

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA BOVINO - ORSARA

INDAGINI GEOFISICHE

Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IF1W 00 D 69 IG GE0005 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	P.Luiso	03.06.2018	S. Giugliano	03.06.2018	D.Aprea	03.06.2018	F. Marchese 03.06.2018

ITALFERR S.p.A.
Dot. Geologo Francesco MARCHESI
Resp. UO GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE
Ordine Geologi Lazio n. 179 ES

File: IF1W00D69IGGE0005002A.pdf

n. Elab.: 14

Indice

1. PREMESSA	4
2. METODO MASW	5
2.1 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E CENNI SUL METODO	5
2.2 SCHEMA DI ACQUISIZIONE	8
2.3 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	10
3. RISULTATI MASW	12
4. DOWN HOLE	14
4.1 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E CENNI SUL METODO	14
4.2 ACQUISIZIONE	14
4.3 PROCESSING INDAGINE DOWN HOLE	16
4.4. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	19
5. RISULTATI DOWN-HOLE	19
6. METODO SISMICA A RIFRAZIONE (SRT)	19
6.1. PRINCIPI BASE DEL METODO	19
6.2. FATTORI DI INFLUENZA DELLE VELOCITÀ SISMICHE	20
6.3. SCHEMA DI ACQUISIZIONE	21
6.4. PROCESSING	22
7. RISULTATI INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE	25
8. METODO ELETTROMAGNETICO (FDEM)	25
8.1. CENNI SUL METODO ELETTROMAGNETICO	25
8.2. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	27
8.3. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI ELETTROMAGNETICI	28
9. RISULTATI FDEM	30
BIBLIOGRAFIA	31

**Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato
Orsara e collegamento alla linea storica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	3 di 80

ALLEGATI	32
ALLEGATI MASW	33
ALLEGATI DOWN HOLE.....	54
ALLEGATI SISMICA A RIFRAZIONE (SRT)	61
ALLEGATI FDEM.....	72

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati delle indagini geofisiche eseguite per il “Progetto Definitivo del Raddoppio Apice-Orsara-Bovino – Tratta Bovino-Orsara”. Nello specifico sono stati realizzati n° 5 prove di sismica MASW, n° 2 prove di sismica in foro Down Hole, n° 4 stendimenti di sismica a rifrazione SRT e n° 7 indagini con metodologia elettromagnetica FDEM per l’identificazione di masse metalliche (Fig.1). Le suddette indagini sono state realizzate nei mesi di marzo – aprile 2018.

