

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



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

Anno Accademico 2007/2008

Candidato: **Cauchie Léna**
Laurea Triennale: **Fisica**

Titolo della tesi

Struttura di velocità al vulcano Etna dall'inversione non-lineare delle funzioni di
dispersione delle onde superficiali

Relatore: **Saccorotti Gilberto**
Correlatore: **Mazzotti Alfredo**

Controrelatore: **Fabio Chiappa**

Riassunto

La determinazione delle proprietà elastiche della parte più superficiale della crosta terrestre è di particolare rilevanza per la comprensione delle modalità di propagazione delle onde sismiche in prossimità della superficie terrestre. Osservazioni sperimentali e considerazioni teoriche dimostrano infatti come la struttura superficiale di velocità condizioni significativamente ampiezza, frequenza e fase delle perturbazioni sismiche. Tali determinazioni rivestono una importanza cruciale anche nelle applicazioni ingegneristiche, dove è richiesta una valutazione quantitativa degli effetti di amplificazione dovuti alla geologia locale.

Le onde superficiali, che si generano per interazione di onde di volume (P,S) con la superficie libera, si propagano con velocità dipendenti dalla frequenza (dispersione). Dalle loro caratteristiche dispersive si possono pertanto ricavare le proprietà degli strati più superficiali del sottosuolo. Questo metodo di indagine sta conoscendo popolarità crescente, grazie alla sua economicità e rapidità di esecuzione.

Al vulcano Etna, le informazioni sulle strutture di velocità si limitano a risultati di tomografie a grande scala, con risoluzioni spaziali nell'ordine del chilometro. La ricostruzione della struttura di velocità ad una miglior risoluzione soprattutto per gli strati più superficiali, è quindi necessaria per completare le conoscenze attuali.

Questo lavoro di tesi si pone un duplice obiettivo:

1. Sviluppo di una metodologia di inversione non-lineare delle caratteristiche dispersive delle onde superficiali;

2. Applicazione di tale metodologia alla definizione della struttura di velocità del vulcano Etna, sulla base delle velocità di fase misurate mediante tecniche multicanale.

I dati analizzati consistono di registrazioni di tremore vulcanico ottenute mediante arrays di piccola apertura installati nel 1999 e nel 2004 sui fianchi Nord e Sud del vulcano.

Da questi dati sono state calcolate le curve di dispersione delle onde superficiali utilizzando un metodo operante nel dominio delle frequenze (MUSIC: Multiple Signal Classification). Rispetto ad altri metodi più tradizionali, questa tecnica sfrutta le proprietà della matrice di covarianza spettrale utilizzandone solo le componenti che hanno massima proiezione sul sottospazio del segnale, eliminando in questo modo il contributo della parte spazialmente decorrelata delle registrazioni. MUSIC fornisce così una migliore risoluzione nella ricerca del vettore lentezza orizzontale, anche per registrazioni a basso rapporto segnale-rumore.

Le capacità risolutive di MUSIC per il calcolo delle curve di dispersione sono state verificate mediante applicazione a dati sintetici. I sismogrammi sintetici sono stati ottenuti per un modello di velocità del sottosuolo, e considerando una sorgente sostenuta nel tempo. L'utilizzo di queste verifiche ha permesso di attribuire al modo fondamentale le curve di dispersione calcolate dall'algoritmo MUSIC.

Per i diversi arrays, la banda di frequenza per il calcolo delle curve di dispersione è stata stabilita *a priori* sulla base della funzione di risposta all'impulso (*beampattern*). Inoltre, i risultati sono stati selezionati in base alla coerenza multicanale, in modo da eliminare dati di scarso significato fisico.

In tutto sono state analizzate 125 ore di tremore sismico a 4 arrays distinti. Da questa grande mole di informazioni, per ciascun array si è potuta definire la densità di probabilità delle osservazioni sperimentali, utilizzando tutte le curve di dispersione calcolate.

Queste densità di probabilità sono state utilizzate per la ricostruzione delle strutture di velocità degli strati più superficiali tramite un algoritmo probabilistico di inversione non lineare basato sul metodo Monte-Carlo. In tale approccio, lo spazio dei modelli viene campionato secondo un cammino casuale, al fine di trovare quei parametri per i quali i dati predetti presentano il miglior adattamento ai dati osservati. I risultati ottenuti mostrano la non unicità delle soluzioni, evidenziano la correlazione fra coppie di parametri (e.g. spessore e velocità di uno strato), e forniscono una visione quantitativa delle incertezze associate alla stima di ciascun parametro.