

Campagna d'acquisizione di dati sismici a riflessione e rifrazione ad alta risoluzione con sorgente vibratoria Ivi-MiniVib svolta nel comune di Parcines (BZ).

A cura di:

Michele Punzo, Francesco Varriale, Pier Paolo Bruno, Vincenzo Picotti.

Indice

<u>1. Introduzione</u>	<u>1</u>
<u>2. Scelta del sito.....</u>	<u>2</u>
<u>3. Strumentazione.....</u>	<u>4</u>
<u>4. Geometria d'acquisizione.....</u>	<u>10</u>
<u>5. Esempio di dato.....</u>	<u>15</u>
<u>6. Bibliografia</u>	<u>16</u>

1. INTRODUZIONE

Dal 24 al 27 Novembre 2011 sono state svolte nel comune di Parcines (BZ), per conto della Provincia autonoma di Bolzano, delle indagini sismiche a riflessione ed a rifrazione ad alta risoluzione da parte dell'AMRA S.c.ar.l. in collaborazione con l'Università di Bologna.

Il gruppo di lavoro che ha partecipato all'acquisizione dei dati è stato composto da:

- Luigi Calvanese (AMRA S.c.ar.l.);
- Dario De Rosa (AMRA S.c.ar.l.);
- Stefano Maraio (AMRA S.c.ar.l.);
- Vincenzo Picotti (Università di Bologna);
- Michele Punzo (AMRA S.c.ar.l.);
- Raffaele Tuberosa (AMRA S.c.ar.l.);
- Francesco Varriale (AMRA S.c.ar.l.);
- Vincenzo Vitale (AMRA S.c.ar.l.).

L'acquisizione ha avuto come obiettivo lo studio dettagliato della porzione superficiale (0-1000 metri di profondità) di un settore della Val Venosta, Alto Adige Occidentale, al fine di caratterizzare, in termini di spessori e di velocità di propagazione, le spesse coltri dei sedimenti di conoide che costituiscono i terreni affioranti della zona. L'indagine è stata tarata anche al fine di ricostruire la geometria e la profondità del substrato roccioso.

Sono stati acquisiti due profili sismici a riflessione ad alta risoluzione che coprono l'intera ampiezza della valle, per un totale di 2050 metri di stendimento. I dati sono stati registrati impiegando una sorgente sismica vibratoria ad alta risoluzione. (Ivi-MiniVib[®]).

La presente relazione illustra le procedure e l'equipaggiamento impiegato per l'esecuzione di tali indagini geofisiche.

2. SCELTA DEL SITO

L'obiettivo dell'indagine è stato l'acquisizione di un profilo sismico che, partendo dal versante meridionale dei monti del Gruppo di Tessa, si estendesse il più possibile ortogonale all'asse della Val Venosta, fino al fiume Adige.

Le difficoltà logistiche hanno reso l'installazione della linea sismica molto difficoltosa. La presenza, lungo la valle, di muri di contenimento del debris flow, recinzioni, filari di meli e di un ruscello, ha vincolato la scelta di un profilo d'acquisizione che rispondesse al meglio all'obiettivo delle indagini. Ulteriori problematiche da affrontare sono state legate alla presenza di una topografia acclive e la necessità di dover attraversare una strada statale (SS 38).

Un studio iniziale delle carte topografiche ha permesso di effettuare delle preliminari valutazioni circa l'estensione e la localizzazione dei possibili profili sismici; successivamente, un sopralluogo sul terreno, effettuato con i tecnici del comune, ha consentito di individuare con maggiore precisione l'ubicazione dei due profili (figura 1) ad andamento NNW-SSE.

