

REGIONE PIEMONTE  
PROVINCIA DI CUNEO  
COMUNE DI LIMONE PIEMONTE

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ED ECONOMICA

LAVORI DI:  
POTENZIAMENTO ED AMMODERNAMENTO  
IMPIANTI D'INNEVAMENTO DELLA STAZIONE  
SCIISTICA DI LIMONE PIEMONTE  
- ZONA LIMONE -

OGGETTO:

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

ALLEGATO:

6

COMMITTENTE:



COMUNE DI LIMONE PIEMONTE

Via Roma, 32 - 12015 - LIMONE PIEMONTE (CN)

Partita IVA 00461550048 - Codice Fiscale 80003770049

PEC: comune.limonepiemonte.cn@legalmail.it

PROT.:

DATA :

GIUGNO 2024



Ferrari, Giraudo e Associati s.r.l.  
Società Tra Professionisti

Corso Nizza, n° 67a - 12100 - CUNEO

Tel. 0171/480247

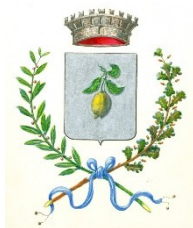
e-mail: franco@ferrariegiraudo.com

PROGETTISTA :

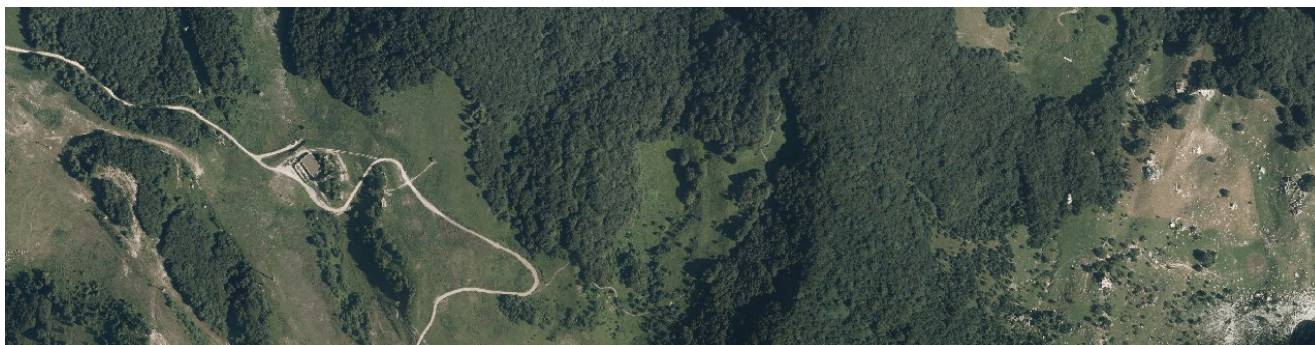
Dott. Ing. Franco Giraudo

AGGIORNAMENTO :

VISTI :



Comune di Limone Piemonte



Comune di Limone Piemonte  
Via Roma, 32  
12015 Limone Piemonte

**LAVORI DI POTENZIAMENTO E AMMODERNAMENTO  
IMPIANTI DI INNEVAMENTO  
DELLA STAZIONE SCIISTICA DI LIMONE PIEMONTE**

**INDAGINI SISMICHE**

Maggio 2024



**Studio Geologico**

**Dott. Geol. Piero Adamo**

Via Serafino Arnaud 6 - 12100 Cuneo

+39 333 85 71 311

geologo.adamo@gmail.com

piero.adamo@pec.geologipiemonte.it

## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	2
2	UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE .....	4
3	STRUMENTAZIONE ED ELABORAZIONE.....	6
3.1	Strumentazione utilizzata .....	6
3.2	Risultati ottenuti .....	7
4	CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI .....	10
5	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	11

## TAVOLE

Tavola 1 – Ubicazione area di indagine su base Google Satellite in scala 1:1.000

Tavola 2 – Sezione geofisica SR01 (A1-A2)

Tavola 3 – Sezione geofisica SR02 (B1-B2)

Tavola 4 – Sezione geofisica SR03 (C1-C2)

## **1      PREMESSA**

Su incarico del Comune di Limone Piemonte (Det. 327 del 12/10/2022; CIG: Z073823B4D) e su progetto dello Studio di Ingegneria Ferrari e Giraudò, sono state eseguite n.3 indagini geofisiche sismiche nell'area in cui è prevista la realizzazione di un nuovo bacino artificiale per innevamento artificiale, in Località "Lago Secco". Il progetto, finanziato dalla Regione Piemonte, è denominato "*Lavori di potenziamento e ammodernamento impianti di innevamento della stazione sciistica di Limone Piemonte*".

La finalità dell'indagine è la caratterizzazione stratigrafica per la verifica della profondità del substrato roccioso e della scavabilità dei materiali. Tali dati consentiranno di progettare gli interventi, ovvero di verificare la fattibilità degli stessi e l'utilizzo delle tecniche di escavazione più opportune.

Le indagini geofisiche (non invasive) consentono di eseguire analisi in aree di vaste dimensioni e di localizzare le zone in cui i parametri fisici misurati corrispondono ad un litotipo o ad un deposito di interesse, discriminandolo da quelli circostanti.

Per le caratteristiche del sito e per l'obiettivo di indagine, si è utilizzata la metodologia sismica a rifrazione, al fine di valutare l'assetto stratigrafico tramite la velocità delle onde di compressione ( $V_p$ ) che permettono la realizzazione di un'immagine tomografica del sottosuolo.

I risultati ottenuti sono riportati e commentati nelle pagine e nelle tavole seguenti.

## 2 CENNI SUL PROGETTO

L'opera in fase di progettazione definitiva prevede la realizzazione di un nuovo bacino per l'innevamento artificiale (Figura 1). Il progetto prevede la realizzazione di sponde in rilevato verso valle e l'approfondimento, tramite scavo, della porzione centrale del bacino (Figura 2).

