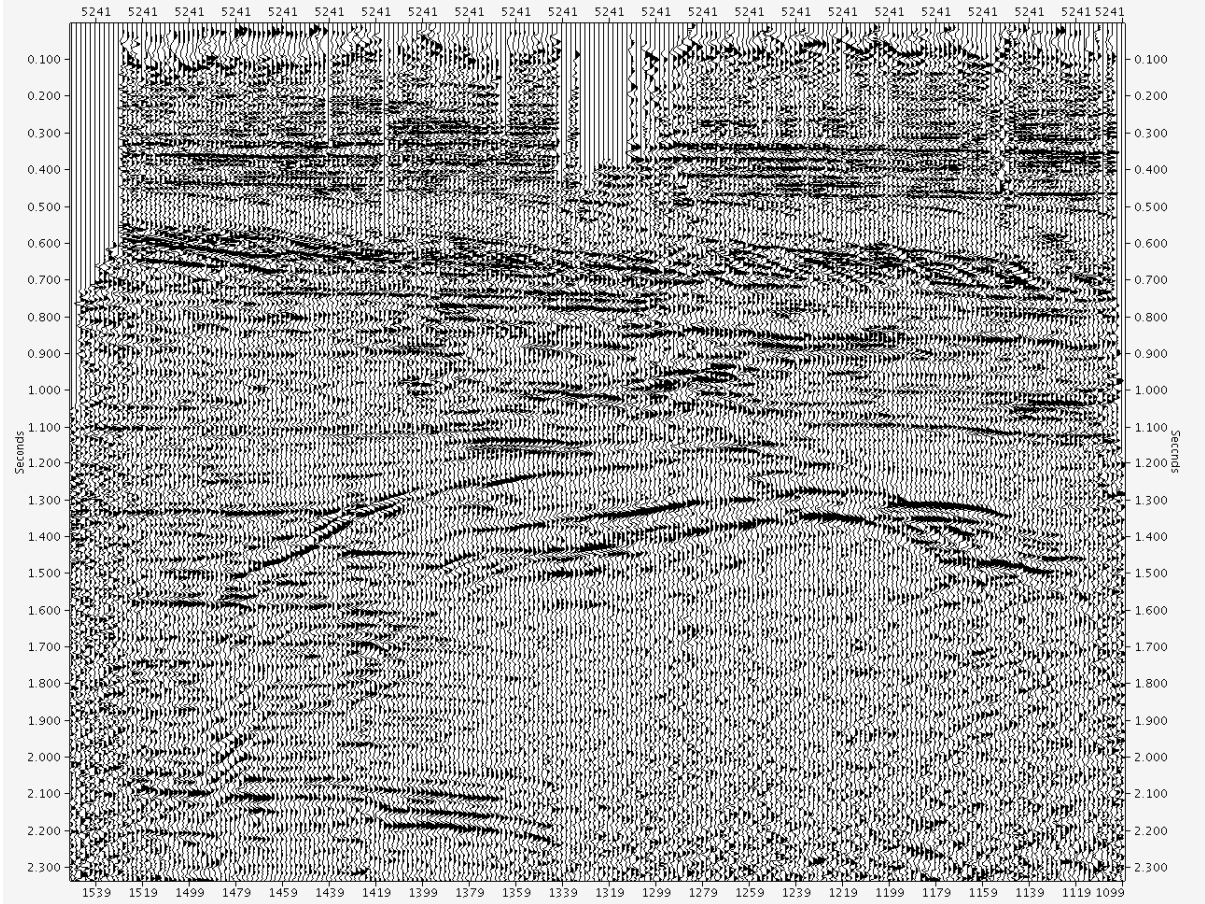
Questo ha permesso di ridurre il bin size passando da 40m a 20m con un bin size finale di 20m x 20m.



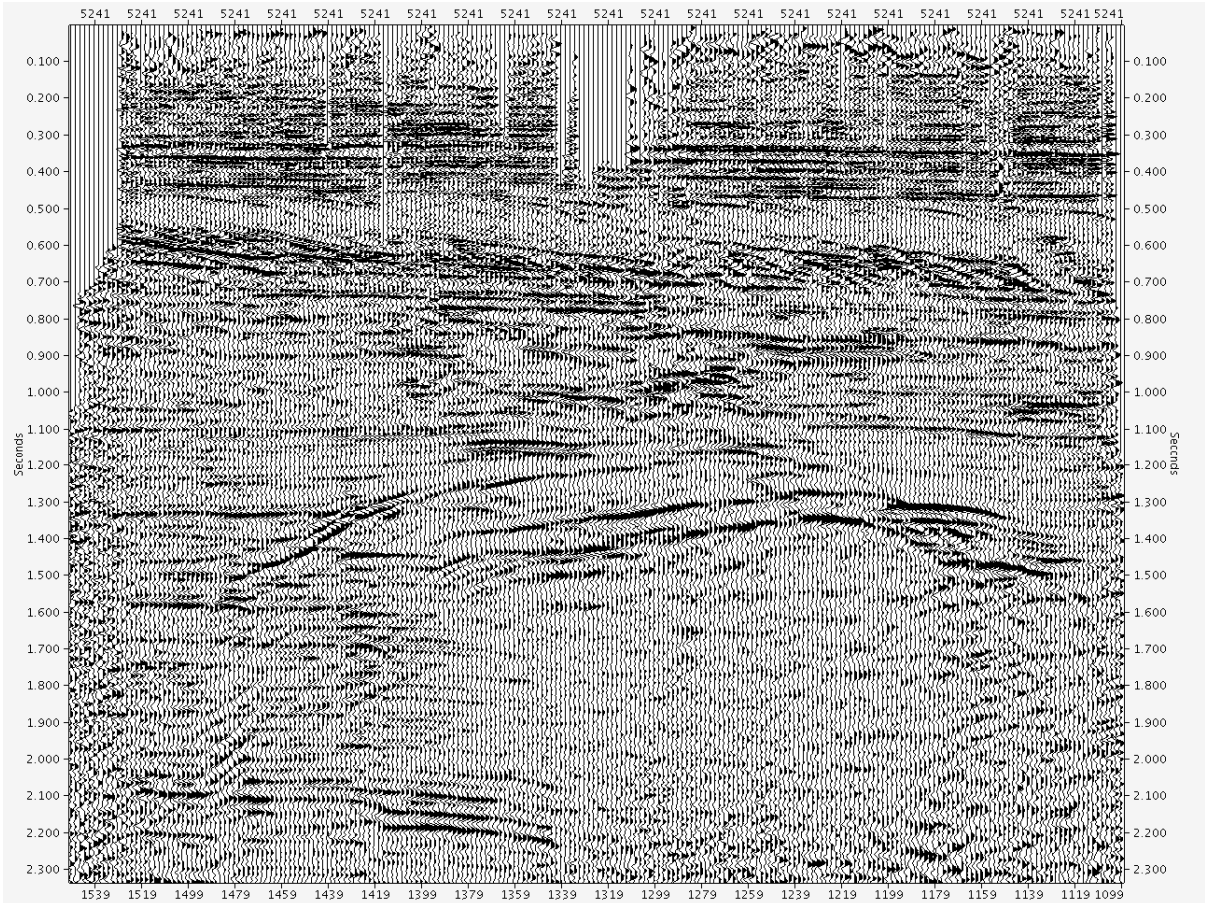
**Fig. 35 - IL1245 Stack after full DMO**



**Fig. 36 - IL1245 Stack after RNA + TVF**



**Fig. 37 - XL5241 Stack after full DMO**



**Fig. 38 - XL5241 Stack after RNA + TVF**



#### 4.29. Conversione del dato a fase zero

La conversione del volume a fase zero è stata effettuata tramite l'applicazione di un operatore calcolato in modo statistico utilizzando l'ondina media a fase minima estratta dai dati stack in una finestra di calcolo compresa tra 0.2 sec e 3.0 sec. [Appendice A.5b](#)

#### 4.30. 3D Post-stack Kirchhoff Time Migration

La migrazione tempi del volume stack finale, è stata effettuata utilizzando l'algoritmo Kirchhoff 3D. Il range di frequenze utilizzato per la migrazione varia da 50 a 120hz con una pendenza massima di 65 gradi. L'apertura dell'operatore di migrazione utilizzata è di 4km con un taper di 5 gradi. Il campo di velocità utilizzato per la migrazione è stato ottenuto applicando uno smoothing spaziale variabile nel tempo onde ridurre le variazioni laterali di velocità. Nessuna riduzione è stata applicata al campo di velocità nella zona dell'obiettivo.

#### 4.31. Time Variant Filter

E' stato quindi applicato un filtro passabanda variabile nel tempo come da tabella sottostante:

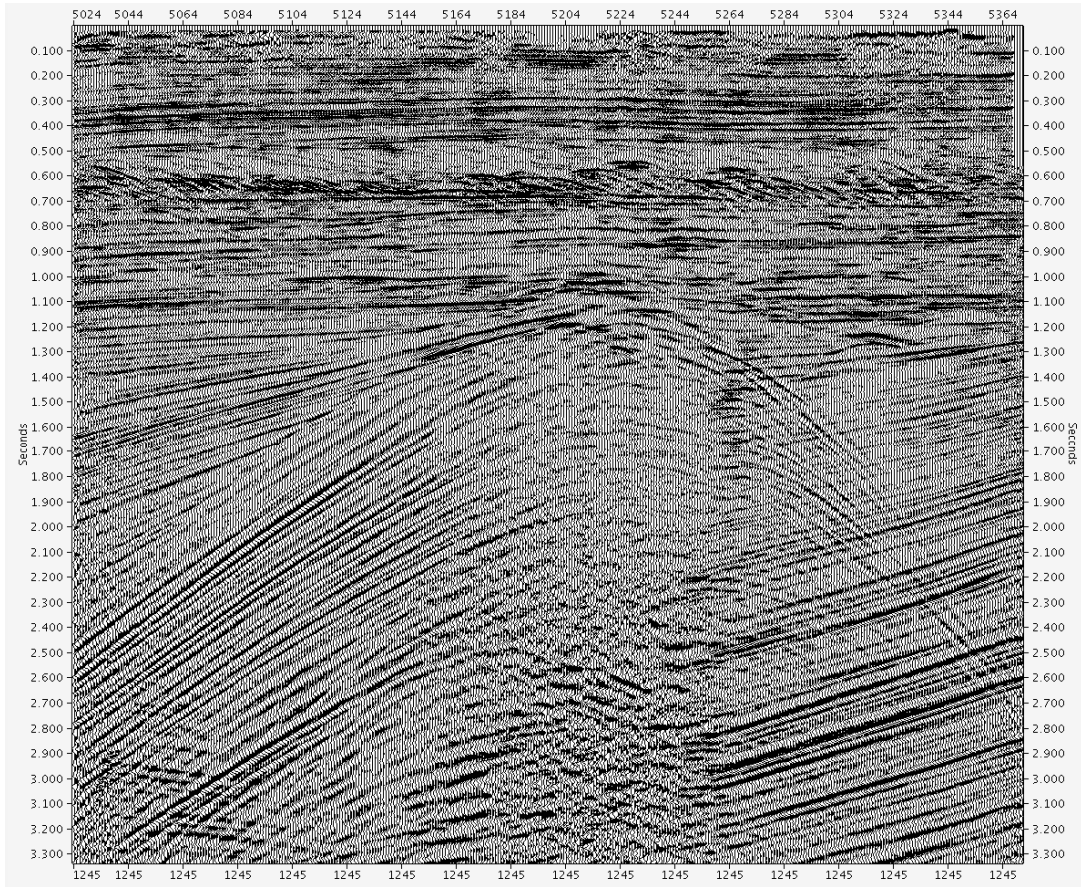
Time:0.0sec	Low cut: 14hz-24db/oct	High cut: 140hz-48db/oct
Time:0.5sec	Low cut: 12hz-24db/oct	High cut: 120hz-48db/oct
Time:0.75sec	Low cut: 10hz-24db/oct	High cut: 110hz-48db/oct
Time:1.5sec	Low cut: 8hz-24db/oct	High cut: 100hz-48db/oct
Time:3.0sec	Low cut: 8hz-24db/oct	High cut: 80hz-48db/oct
Time:4.5sec	Low cut: 6hz-24db/oct	High cut: 70hz-48db/oct
Time:6.0sec	Low cut: 4hz-24db/oct	High cut: 60hz-48db/oct

#### 4.32. Exponential Gain

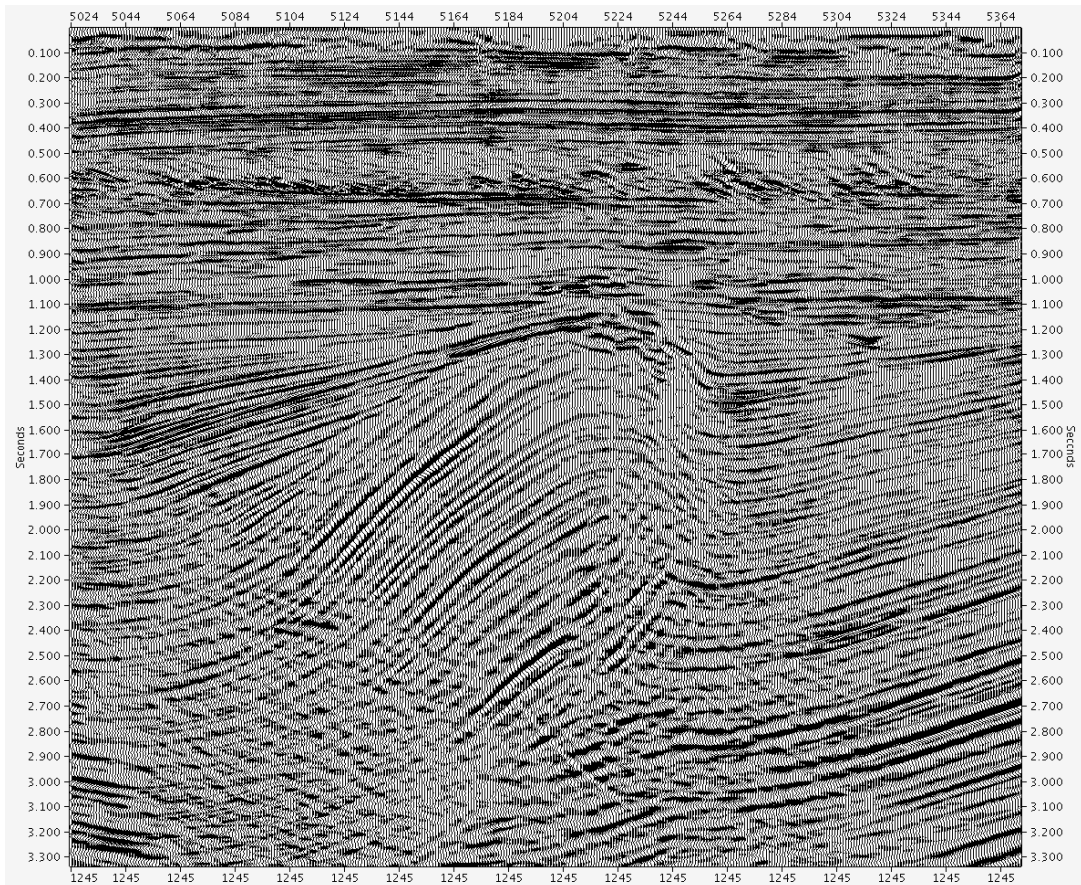
Una funzione di gain esponenziale di 6dB/Sec è stata applicata per bilanciare il dato finale dopo la migrazione senza alterare i rapporti di ampiezza al target ed è stata mantenuta costante dopo i 2.5 sec. Le [Fig 39-50](#) sono state estratte dai volumi stack e migrato finale per confronto