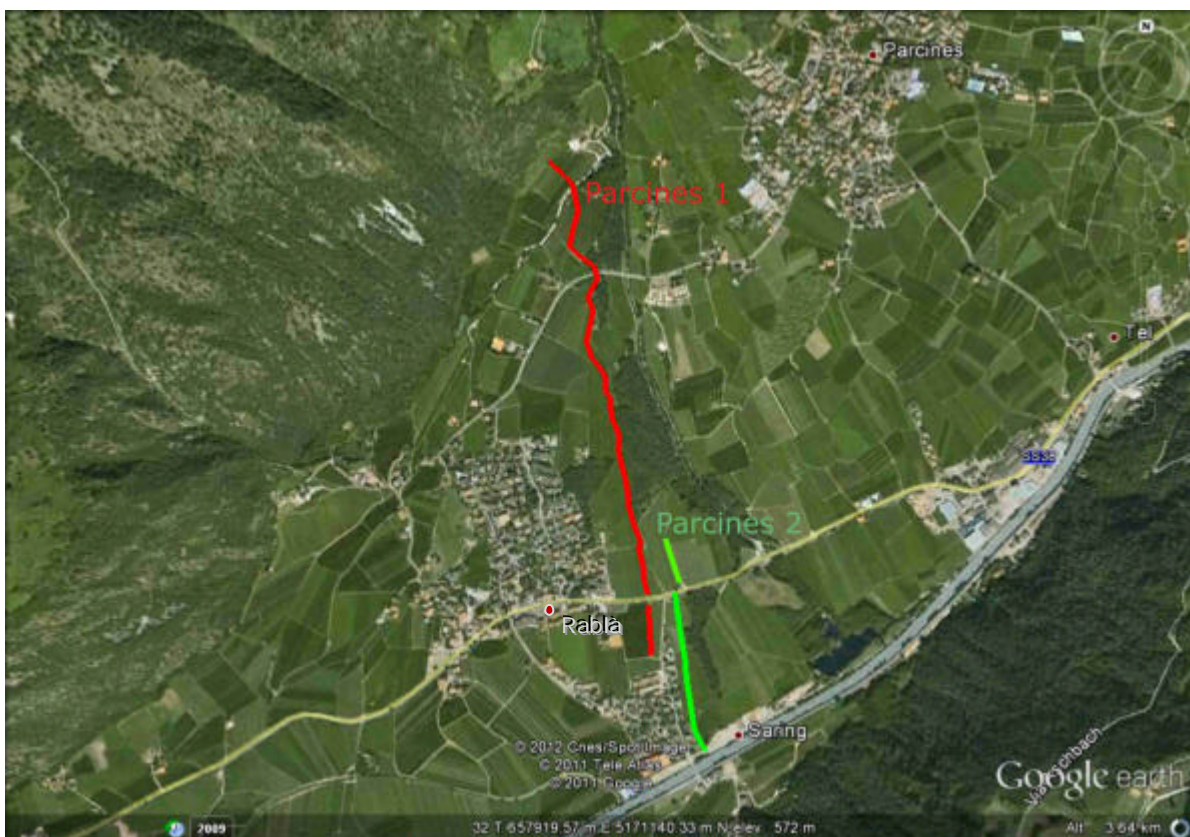


Fig. 1. Localizzazione dei profili sismici acquisiti.

Il primo profilo (Parcines 1 - in rosso in fig. 1) è lungo 1520 metri, partendo dal piede del versante e terminando in corrispondenza della strada statale SS 38. L'andamento non lineare della parte settentrionale del profilo rispecchia le difficoltà logistiche riscontrate in fase di messa a terra della strumentazione.

Il secondo profilo (Parcines 2 - in verde in fig. 1) parte dalla SS 38 ed arriva fino al fiume Adige coprendo una distanza di 530 metri. Il profilo Parcines 2 è stato acquisito circa 80 metri ad Est del primo, per non attraversare il paese di Rablà. Infatti, la presenza, all'interno del paese, di accessi, sottoservizi e rumore antropico avrebbero rallentato l'acquisizione e inficiato la qualità del dato.

3. STRUMENTAZIONE

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione del profilo sismico può essere descritta come costituita da 4 unità principali: sistema d'acquisizione dati, sistema di trasduzione, sistema di immagazzinamento dati e sistema di energizzazione.

Il *sistema di acquisizione dati* è costituito da 7 sismografi modulari GEODE della Geometrics (da 24 canali cadauno). Il Geode (figura 2) è un sismografo a 24 bit ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale - 105 dB istantanei), ampia banda d'ingresso (1.75 Hz - 20 kHz), con passo di campionamento da 0.02 ms a 16 ms, che amplifica e digitalizza il segnale ricevuto dai geofoni e lo invia all'unità d'immagazzinamento dati. Ogni modulo è estremamente compatto (27 x 25 x 18 cm – circa 3 Kg) e può essere configurato da 3 a 24 canali. Più moduli geode possono essere collegati in serie da cavi di interfaccia digitali in modo da costituire sistemi fino a 1000 canali. Ogni modulo è alimentato autonomamente con batterie esterne da 12 Volt, con un consumo ridotto grazie ad un efficiente sistema di stand-by.



Fig. 2. Sismografo Geode

Il *sistema di trasduzione* è costituito da 168 geofoni Geospace 10 Hz verticali (mod. GS-20DX) per trasformare la sollecitazione dinamica dovuta alle vibrazioni del terreno, cui è reso solidale attraverso un punzone, in un segnale elettrico proporzionale alla velocità di vibrazione. I segnali elettrici uscenti dai geofoni vengono inviati tramite cavi multipolari (cavi sismici) ad un sismografo che li digitalizza consentendone la successiva acquisizione (figura 3).

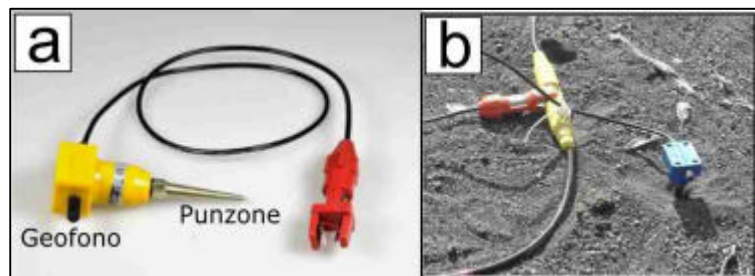


Fig. 3. A) geofono; b) particolare della connessione tra il geofono ed il cavo sismico.

Parte integrante del sistema di traduzione ed acquisizione sono anche:

12 cavi sismici multipolari Geospace, 12 take-out, con spaziature a 5 m;

6 cavi di interfaccia digitale, 125 m, per connessione moduli geode;

Il sistema d'immagazzinamento dati è rappresentato da un Laptop Panasonic CF-28 (figura 4). Il laptop, collegato tramite rete locale Ethernet ai 7 Geodi, svolge il compito di archiviare i dati digitalizzati provenienti dai Geodi (in formato seg-2), di gestire i parametri d'acquisizione e consente di valutare interattivamente la qualità dei dati acquisiti.



Fig. 4 Unità di archiviazione dati

Infine, il sistema di energizzazione è costituito da un sorgente sismica vibratoria - Ivi-MiniVib[®] (proprietà del CRdC AMRA) - progettata specificamente per applicazioni ad alta risoluzione. Il MiniVib[®] è un mezzo pesante gommato che trasporta e gestisce una massa vibrante di 168 Kg azionata da un meccanismo idraulico ad alta pressione (figura 5a). Il vantaggio dell'utilizzo di tale sorgente vibratoria consiste nel essere una sorgente totalmente "non invasiva" e nel consentire il completo controllo dell'energia immessa nel sottosuolo. Il carattere non-invasivo della sorgente consente il suo impiego anche in zone densamente popolate e su strade ed autostrade, con costi e problemi organizzativi minori rispetto ad indagini effettuate mediante l'impiego di esplosivi.

