

S.F.T.R.F. S.A.
Société Française du Tunnel du Fréjus
S.I.T.A.F. S.p.A.
Società Italiana Traforo Autostradale Fréjus

TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS GALLERIA DI SICUREZZA

PROGETTO DEFINITIVO 2006

STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE

ALLEGATI

PARTE III - QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

 **LOMBARDI SA**
INGENIEURS-CONSEILS

 **SITEC** engineering s.r.l.

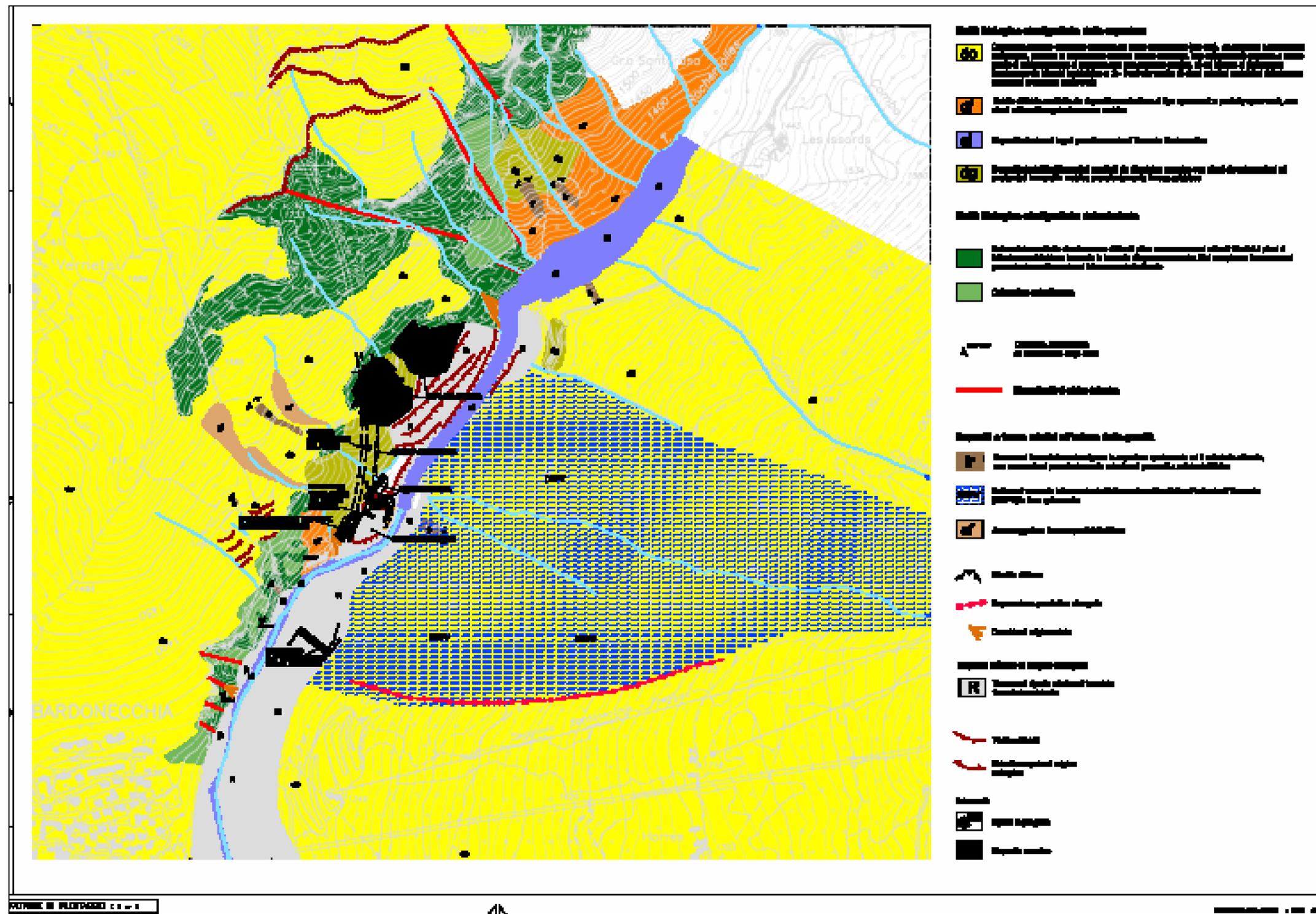
Dr Agr. Angèle Barrel



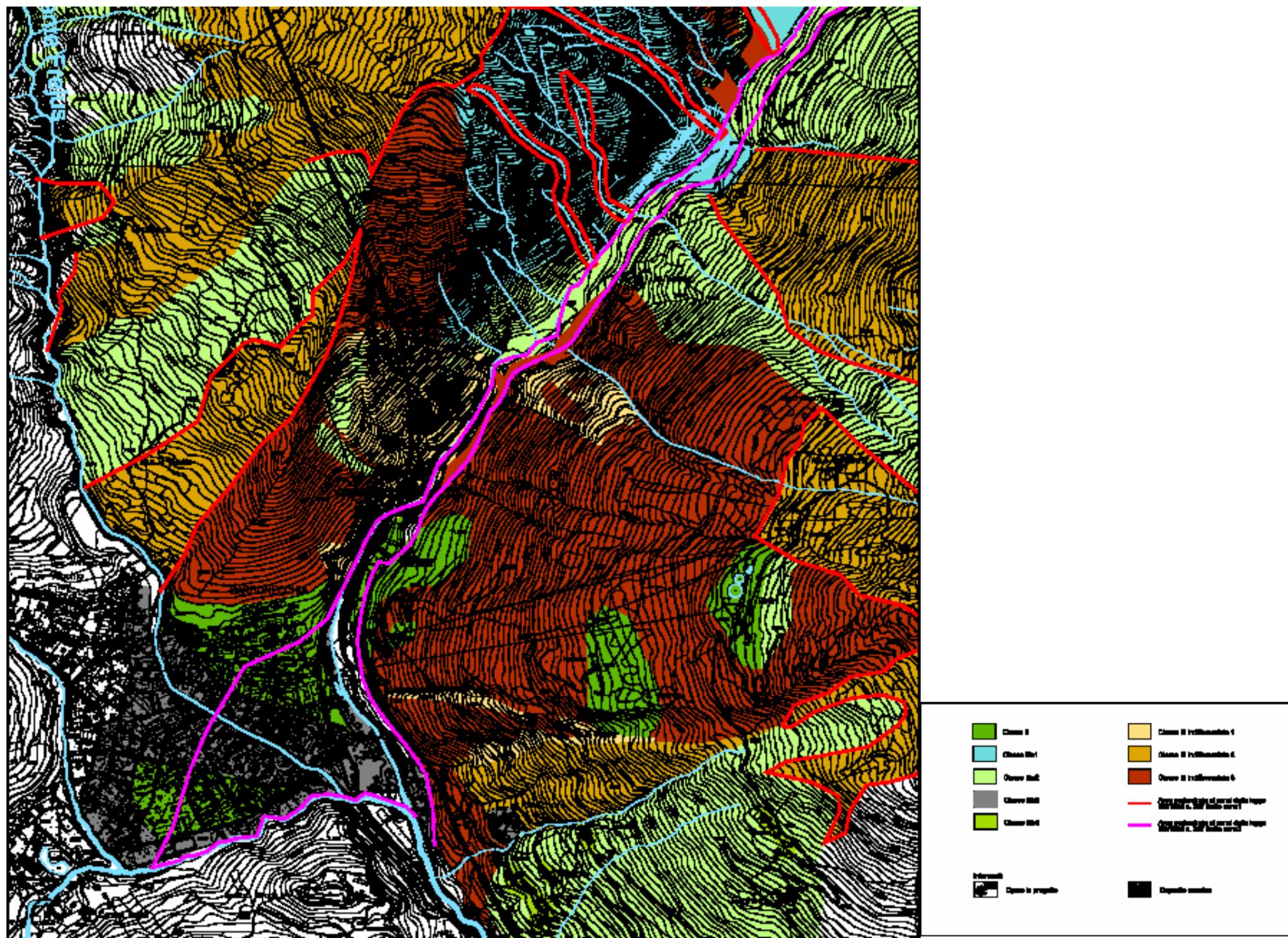
INDICE

	pagina
1. CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	1
2. CARTA DELLA PERICOLOSITA GEOMORFOLOGICA - P.R.G. DI BARDONECCHIA	2
3. CARTA MORFOLOGICA E DEI DISSESTI - P.R.G. COMUNE DI BARDONECCHIA	3
4. DINAMICA FLUVIALE - P.R.G. COMUNE DI BARDONECCHIA	4
5. CARTA DELLA DINAMICA VALANGHIVA - P.R.G. COMUNE DI BARDONECCHIA	5
6. DISTRIBUZIONE DEI GRANDI DOMINI PALEOGEOGRAFICO-STRUTTURALI NELLE ALPI: ELVETICO-GIURA, PENNIDICO, ALPI MERIDIONALI, MONFERRATO (MF), COLLINA DI TORINO (CT) E BACINO TERZIARIO PIEMONTESE (BTP)	6
7. PROFILO LONGITUDINALE	7
8. STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (FOGLIO 153-BARDONECCHIA)	8
9. PIANO DI BACINO ALTA VALLE DI SUSÀ	9
10. EVOLUZIONE DELL'ALVEO DEL TORRENTE DI ROCHEMOLLES	10
11. LIVELLI DI FUNZIONALITA FLUVIALE	11
12. IDROLOGIA DI SUPERFICIE E SOTTERRANEA - P.R.G. COMUNE DI BARDONECCHIA	12
13. INDIVIDUAZIONE DEI BACINI ANEMOLOGICI PIEMONTESI	13
14. ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO E UBICAZIONE DELLE STAZIONI DI MISURA (PROVINCIA DI TORINO)	14
15. LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI MISURA NEL COMUNE DI BARDONECCHIA	15
16. CARTA DELLE FORMAZIONI FORESTALI	16
17. CARTA DELLE PREVISIONI DI PIANO E DELLE INFRASTRUTTURE	17
18. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE IN LOC. CLAREA - MADDALENA	
19. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE ALL'IMBOCCO GALLERIA DEL FREJUS	

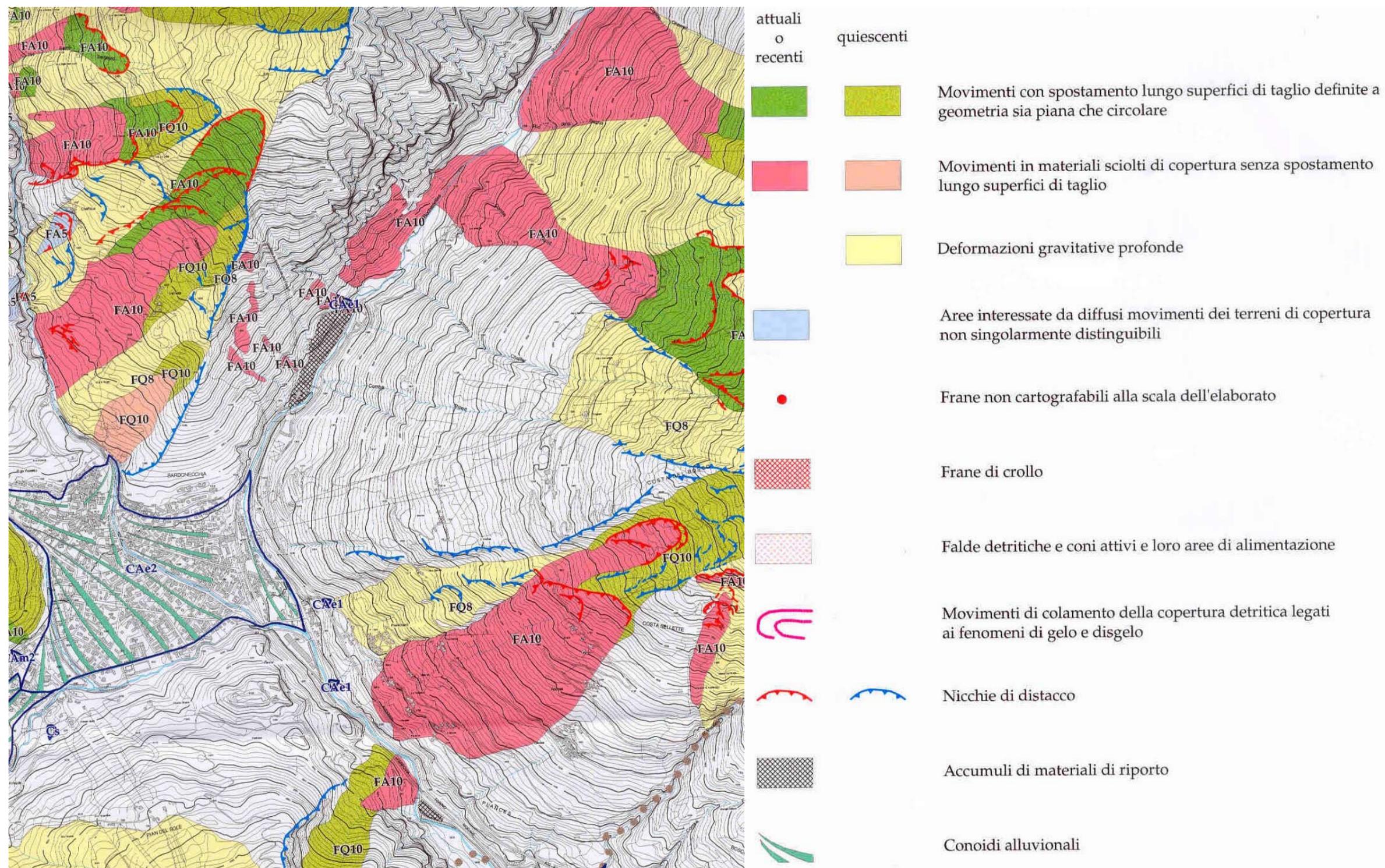
1. CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA



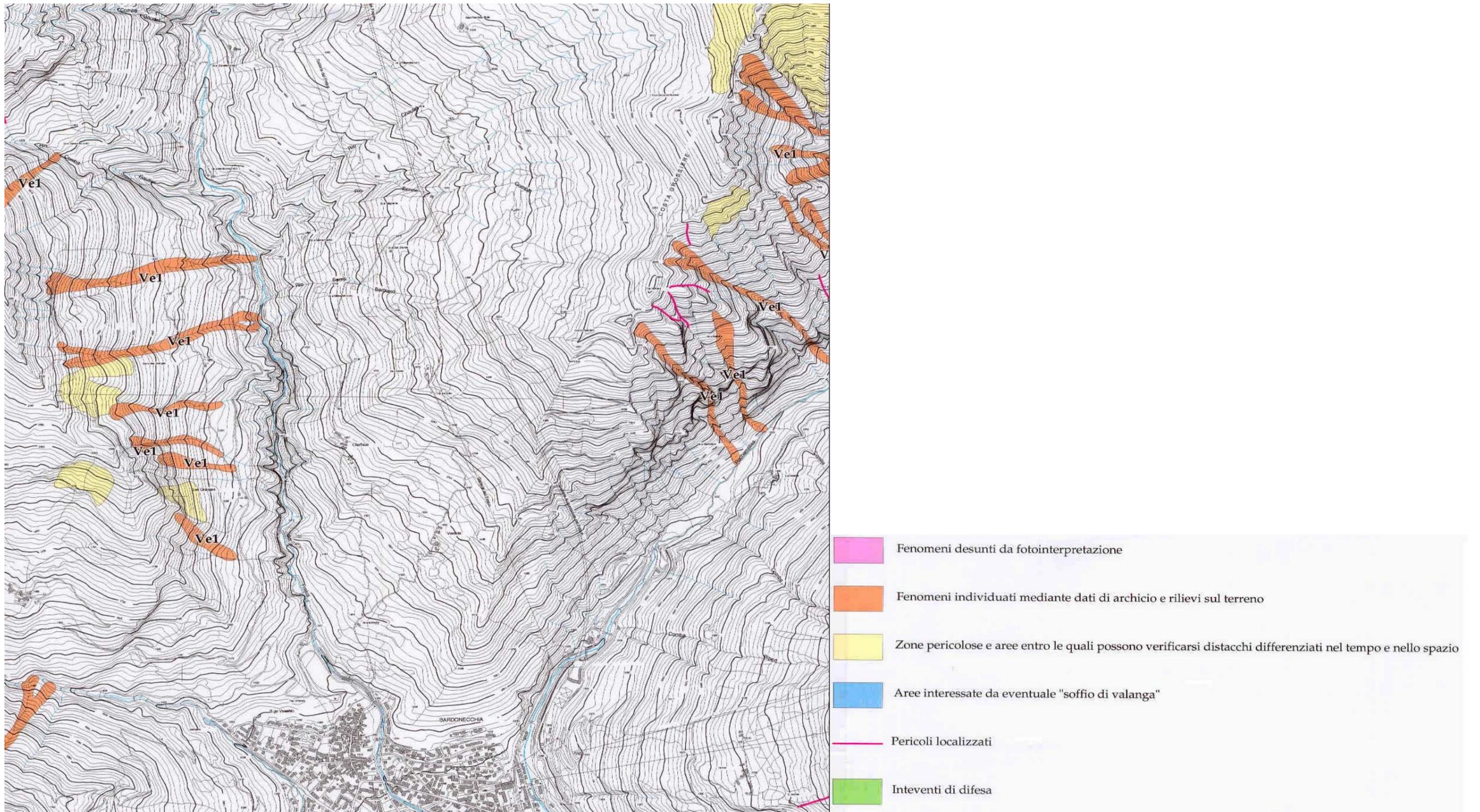
2. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA - P.R.G. DI BARDONECCHIA



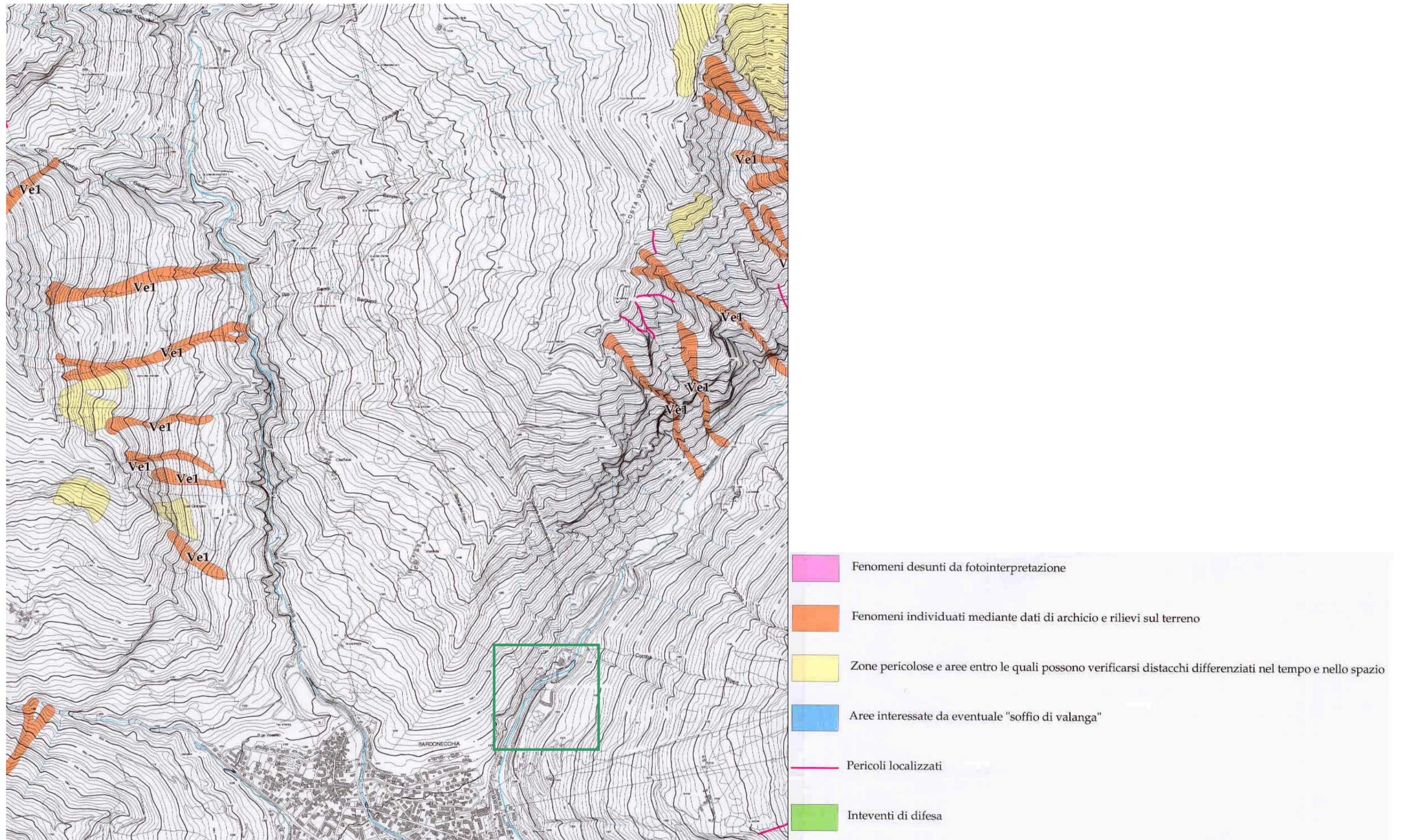
3. CARTA MORFOLOGICA E DEI DISSESTI - P.R.G. COMUNE DI BARDONECCHIA



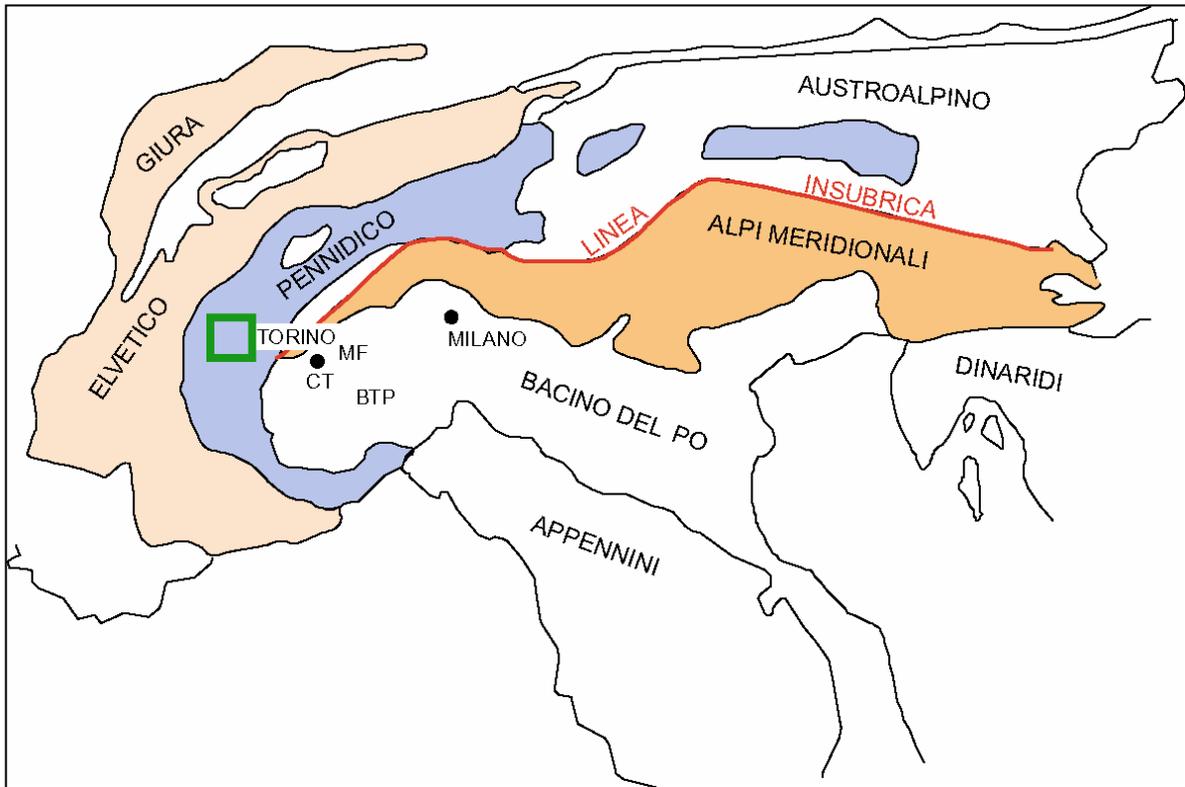
4. DINAMICA FLUVIALE - P.R.G. COMUNE DI BARDONECCHIA



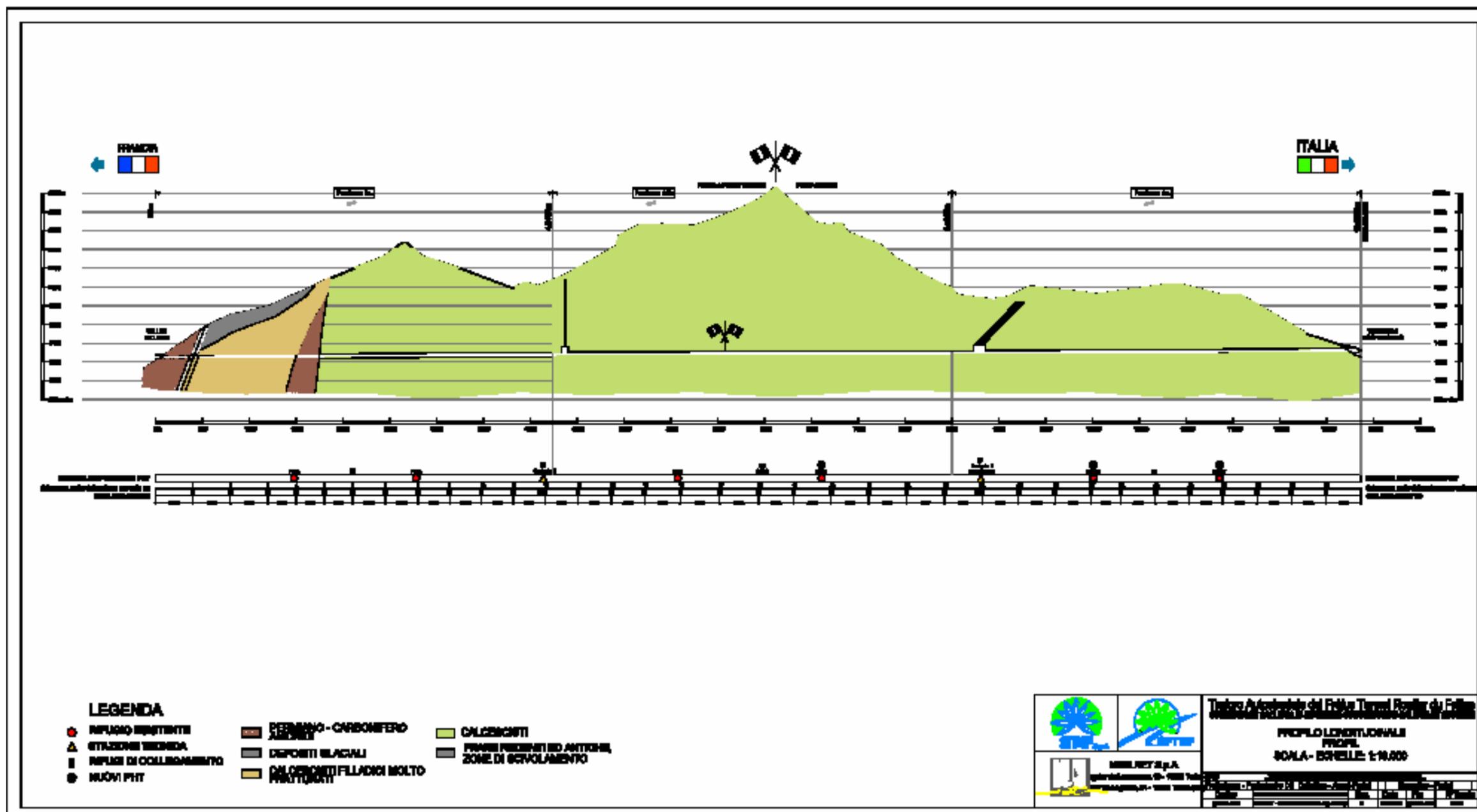
5. CARTA DELLA DINAMICA VALANGHIVA - P.R.G. COMUNE DI BARDONECCHIA



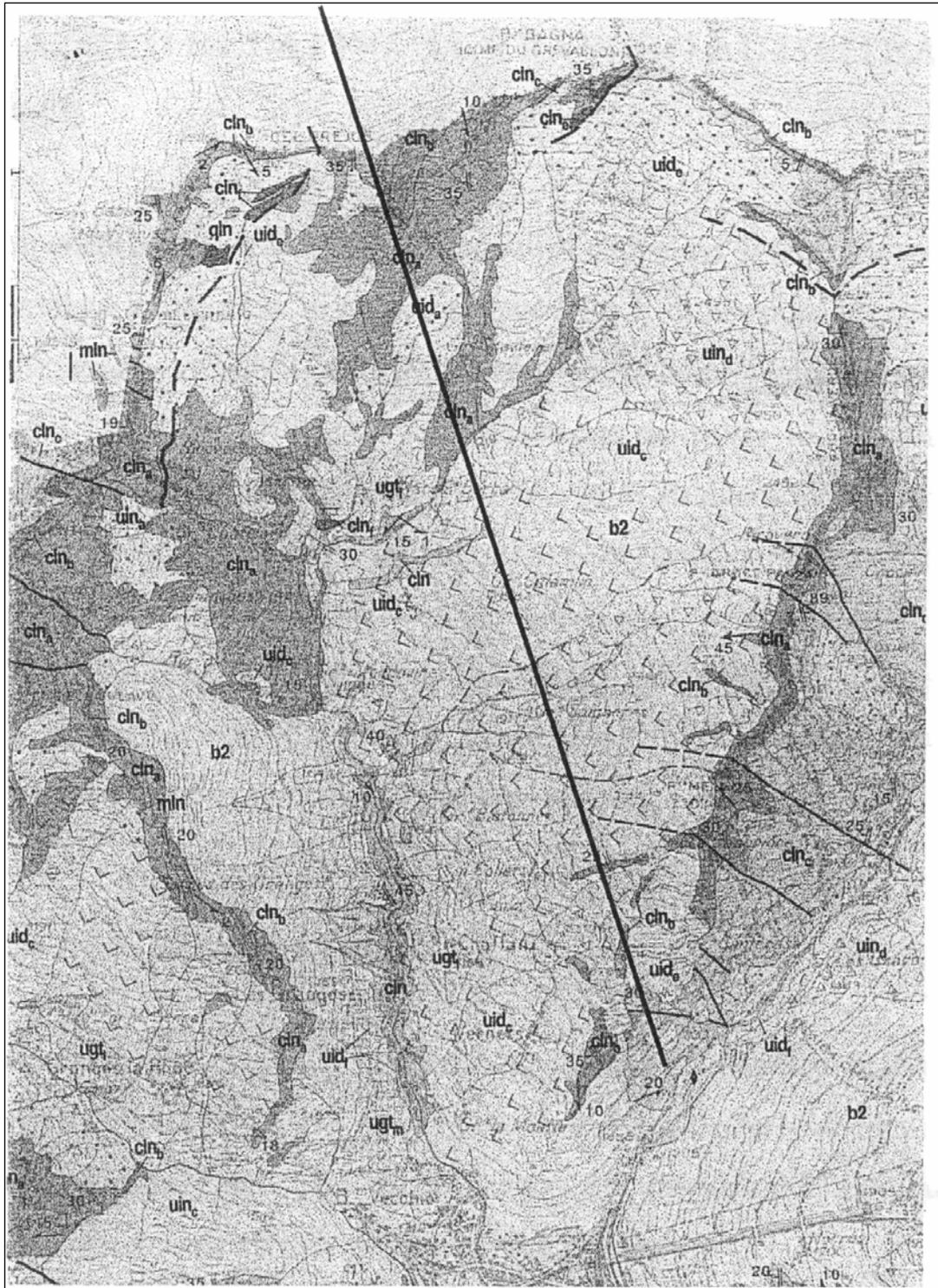
6. DISTRIBUZIONE DEI GRANDI DOMINI PALEOGEOGRAFICO-STRUTTURALI NELLE ALPI:
ELVETICO-GIURA, PENNIDICO, ALPI MERIDIONALI, MONFERRATO (MF), COLLINA DI
TORINO (CT) E BACINO TERZIARIO PIEMONTESE (BTP)



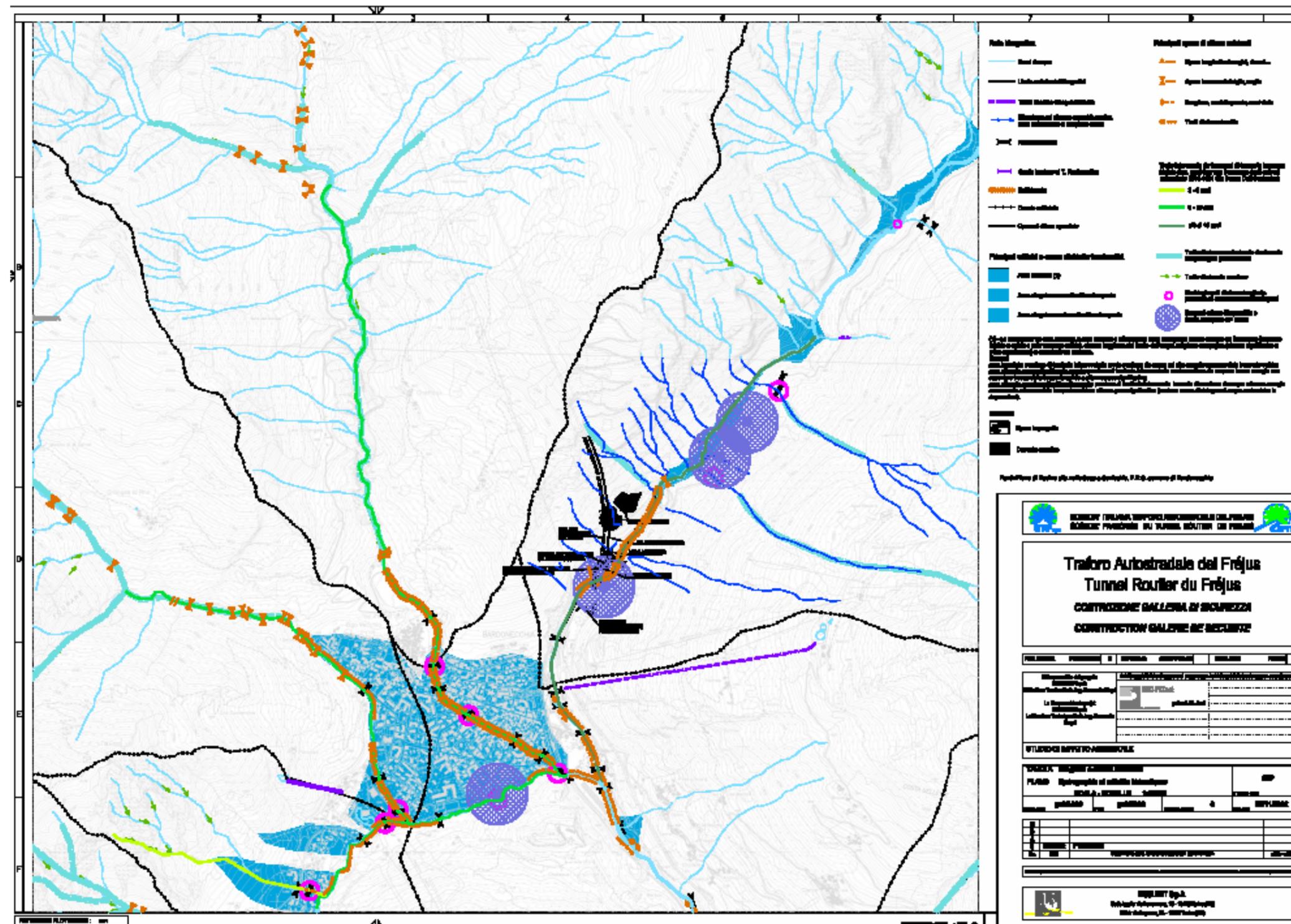
7. PROFILO LONGITUDINALE



8. STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (FOGLIO 153- BARDONECCHIA)



9. PIANO DI BACINO ALTA VALLE DI SUSÀ



10. EVOLUZIONE DELL'ALVEO DEL TORRENTE DI ROCHEMOLLES

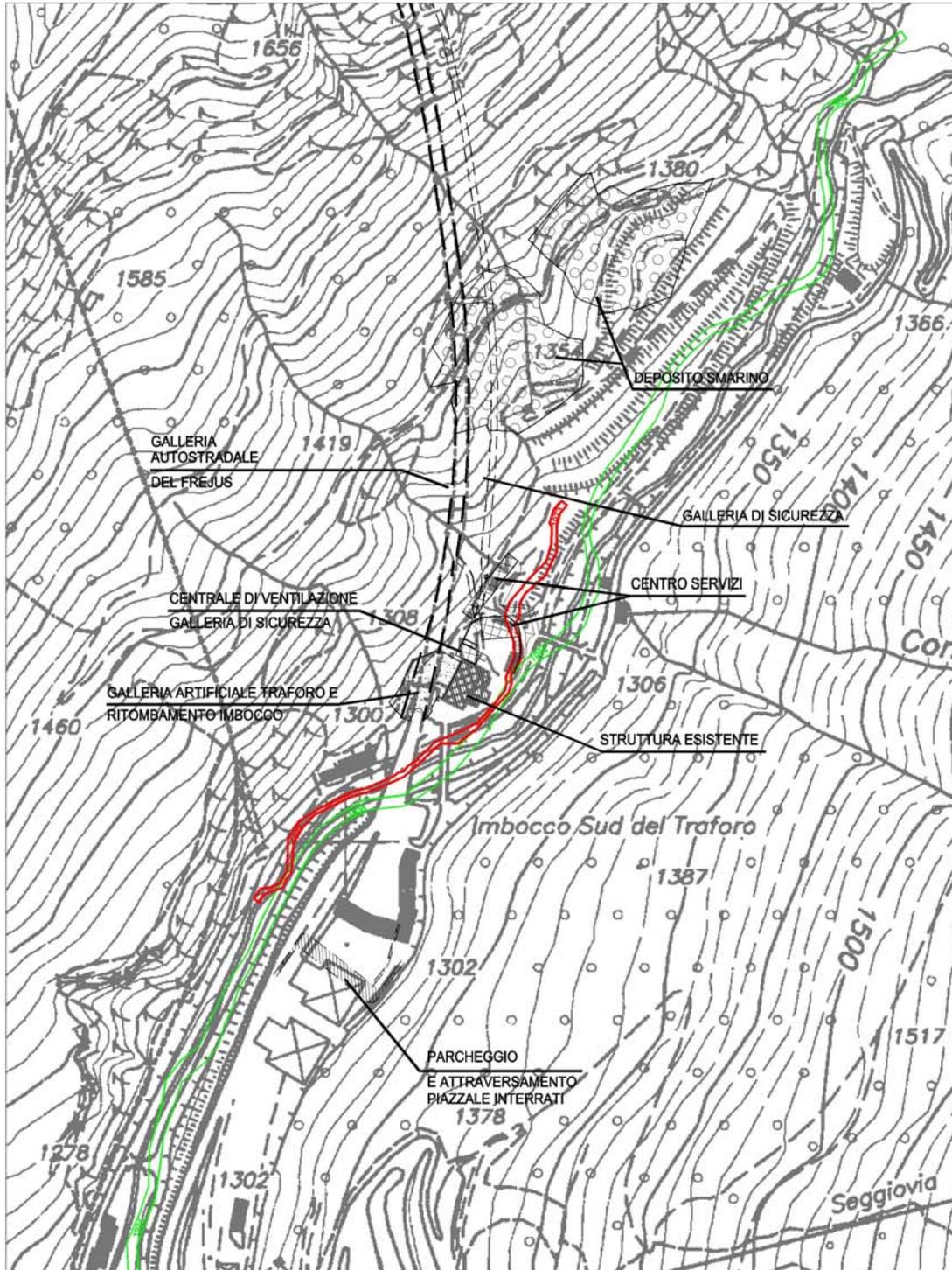
Ricostruzione attraverso la cartografia storica dell'evoluzione dell'alveo del T. Rochemolles a partire dal Novecento:

1934

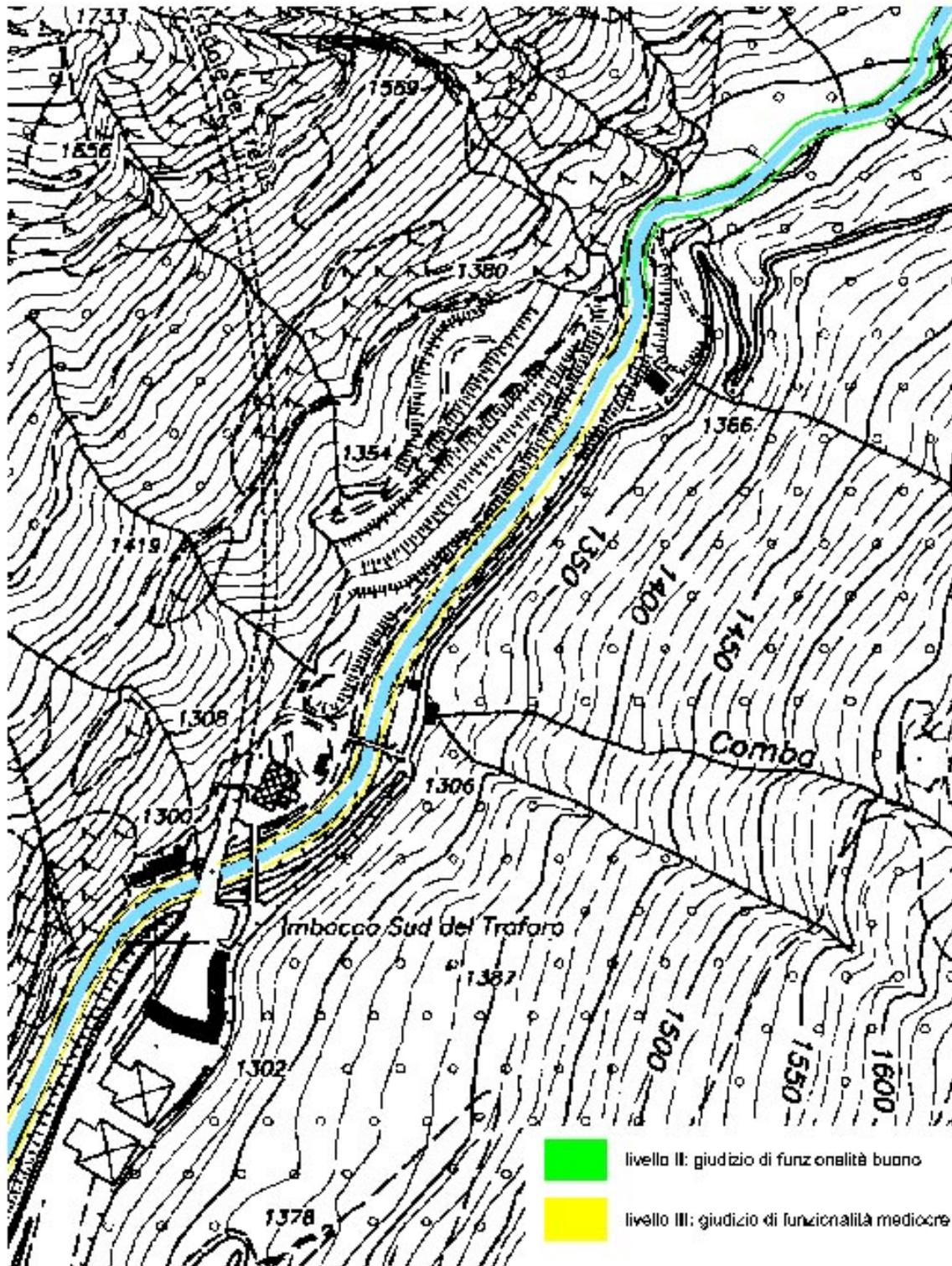
Andamento relativo al 1934, con aggiornamenti del 1964, tratto dal Foglio 54 della Carta d'Italia, tavolette Rochemolles (II NO) e Beaulard (II SO) dell'Istituto Geografico Militare

1973

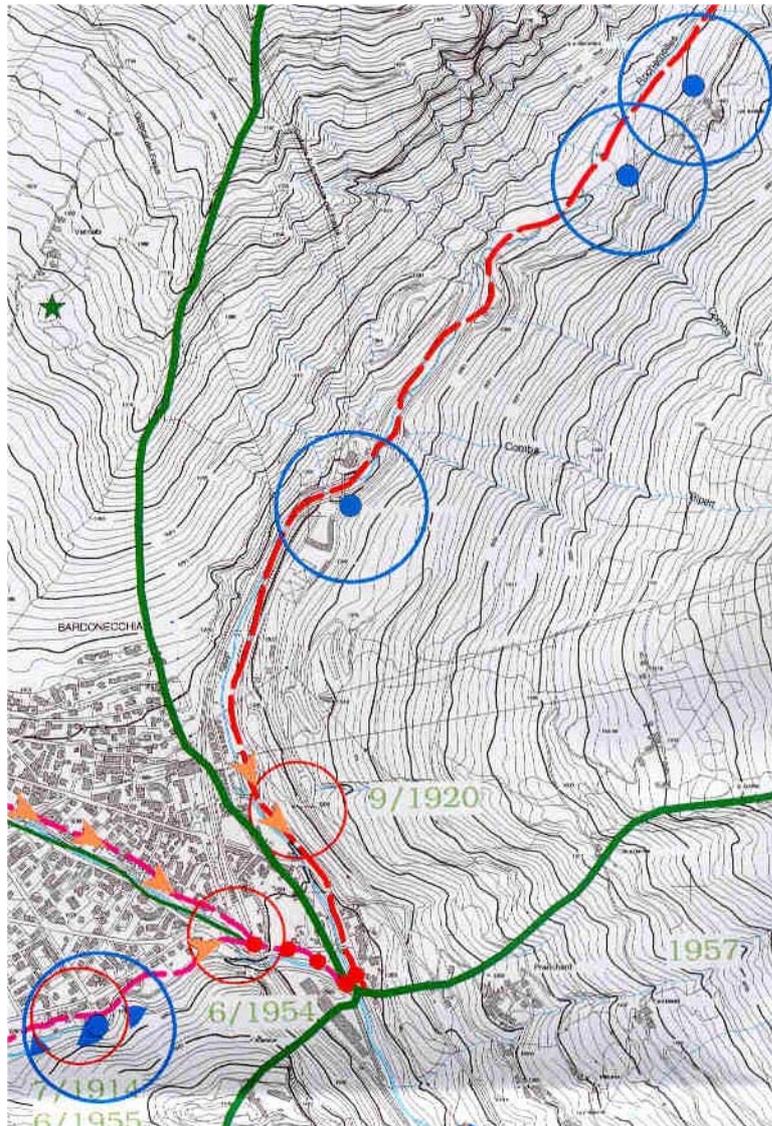
Andamento relativo al 1973, tratto dal rilievo della zona dell'Imbocco Lato Italia del progetto per la realizzazione del Traforo Autostradale esistente



11. LIVELLI DI FUNZIONALITÀ FLUVIALE

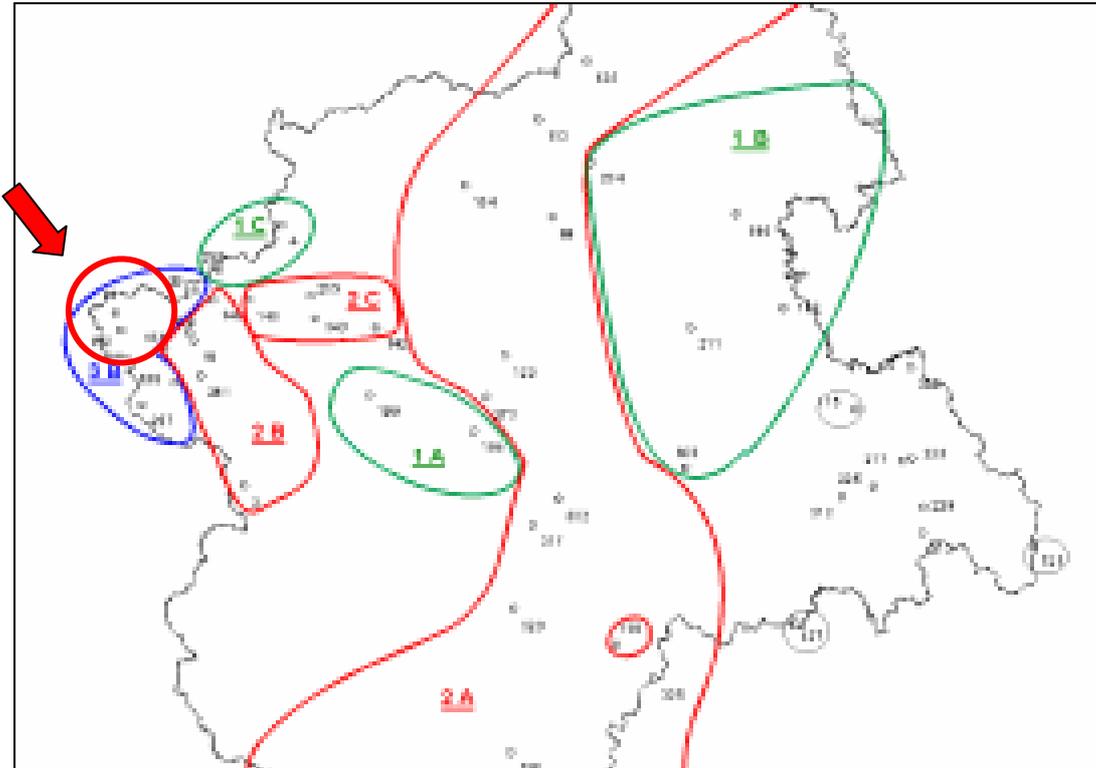


12. IDROLOGIA DI SUPERFICIE E SOTTERRANEA - P.R.G. COMUNE DI BARDONECCHIA

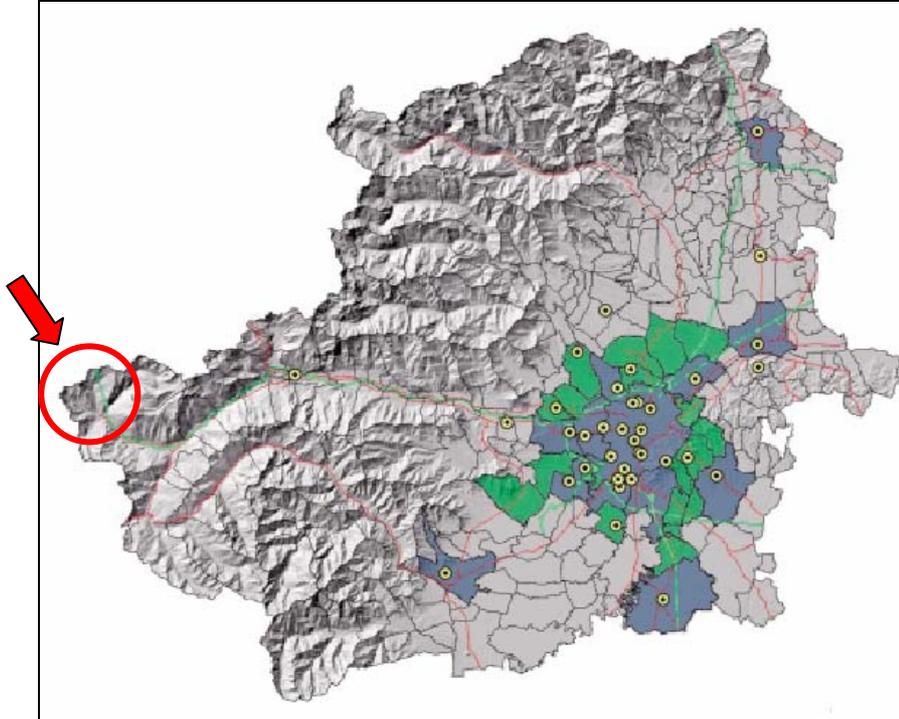


-  Sorgenti ad uso idropotabile e relativa fascia di rispetto di raggio 200 metri
-  Altre sorgenti

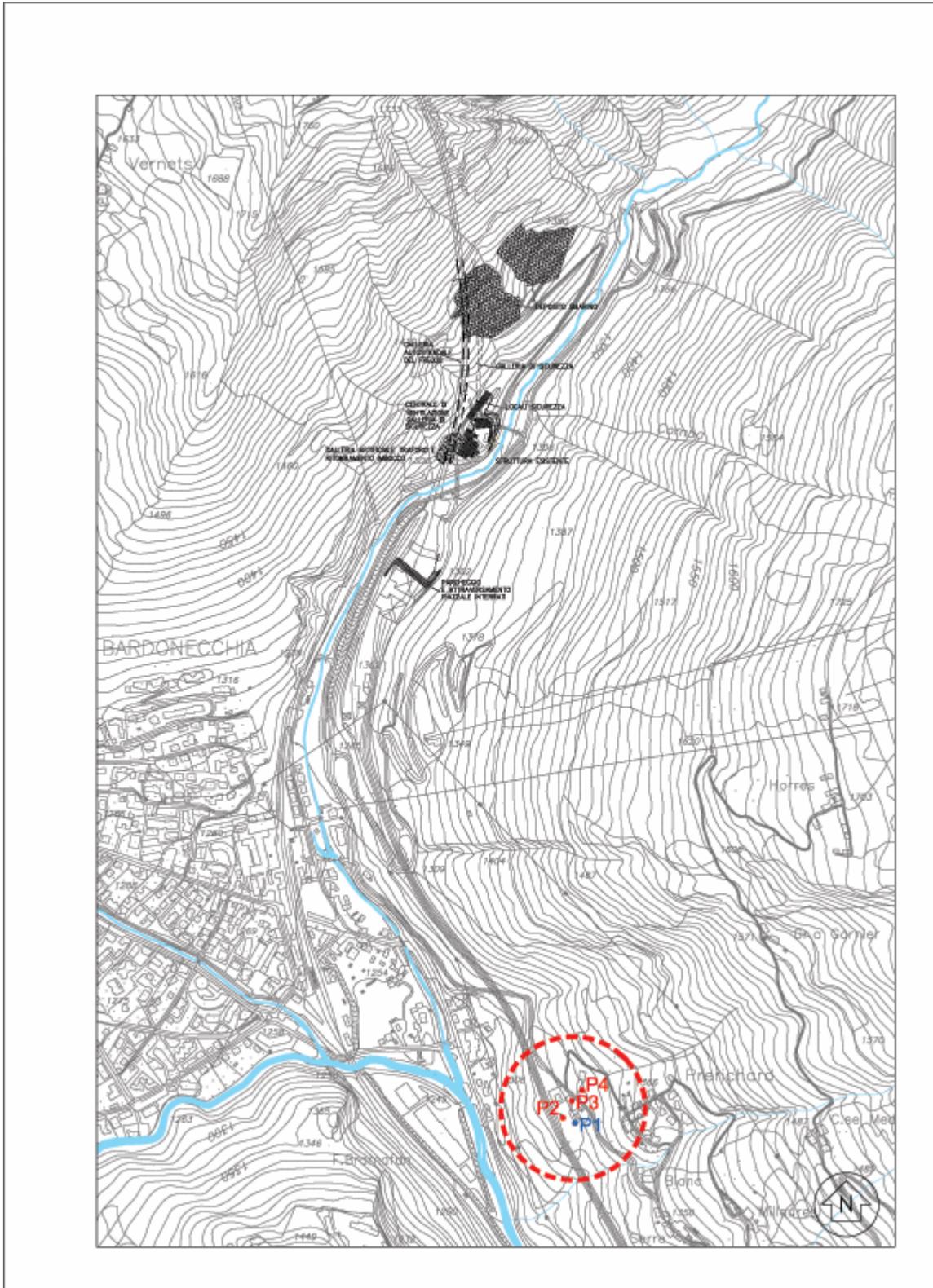
13. INDIVIDUAZIONE DEI BACINI ANEMOLOGICI PIEMONTESI



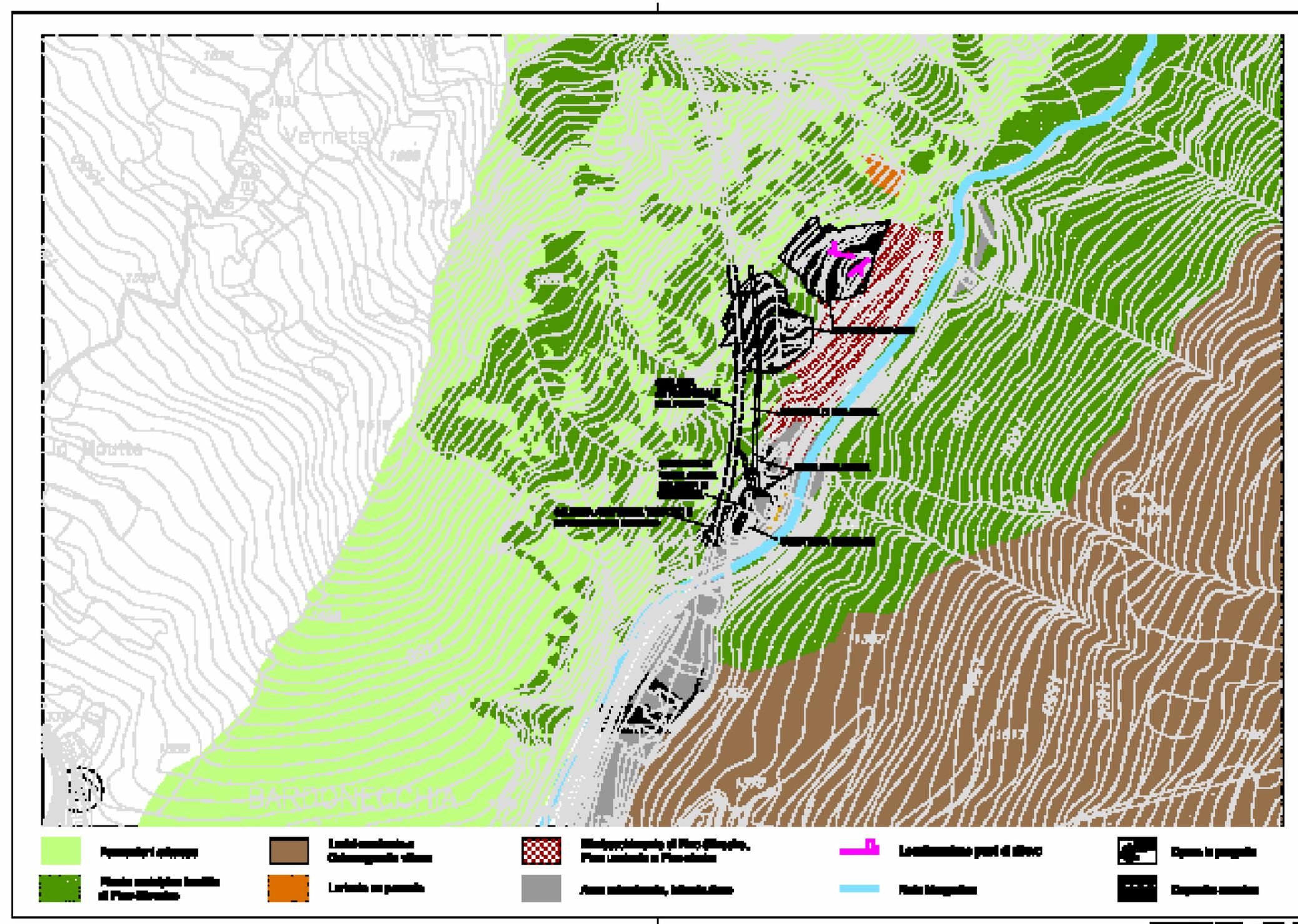
14. ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO E UBICAZIONE DELLE STAZIONI DI MISURA (PROVINCIA DI TORINO)



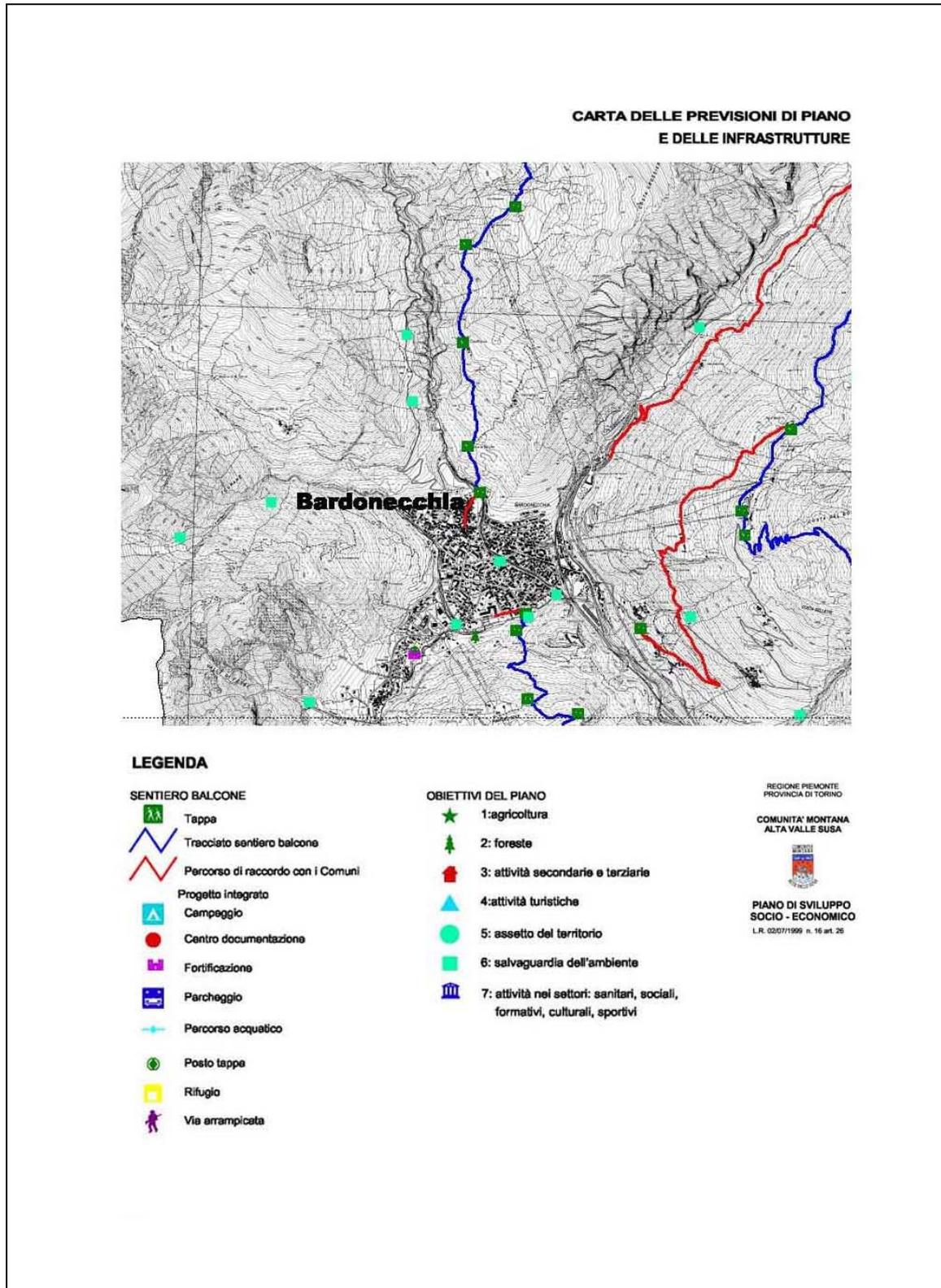
15. LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI MISURA NEL COMUNE DI BARDONECCHIA



16. CARTA DELLE FORMAZIONI FORESTALI



17. CARTA DELLE PREVISIONI DI PIANO E DELLE INFRASTRUTTURE



ALLEGATO N. 18

**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE IN
LOCALITA' CLAREA PER VERIFICA SITO DI
ACCUMULO MATERIALE DI RISULTA**

REGIONE PIEMONTE
 PROVINCIA DI TORINO
 COMUNE DI CHIOMONTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE IN LOCALITA' CLAREA
 PER VERIFICA SITO DI ACCUMULO MATERIALE DI RISULTA



DOCUMENTAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

CODICE

06036_GF

COMMITTENTE



SITAF SPA
 Fr. San Giuliano 2
 C.P. 59C 10059 SUSA (TO)



COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Srl

Silvia Josa *Guizzetti* *Dott. M. Ferrari*
 Dott.S.Josa Dott.D.Guizzetti Dott.M.Ferrari
REDATTO **CONTROLLATO** **APPROVATO**

0	SETTEMBRE 2006	Edizione	Dott.S.Josa	Dott.D.Guizzetti	Dott.M.Ferrari
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO



REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI TORINO
COMUNE DI CHIOMONTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE IN LOCALITA' CLAREA PER
VERIFICA SITO DI ACCUMULO MATERIALE DI RISULTA

Documentazione indagini geognostiche e geofisiche

Settembre 2006

SOMMARIO

INDAGINI GEOGNOSTICHE	
INDAGINE GEOFISICA SISMICA CON METODOLOGIA DOWN-HOLE	
▪ PRINCIPI DI BASE	
- Modalità di esecuzione della prova.....	
- Determinazione delle velocità.....	
▪ CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE	
▪ STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	
▪ ELABORAZIONE DATI ACQUISITI	
▪ RISULTATI DEL RILIEVO.....	
▪ CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	
RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE	
▪ DESCRIZIONE DEL METODO	
▪ FINALITA' E PROGRAMMAZIONE DELLO STUDIO	
▪ STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	
▪ GEOMETRIA DEGLI STENDIMENTI E SETTAGGIO STRUMENTO	
▪ ELABORAZIONE DATI ACQUISITI	
▪ RISULTATI DELLE INDAGINI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	



ALLEGATI

- SONDAGGI GEOGNOSTICI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....
- RISULTATI INDAGINE DOWN-HOLE E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....
- RISULTATI RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....



PREMESSA

Tra l'08/09/06 e il 30/08/06 sono stati eseguiti per conto della SITAF SpA n.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo per la verifica di un sito di accumulo di materiale di risulta in località Clarea, Comune di Chiomonte (TO).

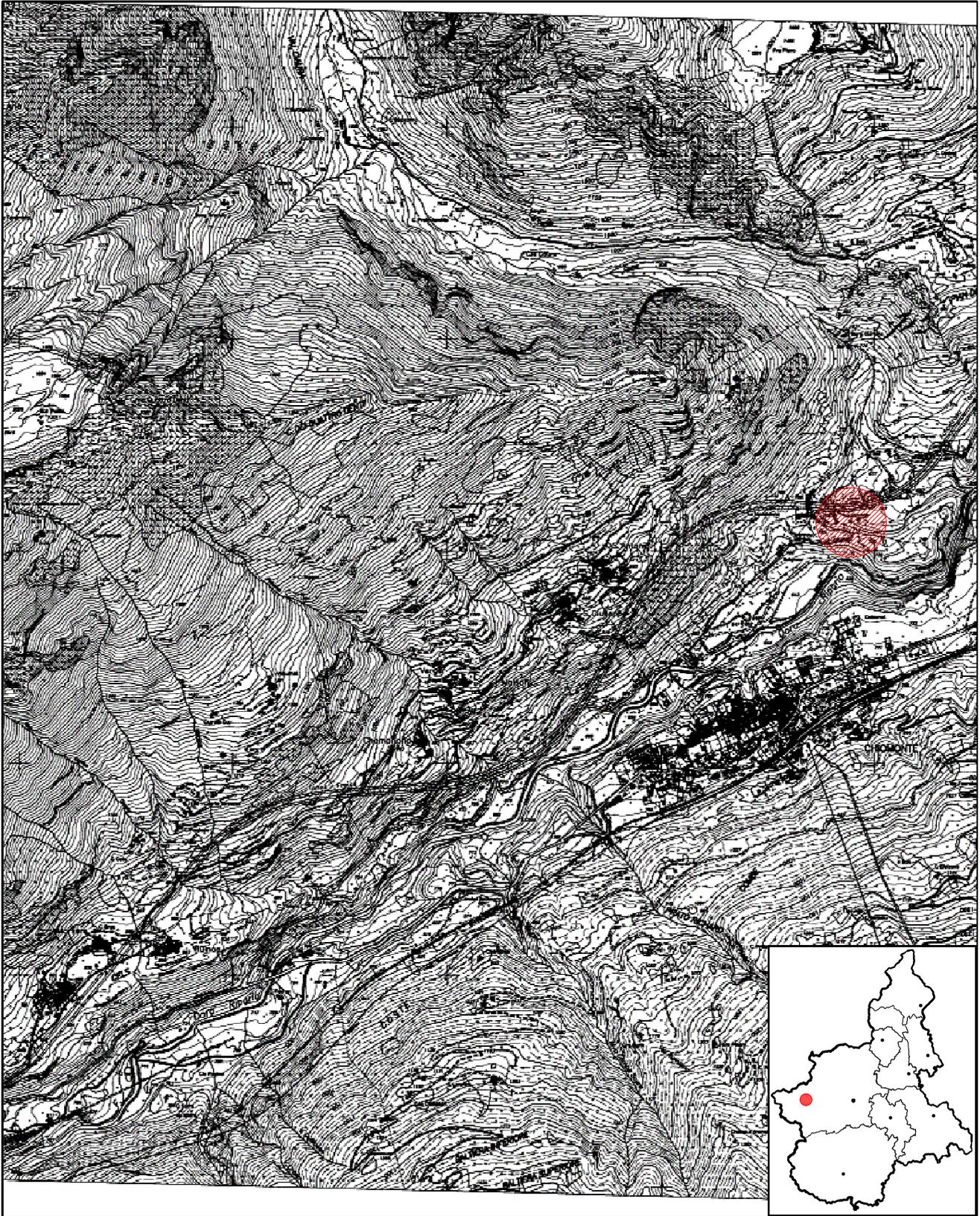
L'area era un tempo adibita a discarica di inerti dei materiali provenienti da scavi realizzati nella costruzione dell'Autostrada Torino – Bardonecchia.

Un foro di sondaggio è stato attrezzato con piezometro per la verifica delle oscillazioni del livello di falda intercettato e un altro con tubazione cieca per eseguire un'indagine geofisica tipo Down-Hole.

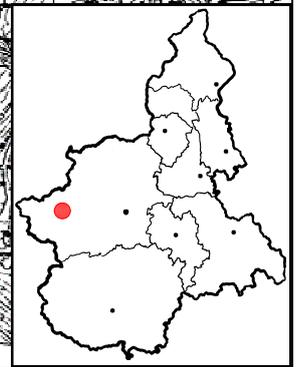
L'indagine sismica con metodo Down – Hole è stata eseguita in data 01/09/2006 in corrispondenza del foro di sondaggio identificato con S1 per stimare la velocità delle onde sismiche nei terreni attraversati dal foro e i risultati ottenuti sono stati integrati con un rilievo sismico a rifrazione lungo due stendimenti distribuiti in prossimità dei sondaggi eseguiti.

La prova Down-Hole è stata eseguita all'interno del foro di sondaggio appositamente realizzato e predisposto mediante installazione di un tubo di diametro idoneo a ospitare la terna geofonica e in maniera tale da rimanere pieno d'acqua per l'intera durata della prova.

Di seguito vengono descritte le modalità di esecuzione delle indagini eseguite e in allegato si forniscono i risultati ottenuti.



COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO GENERALE
DELL'AREA OGGETTO DI INDAGINI
(Reg. Piemonte - C.T.R. Raster F153080)



Scala 1:20.000



INDAGINI GEOGNOSTICHE

Committente: SITAF SPA

Commessa: 06036

Cantiere: Chiomonte, loc. Clarea

Tra il 07/08/06 e il 30/08/06 sono stati realizzati n.2 sondaggi geognostici a rotazione con carotaggio continuo allo scopo di verificare il sito di accumulo di materiale di risulta in Comune di Chiomonte, località Clarea (TO).(Vedi corografia e Tav.01).

In particolare si tratta dei sondaggi denominati:

- *S1*: profondo 30.0m, realizzato da 0.00m a 30.00m e attrezzato con tubo cieco in PVC diam. 3” fino alla profondità da p.c. di -30.0m per eseguire un’ indagine geofisica tipo down-hole;
- *S2*: profondo 20.0m, realizzato a rotazione con carotaggio continuo e attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC diam. 1.5”, finestrato alla profondità da p.c. compresa tra -6.00m e -20.00m per il controllo delle oscillazioni della falda intercettata.

La terebrazione è stata eseguita impiegando una sonda idraulica GEOMARC – G2, montata su carro cingolato, di cui nella tabella a seguire vengono presentate le principali caratteristiche:

SONDA PERFORATRICE IDRAULICA		
Modello:	GEOMARC – G2	
coppia max.	kgm	1000
velocità di rotazione	rpm	12÷550
spinta	kg	5800
tiro	kg	8300
velocità risalita (min.-max.)	m/min	10÷42
velocità discesa (min.-max.)	m/min	14÷61
tiro max. argano	kg	3350
motore diesel Deutz	Hp	120
Pompa a pistoni Nenzi triplex 200 per fanghi		
portata max.	l/min	200
pressione max. esercizio	bar	80



Particolare fotografico della sonda utilizzata



Metodologia di perforazione

Carotaggio continuo

Sul sondaggio identificato con S1 la perforazione è stata condotta a rotazione con carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro 101mm e 131mm, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote).

La perforazione di carotaggio per il recupero dei campioni, è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco).

Rivestimento

Per il sostegno delle pareti del foro, la natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire il foro: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1.5m e del diametro di 127mm fino alle profondità indicate in stratigrafia.

Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara.

I campioni estratti durante la perforazione a carotaggio continuo (sondaggio S1) sono conservati in apposite cassette catalogatrici in polietilene, opportunamente classificate con gli estremi identificativi del sondaggio.

Strumentazione geotecnica

Piezometro a tubo aperto

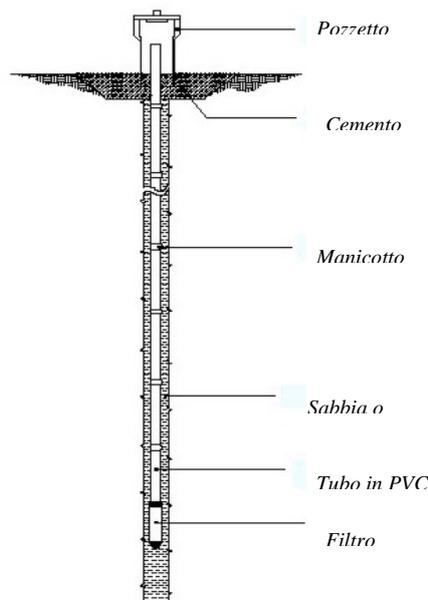
Il foro di sondaggio identificato con S2 è stato attrezzato per il rilievo continuo della falda acquifera tramite la posa in opera di n.1 piezometro a tubo aperto.

Tale strumento è costituito da un tubo in PVC rigido, di diametro 1.5", opportunamente fessurato con finestratura continua nella parte in falda (tra -6.0m e -20.0m di profondità da p.c.) e cieco nel restante tratto.

Lo strumento è stato posto in opera nel foro predisposto con un rivestimento provvisorio. L'intercapedine foro-tubo è stata riempita con apposito materiale granulare.

La tubazione è stata assemblata ponendo, a partire dal fondo foro:

- un fondello cieco munito di tappo di fondo;
- la parte microfessurata per 14.0m ca., a partire da fondo foro verso il p.c.;
- la parte cieca nel restante tratto, fino a boccaforo, con tappo di protezione a testa tubo.



Piezometro a tubo aperto



Particolare fotografico del tipo di terminale di protezione adottato

Tubo per indagine down-hole

Al termine della perforazione di S1 nel foro è stata installata un'apposita tubazione per alloggiare gli strumenti di misura della prova geofisica.

Lo strumento, posato nel foro appositamente predisposto, è costituito da un tubo PVC pesante diam. 3". Gli spezzoni, della lunghezza di 3m ciascuno, sono uniti tramite apposite giunzioni M/F a bicchiere. Per migliorare le condizioni di tenuta della tubazione, i filetti sono stati sigillati con silicone e nastrati.

Per rendere solidale la colonna al terreno, l'intercapedine è stata sigillata e cementata con miscela binaria acqua-cemento fino a refluento a piano campagna.

In superficie il tubo cementato termina con tappo di protezione a testa tubo.



PROVE GEOTECNICHE IN SITO

Prove S.P.T.

Nei fori di sondaggio sono state eseguite n.20 prove S.P.T. (“Standard Penetration Test”), alle profondità indicate in stratigrafia (di cui n.12 prove su S1 e n.8 prove sul sondaggio S2).

La prova è di tipo discontinuo e viene eseguita nel corso della perforazione, interrompendo l’avanzamento del sondaggio a intervalli regolari o prestabiliti e che consente di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati.

Le prove S.P.T. sono state effettuate tramite l’infissione, a partire dal fondo foro raggiunto, di un campionatore a parete grossa tipo Raymond (diam. 51mm, lunghezza utile 562mm), collegato al piano campagna da una batteria di aste di dimensioni standardizzate (diam. 51mm, peso 7.5 kg/m), per mezzo di un’apparecchiatura a percussione del peso standard di 63.5kg con sganciamento automatico del maglio (Trip Monkey tipo Pilcon) dall’altezza prefissata di 760mm. Il dispositivo di sollevamento è fornito dall’argano oleodinamico della sonda perforatrice.

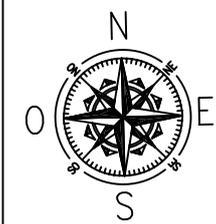
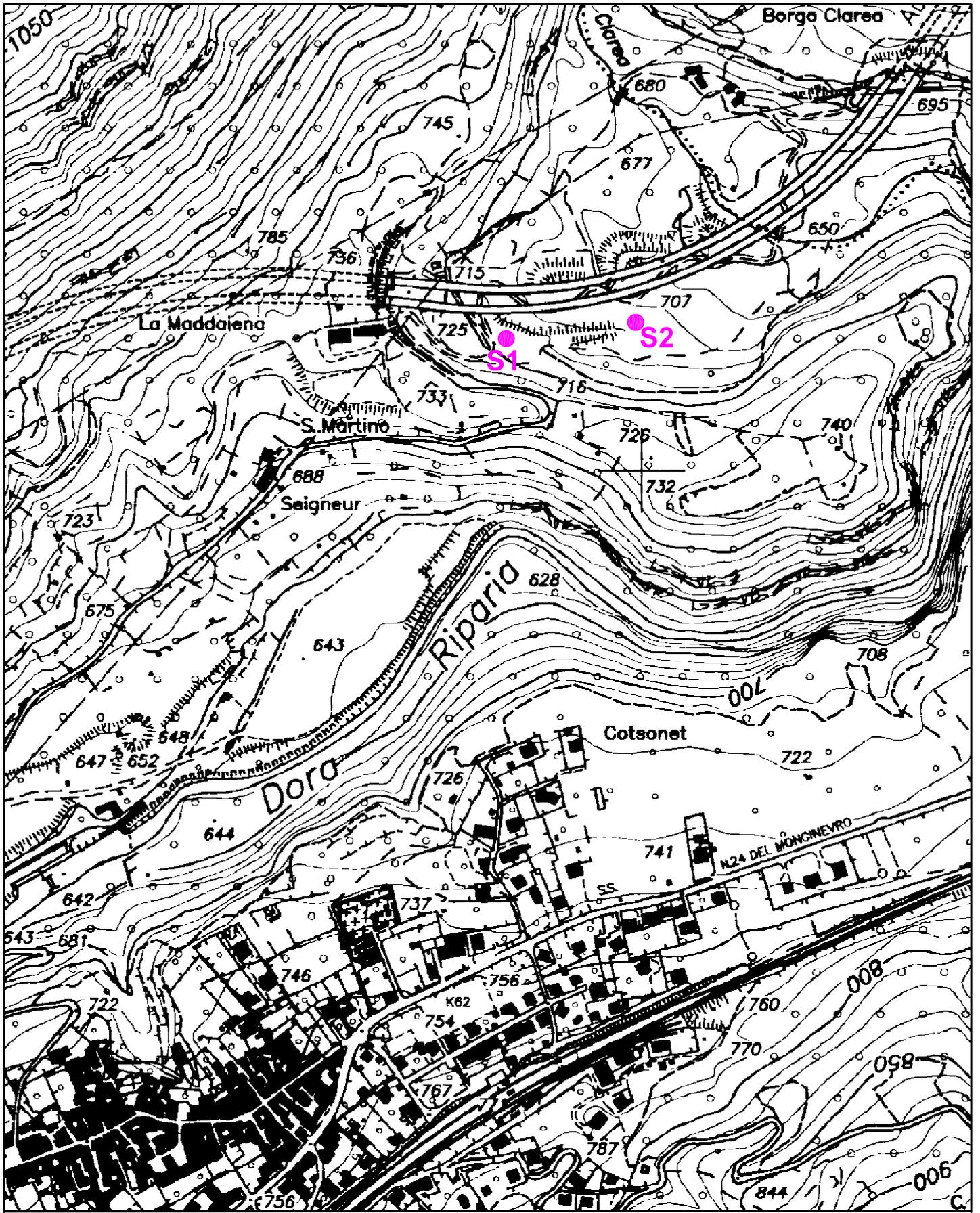
Nei casi in cui non vi era pericolo di repentino collasso del foro, la prova è stata eseguita immediatamente dopo la manovra di carotaggio e prima della manovra di rivestimento, per evitare disturbi al terreno, previa verifica della quota del fondo foro.

Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità di 45cm, a partire dalla quota di fondo foro (eventualmente ripulito tramite apposita manovra), rilevando il numero di colpi (N) necessari per la penetrazione di ciascun intervallo di 15cm. Il valore di NSPT è ottenuto sommando i colpi necessari per il 2° e 3° tratto.

La prova viene sospesa ogni qualvolta il numero di colpi N, per un tratto di 15cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l’infissione in centimetri ottenuta con 50 colpi.



Per l'esecuzione delle prove SPT nei terreni a granulometria fine (limoso-sabbiosa) si è utilizzato il campionatore Raymond corredato di una scarpa troncoconica a punta aperta, la cui lunghezza standard è di 76mm.



Scala 1:5000

Legenda

● Sondaggio geognostico

REGIONE PIEMONTE
 PROVINCIA DI TORINO
 COMUNE DI CHIOMONTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICA IN LOCALITA' CLAREA PER VERIFICA
 SITO DI ACCUMULO MATERIALE DI RISULTA

File:
 06036GF\tavole\tav.01

UBICAZIONE SONDEGGI GEOGNOSTICI

Tavola:
01



INDAGINE GEOFISICA DOWN-HOLE

In data 01/09/2006, in località Clarea in Comune di Chiomonte (TO), in prossimità del viadotto autostradale Ramat, è stata condotta un'indagine sismica con metodologia Down – Hole in un foro di sondaggio profondo 30m, denominato S1 (la stratigrafia del sondaggio eseguito viene presentata in allegato).

L'indagine, spinta a tutta la profondità del perforo, ovvero a 30m dal locale piano di campagna, è stata effettuata allo scopo di determinare i tempi di arrivo dell'impulso delle onde compressionali P e delle onde di taglio S e consentire, di conseguenza, la caratterizzazione dal punto di vista sismico dei terreni indagati.

Le misurazioni Down-Hole usufruiscono di un solo foro di sondaggio, alle cui pareti viene ancorato un geofono tridimensionale. L'energia sismica viene prodotta in superficie, nei pressi della bocca del foro, secondo criteri tali da produrre anche le onde S. Misurando sui sismogrammi i tempi di transito relativi alle onde P ed S è possibile stimare l'andamento delle velocità intervallari V_p e V_s e i parametri elastici relativi ai terreni attraversati.

Il terreno indagato, come dimostra la stratigrafia del sondaggio a carotaggio continuo allegata al presente report, risulta essere costituito essenzialmente da materiali di riporto soprastanti limi argillosi e ghiaie sabbiose.

L'indagine, come disposto dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003, è necessaria per definire le velocità di propagazione delle onde sismiche in un'area sismica di Classe 3, per la verifica di un sito di accumulo di materiale di risulta.

La Normativa Italiana (Ordinanza 3274), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura sia dello spessore della stessa. Vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E a ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt} > 50$ o coesione non drenata > 250 kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{sp} < 15$, $cu < 70$ kPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di V_{s30} simili a quelli delle classi C o D e spessore compreso fra 5 e 20 m, giacenti su un substrato più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione.

In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.

Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.



Classe	Descrizione
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($IP > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ kPa).
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria non rientrante nelle classi precedenti.



INDAGINI SISMICHE: PRINCIPI DI BASE

Le indagini sismiche si basano sulla misura della velocità di propagazione delle onde elastiche in rocce e terreni. Le onde elastiche vengono create artificialmente per mezzo di esplosioni controllate o di altre tipologie di sorgenti e la loro propagazione viene rilevata in punti diversi, in superficie e/o in profondità, tramite trasduttori che generano un segnale elettrico misurabile corrispondente alla sollecitazione elastica del terreno nel punto di misura.

Se un corpo in equilibrio subisce una sollecitazione in un punto, esso tende a deformarsi in relazione alle caratteristiche elastiche del corpo stesso e dal tipo di sollecitazione. La propagazione della deformazione nei punti circostanti avviene come propagazione di onde la cui velocità dipende dalle caratteristiche elastiche del corpo (Godio et al., 2001).

Le onde sismiche (o onde elastiche) si generano e si propagano in un corpo quando questo viene sollecitato da uno sforzo impulsivo di piccola energia (cioè nel campo delle piccole tensioni e delle piccole deformazioni). Quando il corpo sollecitato si deforma nel campo elastico (campo di linearità della legge di Hooke) le sue particelle si spostano dalla loro posizione di equilibrio.

Al cessare della sollecitazione le particelle tendono a tornare alla loro posizione di equilibrio innescando un moto di oscillazione (vibrazione). Tale moto di oscillazione si propaga in tutte le direzioni alle particelle circostanti con velocità che dipende dalla facilità delle particelle ad abbandonare il loro stato di quiete, cioè dalle caratteristiche meccaniche del corpo.

Le onde elastiche così generatesi interessano tutto il volume del corpo (onde di volume), non sono dispersive (la velocità di propagazione non dipende dalla frequenza) e possono essere distinte in funzione della direzione di vibrazione rispetto alla direzione di propagazione.

Si hanno dunque:

- onde di compressione (onde P): longitudinali e primarie, si propagano ad alta velocità sia nei solidi che nei liquidi e sono caratterizzate da un moto delle particelle nella stessa direzione di propagazione dell'onda, con successive compressioni e rarefazioni;

- onde di taglio (onde S): trasversali e secondarie, si propagano più lentamente delle onde P e presentano un moto delle particelle perpendicolare alla direzione di propagazione; non si trasmettono nei fluidi;
- onde di Rayleigh: sono onde superficiali e determinano spostamenti ellittici delle particelle il cui moto avviene nel piano verticale e con verso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione stessa;
- onde di Love: sono onde superficiali che si sviluppano solo in presenza di uno strato a bassa velocità e non si trasmettono nei fluidi; gli spostamenti sono orizzontali e trasversali rispetto alla direzione di propagazione.

La metodologia Down-Hole consente la valutazione delle velocità sismiche delle onde P ed S (ossia compressionali e di taglio) lungo la verticale data da un foro di sondaggio opportunamente preparato.

L'esecuzione della prova DHT (Down-Hole Test) richiede la perforazione di un solo foro di sondaggio entro il quale vengono alloggiati i ricevitori (Vedi Fig.1). La sorgente è posta a piano campagna in una zona adiacente al foro.

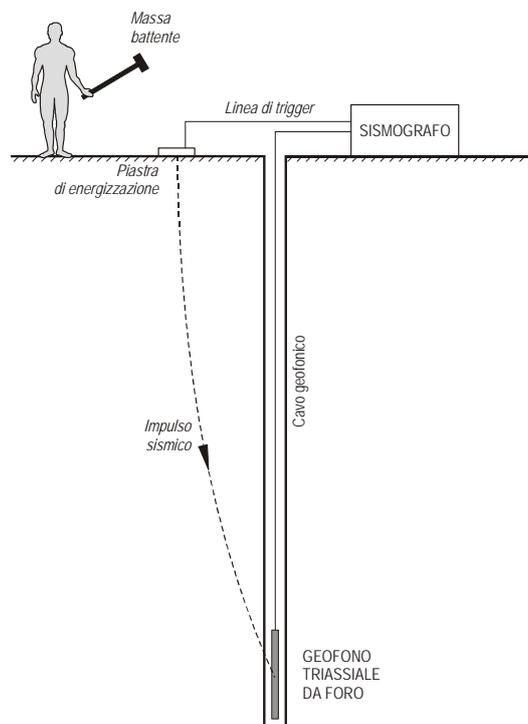


Fig. 1



I profili di velocità ottenuti dalle misure DHT rappresentano valori di velocità medi sullo spessore degli strati poiché sono calcolati lungo percorsi di raggi sismici inclinati.

A causa dell'attenuazione del segnale con la profondità e degli effetti di rifrazione/riflessione delle onde sismiche causate dalla eterogeneità del mezzo, risulta difficile eseguire la prova DHT a profondità maggiori di 60m.

L'attrezzatura della prova DHT comprende una sorgente di energia posta a piano campagna, un accelerometro situato in prossimità della sorgente per rilevare l'istante di energizzazione, almeno un ricevitore posto all'interno del foro di sondaggio, e, infine, un sistema di acquisizione dati per la raccolta e l'analisi dei segnali.

La generazione di energia avviene mediante percussione manuale con mazze o percussori idraulici (in direzione verticale per generare onde P, in direzione orizzontale per generare onde S) di un blocco (es. parallelepipedo ligneo) posto in prossimità del foro di sondaggio, a una distanza di 0.5÷3.0m.

Per quel che concerne i ricevitori, essi sono generalmente dei geofoni tridimensionali con un sensore atto a rilevare le onde verticali di compressione e almeno due sensori, posti ortogonalmente tra loro, per la misura delle onde di taglio.

Nel seguito vengono illustrate schematicamente le fasi che caratterizzano l'esecuzione della prova.



Modalità di esecuzione della prova

Nel foro di sondaggio appositamente attrezzato vengono alloggiati i ricevitori e preparati gli strumenti di registrazione.

La prova si sviluppa secondo le seguenti fasi:

- 1.** Dopo avere predisposto un opportuno piano d'appoggio, la sorgente viene collocata sulla superficie in prossimità del foro a una distanza dall'asse del foro in genere compresa tra *1m* e *5m* (da concordare con la direzione lavori) e orientata perpendicolarmente al raggio uscente dal foro. Per la produzione di onde P si energizza con massa battente e impatto verticale; per la produzione di onde SH la sorgente (parallelepipedo, trave) viene fissata al terreno e su di essa viene applicato un carico statico; l'impatto, in questo caso, avviene in direzione orizzontale.
- 2.** Il sistema ricevente, costituito da due ricevitori (geofoni tridimensionali) equidistanti e con costante orientamento relativo, viene calato alla profondità desiderata (a partire da p.c. di metro in metro) collegandolo alla superficie mediante un sistema che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie.
- 3.** Il sistema dei ricevitori viene orientato dalla superficie in modo tale che uno dei trasduttori orizzontali di ciascun ricevitore sia orientato parallelamente all'asse della sorgente e quindi alla direzione di polarizzazione delle onde *S* (viene così massimizzata l'ampiezza di ricezione ai ricevitori). A questo punto i ricevitori vengono fissati alle pareti del tubo.
- 4.** Viene attivata la registrazione (pre-trigger) delle vibrazioni rilevate dai trasduttori che costituiscono i ricevitori con un opportuno anticipo rispetto all'attivazione della sorgente (Vedi Fig.2). Tale fase può essere evitata nel caso che la strumentazione consenta la registrazione del segnale all'istante di time-break cioè all'attivazione del segnale stesso.
- 5.** Viene attivata la sorgente, producendo una sollecitazione che, attivando il trigger, si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con vibrazioni di tipo *P* (Vedi Fig.2); in seguito si generano vibrazioni di tipo *S*, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale. Il tempo di registrazione deve essere tale da consentire la rappresentazione dei treni

d'onda nella loro interezza. Poiché si debbono ricavare le onde SH, per la buona qualità dei dati si debbono produrre alla sorgente due onde di polarità opposta e sommare le registrazioni di ogni singolo ricevitore, in modo da individuare meglio l'istante di primo arrivo (metodo *cross-over*). Detta operazione deve essere eseguita in campagna, in fase di acquisizione, se lo strumento prevede l'inversione di polarità. Può essere eseguita registrando separatamente i files battuta destra - battuta sinistra, ma in questo caso sarà necessario un bilanciamento spettrale prima di procedere alla differenza delle tracce. In ogni caso la lunghezza di registrazione deve essere non limitata al primo arrivo ma a tutto il segnale fino a un decadimento dell'ampiezza pari al 90% rispetto all'ampiezza massima.

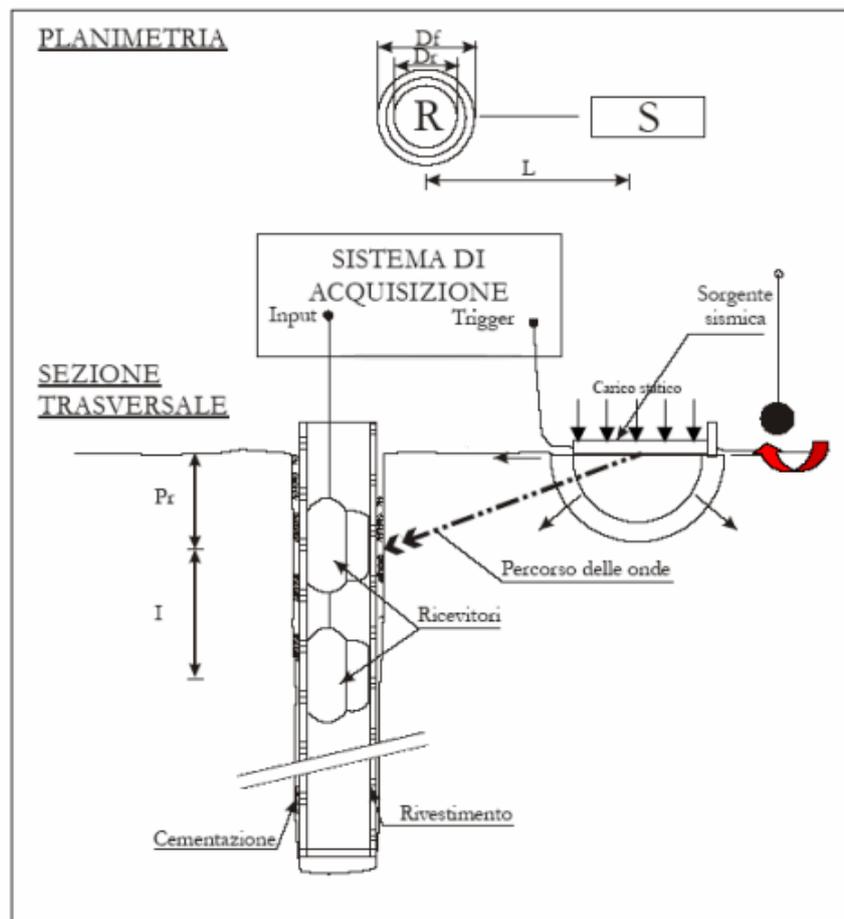


Fig.2

6. Viene riprodotta la sollecitazione e quindi ripetuta la prova a una profondità inferiore (o superiore se si procede dal basso verso l'alto) di non più di 1m, e non meno di 40-50cm abbassando (o sollevando) i ricevitori.

Determinazione delle velocità

Per quanto riguarda l'interpretazione dei tracciati registrati durante la prova per la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche, esistono varie tecniche nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza; di seguito verrà illustrata quella più semplice e immediata, non escludendo, però, la possibilità di ricorrere ad altre tecniche, purché già collaudate e sperimentate. In tal caso è necessario che insieme ai risultati della prova venga esplicitamente dichiarato il metodo adottato per la determinazione delle velocità, nonché i passi successivi secondo cui è stato applicato e le registrazioni delle vibrazioni, accoppiate con quella del segnale di trigger, a partire dalle quali sono stati ricavati i valori di velocità.

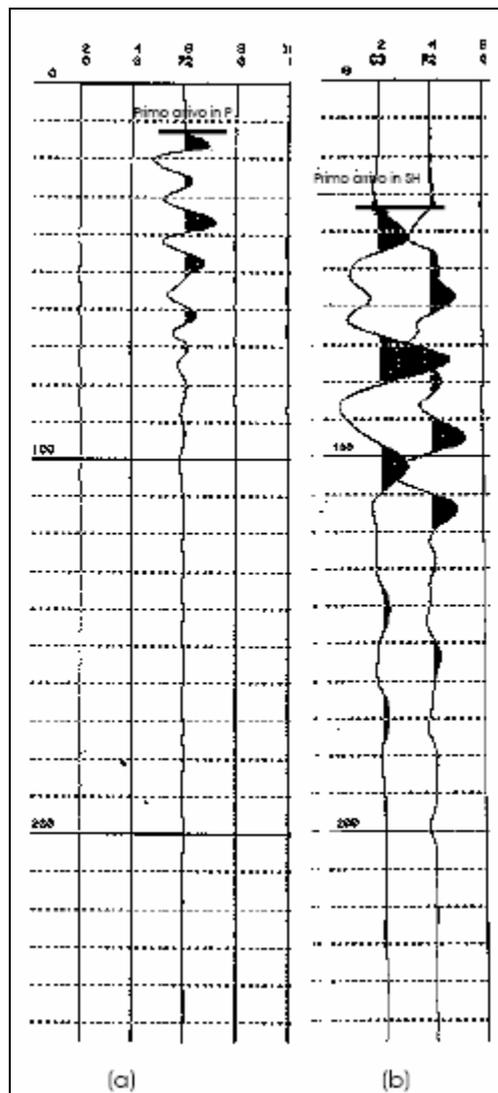


Fig.3 Primo arrivo in P (a) e in SH (b).

Per determinare il tempo di arrivo delle onde P e S ai ricevitori, si procede a un'analisi visuale (i risultati sono analoghi a quelli riportati in Fig.3) delle registrazioni delle vibrazioni rilevate dai trasduttori del ricevitore confrontate con il segnale di trigger o inizio registrazione (t_0).

La procedura prevede di operare con il doppio sistema di energizzazione (vedi Fig.4), ovvero percussione verticale per le onde P e percussione orizzontale per le SH ; nelle registrazioni energizzate in verticale si valuterà il primo arrivo in P ; nelle registrazioni energizzate con percussione orizzontale, sottratte le registrazioni “battuta destra-battuta sinistra”, il primo arrivo sarà costituito dalle onde di taglio SH poiché eventuali onde di compressione provocate durante l'energizzazione tenderanno, con la differenza “battuta destra-battuta sinistra”, a ridursi in ampiezza laddove le SH (che invertono in polarità a seconda della direzione di battuta) tenderanno a sommarsi aumentando così d'ampiezza.

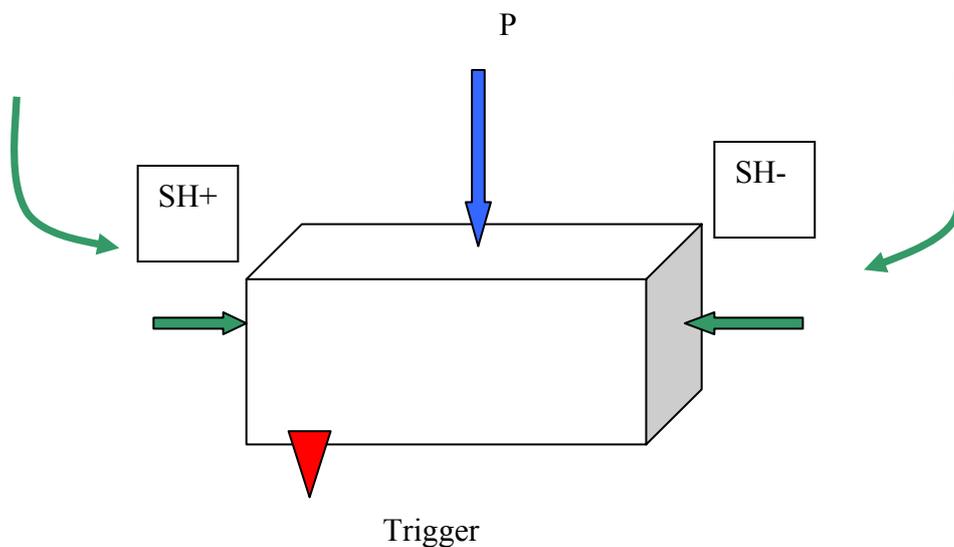


Fig.4 Modalità di attivazione della sorgente.

Si ipotizza che il percorso delle onde tra sorgente e ricevitori sia rettilineo, trascurando i fenomeni di rifrazione che ne modificano il percorso. Poiché le onde sismiche prodotte dalla sorgente non si propagano esattamente in direzione verticale rispetto ai ricevitori, data la posizione della sorgente, è necessario correggere i tempi di arrivo stimati per tenere conto dell'inclinazione del percorso effettivo. Indicata con z la profondità del ricevitore, con d la distanza effettiva tra sorgente e



ricevitore e con R la distanza superficiale tra sorgente e asse del foro, con t il tempo determinato dalle tracce di registrazione, il tempo corretto risulta:

$$t^* = (Z/d)t = [Z / (Z^2 + R^2)^{1/2}] t$$

Dividendo la profondità cui viene collocato il ricevitore per il tempo corretto si ricavano i valori di velocità per ciascuno dei ricevitori, in corrispondenza di ciascuna delle profondità considerate. E' anche possibile ricavare le velocità dividendo la differenza tra due profondità successive per la differenza tra i tempi determinati in corrispondenza di ciascuna delle profondità considerate e possono corrispondere allo stesso impulso (in tal caso le profondità corrispondono a quelle dei due o più ricevitori rigidamente collegati tra di loro e per cui le velocità si definiscono velocità d'intervallo), o a due impulsi successivi (per cui le profondità sono quelle d'avanzamento della prova e le velocità calcolate si definiscono velocità di pseudo-intervallo).

Va osservato che non sempre i tracciati registrati dai ricevitori sono chiari e univocamente interpretabili: ciò a causa della possibile presenza di rifratte di ampiezze non trascurabili che precedendo quelle dirette ingannano sui reali tempi d'arrivo indicando velocità intervallari anomale.

In profondità, infatti, l'istante di primo arrivo delle onde non è facilmente individuabile: sfruttando il fatto di disporre di più ricevitori, si può far riferimento ai tracciati registrati da ciascuno di essi ricercando dei punti caratteristici (picchi o valli) successivi al primo arrivo e riscontrabili su entrambi i segnali.

E' possibile, quindi, stimare il ritardo e ricavare la velocità d'intervallo (in tal caso affinché a ogni picco dell'una registrazione corrispondano rispettivamente i picchi o le valli dell'altra, è necessario che sia stato precedentemente stimato l'effetto dell'orientazione dei trasduttori rispetto alla direzione di propagazione delle onde e che sia noto se i trasduttori siano orientati in maniera concorde o discorde).



CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE

Nel seguito si riportano le caratteristiche generali della strumentazione utilizzata e necessaria per la tipologia di indagine in esame.

Sorgente

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (ed eventualmente anche verticali). Per generare le onde di compressione P, si utilizzeranno i metodi classici quali caduta di un grave, cannoncino, mazza, etc..

Per generare le onde SH si è utilizzata una sorgente costituita da un corpo solido in legno (parallelepipedo), di forma tale da potere essere colpito lateralmente su entrambe le estremità con una massa battente (martello). E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno, sia al momento della battuta, sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa.

Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità nella polarizzazione e con generazione di onde P trascurabile. Inoltre, data l'entità di energia generalmente prodotta, le deformazioni indotte nel terreno in prossimità della superficie sono inferiori a 10-20 % e decrescono con la profondità.

E' necessario un buon accoppiamento fra massa di battuta e terreno, cosa che si ottiene facilmente in terreni a granulometria fine, ma in presenza di terreni a granulometria più grossolana sarà necessario approntare delle piazzole apposite, realizzando uno strato di materiale fine al contatto con il parallelepipedo energizzante. Sono da evitare come punti di energizzazione zone in cui affiorano rocce compatte e superfici bitumate.

Si ricordi, inoltre, che minore è la superficie di accoppiamento parallelepipedo – terreno, più il segnale sarà pulito e ricco in alte frequenze (d'altra parte, soprattutto con superfici di contatto ridotte, è necessario verificare che il parallelepipedo non si infossi nel terreno poiché in tal caso si produrrebbero onde di compressione).



Sistema di ricezione

Tale sistema si deve comporre di due (o più) ricevitori, ciascuno dei quali è costituito da un trasduttore di velocità orientato secondo le componenti di una terna cartesiana ortonormale. I ricevitori sono collocati all'interno di un unico contenitore (preferibilmente di forma cilindrica) di lunghezza non superiore a 450mm e disposti in modo che uno dei tre trasduttori sia orientato secondo la lunghezza del contenitore (trasduttore verticale) e gli altri siano a esso perpendicolari (trasduttori orizzontali). I trasduttori devono possedere appropriate caratteristiche di frequenza e sensibilità tali da potere ricevere in maniera adeguata il treno d'onde prodotto dalla sorgente.

La risposta in frequenza dei trasduttori non deve variare più del 5% su un campo di frequenze compreso tra metà e due volte la frequenza predominante del treno d'onde che si propaga all'interno del mezzo. I ricevitori devono essere collegati, secondo la loro lunghezza, in modo di fissarne la distanza verticale (compresa tra 1m e 3m) e l'orientazione relativa (i trasduttori orizzontali devono essere paralleli e concordi a due a due) e anche in modo tale da poter consentire dalla superficie il controllo dell'orientazione assoluta.

E' inoltre necessario accertarsi che i sistemi previsti per mantenere costanti le distanze e per garantire l'isorientazione dei geofoni non producano interazione sismica tra i due sensori e adottare un adeguato sistema di ancoraggio per garantire un buon accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento.

Trigger

In genere il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, consentendo a un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; così è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente (e di conseguenza la sollecitazione dinamica) viene attivata. L'attivazione del circuito per individuare l'istante di energizzazione deve, all'atto delle sollecitazioni ripetute, consentire una differenza di chiusura non superiore a 0.5msec.

Sistema di acquisizione dati

Si tratta di un sistema multicanale in grado di registrare, in forma digitale e su ciascun canale, le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica minima a 16 bit. Esso è collegato a



ciascuno dei trasduttori di velocità e al sensore del trigger e consente la registrazione in forma numerica e la visualizzazione “come traccia” su un apposito monitor delle vibrazioni a partire dall’impulso inviato dal trigger. Poiché è necessario eseguire la differenza tra traccia relativa alla battuta destra e quella alla battuta sinistra, è auspicabile una strumentazione che preveda la funzione “inversione di polarità”.



STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per il rilievo sismico è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Sismografo 24 canali della EEG S.r.l.
- Canale aggiuntivo segnale di starter non filtrato
- geofono da pozzo triassiale con sistema di fissaggio alle pareti del foro
- massa battente da 10 kg per energizzazione P e S provvisto di blocco di energizzazione
- sistema di trigger
- Alimentazione 12V – 3A
- set di connessioni d'uso

Specifiche Tecniche Sismica

- Da 1 a 24 canali
- 2048 campioni per canale
- Risoluzione 16 bit
- Campionamento 250, 1000, 2000, 5000, su 8 canali 10.000 c/s
- Guadagno 90 dB
- Sommatoria a software
- Pretrigger automatico
- Filtri analogici antialias 4° ordine

Specifiche Unità Centrale

- CPU NS Geode GXLV 233MHz
- Memoria RAM 128 Mb PC200 Mhz
- Hard Disk 64 Mb on Compact Flash Disk Udma/33
- Display LCD 6,4" Tft a colori, touch screen
- Controller Fast Ethernet Intel 82559ER 10/100 Base-T
- Alimentazione con alimentatore Switching 12 Volt 3A
- Valigia in copolimeri di polypropylene antischiacciamento
- Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C



ELABORAZIONE DATI ACQUISITI

I dati acquisiti sono stati elaborati mediante il software Win Downhole della Geosoft.

Di seguito vengono riportate le fasi dell'elaborazione eseguita:

1. conversione dei file in formato seismic unix (SU)
2. definizione delle geometrie di rilievo
3. pulizia dei film sismici
4. picking dei primi arrivi sia per le onde P che per le S
5. analisi dati con determinazione delle velocità delle onde sismiche e dei moduli
6. iterazione dell'analisi fino al risultato soddisfacente

Una volta determinati i tempi di arrivo delle onde sismiche P ed S ai ricevitori a ogni profondità (nel caso in esame è stata eseguita una misura ogni metro), viene calcolata la velocità P ed S su tutto il percorso del raggio sismico; successivamente vengono calcolate le velocità intervallari (velocità sismiche del tratto corrispondente a due successive posizioni di misura); da ultimo vengono poi calcolati i parametri dinamici di elasticità e taglio ottenibili per correlazione dei dati di cui sopra.

I parametri dinamici prevedono ovviamente alcune approssimazioni relative soprattutto alle ipotesi circa la densità dei materiali investigati.



RISULTATI DEL RILIEVO

Il rilievo down-hole ha permesso la determinazione dei tempi di arrivo dell'impulso delle onde compressionali P e delle onde di taglio S. Dai tempi di arrivo è stata calcolata, nota la profondità del geofono, la velocità dell'impulso P ed S. Successivamente, dai parametri V_p e V_s stimata la densità del mezzo attraversato (ρ), è possibile definire i seguenti parametri:

$$\nu = \frac{0.5 \cdot \left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}{\left[\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right]}$$

dove ν rappresenta il coefficiente di Poisson

$$G = \rho \cdot V_s^2$$

dove G rappresenta il modulo di deformazione a taglio

$$E = 2\rho \cdot V_s^2 \cdot (1 + \nu)$$

dove E rappresenta il modulo di Young

Si noti che per quanto concerne i moduli si è dovuto ricorrere a una ipotesi del peso di volume del materiale ($\rho = 1.7 \text{ t/m}^3$).

Nelle tabelle allegate sono riportati i risultati del rilievo sismico Down-Hole e i parametri come sopra calcolati. Sempre in allegato sono illustrati i grafici della variazione di tali parametri con la profondità.



CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I risultati della prova Down-Hole sono illustrati nelle tabelle e nei grafici allegati a seguire, in cui vengono riportati gli andamenti dei seguenti parametri con la profondità:

- V_{pi} – velocità intervallare onde P
- V_{si} – velocità intervallare onde S
- V_p/V_s – rapporto tra velocità onde compressionali e onde di taglio
- ν – modulo di Poisson
- E_{din} – modulo di elasticità dinamico
- G_{din} – modulo di taglio dinamico

Nella tabella si riportano anche i valori statistici (minimo, massimo, media, deviazione standard) di ogni singolo parametro.

E' normale che tanto maggiore è l'incremento delle velocità P e soprattutto delle velocità S, tanto migliori saranno le caratteristiche meccaniche del mezzo indagato.

I moduli dinamici sono stati calcolati tramite le formule in precedenza descritte, utilizzando i parametri velocità e densità; è evidente, quindi, che alla possibile incertezza del parametro velocità calcolato si aggiunge l'incertezza del parametro densità, qui ipotizzato in un valore costante (anche in funzione dei materiali indicati in stratigrafia) proprio per non introdurre ulteriori incertezze nel calcolo.

Si noti come il parametro V_p raggiunge il valore massimo di 1133 m/s, con un rapporto V_p/V_s che varia entro un range piuttosto limitato (da 1.74 a 2.35), mentre il valore di V_s varia tra 134m/s e 597m/s, con un valore medio di 398m/s.

Considerando la stratigrafia dei terreni indagati suddivisa in 30 segmenti di un metro di spessore ciascuno, è stata utilizzata la formula proposta dall'O.P.C.M. 3274 s.m.i., per il calcolo del V_{S30} , ovvero:



$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Dall'applicazione di questa formula si è ricavato che $V_{s30}=334.88\text{m/s}$.

La tipologia di indagine condotta è risultata necessaria per definire le velocità di propagazione delle onde sismiche e consentire l'inserimento del sito in esame in un'area sismica di Classe B, in riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003 e nella successiva Ordinanza n. 3431 del 10 Maggio 2005, in vista, nel caso specifico, della realizzazione di edifici a uso civile.

Tale ordinanza definisce, infatti, per la Classe C:

C - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).

I valori dei moduli dinamici si attestano sui seguenti valori: per il parametro E_{din} (modulo di elasticità dinamico) si sono calcolati valori medi intorno a 780MPa, mentre per il parametro G_{din} (modulo di taglio dinamico) i valori medi sono intorno a 300MPa.

In allegato vengono presentati i risultati ottenuti.



RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE

L'indagine geofisica sismica tipo Down-Hole è stata integrata con un'indagine sismica di superficie, realizzata anch'essa in data 01/09/2006.

Questa è stata effettuata in adiacenza ai fori di sondaggio precedentemente realizzati, in corrispondenza della zona di maggior accumulo di materiali provenienti da scavi realizzati nella costruzione dell'Autostrada Torino – Bardonecchia, su un versante a debole acclività (vedi Tav.02).

Allo scopo di verificare le principali caratteristiche meccaniche dei terreni e delle rocce che costituiscono la zona si è provveduto alla realizzazione di un'indagine sismica a rifrazione con la realizzazione di due stendimenti superficiali.

Di seguito si riportano i risultati dell'indagine sismica realizzata.



DESCRIZIONE DEL METODO

I metodi di prospezione sismica si basano sulla registrazione delle onde sismiche primarie immesse artificialmente nel terreno e registrate dal sismografo tramite appositi sensori (geofoni).

Le onde sismiche, infatti, si propagano nel terreno con velocità che sono funzione delle caratteristiche elastiche dei materiali attraversati e quindi delle caratteristiche litologiche degli stessi e del loro stato di conservazione.

Depositi incoerenti (ghiaie, sabbie, detriti in genere) hanno velocità sismiche notevolmente inferiori alle velocità riscontrabili nelle rocce coerenti (calcari, graniti, ecc.); approssimativamente i primi hanno velocità che possono variare da 0.35 km/s a 1.80 km/s; le rocce coerenti hanno, invece, valori generalmente superiori ai 3.0 km/s.

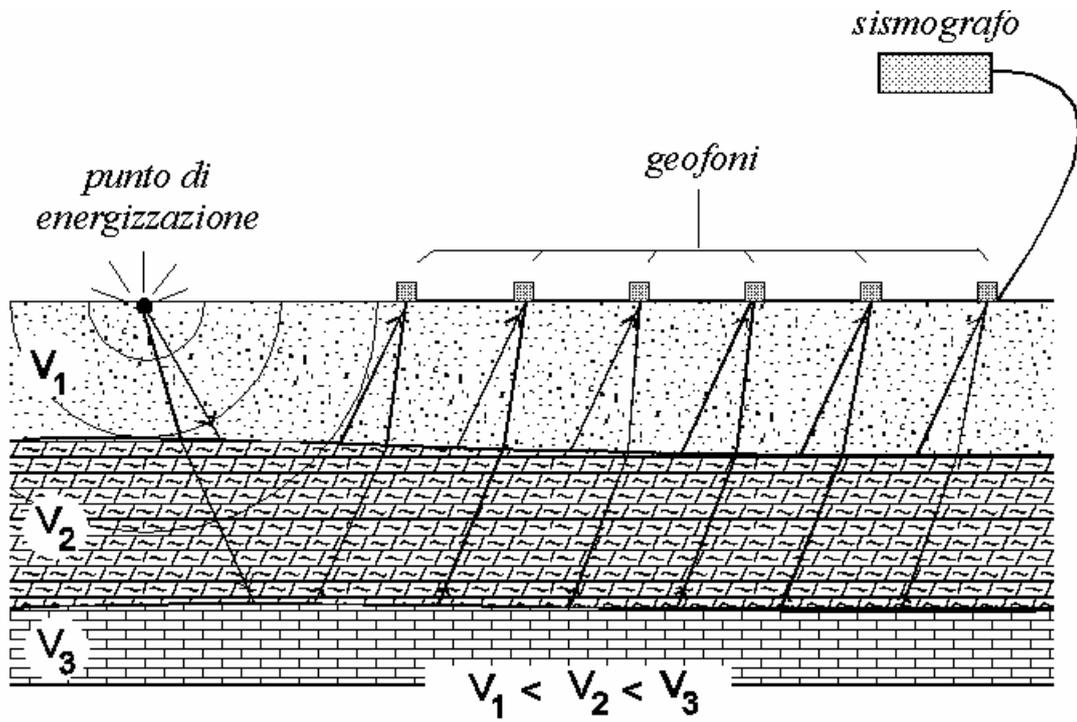
Per le rocce incoerenti, a parità di costituzione litologica, assume notevole importanza lo stato di addensamento. Proprio in base a tale considerazione l'utilizzo di metodi sismici è stato impiegato in questa circostanza.

Le onde sismiche, generate con opportuni sistemi di energizzazione (massa battente, fucile sismico, esplosivo, ecc.) nel terreno, attraversano i diversi litotipi e vengono infatti rifratte e/o riflesse dalle superfici di discontinuità che rappresentano il contatto tra due diversi tipi di materiale.

Il metodo sismico a rifrazione utilizza le onde sismiche che vengono rifratte dalle discontinuità presenti nel sottosuolo.

Misurando i tempi di arrivo di questi impulsi ai geofoni e le distanze tra gli stessi viene costruito un diagramma (dromocrona) nel quale in ascisse vengono rappresentate le distanze e in ordinate i tempi.

Attraverso opportuni metodi di interpretazione vengono poi calcolate le diverse velocità dei singoli strati e il loro spessore.



schema di base sismica a rifrazione



FINALITÀ E PROGRAMMAZIONE DELLO STUDIO

Sulla base delle indicazioni fornite dalla D.L., sono stati eseguiti due stendimenti sismici al fine di caratterizzare il versante su cui sono stati addossati i materiali di risulta dagli scavi occorsi per la realizzazione di viadotti e gallerie nelle zone limitrofe necessari alla costruzione dell'Autostrada.

Proprio per localizzare e dimensionare la geometria dei depositi, alle indagini realizzate con metodologie dirette, ovvero sondaggi geognostici a carotaggio continuo, è stata programmata un'indagine sismica al fine di valutare gli spessori della coltre di ricoprimento superficiale ed, eventualmente, la profondità del substrato roccioso.

Nella programmazione dell'indagine si è cercato di realizzare stendimenti che raggiungessero profondità sufficientemente elevate, con due stendimenti lungo il versante, unica possibilità per motivi logistici e funzionali.

La metodologia geofisica prescelta è, infatti, in grado, come descritto nel paragrafo precedente, di ricostruire l'andamento di superfici che separano litologie caratterizzate da differenti capacità di propagazione delle onde sismiche.

Nel caso in esame, si è ipotizzata la presenza di una coltre di materiali rimaneggiati, soprastanti depositi limosi debolmente addensati e sedimenti più addensati, ghiaiosi e ciottolosi, dotato di una compattezza tale da fornire una risposta alle sollecitazioni decisamente differente rispetto alla soprastante copertura.

In particolare ci si aspetta una velocità delle onde sismiche decisamente superiore nei depositi più compatti e grossolani; tale contrasto permette la definizione della profondità dell'orizzonte rifrattore al di sotto di ciascun geofono e, quindi, la ricostruzione di sezioni di velocità.

Viste le finalità dello studio, si è ritenuto opportuno elaborare i dati raccolti sul terreno considerando l'ipotesi di 2 o 3 strati, in quanto procedere prevedendo più strati avrebbe generato una maggiore incertezza nei risultati e un minore grado di dettaglio.



Nella posa degli stendimenti si è cercato di disporre i geofoni in maniera più possibile rettilinea e si è tentato di effettuare una misura di un angolo medio del versante, al fine di realizzare la necessaria correzione topografica con la migliore approssimazione possibile, senza effettuare un rilievo topografico di dettaglio che avrebbe inutilmente incrementato i costi dell'indagine.



STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per il rilievo sismico è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Sismografo 24 canali della EEG S.r.l.
- 24 Geofoni Verticali (freq. 10 - 14 Hz) contenitore ermetico, puntale
- Fucile sismico (mini-bang) con cartucce 8mm per l'energizzazione
- Sistema di trigger
- Batteria 12V
- Set di connessioni d'uso

Specifiche Tecniche Sismica

- Da 1 a 24 canali
- 2048 campioni per canale
- Risoluzione 16 bit
- Dinamica: equivalente a 22 bit su 24 canali
- Pre-trigger automatico
- Campionamento 250, 1000, 2000, 5000, su 8 canali 10.000 c/s
- Guadagno 90 dB
- Sommatoria a software

Specifiche Unità Centrale

- CPU NS Geode GXLV 233MHz
- Memoria RAM 128 Mb PC100 Mhz
- Hard Disk 64 Mb on Compact Flash Disk Udma/33
- Monitoraggio Hardware Winbond W83781D
- Display LCD 6,4" Tft a colori, touch screen
- Controller Fast Ethernet Intel 82559ER 10/100 Base-T
- Alimentazione con alimentatore Switching 12 Volt 3A
- Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C



Particolare dell'unità di acquisizione dati



Fucile sismico (mini-bang)

GEOMETRIA DEGLI STENDIMENTI E SETTAGGIO STRUMENTO

Seguendo le indicazioni progettuali, sono state eseguiti n. 2 stendimenti sismici costituiti da 24 geofoni ciascuno. Le geometrie di stendimento in progetto prevedevano una lunghezza complessiva di ogni stendimento pari a 115 m (che per 24 geofoni equivale a una distanza inter-geofonica pari a 5 metri).