#### 4.33. Conversione del dato in formato SEG-Y

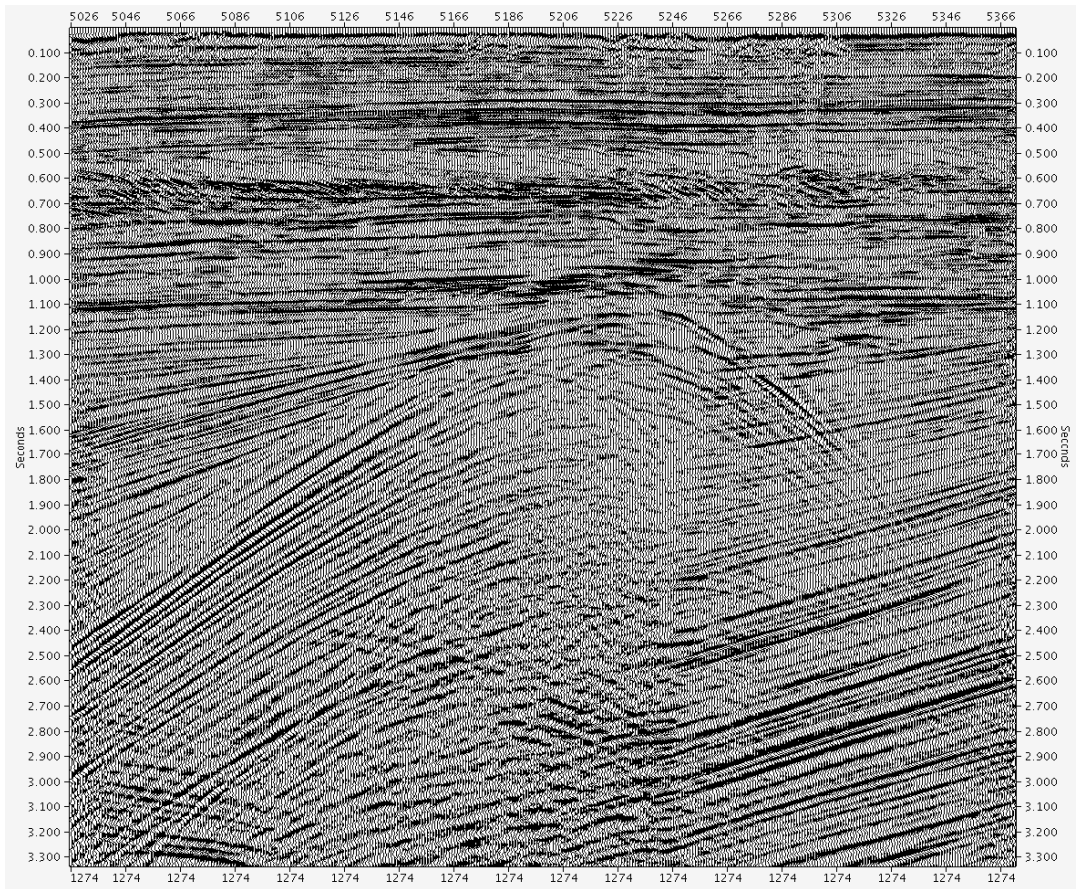
Il volume stack finale così ottenuto, è stato convertito dal formato interno Omega2 al formato SEG-Y standard Agip per la consegna al cliente e per le operazioni di caricamento in corporate database e di storage. [\(Appendice A6\)](#)



