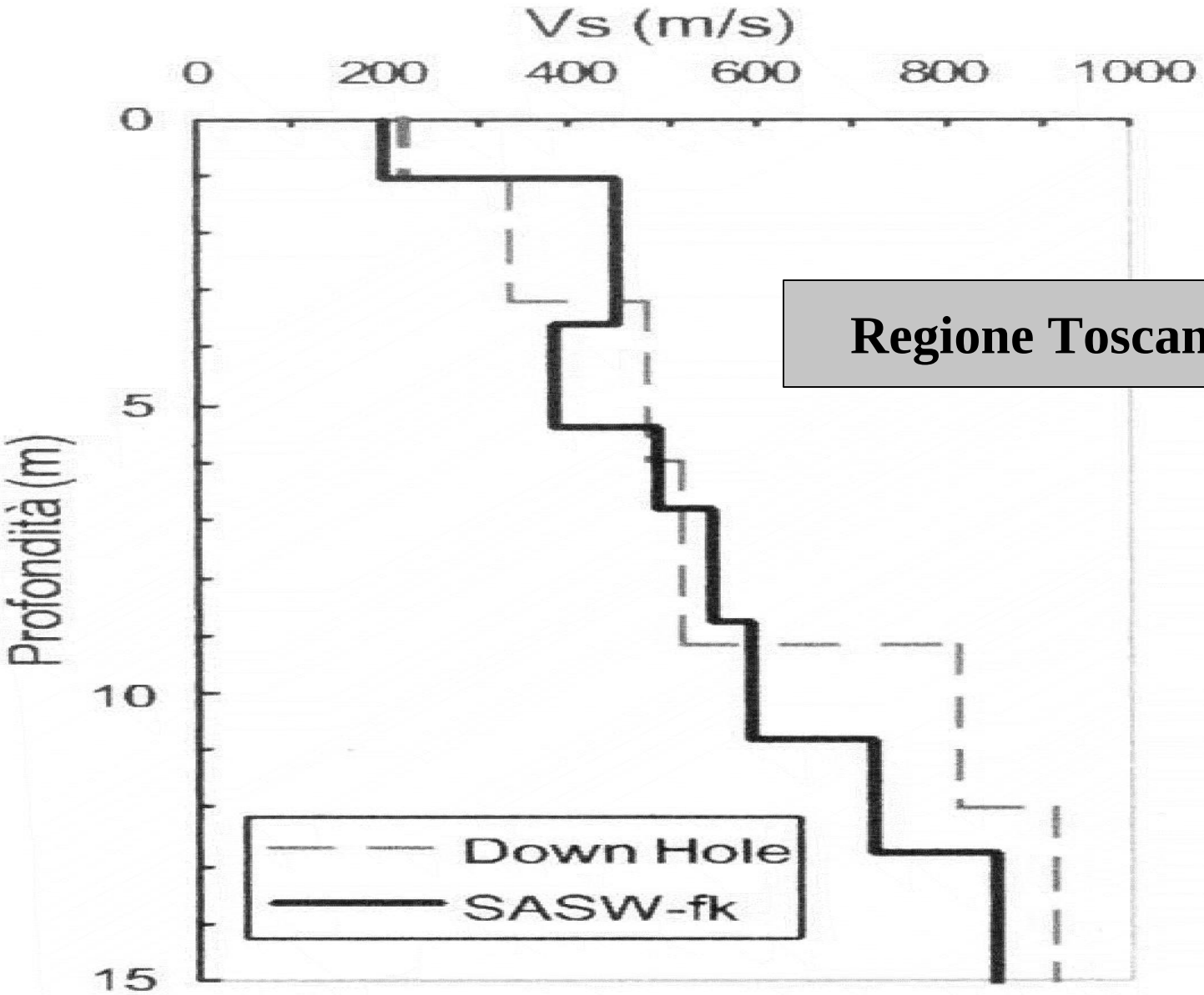
Caratterizzazione Geotecnica attraverso le Onde Rayleigh (Metodo SASW Multicanale)

Ing. Vitantonio Roma, PhD

Dipartimento Ingegneria Strutturale e Geotecnica
Politecnico di Torino

Brindisi, 19 Aprile 2002



Regione Toscana

Pontremoli - Verdeno

Profilo di Smorzamento

Spostamenti Sperimentali

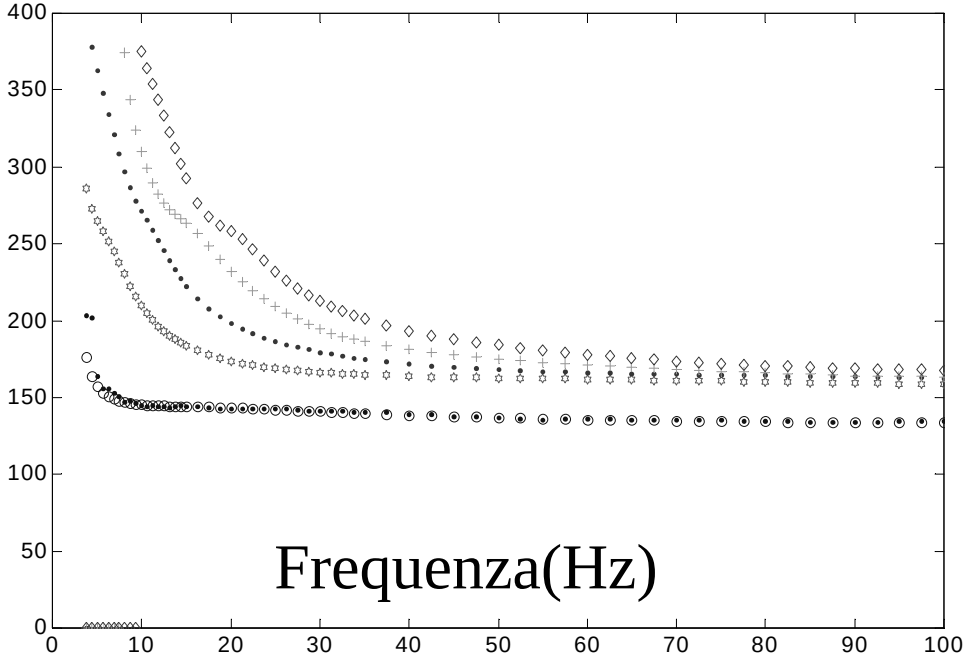
Spostamenti Teorici

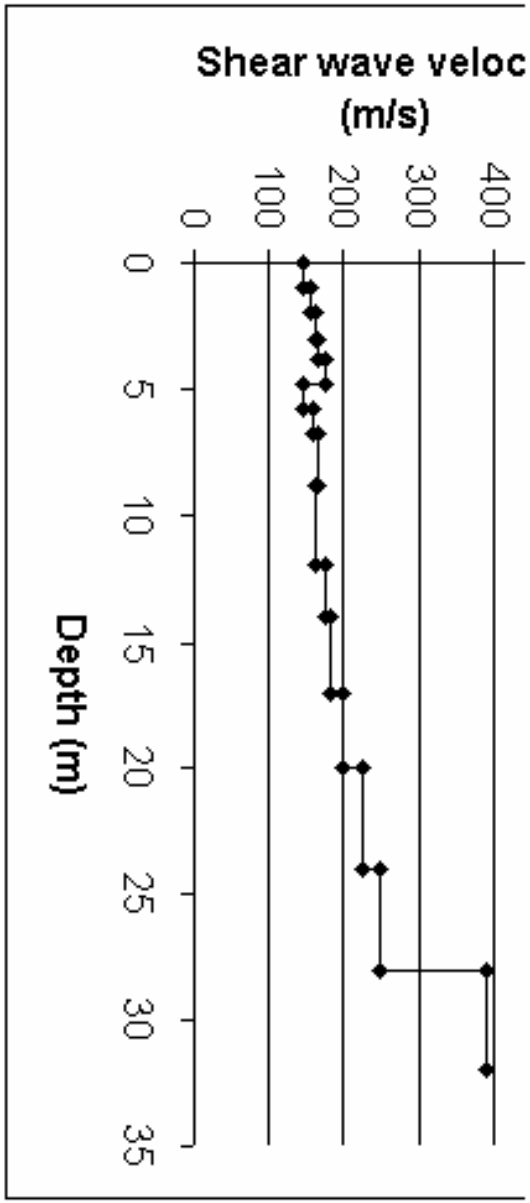
Regression Analysis

Curva di Attenuazione Sperimentale

Mud A (Memphis,USA)

