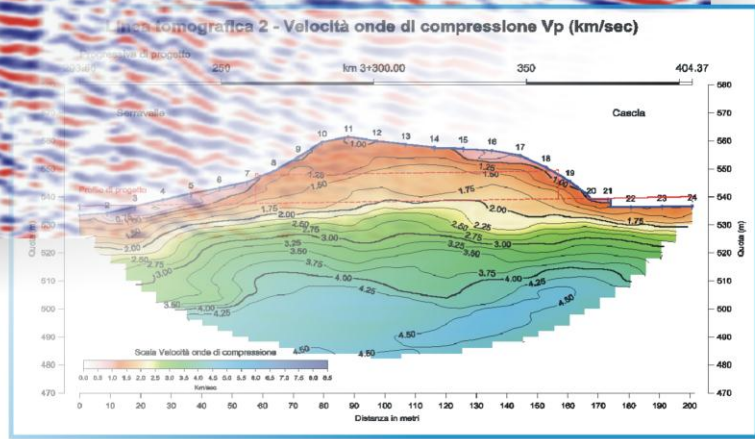
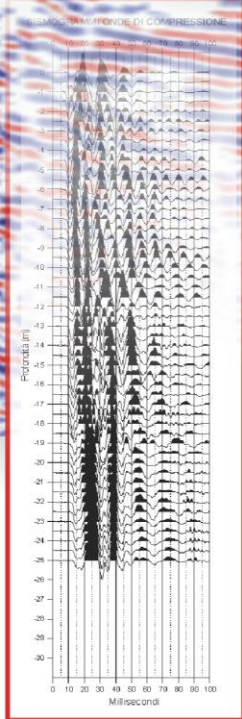
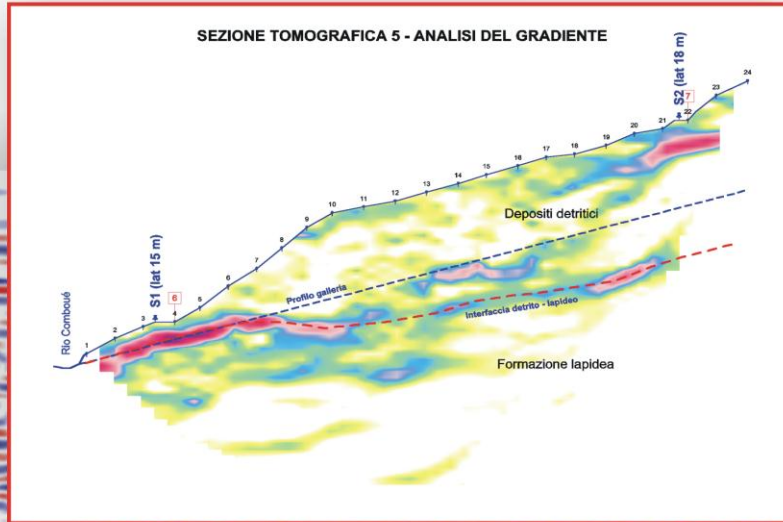


# INDAGINI GEOSISMICHE



**PROGEO**  
 Via Talete, 10/8 47122 Forlì  
 Tel 0543 723580 Fax 0543 721486  
[mail.progeo@gmail.com](mailto:mail.progeo@gmail.com)  
[www.progeo.info](http://www.progeo.info)

Aggiornamento al 01/01/2012



## PROSPEZIONE GEOSISMICA

La prospezione geosismica consiste fondamentalmente in una modellazione del sottosuolo di cui si desidera una conoscenza più approfondita, sia geotecnica sia geologico-strutturale, tramite una parametrizzazione elastica dei materiali.

In questa brochure vengono presentate alcune tipologie di indagine le cui finalità possono sintetizzarsi nei seguenti punti:

- **Localizzazione di “anomalie” nell’ammasso roccioso;**
- **Definizione dei settori cataclastici con relativi spessori e orientamenti;**
- **Ricerca di cavità;**
- **Valutazione di dissesti e materiali in frana;**
- **Scavi per gallerie, fondazioni, consolidamenti, rilevati ferroviari e stradali;**
- **Indagini stratigrafiche;**
- **Valutazione degli “imprevisti geologici”;**
- **Analisi statistiche d’ammasso per studi di “fresabilità” ed “iniettabilità”;**
- **Caratterizzazione dei materiali naturali con determinazione dei moduli elastici;**
- **Determinazione dei valori di  $V_{s30}$  in accordo con le “Norme tecniche per le costruzioni “ D.M. del 14 settembre 2005;**
- **Frequenze naturali di sito e microzonazioni sismiche.**

Le tipologie per l’applicazione della metodologia sismica potrebbe continuare ma è utile solamente ricordare che:

**L’area d’indagine è variabile tra pochi metri a migliaia di metri;  
La “sensibilità” e la “risoluzione” della metodologia è solo funzione di un adeguato programma di ricerca.**

La **PROGEO srl** opera con personale tecnico e strumentazione propria fornendo servizi, nel campo delle indagini geofisiche, in:

- ◆ **Prospezioni sismiche tomografiche in velocità P e S ed attenuazione;**
- ◆ **Prospezioni sismiche a riflessione ad alta risoluzione;**
- ◆ **Prospezioni in foro Down Hole;**
- ◆ **Prospezioni tra fori Cross Hole;**
- ◆ **Misure vibrometriche;**
- ◆ **Misure SASW - MASW;**
- ◆ **Misure di rumore sismico (Refraction Microtremor) - Nakamura**
- ◆ **Prospezioni Down Hole con cono sismico;**
- ◆ **Prospezioni TPS (Tunnel Prediction Seismic) sul fronte di tunnel in esecuzione;**
- ◆ **Auscultazione sismica per valutazione profondità pali;**
- ◆ **Misure ultrasoniche.**
- ◆ **Misure di rumore sismico – tecnologia Nakamura**
- ◆ **Prospezioni elettriche ERT**
- ◆ **Prospezioni magnetometriche**

Alle pagine seguenti viene presentata una breve rassegna di indagini effettuate mediante le seguenti metodologie con immagini relative a software in uso oppure appositamente sviluppato dalla Progeo ed alle strumentazioni sismiche.

Generatore da 10000 Kgmm



Generatore onde di taglio



Geofoni orizzontali



Geofoni verticali



Siemografi Geometrics GEODE collegati in serie

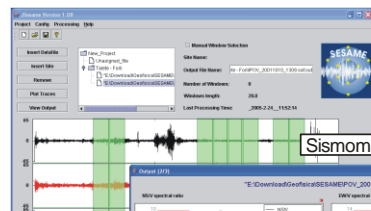
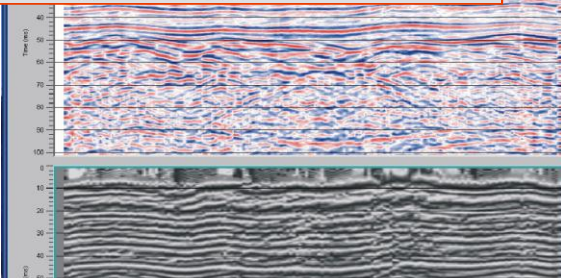
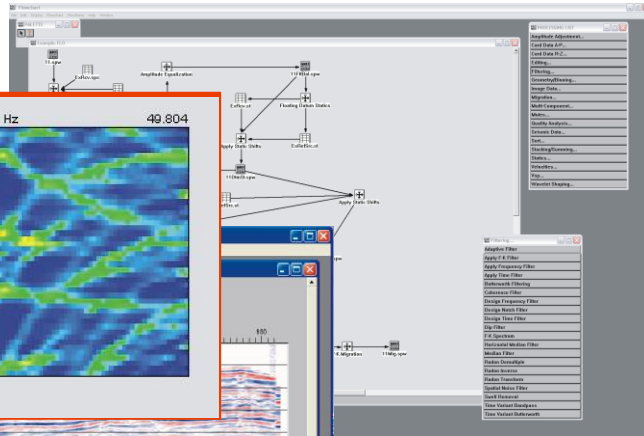
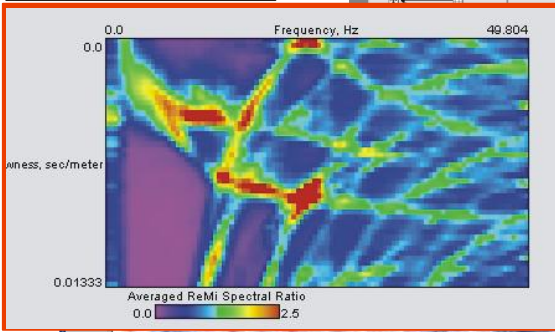
### Strumentazioni per ricerche geosismiche



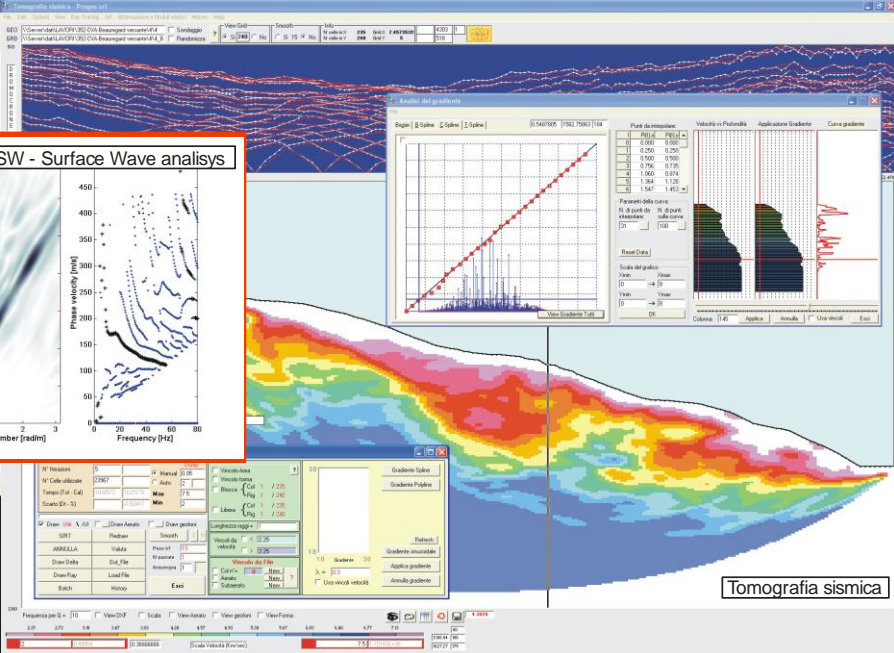
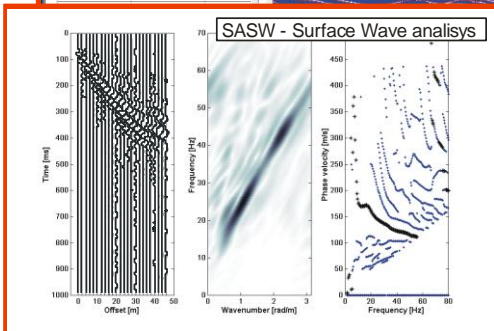
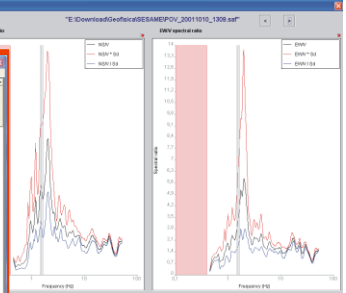
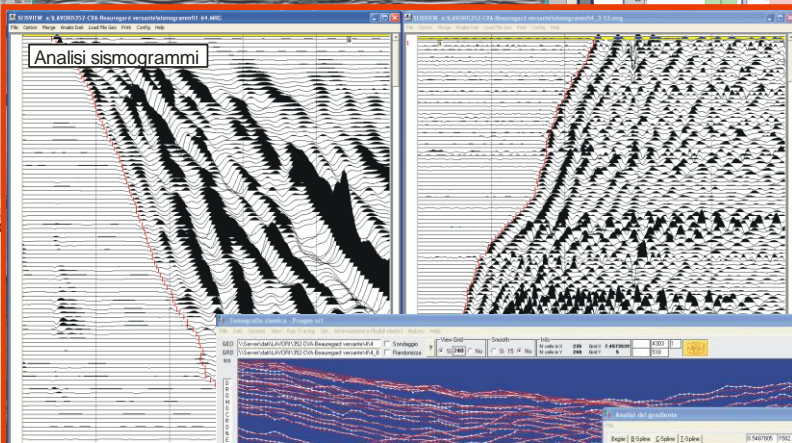
## Strumentazioni per ricerche geosismiche

Sismica a riflessione H.R.