Per ogni linea di misura si è prevista l'energizzazione in 7 punti. La necessità di 7 tiri è legata alla scelta di invertire topograficamente il dato sismico acquisito. È, infatti, noto che la miglior soluzione deve essere caratterizzata da una copertura il più possibile omogenea del modello di sottosuolo che si vuole ricostruire.

I punti di energizzazione sono stati, infatti, scelti anche in funzione della situazione logistica dei punti stessi. Ogni tiro è stato, inoltre, ripetuto almeno una volta, sia per migliorare, mediante operazione di stack, la qualità del segnale acquisito (diminuzione del rumore di fondo), sia per verificare la coincidenza del T_0 , ovvero del momento di start.

Si ricorda che tale operazione tende a enfatizzare il segnale coerente (impulsi coerenti o, comunque, con contenuto di informazione) a discapito del segnale incoerente (rumore di fondo e disturbi di vario genere e origine).

I n.7 scoppi sono stati eseguiti in questo modo: uno scoppio centrale (tra il geofono n.12 e il geofono n.13), uno scoppio in corrispondenza del geofono n.1 (il quale è stato spostato di metà distanza inter-geofonica verso il geofono n.2), uno in luogo del n.24 (spostato di 2.5m verso il geofono n.23), uno tra i geofoni n.6 e n.7, un altro tra i geofoni n.18 e n.19 e, infine, due esterni, a circa 57.5m dal primo e dall'ultimo geofono per S1; tale distanza è stata ridotta a 30.0m per S2 per ottenere i migliori risultati.



Schema approssimativo dello stendimento geofonico



Nelle tabelle allegate e nella planimetria di ubicazione degli stendimenti sono riportate le geometrie di acquisizione.



ELABORAZIONE DATI ACQUISITI

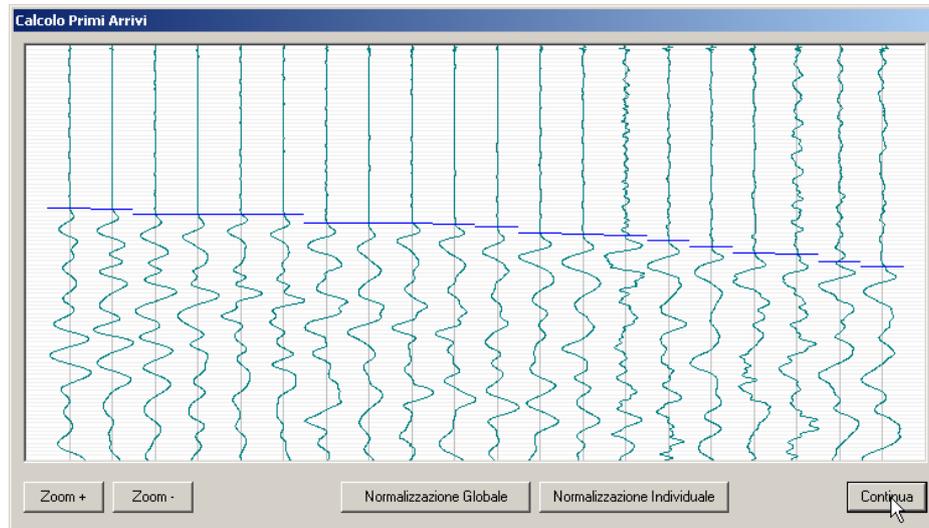
Di seguito vengono riportate le fasi dell'elaborazione eseguita:

- Apertura dei file seg-2
- Definizione delle geometrie di rilievo
- Pulizia dei film sismici
- Analisi in frequenza (FFT) e filtraggio del dato di campagna
- Picking dei primi arrivi (rifratti)
- Calcolo delle dromocrone
- Calcolo delle profondità dei rifrattori
- Iterazione dell'analisi fino al risultato soddisfacente
- Realizzazione delle sezioni velocità
- Esportazione delle tabelle e dei grafici

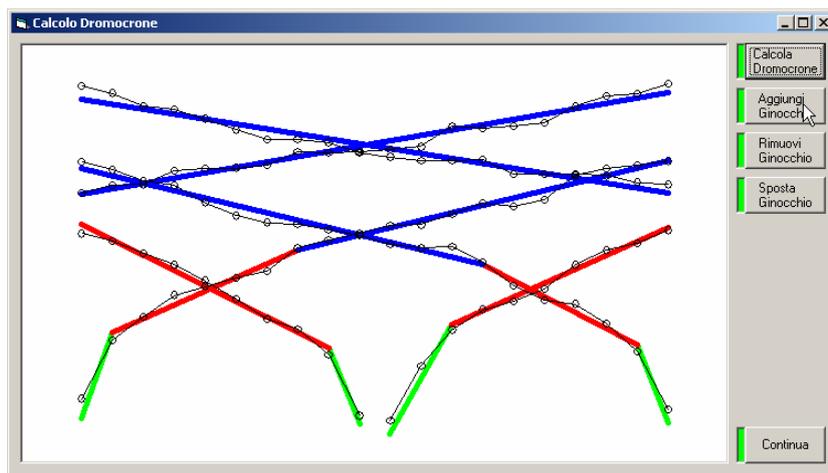
Per quanto concerne le geometrie di rilievo è opportuno rilevare come sia stata considerata una pendenza media e costante di circa 15° , al fine, come già accennato in precedenza, di eseguire soddisfacenti correzioni topografiche senza l'esecuzione di un rilievo di dettaglio.

In ogni caso, le ondulazioni del terreno e, quindi, le differenze di quota tra i geofoni sono da considerarsi ininfluenti sui risultati dell'indagine.

Dopo aver predisposto i files per l'elaborazione, si procede con la determinazione dei primi arrivi; il programma utilizza in modo integrato diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis, reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra i tempi identificati e quelli derivati dall'interpolazione dei geofoni adiacenti. I primi arrivi possono, quindi, essere verificati, ed eventualmente corretti manualmente, operando direttamente sui segnali originali.



La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone; nel caso in esame sono stati eseguiti n.7 spari, di cui uno centrale e due esterni per ogni lato dello stendimento; il software utilizza un procedimento di ricerca di minimo sviluppato in forma analitica che garantisce il riconoscimento delle dromocrone che in assoluto presentano il miglior coefficiente di correlazione con i tempi di primo arrivo precedentemente determinati.



E' importante sottolineare che poter eseguire correttamente le successive fasi della elaborazione è indispensabile che gli spari effettuati alle estremità dello stendimento contengano segmenti di dromocrone relative a tutti gli strati attraversati.



Nella prima fase il programma lavora sulle singole dromocrone, nell'ipotesi che il numero di strati sia quello scelto dall'utente, e determina ogni possibile distribuzione dei punti di ginocchio; quindi confronta i risultati ottenuti per le diverse dromocrone al fine di identificare, fra tutte le possibili combinazioni di punti di ginocchio, quella che minimizza gli scarti quadratici medi delle velocità di ogni strato, riuscendo così ad assegnare i segmenti delle dromocrone ai rifrattori corretti.

Anche in questo caso è possibile intervenire manualmente, sia in termini di numero di strati interessati da ciascuno sparo, sia in termini di posizione dei punti di ginocchio.

Come già accennato, in considerazione delle finalità dello studio, si è ritenuto di procedere all'elaborazione dei dati raccolti sul terreno considerando l'ipotesi di due strati, in quanto procedere prevedendo più strati avrebbe generato una maggiore incertezza nei risultati e un minore grado di dettaglio.

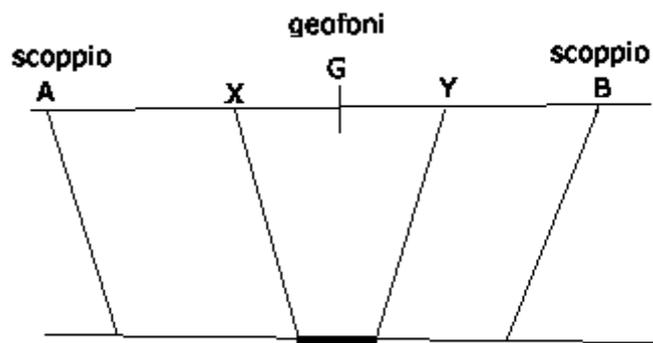
Successivamente alla costruzione delle dromocrone ed alla determinazione della velocità di propagazione del segnale sismico nei diversi strati di terreno, il software passa all'applicazione del Metodo del Reciproco Generalizzato (GRM) di Palmer per l'identificazione della geometria dei rifrattori: il programma utilizza una procedura automatizzata che, partendo da un valore di XY di tentativo pari a zero (con cui ottiene la funzione tempo-profondità convenzionale) e dalla profondità presunta (precedentemente calcolata al disotto di ciascun geofono), sperimenta diversi valori XY al fine di determinare la distanza XY ottimale, cioè la distanza per la quale i raggi diretti e inversi emergono in prossimità dello stesso punto sul rifrattore.

Il metodo reciproco generalizzato è stato sviluppato per superare alcune imperfezioni dei metodi più semplici, i quali sono messi in difficoltà dalla presenza di superfici, topografiche o del sottosuolo, particolarmente accidentate.

Il metodo di Palmer utilizza due funzioni: la funzione di analisi-velocità e la funzione tempo-profondità.

Funzione Analisi Velocità

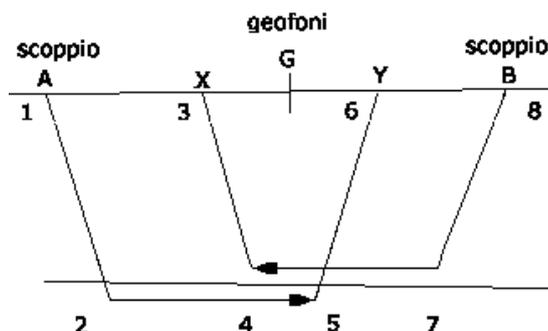
La particolarità del metodo è l'utilizzo degli arrivi diretti e inversi a due geofoni, posti a una distanza XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto di emersione dal rifrattore sia comune, il tempo di percorso e, quindi, il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.



La funzione analisi-velocità, riferendosi alla figura sottostante, è definita dall'equazione:

$$t = \frac{t_{AY} - t_{BX} + t_{AB}}{2}$$

dove TAY è il tempo necessario al segnale proveniente dalla sorgente A per giungere al punto Y, TBX è il tempo che impiega il segnale per arrivare nel punto X partendo dalla sorgente B e TAB è il tempo di estemità. G è il geofono virtuale posto a metà della distanza XY.





Il valore di questa funzione è riferito al punto mediano G fra X ed Y.

Producendo i grafici dei tempi di percorso in relazione alla posizione dei geofoni è possibile derivare la velocità V_2 del rifrattore, indipendentemente dall'inclinazione e dalla topografia. Ciò che influenza il calcolo è, dunque, la scelta dei geofoni XY.

Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto d'uscita sul rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale. Nel diagramma distanza - funzione velocità ottenuto si individua il valore XY ottimale, corrispondente alla curva che meglio approssima una retta.

Funzione tempo-profondità

Il metodo GRM prevede ora la creazione di funzioni tempo-profondità per ciascun geofono. Facendo riferimento alla figura precedente, la funzione generalizzata tempo-profondità è definita dall'equazione:

$$t = \frac{t_{AY} + t_{BX} - (t_{AB} + XY / V_2)}{2}$$

La valutazione della distanza XY ottimale può essere ottenuta utilizzando le velocità e gli spessori di strato precedentemente determinati: se sono noti gli spessori e le velocità di ciascuno strato, il valore XY per ogni strato può essere calcolato direttamente, quindi applicando un procedimento iterativo è possibile determinare tali valori automaticamente e con notevole precisione.

In allegato sono riportate le tabelle dei tempi di primo arrivo rilevati, i grafici con le dromocrone e le sezioni velocità.



RISULTATI DELLE INDAGINI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I risultati dell'indagine sono riportati nel seguito; oltre a una planimetria con indicazione degli stendimenti, sono state allegate per ogni stendimento le tabelle contenenti la geometria, con indicazione dei geofoni e degli scoppi e i tempi di primo arrivo.

Si allegano, inoltre, i grafici relativi alle dromocrone originali e traslate (grafici tempi / distanze), i percorsi dei raggi sismici, le sezioni verticali con indicazione della velocità delle onde sismiche all'interno degli strati individuati e le sezioni interpretative dei risultati.

Nella lettura delle sezioni verticali occorre tenere in considerazione come la superficie di separazione tra i due strati risulta dall'unione delle profondità dei rifrattori al di sotto di ogni geofono, per cui può risultare piuttosto ondulata, con un andamento che non sempre si può ricondurre alla reale conformazione geomorfologica del sottosuolo.

Nel caso in esame non è stato intercettato, alle profondità di indagine, un vero e proprio rifrattore, corrispondente a un substrato roccioso o, comunque, molto compatto; per questo motivo le sezioni interpretative corrispondono praticamente alle sezioni di velocità.

Più strettamente, per quanto riguarda i risultati ottenuti, si può notare come fino a profondità comprese tra -2.00m e i 6.00-7.00m dal p.c. le velocità delle onde sismiche risultino inferiori a 500m/s; a queste sono assimilabili terreni di riporto e/o di copertura areati e poco addensati.

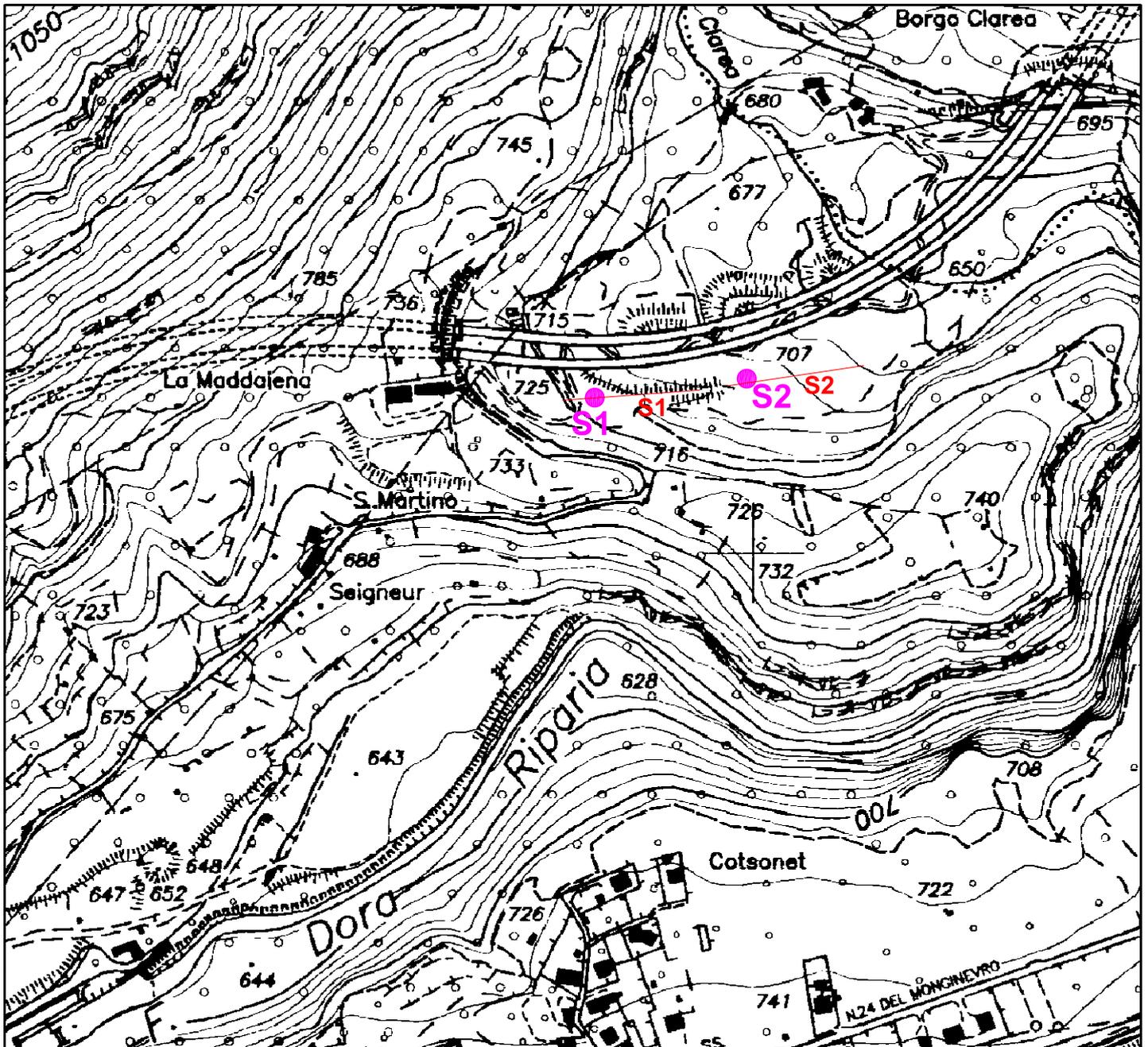
Al di sotto di questi, con geometrie variabili lungo le sezioni, si assiste a un progressivo incremento delle velocità, che raggiungono valori pari a 1400m/s a profondità comprese tra 25.00m e 35.00m dal locale p.c..

Dalla comparazione delle velocità con dati di letteratura e dalla taratura possibile grazie ai sondaggi meccanici a carotaggio continuo effettuati sul luogo, è possibile assimilare i terreni le cui velocità sono comprese tra 500m/s e 1400m/s a sedimenti debolmente consolidati, costituiti da limi sabbiosi e/o ghiaie con abbondante matrice.



I terreni sottostanti, con velocità superiori a 1400m/s, sono maggiormente addensati e consolidati e assimilabili a ghiaie grossolane con ciottoli.

Dall'osservazione dei percorsi dei raggi sismici si noti come, in realtà, al di sotto di 25.00-30.00m circa di profondità i raggi sismici non siano penetrati, se non in minima parte, per cui quello che si trova nelle sezioni di velocità al di sotto di tali profondità, non è supportato da un numero di raggi così fitto da fornire la certezza assoluta della correttezza del dato interpretato che, seppur verosimile, potrebbe scostarsi lievemente in geometria e velocità dalla situazione reale a quelle profondità.



Lo stendimento S1 inizia circa 25 m più a monte del sondaggio S1, mentre la stesa S2 inizia circa 5 m prima di S2 (e finisce ca 105 m dopo). Essi sono ubicati come rappresentato dalle linee rosse. Su S1 è stata eseguita un'indagine down-hole (30m).



Scala 1:5000

Legenda

● Sondaggio geognostico

— Stendimento geofisico

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI TORINO
COMUNE DI CHIOMONTE

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICA IN LOCALITA' CLAREA PER VERIFICA
SITO DI ACCUMULO MATERIALE DI RISULTA

File:
06036GF\tavole\tav.02

UBICAZIONE SONDEGGI GEOGNOSTICI
E GEOFISICI

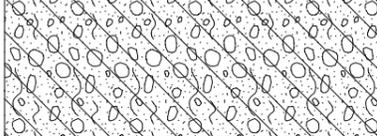
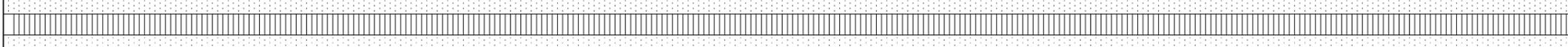
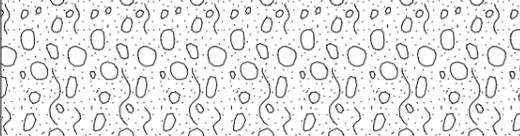
Tavola:

02

ALLEGATI

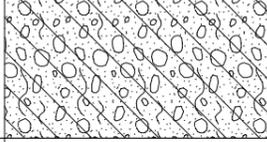
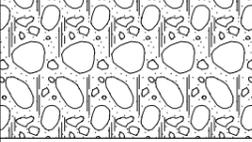
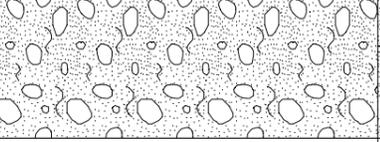
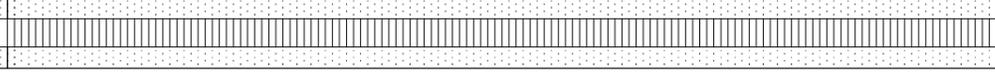
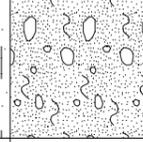
SONDAGGI GEOGNOSTICI

	Committente SITAF SPA		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Discarica Loc. Clarea	S1	1/1
	Località	Chiomonte (TO)	Il geologo Dott. S. Josa	
Inizio Perforazione 07/08/2006		Fine Perforazione 09/08/2006		
Scala	1:100			

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	tubazione per down hole	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
0.00	5.30		Terreno di riporto costituito prevalentemente da ghiaia sabbiosa con scarsa frazione limosa e ciottoli sparsi, moderatamente addensata, colore nocciola-grigiastro.		c.c. diam. 131mm					3.00 N: 15 - 10 - 9					
5.30	1.90		Siltite debolmente sabbioso fine, moderatamente addensata, colore nocciola.							4.50 N: 9 - 9 - 13					
7.20	9.00		Limo debolmente argilloso con intercalati subordinati livelli limoso-sabbioso fine, da poco a moderatamente consistente, colore nocciola.		rotazione con carotaggio continuo diam. 101mm	127mm	90-100%			7.50 N: 6 - 7 - 8 9.00 N: 9 - 6 - 6 10.50 N: 7 - 7 - 8 12.00 N: 5 - 6 - 8 15.00 N: 11 - 11 - 12 18.00 N: 18 - 19 - 21 21.00 N: 17 - 19 - 23 24.00 N: 20 - 20 - 22 27.00 N: 15 - 23 - 25					
16.20	7.40		Ghiaia eterometrica con sabbia da debolmente limosa a limosa a livelli prevalente, debole grado di alterazione e ossidazione, da moderatamente addensata ad addensata con la profondità, colore da nocciola a bruno-nocciola con la profondità.	17.80 											
23.60	6.40		Come sopra, addensata e con ciottoli (diam. max 15-20cm), colore bruno-nocciola.												
30.00															

Il foro di sondaggio è attrezzato con tubazione cieca in PVC diam. 3" per indagine geofisica tipo Down-Hole.

	Committente SITAF SPA		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Discarica Loc. Clarea	S2	1/1
	Località	Chiomonte (TO)	Il geologo Dott. S. Josa	
Inizio Perforazione 29/08/2006		Fine Perforazione 30/08/2006		
Scala 1:100				

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
0.00	3.80		Terreno di riporto costituito prevalentemente da ghiaia sabbiosa con scarsa frazione limosa e ciottoli sparsi, moderatamente addensata, colore nocciola.		c.c. diam. 131mm					3.00 N: 11 - 9 - 7					
3.80	3.60		Ghiaia ciottolosa con sabbia debolmente limosa, addensata, colore grigiastro.							4.50 N: 13 - 17 - 19					
7.40	5.40		Sabbia limosa con subordinata frazione ghiaiosa e ciottoli sparsi (diam. max 10-15cm), discreto grado di ossidazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore bruno-nocciola con screziature ocracee.		rotazione con carotaggio continuo diam. 101mm	127mm	90-100%			7.50 N: 10 - 12 - 15					
12.80	0.90		Sabbia limosa con raro ghiaietto sparso, discreto grado di ossidazione, moderatamente addensata, colore bruno-nocciola.							12.00 N: 16 - 17 - 17					
13.70	1.30		Siltite debolmente sabbioso fine, moderatamente addensata, colore nocciola.							15.00 N: 5 - 7 - 7					
15.00	3.10		Limo debolmente argilloso con intercalati subordinati livelli limoso-sabbioso fine, da poco a moderatamente consistente, colore nocciola.												
18.10	1.90		Sabbia limosa con raro ghiaietto sparso, discreto grado di ossidazione, moderatamente addensata, colore bruno-nocciola.	19.20 						18.00 N: 19 - 22 - 25					
20.00															

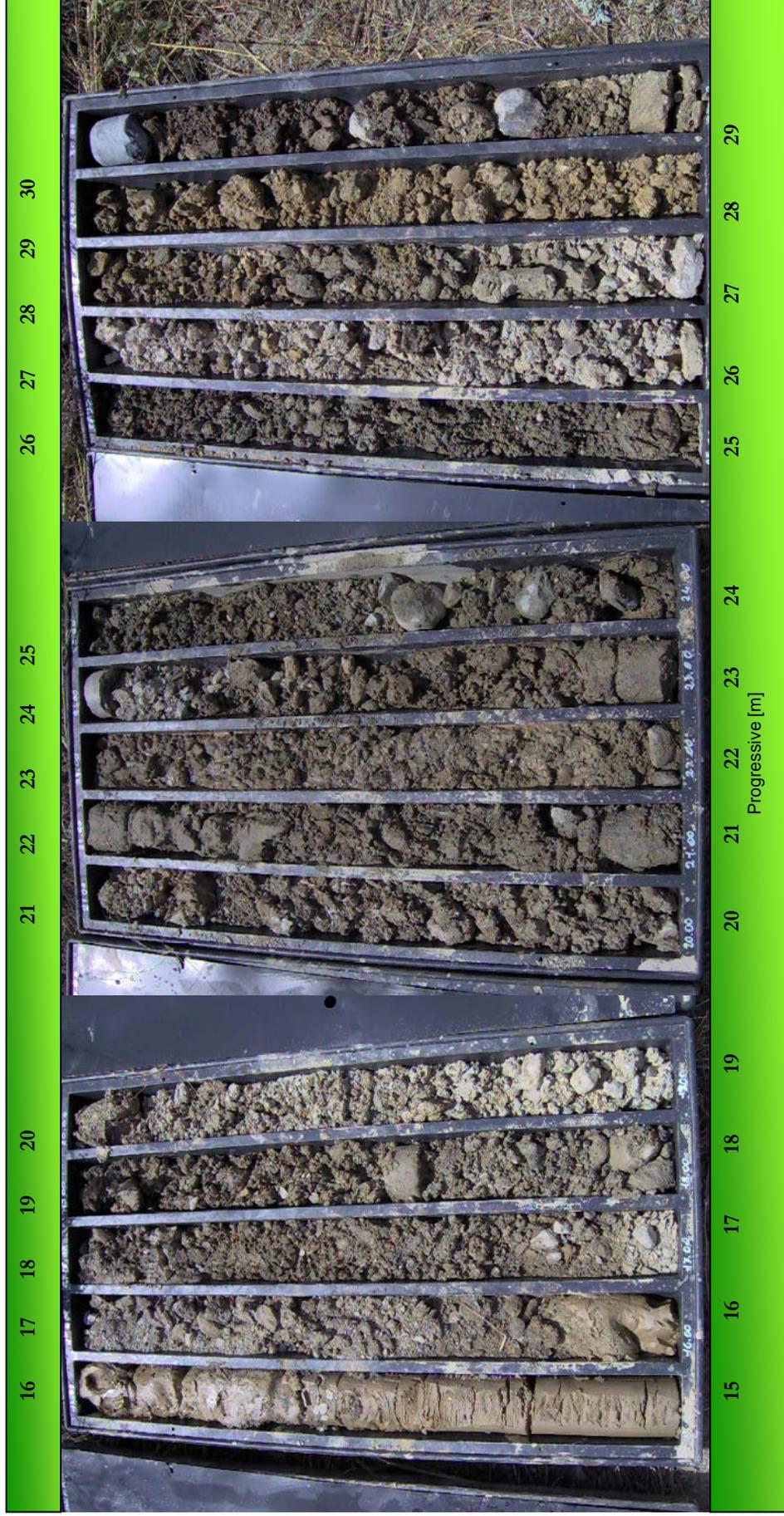
Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC diam. 1.5", finestrato alla profondità da p.c. compresa tra -6.00m e -20.00m.

Chiomonte loc. Clarea (TO) - Sondaggio SI (L=30.00m)



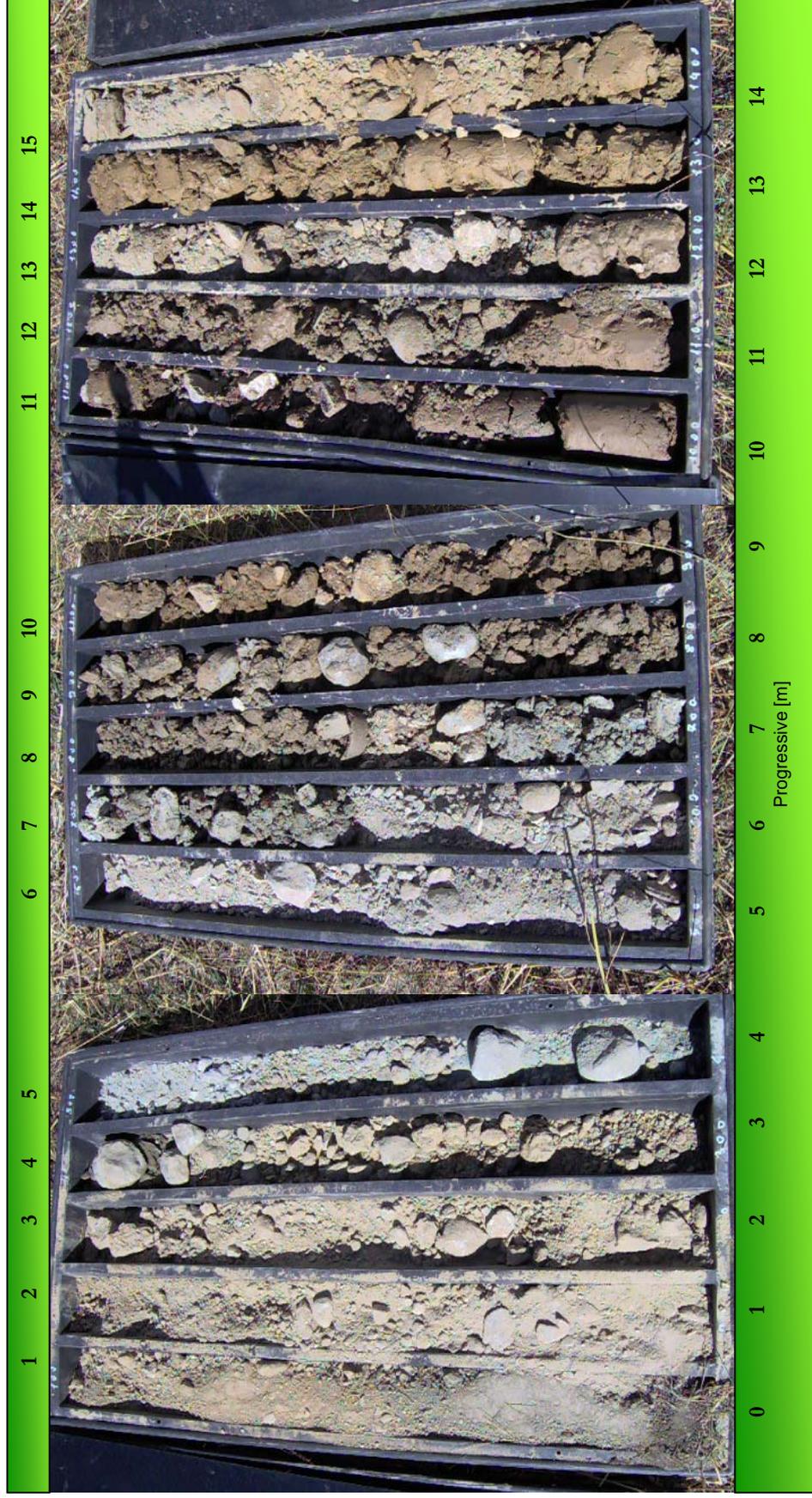
Cassette 1-3 da 0.00m a 15.00m da p.c.

Chiomonte loc. Clarea (TO) - Sondaggio S1 (L=30.00m)



Cassette 4-6 da 15.00m a 30.00m da p.c.

Chiomonte loc. Clarea (TO) - Sondaggio S2 (L=20.00m)



Cassette 1-3 da 0.00m a 15.00m da p.c.

Chiomonte loc. Clarea (TO) - Sondaggio S2 (L=20.00m)



Progressive [m]

Cassetta 4 da 15.00m a 20.00m da p.c.

**INDAGINE GEOFISICA SISMICA TIPO
DOWN-HOLE**

CANTIERE Clarea

SONDAGGIO S1

DATA 01/09/06

Distanza sorgente: 1.50 m

Profondità	Distanza	Tp	Ts	Vpi	Vsi	Vp/Vs	ρ	Poisson	Edin	Gdin
1	1,803	4,60	10,80	391,91	166,92	2,35	1,7	0,39	131,61	47,37
2	2,500	10,70	18,60	233,64	134,41	1,74	1,7	0,25	76,94	30,71
3	3,354	11,70	20,60	286,68	162,82	1,76	1,7	0,26	113,74	45,07
4	4,272	12,70	22,30	336,38	191,57	1,76	1,7	0,26	157,22	62,39
5	5,220	13,50	23,60	386,68	221,19	1,75	1,7	0,26	209,07	83,17
6	6,185	14,30	25,20	432,49	245,42	1,76	1,7	0,26	258,55	102,40
7	7,159	15,00	26,80	477,26	267,12	1,79	1,7	0,27	308,58	121,30
8	8,139	15,70	28,40	518,43	286,60	1,81	1,7	0,28	357,45	139,64
9	9,124	16,30	29,70	559,76	307,21	1,82	1,7	0,28	412,17	160,44
10	10,112	16,90	30,90	598,34	327,25	1,83	1,7	0,29	468,46	182,05
11	11,102	17,50	32,00	634,39	346,93	1,83	1,7	0,29	526,54	204,61
12	12,093	18,10	33,20	668,14	364,26	1,83	1,7	0,29	581,29	225,56
13	13,086	18,70	34,30	699,80	381,52	1,83	1,7	0,29	637,70	247,45
14	14,080	19,30	35,50	729,54	396,62	1,84	1,7	0,29	690,07	267,43
15	15,075	19,90	36,50	757,53	413,01	1,83	1,7	0,29	747,28	289,98
16	16,070	20,10	37,30	799,51	430,84	1,86	1,7	0,30	817,53	315,55
17	17,066	21,10	38,90	808,82	438,72	1,84	1,7	0,29	845,21	327,20
18	18,062	21,60	40,00	836,22	451,56	1,85	1,7	0,29	897,23	346,64
19	19,059	22,10	41,00	862,40	464,86	1,86	1,7	0,30	951,62	367,36
20	20,056	22,50	42,00	891,39	477,53	1,87	1,7	0,30	1006,93	387,66
21	21,054	22,90	42,90	919,37	490,76	1,87	1,7	0,30	1065,15	409,43
22	22,051	23,30	43,80	946,40	503,45	1,88	1,7	0,30	1122,59	430,88
23	23,049	23,70	44,70	972,53	515,63	1,89	1,7	0,30	1179,23	451,99
24	24,047	24,10	45,50	997,79	528,50	1,89	1,7	0,31	1239,34	474,83
25	25,045	24,50	46,30	1022,24	540,93	1,89	1,7	0,31	1298,82	497,43
26	26,043	24,90	47,10	1045,91	552,93	1,89	1,7	0,31	1357,65	519,75
27	27,042	25,30	47,90	1068,84	564,54	1,89	1,7	0,31	1415,78	541,81
28	28,040	25,70	48,70	1091,06	575,77	1,89	1,7	0,31	1473,20	563,57
29	29,039	26,10	49,50	1112,60	586,64	1,90	1,7	0,31	1529,87	585,05
30	30,037	26,50	50,30	1133,49	597,17	1,90	1,7	0,31	1585,79	606,23
max		26,50	50,30	1133	597	2,35		0,39	1585,79	606,23
min		4,60	10,80	234	134	1,74		0,25	76,94	30,71
media		19,31	35,81	741	398	1,86		0,29	782,09	301,17
dev. stand.		5,36	10,42	269	140	0,10		0,02	472,67	180,21

PARAMETRO	DEFINIZIONE	UNITA' DI MISURA
Tp	tempo di arrivo onde P	millisecondi
Ts	tempo di arrivo onde S	millisecondi
Vpi	velocità di intervallo onde P	m/sec
Vsi	velocità di intervallo onde S	m/sec
Vp/Vs	rapporto velocità P e velocità S	
r	peso di volume	t/m ³
Edin	modulo di elasticità dinamico	Mpa
Gdin	modulo di taglio dinamico	Mpa