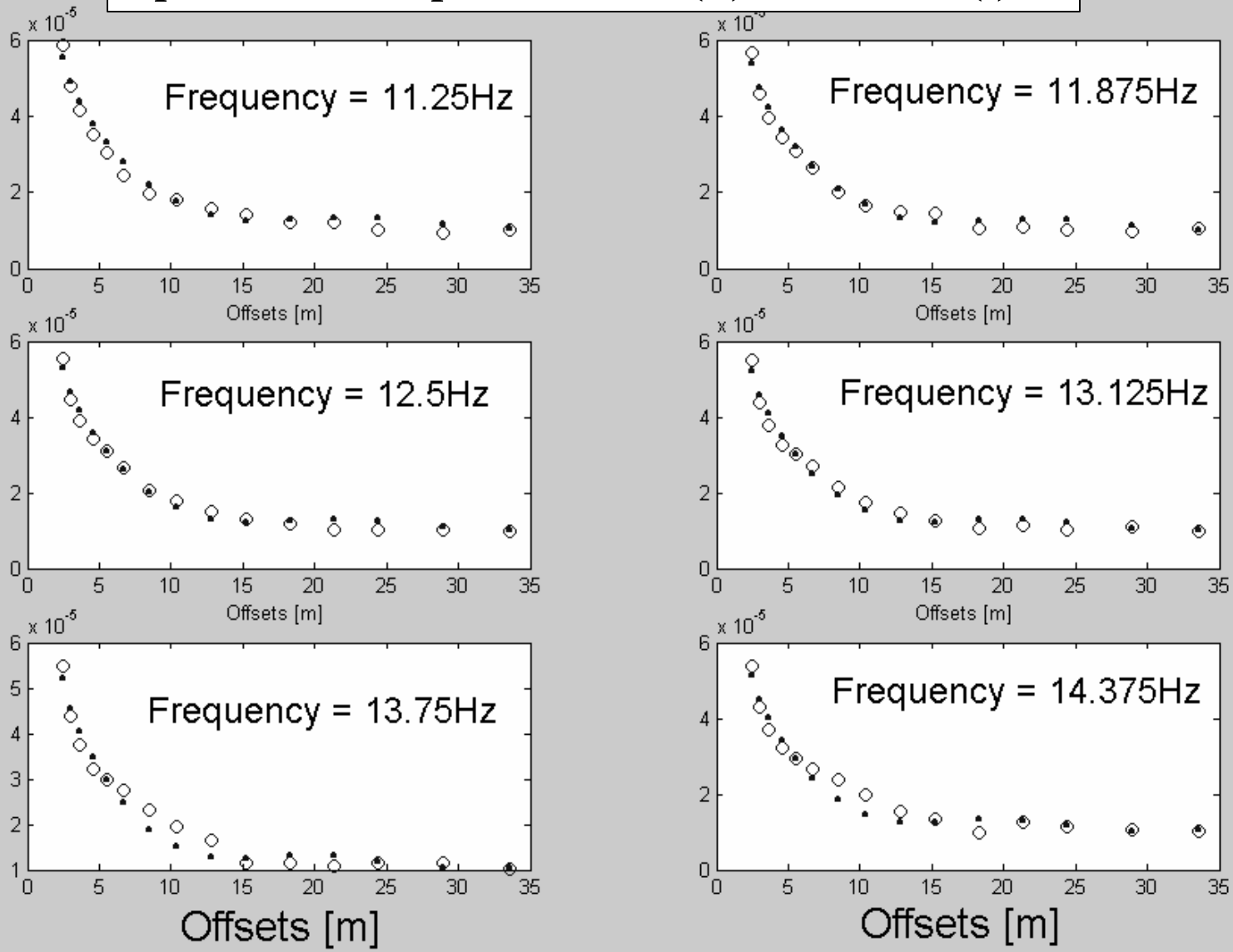
Isola artificiale realizzata sul fiume Mississipi





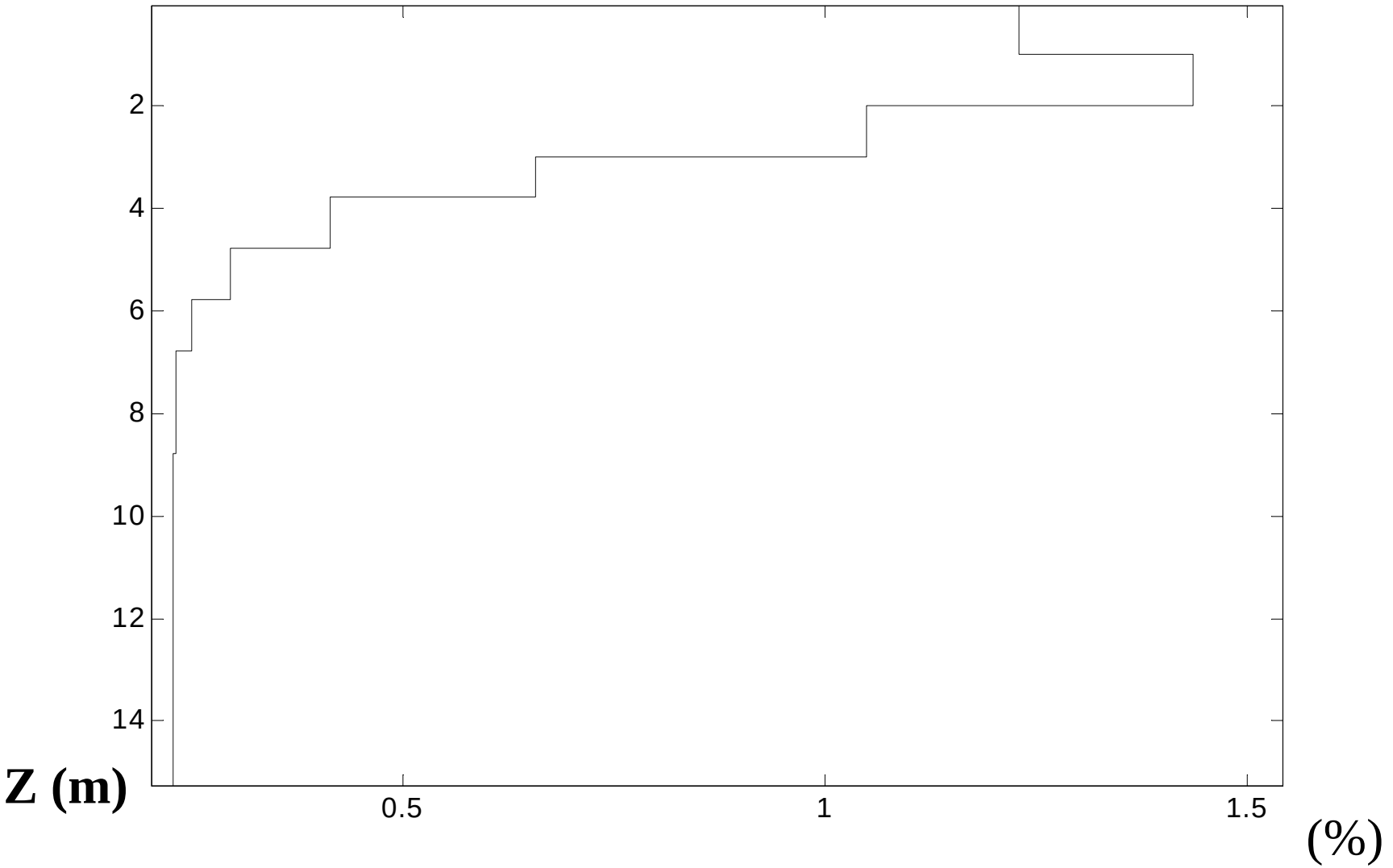
Mud A (Memphis,USA)

Spostamenti Sperimentali (o) e Teorici (.)