Il MiniVib[®] presenta le seguenti caratteristiche:

- Peso: 6368 Kg
- Lunghezza: 6.045 m
- Altezza: 2.59 m
- Larghezza: 2.464 m



Fig. 5. a) veicolo Ivi-MiniVib®; b) particolare del sistema vibrante. Le frequenze di oscillazione in esercizio del MINIVIB vanno da 5 Hz a 550 Hz.

L' Ivi-MiniVib® è una sorgente di energia utilizzata nei rilievi sismici terrestri, basata sull'immissione nel sottosuolo di un treno d'onda controllato (sweep) in ampiezza, fase e durata, della durata massima di 65 secondi. Viene usato un vibratore idraulico ad alta pressione, collegato ad una piastra di superficie di circa 6567 cm², tenuta sospesa tra gli assi delle ruote di un automezzo speciale a 4 ruote motrici ed abbassata sul terreno al momento dell'energizzazione (figura 5b). La massima forza che produce un tale sistema sul terreno è di circa 27 kN.

Il controllo e la gestione dei parametri del vibratore avviene tramite un PC interfacciato all'interno dell'automezzo all'unità di controllo SIB-100 (figura 6). Questa controlla l'idraulica del sistema ed è a sua volta collegata all'interfaccia RTS-100, che costituisce il collegamento radio con la stazione di controllo, a sua volta connessa con un'analogica interfaccia, per trasmettere/ricevere il segnale pilota ed i riferimenti temporali (figura 7).



Fig. 6. PC di controllo installato all'interno del Minivib

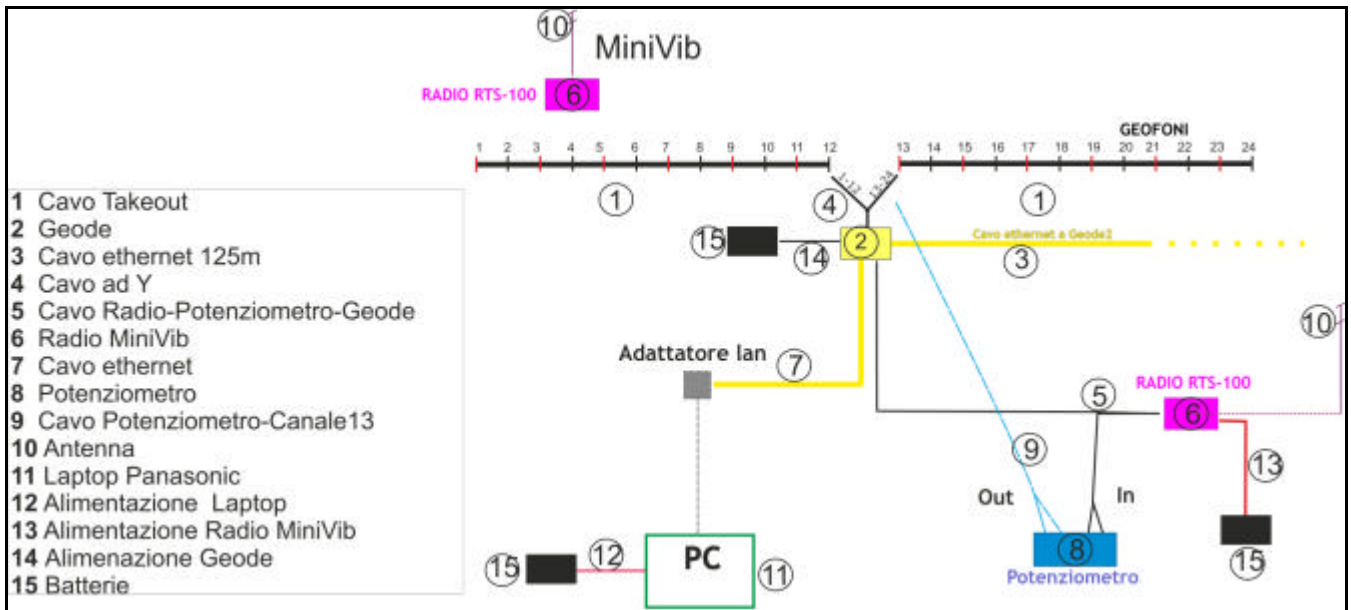


Fig. 7. Schema esemplificativo delle componenti della stazione di controllo.

È possibile generare sweep da 5 a 550 Hz, lineari o non lineari (linear, db/Octave, db/Hertz, T-Power), inserire diversi tipi di smorzamento, e sono possibili diversi controlli sull'ampiezza del segnale emesso, sia manuali che automatici.

Il vibratore è dotato di due accelerometri, montati rispettivamente sulla piastra e sulla massa vibrante, i cui dati sono inviati alla stazione d'acquisizione, per essere registrati al fine d'ottenere le funzioni di correlazione. Si possono trasmettere 3 diversi segnali pilota: a) il segnale sintetico (SYN); b) la composizione degli accelerometri non filtrata (GF); c) la composizione degli accelerometri filtrata con un filtro taglia alto, per rimuovere le armoniche superiori.

Durante l'indagine una squadra opera alla stazione di controllo dalla quale viene inviato l'input per lo shot e si controllano e si registrano i dati ricevuti; un'altra invece opera sul MiniVib seguendo le indicazioni dettate dalla stazione di controllo ed effettuando le soste nei punti di energizzazione stabiliti.

I dati registrati con sorgente vibratoria si presentano come treni di forme sinusoidali che non evidenziano la struttura del sottosuolo (figura 8 e 9). Solamente dopo un'operazione matematica (crosscorrelazione tra il segnale registrato e il segnale immesso) si ottiene un segnale sismico analogo a quello ottenuto dall'impiego di sorgenti impulsive (figura 10).