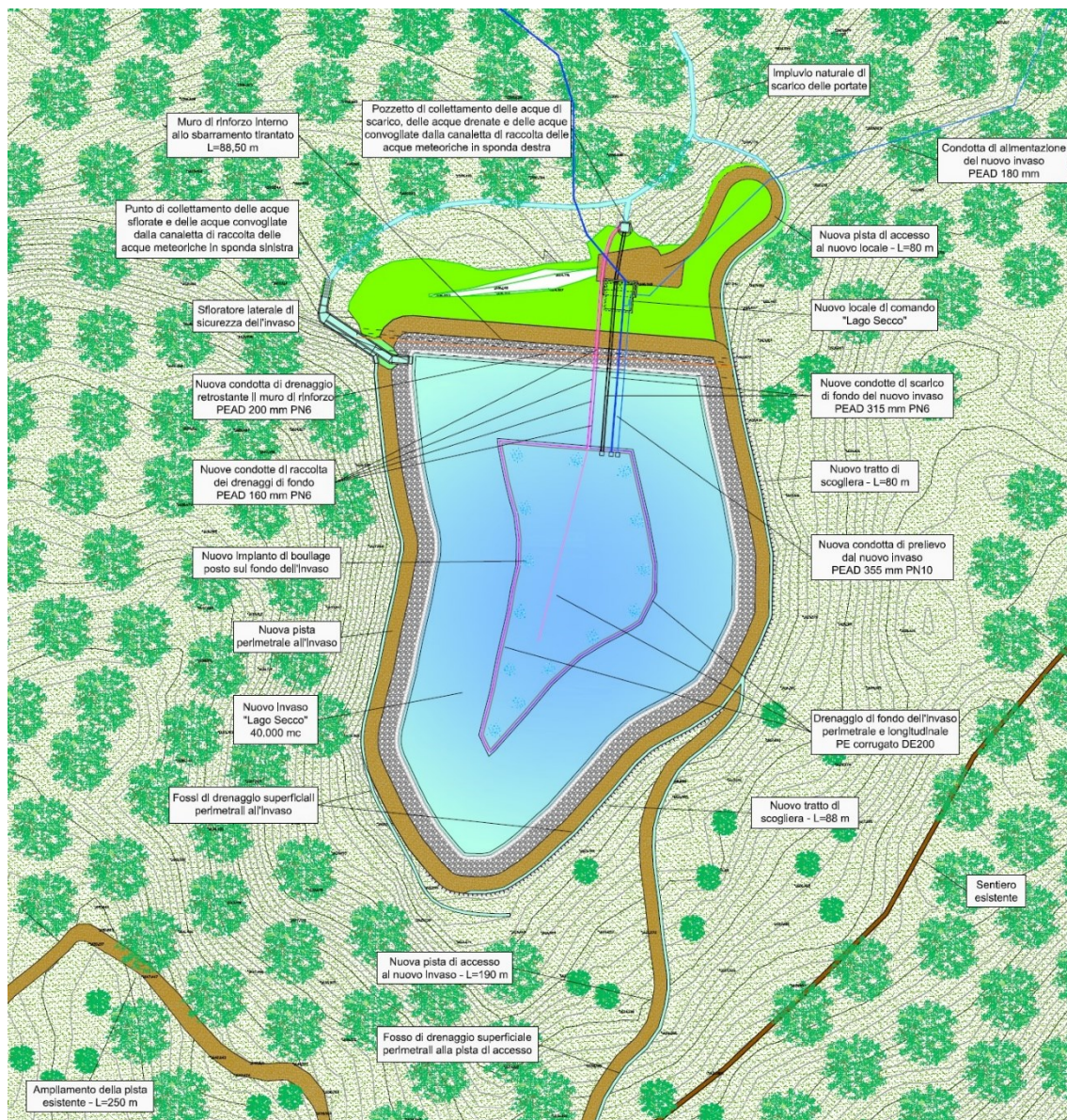


Figura 1 – Planimetria opera in progetto.

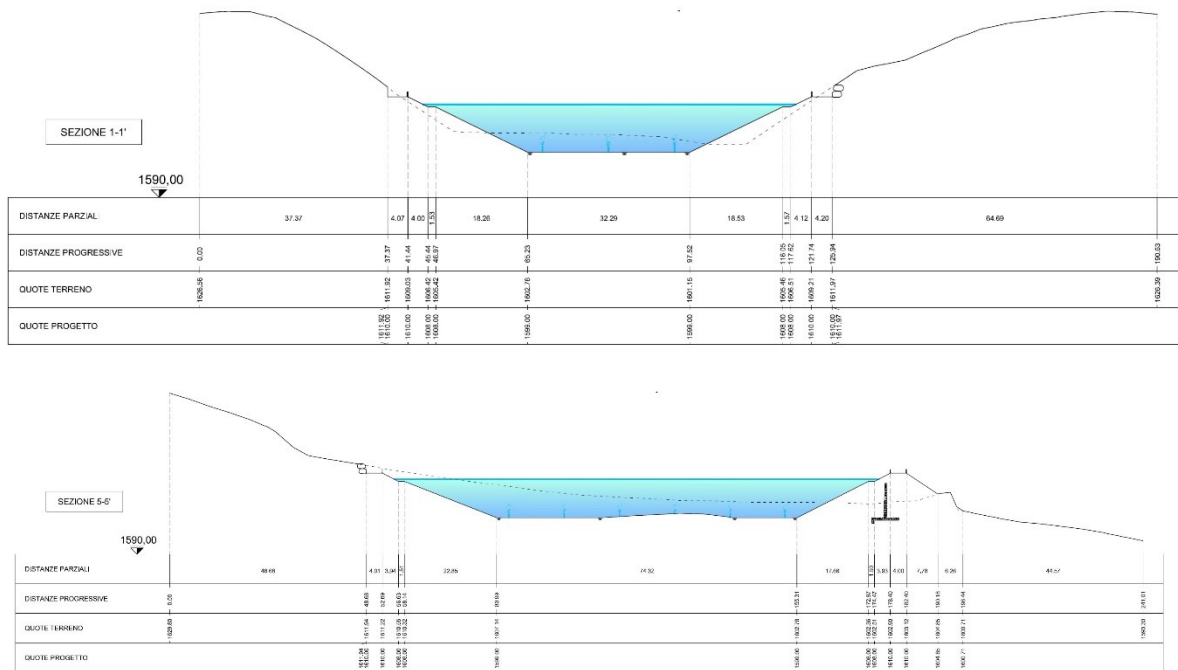


Figura 2 - Sezioni di scavo e riporto da Figura 1.

### 3 UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE

Sono state eseguite n.3 indagini sismiche a rifrazione disposte come in Figura 3 la cui posizione è stata scelta sulla base dell'impronta del progetto, delle condizioni topografiche e operative locali per indagare il settore sia longitudinalmente sia parallelamente all'andamento del bacino.

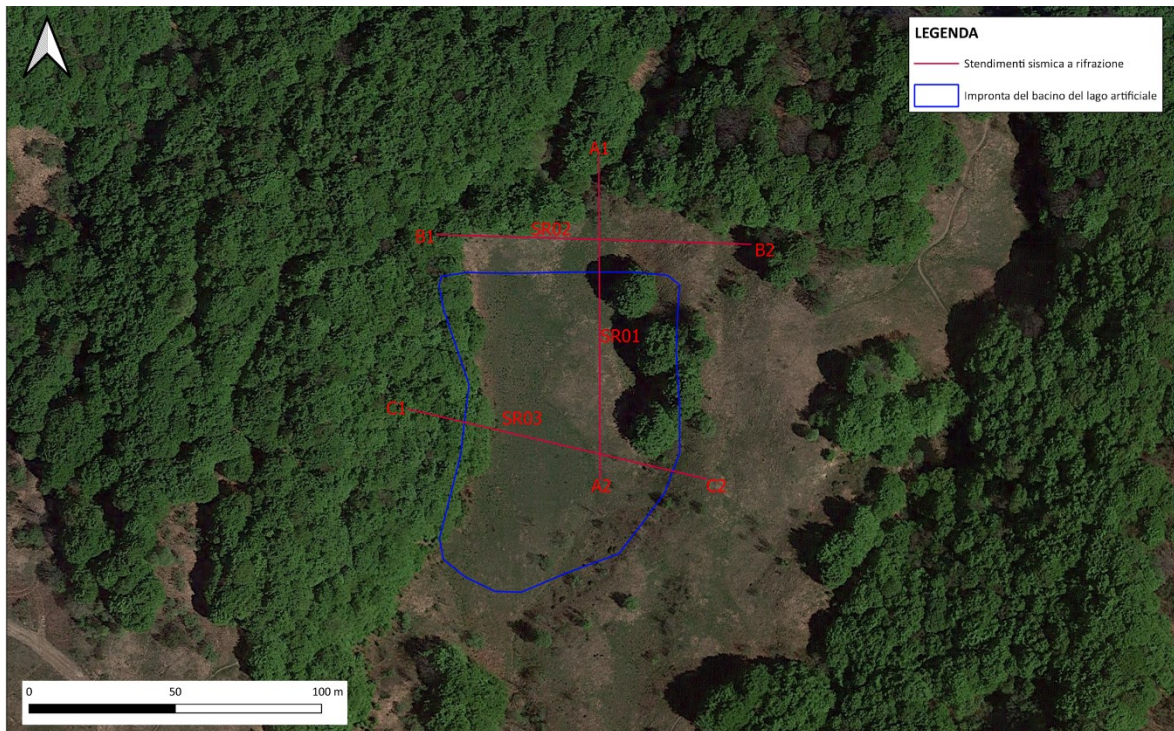


Figura 3 - Ubicazione indagini su base Google Satellite. Scala grafica.

