

## INDAGINI GEO-SISMICHE

Le indagini sismiche trovano applicazione in geologia e ingegneria geotecnica per: a) definire la profondità del substrato lapideo; b) caratterizzare le zone di frana; c) verificare lo stato di conservazione di dighe, rilevati, discariche, ecc.; d) definire la classificazione sismica dei suoli ( $VS_{30}$ ); e) valutare le caratteristiche di deformabilità dei terreni



Il segnale sismico viene rilevato da un sensore (geofono), e determina una deformazione del sottosuolo o della struttura in relazione alle caratteristiche elastiche proprie del mezzo attraversato. I geofoni utilizzati per le indagini sismiche possiedono diverse frequenze di risonanza e la scelta del sensore è vincolata al tipo di indagine: per la sismica a rifrazione si utilizzano i geofoni a 10 o 40 Hz, mentre per le onde superficiali (MASW e REMI), si utilizzano geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz), spesso montati su *streamer* (4). Nella sismica per trasparenza e, in generale, per indagini su strutture, si utilizzano geofoni a 100 Hz (5).



Le indagini sismiche si basano sulla misura delle velocità di propagazione di onde sismiche, generate artificialmente, in rocce, terreni o strutture. Le onde elastiche vengono create per mezzo di masse battenti (2) o esplosioni controllate (3).



L'acquisizione dei dati viene realizzata con il sismografo modulare Daq Link III, a 24 bit della Seismic Source Ltd (1), costituito da unità a 24 canali collegabili in serie (fino a 5 unità disponibili, per un totale di 120 canali contemporanei).

Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con il computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope®) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

## INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

La metodologia sismica a rifrazione è diffusamente applicata in campo geologico e ingegneristico per la definizione delle caratteristiche geologiche del sottosuolo. In particolare, tale metodologia di indagine è particolarmente indicata per:

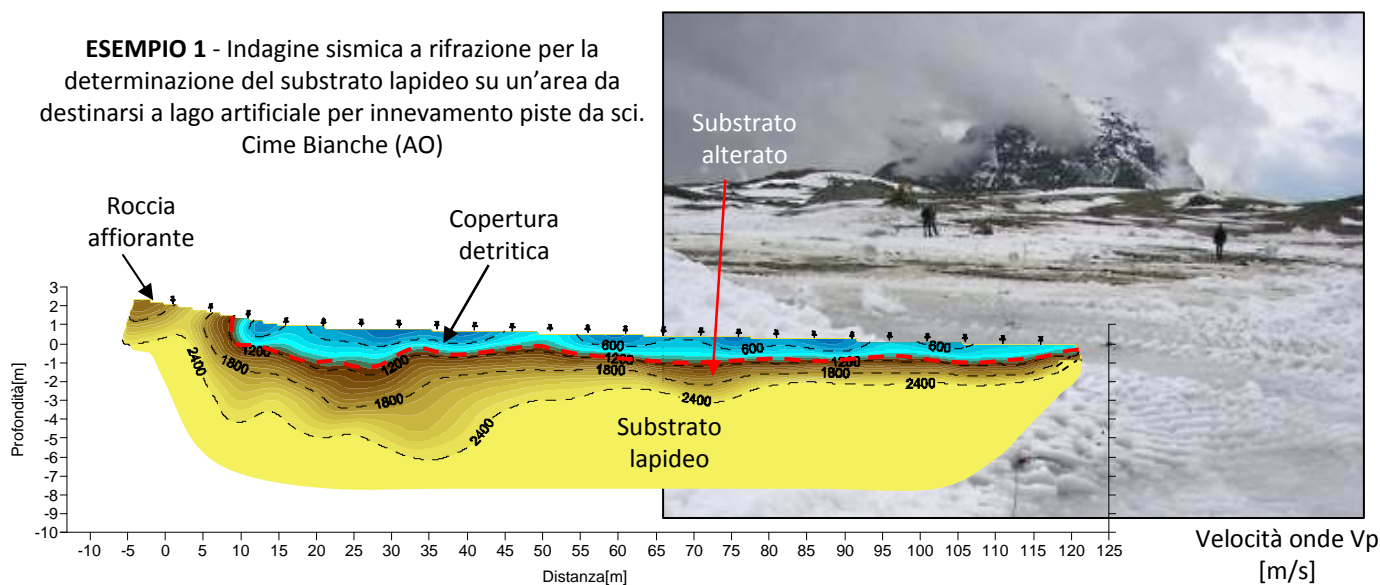
1. valutazione della profondità del substrato lapideo (Esempio 1)
2. Verifica di zone di frana (Esempio 2)
3. Valutazione spessori terreni scarsamente addensati (zone di discarica, terreni di riporto, ecc)

