

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



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



Anno Accademico 2009/2010

Candidato : **Sergio Vincenzo Calcina**
Laurea triennale in : **Scienze della Terra**

Titolo della tesi

Uso di sismica passiva per lo studio delle proprietà del sottosuolo in ambiente urbano :
confronto con altri metodi, risultati sperimentali e modellazioni numeriche

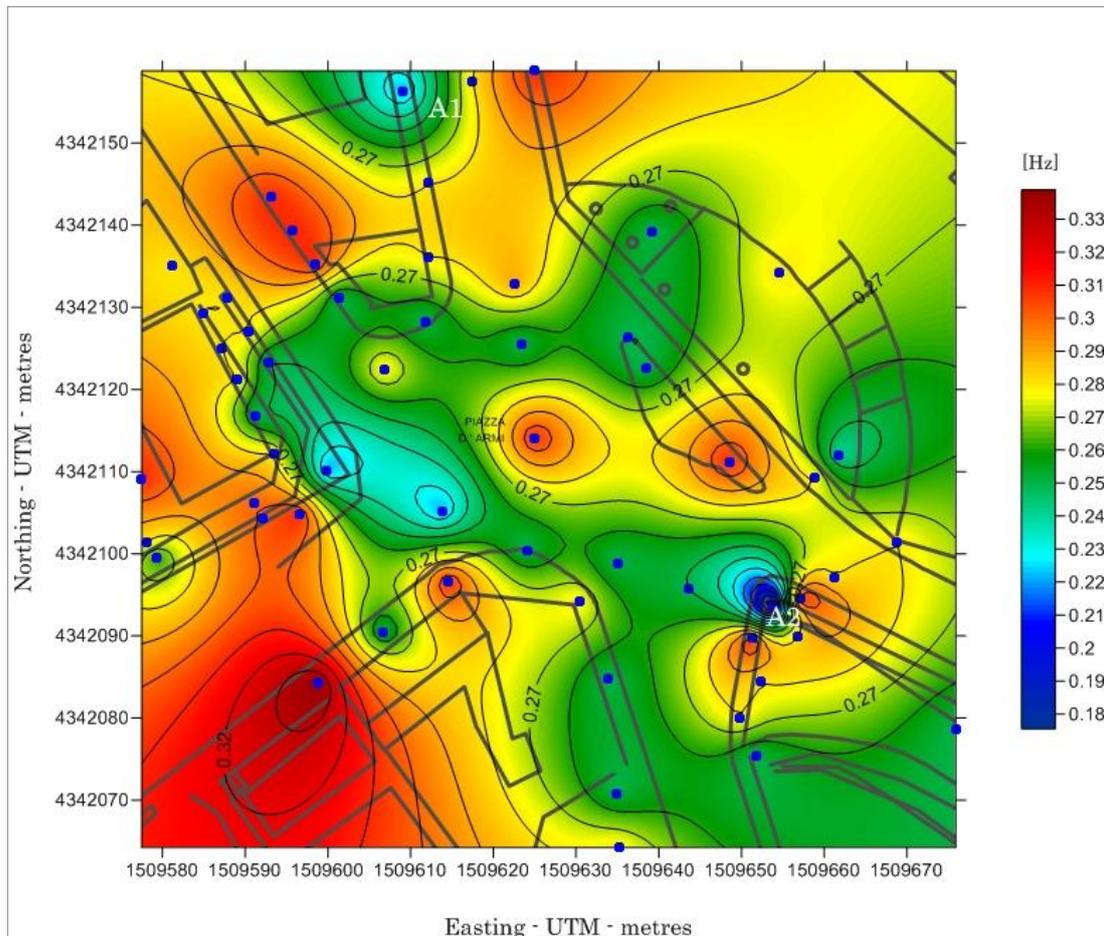
Relatore : **Mario Marchisio**
Correlatore : **Gaetano Ranieri**