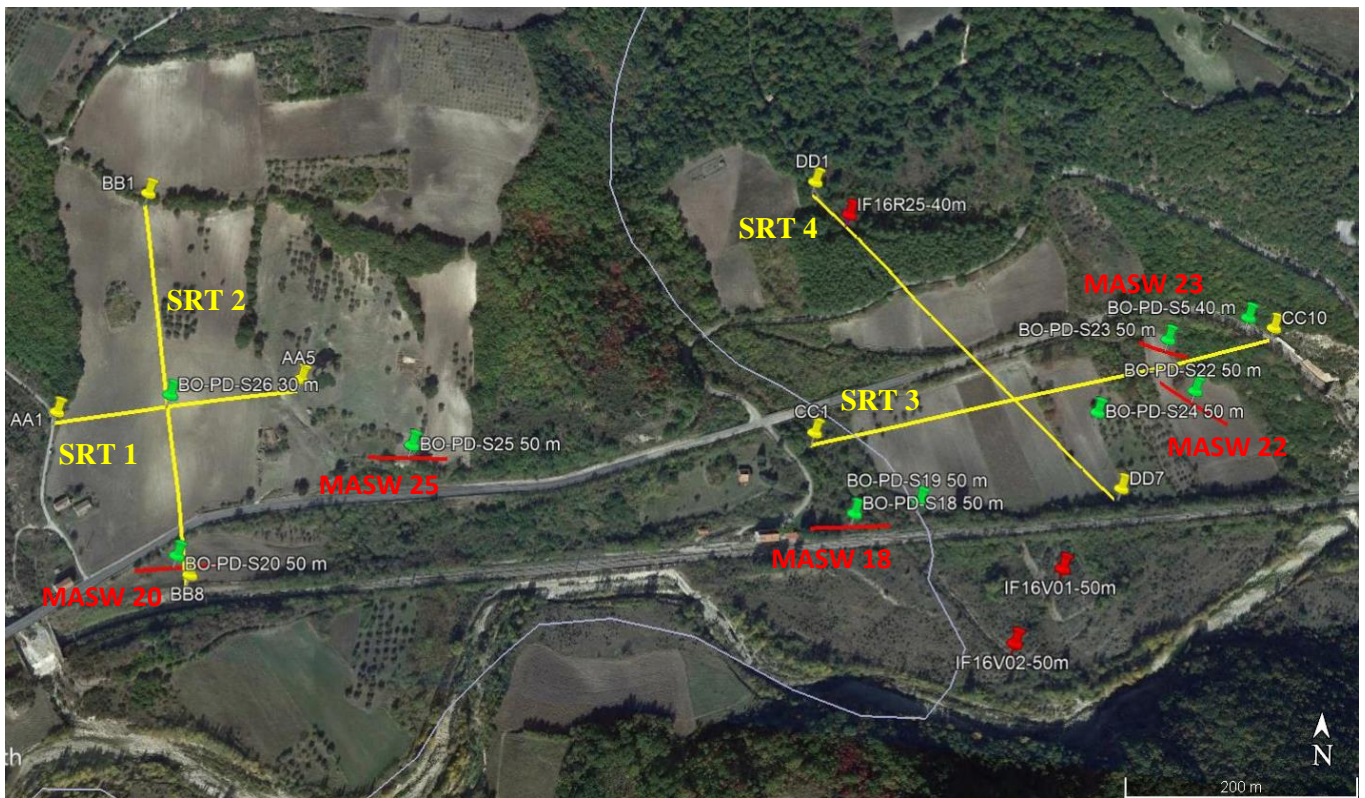


Figura 1 - Ubicazione Indagini

Si riporta di seguito il riepilogo delle indagini eseguite:

ID Prova	Lunghezza (m)	Coordinate inizio linea (A)	Coordinate fine linea (B)
MASW BO-PD-S18	72	41°14'31.72"N 15°16'41.60"E	41°14'31.91"N 15°16'45.00"E
MASW BO-PD-S20	72	41°14'29.67"N 15°16'12.61"E	41°14'29.98"N 15°16'16.08"E
MASW BO-PD-S22	72	41°14'36.92"N 15°16'57.07"E	41°14'35.56"N 15°17'00.10"E
MASW BO-PD-S23	48	41°14'38.17"N 15°16'56.07"E	41°14'37.73"N 15°16'58.26"E
MASW BO-PD-S25	72	41°14'33.55"N 15°16'22.34"E	41°14'33.54"N 15°16'25.85"E
SRT_1 A	250	41°14'34.22"N 15°16'8.83"E	41°14'35.56"N 15°16'19.23"E
SRT_2 B	384	41°14'41.38"N 15°16'12.16"E	41°14'29.21"N 15°16'14.82"E
SRT_3 C	480	41°14'34.40"N 15°16'41.56"E	41°14'38.21"N 15°17'1.60"E
SRT_4 D	430	41°14'42.67"N 15°16'41.47"E	41°14'32.91"N 15°16'54.96"E

ID Prova	Coordinate
DOWN HOLE ed EM BO-PD-S19	41°14'32.48"N 15°16'46.67"E
DOWN HOLE ed EM BO-PD-S24	41°14'35.35"N 15°16'54.03"E
EM BO-PD-S2	41°15'14.95"N 15°17'40.01"E
EM BO-PD-S18	41°14'32.23"N 15°16'42.37"E
EM BO-PD-S20	41°14'29.77"N 15°16'14.18"E
EM BO-PD-S21	41°14'35.53"N 15°16'43.29"E
EM BO-PD-S22	41°14'36.24"N 15°16'58.50"E
EM BO-PD-S25	41°14'33.54"N 15°16'24.03"E

Tabella 1 - Coordinate indagini

2. METODO MASW

2.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. La determinazione delle Vs viene ottenuta tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh (Fig. 2).

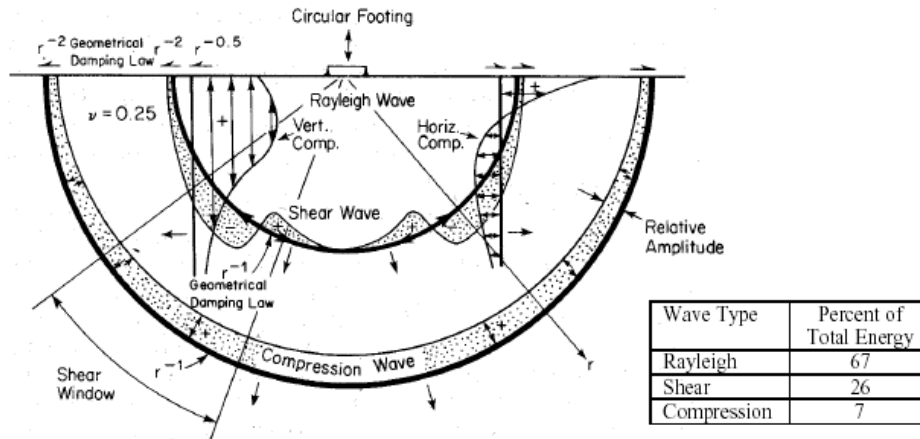


Figura 2 - Distribuzione delle onde di Rayleigh nel sottosuolo

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Le indagini MASW si distinguono in attive e passive o in una combinazione di entrambi.

Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente.

Facendo riferimento al metodo attivo da noi utilizzato possiamo dire che, una generica acquisizione di segnali sismici lungo uno stendimento lineare, con sorgente esterna alla linea sismica, può essere rappresentata come una funzione $u(x, t)$ dove x è lo spazio e t il tempo.

Applicando ai segnali la trasformata di Fourier lungo l'asse dei tempi otteniamo la funzione $U(x, f)$:

$$U(x, f) = \int u(x, t) e^{ift} dt \quad (1)$$

La funzione $U(x, f)$ può essere espressa come la moltiplicazione di due termini separati:

$$U(x, f) = P(x, f)A(x, f) \quad (2)$$

dove $P(x, f)$ e $A(x, f)$ rappresentano rispettivamente lo spettro di fase e di ampiezza.

Nella funzione $U(x, f)$ ogni componente in frequenza è completamente separata dalle altre e l'informazione del tempo di arrivo è preservata nello spettro di fase $P(x, f)$.

Nella funzione $P(x, f)$ sono contenute inoltre tutte le informazioni relative alla dispersione delle onde superficiali di Rayleigh mentre la funzione $A(x, f)$ contiene tutte le informazioni inerenti l'attenuazione e la divergenza sferica. Tenendo conto della rappresentazione esponenziale dello spettro di fase la (2) può essere espressa come:

$$U(x, f) = e^{-i\theta x} A(x, f) \quad (3)$$

Dove $F=f/cf$ con f = frequenza angolare e cf = velocità di fase per ogni frequenza.

Operando un integrale di linea in dx e normalizzando per il modulo della funzione $|U(x, f)|$, otteniamo la funzione $V(f, \phi)$:

$$V(f, \phi) = \int e^{i\phi x} [U(x, f) / |U(x, f)|] dx = \int e^{-i(\Phi-\phi)x} [A(x, f) / |A(x, f)|] dx \quad (4)$$

La funzione $V(f, \phi)$, ottenuta dalla trasformazione integrale, può essere pensata come la somma, lungo tutto lo stendimento, del campo d'onda relativo ad ogni frequenza, applicando uno shift di fase dipendente dall'offset, al campo d'onda, per un'assunta velocità di fase $cf = f/\phi$.

La normalizzazione al modulo della funzione $|U(x, f)|$, minimizza i fenomeni di attenuazione e di divergenza sferica. Risulta che la funzione $V(f, \phi)$ avrà un massimo in corrispondenza di un valore:

$$\phi = F = f / cf \quad (5)$$

Per un dato valore di ϕ dove si verifica un massimo della funzione $V(f, \phi)$, la velocità di fase cf può essere determinata. Tenendo conto che $cf = f/\phi$ la funzione $V(f, \phi)$ può essere trasformata nella funzione $I(f, cf)$ che viene definita spettro di velocità di fase. In essa lungo l'asse cf appariranno dei

picchi che soddisferanno, per ogni frequenza, l'equazione (5). Il luogo dei punti lungo questi massimi, per differenti valori di frequenza f , permettono di identificare le curve di dispersione delle velocità di fase dei modi di oscillazione dell'onda superficiale di Rayleigh. La curva di dispersione media delle velocità di fase dell'onda di Rayleigh, estratta con la metodologia MASW, è invertita al fine ottenere un modello monodimensionale di onde di taglio.

2.2 Schema di acquisizione

Gli stendimenti sismici, di una lunghezza pari a 50 m, sono stati realizzati utilizzando 24 canali d'acquisizione (geofoni) con passo intergeofonico pari a 3 m, ad eccezione della MASW S23 in cui il passo è di 2 m (Fig. 3). L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione spazio temporale:

- n° geofoni: 24;
- n° 10/15 shot posizionati in linea con lo stendimento ad una distanza dal geofono 1 pari a -10 m, ad eccezione della MASW S23 in cui la distanza è di -6 m, da sottoporre al processo di stacking in fase di processing per ottimizzare il rapporto signal/noise;
- tempo di acquisizione: 1 s;
- intervallo di campionamento 0.125 μ s;

Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	9 di 80



Figura 3 - Fasi di acquisizione

2.3 Strumentazione impiegata

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove (sia SRT che MASW) si compone delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.