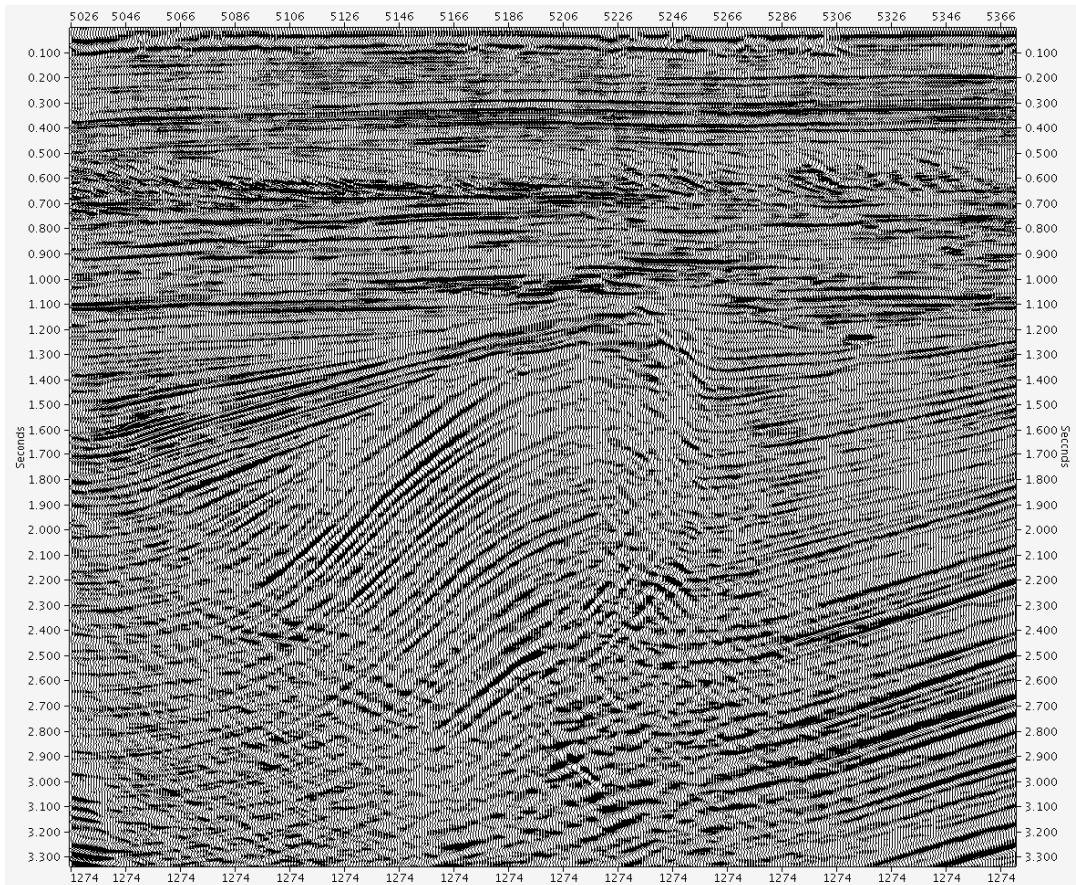
**Fig. 39 - IL1245 Final Stack**



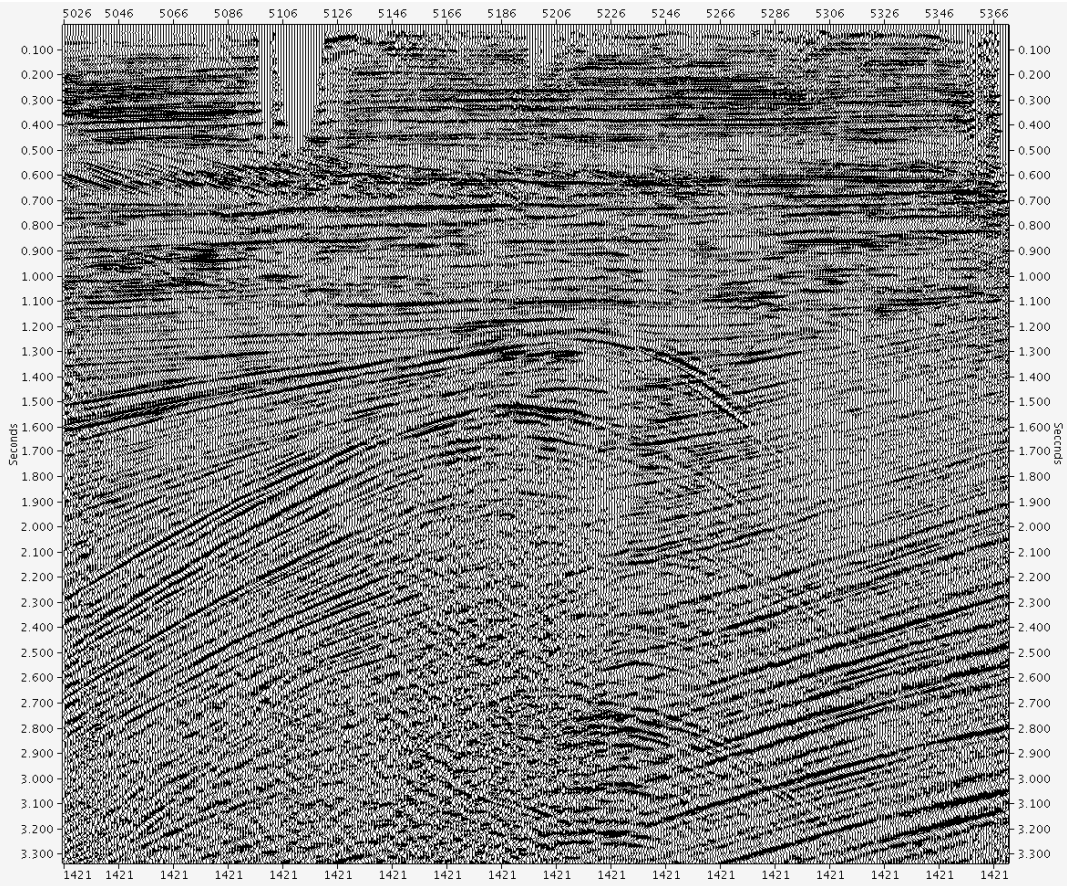
**Fig. 40 - IL1245 Final Migration**



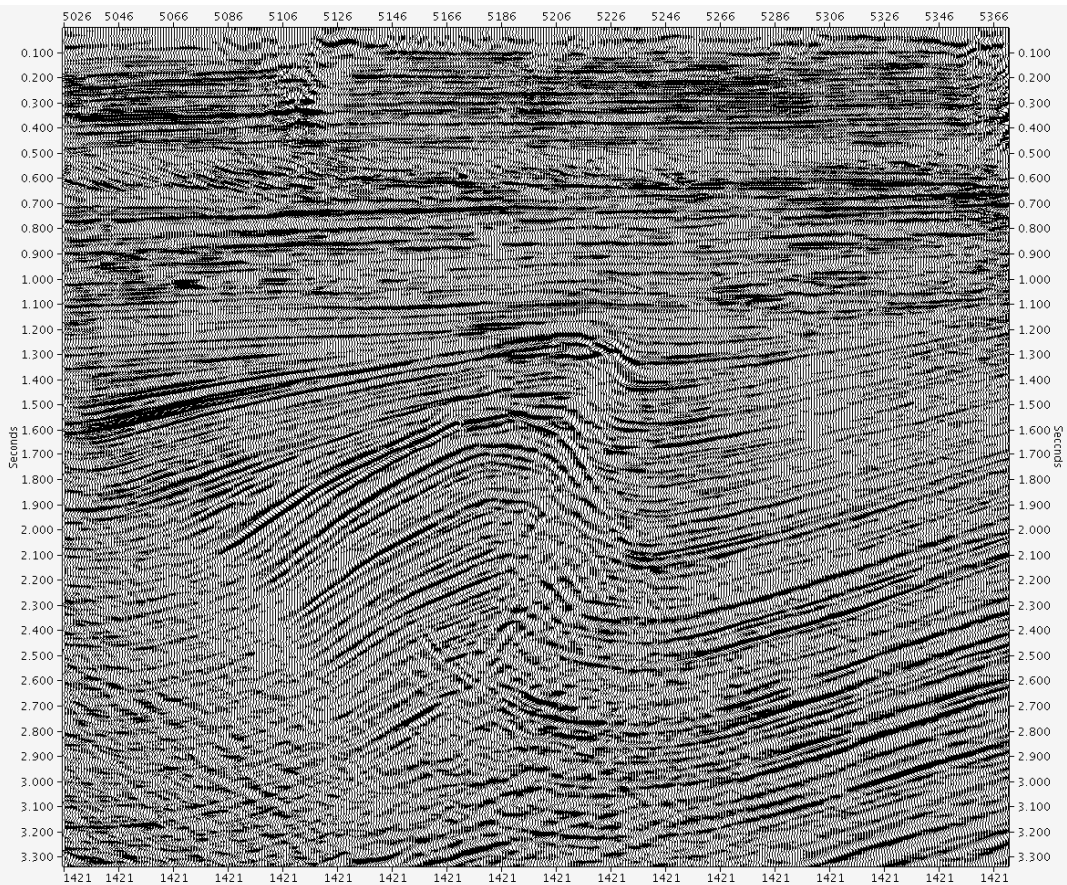
*Fig. 41 - IL1274 Final Stack*



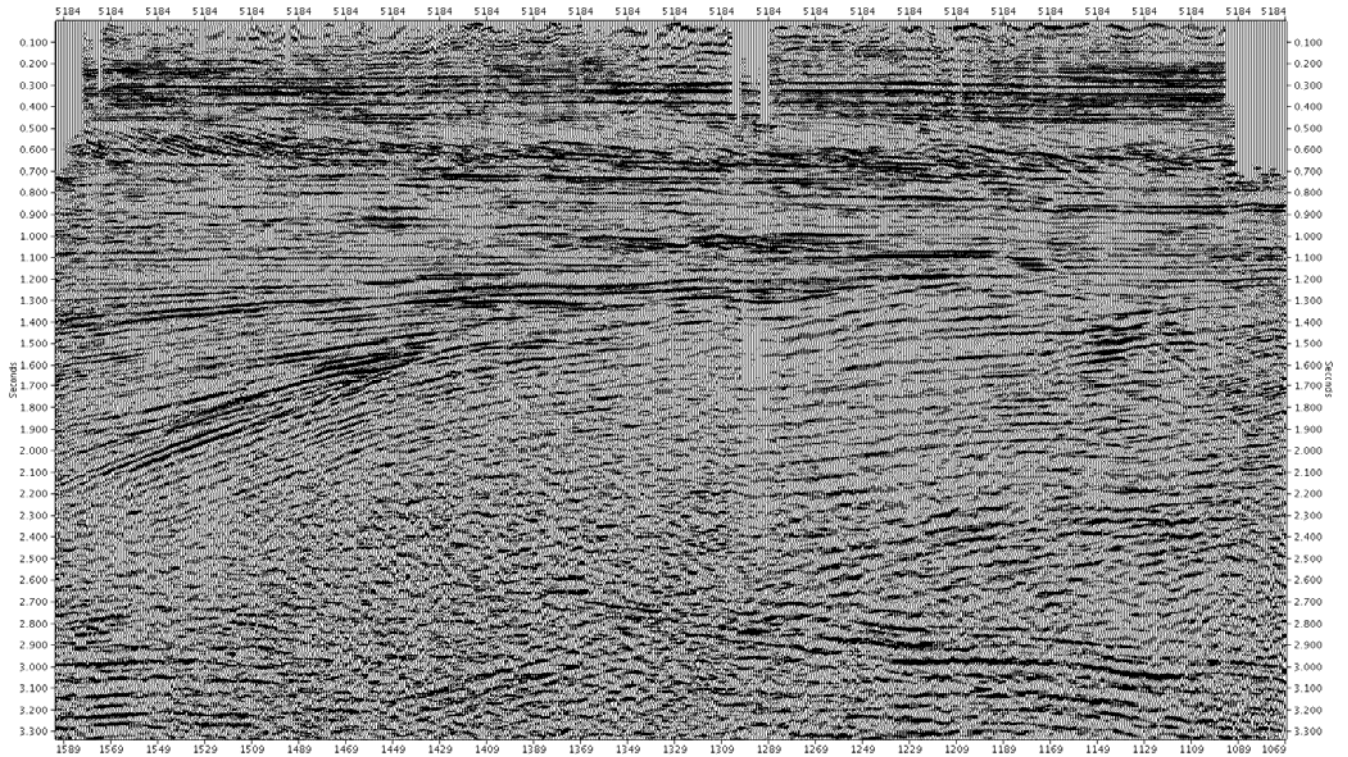
*Fig. 42 - IL1274 Final Migration*



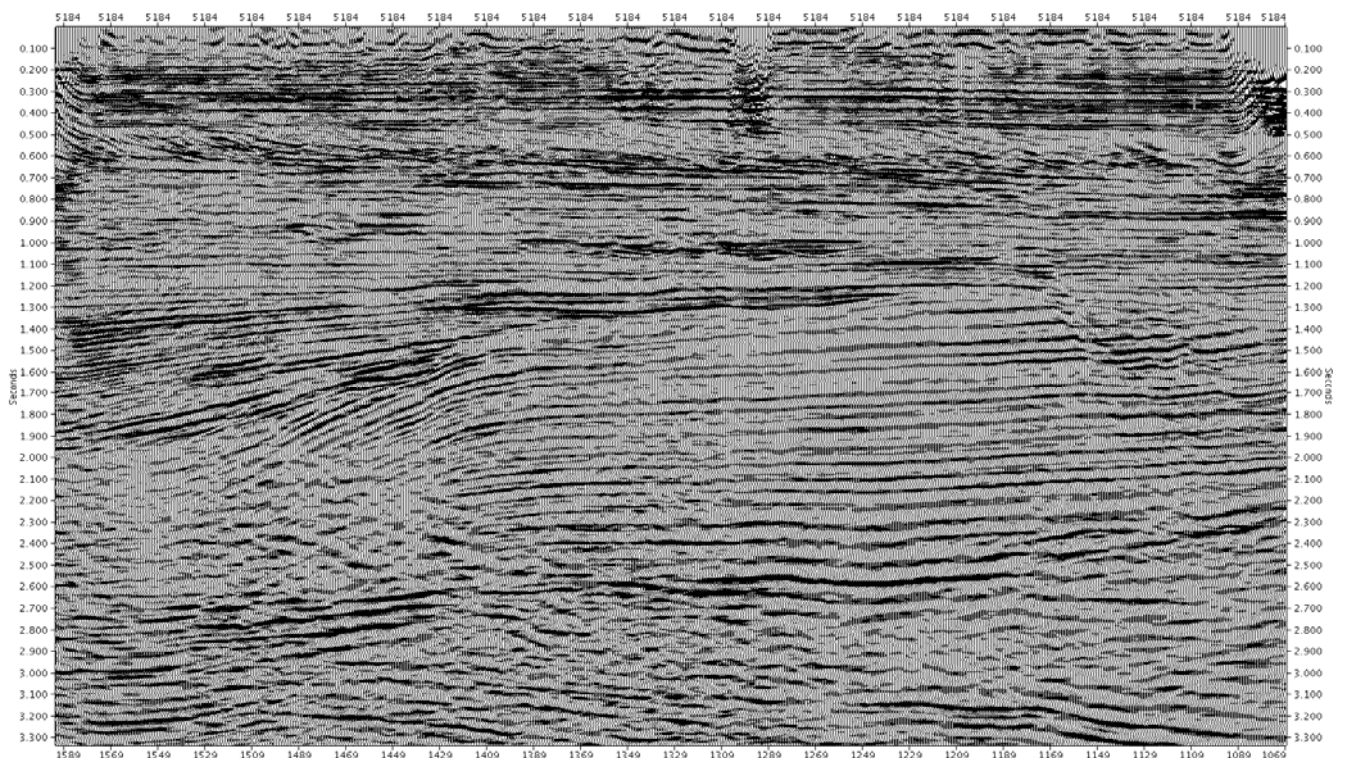
**Fig. 43 - IL1421 Final Stack**



**Fig. 44 - IL1421 Final Migration**

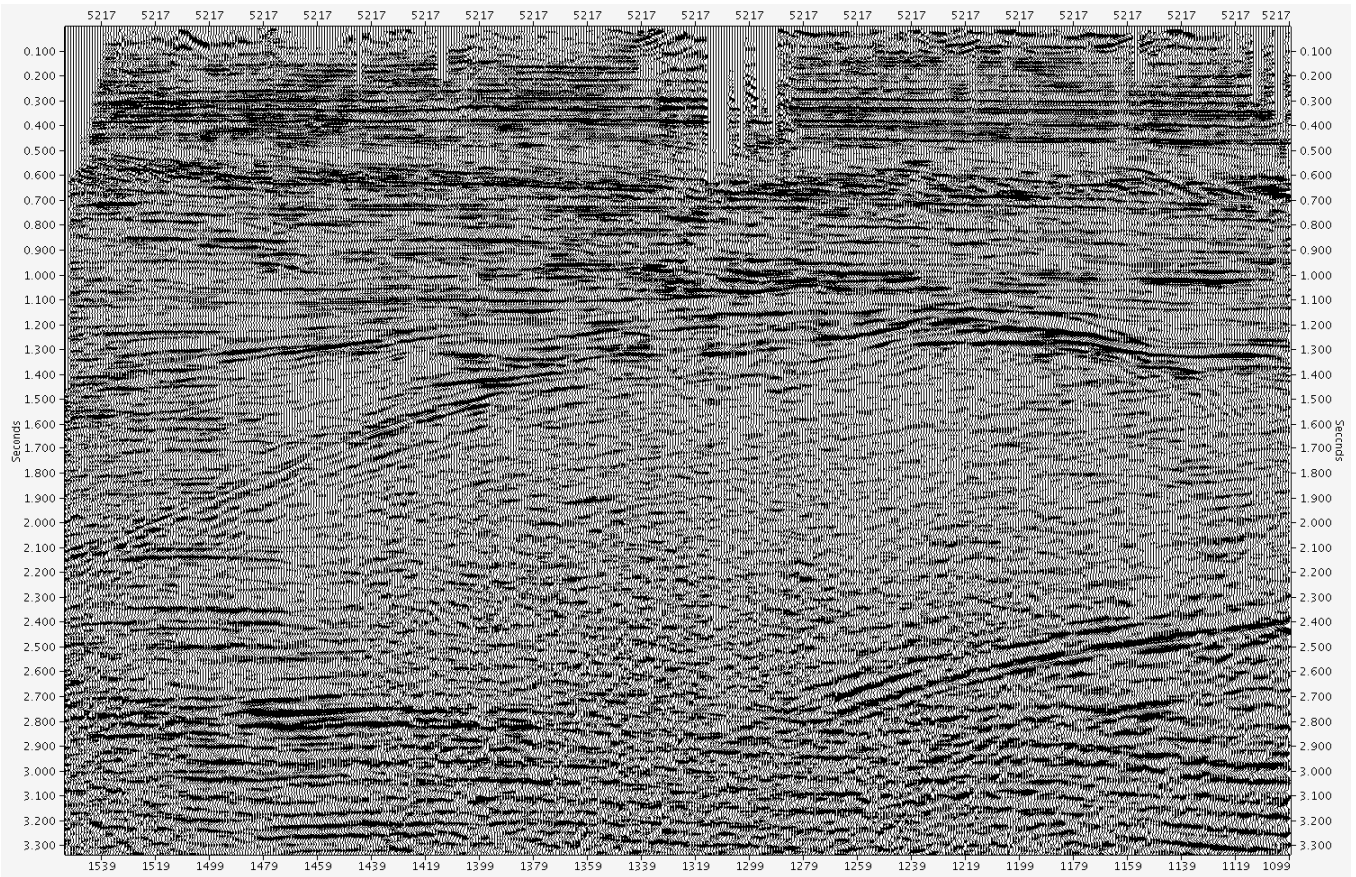


*Fig. 45 - XL5184 Final Stack*

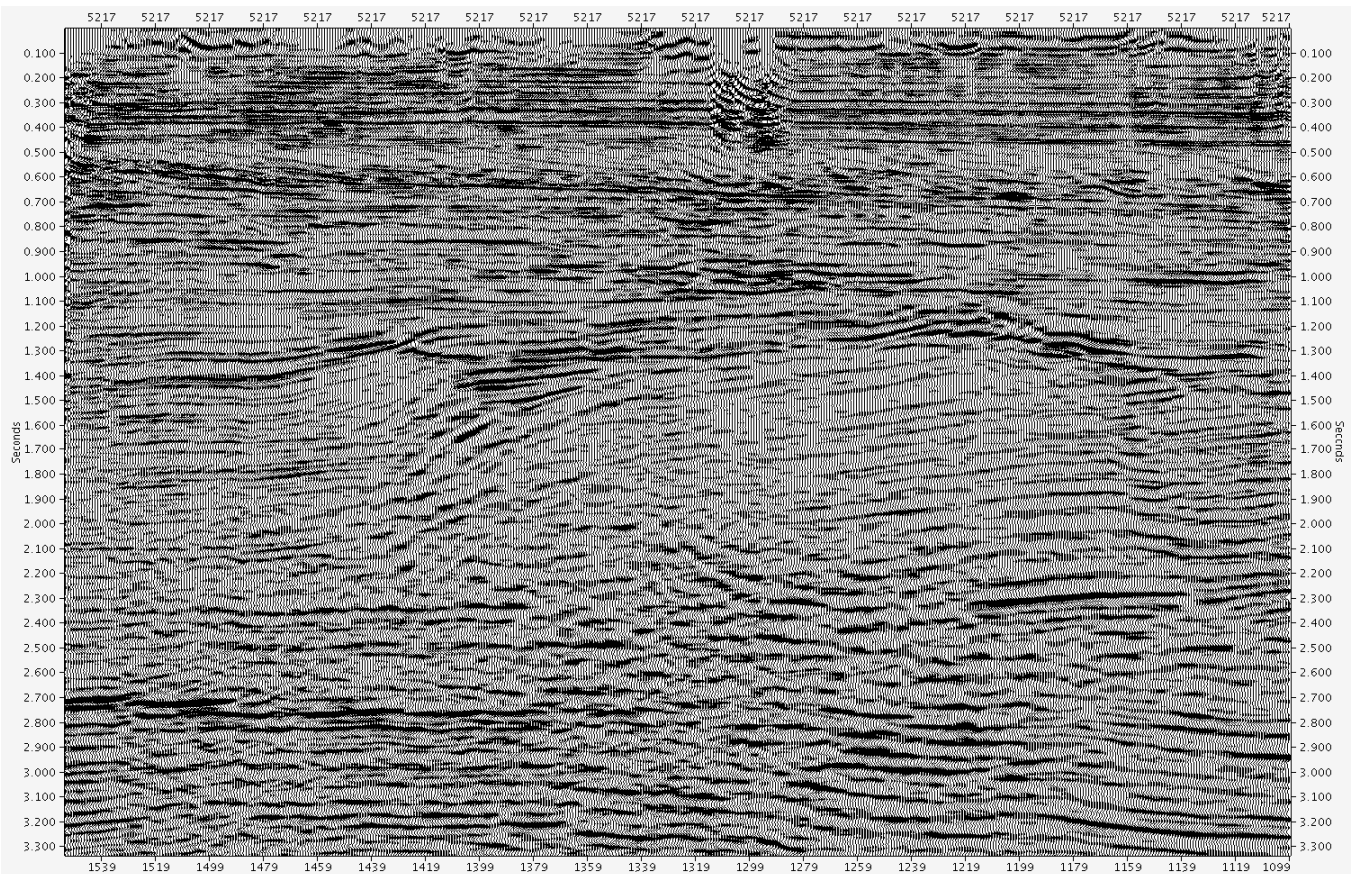


