



**Northern Petroleum (UK) Ltd**

**Permesso C.R147.NP**

**Relazione Tecnica allegata all'istanza di differimento dei termini di perforazione**

### ***Introduzione***

Durante il 2008 e' stata evidenziata la necessita' di acquisire un reticolo di linee sismiche 2D di infittimento dei dati esistenti. Questi ultimi infatti non sono sufficienti a definire con precisione le potenziali ubicazioni esplorative dei principali prospect mappati nell'area del permesso.

Il programma di circa 500 Km di nuove linee e' stato progettato per restituire un reticolo di circa 1 x 1 Km una volta integrato con i dati esistenti.

Il programma e' stato eseguito con la motonave Bos Angler (figura sottostante) della Bergen Oilfield Services (BOS), compagnia scelta tramite gara d'appalto a cui hanno partecipato otto diverse societa'.



L'elaborazione dei dati acquisiti e' stata rivolta principalmente al miglioramento delle immagini a di sotto della unconformity del Miocene Medio ed alla soppressione del rumore.

1/11/2009



## Configurazione del sistema di navigazione e posizionamento

Lo schema riportante informazioni generiche sui sistemi di navigazione ed acquisizione presenti a bordo e' riportato qui sotto.

| Sistema  | Tipo di attrezzature elettroniche  | Versione del Software     |
|--|--|---------------------------|
| INS Concept Systems Spectra                        | IBM 3650 utilizzante RedHat Linux Enterprise 3   | v 12.11.1                 |
| INS interfaccia                                    | Concept PowerRTNU  |                           |
| Post processing, Sprint                            | IBM 3650 utilizzante RedHat Linux Enterprise 3   | v 4.3.7                   |
| Compass System, I/O Digicourse 5011 birds System 3 | Data Management Unit   | v 6.03                    |
| GPS Relativo                                       | Seamap Buoylink  | v 5.01                    |
| GPS Differenziale                                  | Primario – C-NaviGator 2050<br>Secondario – C-NaviGator 2050<br>Veripos – Verify                           | v2.4.1<br>v2.4.1<br>v1.07 |
| Sonda CTD  | Salv AS, STP/CTD Sonda di misura acustica SD204  |                           |
| Echo sounder                                       | Simrad EA 500 Tripla Frequenza 12Khz, 38Khz e 200Khz   | v5.31                     |
| Misuratore di corrente                             | Nortek SurveyVM  | v 1.37                    |
| Giroscopio   | Primario – Sperry Navigate X MK1<br>Secondario - Sperry Navigate X MK1<br>Terziario – Seapath 200 GPS Gyro |                           |

### Sincronizzazione

Il Concept System Spectra ha fornito le chiusure per il sistema di registrazione e per il sistema di spari 50 millisecondi in anticipo rispetto al tempo di pressione di picco previsto. Il sistema di controllo Seamap Gunlink ha fornito i tempi esatti di sparo che sono stati utilizzati come tempi di sistema e sulla base dei quali tutte le posizioni sono state calcolate.

### Posizionamento del rilievo

Il rilievo e' stato effettuato usando la configurazione BOS standard per un cavo streamer singolo con sorgente singola. Il posizionamento si e' valso di una soluzione combinata di GPS differenziale e a doppia frequenza.

Il punto centrale del cavo ed il punto centrale della sorgente sono stati posizionati relativamente alla nave tramite tre unita' GPS relativi su ciascun gruppo di air-gun.

La posizione dell'ultimo gruppo del cavo e' stata affettuata con una unita' GPS relativo sulla boa di coda.

La curvatura del cavo e' stata modellata con i controlli di profondita' e le bussole magnetiche del cavo.

### Posizionamento di superficie

Tre diversi sistemi sono stati utilizzati:

1. C-NAV – 2050 v 2.4.1 RTG, correzioni dal Network Star-Fire trasmesse via Inmarsat
2. C-NAV – 2050 v 2.4.1 correzioni dal Network Star-Fire trasmesse via Inmarsat
3. Veripos Standard v 1.06 LD2 Unita' Integrata Mobile di Posizione

Il sistema C-NAV fornisce una precisione orizzontale minore di 0.1 m e verticale di 0.2 m, grazie alla ridondanza di modalita' operative.

Il servizio Veripos sfrutta i satelliti di telecomunicazione e fornisce un posizionamento relativo GPS differenziale, con una precisione globale di un decimetro.

### Posizionamento del cavo e della sorgente

Il cavo e' dotato di 28 bussole magnetiche con controllore di profondita' integrato (Digibird 5011). La spaziatura e' di 300m, per quelli iniziale e finale di 150 m. Il campionamento e' stato effettuato ogni 2 secondi.

Il vascello e' inoltre dotato di bussole giroscopiche Sperry Navigat X MK1.

### Sensori ausiliari di navigazione

Un Echo Sounder e' rimasto in funzione per tutta la durata del rilievo allo scopo di ricavare il dato di profondita' del fono marino.

Un sensore Nortek VM Profiler e' montato a bordo con lo scopo di ricavare la velocita' del vascello con estrema precisione, connettendosi ai sistemi DGPS ed ai giroscopi.

### Velocita' del suono in acqua

Un profilo parziale di velocita' del suono in acqua e' stato registrato ad intervalli regolari durante tutta la durata dell'acquisizione tramite lo strumento STD/CTS modello SD204, che misura, calcola e registra conduttivita', salinita', temperatura, pressione e velocita' del suono. La figura della seguente pagina illustra un grafico di velocita' del suono, temperatura e salinita' al variare della profondita'.

### Elaborazione dei dati di navigazione

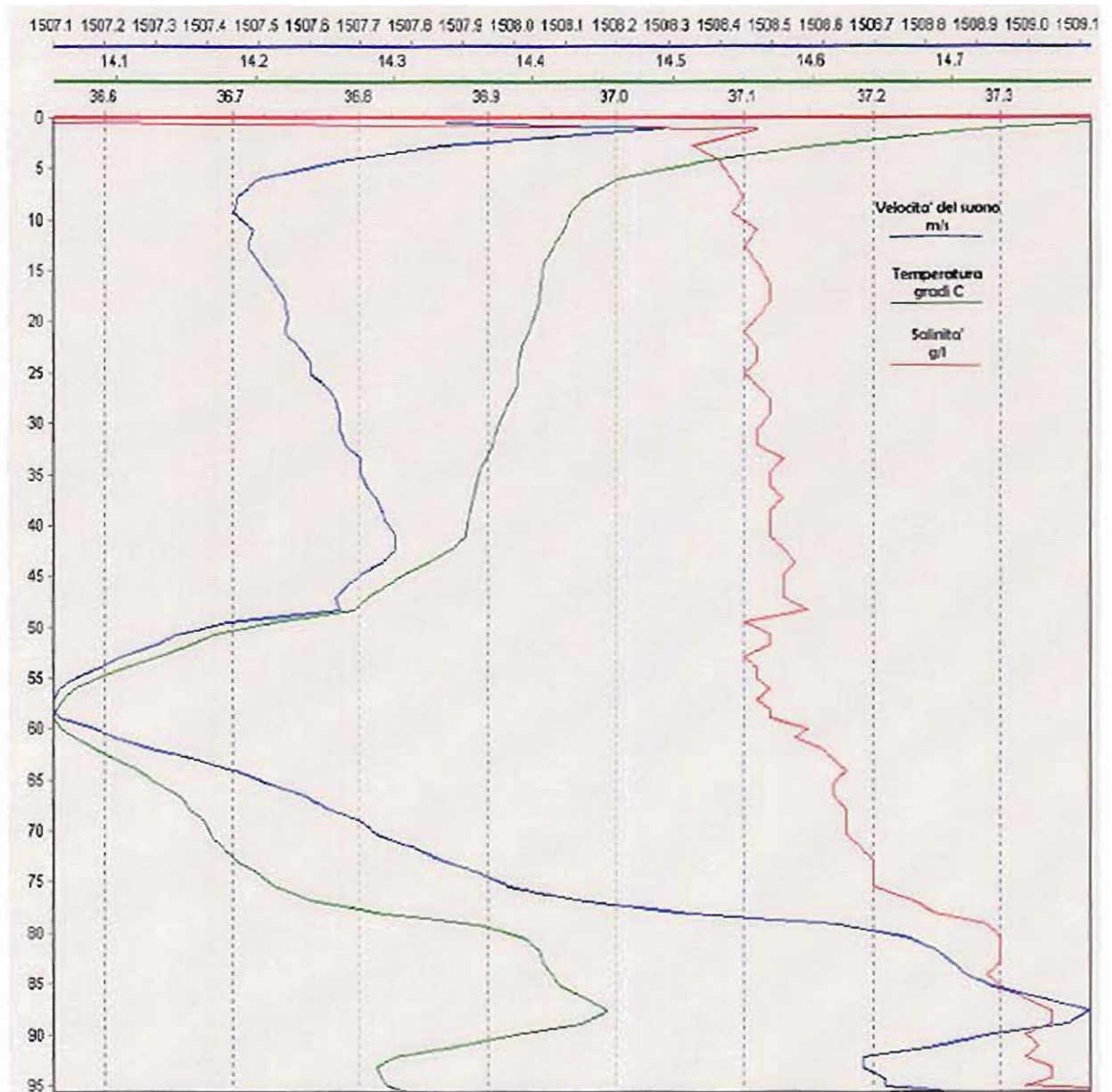
Tutti i dati di navigazione sono stati elaborati a bordo con sistema Concept Sprint, capace di filtrare e limitare i dati di input e di controllarne costantemente la qualita'.

Test di qualita' sono stati eseguiti prima, durante ed alla fine del rilievo, ed hanno permesso di mantenere un livello qualitativo eccellente per tutta la durata del rilievo.

### Declinazione magnetica e altezza del geoide

La declinazione magnetica e' stata calcolata nel punto centrale del rilievo (37°33'43.49"N, 11°39'52.14"E) con un valore di correzione di 1°45'N con variazione di 0°5' all'anno.

L'altezza del geoide e' stata calcolata utilizzando lo stesso punto centrale, per cui un' altezza di 42.97 m e' stata utilizzata dopo verifica con sistema DGPS.



### **Navigazione**

Il rilievo e' iniziato il 16 Marzo dopo il trasferimento da una zona limitrofa dove un altro rilievo e' stato eseguito. La data di completamento del rilievo e' il 26 Marzo.

Una riunione di tutto il personale per discutere gli aspetti legati alla sicurezza e' stata tenuta prima dell'inizio delle operazioni, sono state discusse le procedure relative al rilievo, le specifiche delle attrezzature e i possibili problemi.