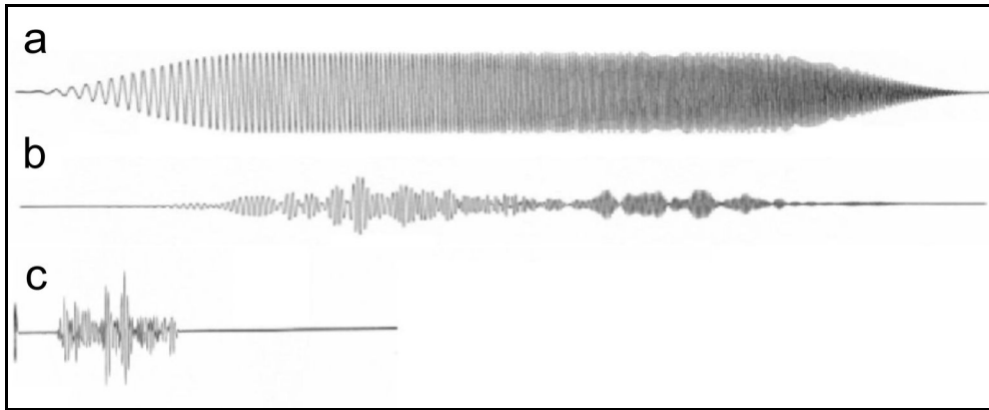


Fig. 8. Dati sintetici: a) esempio di sweep; b) registrazione del segnale inviato ad un ipotetico geofono; c) riflettività terrestre: risultato della crosscorrelazione tra a e b.

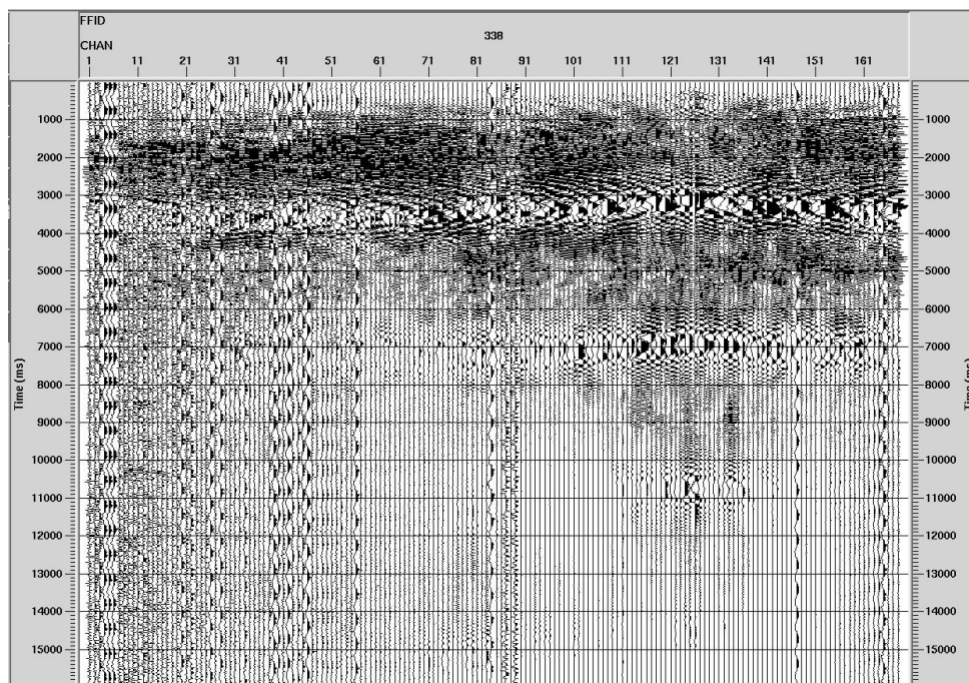


Fig. 9. Common Shot Gather relativo al profilo sismico "Parcines1" prima dell'operazione di crosscorrelazione tra lo sweep e le registrazioni ai 168 geofoni. Lo sweep ha una durata di 15 sec ed un intervallo di frequenze tra 10 e 200 Hz

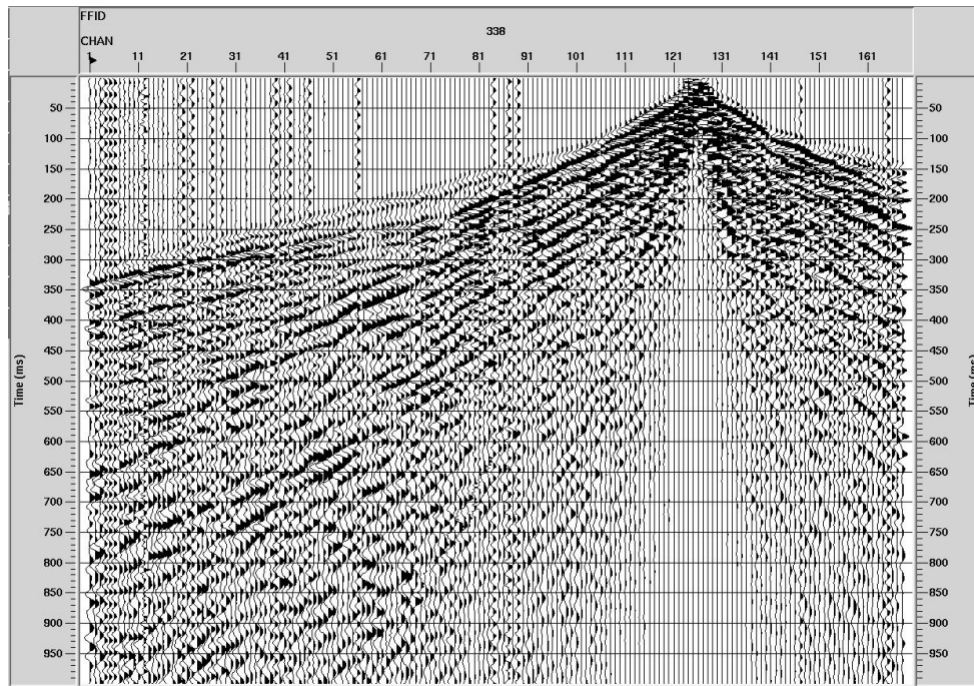


Fig. 10. Common Shot Gather relativo al profilo sismico "Parcines1" dopo l'operazione di crosscorrelazione tra lo sweep e le registrazioni ai 168 geofoni. La crosscorrelazione ha compresso il segnale registrato (i 16 secondi di registrazione della figura precedente sono stati compressi in un secondo) restituendo l'informazione desiderata: la riflettività terrestre