Mud A (Memphis,USA)

Profilo di Smorzamento



Possibili Applicazioni del Metodo SASW Multicanale

Caratterizzazione Geotecnica in ambito urbano:

- **Realizzazione opere civili ed industriali**
- **Esecuzione opere in sotterraneo (metropolitane, sottopassi ferroviari e stradali)**
- **Interventi in campo dinamico (linee ferroviarie e tranviarie, metropolitane di superficie)**
- **Salvaguardia e conservazione di monumenti ed edifici storici**

Possibili Applicazioni del Metodo SASW Multicanale

Caratterizzazione Geotecnica in spazi aperti per:

- **Zonazione Sismica per la prevenzione degli effetti di amplificazione sismica locale dei terremoti**
- **Valutazione della rigidezza e dello Smorzamento dei terreni in corrispondenza degli argini fluviali**
- **Applicazioni per la progettazione di opere notevoli (centrali elettriche, impianti industriali con macchine vibranti)**

Possibili Applicazioni del Metodo SASW Multicanale

Caratterizzazione Geotecnica in ambito stradale e marino:

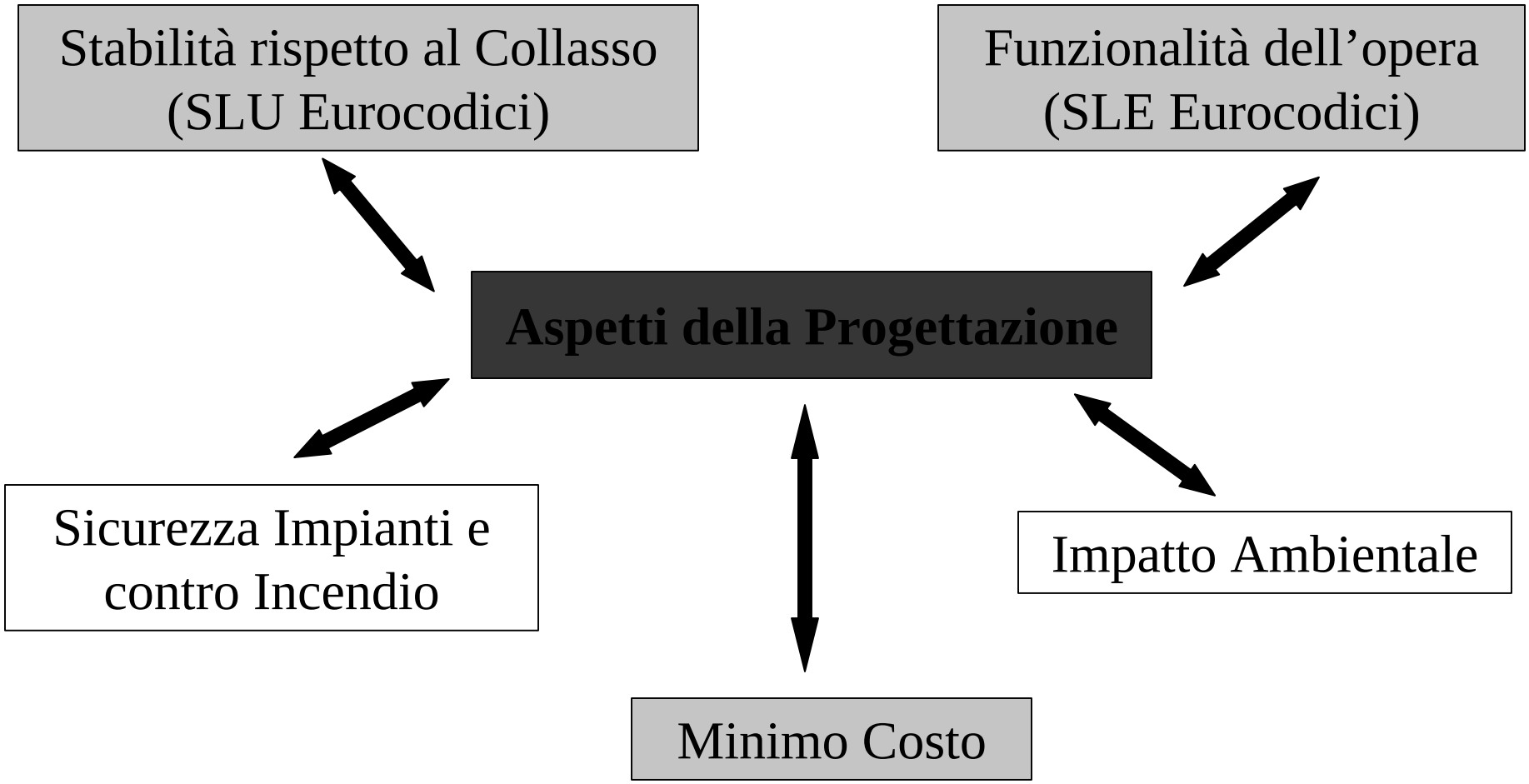
- **Determinazione dello stato di addensamento e della rigidezza dei rilevati stradali**
- **Valutazione dello stato di addensamento nelle discariche**
- **Profilo di rigidezza di siti submarini per opere off-shore**

Esempi di Applicazioni del Metodo SASW Multicanale

- Aeroporto di Fiumicino a Roma (Sistema a 2 soli canali)
- ENEL di Brindisi: Indagini presso parco ceneri Sulcis (2 canali)
- Provincia di Ferrara: Prove su rilevati tangenziali
- Regione Toscana: Progetto di Zonazione Sismica
- Provincia di Torino: Vibrazioni indotte su edificio Telecom
- Ferrovia Alta Velocita' Firenze-Bologna
- Impianto Centrale Termoelettrica di Verzuolo (Cuneo)
- Caratterizzazione Geotecnica presso Torre di Pisa
- Indagini presso lo Stretto di Messina
- Prove presso gli Argini del fiume Po'

Condizioni di Applicabilita' del Metodo SASW Multicanale

- **Stratificazione pseudo-orizzontale**
- **Anisotropia orizzontale non marcata**
- **Caratterizzazione anche in presenza di falda**
- **Utilizzabile in presenza di profili di rigidezza irregolari**
- **Indagini sul fondo del mare**
- **Costi competitivi**
- **Rapidi tempi di esecuzione**
- **Non occorrono permessi speciali**


Stabilità rispetto al Collasso (SLU Eurocodici)
Funzionalità dell'opera (SLE Eurocodici)
Aspetti della Progettazione
Sicurezza Impianti e contro Incendio
Impatto Ambientale
Minimo Costo

Progettazione Geotecnica: Meccanica delle Terre

Parametri di Resistenza:

Capacità Portante delle Fondazioni

Parametri di Deformabilità:

Cedimenti Assoluti e Differenziali

Condizioni Drenate

Condizioni Non-Drenate

Prove Geotecniche

In Situ

- Rapida Esecuzione
- Dimensioni in Scala Reale
- Condizioni Non Controllabili
- Relazioni Empiriche
- Contemporaneità di molteplici Fattori

In Laboratorio

- Tempi Lunghi
- Effetti di riduzione di Scala
- Condizioni Controllabili
- Influenza di ogni singolo Fattore

Parametri Geotecnici

Prove Geotecniche in Situ

Prove-Parametri	Resistenza	Deformabilità	Permeabilità
Scissometrica	D	-	-
Dilatometrica	D	D	D
Penetrometrica Statica	D	D	D
Pressiometrica	D	D	D
Standard Penetration Test	D	D	-
Penetrometrica Dinamica	D	D	-
Carico su Piastra	C	C	C
Permeabilità	-	-	A
Sismica: Cross-Hole; Down-Hole; Rifrazione; Riflessione; SASW	-	A	-