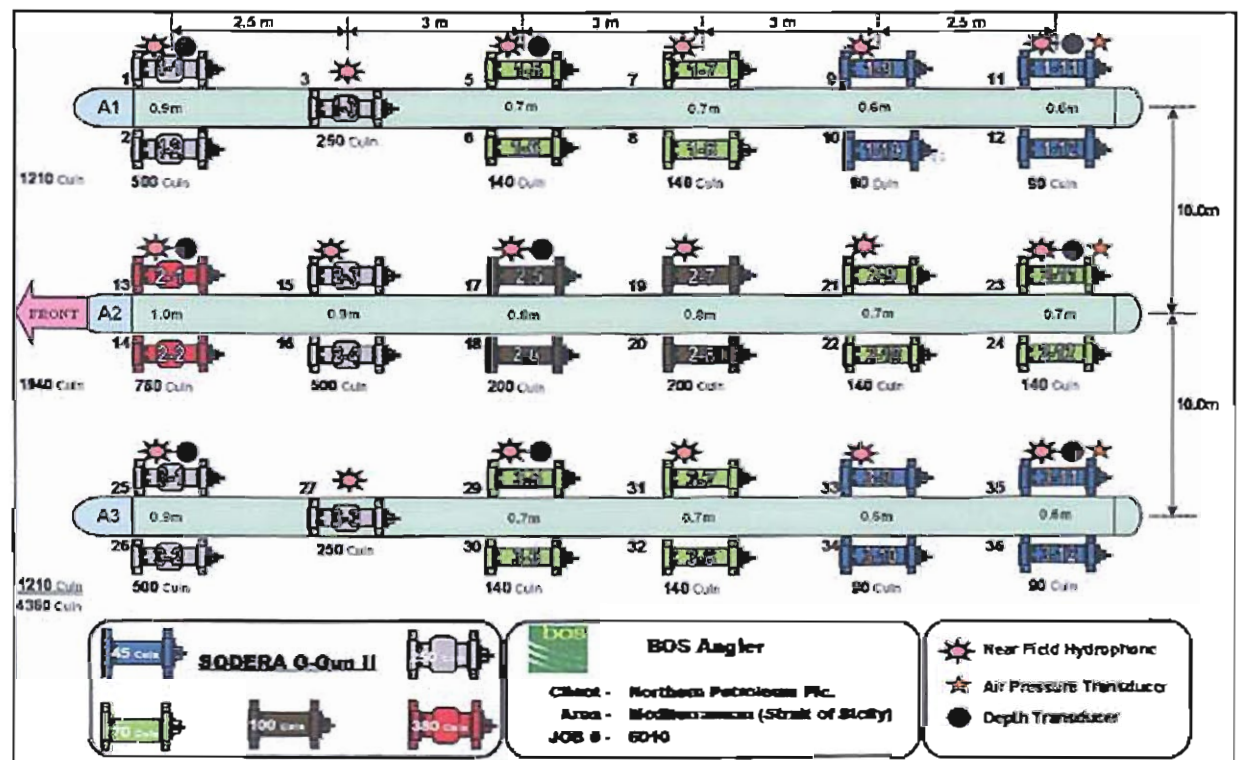
Il rilievo e' stato portato a termine con successo con tutti i sistemi di navigazione e posizionamento in buon ordine di funzionamento. Le condizioni metereologiche e del mare sono variate, ed hanno portato ad un periodo di sospensione delle attivita' in attesa di miglioramento (dal 20 al 23 Marzo). La porzione con bassi fondali nell'area a Nord Est e la presenza dell'Isola di Pantelleria hanno richiesto manovre complesse, soprattutto durante i cambi tra linee diverse. Le correnti marine sono state a volte forti, con una media di 0,5 nodi da Sud. Le attivita' di pesca e navigazione attorno all'area del rilievo hanno influenzato la produttivita' e la qualita' de dati acquisiti.

A causa delle restrizioni dovute alla impossibilita' di entrare in acque Tunisine, diverse linee sono state interrotte prematuramente o hanno avuto un inizio ritardato. Cio' ha portato a considerevoli deviazioni del cavo dalle linee stabilite e a distorsioni della sua forma, che hanno ovviamente influenzato la qualita' dei dati acquisiti

### Sistema di acquisizione

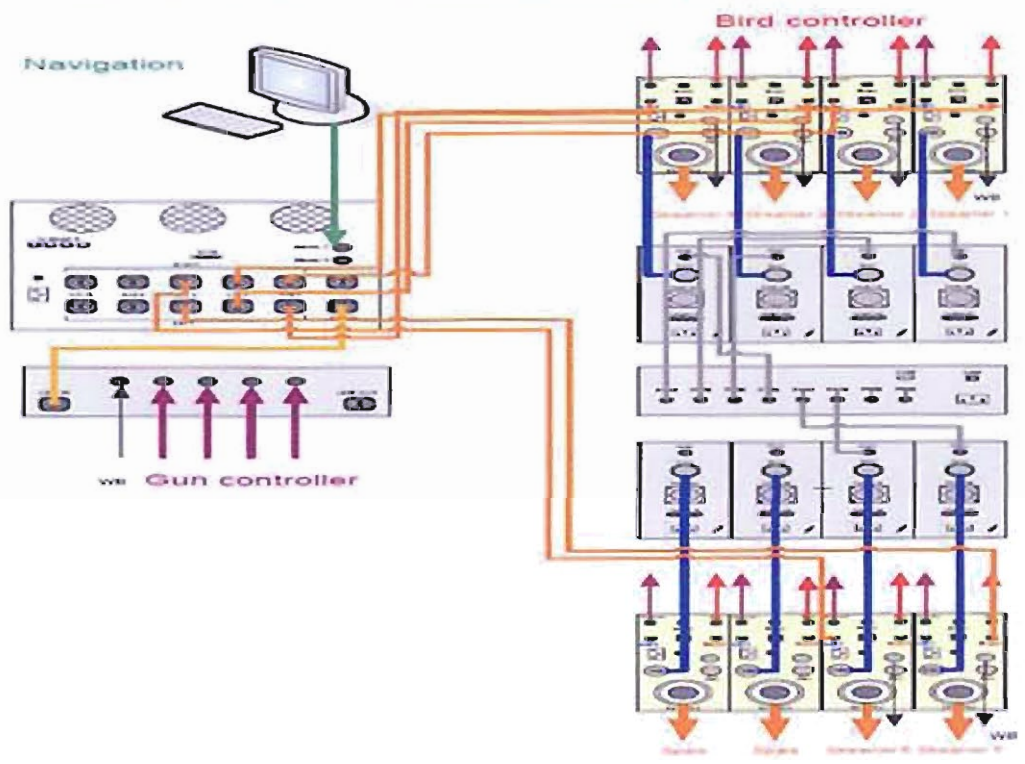
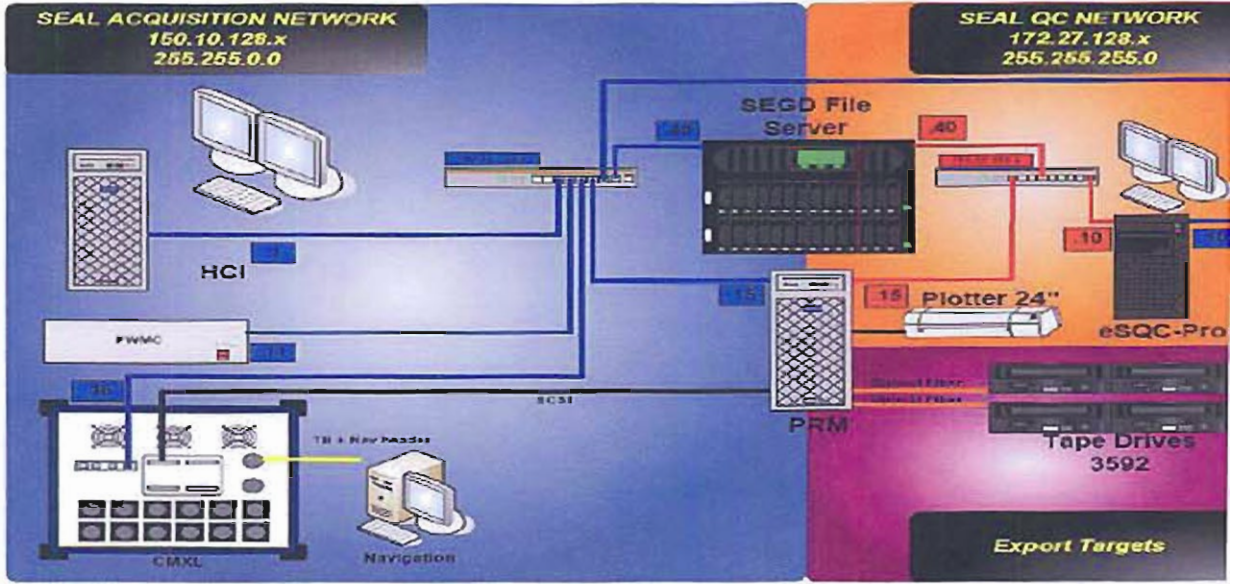
La motonave BOS Angler e' stata attrezzata per questa acquisizione con un singolo cavo streamer di 8100 m di lunghezza e diametro esterno di 59.5 mm, con intervallo di gruppo di 12.5 metri (per un totale di 646 idrofoni – Sercel Flexible Hydrophones), mantenuto ad una profondita' di 8 metri (9 metri in condizioni di mare agitato).

La sorgente e' stata un gruppo di 34 air-gun (Sercel Sodera G2), per una larghezza totale di 20 metri ed una lunghezza totale di 14 metri, arrangiati in tre file, per un volume totale di circa 71 litri (4360 pollici cubi), operanti ad una pressione di circa 138 bar e mantenuti a 6 metri di profondita'. La configurazione degli air-gun e' visibile nella figura sottostante.