4. GEOMETRIA D'ACQUISIZIONE

L'area di studio è caratterizzata da una geologia di superficie estremamente complessa, derivante da un'evoluzione tettonica articolata. Per ovviare alla complessità geologico-strutturale del sito è stata impiegata, in fase di acquisizione, una geometria multicanale ad *offset globale* (Dell'Aversana et., al 2000). L'applicazione di tale strategia di acquisizione, già applicata con successo per l'imaging sismico in aree di catena (Improta et al., 2003; Bruno et al., 2010), ha permesso di superare le limitazioni della sismica a riflessione in aree caratterizzate da elevata complessità strutturale. La tecnica si avvale dell'utilizzo di un elevato numero di ricevitori e di punti di energizzazione, densamente distribuiti all'interno di uno stendimento di lunghezza pari a due/tre volte la profondità d'esplorazione desiderata. Tale schema d'acquisizione consente di registrare sia eventi riflessi con alta copertura in un ampio intervallo di offset (riflessioni quasi verticali a piccoli offset e ad offset maggiori le riflessioni post-critiche), sia eventi rifratti in profondità, adatti per la tomografia dei primi arrivi.

In particolare, tale strategia d'acquisizione (figure 11 e 12) ha previsto l'impiego di uno stendimento di geofoni regolarmente spaziatati (5 m), permettendo d'ottenere una interdistanza tra i CDP (Common Depth Point) di 2,5 m e quindi un'elevata ridondanza dei dati, così da poter ricostruire in maniera dettagliata il campo di velocità e di consentire un campionamento spaziale sufficiente a ricostruire in maniera dettagliata le strutture indagate.

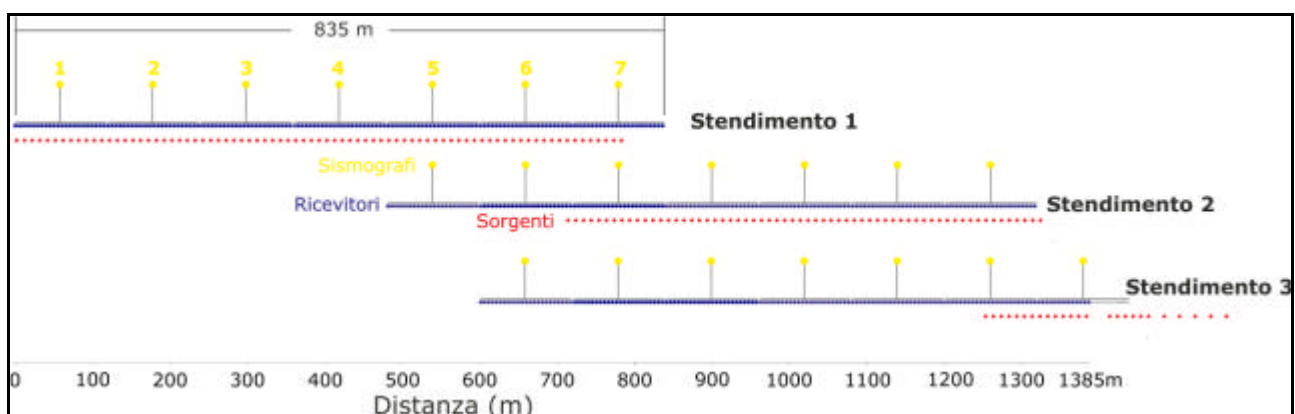


Fig. 11. Schema di acquisizione utilizzato per il profilo sismico "Parcines1". I punti blu rappresentano i ricevitori; quelli gialli i sismografi: ad ogni sismografo sono collegati 24 ricevitori (del geode 7 dello stendimento 3 sono attivi solo i primi 14 canali); i punti rossi sono relativi alle posizioni di energizzazione.

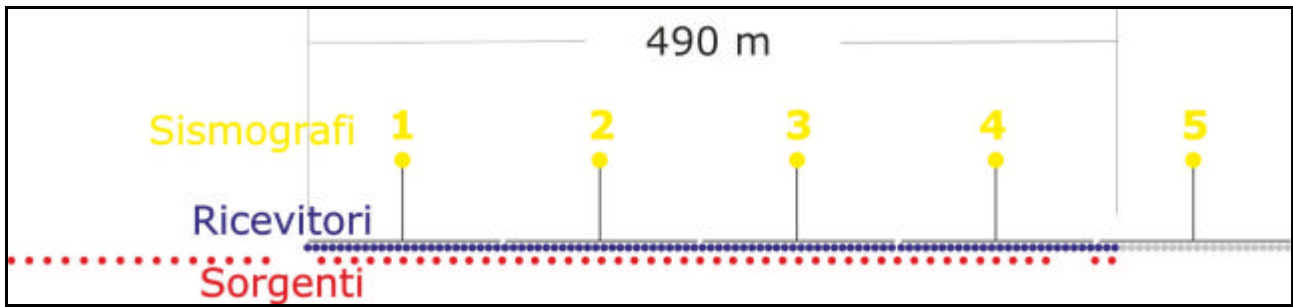


Fig. 12. Schema di acquisizione utilizzato per il profilo sismico "Parcines2". I punti blu rappresentano i ricevitori; quelli gialli i sismografi: ad ogni sismografo sono collegati 24 ricevitori (del geode 5 sono attivi solo i primi 3 canali); i punti rossi sono relativi alle posizioni di energizzazione.

