

**CONSORZIO DI BONIFICA DELLA
BARAGGIA BIELLESE E VERCELLESE**

**RIFACIMENTO INVASO SUL TORRENTE SESSERA IN SOSTITUZIONE
DELL'ESISTENTE PER IL SUPERAMENTO DELLE CRISI
IDRICHE RICORRENTI, IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA IDRICA
DEGLI INVASI ESISTENTI SUI TORRENTI RAVASANELLA ED OSTOLA,
LA VALORIZZAZIONE AMBIENTALE DEL COMPENSORIO**

DATA PROGETTO

APRILE 2010

AGGIORNAMENTO
PROGETTO

ATTIVITÀ DI PROGETTAZIONE



(dott. ing. Domenico Castelli)

CONDOTTA PRIMARIA ED UTILIZZAZIONE IDROELETTRICA

**STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO
DELLA GALLERIA DI GRANERO
RISULTATI DELL'INDAGINE GEOFISICA**

ELABORATO N.

RC4.11

ATTIVITÀ SPECIALISTICA



(Geol. Ing. Massimo PIETRANTONI)

PROGETTO DEFINITIVO

PRATICA N°10131D

ARCH. N° IB080

MODIFICHE
AGGIORNAMENTI

Aggiornamento
Data

CONTROLLO

Firma

OPERATORE

AT

CONTROLLO

MP

APPROVAZIONE

DC

Consorzio di Bonifica della Baraggia Biellese e Vercellese - VERCELLI

NUOVO INVASO SUL TORRENTE SESSERA PER IL SUPERAMENTO DELLE CRISI IDRICHE RICORRENTI, IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA IDRICA DEGLI INVASI ESISTENTI SUI T. RAVASANELLA ED OSTOLA, LA VALORIZZAZIONE E LO SVILUPPO DELL'AMBIENTE DEL COMPRESORIO DI BONIFICA.

- INDAGINI GEOGNOSTICHE PROPEDEUTICHE AL PROGETTO DEFINITIVO -



INDAGINI GEOFISICHE GALLERIA COGGIOLA
RAPPORTO FINALE - MARZO 2010

INDICE

	<i>pag.</i>
1. GENERALITA' E SCOPO DEL LAVORO	2
2. ATTREZZATURE E METODOLOGIE UTILIZZATE	4
2.1 Strumentazione	4
2.2 Metodo Sismico a Rifrazione – Principi generali	6
3. MODALITA' OPERATIVE DEL RILIEVO	8
3.1 Sito Centrale Idroelettrica Piancone	8
3.2 Sito sbocco galleria Coggiola	11
4. ANALISI ED INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI	12
4.1 Centrale Idroelettrica Piancone – Sismica a Rifrazione	12
4.2 Sbocco galleria Coggiola – Sismica a Rifrazione	15
4.3 Rilievo dei punti di indagine sui due siti	16

APPENDICE

- A - SEZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE INTERPRETATE
- B - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLE ATTIVITA'

ALLEGATI

- ❖ Sessera-2010 - ARCHIVIO DIGITALE SU CD-ROM
- ❖ RAPPORTO FINALE - APRILE 2005 - INDAGINI PROGETTO PRELIMINARE

1. GENERALITA' E SCOPO DEL LAVORO

Nel periodo compresi tra il 23 ed il 29 Novembre 2009 e' stata realizzata, su incarico del Consorzio di Bonifica della Baraggia Biellese e Vercellese, una campagna di indagini geofisiche, nell'ambito del piano di indagini a supporto della progettazione della nuova galleria idraulica con sbocco in prossimita' dell'abitato di Coggiola.

Tali indagini, costituite da stendimenti di sismica a rifrazione multicanale, sono state realizzate da una squadra di tre geofisici e successivamente integrate da un rilievo topografico.

Per tutte le attivita' di indagine sismica e' stato utilizzato un sismografo Abem Terraloc Mk8 a 24 canali dotato di convertitori analogico/digitali a 16bit, collegato a geofoni verticali mod. Sensor con frequenza centrale 10Hz.

Per le sorgenti di energizzazione sono stati utilizzati una massa battente da 8kg ed un cannone sismico con cariche industriali calibro 8 a proiettile piatto.

L'impulso di time-break e' stato realizzato con geofono starter o per chiusura di contatto sulla sorgente.

Le prospezioni erano finalizzate alla caratterizzazione e differenziazione, in funzione delle diverse velocita' di propagazione delle onde elastiche, delle varie litologie presenti sulle aree interessate dalle opere ed alla stima delle relative caratteristiche meccaniche, onde consentire le scelte progettuali per la realizzazione.

Elementi oggetto di determinazione erano quindi lo spessore delle coperture ed il grado di fratturazione e/o alterazione della roccia nella fascia superiore, rispetto alla parte piu' profonda ed intatta della formazione.

La distribuzione degli stendimenti di sismica a rifrazione sulle due aree di indagine:

- centrale idroelettrica del Piancone e
- sbocco galleria idraulica in prossimita' di Coggiola,

e' stata adattata alle condizioni morfologiche di dettaglio riscontrate in situ, attenendosi quando possibile allo schema preliminare stabilito e modificandolo come necessario per cercare di conseguire una copertura ottimale entro i limiti di una corretta geometria di acquisizione.

Nella prima fase della campagna tutti i punti di inizio e fine linea sismica sono stati provvisoriamente marcati con nastro segnaletico riportante le indicazioni dello stendimento relativo. Successivamente, durante la seconda fase, un rilievo topografico eseguito con Gps differenziale ha consentito di determinare con accuratezza le posizioni dei punti in coordinate UTM (datum Wgs84).

In considerazione di alcune criticita' di acquisizione dovute all'alternanza di roccia in posto ed accumuli di materiale detritico ed onde garantire la massima qualita' di restituzione, l'acquisizione dei dati e la successiva elaborazione, anche se non espressamente richiesto dalle specifiche, sono state realizzate in modalita' tomografica.

In tutti gli stendimenti eseguiti e' stato quindi possibile intercettare un rifratore veloce (substrato), ivi incluso quello lungo l'asse della galleria allo sbocco di Coggiola, dove la presenza di uno strato aerato di un certo spessore ha richiesto un accoppiamento particolare per i geofoni e l'uso continuativo del cannoncino sismico per l'energizzazione.

I risultati della prospezione, commentati nei paragrafi successivi, sono presentati in appendice sotto forma di sezioni sismostratigrafiche interpretate, rappresentative dell'andamento dei rifrattori e dei litotipi correlati a quelli caratteristici dell'area in esame. Su tali elaborati sono indicate velocita' e profondita' dei rifrattori stessi.

Nei paragrafi a seguire vengono inoltre dati dei cenni sulle attrezzature utilizzate e sui principi generali delle metodologie adottate.

A compendio della presente relazione sono presentate:

- le sezioni sismiche tomografiche e la relative interpretazioni sismostratigrafiche
- la documentazione fotografica delle attivita' di cantiere

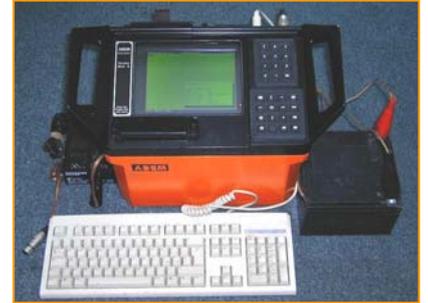
E' infine fornito in allegato un CD-Rom contenente il suindicato materiale, archiviato in formato digitale.

2. ATTREZZATURE E METODOLOGIE UTILIZZATE

2.1 STRUMENTAZIONE

Sismografo digitale ABEM mod.Terraloc MK8 a 24 canali dotato di:

- possibilità di visualizzazione istantanea delle tracce su display 8,4" TFT LCD attivo;
- possibilità di registrazione ad incremento di segnale (stacking);
- funzione di monitoring dei disturbi;
- dispositivi di filtraggio selettivo;
- ritardo di acquisizione preselezionabile;
- zoom delle tracce video;
- computer interno Low power AMD LX800 500 MHz/1 GB RAM (OS Windows XP) con software di acquisizione SeisTW;
- interfaccia USB 2.0 per lo scaricamento dei dati.



- Geofoni (#24) verticali a 10,0 Hertz.

I geofoni verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 10,0 Hz, consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno.

Il sistema di acquisizione si completa con i seguenti elementi:

- Cavi sismici multipolari schermati armati in Kevlar per stendimenti fino a 290 m di lunghezza
- Energizzatore tipo Isotta con cartucce industriali calibro 8, energia >1.000 kg.m
- Funzione time-break assoluta da un geofono starter



2.2 METODO SISMICO A RIFRAZIONE – Principi Generali

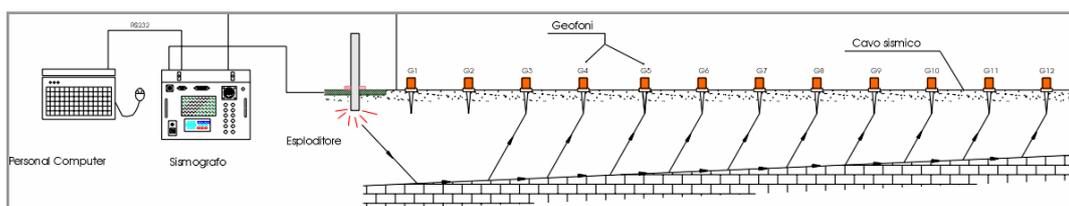
Il metodo sismico a rifrazione si basa sulla generazione artificiale di impulsi sismici, sotto forma di onde elastiche, per la determinazione delle velocità di propagazione nel terreno, essendo queste variabili secondo la natura dei terreni attraversati.

Il principio base della sismica a rifrazione richiede che le velocità degli strati attraversati siano crescenti dall'alto verso il basso.

In questo metodo di indagine, di tipo indiretto, viene esaminata la propagazione delle onde elastiche più veloci, ossia quelle longitudinali (onde "P"), caratterizzate da una direzione di vibrazione delle particelle parallela a quella di propagazione dell'impulso sismico.

La velocità di propagazione delle onde (V_p) varia anche in relazione allo stato di alterazione delle rocce e ad altre caratteristiche come chimismo, porosità, scistosità e stratificazione.

A seguito di una energizzazione del terreno, realizzabile con dispositivi di vario tipo, vengono acquisiti da un registratore (sismografo) i primi impulsi che giungono ad appositi trasduttori, i geofoni, disposti lungo un allineamento passante per il punto di energizzazione.



Schema di esecuzione di un profilo sismico a rifrazione

I geofoni più vicini al punto di energizzazione sono raggiunti dall'onda diretta, mentre a quelli successivi arrivano per prime le onde che hanno attraversato lo strato sottostante, più veloce, e che da esso sono state rifratte.

La profondità di penetrazione è vincolata alla lunghezza dello stendimento in un rapporto che, solo in casi ottimali, può raggiungere l' 1:3.

Riportando i dati acquisiti dal sismografo su un diagramma spazio - tempo, si ottiene una linea spezzata (dromocrona), i cui rami presentano una pendenza dipendente dalla velocità di propagazione delle onde sismiche negli strati.

Le coordinate del punto di intersezione tra i tratti a diversa pendenza sono determinate dallo spessore degli strati.

Con due o più punti di energizzazione e con profili rilevati in versi opposti è possibile determinare l'andamento degli strati anche quando le superfici sono inclinate, mentre con un elevato numero di scoppi (arrivando anche ad uno per geofono) è possibile definire l'andamento di superfici molto irregolari oppure ondulate.

A tale proposito, è comunque necessario specificare che la sismica a rifrazione consente di definire le velocità delle onde longitudinali in funzione delle diverse caratteristiche elastiche dei materiali attraversati, pertanto il cambiamento di velocità individua delle superfici isocinetiche, che non necessariamente corrispondono in maniera univoca a contatti stratigrafici.

È nel contempo evidente che in campo applicativo, ovvero come strumento di verifica delle effettive caratteristiche meccaniche dei materiali, in indagini finalizzate alla realizzazione di opere civili, la sismica a rifrazione si rivela insostituibile per la sua capacità di indagare sul comportamento "in grande" di una formazione.

Operando in sito, infatti, è possibile misurare la risposta geomeccanica reale di una formazione, spesso molto differente da quella determinata in laboratorio su campione, palesemente inficiata dall'impossibilità di valutare e riprodurre le varie condizioni al contorno, quali ad esempio confinamento litostatico, presenza di strati più o meno fratturati, zone di alterazione, stratificazioni, presenza o meno di acqua, ecc...

3. MODALITA' OPERATIVE DEL RILIEVO

3.1 Sito Centrale idroelettrica PIANCONE

A seguito dell'acquisizione della documentazione disponibile, sono stati effettuati alcuni sopralluoghi congiunti con i tecnici della Committente per concordare l'approccio operativo e verificare in situ le condizioni esistenti all'atto dell'inizio dei lavori, stabilendo quindi le migliori geometrie di stendimento realizzabili.

Nell'imminenza dell'arrivo di un periodo di maltempo con previsione di forti nevicate, si e' cercato di accelerare al massimo l'inizio delle attivita', onde realizzare gli stendimenti sismici mentre l'area fosse ancora praticabile.

I punti di indagine previsti erano distribuiti su tre zone:

- alveo del torrente Sessera all'altezza della centrale;
- piazzale in destra idrografica, in prossimita' del ponte;
- parete in destra idrografica.

Gli stendimenti sono stati posizionati in modo da ottenere la massima estensione rettilinea possibile e guadagnare quindi la massima penetrazione.

Le energizzazioni sono state eseguite mediante massa battente, costituita da una mazza da 8 kg impattante su una piastra di alluminio di forte spessore (time-break mediante chiusura di contatto).

Per ciascun punto di misura sono state eseguite numerose energizzazioni ricorrendo alla tecnica dello "stacking", ovvero della realizzazione di energizzazioni multiple sul punto di scoppio, acquisite in sommatoria di segnale sul sismografo.

Questa tecnica consente di migliorare considerevolmente il rapporto segnale/disturbo, in ragione del fatto che, in un certo numero di energizzazioni eseguite con la stessa geometria di acquisizione, il segnale tende a rafforzarsi, mentre i disturbi, caratterizzati da comportamento casuale, tendono, secondo meccanismi stocastici, ad elidersi tra loro per opposizione di fase.

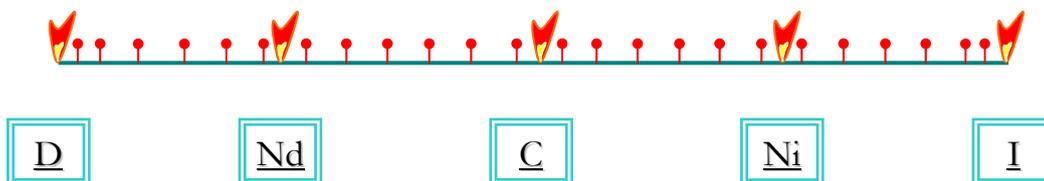
Nella fase di acquisizione dei dati non e' stato necessario l'uso di filtri in frequenza, ma ci si e' avvalsi della funzione di monitoraggio del rumore ambientale per la scelta del momento piu' opportuno per l'energizzazione e la registrazione.