Controrelatore: **Alfredo Mazzotti**

Riassunto

Negli ultimi dieci anni l'uso del *noise* ambientale quale alternativa valida alle classiche sorgenti di eccitazione del sottosuolo ha subito un forte incremento, soprattutto nella valutazione della risposta sismica locale. In particolare, il principio alla base di tutte le tecniche che fanno uso di vibrazioni ambientali, stabilisce che il *noise*, agendo su un ampio spettro di frequenze, sollecita un semispazio stratificato o un edificio nelle frequenze corrispondenti ai modi propri di vibrazione di quest'ultimo. Inoltre, ricoprendo interamente il range di interesse pratico in ambito sismologico e ingegneristico, si presta bene a sostituire l'input sismico tradizionale. Alla base di questa osservazione di natura empirica risiedono alcune importanti assunzioni riguardanti le caratteristiche di stazionarietà e di aleatorietà del rumore-ambiente, ipotesi non sempre verificate. Il metodo HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) o tecnica dei rapporti spettrali tra la componente orizzontale e verticale del campo di rumore ambientale, rappresenta una delle metodologie di maggior impiego per la stima delle frequenze di risonanza del sottosuolo. Il metodo, introdotto a partire dagli anni settanta, si è reso protagonista di un'ampia diffusione dopo i lavori di Nakamura (1989) e costituisce l'argomento principale di tale lavoro. Pertanto, la tesi si compone di una parte teorica e di una sperimentale. La prima parte si pone, preliminarmente, l'obiettivo di descrivere le caratteristiche del campo di rumore sismico ambientale, con particolare riferimento alla sua origine (natura delle sorgenti) e alla sua composizione (proporzione tra onde di volume e onde superficiali), e in secondo luogo quello di analizzare nel dettaglio le tecniche che utilizzano il *noise* ambientale come sorgente sismica, con

particolare riferimento al metodo HVSR e alle metodologie analitiche utilizzate per la valutazione delle frequenze naturali di vibrazione del semispazio stratificato.



Distribuzione delle frequenze corrispondenti al valore di picco del rapporto H/V nella gamma compresa tra 0.1 e 10 Hz.

La seconda parte propone l'utilizzo della tecnica HVSR in un contesto originale, rappresentato da un'area urbana, situata nel centro della città di Cagliari, caratterizzata dalla presenza di cavità in sotto-superficie, al fine di valutare gli effetti dei vuoti sulle analisi HVSR. In particolare, sono state realizzate misure asincrone a stazione singola, in conformità con le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assesment using AMbient Excitations), utilizzando un tromografo digitale, strumento portatile e ultracompatto che ben si presta alle indagini in contesto urbano. Per ogni registrazione temporale sono state condotte analisi direzionali e tempo-varianti al fine di evidenziare eventuali caratteristiche del campo di rumore, attraverso un codice realizzato in ambiente matlab. In tal modo, per mezzo delle indagini tromografiche, sono state stimate le frequenze fondamentali di vibrazione del sottosuolo, ottenendo una leggera diminuzione del valore corrispondente alla frequenza di picco H/V in corrispondenza del vuoto sotterraneo. Al fine di confermare le precedenti osservazioni sperimentali, sono stati realizzati dei modelli agli elementi finiti della struttura sepolta, utilizzando dati di tipo topografico e ulteriori indagini geofisiche di superficie (gravimetria e GPR). I risultati delle analisi discrete, ottenuti utilizzando il codice F.E.

Comsol Multiphysics®, hanno fornito una frequenza di circa 0.18 Hz per il modo fondamentale di vibrazione della volta della cavità, in perfetto accordo con le osservazioni sperimentali del tromino. Nelle figg. 1 e 2 sono riportati il primo e il secondo modo di vibrare per uno dei modelli sintetici considerati.

