



REGIONE DEL VENETO

provincia 
verona



FONDO
COMUNI
CONFINANTI

ATO
VERONESE
Consiglio di Bacino Veronese

Acque  Veronesi



RETI TECNOLOGICHE E VIABILITA' MALGHE DELLA LESSINIA
- Comuni di S. Anna d'Alfaedo, Erbezzo e Bosco Chiesanuova -

PROGETTO DEFINITIVO

RE07 - RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA



PROGETTISTA INGEGNERIA 2P & associati Via Dall'Armi, 27/3 30027 San Donà di Piave (VE) tel. 0421.30.77.00 - fax. 0421.30.77.16 e-mail: info@ingegneria2p.it RESPONSABILE GENERALE DELLA PROGETTAZIONE E DELLE INTEGRAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Corrado Petris N° 1830 ORDINE DEGLI ING. DI VENEZIA PROGETTISTA IDRAULICO Ing. Nicola Bisetto N° A2937 ORDINE DEGLI ING. DI TREVISO PROGETTISTA DEL DOCUMENTO SPECIALISTICO RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA Dott. Cristiano Mastella DATA Novembre 2020	RILIEVI TOPOGRAFICI geom. Andrea Laiti - S. Anna d'Alfaedo (VR) SICUREZZA geom. Marco Turozzi - S. Bonifacio (VR) GEOLOGIA dott. Cristiano Mastella - S. Pietro in Cariano (VR) RELAZIONI AMBIENTALI Architer s.r.l. - VERONA PIANO PARTICELLARE ED ESPROPRI ing. Flavio Laiti - S. Anna d'Alfaedo (VR) ASSISTENZA ARCHEOLOGICA dott. Gianfranco Valle - S. Cipriano Po (PV)	REVISIONE 01 02	DATA REVISIONE Settembre 2021 ***
		CODICE CUP I26H19000070005	CODICE INTERVENTO 31001900

Questo documento non può essere copiato o riprodotto senza autorizzazione, ogni violazione verrà perseguita a norma di legge.

INDICE

1. PREMESSA	4
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
4. LE OPERE IN PROGETTO	8
4.1 TRACCIATI	8
4.1.1 Tracciato A - B	8
4.1.2 Tracciato C - D	9
4.1.3 Tracciati E - F, G - H, I - L, M - N, O - P	11
4.1.4 Sezioni tipologiche di scavo	13
4.2 SERBATOI ED IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO DI NUOVA REALIZZAZIONE	17
4.2.1 Impianto di rilancio Volpina	17
4.2.2 Serbatoio Cornetto	17
4.2.3 Serbatoio Derocchetto	18
4.2.4 Serbatoio Lessinia	18
4.2.5 Serbatoio Castelberto	18
4.2.6 Serbatoio Dosso Brancon	18
4.2.7 Serbatoio Tracchi	18
5. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA E GEOTECNICA DEI LITOTIPI PRESENTI	19
5.1 RIPPABILITÀ DEI LITOTIPI PRESENTI	19
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE	20
6.1 DESCRIZIONE DELLE TECNICHE D'INDAGINE	20
6.1.1 Tomografia geoelettrica	20
6.1.2 Metodo MASW	24
6.1.1 Indagini di sismica passiva a stazione singola (HVSR)	29
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEI NUOVI SERBATOI	33
7.1 RILANCIO VOLPINA	33
7.1.1 Tomografia elettrica	33
7.1.2 Indagine MASW	36
7.1.3 Indagine HVSR	37
7.2 SERBATOIO CORNETTO	39
7.2.1 Tomografia elettrica	39
7.2.2 Indagine MASW	42
7.2.3 Indagine HVSR	43
7.3 SERBATOIO CON RILANCIO DEROCCHETTO	45
7.3.1 Tomografia elettrica	45
7.3.2 Indagine MASW	48
7.3.3 Indagine HVSR	49
7.4 SERBATOIO CON RILANCIO LESSINIA	51
7.4.1 Tomografia elettrica	51
7.4.2 Indagine MASW	54
7.4.3 Indagine HVSR	55
7.5 SERBATOIO CASTELBERTO	57
7.5.1 Tomografia elettrica	57
7.5.2 Indagine MASW	60
7.5.3 Indagine HVSR	61
7.6 SERBATOIO DOSSO BRANCON	63
7.6.1 Tomografia elettrica	63

7.6.2	<i>Indagine MASW</i>	66
7.6.3	<i>Indagine HVSR</i>	67
7.7	SERBATOIO TRACCHI	69
7.7.1	<i>Tomografia elettrica</i>	69
7.7.2	<i>Indagine MASW</i>	72
7.7.3	<i>Indagine HVSR</i>	73

	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

1. PREMESSA



Il presente elaborato illustra i rilevamenti e le indagini geognostiche eseguite per la determinazione del modello geologico, geotecnico e sismico dei terreni che saranno interessati dal progetto di *Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo*.

Il progetto prevede l'estensione della rete idrica ed elettrica e la realizzazione di cinque nuovi serbatoi di seguito elencati:

- Rilancio “Volpina”;
- Serbatoio “Cornetto”;
- Serbatoio con rilancio “Derocchetto”;
- Serbatoio con rilancio “Lessinia”;
- Serbatoio “Castelberto”.

I due serbatoi già esistenti denominati “Tracchi” e “Dosso Brancon” saranno oggetto di ampliamento per il primo e di adeguamento tecnologico senza modifiche strutturali per il secondo.

Nei successivi capitoli si descriveranno brevemente le opere tipo per quanto riguarda i tracciati delle rete idrica ed elettrica. Per quanto riguarda i serbatoi se ne riporta una descrizione generale. Per le planimetrie e sezioni di dettaglio di ciascuna opera si rimanda agli elaborati progettuali specifici.

	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO



Nella redazione del progetto si sono considerate le seguenti norme.

Lavori pubblici:

- D.Lgs 50 del 18.04.2016 e s.m.i. recante “Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture”;
- D.P.R. 207 del 5.10.2010 e s.m.i. recante “Regolamento di esecuzione e di attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006 n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici di lavori, servizi, forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»”;
- D.M. 145 del 19.04. 2000 e s.m.i. recante “Regolamento recante il capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici ai sensi dell'articolo 3, comma 5, della legge 11/02/1994 n. 109 e successive modificazioni”.

Strutture:

- Norme tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018” (Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni) pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 – Suppl. Ordinario n. 8), nel seguito NTC;
- Circolare Ministeriale 617 del 2.02.2009 recante “Istruzioni per l'applicazione delle nuove Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018” (Circolare 21 gennaio 2019 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 7 Suppl. Ordinario n. 35);
- “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche” (Associazione Geotecnica Italiana, 1977);
- ANISIG: Modalità tecnologiche per l'esecuzione di lavori di indagini geognostiche;

	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Le opere si collocano nei territori comunali di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo. Il territorio lessineo si estende per oltre 820 km² tra la Provincia di Verona, Vicenza e Trento; geograficamente si situa nella parte sudorientale della catena alpina nelle Prealpi Venete. I suoi confini sono ben delineati con il solco della valle glaciale dell'Adige ad Ovest, con la profonda incisione della Val dei Ronchi a Nord e con i centri urbani e le aree agricole della pianura veronese a Sud, verso i quali si adagiano le dorsali collinari che sovrastano le principali vallate. Il confine Orientale, meno netto dei precedenti, si delinea lungo la dorsale che separa la Val d'Alpone dalla vicentina Valle del Chiampo.

Dalle aree pianeggianti pedemontane fino alle sue vette la Lessinia può essere suddivisa in tre differenti ambiti paesaggistici, ognuna dei quali è riconoscibile per alcuni aspetti naturali ed umani che le caratterizzano: la zona pedemontana e collinare, che si estende dai fondovalle fino ai 600-800 metri delle dorsali, dove spiccano le diffuse coltivazioni a vite, ulivo e ciliegio; la zona di media montagna, tra gli 800 e i 1200 metri circa, in cui si situano i principali centri abitati e la gran parte delle tipiche contrade lessinee; la zona degli alti pascoli, tra i 1200 metri e le vette orientali che superano i 1800 metri, caratterizzata dalle oltre cento malghe d'alpeggio e dalle fitte foreste di faggio e abete che occupano i versanti più impervi.

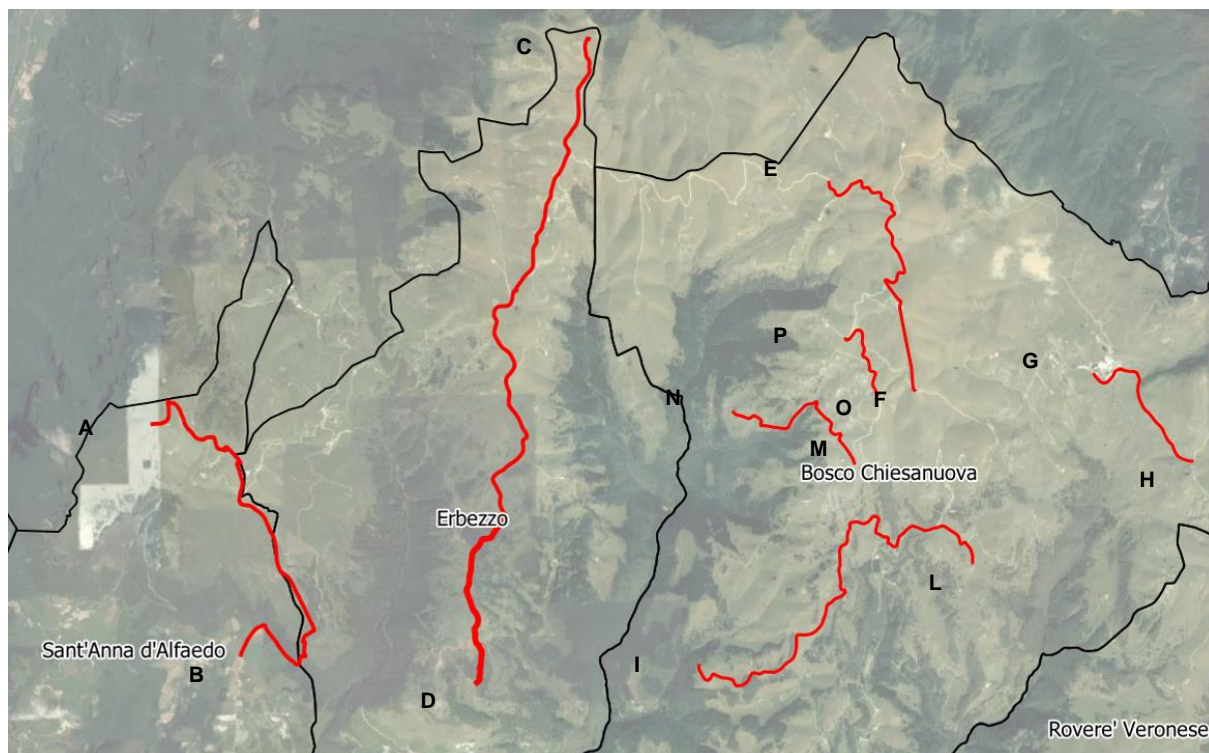
Il paesaggio dei Monti Lessini è quello tipico delle aree carsiche: risulta praticamente assente una idrografia superficiale degna di nota. Esiste, infatti, un apparente contrasto tra la morfologia carsica superficiale non molto evidente e l'idrologia di tipo carsico (fluviocarso) che può essere spiegato con la presenza di un fitto reticolo di fratture e faglie (tectocarso) che drenano l'acqua verso le porzioni più profonde del massiccio carbonatico lessineo. L'idrografia della regione montuosa e collinare è condizionata, innanzi tutto, dall'assetto tettonico generale e dalle caratteristiche litologiche delle formazioni rocciose. Il sistema idrografico fondamentale è pertanto costituito da valli dirette secondo la massima pendenza della regione monoclinale, orientate da N a S nella parte occidentale e da NNO a SSE in quella orientale. A queste si affianca un sistema di valli affluenti, normali o quasi alle maggiori, che convogliano le acque nei bacini principali.

La parte del territorio lessineo interessata dalle opere di progetto ricade nella zona degli altri pascoli, tra una quota di circa 1100 e 1800 m.s.l.m., entro i comuni di Sant'Anna d'Alfaedo, Erbezzo e Bosco Chiesanuova.



Il comune di Sant'Anna d'Alfaedo si estende nella parte più occidentale dell'altopiano lessineo, al confine con la Val D'Adige. Il territorio del comune è quasi totalmente a sud dei Corni (Corno d'Aquilio, 1545 m.s.l.m., e Corno Mozzo). Una parte del comune è a nord del Corno d'Aquilio, ed è chiamata Pialda Bassa; in questo luogo è ubicata la Spluga della Preta, un insieme di grotte carsiche che arrivano ad una profondità esplorata di circa 1000 metri, conosciuta per lunghi anni come la grotta più profonda del mondo.

Erbezzo è sito sulla dorsale a cavallo tra il vajo dell'Anguilla e quello dei Falconi. Confina con la provincia di Trento a nord, ad ovest con Sant'Anna d'Alfaedo, ad est con Bosco Chiesanuova ed a sud con Grezzana. Il suo territorio è quasi totalmente inserito nel Parco Naturale Regionale della Lessinia e si sviluppa tra i 700 ed i 1.765 metri di Castelberto.

L'area orientale della rete oggetto di progettazione ricade entro il comune di Bosco Chiesanuova che si colloca sulla dorsale tra il vajo di Squaranto e il vajo dell'Anguilla. La vetta più alta del comune è rappresentata dal monte Tomba che presenta una quota di 1765 m.s.l.m..



Inquadramento territoriale delle opere di progetto

	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

4. LE OPERE IN PROGETTO

Il progetto di fattibilità tecnica ed economica ha individuato l'alternativa progettuale che rappresenta il miglior rapporto tra costi e benefici per la collettività. Nel presente paragrafo vengono illustrate le principali caratteristiche delle opere oggetto del presente progetto definitivo.

Come riportato in premessa, gli interventi progettuali sono volti all'estensione dell'approvvigionamento idrico ed elettrico alle malghe della Lessinia site nei comuni di Sant'Anna D'Alfaedo, Erbezzo e Bosco Chiesanuova, mediante collegamento alle reti esistenti.

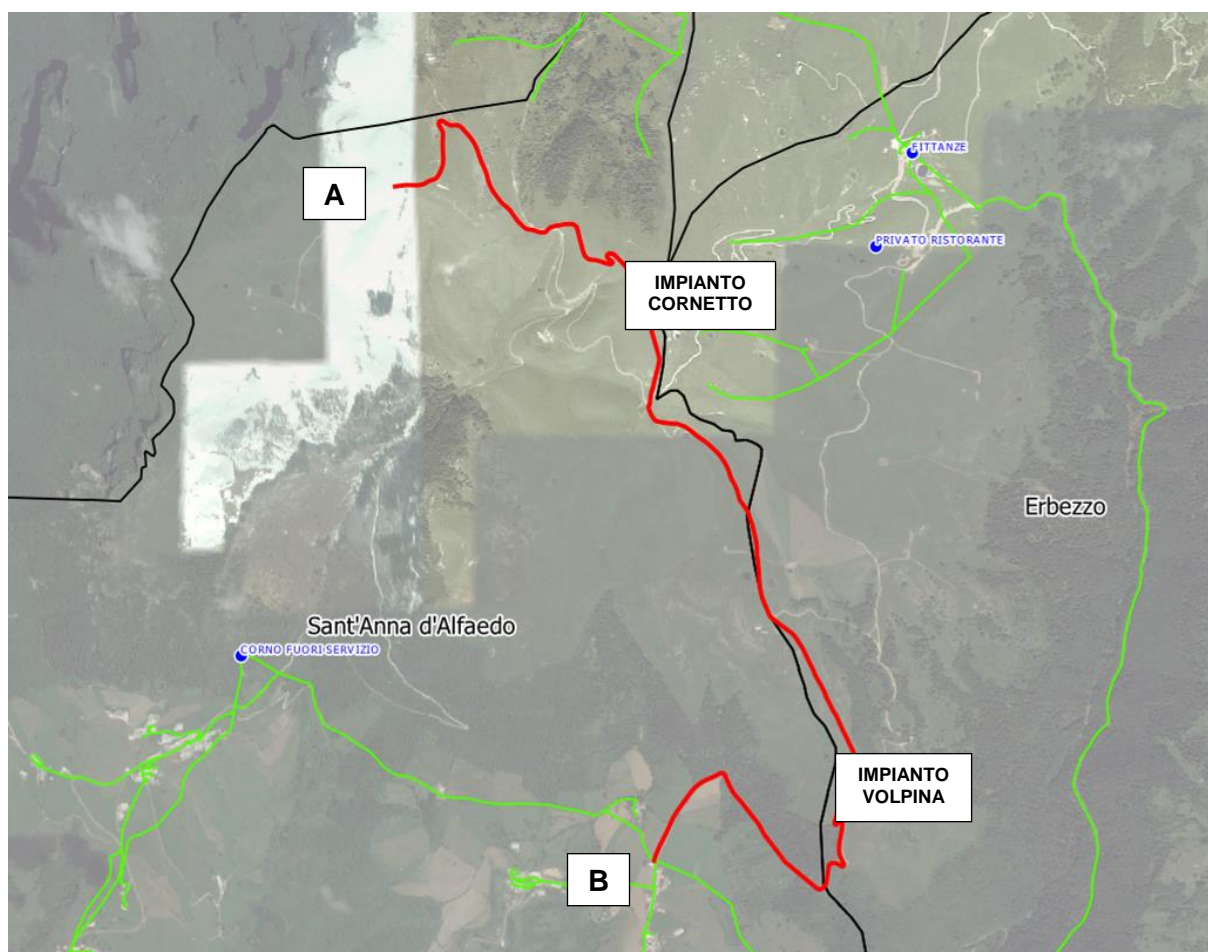
4.1 TRACCIATI

4.1.1 Tracciato A - B

Il progetto prevede la posa di una tubazione in acciaio DN 100 mm e di due cavidotti De 90 e 160 mm ad essa affiancati, per uno sviluppo complessivo pari a circa 5225 ml, a partire dal punto di collegamento alla rete idrica esistente DN 175 mm in località Vallene di Sant'Anna d'Alfaedo (Nodo B). Il percorso segue la strada asfaltata comunale per circa 1512 m sfruttando il carico idraulico garantito dal serbatoio Michelazzi. Raggiunta la quota di circa 1294 m. s.l.m., non distante da malga Volpina, è prevista la costruzione di un impianto di rilancio con pompe booster con prevalenza sufficiente a raggiungere il monte Cornetto. A partire dall'impianto di rilancio, denominato Volpina, il percorso prosegue quindi in direzione nord-ovest per circa 2120 m, fino a raggiungere il monte Cornetto (quota 1531 m. s.l.m. circa). Qui è prevista la costruzione di un serbatoio di accumulo, denominato serbatoio Cornetto, avente la funzione di garantire il carico piezometrico alle sottostanti malghe da servire. Il tracciato prosegue quindi per circa 1590 m verso nord-ovest fino al nodo A, posto in prossimità del confine con il comune di Ala e la provincia di Trento.

Complessivamente, il tracciato A-B si sviluppa in parte su strada comunale asfaltata, in parte su terreno naturale a prato, in parte su strada sterrata (di competenza di comunale che provinciale).

Si riporta di seguito una planimetria generale del tracciato di progetto A-B su base ortofoto. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.



Planimetria generale del tracciato AB. In rosso il tracciato di progetto, in verde la rete esistente.

4.1.2 Tracciato C - D

L'intervento prende avvio dai pendii erbosi ubicati in prossimità della contrada Vaio (nodo D), come prosecuzione del tracciato che dell'impianto Jacopo si sviluppa per 1244 m in direzione nord. In tale tratto è infatti prevista la posa di una tubazione in acciaio DN 150 mm, la cui realizzazione rientra nell'intervento di "allacciamento alla rete idrica di Malga Dardo e Contrada Vaio attraverso la realizzazione di una tubazione interrata e della stazione di pompaggio", commissionato nell'Agosto 2018 dal Consorzio per la valorizzazione delle malghe di Erbezzo.

Dal nodo D (quota 1275 m slm circa), il percorso della tubazione DN 150 mm in acciaio, e dei due cavidotti De 90 e 160 mm ad essa affiancati, si sviluppa prevalentemente su prato o su sentiero erboso, attraversa la strada comunale di Castelberto e raggiunge, dopo circa 2035 m di sviluppo, l'impianto di progetto denominato Derocchetto (quota 1440 m slm circa). Quest'ultimo è un serbatoio di accumulo dotato anche di pompe di rilancio aventi prevalenza sufficiente a servire l'impianto Lessinia, ubicato qualche chilometro più a nord.



A partire dal serbatoio Derocchetto, una tubazione DN 100 mm in acciaio prosegue verso nord per circa 2865 m, affiancata dai due cavidotti di cui sopra, fino a raggiungere, all'incirca all'altezza della malga Lessinia, l'omonimo impianto di progetto (quota 1600 m slm circa). Quest'ultimo, come il precedente, è costituito da un serbatoio con rilancio. Le pompe hanno la funzione di caricare il sovrastante serbatoio denominato Castelberto. Il tracciato tra gli impianti Derocchetto e Lessinia si sviluppa dapprima su prato e sentiero erboso, poi su strada comunale asfaltata e infine, a nord del bivio del Pidocchio, su strada provinciale non asfaltata.

Dall'impianto Lessinia si sviluppa l'ultimo tratto del percorso, in cui la condotta in acciaio DN 100 e i due cavidotti sono posati quasi interamente su strada provinciale non asfaltata fino a raggiungere la sommità del monte Castelberto (quota 1750 m slm circa). Quest'ultimo tratto ha una lunghezza di

circa 2920 m, al termine dei quali è prevista la realizzazione di un serbatoio di accumulo avente la funzione di garantire il carico piezometrico alle sottostanti malghe da servire.
Si riporta di seguito una planimetria generale del tracciato di progetto CD su base ortofoto. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.



Planimetria generale del tracciato CD. In rosso il tracciato di progetto, in blu il tracciato oggetto di altra progettazione (serb. Jacopo – nodo D), in verde la rete esistente.

	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

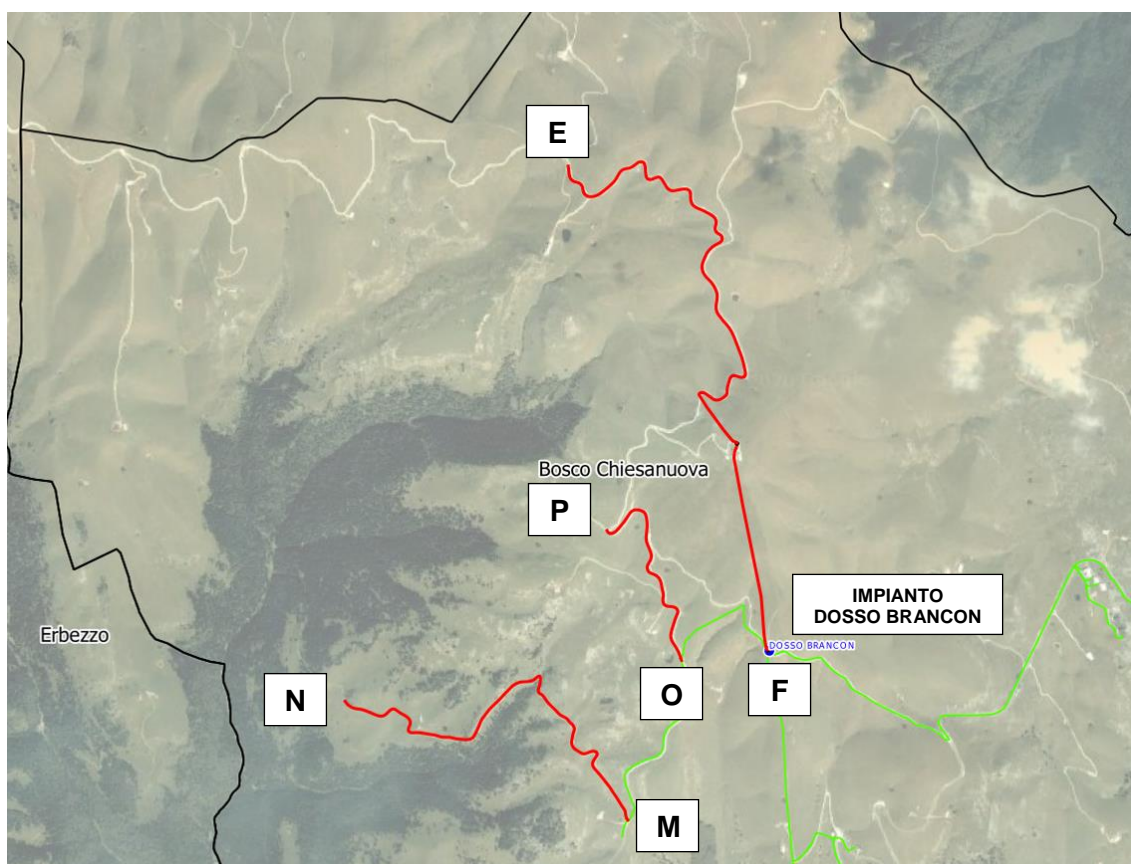
4.1.3 Tracciati E - F, G - H, I - L, M - N, O - P

Gli interventi all'interno del comune di Bosco Chiesanuova presentano delle diramazioni a partire dalla rete idrica esistente. In particolare il progetto prevede la posa di tubazioni in acciaio DN 80 mm, e di cavidotti De 90 e 160 mm in affiancamento alle stesse, per un'estensione complessiva di circa 13,3 km. Al fine di estendere il servizio il progetto prevede anche interventi di adeguamento e potenziamento degli impianti e serbatoi esistenti, in particolare del serbatoio Dosso Brancon, di capacità pari a 170 m³ e posto all'incirca a quota 1640 m s.l.m., e dell'impianto Tracchi, posto all'incirca a quota 1380 m s.l.m.