RE.MI. - Refraction Microtremor



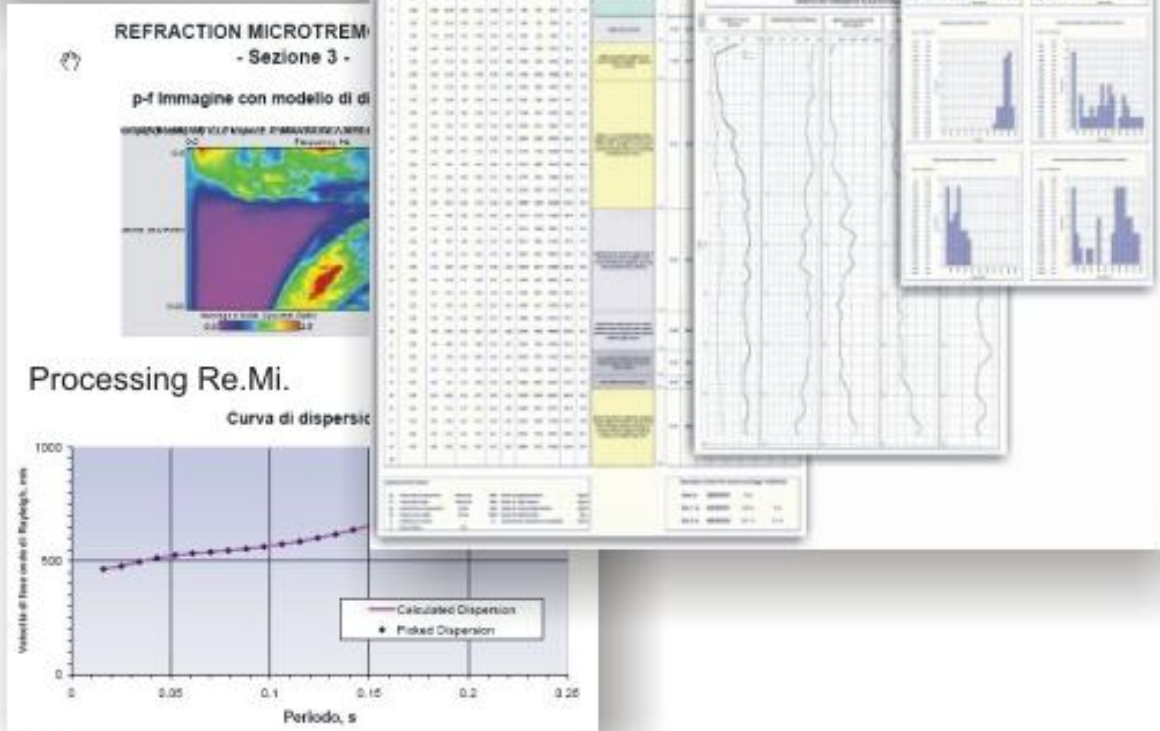
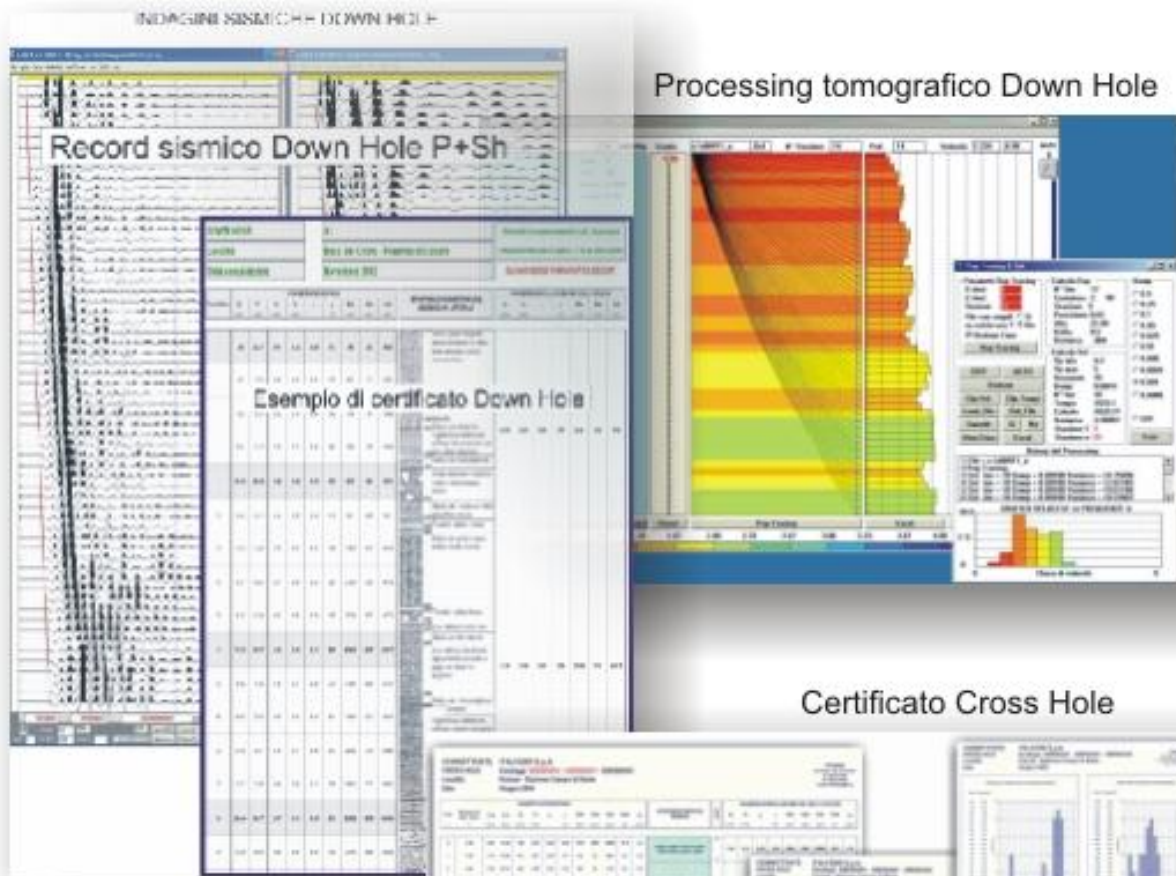
Sismometria - analisi sito



Tomografia sismica

Software per analisi sismiche

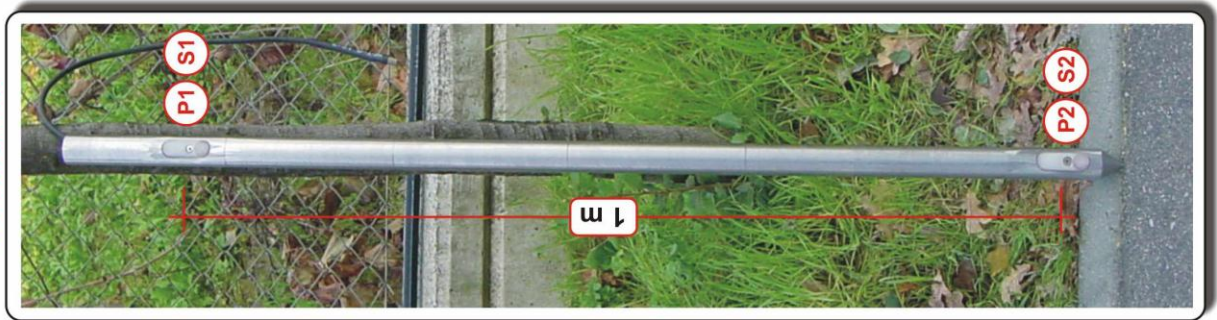
# INDAGINI PER ZONAZIONE SISMICA





# PROVA PENETROMETRICA SISMICA

Sonda sismica



La prova penetrometrica con sismico è una tecnica rapida ed affidabile per determinare le velocità sismiche in situ.

Viene effettuata a seguito di una prova penetrometrica statica per caratterizzare il sito anche dal punto di vista dinamico.

Il metodo sismico della prova consiste nel misurare i tempi di percorrenza delle onde sismiche che si propagano fra una sorgente dell'onda posizionata sulla superficie del suolo e due serie di geofoni inseriti entro la punta sismica.

Il treno di onde sismiche polarizzato contiene onde di taglio (Sh) e onde di compressione (P).

I valori di velocità si calcolano per differenza tra i tempi rilevati dai sensori del primo e del secondo gruppo interspaziati di 1 metro.

La conoscenza della velocità sismica consente di ottenere indicazioni sulle caratteristiche del suolo nel campo elastico e quindi a bassa deformazione quali i moduli di taglio  $G_{dyn}$ , il coefficiente di Poisson e il modulo di Elasticità e Compressibilità.

Questi parametri sono fondamentali per valutare la risposta delle fondazioni soggette a carico dinamico, per gli studi di microzonazione sismica e per caratterizzare i terreni secondo la normativa **P.C.M. n° 3274 del 2003**.

E' possibile effettuare inoltre correlazioni tra i dati sismici (Down Hole) e quelli geotecnici, ottenuti dalle prove penetrometriche statiche (C.P.T.E. - C.P.T.U.).

**CONO SISMICO S-CPT**

Località: **Rimini**

Data acquisizione: **2/12/04**

**Esempio di tabella di output**

Profondità	Vp	Vs	V	Y	E <sub>dyn</sub>	G <sub>dyn</sub>	K <sub>dyn</sub>
0							
1	336	119	0.43	1.54	632	221	1462
2	634	255	0.40	1.74	3233	1152	6560
3	610	189	0.45	1.73	1616	626	5707
			0.45	1.75	1944	670	6770
			0.47	1.78	1759	599	6877
					2169	739	9061
					2455	829	8196
					2112	723	9106
					1833	629	7364
					1696	654	4317
					2109	726	6603
					2342	815	6093
					3520	1253	6172
					3805	1346	7343
					3330	1173	8910

**Esempio di record sismico**

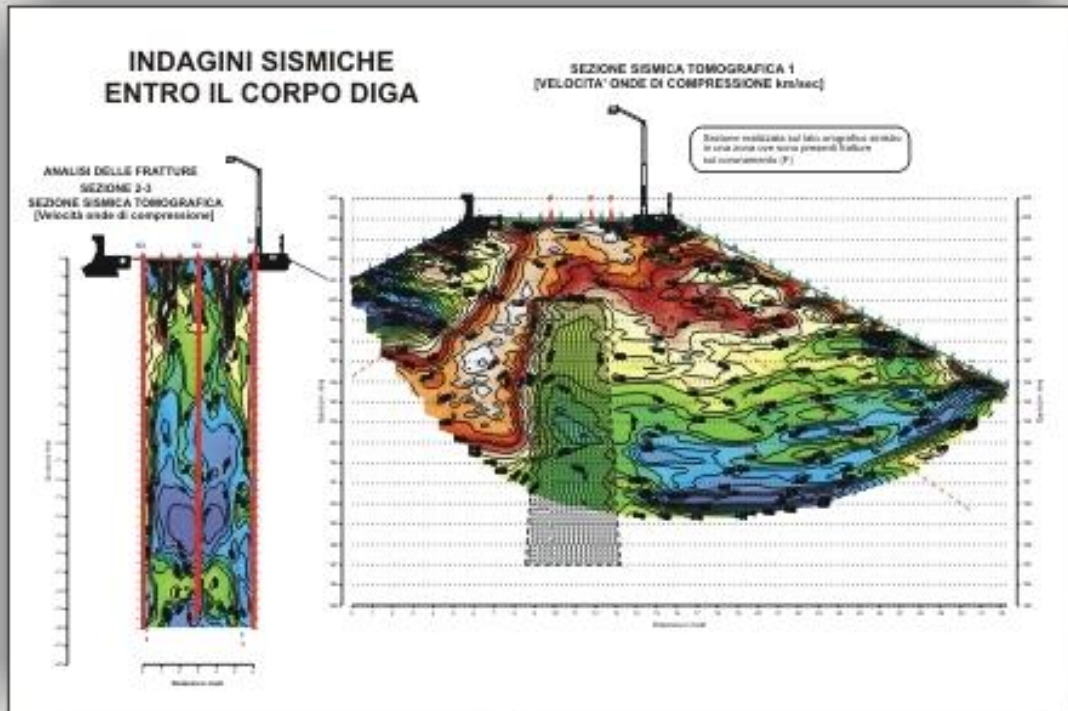
**CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI** (P.C.M. n° 3274 del 2003)