In ogni posizione d'energizzazione sono stati acquisiti 3 sweep lineari della durata di 15 s, con frequenze che vanno dai 10 ai 200 Hz. La somma delle tre registrazioni in un'identica posizione consente di ridurre notevolmente il rumore ambientale già in fase d'acquisizione.

Il profilo sismico Parcines 1 è posizionato ad Ovest dell'abitato di Parcines (figura 13).

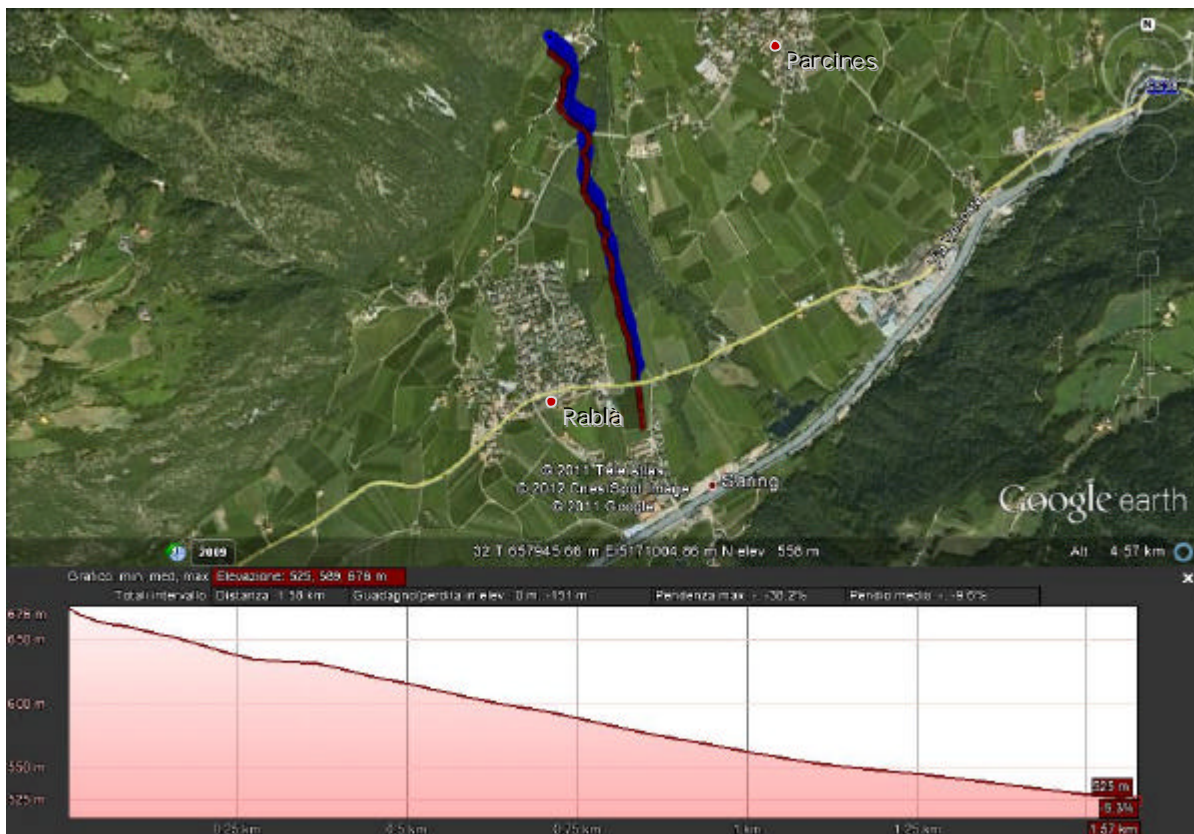


Fig. 13. Profilo sismico Parcines 1. In blu sono rappresentati i ricevitori; i punti rossi sono relativi alle posizioni di energizzazione.

Il profilo è stato acquisito con energizzazioni da Nord verso Sud. L'acquisizione è stata eseguita utilizzando un array di 168 canali (pari a 7 Geodi) che è stato traslato per

due volte lungo il profilo (figura 11). Una prima volta sono stati spostati i 4 Geodi verso Sud e lasciando 3 Geodi in comune con l'array precedente; per estendere poi il profilo fino la strada statale, è stato spostato un solo Geode ancora verso Sud, lasciando 6 geodi in comune con l'array precedente.

Al fine di colmare il gap d'acquisizione legato alla presenza della strada statale (dove non è stato possibile posizionare sensori), si è proceduto ad energizzare per circa 150 metri verso Sud all'esterno dello stendimento numero 3 (figura 11).

Nella Tabella seguente sono riportati i dati relativi alla geometria d'acquisizione del profilo Parcines 1.

Profilo Parcines1	
Lunghezza	1520 m
Sorgente sismica	IVI - MINIVIB
Distanza intergeofonica	5 m
Spaziatura sorgenti	10 m
Numero energizzazioni	169
Numero canali complessivi	278 geofoni verticali a 10 Hz
Spaziatura CDP	2.5 m
Massima copertura CDP	83
Numero CDP	596

Tabella 1: parametri della geometria d'acquisizione del profilo di Parcines1.

Il passo di campionamento impiegato è stato di 1 ms; le tracce totali acquisite sono state 27816. La geometria d'acquisizione utilizzata ha consentito di avere un'elevata copertura CDP con un valore massimo di 83 tracce (figura 14).