Per quanto riguarda i tracciati di progetto, si riporta di seguito una breve descrizione per ciascuno di essi:

- Tracciato E - F: si sviluppa in direzione nord-sud a partire dall'impianto esistente Dosso Brancon (nodo F - quota 1640 m s.l.m.), oggetto di potenziamento, per una estensione di circa 3347 m; in un primo tratto raggiunge la sommità del monte Tomba (quota 1766 m s.l.m.), dove è prevista la realizzazione di una vasca di disconnessione idraulica; successivamente il percorso prosegue discendendo il monte Tomba e giungendo al nodo E in prossimità delle malghe Gasparine Davanti e Podestaria;
- Tracciato G - H: ubicato in località malga San Giorgio, si origina dalla rete DN 100 in acciaio esistente (nodo G) e si sviluppa per circa 1755 m in direzione sud-est fino al nodo H;
- Tracciato I - L: il tracciato si estende per circa 5175 m in direzione ovest-est, collegandosi alla premente DN 100 mm in acciaio in uscita dall'impianto Tracchi e diretta all'impianto Dosso Brancon; il punto di interconnessione è ubicato poco ad est dell'impianto Tracchi;
- Tracciati M - N e O - P: i due tracciati si staccano dalla linea DN 80 mm esistente proveniente dall'impianto Dosso Brancon, e si sviluppano per circa 2000 e 1000 m rispettivamente, andando a servire alcune delle malghe poste nella parte occidentale del territorio comunale.

Si riportano di seguito alcune planimetrie generali dei tracciati di progetto sopra descritti su base ortofoto. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.



Planimetria generale dei tracciati E - F, M - N e O - P. In rosso i tracciati di progetto, in verde la rete esistente



Planimetria generale del tracciato G - H. In rosso il tracciato di progetto, in verde la rete esistente.



Planimetria generale del tracciato I - L. In rosso il tracciato di progetto, in verde la rete esistente.

4.1.4 Sezioni tipologiche di scavo

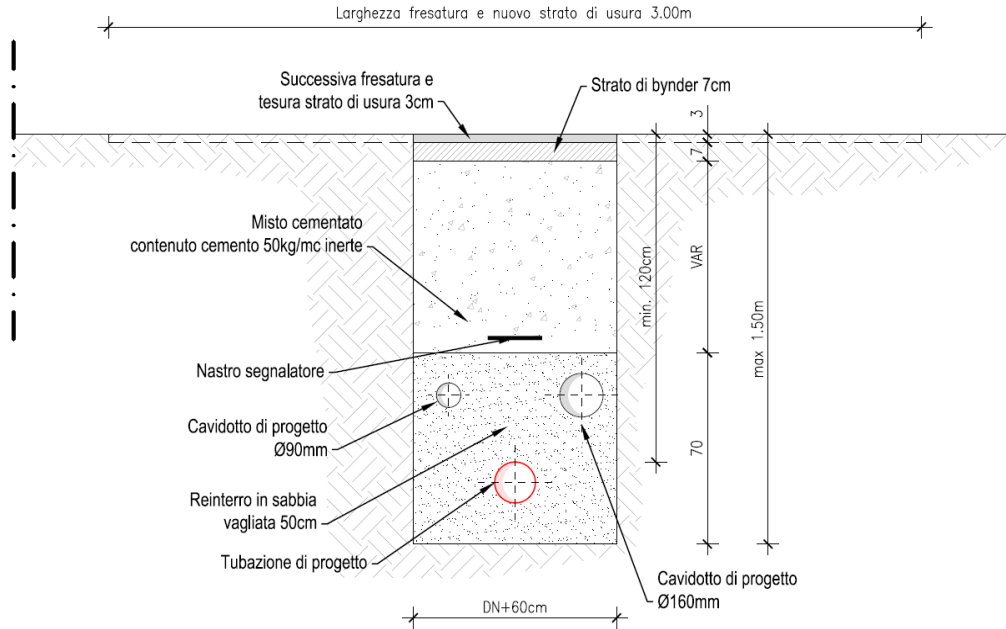
Per la posa delle tubazioni di rete idrica in acciaio e cavidotti si prevede una trincea di scavo di larghezza massima pari a 0,75 m e profondità mediamente pari a 1,60 m.

Per garantire la protezione della rete acquedottistica dall'onda termica annuale sarà garantito un ricoprimento minimo di 1,20 m sulla generatrice superiore del tubo.

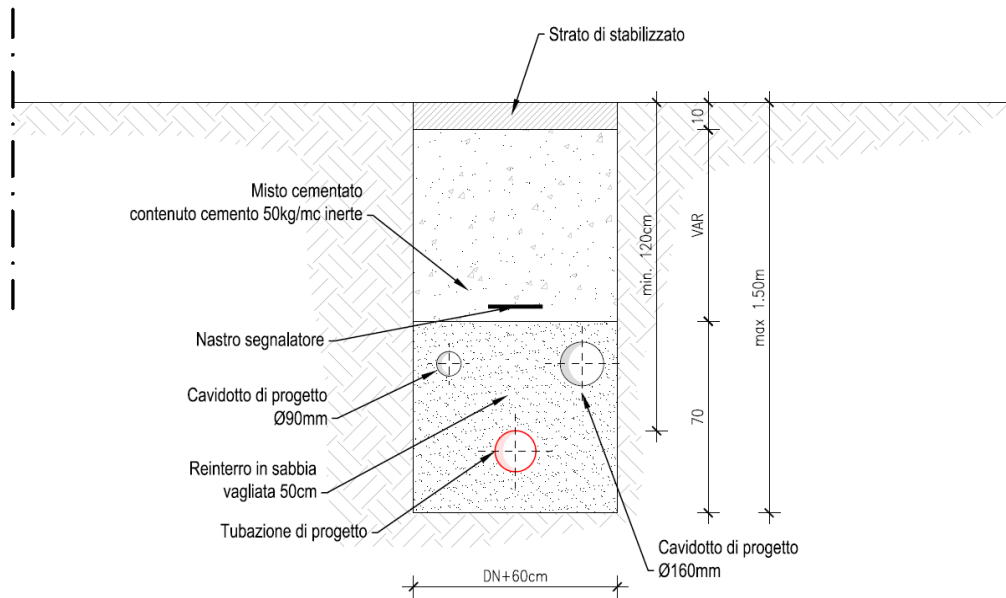
Si sono distinte diverse tipologie di scavo e ripristino:

- strade provinciali asfaltate;
- strade provinciali non asfaltate;
- strade comunali asfaltate;
- strade non asfaltate o sterrate;
- percorsi su prato.

**SEZIONE TIPO CONDOTTA
SU STRADA PROVINCIALE ASFALTATA**
scala 1:20

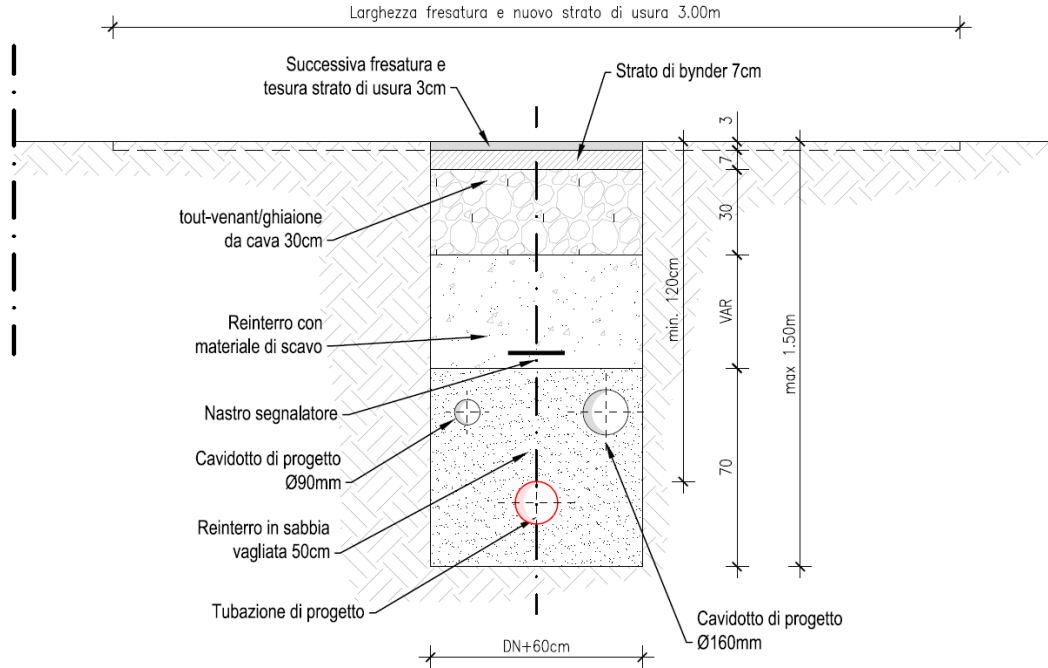


**SEZIONE TIPO CONDOTTA
SU STRADA PROVINCIALE NON ASFALTATA**
scala 1:20



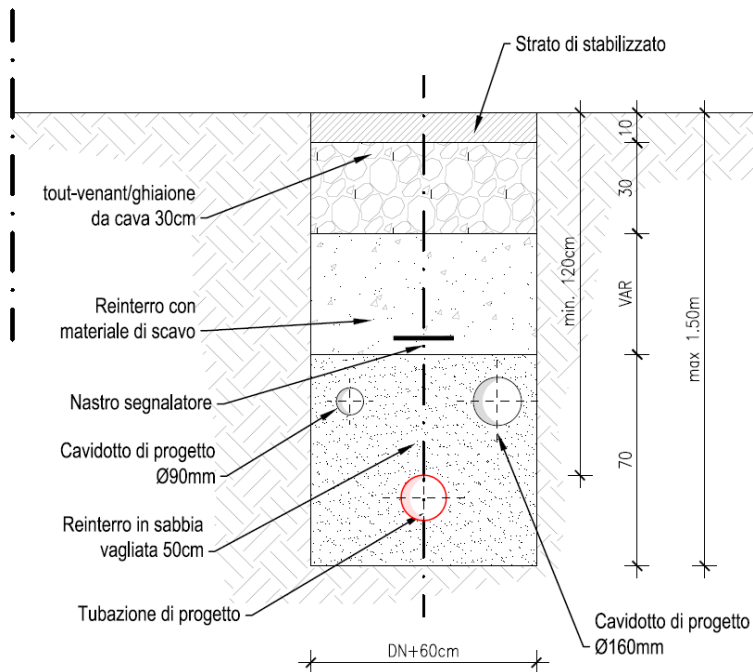
**SEZIONE TIPO CONDOTTA
SU STRADA COMUNALE ASFALTATA**

scala 1:20



**SEZIONE TIPO CONDOTTA
SU STRADA COMUNALE NON ASFALTATA**

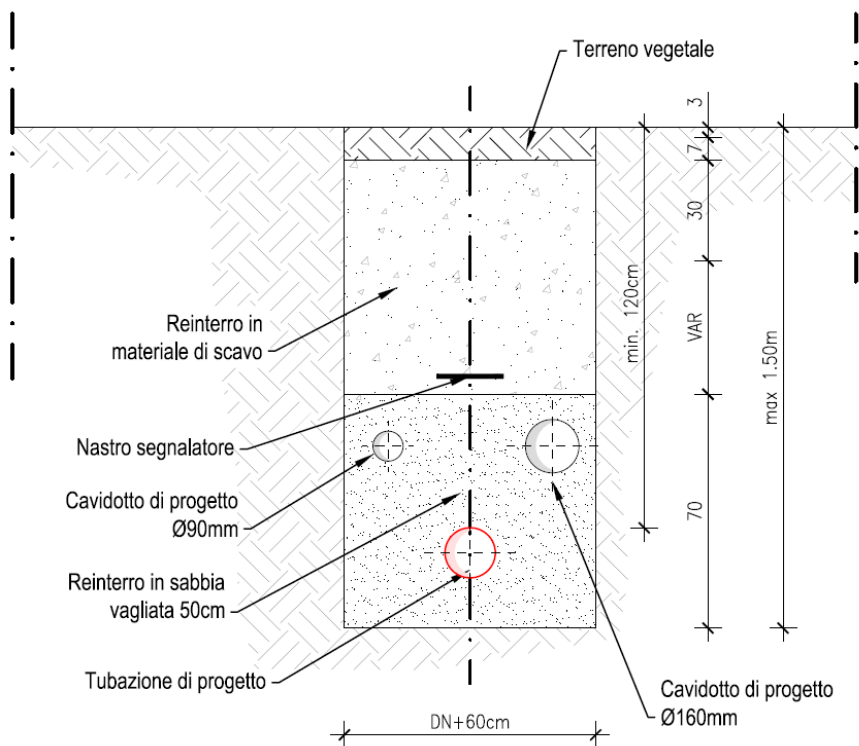
scala 1:20





SEZIONE TIPO CONDOTTA

SU PRATO

scala 1:20



 Consiglio di Bacino Veronese	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

4.2 SERBATOI ED IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO DI NUOVA REALIZZAZIONE

All'interno del presente progetto sono stati inseriti una serie di manufatti idraulici di nuova realizzazione, aventi la funzione di rilancio, accumulo e riserva idrica in caso di rotture e disservizi. In particolare gli interventi di estensione della rete idrica prevedono:

- un impianto di rilancio, ubicato in prossimità del confine tra i comuni di Sant'Anna D'Alfaedo ed Erbezzo, equipaggiato con pompe booster, denominato Volpina e posto all'incirca a quota 1294 m. s.l.m.;
- due serbatoi di accumulo: il primo sul monte Cornetto (in prossimità del confine tra i comuni di Sant'Anna D'Alfaedo ed Erbezzo), all'incirca a quota 1530 m. s.l.m., ed il secondo sul monte Castelberto (in comune di Erbezzo), all'incirca a quota 1750 m. s.l.m., entrambi della capacità di circa 98 m³;
- due serbatoi di accumulo e rilancio, lungo la linea D - C: il primo, denominato Derocchetto e previsto all'incirca a quota 1440 m. s.l.m., e il secondo, denominato Lessinia e previsto all'incirca a quota 1600 m. s.l.m., entrambi con una capacità di accumulo di circa 103 m³ ed equipaggiati con pompe di rilancio.



Si riporta di seguito una sintetica descrizione degli impianti di progetto, rimandando, per maggiori dettagli, agli elaborati grafici allegati.

4.2.1 Impianto di rilancio Volpina

E' costituito da un manufatto composto da un unico locale, di forma planimetrica rettangolare, dimensioni in pianta 6,5 x 4,0 m e altezza netta interna 2,70 m, in calcestruzzo armato gettato in opera. Il manufatto sarà ubicato lungo la strada comunale che dalla località Vallene di Sant'Anna d'Alfaedo porta al passo Fittanze, in comune di Erbezzo. L'opera sarà costruita interamente fuori terra, e incassata in un pendio caratterizzato da copertura erbosa e roccia affiorante, che degrada da SE verso NO. L'impianto sarà equipaggiato con due pompe di rilancio ad asse orizzontale, una delle quali avente funzione di riserva. All'interno del manufatto saranno realizzati tutti i collegamenti idraulici ed elettrici necessari al suo funzionamento, saranno installati i quadri elettrici di potenza, comando e telecontrollo, nonché gli strumenti di misura della portata e della pressione. L'impianto sarà infine dotato di una tubazione di scarico con recapito in un pozzetto disperdente ubicato nell'antistante piazzale di manovra. L'accesso all'impianto potrà avvenire agevolmente dall'esistente viabilità pubblica.

4.2.2 Serbatoio Cornetto

Consiste in un manufatto composto da una vasca di accumulo, avente capacità pari a circa 98 m³, e un locale tecnico, quest'ultimo strutturato su due livelli. Il manufatto, realizzato in calcestruzzo armato gettato in opera, avrà forma planimetrica rettangolare, dimensioni in pianta 10,80 x 7,30 m, è sarà ubicato in prossimità della sommità del monte Cornetto. L'opera, di altezza netta interna pari a 5,35 m, sarà parzialmente interrata entro il pendio posto a nord-est dell'esistente ripetitore televisivo. All'interno saranno realizzati tutti i collegamenti idraulici necessari all'alimentazione della vasca di accumulo e all'erogazione di portata a gravità da quest'ultima, oltre che gli scarichi di fondo e di superficie della vasca. Saranno installati valvole e strumenti di misura della portata e della pressione. L'impianto sarà equipaggiato con quadri elettrici di potenza e controllo. La vasca e il locale tecnico saranno separati da una parete in c.a.. Una porta stagna realizzerà la comunicazione tra i due vani al fine di permettere l'ispezionabilità della vasca. L'accesso all'impianto potrà avvenire dall'esistente viabilità pubblica, grazie alla realizzazione di una pista in stabilizzato che condurrà al manufatto.

 <small>Consiglio di Bacino Veronese</small>	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

4.2.3 Serbatoio Derocchetto

Consiste in un manufatto composto da una vasca di accumulo, avente capacità pari a circa 103 mc, e un locale tecnico. All'interno di quest'ultimo saranno installate le pompe di rilancio, una delle quali avente funzione di riserva. Il manufatto, realizzato in calcestruzzo armato gettato in opera, avrà forma planimetrica rettangolare, dimensioni in pianta 12,80 x 8,80 m, è sarà ubicato lungo la strada comunale Castelberto. L'opera, di altezza netta interna pari a 5,65 m, sarà incassata nel pendio posto ad est della viabilità. All'interno saranno realizzati tutti i collegamenti idraulici necessari all'alimentazione della vasca di accumulo e all'alimentazione delle pompe, oltre che gli scarichi di fondo e di superficie della vasca. Saranno installati valvole e strumenti di misura della portata e della pressione. L'impianto sarà equipaggiato con quadri elettrici di potenza, comando e controllo. La vasca e il locale tecnico saranno separati da una parete in c.a.. Una scala metallica realizzerà la comunicazione tra i due vani al fine di permettere l'ispezionabilità della vasca. L'accesso all'impianto potrà avvenire dall'esistente viabilità pubblica.

4.2.4 Serbatoio Lessinia

Consiste in un manufatto composto da una vasca di accumulo, avente capacità pari a circa 103 mc, e un locale tecnico. All'interno di quest'ultimo saranno installate le pompe di rilancio, una delle quali avente funzione di riserva. Il manufatto, realizzato in calcestruzzo armato gettato in opera, avrà forma planimetrica rettangolare, dimensioni in pianta 12,80 x 8,80 m, è sarà ubicato lungo la strada provinciale 14 dell'alta Valpantena. L'opera, di altezza netta interna pari a 5,65 m, sarà parzialmente interrata e incassata nel pendio posto ad est della viabilità. All'interno saranno realizzati tutti i collegamenti idraulici necessari all'alimentazione della vasca di accumulo e all'alimentazione delle pompe, oltre che gli scarichi di fondo e di superficie della vasca. Saranno installati valvole e strumenti di misura della portata e della pressione. L'impianto sarà equipaggiato con quadri elettrici di potenza, comando e controllo. La vasca e il locale tecnico saranno separati da una parete in c.a.. Una scala metallica realizzerà la comunicazione tra i due vani al fine di permettere l'ispezionabilità della vasca. L'accesso all'impianto potrà avvenire dall'esistente viabilità pubblica.

4.2.5 Serbatoio Castelberto

Consiste in un manufatto composto da una vasca di accumulo, avente capacità pari a circa 98 mc, e un locale tecnico, quest'ultimo strutturato su due livelli. Il manufatto, realizzato in calcestruzzo armato gettato in opera, avrà forma planimetrica rettangolare, dimensioni in pianta 10,80 x 7,30 m, è sarà ubicato in prossimità della sommità del monte Castelberto, lungo la strada provinciale 14 dell'alta Valpantena. L'opera, di altezza netta interna pari a 5,35 m, sarà parzialmente interrata entro il pendio che porta alla sommità del rilievo. All'interno saranno realizzati tutti i collegamenti idraulici necessari all'alimentazione della vasca di accumulo e all'erogazione di portata a gravità da quest'ultima, oltre che gli scarichi di fondo e di superficie della vasca. Saranno installati valvole e strumenti di misura della portata e della pressione. L'impianto sarà equipaggiato con quadri elettrici di potenza e controllo. La vasca e il locale tecnico saranno separati da una parete in c.a.. Una porta stagna realizzerà la comunicazione tra i due vani al fine di permettere l'ispezionabilità della vasca. L'accesso all'impianto potrà avvenire dall'esistente viabilità pubblica.

4.2.6 Serbatoio Dosso Brancon

Non sono previsti adeguamenti strutturali ma solamente tecnologici.

4.2.7 Serbatoio Tracchi

E' previsto un adeguamento strutturale e tecnologico del serbatoio esistente.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA E GEOTECNICA DEI LITOTIPI PRESENTI

Nella tabella seguente sono stati riportati i principali parametri desunti dalla bibliografia sui litotipi presenti nell'area in studio. A seguito delle indagini geognostiche effettuate, riportate nei capitoli successivi, tali parametri di base sono stati valutati e adattati correlando tra di loro le varie tecniche d'indagine e i parametri fisici rilevati, quali indicatori delle caratteristiche geomeccaniche dei litotipi stessi.

Formazione	Litotipo intatto o scarsamente fratturato				Litotipo fratturato con eventuale presenza di riempimenti argillosi				Litotipo carsificato con presenza di riempimenti argillosi			
	RMR	Classe	Coesione (daN/cm ²)	Φ (°)	RMR	Classe	Coesione daN/cm ²	Φ (°)	RMR	Classe	Coesione daN/cm ²	Φ
Biancone o Maiolica	50	III	2,6	30	30	IV	1,25	22				
Rosso Ammonitico	70	II	3,45	39	40	III	2,15	26	30	IV	1,55	20
Calcari grigi	85	I	4,25	47	45	III	2,25	27	33	IV	1,65	21

5.1 Rippabilità dei litotipi presenti

Le indagini MASW eseguite in corrispondenza di ciascun serbatoio hanno permesso di misurare le velocità delle onde sismiche *S* dei terreni che costituiranno il sedime di fondazione e il volume di terreno che sarà oggetto di scavo.

In bibliografia esistono delle correlazioni tra la rippabilità dei terreni e la velocità delle onde *P*.

La correlazione tra la velocità delle onde *S* (di taglio) e le onde *P* (di compressione), secondo quanto riportato in bibliografia è la seguente:



$$V_P = \rho V_S$$

dove $\rho = 1,5 \div 2$

Come riferimento si è utilizzata la *Standard Caltrans Rippability Chart*, riferita alle V_P di seguito riportata:

Velocity (m/s)	Rippability
< 1050	Easily Ripped
1050 – 1500	Moderately Difficult
1500 – 2000	Difficult Ripping / Light Blasting
> 2000	Blasting Required

Pertanto si forniranno indicazioni circa la rippabilità dei terreni di scavo e indicazioni sulla metodologia e tecnologia di scavo necessaria.