$V_{s0} = 229$  m/s

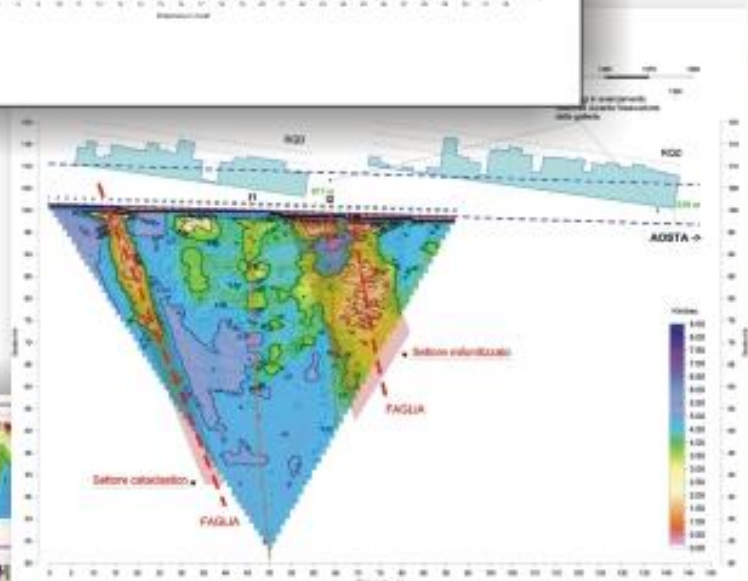
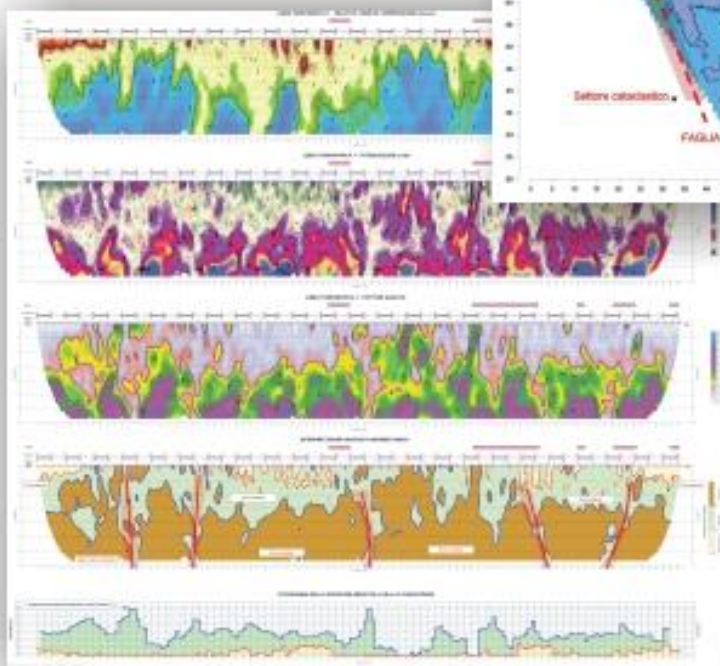
$G = 10113$  kg/m<sup>3</sup>

CATEGORIA SUOLO = **C**

# INDAGINI SISMICHE TOMOGRAFICHE AD ALTA RISOLUZIONE

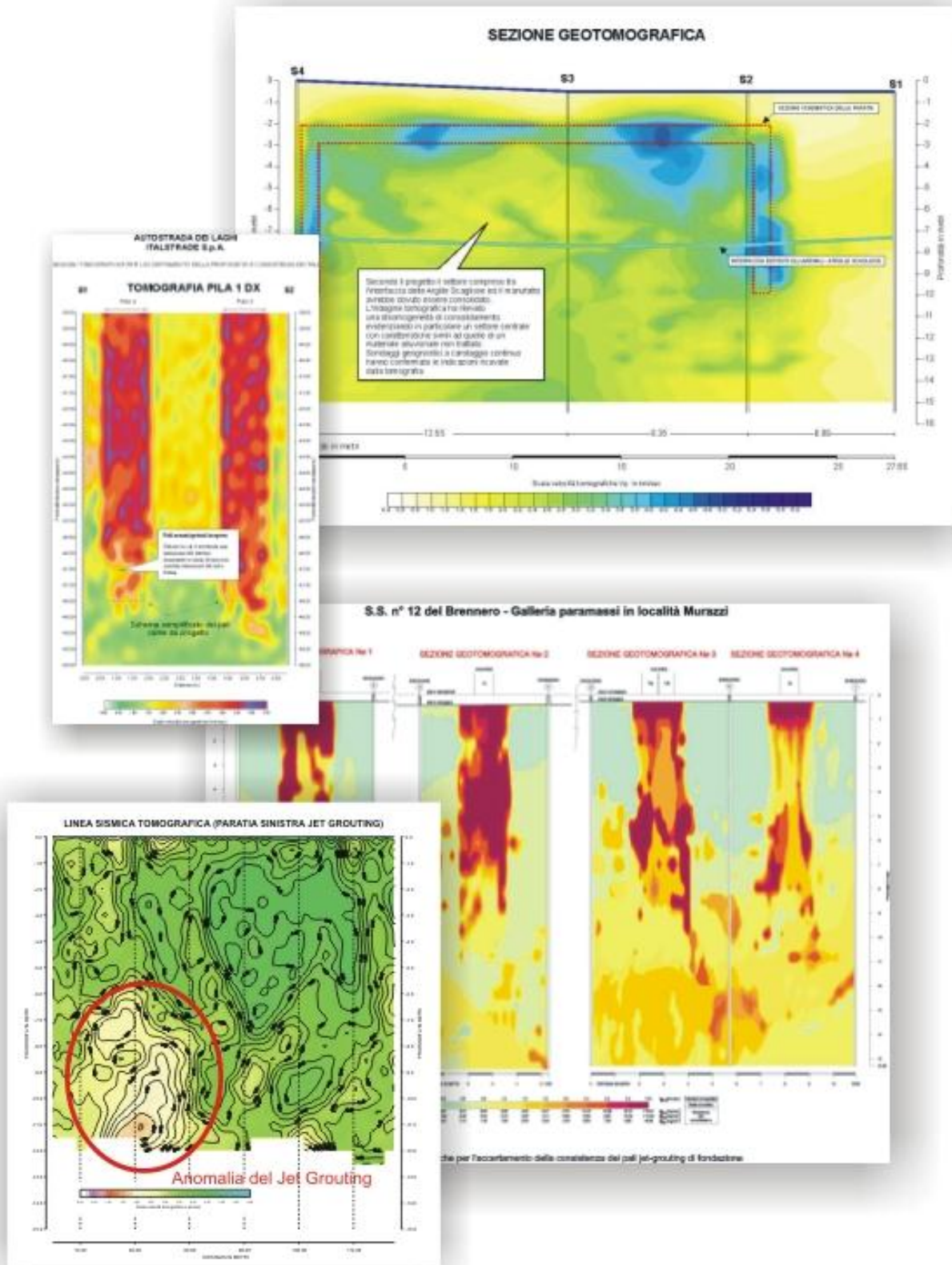


### INDAGINI SUL PARAMENTO E L'INTRADOSSO DI GALLERIA



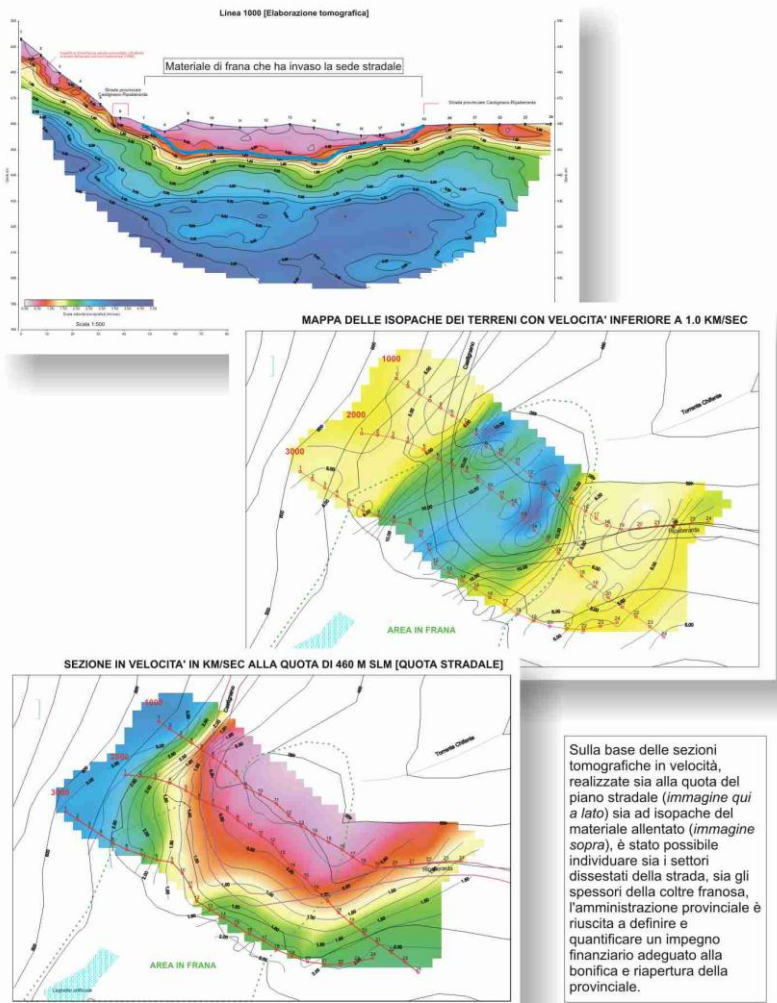
### INDAGINI SISMICHE PER VALUTAZIONE TETTONICA

