

# ALTO TREVIGIANO SERVIZI S.r.l.

MONTEBELLUNA



ALTO TREVIGIANO SERVIZI

REGIONE DEL VENETO



COMUNE DI SERNAGLIA  
DELLA BATTAGLIA

COMUNE DI NERVESA  
DELLA BATTAGLIA



## PROGETTO DEFINITIVO

COSTRUZIONE DELLA CONDOTTA ADDUTTRICE FALZE'-NERVESA  
ATTRAVERSAMENTO FIUME PIAVE

**Relazione**

**RE04**

**Rapporto di Indagine (georadar e tomografia)**

PROGETTAZIONE:

**INGEGNERIA 2P**  
& associati



**Ingegneria 2P & associati s.r.l.**

Via Dall'Armi 27/3 - 30027 San Donà di Piave (VE)  
Tel. 0421-307700 Email: info@ingegneria2p.it

Dott. Ing. Raffaele Picci

Dott. Ing. Nicola Bisetto

Aspetti idraulici:

Aspetti ambientali:

Aspetti strutturali:

Dott. Ing. Marco Venturini

Dott. Ing. Caterina Masotto

Dott. Ing. Giovanni Carretta

COLLABORAZIONE:



ALTO TREVIGIANO SERVIZI

**Alto Trevigiano Servizi s.r.l.**

Via Schiavonesca Priula 86 - 31044 Montebelluna (TV)  
Tel. 0423-2928 Email: azienda@ats-pec.it

Il Direttore Generale :  
Ufficio Nuove Opere

Dott. Ing. Roberto Durigon

Data:

**Marzo 2019**

Aggiornato:

**Aprile 2019**

Codice Piano d'Ambito

**260254001**

Codice Commessa:

**IA1611000**



**GEOLOGIA TECNICA sas**  
di Vorliceck P.A. & C  
Azienda certificata UNI EN ISO 9001:2015



Provincia di	TREVISO
Comune di	SERNAGLIA DELLA BATTAGLIA
Committente	Alto Trevigiano Servizi



**INDAGINE GEOGNOSTICA SUL GRETO DEL PIAVE  
GEORADAR**

**RELAZIONE TECNICA D'INDAGINE****Principio di funzionamento**

L'indagine riportata in questo documento è stata eseguita con IDS Opera Duo Ground Penetrating Radar;



*Georadar IDS Opera Duo*

Un Ground Penetrating Radar (GPR) è una tecnologia non distruttiva (NDT) che, attraverso l'emissione di onde elettromagnetiche, permette di investigare la presenza di oggetti nel sottosuolo. Opera Duo è un GPR equipaggiato con un'antenna "ground coupled" a doppia frequenza; l'antenna ad alta frequenza è usata per la detezone accurata di oggetti superficiali; l'antenna a bassa frequenza è usata per la detezone di oggetti più profondi. Opera Duo acquisisce, processa ed immagazzina i dati raccolti durante l'indagine e presenta nello schermo del computer i dati acquisiti come porzioni dell'area scansionata. L'operatore interpreta le scansioni mostrate e procede a marcare i taget rilevanti.

Attraverso la misura del tempo necessario all'onda elettromagnetica a essere riflessa dall'oggetto e ricevuta dal radar, è possibile valutare la profondità dei target trovati. Nella tabella a seguito le caratteristiche tecniche delle antenne che monta lo strumento.

ANTENNA SPECIFICATIONS	
ENVIRONMENTAL	IP65
ANTENNA FOOTPRINT	40 x 50 cm
NUMBER OF HARDWARE CHANNELS	2
ANTENNA CENTRAL FREQUENCIES	250 MHz and 700 MHz
ANTENNA ORIENTATION	Perpendicular, broadside
SAMPLING FREQUENCY	400 kHz

Il principio di funzionamento dello strumento (fig. 1), legato alla propagazione di un'onda elettromagnetica nel sottosuolo, si basa sul fenomeno fisico di partizione dell'energia ad un'interfaccia tra due mezzi con diverse proprietà dielettriche (costante dielettrica  $\epsilon_r$  e riflettività  $R$ ). In particolare, in corrispondenza di un'interfaccia fisica, l'onda e.m. generata in superficie ed immessa nel sottosuolo per mezzo dell'antenna, subisce un fenomeno di riflessione e parte dell'energia (in funzione del contrasto di impedenza elettrica dei mezzi affacciati e dell'angolo di incidenza del segnale trasmesso) ritorna verso la superficie.

Sede: v. Martiri Libertà 29, 35042 Este (PD) tel 0429601986 e-mail <a href="mailto:info@geologiatecnica.net">info@geologiatecnica.net</a> & <a href="http://www.geologiatecnica.net">www.geologiatecnica.net</a>		
File:Georadar.doc	Redatto da : Sacramati M	Data 13/02/2019
Rev. 00	Controllato da : Vorlicek P.A.	Pag. 2

**RELAZIONE TECNICA D'INDAGINE**

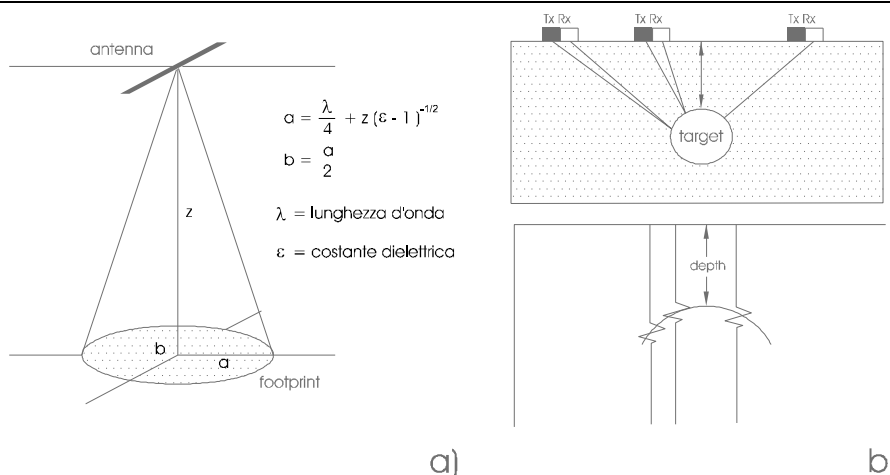


Fig. 1 – Propagazione di un'onda elettromagnetica nel sottosuolo: a) angolo solido di emissione dell'onda e footprint dell'antenna sul riflettore; b) configurazione monostatica responso di individuazione di un target

Le antenne hanno una configurazione monostatica (dove l'offset ha una misura fissa - fig. 1b) (tx = rx) per la trasmissione e la ricezione del segnale. La selezione dell'offset permette, in prima approssimazione, la stima della velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica e quindi, noto il tempo di registrazione, il calcolo della profondità del target.

$$V_m = c / (\epsilon_r / \epsilon_0)^{-1/2} \quad (1)$$

La velocità di propagazione  $V_m$  di un'onda e.m. in un mezzo m è data dalla (1) dove c è la velocità della luce nel vuoto ( $3 \times 10^8$  m/s) ed  $\epsilon_r$  è la costante dielettrica del mezzo, normalizzata rispetto a quella dell'aria. La conoscenza della costante dielettrica relativa (o della velocità di propagazione  $v_r$ ) è essenziale ai fini interpretativi, poiché permette di calcolare la profondità (h) di una superficie riflettente, con un errore massimo stimato  $\pm 10$  %, infatti:

$$h = \frac{ct_r}{2\sqrt{\epsilon_r}}$$

Dove  $t_r$  è il tempo trascorso tra l'emissione e la ricezione dell'impulso.