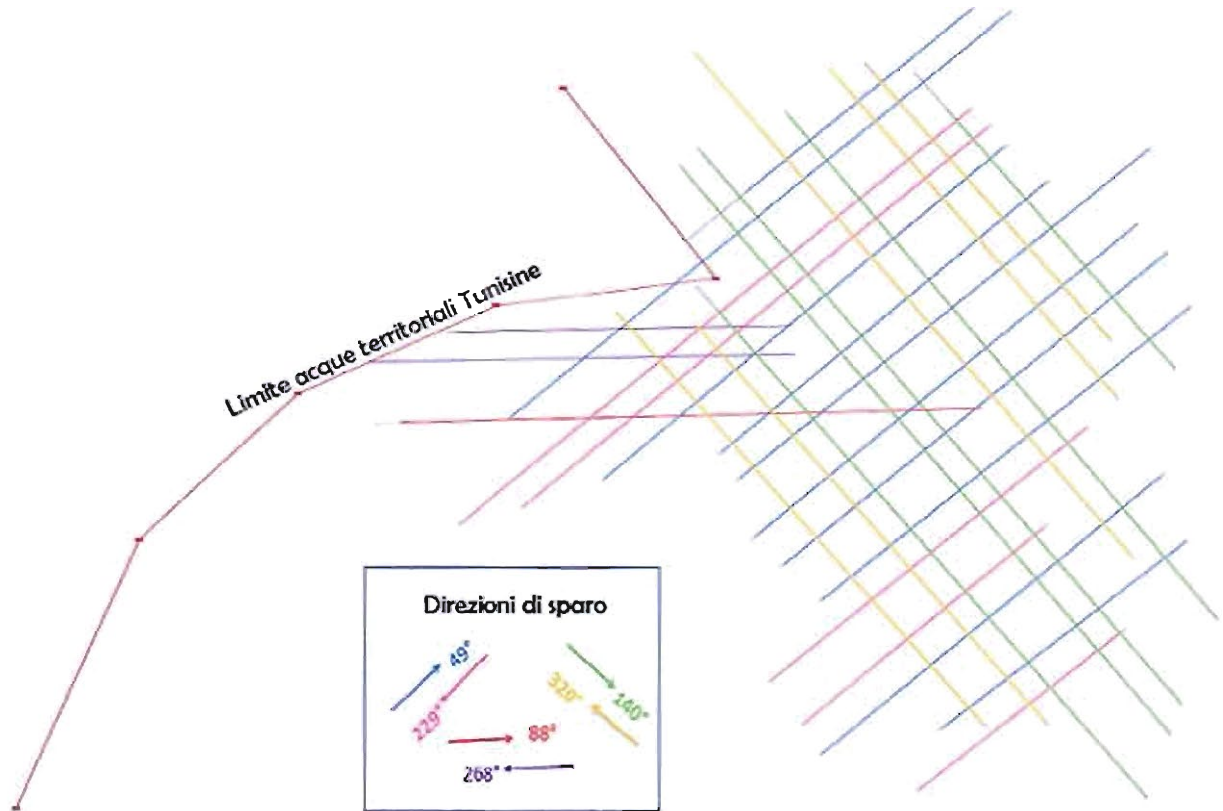
La strumentazione elettronica necessaria a controllare cavo, sorgente e navigazione e' schematizzata nella prossima pagina, che riporta anche un diagramma della organizzazione della strumentazione di bordo.

|                                  |   |  |
|----------------------------------|---|--|
| Sistema                          | Attrezzatura  | Software                               |
| Registrazione                    | Sercel Seal System                                    | Ver.5.2                                |
| Controllo Qualita' Registrazione | Sercel SQC-Pro  | Linux Redhat                           |
| Unita' nastro                    | Total Storage Solutions TS1120 IBM 3592 storage media | IBM Microcode Sercel Seal Tape Utility |
| Plotter                          | ISYS 24"  |  |
| Controllore della sorgente       | Seamap Gunlink 2000                                   | Ver. 3.0                               |
| Sistemi Ausiliari                |   |  |
| Monitoraggio tensione            | Sercel Seal HAU sullo streamer                        |  |
| Bird Controller                  | I/O Digicourse System 3                               | Ver 6.03                               |



## Esecuzione del rilievo

Durante l'esecuzione del rilievo sono state registrate 28 linee sismiche 2D per un totale di circa 531 Km full fold, che ha richiesto una lunghezza totale di navigazione di circa 620 Km. Tale differenza e' dovuta sia alla notevole lunghezza del cavo che alle difficolta' di manovra gia' menzionate. Infatti per consentire una acquisizione full fold per l'intera lunghezza delle linee programmate, una sovrapposizione di circa 165 shot points e' stata necessaria, pari a meta' della lunghezza del cavo piu' meta' dell'offset sismico. La mappa sottostante mostra le tracce delle linee di navigazione e le direzioni di acquisizione



La tabella della prossima pagina mostra i dettagli delle linee acquisite, dove sono elencati:

- il nome della linea;
- la sequenza di acquisizione;
- il numero del primo shot point full fold;
- il numero dell'ultimo shot point full fold;
- il numero dell'ultimo shot point della linea;
- la direzione geografica della linea;
- la data di acquisizione;
- i tempi di inizio e fine acquisizione;
- la lunghezza full fold;
- la lunghezza totale;
- eventuali commenti.



| Bergen Oilfield Services AS |     |      | Navigation Production Log |       |      |      | MV BOS Angler             |       |       |                |                |   |           |
|-----------------------------|-----|------|---------------------------|-------|------|------|---------------------------|-------|-------|----------------|----------------|---|-----------|
| Client : NPD Sicily         |     |      | Job : 6010 (1)            |       |      |      | Area : Pantelleria Island |       |       |                |                |   |           |
| LINE                        | SEQ | FOSP | FGSP                      | LFFSP | LGSP | DIR  | DATE                      | SOL   | EOL   | Full-Fold KM's | Sail-Line KM's | COMMENTS  | STATUS    |
| *** Start of Survey ***     |     |      |                           |       |      |      |                           |       |       |                |                |   |           |
| CR147-515-P1                | 001 | -    | 1045                      | 2048  | 2214 | 140° | 16-Mar-09                 | 23:21 | 2:30  | 25.08          | 29.23          | Line started after preplot shot of Tunisian Border              | Completed |
| CR147-485-P1                | 002 | -    | 1001                      | -     | 1985 | 320° | 17-Mar-09                 | 5:59  | 8:49  | 24.60          | 24.60          | Ended line earlier of Tunisia boundary.                         | Completed |
| CR147-205P1                 | 003 | -    | 1001                      | 1992  | 2147 | 049° | 17-Mar-09                 | 12:15 | 15:13 | 24.78          | 28.65          | N/A   | Completed |
| CR147-195P1                 | 004 | -    | 1001                      | 2005  | 2170 | 225° | 17-Mar-09                 | 17:56 | 21:00 | 25.10          | 29.23          | N/A   | Completed |
| CR147-175P1                 | 005 | -    | 1001                      | 1752  | 1917 | 048° | 17-Mar-09                 | 23:06 | 1:32  | 18.78          | 22.90          | N/A   | Completed |
| CR147-190P1                 | 006 | -    | 1001                      | 1905  | 2070 | 229° | 18-Mar-09                 | 3:50  | 6:40  | 22.60          | 26.73          | N/A   | Completed |
| CR147-165P1                 | 007 | -    | 1001                      | 1766  | 1931 | 049° | 18-Mar-09                 | 8:30  | 10:59 | 19.13          | 23.25          | N/A   | Completed |
| CR147-185P1                 | 008 | -    | 1001                      | 1760  | 1925 | 229° | 18-Mar-09                 | 13:03 | 15:33 | 19.98          | 23.10          | N/A   | Completed |
| CR147-155P1                 | 009 | -    | 1001                      | 1710  | 1875 | 049° | 18-Mar-09                 | 17:53 | 20:09 | 17.73          | 21.65          | N/A   | Completed |
| CR147-125P1                 | 010 | -    | 1001                      | 1554  | 1719 | 230° | 18-Mar-09                 | 22:02 | 23:53 | 13.83          | 17.95          | N/A   | Completed |
| CR147-145P1                 | 011 | -    | 1001                      | 1712  | 1877 | 049° | 19-Mar-09                 | 2:15  | 4:31  | 17.78          | 21.90          | N/A   | Completed |
| CR147-115P1                 | 012 | -    | 1001                      | 1385  | 1559 | 229° | 19-Mar-09                 | 6:48  | 8:16  | 9.63           | 13.73          | N/A   | Completed |
| CR147-135P1                 | 013 | -    | 1001                      | 1670  | 1835 | 049° | 19-Mar-09                 | 10:16 | 12:25 | 16.73          | 20.85          | N/A   | Completed |
| CR147-105P1                 | 014 | -    | 1001                      | 1614  | 1779 | 229° | 19-Mar-09                 | 14:29 | 16:30 | 15.33          | 19.45          | N/A   | Completed |
| CR147-095P1                 | 015 | -    | 1001                      | 1378  | 1543 | 049° | 19-Mar-09                 | 19:44 | 21:07 | 9.43           | 13.55          | N/A   | Completed |
| CR147-555P1                 | 016 | -    | 1001                      | -     | 1780 | 320° | 19-Mar-09                 | 22:01 | 0:05  | 19.48          | 19.48          | Line ended early dt shallow water(less than 30 m) on the RunOut | Completed |
| CR147-535P1                 | 017 | -    | 1001                      | 2151  | 2316 | 140° | 20-Mar-09                 | 16:39 | 14:06 | 28.75          | 32.88          | N/A   | Completed |
| CR147-555P1                 | 018 | -    | 1001                      | -     | 1995 | 321° | 20-Mar-09                 | -     | -     | -              | -              | Sailing down for weather  | NTDP      |
| CR147-555P2                 | 019 | -    | 1001                      | 2025  | 2190 | 141° | 23-Mar-09                 | 21:00 | 0:00  | 25.60          | 29.73          | N/A   | Completed |
| CR147-575P1                 | 020 | -    | 1001                      | -     | 1630 | 320° | 24-Mar-09                 | 2:19  | 4:00  | 15.73          | 16.73          | Line ended early dt shallow water(less than 30 m) on the RunOut | Completed |
| CR147-525P1                 | 021 | -    | 1001                      | 2179  | 2344 | 141° | 24-Mar-09                 | 7:03  | 10:30 | 29.45          | 33.58          | N/A   | Completed |
| CR147-545P1                 | 022 | -    | 1001                      | 2034  | 2199 | 320° | 24-Mar-09                 | 12:55 | 16:38 | 25.83          | 29.95          | N/A   | Completed |
| CR147-555 P1                | 023 | -    | 1000                      | 1537  | 1702 | 140° | 24-Mar-09                 | 19:18 | 20:58 | 11.43          | 15.55          | Line started after preplot shot dt shoals                       | Completed |
| CR147-585P1                 | 024 | -    | 1001                      | -     | 1171 | 230° | 24-Mar-09                 | 22:40 | 23:16 | -              | -              | Line started on a leak of GPS                                   | NTDP      |
| CR147-085P2                 | 025 | -    | 1001                      | 1295  | 1460 | 230° | 25-Mar-09                 | 3:28  | 4:44  | 7.35           | 11.48          | N/A   | Completed |
| CR147-315P1                 | 026 | -    | 1001                      | -     | 1580 | 269° | 25-Mar-09                 | 11:53 | 13:34 | 14.48          | 14.48          | Line ended before preplot shot dt Tunisian border               | Completed |
| CR147-295P1                 | 027 | -    | 1040                      | -     | 2047 | 88°  | 25-Mar-09                 | 16:28 | 19:04 | 25.18          | 25.18          | Line started late due to border                                 | Completed |
| CR147-305P1                 | 028 | -    | 1001                      | 1734  | 1740 | 268° | 25-Mar-09                 | 22:07 | 0:39  | 12.33          | 16.48          | Line ended early dt Tunisian border on the RunOut               | Completed |
| CR147-215P1                 | 029 | -    | 1135                      | 1487  | 1652 | 049° | 26-Mar-09                 | 4:59  | 6:20  | 6.80           | 12.93          | Line started after preplot shot dt Tunisian Border              | Completed |
| CR147-505P1                 | 030 | -    | 1001                      | 1859  | 1990 | 320° | 26-Mar-09                 | 13:13 | 16:19 | 21.45          | 23.73          | Line ended early after preplot dt Tunisian Border               | Completed |
| *** End of Survey ***       |     |      |                           |       |      |      |                           |       |       | Total          | 531.25         | 620.08  |           |