# INDAGINI SISMICHE TOMOGRAFICHE DIAGNOSTICHE (PALI - JET GROUTING - CONSOLIDAMENTI)

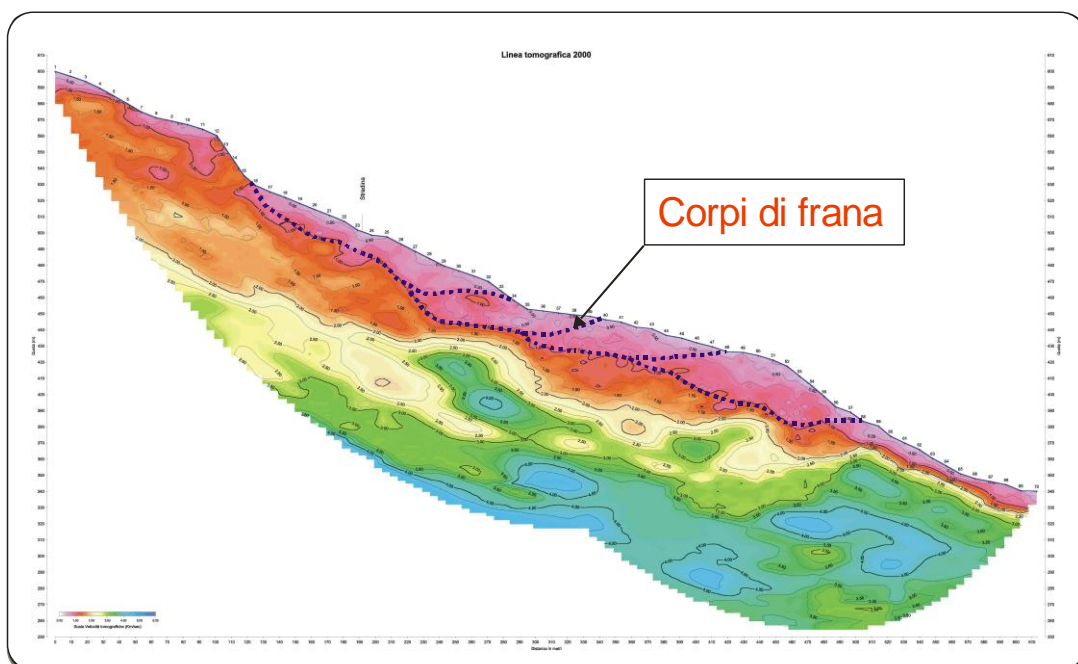


# TOMOGRAFIA SISMICA IN AREA DI FRANA

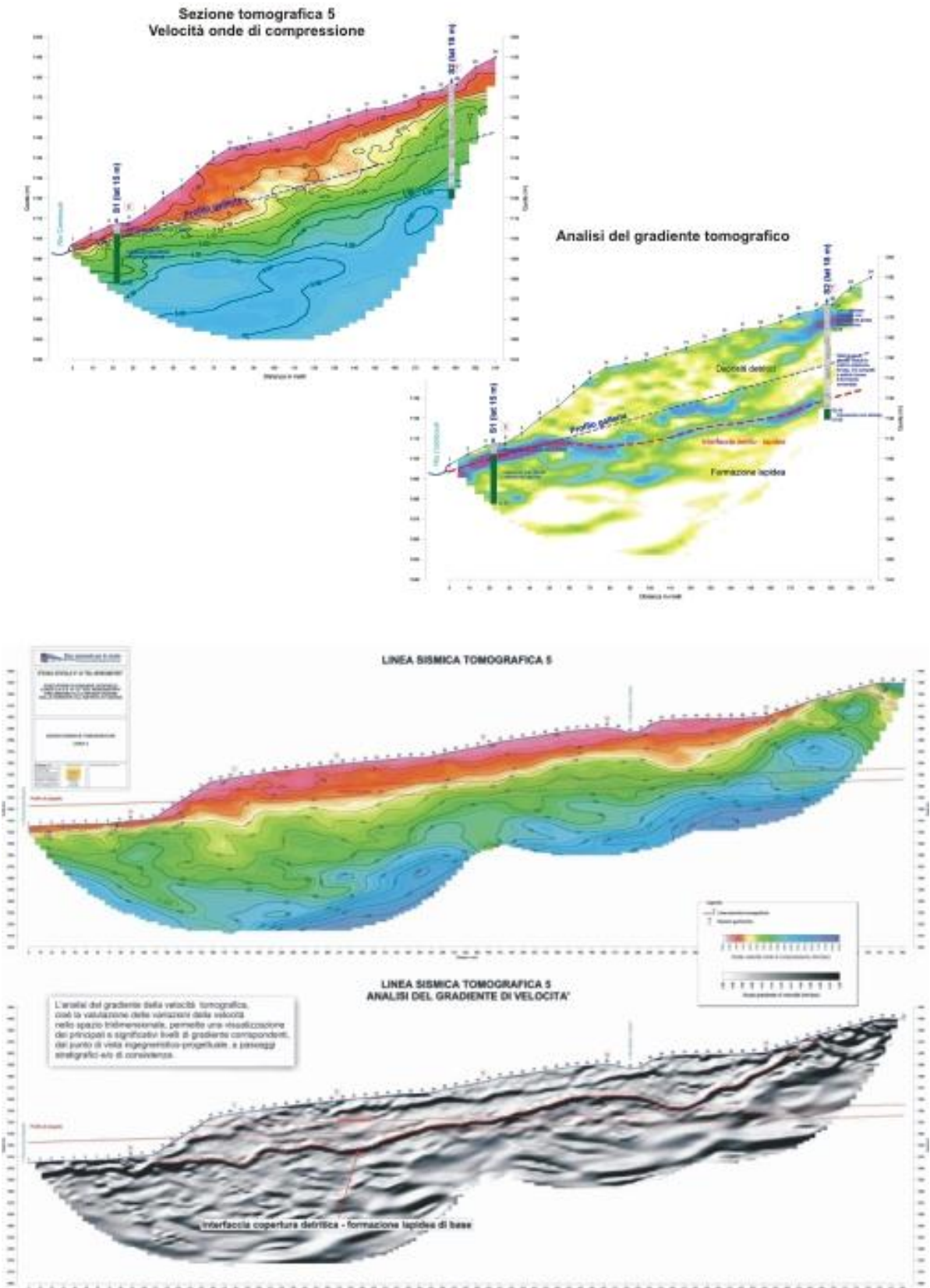
Indagini tomografiche per la caratterizzazione e valutazione tridimensionale del corpo di frana che ha determinato l'occupazione della sede stradale allo scopo di definire gli aspetti ingegneristici per il ripristino e bonifica dell'area in dissesto.



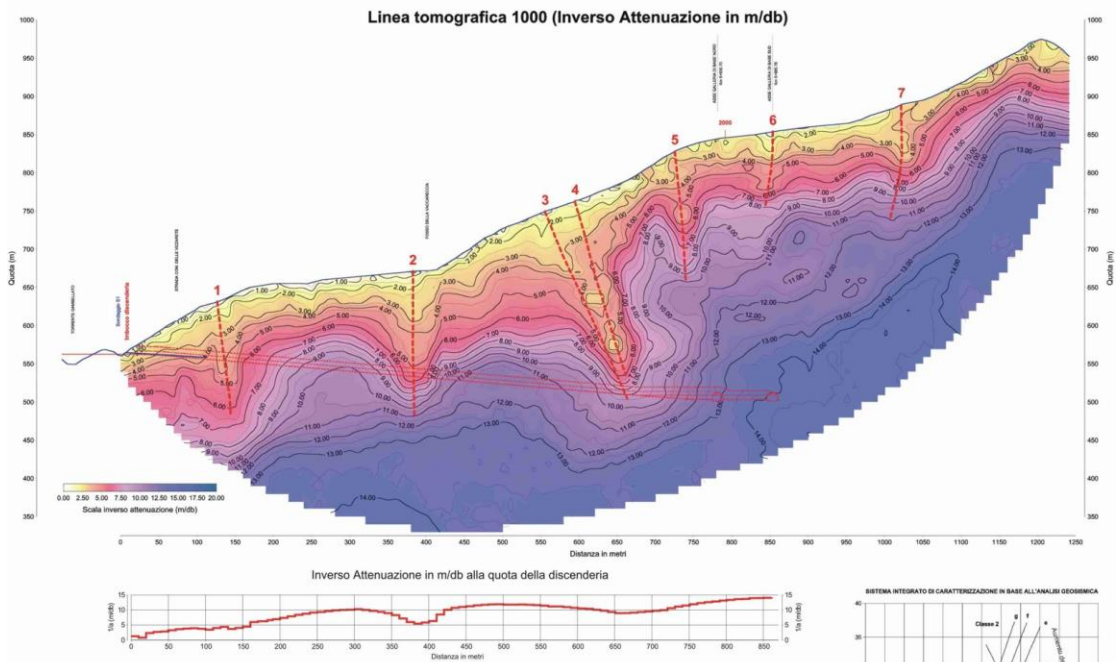
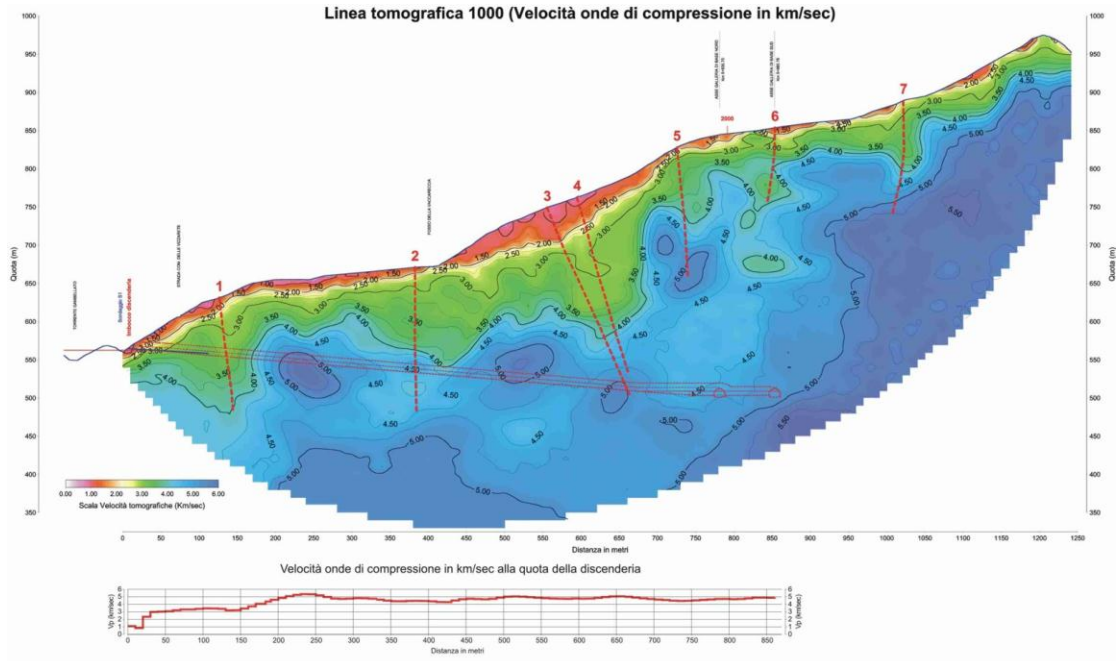
Indagine geosismica tomografica applicata allo studio di un corpo di frana molto esteso (frana di Brustolè – Arsiero, Padova)



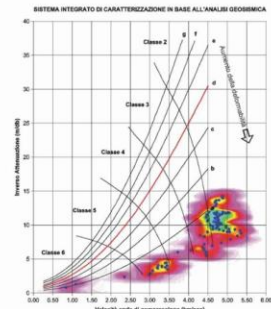
# ELABORAZIONE TOMOGRAFICA CON ANALISI DEL GRADIENTE GEOSISMICO PER LA DETERMINAZIONE DEGLI INTERVALLI DI CONSISTENZA



# ELABORAZIONE TOMOGRAFICA IN VELOCITA' ED ATTENUAZIONE



Sistema PROGEO di caratterizzazione della roccia che sarà oggetto di scavo per la realizzazione della galleria (sono rappresentati nel grafico esclusivamente i parametri di velocità e attenuazione ricavati alla quota di scavo). Sulla base di tale elaborazione è possibile redarre un profilo geognostico di caratterizzazione della roccia su base geofisica in asse al tracciato.