Nella tabella sottostante sono riportate le coordinate dei vertici delle sezioni sismiche eseguite.

Tabella 1 - Ubicazione indagini

COORDINATE UTM WGS84 32 N			
SEZIONE	ID PUNTO	Est	Nord
SR01	A1	7.42929	44.37681
	A2	7.42979	44.37698
SR02	B1	7.43158	44.37698
	B2	7.43210	44.37826
SR03	C1	7.43313	44.37842
	C2	7.43368	44.37854

## 4 STRUMENTAZIONE ED ELABORAZIONE

### 4.1 Strumentazione utilizzata

Gli stendimenti sismici a rifrazione a 24 canali sono stati effettuati con un sismografo EEG BR24 della Environmental and Engineering Geophysics S.r.l. (Figura 5). Per l'energizzazione è stato utilizzato un maglio con massa battente da 6 kg (Figura 6); come distanza intergeofonica si è scelto di utilizzare di 5 m con configurazione a 7 punti di energizzazione e battute esterne a 5 m dal geofono 1 e 24.



*Figura 4 - Sismografo EEG BR24 su stendimento SR01*



*Figura 5 - Strumentazione per l'energizzazione dei punti di battuta.*



## 4.2 Risultati ottenuti

L'indagine sismica a rifrazione permette la realizzazione di un profilo tomografico sottoforma di mappe verticali della velocità delle onde sismiche P (compressive). La rigidità dei materiali incontrati dall'onda è direttamente proporzionale all'aumentare della velocità sismica.

La prova **SR01** (Figura 7) è stata eseguita parallelamente all'allungamento del bacino in progetto indagando la soglia posta in corrispondenza dello sfioratore e della stazione di pompaggio, il settore di bacino ed in particolare la dorsale disposta NE-SO che interessa l'area di scavo del bacino. Si mette in evidenza la seguente sequenza sismo-stratigrafica:

- Uno strato superficiale ad andamento sub-orizzontale, avente spessore variabile tra 5 e 9 m, ridotto a 2 m in corrispondenza della soglia, corrispondente a coperture poco addensate ( $0,5 > V_p > 1,2$  km/s);
- uno strato con andamento sub-orizzontale irregolare costituito da terreni addensati. Tale livello presenta la profondità minima in prossimità della soglia (-2m da p.c.).  $V_p$  compresa tra 1,2 e 2,3 km/s.
- Il basamento roccioso sano o poco alterato ( $V_p$  2,3 – 3,5 km/s) risulta essere posto a profondità considerevoli.

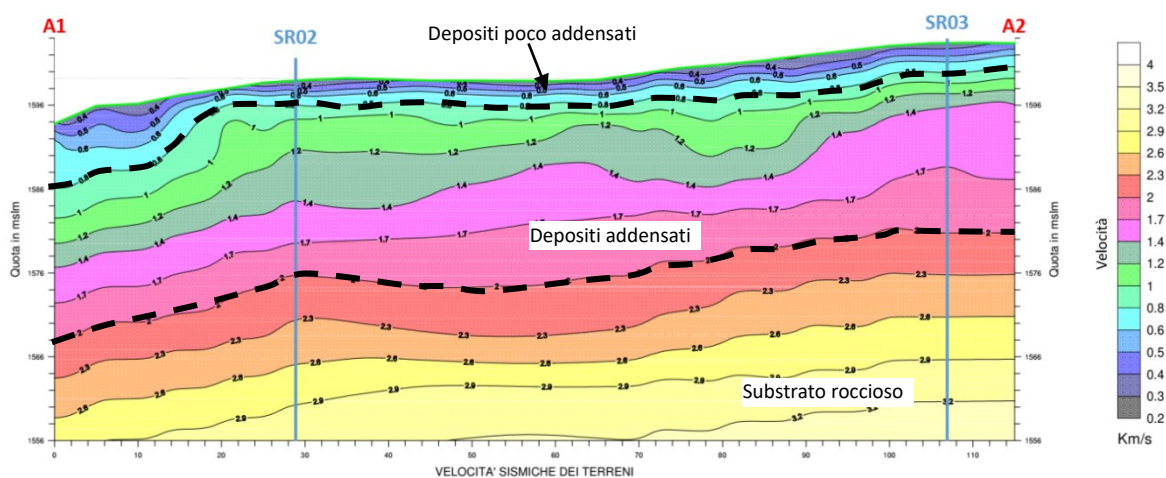


Figura 6 - Sezione SR01 (A1-A2): Modello tomografico delle velocità sismiche in onde P.

**SR02** (Figura 8) è stata eseguita in corrispondenza della dorsale a monte della soglia di cui sopra. Si evidenzia la seguente sequenza sismo-stratigrafica:

- uno strato superficiale avente spessore variabile tra 1,5 m e 5 m, che verso occidente aumenta molto di spessore (fino a 9 - 12 m) in corrispondenza di un rilievo morenico, corrispondente a depositi glaciali poco addensati con ciottoli e blocchi ( $0,2 > V_p > 1,2$  km/s);
- uno strato intermedio di spessore costante costituito da terreni da addensati a molto addensati. Questo livello presenta velocità sismiche pari a  $1,2 > V_p > 2$  km/s
- Il basamento roccioso sano o poco alterato a profondità elevate ( $V_p 2 - 4$  km/s).

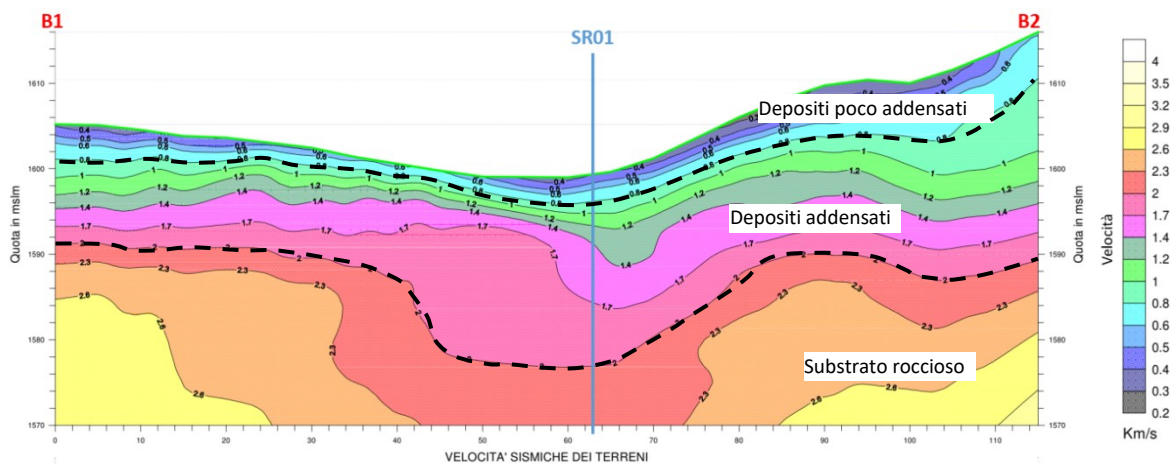


Figura 7 - Sezione SR02 (B1-B2): Modello tomografico delle velocità sismiche in onde P.

