



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA



**Corso di Laurea Magistrale in
Geofisica di Esplorazione ed Applicata**

Anno Accademico 2012/2013

Candidato: **Deiva Bini**
Laurea triennale in: **Scienze Geologiche**

Titolo della tesi

Caratterizzazione di fondali marini:
Analisi e applicazioni AVA (*Amplitude vs. Angle*) e PVA (*Phase vs. Angle*)

Relatore: **Alfredo Mazzotti**
Correlatore: **Mattia Aleardi**

Controrelatore: **Andrea Caiti**

Riassunto

Il presente lavoro di tesi si propone di estrarre le informazioni relative al fondo mare, attraverso uno studio “Amplitude Versus Angle (AVA)/ Phase Versus Angle (PVA)”, ed in particolare di ricavare le velocità P (VP) ed S (VS) e densità (ρ) del fondale a partire dall'ampiezza e/o dalla fase del segnale riflesso, ovvero da quantità direttamente legate al coefficiente di riflessione delle onde P (Rpp). A tal fine ho utilizzato 3 equazioni, prese dalla letteratura, che descrivono il coefficiente di riflessione: l'equazione lineare di Aki e Richards, valida per piccoli angoli di incidenza e per piccoli contrasti nelle proprietà elastiche, le equazioni di Zoeppritz e l'equazione di Alulaiw e Gurevich per poter estendere l'analisi a più ampi range di angoli di incidenza, rispettivamente valide per onde piane e per onde sferiche.

Nella prima parte ho studiato l'influenza delle velocità P ed S, delle densità e dei fattori di qualità P ed S sul coefficiente di riflessione, basandomi su modelli di fondo mare a singola interfaccia derivati da dati dell'ODP (Ocean Drilling Program). A questo proposito vengono impiegate le equazioni di Zoeppritz per il calcolo del coefficiente di riflessione tra 0° e 90° .

Questa semplice analisi mostra come la Vs dei sedimenti di fondo mare, considerati come un mezzo elastico, influenzi debolmente l'andamento del coefficiente di riflessione per tutto il range di angoli studiato. Pertanto tale parametro sarà difficilmente stimabile nella successiva fase di inversione. Rilassando l'assunzione di elasticità perfetta e considerando sedimenti di fondo mare viscoelastici si nota un andamento più liscio del coefficiente di riflessione in prossimità dell'angolo critico, ma non si verificano significativi mutamenti per angoli minori. Al fine di mappare il grado di sensitività del coefficiente di riflessione ai diversi parametri VP, VS e ρ ho calcolato le funzioni oggetto 1D e 2D, calcolando la differenza tra il Rpp 'osservato', ottenuto inserendo nelle equazioni di Zoeppritz i

valori reali dei parametri del modello e il Rpp 'predetto', ottenuto facendo variare tali proprietà all'interno di un range di variazione definito e considerando diversi range di angoli di incidenza (30° e 70°). Da tale analisi risulta che la sensitività di Rpp a tutti e 3 i parametri del modello cresce aumentando il range di angoli di incidenza ed aggiungendo l'informazione di fase.

Nella seconda parte del lavoro si estrae l'informazione AVA/PVA da sismogrammi sintetici generati attraverso il metodo della riflettività. In questa fase si studia anche l'effetto di interferenza tra le varie riflessioni (dal fondo mare e dalle interfacce più profonde) e come l'aumento della frequenza dell'ondina possa in parte prevenire questo problema. Si è inoltre osservato come, nel caso di fondo mare e di sorgente puntiforme, l'andamento del coefficiente di riflessione estratto segua con buona approssimazione quello sferico calcolato con l'equazione di Alulaiw e Gurevich.

Nella terza parte si entra invece nel cuore del lavoro affrontando il problema inverso. Inizialmente viene eseguita una 'sensitivity analysis' utilizzando le equazioni di Aki e Richards nel caso di parametrizzazione del problema a tre incognite (riflettività P, RP, riflettività S, RS e riflettività ρ , Rp) e l'equazione di Ursenbach e Stewart nel caso di parametrizzazione a due incognite (contrasto di impedenza P e S tra i due mezzi a contatto, RI e RJ). In entrambe i casi si vanno a studiare le proprietà delle matrici di risoluzione dei dati e dei modelli, le matrici di covarianza unitaria del modello, gli autovalori e gli autovettori dello spazio dei modelli, considerando diversi rapporti VP/VS e comparando i risultati ottenuti tramite il tradizionale Metodo dei Minimi Quadrati e il Metodo 'Singular Value Decomposition' (SVD).

Si arriva a dimostrare che il rapporto VP/VS esercita una forte influenza sulla stabilità del problema soprattutto nel caso di inversione a tre parametri; in particolare nel caso del fondale marino, dove si ha un rapporto VP/VS molto alto ($VP/VS \gg 2$), si ha un forte aumento dell'instabilità dell'inversione (su tutti i parametri) e l'impossibilità di ricavare il parametro VS. Nel caso di inversione a due parametri, l'influenza del rapporto VP/VS sulla stabilità del problema è meno evidente.

Il tutto viene confermato dall'inversione di coefficienti di riflessione calcolati su modelli di riferimento. Essendo, come noto, l'inversione AVA un problema mal condizionato, ho tentato di ridurre i problemi di instabilità ricorrendo alla TSVD: 'Truncated Singular Value Decomposition', oppure riparametrizzando il problema in due incognite. In particolare, nel caso di fondale marino con elevato VP/VS, l'applicazione del Metodo TSVD comporta una stabilizzazione del problema indipendentemente dal tipo di parametrizzazione del problema stesso (due o a tre incognite) ed una maggiore accuratezza nella stima di RP e Rp, mentre risulta impossibile la stima di RS. Nel modello caratterizzato da un rapporto $VP/VS=2$ il Metodo TSVD è utile soltanto nella parametrizzazione a tre parametri in quanto l'inversione a due parametri porta da sola ad una stabilizzazione del problema, rendendo non necessario il troncamento dei valori singolari più piccoli.

L'ultima parte del lavoro è dedicata all'inversione AVA linearizzata di un dato reale 3D, acquisito nell'offshore del Mozambico e precedentemente processato in controllo di ampiezza.

Sono state eseguite prove di inversione con alcuni dei metodi analizzati precedentemente su quattro CMP gathers derivanti ciascuno dalla media di 9 CMP adiacenti. Da tale studio emergono le potenzialità e i limiti di tali metodi di inversione, tra le quali, principalmente, la possibilità di

giungere a buone stime della V_p (o della I_p) ed invece la difficoltà di estrarre informazioni affidabili sulla V_s (o sulla I_s) dei sedimenti di fondo mare.