*Fig. 46 - XL5184 Final Migration*

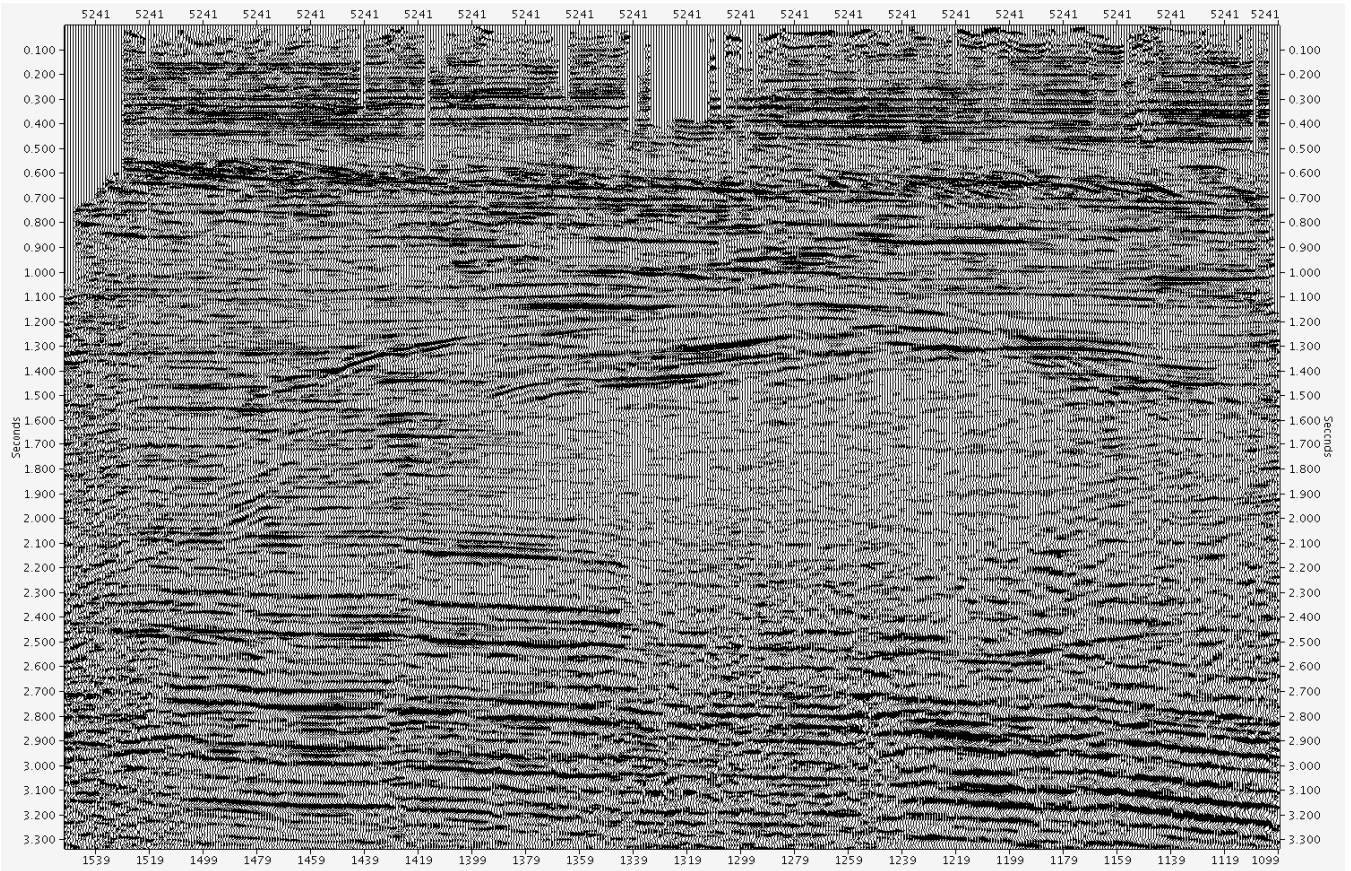




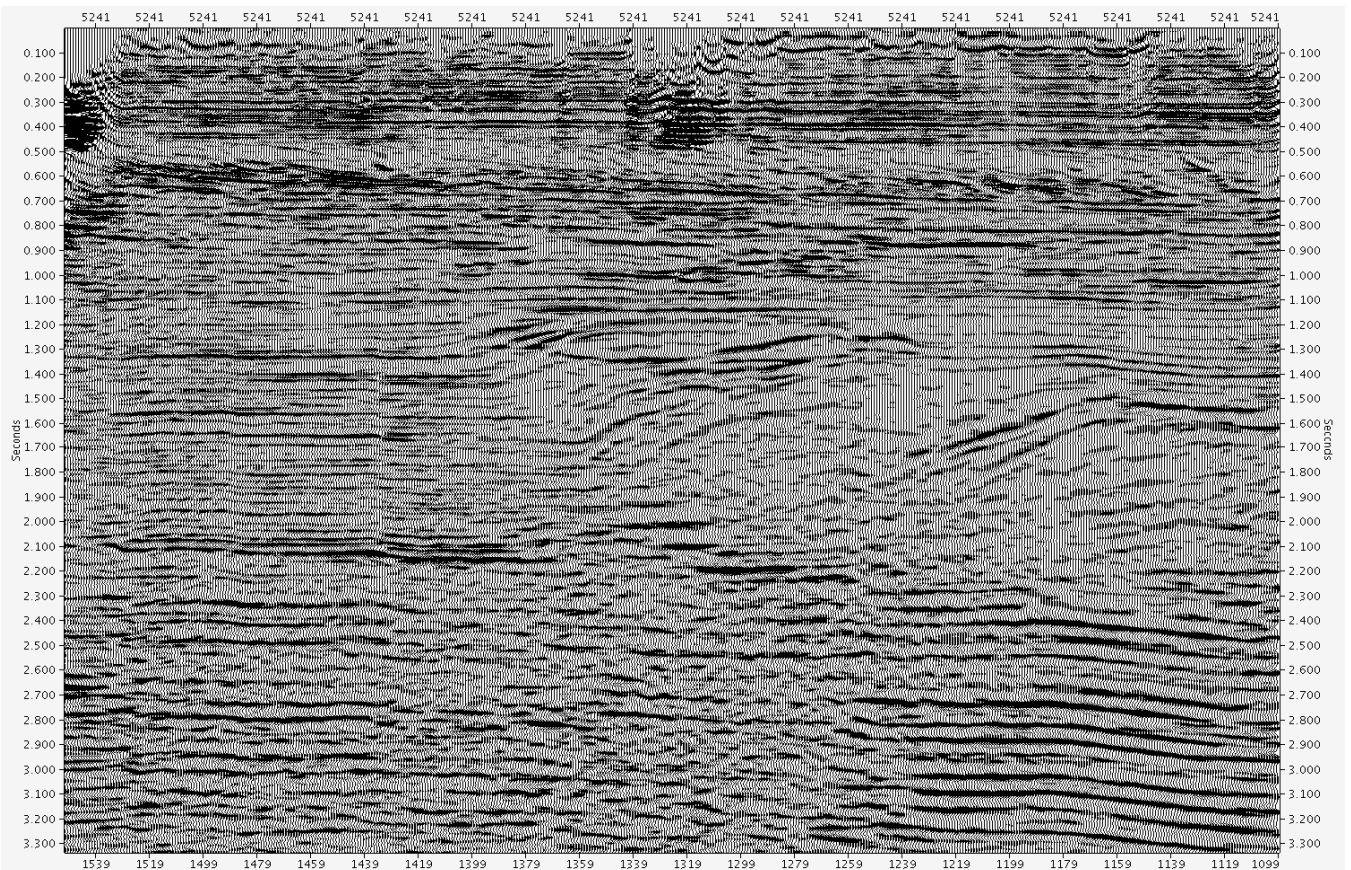
*Fig. 47 - XL5217 Final Stack*



*Fig. 48 - XL5217 Final Migration*



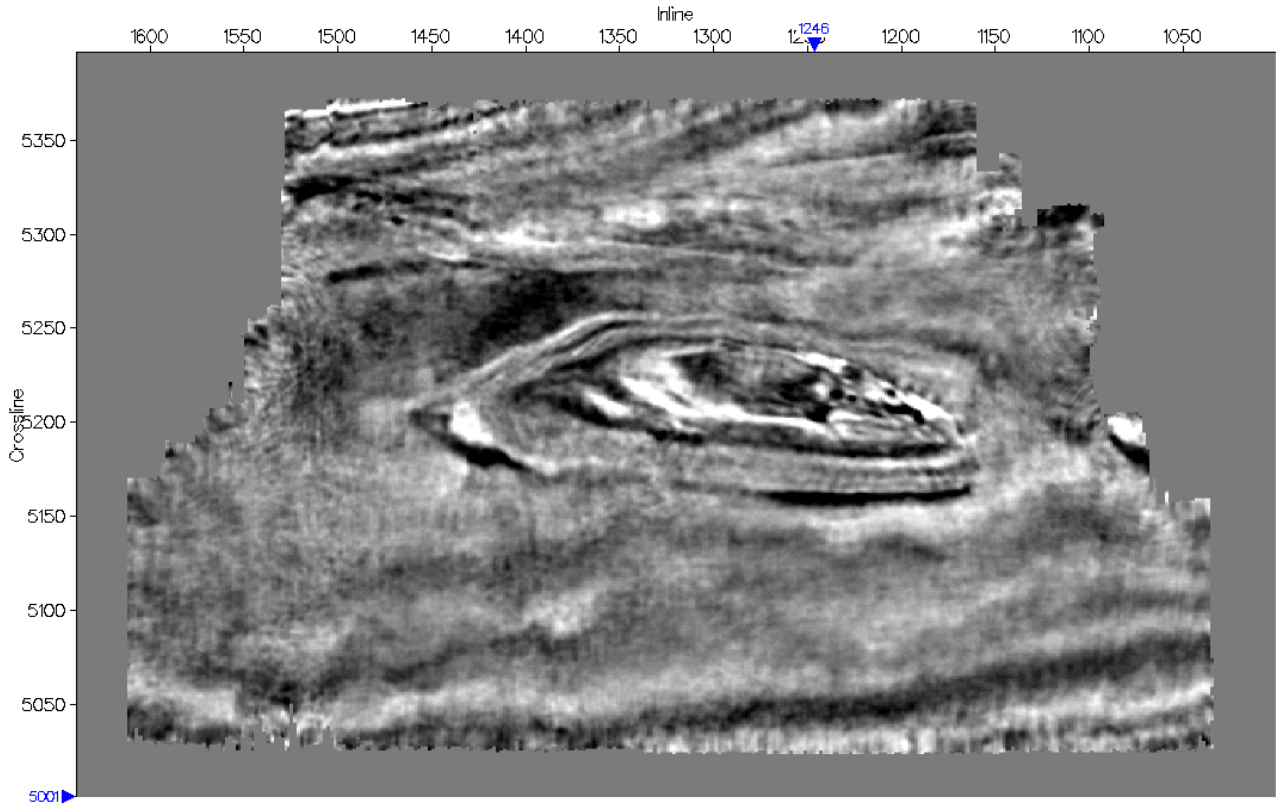
*Fig. 49 - XL5241 Final Stack*



*Fig. 50 - XL5241 Final Migration*

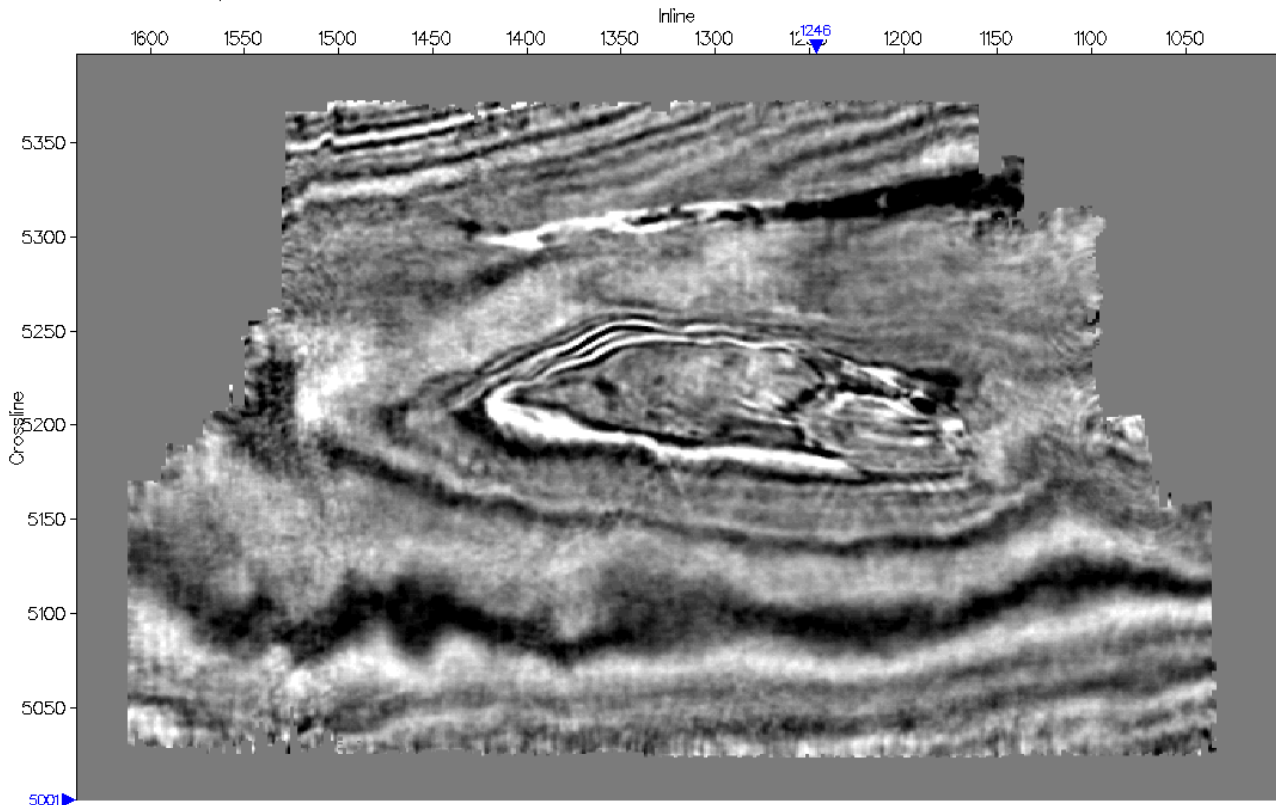


Timeslice: 1200 : Amplitude



**Fig. 51 - TS1200ms Final Migration**

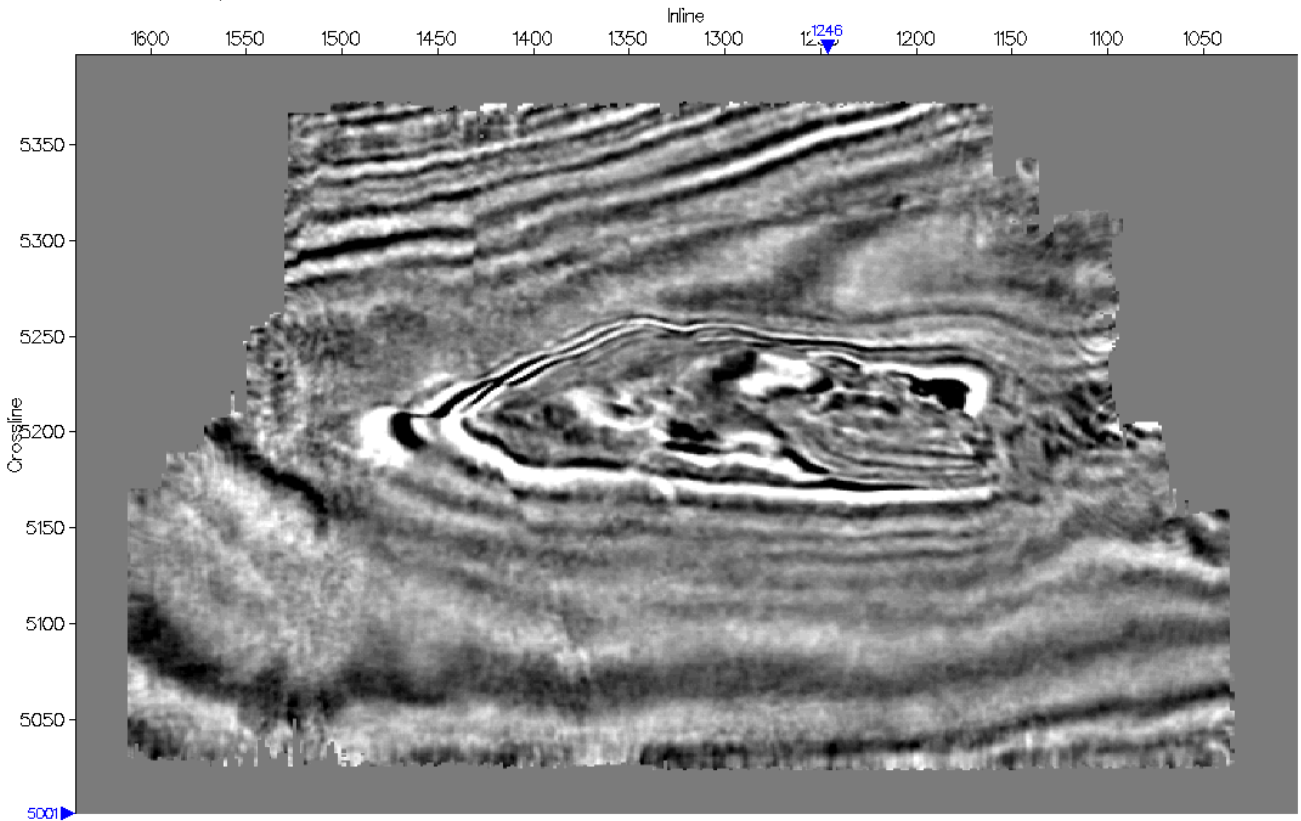
Timeslice: 1240 : Amplitude



**Fig. 52 - TS1240ms Final Migration**

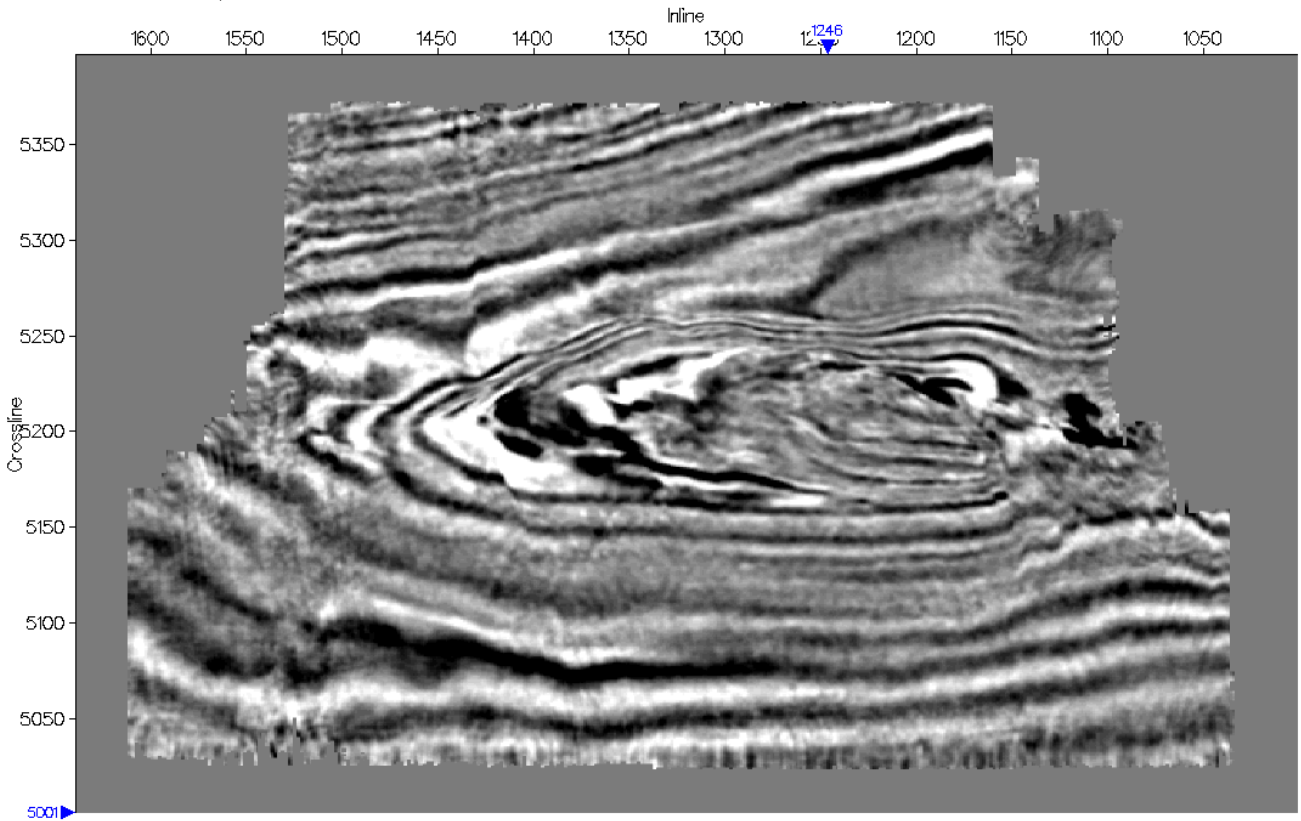