Per la realizzazione di un rilievo sismico utilizziamo uno o più acquisitori a 24 canali della Seismic Source (DAQLink II System – 24 bit Acquisition System). L'energizzazione viene effettuata con tecniche diverse in funzione della lunghezza dello stendimento, delle caratteristiche del sito e della dispersione del segnale:

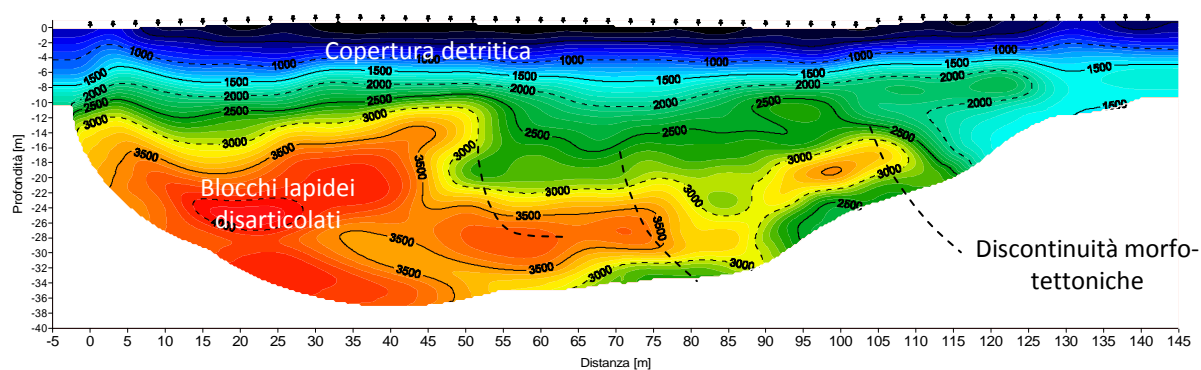
- energizzazione con mazza battente da 4 kg e 8Kg , rilievi di superficie
- energizzazione con massa battente da 35 kg , rilievi profondi (40-50 m)
- energizzazione con fucile sismico o esplosivo

Le tracce sismiche vengono elaborate con il codice di calcolo RAYFRACT™ (versione 2.72), della Intelligent Resources Inc. Partendo dal "picking" manuale o automatico dei primi arrivi delle onde P, il software genera il modello iniziale di velocità che viene utilizzato durante l'inversione numerica (Wavepath Eikonal Traveltime WET tomographic inversion). Rayfract permette la modellizzazione di sezioni sismiche con topografia accidentata e l'individuazione di elementi geologici come faglie, variazioni laterali e verticali della velocità dei sismostrati e locali anomalie di velocità ([www.rayfract.com](http://www.rayfract.com)).