### Elaborazione a bordo

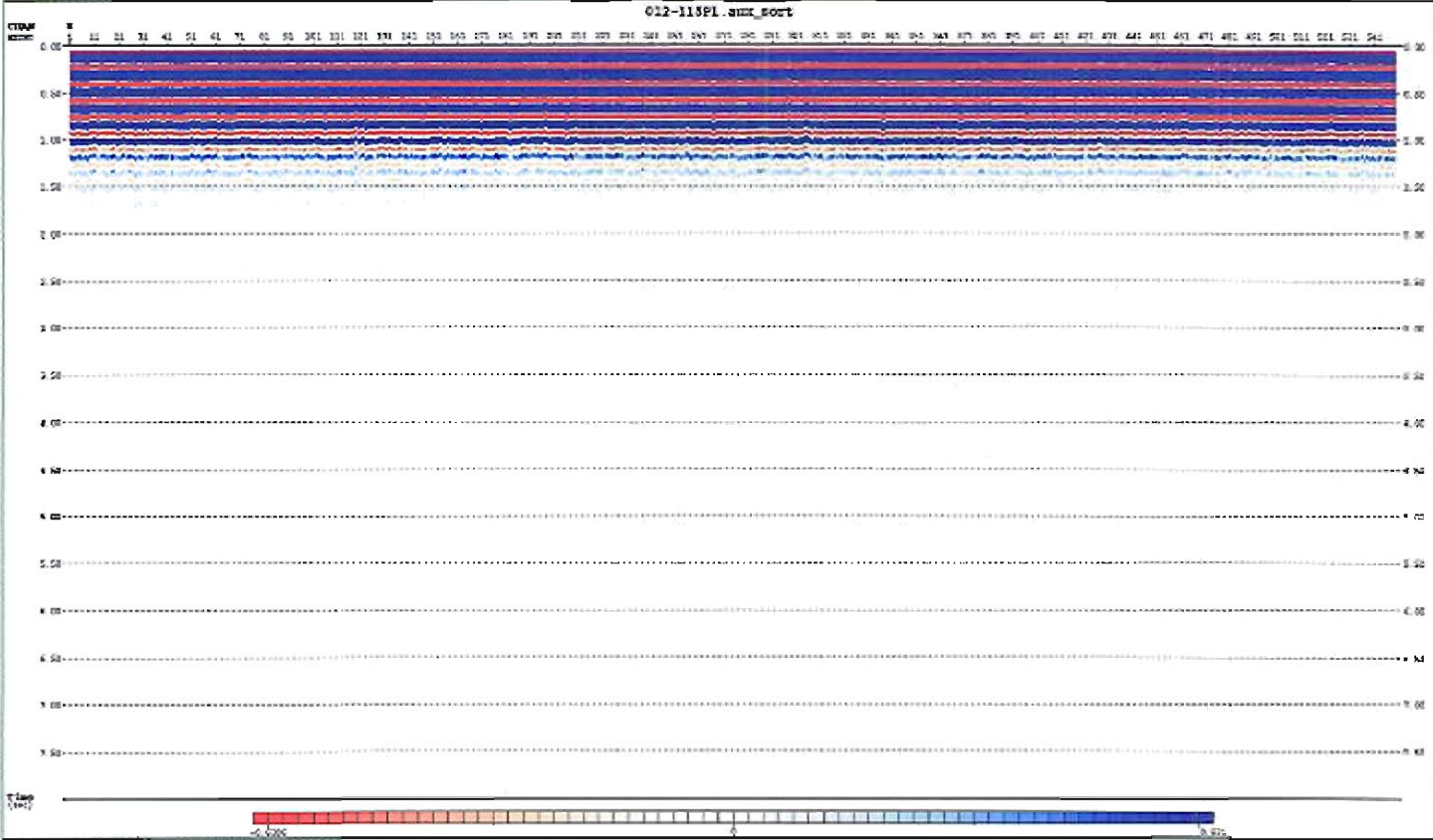
Un accurato controllo di qualità e' stato eseguito su ogni linea utilizzando il sistema schematizzato qui sotto.

| Sistema             | Attrezzature elettroniche   | Software           |
|---------------------|---|--------------------|
| Cluster di processo | Server_Mgt Node IBM x3650 (Due processori Quad Core Intel Xeon E5440 (2.83GHz), 4GB ram).<br>In controllo di 1 Server Storage IBM unita' DS4700 20GB e 1 Panasas 400001 20GB. Network da 1Gb and 10 Gb. | Paradigm Focus 5.4 |
| Unita' nastro       | Elaborazione su 4 Nodi, due processori Quad Core ( 8 cpu per nodo ) Intel Xeon 3.0GHz con 16Gb memoria per nodo )   |                    |
| Plotter             | L'accesso al Cluster e' effettuato tramite i Processori di Dati a bordo usando due Workstation TCI Intruder   |                    |
| Sistema Operativo   | Due Unita' nastro 3592<br>Plotter termico iSys 24'<br>Red Hat Enterprise Linux AS R4.5 per x86 64 bit.  |                    |

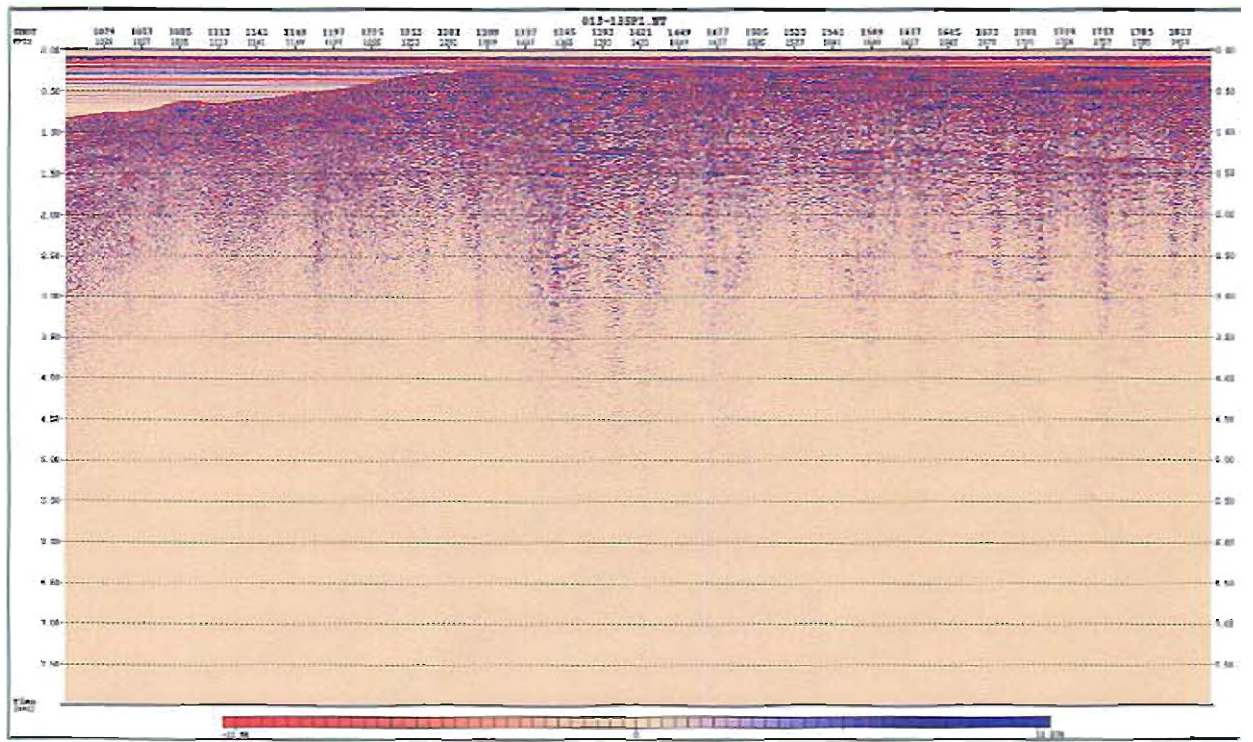
Durante l'acquisizione i dati in formato SEG-D sono stati registrati dal sistema Sercel SEAL, ed una copia non sovrascrivibile e' stata salvata nel cosiddetto Archivio Seal. Nel frattempo e' stato possibile eseguire i controlli di qualita' in tempo reale e aggiornare costantemente i file registrati, visualizzando i dati in contemporanea.