GEOMETRIA DEGLI STENDIMENTI

Gli stendimenti eseguiti sono stati realizzati tutti su percorsi orizzontali, cercando di sfruttare al massimo gli spazi rettilinei disponibili. Come programmato, sono stati realizzati 2 stendimenti in parete in destra idrografica, uno stendimento trasversale in alveo e due stendimenti ortogonali tra loro sul piazzale in destra del ponte sul torrente Sessera.

Per garantire la restituzione dei dati in modalita' tomografica sono stati realizzati da 5 a 7 punti di energizzazione per ciascuno stendimento.

SCHEMA DI UNA CONFIGURAZIONE A 5 SCOPPI E 24 GEOFONI



C : energizzazione centrale; **D** : energizzazione diretta; **I** : energizzazione inversa;
Nd ed Ni : energizzazioni intermedie.

Si riporta a fine paragrafo una mappa schematica del rilievo, mentre per la definizione esatta degli stendimenti sono riportate, nel capitolo successivo, le coordinate di inizio e fine linea rilevate successivamente con Gps differenziale. Per l'orientamento delle sezioni si e' seguita la regola di posizionare sempre la diretta a monte idrografico per le longitudinali ed in destra idrografica per le trasversali all'asta fluviale.

Stendimento n.9 – Centrale Piancone, longitudinale di monte, sez. inferiore

E stato realizzato per la massima estensione possibile in senso longitudinale all'asta fluviale, lungo la parete in destra idrografica. Sviluppa 24 metri, con interdistanza geofonica 1 metro e 5 punti di energizzazione.

Stendimento n.10 – Centrale Piancone, longitudinale sul piazzale

Realizzato sul piazzale in destra idrografica, in vicinanza del ponte, sviluppa una lunghezza di 36 metri, con interdistanza geofonica 1,5 metri e 5 punti di energizzazione.

Stendimento n.11 – Centrale Piancone, trasversale sul piazzale

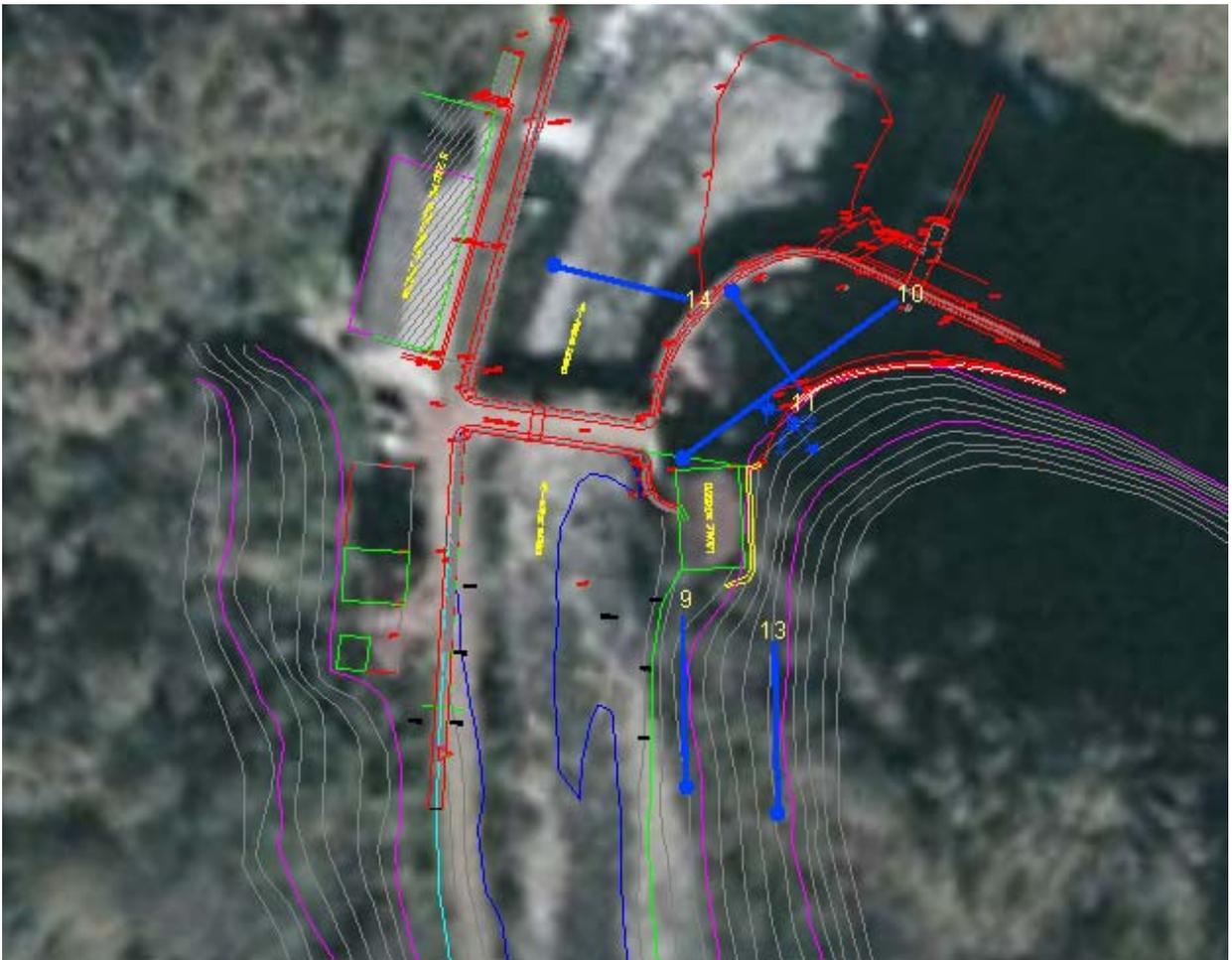
Perpendicolare al precedente, si estende per una lunghezza di 18 metri con interdistanza geofonica di 1,5 metri e n.5 punti di energizzazione..

Stendimento n.13 – Centrale Piancone, longitudinale di monte, sez. superiore

Si sviluppa in parete destra, longitudinalmente rispetto all'alveo per 24 metri ed ha una interdistanza geofonica di 1 metro con 5 punti di energizzazione.

Stendimento n.14 – Centrale Piancone, trasversale in alveo

Si sviluppa in alveo del torrente, dal muro in destra idrografica fino al pelo acqua in sinistra. Si estende per 19 metri ed ha una interdistanza geofonica di 1 metro con 7 punti di energizzazione.



3.2 Sito sbocco galleria Coggiola

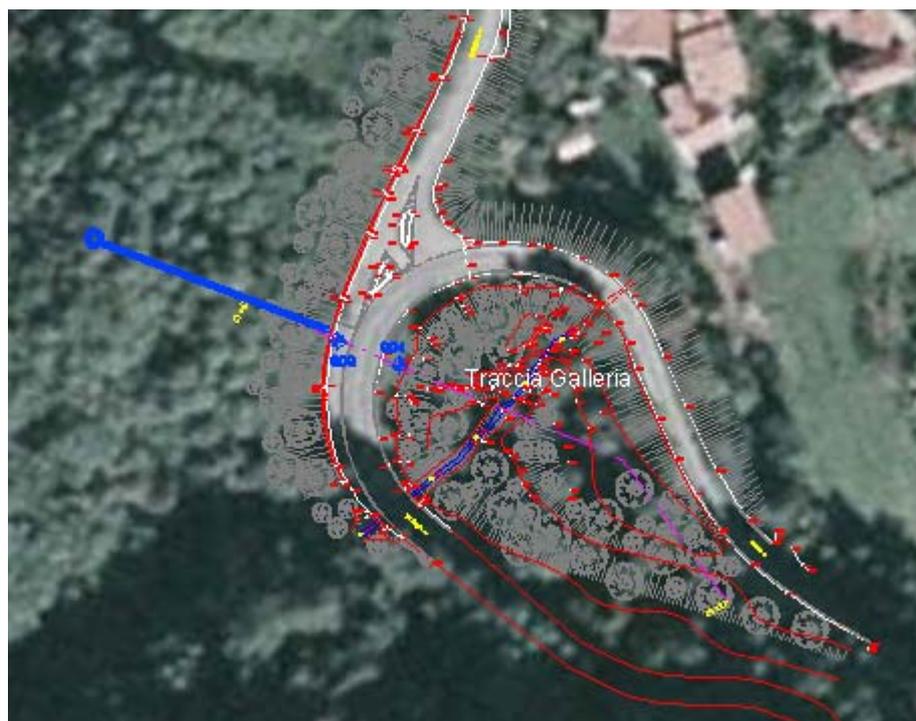
Per il dimensionamento dello spessore di copertura detritica e per identificare le caratteristiche meccaniche della formazione presente sul sito del portale di sbocco della galleria idraulica e' stato realizzato uno stendimento longitudinale sulla linea di massima pendenza.

La notevole acclivita' del versante ha richiesto l'utilizzo di corde ed imbracature per poter operare in totale sicurezza ed accorgimenti particolari nell'accoppiamento dei geofoni al terreno, causa la presenza di una coltre vegetale molto aerata e poco compatta.

Anche in questo caso, onde garantire la restituzione dei dati in modalita' tomografica, sono stati realizzati n.7 punti di energizzazione per lo stendimento.

Stendimento n.12 – Galleria Coggiola, longitudinale sul portale di sbocco

Lo stendimento e' stato realizzato con lunghezza molto superiore a quanto previsto, poiche' si presumeva la presenza di una copertura di spessore considerevole e si desiderava la massima penetrazione possibile. In ragione di cio' e delle condizioni di accoppiamento non ideali (uno spesso strato vegetale, molto poco trasmissivo sotto il profilo acustico) si optava per l'utilizzo del cannoncino sismico quale sorgente di energizzazione. Lo stendimento realizzato si sviluppa per una lunghezza di 60 metri con interdistanza geofonica 2,5 metri e n.7 punti di energizzazione.



4. ANALISI ED INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

4.1 Centrale Idroelettrica Piancone – Sismica a Rifrazione

L'analisi delle dromocrone ha permesso di elaborare, in corrispondenza di ciascuna linea sismica, un modello del sottosuolo in funzione delle velocità di propagazione delle onde longitudinali.

Obiettivo delle indagini era la determinazione dello spessore di copertura sulla roccia sana e di eventuali fasce più allentate soprastanti, definendo le caratteristiche meccaniche dell'area in futuro interessata dalle attività di estensione degli impianti.

La variabilità delle condizioni superficiali e dei primi strati in termini di velocità delle onde "P" ha consigliato, per ottenere una restituzione adeguatamente accurata, l'uso di tecniche di tomografia sismica in luogo delle comuni tecniche di sismica a rifrazione. Ciò ha comportato, pena un allungamento dei tempi operativi (ed un notevole incremento di complessità in fase di elaborazione dati) la possibilità di definire campi di velocità sismiche variabili senza soluzione di continuità (e non in forma discretizzata, come nelle tecniche normali) e molto più attinenti e rappresentative delle reali caratteristiche del sottosuolo.

I 6 stendimenti realizzati, 5 in centrale ed uno sul portale di sbocco della galleria, hanno intercettato tutti il substrato roccioso. La corrispondente velocità delle onde "P" ha frequentemente superato i 5.000 m/s, mantenendosi comunque sempre superiore ai 3.500 m/s.

I risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati sono stati visualizzati mediante sezioni sismostratigrafiche interpretate (allegato A) che riportano, in funzione della distanza dall'energizzazione diretta, la profondità dei rifrattori e la velocità dei sismostrati intercettati.

Per ciascuno stendimento eseguito è allegata una tavola comprendente, oltre alle informazioni di inquadramento del lavoro:

- una key-map con ortofoto a colori con l'identificazione della sezione in esame (in rosso) e la direzione dello stendimento (diretta indicata dal pallino rosso);

- la restituzione tomografica normalizzata (in alto) con l'indicazione del profilo superficiale e le fasce di velocità differenziate cromaticamente e con l'indicazione del valore numerico in m/s;
- una sezione interpretativa (in basso) che determina, con aree campite sovrapposte, la correlazione tra la risposta alle onde longitudinali ed il litotipo interpretato corrispondente;
- una legenda che mette a confronto la scala cromatica verticale delle velocità delle onde "P" con i simboli di campitura assegnati ai vari litotipi.

Stendimento n.9

Si sviluppa parallelamente all'alveo, in sponda destra. E' lo stendimento piu' in basso tra i due eseguiti in parete, a monte del ponte della centrale. La sezione evidenzia roccia massiva in posto gia' a pochi metri di profondita'; l'andamento del rifratore piu' veloce (fino a circa 5.000 m/s) risulta tuttavia discontinuo, ad indicare una superficie rocciosa non regolare. La coltre di terreno vegetale e materiale detritico non supera i 2 metri L'andamento della fascia di transizione indica un accumulo di materiale detritico di spessore variabile tra i 2 ed i 4 metri.

Stendimento n.10

E' uno stendimento che attraversa tutto il piazzale in destra idrografica, dal limite della costruzione esistente fino alla struttura dello sgrigliatore automatico. Gli strati di roccia massiva in posto presentano un andamento inclinato tra i 4 ed i 10 metri di profondita' da monte verso valle; anche in questo caso si rilevano valori (5.000 m/s) certamente attribuibili alla roccia sana. L'andamento della fascia intermedia di velocità risulta molto discontinuo, quasi ad evidenziare la presenza di una grossa massa isolata in una fascia di copertura ad andamento piu' regolare.

Stendimento n.11

Ortagonale allo stendimento n.9, si sviluppa sul piazzale in destra tra il muro di sponda e la parete rocciosa, attraversando la strada di accesso. La ridotta lunghezza disponibile non ha consentito una penetrazione superiore ai 6-7 metri, tuttavia si evidenzia un regolare incremento delle velocità degli strati fino a superare i 3.500 m/s e dalla estrema regolarita' della sequenza si puo' ipotizzare che appena piu' in basso

sarebbe intercettabile lo strato roccioso con velocità superiori ai 4000-5000 m/s, come rilevato negli altri stendimenti dell'area.

Stendimento n.13

Si sviluppa parallelamente all'alveo, in sponda destra. E' lo stendimento piu' in alto tra i due eseguiti in parete, a monte del ponte della centrale. Anche in questo caso, stante la scarsa lunghezza disponibile, non e' stato possibile ottenere penetrazioni superiori ai 6 metri, non intercettando quindi gli strati piu' veloci, ben visibili nel profilo parallelo eseguito piu' in basso. E' tuttavia possibile rilevare nella parte piu' in basso della sezione come le velocità aumentino regolarmente fino a superare i 3.500 m/s, che possiamo attribuire alla parte piu' corticale, presumibilmente piu' fratturata o alterata della roccia sana sottostante. In questa sezione risulta piu' ampia la fascia di materiali a bassa velocità, facendo presumere un accumulo di materiale detritico di almeno 4-5 metri.

Stendimento n.14

Lo stendimento attraversa l'alveo del Torrente Sessera dal muro in sponda sinistra fino al pelo acqua in prossimità del centro dell'edificio della centrale, per una lunghezza di circa 20 metri.