**ESEMPIO 1** - Indagine sismica a rifrazione per la determinazione del substrato lapideo su un'area da destinarsi a lago artificiale per innevamento piste da sci. Cime Bianche (AO)



**ESEMPIO 2** - Indagine sismica a rifrazione su un corpo di frana. Santo Stefano d'Aveto (GE)



## ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE DI SUPERFICIE (MASW – MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

Le tecniche di indagine basate sulle proprietà dispersive delle onde di Rayleigh (onde superficiali), sono molto diffuse in ambito geologico e ingegneristico, grazie a nuove procedure di misura e interpretazione dei dati. I dati sismici vengono sottoposti ad una fase di elaborazione che consente di stimare la dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. Il processo di inversione numerica dei punti distribuiti sulla curva che meglio si adatta alla distribuzione dei punti, consente la definizione del profilo di rigidità (profilo di velocità delle onde di taglio verso profondità).

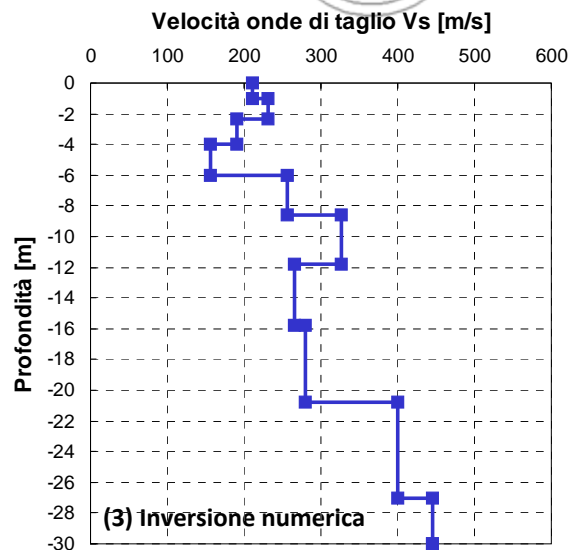
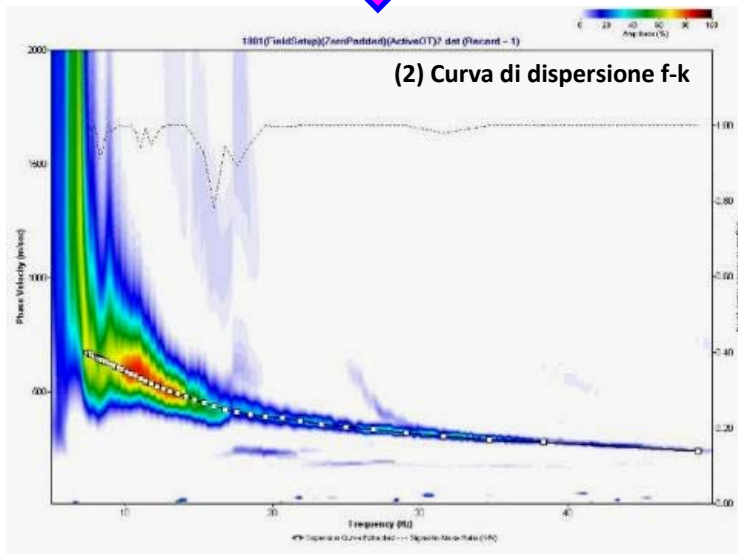
La distribuzione delle velocità delle onde di taglio lungo un profilo verticale permette di

1. valutare in via speditiva il modello litostratigrafico del sottosuolo
2. Determinare il parametro  $VS_{30}$  (richiesto dall'attuale normativa sismica per la classificazione sismica dei suoli)

L'acquisizione di più profili affiancati lungo un allineamento consente la definizione di un modello litostratigrafico 2D (4) che presenta notevoli vantaggi:

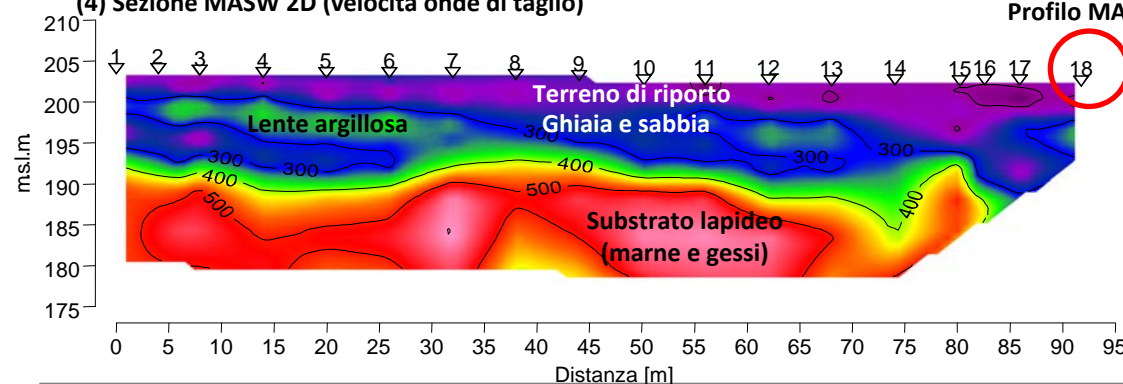
1. Favorevole rapporto lunghezza/stendimento/profondità raggiunta
2. Riconoscimento di inversioni di velocità (alternanze di strati «lenti» e «veloci»)

(1) Acquisizione dati (sismografo su furgone attrezzato – catena di geofoni su streamer (lunghezza media = 46 m))



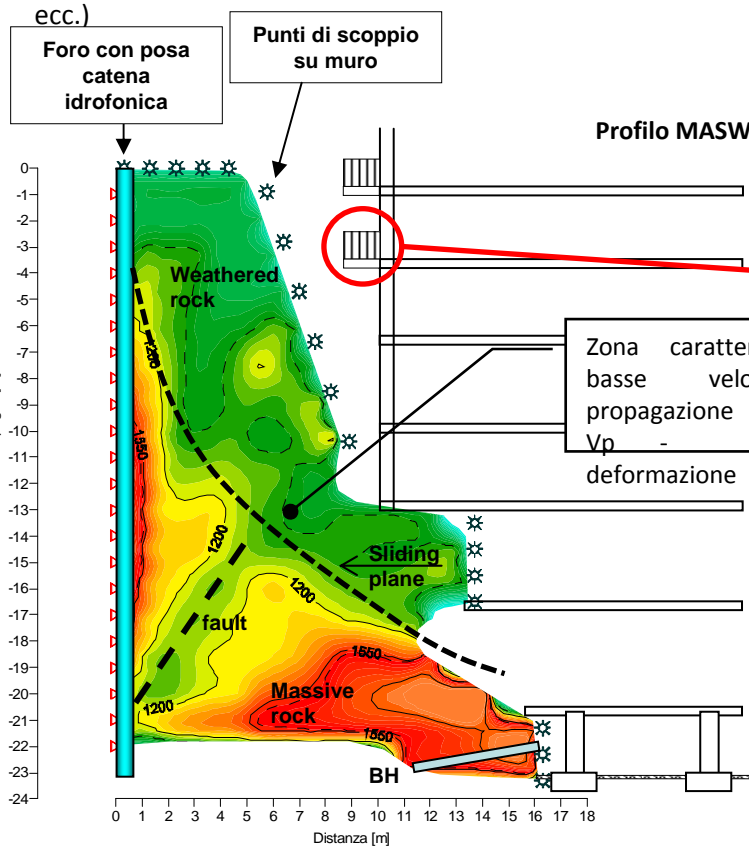
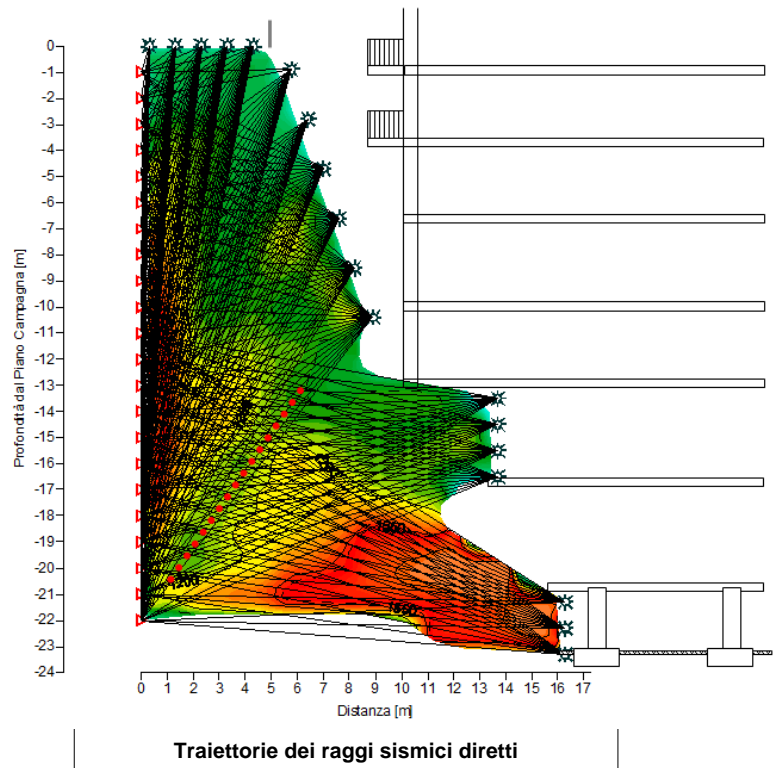
(4) Sezione MASW 2D (velocità onde di taglio)