I controlli effettuati volgono a monitorare diversi elementi:

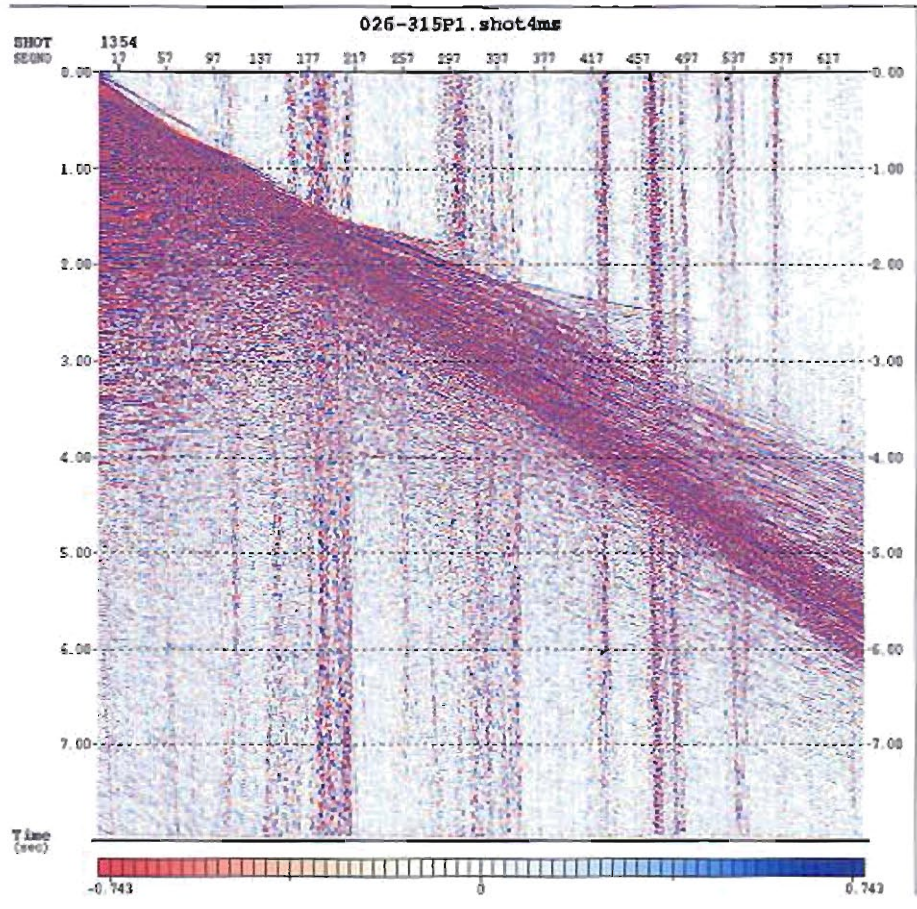
- la natura del processo di sparo degli air-gun per verificare eventuali perdite pneumatiche o cadute di pressione del sistema di sparo



- il Near Trace Display per controllare la qualita' dei dati lungo la linea e verificare eventuali modifiche della sequenza di sparo

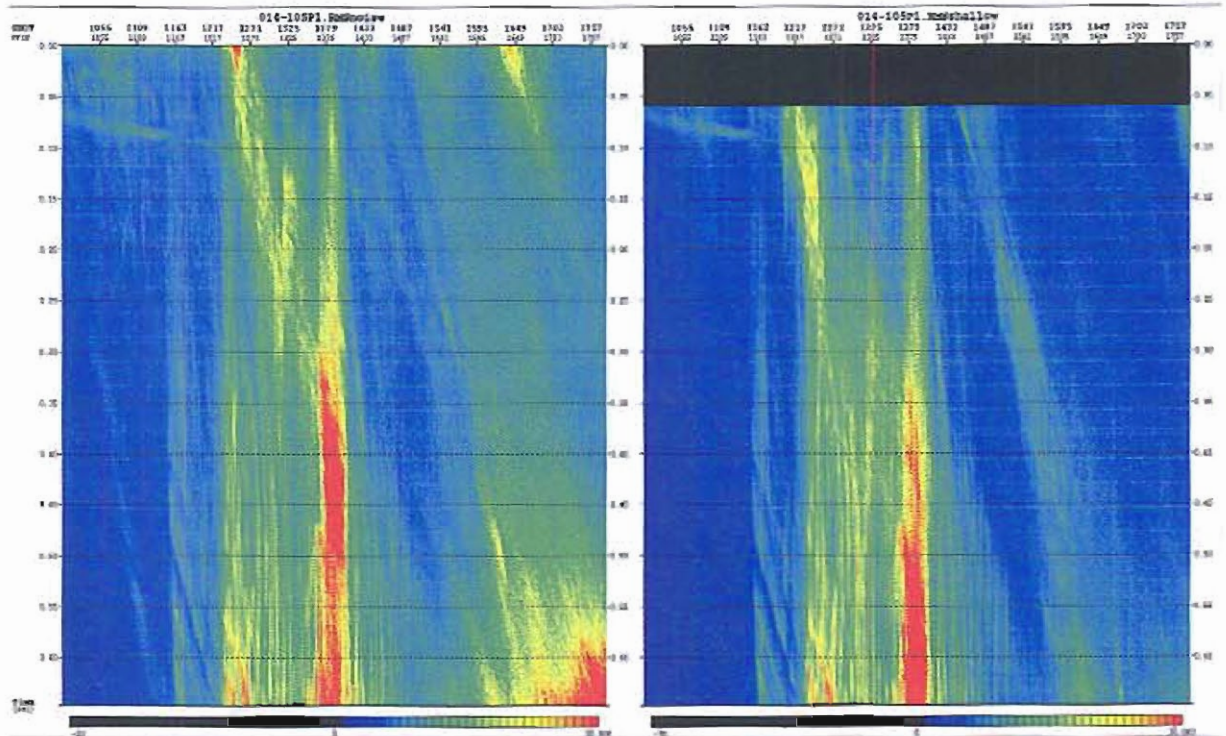


- Lo Shot Record Display per l'identificazione di rumore sia coerente che casuale



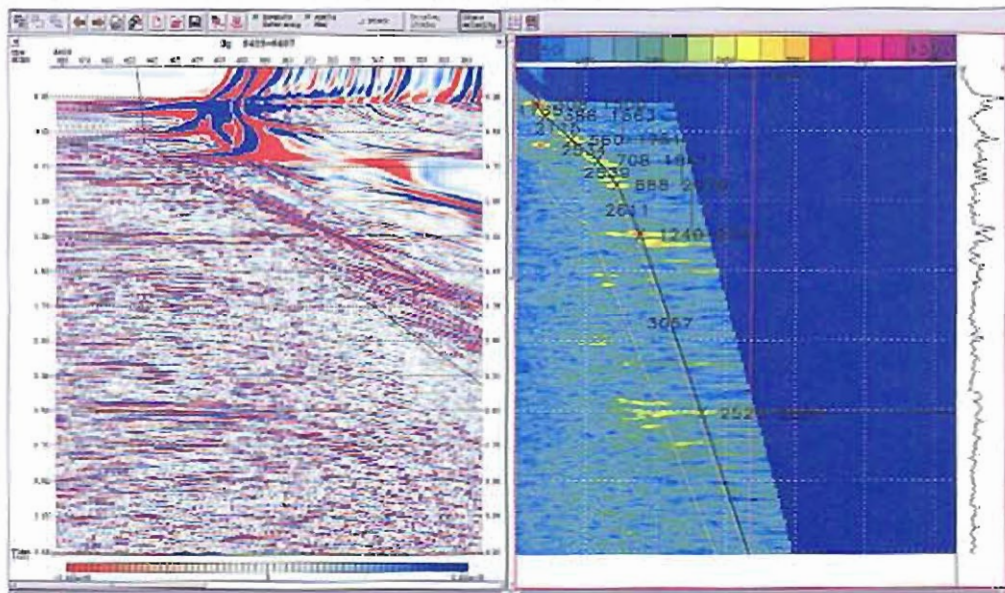
## Analisi del rumore RMS

Il rumore RMS (root mean square) e' stato calcolato sui primi e sugli ultimi 500 ms dei dati registrati (20-520 ms e 7450-7950 ms per lunghezze di registrazione di 8000 ms). Qualsiasi aumento del livello del rumore osservato durante il corso di una linea puo' essere spesso attribuito a energia delle riflessioni multiple, riverberazioni e diffrazioni, come anche a navi o moto ondoso (figura sottostante). Un filtro taglia basso a 6 Hz - 18 dB/oct e' stato utilizzato per generare i valori filtrati di rumore RMS.

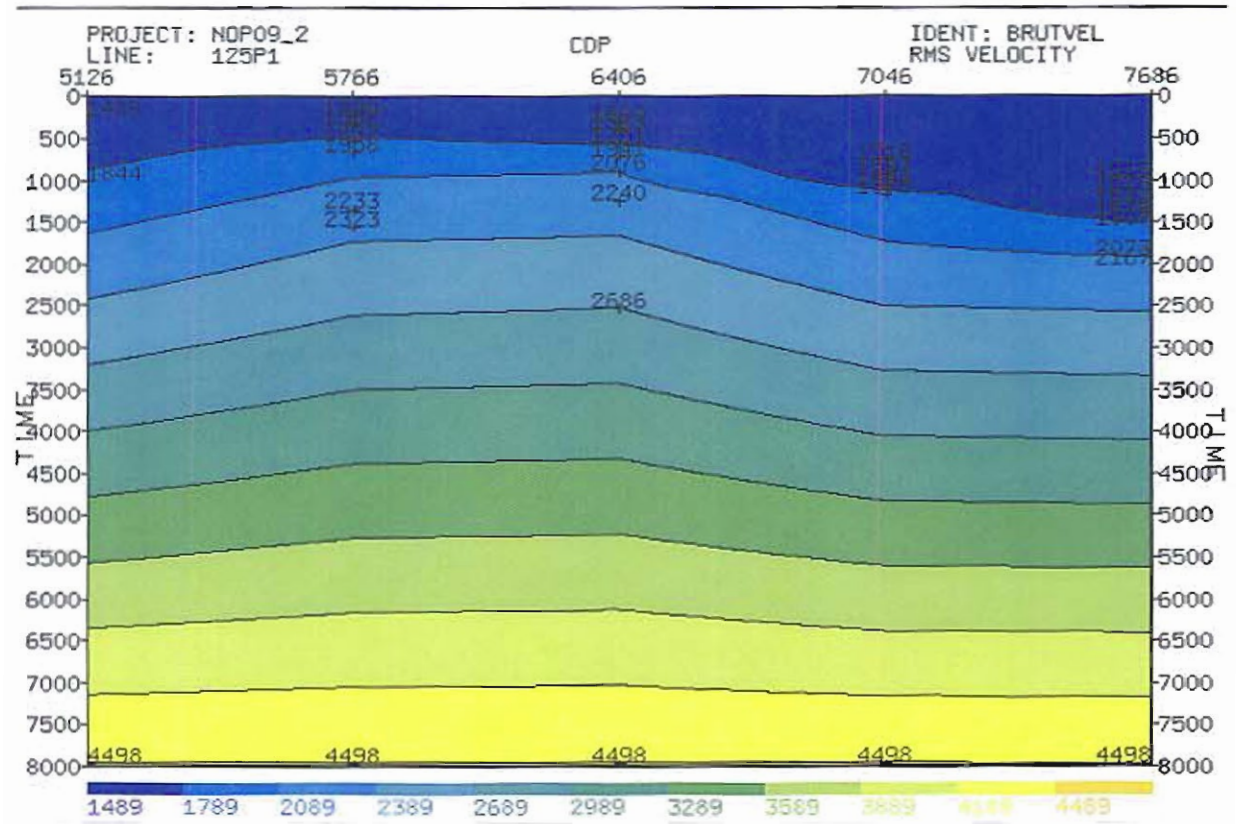


## Velocita'

Le velocita' sono state selezionate a bordo usando la Focus Interactive Velocity Analysis Utility (figura sottostante) per ciascuna linea ad intervalli di 4 Km.



La figura qui sotto mostra un esempio dell'analisi di velocità di una linea in un display di iso-velocità'.