Sviluppa una penetrazione verticale di circa 7 metri e si caratterizza per l'estrema regolarità nella sequenza dei rifrattori. La velocità cresce regolarmente verso il basso fino ad individuare gli strati di roccia sana in posto, presenti per tutta la lunghezza della sezione a partire dai 6 metri di profondità'. La sequenza di materiale di accumulo alluvionale risulta particolarmente regolare, con una diminuzione degli spessori in direzione della centrale, dove il letto roccioso sembra risalire fino a poco meno di 4 metri di profondità'.

4.2 Sbocco Galleria Coggiola – Sismica a rifrazione

Il profilo n. 12 e' relativo all'area di sbocco di una galleria idraulica, in prossimita' di un grande tornante stradale appena fuori dell'abitato di Coggiola.

Lo stendimento e' stato eseguito approssimativamente lungo l'asse del tratto di sbocco della galleria e si sviluppa quasi sulla linea di massima pendenza del versante, con una differenza di quota tra diretta ed inversa di oltre 30 metri. L'allungamento fino a 60 metri dello stendimento, suggerito dalle condizioni ipotizzabili, ha consentito di intercettare il rifrattore correlato alla roccia sana, che si individua piuttosto profonda per tutta la lunghezza della sezione. Come e' possibile vedere, la copertura di materiale a bassa velocita' risulta molto consistente (piu' di 10 metri su tutto lo sviluppo), mentre la fascia di transizione, afferibile alla parte piu' corticale della formazione rocciosa, risulta di spessore molto esiguo, a testimoniare che a partire da una profondita' tra i 12 ed i 15 metri sono presenti strati di roccia sana e compatta, che raggiunge i valori piu' alti riscontrati ($V_p > 5.500$ m/s) sull'area di indagine.

4.3 Sito diga Sessera – Rilievo dei punti di indagine

Come gia' indicato, nel corso delle indagini si e' provveduto a rilevare in maniera speditiva le postazioni di misura con Gps palmare, marcandole pero' con nastro segnaletico per poter successivamente realizzare un rilievo topografico rigoroso mediante unita' Gps differenziali di classe geodetica.

Tale rilievo e' stato realizzato nella seconda parte della campagna, a seguito dell'esecuzione delle misure in foro sul sito diga. Le attivita' si sono svolte mediante utilizzo di un sistema differenziale GX 1230 della Leica (vedere specifiche in Cap.2).

Per i due siti di indagine sono state posizionate due stazioni base:

- per la centrale del Pincone, in corrispondenza di una bulletta topografica presente sul basamento del ponte in spalla sinistra (vedere foto);
- per lo sbocco della galleria Coggiola, in prossimita' di uno dei sondaggi eseguiti, correlandola ad alcuni punti notevoli presenti (es. limiti del tombinamento stradale).

Pur potendo godere di condizioni decisamente migliori rispetto al sito diga in quanto a copertura e visibilità satellitare, le operazioni di rilievo sono state allungate dai disturbi indotti da una forte nevicata in atto, responsabile di decremento della qualità del segnale per fenomeni di multipath.

I punti rilevati, completi di indicazione di identificazione delle indagini, sono elencati in coordinate WGS84 nella tabella allegata a seguire.

Roma, 28 Marzo 2010



(dott. Valerio.Ricciardi)

SESSERA 2 - TABELLA COORDINATE DEI PUNTI DI MISURA

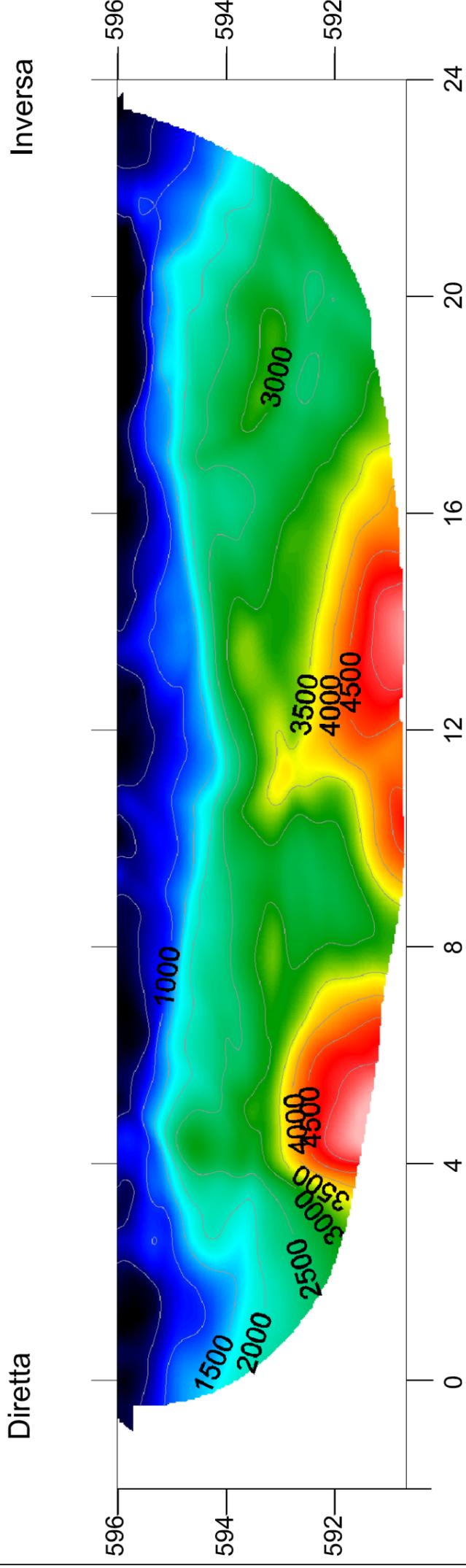
Item	Sito	Posizione	UTM (wgs84) Est	UTM (wgs84) Nord	Quota m
Stendimento 1	Diga-Alveo	Trasversale di monte - Diretta	429.383,84	5.061.220,65	865,78
		Trasversale di monte - Inversa	429.392,23	5.061.231,70	864,56
Stendimento 2	Diga-Alveo	Trasversale di Valle - Diretta	429.389,34	5.061.218,60	867,38
		Trasversale di Valle - Inversa	429.403,36	5.061.228,41	863,98
Stendimento 3	Diga-Alveo	Longitudinale Dx idr. - Diretta	429.395,02	5.061.228,19	864,64
		Longitudinale Dx idr. - Inversa	429.406,97	5.061.178,13	863,61
Stendimento 4	Diga-Alveo	Longitudinale Sn idr. - Diretta	429.383,61	5.061.224,98	867,73
		Longitudinale Sn idr. - Inversa	429.419,16	5.061.192,33	863,21
Stendimento 5	Diga-Conoide	Longitudinale superiore - Diretta	429.385,49	5.061.205,70	881,86
		Longitudinale superiore - Inversa	429.389,21	5.061.186,57	873,92
Stendimento 6	Diga-Conoide	Longitudinale inferiore - Diretta	429.390,18	5.061.203,01	870,95
		Longitudinale inferiore - Inversa	429.394,06	5.061.181,53	869,39
Stendimento 7	Diga-Conoide	Trasversale di valle - Diretta	429.382,07	5.061.195,07	881,33
		Trasversale di valle - Inversa	429.400,04	5.061.194,01	865,51
Stendimento 8	Diga-Conoide	Trasversale di monte - Diretta	429.369,94	5.061.195,63	886,22
		Trasversale di monte - Inversa	429.386,82	5.061.204,47	874,43
Stendimento 9	Piancone-Parete dx	Longitudinale monte inf - Diretta	432.852,33	5.061.012,49	598,91
		Longitudinale monte inf - Inversa	432.845,26	5.061.036,87	594,09
Stendimento 10	Piancone-Piazzale	Longitudinale piazzale - Diretta	432.839,53	5.061.069,71	597,70
		Longitudinale piazzale - Inversa	432.865,21	5.061.097,75	597,85
Stendimento 11	Piancone-Piazzale	Trasversale piazzale - Diretta	432.855,69	5.061.082,12	597,82
		Trasversale piazzale - Inversa	432.843,50	5.061.094,08	598,41
Stendimento 12	Galleria Coggiola	Longitudinale portale - Diretta	435.949,78	5.059.183,59	526,41
		Longitudinale portale - Inversa	436.024,51	5.059.206,33	498,59
Stendimento 13	Piancone-Parete dx	Longitudinale monte sup - Diretta	432.867,33	5.061.008,67	606,05
		Longitudinale monte sup - Inversa	432.857,44	5.061.032,72	599,87
Stendimento 14	Piancone-Alveo	Trasversale in alveo - Diretta	432.835,13	5.061.083,96	591,80
		Trasversale in alveo - Inversa	432.820,66	5.061.089,98	592,84
Down-Hole 01	Diga-Alveo	DH su sondaggio SD-4	429.403,97	5.061.205,58	865,36

Nota: tutte le misure sono correlate alle coordinate di riferimento del caposaldo sul coronamento della Diga delle Miste, assunte come:	UTM Est	UTM Nord	Quota m
	429195,212	5061245,646	915,72

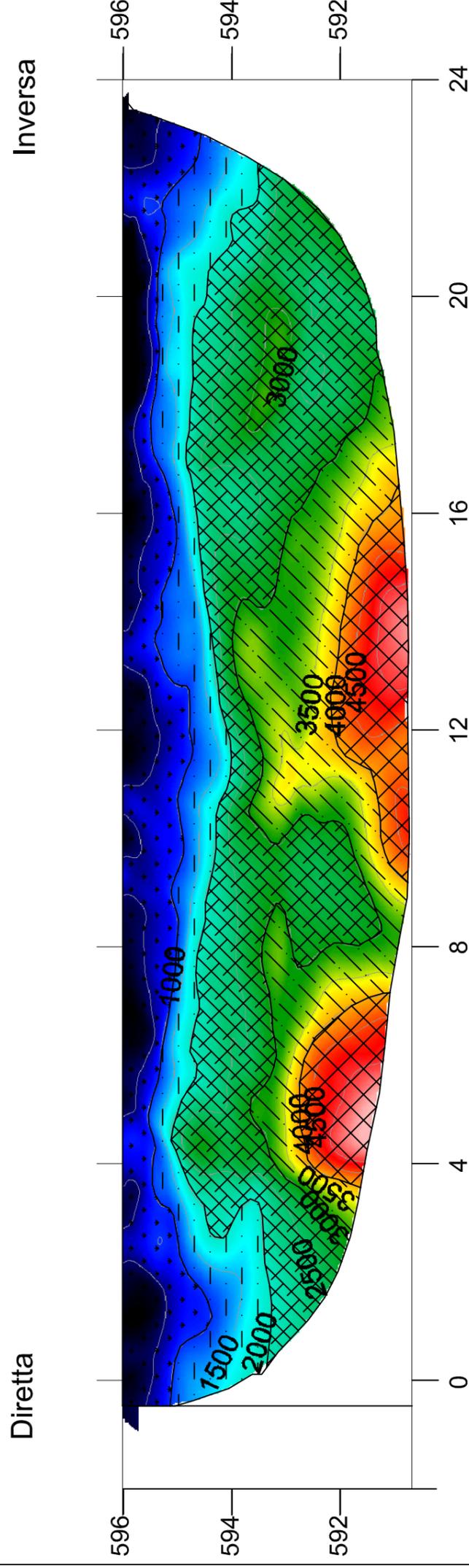
APPENDICE A
- SEZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE INTERPRETATE -

PROFILO 09

Restituzione tomografica



Sezione interpretativa



**CONSORZIO di BONIFICA
della
BARAGGIA BIELLESE e VERCELLESE**

DIGA SUL SESSERA
Indagini Geognostiche

Prospezioni sismiche a rifrazione

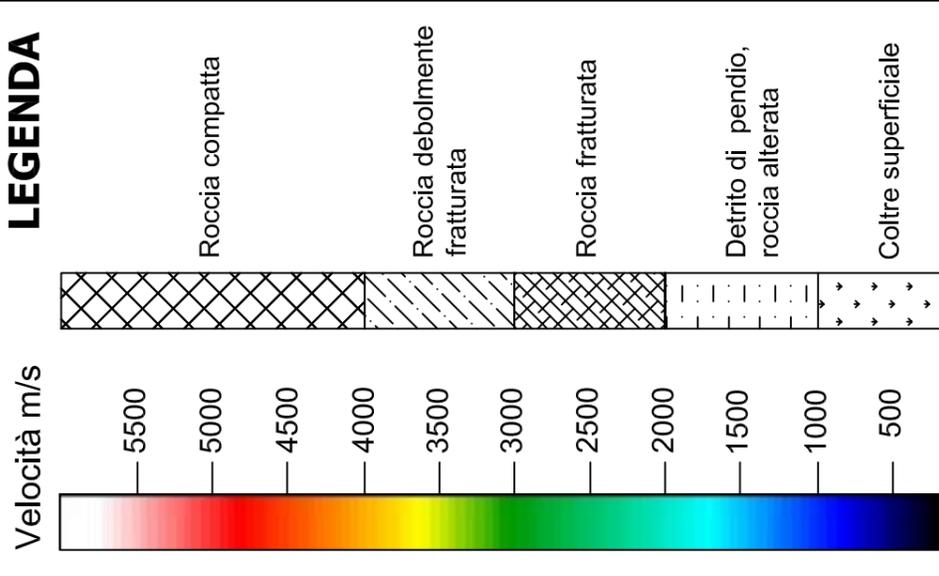
Sezione tomografica delle Vp
Centrale Piancone - **PROFILO 09**

Imprese esecutrici

SINGEA S.r.l. - POLO GEOLOGICO S.r.l.