Profilo MASW



## TOMOGRAFIA SISMICA IN TRASPARENZA

I rilievi di tomografia sismica «in trasparenza» si ottengono mediante disposizione di sensori riceventi su un lato di una struttura e di punti di energizzazione sul lato opposto (raggi diretti). Tali disposizioni (utilizzate anche per le prove in foro *cross-hole*) permettono di ottenere dei modelli 2D e 3D di distribuzione delle velocità delle onde di compressione all'interno di strutture in calcestruzzo (dighe, pile di ponti o muri). A partire dai dati di primo arrivo delle traiettorie dei raggi sismici, con l'algoritmo di calcolo SIRT (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique). Si ottiene, da un modello di velocità iniziale, il modello di velocità delle onde  $V_p$ . Per l'elevato grado di risoluzione derivante dal fitto reticolo di raggi sismici, i modelli tomografici delle onde di compressione consentono di evidenziare i minimi dettagli delle caratteristiche di deformabilità delle strutture (direttamente correlate alla velocità delle onde di compressione) e gli eventuali difetti strutturali (ammaloramento, fratture, ecc.)



## INDAGINI SISMICHE IN FORO DOWN HOLE

Le prove sismiche in foro prevedono l'utilizzo di un foro di prova e energizzazione esterna (downhole) o l'utilizzo di una coppia di fori (Cross-hole).

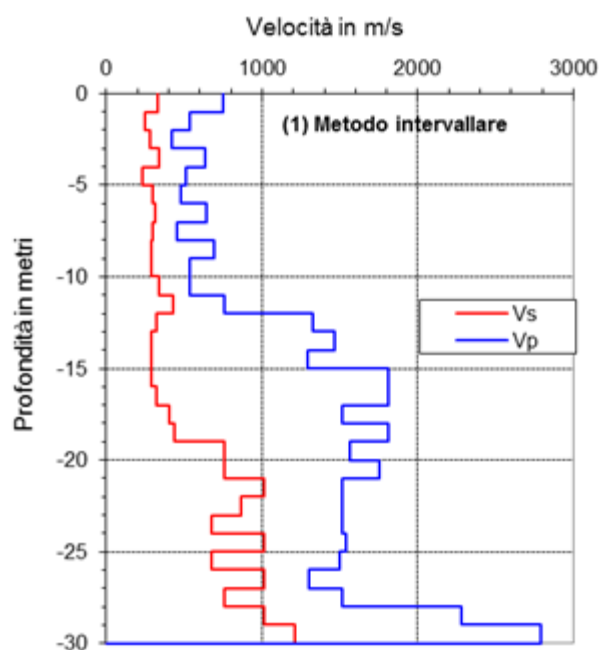
La prova sismica down-hole prevede l'inserimento di un geofono da foro o di una catena geofonica all'interno di un foro attrezzato (foto 1), e un impulso sismico (scoppio) all'esterno del foro ad una distanza prefissata (generalmente 2 m da bocca foro). Per la misura delle onde di taglio si utilizza un energizzatore tangenziale (foto 2).