Lo stendimento **SR03** (Figura 9) è stato eseguito perpendicolarmente all'allungamento del bacino artificiale verso monte. Si evidenzia la seguente sequenza sismo-stratigrafica:

- Uno strato superficiale ad andamento lentiforme assente sui rilievi in roccia sub-affiorante posti sulla sponda occidentale del bacino. Il livello, costituito da terreni di copertura addensati, ha spessore variabile, che da circa 2.5 m sui versanti più acclivi raggiunge i 6 m nelle aree pianeggianti o poco acclivi ( $0,4 > V_p > 1,2$  km/s).
- uno strato quasi assente sui rilievi in roccia sub-affiorante posti sulla sponda occidentale del bacino, ma ben visibile settore centrale della sezione sismica. Tali velocità sono presenti fino oltre la profondità d'indagine, individuando depositi ben addensati ( $1,2 > V_p > 2$  km/s)
- Il basamento roccioso sano o poco alterato ( $V_p$  1,8 – 4 km/s) presente in due nuclei a Est e ad Ovest nella sezione. Subaffiorante sul versante Occidentale.

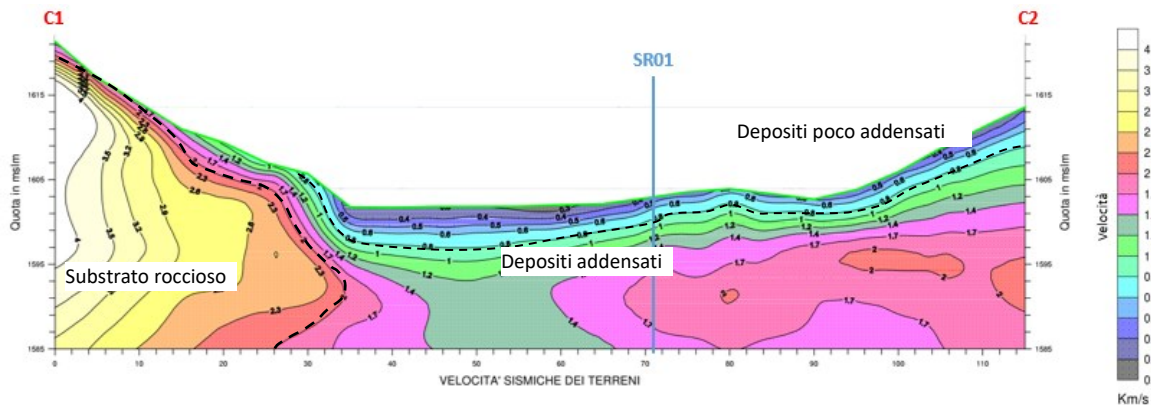


Figura 8 - Sezione SR03 (C1-C2): Modello tomografico delle velocità sismiche in onde P.

#### 4 CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

Da quanto emerso dalle indagini geofisiche il substrato roccioso risulta essere prevalentemente al di sotto della quota di scavo prevista dal progetto.

Attraverso l'utilizzo di tabelle note in letteratura è possibile correlare, con un buon grado di approssimazione, la velocità di propagazione delle onde longitudinali ( $V_p$ ) e l'escavabilità dei materiali. Si riporta di seguito la tabella relativa ai materiali riscontrati dalle indagini di sismica a rifrazione.

<b>Materiale</b>	<b><math>V_p</math> min [km/s]</b>	<b><math>V_p</math> max [km/s]</b>
Areato	0,2	0,4
Copertura poco addensata	0,5	1,4
Copertura ben addensata	1,4	2,0
Basamento	2,0	3,5

<b>Materiale</b>	<b><math>V_p</math> [m/s]</b>	<b>Scavabilità</b>
Areato	< 400	Scavabili con scarificatrici ed escavatori
Copertura poco addensata	400 – 1400	Scavabili con scarificatrici ed escavatori
Copertura ben addensata	1400 - 2000	Scavabili con qualche difficoltà per gli escavatori
Substrato roccioso	> 2000	Rippabilità moderatamente difficile/volate leggere

## **5      CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

L'indagine sismica ha permesso di definire la stratigrafia dei primi metri di sottosuolo tra un minimo di 30 ed un massimo di 40 m.

Dal confronto tra le velocità sismiche in rapporto all'escavabilità dei materiali si desume che i terreni classificati come areato e come copertura addensata siano scavabili con mezzi meccanici tradizionali. I terreni classificati come roccia fratturata o blocchi disarticolati sono da considerare scavabili con escavatori e/o ripper.

Considerando la profondità degli scavi previsti dall'opera, questi non dovrebbero intercettare il substrato roccioso, tuttavia, si segnala la possibilità di incontrare trovanti e massi ciclopici tipici dei depositi glaciali, difficili da rimuovere con un normale escavatore sia nel livello denominato "coperture addensate" sia nel livello "roccia fratturata o blocchi disarticolati".