A= Alta **D=Discreta** **C= Cattiva** **- Nessuna**

Prova SASW Multicanale

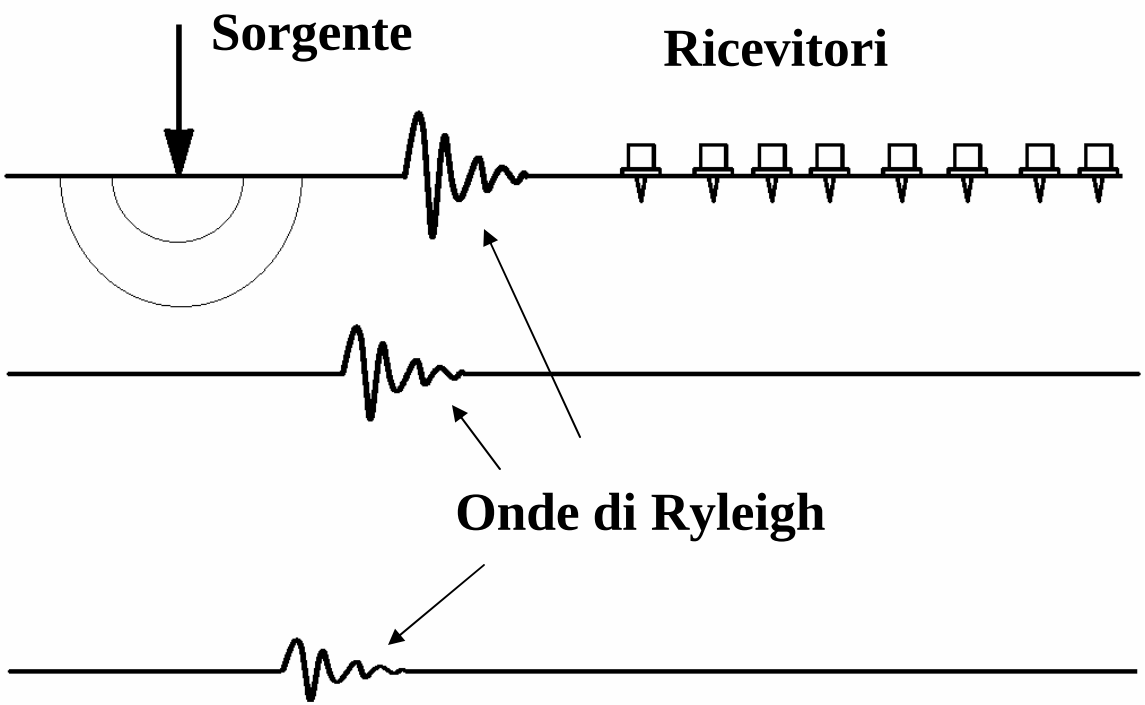
Consente di determinare:

Profilo di Rigidezza

Profilo di Smorzamento

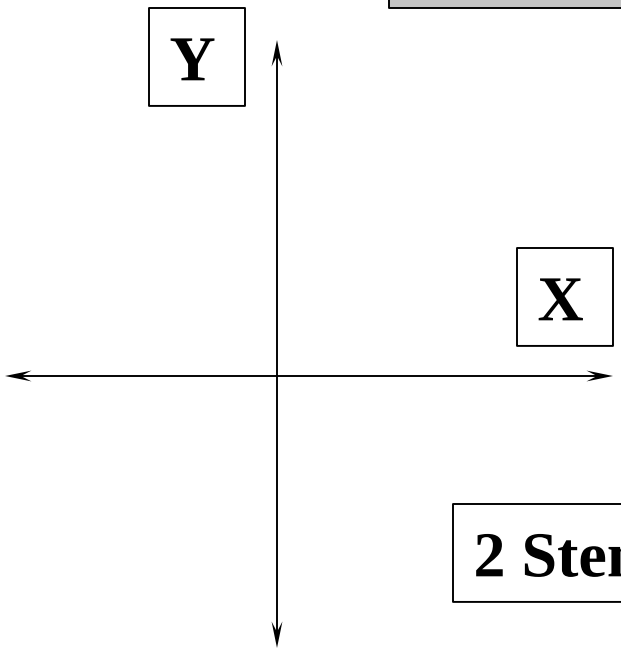
Stratigrafia

Schema della prova sperimentale



Tecnica non invasiva: misure eseguite sulla superficie libera senza eseguire perforazioni

Modalità Esecutive



2 Stendimenti in Direzioni Perpendicolari

Sorgente a DX e a SX dello stendimento

Strumentazioni

Sorgente Impulsiva

- **Mazza Battente**
- **Grave lasciato cadere**

Sorgente Controllata

- **Armonica**
- **A frequenza Variabile**

Sistema Acquisizione

Acquisitore Multicanale

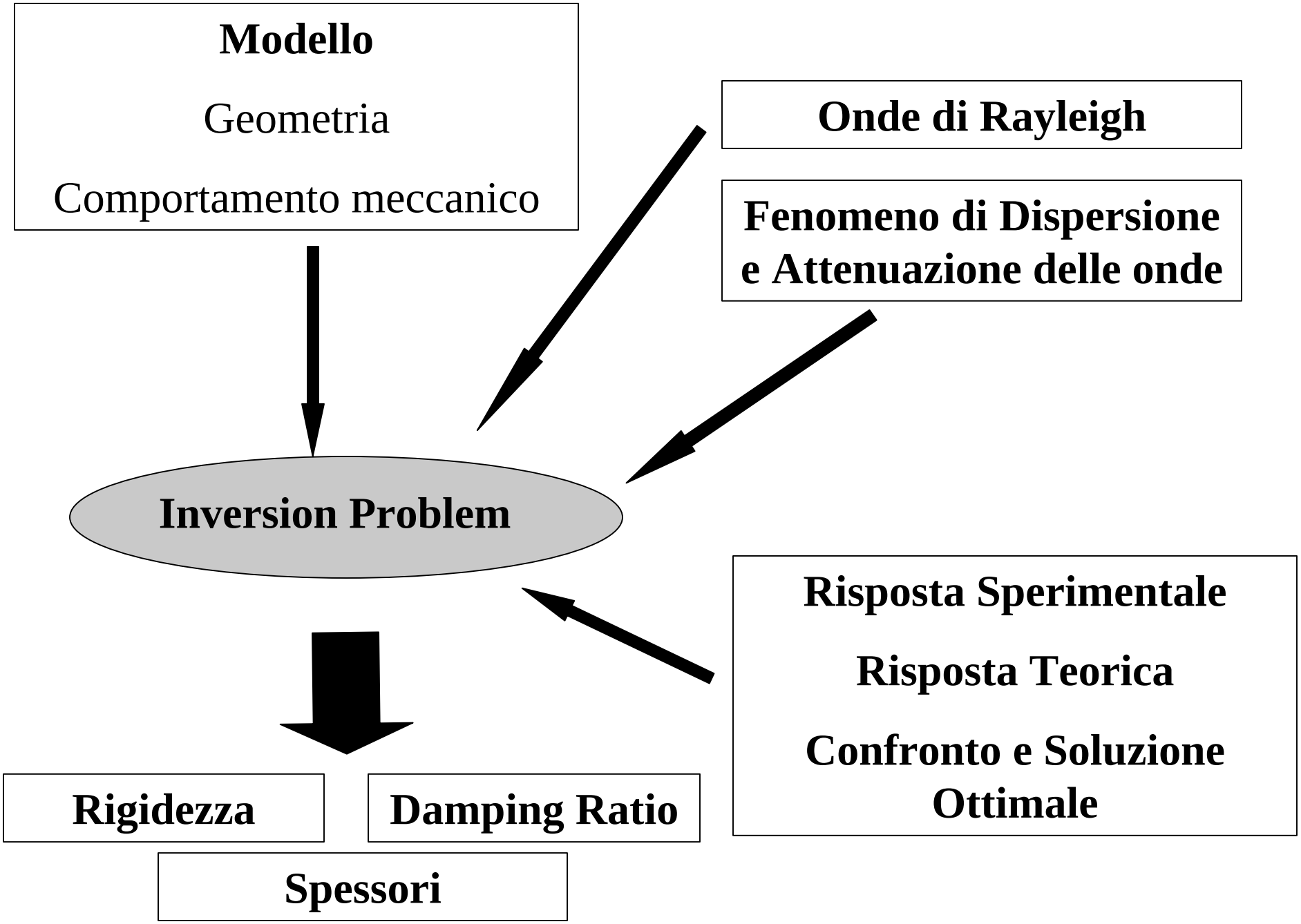
Ricevitori:

- Geofoni
- Accelerometri

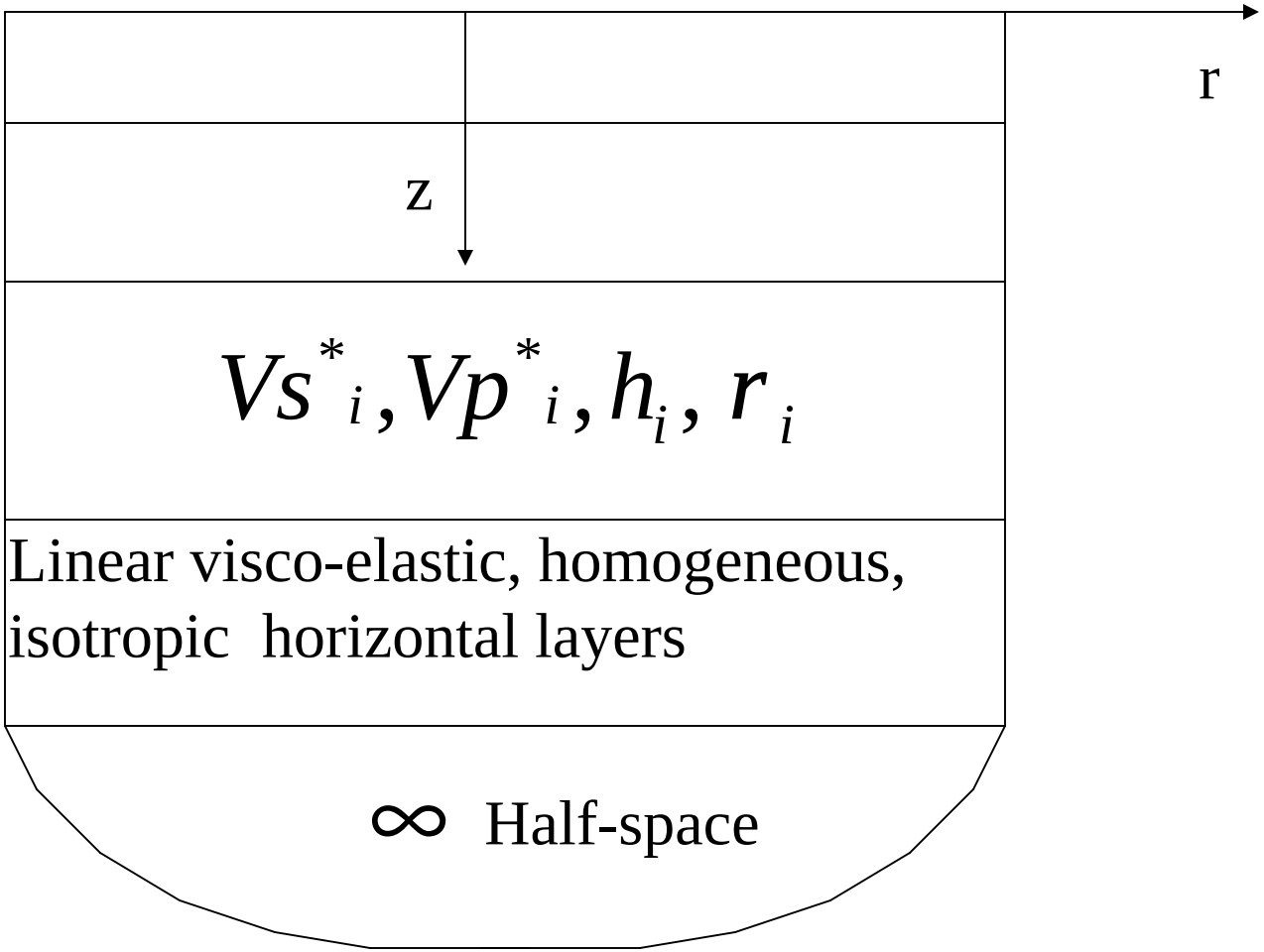
Sorgente

Sistema di Acquisizione

Schema di Prova


Modello
Geometria
Comportamento meccanico
Onde di Rayleigh
Fenomeno di Dispersione e Attenuazione delle onde
Inversion Problem
Risposta Sperimentale
Risposta Teorica
Confronto e Soluzione Ottimale
Rigidezza
Damping Ratio
Spessori