La prova sismica downhole viene generalmente utilizzata per definire il profilo di rigidità dei terreni che, accoppiato al profilo stratigrafico derivante dalla perforazione del foro, fornisce un modello geotecnico completo del sottosuolo (moduli di deformabilità) e permette il calcolo del parametro VS30 (necessario per la classificazione sismica dei suoli).

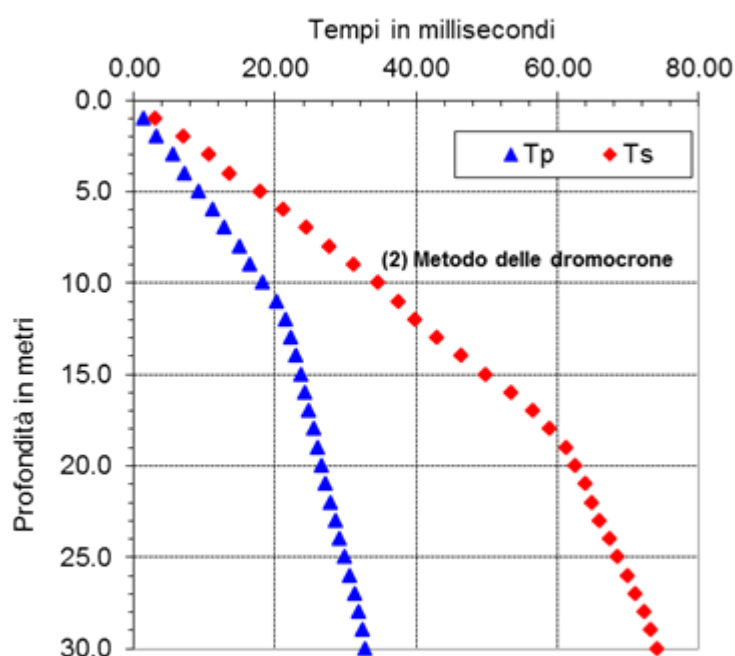
L'elaborazione dei dati di primo arrivo delle onde sismiche di compressione e di taglio viene eseguita con il metodo intervallare (1) o con riconoscimento delle dromocrone e calcolo della velocità media per livelli omogenei (2)



Velocità di intervallo onde P ed S



Dromocrone onde P ed S



Strato (m)	Vp m/s	Vs m/s	g g/cm <sup>3</sup>	n	E Mpa	G Mpa	K Mpa
1 - 4	584	300	2.00	0.32	475.77	180.13	442.2
5 - 14	738	310	2.00	0.39	535.27	192.14	833.0
15 - 23	1621	570	2.00	0.43	1855.72	649.05	4390.9
24 - 30	1777	908	2.00	0.32	4366.23	1649.78	4117.8

5/5

### Contatti

Dott. Geol. Mario Naldi  
Dott. Geol. Luigi Benente

### Techgea Srl

Office: Via Carlo Viola 78 Pont saint Martin (AO)  
Office: Via Modigliani 26/a 10137 TORINO  
www.techgea.eu

Tel +39 011700113  
Fax +39 0117077673  
Cell. +39 3387255303  
E-mail info@techgea.eu