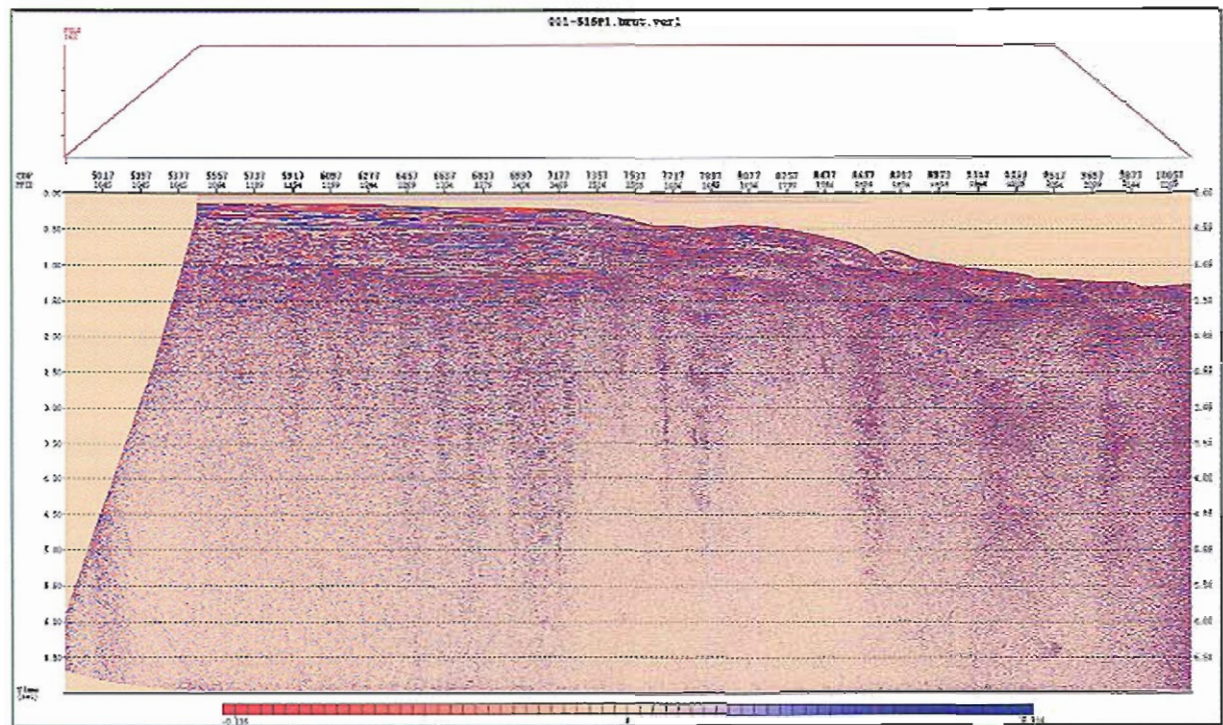


### Brute Stack

Per ciascuna sequenza registrata e' stato generato un brute stack, utilizzando la seguente sequenza di processo:

- Input dal sistema SEAL
- Riformattazione in formato Interno Focus
- Modifica degli eventuali spari o canali difettosi
- Rimozione del ritardo di registrazione di sistema (50 ms)
- Filtro passa banda 6Hz – 18 dB/oct e 120 Hz – 144 dB/oct
- Ricampionamento da 2 a 4 ms in contemporanea con filtro anti-alias
- Definizione della geometria 2D
- Correzione della divergenza sferica usando una relazione  $t^2$
- Ordinamento dei CMP con copertura nominale di 162
- Correzione statica di 9 ms
- Analisi di velocità ogni 4 Km
- Normal Move Out
- Filtro Mute esterno
- Stack finale

La figura sottostante mostra un esempio di brute stack



### Fusione dati SEG-Y e di navigazione

Il prodotto finale della sequenza di controllo qualità e' una versione SEG-Y dei brute stack, effettuata collegando i CDP del brute stack con lo shot point corrispondente.

### Qualita' dei dati e problemi di acquisizione

#### Rumore

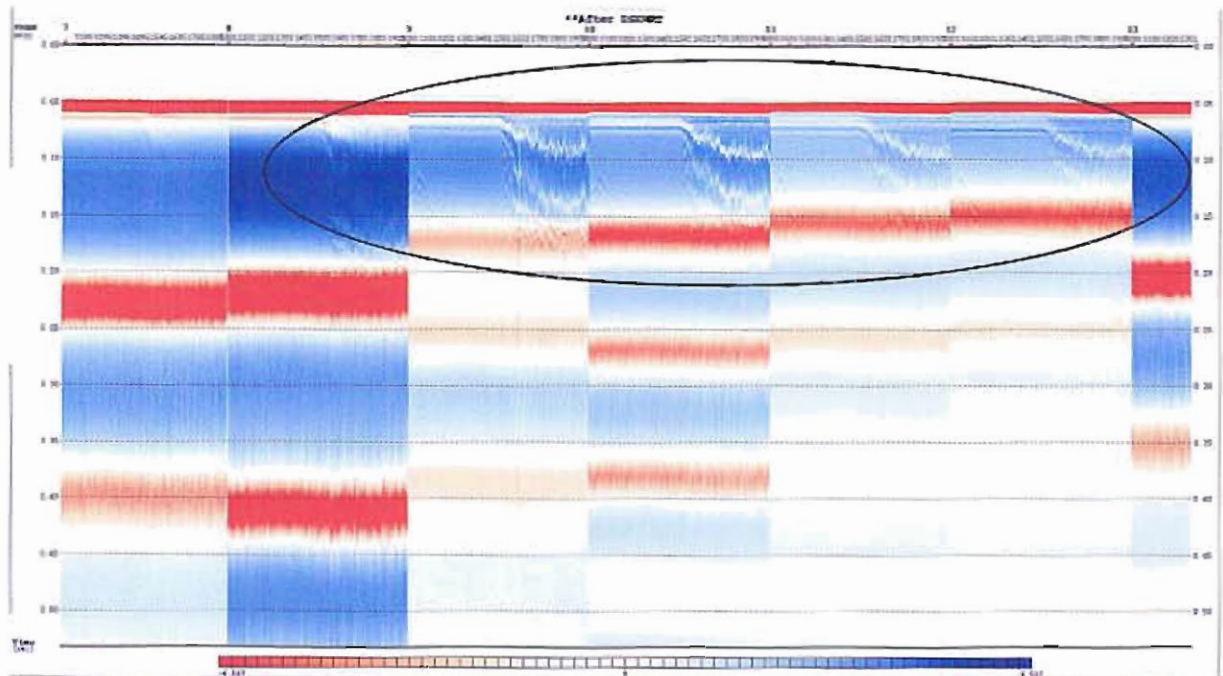
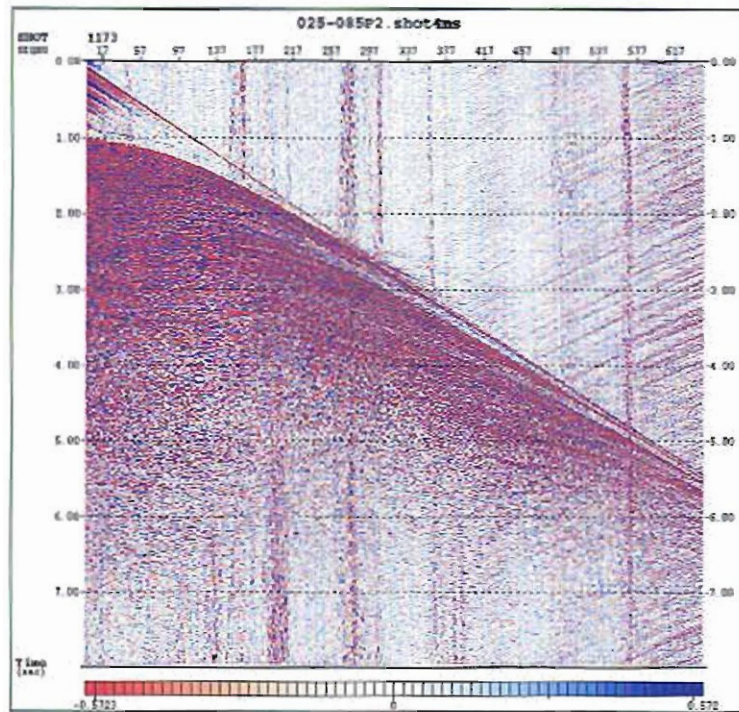
L'influenza delle riflessioni multiple sui dati si e' manifestata costantemente per tutto il rilievo, in particolar modo come treni d'onda riverberati soprattutto nelle zone meno profonde.

Il rumore causato dalle onde ha avuto una certa influenza, soprattutto nei momenti di mare piu' agitato e quando la profondita' del cavo era relativamente minore.

Il traffico navale ha inoltre apportato una certa quantita' di rumore. Questi ultimi due tipi di rumore sono illustrati nella figura seguente.

#### Variazione del volume degli air-gun

Il volume degli air-gun e' variato molte volte durante il rilievo a causa di problemi tecnici e perdite pneumatiche, causando tra l'altro l'interruzione prematura di diverse sequenze di registrazione, successivamente riprese con successo. La seconda figura nella prossima pagina mostra un esempio di perdita pneumatica osservata sul display del responso dell'air-gun.



In generale si puo' dire che la qualita' dei dati acquisiti e' buona. La maggior parte delle linee e' stata acquisita con condizioni di mare favorevoli, e quindi non sono influenzate da rumore dovuto al moto ondoso. Il rumore dovuto al traffico navale ha avuto una certa influenza, come anche il rumore dovuto ad arrivi diretti dove la profondita' del fondale e' minore. Non si sono verificati problemi di navigazione.

## ***Elaborazione dei dati***

L'elaborazione delle 28 linee acquisite sul permesso e' stata eseguita da CGG Veritas negli uffici di Crawley, Inghilterra. La sequenza di processo ha essenzialmente seguito le stesse fasi di elaborazione adottate per altri due rilievi elaborati da CGG Veritas nella stessa area nel 2008/2009. Lo scopo principale e' stato quello di aumentare il rapporto segnale/rumore e migliorare l'immagine sismica rispetto a tentativi di elaborazione precedenti.

In generale i dati sono stati severamente compromessi da un basso rapporto segnale/rumore e da forti riflessioni multiple, particolarmente difficili da eliminare. Un ulteriore problema e' stata la scarsa penetrazione del segnale, soprattutto per alcune linee. La sequenza di processo derivata dai precedenti rilievi aveva fatto ricorso a numerose fasi, e aveva apportato un significativo miglioramento rispetto alla elaborazione originale.