Modello del Sistema



$$4 \cdot n + 3 \text{ parameters}$$

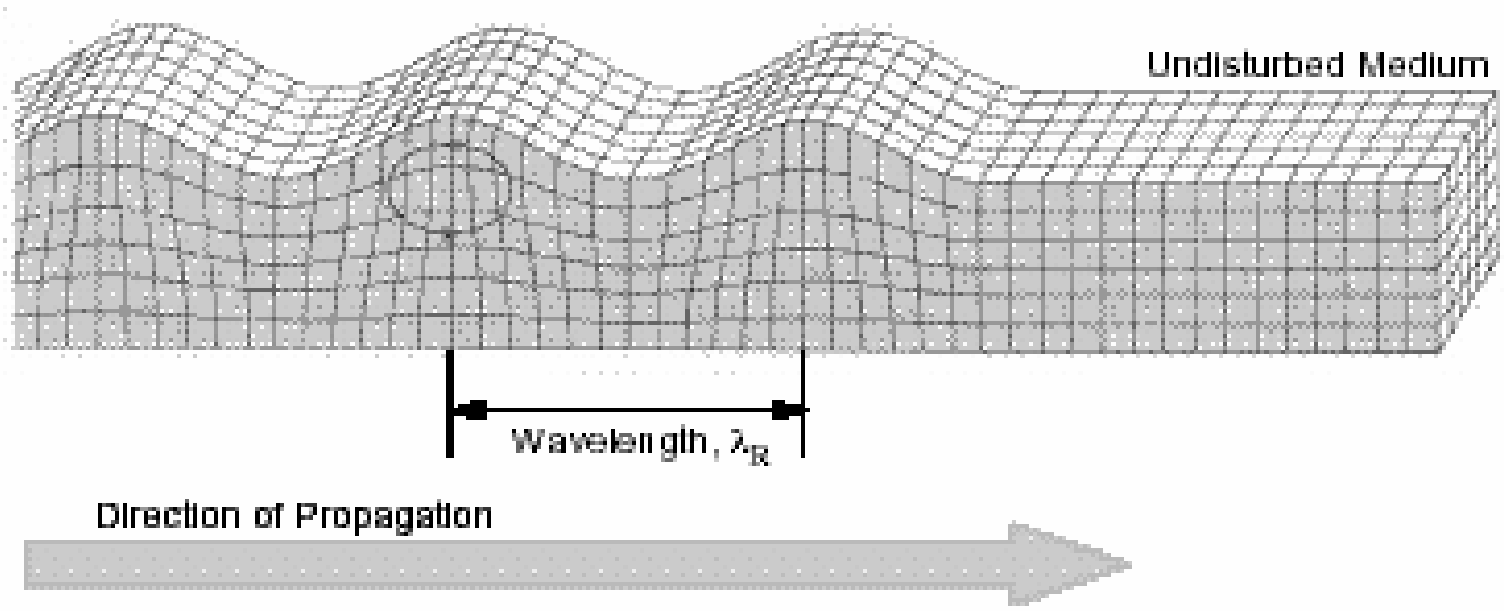
Onde di Rayleigh

Onde cilindriche viaggiano sulla superficie del semispazio

Le due componenti del moto formano una ellisse nel piano verticale

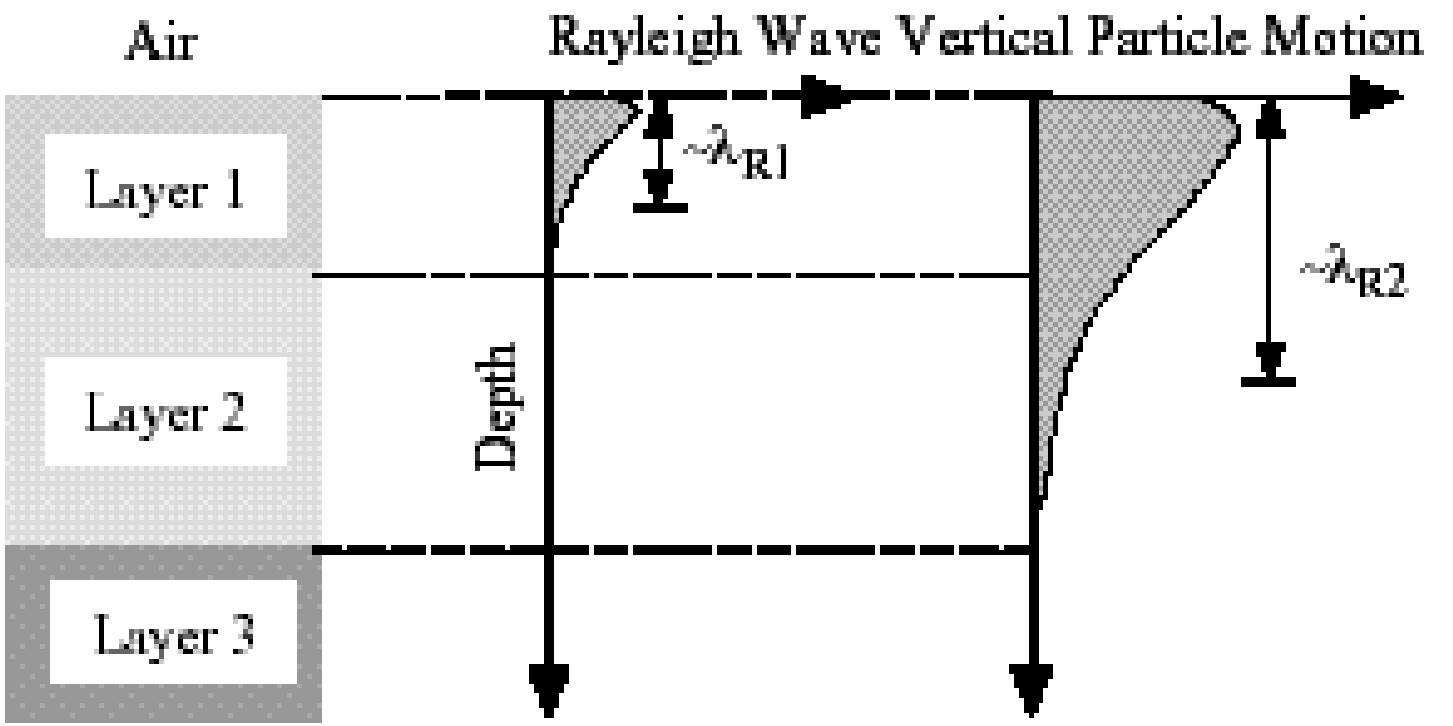
In un semispazio omogeneo sono non dispersive

In un semispazio stratificato sono dispersive



Onde di Rayleigh

Informazioni sugli strati interessati nella propagazione

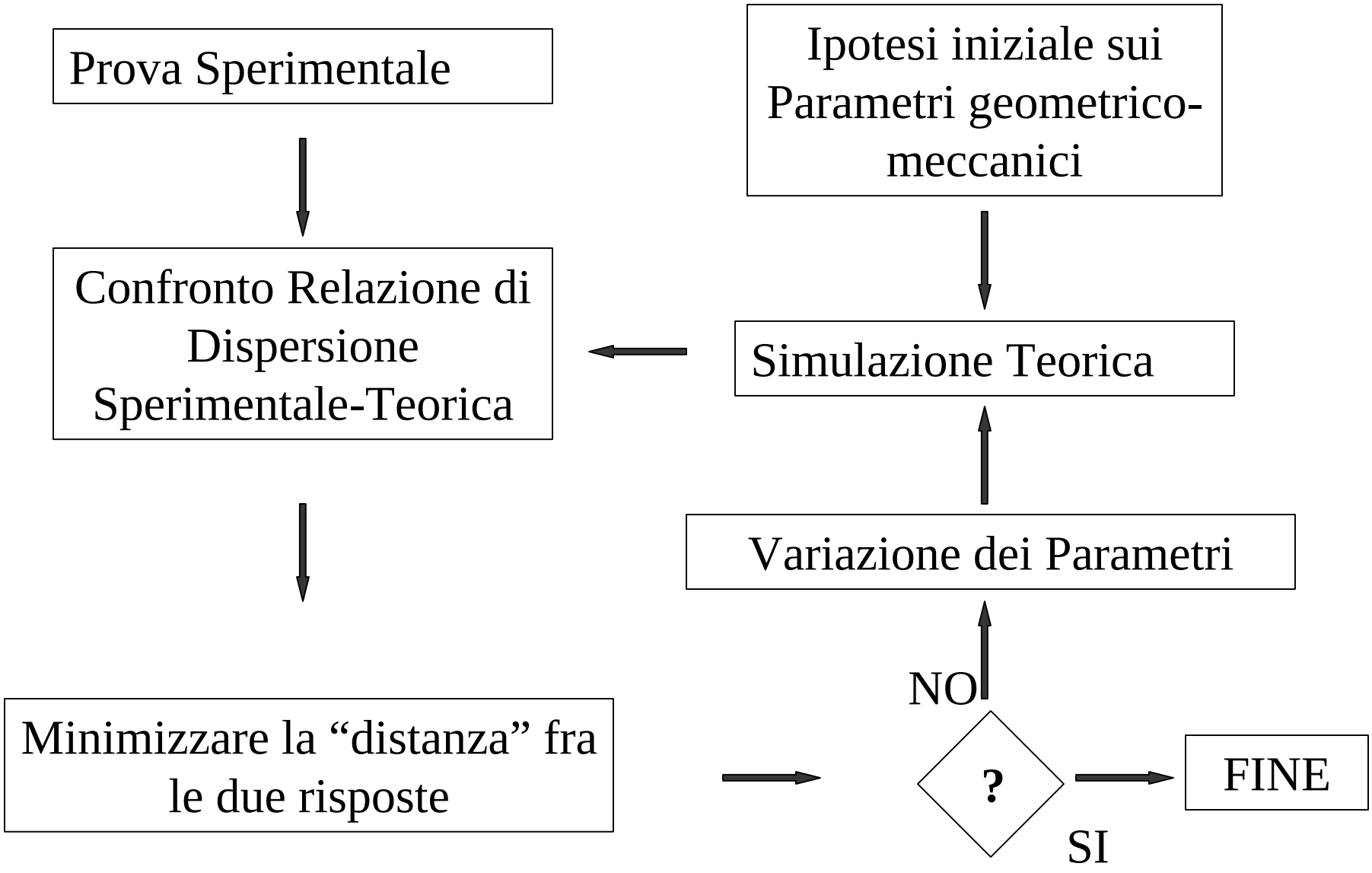


a. Material Profile

b. Shorter Wavelength, λ_{R1}

c. Longer Wavelength, λ_{R2}

Processo di Inversione



Software TREMOR (Vitantonio Roma, 2001)