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

$$V_{S_{30}} = \mathbf{334,88 \text{ m/s}}$$

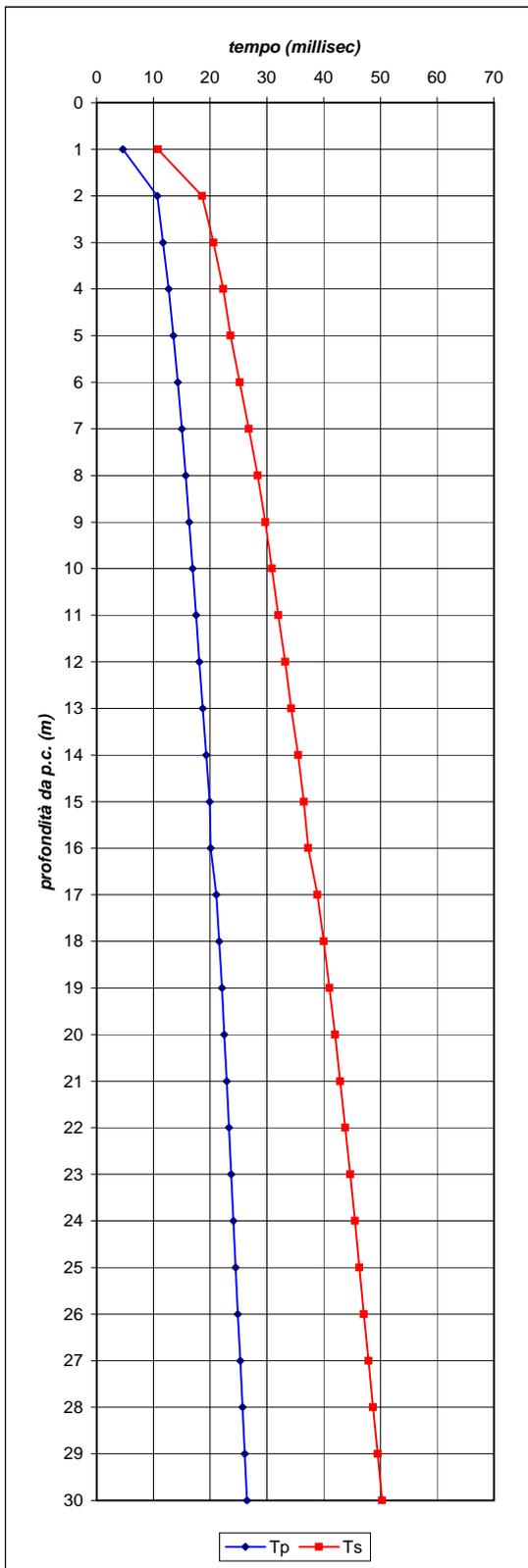
CANTIERE Clarea

SONDAGGIO S1

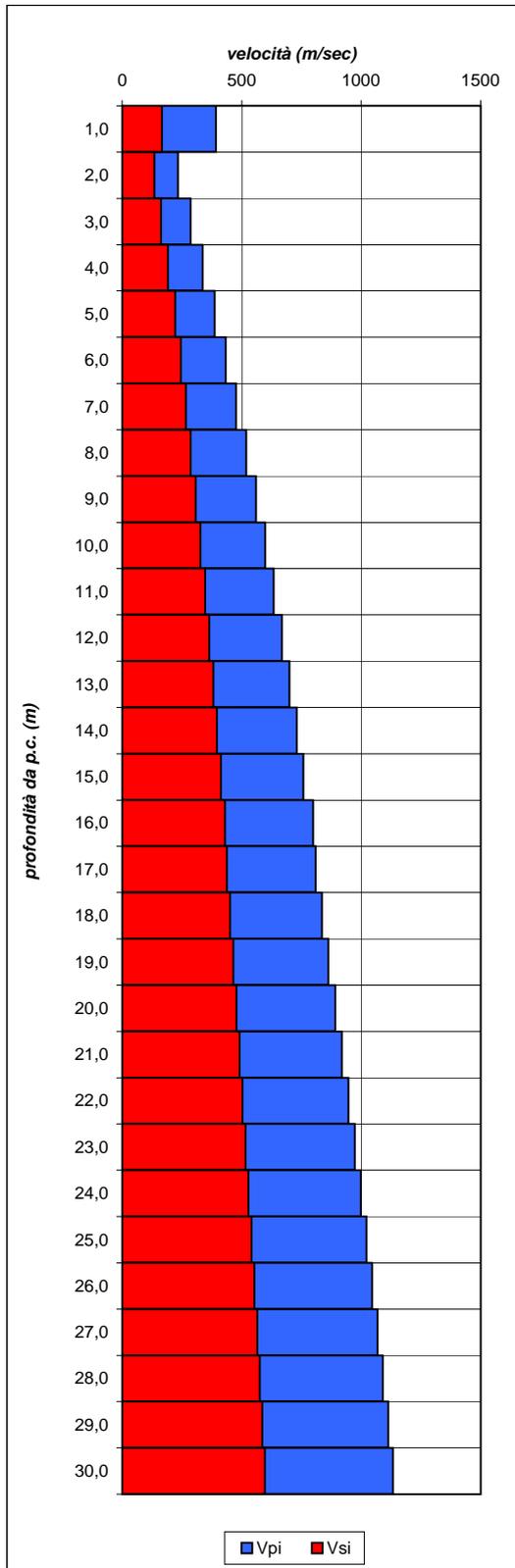
DATA 01/09/06

Distanza sorgente: 1.50 m

dromocrone

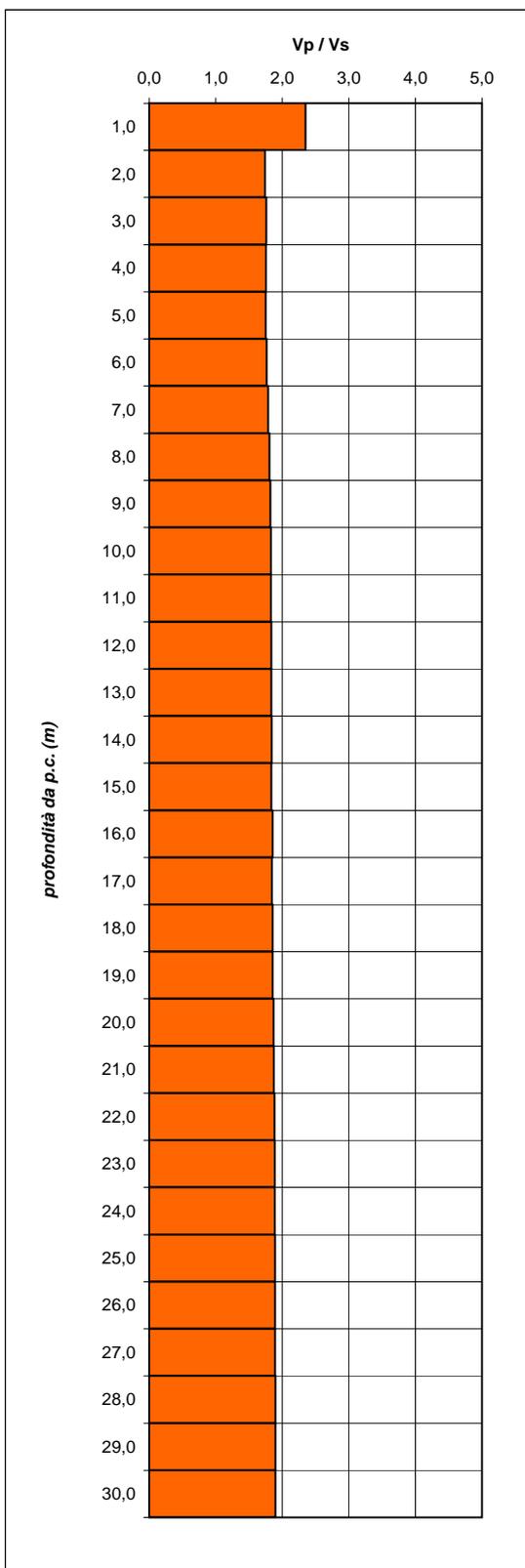


velocità intervallari

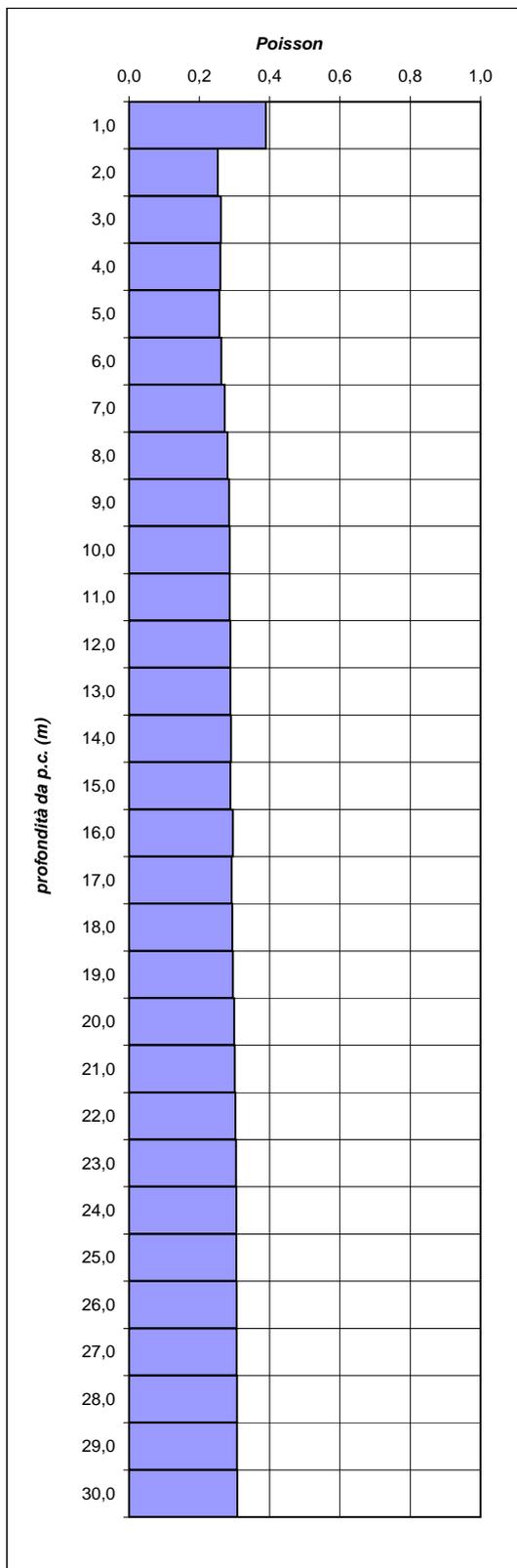


CANTIERE Clarea
SONDAGGIO S1
DATA 01/09/06
Distanza sorgente: 1.50 m

Rapporto Vp/Vs



Modulo di Poisson



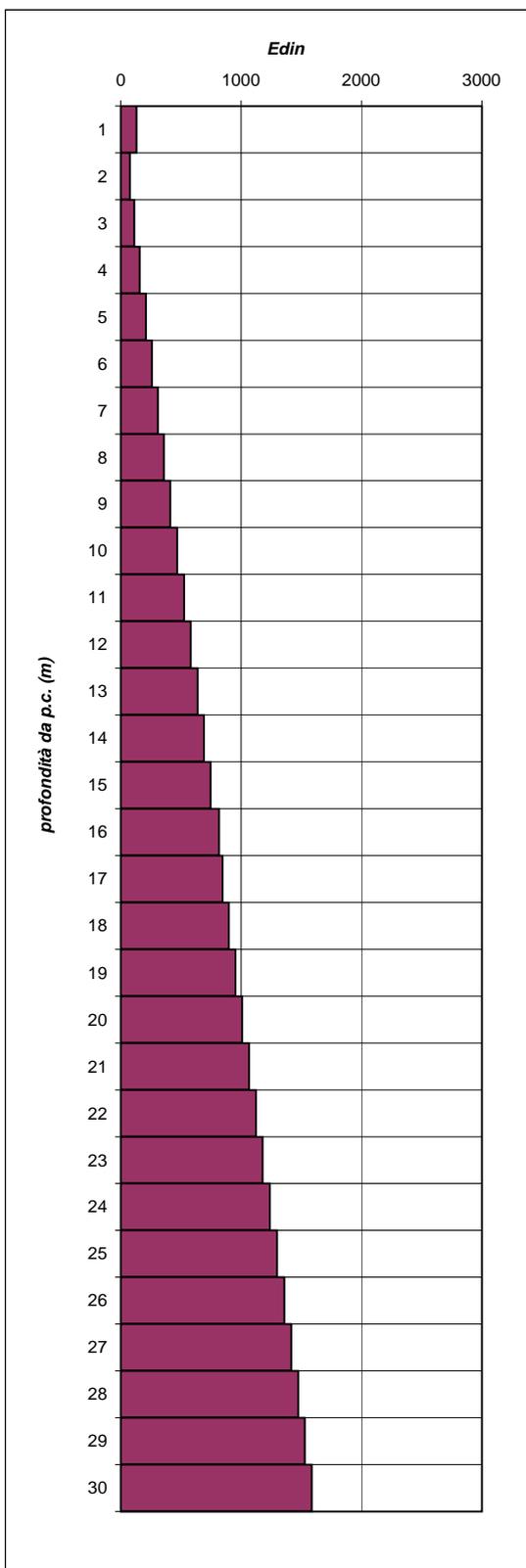
CANTIERE Clarea

SONDAGGIO S1

DATA 01/09/06

Distanza sorgente: 1.50 m

Modulo di elasticità dinamico



Modulo di taglio dinamico

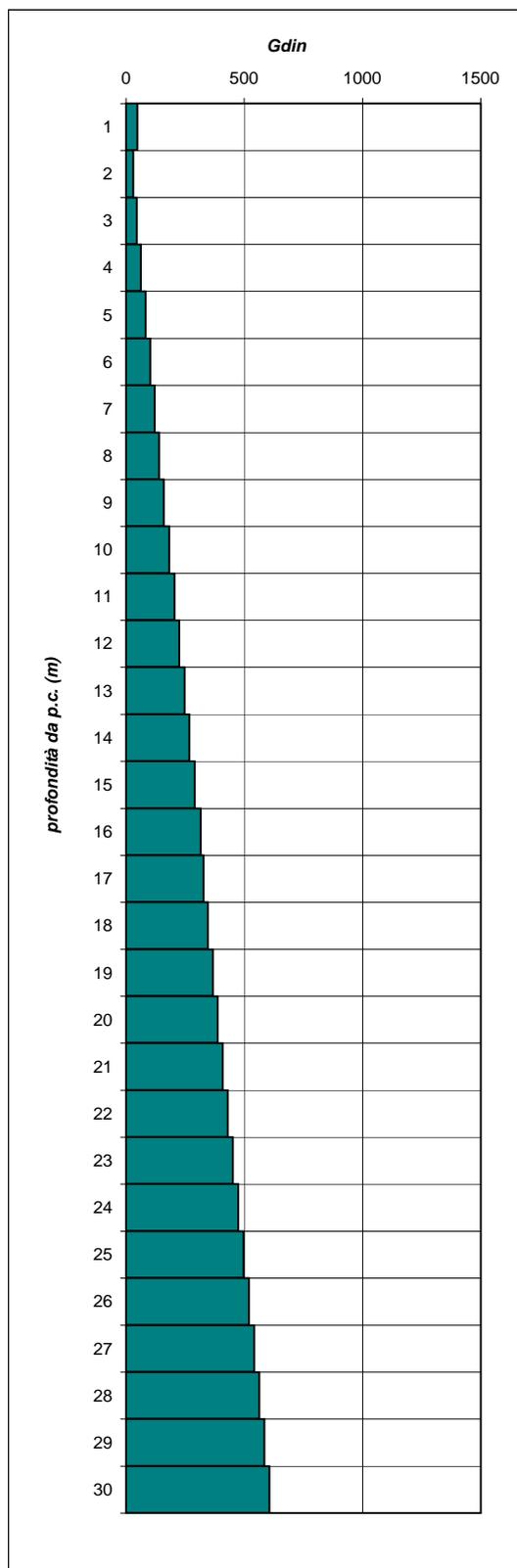




Foto 1: Preparazione della prova con inserimento della terna geofonica.

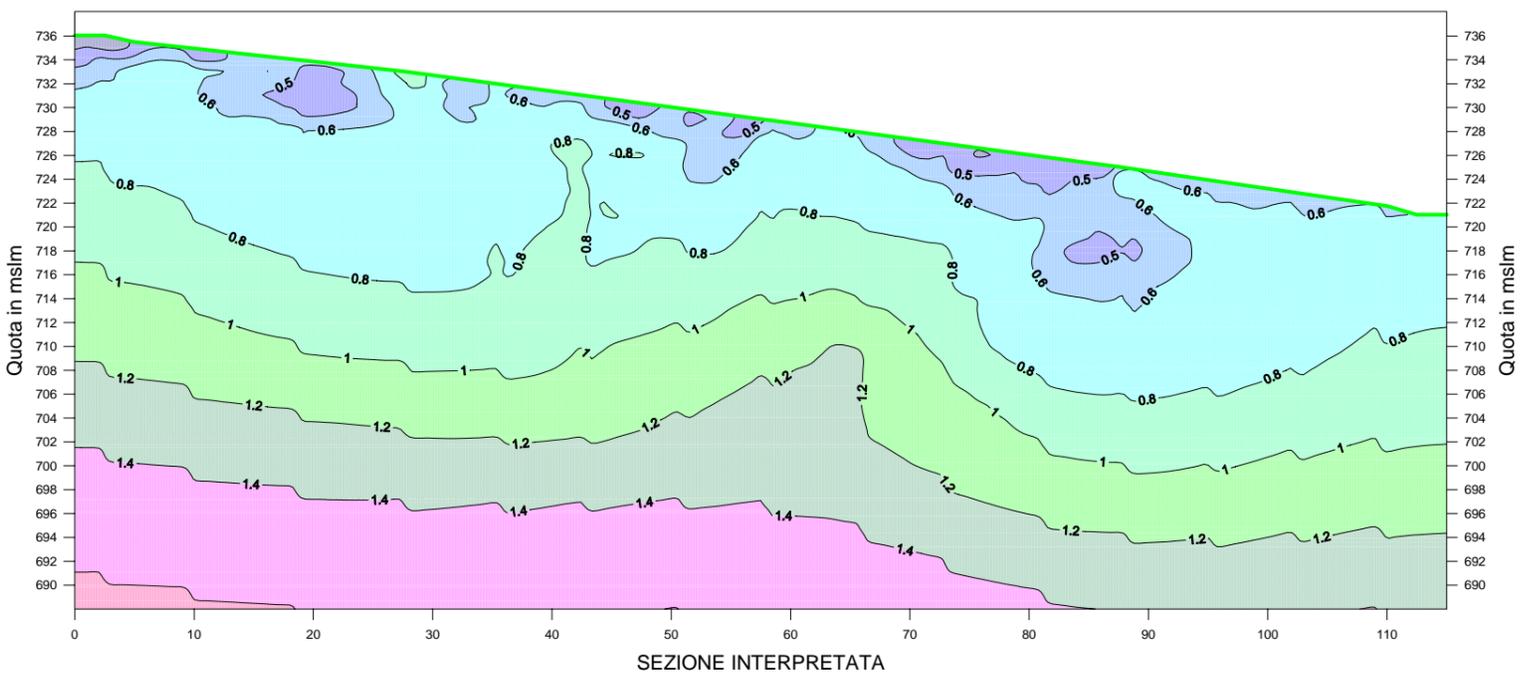
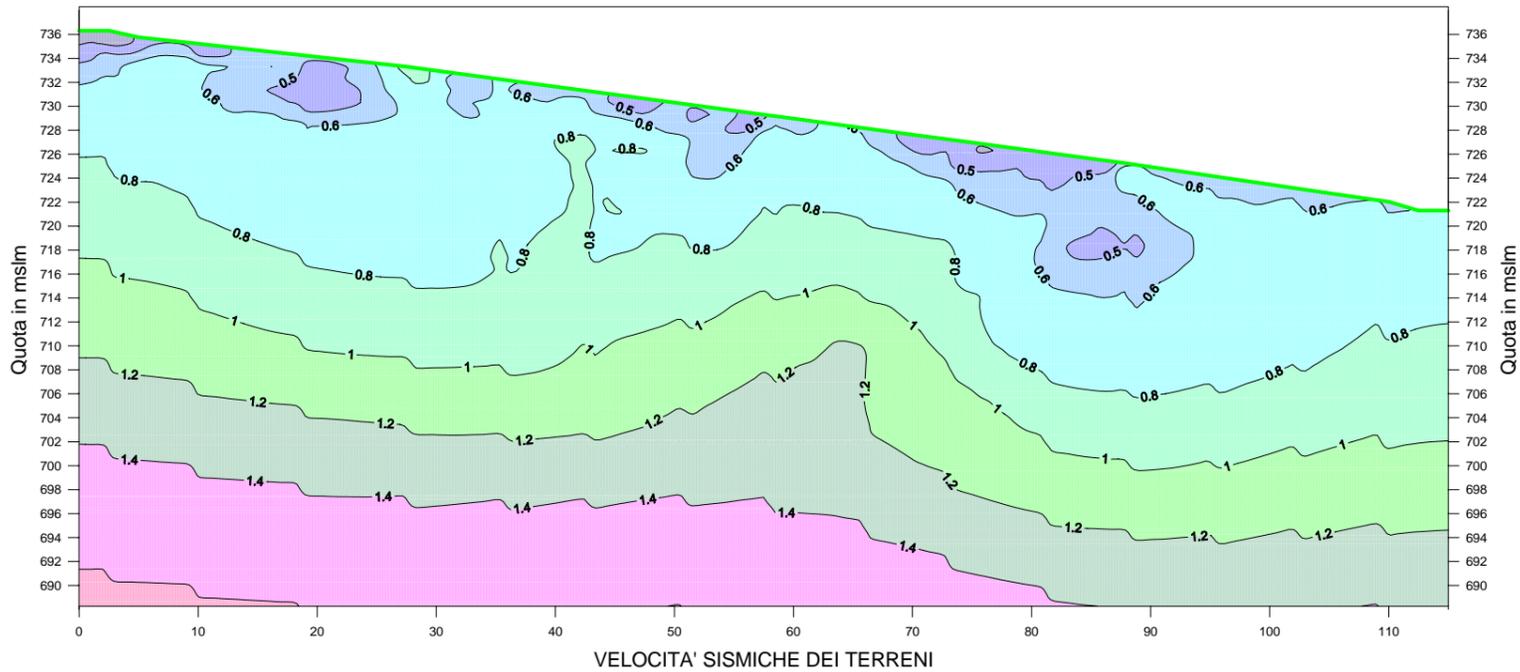
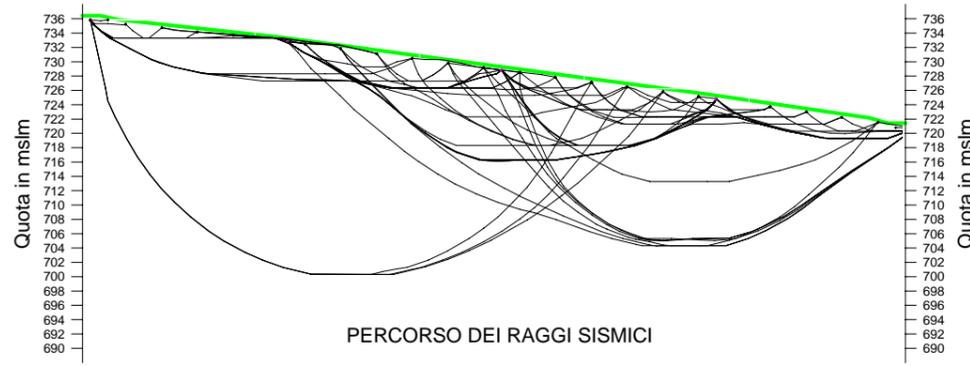
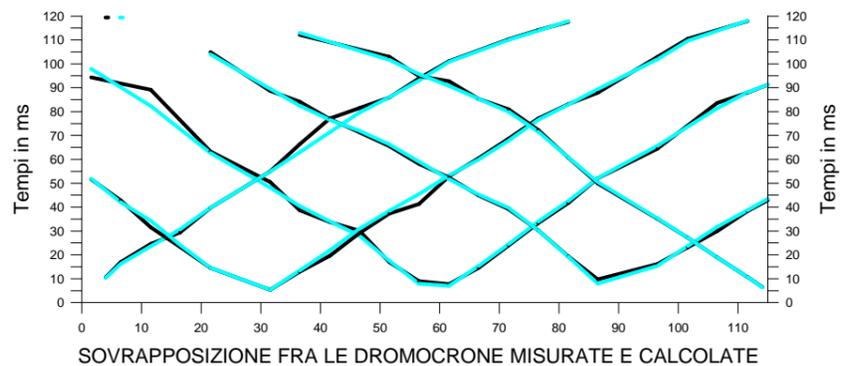


Foto 2: Veduta generale delle attrezzature predisposte per la prova.



Foto 3: Fase di energizzazione con massa battente in direzione orizzontale.

RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE



- LEGENDA**
- Terreno di riporto e/o copertura
 - Sedimenti debolmente consolidati (limo sabbioso e/o ghiaia con matrice)
 - Sedimenti consolidati (ghiaia grossolana con ciottoli)

File with raypaths: b.ray
 Number of data: 86
 RMS residual: 1.529900
 RMS relative residual(%): 5.426708

##	Source	Receiver	T obs.: T calc.: T - T0	Resid.:
1	57.500 704.000	0.000 0.000 711.000	0.000 92.000 95.588	-3.588 -3.754
2	57.500 704.000	0.000 10.000 709.910	0.000 86.800 80.055	6.745 8.426
3	57.500 704.000	0.000 20.000 708.820	0.000 61.000 60.339	0.661 1.095
4	57.500 704.000	0.000 30.000 707.670	0.000 48.200 45.904	2.296 5.002
5	57.500 704.000	0.000 35.000 707.000	0.000 36.400 38.109	-1.709 -4.485
6	57.500 704.000	0.000 40.000 706.330	0.000 31.400 31.700	-0.300 -0.946
7	57.500 704.000	0.000 45.000 705.670	0.000 27.800 25.697	2.103 8.182
8	57.500 704.000	0.000 50.000 705.000	0.000 14.600 15.191	-0.591 -3.888
9	57.500 704.000	0.000 55.000 704.330	0.000 6.600 5.583	1.017 18.219
10	57.500 704.000	0.000 60.000 703.670	0.000 5.400 4.708	0.692 14.704
11	57.500 704.000	0.000 65.000 703.000	0.000 12.200 13.021	-0.821 -6.306
12	57.500 704.000	0.000 70.000 702.330	0.000 21.600 22.165	-0.565 -2.550
13	57.500 704.000	0.000 75.000 701.670	0.000 31.000 31.593	-0.593 -1.846
14	57.500 704.000	0.000 80.000 701.000	0.000 39.400 40.177	-0.777 -1.935
15	57.500 704.000	0.000 85.000 700.330	0.000 49.800 49.822	-0.022 -0.043
16	57.500 704.000	0.000 95.000 698.910	0.000 62.200 63.342	-1.142 -1.803
17	57.500 704.000	0.000 105.000 697.450	0.000 81.300 79.046	2.254 2.851
18	57.500 704.000	0.000 110.000 696.730	0.000 85.600 85.729	-0.129 -0.151
19	57.500 704.000	0.000 115.000 696.000	0.000 90.500 90.448	0.052 0.058
20	0.000 711.000	0.000 2.500 711.000	0.000 8.200 7.977	0.223 2.798
21	0.000 711.000	0.000 5.000 710.450	0.000 14.600 13.854	0.746 5.384
22	0.000 711.000	0.000 10.000 709.910	0.000 22.200 21.254	0.946 4.452
23	0.000 711.000	0.000 15.000 709.360	0.000 27.100 26.326	-1.226 -4.327
24	0.000 711.000	0.000 20.000 708.820	0.000 37.400 37.410	-0.010 -0.028
25	0.000 711.000	0.000 30.000 707.670	0.000 52.600 52.510	0.090 0.172
26	0.000 711.000	0.000 35.000 707.000	0.000 64.000 60.644	3.356 5.534
27	0.000 711.000	0.000 40.000 706.330	0.000 74.800 69.012	5.788 8.387
28	0.000 711.000	0.000 45.000 705.670	0.000 79.200 77.206	1.994 2.583
29	0.000 711.000	0.000 50.000 705.000	0.000 83.600 83.680	-0.080 -0.096
30	0.000 711.000	0.000 55.000 704.330	0.000 91.600 90.708	0.892 0.983
31	0.000 711.000	0.000 60.000 703.670	0.000 98.800 98.522	0.278 0.282
32	0.000 711.000	0.000 70.000 702.330	0.000 108.000 107.747	0.253 0.235
33	0.000 711.000	0.000 75.000 701.670	0.000 111.800 111.575	0.225 0.201
34	0.000 711.000	0.000 80.000 701.000	0.000 115.200 115.496	-0.296 -0.256
35	27.500 708.000	0.000 0.000 711.000	0.000 49.300 49.567	-0.267 -0.538
36	27.500 708.000	0.000 5.000 710.450	0.000 40.600 39.737	0.863 2.172
37	27.500 708.000	0.000 10.000 709.910	0.000 29.200 31.974	-2.774 -8.674
38	27.500 708.000	0.000 15.000 709.360	0.000 21.000 21.815	-0.815 -3.735
39	27.500 708.000	0.000 20.000 708.820	0.000 12.200 12.259	-0.059 -0.483
40	27.500 708.000	0.000 30.000 707.670	0.000 3.000 2.957	0.043 1.462
41	27.500 708.000	0.000 35.000 707.000	0.000 10.600 11.102	-0.502 -4.522
42	27.500 708.000	0.000 40.000 706.330	0.000 17.200 19.471	-2.271 -11.664
43	27.500 708.000	0.000 45.000 705.670	0.000 26.800 28.586	-1.786 -6.248
44	27.500 708.000	0.000 50.000 705.000	0.000 35.000 36.084	-1.084 -3.003
45	27.500 708.000	0.000 55.000 704.330	0.000 39.000 43.126	-4.126 -9.568
46	27.500 708.000	0.000 60.000 703.670	0.000 50.600 50.938	-0.338 -0.664
47	27.500 708.000	0.000 65.000 703.000	0.000 58.200 57.591	0.609 1.057
48	27.500 708.000	0.000 70.000 702.330	0.000 66.400 65.574	0.826 1.260
49	27.500 708.000	0.000 75.000 701.670	0.000 74.800 74.231	0.569 0.766
50	27.500 708.000	0.000 80.000 701.000	0.000 80.800 80.573	0.227 0.282
51	27.500 708.000	0.000 85.000 700.330	0.000 85.600 87.009	-1.409 -1.620
52	27.500 708.000	0.000 95.000 698.910	0.000 100.600 99.605	0.995 0.999
53	27.500 708.000	0.000 100.000 698.180	0.000 108.200 107.371	0.829 0.772
54	27.500 708.000	0.000 110.000 696.730	0.000 115.600 115.733	-0.133 -0.115
55	87.500 700.000	0.000 20.000 708.820	0.000 102.600 101.652	0.948 0.932
56	87.500 700.000	0.000 30.000 707.670	0.000 86.400 87.235	-0.835 -0.957
57	87.500 700.000	0.000 35.000 707.000	0.000 81.800 80.200	1.600 1.995
58	87.500 700.000	0.000 40.000 706.330	0.000 74.600 74.228	0.372 0.501
59	87.500 700.000	0.000 45.000 705.670	0.000 69.000 69.636	-0.636 -0.913
60	87.500 700.000	0.000 50.000 705.000	0.000 63.200 63.926	-0.726 -1.135
61	87.500 700.000	0.000 55.000 704.330	0.000 55.800 56.752	-0.952 -1.678
62	87.500 700.000	0.000 60.000 703.670	0.000 50.000 49.375	0.625 1.265

LEGENDA

4 Velocità

3.5
3.2
2.9
2.6
2.3
2
1.7
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1

Km/s

Scala orizzontale = 1:600 Scala verticale = 1:600

LEGENDA

Dromocrone misurate

Dromocrone calcolate

Strumento: EEG - BR24
 Geofoni: Mark Products 12Hz
 Energizzazione: Fucile sismico
 Elaborazione: GRM + inversione tomografica 2D

INDAGINE GEOFISICA

Indagine sismica a rifrazione

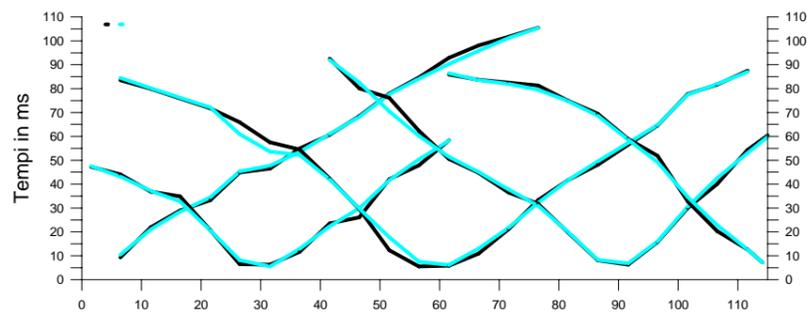
Comune di Chiomonte

Località Clarea

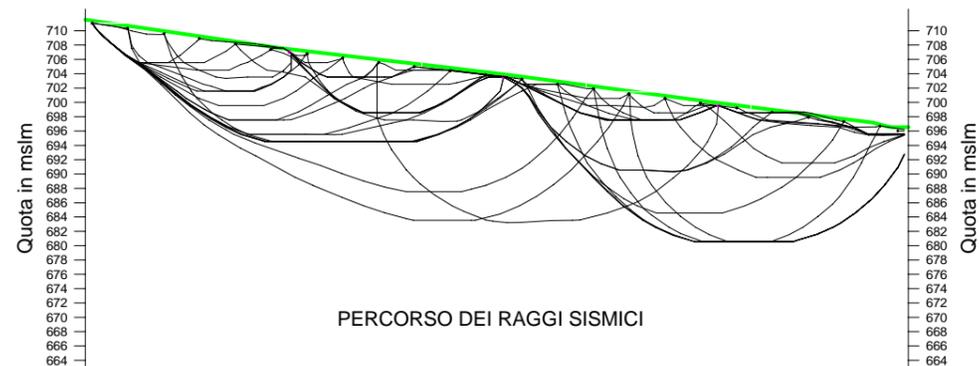
Sezione sismica n. 1

Settembre 2006

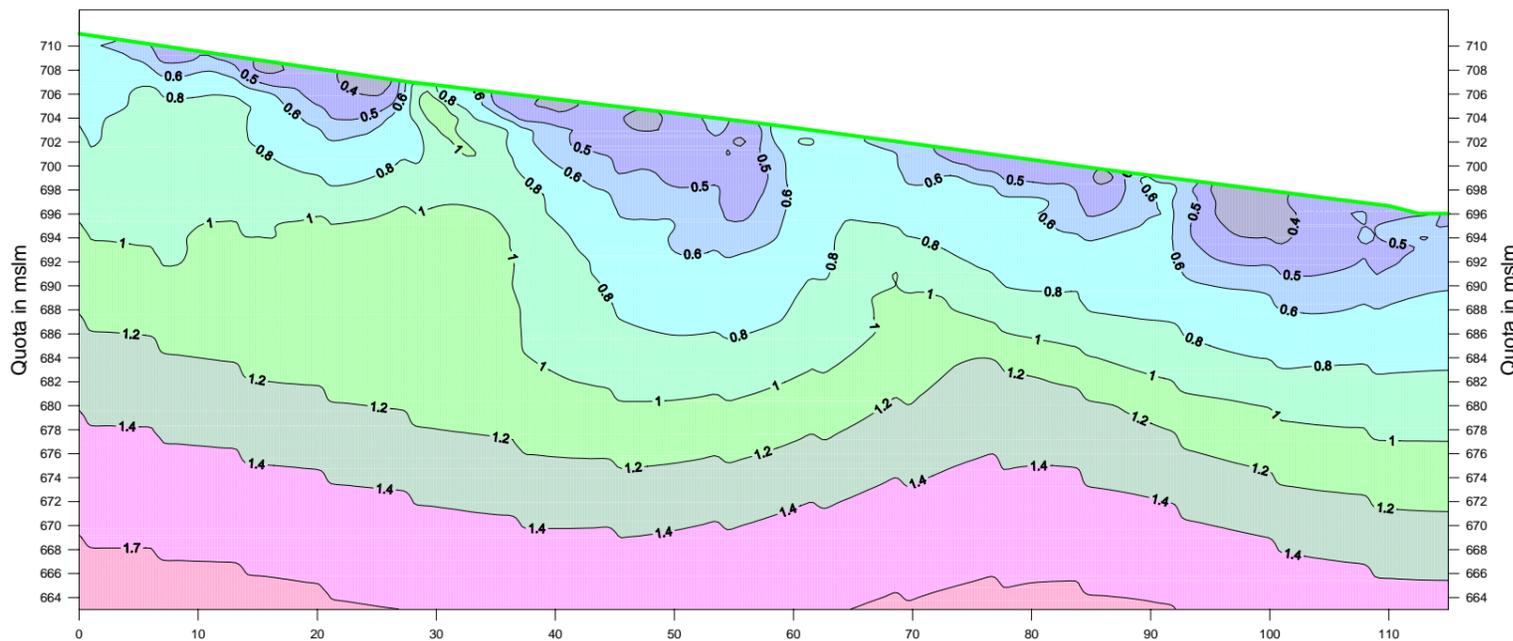
citiemme



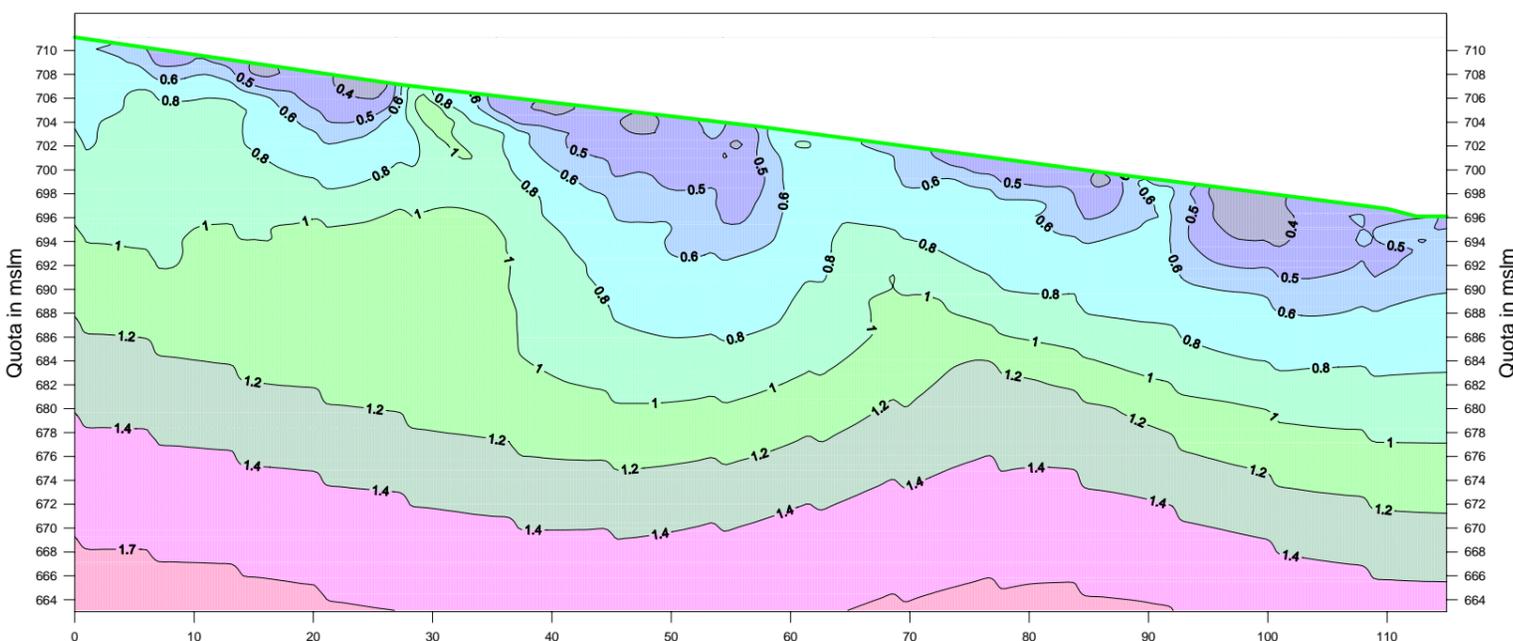
SOVRAPPOSIZIONE FRA LE DROMOCRONE MISURATE E CALCOLATE



PERCORSO DEI RAGGI SISMICI



SEZIONE INTERPRETATA



SEZIONE INTERPRETATA

File with raypaths: b.ray
 Number of data: 76
 RMS residual: 1.695611
 RMS relative residual(%): 8.904706

##	Source	Receiver	T obs.:	T calc.:	T - T0	Resid.:
1	0.000 736.000	0.000 5.000 735.270	0.000	7.000 8.153	-1.153	-14.144
2	0.000 736.000	0.000 10.000 734.550	0.000	19.600 18.755	0.845	4.504
3	0.000 736.000	0.000 15.000 733.820	0.000	26.600 26.099	0.501	1.920
4	0.000 736.000	0.000 20.000 733.090	0.000	31.000 32.206	-1.206	-3.745
5	0.000 736.000	0.000 25.000 732.360	0.000	42.600 43.076	-0.476	-1.105
6	0.000 736.000	0.000 30.000 731.710	0.000	44.200 45.402	-1.202	-2.648
7	0.000 736.000	0.000 35.000 731.130	0.000	52.600 51.182	1.418	2.770
8	0.000 736.000	0.000 40.000 730.540	0.000	58.400 58.697	-0.297	-0.506
9	0.000 736.000	0.000 45.000 729.960	0.000	66.200 65.868	0.332	0.505
10	0.000 736.000	0.000 50.000 729.380	0.000	75.600 75.374	0.226	0.299
11	0.000 736.000	0.000 55.000 728.790	0.000	82.400 81.875	0.525	0.641
12	0.000 736.000	0.000 60.000 728.170	0.000	90.600 88.049	2.551	2.897
13	0.000 736.000	0.000 65.000 727.500	0.000	95.800 93.556	2.244	2.398
14	0.000 736.000	0.000 70.000 726.830	0.000	99.400 98.944	0.456	0.461
15	0.000 736.000	0.000 75.000 726.170	0.000	103.200 103.114	0.086	0.084
16	27.500 732.000	0.000 0.000 736.000	0.000	44.900 45.211	-0.311	-0.688
17	27.500 732.000	0.000 5.000 735.270	0.000	41.800 40.812	0.988	2.420
18	27.500 732.000	0.000 10.000 734.550	0.000	34.600 34.917	-0.317	-0.908
19	27.500 732.000	0.000 15.000 733.820	0.000	32.600 30.466	2.134	7.004
20	27.500 732.000	0.000 20.000 733.090	0.000	18.400 18.277	0.123	0.673
21	27.500 732.000	0.000 25.000 732.360	0.000	4.200 5.884	-1.684	-28.622
22	27.500 732.000	0.000 30.000 731.710	0.000	4.000 3.217	0.783	24.321
23	27.500 732.000	0.000 35.000 731.130	0.000	9.400 10.567	-1.167	-11.043
24	27.500 732.000	0.000 40.000 730.540	0.000	21.200 20.007	1.193	5.963
25	27.500 732.000	0.000 45.000 729.960	0.000	23.800 27.570	-3.770	-13.675
26	27.500 732.000	0.000 50.000 729.380	0.000	39.800 39.340	0.460	1.171
27	27.500 732.000	0.000 55.000 728.790	0.000	45.600 48.043	-2.443	-5.085
28	27.500 732.000	0.000 60.000 728.170	0.000	56.000 55.907	0.093	0.166
29	57.500 728.500	0.000 5.000 735.270	0.000	81.200 82.189	-0.989	-1.203
30	57.500 728.500	0.000 10.000 734.550	0.000	77.600 77.853	-0.253	-0.325
31	57.500 728.500	0.000 20.000 733.090	0.000	69.400 69.760	-0.360	-0.516
32	57.500 728.500	0.000 25.000 732.360	0.000	63.600 58.675	4.925	8.394
33	57.500 728.500	0.000 30.000 731.710	0.000	55.200 51.342	3.858	7.514
34	57.500 728.500	0.000 35.000 731.130	0.000	52.200 49.958	2.242	4.487
35	57.500 728.500	0.000 40.000 730.540	0.000	40.000 38.640	0.360	0.907
36	57.500 728.500	0.000 45.000 729.960	0.000	27.200 27.515	-0.315	-1.146
37	57.500 728.500	0.000 50.000 729.380	0.000	10.000 15.446	-5.446	-35.257
38	57.500 728.500	0.000 55.000 728.790	0.000	3.200 5.162	-1.962	-38.014
39	57.500 728.500	0.000 60.000 728.170	0.000	3.600 3.884	-0.284	-7.321
40	57.500 728.500	0.000 65.000 727.500	0.000	8.600 10.708	-2.108	-19.684
41	57.500 728.500	0.000 70.000 726.830	0.000	18.800 19.507	-0.707	-3.623
42	57.500 728.500	0.000 75.000 726.170	0.000	31.000 29.847	1.153	3.865
43	57.500 728.500	0.000 80.000 725.500	0.000	39.400 39.396	0.004	0.009
44	57.500 728.500	0.000 85.000 724.830	0.000	45.800 47.213	-1.413	-2.992
45	57.500 728.500	0.000 90.000 724.170	0.000	62.200 62.397	-0.197	-0.316
46	57.500 728.500	0.000 100.000 722.910	0.000	75.400 75.234	0.166	0.220
47	57.500 728.500	0.000 105.000 722.270	0.000	79.400 79.627	-0.227	-0.285
48	57.500 728.500	0.000 110.000 721.640	0.000	85.200 84.720	0.480	0.566
49	87.500 724.500	0.000 40.000 730.540	0.000	90.200 89.676	0.524	0.585
50	87.500 724.500	0.000 45.000 729.960	0.000	77.800 80.267	-2.467	-3.073
51	87.500 724.500	0.000 50.000 729.380	0.000	73.800 68.198	5.602	8.214
52	87.500 724.500	0.000 55.000 728.790	0.000	60.000 57.918	2.082	3.595
53	87.500 724.500	0.000 60.000 728.170	0.000	48.200 49.133	-0.933	-1.898
54	87.500 724.500	0.000 65.000 727.500	0.000	42.400 42.780	-0.380	-0.889
55	87.500 724.500	0.000 70.000 726.830	0.000	34.200 35.464	-1.264	-3.553
56	87.500 724.500	0.000 75.000 726.170	0.000	29.400 28.666	0.734	2.561
57	87.500 724.500	0.000 80.000 725.500	0.000	17.400 17.641	-0.241	-1.367
58	87.500 724.500	0.000 85.000 724.830	0.000	5.800 5.974	-0.174	-2.913
59	87.500 724.500	0.000 90.000 724.170	0.000	4.000 4.485	-0.485	-10.816
60	87.500 724.500	0.000 95.000 723.500	0.000	13.400 13.616	-0.216	-1.589
61	87.500 724.500	0.000 100.000 722.910	0.000	27.800 28.242	-0.442	-1.566
62	87.500 724.500	0.000 105.000 722.270	0.000	37.700 40.217	-2.517	-6.259

LEGENDA

4 Velocità
3.5
3.2
2.9
2.6
2.3
2
1.7
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
Km/s

— Dromocrone misurate — Dromocrone calcolate

Strumento: EEG - BR24
 Geofoni: Mark Products 12Hz
 Energizzazione: Fucile sismico
 Elaborazione: GRM + inversione tomografica 2D

Scala orizzontale = 1:600 Scala verticale = 1:600

LEGENDA

- Terreno di riporto e/o copertura
- Sedimenti debolmente consolidati (limo sabbioso e/o ghiaia con matrice)
- Sedimenti consolidati (ghiaia grossolana con ciottoli)

INDAGINE GEOFISICA

Indagine sismica a rifrazione

Comune di Chiomonte

Località Clarea

Sezione sismica n. 2

Settembre 2006



Foto 1: Unità di acquisizione dati pronta per lo stendimento n. 1.