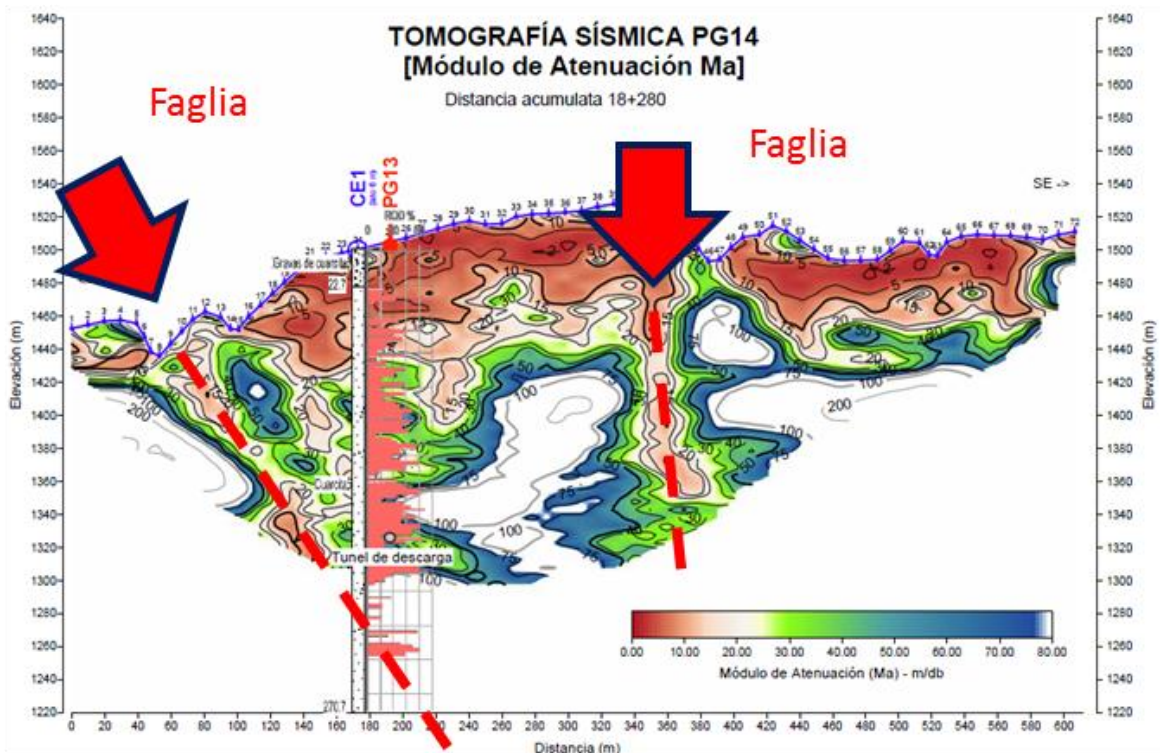
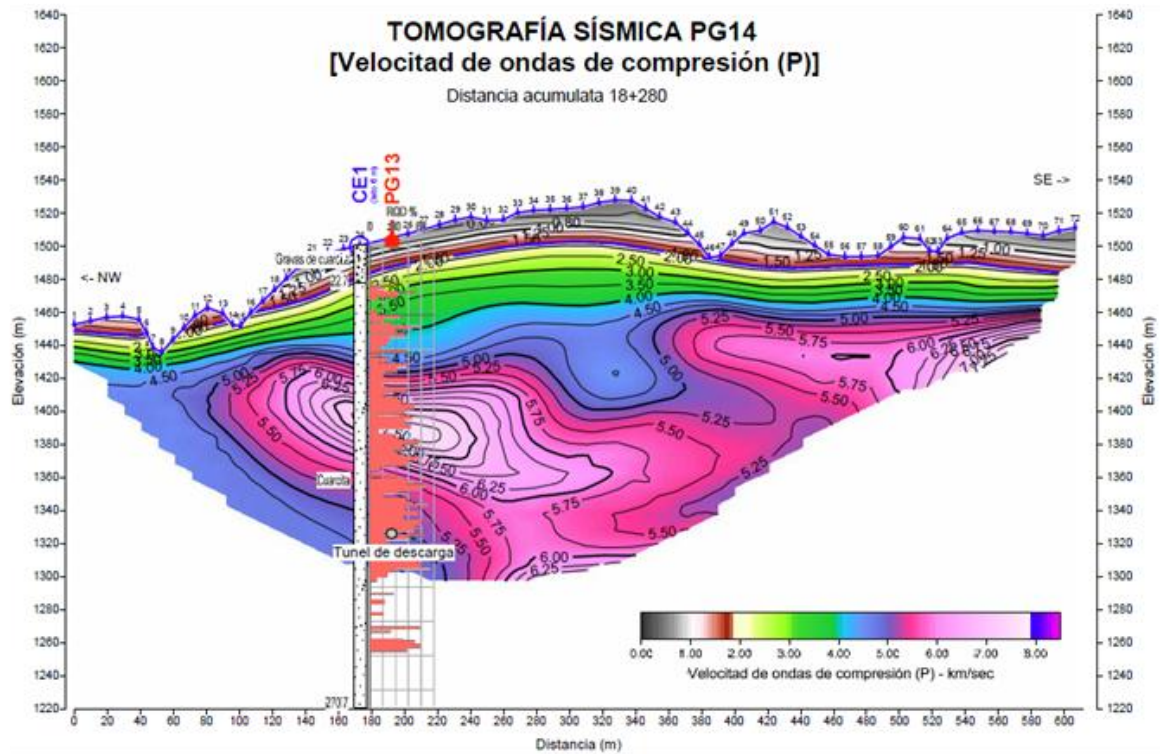


**spea**  
 AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI  
 VARIANTI DI VALICO  
 INDAGINI GEOSISMICHE DISCENDERIA DI RONCOBLACCIO

**PROGEO**  
 S.p.A.  
 Via...  
 ...

# SISMICA DA SUPERFICIE – Tomografia in Attenuazione

## Indagini in Ecuador per impianto idroelettrico



## NUOVA DIGA SULL'ALTO ESARO (Calabria)

### INDAGINI TOMOGRAFICHE

Nel dicembre del 1987 si verificò un dissesto sulla sponda sinistra dovuto ad un detensionamento all'immasso che portò alla sospensione dei lavori per sicurezza.

L'insorgenza di contenzioni ed il mancato rifinanziamento dell'opera si prolungò fino al 1999 quando l'emergenza tecnica determinò la non procedibilità dell'opera.

Nel 1999 la Regione Calabria ed il Ministero dei Lavori Pubblici autorizzarono come primo programma di indagini atte alla valutazione attuale dello stato di consistenza dei materiali di fondazione sia nei settori relativi alla vecchia imponente diga, sia nel settore dell'avvenuto allentamento in sponda sinistra con particolare riguardo alla valutazione dello spessore e delle caratteristiche geomeccaniche del settore detensionato.

Le indagini geognostiche sono consistite essenzialmente in una campagna di sismica a rifrazione tomografica, sondaggi geomeccanici in cui si sono eseguite prove down hole oltre ad alcune misure geotecniche.

Sulla base anche di tali informazioni è stato redatto il progetto della nuova diga.

Le indagini Sismiche Tomografiche (agosto 2000) si sono svolte in due campagne di 15 giorni ciascuna, in cui 8 trasevanti all'asta fluviale e 7 paralleli a questa per complessivi 2500 m (su questi ultimi sono state registrate anche le onde di taglio allo scopo di ottenere dati relativamente ai moduli elastici).

E' stata utilizzata una spazatura dei sensori ogni 5 m con energizzazioni ogni 3-4 stazioni (15-20 m).

L'elaborazione è avvenuta applicando algoritmi di ray tracing curvilineo per definire le traiettorie dei raggi sismici ed è stato impiegato l'algoritmo SIRT (Simultaneous Iterative Method) per la backanalysis del campo delle velocità.

Sulla base dei dati ricavati per ogni sezione tomografica sono state realizzate mappe a varie quote dal piano campagna allo scopo di evidenziare lo stato di consistenza dell'immasso roccioso in funzione del profilo di progetto e quindi definire lo stato di allentamento superficiale (spessore e parametri elastici).

Oltre alle velocità sismiche (onde di compressione e taglio) è stata analizzata, sempre con metodologia tomografica, l'attenuazione delle onde sismiche allo scopo di incrementare le informazioni relative all'immasso e permettere una caratterizzazione su base geosismica.

Sono state infine realizzati n° 6 Down Hole con registrazioni ogni 0,5 m con impiego di sonda 3D.

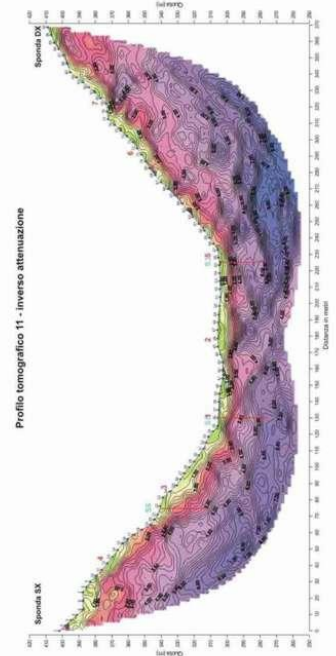
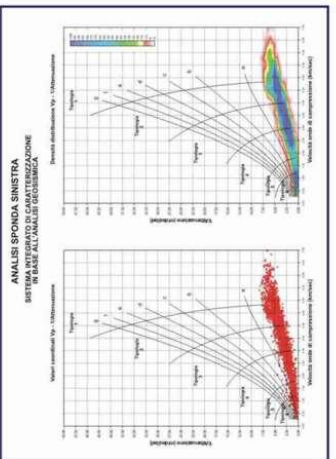
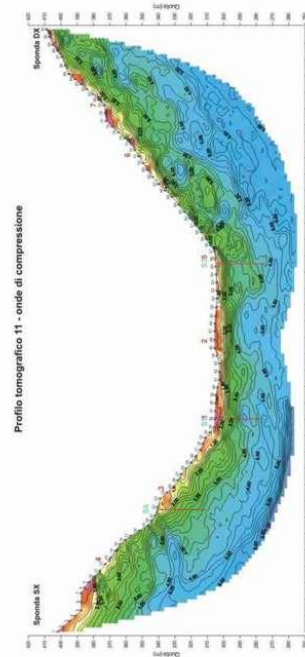
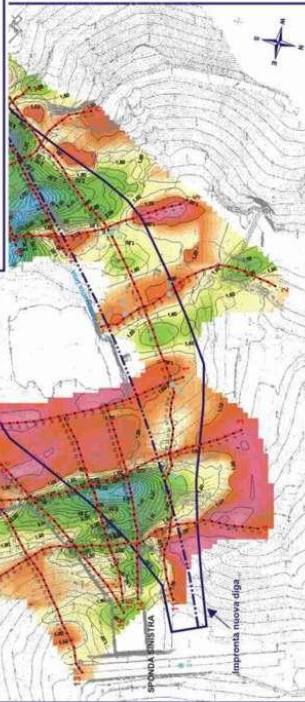
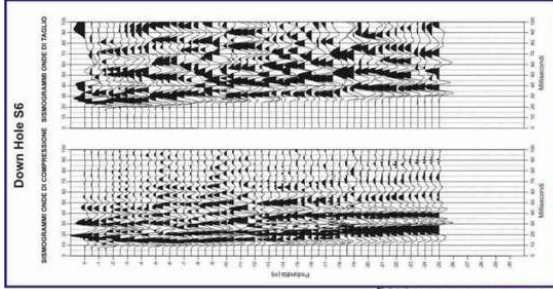
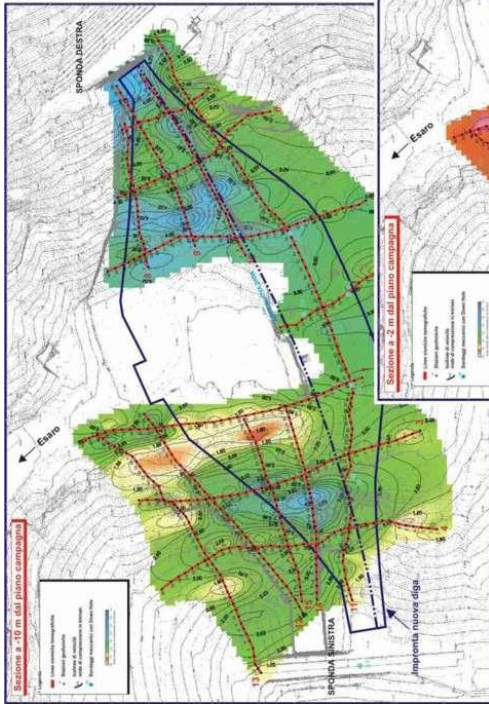
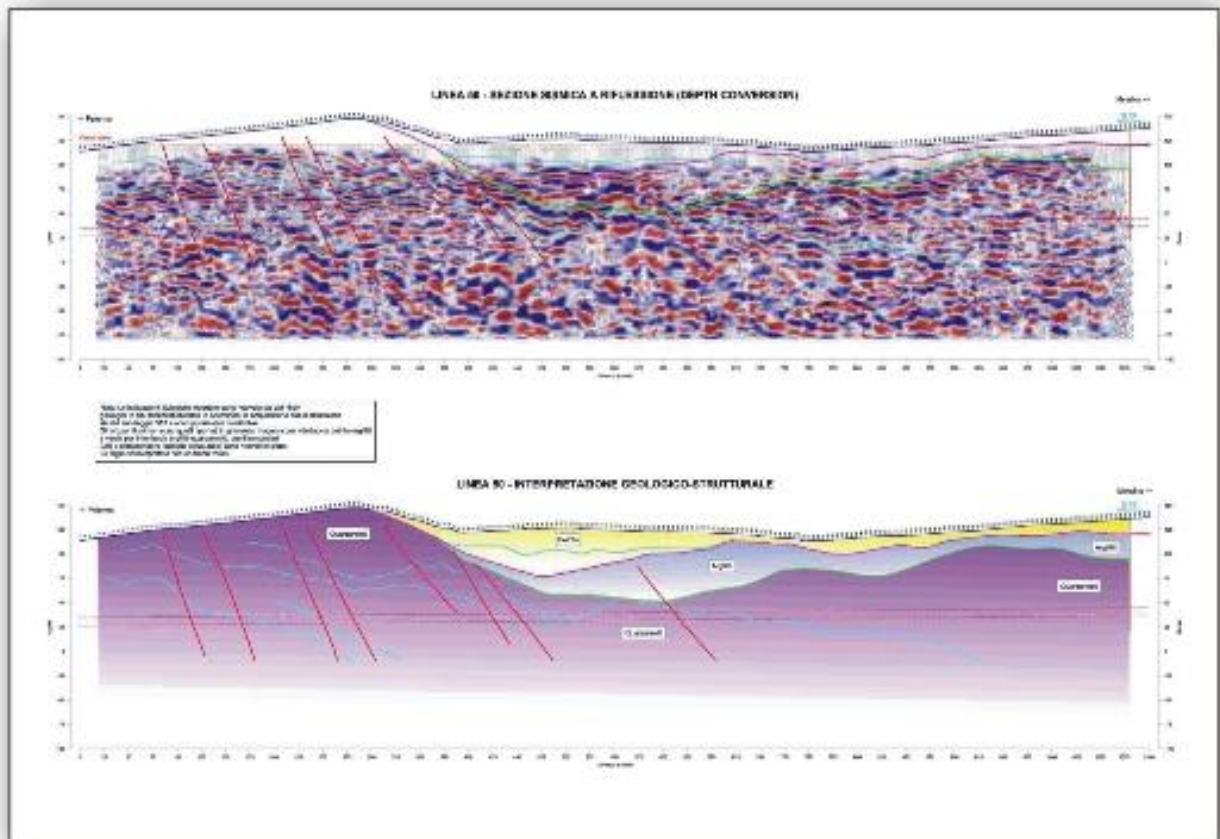
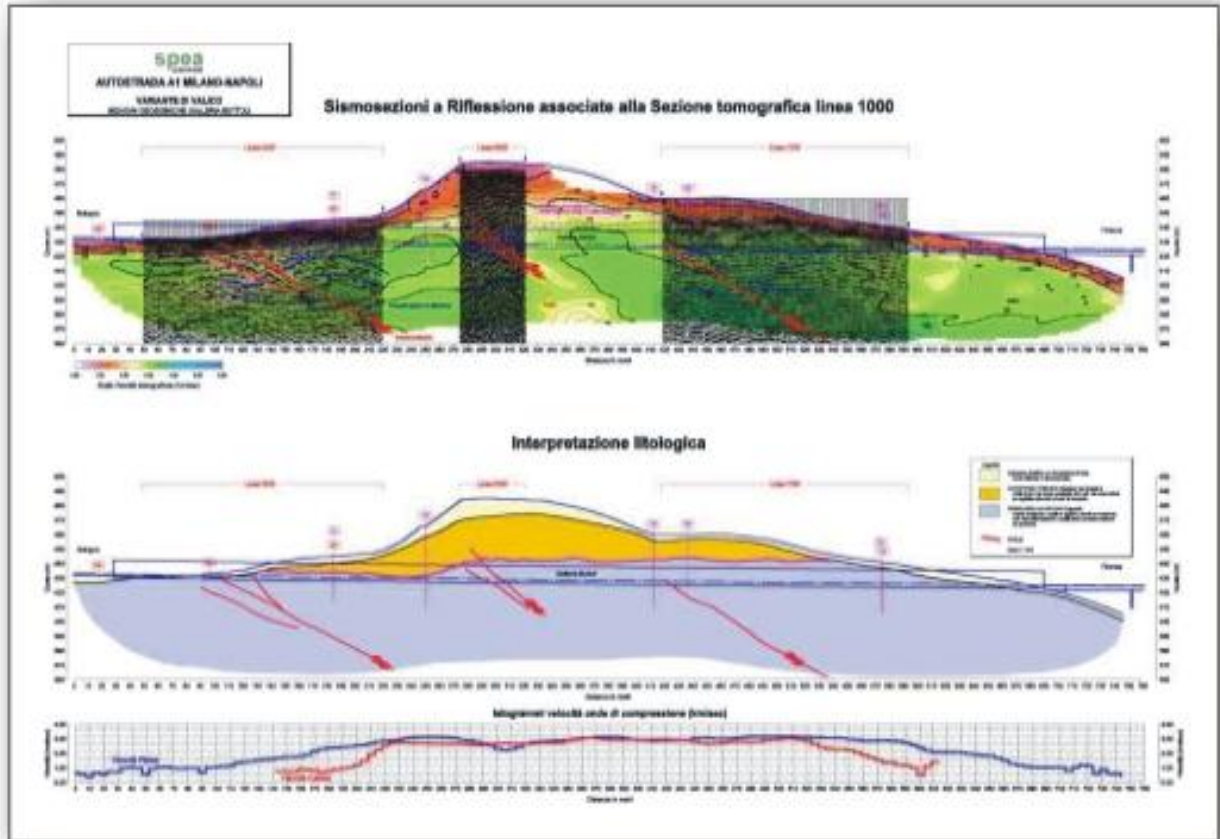