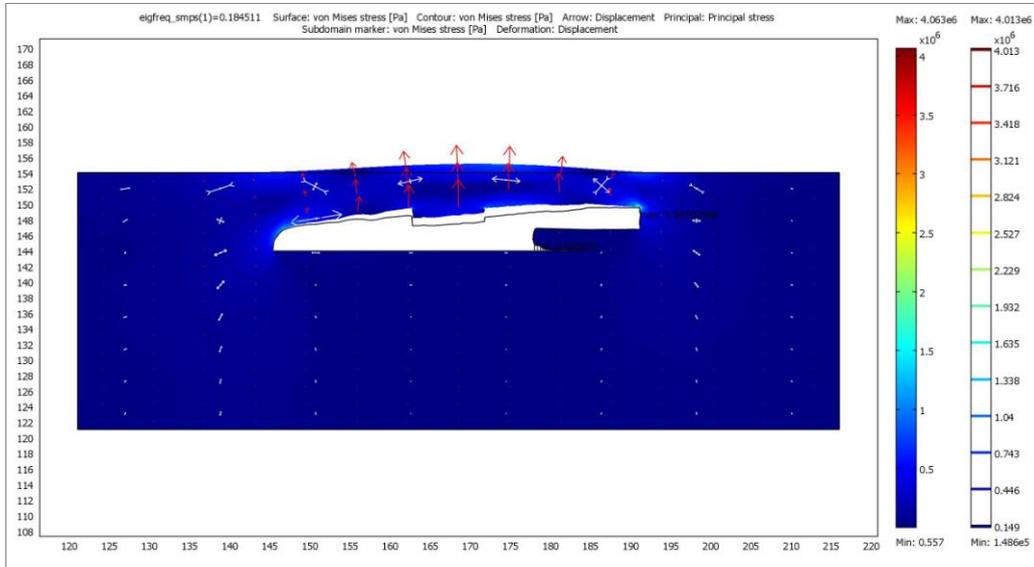


Fig. 1 – Primo modo di vibrare alla frequenza di 0.18 Hz

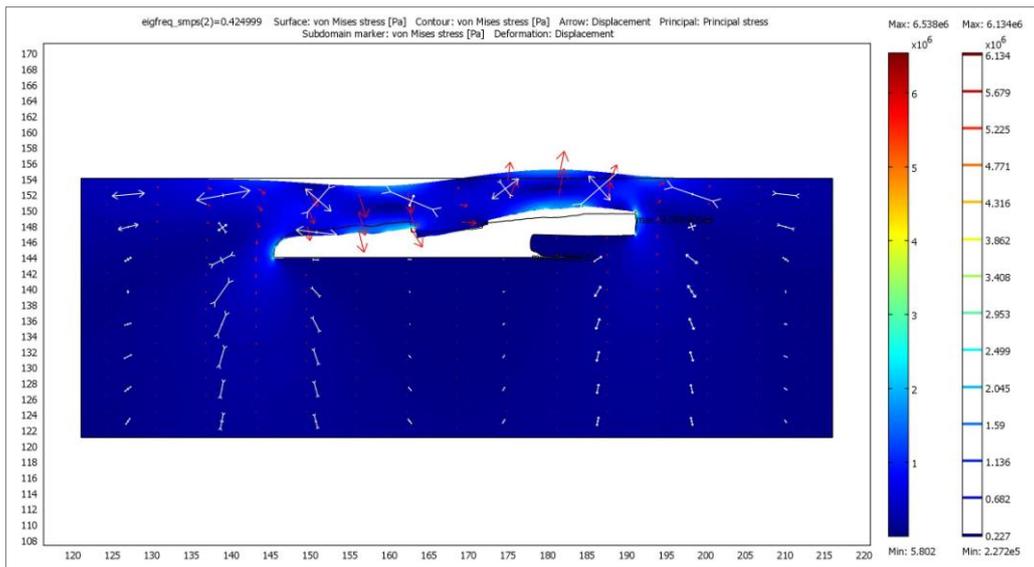


Fig. 2 – Secondo modo proprio di vibrare alla frequenza di 0.43 Hz