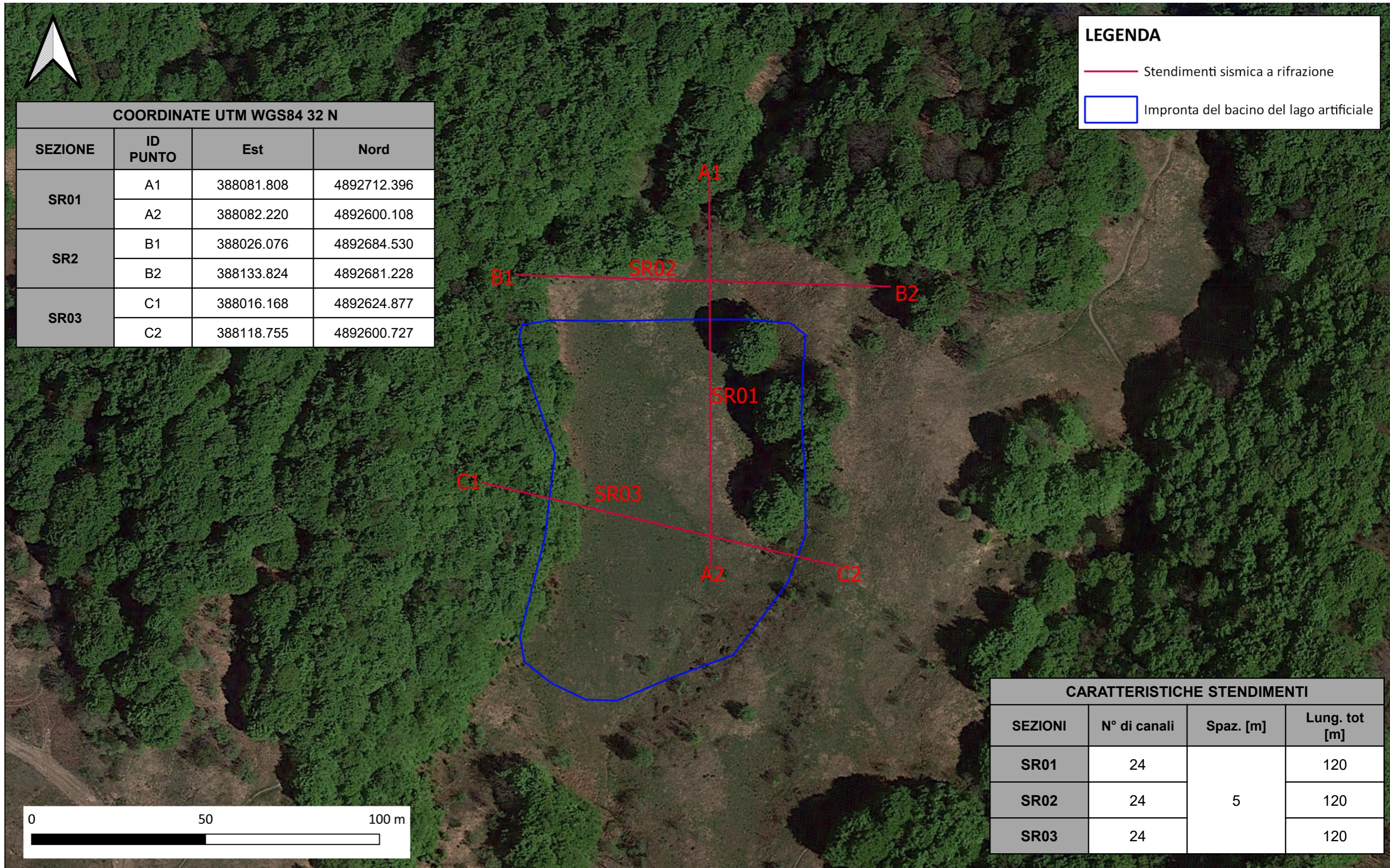
**TAVOLE**



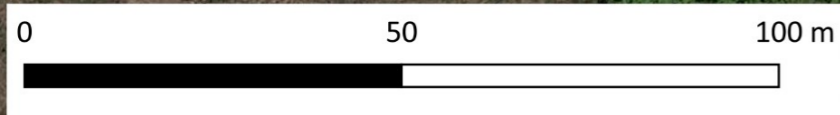
**LEGENDA**

- Stendimenti sismica a rifrazione
- Impronta del bacino del lago artificiale

COORDINATE UTM WGS84 32 N			
SEZIONE	ID PUNTO	Est	Nord
SR01	A1	388081.808	4892712.396
	A2	388082.220	4892600.108
SR2	B1	388026.076	4892684.530
	B2	388133.824	4892681.228
SR03	C1	388016.168	4892624.877
	C2	388118.755	4892600.727



CARATTERISTICHE STENDIMENTI			
SEZIONI	N° di canali	Spaz. [m]	Lung. tot [m]
SR01	24	5	120
SR02	24		120
SR03	24		120





GEOLOGO  
Piero Adamo

Indagine geofisica per la caratterizzazione stratigrafica  
Sezione geofisica SR01 (A1-A2)

Cliente: Comune di Limone Piemonte

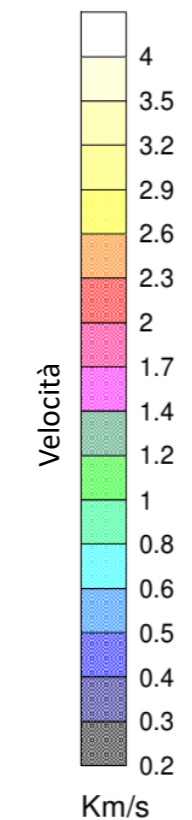
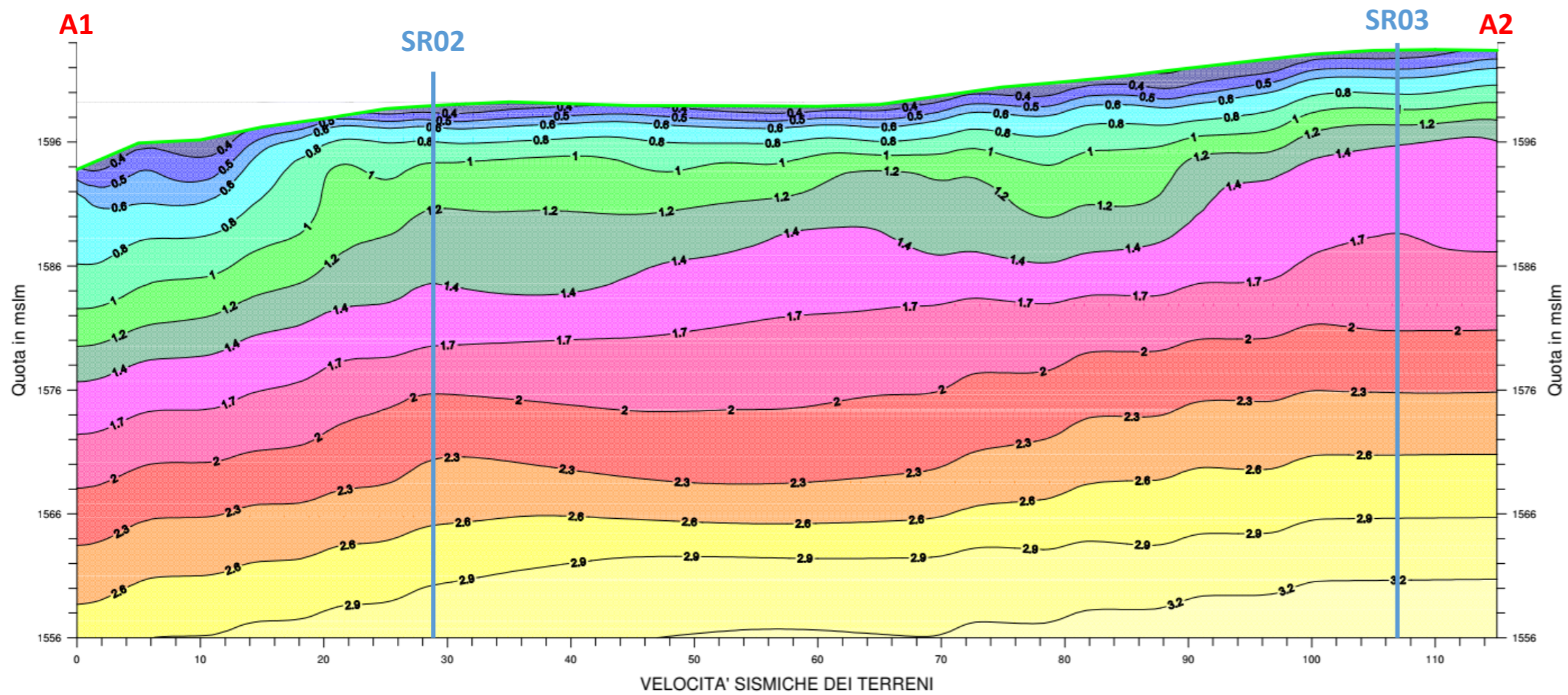
Relazione: 498