L'attenuazione esprime invece la diminuzione dell'intensità del segnale per unità di lunghezza percorsa all'interno del materiale. Essa può essere considerata una funzione complessa della conducibilità elettrica, un'altra caratteristica fisica dei materiali. In generale è possibile affermare che la profondità di indagine massima ottenibile in un determinato materiale dipende dal suo valore di attenuazione. Valori elevati si hanno per i materiali caratterizzati da elevati valori di conducibilità elettrica, quali limi, argille, materiali cristallini solubili, metalli e acque saline; valori bassi sono invece caratteristici di rocce cristalline, ghiaie, sabbie e acque demineralizzate. Si evidenzia come la presenza di acqua sia responsabile dell'aumento dei valori di entrambi i parametri, sebbene con intensità diversa nei vari materiali. I materiali caratterizzati da elevati valori di attenuazione limitano in modo determinante la profondità di indagine; nelle argille plastiche, ad esempio, essa è ridotta a pochi centimetri e nei metalli è praticamente nulla. Per contro, i materiali ad elevato valore di attenuazione sono ottimi bersagli, in quanto riflettono buona parte della radiazione incidente.

Un profilo (sezione GPR) si effettua ripetendo il ciclo di trasmissione e ricezione innumerevoli volte spostando progressivamente l'antenna lungo una direzione prefissata; il programma di elaborazione provvede ad accostare opportunamente le tracce dei segnali ricevuti. Il risultato è quello riportato nelle sezioni GPR.

Sede: v. Martiri Libertà 29, 35042 Este (PD) tel 0429601986 e-mail <a href="mailto:info@geologiatecnica.net">info@geologiatecnica.net</a> & <a href="http://www.geologiatecnica.net">www.geologiatecnica.net</a>		
File:Georadar.doc	Redatto da : Sacramati M	Data 13/02/2019
Rev. 00	Controllato da : Vorlicek P.A.	Pag. 3

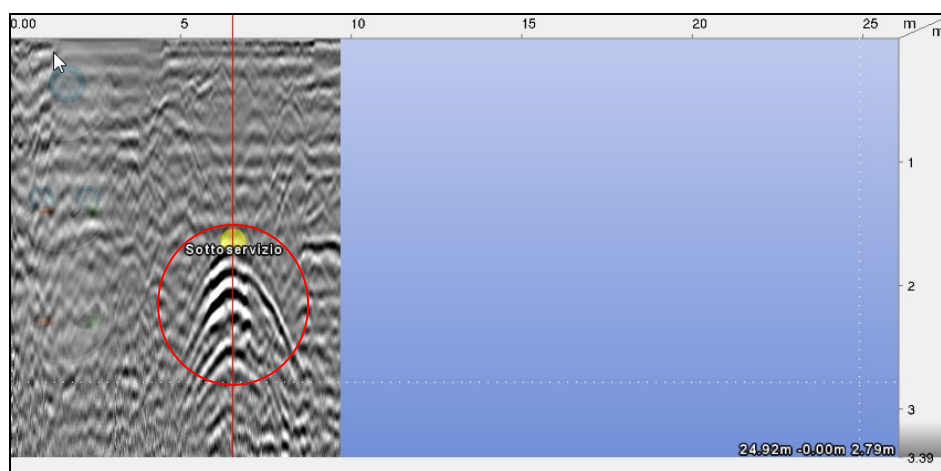


### Procedura di indagine

È stata eseguita un'indagine georadar in un'area, nella quale, da indicazioni del committente era presente un sottoservizio che si dirigeva presso le sponde del fiume Piave (quindi in direzione perpendicolare alla direzione di scorrimento del fiume). Dopo le indicazioni è stata eseguita una ricerca in modalità "libera" con il radar, senza quindi impostare una griglia di indagine, la situazione urbana infatti non prevedeva la presenza di ulteriori sottoservizi se non quello indicato. Individuato il sottoservizio, di cui a seguito se ne riportano alcuni radar grammi con indicato il sottoservizio, nella posizione del manufatto sono stati battuti i punti tramite una strumentazione GPS in modo da poterne geolocalizzare la posizione.



*Foto esecuzione indagine georadar in sito*



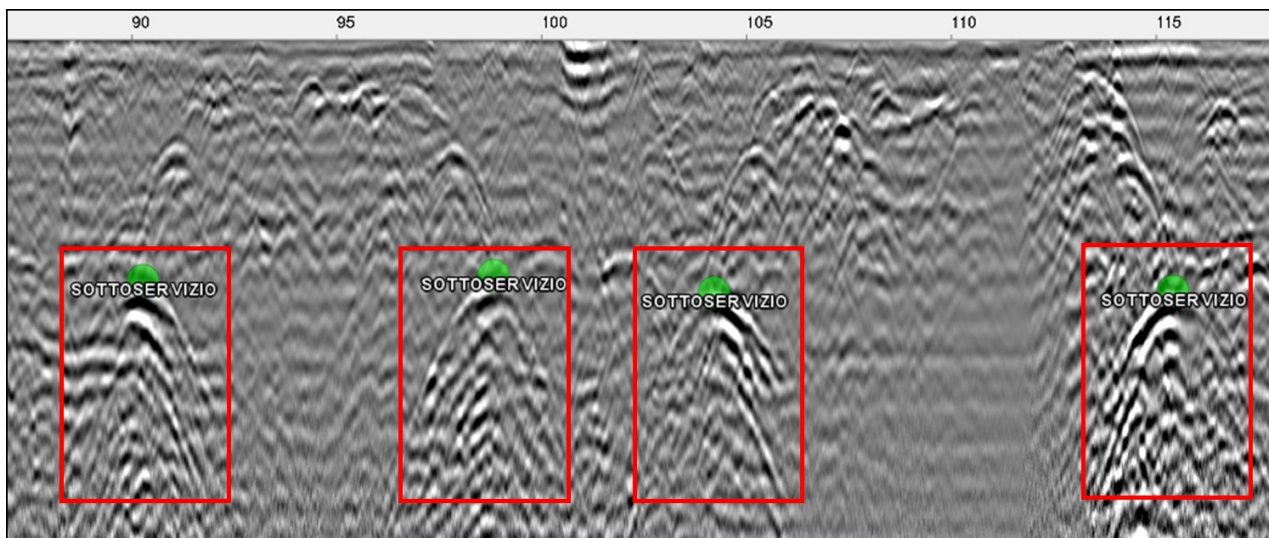
*Radargramma con evidenziato in rosso il sottoservizio ricercato alla profondità di -1,58 m da p.c.*

Sede: v. Martiri Libertà 29, 35042 Este (PD) tel 0429601986 e-mail <a href="mailto:info@geologiatecnica.net">info@geologiatecnica.net</a> & <a href="http://www.geologiatecnica.net">www.geologiatecnica.net</a>		
File:Georadar.doc	Redatto da : Sacramati M	Data 13/02/2019
Rev. 00	Controllato da : Vorliceck P.A.	Pag. 4

**RELAZIONE TECNICA D'INDAGINE**

In modalità libera è stato quindi intersecato il sottoservizio più volte in modo da poterlo georeferenziare correttamente.

Nella figura a seguito si riporta un radargramma con le riflessioni del sottoservizio ricercato, ogni qualvolta il sottoservizio veniva individuato un tecnico georeferenziava il punto ricostruendo il percorso del sottoservizio individuato ad una profondità che di circa 1,50 m dal p.c.



*Radargramma con evidenziato in rosso il sottoservizio ricercato alla profondità di -1,5 m da p.c.*

In allegato la topografia del sito in formato Cad con indicata la posizione del sottoservizio.