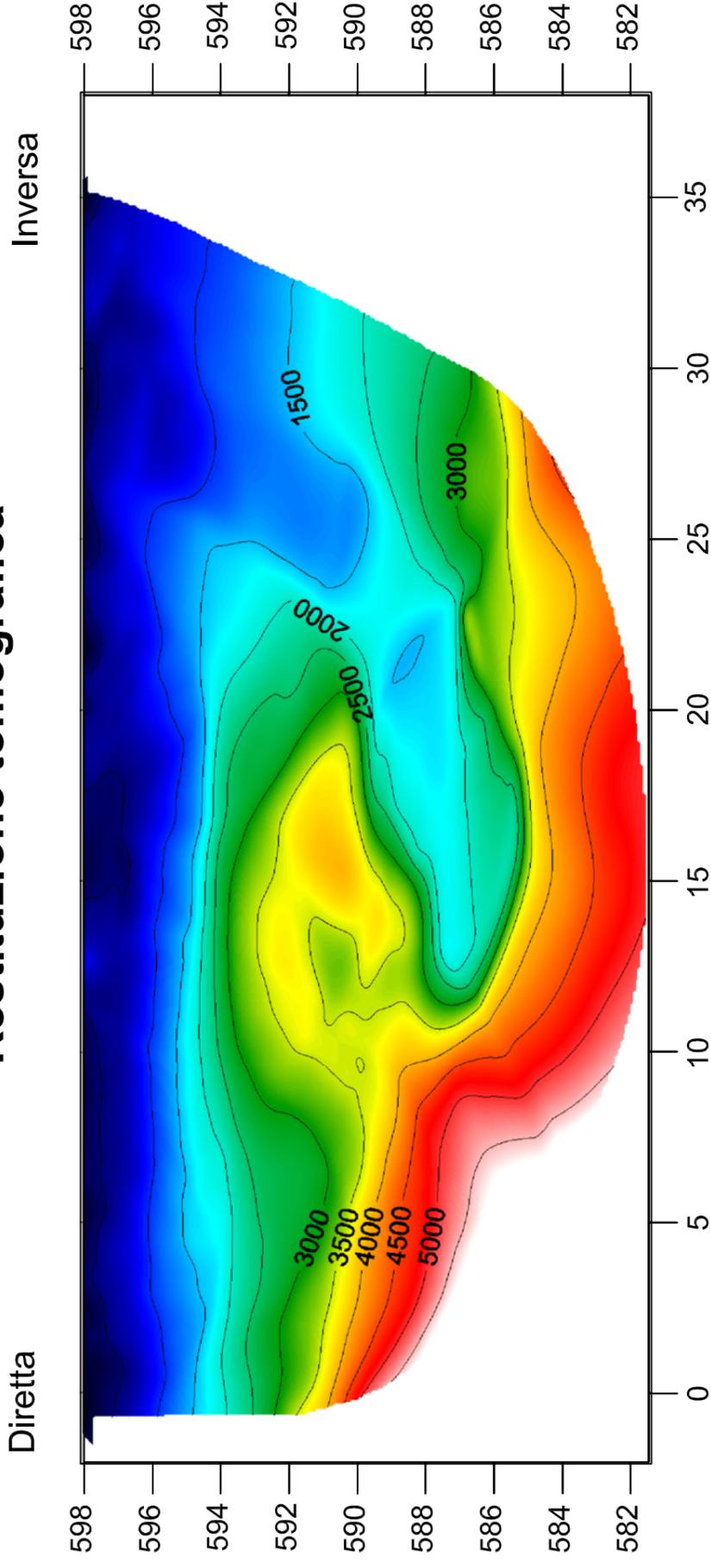


LEGENDA

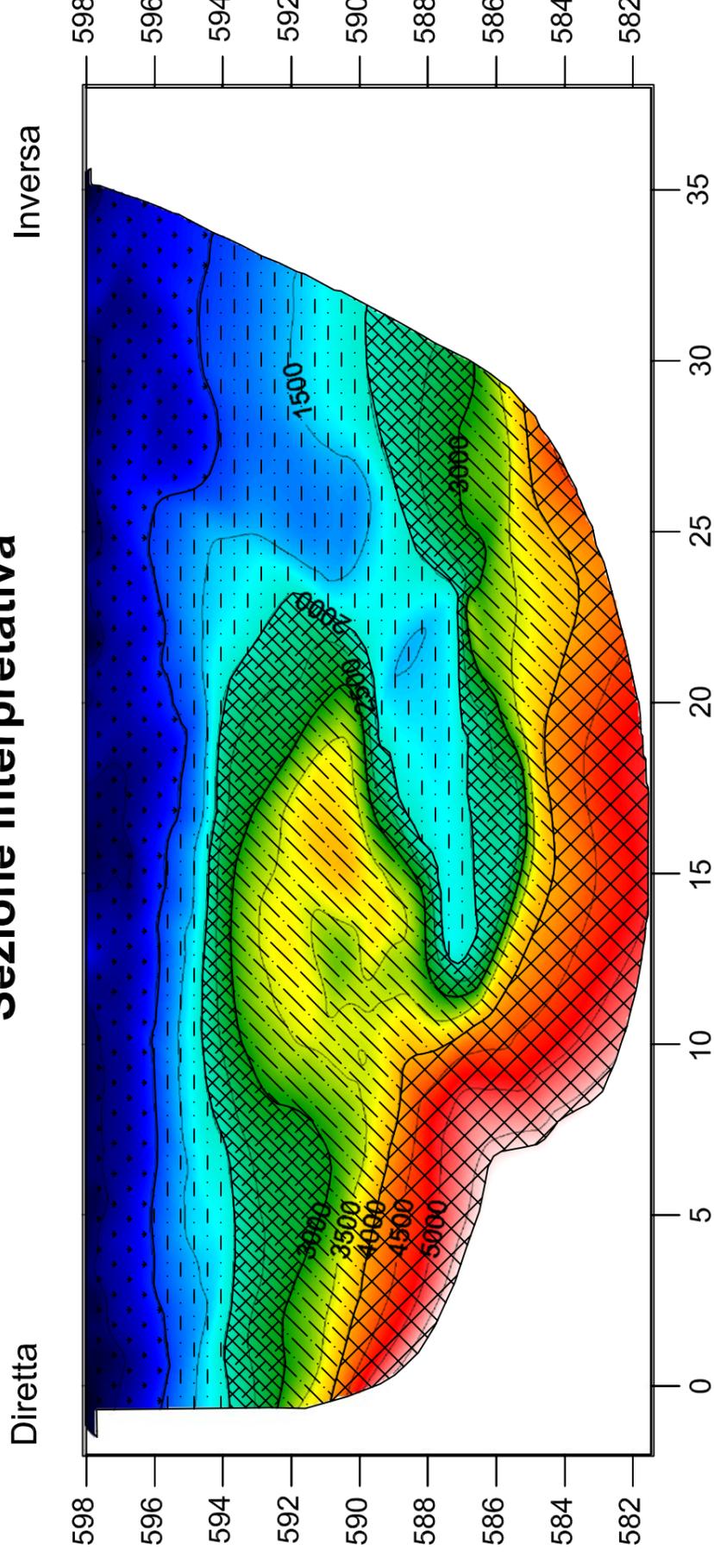


PROFILO 10

Restituzione tomografica



Sezione interpretativa



CONSORZIO di BONIFICA

della

BARAGGIA BIELLESE e VERCELLESE

DIGA SUL SESSERA

Indagini Geognostiche

Prospezioni sismiche a rifrazione

Sezione tomografica delle Vp

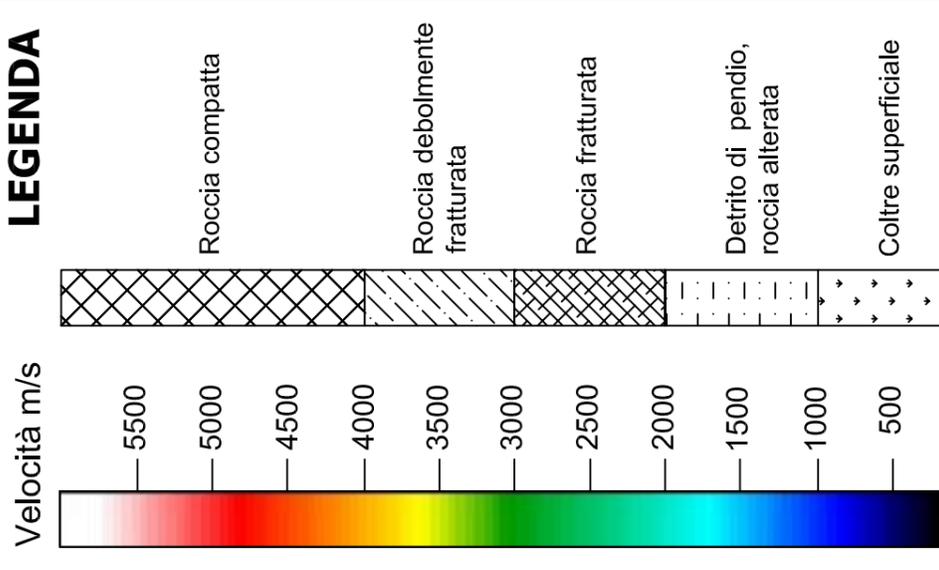
Centrale Piancone - **PROFILO 10**

Imprese esecutrici

SINGEA S.r.l. - POLO GEOLOGICO S.r.l.

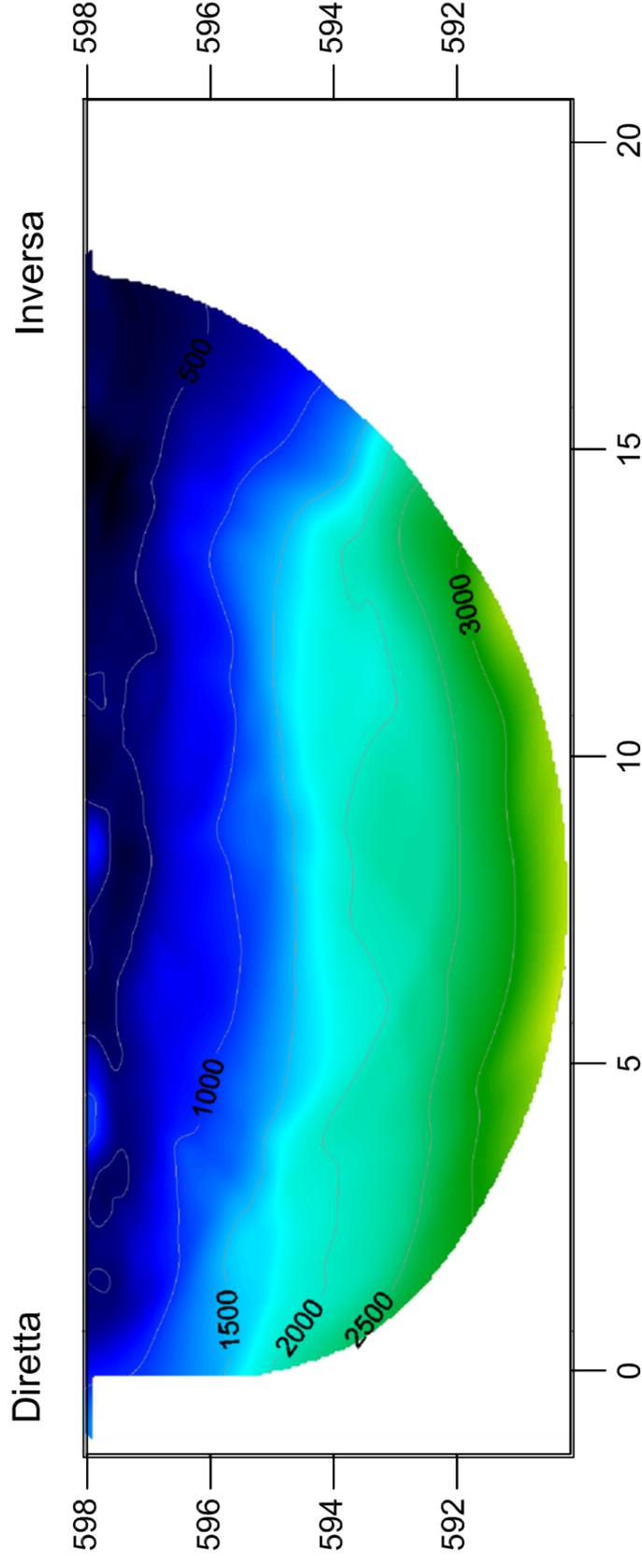


LEGENDA

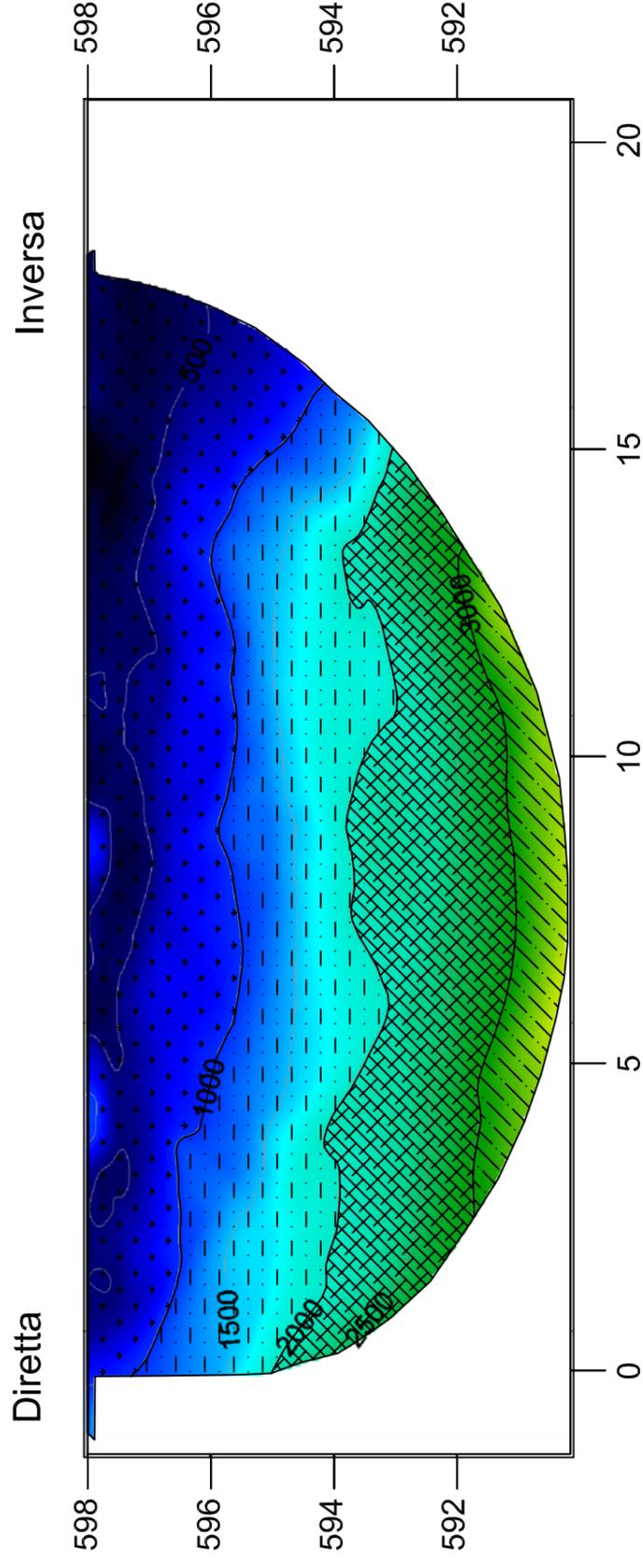


PROFILO 11

Restituzione tomografica



Sezione interpretativa



CONSORZIO di BONIFICA

della

BARAGGIA BIELLESE e VERCELLESE

DIGA SUL SESSERA

Indagini Geognostiche

Prospezioni sismiche a rifrazione

Sezione tomografica delle Vp

Centrale Piancone - **PROFILO 11**

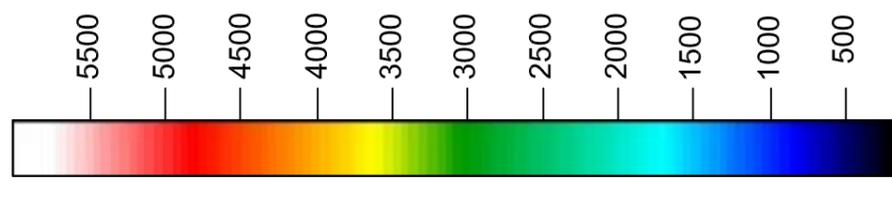
Imprese esecutrici

SINGEA S.r.l. - POLO GEOLOGICO S.r.l.