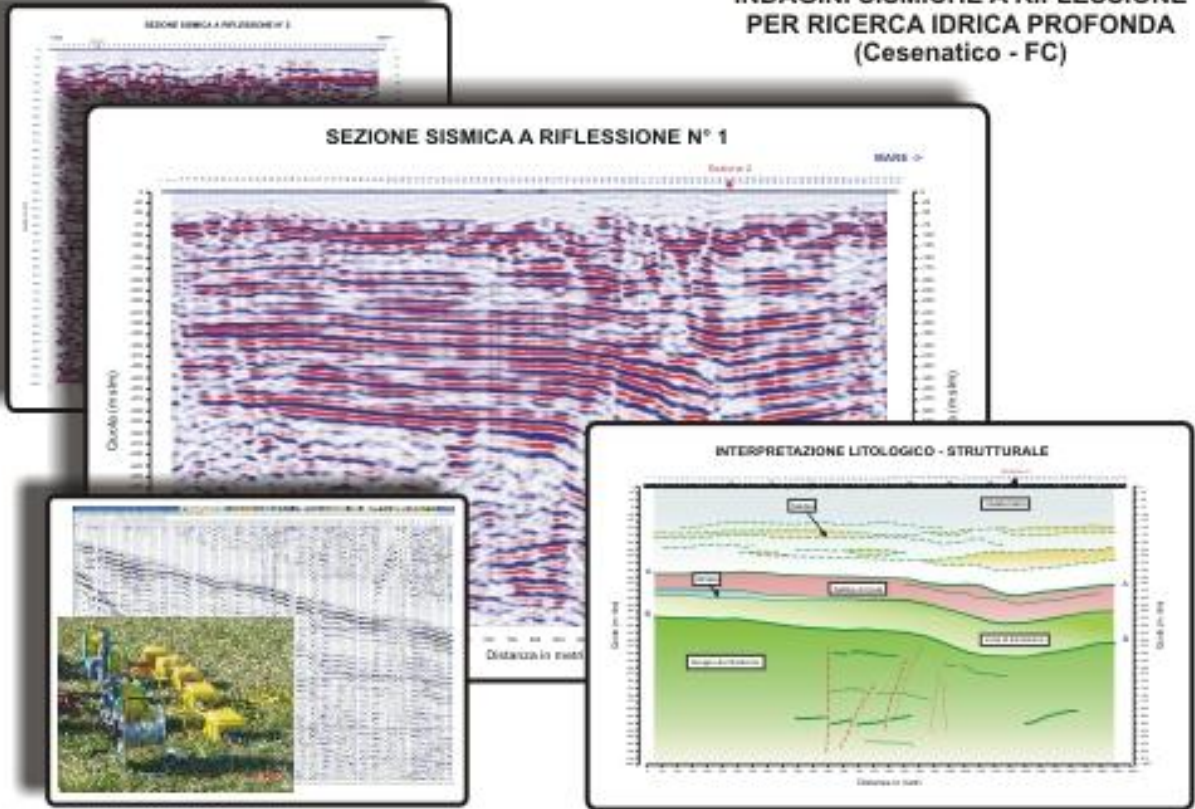
TABELLA PARAMETRI STATISTICI (Dati Alto Esaro) (valore relativo alla vecchia imponente diga - Barabanti)

SPONDA SINISTRA				SPONDA DESTRA			
Parametro	Valore	Unità	%	Parametro	Valore	Unità	%
Piano campagna							
A - 2 m	1.2	km/s	100	A - 2 m	1.2	km/s	100
A - 10 m	1.1	km/s	92	A - 10 m	1.1	km/s	92
Rosa medio investigate - 20 m c.p.							
Livello di consistenza							
Area	km²	% Area	%	Area	km²	% Area	%
1.2 > 1.3	1.2	100	100	1.2 > 1.3	1.2	100	100
1.3 > 1.4	0.8	67	67	1.3 > 1.4	0.8	67	67
1.4 > 1.5	0.2	17	17	1.4 > 1.5	0.2	17	17
1.5 > 1.6	0.0	0	0	1.5 > 1.6	0.0	0	0
Livello di consistenza							
Area	km²	% Area	%	Area	km²	% Area	%
1.2 > 1.3	1.2	100	100	1.2 > 1.3	1.2	100	100
1.3 > 1.4	0.8	67	67	1.3 > 1.4	0.8	67	67
1.4 > 1.5	0.2	17	17	1.4 > 1.5	0.2	17	17
1.5 > 1.6	0.0	0	0	1.5 > 1.6	0.0	0	0

# INDAGINI SISMICHE A RIFLESSIONE – SISMICA IBRIDA



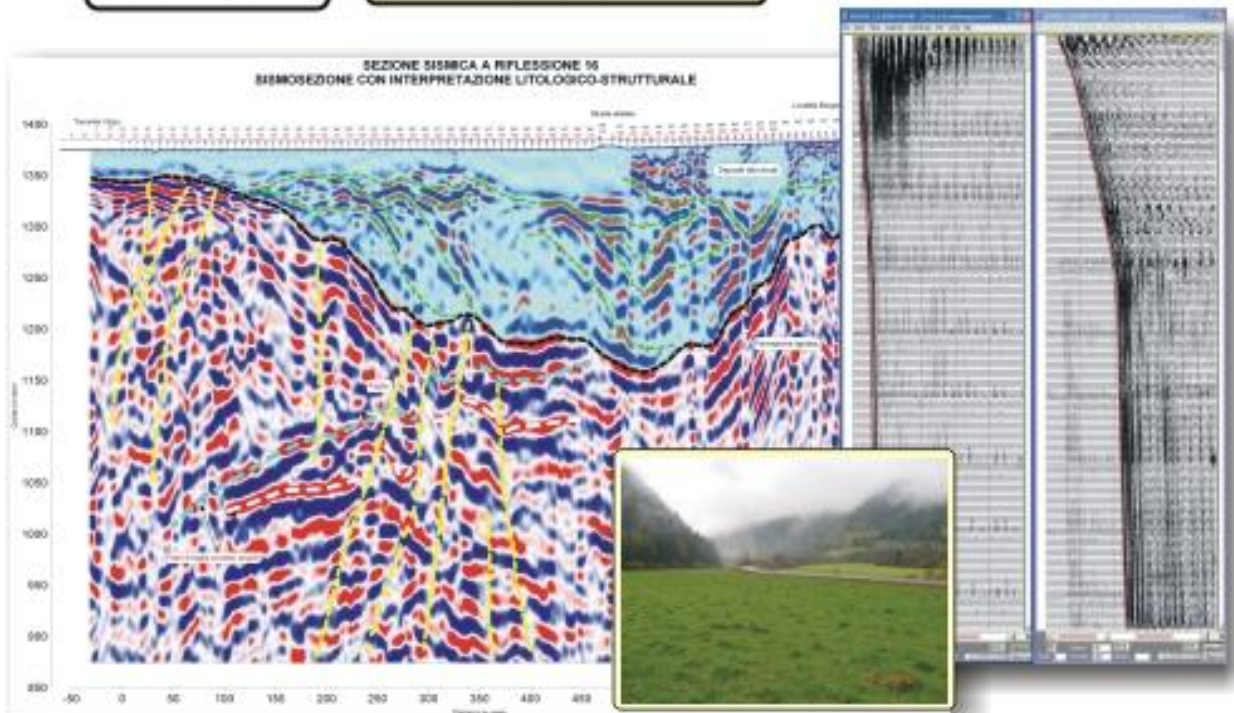
**INDAGINI SISMICHE A RIFLESSIONE  
PER RICERCA IDRICA PROFONDA  
(Cesenatico - FC)**