Sito: Lago Secco

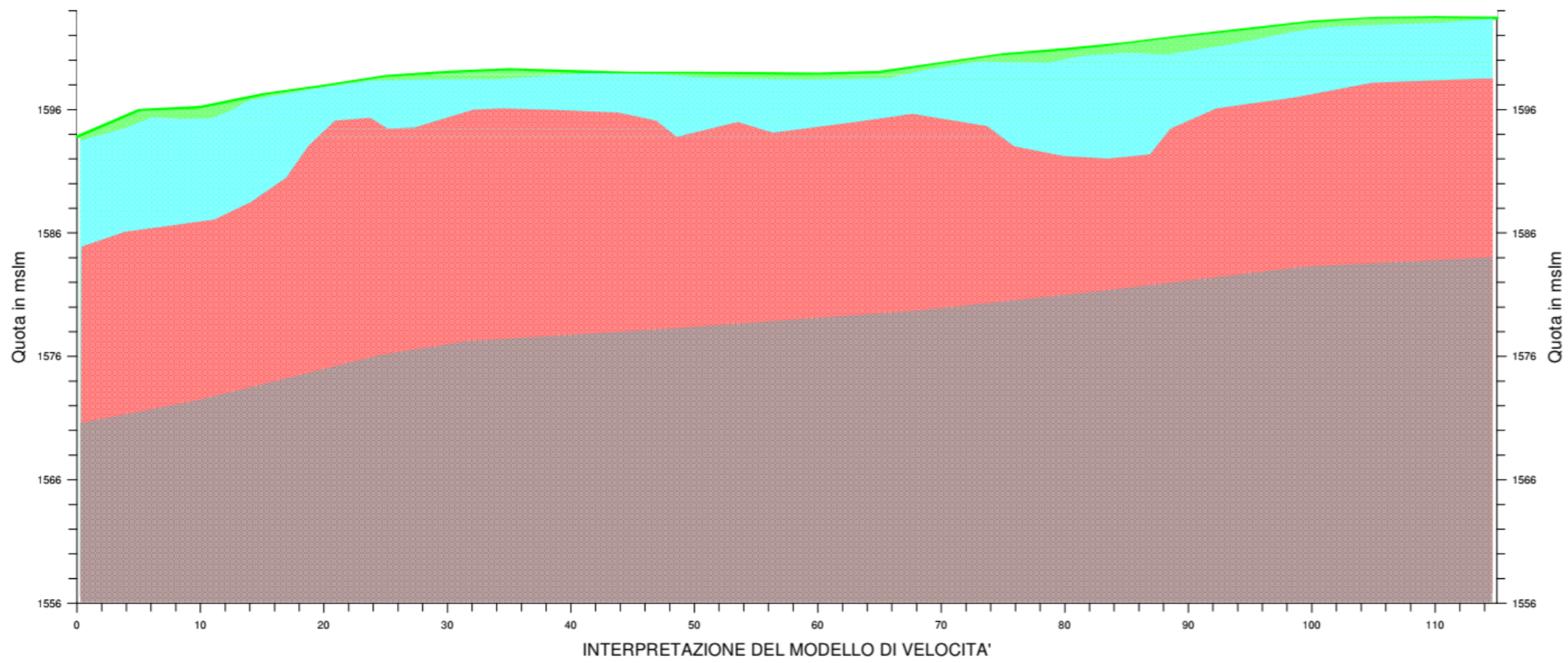
Revisione: 0

Data: Maggio 2024

Tavola: 2

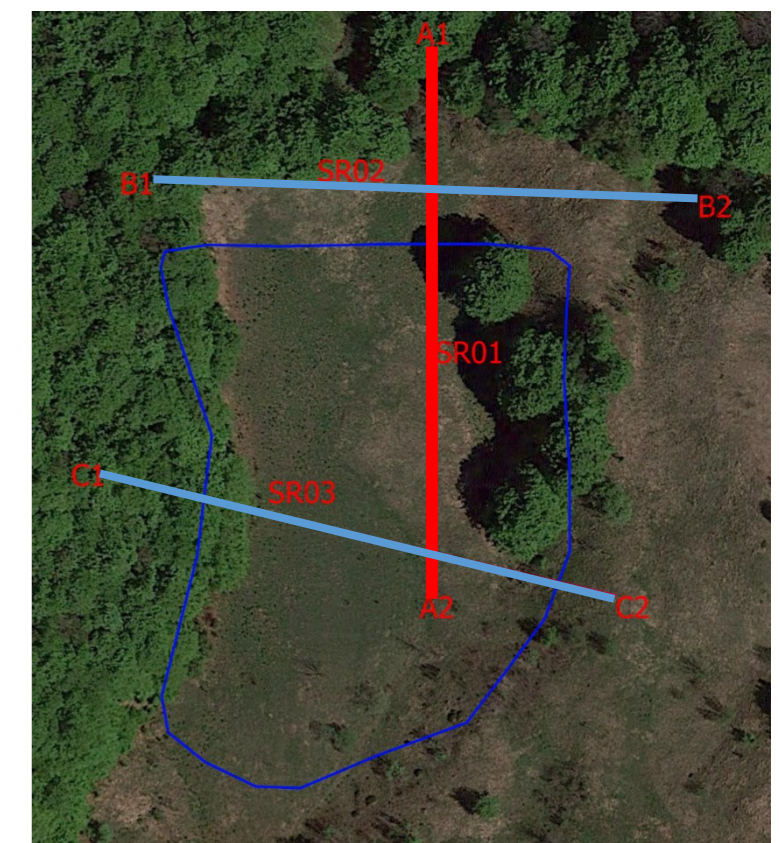


Energizzazione in geofono PK01



LEGENDA

■ Aerato    ■ Copertura poco addensata    ■ Copertura ben addensata    ■ Bedrock







GEOLOGO  
Piero Adamo

Indagine geofisica per la caratterizzazione stratigrafica  
Sezione geofisica SR02 (B1-B2)