LEGENDA

Velocità m/s



Roccia compatta

Roccia debolmente
fratturata

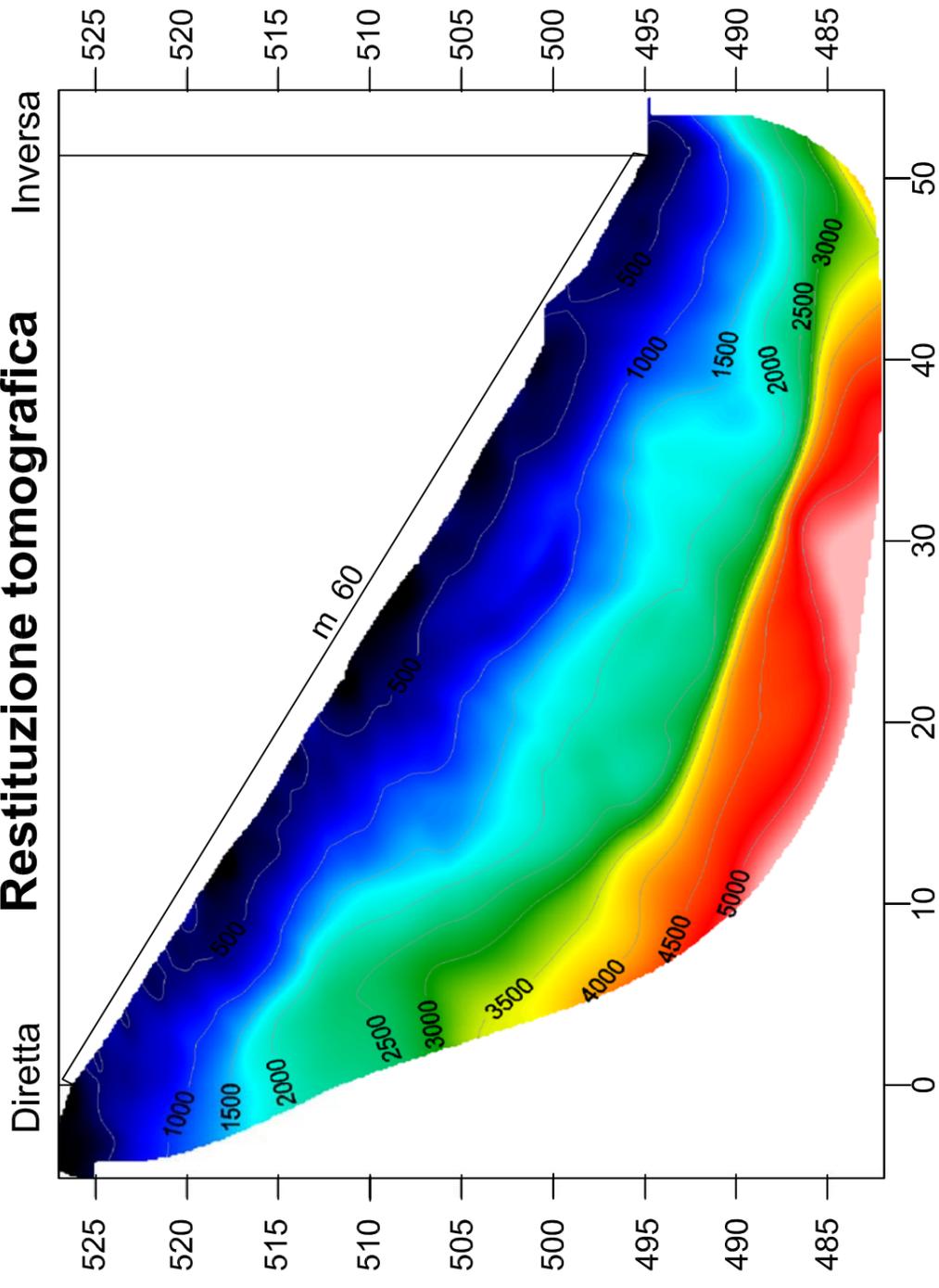
Roccia fratturata

Detrito di pendio,
roccia alterata

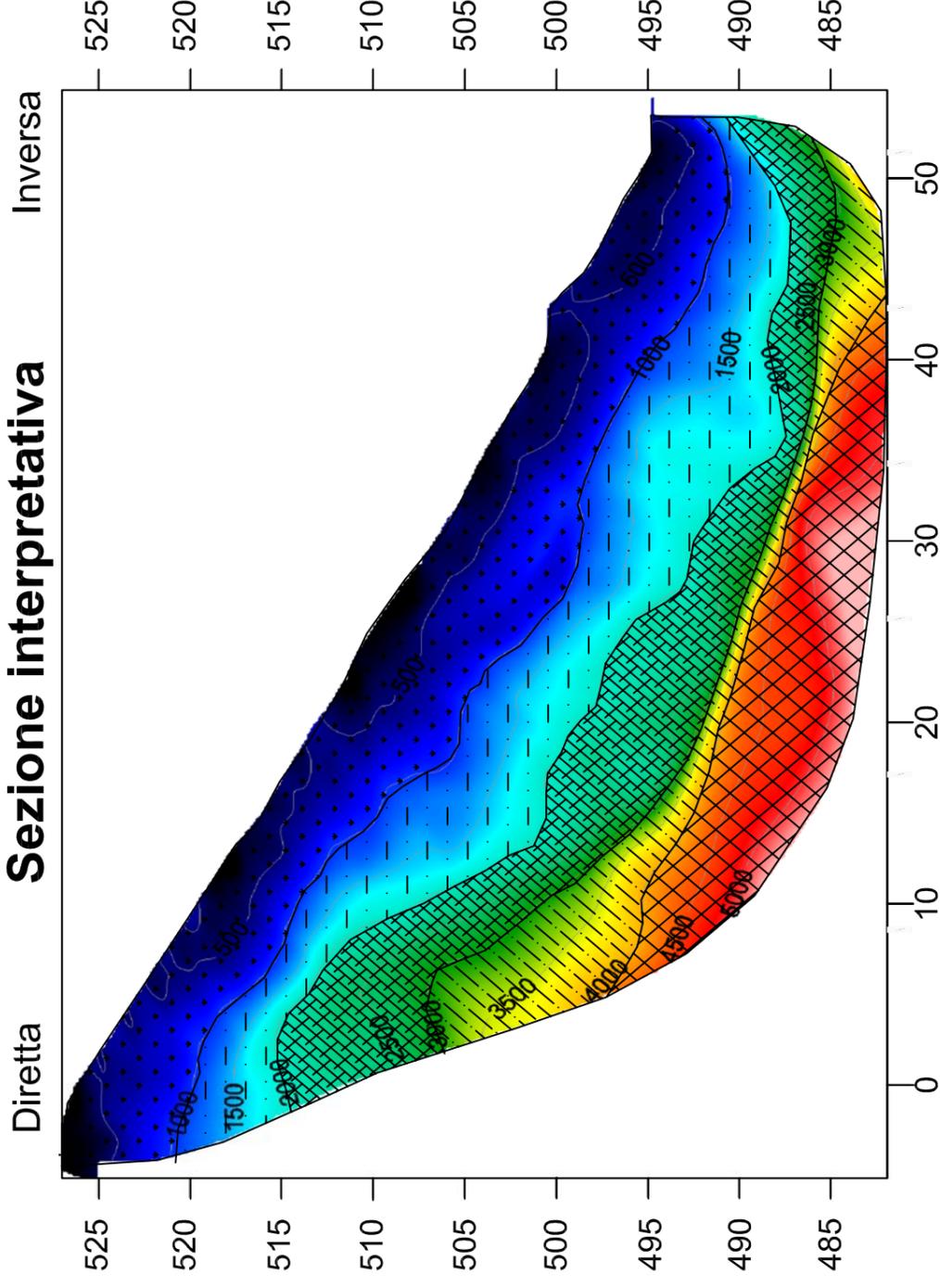
Coltre superficiale

PROFILO 12

Restituzione tomografica



Sezione interpretativa



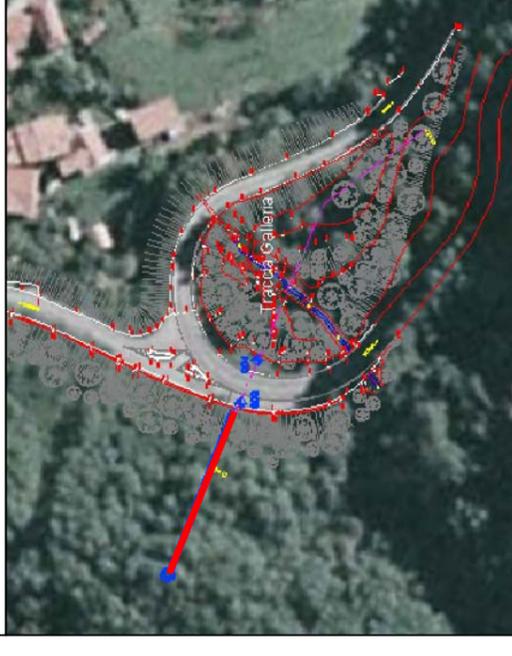
**CONSORZIO di BONIFICA
della
BARAGGIA BIELLESE e VERCELLESE**

DIGA SUL SESSERA
Indagini Geognostiche

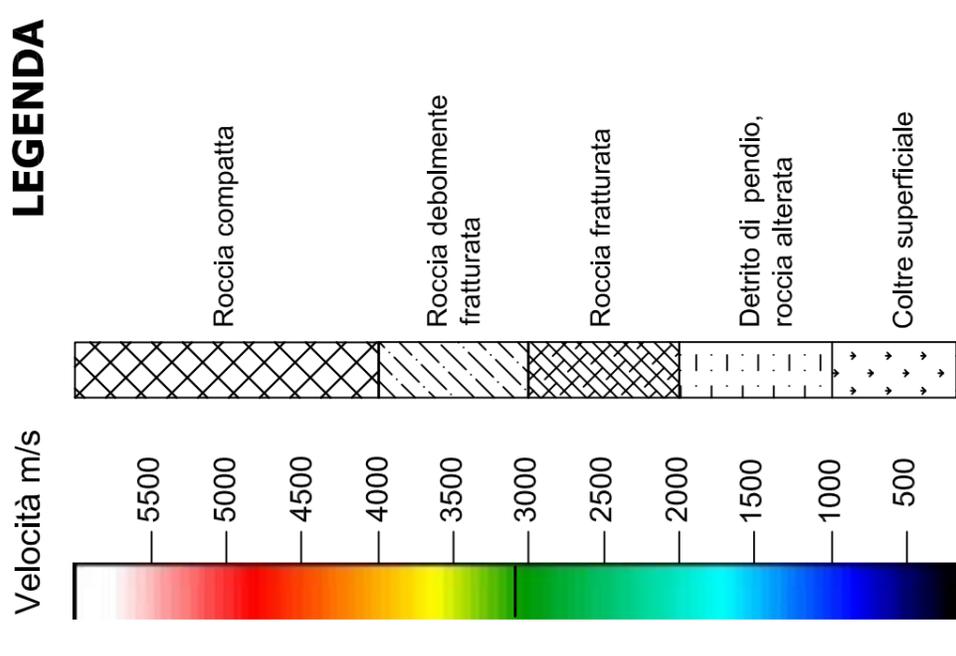
Prospezioni sismiche a rifrazione

Sezione tomografica delle Vp
Galleria Coggiola - **PROFILO 12**

Imprese esecutrici
SINGEA S.r.l. - POLO GEOLOGICO S.r.l.