Funzione Obiettivo

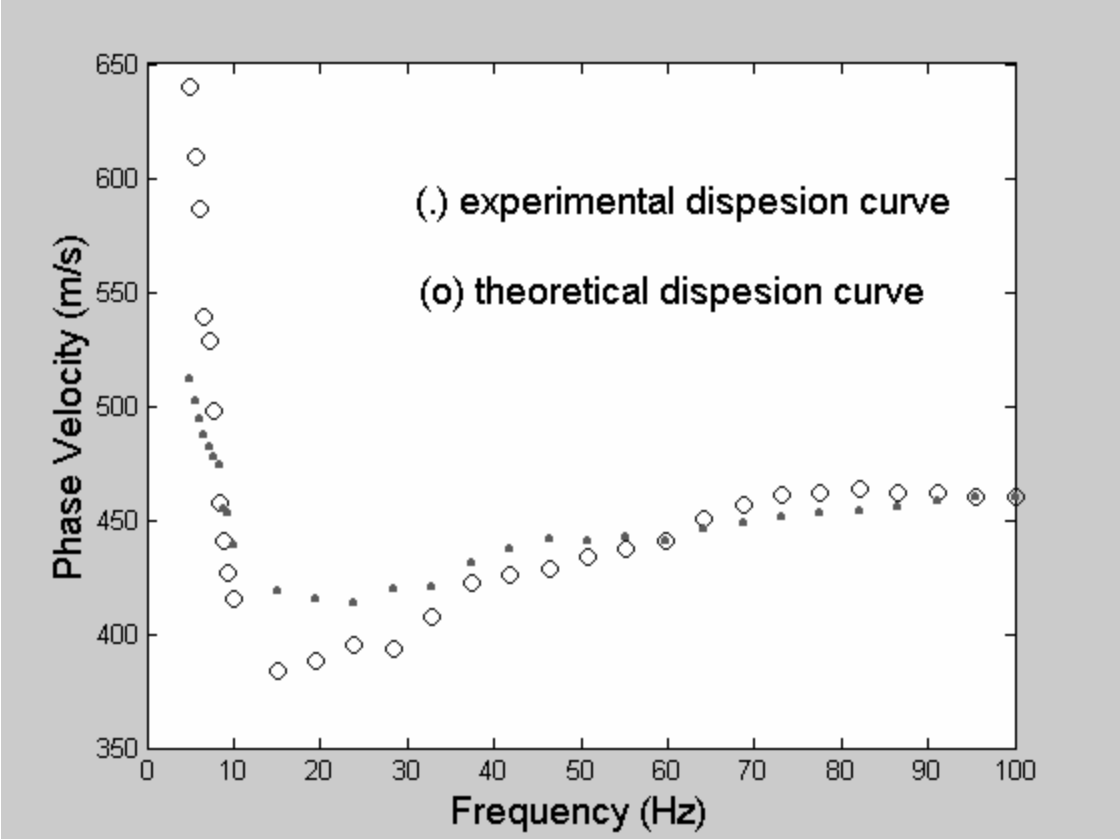
$$P(h_i, vs_j, R) = \sum_{f=1}^{N} \left(c_{\text{experimental } f} - c_{\text{theoretical } f}(h_i, vs_j) \right)^2 + vincoli$$

$$P_1 = R \cdot \left[\sum_{i=1}^{M} \left\{ (\min(h_i - 1, 0))^2 \right\} \right]$$

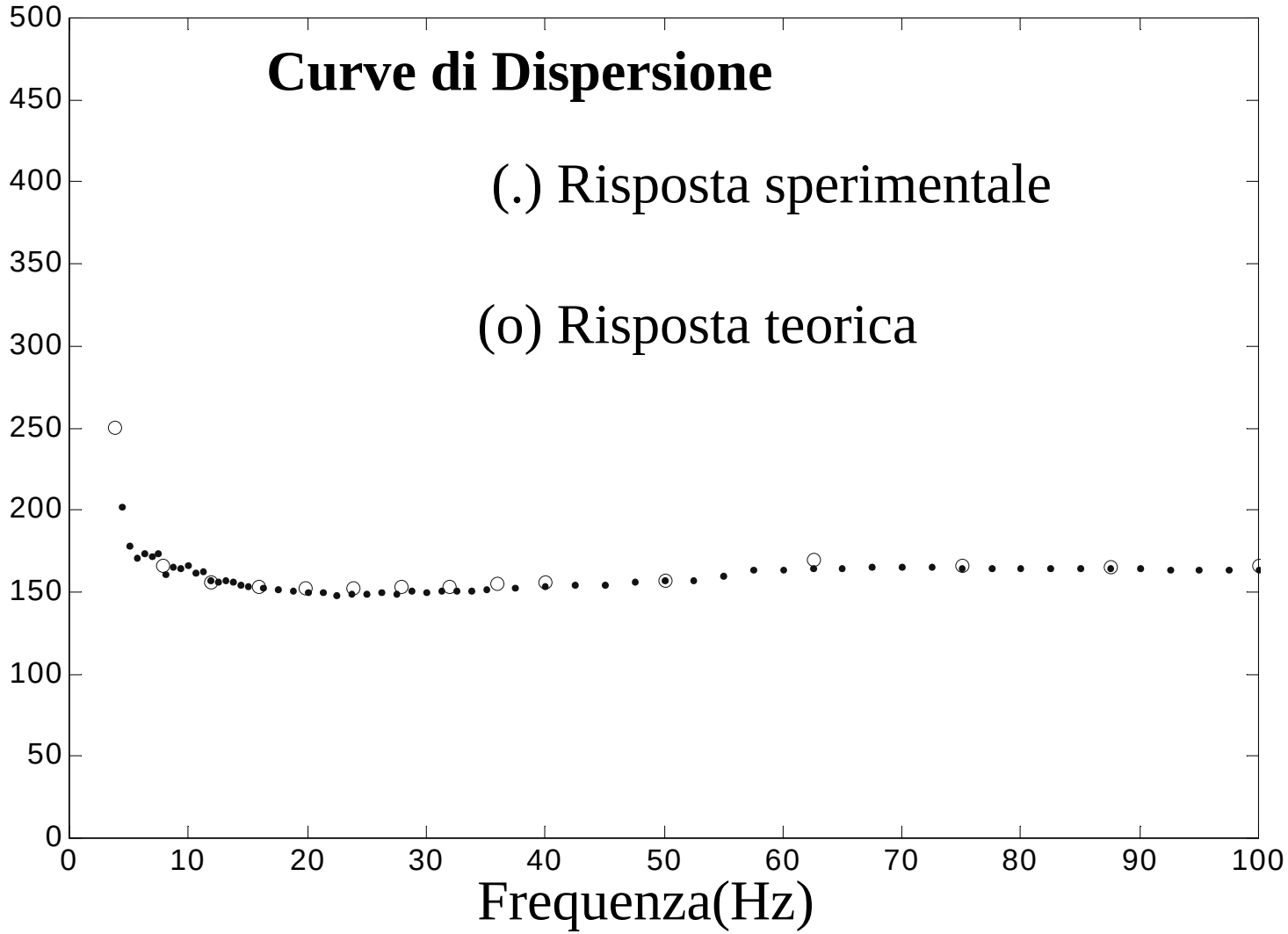
$$P_2 = R \cdot \left[\sum_{i=1}^{M+1} \left\{ \left(\min\left(vs_j, 0 \right) \right)^2 \right\} \right]$$

$$P_3 = R \cdot \left[\left(\min\left(\sum_{i=1}^{M} h_i - h_{\max}, 0 \right) \right)^2 \right]$$

R=penalty parameter

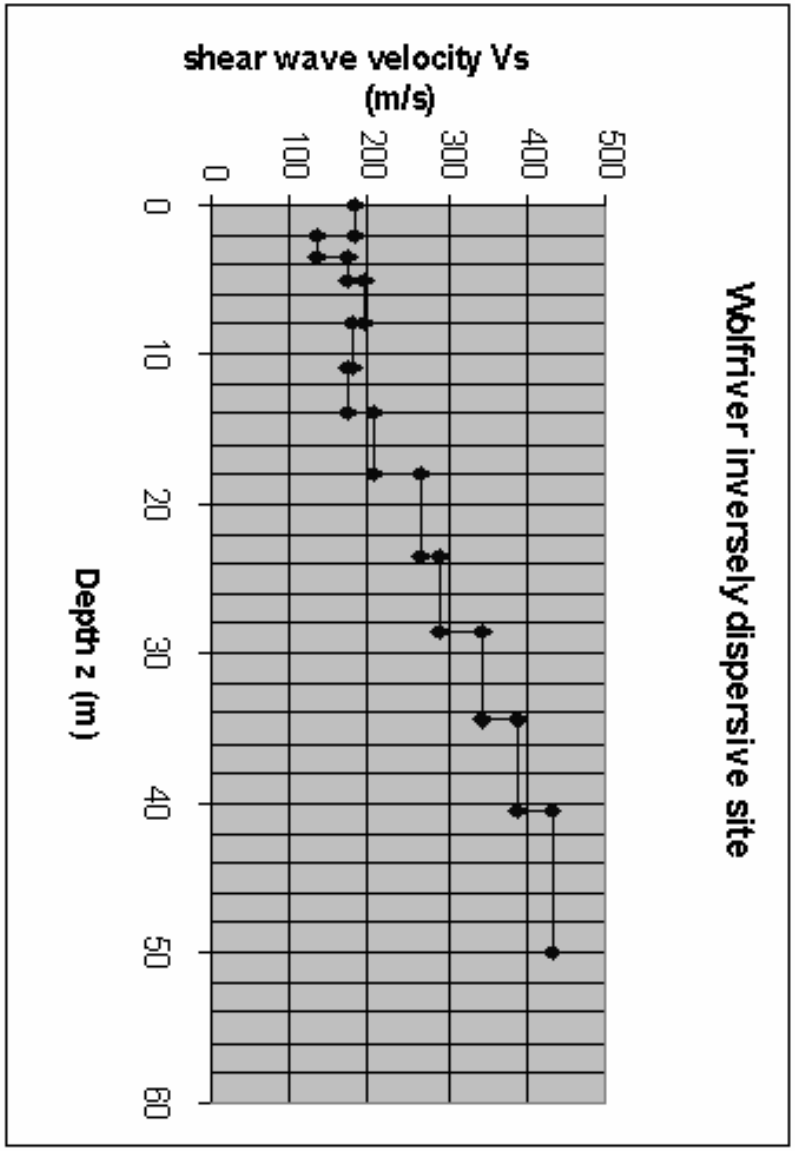


Wolf River (USA)