	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE

In corrispondenza di ciascun serbatoio in progetto sono state eseguite le seguenti indagini:

- Tomografia geoelettrica secondo la tecnica di “Imaging” (pseudosezioni) con intervallo elettrodo da 3 m, secondo gli arrangiamenti elettrodoici Wenner e Wenner-Schlumberger con strumentazione a 24 elettrodi;
- indagine sismica per la determinazione delle Vs nel sottosuolo secondo una sezione bidimensionale mediante la tecnica di Multichannel analysys of Surface Waves (MASW) con 12 geofoni con intervallo inter-geofonico di 4 metri;
- Prospezione sismica passiva (HVSR): realizzata mediante posizionamento a terra di una terna di registrazione a bassissima frequenza di rumore sismico ambientale;
- Rilievo geomeccanico degli affioramenti rocciosi per la determinazione del rock quality designation (RQD) per la caratterizzazione geomeccanica dei terreni.

6.1 DESCRIZIONE DELLE TECNICHE D'INDAGINE

6.1.1 Tomografia geoelettrica

6.1.1.1 La resistività elettrica

La resistività elettrica è l'attitudine di un materiale ad opporsi al passaggio della corrente elettrica. Nel sistema internazionale la resistività elettrica viene misurata in ohm per metro ($\Omega \cdot m$). Questa grandezza dipende solo dal materiale ed è una proprietà intrinseca di ogni materiale.

Nella seguente tabella sono riportate le resistività caratteristiche di alcuni materiali a condizioni normali (temperatura di 20 °C).

La resistenza elettrica è invece l'attitudine di un corpo ad opporsi al passaggio della corrente elettrica, quando sottoposto ad una tensione elettrica. Questa opposizione dipende dal materiale con cui è realizzato, dalle sue dimensioni, dalla sua geometria e dalla sua temperatura, e viene misurata in ohm (Ω).

La resistenza elettrica può essere descritta come rapporto tra la differenza di potenziale elettrico applicato ai capi di un conduttore e l'intensità della corrente elettrica che lo attraversa. In fisica questa legge viene definita come prima legge di Ohm:

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

Dove R è la resistenza elettrica, ΔV è la differenza di potenziale elettrico, I è la corrente elettrica.

Esiste poi una seconda legge di Ohm che mette invece in relazione la resistenza elettrica con le caratteristiche geometriche e fisiche del conduttore, ovvero la resistività ρ , la lunghezza L e la sezione S. L'esempio più semplice è quello in cui il conduttore è composto da un solo materiale, a sezione uniforme e il cui flusso di corrente al suo interno è anch'esso uniforme. In questo caso, la resistività ρ è legata alla resistenza R dalla relazione:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Dalla prima e dalla seconda legge di Ohm è possibile ricavare la resistività di un materiale, espressa come:

$$\rho = \frac{\Delta V S}{I L}$$

La conducibilità elettrica σ è l'opposto della resistività elettrica ed è definita come il coefficiente di proporzionalità tra la densità di corrente elettrica e l'intensità di un campo elettrico. La conduttività rappresenta l'attitudine di un corpo a lasciarsi attraversare da una corrente elettrica quando è immerso in un campo elettrico, ed è definito dalla seguente formula:

$$\sigma = \frac{JL}{\Delta V} = \frac{IL}{S\Delta V}$$

dove:

- I è la corrente elettrica che passa nell'elemento;
- $J = I/S$ è la densità di corrente elettrica passa nell'elemento;
- L è la lunghezza dell'elemento;
- S è l'area della sezione trasversale dell'elemento;
- ΔV è la differenza di potenziale misurata alle estremità dell'elemento

Fattori che influenzano la resistività elettrica delle rocce e dei suoli

Come è possibile notare dalle seguenti tabelle, differenti tipi di rocce presentano differenti valori di resistività.

Materiali	Resistività ($\Omega \cdot m$)
Quarziti	$2 \cdot 10^4$
Pirite	$10^{-4} \div 10$
Galena	$10^{-2} \div 300$
Grafite	$10^{-3} \div 1$
Bauxite	$200 \div 6000$
Graniti	$300 \div 10^4$
Basalti	$10 \div 10^3$
Lave attuali fuori falda	>20000
Rocce ignee lapidee non alterate	>1000
Tufi piroclastici in falda non alterati	>500
Rocce ignee completamente argillificate	>5
Calcari e dolomie	$100 \div 5000$
Arenarie	$60 \div 10^4$
Calcari marnosi	$100 \div 300$
Mame calcaree	$50 \div 100$
Mame	$20 \div 40$
Scisti e rocce metamorfiche non argillose	>500
Argilloscisti o scisti filladici alterati	$20 \div 50$
Sabbie e ghiaie asciutte non argillose	>1000
Sabbie e ghiaie non argillose in falda	$100 \div 500$
Sabbie e ghiaie non argillose in acqua salata	$0.5 \div 5$
Limi sabbiosi in falda	$30 \div 100$
Limi argillosi	$20 \div 50$
Argille (acqua dolce)	$10 \div 120$
Argille (acqua salata)	$1 \div 10$

I fattori che influenzano la conducibilità elettrica di una formazione rocciosa sono:

- il contenuto di acqua presente nei pori della roccia;
- il contenuto ionico presente nell'acqua contenuta all'interno dei pori della roccia;
- il contenuto di minerali argillosi.

$$\rho = a \Phi^{-m} \rho_w$$

dove ρ è la resistività complessiva della roccia, ρ_w è la resistività dell'acqua che la imbibisce espresse in $\Omega \cdot m$, Φ è la porosità totale (ovvero il rapporto percentuale tra il volume dei vuoti presenti all'interno della roccia e il volume totale), espressa in percentuale, a ed m sono dei parametri adimensionali sperimentalmente determinati.

Tale equazione esprime una correlazione inversa tra la resistività di una roccia non argillosa satura e la sua porosità: resistività e porosità sono inversamente proporzionali. La resistività ρ_w della soluzione acquosa, ad una data temperatura, è funzione inversa della salinità, ossia della concentrazione in essa di ioni, che ne aumenta la conducibilità; inoltre, per una data salinità, essa è anche funzione inversa della temperatura, che, facendo diminuire la viscosità del fluido, incrementa la mobilità degli ioni.

Metodi di misura della resistività sul terreno

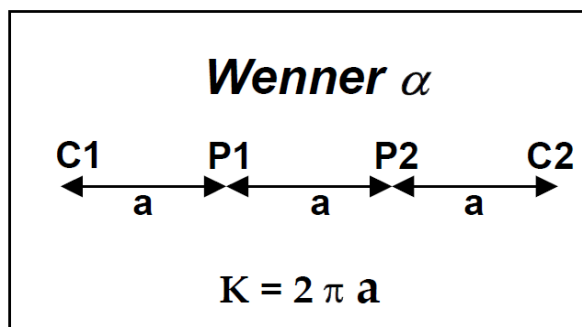
La tomografia elettrica (Torrese, 2016; Torrese e Pilla 2015, 2016) permette di ottenere una ricostruzione dettagliata delle variazioni di resistività del sottosuolo. Questo metodo prevede l'acquisizione di un numero elevatissimo di misure elettriche. I dati acquisiti vengono elaborati mediante un processo di inversione che permette di ricostruire modelli bidimensionali (sezioni).

Varie configurazioni elettrodiche

In relazione alla posizione reciproca degli elettrodi di corrente rispetto a quelli di potenziale, è possibile realizzare varie tipologie di configurazioni elettrodiche (array). Naturalmente, per agevolare le acquisizioni in campagna si preferisce utilizzare degli array che consentano di realizzare delle configurazioni piuttosto semplici e poste lungo lo stesso azimut.

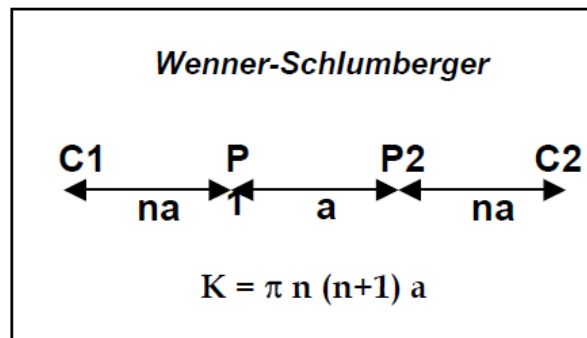
Configurazione Wenner

La configurazione Wenner α è caratterizzata dal fatto che gli elettrodi di potenziale sono posti al centro degli elettrodi di corrente e la distanza tra i vari elettrodi (distanza interelettrodica) è sempre la stessa ed è pari ad a . Il valore del fattore geometrico relativo a tale dispositivo è pari a $2\pi a$. Il fattore geometrico del Wenner α , risulta essere, il più basso tra i dispositivi più comunemente utilizzati. Pertanto è il tipo di array che consente di ottenere la massima intensità del segnale e i dati che si misurano con questo dispositivo risultano essere poco rumorosi.



Questo tipo di dispositivo risulta essere un ibrido tra il dispositivo Wenner e quello Schlumberger (Pazdirek e Blaha, 1996). Il classico dispositivo Schlumberger è utilizzato comunemente per realizzare dei sondaggi di resistività ma, con degli opportuni accorgimenti, è possibile utilizzare lo stesso dispositivo anche per effettuare delle tomografie. La spaziatura tra gli elettrodi di potenziale rimane costante e pari ad a mentre la spaziatura tra gli elettrodi di corrente aumento secondo multipli interi di a .

Il valore di n , in questo caso è dato dal rapporto tra la distanza degli elettrodi C1-P1 (o P2-C2) e la spaziatura tra gli elettrodi di potenziali P1-P2. La distribuzione delle misure di questa tipologia di array è confrontabile con quella Wenner ma la copertura orizzontale che si raggiunge con questa tipologia di acquisizione, è maggiore.



6.1.2 Metodo MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica geofisica di indagine non invasiva del sottosuolo basata sulla dispersione geometrica delle onde superficiali, in particolare delle onde Rayleigh. La dispersione delle onde Rayleigh è un fenomeno per cui differenti lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità (velocità di fase), campionando diversi strati in profondità; in un terreno eterogeneo verticalmente quindi, la velocità di propagazione delle onde Rayleigh risulta essere strettamente dipendente dalla frequenza. Le onde con frequenze elevate (basse lunghezze d'onda) si propagano nelle porzioni meno profonde, vicino al piano campagna, e danno informazioni relative alle proprietà meccaniche di quelle zone, mentre le componenti di bassa frequenza coinvolgono gli strati più profondi.

L'acquisizione dei dati inerenti alla dispersione delle onde superficiali viene effettuata per mezzo di diversi ricevitori (accelerometri o geofoni) posizionati in maniera adeguata sul piano campagna; una volta registrati i dati relativi alla propagazione delle onde nel sottosuolo, questi vengono analizzati ed elaborati attraverso complesse tecniche computazionali che permettono di ottenere l'informazione desiderata; le applicazioni principali del metodo MASW sono la ricostruzione del profilo di velocità delle onde di taglio, la classificazione dei terreni di fondazione e la determinazione della profondità del substrato.

La procedura standard per la realizzazione di un'indagine basata sulla dispersione delle onde superficiali consiste in tre fasi; la prima è l'acquisizione dei dati di campagna, la seconda è l'elaborazione del segnale registrato per ricavare la curva di dispersione sperimentale ed infine la terza fase riguarda il processo d'inversione mirato a stimare le proprietà del sito investigato.

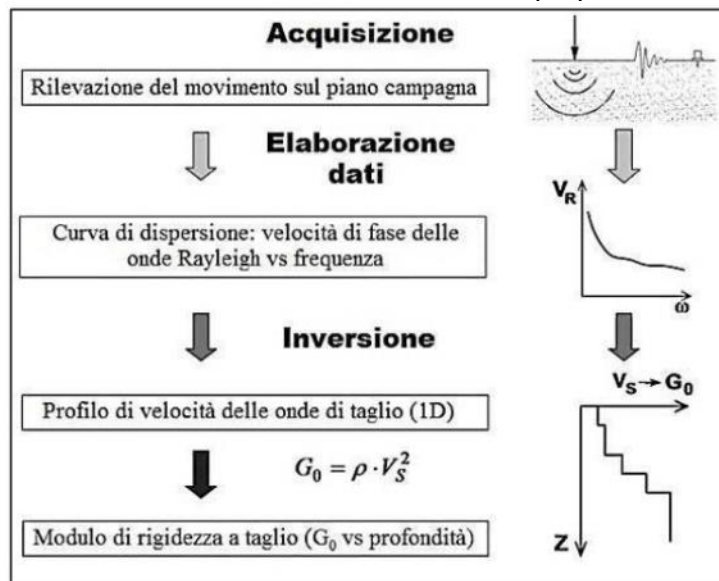


Diagramma di flusso relativo alle indagini basate sulla dispersione delle onde superficiali (da Foti, 2005).

La scelta dell'attrezzatura e della configurazione dei ricevitori, è strettamente connessa all'obiettivo dell'indagine che si vuole eseguire e alla tecnica che si utilizzerà per eseguire l'interpretazione dei dati elaborati; esistono infatti alcune indicazioni pratiche che risultano essere utili nella scelta dei parametri di acquisizione sia nel tempo che nello spazio: tra le principali si consiglia che la lunghezza dello stendimento debba essere almeno il doppio della profondità di investigazione desiderata, l'utilizzo di geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz per indagini geotecniche) spazati di una distanza compresa tra 1 e 5 metri e che la durata della registrazione sia sufficiente per acquisire l'intero treno d'onde.

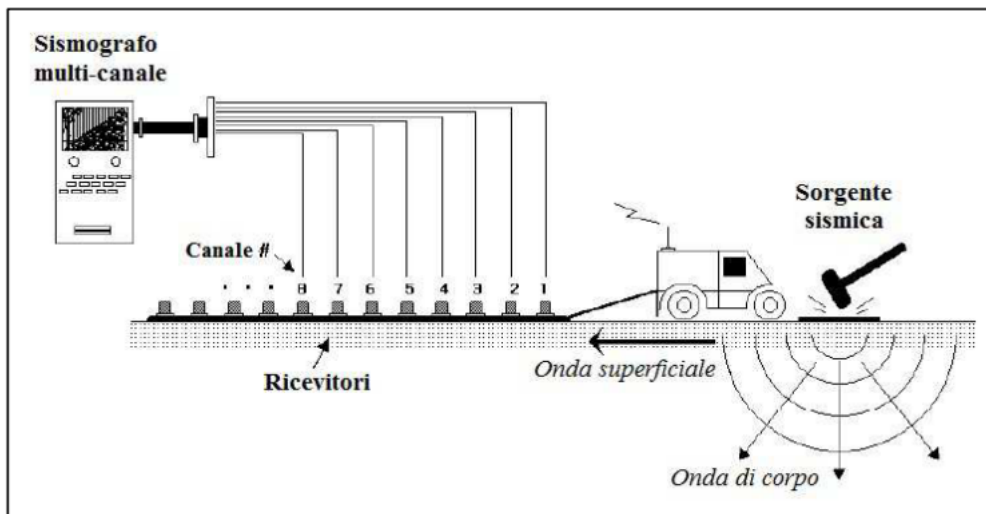
È importante ricordare che le onde Rayleigh viaggiano in una zona spessa circa una lunghezza d'onda dal piano campagna e sono informative delle caratteristiche di questa porzione di terreno; inoltre la relazione tra frequenza, lunghezza d'onda e velocità di fase comporta che l'intervallo di frequenza di interesse sia strettamente connesso ai materiali che devono essere investigati (es. in terreni soffici, una penetrazione profonda richiede componenti di bassa frequenza).

Generalmente i segnali vengono acquisiti nel dominio spazio-tempo in modo tale da poter essere reinterpretati con differenti tecniche d'elaborazione; l'informazione relativa alla propagazione delle onde superficiali è contenuta nei segnali e, come detto precedentemente, può essere estratta attraverso differenti tecniche computazionali.

6.1.2.1 Strumentazione

Nell'esecuzione di un'indagine sismica basata sulla dispersione delle onde superficiali, sono indispensabili i seguenti strumenti:

- ricevitori singoli o multipli;
- un dispositivo di acquisizione dei segnali sismici (sismografo);
- una sorgente di onde sismiche (nel caso di metodi attivi).



Configurazione schematica della strumentazione utilizzata per eseguire un'indagine MASW (da Park et al., 2001).



Il metodo MASW utilizza un numero multiplo di ricevitori disposti generalmente in maniera lineare e spazati di una stessa distanza; ciascun ricevitore è collegato inoltre ad un unico dispositivo di registrazione. Il tipo di ricevitori e la loro interdistanza sono scelti solitamente in relazione con la profondità d'investigazione che si vuole raggiungere; ad esempio se si vogliono avere informazioni su strati profondi, è necessario utilizzare geofoni a bassa frequenza. Nella pratica comune si usano geofoni a 4,5 Hz che possono essere maneggiati con più facilità e che sono meno costosi rispetto ai geofoni a minor frequenza.

Il dispositivo di acquisizione può essere di diversi tipi; la sua funzione principale è digitalizzare e registrare i segnali elettrici analogici generati dai ricevitori.

Nei metodi attivi l'onda viene generata da una sorgente di onde sismiche; diversi tipi di sorgenti sismiche possono essere utilizzate a seconda del range di frequenza di interesse per l'applicazione: ad esempio facendo uso di semplici mazze si ottengono segnali ad alta frequenza (7-200 Hz) mentre aumentando la massa che genera le onde si possono avere segnali a bassa frequenza (2-40 Hz). Le sorgenti pesanti sono quindi necessarie per investigare gli strati più profondi mentre quelle più leggere sono utili per caratterizzare le porzioni più superficiali del sottosuolo.

Lo stendimento dei ricevitori utilizzato nel metodo MASW è composto da geofoni multipli collocati lungo una linea rettilinea e la sorgente è posta ad uno dei due capi dell'array.

Un'operazione molto importante da eseguire è la scelta dei parametri di campionamento sia nel tempo che nello spazio; i parametri di campionamento nel tempo vengono impostati direttamente sul dispositivo di acquisizione, mentre quelli nello spazio sono determinati dalla geometria dello stendimento e sono soggetti ad alcune restrizioni dovute ad esempio al numero di ricevitori disponibili e all'estensione del sito. Nella pratica comune si utilizza un'interdistanza costante tra i geofoni, questo perché i processi successivi di elaborazione dei dati risultano essere più semplici. È importante ricordare che una spaziatura elevata tra i ricevitori permette di rilevare ampie lunghezze d'onda e di caratterizzare quindi gli strati più profondi; allo stesso tempo però, l'attenuazione delle

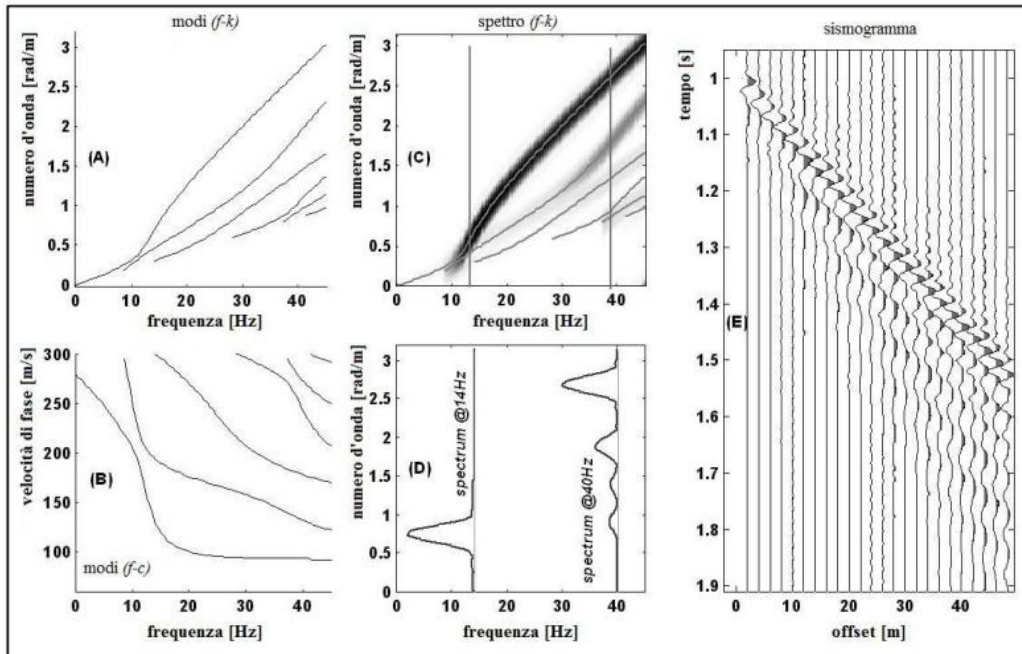
	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

componenti ad alta frequenza, provoca la perdita delle informazioni contenute in queste frequenze e la conseguente diminuzione della risoluzione nella parti superficiali del terreno. Per quanto riguarda invece la scelta dei parametri di acquisizione nel tempo, essa è in relazione con il range di frequenza di interesse dell'operatore (es. 5-100 Hz per applicazioni ingegneristiche); un passo di campionamento di 2 ms (corrispondente ad una frequenza di Nyquist di 250 Hz) è solitamente sufficiente per le analisi basate sulla dispersione delle onde superficiali poiché la risoluzione nel dominio del tempo non è molto rilevante. La lunghezza totale del segnale nel tempo è in relazione all'intervallo di frequenza del segnale trasformato nel dominio della frequenza, quindi è importante avere una finestra di acquisizione di almeno 1 s (frequenza di risoluzione di 1 Hz); in ogni caso è necessario che l'intero evento venga registrato.

Elaborazione dati

La fase successiva all'acquisizione dei dati di campagna riguarda tutti processi relativi alla loro elaborazione. I dati vengono dunque trattati attraverso diverse procedure che permettono di stimare la cosiddetta curva di dispersione sperimentale, ovvero la relazione tra la velocità di fase e la frequenza. Tali procedure ricorrono ad una varietà di strumenti per l'analisi del segnale basati principalmente sulla trasformata di Fourier. Facendo uso dell'analisi di Fourier infatti, è possibile separare le differenti componenti della frequenza di un segnale, le quali vengono successivamente utilizzate per stimare la velocità di fase attraverso diversi approcci in relazione alle caratteristiche dell'indagine svolta e al numero di ricevitori.

I metodi di elaborazione dei dati basati sulla trasformata di Fourier sono i più utilizzati e consistono nella trasformazione dei dati sperimentali dal dominio spazio-tempo a domini differenti, nei quali la curva di dispersione viene agevolmente ricavata dai massimi spettrali. Ad esempio applicando una doppia trasformata di Fourier ai dati di campo, la curva di dispersione può essere identificata come i massimi nel grafico frequenza-velocità di fase (f-c). L'equazione che sta alla base del metodo MASW è l'equazione del movimento relativa ad un mezzo lateralmente omogeneo, assumendo un campo di deformazione piano e imponendo le condizioni al contorno relative alle onde in un semispazio con una superficie libera; dopo aver imposto la condizione di continuità dello sforzo e della deformazione alle interfacce degli strati, il risultato che si ottiene è un problema lineare differenziale di autovalori. Tale problema presenta una soluzione non nulla solamente per determinati valori del numero d'onda; questa soluzione, relativa ad un sistema stratificato, si trova stabilendo una relazione particolare tra la frequenza e il numero d'onda: l'equazione che ne risulta è conosciuta come la funzione secolare di Rayleigh. Per una determinata frequenza, può esistere una soluzione solamente per specifici valori del numero d'onda: nei sistemi verticalmente eterogenei questo fatto si traduce in una funzione polidroma della frequenza che rappresenta le curve modali. Sebbene ad una singola frequenza, gli autovalori implicino una serie di soluzioni discrete possibili, ciascuna con un massimo di energia concentrato in corrispondenza di uno specifico numero d'onda, la dispersione produce comunque dei lobi nel grafico f-k. Una volta stimati i numeri d'onda per ciascuna frequenza, questi valori vengono utilizzati per costruire la curva di dispersione sapendo che la velocità di fase è pari al rapporto tra la frequenza e il numero d'onda.