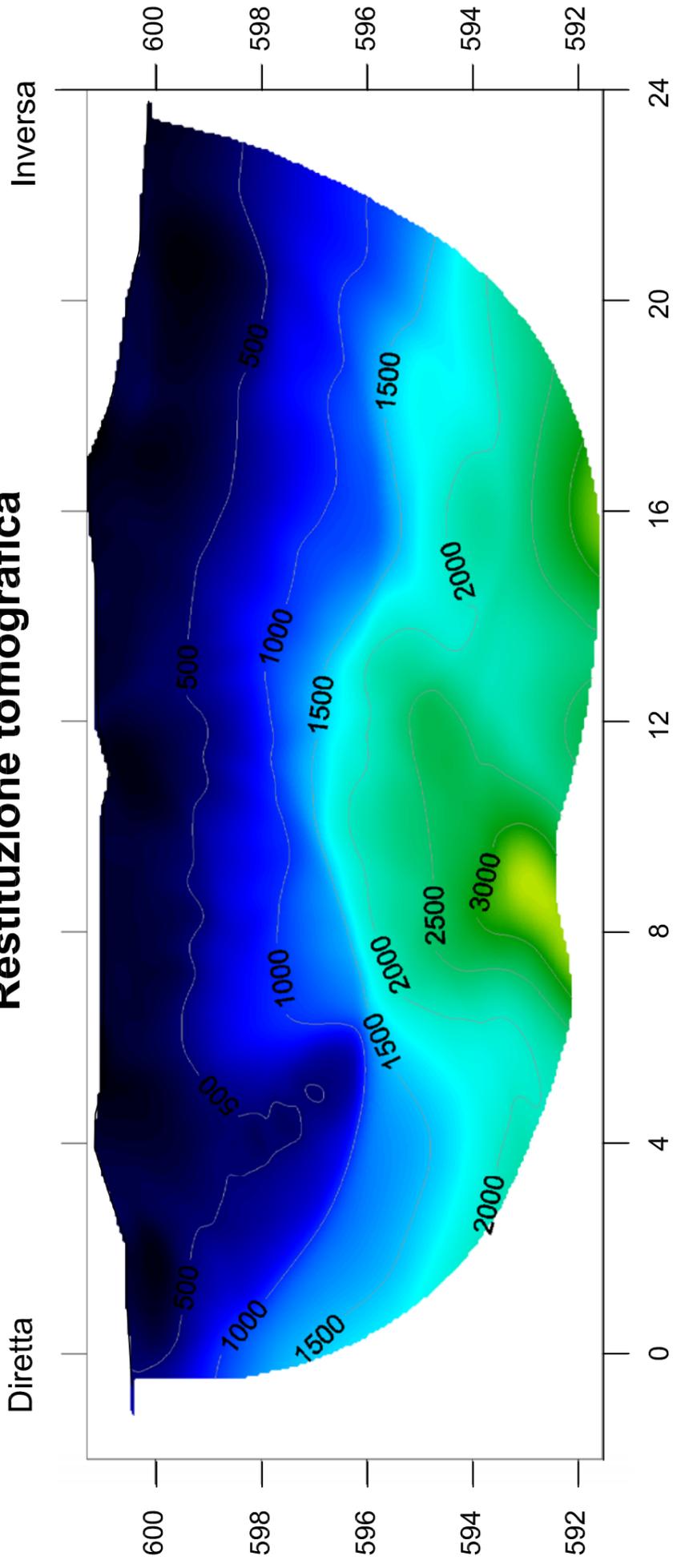


LEGENDA

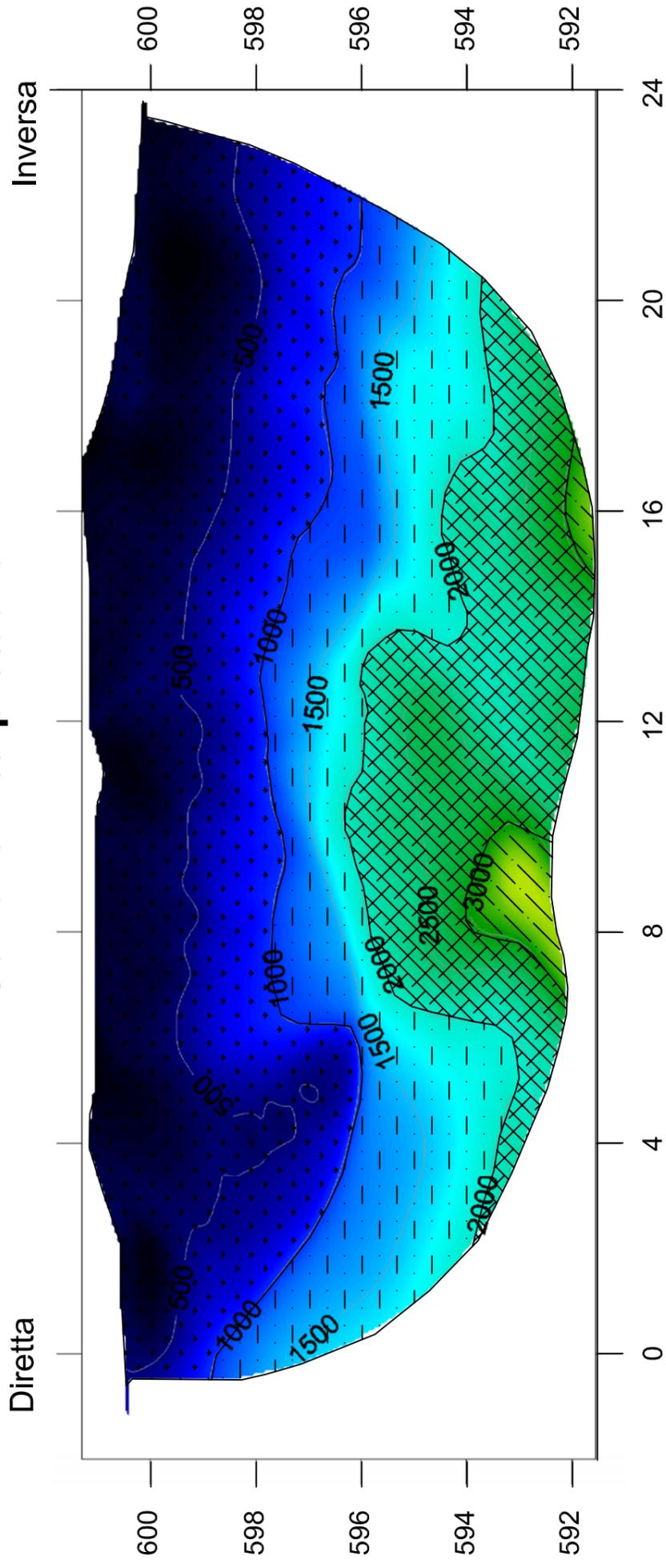


PROFILO 13

Restituzione tomografica



Sezione interpretativa



CONSORZIO di BONIFICA

della

BARAGGIA BIELLESE e VERCELLESE

DIGA SUL SESSERA

Indagini Geognostiche

Prospezioni sismiche a rifrazione

Sezione tomografica delle Vp

Centrale Piancone - **PROFILO 13**

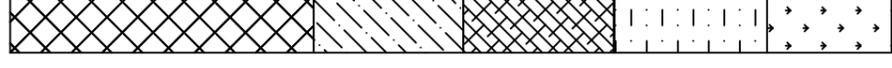
Imprese esecutrici

SINGEA S.r.l. - POLO GEOLOGICO S.r.l.



LEGENDA

Velocità m/s



Roccia compatta

Roccia debolmente
fratturata

Roccia fratturata

Detrito di pendio,
roccia alterata

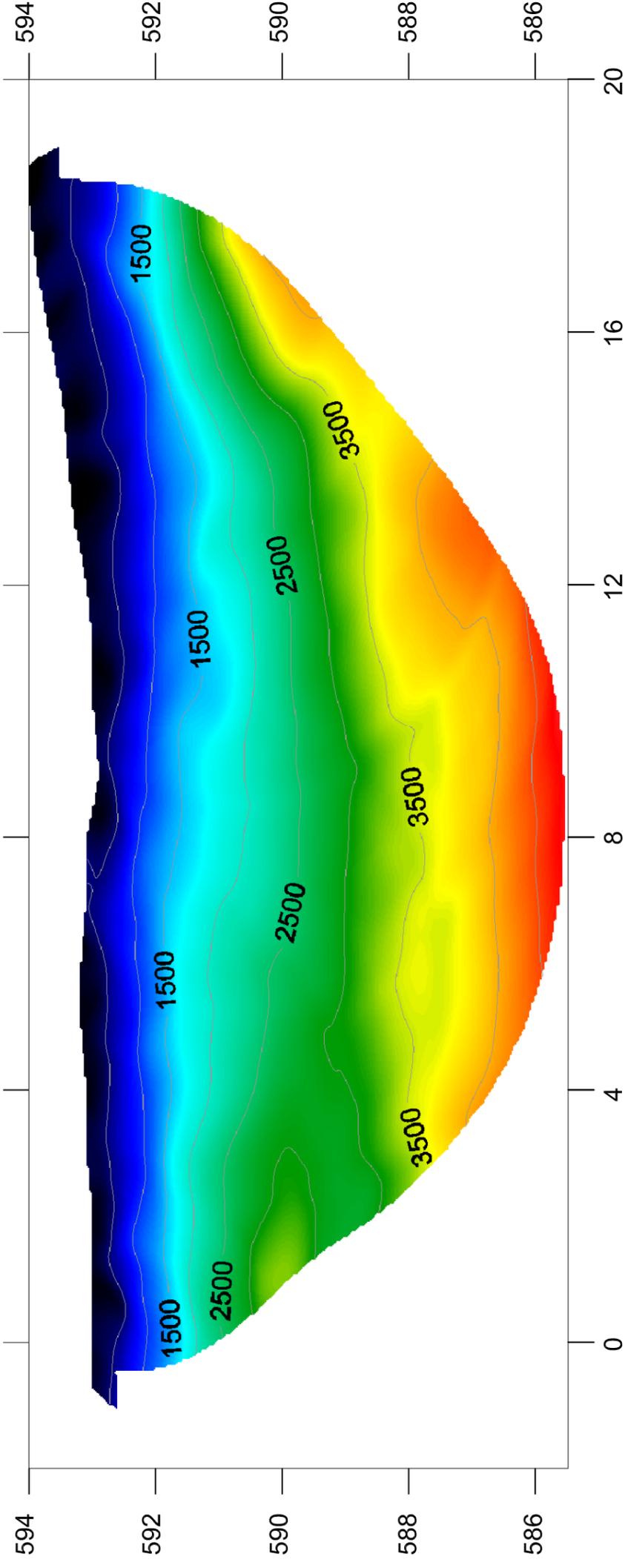
Coltre superficiale

PROFILO 14

Restituzione tomografica

Diretta

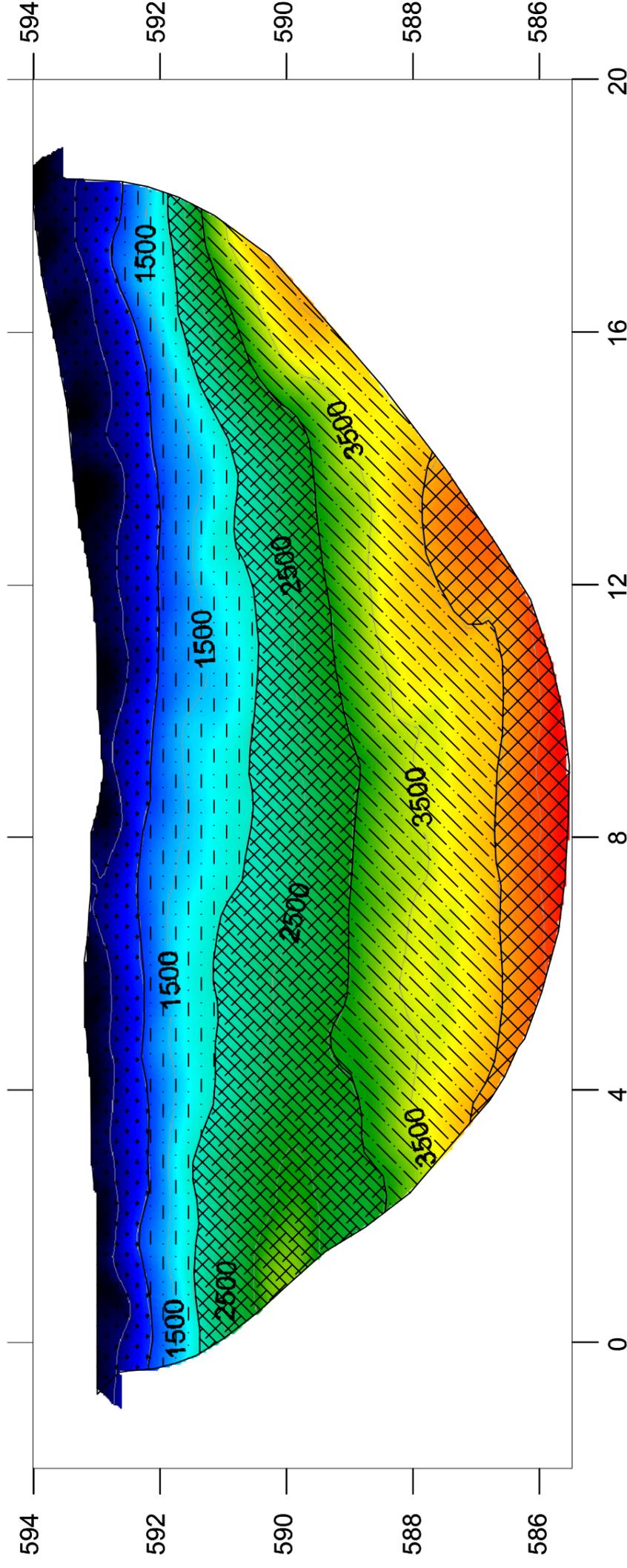
Inversa



Sezione interpretativa

Diretta

Inversa



**CONSORZIO di BONIFICA
della
BARAGGIA BIELLESE e VERCELLESE**

DIGA SUL SESSERA
Indagini Geognostiche

Prospezioni sismiche a rifrazione

Sezione tomografica delle Vp
Centrale Piancone - **PROFILO 14**

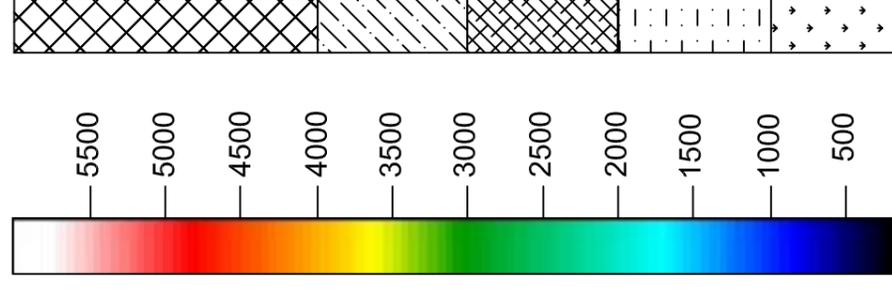
Imprese esecutrici

SINGEA S.r.l. - POLO GEOLOGICO S.r.l.



LEGENDA

Velocità m/s



APPENDICE B
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA -



Piancone – Stendimento 9



Piancone – Stendimento 10



Piancone – Stendimento 11



Coggiola – Stendimento 12



Piancone – Stendimento 13



Piancone – Stendimento 14







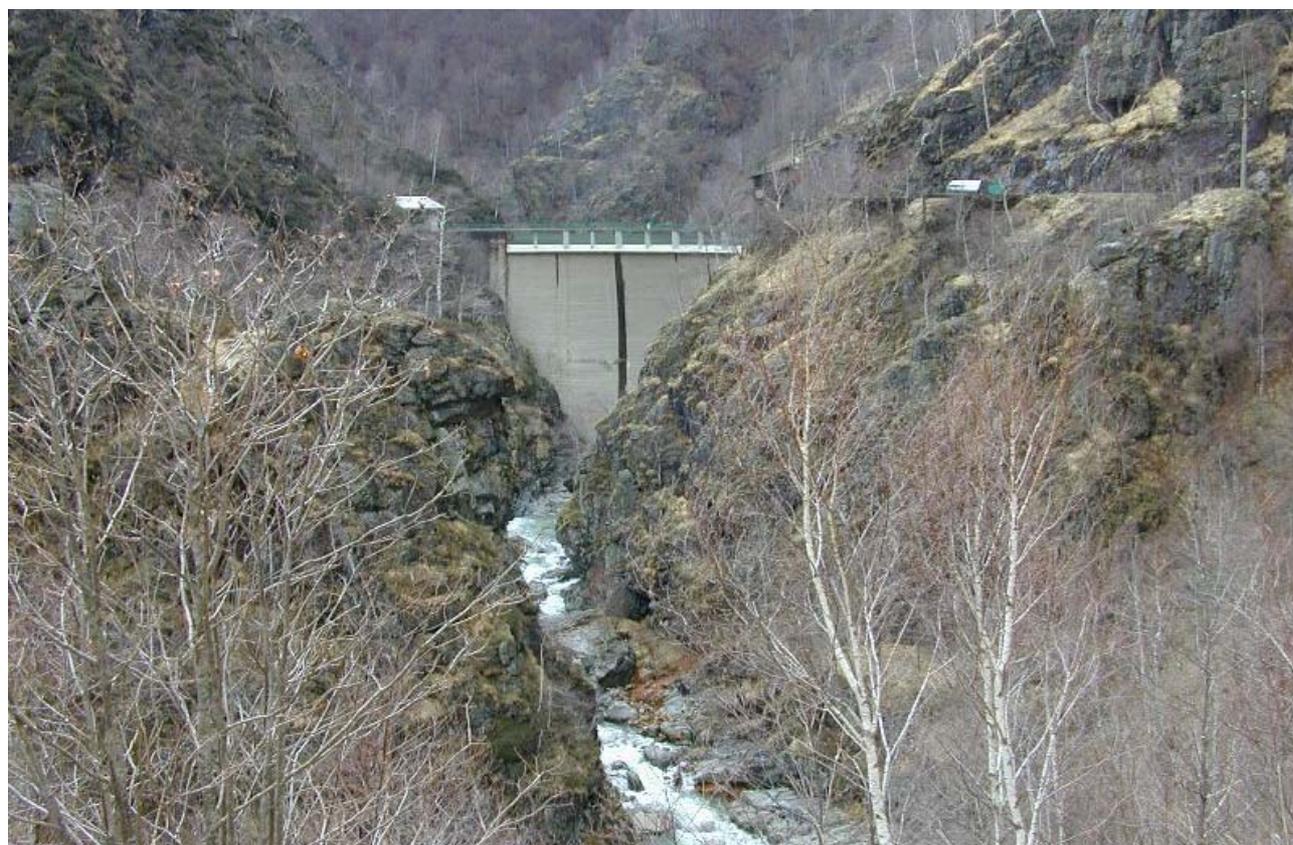








**INTERVENTI PER IL SUPERAMENTO DELLE CRISI IDRICHE RICORRENTI, LA VALORIZZAZIONE E LO SVILUPPO DELL'AMBIENTE DEL COMPRESORIO DI BONIFICA
PROGETTO PRELIMINARE PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA DIGA SUL TORRENTE SESSERA**



**INDAGINI GEOFISICHE
SU SITO DIGA e SBOCCO GALLERIA**

RAPPORTO FINALE - APRILE 2005

1. GENERALITA' E SCOPO DEL LAVORO

La presente relazione descrive le indagini geofisiche eseguite, su incarico dello Studio di Progettazione S.T.E.C.I. s.r.l., a supporto del “Progetto preliminare per la realizzazione di una nuova diga sul Torrente Sessera”.