Indagini e relazione sviluppate nel mese di gennaio e febbraio 2019



Sede: v. Martiri Libertà 29, 35042 Este (PD) tel 0429601986 e-mail <a href="mailto:info@geologiatecnica.net">info@geologiatecnica.net</a> & <a href="http://www.geologiatecnica.net">www.geologiatecnica.net</a>		
File: Georadar.doc	Redatto da : Sacramati M	Data 13/02/2019
Rev. 00	Controllato da : Vorlicek P.A.	Pag. 5





**GEOLOGIA TECNICA sas**  
di Vorliceck P.A. & C

Azienda certificata UNI EN ISO 9001:2015



Provincia di	TREVISO
Comune di	SERNAGLIA DELLA BATTAGLIA
Committente	Alto Trevigiano Servizi



**INDAGINE GEOGNOSTICA SUL GRETO DEL PIAVE  
TOMOGRAFIE ELETTRICHE**

Provincia di	TREVISO
Comune di	SERNAGLIA DELLA BATTAGLIA
Committente	Alto Trevigiano Servizi

## INDAGINE GEOGNOSTICA SUL GRETO DEL PIAVE TOMOGRAFIE ELETTRICHE

Introduzione.....	3
Tomografia elettrica .....	4



## Introduzione

Su incarico della ditta 2 P Engineering s.r.l. sono state condotte delle indagini geofisiche di superficie (mediante differenti metodologie) sul greto del F.me Piave a Falze.

Si riportano nel presente elaborato le interpretazioni delle seguenti indagini:

- 3 stendimenti di geoelettrica

Tutte le sezioni sono state quotate mediante livello ottico e ubicate mediante GPS

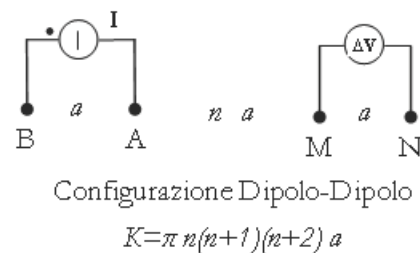
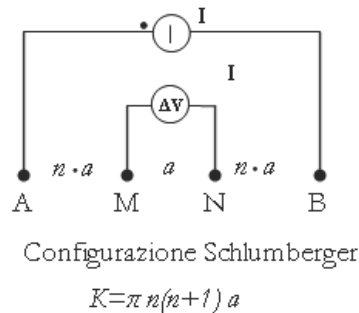


*Estratto area di progetto (non in scala)*

Sede: v. Martiri Libertà 29, 35042 Este (PD) tel-fax 0429601986 e-mail <a href="mailto:info@geologiatecnica.net">info@geologiatecnica.net</a> & <a href="http://www.geologiatecnica.net">www.geologiatecnica.net</a>		
File: Report_Tomografia_Elettrica.doc	Redatto da : Vorliceck P.A.	Data 13/02/2019
Rev. 00	Controllato da : Piccolo N.	Pag. 3

## Tomografia elettrica

Durante la campagna indagini è stata eseguita una serie di test con tomografia elettrica, tale metodo geoelettrico consiste nella determinazione sperimentale dei valori di resistività elettrica che caratterizzano il sottosuolo. Per discriminare la struttura del sottosuolo è applicata al terreno una corrente elettrica continua, attraverso elettrodi infissi nel terreno. Dalla misura della corrente, del potenziale elettrico generato e dalle dimensioni del terreno si ricava la resistività dello stesso  $\rho$ , o conducibilità elettrica  $\sigma$ . Con la stessa metodologia si può anche misurare il potenziale residuo nel tempo che individua la polarizzazione indotta IP o Caricabilità. Le indagini geoelettriche di resistività, o conducibilità, si basano sugli effetti sotterranei della corrente elettrica, rilevabili in superficie attraverso misure di differenza di potenziale e di corrente. Il terreno presenta due tipi di conducibilità elettrica: "conducibilità di tipo elettronico" (propria dei metalli nei quali  $\rho$  aumenta con la temperatura o dei semiconduttori nei quali la resistività diminuisce all'aumentare della temperatura) e "conducibilità di tipo ionico" (propria dei dielettrici). Il generale il sottosuolo è composto in grandissima maggioranza da minerali dielettrici. Si riportano di seguito le due configurazioni utilizzate in sito, con A e B si individuano gli elettrodi di corrente e con M e N gli elettrodi di potenziale.



La strumentazione utilizzata (fino a 56 canali, espandibile) è la M.A.E. mentre l'inversione tomografica viene eseguita mediante il software Res 2Dinv

Le sezioni topografiche sono state quotate tramite livello ottico di precisione.

La prospezione ha riscontrato un'ampia gamma di resistività. La tabella che segue tenta di attribuire le misure effettuate alla litologia riscontrata nei sondaggi.

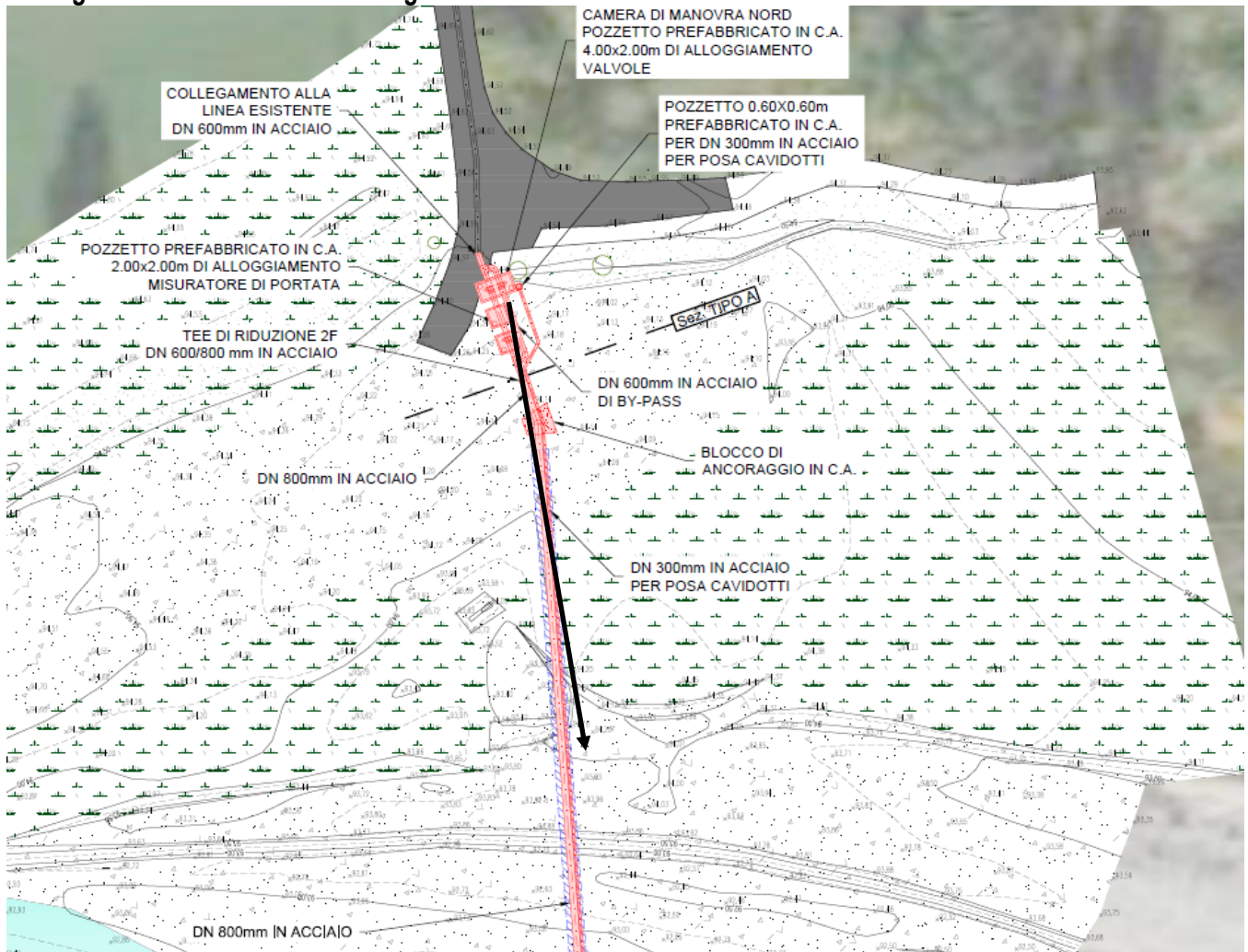
La legenda generale delle sezioni è la seguente (si veda l'interpretazione poi dei singoli sondaggi):