Timeslice: 1280 : Amplitude



**Fig. 53 - TS1280ms Final Migration**

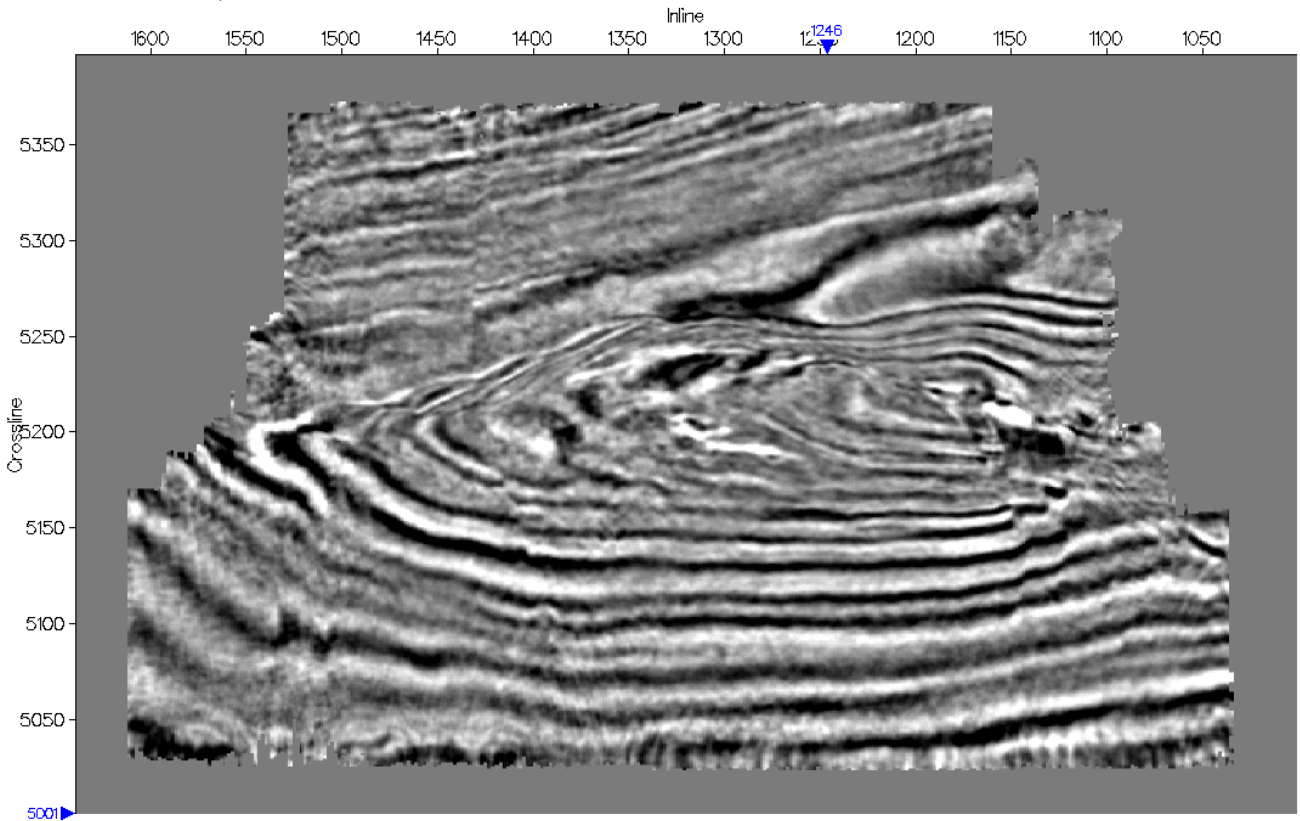
Timeslice: 1320 : Amplitude



**Fig. 54 - TS1320ms Final Migration**

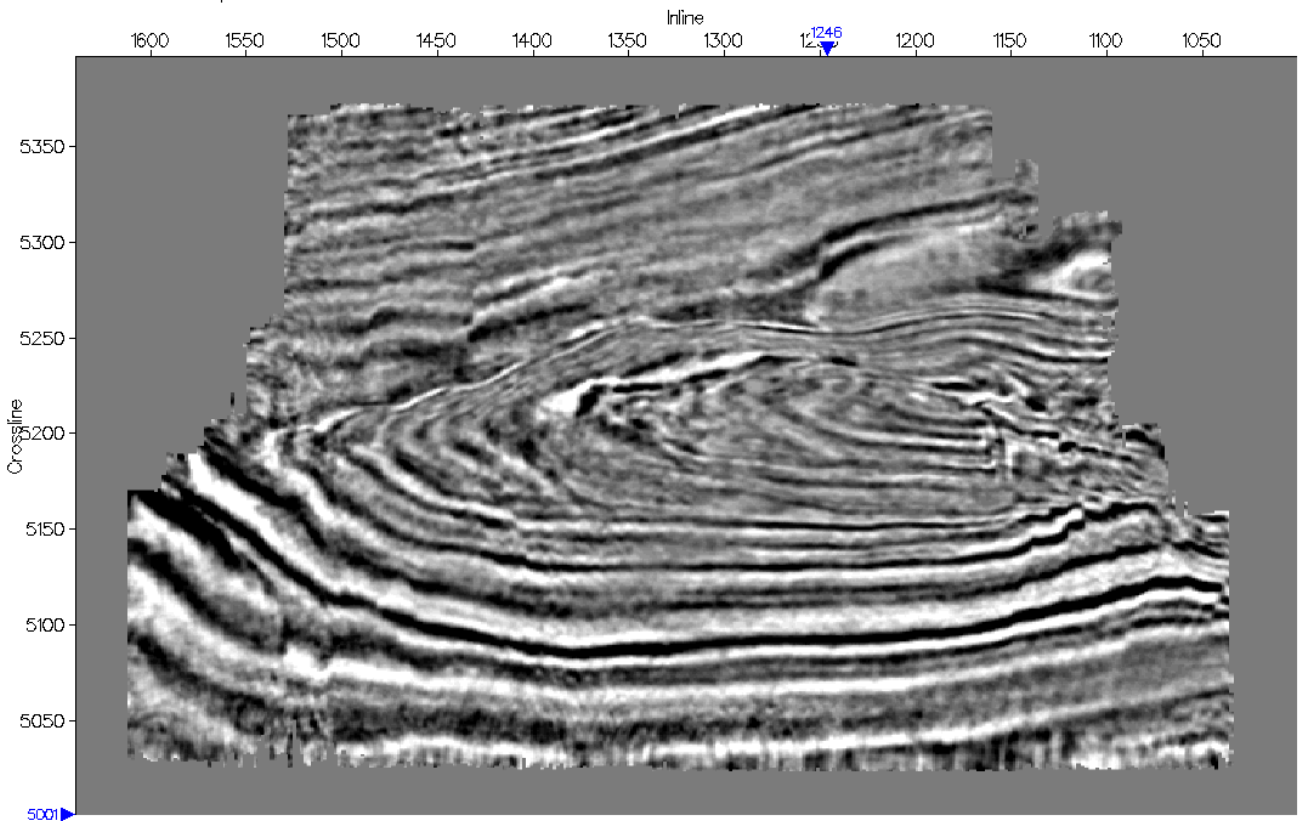


Timeslice: 1360 : Amplitude



**Fig. 55 - TS1360ms Final Migration**

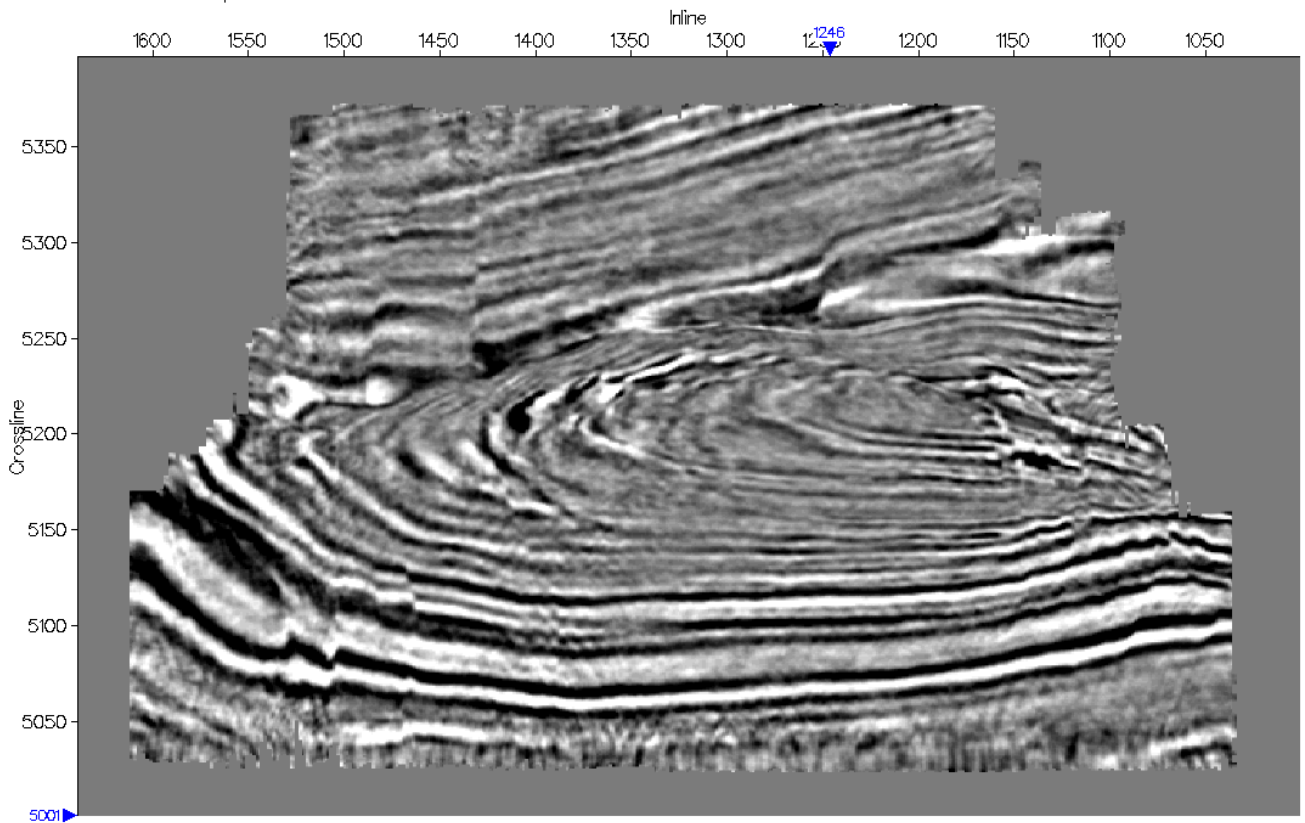
Timeslice: 1400 : Amplitude



**Fig. 56 - TS1400ms Final Migration**

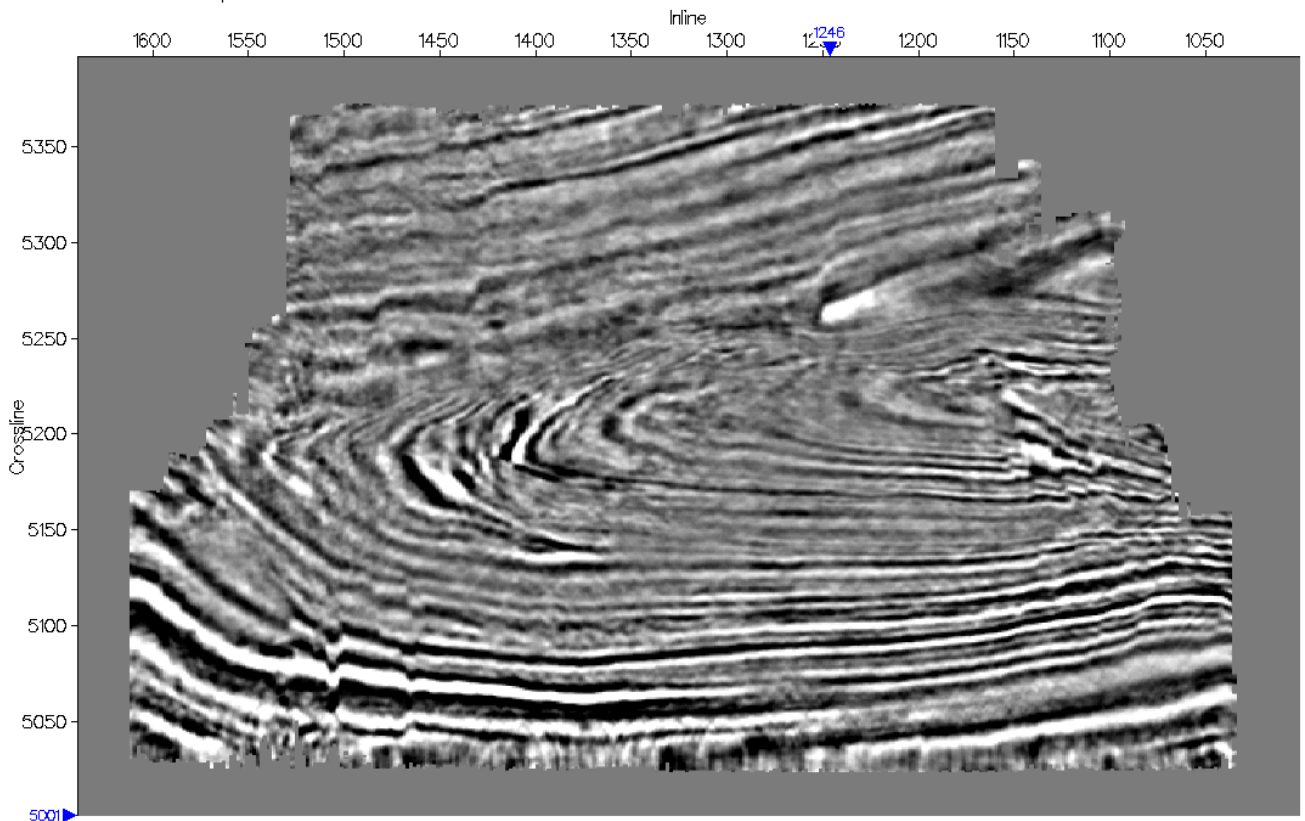


Timeslice: 1440 : Amplitude



**Fig. 57 - TS1440ms Final Migration**

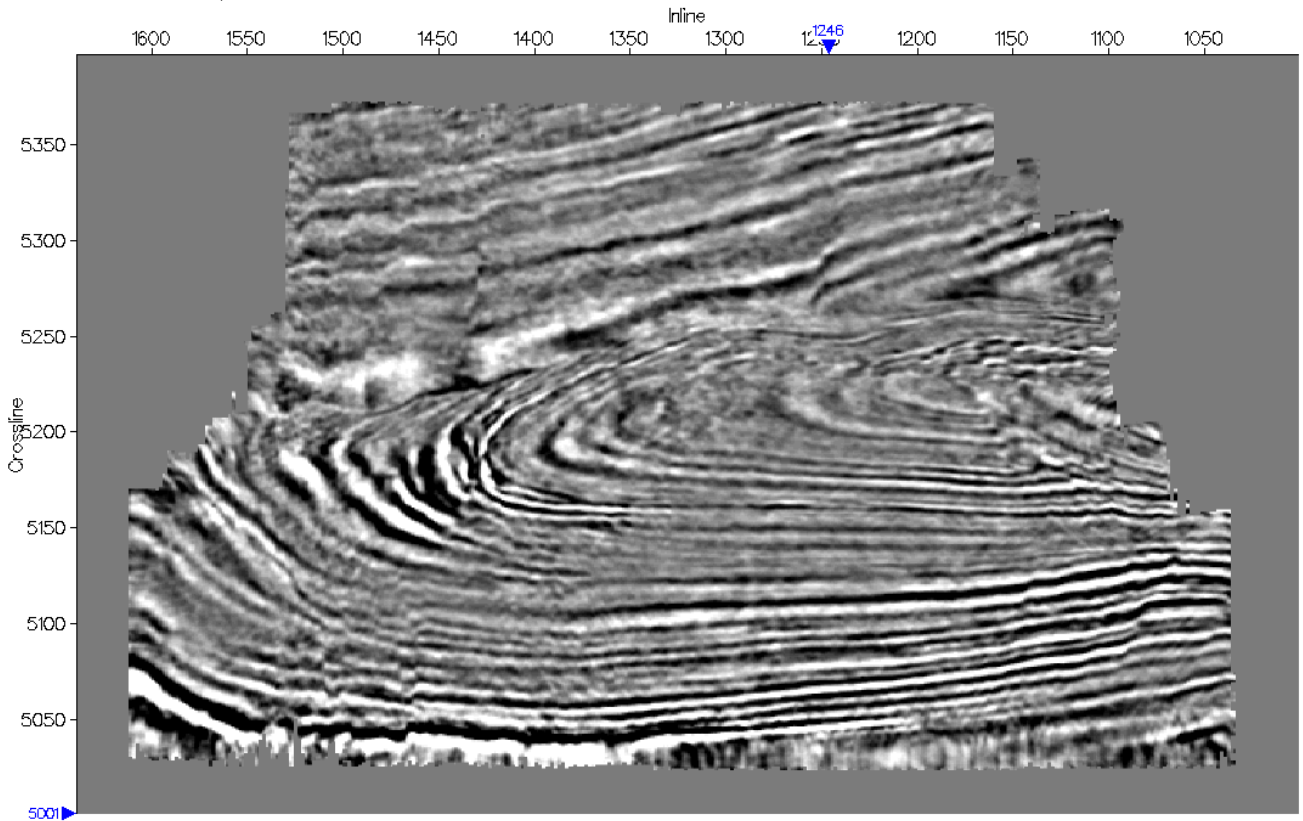