### **Sequenza di Elaborazione**

#### Riformattazione e Edit delle tracce

I dati sono stati registrati in format SEGD con campionamento a 2 ms. Sono stati trasformati in format CGG Veritas Tango. Gli edit delle tracce sono stati applicati dopo un attento controllo di qualita' che ha compreso la visualizzazione di tracce e spari selezionati. Una mappa dell'ampiezza di sparo e di canale e' stata usata per individuare tracce rumorose e zone problematiche. Uno shift di -50 ms ha rimosso il ritardo di sistema.

#### Ricampionamento da 2 a 4 ms

Il campionamento e' stato portato a 4 ms dopo l'applicazione di un filtro anti-alias a fase zero che ha preservato solo le frequenze tra 3 e 100 Hz.

#### Correzione divergenza sferica

Una correzione  $T^2$  e' stata applicata per correggere la divergenza sferica associata alla diffusione sferica dei fronti d'onda quando si propagano nelle rocce.

#### FXEDIT Attenuazione del rumore da moto ondoso

Questo processo utilizza una tecnica di filtraggio predittiva FX per riconoscere la componente di rumore dei dati e permettere la compensazione di frequenze e/o ampiezze anormale su finestre specifiche. E' stato applicato su una frequenza da 0 a 60 Hz con una finestra di 81 tracce ed un fattore soglia di 1,6.

#### Filtro pendenze FK in dominio spari

Tale filtro e' stato applicato in maniera dolce per rimuovere le basse frequenze dovute al moto ondoso e non riconosciute dal filtro FXEDIT. Un filtro conico a coseno comprendente una protezione a bassa frequenza di 4 Hz e' stato applicato per far passare pendenze di +/- 30 ms per traccia.

#### Attenuazione delle multiple con equazione d'onda

L'energia delle riflessioni multiple principali e' stata modellata tramite estrapolazione dell'equazione d'onda. Il modello generato e' stato quindi confrontato con i dati acquisiti ed il modello e' stato modificato fino a raggiungere la massima congruita'. Infine il modello e' stato sottratto alle primarie per eliminare l'energia delle multiple.



#### XRLIN Filtro pendenze con trasformate lineare a piu' alta risoluzione

Questo filtro utilizza una trasformata lineare Radon ad alta risoluzione nel dominio Tau-P che focalizza in maniera migliore rispetto alla trasformata a minimi quadrati convenzionale. Una correzione move-out lineare e' stata applicata usando una velocita' costante di 4000 m/s, gli spari sono quindi stati trasformati in dominio Tau-P e gli e' stato applicato un filtro pendenze da 100 a 1000 ms. I dati sono quindi stati trasformati in dominio XT e la correzione move-out lineare e' stata rimossa.

#### Deconvoluzione Tau-P in ordine di sparo

Una trasformata simmetrica per ciascun sparo e' stata applicata nel dominio Tau-P, passando i dati tra +/- 800 ms/m fino ad una frequenza di 90 Hz. Sono stati progettati degli operatori di deconvoluzione predittiva traccia per traccia con una lunghezza attiva di 300 ms ed un gap di 64 ms. Un filtro mute Tau-P e' stato inoltre applicato per rimuovere il rumore lineare aggiuntivo che puo' essere separato dai segnali primari nel dominio Tau-P. I dati sono stati quindi riportati nel dominio XT.

#### SRME2D Attenuazione delle multiple della superficie libera

L'energia delle riflessioni multiple provenienti dall'interfaccia tra acqua/aria e da orizzonti profondi viene prevista tramite una autoconvoluzione dei dati originali. Il modello di multiple previsto viene quindi sottratto ai dati originali.

#### Analisi di velocita' iniziale

Un campo di velocita' iniziale e' stato selezionato ogni kilometro, con software CGG Veritas, da un gather centrale dei dati usando pannelli stack e visualizzazioni della semblance. L'analisi spaziale ha permesso il riconoscimento di variazioni laterali di velocita'.

#### XRMULT Attenuazione delle multiple Radon a piu' alta frequenza

I gather CMP sono stati corretti per il normal move-out usando il modello di velocita' selezionato ogni kilometro. La trasformata e' stata applicata assicurando che sia le riflessioni primarie che quelle multiple fossero modellate correttamente. L'energia delle multiple e' stata quindi trasformata nel dominio XT e sottratta dai gather CMP originali.

#### Attenuazione delle multiple diffratte nel dominio offset comuni

La natura della geologia della zona fa si' che la presenza di un forte evento vicino alla superficie produca la diffrazione multipla dell'energia. Tale evento inoltre ha ridotto la penetrazione del segnale e attenuato le frequenze alte. Usando la frequenza e la pendenza per separare le primarie dalle multiple, un modello di diffrazione multipla e' stato creato usando un filtro pendenze FK con un range specifico di pendenze (+/- 2 ms./traccia) e proteggendo le frequenze al di sotto di 30 Hz. Il modello e' stato quindi sottratto ai dati di input.

#### Deconvoluzione FX

Il rumore casuale e' stato attenuato con una deconvoluzione FX applicata a ciascun offset. Una traccia di segnale e' stata progettata usando un filtro a 7 ms con una finestra scorrevole di 80 tracce per 500 ms.

#### Correzione dell'ampiezza di fondo

Per aumentare il segnale nelle zone d'ombra dovute a scarsa penetrazione del segnale, un algoritmo e' stato usato per confrontare tali zone con l'ampiezza di fondo, calcolato dai dati stack grezzi. Le basse ampiezze sono state amplificate con successo.

#### Compensazione Q per la fase

L'attenuazione di energia, dipendente dalla frequenza, che avviene quando un'onda passa attraverso un materiale, e' un rapporto adimensionale definito come l'energia persa per ciclo ed e' quantificata come Q. Frequenze piu' alte vengono attenuate maggiormente data la presenza

di piu' cicli per unita' di tempo. E' possibile applicare una compensazione Q sia per la fase che per l'ampiezza, che ha l'effetto di spostare la fase dei dati verso tempi inferiori. Una stima della compensazione Q solo per la fase e' stata stimata con diverse finestre temporali e in diverse posizioni lungo le linee. E' stato usato un valore di 200.

#### Conversione a fase zero

Il responso modellato degli airgun viene usato per costruire un filtro di conversione a fase zero. Numerosi passi sono stati necessari per calibrare il filtro, tra cui l'inclusione del segnale fantasma del cavo e la rimozione del segnale delle bolle d'aria.

#### UTMOST Preparazione del modello di velocita'

Un processo iterativo e' stato utilizzato a questo scopo. Le posizioni delle velocita' migrate sono state dapprima create con il processo di migrazione pre-stack della CGG Veritas UTMOST, incorporando i modelli iniziali attenuati. I gather sono stati prodotti ogni kilometro e immessi nel pacchetto interattivo di analisi di velocita' CGG Veritas PACE assieme alle informazioni iniziali sulle velocita'. Il modello aggiornato e' stato preparato per la migrazione finale, attenuandolo con una finestra di 5 kilometri, convertito da RMS a velocita' di intervallo, limitato tra 1400 e 6000 m/s e riconvertito a RMS.

#### UTMOST Migrazione tempi pre-stack Kirchoff

Il programma di migrazione tempi pre-stack Kirchoff CGG Veritas UTMOST e' stato applicato. Le correzioni NMO, DMO ed il processo di migrazione sono stati applicati congiuntamente usando un algoritmo di migrazione a offset non nullo, dove l'operatore e' stato calcolato dai tempi di transito tracciati. Variando dolcemente il campo di velocita', la funzione di velocita' puo' variare tra i CMP rimanendo costante per ciascun CMP. Ogni traccia CMP e' stata quindi migrata con un operatore simmetrico, calcolato dalle informazioni dei tempi di transito per un particolare traccia. Cio' ha permesso di considerare qualsiasi effetto di  $V(z)$  sulle immagini. Il processo di migrazione e' stato applicato usando il modello di velocita' attenuato UTMOST. L'operatore di migrazione ha usato una apertura di 6 Km ed un limite di pendenza massima di 75°. La qualita' della migrazione risultante e' stata controllata sui dati dei gather stack e CDP.

#### XRMULT Attenuazione delle multiple Radon a piu' alta frequenza

Una seconda applicazione di questo algoritmo ha avuto lo scopo di sopprimere l'energia delle riflessioni multiple rimanente. Un passaggio doppio e' stato necessario per preservare le alte pendenze osservate vicino alla superficie e per non introdurre artefatti.

#### Analisi finale delle velocita'

Le velocita' di stack finali sono state selezionate su un reticolo di 500 m dai gather UTMOST tramite il software CGG Veritas DIVANTOOL per l'analisi di velocita', dotato di diverse opzioni per il controllo di qualita'. I dati sono stati corretti per il NMO e gli stack ricontrollati per verificare il miglioramento dei dati primari.

#### FK Filtro pendenze

Avendo notato la persistenza di energia lineare sui dati stack, i dati sono stati corretti per il NMO con velocita' primaria ed un filtro pendenze FK a +/- 8 ms per traccia, che ha rimosso il rumore. Il filtro e' stato applicato 200 ms sotto un orizzonte interpretato, posizionato al di sotto delle aree in cui sono presenti alte pendenze primarie, incorporando una protezione di frequenza di 8Hz. Dopo il filtraggio la correzione NMO e' stata rimossa.

#### Produzione SEG Y – Gather PSTM

I dati grezzi non-stack sono stati convertiti in formato SEG Y per tutto il volume dei dati.

### Correzione NMO

Una correzione NMO di secondo ordine e' stata applicata ai dati usando il campo di velocita' selezionato manualmente ogni 500 m.

### Filtro Mute interno ed esterno

Lo schema del filtro mute per gli stack a pieno spettro post-NMO e' stato definito come segue:

| Offset (m) | Tempi (ms) |
|------------|------------|
| 137        | 0          |
| 359        | 400        |
| 909        | 1000       |
| 1592       | 1800       |
| 6142       | 5000       |
| 8212       | 7000       |

Il filtro mute interno variabile sia nello spazio che nel tempo e' stato riferito ai tempi doppi del fondo mare come segue:

| Tempi del fondo mare di 100 ms |           | di 500 ms  |           | di 1500 ms |           |
|--------------------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| Offset (m)                     | Time (ms) | Offset (m) | Time (ms) | Offset (m) | Time (ms) |
| 142                            | 1400      | 142        | 1500      | 142        | 2600      |
| 442                            | 1900      | 442        | 2000      | 442        | 3100      |
| 550                            | 2900      | 550        | 3000      | 550        | 4000      |
| 950                            | 6500      | 1060       | 6500      | 1060       | 6500      |
| 1060                           | 7000      | 1160       | 7000      | 1310       | 7000      |

### Stack

I gather CMP corretti per il NMO e con filtro mute applicato sono stati sommati (stacked) usando una scalatura 1/N convenzionale per compensare per la copertura variabile.