Intervallo resistività (ohm/m)	di Litologia	Colore in sezione
1-20	Argille e limi argillosi o sabbie argillose in falda	Blu
20-200	Ghiaie localmente sabbiose in falda	Azzurro Verde
200-1500	Ghiaie localmente parzialmente sature e/o ghiaie in matrice limoso sabbiosa	Verde Giallo Marrone
1500-3000	Ghiaie praticamente prive di matrice asciutte	Rosso
>3000	Anomalia data da rocce "trovanti" (?)	Viola Marrone scuro

15.0    60.0    200    400    600    1000    1500    2500
Resistivity in ohm.m

### Tomografia elettrica 1 sinistra idrografica

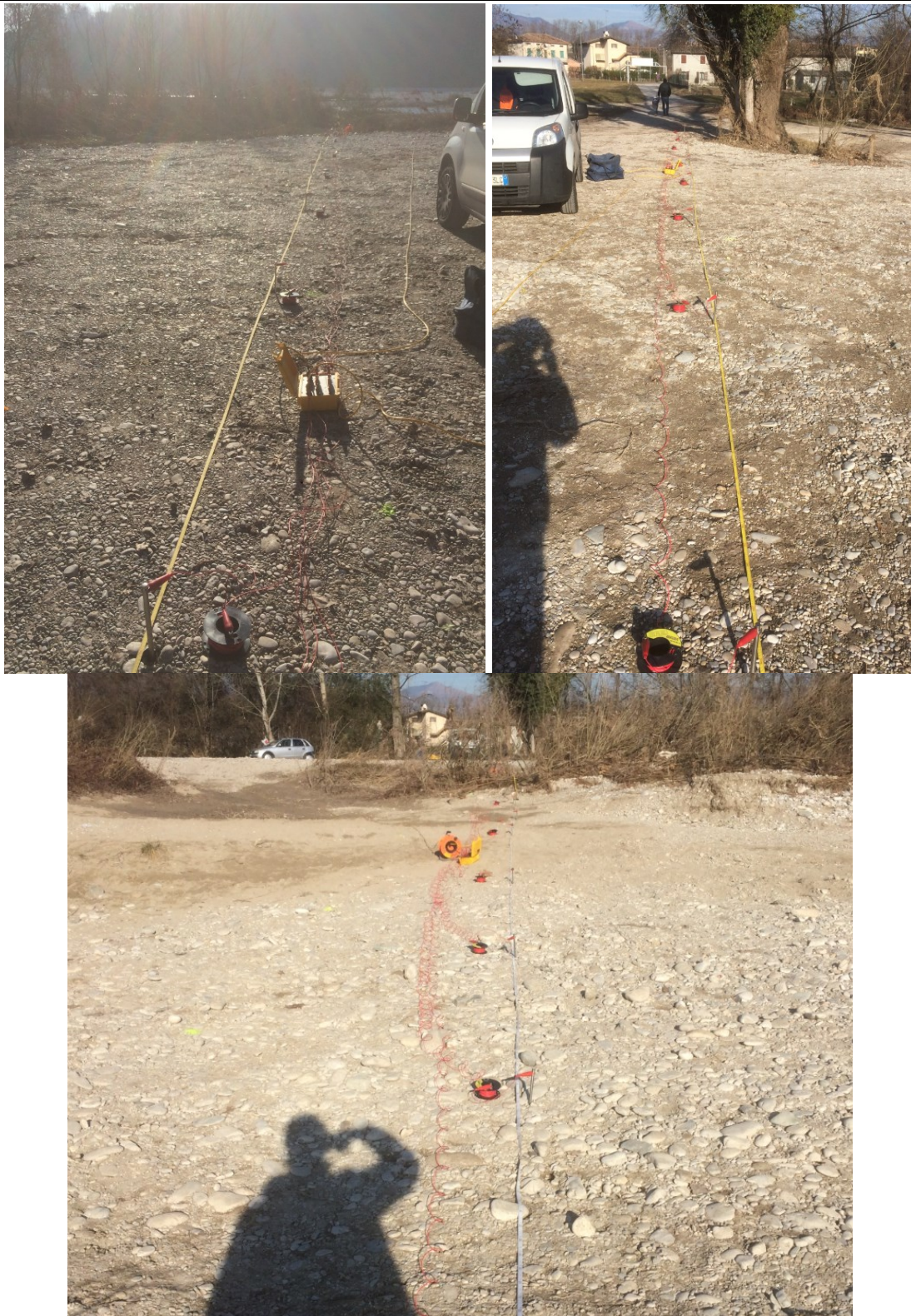


Ubicazione inizio stendimento geoelettrica su planimetria di progetto

Lo stendimento è stato eseguito con passo elettrodo 3 m con l'utilizzo di un totale di 24 elettrodi per 72 m di stendimento. Lo stesso è stato livellato topograficamente tramite livello ottico di precisione

Sede: v. Martiri Libertà 29, 35042 Este (PD) tel-fax 0429601986 e-mail <a href="mailto:info@geologiatecnica.net">info@geologiatecnica.net</a> & <a href="http://www.geologiatecnica.net">www.geologiatecnica.net</a>		
File: Report_Tomografia_Elettrica.doc	Redatto da : Vorlicek P.A.	Data 13/02/2019
Rev. 00	Controllato da : Piccolo N.	Pag. 5



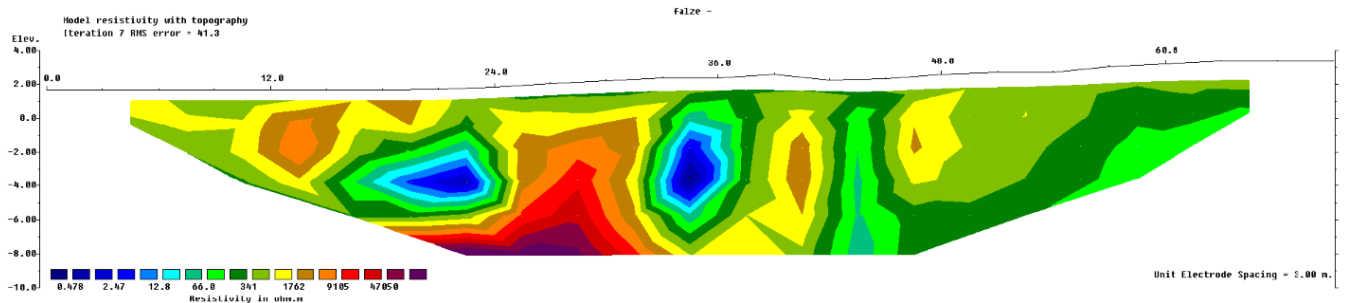


*Esecuzione stendimento tomografia elettrica 1*

### Configurazione wenner schlumberger

Sede: v. Martiri Libertà 29, 35042 Este (PD) tel-fax 0429601986 e-mail <a href="mailto:info@geologiatecnica.net">info@geologiatecnica.net</a> & <a href="http://www.geologiatecnica.net">www.geologiatecnica.net</a>		
File: Report_Tomografia_Elettrica.doc	Redatto da : Vorliceck P.A.	Data 13/02/2019
Rev. 00	Controllato da : Piccolo N.	Pag. 6

Come già descritto la configurazione (adatta ad indagare in profondità); essa evidenzia presso la progressiva 65 la presenza di un'anomalia resistiva attribuibile a fenomeni microcarsici a profondità di poco superiore ai 15 m da p.c..