Cliente: Comune di Limone Piemonte

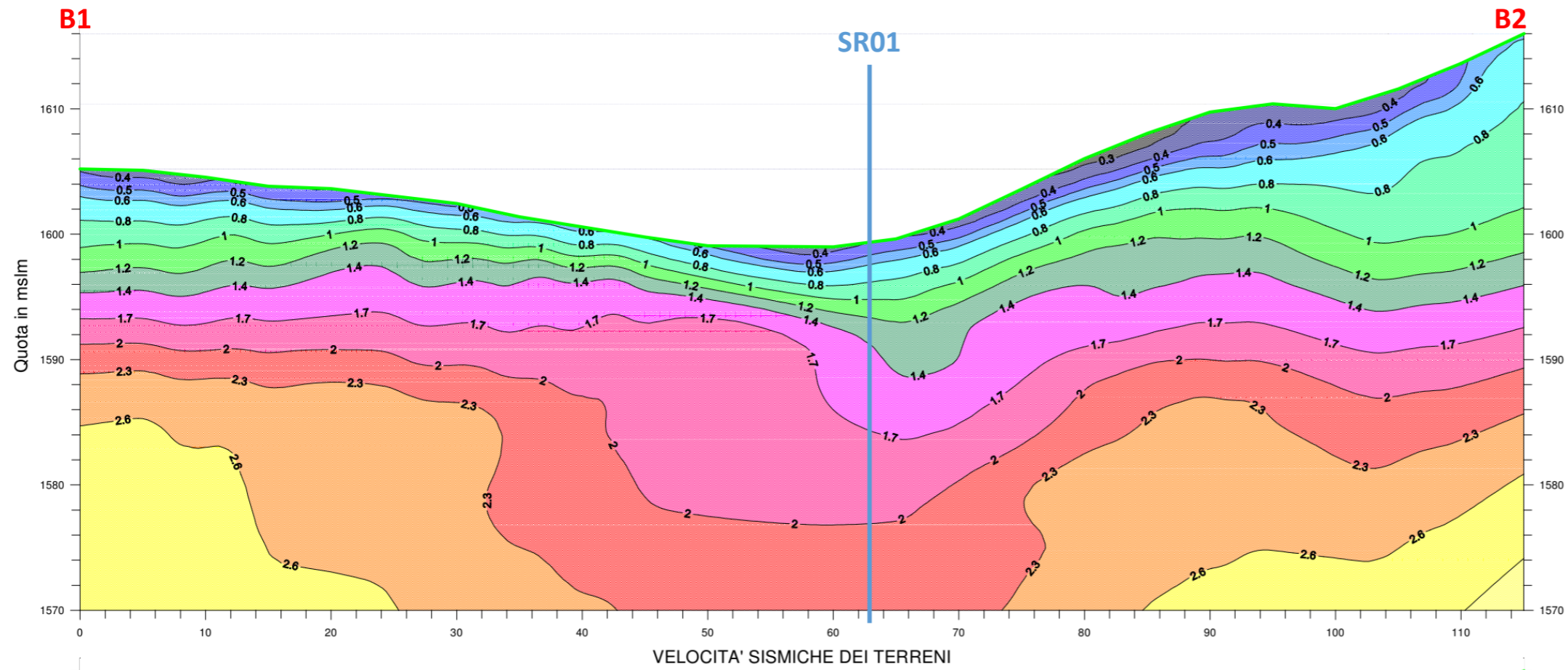
Relazione: 498

Sito: Lago Secco

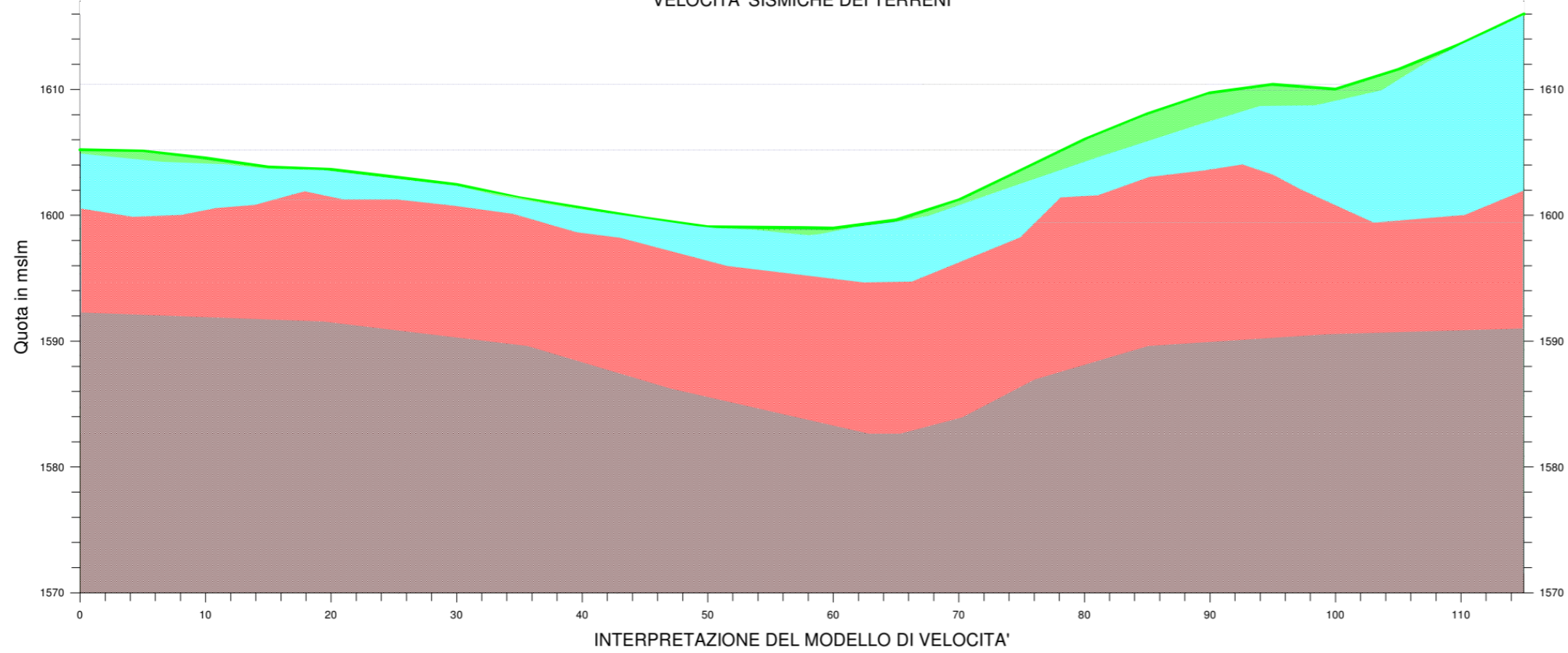
Revisione: 0

Data: Maggio 2024

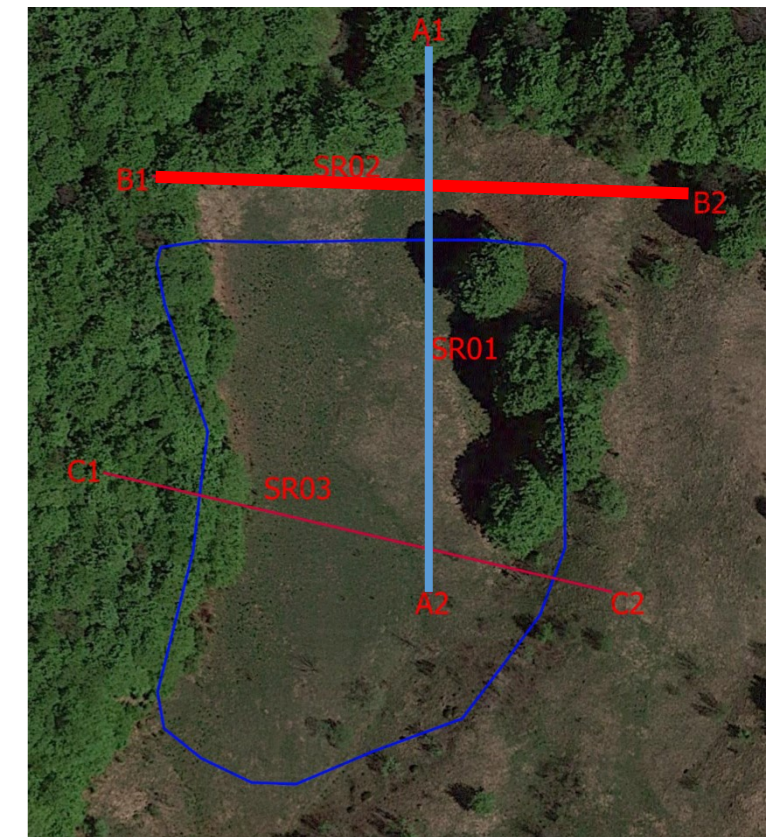
Tavola: 3

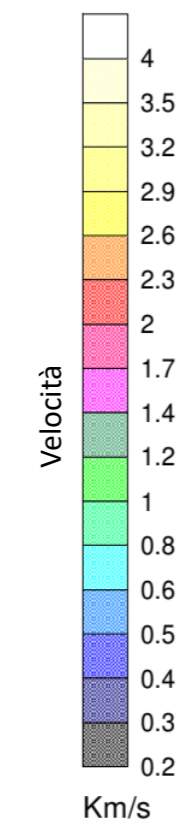
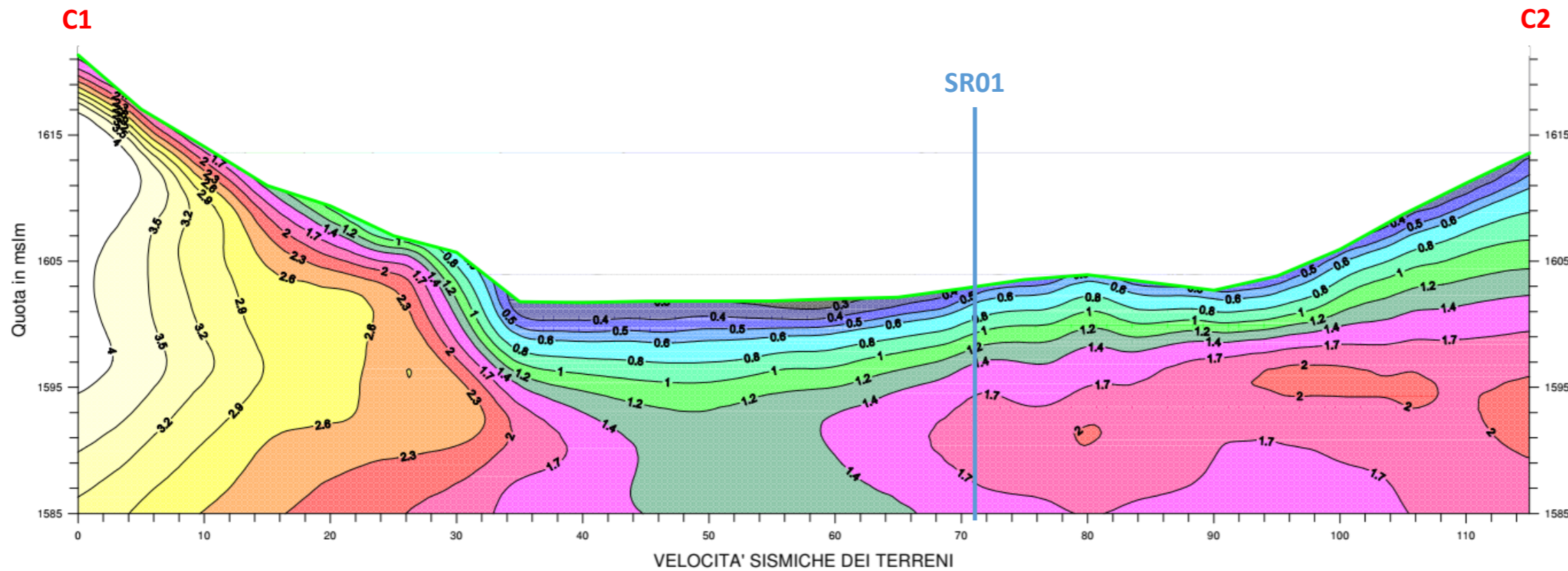


Stendimento geofonico SR02

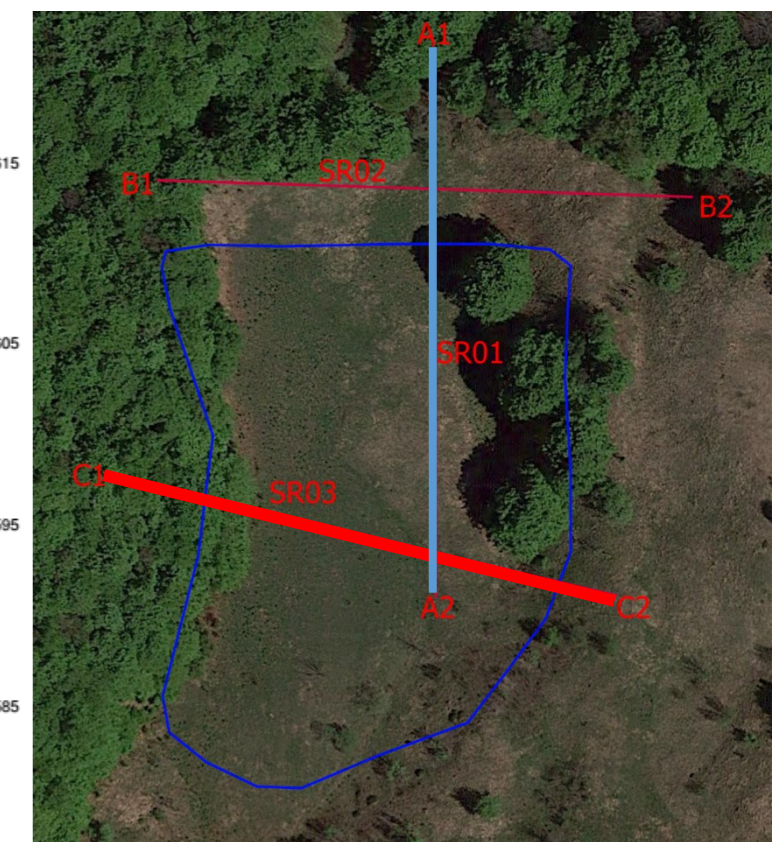
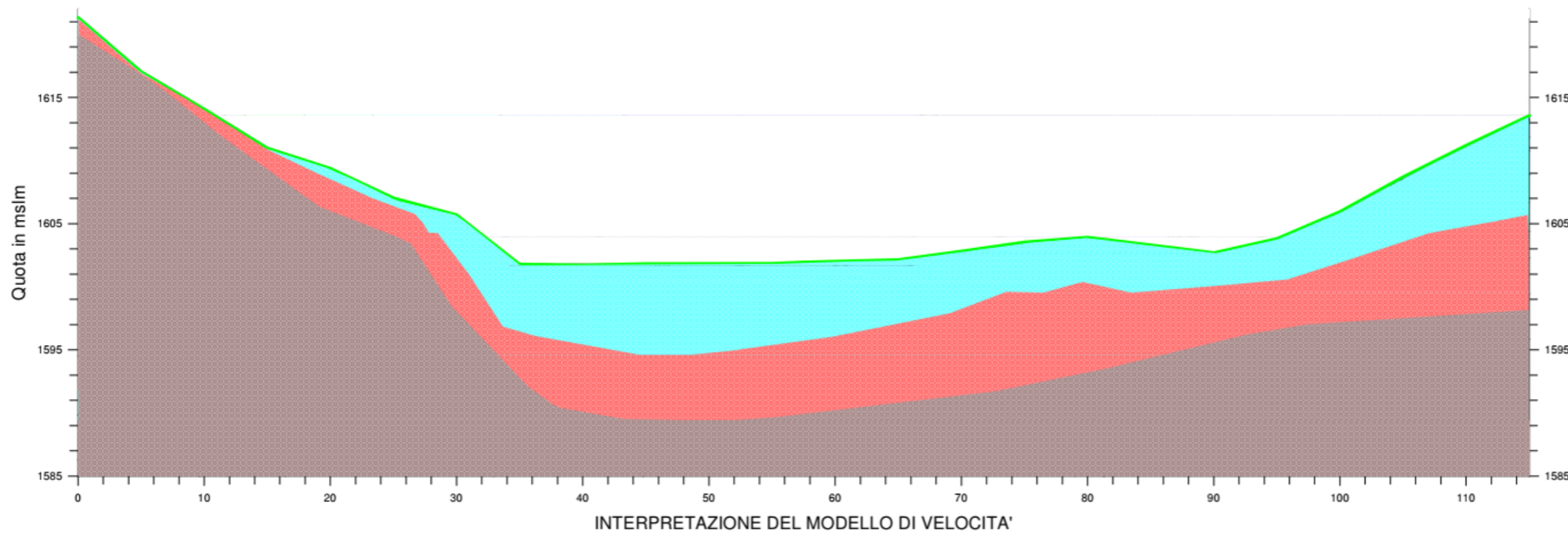


LEGENDA  
 Aerato  
 Copertura poco addensata  
 Copertura ben addensata  
 Bedrock





Stendimento geofonico SR03



**LEGENDA**

<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #00FF00; border: 1px solid black;"></span> Aerato	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #00FFFF; border: 1px solid black;"></span> Copertura poco addensata	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #FF0000; border: 1px solid black;"></span> Copertura ben addensata	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #A08080; border: 1px solid black;"></span> Bedrock
--	--	---	---