Foto 2: Particolare di un geofono e del suo cavo di collegamento.



Foto 3: Particolare dell'energizzatore: fucile mini-bang.



Foto 3: Particolare dell'unità di acquisizione nello stendimento n. 2.

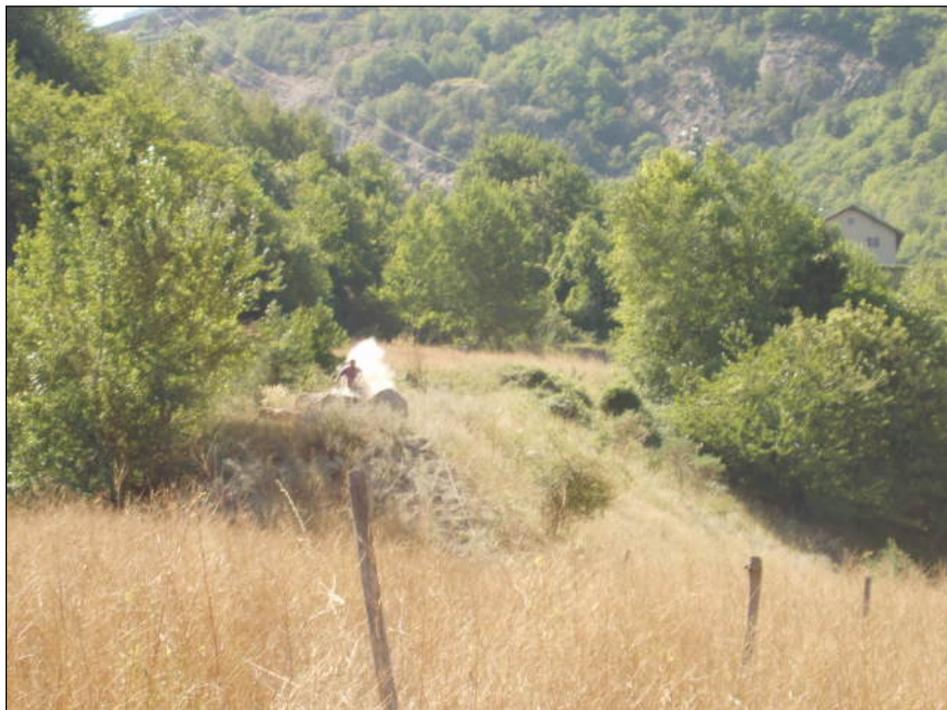


Foto 3: Fase di energizzazione con mini-bang.

ALLEGATO N. 19

**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE
NEI PRESSI DELL'IMBOCCO GALLERIA DEL FREJUS
PER VERIFICA SITO DI ACCUMULO MATERIALE DI
RISULTA**

REGIONE PIEMONTE PROVINCIA DI TORINO COMUNE DI BARDONECCHIA

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE NEI PRESSI DELL'IMBOCCO GALLERIA DEL FREJUS PER VERIFICA SITO DI ACCUMULO MATERIALE DI RISULTA



DOCUMENTAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

CODICE
06039_GF

COMMITTENTE



SITAF SPA
Fr. San Giuliano 2
C.P. 59C 10059 SUSÀ (TO)



COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Srl

Silvia Josa *Guizzetti* *Dott. M. Ferrari*

0	SETTEMBRE 2006	Edizione	Dott.S.Josa	Dott.D.Guizzetti	Dott.M.Ferrari
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO



REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI TORINO
COMUNE DI BARDONECCHIA

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE NEI PRESSI DELL'IMBOCCO DELLA
GALLERIA FREJUS PER VERIFICA SITO DI ACCUMULO MATERIALE DI RISULTA

Documentazione indagini geognostiche e geofisiche

Settembre 2006

SOMMARIO

INDAGINI GEOGNOSTICHE	
RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE	
▪ INDAGINI SISMICHE: PRINCIPI DI BASE.....	
▪ DESCRIZIONE DEL METODO	
▪ FINALITA' E PROGRAMMAZIONE DELLO STUDIO	
▪ STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	
▪ GEOMETRIA DEGLI STENDIMENTI E SETTAGGIO STRUMENTO	
▪ ELABORAZIONE DATI ACQUISITI	
▪ RISULTATI DELLE INDAGINI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	
ALLEGATI	
▪ SONDAGGI GEOGNOSTICI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	
▪ RISULTATI RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	



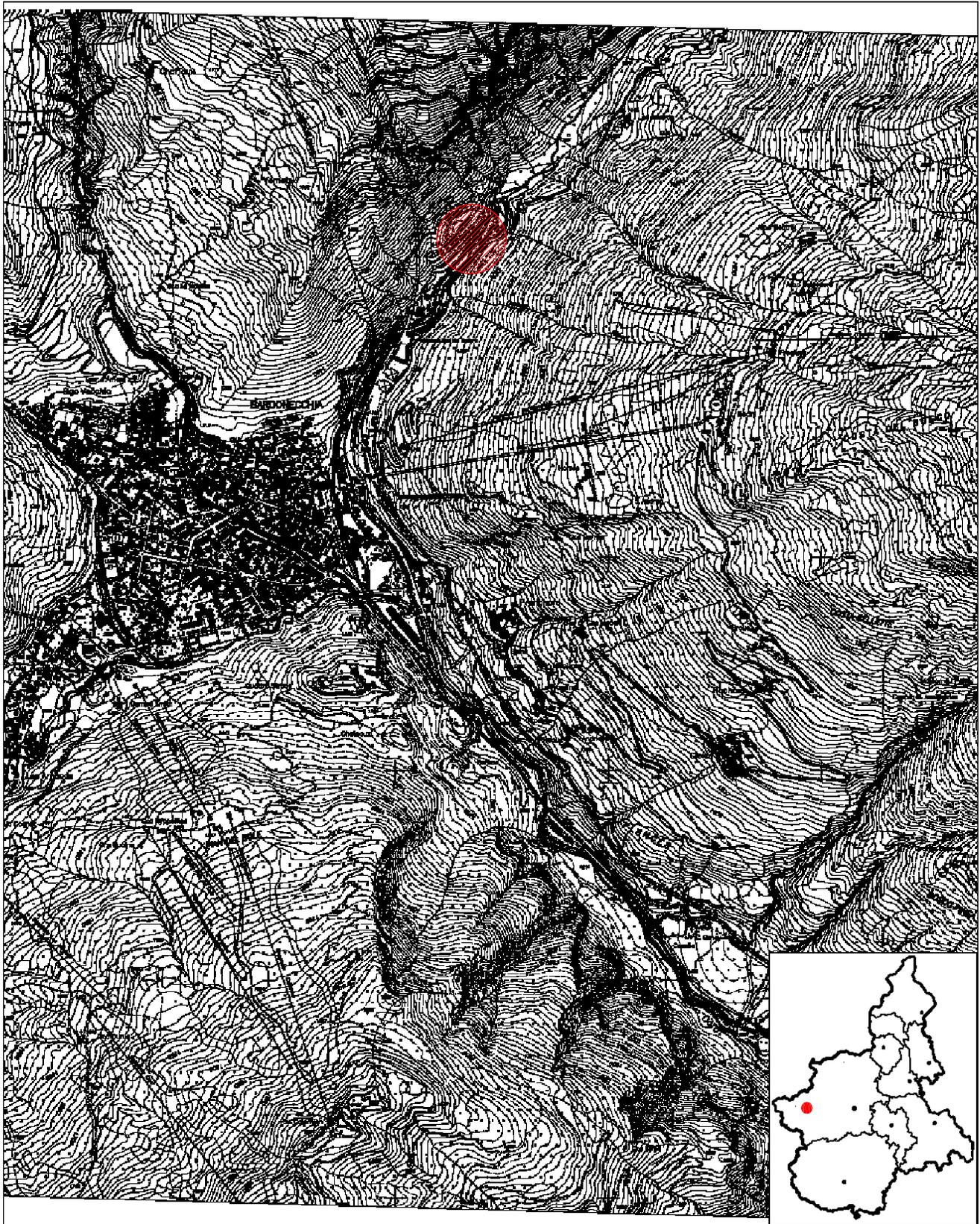
PREMESSA

Tra il 05/09/06 e l'11/09/06 sono stati eseguiti per conto della SITAF SpA n.3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo per la verifica di un sito di accumulo di materiale di risulta nelle vicinanze dell'imbocco della galleria Frejus in Comune di Bardonecchia (TO).

Un foro di sondaggio è stato attrezzato con piezometro per la verifica delle oscillazioni del livello di falda intercettato.

Le indagini geognostiche sono state integrate con un rilievo sismico a rifrazione costituito da quattro stendimenti (eseguito il 14/09/06), distribuiti in prossimità dei sondaggi, in corrispondenza dell'area un tempo adibita a discarica di inerti dei materiali provenienti da scavi realizzati nella costruzione dell'Autostrada limitrofa.

Di seguito vengono descritte le modalità di esecuzione delle indagini eseguite e in allegato si forniscono i risultati ottenuti.



COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO GENERALE
DELL'AREA OGGETTO DI INDAGINI
(Reg. Piemonte - C.T.R. Raster F153090)



Scala 1:20.000

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Committente: SITAF SPA

Commessa: 06039

Cantiere: Bardonecchia – Imbocco Frejus

Tra il 05/09/06 e l'11/09/06 sono stati realizzati n.3 sondaggi geognostici a rotazione con carotaggio continuo allo scopo di verificare il sito di accumulo di materiale di risulta in prossimità dell'imbocco della galleria del Frejus, in Comune di Bardonecchia (TO).(Vedi corografia e Tav.01).

In particolare si tratta dei sondaggi denominati:

- *S1, S3*: profondi 20.0m, realizzati da 0.00m a 20.00m a rotazione con carotaggio continuo;
- *S2*: profondo 20.0m, realizzato a rotazione con carotaggio continuo e attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC diam. 1.5", finestrato alla profondità da p.c. compresa tra -9.00m e -20.00m per il controllo delle oscillazioni della falda intercettata.

La terebrazione è stata eseguita impiegando una sonda idraulica GEOMARC – G2, montata su carro cingolato (vedi foto successiva), di cui nella tabella a seguire vengono presentate le principali caratteristiche:



Particolare fotografico della sonda utilizzata

SONDA PERFORATRICE IDRAULICA		
Modello:	GEOMARC – G2	
coppia max.	kgm	1000
velocità di rotazione	rpm	12÷550
spinta	kg	5800
tiro	kg	8300
velocità risalita (min.-max.)	m/min	10÷42
velocità discesa (min.-max.)	m/min	14÷61
tiro max. argano	kg	3350
motore diesel Deutz	Hp	120
Pompa a pistoni Nenzi triplex 200 per fanghi		
portata max.	l/min	200
pressione max. esercizio	bar	80

Metodologia di perforazione

Carotaggio continuo

La perforazione è stata condotta a rotazione con carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro 101mm e 131mm, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote).

La perforazione di carotaggio per il recupero dei campioni, è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco).

Rivestimento

Per il sostegno delle pareti del foro, la natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire il foro: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1.5m e del diametro di 127mm fino alle profondità indicate in stratigrafia.



Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara.

I campioni estratti durante la perforazione a carotaggio continuo (sondaggio S1) sono conservati in apposite cassette catalogatrici in polietilene, opportunamente classificate con gli estremi identificativi del sondaggio.

Strumentazione geotecnica

Piezometro a tubo aperto

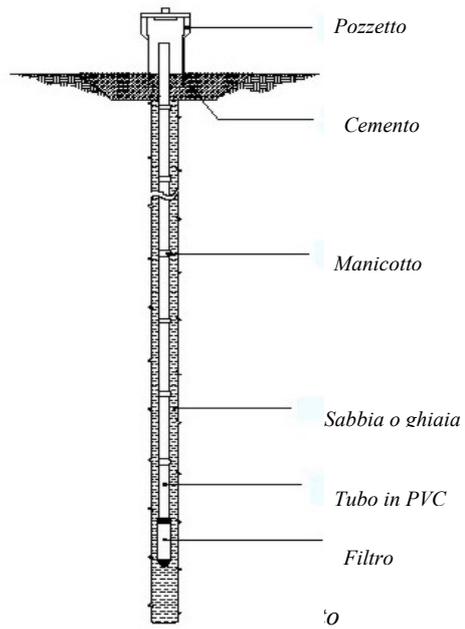
Il foro di sondaggio identificato con S2 è stato attrezzato per il rilievo continuo della falda acquifera tramite la posa in opera di n.1 piezometro a tubo aperto.

Tale strumento è costituito da un tubo in PVC rigido, di diametro 1.5", opportunamente fessurato con finestratura continua nella parte in falda (tra -9.0m e -20.0m di profondità da p.c.) e cieco nel restante tratto.

Lo strumento è stato posto in opera nel foro predisposto con un rivestimento provvisorio. L'intercapedine foro-tubo è stata riempita con apposito materiale granulare.

La tubazione è stata assemblata ponendo, a partire dal fondo foro:

- un fondello cieco munito di tappo di fondo;
- la parte microfessurata per 11.0m ca., a partire da fondo foro verso il p.c.;
- la parte cieca nel restante tratto, fino a boccaforo, con tappo di protezione a testa tubo.



Particolare fotografico del tipo di terminale di protezione adottato



PROVE GEOTECNICHE IN SITO

Prove S.P.T.

Nei fori di sondaggio sono state eseguite n.24 prove S.P.T. (“Standard Penetration Test”), alle profondità indicate in stratigrafia (n.8 prove per sondaggio).

La prova è di tipo discontinuo e viene eseguita nel corso della perforazione, interrompendo l’avanzamento del sondaggio a intervalli regolari o prestabiliti e che consente di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati.

Le prove S.P.T. sono state effettuate tramite l’infissione, a partire dal fondo foro raggiunto, di un campionatore a parete grossa tipo Raymond (diam. 51mm, lunghezza utile 562mm), collegato al piano campagna da una batteria di aste di dimensioni standardizzate (diam. 51mm, peso 7.5 kg/m), per mezzo di un’apparecchiatura a percussione del peso standard di 63.5kg con sganciamento automatico del maglio (Trip Monkey tipo Pilcon) dall’altezza prefissata di 760mm. Il dispositivo di sollevamento è fornito dall’argano oleodinamico della sonda perforatrice.

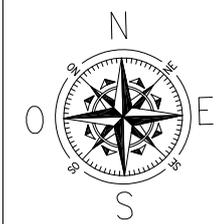
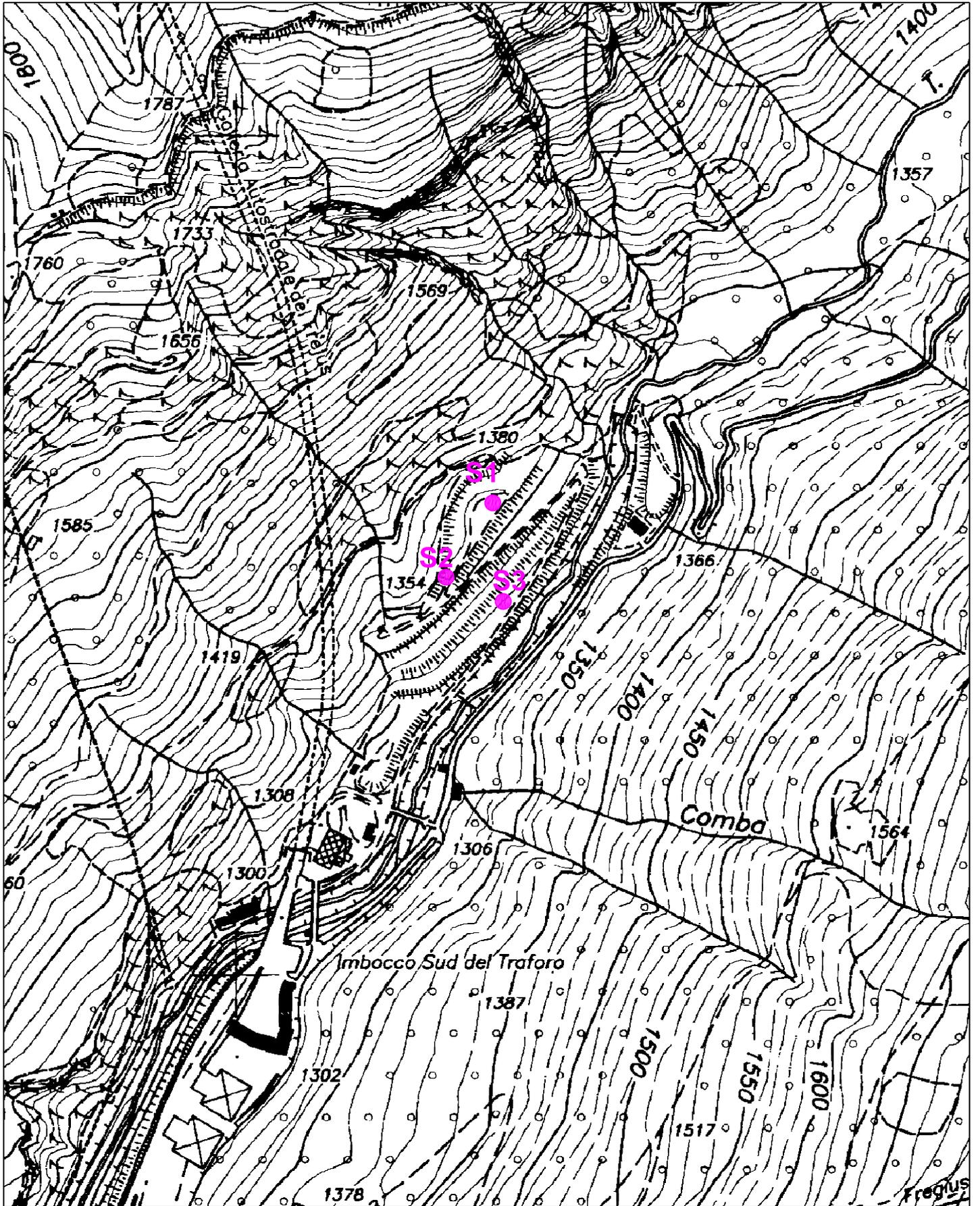
Nei casi in cui non vi era pericolo di repentino collasso del foro, la prova è stata eseguita immediatamente dopo la manovra di carotaggio e prima della manovra di rivestimento, per evitare disturbi al terreno, previa verifica della quota del fondo foro.

Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità di 45cm, a partire dalla quota di fondo foro (eventualmente ripulito tramite apposita manovra), rilevando il numero di colpi (N) necessari per la penetrazione di ciascun intervallo di 15cm. Il valore di NSPT è ottenuto sommando i colpi necessari per il 2° e 3° tratto.

La prova viene sospesa ogni qualvolta il numero di colpi N, per un tratto di 15cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l’infissione in centimetri ottenuta con 50 colpi.



Per l'esecuzione delle prove SPT nei terreni a granulometria fine (limoso-sabbiosa) si è utilizzato il campionatore Raymond corredato di una scarpa troncoconica a punta aperta, la cui lunghezza standard è di 76mm.



Scala 1:5000

Legenda

● Sondaggio geognostico

REGIONE PIEMONTE
 PROVINCIA DI TORINO
 COMUNE DI BARDONECCHIA

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE NEI PRESSI DELL'IMBOCCO
 GALLERIA DEL FREJUS PER VERIFICA SITO DI ACCUMULO MATERIALE DI
 RISULTA

File:
 06039GF\tavole\tav.01

UBICAZIONE SONDAGGI GEOGNOSTICI

Tavola:

01



RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE

In data 14/09/06 è stata effettuata un'indagine sismica di superficie per conto della SITAF SpA in vicinanza dell'imbocco italiano del traforo del Frejus, in un'area un tempo adibita a discarica di inerti di materiali provenienti da scavi realizzati nella costruzione dell'Autostrada Torino - Bardonecchia, nel territorio del Comune di Bardonecchia (TO).

L'indagine è stata effettuata in corrispondenza della zona di maggior accumulo di materiali, in un versante a marcata acclività (vedi Tav.02) allo scopo di verificare le principali caratteristiche meccaniche dei terreni e delle rocce che costituiscono la zona realizzando quattro stendimenti superficiali lungo la linea di massima pendenza.

Di seguito sono presentati i risultati dell'indagine.



INDAGINI SISMICHE: PRINCIPI DI BASE

Le indagini sismiche si basano sulla misura della velocità di propagazione delle onde elastiche in rocce e terreni. Le onde elastiche vengono create artificialmente per mezzo di esplosioni controllate o di altre tipologie di sorgenti e la loro propagazione viene rilevata in punti diversi, in superficie e/o in profondità, tramite trasduttori che generano un segnale elettrico misurabile corrispondente alla sollecitazione elastica del terreno nel punto di misura.

Se un corpo in equilibrio subisce una sollecitazione in un punto, esso tende a deformarsi in relazione alle caratteristiche elastiche del corpo stesso e dal tipo di sollecitazione. La propagazione della deformazione nei punti circostanti avviene come propagazione di onde la cui velocità dipende dalle caratteristiche elastiche del corpo (Godio et al., 2001).

Le onde sismiche (o onde elastiche) si generano e si propagano in un corpo quando questo viene sollecitato da uno sforzo impulsivo di piccola energia (cioè nel campo delle piccole tensioni e delle piccole deformazioni). Quando il corpo sollecitato si deforma nel campo elastico (campo di linearità della legge di Hooke) le sue particelle si spostano dalla loro posizione di equilibrio.

Al cessare della sollecitazione le particelle tendono a tornare alla loro posizione di equilibrio innescando un moto di oscillazione (vibrazione). Tale moto di oscillazione si propaga in tutte le direzioni alle particelle circostanti con velocità che dipende dalla facilità delle particelle ad abbandonare il loro stato di quiete, cioè dalle caratteristiche meccaniche del corpo.

Le onde elastiche così generatesi interessano tutto il volume del corpo (onde di volume), non sono dispersive (la velocità di propagazione non dipende dalla frequenza) e possono essere distinte in funzione della direzione di vibrazione rispetto alla direzione di propagazione.

Si hanno dunque:

- onde di compressione (onde P): longitudinali e primarie, si propagano ad alta velocità sia nei solidi che nei liquidi e sono caratterizzate da un moto delle particelle nella stessa direzione di propagazione dell'onda, con successive compressioni e rarefazioni;



- onde di taglio (onde S): trasversali e secondarie, si propagano più lentamente delle onde P e presentano un moto delle particelle perpendicolare alla direzione di propagazione; non si trasmettono nei fluidi;
- onde di Rayleigh: sono onde superficiali e determinano spostamenti ellittici delle particelle il cui moto avviene nel piano verticale e con verso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione stessa;
- onde di Love: sono onde superficiali che si sviluppano solo in presenza di uno strato a bassa velocità e non si trasmettono nei fluidi; gli spostamenti sono orizzontali e trasversali rispetto alla direzione di propagazione.



DESCRIZIONE DEL METODO

I metodi di prospezione sismica si basano sulla registrazione delle onde sismiche primarie immesse artificialmente nel terreno e registrate dal sismografo tramite appositi sensori (geofoni).

Le onde sismiche, infatti, si propagano nel terreno con velocità che sono funzione delle caratteristiche elastiche dei materiali attraversati e quindi delle caratteristiche litologiche degli stessi e del loro stato di conservazione.

Depositi incoerenti (ghiaie, sabbie, detriti in genere) hanno velocità sismiche notevolmente inferiori alle velocità riscontrabili nelle rocce coerenti (calcari, graniti, ecc.); approssimativamente i primi hanno velocità che possono variare da 0.35 km/s a 1.80 km/s; le rocce coerenti hanno, invece, valori generalmente superiori ai 3.0 km/s.

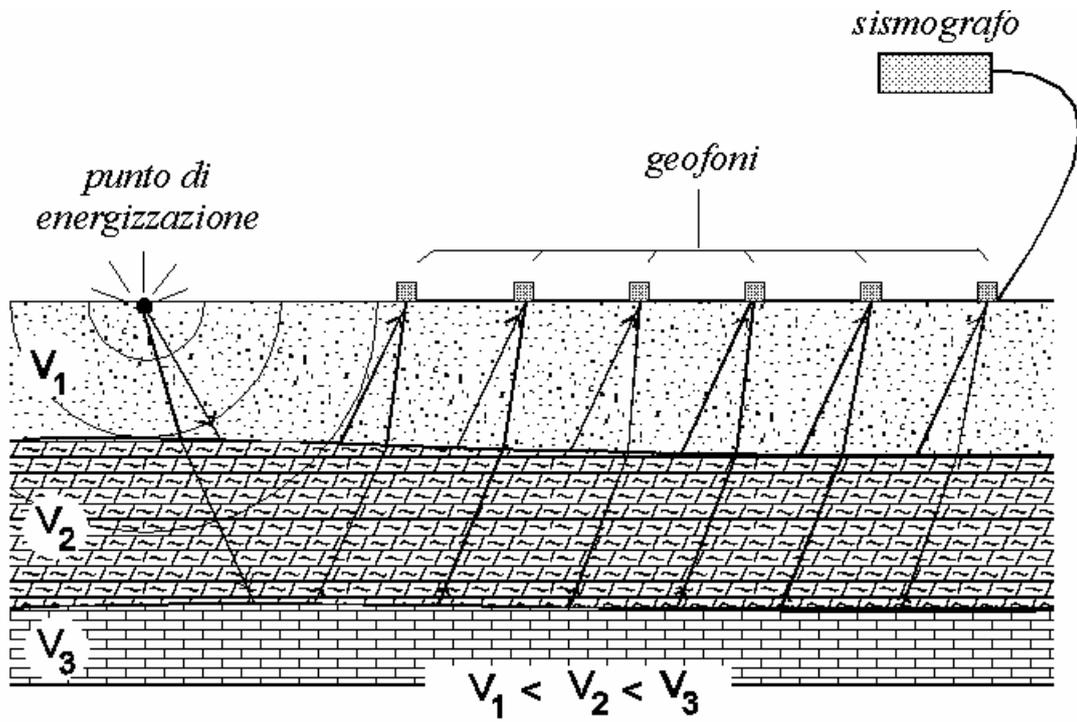
Per le rocce incoerenti, a parità di costituzione litologica, assume notevole importanza lo stato di addensamento. Proprio in base a tale considerazione l'utilizzo di metodi sismici è stato impiegato in questa circostanza.

Le onde sismiche, generate con opportuni sistemi di energizzazione (massa battente, fucile sismico, esplosivo, ecc.) nel terreno, attraversano i diversi litotipi e vengono infatti rifratte e/o riflesse dalle superfici di discontinuità che rappresentano il contatto tra due diversi tipi di materiale.

Il metodo sismico a rifrazione utilizza le onde sismiche che vengono rifratte dalle discontinuità presenti nel sottosuolo.

Misurando i tempi di arrivo di questi impulsi ai geofoni e le distanze tra gli stessi viene costruito un diagramma (dromocrona) nel quale in ascisse vengono rappresentate le distanze e in ordinate i tempi.

Attraverso opportuni metodi di interpretazione vengono poi calcolate le diverse velocità dei singoli strati e il loro spessore.



schema di base sismica a rifrazione



FINALITÀ E PROGRAMMAZIONE DELLO STUDIO

Sulla base delle indicazioni fornite dalla D.L., sono stati eseguiti quattro stendimenti sismici al fine di caratterizzare il versante su cui sono stati addossati i materiali di risulta dagli scavi occorsi per la realizzazione di viadotti e gallerie durante la costruzione dell'Autostrada.

Proprio per localizzare e dimensionare la geometria dei depositi, alle indagini realizzate con metodologie dirette, ovvero sondaggi geognostici a carotaggio continuo, è stata affiancata un'indagine sismica al fine di valutare gli spessori della coltre di ricoprimento superficiale ed, eventualmente, la profondità del substrato roccioso.

Nella programmazione dell'indagine si è cercato di realizzare stendimenti che raggiungessero profondità sufficientemente elevate, con quattro stendimenti lungo il versante, paralleli tra loro.

La metodologia geofisica prescelta è, infatti, in grado, come descritto nel paragrafo precedente, di ricostruire l'andamento delle superfici che separano litologie caratterizzate da differente capacità di propagazione delle onde sismiche.

Nel caso in esame, si è ipotizzata la presenza di una coltre di materiali rimaneggiati, soprastanti materiali consolidati costituenti il cappellaccio alterato del sottostante substrato roccioso.

In particolare ci si aspetta una velocità delle onde sismiche decisamente superiore nei depositi più compatti e grossolani e più prossimi al substrato roccioso; tale contrasto permette la definizione della profondità dell'orizzonte rifrattore al di sotto di ciascun geofono e, quindi, la ricostruzione di sezioni di velocità.

Viste le finalità dello studio, si è ritenuto opportuno elaborare i dati raccolti sul terreno considerando l'ipotesi di n.2 o n.3 strati, in quanto procedere prevedendo più strati avrebbe generato una maggiore incertezza nei risultati e un minore grado di dettaglio.



Nella posa degli stendimenti si è cercato di disporre i geofoni in maniera più possibile rettilinea effettuando una misura di un angolo medio del versante che consente di realizzare la necessaria correzione topografica durante l'elaborazione dei risultati.



STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per il rilievo sismico è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Sismografo 24 canali della EEG S.r.l.
- 24 Geofoni Verticali (freq. 10 - 14 Hz) contenitore ermetico, puntale
- Fucile sismico (mini-bang) con cartucce 8mm per l'energizzazione
- Sistema di trigger
- Batteria 12V
- Set di connessioni d'uso

Specifiche Tecniche Sismica

- Da 1 a 24 canali
- 2048 campioni per canale
- Risoluzione 16 bit
- Dinamica: equivalente a 22 bit su 24 canali
- Pre-trigger automatico
- Campionamento 250, 1000, 2000, 5000, su 8 canali 10.000 c/s
- Guadagno 90 dB
- Sommatoria a software

Specifiche Unità Centrale

- CPU NS Geode GXLV 233MHz
- Memoria RAM 128 Mb PC100 Mhz
- Hard Disk 64 Mb on Compact Flash Disk Udma/33
- Monitoraggio Hardware Winbond W83781D
- Display LCD 6,4" Tft a colori, touch screen
- Controller Fast Ethernet Intel 82559ER 10/100 Base-T
- Alimentazione con alimentatore Switching 12 Volt 3A
- Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C



Particolare dell'unità di acquisizione dati



Fucile sismico (mini-bang)



GEOMETRIA DEGLI STENDIMENTI E SETTAGGIO STRUMENTO

Seguendo le indicazioni progettuali, sono stati eseguiti n. 4 stendimenti sismici costituiti ognuno da 24 geofoni ciascuno. Le geometrie di stendimento in progetto prevedevano una lunghezza complessiva di ogni stendimento pari a 115m (che per 24 geofoni equivale a una distanza inter-geofonica pari a 5 metri).

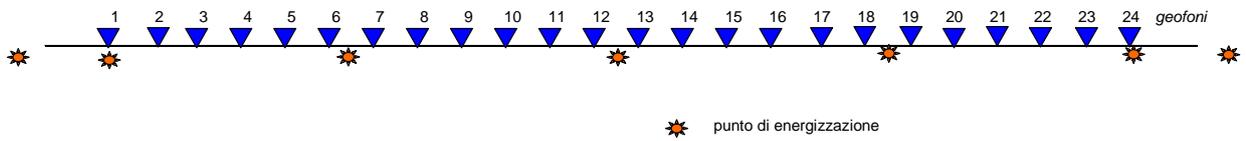
Per esigenze pratiche, la lunghezza degli stendimenti eseguiti, pari a 115m, ha compreso la stesa di n.24 geofoni e n.2 scoppi esterni; di conseguenza, le sezioni rappresentate risultano ridotte ma consentono il raggiungimento di profondità di indagine sufficientemente elevate e maggiore accuratezza e definizione dei risultati.

Per ogni linea di misura si è prevista l'energizzazione in 7 punti. La necessità di 7 tiri è legata alla scelta di invertire topograficamente il dato sismico acquisito. È, infatti, noto che la miglior soluzione deve essere caratterizzata da una copertura il più possibile omogenea del modello di sottosuolo che si vuole ricostruire.

I punti di energizzazione sono stati, infatti, scelti anche in funzione della situazione logistica dei punti stessi. Ogni tiro è stato, inoltre, ripetuto almeno una volta, sia per migliorare, mediante operazione di stack, la qualità del segnale acquisito (diminuzione del rumore di fondo), sia per verificare la coincidenza del T_0 , ovvero del momento di start.

Si ricorda che tale operazione tende a enfatizzare il segnale coerente (impulsi coerenti o, comunque, con contenuto di informazione) a discapito del segnale incoerente (rumore di fondo e disturbi di vario genere e origine).

I n.7 scoppi sono stati eseguiti in questo modo: uno scoppio centrale (tra il geofono n.12 e il geofono n.13), uno scoppio in corrispondenza del geofono n.1 (il quale è stato spostato di metà distanza inter-geofonica verso il geofono n.2), uno in luogo del n.24 (spostato di 2.5m verso il geofono n.23), uno tra i geofoni n.6 e n.7, un altro tra i geofoni n.18 e n.19 e, infine, due esterni, posizionati a una distanza pari al doppio della distanza inter-geofonica.



Schema approssimativo dello stendimento geofonico

Nelle tabelle allegate e nella planimetria di ubicazione degli stendimenti sono riportate le geometrie di acquisizione.



ELABORAZIONE DATI ACQUISITI

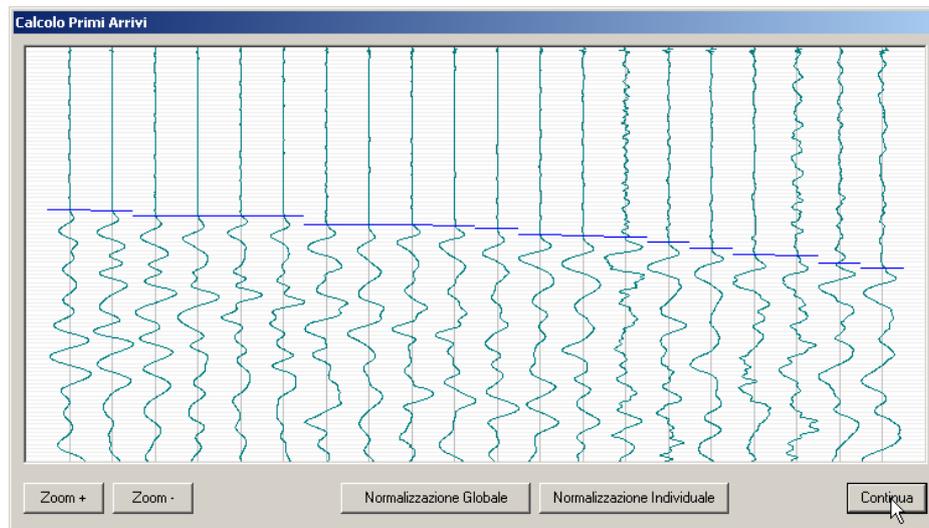
Di seguito vengono riportate le fasi dell'elaborazione eseguita:

- Apertura dei file seg-2
- Definizione delle geometrie di rilievo
- Pulizia dei film sismici
- Analisi in frequenza (FFT) e filtraggio del dato di campagna
- Picking dei primi arrivi (rifratti)
- Calcolo delle dromocrone
- Calcolo delle profondità dei rifrattori
- Iterazione dell'analisi fino al risultato soddisfacente
- Realizzazione delle sezioni velocità
- Esportazione delle tabelle e dei grafici

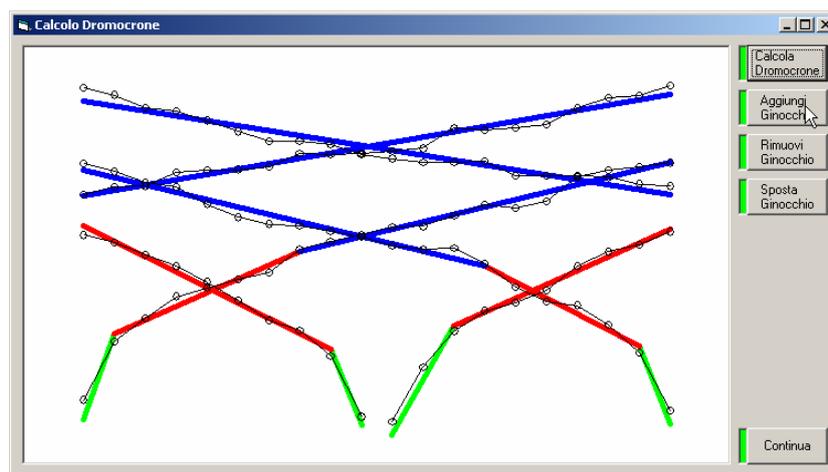
Per quanto concerne le geometrie di rilievo è opportuno rilevare come sia stata considerata una pendenza media e costante di circa 40° - 45° , al fine di eseguire soddisfacenti correzioni topografiche.