Schema della procedura comunemente adottata per ricostruire una curva di dispersione. I grafici (A) e (B) rappresentano le curve modali rispettivamente in f-k e in f-c mentre il grafico (C) mostra lo spettro f-k nel quale il primo modo di propagazione è dominante. Il riquadro (D) evidenzia i lobi prodotti dalla dispersione nel dominio f-k mentre il grafico (E) è il sismogramma di partenza (da Strobbia et al., 2004).

Nella pratica comune, per procedere con l'elaborazione dei dati, si assume che la maggior parte dell'energia sia associata al modo fondamentale di propagazione delle onde di Rayleigh.

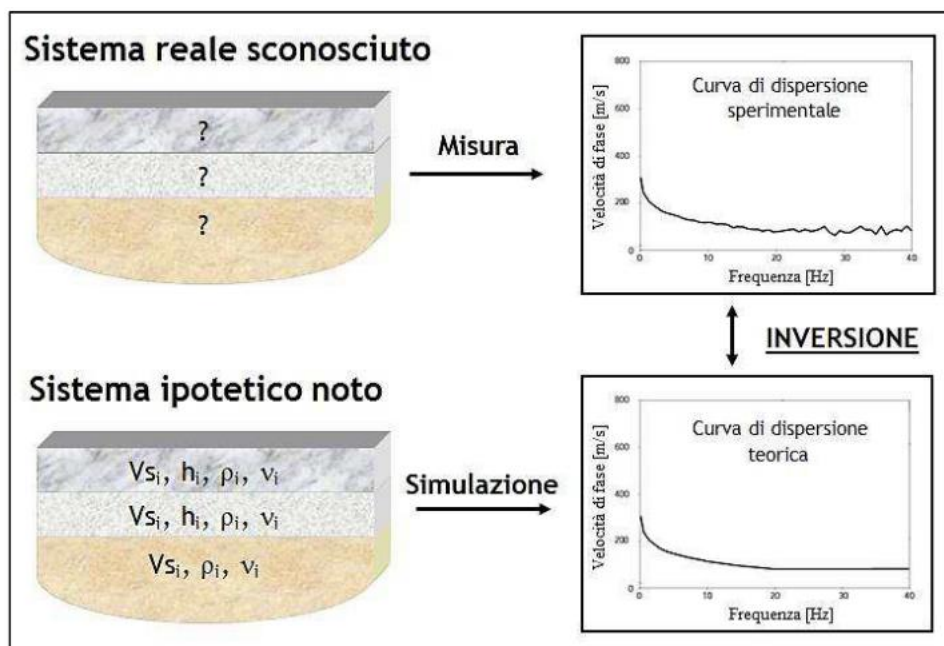
Nel presente studio l'acquisizione dei dati di campagna per quanto riguarda le indagini MASW è stata eseguita tramite un array lineare totalmente digitale (modello ECHO 24/2002 Seismic Unit), costituito da 12 geofoni da 4,5 Hz. Ogni geofono è collegato, tramite un cavo sismico a 12 take-outs ciascuno spaziato a 4 metri con connettore "cannon" NK27, al sismografo, presso il quale la curva di dispersione frequenza-velocità di fase (f-c) viene ricostruita mediante il software "Easy MASW"; la sorgente sismica utilizzata è una mazza di 6 kg (sorgente impulsiva) posta ad una distanza di 4 metri dal primo ricevitore mentre i parametri di campionamento del segnale sono un tempo di campionamento di 0.000131 s e una finestra di acquisizione di 1 secondo. Dopo aver ricostruito la curva di dispersione sperimentale si è proceduto all'individuazione dei massimi della velocità di fase ad intervalli di frequenza regolari (picking); in queste indagini si è deciso di eseguire l'operazione di picking solamente per le frequenze superiori ai 5-6 Hz per il semplice motivo che una mazzata non riesce a generare frequenze al di sotto dei 5-6 Hz. Eliminando i dati relativi alle frequenze inferiori a 5 Hz, si diminuisce il margine di errore del modello finale aumentandone l'affidabilità. I valori individuati durante la fase di picking, sono delle coppie frequenza-velocità di fase che verranno utilizzate nel processo d'inversione finale.

Inversione

Il processo d'inversione dei dati sperimentali è l'ultimo dei passaggi da svolgere e fornisce il profilo della velocità delle onde di taglio derivante dalle caratteristiche di dispersione osservate dai dati sperimentali.

Il processo d'inversione per il trattamento dei dati MASW condotto in questo studio è stato realizzato mediante l'utilizzo del programma "Easy MASW".

Durante l'inversione il primo passaggio è correlare i parametri che derivano dalle analisi con ECHO TROMO HVSR3 e quindi fittare i dati M.A.S.W. con le curve H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). Successivamente il programma risolve il sistema di equazioni di tutti gli strati inseriti nel modello ipotetico e restituisce per ciascuno strato, la velocità delle onde di taglio calcolata, in modo tale da ricostruire il profilo della velocità delle onde di taglio del sito investigato.



Schema riassuntivo del metodo MASW eseguito nel presente lavoro.

Le indagini MASW eseguite nel presente lavoro hanno permesso di caratterizzare con un buon grado di dettaglio i primi 10 metri di sottosuolo dal punto di vista sismico.

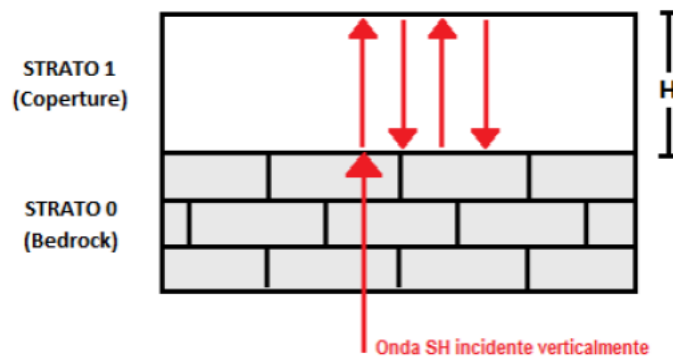
6.1.1 Indagini di sismica passiva a stazione singola (HVSr)

In un sistema costituito da uno strato tenero (copertura) adagiato da un substrato rigido (bedrock) un'onda di volume SH incidente verticalmente dal basso tenderà a rimanere intrappolata nello strato tenero per riflessioni multiple (alla superficie libera, nuovamente al bedrock e così via) e darà luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti $\lambda = n \cdot 4H$. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza di detta onda sono descritte dalla legge:

$$f = n \frac{V_s}{4H}$$

n= 1, 3, 5.....

dove n indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.), V_s è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e H è lo spessore di detto strato (strato 1 in figura seguente). Nella maggior parte dei casi, a causa dell'attenuazione, il solo modo visibile è il fondamentale.





Intrappolamento e successive riflessioni di un'onda sismica SH incidente verticalmente dal basso in uno strato di copertura di spessore H sovrastante un substrato rigido

La prova sismica a stazione singola viene di solito utilizzata per stimare queste frequenze di risonanza, ossia le frequenze alle quali viene amplificato il moto del terreno. La prova viene chiamata H/V (rapporto tra la componente spettrale orizzontale H e quella verticale V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989). Essa si fonda su un segnale composto per la maggior parte da onde di superficie (Rayleigh e Love) e sfrutta la proprietà per cui la componente spettrale verticale (Rayleigh) si 'annulla' in corrispondenza delle frequenze di risonanza dell'onda SH. Questo è il motivo per cui si osserva un massimo nella curva H/V in corrispondenza di queste frequenze. La tecnica H/V non ha bisogno però di un evento sismico per poter essere effettuata, in quanto il terreno è normalmente investito da un tremore ambientale continuo. Si può inoltre notare dall'equazione riportata sopra, che la tecnica H/V può fornire dati stratigrafici, in quanto conoscendo la V_s delle coperture, attraverso la f misurata si può risalire alla profondità dei riflettori sismici principali, oppure, noto lo spessore degli strati, se ne può stimare la V_s .

Strumentazione

Le misure di microtremore a stazione singola a scopo di microzonazione sismica si effettuano per mezzo di sismometri o tromometri (del tipo *ECHO TROMO HVSr3* nel presente studio) tricomponenti sufficientemente sensibili nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (0.1-20 Hz, corrispondenti alle frequenze dei modi di vibrare della maggior parte delle strutture). Per definirsi sufficientemente sensibile, lo strumento deve essere in grado di rilevare segnale anche nei punti più silenziosi della superficie terrestre. Di fatto non esistono modelli statisticamente affidabili che descrivono il minimo del rumore di fondo su roccia in questa banda di frequenze poiché si tratta un intervallo di modesto interesse sismologico, che tradizionalmente si concentra su frequenze inferiori.

 <small>Consiglio di Bacino Veronese</small>	Estensione della rete idrica ed elettrica alle maglie dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

6.1.1.1 Acquisizione

La misura di microtremore a stazione singola deve avere una durata commisurata alla frequenza di indagine di interesse. Nella già citata ipotesi che una misura di interesse ingegneristico ricada nell'intervallo 0.1-20 Hz, segue che un campionamento adeguato deve durare 12-15 min, in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s di lunghezza e da avere almeno 20-30 finestre su cui effettuare una media, considerando anche che qualcuna potrà dover essere rimossa per la presenza di disturbi che alterano lo spettro medio.

La frequenza di campionamento adeguata per questo tipo di prove non deve essere inferiore a 50 Hz, in modo da permettere una ricostruzione spettrale sino ad almeno 20 Hz. Lo strumento di misura va posto a diretto contatto col terreno e reso solidale con questo senza interfacce intermedie. La misura sismica passiva va effettuata direttamente su terreno naturale e quando questo non fosse possibile è necessario tener conto degli effetti indotti dai terreni artificiali rigidi in questo tipo di misure. L'orientamento strumentale secondo il Nord geografico, sebbene si tratti di una convenzione, è stato mantenuto in tutte le prove eseguite in questa campagna di acquisizione.

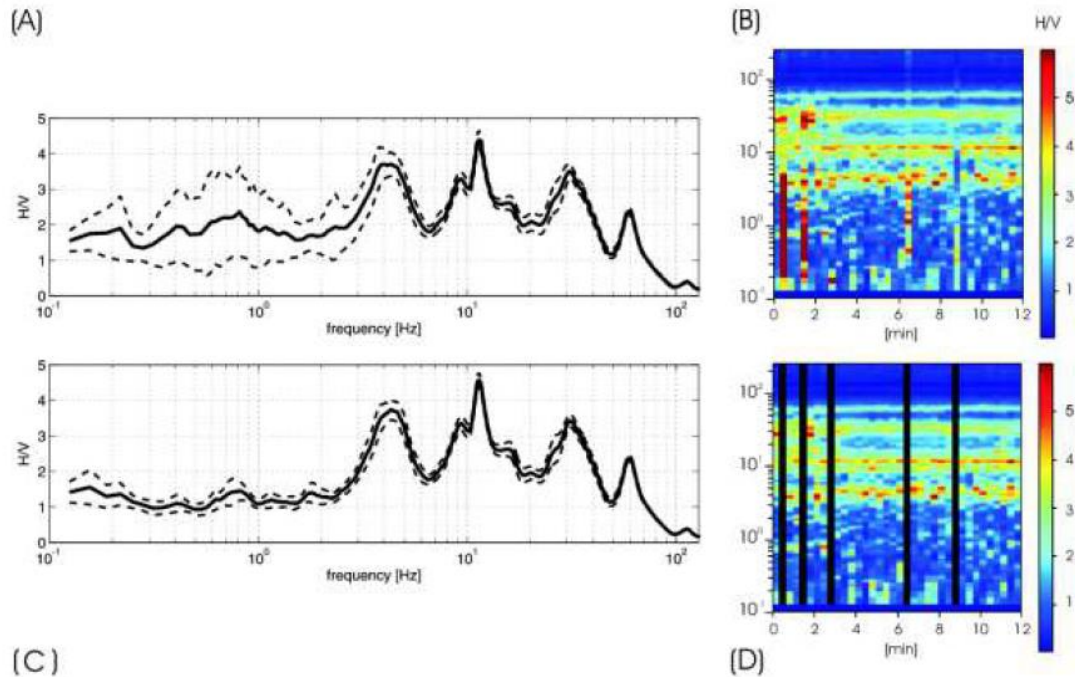
Analisi dei dati

Nel presente studio di Microzonazione Sismica è stato utilizzato il software Grilla (2015) Rel. 7.0 per l'elaborazione e l'analisi dei dati acquisiti attraverso il tromometro.

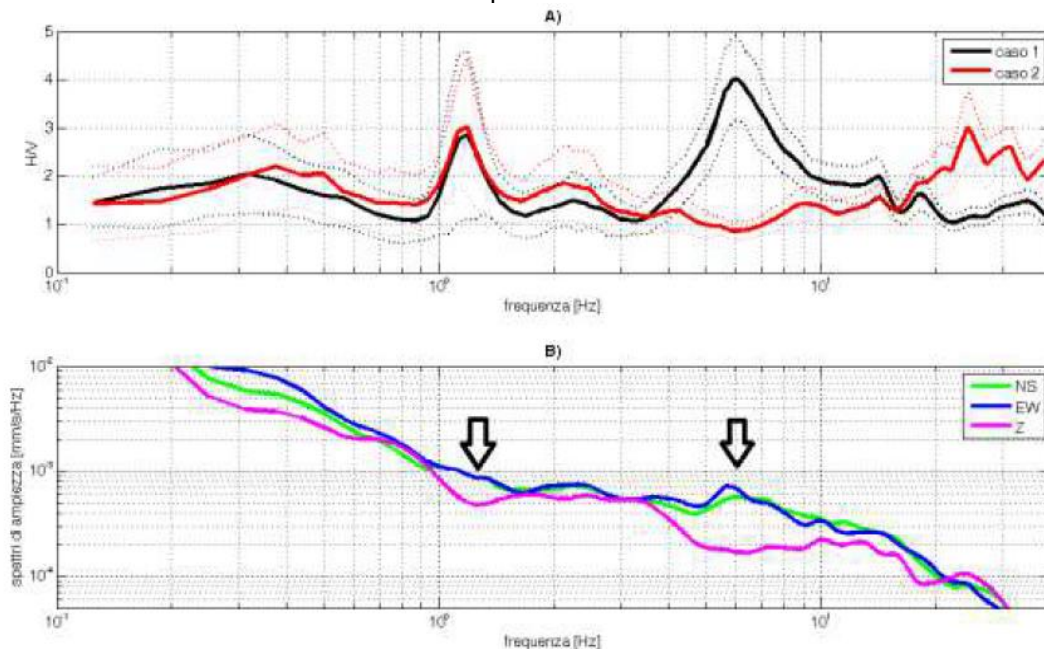
Le serie temporali registrate nelle tre componenti del moto vengono analizzate secondo procedure spettrali di vario tipo (FFT, wavelet, ecc.) fino alla produzione delle curve H/V, dove H è la media di due componenti spettrali orizzontali ortogonali. Si rimanda a SESAME (Site Effect Assessment using Ambient Excitations, 2005) per uno dei possibili esempi di protocollo di analisi. Prima di qualsiasi interpretazione delle curve H/V sono indispensabili due accorgimenti:

1. la curva H/V deve essere statisticamente significativa, ossia essere caratterizzata da una deviazione in ampiezza e in frequenza ridotta. Quando questa caratteristica non sia presente sin dall'inizio, essa va ricercata tramite una pulizia del tracciato. Esistono diversi metodi per "pulire" una curva H/V. SESAME (2005) propone la rimozione nella serie temporale di quelle finestre caratterizzate da una deviazione del segnale (STA, media a breve termine) maggiore della media a lungo termine (LTA). Tuttavia le procedure che propongono la rimozione dei disturbi sulla base della serie temporale non appaiono le più indicate quando l'obiettivo è pulire una curva che è funzione della frequenza. La pulizia deve infatti essere rivolta alla ricerca di un rapporto H/V stabile e quindi alla rimozione delle sole finestre in cui questo rapporto risulti alterato, a parità di frequenza, tra i canali H e i canali V. Questo tipicamente avviene in presenza di segnali di natura impulsiva, che presentano cioè spettri bianchi. Un esempio di pulizia del segnale nel dominio delle frequenze è dato nella figura seguente;
2. le curve H/V non vanno mai osservate da sole ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui derivano. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli di natura antropica. In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma "a occhio" o "a ogiva". Questa forma è indicativa di picchi H/V di origine stratigrafiche.

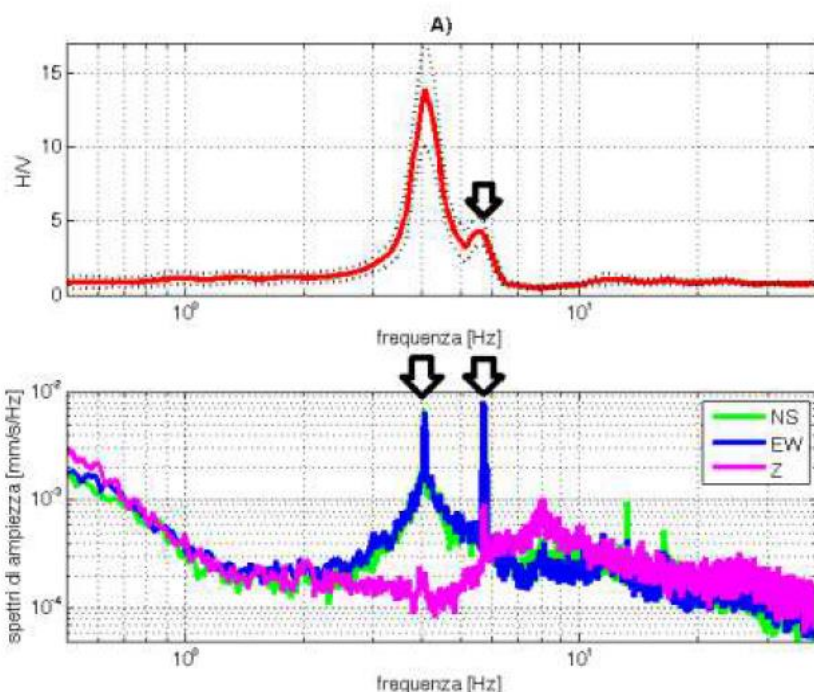
E' evidente però che in una misura di tremore entrano anche vibrazioni monofrequenziali (artefatti) indotte da macchinari o simili. Queste si traducono in picchi stretti (δ) ben definiti su tutte e tre le componenti spettrali e quando l'ampiezza sulle tre componenti non è simile, danno luogo a picchi o gole artefattuali nelle curve H/V. La differenza nei pattern spettrali tra il caso naturale e quello artefattuale rende agevole la distinzione dei picchi H/V stratigrafici da quelli antropici, in modo particolare lavorando su spettri poco liscciati.



Pulizia della curva H/V nel dominio delle frequenze. (A) curva H/V media e deviazione standard non pulita; (B) serie temporale degli H/V per ciascuna finestra di analisi della durata di 20 s (ordinata: frequenze, ascissa: tempi, colore: H/V); (C) curva H/V e deviazione standard dopo la rimozione dei disturbi; (D) serie temporale degli H/V per ciascuna finestra di analisi della durata di 20 s (ordinata: frequenze, ascissa: tempi, colore: H/V). Le bande nere verticali indicano le finestre rimosse perché caratterizzate da disturbi che alterano l'H/V medio



A) Esempi di curve H/V registrate a 40 m di distanza. Nella curva 1 emerge un picco a 6 Hz legato alla presenza di un livello di ghiaie a 12 m di profondità che è assente nella curva relativa al sito 2. Nel dominio delle medio-basse frequenze le curve sono statisticamente uguali. B) Spettri delle singole componenti del moto (NS, EW e Z) registrati nel sito 1. Le frecce evidenziano le forme “a ogiva” caratterizzate da un minimo locale della componente verticale che caratterizzano i picchi H/V di natura stratigrafica



Esempio di picco H/V stratigrafico (4 Hz) cui sono sovrapposti due artefatti (a 4 e 6 Hz) di origine antropica. La curva H/V è lisciata al 10% della frequenza centrale, gli spettri delle singole componenti non sono lisciati

Nel 2005 il progetto SESAME stabilì una serie di criteri per la valutazione della significatività statistica dei picchi H/V.

La prima parte di questi criteri, individuata la frequenza del picco H/V, verifica se la registrazione è stata effettuata per un periodo statisticamente significativo e se l'analisi è stata condotta secondo i principi base della statistica.

La seconda parte di questi analizza la geometria del picco e dice semplicemente se il picco ha una forma ben definita. Questa parte dei test SESAME va interpretata con cognizione di causa perché solo un contatto netto tra litotipi diversi dal punto di vista meccanico genera picchi netti. Al contrario, le transizioni graduali (per es. roccia fratturata su roccia sana, passaggi da limo-argilloso a sabbia-limoso, alternanze di lave con vario grado di alterazione ecc.) generano più spesso amplificazione in una banda larga di frequenze. In questo caso eventuali non superamenti dei criteri SESAME non significano che non ci siano risonanze importanti ma solo che non ci sono picchi singoli ben definiti. La seconda parte dei criteri SESAME (2005) risulta chiaramente non soddisfatta nei siti che non presentano amplificazione.

I criteri SESAME (2005) considerano significativi solo picchi con ampiezza H/V superiore a 2.

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEI NUOVI SERBATOI

7.1 RILANCIO VOLPINA

Di seguito si riportano le fotografie degli affioramenti rocciosi presenti in corrispondenza dell'area di progetto:

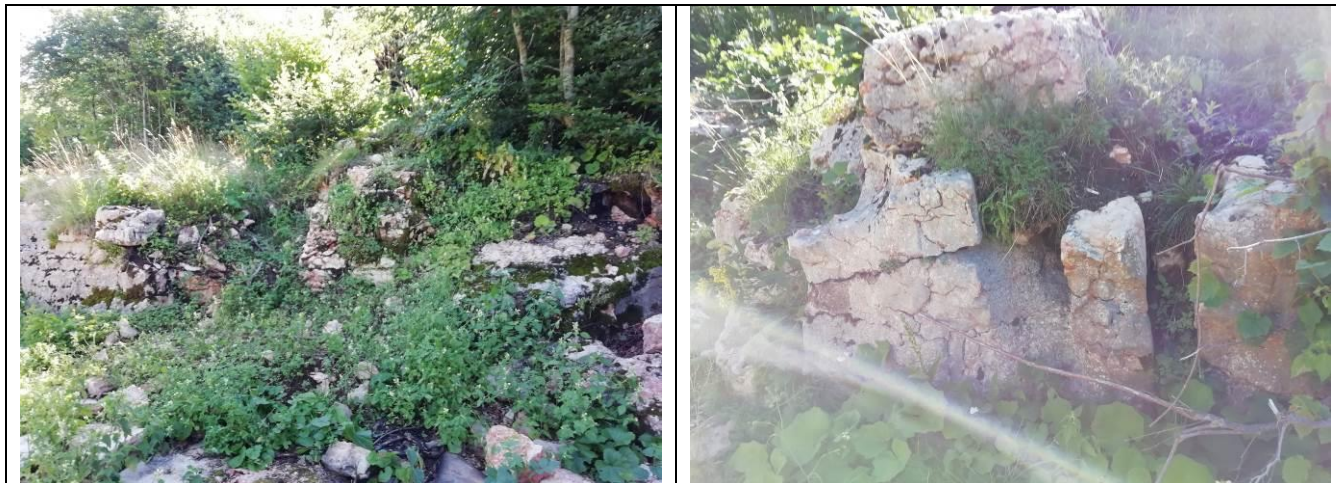


Foto degli affioramenti rocciosi in prossimità dell'area dove verrà realizzato il serbatoio

Come si evince dalle foto soprariportate in corrispondenza dell'area di progetto la litologia presente corrisponde al Rosso Ammonitico veronese.

7.1.1 Tomografia elettrica

Di seguito si riportano le testimonianze fotografiche dello stendimento realizzato per l'esecuzione della tomografia elettrica.