**BBT**  
Poteramento Asse ferroviario  
Monaco - Verona  
Galleria di base del Brennero

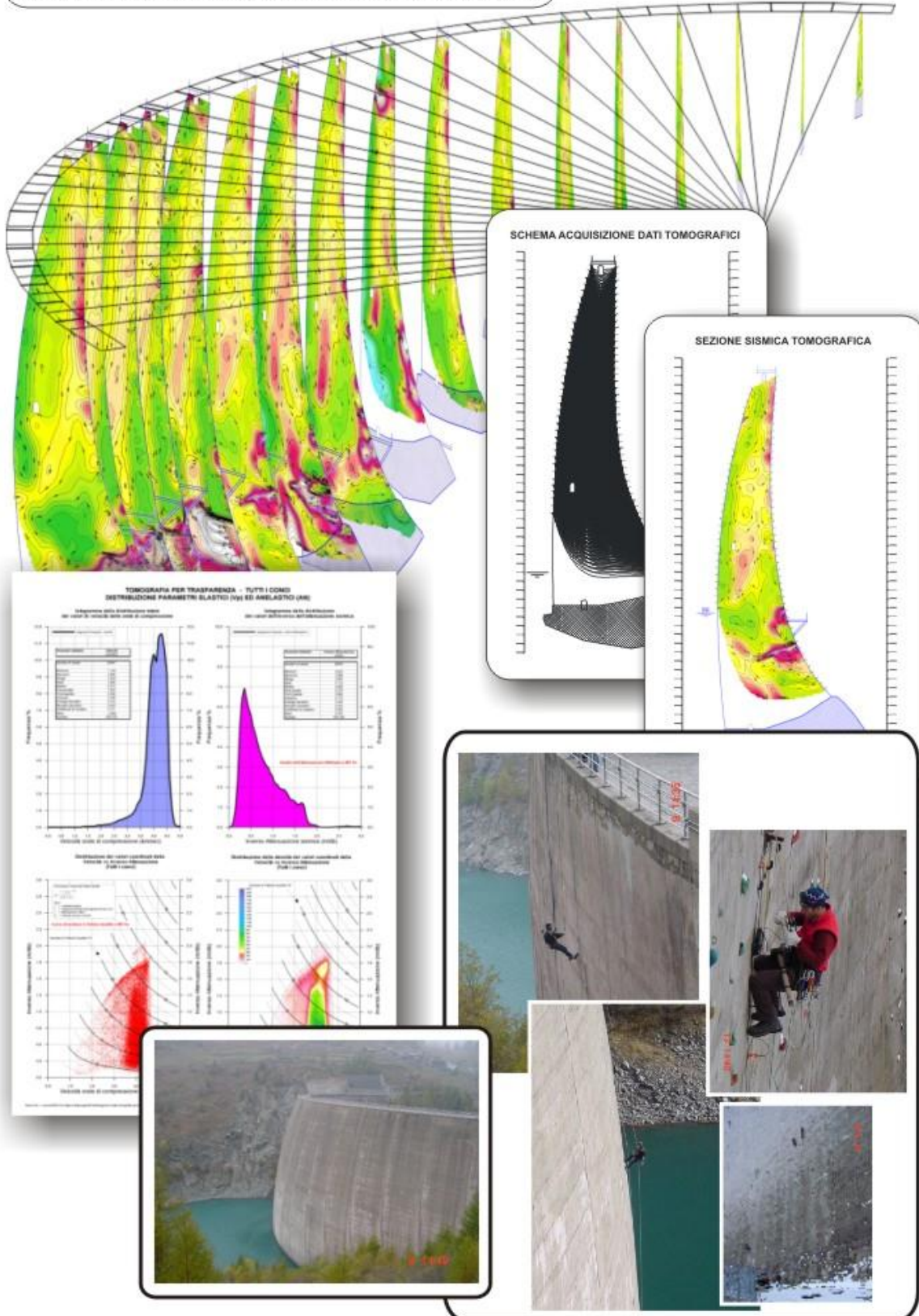
Indagini sismiche a riflessione profonda  
Val di Vizze

Indagine sismica Down Hole  
profondità prova 480 m



# INDAGINI SISMICHE PER DIGHE

**INDAGINI GEOFISICHE TOMOGRAFICHE  
SUL CORPO DIGA PER ACCERTARE LA  
PROFONDITA' DELLE LESIONI VISIBILI SUI PARAMENTI**



# PROGETTI DI RICERCA PER GRANDI CORPI FRANOSI

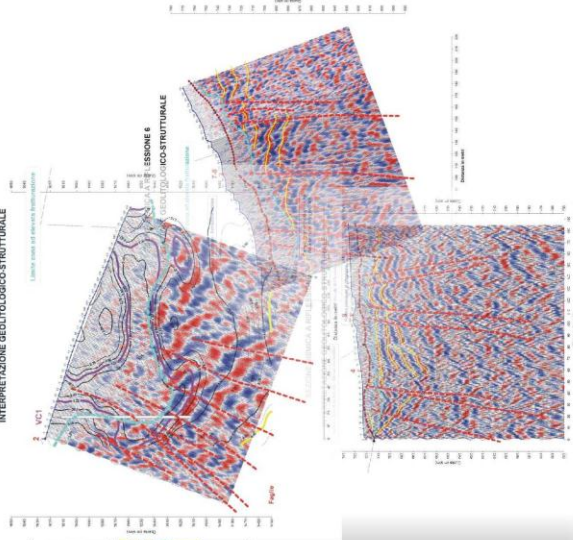
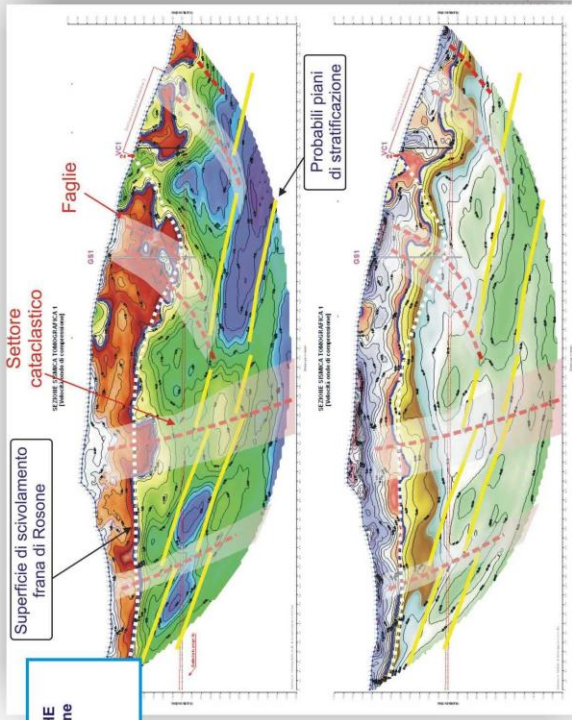
**Frana di Rosone - Locana (TO)  
Giugno 2006**

**INDAGINI SISMICHE TOMOGRAFICHE**  
Velocità onde di compressione  
Modulo di Attenuazione

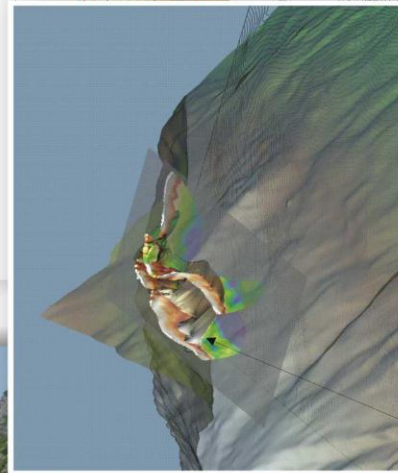
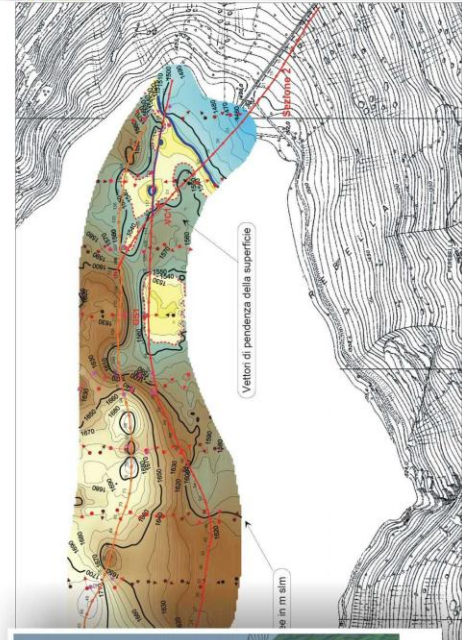
**INDAGINI SISMICHE RIFLESSIONE**

**PROCESSING DATI - Software**

**SRA** (Progeo) per elaborazione sismica tomografica  
**SPW** (Parallel Geoscience) per elaborazione sismica a riflessione



**PLANIMETRIA DEL TESTO DELLA FORMAZIONE COMPATTA (BASE DEL CORPO DELLA FRANA DI ROSONE)**  
ISOSUPERFICIE IN VELOCITA' DELLE ONDE DI COMPRESSIONE ( $V_p=2.22$  km/sec)



Piano di scioglimento della frana di Rosone

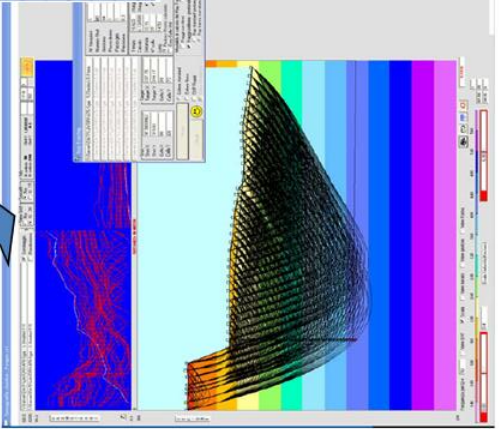


# Cavità

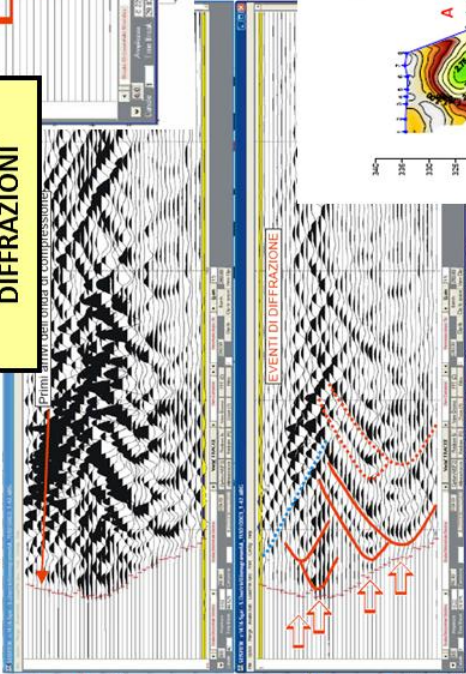
Durante il consolidamento delle fondazioni ci si è accorti della presenza di cavità di non ben definibile dimensione. Si è provveduto allora alla realizzazione di n° 2 sondaggi e n° 6 sezioni sismiche tomografiche con analisi in Velocità ed in Attenuazione.