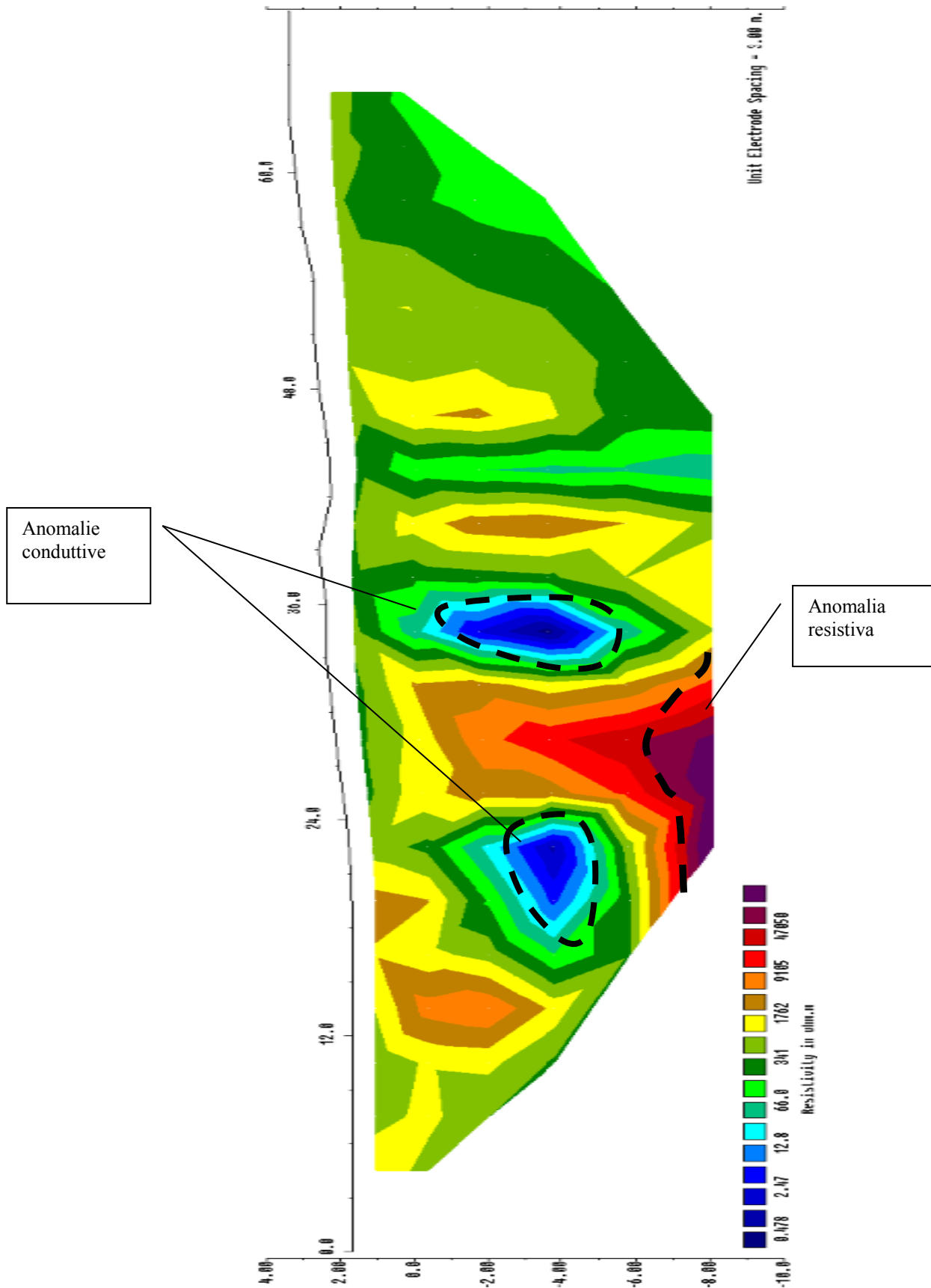


Intervallo di resistività (ohm/m)	Litologia	Colore in sezione
1-20	Argille e limi argillosi o sabbie argillose in falda o in alternativa anomalie conduttive	Blu
20-200	Ghiaie localmente sabbiose in falda	Azzurro Verde
200-1500	Ghiaie localmente parzialmente sature e/o ghiaie in metrice limoso sabbiosa	Verde Giallo Marrone
>3000	Anomalia data da rocce "trovanti" (?)	Viola Marrone scuro

Seguono dettagli interpretativi della configurazione;

come appare evidente nella sezione è presente da piano campagna fino alla profondità indagata (circa 10m da p.c.) ghiaie e sabbie caratterizzate da resistività mediamente elevate da 60 a 1700 ohm/m. Sono presenti due anomalie; due aree conduttive (a resistività particolarmente bassa) alla profondità di circa 3 m da p.c. ed un'anomalia resistiva, attribuibile quest'ultima alla presenza di un trovante di grandi dimensioni

RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



Sede: v. Martiri Libertà 29, 35042 Este (PD) tel-fax 0429601986 e-mail [info@geologiatecnica.net](mailto:info@geologiatecnica.net) & [www.geologiatecnica.net](http://www.geologiatecnica.net)

File:Report\_Tomografia\_Elettrica.doc

Redatto da : Vorliceck P.A.

Data 13/02/2019

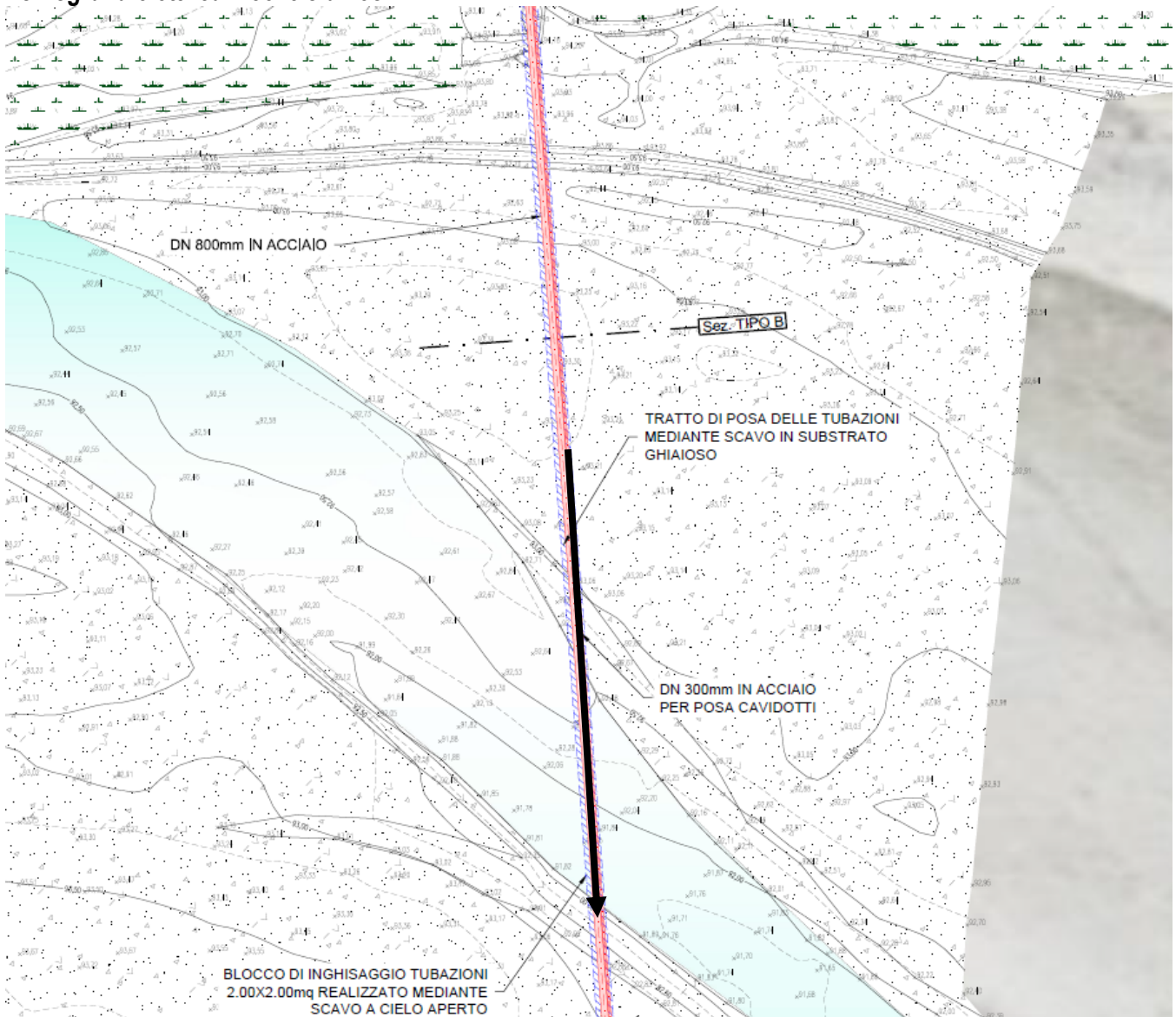
Rev. 00

Controllato da : Piccolo N.