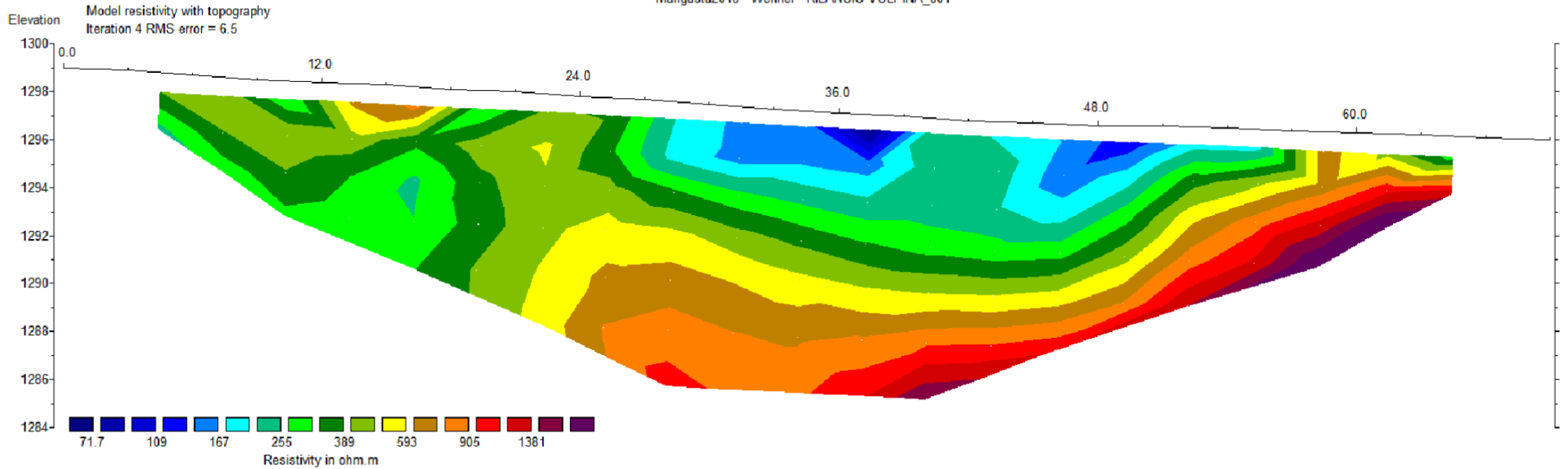
Foto dello stendimento per la realizzazione della tomografia elettrica



In rosso ubicazione planimetrica dello stendimento. I numeri progressivi indicano gli elettrodi.

SEZIONE DI RESISTIVITA'

Mangusta2016 - Wenner - RILANCIO VOLPINA_001



Unit Electrode Spacing = 3.00 m.

Horizontal scale is 66.04 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.11
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 69.0 m.

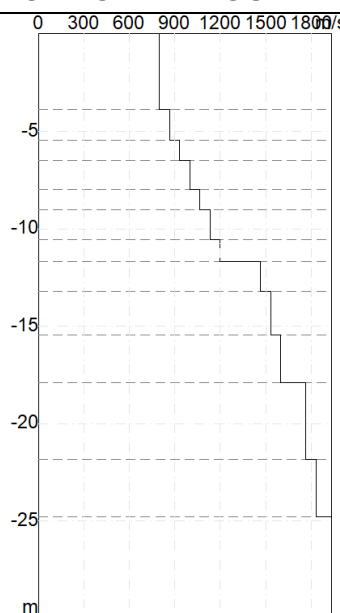
7.1.2 Indagine MASW

Codice	VOLPINA	Data di acquisizione	28/07/2020
Latitudine inizio WGS84	45.663044	Interdistanza tra i geofoni (x)	4 metri
Longitudine inizio WGS84	10.977273	Valore medio Vs₃₀ da p.c.	1298.18 m/s
Latitudine fine WGS84	45.662785	Categoria di sottosuolo	A
Longitudine fine WGS84	10.976887		

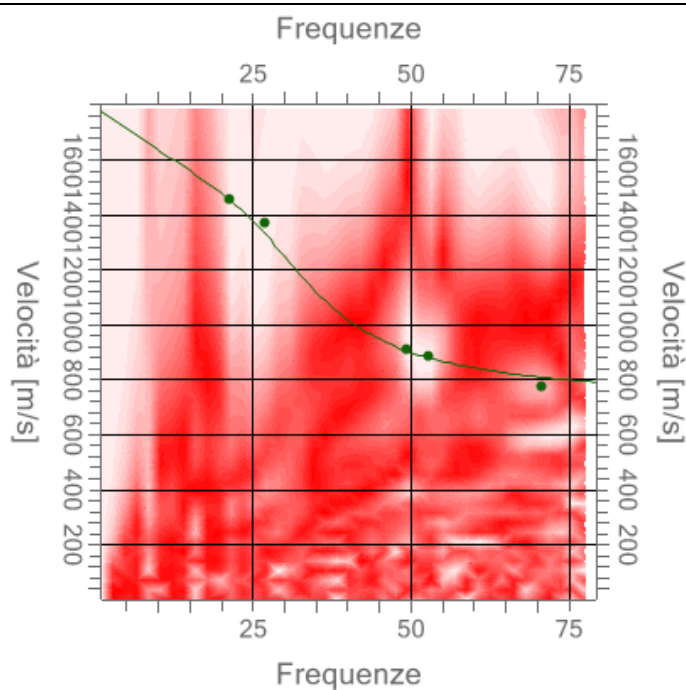
FOTOGRAFIA





PROFILO DI VELOCITA' Vs




PHASE VELOCITY SPECTRUM WINDOW

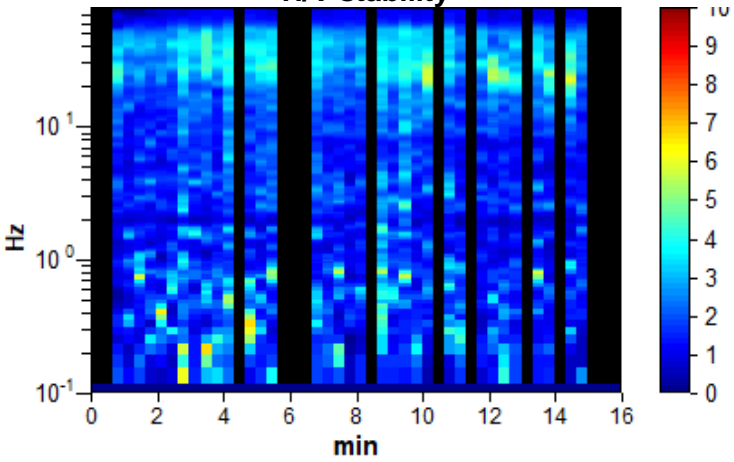


	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

7.1.3 Indagine HVSR

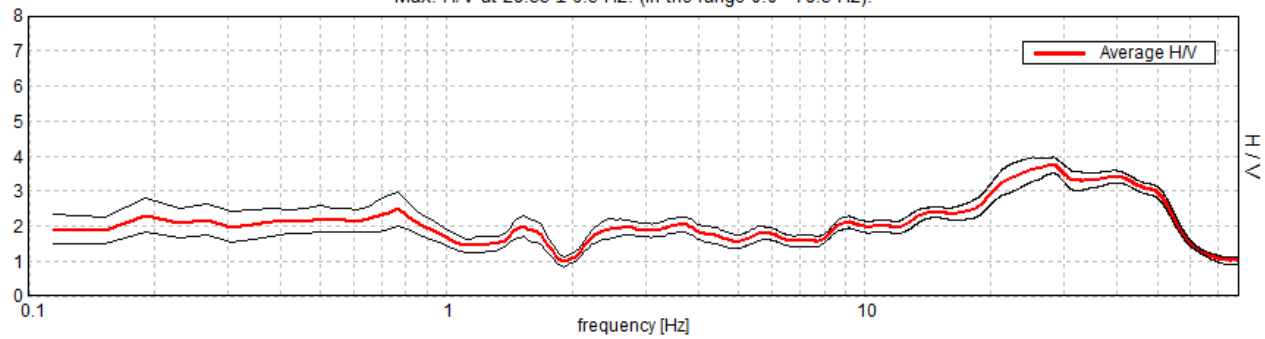
INDAGINE RILANCIO VOLPINA		
Coordinate geografiche WGS84	Lat: 45.662920 Long: 10.977069	
Tipo di strumento	ECHO TROMO 3 (Ambrogeo)	
Tipo di terreno	Naturale	
Tipo di accoppiamento	Supporto a chiodi infissi nel terreno	
Frequenza di campionamento durante l'acquisizione	157 Hz	
Situazione meteorologica	Sereni	
Data di acquisizione	28/07/2020	
Frequenza di picco	28.33 ± 6.3 Hz	

H/V stability

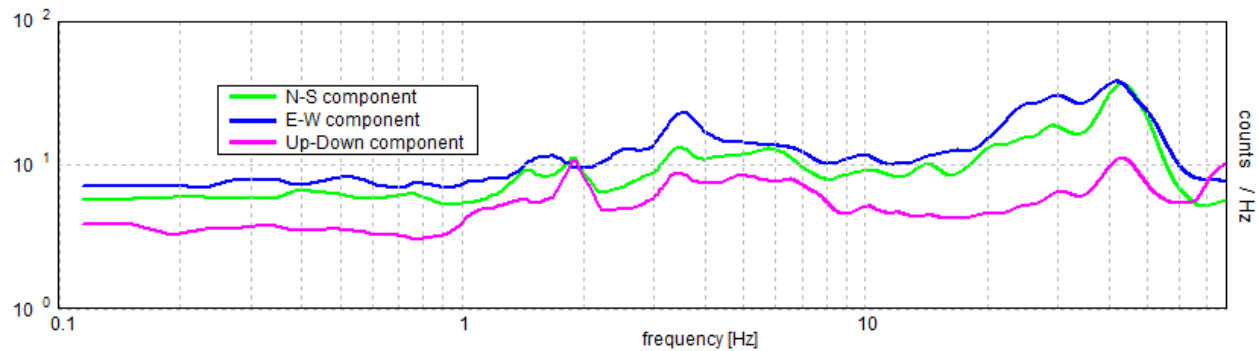


Spettro H/V

Max. H/V at 28.33 ± 6.3 Hz. (In the range 0.0 - 78.5 Hz).



Spettro di ampiezza nelle tre componenti spaziali



7.2 SERBATOIO CORNETTO

Di seguito si riportano le fotografie degli affioramenti rocciosi presenti in corrispondenza dell'area di progetto:



Foto degli affioramenti rocciosi in prossimità dell'area dove verrà realizzato il serbatoio

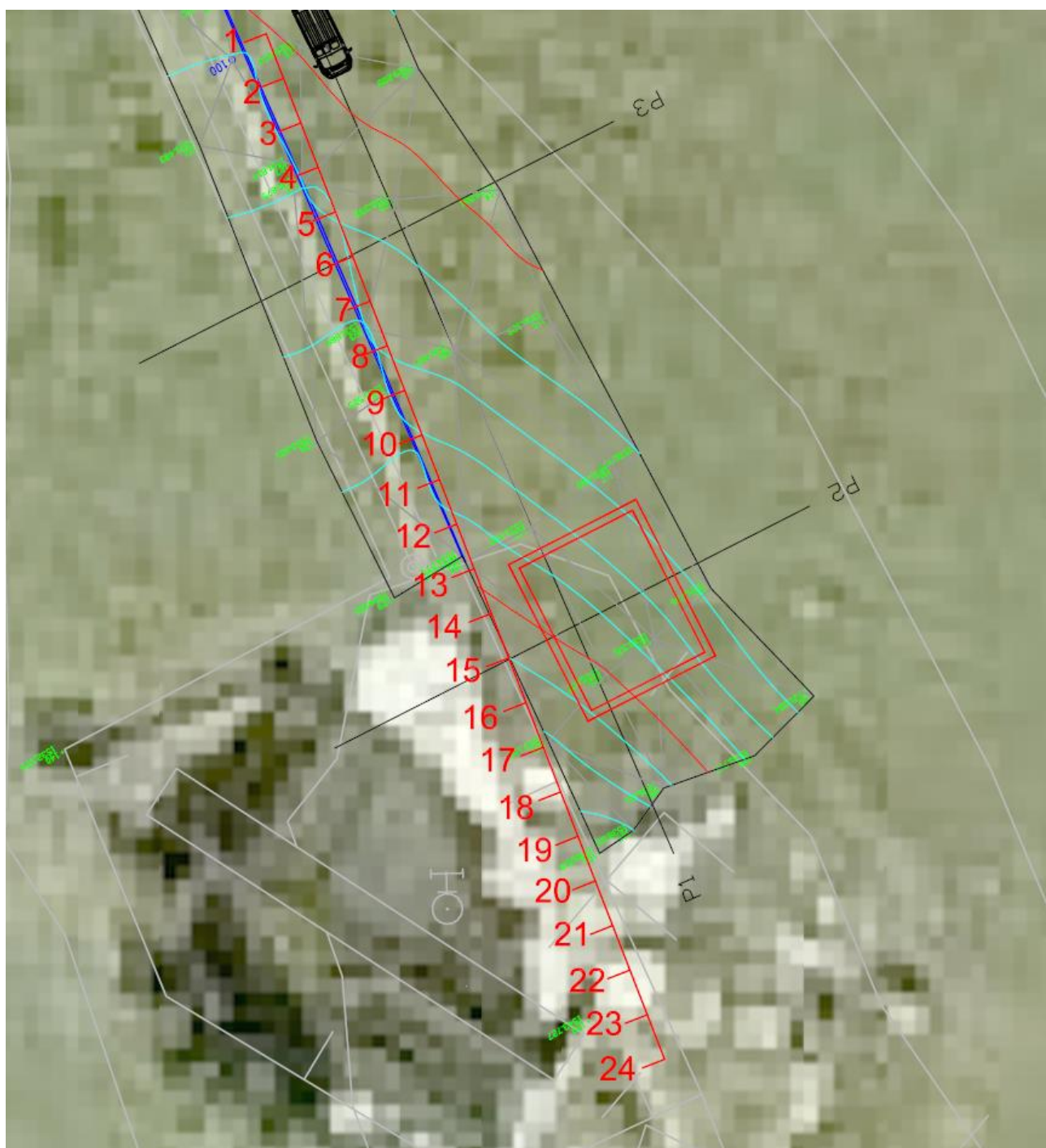
Come si evince dalle foto soprariportate in corrispondenza dell'area di progetto la litologia presente corrisponde al Rosso Ammonitico veronese.

7.2.1 Tomografia elettrica

Di seguito si riportano le testimonianze fotografiche dello stendimento realizzato per l'esecuzione della tomografia elettrica.



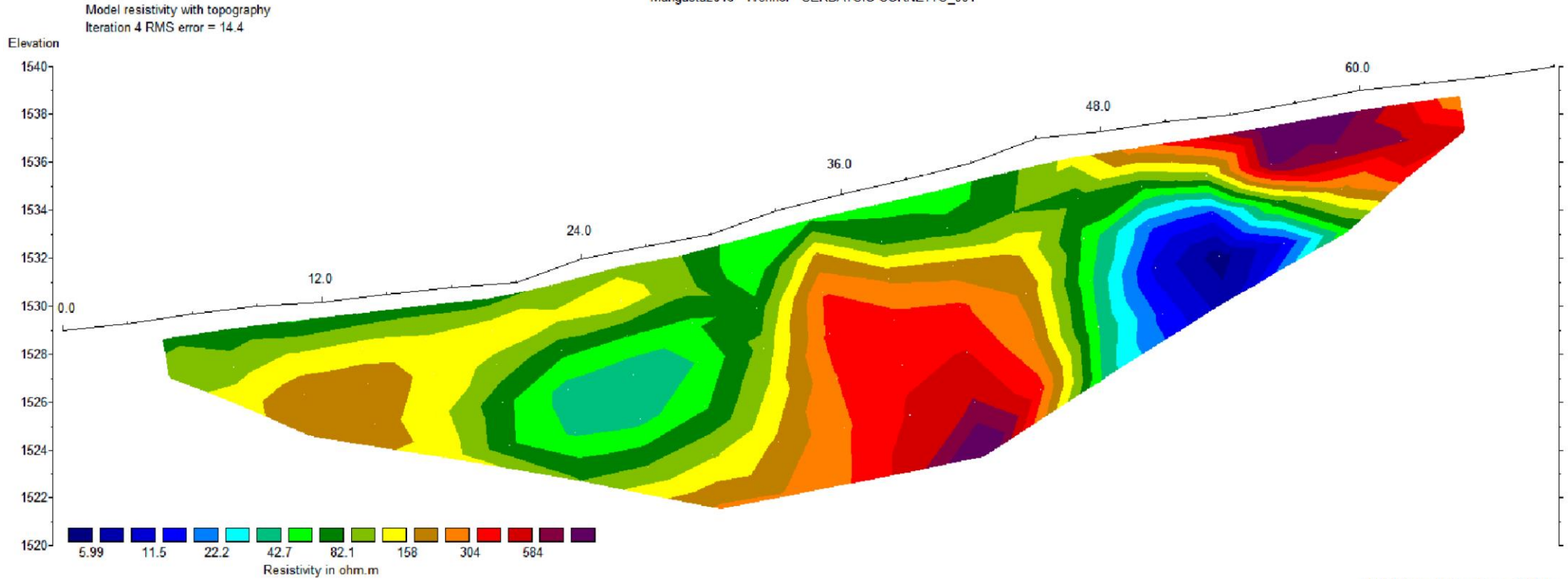
Foto dello stendimento per la realizzazione della tomografia elettrica



In rosso ubicazione planimetrica dello stendimento. I numeri progressivi indicano gli elettrodi.

SEZIONE DI RESISTIVITA'

Mangusta2016 - Wenner - SERBATOIO CORNETTO_001



Horizontal scale is 66.04 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.11
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 69.0 m.

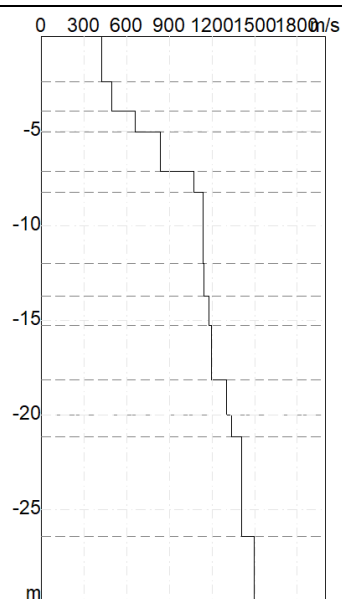
7.2.2 Indagine MASW

Codice	CORNETTO	Data di acquisizione	28/07/2020
Latitudine inizio WGS84	45.679871	Interdistanza tra i geofoni (x)	4 metri
Longitudine inizio WGS84	10.967097	Valore medio Vs₃₀ da p.c.	968.16 m/s
Latitudine fine WGS84	45.679290	Categoria di sottosuolo	A
Longitudine fine WGS84	10.967478		

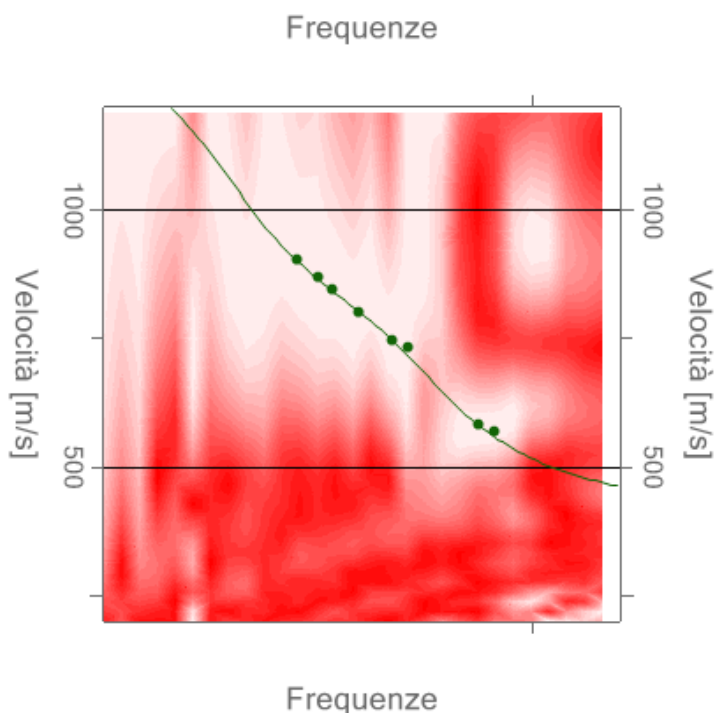
FOTOGRAFIA




PROFILO DI VELOCITA' Vs




PHASE VELOCITY SPECTRUM WINDOW

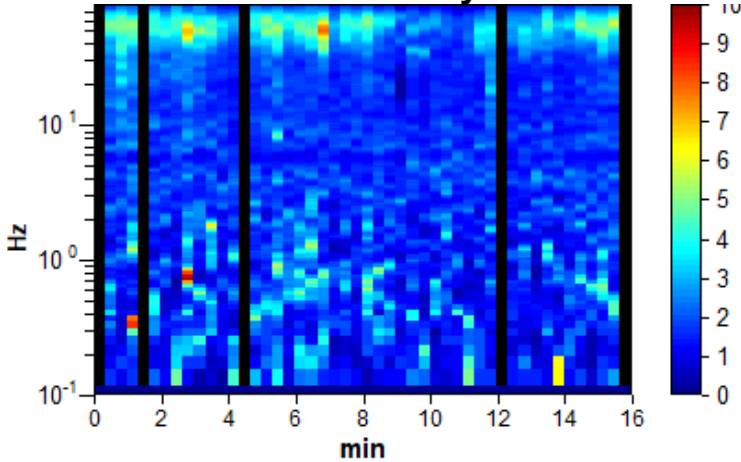


	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

7.2.3 Indagine HVSR

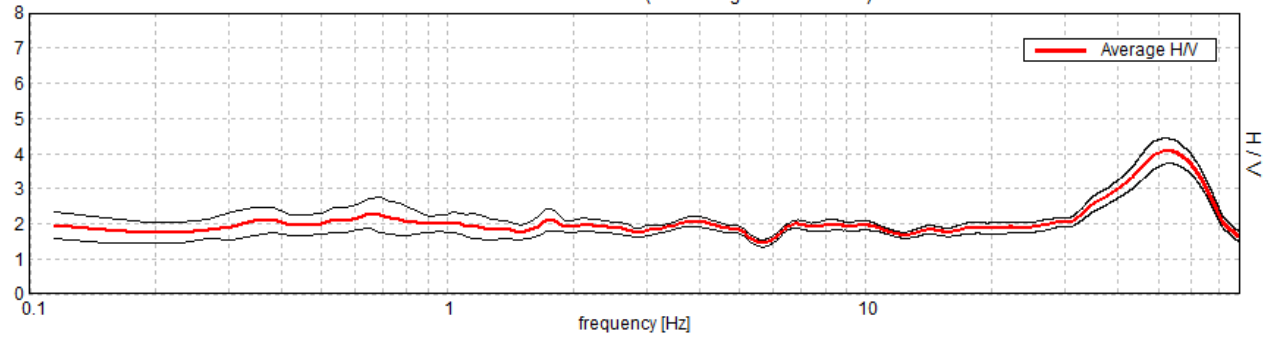
INDAGINE CORNETTO		
Coordinate geografiche WGS84	Lat: 45.679024 Long: 10.967665	
Tipo di strumento	ECHO TROMO 3 (Ambrogeo)	
Tipo di terreno	Naturale	
Tipo di accoppiamento	Supporto a chiodi infissi nel terreno	
Frequenza di campionamento durante l'acquisizione	157 Hz	
Situazione meteorologica	Coperto	
Data di acquisizione	17/08/2020	
Frequenza di picco	52.51 ± 1.59 Hz	

H/V stability

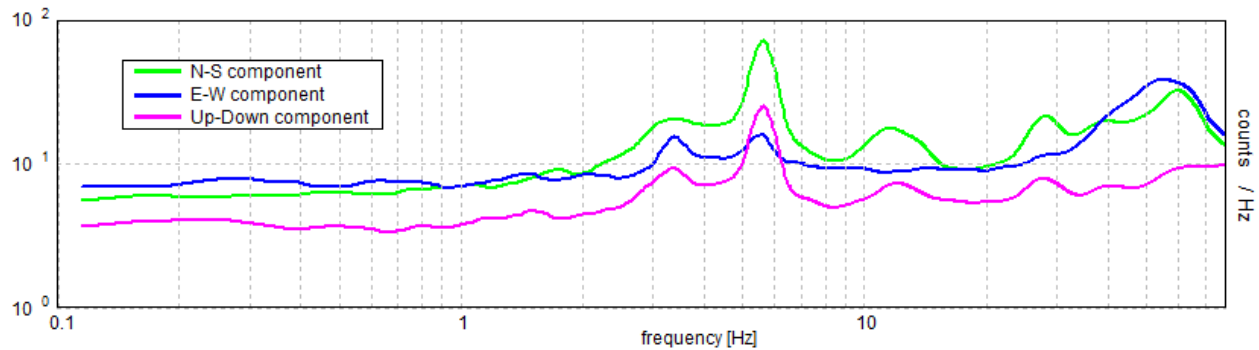


Spettro H/V

Max. H/V at 52.51 ± 1.59 Hz. (In the range 0.0 - 78.5 Hz).