In ogni caso, le ondulazioni del terreno e, quindi, le differenze di quota tra i geofoni sono da considerarsi ininfluenti sui risultati dell'indagine.

Dopo aver predisposto i files per l'elaborazione, si procede con la determinazione dei primi arrivi; il programma utilizza in modo integrato diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis, reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra i tempi identificati e quelli derivati dall'interpolazione dei geofoni adiacenti. I primi arrivi possono, quindi, essere verificati, ed eventualmente corretti manualmente, operando direttamente sui segnali originali.



La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone; nel caso in esame sono stati eseguiti n.7 spari, di cui uno centrale e due esterni per ogni lato dello stendimento; il software utilizza un procedimento di ricerca di minimo sviluppato in forma analitica che garantisce il riconoscimento delle dromocrone che in assoluto presentano il miglior coefficiente di correlazione con i tempi di primo arrivo precedentemente determinati.



E' importante sottolineare che poter eseguire correttamente le successive fasi della elaborazione è indispensabile che gli spari effettuati alle estremità dello stendimento contengano segmenti di dromocrone relative a tutti gli strati attraversati.



Nella prima fase il programma lavora sulle singole dromocrone, nell'ipotesi che il numero di strati sia quello scelto dall'utente, e determina ogni possibile distribuzione dei punti di ginocchio; quindi confronta i risultati ottenuti per le diverse dromocrone al fine di identificare, fra tutte le possibili combinazioni di punti di ginocchio, quella che minimizza gli scarti quadratici medi delle velocità di ogni strato, riuscendo così ad assegnare i segmenti delle dromocrone ai rifrattori corretti.

Anche in questo caso è possibile intervenire manualmente, sia in termini di numero di strati interessati da ciascuno sparo, sia in termini di posizione dei punti di ginocchio.

Come già accennato, in considerazione delle finalità dello studio, si è ritenuto di procedere all'elaborazione dei dati raccolti sul terreno considerando l'ipotesi di tre strati, in quanto procedere prevedendo più strati avrebbe generato una maggiore incertezza nei risultati e un minore grado di dettaglio.

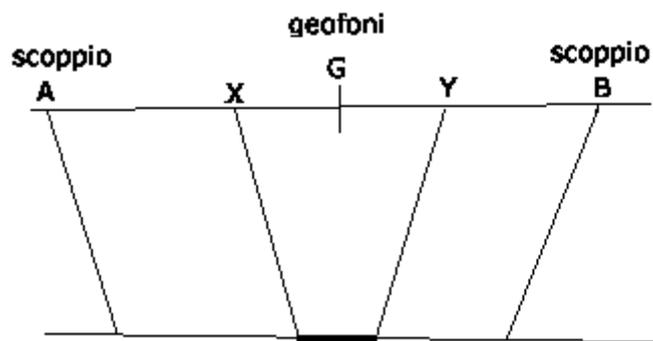
Successivamente alla costruzione delle dromocrone ed alla determinazione della velocità di propagazione del segnale sismico nei diversi strati di terreno, il software passa all'applicazione del Metodo del Reciproco Generalizzato (GRM) di Palmer per l'identificazione della geometria dei rifrattori: il programma utilizza una procedura automatizzata che, partendo da un valore di XY di tentativo pari a zero (con cui ottiene la funzione tempo-profondità convenzionale) e dalla profondità presunta (precedentemente calcolata al disotto di ciascun geofono), sperimenta diversi valori XY al fine di determinare la distanza XY ottimale, cioè la distanza per la quale i raggi diretti e inversi emergono in prossimità dello stesso punto sul rifrattore.

Il metodo reciproco generalizzato è stato sviluppato per superare alcune imperfezioni dei metodi più semplici, i quali sono messi in difficoltà dalla presenza di superfici, topografiche o del sottosuolo, particolarmente accidentate.

Il metodo di Palmer utilizza due funzioni: la funzione di analisi-velocità e la funzione tempo-profondità.

Funzione Analisi Velocità

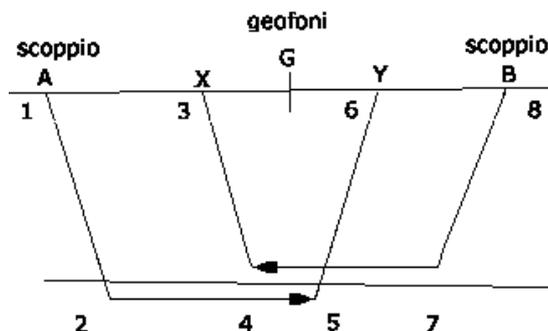
La particolarità del metodo è l'utilizzo degli arrivi diretti e inversi a due geofoni, posti a una distanza XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto di emersione dal rifrattore sia comune, il tempo di percorso e, quindi, il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.



La funzione analisi-velocità, riferendosi alla figura sottostante, è definita dall'equazione:

$$t = \frac{t_{AY} - t_{BX} + t_{AB}}{2}$$

dove TAY è il tempo necessario al segnale proveniente dalla sorgente A per giungere al punto Y, TBX è il tempo che impiega il segnale per arrivare nel punto X partendo dalla sorgente B e TAB è il tempo di estemità. G è il geofono virtuale posto a metà della distanza XY.





Il valore di questa funzione è riferito al punto mediano G fra X ed Y.

Producendo i grafici dei tempi di percorso in relazione alla posizione dei geofoni è possibile derivare la velocità V_2 del rifrattore, indipendentemente dall'inclinazione e dalla topografia. Ciò che influenza il calcolo è, dunque, la scelta dei geofoni XY.

Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto d'uscita sul rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale. Nel diagramma distanza - funzione velocità ottenuto si individua il valore XY ottimale, corrispondente alla curva che meglio approssima una retta.

Funzione tempo-profondità

Il metodo GRM prevede ora la creazione di funzioni tempo-profondità per ciascun geofono. Facendo riferimento alla figura precedente, la funzione generalizzata tempo-profondità è definita dall'equazione:

$$t = \frac{t_{AY} + t_{BX} - (t_{AB} + XY / V_2)}{2}$$

La valutazione della distanza XY ottimale può essere ottenuta utilizzando le velocità e gli spessori di strato precedentemente determinati: se sono noti gli spessori e le velocità di ciascuno strato, il valore XY per ogni strato può essere calcolato direttamente, quindi applicando un procedimento iterativo è possibile determinare tali valori automaticamente e con notevole precisione.

In allegato sono riportate le tabelle dei tempi di primo arrivo rilevati, i grafici con le dromocrone e le sezioni velocità.



RISULTATI DELLE INDAGINI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I risultati dell'indagine sono riportati nel seguito; oltre a una planimetria con indicazione degli stendimenti, sono state allegate per ogni stendimento le tabelle contenenti la geometria, con indicazione dei geofoni e degli scoppi e i tempi di primo arrivo.

Si allegano, inoltre, i grafici relativi alle dromocrone originali e traslate (grafici tempi / distanze), i percorsi dei raggi sismici, le sezioni verticali con indicazione della velocità delle onde sismiche all'interno degli strati individuati e le sezioni interpretative dei risultati.

Nella lettura delle sezioni verticali occorre tenere in considerazione come la superficie di separazione tra i due strati risulta dall'unione delle profondità dei rifrattori al di sotto di ogni geofono, per cui può risultare piuttosto ondulata, con un andamento che non sempre si può ricondurre alla reale conformazione geomorfologica del sottosuolo.

Per quanto riguarda più strettamente i risultati ottenuti, si può notare come fino a profondità comprese tra i 10.0m e i 15.0m dal p.c. le velocità delle onde sismiche risultino inferiori ai 1200m/s; a esse sono assimilabili terreni di riporto e/o di copertura areati e poco addensati.

Al di sotto di questi, con geometrie variabili lungo le sezioni, si assiste a un progressivo incremento delle velocità, che raggiungono valori pari a 2500m/s a profondità comprese tra i 15.0m e i 20.0m dal locale p.c. nelle porzioni sommitali delle stese; nelle parti finali degli stendimenti, verso la base del versante e quindi del corso d'acqua principale, il substrato roccioso non è stato intercettato alle profondità di indagine.

Da notare come una distinzione tra i materiali di riporto e i depositi alluvionali recenti, poco addensati, non è possibile con la metodologia utilizzata, per cui non è stata ben definita la base dell'accumulo antropico nelle sezioni che raggiungono le quote più basse.

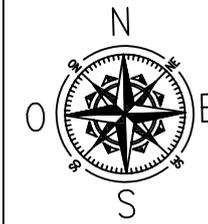
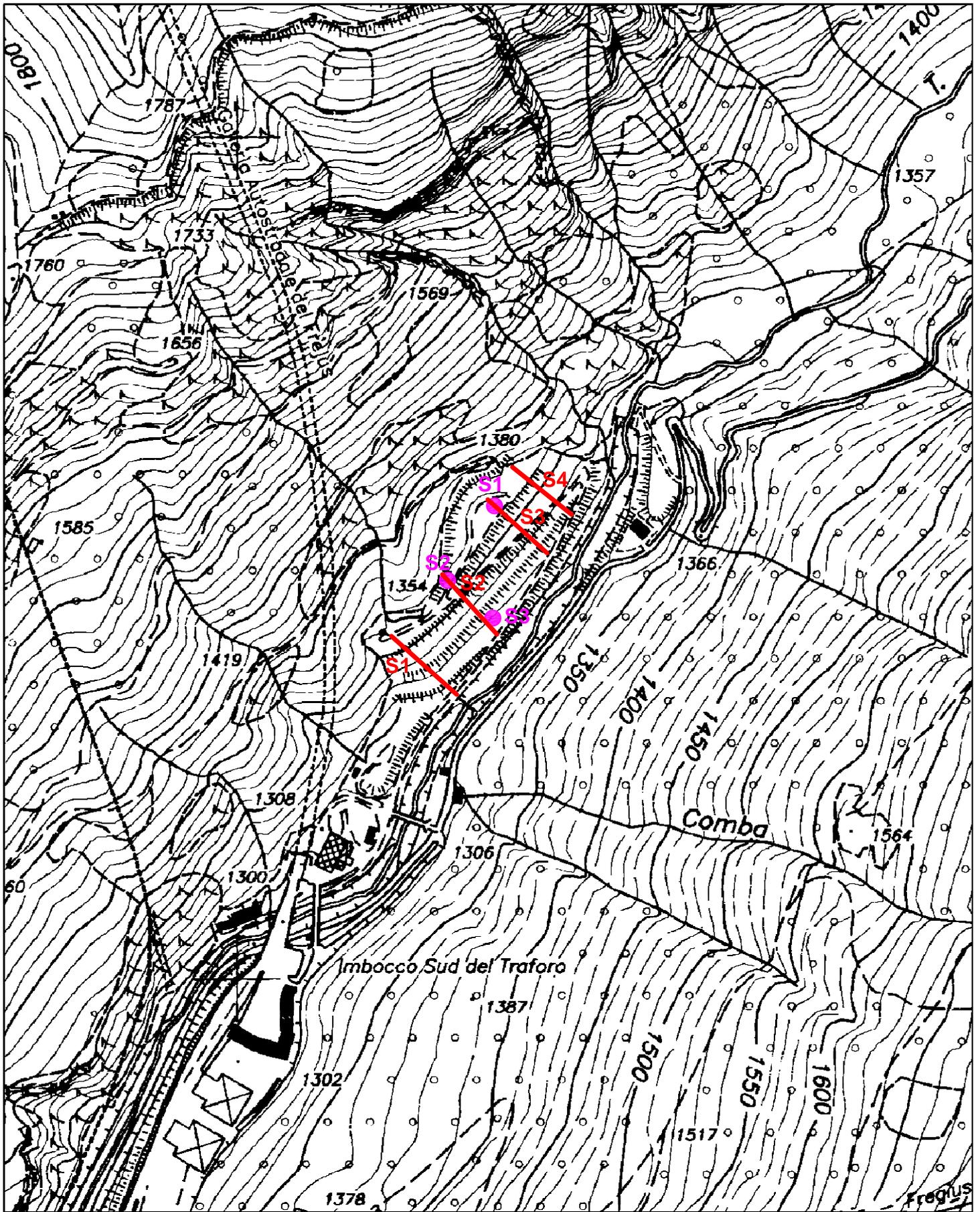
Particolare attenzione deve, inoltre, essere posta nella lettura dei risultati, in quanto gli stendimenti, pur paralleli, sono stati effettuati a quote leggermente differenti; pur non avendo effettuato rilievi topografici di dettaglio, nelle sezioni si è cercato di evidenziare tali differenze di quota.



Dalla comparazione delle velocità con dati di letteratura e dalla taratura possibile grazie ai sondaggi meccanici a carotaggio continuo effettuati sul luogo, è possibile assimilare i terreni le cui velocità sono comprese tra i 1200m/s e i 2000m/s a sedimenti piuttosto consolidati, costituiti da ghiaie, ciottoli e blocchi rocciosi, altresì assimilabili al risultato dell'alterazione del substrato roccioso.

I terreni sottostanti, con velocità superiori a 2000m/s, sono assimilabili a un substrato roccioso, con caratteristiche che migliorano con la profondità.

Dall'osservazione dei percorsi dei raggi sismici si noti come, in realtà, al di sotto di 25.0-30.0m circa di profondità i raggi sismici non siano penetrati, se non in minima parte, per cui quello che si trova nelle sezioni di velocità al di sotto di tali profondità, non è supportato da un numero di raggi così fitto da fornire la certezza assoluta della correttezza del dato interpretato che, seppur verosimile, potrebbe scostarsi lievemente in geometria e velocità dalla situazione reale a quelle profondità.



Scala 1:5000

Legenda

- Sondaggio geognostico
- Stendimento geofisico

REGIONE PIEMONTE
 PROVINCIA DI TORINO
 COMUNE DI BARDONECCHIA

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE NEI PRESSI DELL'IMBOCCO
 GALLERIA DEL FREJUS PER VERIFICA SITO DI ACCUMULO MATERIALE DI
 RISULTA

File:
 06039GF\tavole\tav.02

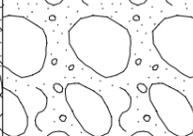
UBICAZIONE SONDEGGI GEOGNOSTICI
 E GEOFISICI

Tavola: **02**

ALLEGATI

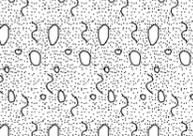
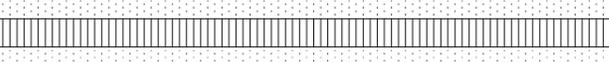
SONDAGGI GEOGNOSTICI

	Committente SITAF SPA		SONDAGGIO	FOGLIO	
	Cantiere	Galleria imbocco Frejus - sito di accumulo materiale di risulta.		S1	1/1
	Località	Bardonecchia (TO)		Il geologo Dott. S. Josa	
Inizio Perforazione 05/09/2006		Fine Perforazione 06/09/2006			
Scala 1:100					

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
0.00			Terreno di riporto costituito prevalentemente da ciasti e frammenti rocciosi eterometrici costituiti esclusivamente da calcescisti in matrice siltoso-sabbioso fine a livelli prevalente, moderatamente addensato, colore grigiastro. Da segnalare apparato radicale tra -13.00m e -13.50m da p.c..		c.c. diam. 131mm					3.00 N: 13 - 13 - 14 4.50 N: 14 - 15 - 17 6.00 N: 17 - 25 - 21 7.50 N: 9 - 15 - 16 9.00 N: 10 - 11 - 14					
-15.60	15.60				rotazione con carotaggio continuo diam. 101mm	127mm	90-100%			12.00 N: 17 - 13 - 12					
-18.40	2.80		Ciottoli e blocchi (diam. max 30-40cm) di calcescisti con siltiti debolmente sabbioso-fini passanti a subordinati ciasti rocciosi eterometrici, addensata, colore variegato da nocciola a grigio.							15.00 N: 15 - 15 - 12					
20.00	1.60		Ciasti e frammenti rocciosi eterometrici con sabbia fine siltosa, rari ciottoli, discreto grado di ossidazione, colore bruno-nocciola.	19.00 						18.00 N: 18 - 22 - 27					

DEPOSITO CASSETTE: Magazzino SITAF.

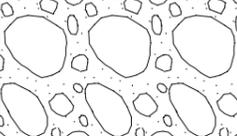
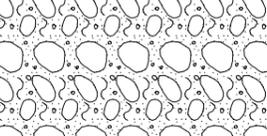
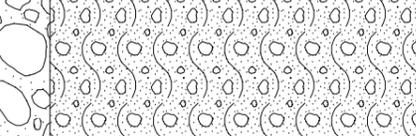
	Committente SITAF SPA		SONDAGGIO	FOGLIO	
	Cantiere	Galleria imbocco Frejus - sito di accumulo materiale di risulta.		S2	1/1
	Località	Bardonecchia (TO)		Il geologo Dott. S. Josa	
Inizio Perforazione 06/09/2006		Fine Perforazione 07/09/2006			
Scala 1:100					

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	poCKET penetrometer	poCKET vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
0.00			Terreno di riporto costituito prevalentemente da clasti e frammenti rocciosi eterometrici costituiti esclusivamente da calcescisti in matrice siltoso-sabbioso fine a livelli prevalente, moderatamente addensato, colore grigiastro.		c.c. diam. 131mm					3.00 N: 11 - 11 - 9					
8.50	8.50									4.50 N: 13 - 9 - 10					
8.50			Sabbia limosa con sparsi clasti e frammenti rocciosi eterometrici, discreto grado di alterazione e ossidazione, poco addensata, colore bruno-nocciola con screziature ocracee.	9.60 		127mm	90-100%			6.00 N: 13 - 14 - 16					
11.40	2.90		Ghiaia prevalentemente medio-grossolana e ciottoli con sabbia debolmente limosa, da moderatamente addensata ad addensata con la profondità, colore grigio.		rotazione con carotaggio continuo diam. 101mm					7.50 N: 12 - 14 - 10					
										9.00 N: 5 - 6 - 7					
										12.00 N: 19 - 21 - 24					
	8.60									15.00 N: 17 - 19 - 20					
20.00										18.00 N: 19 - 23 - 26					

DEPOSITO CASSETTE: Magazzino SITAF.

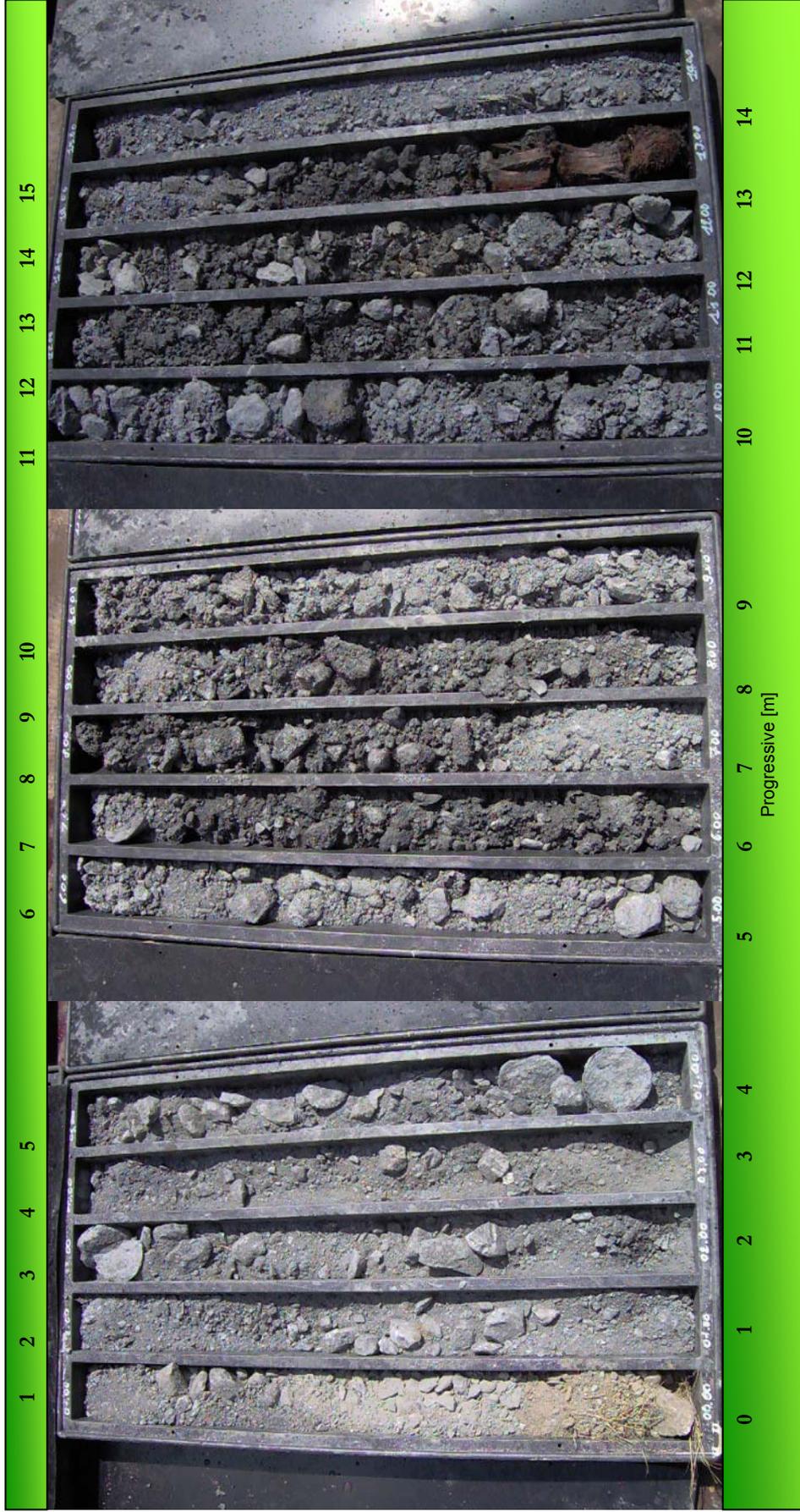
Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC diam. 1.5", finestrato alla profondità da p.c. compresa tra -9.00m e -20.00m.

	Committente SITAF SPA		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere Galleria imbocco Frejus - sito di accumulo materiale di risulta.		S3	1/1
	Località Bardonecchia (TO)		Il geologo Dott. S. Josa	
Inizio Perforazione 08/09/2006		Fine Perforazione 11/09/2006		
Scala 1:100				

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
0.00			Terreno di riporto costituito prevalentemente da ciasti e frammenti rocciosi eterometrici costituiti esclusivamente da calcescisti in matrice siltoso-sabbioso fine a livelli prevalente, moderatamente addensato, colore grigiastro.		c.c. diam. 131mm										
6.50	6.50		Ghiaia ciottolosa e blocchi (diam. max 30-40cm) con sabbia debolmente limosa, da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola-grigiastro.							3.00 N: 3 - 5 - 4					
10.00	3.50		Ghiaia eterometrica e ciottoli (Diam. max 12 - 15cm) con sabbia da debolmente limosa a limosa, discreto grado di ossidazione che tende ad aumentare con la profondità, addensata, colore nocciola-brunastro con screziature ocracee.	10.20 			90-100%			4.50 N: 7 - 7 - 9					
14.00	4.00		Ghiaia ciottolosa e blocchi (diam. max 20-25cm) con scarsa matrice fine siltosa, addensata, colore nocciola.			127mm				6.00 N: 13 - 12 - 15					
14.80	0.80		Ghiaia eterometrica con sabbia da debolmente limosa a limosa, rari ciottoli, discreto grado di alterazione e ossidazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola-grigiastro con screziature bruno-ocracee da ossidazione.		rotazione con carotaggio continuo diam. 101mm					7.50 N: 19 - 22 - 20					
20.00	5.20									9.00 N: 17 - 18 - 20					
										12.00 N: 22 - 25 - 27					
										15.00 N: 15 - 15 - 17					
										18.00 N. 16 - 18 - 21					

DEPOSITO CASSETTE: Magazzino SITAF.

Imbocco Frejus - Bardonecchia (TO) - Sondaggio SI (L=20.00m)



Cassette 1-3 da 0.00m a 15.00m da p.c.

Imbocco Frejus - Bardonecchia (TO) - Sondaggio SI (L=20.00m)



Cassetta 5 da 15.00m a 20.00m da p.c.

Imbocco Frejus - Bardonecchia (TO) - Sondaggio S2 (L=20.00m)



Cassette 1-3 da 0.00m a 15.00m da p.c.

Imbocco Frejus - Bardonecchia (TO) - Sondaggio S2 (L=20.00m)



16

17

18

19

20

15

16

17

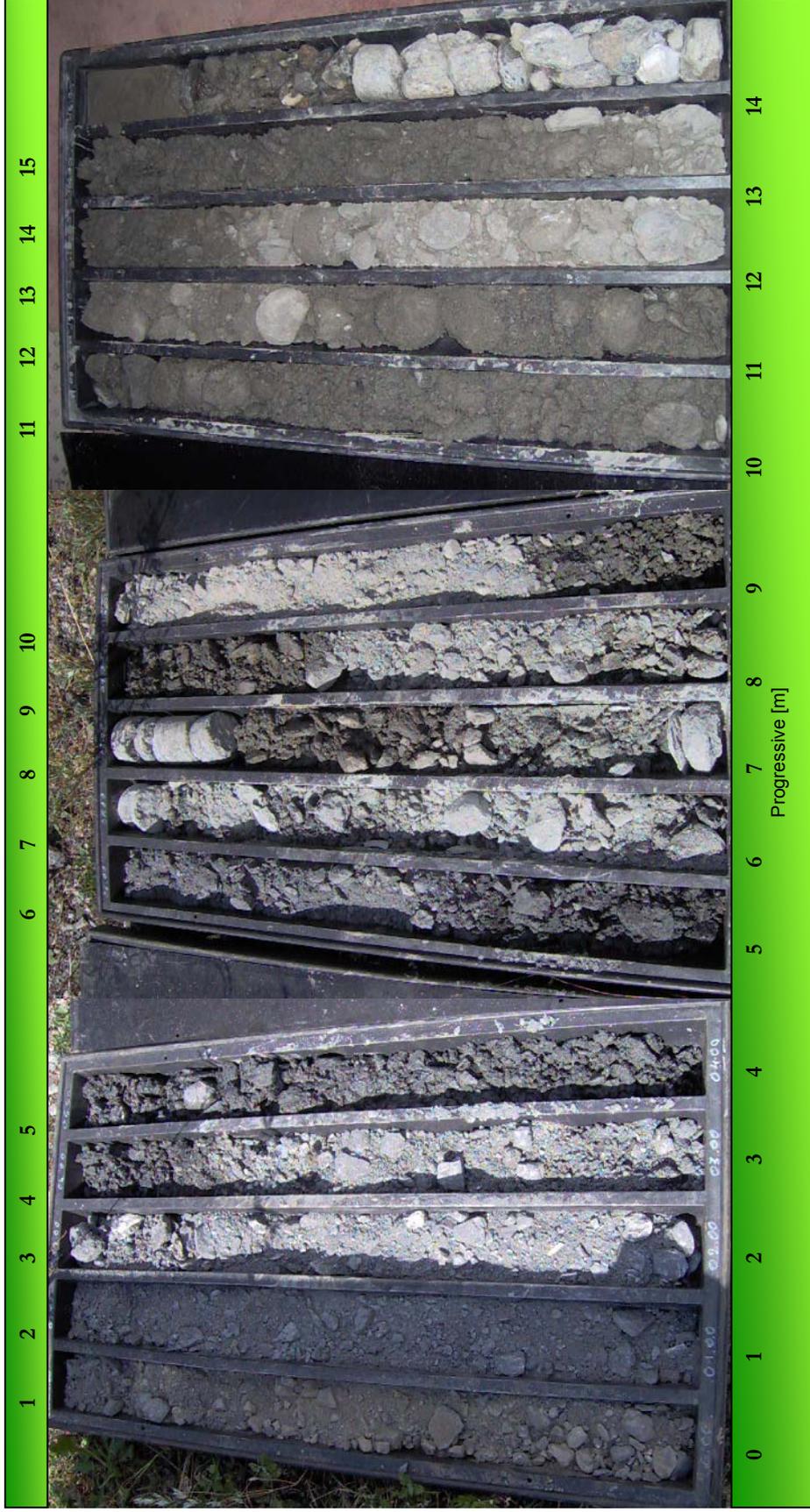
18

19

Progressive [m]

Cassetta 4 da 15.00m a 20.00m da p.c.

Imbocco Frejus - Bardonecchia (TO) - Sondaggio S3 (L=20.00m)



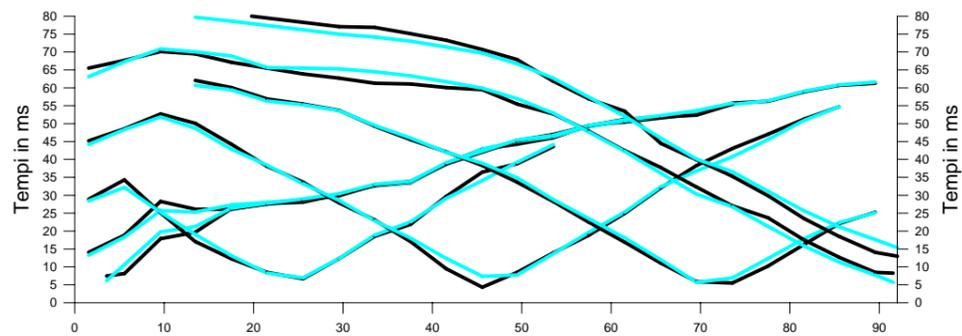
Cassette 1-3 da 0.00m a 15.00m da p.c.

Imbocco Frejus - Bardonecchia (TO) - Sondaggio S3 (L=20.00m)

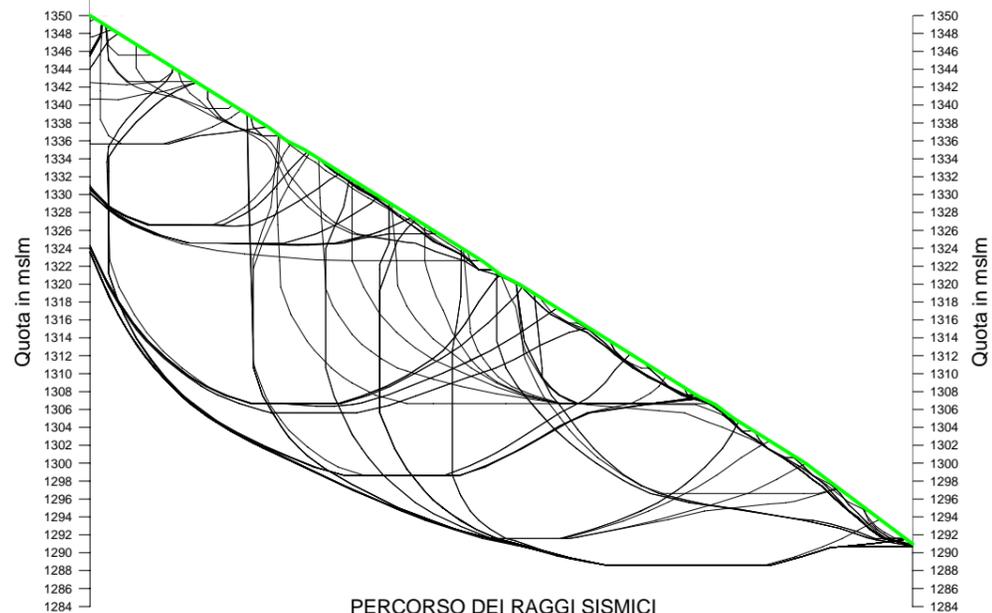


Cassetta 4 da 15.00m a 20.00m da p.c.

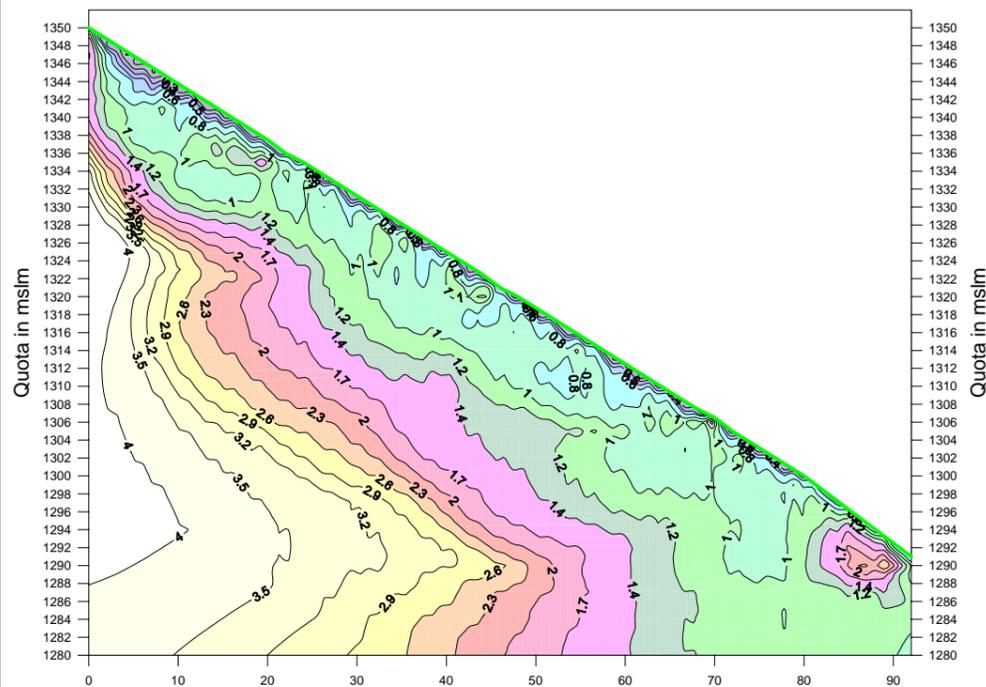
RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE



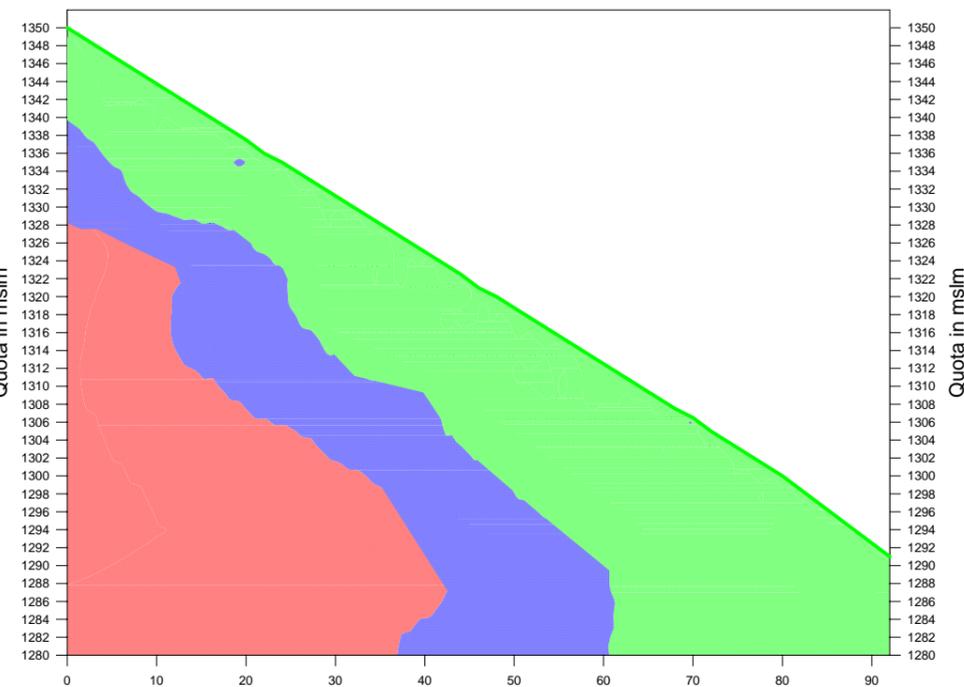
SOVRAPPOSIZIONE FRA LE DROMOCRONE MISURATE E CALCOLATE



PERCORSO DEI RAGGI SISMICI



VELOCITA' SISMICHE DEI TERRENI



SEZIONE INTERPRETATA

- Terreno di riporto e/o copertura
- Deposito alluvionale e/o copertura detritica
- Substrato (?)