Le attività di indagine si sono sviluppate in due periodi: dal 17 al 19 Marzo 2005 e (successivamente all'esecuzione di due sondaggi geognostici) dal 12 al 19 Aprile 2005; sono consistite in stendimenti di sismica a rifrazione, prove down-hole e prove cross-hole (nonché le misure inclinometriche ad essi relative), eseguiti da una squadra di 3 geofisici su due siti:

- sulla zona d'imposta del nuovo sbarramento, in vicinanza della diga delle Miste sul Torrente Sessera, e
- in corrispondenza dello sbocco a valle di una prevista galleria idraulica, in prossimità dell'abitato di Coggiola (Bi).

Le due prospezioni erano finalizzate alla caratterizzazione e differenziazione, in funzione delle diverse velocità di propagazione delle onde elastiche, delle varie litologie presenti sulle due aree interessate dalle opere ed alla stima delle relative caratteristiche meccaniche, onde consentire le scelte progettuali per la realizzazione. Elementi oggetto di determinazione erano quindi lo spessore delle coperture ed il grado di fratturazione e/o alterazione della roccia nella fascia superiore, rispetto alla parte più profonda ed intatta della formazione.

Per il primo sito, ovvero la zona di imposta della nuova diga, sono stati realizzati stendimenti di sismica a rifrazione e per tiri di velocità (n.4 orizzontali e n.2 verticali) su tutte le zone che ne consentissero il posizionamento (affidato ad operatori in parete, con la sola eccezione di quello realizzato sullo stradello) e prospezioni in foro di tipo down-hole e cross-hole. Per queste ultime sono stati utilizzati due sondaggi (S02=80m e S03=40m) realizzati a carotaggio continuo e successivamente rivestiti e cementati.

Il secondo sito, il portale di sbocco della galleria idraulica a valle, e' stato oggetto di indagini per la determinazione dello strato di copertura superficiale e delle condizioni della roccia sottostante. Sul sito e' stato realizzato uno stendimento di sismica a rifrazione di 57.5m (la massima lunghezza ricavabile in rettilineo) con due offset a 15 metri e 5 energizzazioni intermedie.

Per tutte le acquisizioni e' stato utilizzato un sismografo digitale a 24 canali, l' ABEM Terraloc Mk6. Per ciascuno stendimento sismico, i cui dislivelli tra i geofoni erano stati rilevati localmente con strumentazione ottica, sono stati successivamente rilevati i punti estremi mediante GPS portatile a 12 canali e restituiti quindi sulla planimetria di progetto in coordinate assolute (proiezione Gauss-Boaga).

L'analisi ed interpretazione dei dati e' stata effettuata con software dedicato che applica il metodo reciproco generalizzato (GRM – Palmer, 1963).

I risultati della prospezione, commentati nei paragrafi successivi, sono presentati in appendice sotto forma di sezioni sismostratigrafiche interpretate, rappresentative dell'andamento dei rifrattori e dei litotipi correlati a quelli caratteristici dell'area in esame. Su tali elaborati sono indicate velocita' e profondita' dei rifrattori stessi e le dromocrone relative alle singole acquisizioni. Per la restituzione dei profili down-hole e cross-hole sono stati utilizzati diagrammi a barre (Profondita' vs. Velocita') e le tabelle dati relative.

L'ubicazione delle basi sismiche e' riportata sulla planimetria allegata.

Nei paragrafi a seguire vengono inoltre dati dei cenni sulle attrezzature utilizzate e sui principi generali delle metodologie adottate.

A compendio della presente relazione sono presentate:

- una planimetria di inquadramento con ubicazione delle basi sismiche e dei sondaggi (allegato esterno)
- le sezioni sismiche e le prospezioni sismiche in foro (in appendice)
- la documentazione fotografica delle attivita' di cantiere (in appendice)

E' infine fornito in allegato un CD-Rom contenente il suindicato materiale, archiviato in formato digitale.

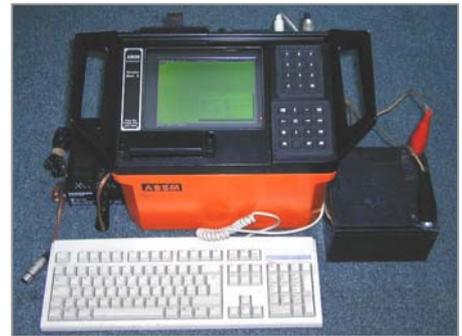
2. ATTREZZATURE E METODOLOGIE UTILIZZATE

2.1 STRUMENTAZIONE

Per l'acquisizione dei dati sismici sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

➤ *Sismografo digitale ABEM mod. Terraloc MK6 a 24 canali dotato di:*

- possibilità' di visualizzazione istantanea delle tracce su display LCD a colori retroilluminato;
- possibilità' di registrazione ad incremento di segnale (stacking);
- funzione di monitoring dei disturbi;
- dispositivi di filtraggio selettivo;
- ritardo di acquisizione preselezionabile;
- zoom delle tracce video;
- computer interno Pentium 133 MHz/16 Mb RAM con software di acquisizione Teknor Industrial Computers;
- interfaccia seriale per lo scaricamento dei dati.



➤ *Geofoni (#24) verticali per sismica a rifrazione.*



I geofoni verticali (tipo elettromagnetico a bobina mobile, frequenza caratteristica 10 Hz), consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno; sono collegati al sismografo tramite degli appositi cavi multipolari a connessione rapida.

➤ *Cavi sismici multipolari armati in Kevlar per stendimenti fino a 240 m di lunghezza*

➤ *Sorgente sismica: cannoncino sismico "ISOTTA", utilizzante cariche industriali cal. 8 mod. S 800 M, con energia > 1000 kg.m*

➤ *Geofono starter per la funzione time-break.*



Per determinare con precisione, lungo lo stendimento, i dislivelli altimetrici tra le postazioni geofoniche ed i punti di energizzazione rispetto ad un punto di origine (tipicamente lo shot-point n.1), si e' eseguito un rilievo altimetrico di tipo relativo, mediante:

- *Clisi-ecclimetro BREITHAAPT mod. Necli 7028 ammortizzato a liquido.*
- *Stadia estensibile in alluminio da 5m.*



Per l'esecuzione delle misure sismiche in foro sono stati utilizzati:



- *Dispositivo geofonico da foro dotato di n.2 terne geofoniche triassiali e sistema di ancoraggio a pistoncini pneumatici attivati dalla superficie.*

- *Cannone da foro utilizzante cariche industriali cal. 8 mod. S 800 M, attivazione inerziale e time-break ad interruzione di contatto.*



Per la determinazione delle esatte distanze orizzontali tra i due fori e' stata necessaria l'esecuzione di misure inclinometriche in foro, mediante:



- *Sonda inclinometrica a due assi mod. GeoSondalnc della GEOMISURE s.r.l.*

- *Centralina di acquisizione digitale GEOMISURE s.r.l.*



Per l'elaborazione dei dati sismici e' stato utilizzato un Personal Computer dotato di software dedicato per l'analisi sismica di tipo "GRM – *Generalized Reciprocal Method*".

3.2 SBOCCO GALLERIA COGGIOLA

Il giorno 15 Aprile 2005, in prossimità dell'abitato di Coggiola (Bi), è stato realizzato uno stendimento di sismica a rifrazione in corrispondenza del punto di sbocco a valle di una galleria idraulica. La finalità era la determinazione dello spessore di copertura superficiale e la stima delle caratteristiche meccaniche della formazione rocciosa sottostante.

Dall'esame del sito si poteva presumere uno spessore di copertura superficiale e di materiale detritico piuttosto rilevante, si è quindi cercato di realizzare uno stendimento che garantisse una penetrazione adeguata.

Per guadagnare il massimo sviluppo possibile è stato aperto un tracciolo orizzontale tra la vegetazione della lunghezza di circa 60 metri, la massima ottenibile tra i due impluvi presenti.

Lo stendimento è stato realizzato con 24 geofoni ad interdistanza 2.5 metri, curando per ciascun sensore un perfetto accoppiamento con il terreno (verificato utilizzando la funzione di pre-monitoring del segnale presente sul sismografo).

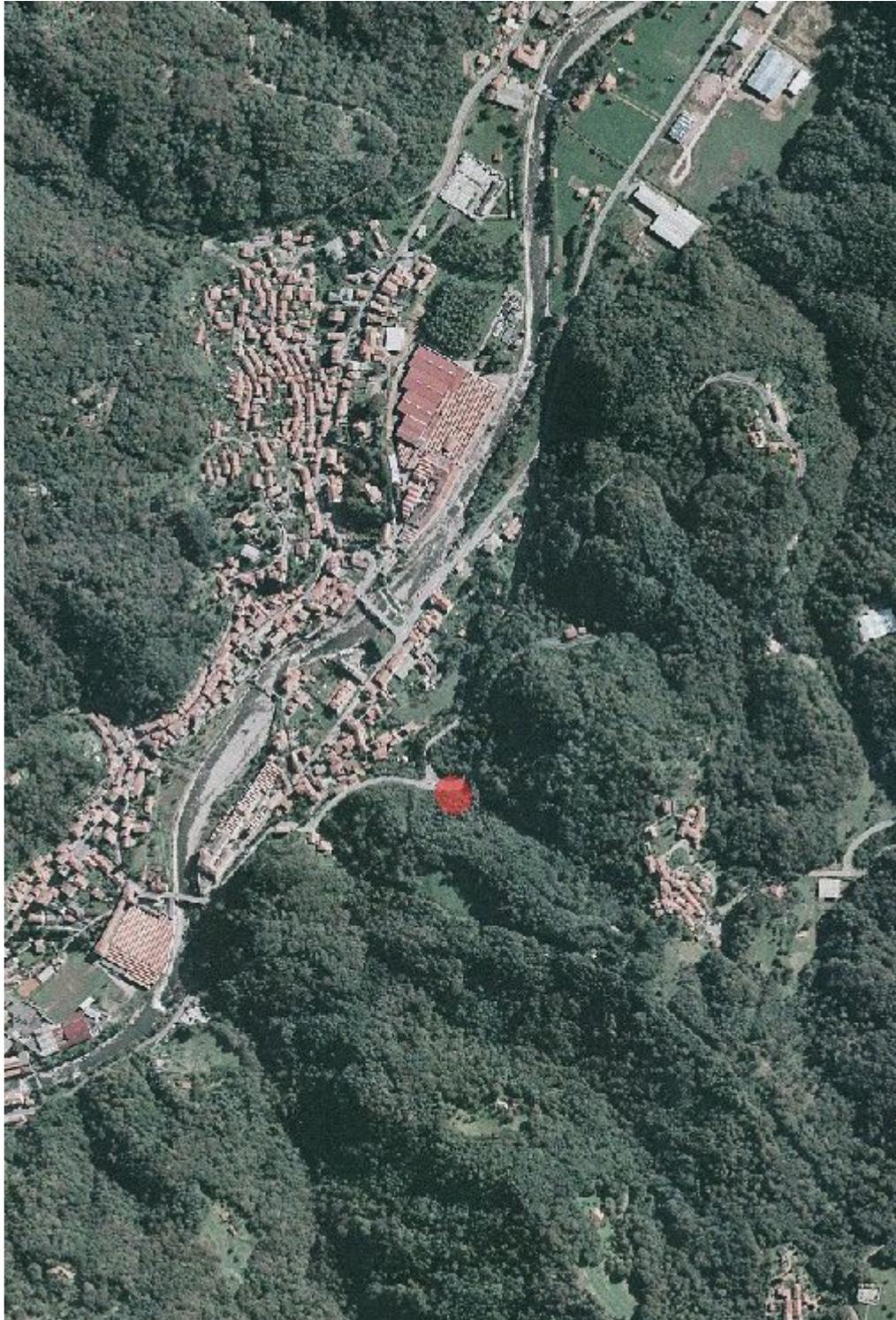
Per migliorare la penetrazione del segnale trasmesso dall'impulso sismico, la sorgente di energizzazione, un cannoncino sismico per cariche industriali, è stato fatto scendere a circa 40 cm di profondità, in terreni più saturi e più compatti.

Sullo stendimento sono stati utilizzati 5 punti di energizzazione, più due offset terminali distanti 15 metri da ciascuna estremità. Per ciascun punto di misura è stata sufficiente in genere una singola energizzazione; solo in qualche raro caso si è ricorso alla tecnica dello "stacking".

L'impulso di partenza per la registrazione del sismogramma (time-break) è stato fornito da un geofono starter. Detto geofono era situato esattamente sulla verticale del punto di energizzazione e reso solidale con il cannoncino sismico, in modo da evitare ritardi nell'inizio della registrazione.

La base tempi utilizzata è stata di 204ms, con un sampling rate di 50 μ s per un numero di campionamenti totale di 4096.

Stante la presenza di una strada nelle estreme vicinanze, nella fase di acquisizione dei dati ci si è avvalsi della funzione di monitoraggio del rumore ambientale per la scelta del momento più opportuno per l'energizzazione e la registrazione.



4.2 SBOCCO GALLERIA COGGIOLA – SISMICA A RIFRAZIONE

Profilo sismico RS 05

Ubicato su un'area distinta rispetto a quella della precedente prospezione, è stato realizzato per lo studio del punto di sbocco a valle di una galleria idraulica, in località "Coggiola".