Spettro di ampiezza nelle tre componenti spaziali



7.3 SERBATOIO CON RILANCIO DEROCCHETTO

Di seguito si riportano le fotografie degli affioramenti rocciosi presenti in corrispondenza dell'area di progetto:



Foto degli affioramenti rocciosi in prossimità dell'area dove verrà realizzato il serbatoio

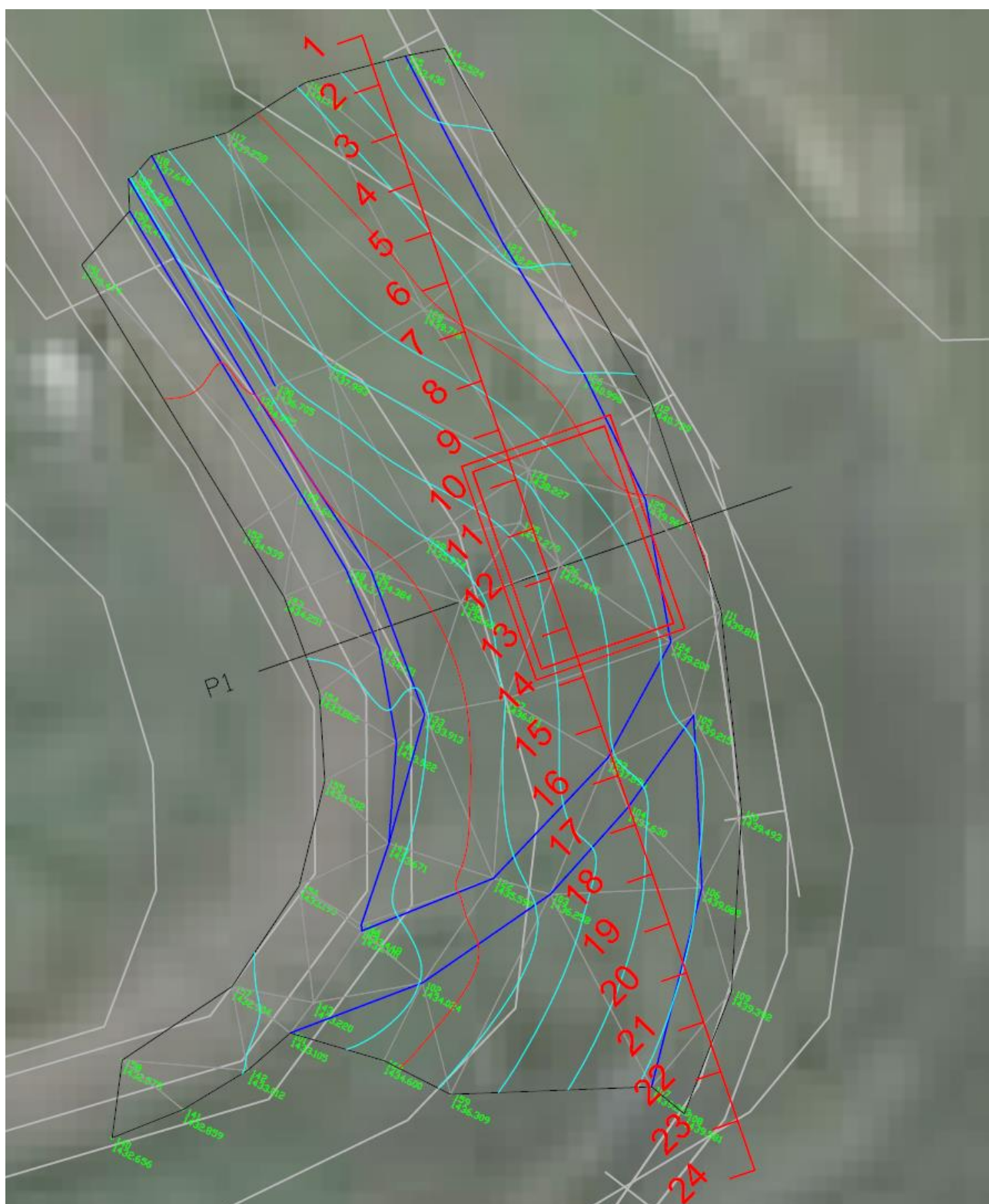
Come si evince dalle foto soprariportate in corrispondenza dell'area di progetto la litologia presente corrisponde al gruppo dei Calcari grigi.

7.3.1 Tomografia elettrica

Di seguito si riportano le testimonianze fotografiche dello stendimento realizzato per l'esecuzione della tomografia elettrica.



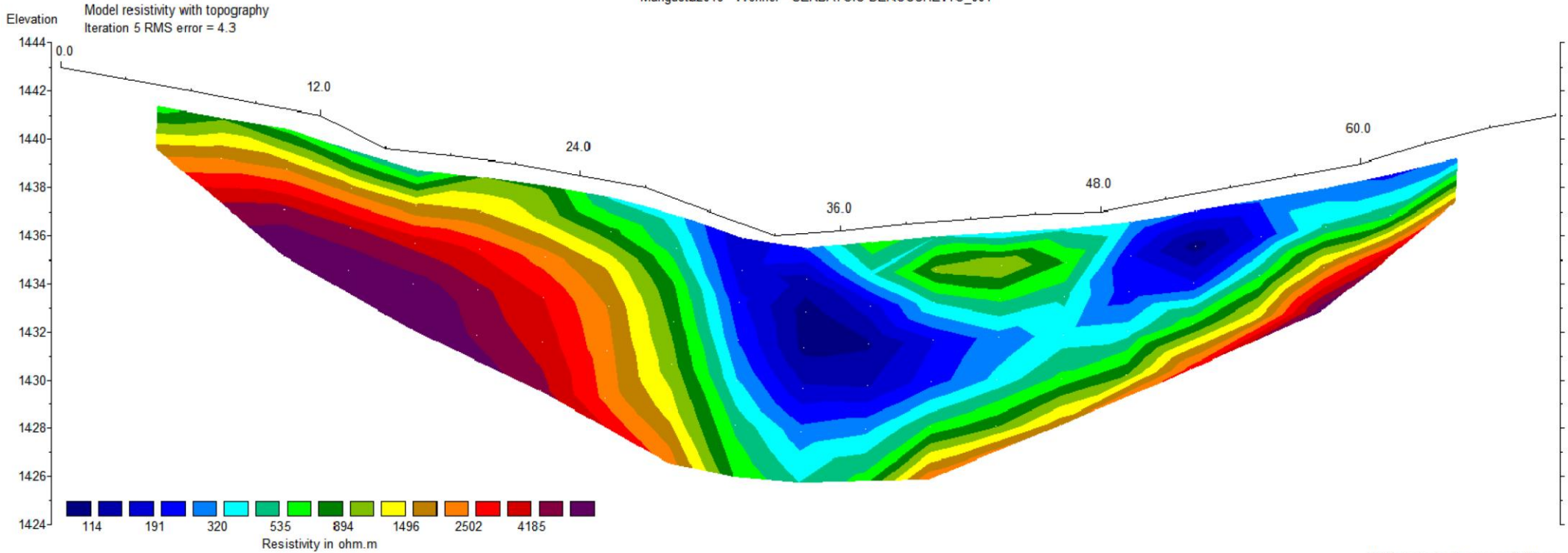
Foto dello stendimento per la realizzazione della tomografia elettrica



In rosso ubicazione planimetrica dello stendimento. I numeri progressivi indicano gli elettrodi.

SEZIONE DI RESISTIVITA'

Mangusta2016 - Wenner - SERBATOIO DEROCCHETTO_001



Unit Electrode Spacing = 3.00 m.

Horizontal scale is 66.04 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.11
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 69.0 m.

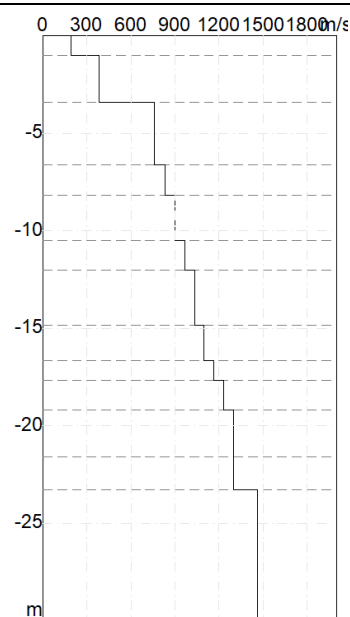
7.3.2 Indagine MASW

Codice	DEROCHETTO	Data di acquisizione	24/08/2020
Latitudine inizio WGS84	45.673679	Interdistanza tra i geofoni (x)	4 metri
Longitudine inizio WGS84	11.003199	Valore medio Vs₃₀ da p.c.	847.53 m/s
Latitudine fine WGS84	45.673376	Categoria di sottosuolo	A
Longitudine fine WGS84	11.003183		

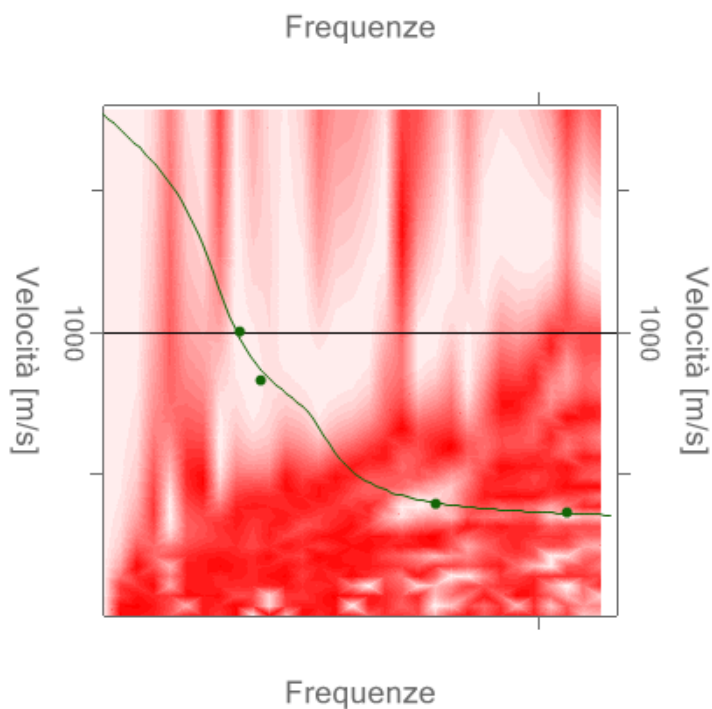
FOTOGRAFIA





PROFILO DI VELOCITA' Vs




PHASE VELOCITY SPECTRUM WINDOW

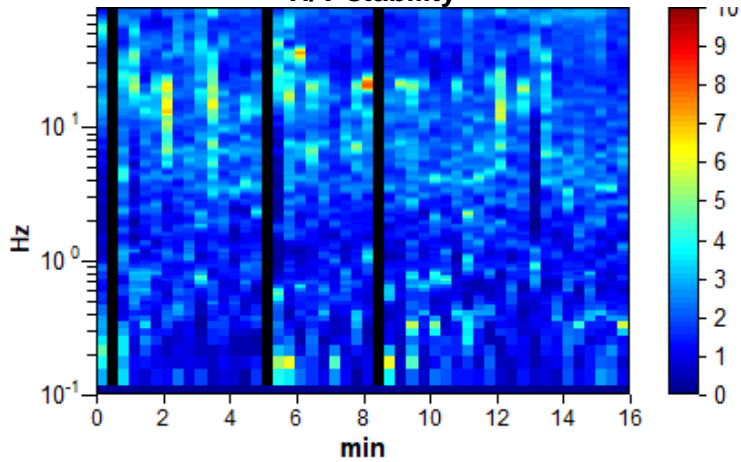


	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

7.3.3 Indagine HVSR

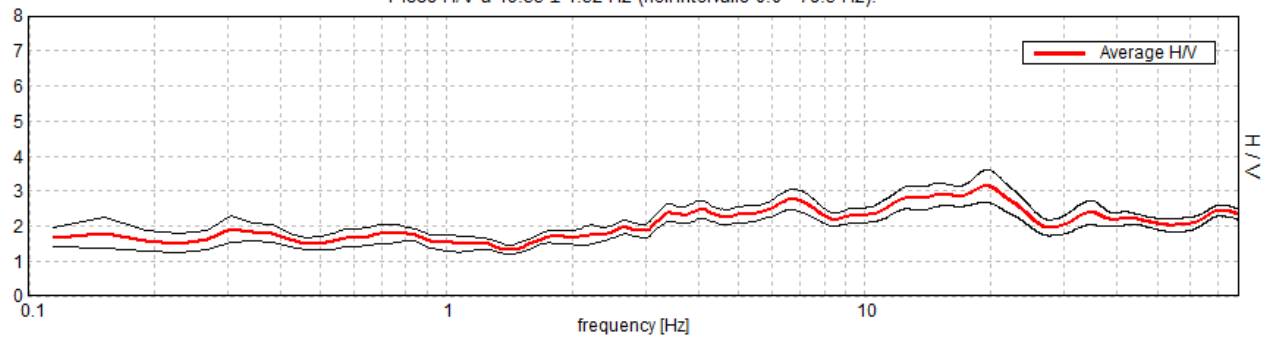
INDAGINE DEROCCHETTO		
Coordinate geografiche WGS84	Lat: 45.673582 Long: 11.003194	
Tipo di strumento	ECHO TROMO 3 (Ambrogeo)	
Tipo di terreno	Naturale	
Tipo di accoppiamento	Supporto a chiodi infissi nel terreno	
Frequenza di campionamento durante l'acquisizione	157 Hz	
Situazione meteorologica	Sereni	
Data di acquisizione	17/08/2020	
Frequenza di picco	19.55 ± 4.32 Hz	

H/V stability

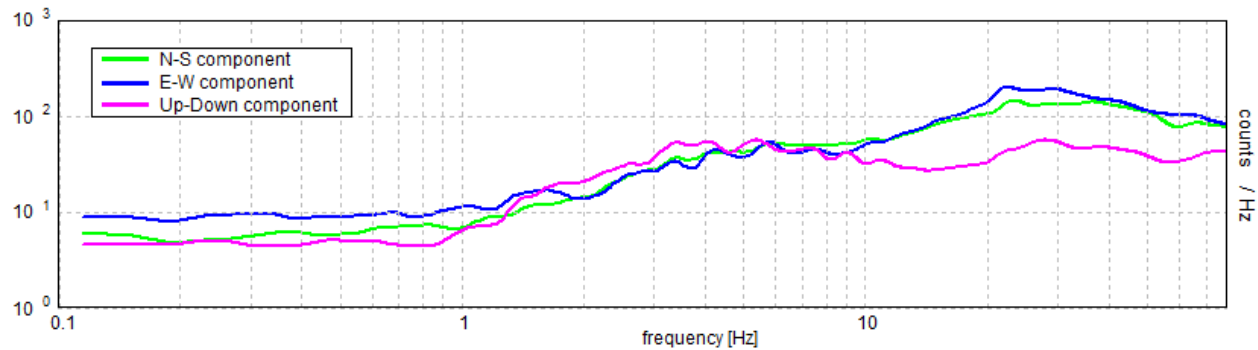


Spettro H/V

Picco H/V a 19.55 ± 4.32 Hz (nell'intervallo 0.0 - 78.5 Hz).



Spettro di ampiezza nelle tre componenti spaziali



7.4 SERBATOIO CON RILANCIO LESSINIA

Di seguito si riportano le fotografie degli affioramenti rocciosi presenti in corrispondenza dell'area di progetto:



Foto degli affioramenti rocciosi in prossimità dell'area dove verrà realizzato il serbatoio

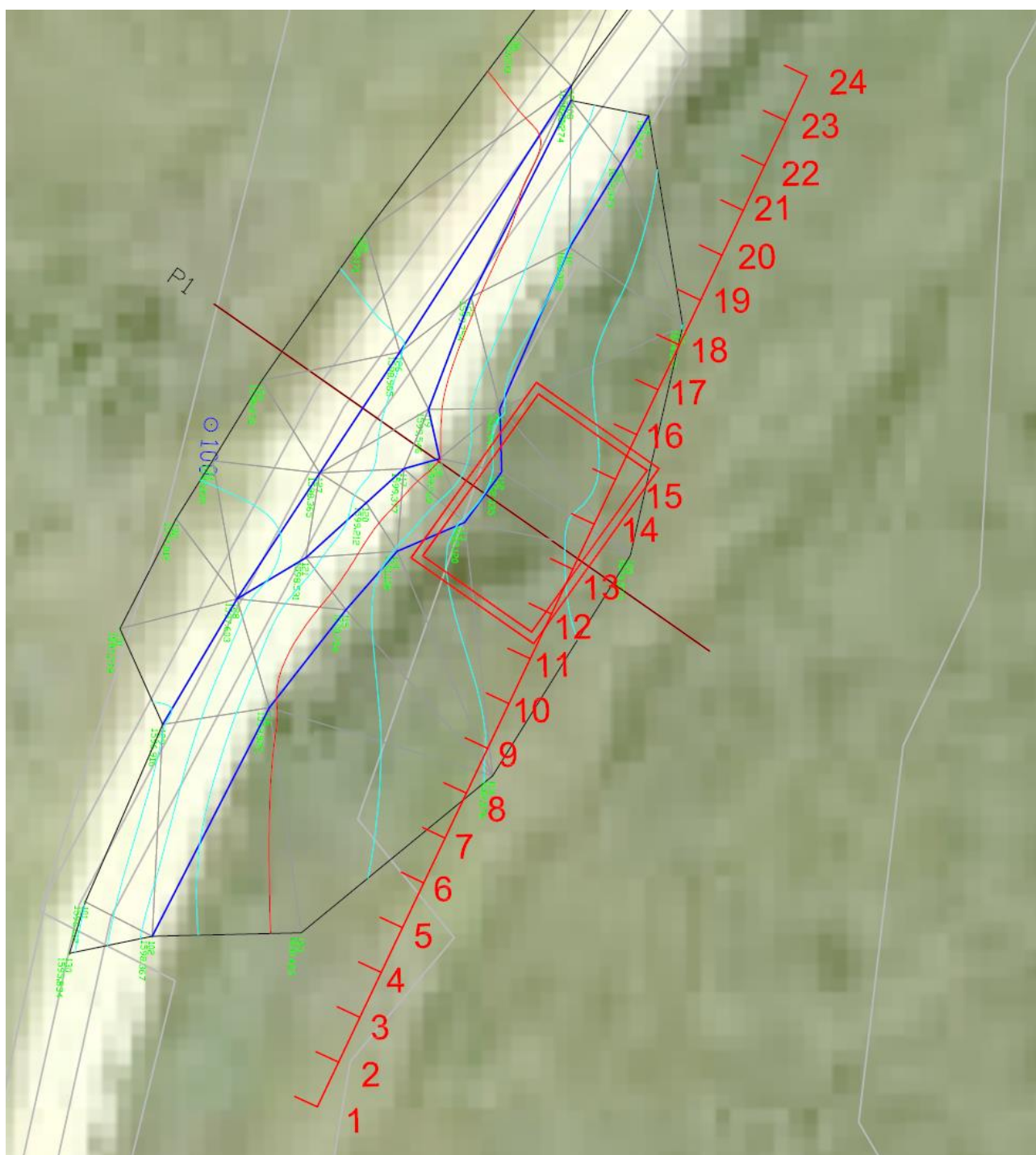
Come si evince dalle foto soprariportate in corrispondenza dell'area di progetto la litologia presente corrisponde al Biancone o Maiolica.

7.4.1 Tomografia elettrica

Di seguito si riportano le testimonianze fotografiche dello stendimento realizzato per l'esecuzione della tomografia elettrica.



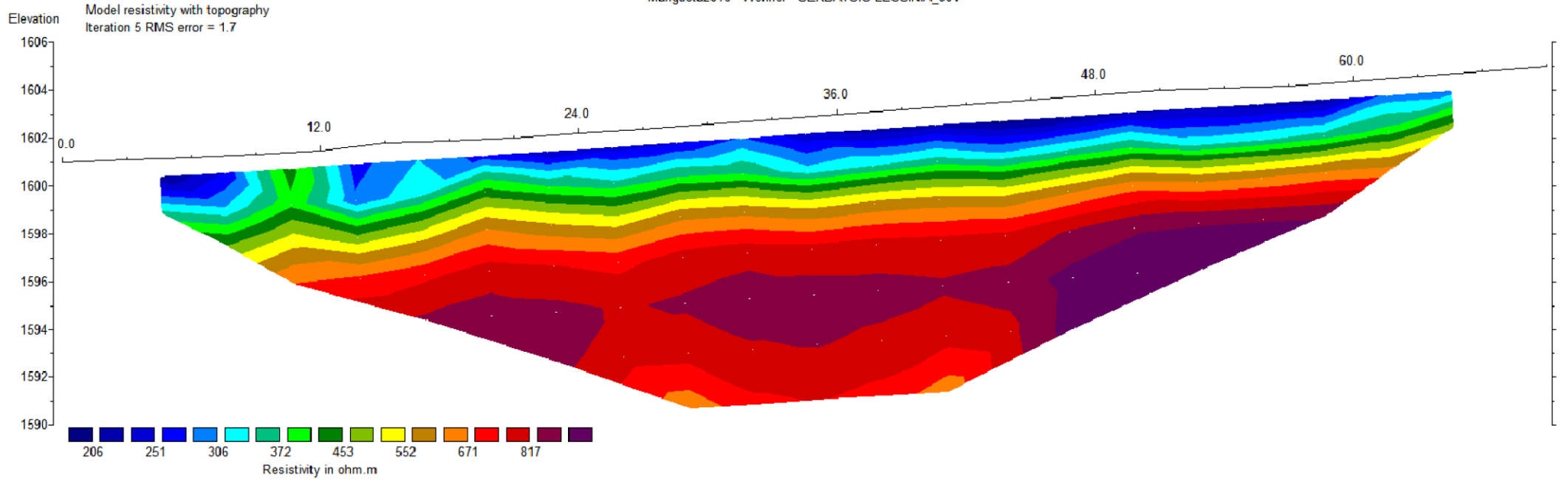
Foto dello stendimento per la realizzazione della tomografia elettrica



In rosso ubicazione planimetrica dello stendimento. I numeri progressivi indicano gli elettrodi.

SEZIONE DI RESISTIVITA'

Mangusta2016 - Wenner - SERBATOIO LESSINIA_001



Horizontal scale is 66.04 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.11
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 69.0 m.

