UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

Corso di Laurea Specialistica in
Geofisica di Esplorazione ed Applicata

Anno Accademico 2010/2011

Candidato: **Lomartire Alessandro**
Laurea triennale in: **Scienze e tecnologie per l'ambiente**

Titolo della tesi

Elaborazione di dati sismici marini e terrestri: applicazioni alla esplorazione "*sub-basalt*" e alla individuazione di fratture

Relatore: **Mazzotti Alfredo**
Correlatore: **Tognarelli Andrea** Controrelatore: **Stucchi Eusebio**

Riassunto

Il presente lavoro di tesi è suddiviso in due parti, in quanto propone la duplice elaborazione di dati sismici riferiti a due sondaggi di sismica a riflessione differenti.
La prima parte propone l'elaborazione di dati sismici 3D marini acquisiti nel Bacino Faroe-Shetland (Nord Atlantico) tra il 1996 e il 1998, nell'ambito di un progetto di esplorazione *"sub-basalt"*.
L'obiettivo è l'ottimizzazione dell'immagine sismica del sottosuolo tramite un'elaborazione mirata all'accrescimento del rapporto segnale/rumore e alla successiva rimozione delle riflessione multiple, allo scopo di evidenziare l'eventuale presenza di *reservoirs* nella zona di interesse.
Il primo problema riscontrato è stata la forte attenuazione del segnale sismico che si registra a causa dell'alto potere riflettente della superficie del "*top basalt*" che si comporta come una sorta di filtro passa-basso naturale. Il segnale, proveniente dalla porzione sotto i basalti, sarà quindi caratterizzato da basse ampiezze e basse frequenze.
Le prime fasi dell'elaborazione sono state dedicate quindi all'*editing* della traccia, al miglioramento del rapporto segnale/rumore tramite applicazione di un filtro tempo-variante e all'operazione di recupero delle ampiezze; operazioni che hanno migliorato la qualità del dato in previsione della fasi di elaborazione mirate alla rimozione delle riflessioni multiple.
In questo caso le multiple a breve e lungo periodo, oltre ad obliterare le riflessioni che provengono dalla zona di interesse, si sovrappongono a importanti riflettori come tetto e base dei basalti.
La tecnica sperimentata è la Trasformata di Radon nella sua implementazione parabolica che opera una discriminazione delle riflessioni primarie da quelle multiple basandosi sulle differenze di *move-out* esistenti tra i diversi eventi, facilitando le operazioni di costruzione del filtro. E' stato necessario

eseguire due filtraggi in cascata per riuscire ad intaccare *trend* diversi di multiple. Inoltre, nonostante siano stati rispettati tutti i convenzionali vincoli anti-aliasing, la trasformata ha risentito notevolmente di problemi legati alla limitata apertura spaziale dell'acquisizione (*offset* massimo) e all'irregolarità del dato lungo la direzione spaziale. Pertanto è stata sperimentata l'implementazione della Trasformata di Radon parabolica ad alta risoluzione e sono stati condotti dei test su sismogrammi sintetici al fine di riconoscere e determinare con sicurezza tutte le problematiche che accompagnano il filtraggio del dato reale. Per verificare l'efficacia del filtraggio, sono stati analizzati dei diagnosti (*velocity semblance*) ed è stata generata una sezione *stack* preliminare.
A causa dei risultati poco soddisfacenti, soprattutto ad *offset* lunghi, è stato applicato un filtro *f-k* che è riuscito ad eliminare gran parte dei residui di multiple lasciati dal filtraggio Radon. Infine è stato applicato un filtro passa-banda (con la banda passante corrispondente alla banda del segnale *sub-basalt*) che ha evidenziato maggiormente il riflettore della "base basalti".

La seconda parte propone invece l'utilizzo integrato di dati di simica a riflessione 3D e di misure geofisiche di pozzo per il calcolo della risposta sismica dei graniti fratturati del campo geotermico di Larderello (Italia), attraverso l'utilizzo degli attributi sismici istantanei *post-stack*. I dati utilizzati, sono stati acquisiti nel biennio 2003-2004, nell'ambito di un progetto mirato ad approfondire le conoscenze pregresse circa il sistema geotermale profondo di Larderello-Travale. Partendo da un dato precedentemente elaborato sono stati calcolati, tramite l'analisi della traccia sismica complessa, attributi sismici istantanei come ampiezza, fase, frequenza istantanea e polarità apparente che permettono di osservare i dati, in dominio *stack*, da un punto di vista diverso dal convenzionale, enfatizzando quelle che possono essere le caratteristiche principali di un *reservoirs*. La scarsa qualità del dato di partenza non ha fornito i risultati sperati. E' stata applicata quindi una deconvoluzione F-XY che ha apportato solo dei lievi miglioramenti ed è stata sperimentata l'applicazione degli attributi su sezioni *stack* azimutali. Tuttavia, i risultati ottenuti, applicando gli attributi istantanei su tutto il volume *stack*, hanno risentito fortemente del bassissimo rapporto segnale/rumore dovuto sicuramente alla complessità della geologia dell'area e non hanno permesso di raggiungere gli obiettivi prefissati.
Si è deciso di procedere allora analizzando gli attributi complessi delle tracce sismiche sintetiche calcolate sfruttando le informazioni dei *log* sonici e di densità, e delle tracce sismiche reali estratte da un sotto-volume del dato sismico *stack* nell'intorno dei pozzi. Queste operazioni hanno permesso di verificare che le fratture, individuate nei *log* di pozzo, sono evidenti anche nelle tracce sismiche sintetiche che sono, a loro volta, correlabili con le tracce sismiche *stack* reali. Dal dominio *stack* si è poi passati al calcolo degli attributi in dominio *pre-stack*, andando a costruire dei *super gather* centrati sulla traccia sismica reale che forniva il massimo di correlazione con la traccia sismica calcolata. Sono stati in seguito calcolati gli attributi di ampiezza istantanea (*AVO*) e frequenza istantanea (*FVO*) ed è stata studiata la loro variazione in funzione dell'offset. Le variazioni degli stessi attributi sono state calcolate, sempre in funzione dell'*offset*, ma all'interno di famiglie *common azimuth*, per ottenere informazioni circa la probabile orientazione delle fratture. I risultati di queste

operazioni, pur contaminati da rumore, hanno confermato che potenzialmente la sismica potrebbe portare elementi diagnostici circa l'individuazione di zone con concentrazioni di fratture.