Timeslice: 1520 : Amplitude



**Fig. 58 - TS1520ms Final Migration**

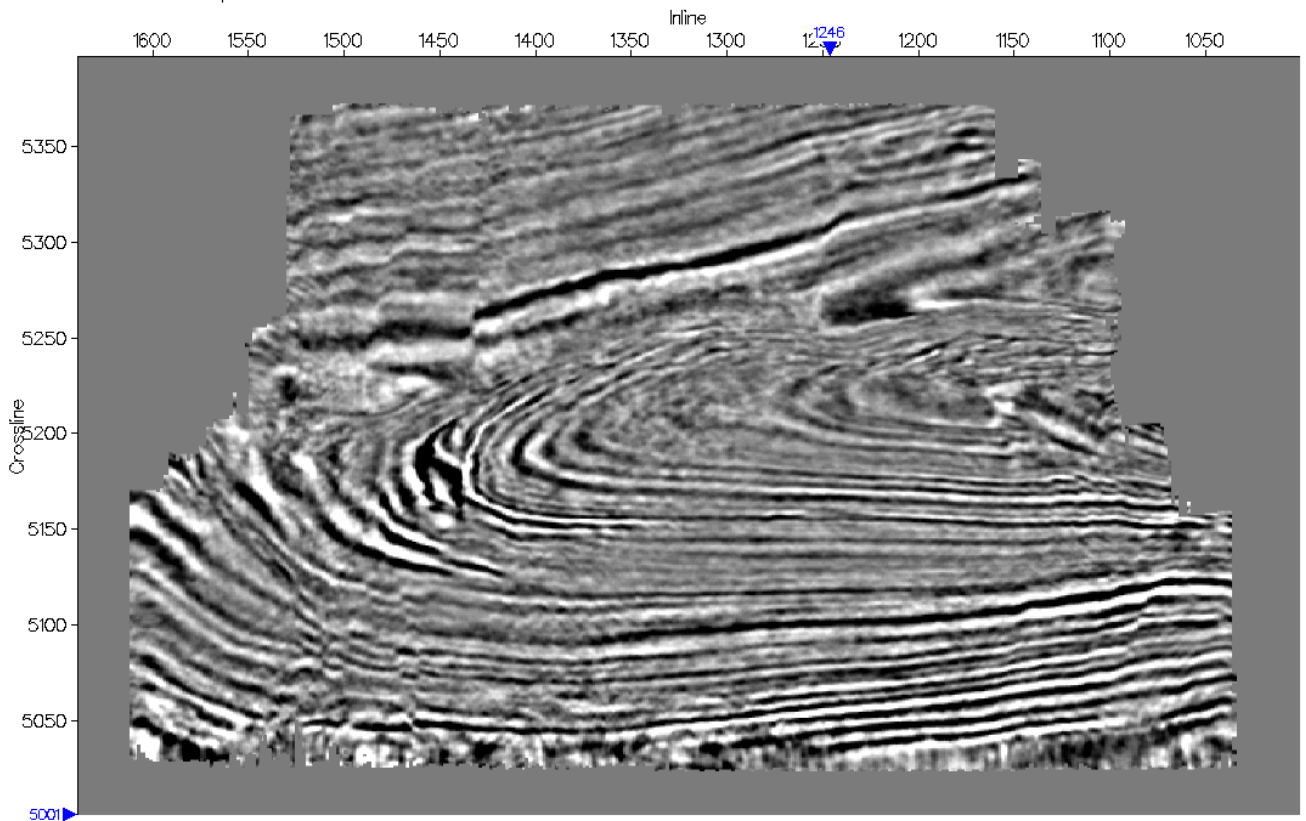


Timeslice: 1590 : Amplitude



**Fig. 59 - TS1590ms Final Migration**

Timeslice: 1630 : Amplitude



**Fig. 60 - TS1630ms Final Migration**



## 5. CONCLUSIONI

Come descritto in precedenza nello scopo del lavoro, l'obiettivo dell'elaborazione era ottenere un volume sismico migrato finale di qualità sufficientemente buona da permettere una corretta ricostruzione geometrica dei piani di faglia e delle caratteristiche del reservoir.