Pag. 8



**Tomografia elettrica 2 centro alveo**



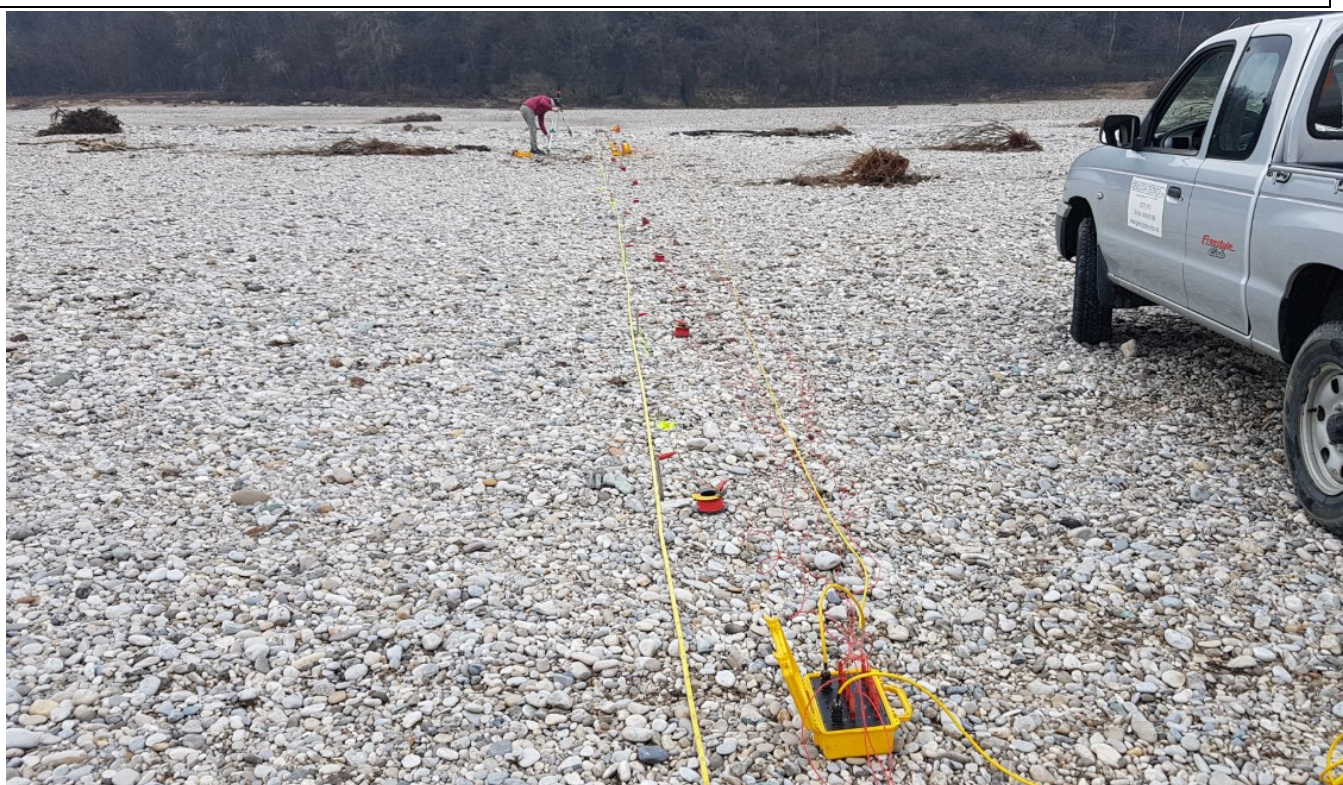
*Ubicazione inizio stendimento geoelettrica 2*

Lo stendimento è stato eseguito con passo elettrodico 3 m con l'utilizzo di un totale di 24 elettrodi per 72 m di stendimento. Lo stesso è stato livellato topograficamente tramite livello ottico di precisione.

Sede: v. Martiri Libertà 29, 35042 Este (PD) tel-fax 0429601986 e-mail <a href="mailto:info@geologiatecnica.net">info@geologiatecnica.net</a> & <a href="http://www.geologiatecnica.net">www.geologiatecnica.net</a>		
File:Report_Tomografia_Elettrica.doc	Redatto da : Vorliceck P.A.	Data 13/02/2019
Rev. 00	Controllato da : Piccolo N.	Pag. 9



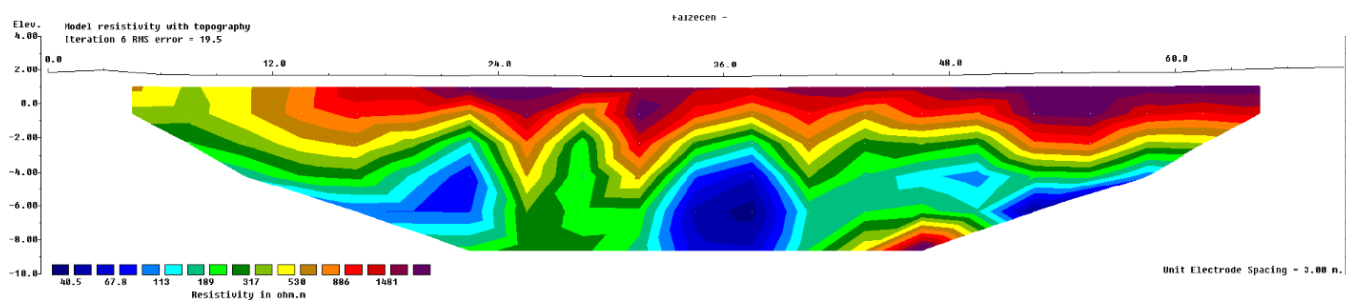




Esecuzione stendimento tomografia elettrica 2

### Configurazione wenner schlumberger

Come già descritto la configurazione (adatta ad indagare in profondità); essa evidenzia presso la progressiva 65 la presenza di un'anomalia resistiva attribuibile a fenomeni microcarsici a profondità di poco superiore ai 15 m da p.c..