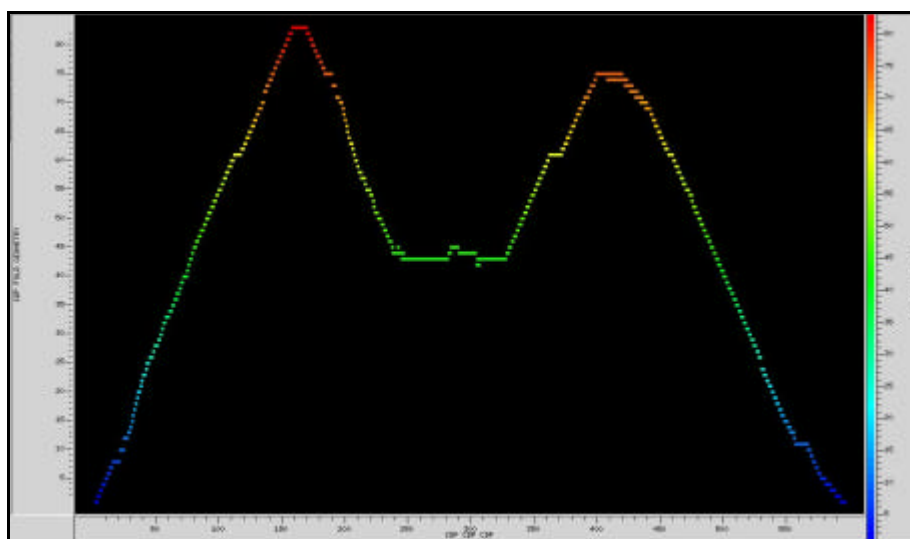


Fig. 14. Copertura dei CDP per il profilo sismico Parcines 1.

Il profilo sismico Parcines 2 è posizionato immediatamente alla destra dell'abitato di Rablà (figura 15).

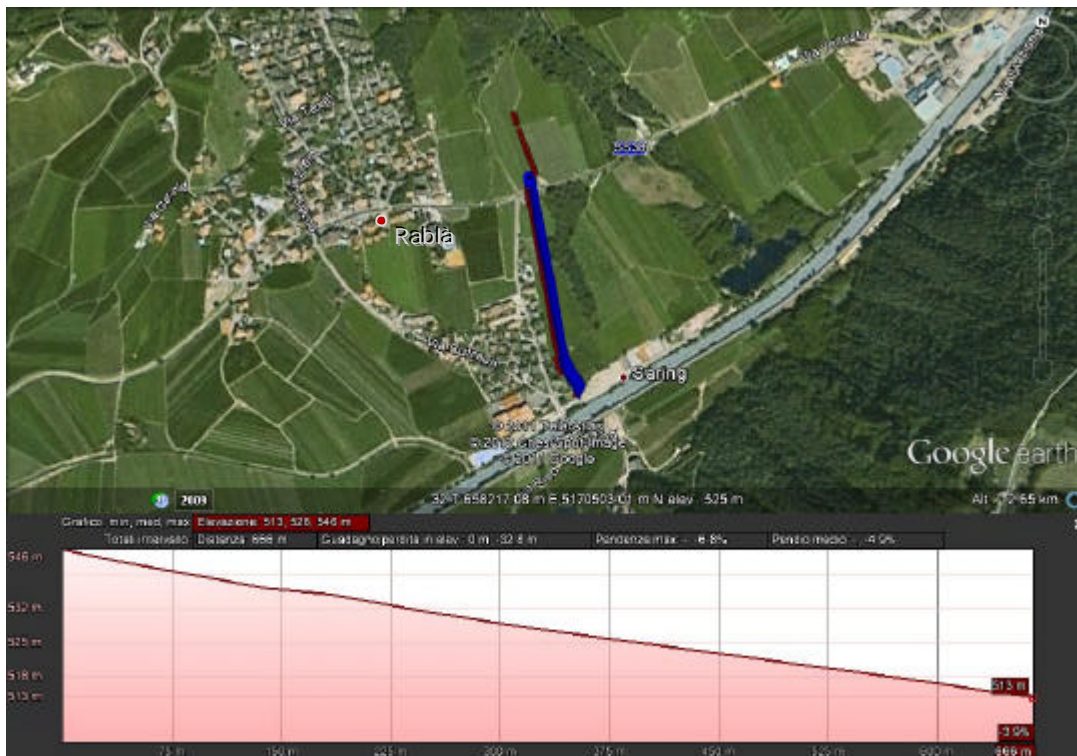


Fig. 15. Profilo sismico Parcines 2. In blu sono rappresentati i ricevitori; i punti rossi sono relativi alle posizioni di energizzazione.

L'acquisizione è stata eseguita utilizzando un unico array di 99 canali (figura 12) con energizzazioni da Sud verso Nord. In analogia con quanto fatto per il profilo Parcines 1, superata la strada statale, si è energizzato oltre lo stendimento geofonico verso Nord, per circa 140 metri.

Nella Tabella 2 sono riportati i dati relativi alla geometria d'acquisizione del profilo Parcines 2.

	Profilo Parcines2
Lunghezza	530 m
Sorgente sismica	IVI - MINIVIB
Distanza intergeofonica	5 m
Spaziatura sorgenti	10 m
Numero energizzazioni	63
Numero canali	99 geofoni verticali a 10 Hz
Spaziatura CDP	2.5 m
Massima copertura CDP	48
Numero CDP	238

Tabella 2: parametri della geometria d'acquisizione del profilo di Parcines2.

Il passo di campionamento impiegato è stato di 1 ms; le tracce totali acquisite sono state 6237. La geometria d'acquisizione utilizzata ha permesso di avere una copertura con un massimo di 48 tracce per CDP (figura 16).