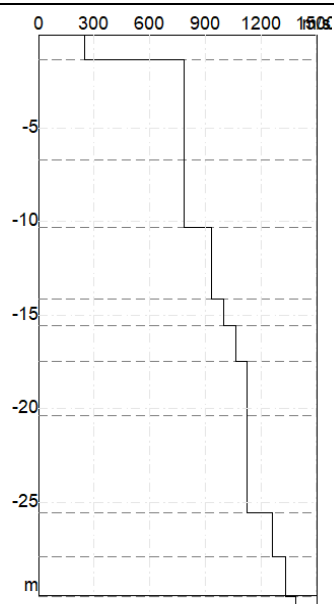
7.4.2 Indagine MASW

Codice	LESSINIA	Data di acquisizione	24/08/2020
Latitudine inizio WGS84	45.718312	Interdistanza tra i geofoni (x)	4 metri
Longitudine inizio WGS84	11.016197	Valore medio Vs₃₀ da p.c.	863.06 m/s
Latitudine fine WGS84	45.695172	Categoria di sottosuolo	A
Longitudine fine WGS84	11.006241		

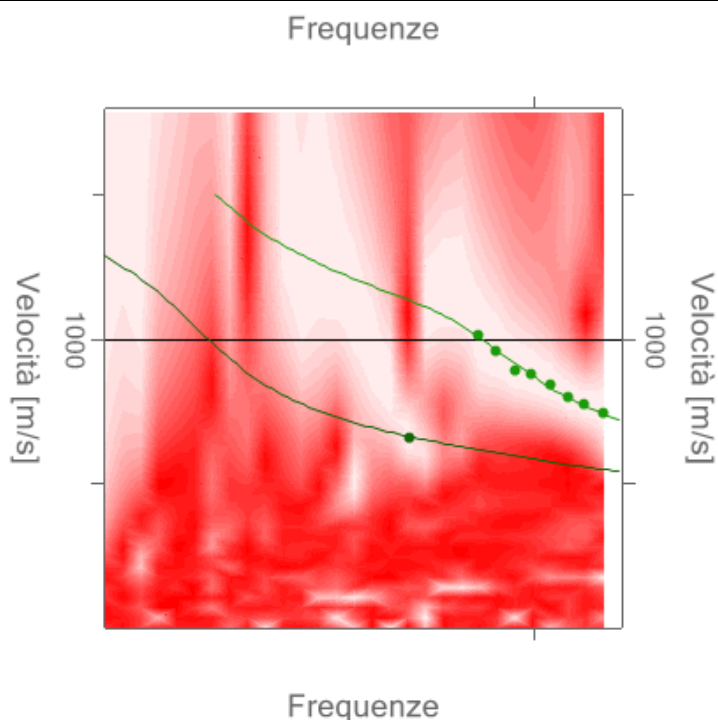
FOTOGRAFIA





PROFILO DI VELOCITA' Vs


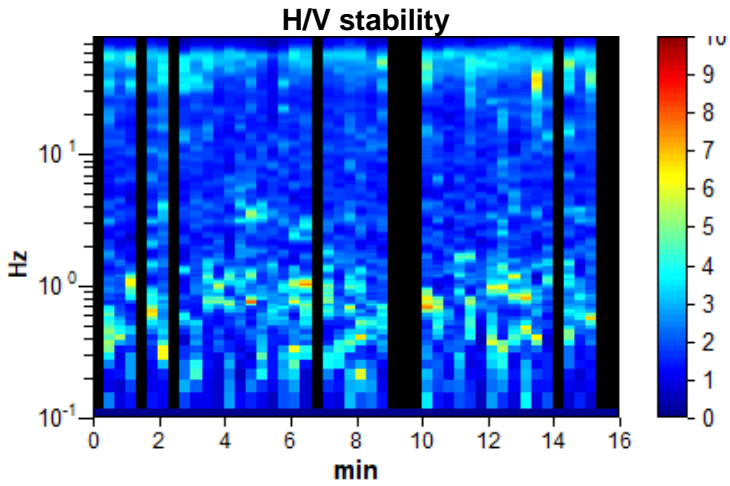


PHASE VELOCITY SPECTRUM WINDOW



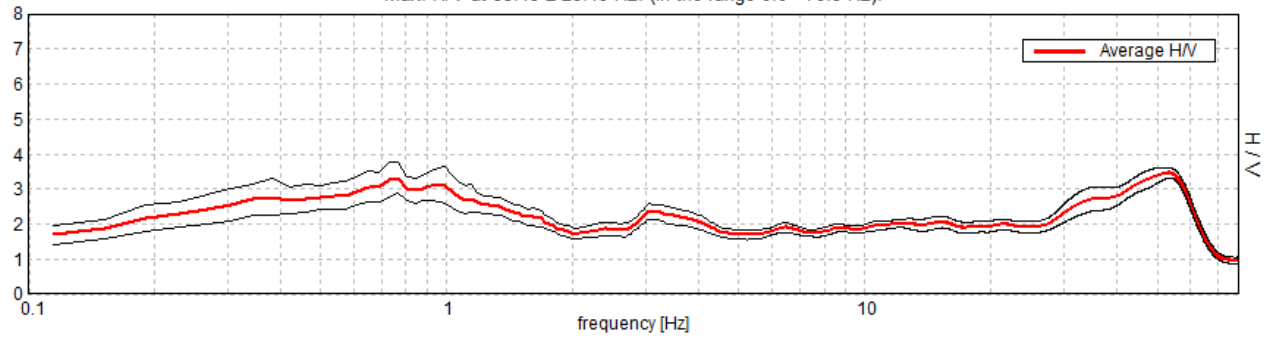
 <p>ATO VERONESE Consiglio di Bacino Veronese</p>	<p>Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO</p>	
<p>Acque  Veronesi</p>	<p>RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA</p>	<p>Rev. 01 – Settembre 2021</p>

7.4.3 Indagine HVSR

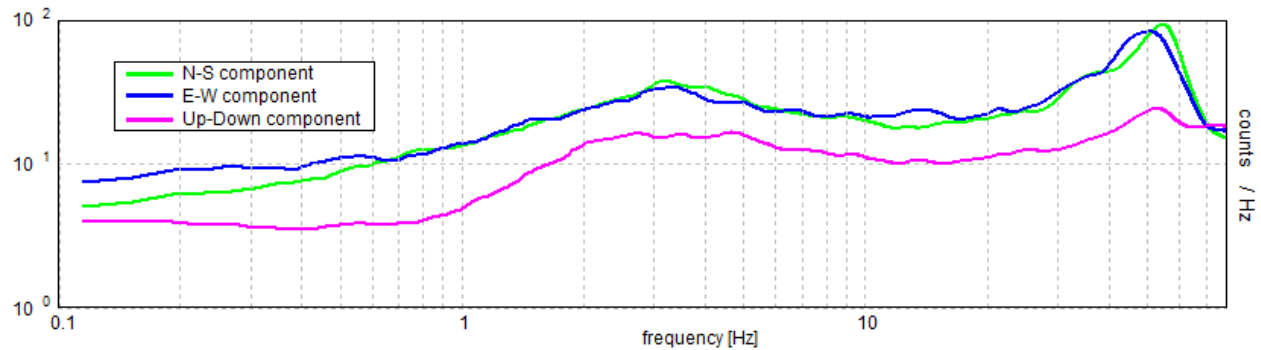
INDAGINE LESSINIA		
Coordinate geografiche WGS84	<p>Lat: 45.694584 Long: 11.005726</p>	
Tipo di strumento	ECHO TROMO 3 (Ambrogeo)	
Tipo di terreno	Naturale	
Tipo di accoppiamento	Supporto a chiodi infissi nel terreno	
Frequenza di campionamento durante l'acquisizione	157 Hz	
Situazione meteorologica	Sereni	
Data di acquisizione	29/07/2020	
Frequenza di picco	53.13 ± 28.19 Hz	

Spettro H/V

Max. H/V at 53.13 ± 28.19 Hz. (In the range 0.0 - 78.5 Hz).



Spettro di ampiezza nelle tre componenti spaziali



7.5 SERBATOIO CASTELBERTO

Di seguito si riportano le fotografie degli affioramenti rocciosi presenti in corrispondenza dell'area di progetto:



Foto degli affioramenti rocciosi in prossimità dell'area dove verrà realizzato il serbatoio

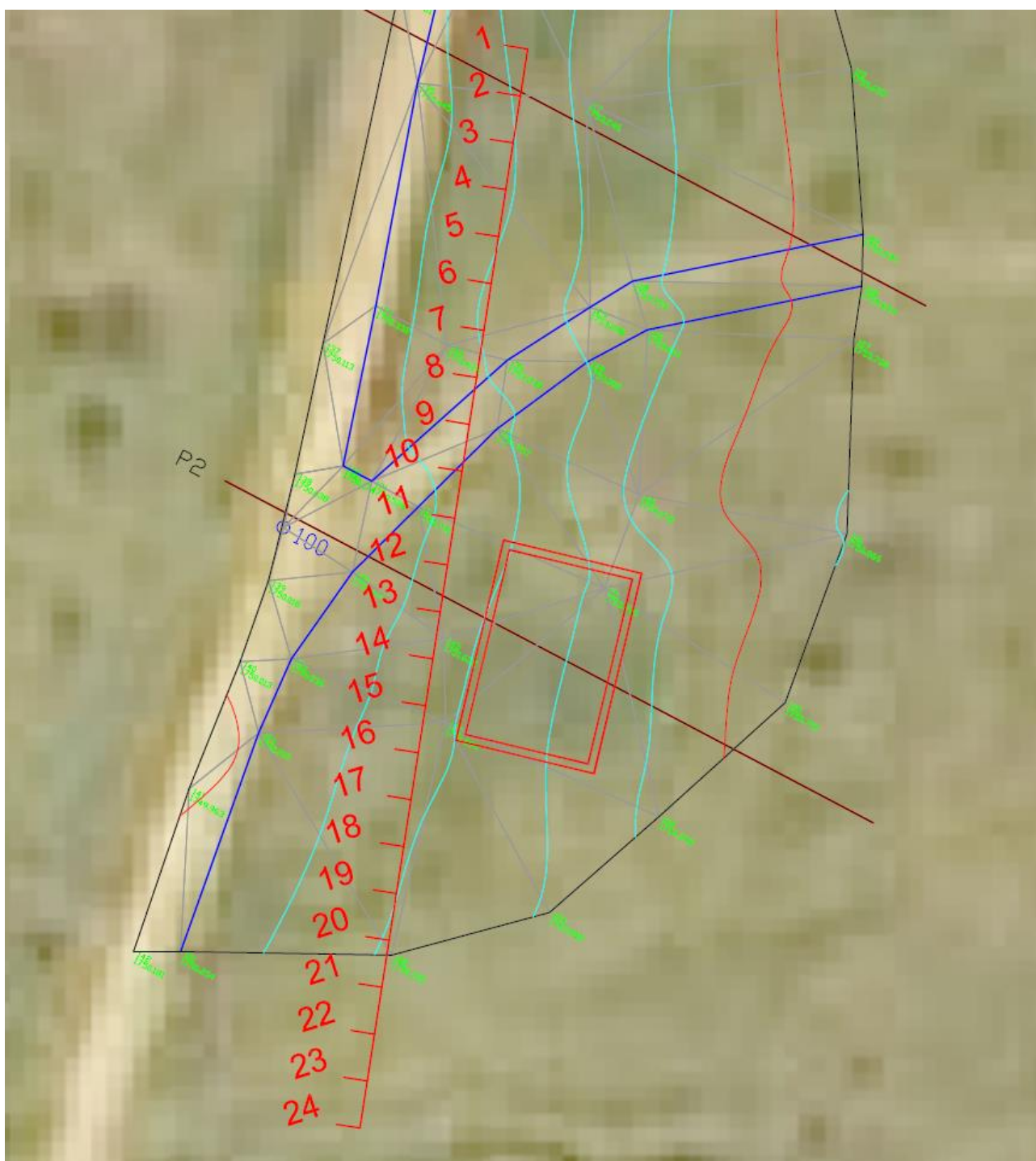
Come si evince dalle foto soprariportate in corrispondenza dell'area di progetto la litologia presente corrisponde al Rosso Ammonitico veronese.

7.5.1 Tomografia elettrica

Di seguito si riportano le testimonianze fotografiche dello stendimento realizzato per l'esecuzione della tomografia elettrica.

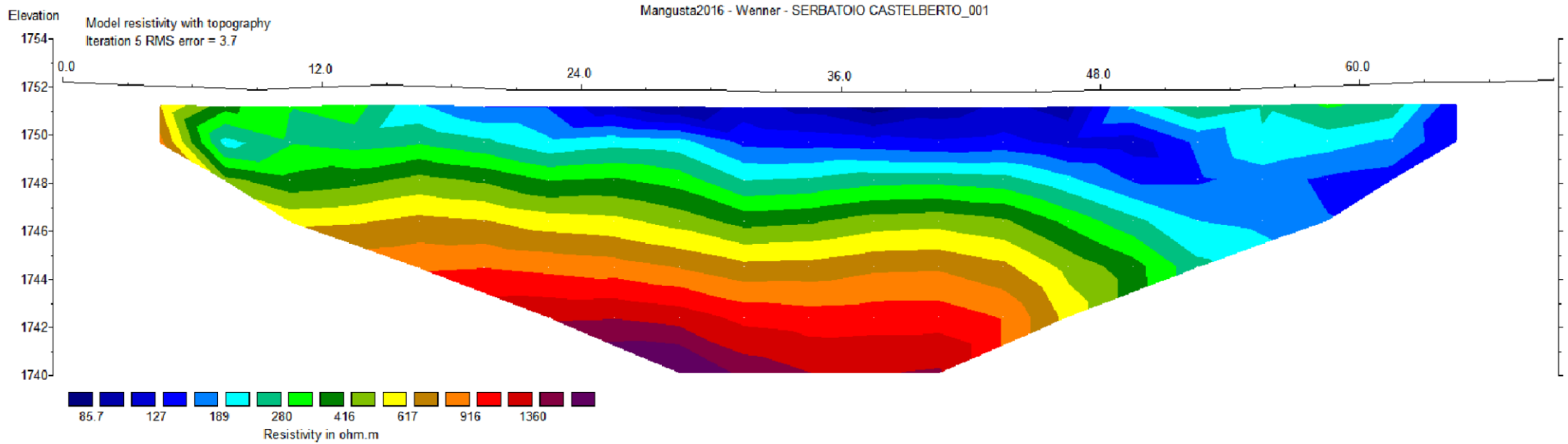


Foto dello stendimento per la realizzazione della tomografia elettrica



In rosso ubicazione planimetrica dello stendimento. I numeri progressivi indicano gli elettrodi.

SEZIONE DI RESISTIVITA'



Unit Electrode Spacing = 3.00 m.

Horizontal scale is 66.04 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.11
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 69.0 m.

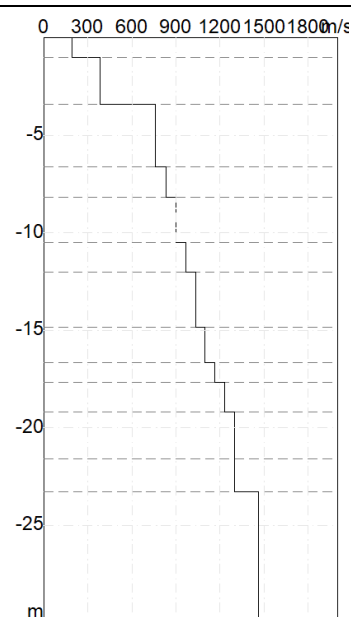
7.5.2 Indagine MASW

Codice	CASTELBERTO	Data di acquisizione	29/07/2020
Latitudine inizio WGS84	45.718312	Interdistanza tra i geofoni (x)	4 metri
Longitudine inizio WGS84	11.016197	Valore medio Vs₃₀ da p.c.	834.63 m/s
Latitudine fine WGS84	45.718076	Categoria di sottosuolo	A
Longitudine fine WGS84	11.016063		

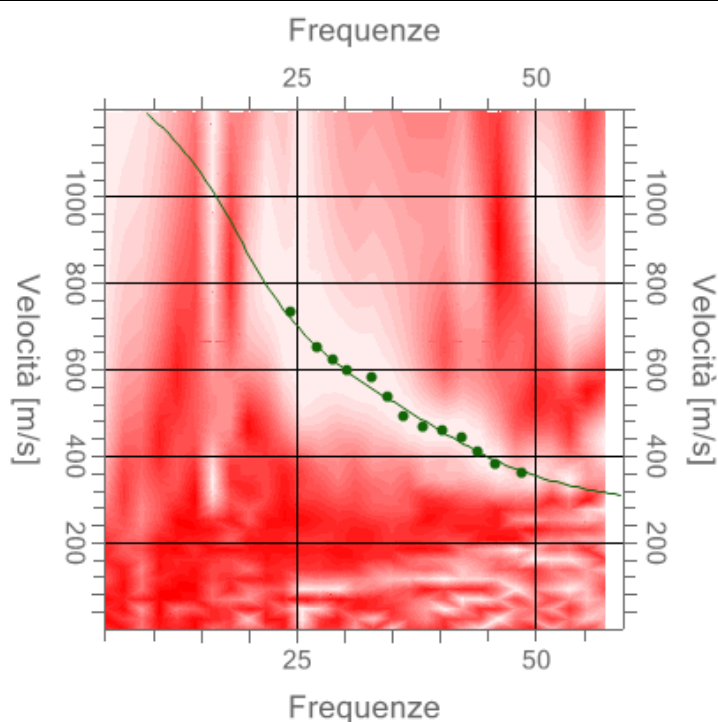
FOTOGRAFIA





PROFILO DI VELOCITA' Vs


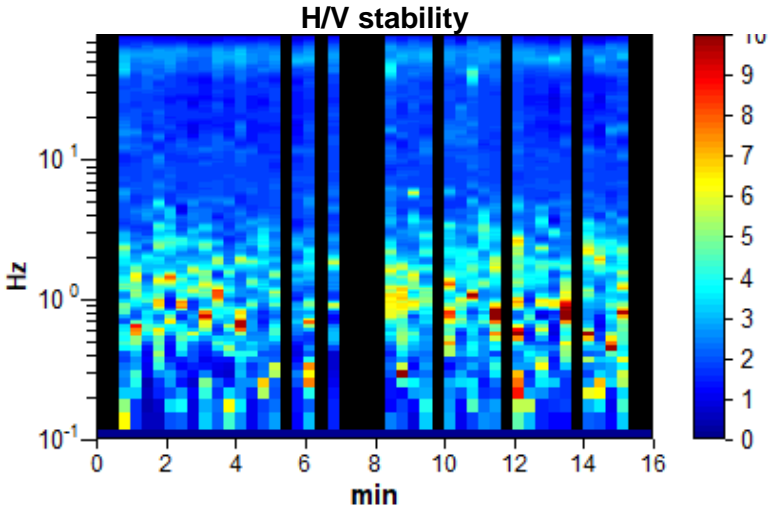


PHASE VELOCITY SPECTRUM WINDOW



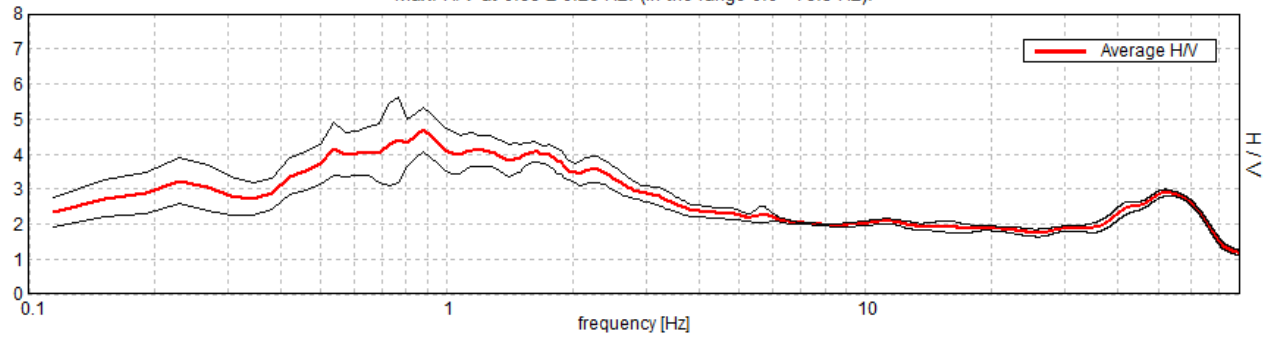
	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

7.5.3 Indagine HVSR

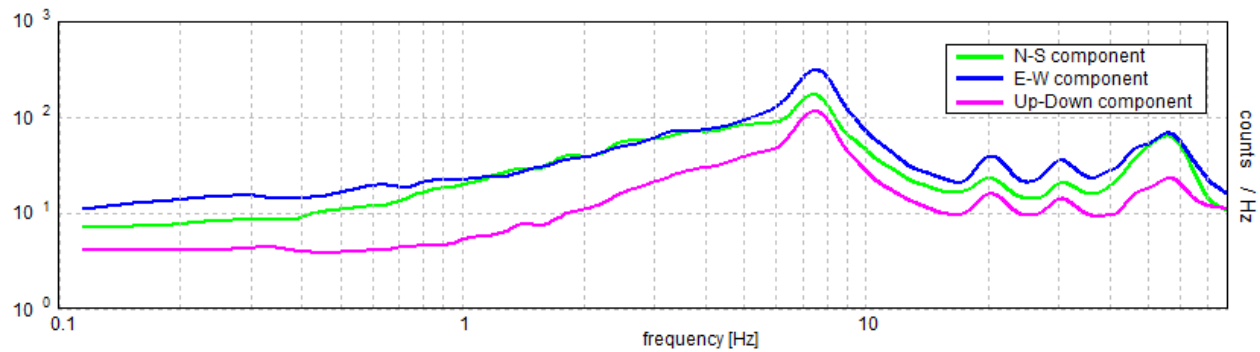
INDAGINE CASTELBERTO		
Coordinate geografiche WGS84	Lat: 45.718237 Long: 11.016170	
Tipo di strumento	ECHO TROMO 3 (Ambrogeo)	
Tipo di terreno	Naturale	
Tipo di accoppiamento	Supporto a chiodi infissi nel terreno	
Frequenza di campionamento durante l'acquisizione	157 Hz	
Situazione meteorologica	Coperto	
Data di acquisizione	24/08/2020	
Frequenza di picco	Nessun picco di origine stratigrafica	

Spettro H/V

Max. H/V at 0.88 ± 0.26 Hz. (In the range 0.0 - 78.5 Hz).



Spettro di ampiezza nelle tre componenti spaziali



7.6 SERBATOIO DOSSO BRANCON

Di seguito si riportano le fotografie degli affioramenti rocciosi presenti in corrispondenza dell'area di progetto:



Foto degli affioramenti rocciosi in prossimità dell'area dove verrà realizzato il serbatoio

Come si evince dalle foto soprariportate in corrispondenza dell'area di progetto la litologia presente corrisponde al Biancone o maiolica.

7.6.1 Tomografia elettrica

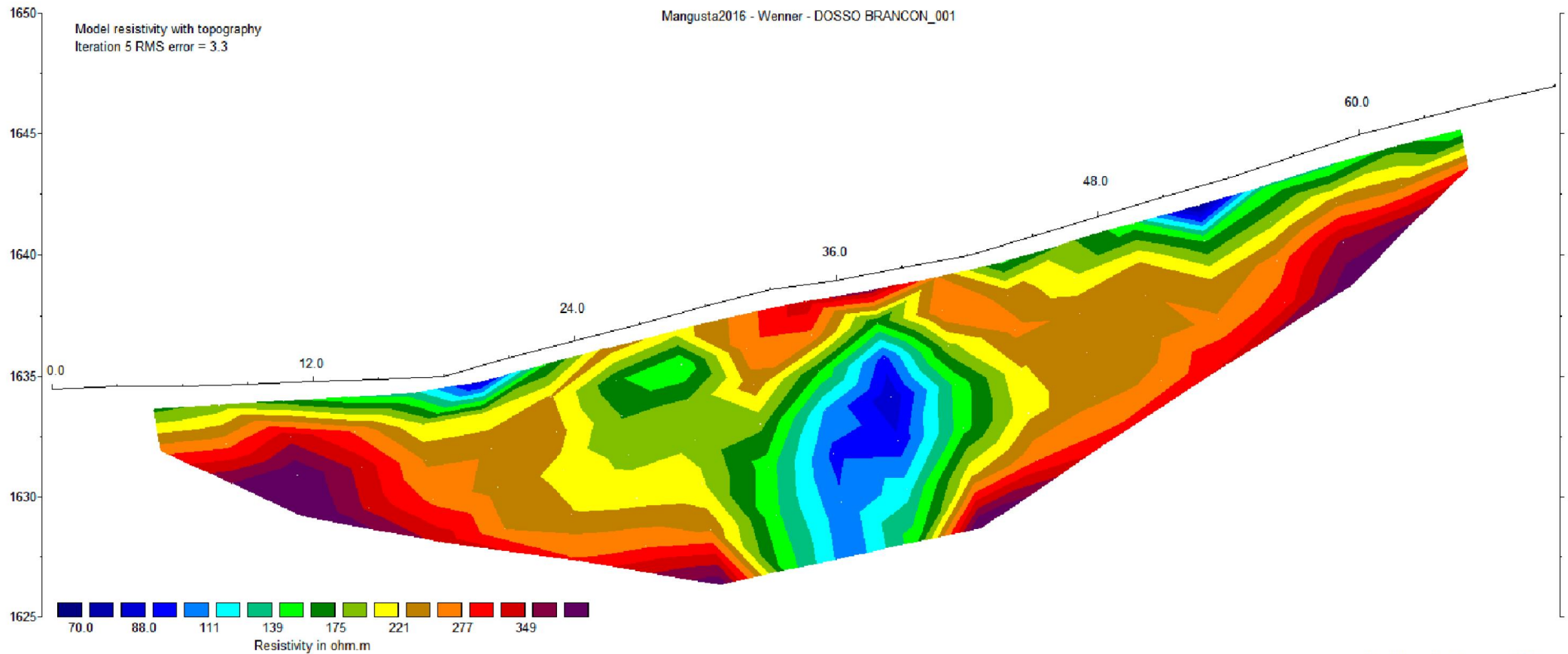


Foto dello stendimento per la realizzazione della tomografia elettrica



In rosso ubicazione planimetrica dello stendimento. I numeri progressivi indicano gli elettrodi.