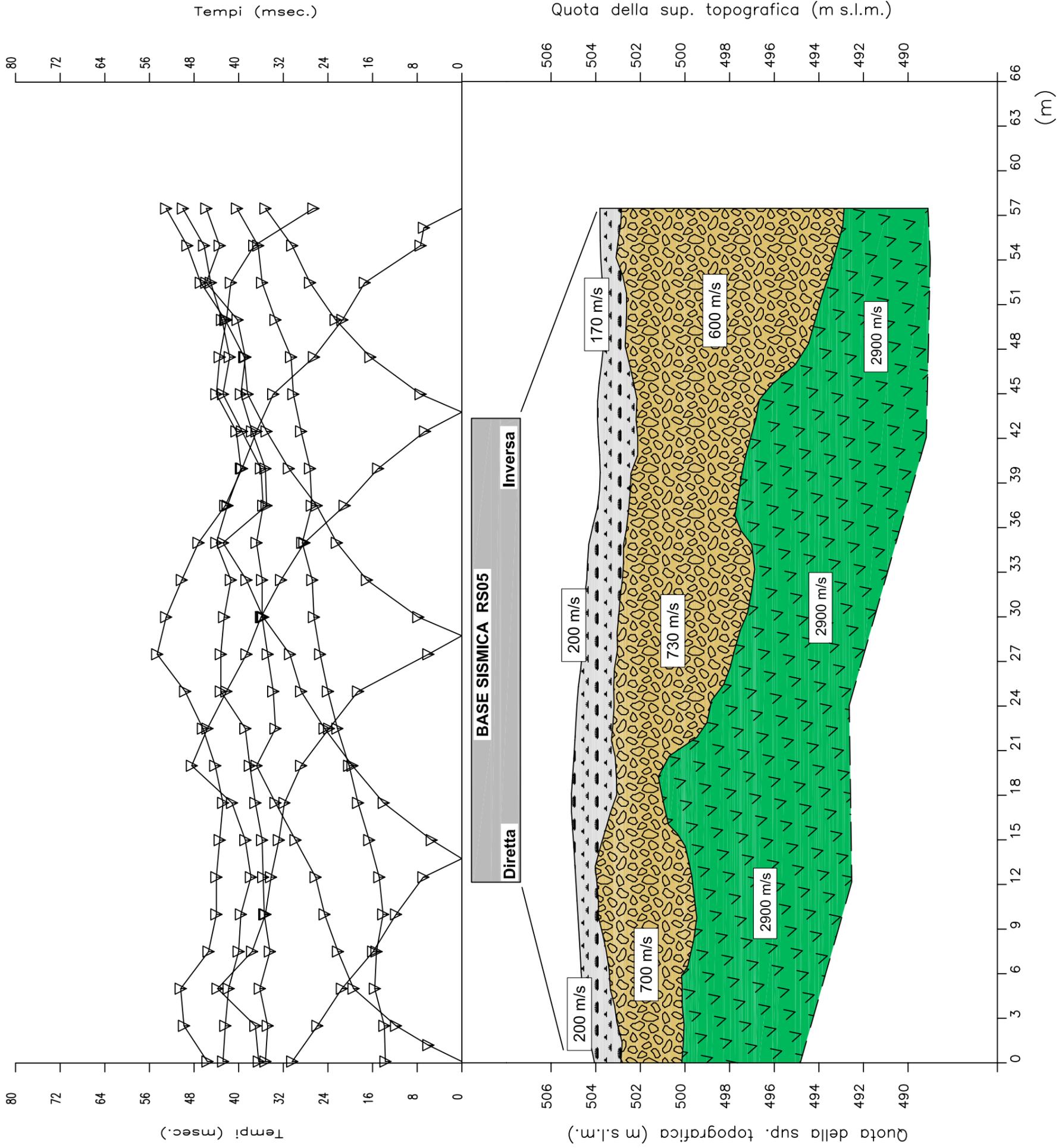
Lo stendimento è stato realizzato con 24 geofoni ad interdistanza 2.5 metri, con uno sviluppo totale pari a 57,5 metri. Per realizzarlo è stato necessario aprire un tracciolo nella vegetazione arbustiva; stante lo strato consistente di terreno vegetale aerato presente, si è curato di affondare abbastanza i geofoni per migliorarne l'accoppiamento col terreno stesso.

Sullo stendimento sono stati posizionati 5 punti di energizzazione, più due offset terminali distanti 15 metri da ciascuna estremità. Per ciascun punto di misura è stata sufficiente in genere una singola energizzazione; solo in qualche raro caso si è ricorso alla tecnica dello "stacking". La base tempi utilizzata è stata di 204ms, con un sampling rate di 50 μ s, per un numero di campionamenti totale di 4096.

Il modello sismostratigrafico elaborato, a tre unità, presenta:

Sismostrato 1:	180 ÷ 220 m/s	Terreno vegetale, copertura superficiale
Sismostrato 2:	550 ÷ 730 m/s	Depositi detritici
Sismostrato 3:	2900 m/s	Roccia poco fratturata

La coltre superficiale, avente spessore variabile tra 0.9 a 1.6 metri, poggia su uno strato di natura detritica, il cui letto è localizzato ad una profondità di 3.7 metri in corrispondenza del margine diretto della base sismica e si approfondisce gradualmente procedendo verso l'estremità inversa fino alla profondità di 11.0 metri, presentando un andamento ondulato. La velocità del substrato, invece, poco inferiore ai 3000 m/s, testimonia la presenza di una roccia poco fratturata, o comunque priva di fratture aperte.



LEGENDA

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni (ms)
- Velocità sismica dello strato in m/s
- Terreno vegetale e copertura superficiale; [Vp 170 - 200 m/s]
- Materiali a velocità intermedia (terreni detritici); [Vp 600 - 700 m/s]
- Materiali a comportamento litoido (roccia poco fratturata, non alterata); [Vp 2800 - 3000 m/s]

TABELLA PROFONDITA' RIFRATTORI

ASCISSA (m)				
0.0	13.75	28.75	43.75	57.5
I	I	I	I	I
1.4 m	0.9 m	1.6 m	1.4 m	0.9 m
II	II	II	II	II
3.7 m	5.0 m	7.0 m	7.3 m	11.0 m

Progettazione: **S.T.E.C.I. S.R.L.**

Indagini geofisiche sullo sbocco a valle della galleria idraulica presso Coggiola

SINERCONSULTING
Servizi integrati per l'ingegneria

Prospezioni sismiche a rifrazione

ONDE P BASE SISMICA RS05

APPENDICE B
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA -

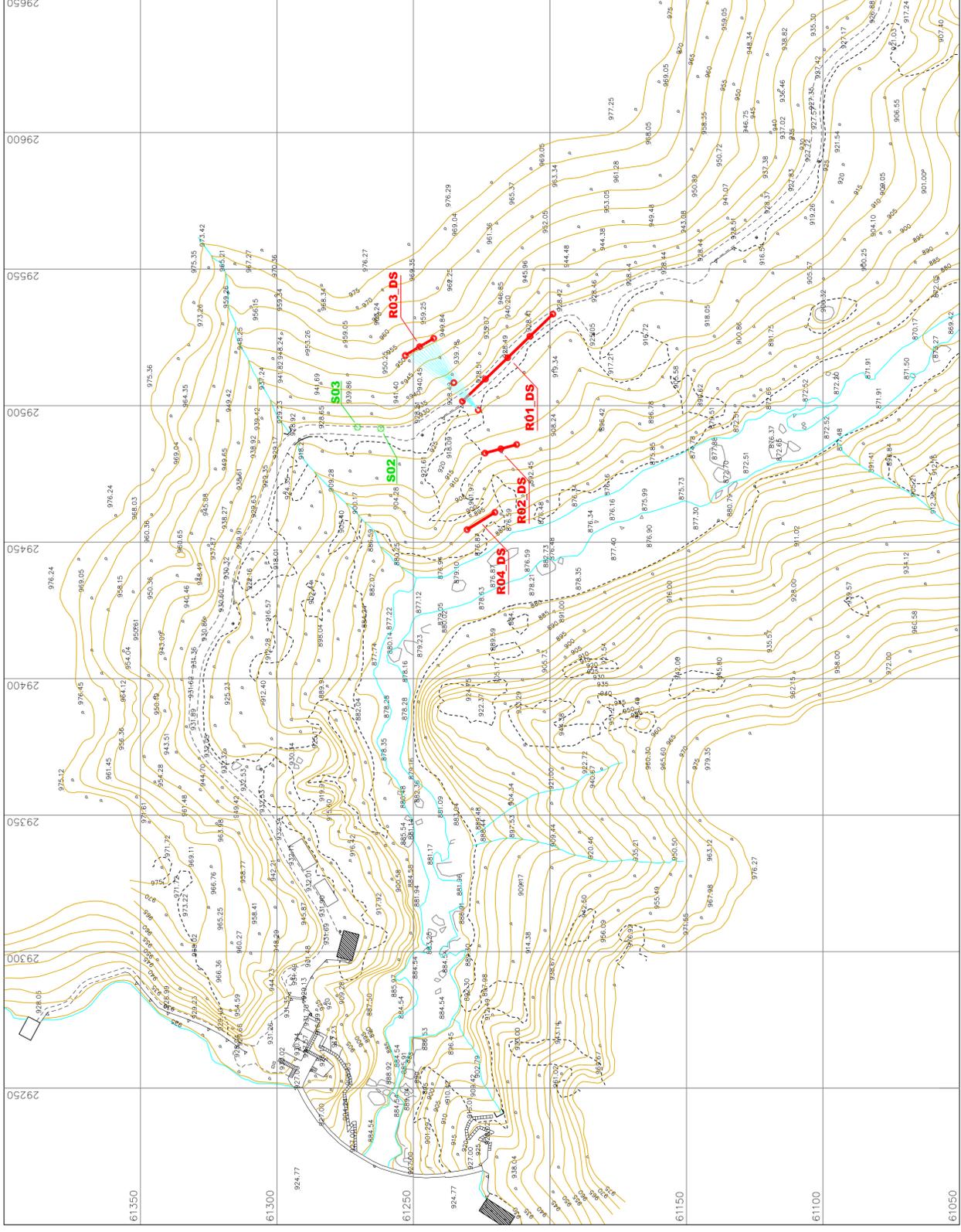
SBOCCA A VALLE GALLERIA IDRAULICA



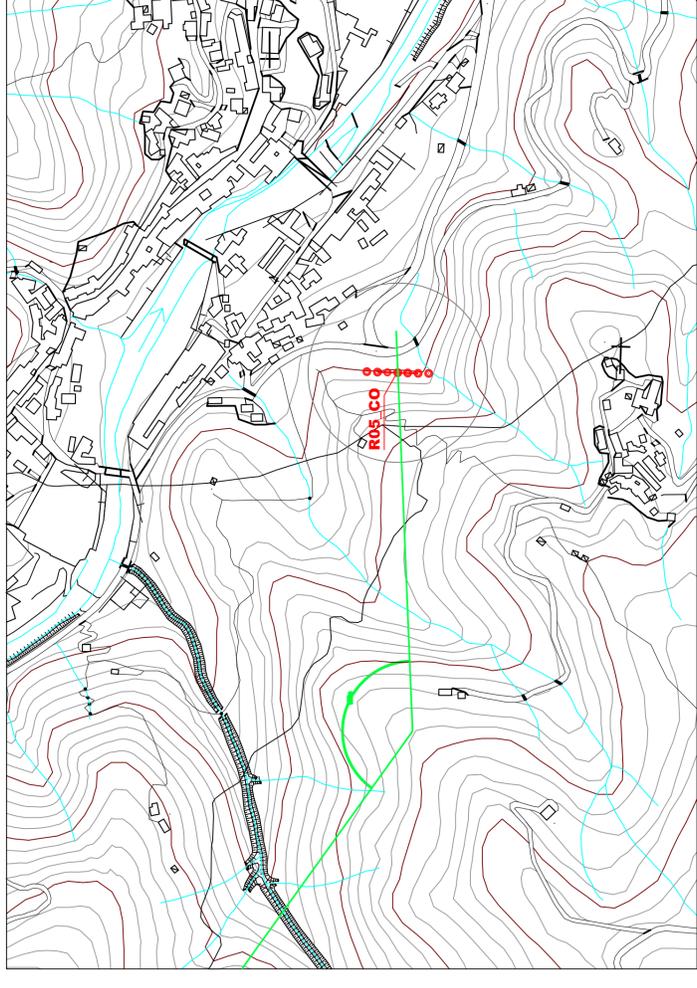
Stendimento sismico RS05: energizzatore sismico "Isotta" su posizione del tiro diretto



Stendimento sismico RS05: energizzazione centrale



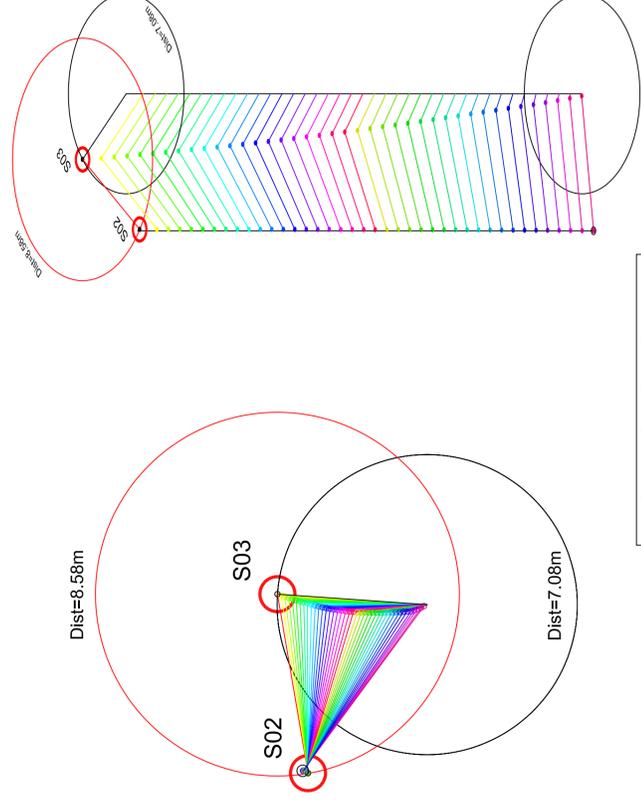
Sito diga SESSERA - Scala 1:1.000



Sito Galleria COGGIOLA - Scala 1:5.000

Diga Sessera
Distanza diretta sondaggi S02-S03

Profondità da b.f. (m)	Distanza orizzontale (m)
0	8.590
1,5	8.482
2,5	8.364
3,5	8.239
4,5	8.117
5,5	8.006
6,5	7.900
7,5	7.800
8,5	7.711
9,5	7.632
10,5	7.562
11,5	7.500
12,5	7.445
13,5	7.396
14,5	7.352
15,5	7.313
16,5	7.278
17,5	7.246
18,5	7.217
19,5	7.191
20,5	7.167
21,5	7.145
22,5	7.125
23,5	7.106
24,5	7.089
25,5	7.073
26,5	7.058
27,5	7.044
28,5	7.031
29,5	7.019
30,5	7.007
31,5	7.000
32,5	7.000
33,5	7.000
34,5	7.000
35,5	7.000
36,5	7.000
37,5	7.000
38,5	7.000
39,5	7.000



Sondaggi S02 e S03 - 3D view

A	28ap05	R. finale	AV.	V.R.	V.R.
ed. data	finalita'	emissione e/o descrizione modifiche	redatto	coor.	appr.

Sito diga SESSERA - Indagini geofisiche
Prospezione Sismica a Rifrazione Marzo-Aprile 2005

LAYOUT DEGLI STENDIMENTI SISMICI

SINERCONSULTING
Servizi Integrati per l'ingegneria

S.T.E.C.I. s.r.l.

ufficio emittente
progettista

I 02 D S01 A
esi. sub. tipo abo. ed. data

28ap05