Le principali difficoltà incontrate durante l'elaborazione possono essere riassunte come segue:

- Presenza di un forte ground-roll.
- Forti problemi di statiche residuali.
- Presenza di noise, sia random che organizzato causato dal notevole numero di centri abitati e strade, insediamenti industriali ed agricoli e centrale gas di Minerbio.
- Zone non accessibili in fase di acquisizione e quindi caratterizzate da mancanza di offset medio-corti con conseguenti perdite di risoluzione ed anomalie a livello di statiche.

L'intensiva fase di testing e quindi la scelta di una buona sequenza di pre-condizionamento del dato sismico, ha permesso di attenuare in modo efficace tutti i tipi di noise presenti consentendo ai successivi passi del processing, di lavorare nelle condizioni ottimali.

Allo stesso tempo, grazie alla buona risposta sismica dell'area, non si è presentata la necessità di introdurre nella sequenza di elaborazione nessuna operazione eccessivamente aggressiva.

Gli step applicati hanno seguito un criterio di elaborazione convenzionale ed un approccio di tipo "amplitude and frequency preserving".

La sequenza di elaborazione è stata scelta per ottimizzare la risoluzione temporale e spaziale e per migliorare al massimo il rapporto S/N senza introdurre pericolosi effetti di mixing.

Possiamo affermare che la scelta della deconvoluzione di tipo spiking ha assicurato una buona risoluzione mentre la sequenza di denoise applicata sia in dominio shot che successivamente in dominio receivers, ha permesso di accrescere ulteriormente il rapporto S/N. Le tre iterazioni di correzioni statiche residuali (surface consistent e cmp consistent) hanno contribuito in maniera fondamentale a migliorare sia l'assetto strutturale che l'imaging di buona parte dei riflettori. L'applicazione dell'algoritmo di DMO ha assicurato una buona focalizzazione delle iperboli di diffrazione permettendo alla migrazione una ricostruzione affidabile delle strutture esistenti senza effetti di sovrasmigrazione nella zona di interesse.

Per tutte queste ragioni si può concludere che tutti gli obiettivi richiesti sono stati raggiunti.

Le figure allegate a questa relazione documentano i risultati positivi ottenuti dopo gli step più significativi della sequenza di elaborazione.





## 6. SISTEMA DI QUALITA'

### 6.1. Introduzione

AESI (Unità per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati sismici) ha documentato e implementato un sistema per la gestione della qualità che soddisfa i requisiti ISO 9001:2008.

Il sistema qualità è documentato nel documento n° SGI-AESI-001, nelle istruzioni di lavoro, nei diagrammi di flusso di lavoro, nelle specifiche tecniche AESI, nelle normative nazionali ed internazionali e nella programmazione della produzione e della qualità.

L'efficacia del sistema qualità è regolarmente revisionata e rivista su base annuale.

L'unità AESI è stata certificata ISO 9001:2008 nel Febbraio 2002 dall'ente RINA (Registro Navale Italiano) per la progettazione, l'acquisizione e l'elaborazione dei dati geofisici (certificato n° 6961/02/S) ed ha rinnovato la certificazione in Marzo 2011.

### 6.2. Controllo dei Documenti

TABLE-1		
Document code	Title	Revision
AESI-P-MAN-01	Compani's Standard SEG-Y format for seismic data	Rev. 01
AESI-P-MAN-02	Ancillary formats for seismic data processing	Rev. 00

### 6.3. Gestione delle non-conformità

Con riferimento al nostro Sistema Qualità, per il trattamento delle non-conformità e per prendere opportune misure preventive, siamo in grado di definire le responsabilità ed i trattamenti per le identificazioni delle non-conformità, per mantenere le non-conformità visibili, per mantenere i documenti che identificano gli item non conformi, la natura e la portata dell'anomalia (rapporto delle non-conformità), per implementare qualsiasi azione correttiva e preventiva per rimuovere le cause dell'attuale o potenziale non conformità.

Nessuna non-conformità è stata registrata per questo progetto.

### 6.4. Verifiche ed Ispezioni

Durante l'esecuzione del lavoro in oggetto, AESI è stata sottoposta ad ispezione di verifica interna ed esterna con esito positivo.



## 7. APPENDICI

### A.1 Tabelle riassuntive dei parametri di acquisizione

#### PROJECT GENERAL THEORETICAL INFORMATIONS

Survey Type	3D
Full Fold Area	53.64 Km <sup>2</sup>
Single Fold Area	78.80 Km <sup>2</sup>
Number of Swaths	12
Total Receiver points	6612
Total SPs Normal	6020
Number of Station Lines	38
Number of Source Lines	43
Receiver Lines Range	1000-1148
Source Point Lines Range	1004-1143
Theoretical Station Density (Single fold area)	83.90 RP/Km <sup>2</sup>
Theoretical Station Density (Full fold area)	123.26 RP/Km <sup>2</sup>
Theoretical Source Density (Single fold area)	76.39 SP/Km <sup>2</sup>
Theoretical Source Density (Full fold area)	112.23 SP/Km <sup>2</sup>

#### PROJECT GENERAL REAL INFORMATIONS

Full Fold Area	46.31 Km <sup>2</sup>
Single Fold Area	68.04 Km <sup>2</sup>
Number of Swaths	12
Total Receiver points	5551
Total SPs Normal	3937 (di cui 680 VP)
Total SPs Undershooting	74 (di cui 28 VP)
Total SPs (Normal+Undershooting)	4011 (di cui 708 VP)
Number of Station Lines	38
Number of Shot Lines (normal production)	43
Receiver Lines Range	1000-1148
Shot Point Lines Range	1004-1143
Station Density (Single fold area)	81.58 RP/Km <sup>2</sup>
Station Density (Full fold area)	119.87 RP/Km <sup>2</sup>
Real Source Density (Single fold area)	58.95 SP/Km <sup>2</sup>
Real Source Density (Full fold area)	86.61 SP/Km <sup>2</sup>

#### SPREAD PARAMETERS

N° of Lines	6
Total n. of Channels/Line	96 chs
Total n. of Channels/Template	576 chs
Total Length active line	6360 m
Receiver Lines Separation	320 m
Source Lines Separation	160 m
Acquisition Direction (Receivers Lines)	35° - 215°
Acquisition Direction (Sources Lines)	125° - 305°



#### RECEIVER PARAMETERS

Geophone Type	Sensor SM4
Resonant Frequency	10 Hz
Receiver Pattern	12 geophones/group
N° Geophones/String	12 geophones String
N° String/Group	1 string
Geophones Electrical Connection	12 serial
Pattern type	Linear
Station Interval	40 m
Pattern Length	11 m
Distance between geo lines	1 m
Pattern Lateral wide size	0 m
Pattern Stagger	0 m

#### GEOPHYSICAL PARAMETERS

Min Offset	45 m
Max Offset	2269 m
Bin Size	20 m x 40 m
Fold	36th
In-line Fold	12 th
X-line Fold	3 th
Base Block In-line move-up	160 m
Base Block X-line move-up	960 m

#### MAIN RECORDING PARAMETERS

Recording System	SN428-XL
Sample Rate	2 ms
Recording Length	6 s
Number of aux. chs.	5
Antialias Filter	0,8 Fn Minimum Phase (200 Hz) ¼ Ny
K-gain (dB)	Gain ( g1 ) = 0 db_1600 mv
Encoder-Decoder	Vib-Pro/Shot-Pro ( PELTON)
Tape Format	Cartridge 3590E (Format 8058 Seg D)

#### VIBROMETRY PARAMETERS

Recorder Type	VIBRALOC ABEM; UVS1500
Channels	3 geophone channels
Frequency Range	2-250 Hz
Sampling Frequency	1000 Hz
Measuring Range	± 250 mm/s
Record Length	1 s

#### SOURCE PARAMETERS

Number source Line/Template	1 source line
Number source Points/Template	12 shot points
Source interval/Distance	80 m
Source Lines Separation	160 m
Acquisition Mode	cross shooting

Source Type 1	Dynamite
Source Pattern	1 hole/SP
Charge Size	2 Kg
Charge Depth	9 m

Source Type 2	Vibroseis
Type of Vibrators	VVCA - E (Geomechanik - Prakla Seismo
Force	Hold Down Weight
Weight	28000 lbs
Electronics	Force Two
Version	5H
Number of vibrator	2
Distance between vibrator	15 m
Move up	2 x 15 m
Orientation	inline
Sweep Length	16 s
Number of sweeps	2 (1x2)
Taper	300 ms cos <sup>2</sup> both ends
Sweep Data	Linear (Up-Sweep) 6-70 Hz
Drive level	75% (high force) 40% (low force)
Phase Locking	Ground Force



## A.2 Procedure per il controllo della qualità del dato

Sono stati eseguiti controlli per verificare la qualità del dato dopo ogni fase principale di elaborazione, per validare il risultato ottenuto e/o per evidenziare e conseguentemente risolvere le possibili problematiche presenti.

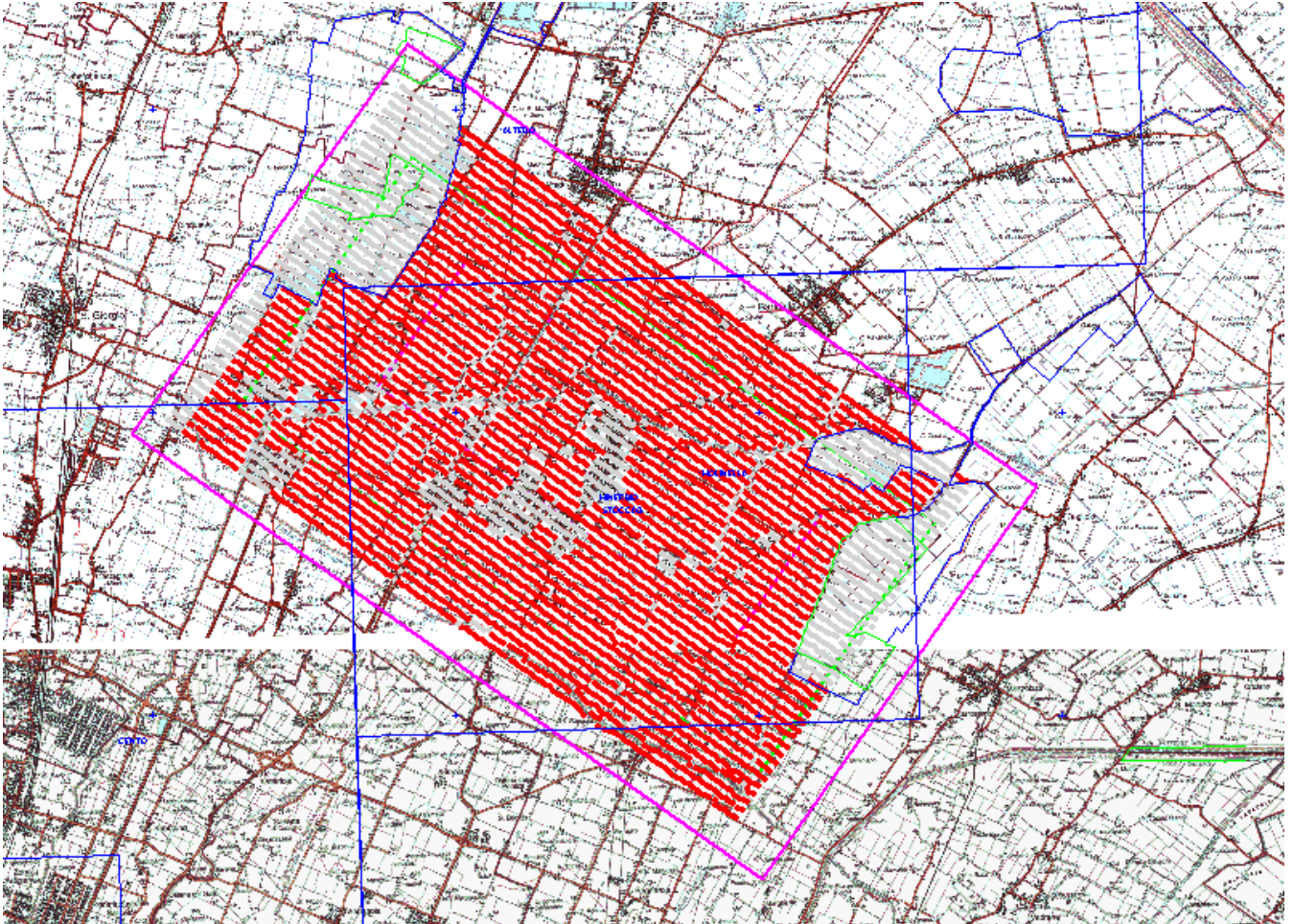
Sono stati inviati mensilmente al cliente gli stati di avanzamento lavori (SAL) come da sistema di qualità AESI.