### Scalatura

La scalatura e' stata applicata con riferimento al fondo mare.

| Tempo (ms)       | Scalare (dB) |
|------------------|--------------|
| Fondo mare       | 0            |
| Fondo mare +1200 | 5            |
| 8000             | 27           |

### Produzione SEGY – Stack PSTM grezzo

I dati stack grezzi sono stati convertiti in formato SEGY dopo una correzione statica di 11 ms per sorgente e ricevitori.

### FK Filtro pendenze

Una analisi dei dati stack ha evidenziato la presenza di energia lineare residua, quindi ulteriori parametri per pendenze FK sono stati provati. Un filtro pendenze FK di +/- 10 ms per traccia e stato applicato 700 ms sotto la base del Pliocene, e un ulteriore filtro di +/- 5 ms per traccia 1.5 secondi sotto la base del Pliocene. Entrambe i filtri sono stati posizionati sotto le aree dove fort pendenze primarie sono presenti, ed entrambe hanno utilizzato una protezione di frequenza di 8 Hz.

### FK Miglioramento delle frequenze

La moltiplicazione di ampiezza CGG Veritas DIPEXP FK e' una tecnica usata per amplificare l'ampiezza dei dati coerenti a pendenza lineare (segnale) rispetto ai dati incoerenti (rumore). Una moltiplicazione esponenziale costante per pendenza (valore alpha) e' stata applicata ne

dominio FK ed ha migliorato il rapporto segnale/rumore. Un valore alpha di 1 e' stato usato a fondo mare e a fondo mare + 500 ms, 1.2 a fondo mare + 1800 ms, 1.5 a fondo mare + 2800 ms, 1.7 a fondo mare + 3800 ms.

#### Miglioramento del segnale

Il miglioramento del segnale e' stato eseguito in due distinte fasi. La componente coerente e' stata estratta, all'interno di una finestra specifica in tempo e spazio, dai dati stack. Le tracce di segnale risultanti sono state quindi combinate, in maniera variabile rispetto a tempo e spazio, con le tracce originali, utilizzando un fattore moltiplicativo del 10% a fondo mare e del 30% a 1.5 secondi sotto il fondo mare.

#### Filtro Passa Banda

Un filtro passa banda e' stato applicato relativamente alla base del Pliocene come segue:

| Tempo della base Pliocene (ms) |                | Ampiezza di banda (Hz) |
|--------------------------------|----------------|------------------------|
| <u>20 ms</u>                   | <u>1000 ms</u> |                        |
| 0 - 20                         | 0 - 1000       | 3 - 90                 |
| 500                            | 1500           | 3 - 60                 |
| 1000                           | 2000           | 3 - 50                 |
| 3500                           | 4500           | 3 - 40                 |
| 4700                           | 5700           | 3 - 35                 |

#### Produzione SEG-Y – Stack PSTM finale

Una correzione statica di 9 ms e' stata applicata. Per tutti gli output SEG-Y una testata per sparo e' stata creata nelle posizioni dei CMP e i dati di navigazione sono stati integrati con la sismica, in modo tale che i dataset finali contengono le coordinate di riferimento nelle testate di traccia. I dati stack sono stati trasformati in formato SEG-Y per tutte le linee.

## Dettagli delle linee

| Linea | Primo Shot Point | Ultimo Shot Point | KM     | CDP  |
|-------|------------------|-------------------|--------|------|
| 085   | 1001             | 1460              | 11.475 | 1242 |
| 095   | 1001             | 1543              | 13.550 | 1408 |
| 105   | 1001             | 1779              | 19.450 | 1880 |
| 115   | 1001             | 1550              | 13.725 | 1422 |
| 125   | 1001             | 1719              | 17.950 | 1760 |
| 135   | 1001             | 1835              | 20.850 | 1992 |
| 145   | 1001             | 1877              | 21.900 | 2076 |
| 155   | 1001             | 1875              | 21.850 | 2072 |
| 165   | 1001             | 1931              | 23.250 | 2184 |
| 175   | 1001             | 1917              | 22.900 | 2156 |
| 185   | 1001             | 1925              | 23.100 | 2172 |
| 190   | 1001             | 2070              | 26.725 | 2462 |
| 195   | 1001             | 2170              | 29.225 | 2662 |
| 205   | 1001             | 2147              | 28.650 | 2616 |
| 215   | 1135             | 1652              | 12.925 | 1358 |
| 295   | 1040             | 2047              | 25.175 | 2338 |
| 305   | 1001             | 1740              | 18.475 | 1802 |
| 315   | 1001             | 1580              | 14.475 | 1482 |
| 495   | 1001             | 1985              | 24.600 | 2292 |
| 505   | 1001             | 1950              | 23.725 | 2222 |
| 515   | 1045             | 2214              | 29.225 | 2662 |
| 525   | 1001             | 2344              | 33.575 | 3010 |
| 535   | 1001             | 2316              | 32.875 | 2954 |
| 545   | 1001             | 2199              | 29.950 | 2720 |
| 555   | 1001             | 2190              | 29.725 | 2702 |
| 565   | 1001             | 1780              | 19.475 | 1882 |
| 575   | 1001             | 1630              | 15.725 | 1582 |
| 585   | 1080             | 1702              | 15.550 | 1568 |

## Sequenza di elaborazione finale

Cambio di formato ed edit delle tracce  
Applicazione della geometria 2D  
Applicazione di un ritardo di sistema di -50 ms  
Filtro anti-alias passa banda 3 – 100 Hz  
Ricampionamento da 2 a 4 ms  
Correzione divergenza sferica  $VT^2$   
Attenuazione del rumore di onda e picco FXEDIT  
Filtro pendenze FK nel dominio spari +/- 30 ms per traccia  
Attenuazione delle multiple con equazione d'onda  
Attenuazione rumore lineare ad alta risoluzione XRLIN  
Deconvoluzione Tau-p in ordine di sparo  
Filtro K di 0.46 e diminuzione dei canali a 25 m di spaziatura  
Attenuazione multiple di superficie libera SRME2D, progettato su spari e ricevitori  
Modello di velocità iniziale ogni 1000 m  
Attenuazione delle multiple Radon ad alta frequenza XRMUL  
Controllo di qualità del modello di velocità PSTM usando le posizioni di velocità Kirchoff CMP migrate  
Attenuazione delle multiple di diffrazione nel dominio degli offset comuni  
Deconvoluzione FX, attenuazione del rumore nel dominio degli offset comuni  
Conversione a fase zero, progettata dai responsi della sorgente forniti  
Q inversa solo per la fase utilizzando un valore di 200  
Correzione delle ampiezze di fondo  
Migrazione tempi pre-stack Kirchoff a raggi curvi UTMOST  
Attenuazione multiple Radon ad alta risoluzione XRMULT  
Modello finale di velocità ogni 500 m  
Filtro pendenze FK nel dominio degli offset comuni, +/- 8 ms per traccia  
Correzione NMO usando il modello di velocità finale  
Filtro tracce mute esterno  
Filtro tracce mute interno variabile con la profondità dell'acqua  
Stack, copertura 162, scalatura 1/N  
Scalatura, variabile per tempi e profondità dell'acqua  
Filtro pendenze variabile per tempi e profondità dell'acqua  
Filtro coerenza FK  
Miglioramento del segnale  
Filtro passa banda  
Correzione statica per sparo e ricevitore di + 9 ms  
Applicazione delle x e y reali per sommare le tracce usando i dati di navigazione forniti  
Annotazione dei punti di sparo alle posizioni CDP  
Riformattazione in formato SEG Y

## **Prodotti finali**

I seguenti prodotti sismici sono stati prodotti per questo progetto:

### Prodotti di contratto

### Formato

Migrazione finalizzata in formato SEG Y

3590

Migrazione grezza in formato SEG Y

3590

Dataset Pre Stack in formato SEG Y

3592

Modelli di velocità finale e di migrazione in formato Essov2

DVD

Rapporto finale di elaborazione

CDROM

## ***Interpretazione dei dati***

Le attività di elaborazione dei dati acquisiti nel Marzo 2009 sul permesso C.R147.NP si sono concluse in data 21 Agosto 2009, quando i prodotti finali sono stati consegnati alla Northern Petroleum.

Le nuove linee sismiche mostrano un significativo miglioramento nella qualità dei dati rispetto ai dati acquisiti dalla Northern Petroleum nel 2006, con una considerevole riduzione sia del rumore di fondo che dell'energia derivante dalle riflessioni multiple. Ciò permette quindi una migliore definizione delle riflessioni primarie che a sua volta conduce ad una interpretazione più affidabile.

I nuovi dati sono stati integrati ed interpretati nel database della Northern Petroleum, contenente le linee interpretate acquisite nel 2006. Ciò ha permesso di definire con maggiore dettaglio le diverse famiglie di discontinuità (faglie), di confermare l'assetto strutturale e geometrico generale delle strutture e delle possibili trappole stratigrafiche presenti nel permesso e mappate in precedenza (si vedano le figure delle pagine successive che confrontano linee acquisite nel 2006 con adiacenti linee acquisite nel 2009 per mostrare la differente qualità dell'immagine sismica). Tuttavia i nuovi dati suggeriscono la presenza di significativi corpi vulcanici a vari livelli stratigrafici, tra cui un corpo igneo di considerevoli dimensioni al nucleo della struttura principale presente nel permesso (Arcturus). Tale interpretazione è supportata da studi e modellizzazioni eseguite dalla Northern Petroleum utilizzando i dati di gravimetria e magnetometria acquisiti durante la campagna sismica del 2009 (si vedano a tale scopo le figure delle prossime pagine).

Allo scopo di condurre ulteriori indagini, la Northern Petroleum ha deciso di rielaborare i dati acquisiti nel 2006 (circa 200 Km di linee 2D) utilizzando lo stesso contrattista e la stessa sequenza di elaborazione utilizzata per le linee acquisite nel 2009. Tale attività è appena iniziata, e si prevede di ricevere il prodotto finale verso l'inizio di Novembre. Tali dati saranno quindi integrati nel database della Northern Petroleum per procedere con la loro interpretazione. Si spera che la rielaborazione di questi dati dia risultati simili a quelli ottenuti con i dati del 2009, con una considerevole riduzione del rumore e dell'energia delle riflessioni multiple.

Tale lavoro permetterà di utilizzare tutti i dati a nostra disposizione per effettuare una interpretazione integrata e coerente allo scopo di rivalutare il potenziale petrolifero del permesso. In particolare uno dei possibili obiettivi che erano stati individuati, il nucleo Cretaceo della maggiore struttura presente nel permesso, potrebbe in realtà essere costituito da un corpo igneo di notevoli dimensioni.

Alla luce di tali interpretazioni ed in base alla necessità di continuare la fase di studio dei dati acquisiti, si richiede la proroga del termine di perforazione fino al 30 Settembre 2010.