File with raypaths: b.ray
RMS residual: 1.277189

#	Source	Receiver	T obs.:	T cal:	T - T0	Resid.:
2	-8.000 1350.000	0.000 4.000 1347.500	0.000	16.600	16.010	0.590 3.684
4	-8.000 1350.000	0.000 12.000 1342.500	0.000	23.800	23.019	0.781 3.391
6	-8.000 1350.000	0.000 20.000 1337.500	0.000	25.400	25.749	-0.349 -1.355
8	-8.000 1350.000	0.000 28.000 1332.500	0.000	28.000	27.867	0.133 0.478
10	-8.000 1350.000	0.000 36.000 1327.500	0.000	31.200	31.317	-0.117 -0.374
12	-8.000 1350.000	0.000 44.000 1322.500	0.000	40.800	40.611	-0.011 -0.027
14	-8.000 1350.000	0.000 52.000 1317.500	0.000	43.800	44.004	-0.204 -0.667
16	-8.000 1350.000	0.000 60.000 1312.500	0.000	48.200	48.442	-0.242 -0.499
18	-8.000 1350.000	0.000 72.000 1305.000	0.000	53.400	53.072	0.328 0.618
20	-8.000 1350.000	0.000 80.000 1300.000	0.000	56.600	56.773	-0.173 -0.306
22	-8.000 1350.000	0.000 88.000 1294.000	0.000	59.000	59.284	-0.284 -0.479
24	0.000 1350.000	0.000 4.000 1347.500	0.000	5.800	8.293	-2.493 -30.062
26	0.000 1350.000	0.000 12.000 1342.500	0.000	17.400	18.934	-1.534 -8.101
28	0.000 1350.000	0.000 20.000 1337.500	0.000	25.200	25.467	-0.267 -1.050
30	0.000 1350.000	0.000 28.000 1332.500	0.000	27.600	28.153	-0.553 -1.964
32	0.000 1350.000	0.000 36.000 1327.500	0.000	31.600	31.608	-0.008 -0.027
34	0.000 1350.000	0.000 44.000 1322.500	0.000	41.800	41.880	-0.580 -1.384
36	0.000 1350.000	0.000 52.000 1317.500	0.000	47.100	47.193	-0.093 -0.197
38	0.000 1350.000	0.000 64.000 1310.000	0.000	49.600	49.954	-0.354 -0.708
40	0.000 1350.000	0.000 72.000 1305.000	0.000	53.200	53.429	-0.229 -0.429
42	22.000 1336.000	0.000 4.000 1347.500	0.000	32.000	29.883	2.117 7.086
44	22.000 1336.000	0.000 12.000 1342.500	0.000	14.800	16.761	-1.961 -11.700
46	22.000 1336.000	0.000 20.000 1337.500	0.000	6.200	5.939	0.261 4.391
48	22.000 1336.000	0.000 28.000 1332.500	0.000	10.000	10.037	-0.037 -0.367
50	22.000 1336.000	0.000 36.000 1327.500	0.000	19.600	20.285	-0.685 -3.378
52	22.000 1336.000	0.000 44.000 1322.500	0.000	34.200	31.830	2.370 7.445
54	22.000 1336.000	0.000 52.000 1317.500	0.000	41.800	41.880	-0.580 -1.384
56	46.000 1321.000	0.000 4.000 1347.500	0.000	46.300	44.045	2.255 0.554
58	46.000 1321.000	0.000 12.000 1342.500	0.000	47.800	46.410	1.390 2.996
60	46.000 1321.000	0.000 20.000 1337.500	0.000	35.800	36.092	-0.292 -0.809
62	46.000 1321.000	0.000 28.000 1332.500	0.000	25.600	26.274	-0.674 -2.564
64	46.000 1321.000	0.000 36.000 1327.500	0.000	14.800	15.738	-0.938 -5.962
66	46.000 1321.000	0.000 44.000 1322.500	0.000	2.000	5.041	-3.041 -60.324
68	46.000 1321.000	0.000 52.000 1317.500	0.000	11.600	11.343	0.257 2.269
70	46.000 1321.000	0.000 60.000 1312.500	0.000	22.600	23.012	-0.412 -1.790
72	46.000 1321.000	0.000 68.000 1307.500	0.000	36.000	34.500	1.500 4.349
74	46.000 1321.000	0.000 76.000 1302.500	0.000	44.800	43.283	1.517 3.505
76	46.000 1321.000	0.000 84.000 1297.000	0.000	52.400	52.470	-0.070 -0.134
78	70.000 1306.500	0.000 16.000 1340.000	0.000	57.800	57.157	0.643 1.125
80	70.000 1306.500	0.000 24.000 1335.000	0.000	53.200	52.983	0.217 0.410
82	70.000 1306.500	0.000 32.000 1330.000	0.000	47.000	47.173	-0.173 -0.366
84	70.000 1306.500	0.000 40.000 1325.000	0.000	39.800	39.691	0.109 0.275
86	70.000 1306.500	0.000 48.000 1320.000	0.000	31.400	32.590	-1.190 -3.651
88	70.000 1306.500	0.000 56.000 1315.000	0.000	20.200	21.175	-0.975 -4.606
90	70.000 1306.500	0.000 64.000 1310.000	0.000	8.800	9.688	-0.888 -9.170
92	70.000 1306.500	0.000 72.000 1305.000	0.000	3.200	4.636	-1.436 -30.971
94	70.000 1306.500	0.000 80.000 1300.000	0.000	14.000	15.603	-1.603 -10.272
96	70.000 1306.500	0.000 88.000 1294.000	0.000	23.000	22.838	0.162 0.709
98	92.000 1291.000	0.000 4.000 1347.500	0.000	65.400	64.966	0.434 0.669
100	92.000 1291.000	0.000 12.000 1342.500	0.000	67.200	67.723	-0.523 -0.773
102	92.000 1291.000	0.000 20.000 1337.500	0.000	63.200	63.392	-0.192 -0.303
104	92.000 1291.000	0.000 28.000 1332.500	0.000	60.400	62.971	-2.571 -4.083
106	92.000 1291.000	0.000 36.000 1327.500	0.000	58.800	61.023	-2.223 -3.643
108	92.000 1291.000	0.000 44.000 1322.500	0.000	57.200	57.611	-0.411 -0.713
110	92.000 1291.000	0.000 52.000 1317.500	0.000	50.400	50.639	-0.239 -0.473
112	92.000 1291.000	0.000 60.000 1312.500	0.000	40.200	39.985	0.215 0.539
114	92.000 1291.000	0.000 68.000 1307.500	0.000	30.000	28.001	1.999 7.138
116	92.000 1291.000	0.000 76.000 1302.500	0.000	21.400	18.977	2.423 12.769
118	92.000 1291.000	0.000 84.000 1297.000	0.000	10.400	9.072	1.328 14.637
120	92.000 1291.000	0.000 90.000 1292.500	0.000	6.000	3.403	2.597 76.319
122	100.000 1291.000	0.000 16.000 1340.000	0.000	78.400	76.282	2.118 2.776
124	100.000 1291.000	0.000 32.000 1330.000	0.000	74.600	71.904	2.696 3.749
126	100.000 1291.000	0.000 40.000 1325.000	0.000	71.000	69.096	1.904 2.756

LEGENDA

Dromocrone misurate
 Dromocrone calcolate

Strumento: EEG - BR24
 Geofoni: Mark Products 12Hz
 Energizzazione: Fucile sismico
 Elaborazione: GRM + inversione tomografica 2D

Scala orizzontale = 1:800 Scala verticale = 1:800

INDAGINE GEOFISICA

Indagine sismica a rifrazione

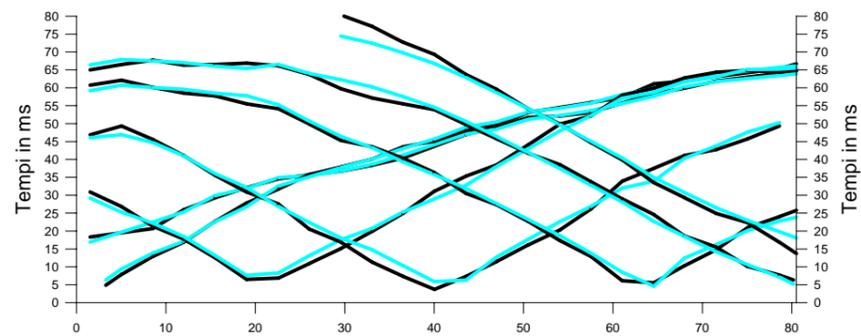
Comune di Bardonecchia

Imbocco galleria Frejus

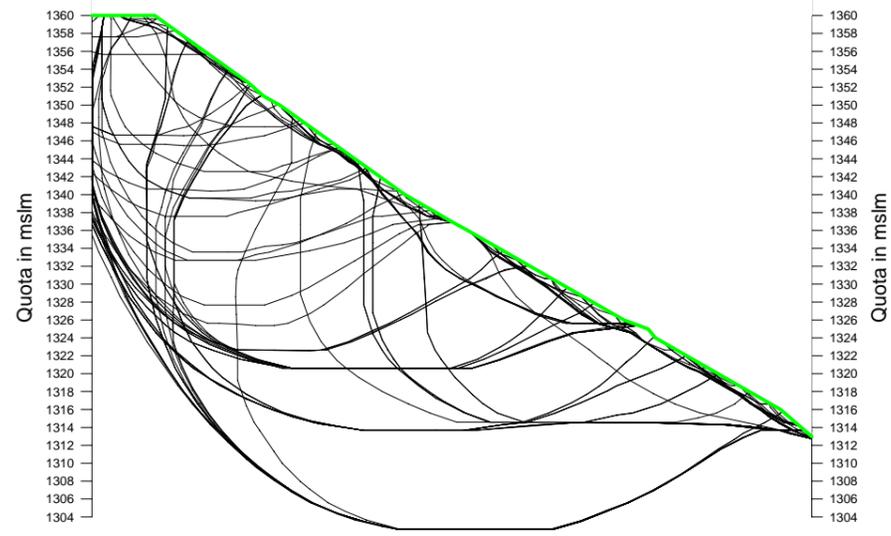
Sezione sismica n. 1

Settembre 2006

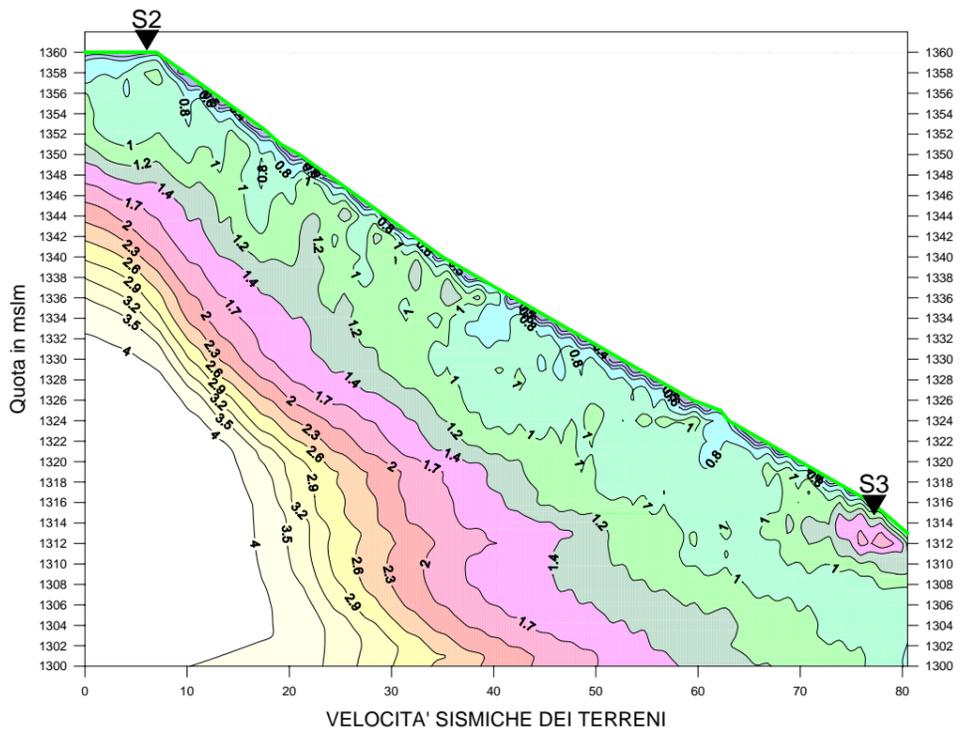




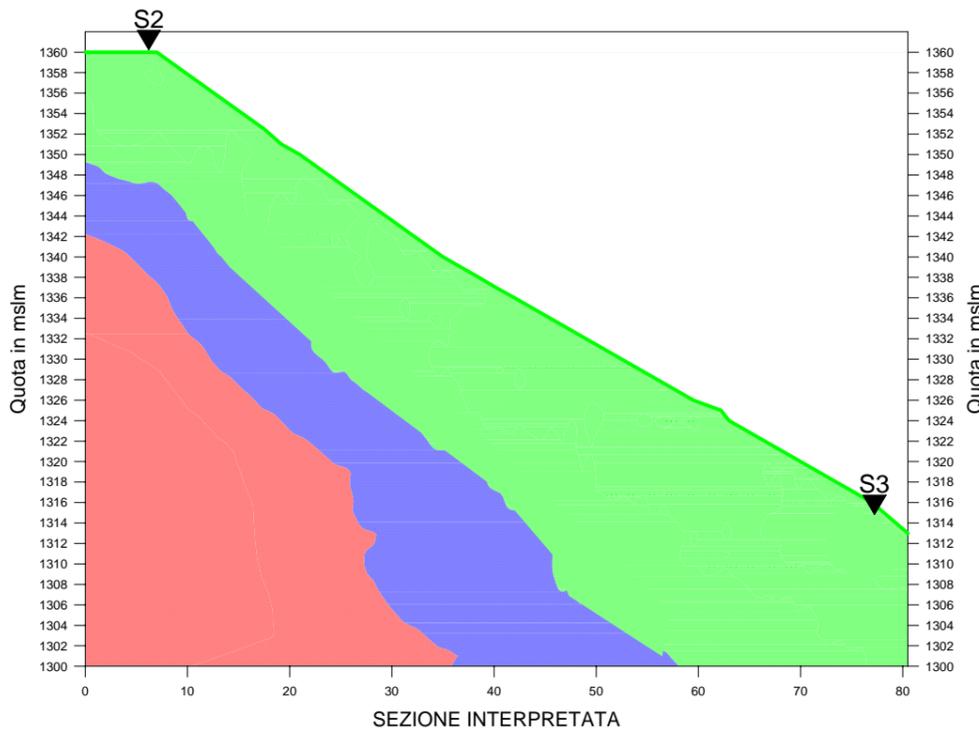
SOVRAPPOSIZIONE FRA LE DROMOCRONE MISURATE E CALCOLATE



PERCORSO DEI RAGGI SISMICI



VELOCITA' SISMICHE DEI TERRENI



SEZIONE INTERPRETATA

- Terreno di riporto e/o copertura
- Deposito alluvionale e/o copertura detritica
- Substrato (?)
- Ubicazione sondaggi meccanici

File with raypaths: b.ray
RMS residual: 1.495566

#	Source	Receiver	T obs.:	T cal:	T - T0	Resid.:
2	-7.000 1360.000	0.000 7.000 1360.000	0.000 18.400	20.216	-1.816	-8.985
4	-7.000 1360.000	0.000 14.000 1355.000	0.000 27.000	27.582	-0.582	-2.110
6	-7.000 1360.000	0.000 21.000 1350.000	0.000 32.300	32.615	-0.315	-0.966
8	-7.000 1360.000	0.000 28.000 1345.000	0.000 34.400	34.461	-0.061	-0.178
10	-7.000 1360.000	0.000 35.000 1340.000	0.000 38.100	38.950	-0.850	-2.182
12	-7.000 1360.000	0.000 45.500 1334.000	0.000 46.700	46.124	0.576	1.249
14	-7.000 1360.000	0.000 52.500 1330.000	0.000 49.800	49.945	0.145	-0.291
16	-7.000 1360.000	0.000 63.000 1324.000	0.000 56.100	55.337	0.763	1.378
18	-7.000 1360.000	0.000 70.000 1320.000	0.000 59.600	59.405	0.195	0.328
20	0.000 1360.000	0.000 1.700 1360.000	0.000 2.600	4.033	-1.433	-35.523
22	0.000 1360.000	0.000 7.000 1360.000	0.000 10.600	11.543	-0.943	-8.170
24	0.000 1360.000	0.000 14.000 1355.000	0.000 20.400	20.352	0.048	0.238
26	0.000 1360.000	0.000 21.000 1350.000	0.000 29.400	30.246	-0.846	-2.796
28	0.000 1360.000	0.000 28.000 1345.000	0.000 35.600	35.429	0.171	0.482
30	0.000 1360.000	0.000 35.000 1340.000	0.000 41.200	40.761	0.439	1.078
32	0.000 1360.000	0.000 42.000 1336.000	0.000 45.800	46.740	-0.940	-2.010
34	0.000 1360.000	0.000 49.000 1332.000	0.000 50.800	50.945	-0.145	-0.285
36	0.000 1360.000	0.000 56.000 1328.000	0.000 53.600	53.423	0.177	0.330
38	0.000 1360.000	0.000 63.000 1324.000	0.000 58.800	57.442	1.358	2.364
40	0.000 1360.000	0.000 70.000 1320.000	0.000 60.800	61.505	-0.705	-1.147
42	0.000 1360.000	0.000 80.500 1313.000	0.000 65.400	64.077	1.323	2.065
44	19.200 1351.000	0.000 3.500 1360.000	0.000 24.500	23.000	1.500	6.523
46	19.200 1351.000	0.000 10.500 1357.500	0.000 15.400	16.135	-0.735	-4.556
48	19.200 1351.000	0.000 17.500 1352.500	0.000 4.200	5.325	-1.125	-21.123
50	19.200 1351.000	0.000 24.500 1347.500	0.000 8.600	10.825	-2.225	-20.557
52	19.200 1351.000	0.000 31.500 1342.500	0.000 17.600	18.476	-0.876	-4.741
54	19.200 1351.000	0.000 38.500 1338.000	0.000 28.800	26.650	2.150	8.069
56	19.200 1351.000	0.000 45.500 1334.000	0.000 36.200	35.799	0.401	1.121
58	19.200 1351.000	0.000 52.500 1330.000	0.000 47.600	45.680	1.920	4.203
60	19.200 1351.000	0.000 59.500 1326.000	0.000 55.600	54.783	0.817	1.491
62	19.200 1351.000	0.000 66.500 1322.000	0.000 60.400	59.385	1.015	1.710
64	19.200 1351.000	0.000 73.500 1318.000	0.000 62.600	62.812	-0.212	-0.338
66	19.200 1351.000	0.000 80.500 1313.000	0.000 63.400	63.536	-0.136	-0.215
68	40.200 1337.000	0.000 3.500 1360.000	0.000 47.000	44.633	2.367	5.303
70	40.200 1337.000	0.000 10.500 1357.500	0.000 38.800	38.694	0.106	0.273
72	40.200 1337.000	0.000 17.500 1352.500	0.000 28.600	29.842	-1.242	-4.160
74	40.200 1337.000	0.000 24.500 1347.500	0.000 18.200	20.047	-1.847	-9.212
76	40.200 1337.000	0.000 31.500 1342.500	0.000 9.000	12.414	-3.414	-27.501
78	40.200 1337.000	0.000 38.500 1338.000	0.000 1.400	3.575	-2.175	-60.834
80	40.200 1337.000	0.000 45.500 1334.000	0.000 9.200	10.469	-1.269	-12.125
82	40.200 1337.000	0.000 52.500 1330.000	0.000 18.000	20.351	-2.351	-11.553
84	40.200 1337.000	0.000 59.500 1326.000	0.000 31.600	29.696	1.904	6.410
86	40.200 1337.000	0.000 66.500 1322.000	0.000 38.800	38.012	0.788	2.073
88	40.200 1337.000	0.000 73.500 1318.000	0.000 43.400	45.307	-1.907	-4.210
90	62.200 1325.000	0.000 0.000 1360.000	0.000 58.400	56.906	1.494	2.626
92	62.200 1325.000	0.000 7.000 1360.000	0.000 57.800	57.762	0.038	0.065
94	62.200 1325.000	0.000 14.000 1355.000	0.000 55.400	56.199	-0.799	-1.422
96	62.200 1325.000	0.000 21.000 1350.000	0.000 51.800	52.913	-1.113	-2.104
98	62.200 1325.000	0.000 28.000 1345.000	0.000 43.000	44.091	-1.091	-2.474
100	62.200 1325.000	0.000 35.000 1340.000	0.000 38.000	37.044	0.956	2.580
102	62.200 1325.000	0.000 42.000 1336.000	0.000 28.200	29.561	-1.361	-4.604
104	62.200 1325.000	0.000 49.000 1332.000	0.000 20.400	20.882	-0.482	-2.307
106	62.200 1325.000	0.000 56.000 1328.000	0.000 10.600	11.535	-0.935	-8.110
108	62.200 1325.000	0.000 63.000 1324.000	0.000 3.200	2.311	0.889	38.446
110	62.200 1325.000	0.000 70.000 1320.000	0.000 12.400	13.891	-1.491	-10.730
112	62.200 1325.000	0.000 77.000 1316.000	0.000 21.700	20.503	1.197	5.638
114	80.500 1313.000	0.000 0.000 1360.000	0.000 62.700	64.067	-1.367	-2.134
116	80.500 1313.000	0.000 7.000 1360.000	0.000 65.400	65.217	0.183	0.280
118	80.500 1313.000	0.000 14.000 1355.000	0.000 64.200	63.757	0.443	0.695
120	80.500 1313.000	0.000 21.000 1350.000	0.000 63.800	64.175	-0.375	-0.584
122	80.500 1313.000	0.000 28.000 1345.000	0.000 57.400	59.940	-2.540	-4.237
124	80.500 1313.000	0.000 35.000 1340.000	0.000 53.200	55.240	-2.040	-3.693
126	80.500 1313.000	0.000 42.000 1336.000	0.000 47.400	48.317	-0.917	-1.898
128	80.500 1313.000	0.000 49.000 1332.000	0.000 39.400	39.614	-0.214	-0.541

LEGENDA

Dromocrone misurate
 Dromocrone calcolate

Strumento: EEG - BR24
 Geofoni: Mark Products 12Hz
 Energizzazione: Fucile sismico
 Elaborazione: GRM + inversione tomografica 2D

Scala orizzontale = 1:800 Scala verticale = 1:800

INDAGINE GEOFISICA

Indagine sismica a rifrazione

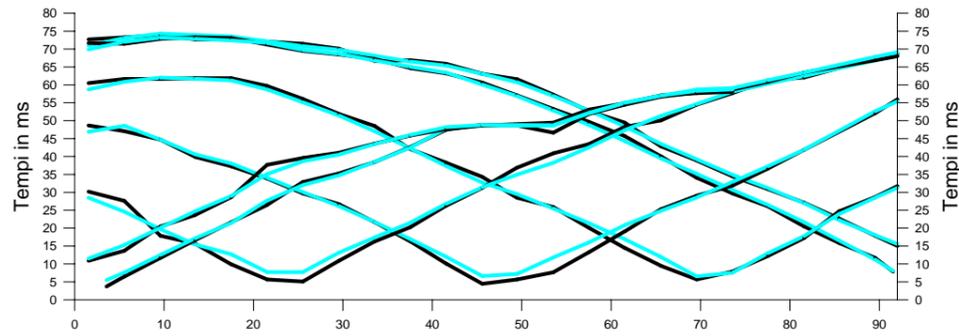
Comune di Bardonecchia

Imbocco galleria Frejus

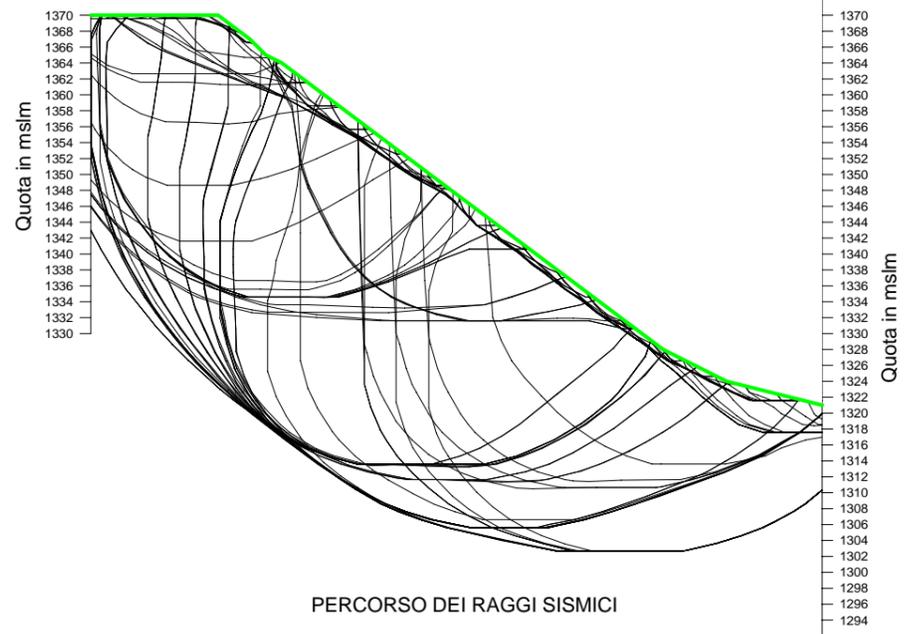
Sezione sismica n. 2

Settembre 2006

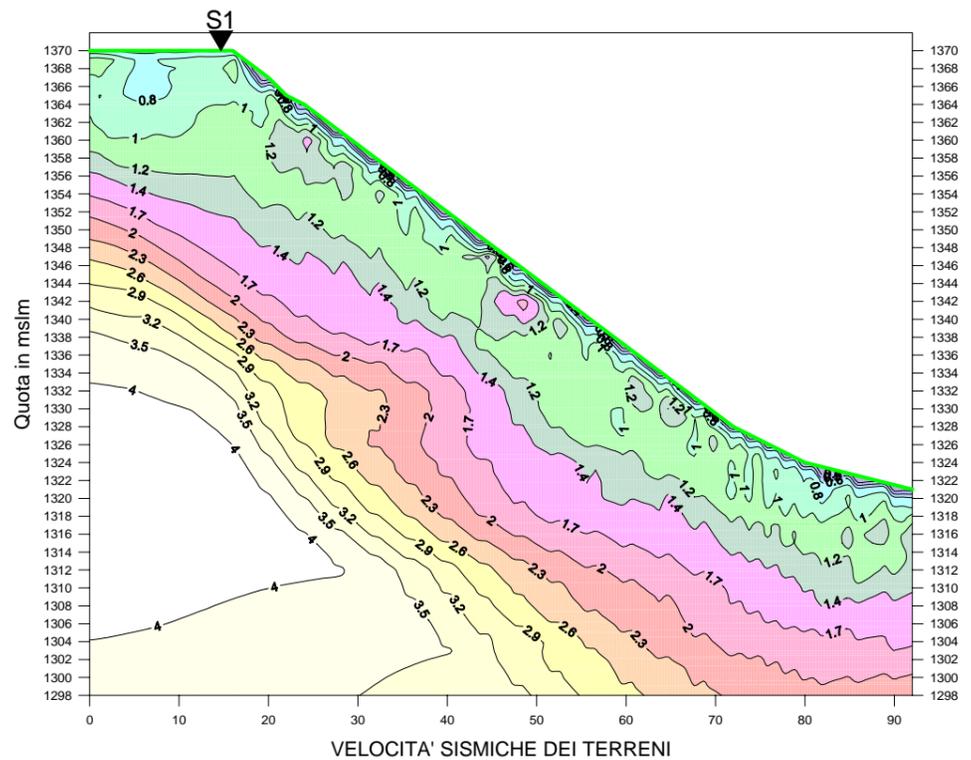




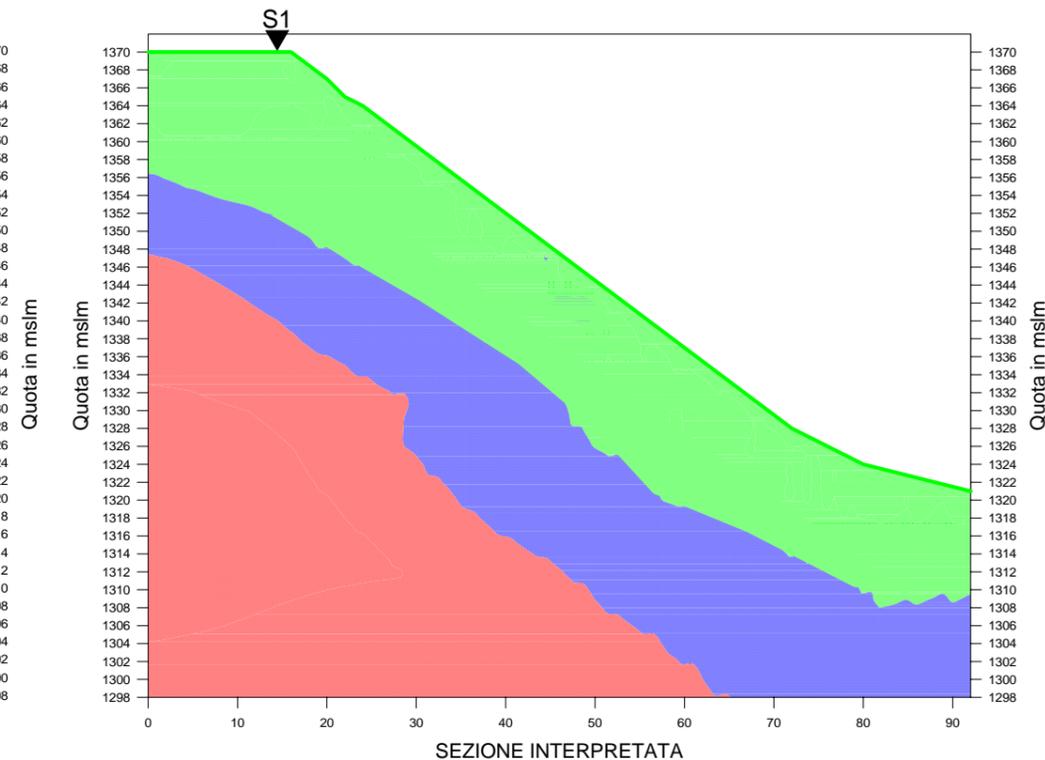
SOVRAPPOSIZIONE FRA LE DROMOCRONE MISURATE E CALCOLATE



PERCORSO DEI RAGGI SISMICI



VELOCITA' SISMICHE DEI TERRENI



SEZIONE INTERPRETATA

- Terreno di riporto e/o copertura
- Deposito alluvionale e/o copertura detritica
- Substrato (?)
- Ubicazione sondaggi meccanici

File with raypaths: b.ray
RMS residual: 1.102374

##	Source	Receiver	T obs.:	T cal:	T - T0	Resid.:		
2	100.000	1320.000	0.000	4.000	1370.000	0.000	71.000	70.832 0.168 0.238
4	100.000	1320.000	0.000	12.000	1370.000	0.000	70.400	71.675 -1.275 -1.779
6	100.000	1320.000	0.000	24.000	1364.000	0.000	69.200	68.520 0.680 0.993
8	100.000	1320.000	0.000	32.000	1358.000	0.000	64.400	65.823 -1.423 -2.162
10	100.000	1320.000	0.000	40.000	1352.000	0.000	63.600	63.074 0.526 0.835
12	100.000	1320.000	0.000	48.000	1346.000	0.000	59.300	58.457 0.843 1.443
14	100.000	1320.000	0.000	56.000	1340.000	0.000	50.400	50.536 -0.136 -0.269
16	100.000	1320.000	0.000	64.000	1334.000	0.000	40.600	41.215 -0.615 -1.492
18	100.000	1320.000	0.000	72.000	1328.000	0.000	32.200	32.627 -0.427 -1.310
20	100.000	1320.000	0.000	80.000	1324.000	0.000	24.800	24.647 0.153 0.619
22	100.000	1320.000	0.000	88.000	1322.000	0.000	15.600	15.756 -0.156 -0.992
24	92.000	1321.000	0.000	0.000	1370.000	0.000	69.400	67.574 1.826 2.702
26	92.000	1321.000	0.000	8.000	1370.000	0.000	70.600	70.911 -0.311 -0.439
28	92.000	1321.000	0.000	16.000	1370.000	0.000	70.800	70.122 0.678 0.967
30	92.000	1321.000	0.000	24.000	1364.000	0.000	67.200	67.421 -0.221 -0.328
32	92.000	1321.000	0.000	32.000	1358.000	0.000	64.800	64.517 0.283 0.594
34	92.000	1321.000	0.000	40.000	1352.000	0.000	60.900	61.096 -0.196 -0.321
36	92.000	1321.000	0.000	48.000	1346.000	0.000	54.800	54.549 0.251 0.459
38	92.000	1321.000	0.000	56.000	1340.000	0.000	47.400	46.507 0.893 1.920
40	92.000	1321.000	0.000	64.000	1334.000	0.000	37.800	37.174 0.626 1.685
42	92.000	1321.000	0.000	72.000	1328.000	0.000	27.400	28.373 -0.973 -3.429
44	92.000	1321.000	0.000	80.000	1324.000	0.000	18.200	19.326 -1.126 -5.825
46	92.000	1321.000	0.000	88.000	1322.000	0.000	9.400	8.922 0.478 5.358
48	70.000	1329.500	0.000	0.000	1370.000	0.000	58.200	56.429 1.771 3.139
50	70.000	1329.500	0.000	8.000	1370.000	0.000	59.400	59.744 -0.344 -0.576
52	70.000	1329.500	0.000	16.000	1370.000	0.000	59.600	58.945 0.655 1.111
54	70.000	1329.500	0.000	24.000	1364.000	0.000	53.800	52.885 0.915 1.730
56	70.000	1329.500	0.000	32.000	1358.000	0.000	46.200	44.725 1.475 3.297
58	70.000	1329.500	0.000	40.000	1352.000	0.000	36.000	35.072 0.928 2.647
60	70.000	1329.500	0.000	48.000	1346.000	0.000	26.200	27.167 -0.967 -3.559
62	70.000	1329.500	0.000	56.000	1340.000	0.000	17.800	19.119 -1.319 -6.897
64	70.000	1329.500	0.000	64.000	1334.000	0.000	7.200	9.657 -2.457 -25.445
66	70.000	1329.500	0.000	72.000	1328.000	0.000	5.600	5.246 0.354 6.739
68	70.000	1329.500	0.000	80.000	1324.000	0.000	15.000	15.535 -0.535 -3.444
70	70.000	1329.500	0.000	88.000	1322.000	0.000	26.400	26.227 0.173 0.660
72	46.000	1347.500	0.000	0.000	1370.000	0.000	46.400	44.613 1.787 4.005
74	46.000	1347.500	0.000	8.000	1370.000	0.000	42.400	42.396 0.004 0.011
76	46.000	1347.500	0.000	16.000	1370.000	0.000	35.000	35.746 -0.746 -2.086
78	46.000	1347.500	0.000	24.000	1364.000	0.000	27.400	27.778 -0.378 -1.361
80	46.000	1347.500	0.000	32.000	1358.000	0.000	19.400	19.441 -0.041 -0.213
82	46.000	1347.500	0.000	40.000	1352.000	0.000	7.800	9.706 -1.906 -19.635
84	46.000	1347.500	0.000	48.000	1346.000	0.000	3.400	4.912 -1.512 -30.786
86	46.000	1347.500	0.000	56.000	1340.000	0.000	11.000	13.744 -2.744 -19.965
88	46.000	1347.500	0.000	64.000	1334.000	0.000	23.000	22.544 0.456 2.024
90	46.000	1347.500	0.000	72.000	1328.000	0.000	29.600	30.623 -1.023 -3.342
92	46.000	1347.500	0.000	80.000	1324.000	0.000	39.600	39.664 -0.064 -0.162
94	46.000	1347.500	0.000	92.000	1321.000	0.000	56.000	54.791 1.209 2.206
96	22.000	1365.000	0.000	4.000	1370.000	0.000	25.300	22.320 2.980 13.350
98	22.000	1365.000	0.000	12.000	1370.000	0.000	13.400	13.132 0.268 2.038
100	22.000	1365.000	0.000	20.000	1367.000	0.000	3.400	5.427 -2.027 -37.352
102	22.000	1365.000	0.000	28.000	1361.000	0.000	8.600	10.847 -2.247 -20.719
104	22.000	1365.000	0.000	36.000	1355.000	0.000	18.000	19.243 -1.243 -6.461
106	22.000	1365.000	0.000	44.000	1349.000	0.000	29.000	29.144 -0.144 -0.493
108	22.000	1365.000	0.000	52.000	1343.000	0.000	38.600	35.987 2.613 7.262
110	22.000	1365.000	0.000	60.000	1337.000	0.000	46.000	45.055 0.945 2.098
112	22.000	1365.000	0.000	68.000	1331.000	0.000	52.200	52.352 -0.152 -0.291
114	22.000	1365.000	0.000	76.000	1326.000	0.000	59.000	58.027 0.973 1.678
116	22.000	1365.000	0.000	88.000	1322.000	0.000	65.200	64.561 0.639 0.990
118	0.000	1370.000	0.000	2.000	1370.000	0.000	1.400	3.227 -1.827 -56.613
120	0.000	1370.000	0.000	8.000	1370.000	0.000	9.400	10.229 -0.829 -8.101
122	0.000	1370.000	0.000	16.000	1370.000	0.000	19.400	19.182 0.218 1.136
124	0.000	1370.000	0.000	24.000	1364.000	0.000	30.600	29.742 0.858 2.884
126	0.000	1370.000	0.000	32.000	1358.000	0.000	36.200	36.236 -0.036 -0.100
128	0.000	1370.000	0.000	40.000	1352.000	0.000	45.200	45.493 -0.293 -0.644

LEGENDA

Dromocrone misurate
 Dromocrone calcolate

Strumento: EEG - BR24
 Geofoni: Mark Products 12Hz
 Energizzazione: Fucile sismico
 Elaborazione: GRM + inversione tomografica 2D

Scala orizzontale = 1:800 Scala verticale = 1:800

INDAGINE GEOFISICA

Indagine sismica a rifrazione

Comune di Bardonecchia

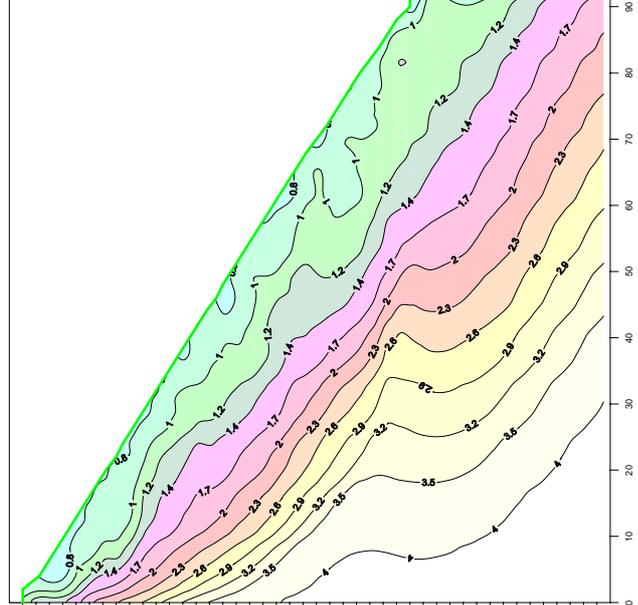
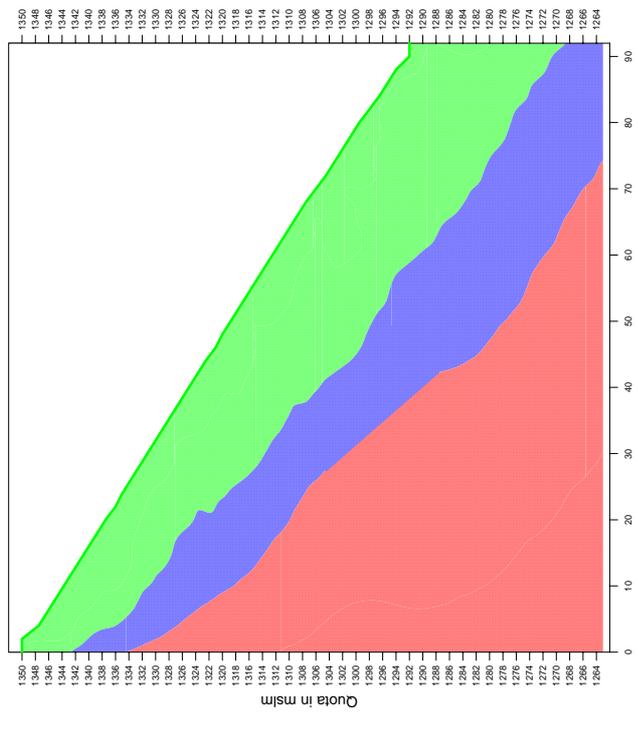
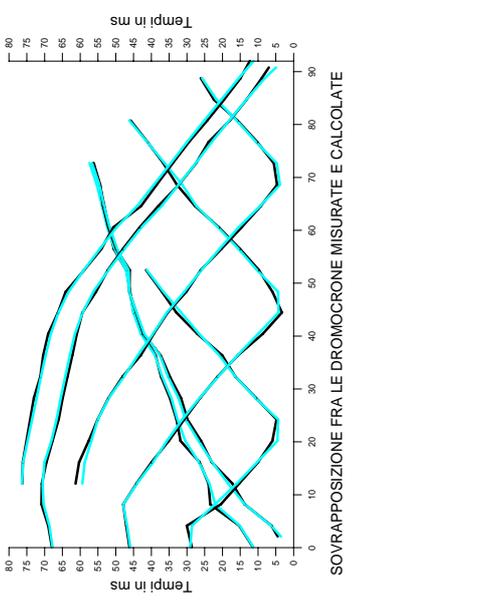
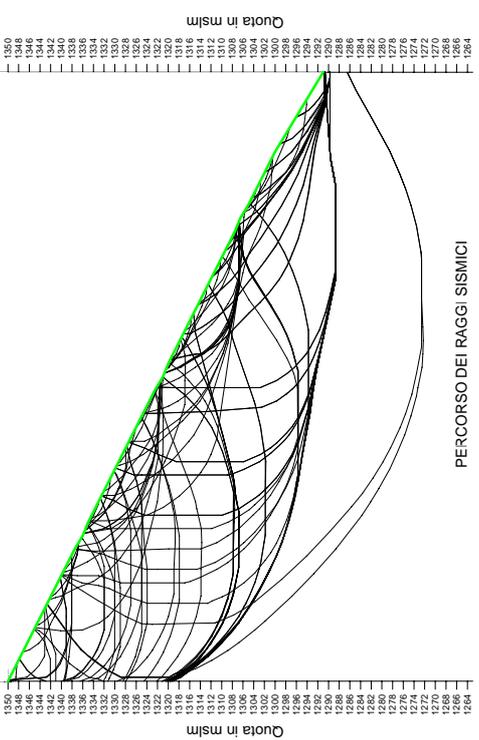
Imbocco galleria Frejus

Sezione sismica n. 3

Settembre 2006

File with magnetic bay
RMS residual: 0.977862

#	Stazione	Quota	Tempo	T. calc.	T. Teor.	Resid.
1	46.000	1321.000	0.000	1347.500	0.000	14.500
2	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
3	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
4	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
5	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
6	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
7	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
8	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
9	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
10	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
11	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
12	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
13	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
14	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
15	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
16	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
17	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
18	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
19	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
20	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
21	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
22	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
23	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
24	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
25	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
26	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
27	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
28	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
29	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
30	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
31	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
32	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
33	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
34	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
35	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
36	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
37	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
38	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
39	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
40	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
41	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
42	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
43	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
44	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
45	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
46	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
47	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
48	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
49	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500
50	46.000	1321.000	0.000	1342.500	0.000	4.500



LEGENDA

Dromocrone misurate
 Dromocrone calcolate

Strumento: EEG - BR24
 Geofoni: Mark Products 12Hz
 Energezzazione: Fucile sismico
 Elaborazione: GRM + inversione tomografica 2D

Scala orizzontale = 1:800 Scala verticale = 1:800

INDAGINE GEOFISICA

Indagine sismica a rifrazione

Comune di Bardonecchia

Imbocco galleria Frejus

Sezione sismica n. 4

Settembre 2006