Wolf River (USA)

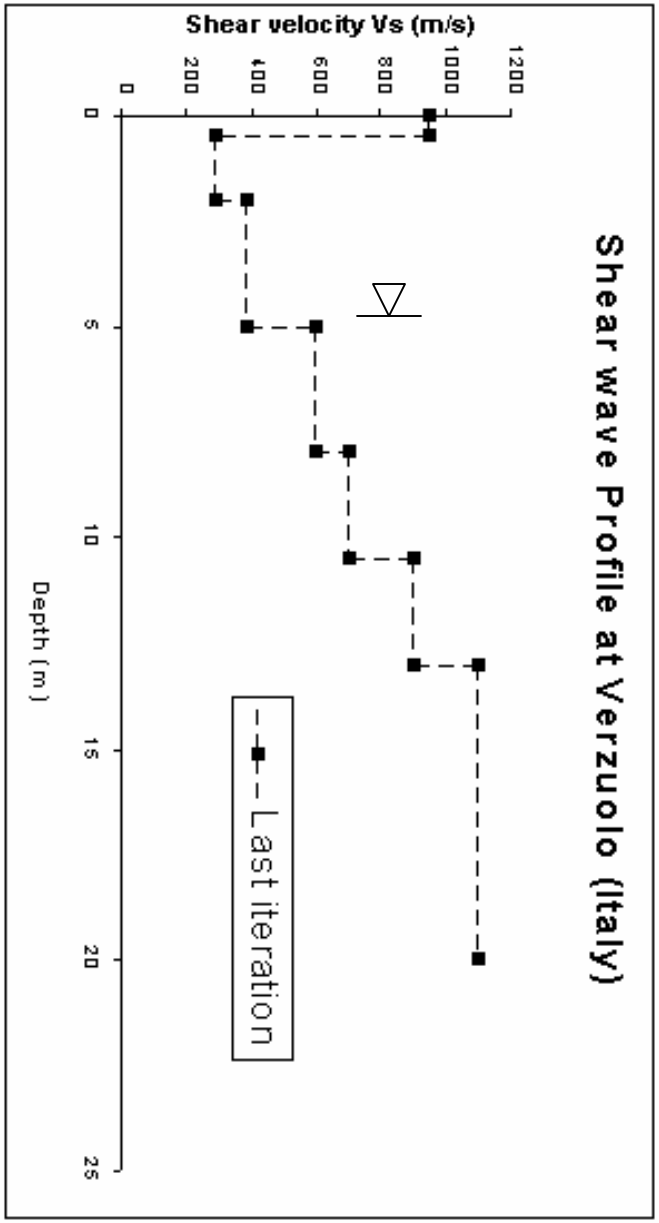
Layer	h [m]	Poisson	Vs[m/s]
1	2	0.2	182
2	1.5	0.45	135
3	1.5	0.45	175
4	3	0.45	195
5	3	0.45	178
6	3	0.45	175
7	4	0.45	205
8	5.5	0.45	267
9	5	0.45	290
10	6	0.45	345
11	6	0.45	390
Half space	-	0.45	431

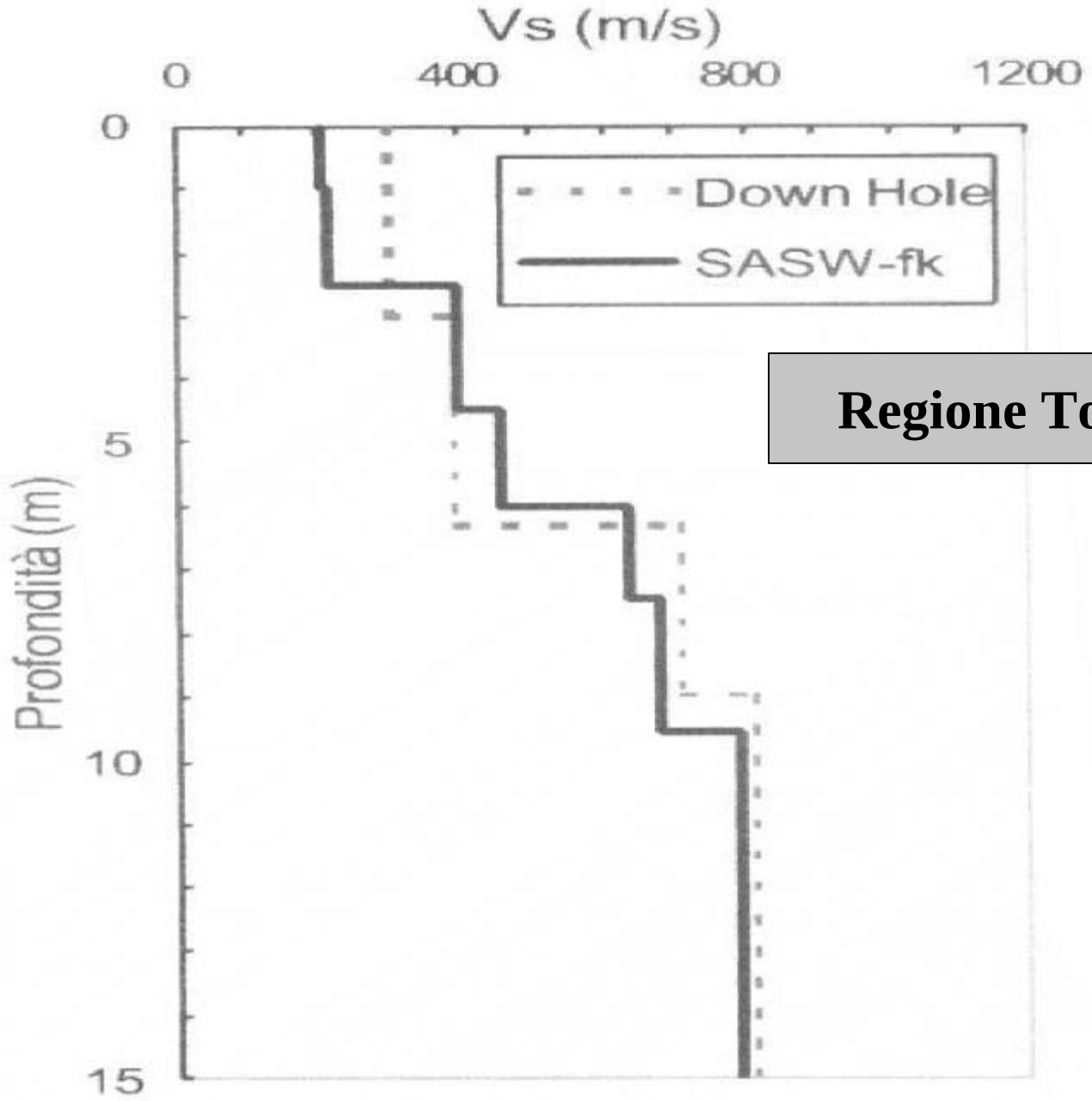


Sito alluvionale, Inversamente dispersivo

Verzuolo (Italy)

Layer	h [m]	Poisson	Vs[m/s]	Vs[m/s]
1	0.5	0.2	950	950
2	1.5	0.2	300	289
3	3.0	0.2	400	380
4	3.0	0.45	600	592
5	2.5	0.45	700	700
6	2.5	0.45	900	900
Half space	-		1100	1100





Regione Toscana

Castelnuovo -zona industriale