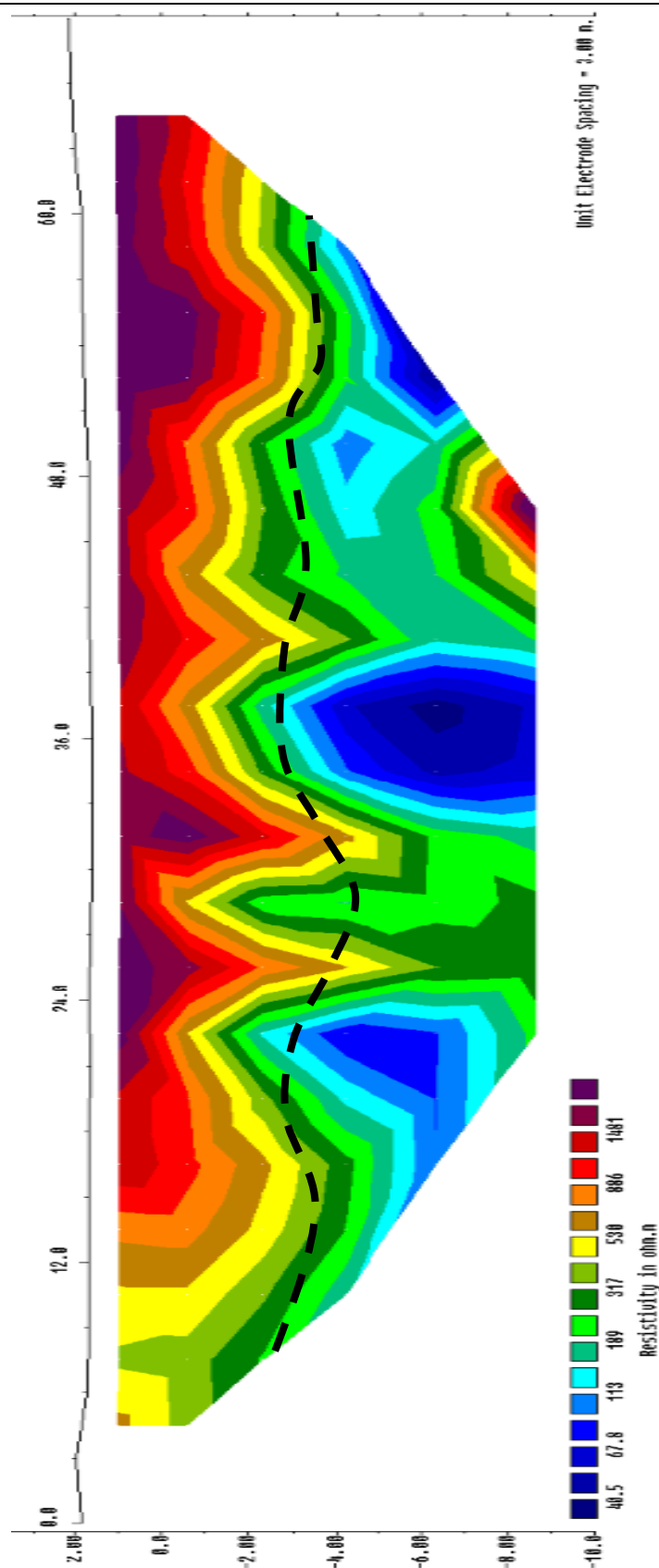
Intervallo di resistività (ohm/m)	Litologia	Colore in sezione
1-20	Argille e limi argillosi o sabbie argillose in falda	Blu
20-200	Ghiaie localmente sabbiose in falda	Azzurro Verde
200-1500	Ghiaie localmente parzialmente sature e/o ghiaie in matrice limoso sabbiosa	Verde Giallo Marrone Viola



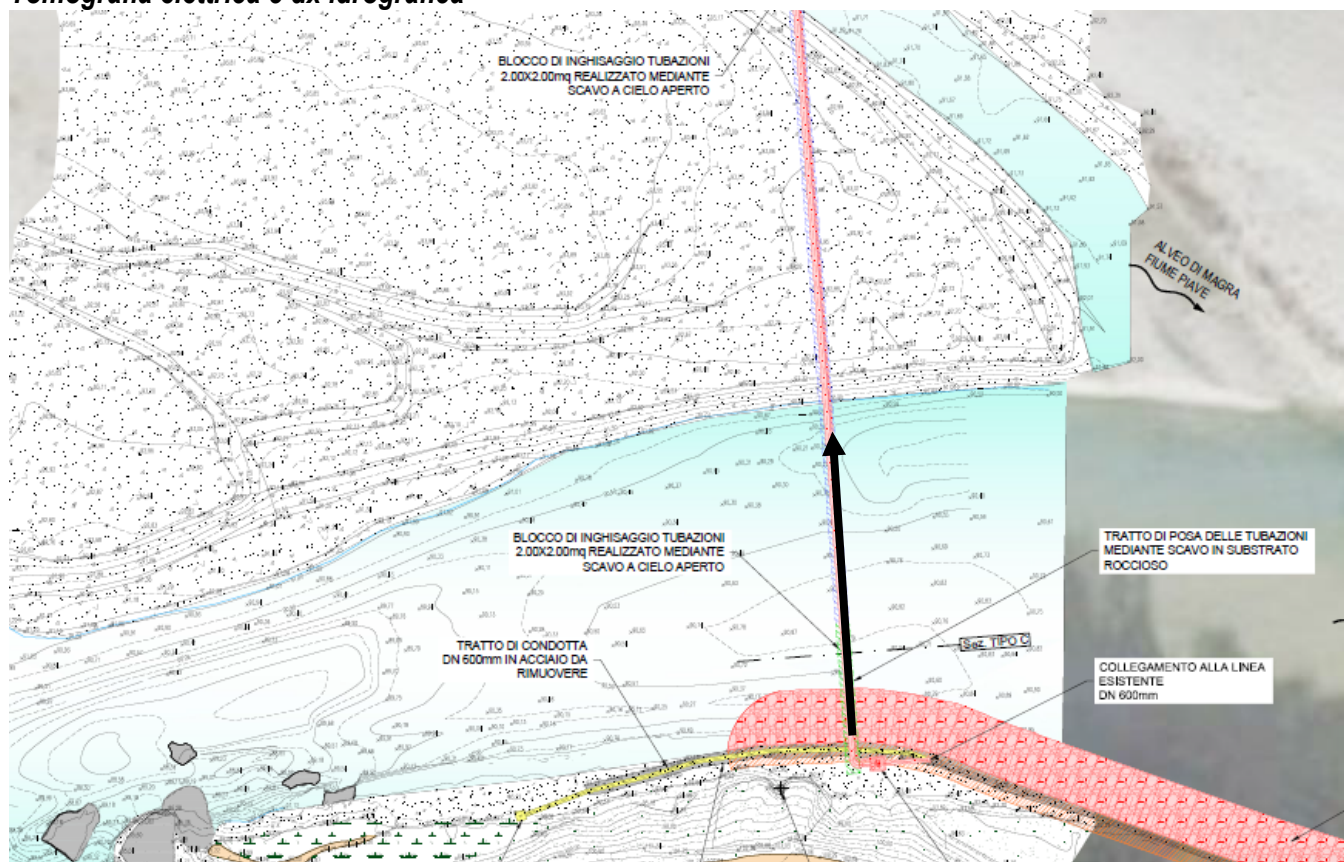
	<b>GEOLOGIA TECNICA sas</b> di Vorliceck P.A. & C	Azienda certificata <sup>2</sup> UNI EN ISO 9001:2015 da: <b>Kiwa Cermet Italia S.p.A.</b>
<b>RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE</b>		

Seguono dettagli interpretativi della configurazione; si distinguono fondamentalmente solo due strati i materiali ghiaioso sabbiosi sopra falda e quelli sotto falda (anche se il confine fra i due è variegato a seconda del grado di umidità e di risalita capillare, con il confine posto a circa 2 m da p.c.. Si riscontra una anomalia resistiva in profondità attribuibile a trovante di grande dimensione.