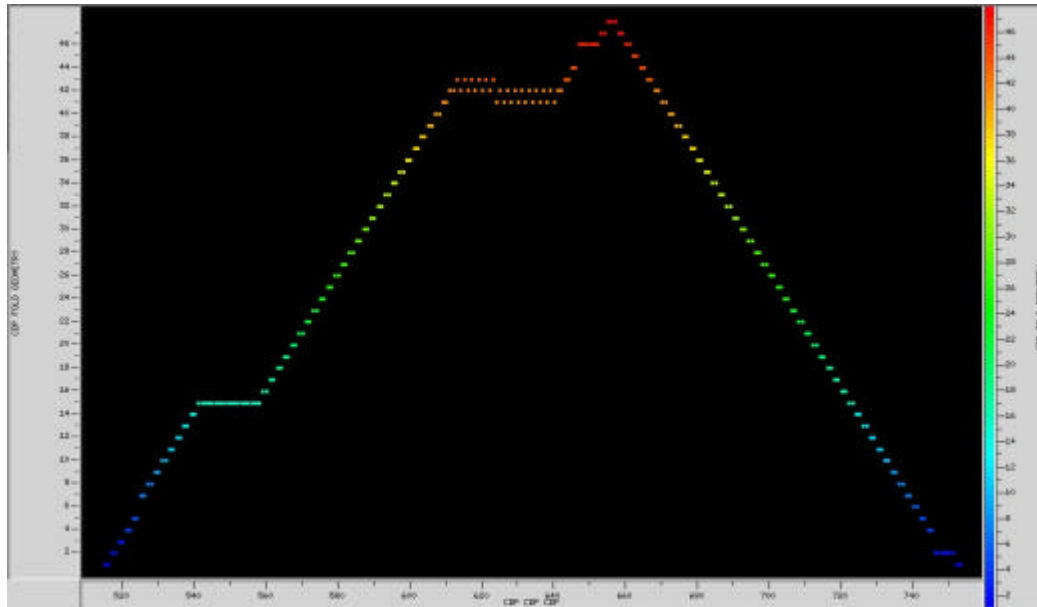


Fig. 16. Copertura dei CDP per il profilo sismico Parcines 2.

5. ESEMPIO DI DATO

L'analisi preliminare dei dati sismici acquisiti a Parcines ha messo in evidenza una buona qualità del dato. Le fasi primarie sono ben evidenti, rispetto al rumore sismico ambientale, anche per ricevitori a grande distanza dalla sorgente (figura 17).

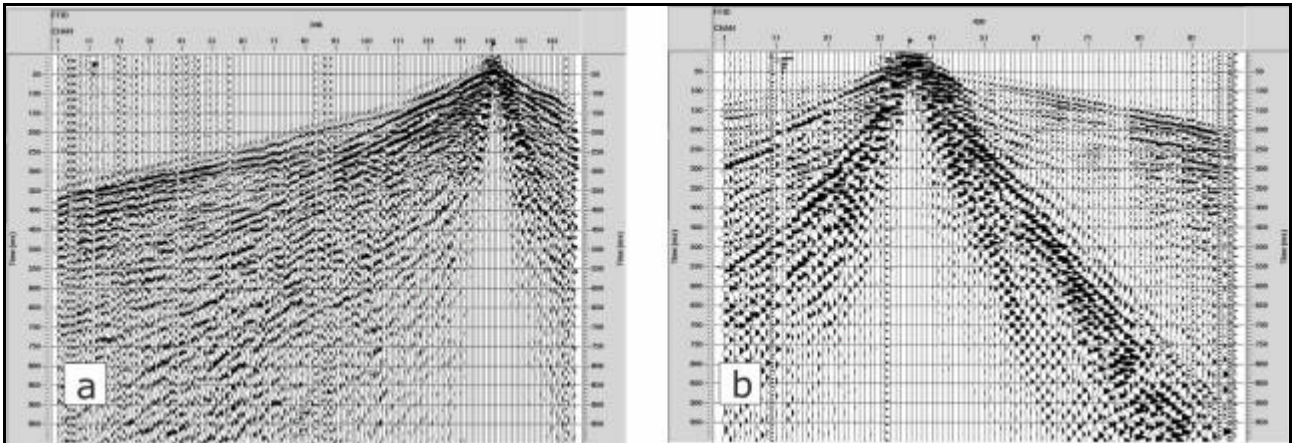


Fig. 17. Esempio di Common Shot Gather acquisito a Parcines 1 (a) e Parcines 2 (b).

Gli offset (distanza sorgente-ricevitori) massima registrati per i profili sono: 938 metri per il profilo Parcines 1 e 656 metri per il profilo Parcines 2. In questo modo i dati potranno essere elaborati sia in chiave sismica a riflessione che a rifrazione. Questa elaborazione combinata permetterà, infatti, di ottenere informazioni complementari in termini di modelli di riflettività (sezioni stack) e di immagini tomografiche, queste ultime determinate mediante inversione dei tempi di primo arrivo delle onde P.

RINGRAZIAMENTI

Le attività di questo rapporto sono state attuate grazie al finanziamento della provincia Autonoma di Bolzano di cui si ringrazia il dott. Loren Keim per le utili informazioni fornite ed il supporto scientifico.

Si ringrazia l'ufficio tecnico del comune di Parcines per la fattiva collaborazione durante le fasi del sopralluogo.

Si ringraziano inoltre Paolo Gasparini, Roberto Muti e Fabio Vigliotta di AMRA S.c.ar.l. per il sostegno scientifico ed amministrativo.

6. BIBLIOGRAFIA

Bruno, P.P., Improta, L., Castiello, A., Villani, F., Montone, P., 2010. The Vallo di Diano fault system; new evidence for an active range-bounding fault in southern Italy using shallow, high-resolution seismic profilino BSSA 100(2):882-890.

Dell'Aversana P., E. Ceragioli S. Morandi and A. Zollo (2000). A simultaneous acquisition test of high density "global offset" seismic in complex geological settings. First Break 18, 87-96.

Improta, L., A. Zollo, P.P. Bruno, A. Herrero, and F.Villani, (2003). High-resolution seismic tomography across the 1980 (Ms 6.9) Southern Italy earthquake fault scarp, Geoph. Res. Lett., 30-10, 1494-1498.