Come si può evidenziare analizzando le figure allegate al rapporto, sono stati realizzati volumi di controllo almeno dopo ognuna delle seguenti fasi del flusso di elaborazione:

- Binning
- Dephasing
- Calcolo delle correzioni statiche
- Attenuazione del ground-roll
- Deconvoluzione
- Applicazione delle correzioni statiche residuali surface consistent e cmp consistent
- Interpretazione delle analisi di velocità
- Full Dmo Stack
- Migrazione Finale



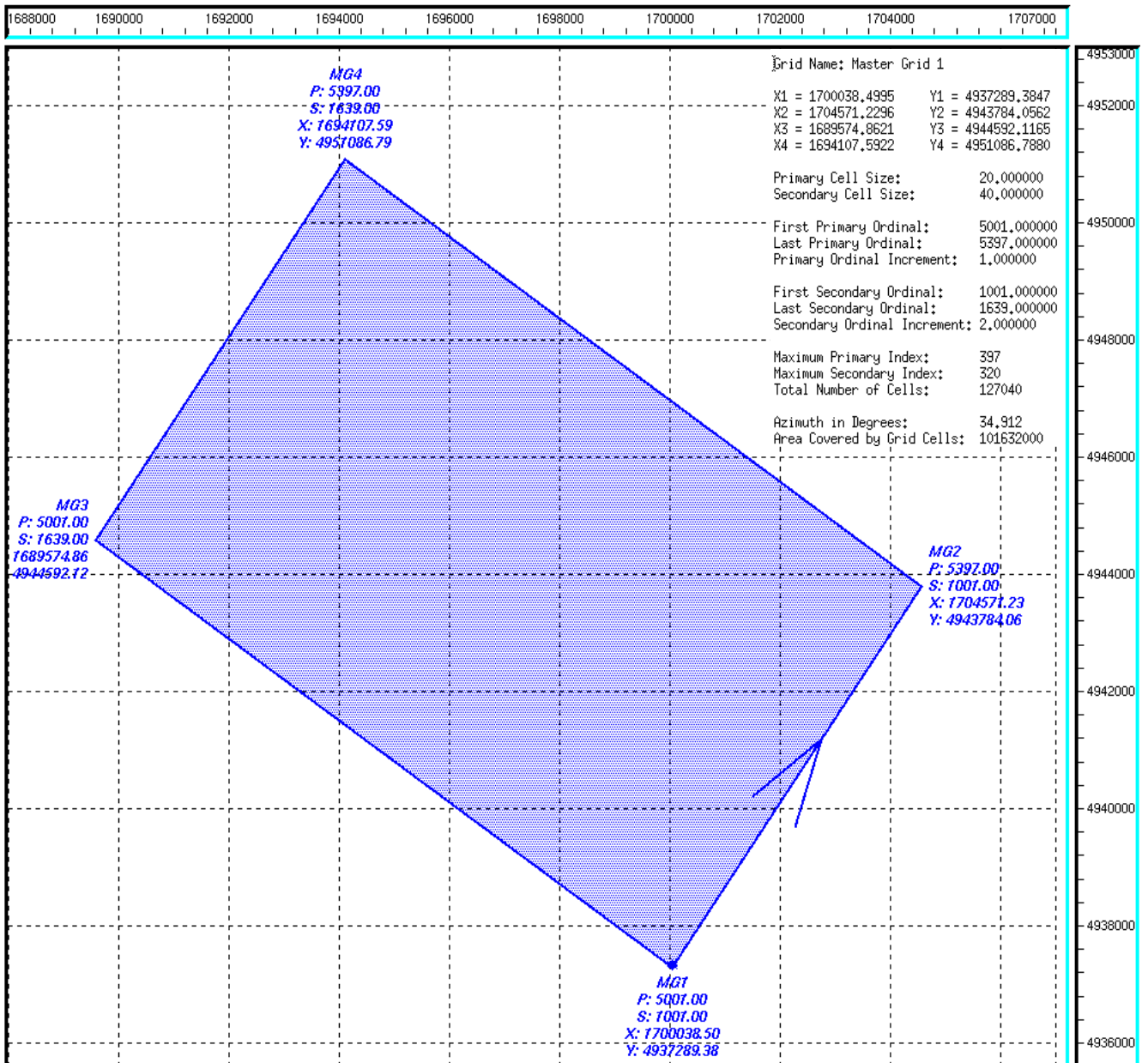
### A.3 Location Map





## A.4 Master Grid

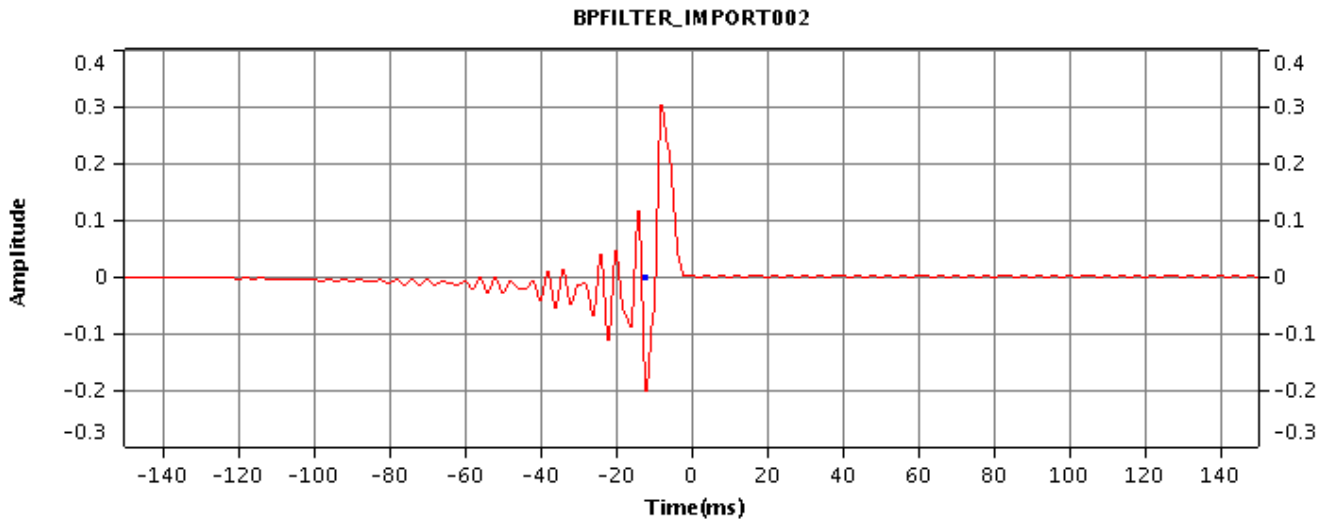
### Master Grid (bin size 20x40)



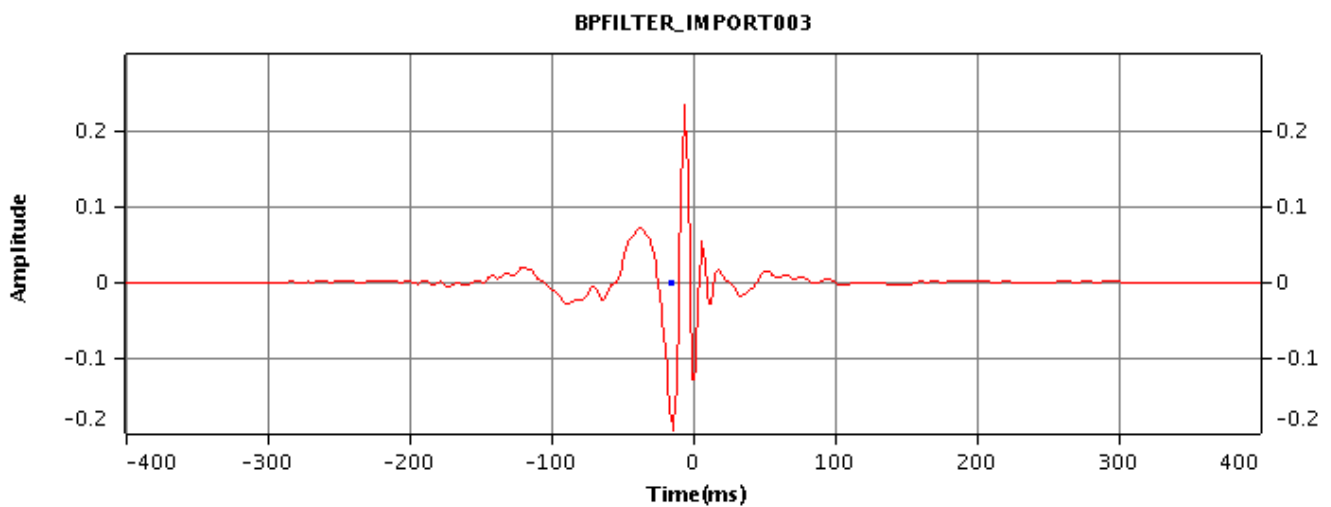


## A.5 Trattamento della Fase

### a) Operatore di rifasamento a fase minima



### b) Operatore di rifasamento a fase zero





## A.6 Prodotti finali

A fine attività, sono stati prodotti i seguenti dati finali sia per il caricamento in corporate db che per lo storage in archivio tecnico.

### **1. Volume Raw Stack**

Il volume raw stack è stato archiviato su cartridge 3590E SL (standard label) per l'invio in Archivio Tecnico Eniservizi. Il codice ENI assegnato al rilievo è: **101D10003**

Il numero seriale della cartridge è **S17631** e la label di catalogo è la seguente:  
**ST\$.ITALIA.MINERBIO.STKTA.ENI10**

### **2. Volume Final Stack**

Il volume final stack è stato archiviato su cartridge 3590E SL (standard label) per l'invio in Archivio Tecnico Eniservizi. Il codice ENI assegnato al rilievo è: **101D10003**

Il numero seriale della cartridge è **S17631** e la label di catalogo è la seguente:  
**ST\$.ITALIA.MINERBIO.STKFN.ENI10**

### **3. Volume Final Migration**

Il volume final migration è stato archiviato su cartridge 3590E SL (standard label) per l'invio in Archivio Tecnico Eniservizi, caricato in Corporate DB ENI e consegnato al cliente per l'interpretazione. Il codice ENI assegnato al rilievo è: **101D10003**

Il numero seriale della cartridge è **S17631** e la label di catalogo è la seguente:  
**ST\$.ITALIA.MINERBIO.MIGFN.ENI10**

### **4. Velocity information**

Le velocità di stack DMO finali, sono state caricate nel database ENI.

### **5. Report Finale**

Il rapporto finale sull'elaborazione eseguita, completo di tests, figure e appendici è stato archiviato in database ENI mydoc. Sono state consegnate al cliente sia la copia cartacea che la copia su CDrom.





## A.7 **Persone coinvolte nel progetto**

Le seguenti persone sono state coinvolte nel progetto :

Project Co-ordinator            Luigi Pizzaferrì

Processing Geophysicist        Pietro Follino



## A.8 Tempistica del progetto

Il lavoro è iniziato in data 03 Dicembre 2010 con dead line prevista per il 03 Aprile 2010.

I dati finali sono stati resi disponibili per l'interpretazione entro la data prevista ed i tempi di consegna sono quindi stati ampiamente rispettati.

Ciò è stato possibile grazie alla partenza dell'elaborazione contemporaneamente a quella dell'acquisizione, decisione che ha permesso di anticipare la fase di testing in modo tempestivo, così da arrivare a fine acquisizione con la sequenza completa già pronta per l'applicazione ed ottimizzare quindi i tempi dell'intero flusso di lavoro.



## A.9 Lista delle Figure

- 1 Area del rilievo
- 2-6 Raw shot gathers
- 7 Sources Layout
- 8 Receiver Layout
- 9 Mappa di copertura
- 10 Stack minimum phase (no phase matching)
- 11 Stack minimum phase (after phase matching)
- 12 Inline I245 – Brute Stack
- 13 Crossline 524I – Brute Stack
- 14 Mappa Correzioni Statiche (Shot and Receiver)
- 15 Shot gather before ground roll attenuation
- 16 Shot gather after ground roll attenuation
- 17 Stack ILI245 before ground-roll attenuation
- 18 Stack ILI245 after ground-roll attenuation
- 19 Shot gather before deconvolution
- 20 Shot gather after deconvolution
- 21 Stack ILI245 before deconvolution
- 22 Stack ILI245 after deconvolution
- 23 Stack ILI245 after deconvolution
- 24 Stack ILI245 after 2<sup>nd</sup> pass SC residual statics and velocity analysis
- 25 CMP gathers after deconvolution
- 26 CMP gathers after 2<sup>nd</sup> pass SC residual statics and velocity analysis
- 27 Stack ILI245 after 2<sup>nd</sup> pass SC residual statics and velocity analysis
- 28 Stack ILI245 after CMP consistent residual statics
- 29 CMP gathers after 2<sup>nd</sup> pass SC residual statics and velocity analysis
- 30 CMP gathers after CMP consistent residual statics
- 31 Stack ILI245 after CMP consistent residual statics
- 32 Stack ILI245 after full DMO
- 33 Stack XL524I after CMP consistent residual statics
- 34 Stack XL524I after full DMO
- 35 Stack ILI245 after full DMO
- 36 Stack ILI245 after RNA + TVF
- 37 Stack XL524I after full DMO
- 38 Stack XL524I after RNA + TVF
- 39 Inline I245 – Final Stack



- 40 Inline 1245 – Final Migration
- 41 Inline 1274 – Final Stack
- 42 Inline 1274 – Final Migration
- 43 Inline 1421 – Final Stack
- 44 Inline 1421 – Final Migration
- 45 Crossline 5184 – Final Stack
- 46 Crossline 5184 – Final Migration
- 47 Crossline 5217 – Final Stack
- 48 Crossline 5217 – Final Migration
- 49 Crossline 5241 – Final Stack
- 50 Crossline 5241 – Final Migration
- 51 Timeslice 1200ms – Final Migration
- 52 Timeslice 1240ms – Final Migration
- 53 Timeslice 1280ms – Final Migration
- 54 Timeslice 1320ms – Final Migration
- 55 Timeslice 1360ms – Final Migration
- 56 Timeslice 1400ms – Final Migration
- 57 Timeslice 1440ms – Final Migration
- 58 Timeslice 1520ms – Final Migration
- 59 Timeslice 1590ms – Final Migration
- 60 Timeslice 1630ms – Final Migration



divisione **exploration & production**  
VIA EMILIA,1 - 20097 SAN DONATO MILANESE (MI)  
TEL. CENTRALINO: +39 02520.1

[www.eni.com](http://www.eni.com)