Sede: v. Martiri Libertà 29, 35042 Este (PD) tel-fax 0429601986 e-mail <a href="mailto:info@geologiatecnica.net">info@geologiatecnica.net</a> & <a href="http://www.geologiatecnica.net">www.geologiatecnica.net</a>		
File:Report_Tomografia_Elettrica.doc	Redatto da : Vorliceck P.A.	Data 13/02/2019
Rev. 00	Controllato da : Piccolo N.	Pag. 12



**Tomografia elettrica 3 dx idrografica**



*Ubicazione inizio stendimento geoelettrica*

Lo stendimento è stato eseguito con passo elettrodico 2 m con l'utilizzo di un totale di 16 elettrodi per 32 m di stendimento. Lo stesso è stato livellato topograficamente tramite livello ottico di precisione



Sede: v. Martiri Libertà 29, 35042 Este (PD) tel-fax 0429601986 e-mail <a href="mailto:info@geologiatecnica.net">info@geologiatecnica.net</a> & <a href="http://www.geologiatecnica.net">www.geologiatecnica.net</a>		
File:Report_Tomografia_Elettrica.doc	Redatto da : Vorliceck P.A.	Data 13/02/2019
Rev. 00	Controllato da : Piccolo N.	Pag. 14





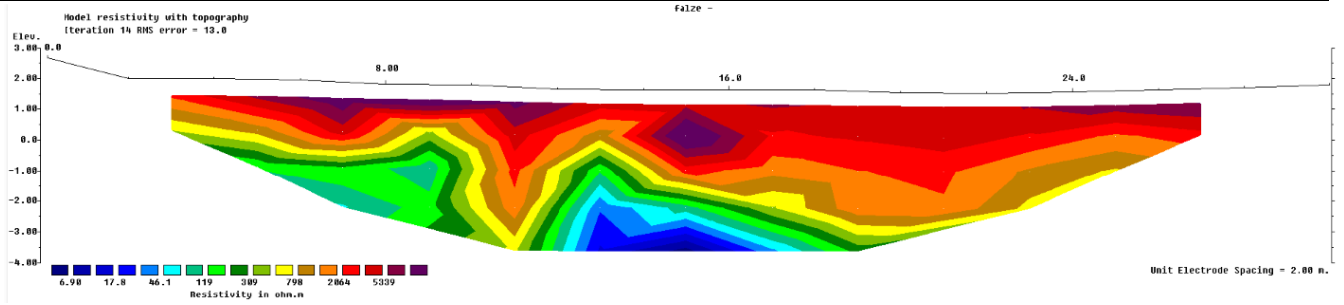
*Esecuzione stendimento tomografia elettrica 3*

### Configurazione wenner schlumberger

Come già descritto la configurazione (adatta ad indagare in profondità); essa evidenzia presso la progressiva 65 la presenza di un'anomalia resistiva attribuibile a fenomeni microcarsici a profondità di poco superiore ai 15 m da p.c..

Sede: v. Martiri Libertà 29, 35042 Este (PD) tel-fax 0429601986 e-mail <a href="mailto:info@geologiatecnica.net">info@geologiatecnica.net</a> & <a href="http://www.geologiatecnica.net">www.geologiatecnica.net</a>		
File: Report_Tomografia_Elettrica.doc	Redatto da : Vorlice P.A.	Data 13/02/2019
Rev. 00	Controllato da : Piccolo N.	Pag. 15

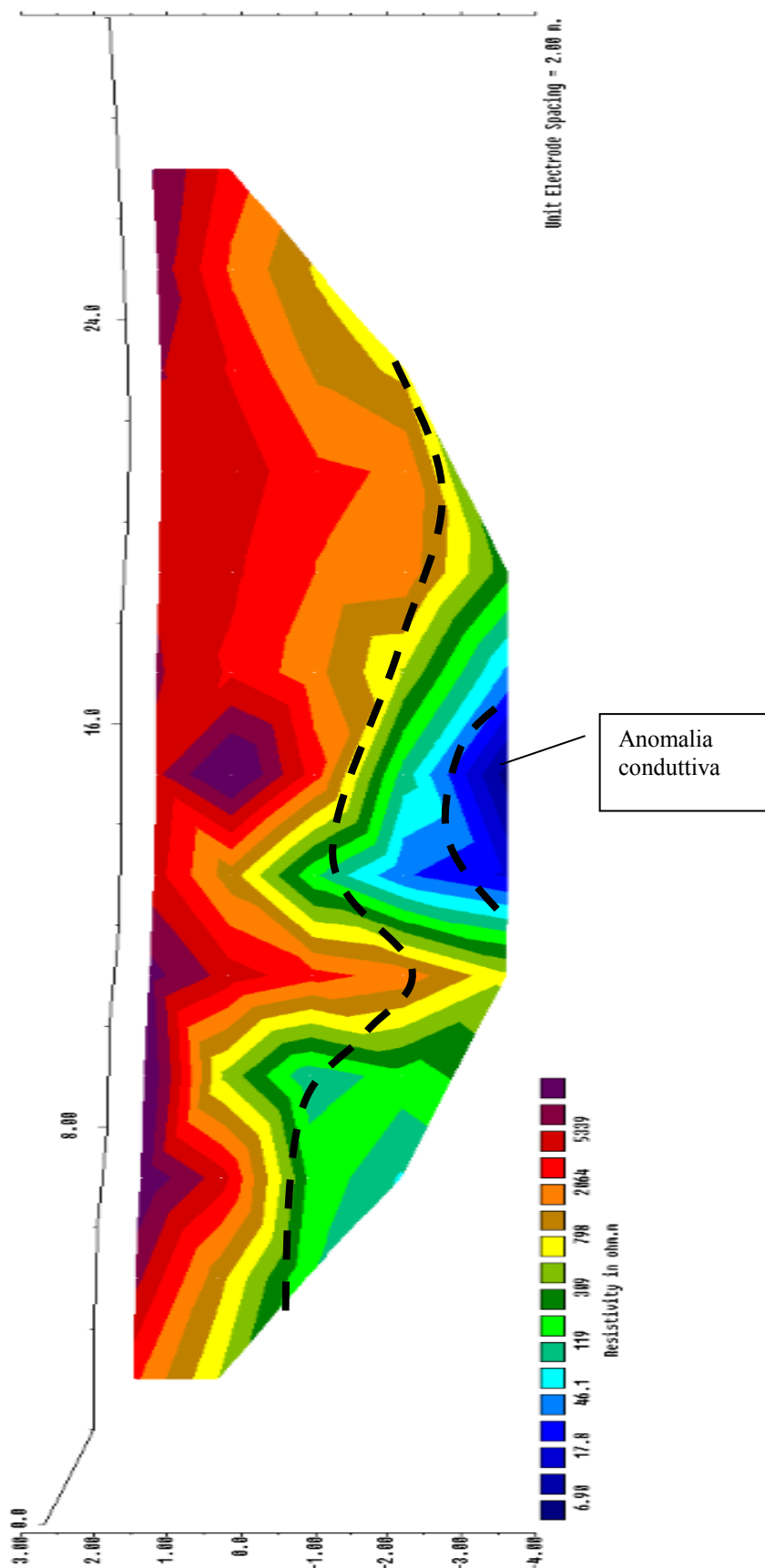
**RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE**



<b>Intervallo di resistività (ohm/m)</b>	<b>Litologia</b>	<b>Colore in sezione</b>
<b>1-20</b>	Argille e limi argillosi o sabbie argillose in falda	Blu
<b>20-200</b>	Ghiaie localmente sabbiose in falda	Azzurro Verde
<b>200-1500</b>	Ghiaie localmente parzialmente sature e/o ghiaie in metrice limoso sabbiosa	Verde Giallo Marrone
<b>&gt;3000</b>	Anomalia data da rocce "trovanti"	Viola Marrone scuro

Seguono dettagli interpretativi della configurazione; anche in questo caso si distinguono sostanzialmente due strati dati dal medesimo materiale in diverse condizioni di saturazione, ovvero le ghiaie sopra e sotto falda. Il confine, anche qui "frastagliato" dai diversi gradi di saturazione è posto all'incirca a 3.5 m da p.c.. E' presente un'anomalia conduttiva





In allegato la topografia del sito in formato Cad con inserite le sezioni tomografiche nel progetto nin essere.

Indagini e relazione sviluppate nel mese di gennaio e febbraio 2019