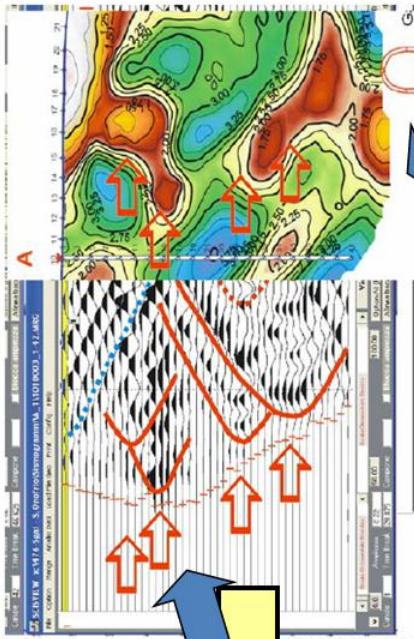
**MODELLO INIZIALE DI CALCOLO**



**DIFFRAZIONI**

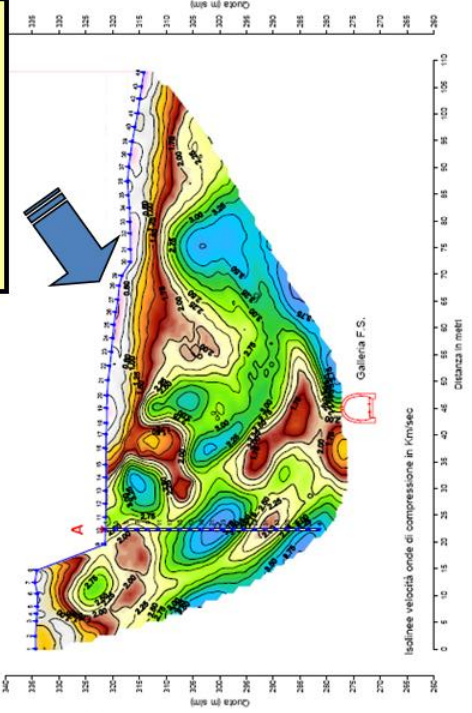


**ANALISI DELLE DIFFRAZIONI DEI SEGNALI SISMICI**



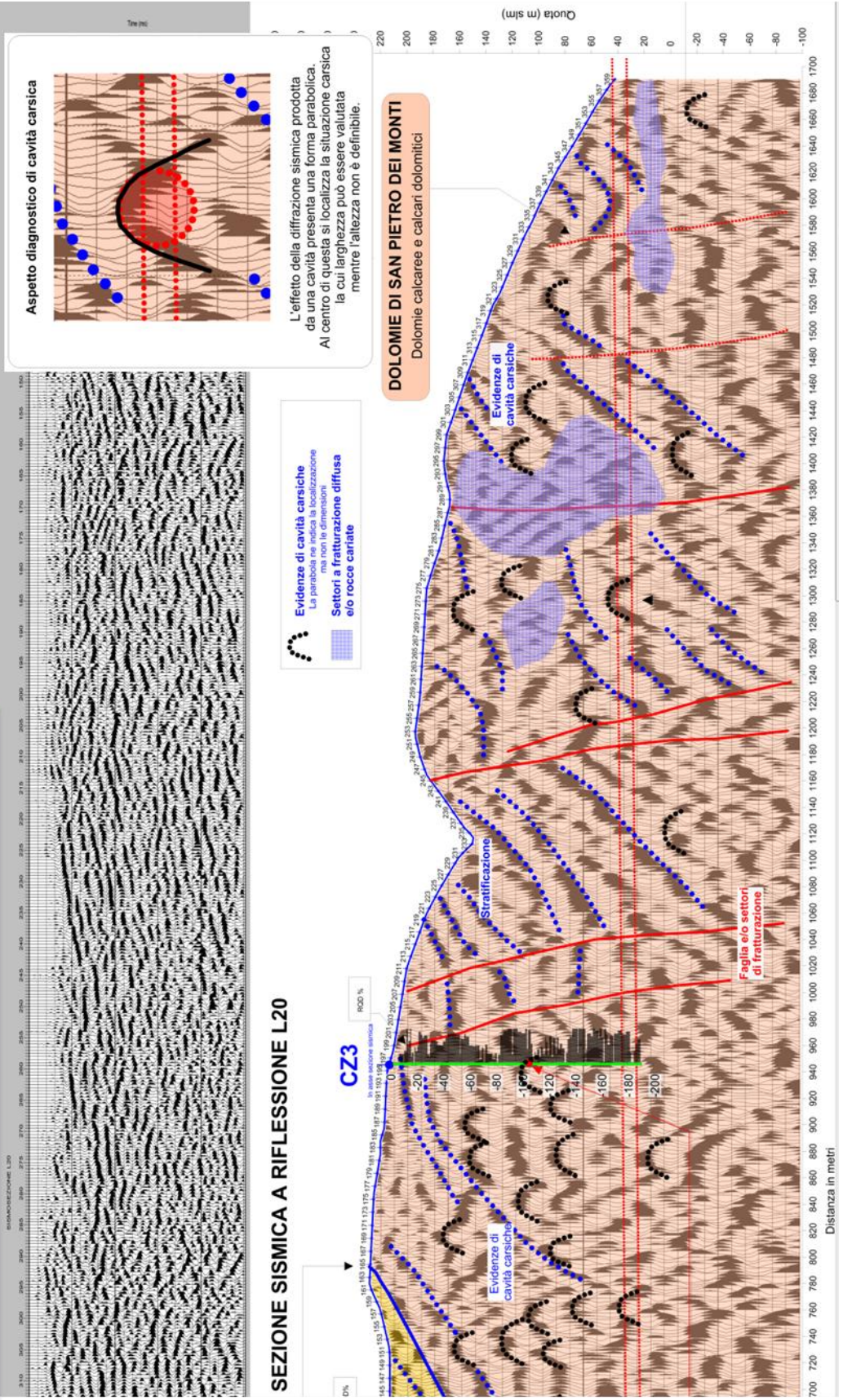
**ANALISI TOMOGRAFICA**

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA  
[Velocità onde di compressione]



# Cavità

## Raddoppio linea ferroviaria Genova-Ventimiglia



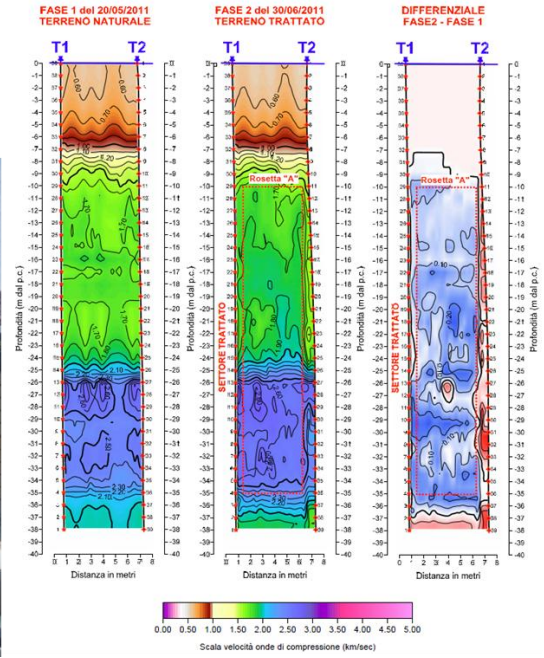
# Consolidamenti

## Campo prove Iniezioni cementizie



Stratigrafica di riferimento  
Sondaggio E3/2

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA T1-T2  
[Velocità onde di compressione]



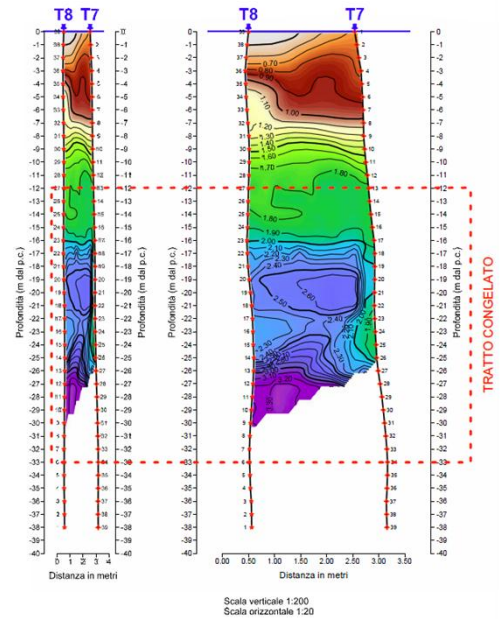
# Consolidamenti

## Campo prove Congelamento

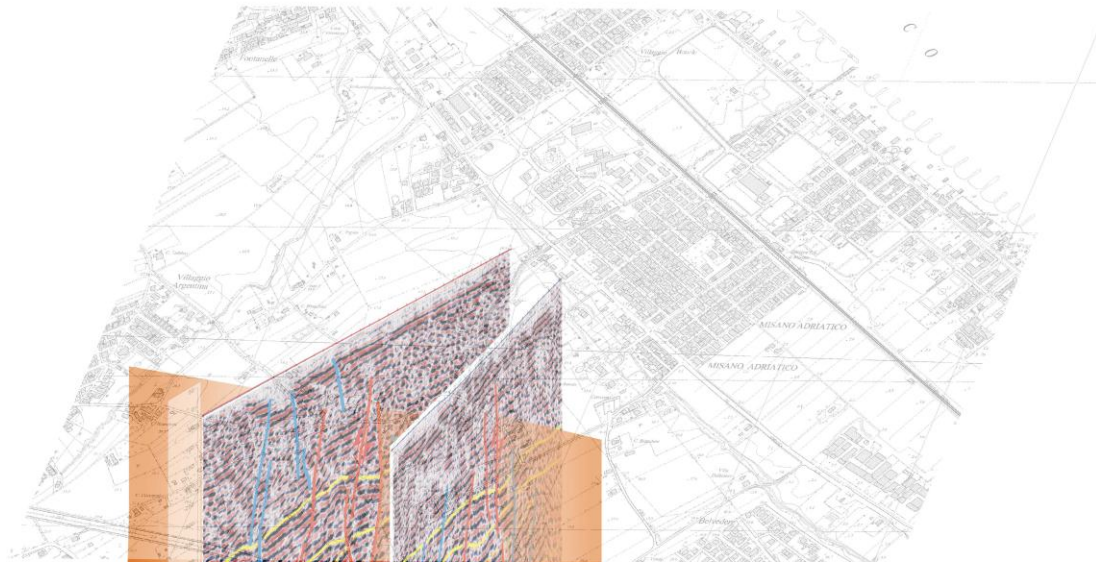


Stratigrafica di riferimento  
Sondaggio E3/2

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA T8-T7  
[Velocità onde di compressione]  
SEZIONE ENTRO IL CAMPO PROVE



# INDAGINI SISMICHE PER RICERCHE IDROGEOLOGICHE



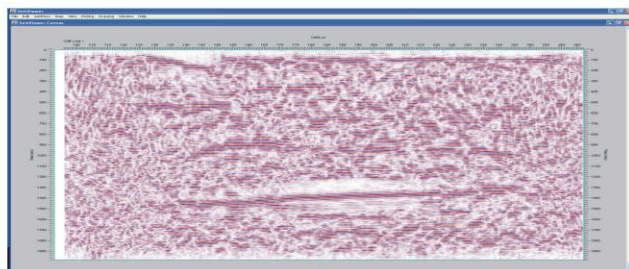
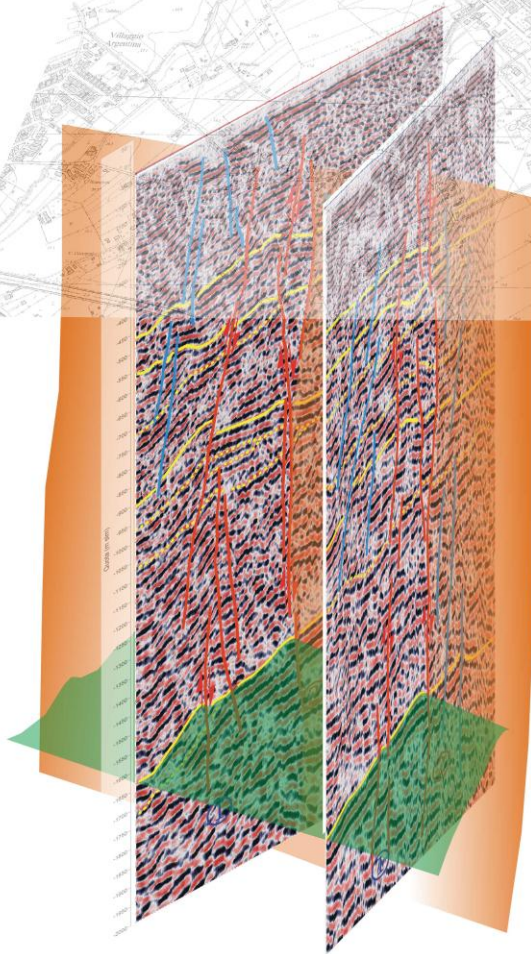
## SISMICA A RIFLESSIONE PROFONDA Ricerca strutturale per acque sulfuree

Parametri di acquisizione dati e processing

N° 120 canali per record  
Copertura sismica = 60  
Spacing geofonico = 5 m  
Record Time = 2 sec  
N° 7 Geometrics Geode collegati in rete locale  
Shot mediante esplosivo (2-5 Kg) in preforo a 2.5 m dal p.c.

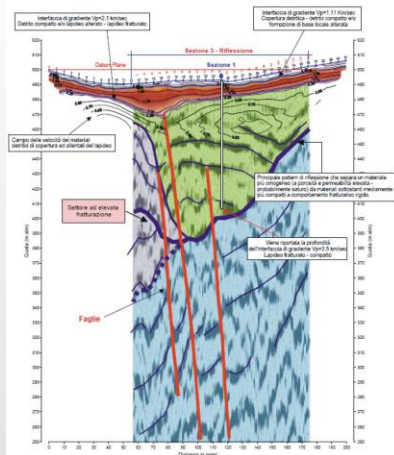
Processing SWP ver. 2.26

Acquisizione luglio 2007



## Sorgenti Val di Meti Studio dell'acquifero

SEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE 3



Acquisizione ottobre 2007