SEZIONE DI RESISTIVITA'



Unit Electrode Spacing = 3.00 m.

Horizontal scale is 66.04 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.11
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 69.0 m.

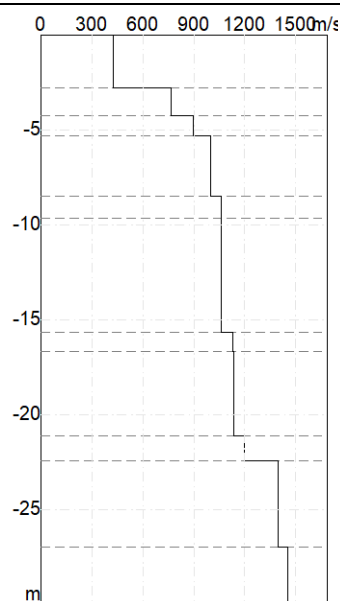
7.6.2 Indagine MASW

Codice	BRANCON	Data di acquisizione	29/07/2020
Latitudine inizio WGS84	45.684702	Interdistanza tra i geofoni (x)	4 metri
Longitudine inizio WGS84	11.059370	Valore medio Vs₃₀ da p.c.	974.25 m/s
Latitudine fine WGS84	45.684275	Categoria di sottosuolo	A
Longitudine fine WGS84	11.059381		

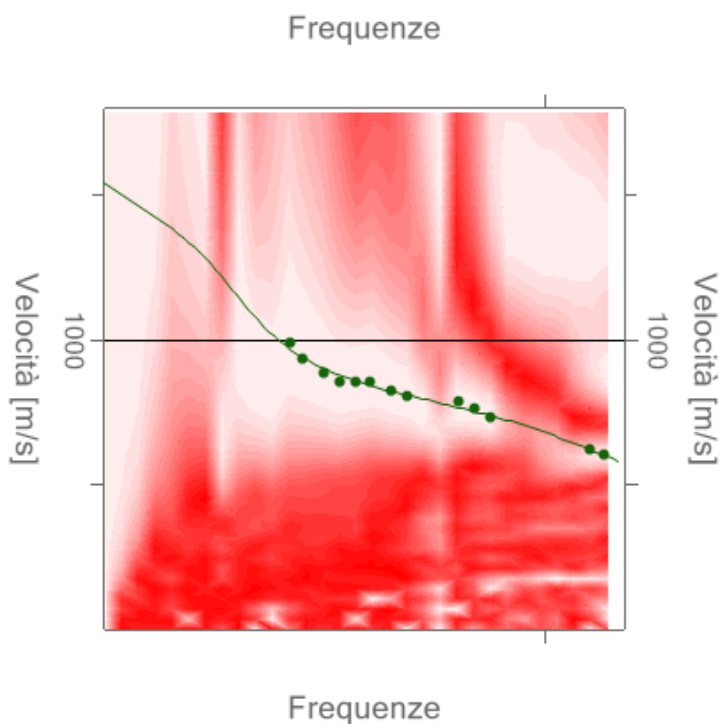
FOTOGRAFIA





PROFILO DI VELOCITA' Vs


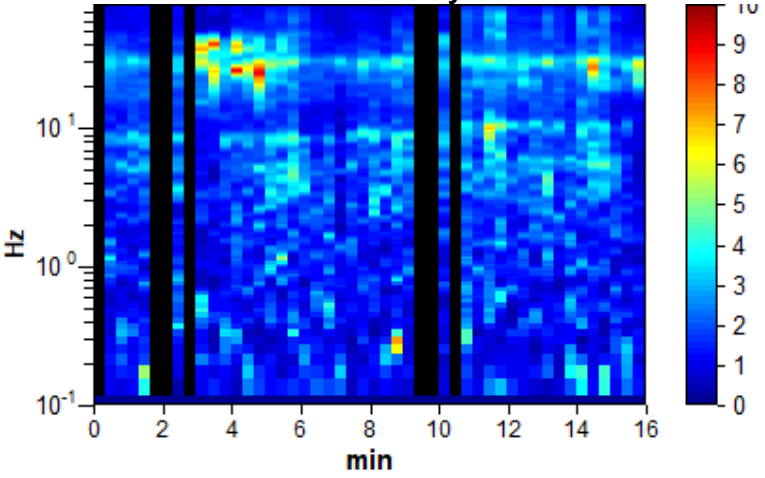


PHASE VELOCITY SPECTRUM WINDOW



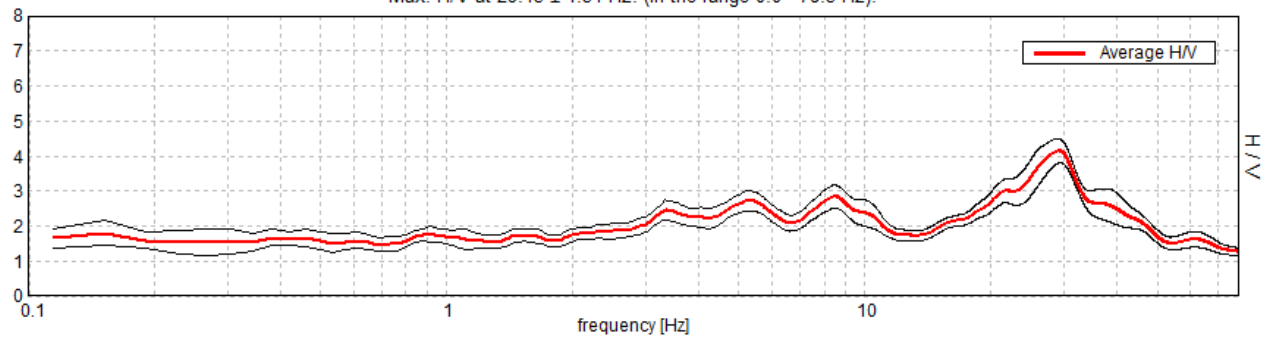
 <p>ATO VERONESE Consiglio di Bacino Veronese</p>	<p>Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO</p>	
<p>Acque  Veronesi</p>	<p>RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA</p>	<p>Rev. 01 – Settembre 2021</p>

7.6.3 Indagine HVSR

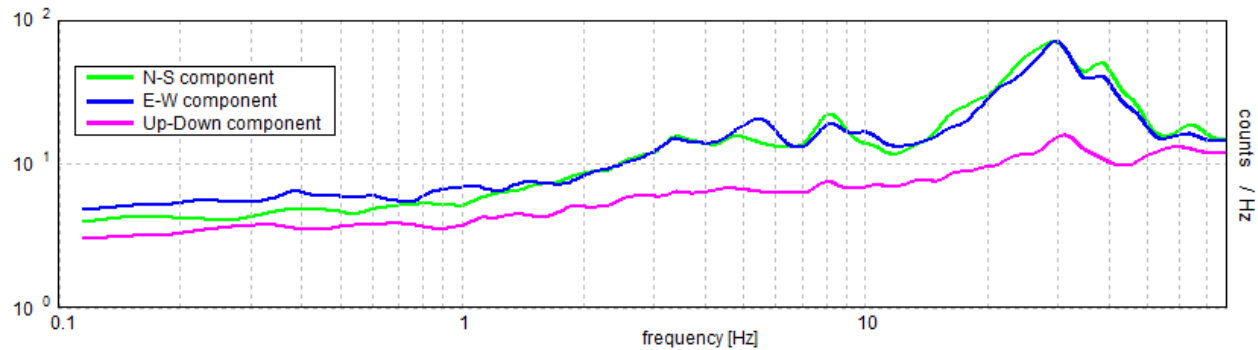
INDAGINE DOSSO BRANCON		
Coordinate geografiche WGS84	<p>Lat: 45.684339 Long: 11.059402</p>	
Tipo di strumento	ECHO TROMO 3 (Ambrogeo)	
Tipo di terreno	Naturale	
Tipo di accoppiamento	Supporto a chiodi infissi nel terreno	
Frequenza di campionamento durante l'acquisizione	157 Hz	
Situazione meteorologica	Sereni	
Data di acquisizione	24/08/2020	
Frequenza di picco	29.13 ± 4.54 Hz	<p data-bbox="1512 890 1691 914">H/V stability</p> 

Spettro H/V

Max. H/V at 29.13 ± 4.54 Hz. (In the range 0.0 - 78.5 Hz).



Spettro di ampiezza nelle tre componenti spaziali



7.7 SERBATOIO TRACCHI

Di seguito si riportano le fotografie degli affioramenti rocciosi presenti in corrispondenza dell'area di progetto:



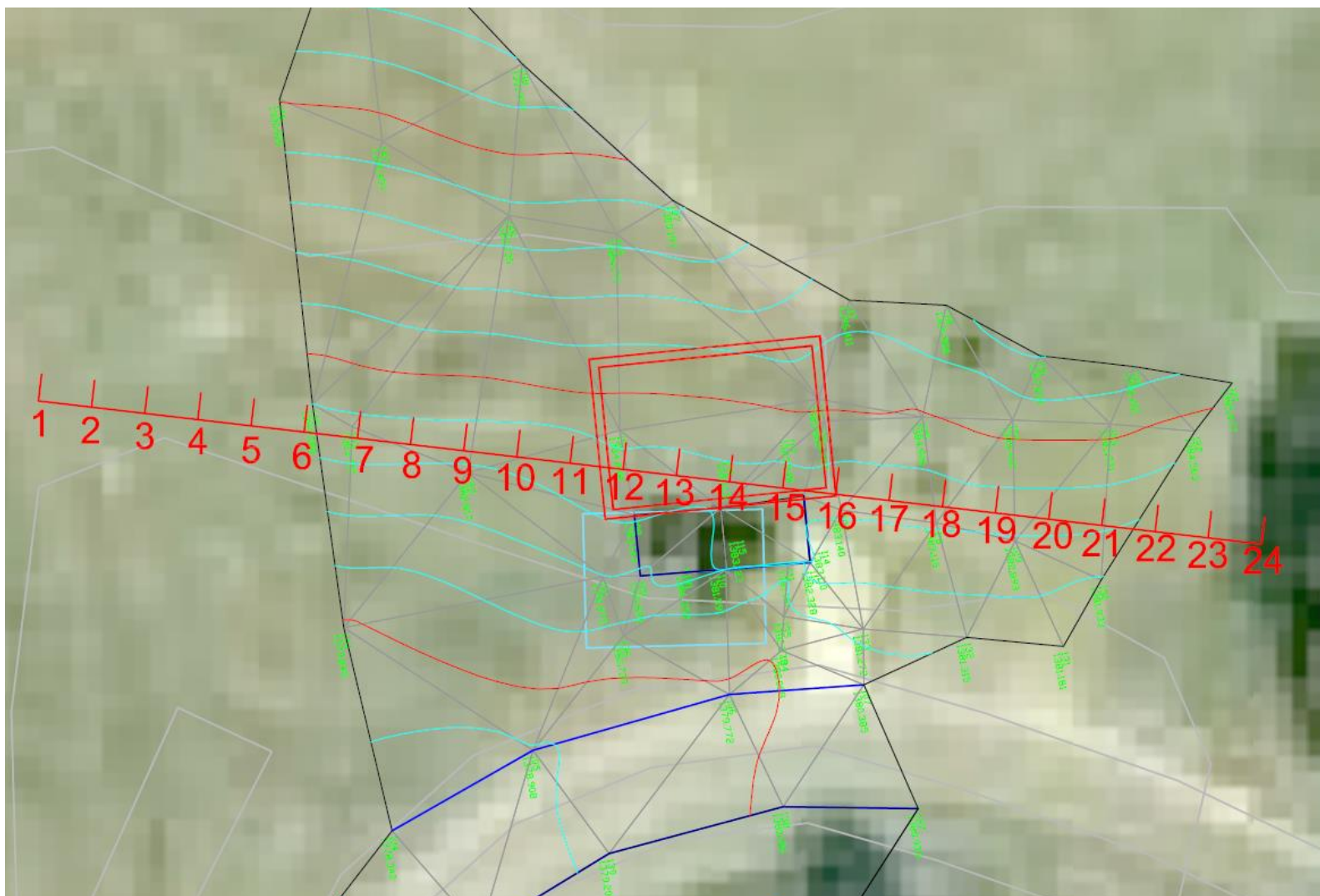
Foto degli affioramenti rocciosi in prossimità dell'area dove verrà realizzato il serbatoio

Come si evince dalle foto soprariportate in corrispondenza dell'area di progetto la litologia presente corrisponde al gruppo dei calcari Grigi.

7.7.1 Tomografia elettrica



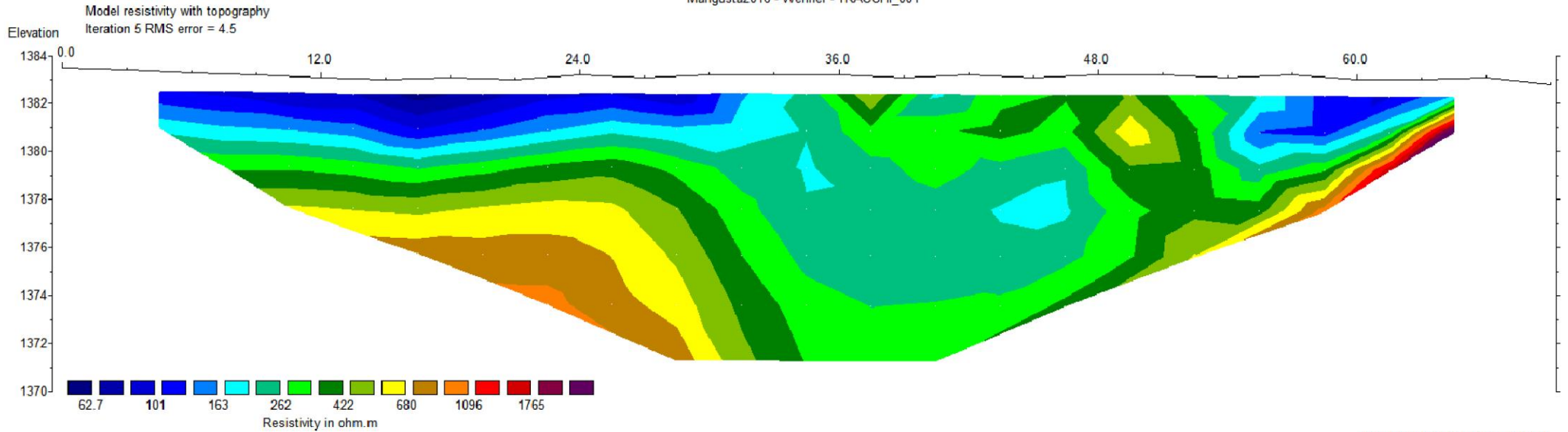
Foto dello stendimento per la realizzazione della tomografia elettrica



In rosso ubicazione planimetrica dello stendimento. I numeri progressivi indicano gli elettrodi.

SEZIONE DI RESISTIVITA'

Mangusta2016 - Wenner - TRACCHI_001



Horizontal scale is 66.04 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.11
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 69.0 m.

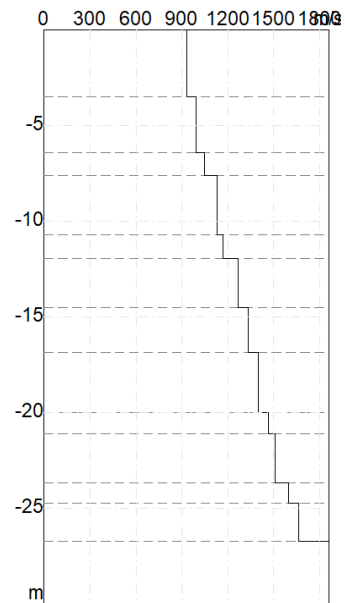
7.7.2 Indagine MASW

Codice	TRACCHI	Data di acquisizione	30/07/2020
Latitudine inizio WGS84	45.669507	Interdistanza tra i geofoni (x)	4 metri
Longitudine inizio WGS84	11.053796	Valore medio Vs₃₀ da p.c.	1264.63 m/s
Latitudine fine WGS84	45.669518	Categoria di sottosuolo	A
Longitudine fine WGS84	11.053281		

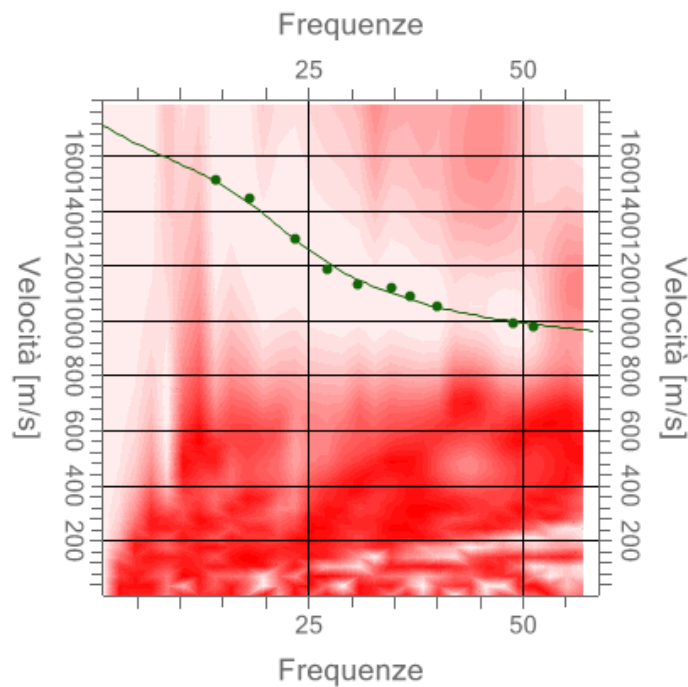
FOTOGRAFIA





PROFILO DI VELOCITA' Vs


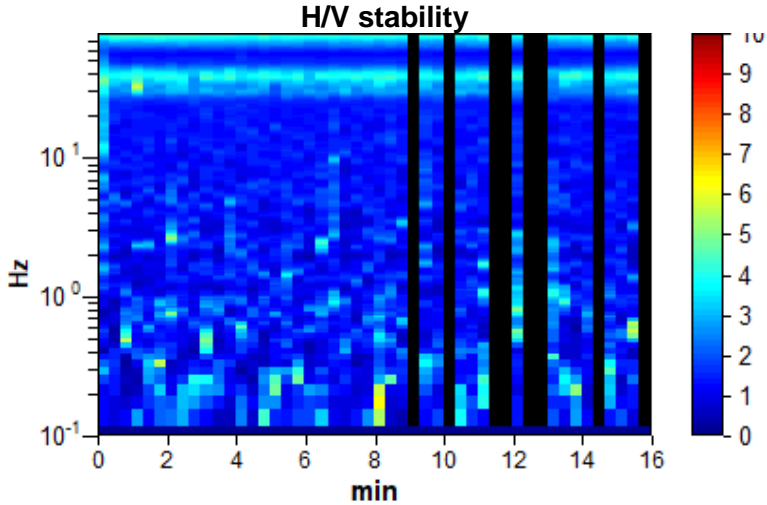


PHASE VELOCITY SPECTRUM WINDOW



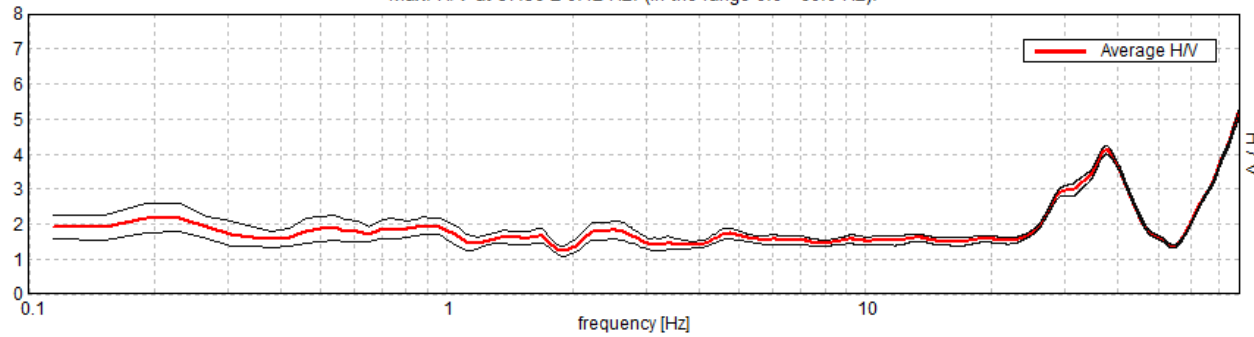
	Estensione della rete idrica ed elettrica alle malghe dei Comuni di Bosco Chiesanuova, Erbezzo e Sant'Anna d'Alfaedo – Fondo Comuni Confinanti PROGETTO DEFINITIVO	
Acque  Veronesi	RAPPORTO DI INDAGINE GEOLOGICA	Rev. 01 – Settembre 2021

7.7.3 Indagine HVSR

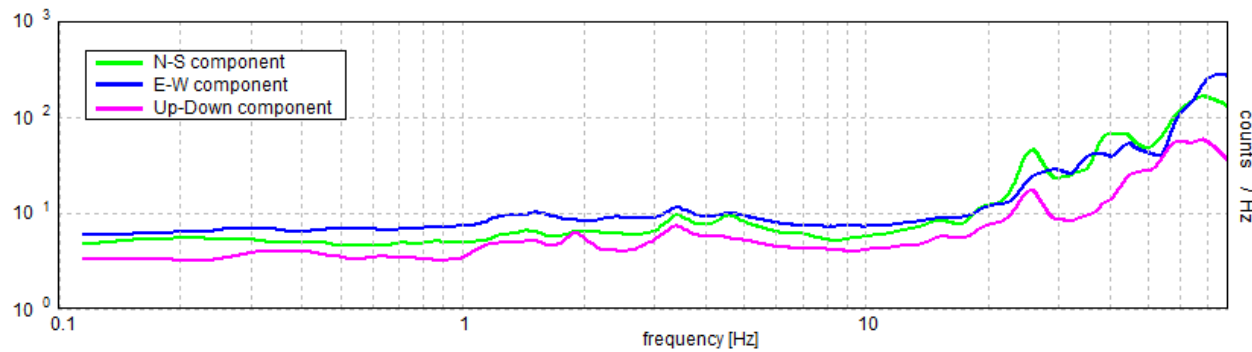
INDAGINE TRACCHI		
Coordinate geografiche WGS84	Lat: 45.669518 Long: 11.053587	
Tipo di strumento	ECHO TROMO 3 (Ambrogeo)	
Tipo di terreno	Naturale	
Tipo di accoppiamento	Supporto a chiodi infissi nel terreno	
Frequenza di campionamento durante l'acquisizione	157 Hz	
Situazione meteorologica	Sereni	
Data di acquisizione	30/07/2020	
Frequenza di picco	37.56 ± 0.42 Hz	

Spettro H/V

Max. H/V at 37.56 ± 0.42 Hz. (In the range 0.0 - 60.0 Hz).



Spettro di ampiezza nelle tre componenti spaziali



**Il professionista incaricato
Dott. Geologo Cristiano Mastella**

S. Pietro in Cariano, Settembre 2021