Sistema energizzante: tale sistema deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali. Per generare le onde di compressione P è stata utilizzata una massa battente da 5kg.

Sistema di ricezione: per l'indagine sono stati utilizzati 24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile (oscillazione verticale), con frequenza caratteristica di 4.5 Hz + 24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile (oscillazione orizzontale), con frequenza caratteristica di 8 Hz (Fig. 4).



Figura 4 - Geofono

Trigger: la metodologia utilizzata, in quanto attiva, prevede che l'inizio della registrazione sia individuato mediante un *trigger* che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra o la trave (nel nostro caso si è usato un geofono starter) e l'impulso generato,

inviato al sistema di acquisizione, consentendo di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.

Sistema di acquisizione dati (comune a tutte le indagini eseguite): n°1 sismografo costituito da un sistema a multicanale a conversione digitale. Il modello è denominato *GEODE* (prodotto dalla *GEOMETRICS*, Fig. 5) con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit (Tecnologia Delta Sigma). Tale sistema è in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica minima a 24 bit. Esso è collegato a ciascuno dei geofoni ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.



Figura 5 - Sismografo GEODE (Geometrics)

A/D Conversion:	24 bit (Crystal Semiconductor sigma-delta converters)
DynamicRange:	144 dB (system), 110 dB (instantaneous, measured) at 2ms, 24dB.
Distortion:	0.0005% @ 2 ms, 1.75 to 208 Hz.
Bandwidth:	1.75 Hz to 20 kHz
Common Mode Rejection:	> -100 dB at <=100 Hz, 36 dB.
Crosstalk:	-125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms.
Noise Floor:	0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz.

Stacking Trigger Accuracy:	1/32 of sample interval.
Maximum Input Signal:	2.8 VPP.
Input Impedance:	20 kOhm, 0.02 uf.
Preamplifier Gains: dB, or 0dB.	24 or 36 dB
Anti-alias Filters:	-3 dB at 83% of Nyquist frequency, down 90 dB.
Pre-trigger Data:	Up to 4,096 Samples.
Sample Interval:	0.02, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 ms.
Record Length:	16,000 samples standard
Delay:	0 to 9999 ms in 1 ms steps.
Data Transmission:	Ethernet connections

Tabella 2 - Specifiche tecniche Sismografo GEODE

3. RISULTATI MASW

Le indagini MASW hanno consentito di ottenere un modello monodimensionale di Vs che, com'è noto, può essere ritenuto esaustivo del profilo verticale di Vs nel punto centrale dello stendimento. In tutti gli stendimenti si riscontra la presenza di terreno che va a collocarsi nella categoria di suolo **B**. In particolare, le MASW BO-PD-S18, BO-PD-S20, BO-PD-S22, BO-PD-S23, BO-PD-S25, mostrano la presenza di 3 sismostrati piano paralleli e la presenza del bedrock a circa 21 – 26 m di profondità. Nello specifico, il bedrock diventa via via sempre meno profondo spostandoci dalla MASW BO-PD-S20 (più a ovest) alla MASW BO-PD-S23 (più a est nel settore ovest) con una Vs che va dai 700 ai 1000 m/s. Al di sopra del bedrock, si identificano 2 sismostrati piano paralleli, il primo che va dal piano campagna a una profondità di 7 – 9 m con Vs di 300 – 400 m/s e il secondo che arriva fino al bedrock con Vs da 500 a 700 m/s.

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)	Vs 30	593 m/s
1	0.00	3.40	3.40	360.00		
2	3.40	7.00	3.60	440.00		
3	7.00	21.00	14.00	690.00	Suolo	B
4	21.00	inf.	inf.	710.00		

Tabella 3 - Modello 1D Vsh, Vs 30 e categoria di suolo (MASW BO-PD-S18)

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)	Vs 30	453 m/s
1	0.00	3.00	3.00	400.00		
2	3.00	9.00	6.00	420.00		
3	9.00	26.60	17.60	440.00	Suolo	B
4	26.60	inf.	inf.	770.00		

Tabella 4 - Modello 1D Vsh, Vs 30 e categoria di suolo (MASW BO-PD-S20)

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)	Vs 30	605 m/s
1	0.00	3.00	3.00	350.00		
2	3.00	9.60	6.60	400.00		
3	9.60	20.80	11.20	700.00	Suolo	B
4	20.80	inf.	inf.	1060.00		

Tabella 5 - Modello 1D Vsh, Vs 30 e categoria di suolo (MASW BO-PD-S22)


Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)	Vs 30	681 m/s
1	0.00	3.00	3.00	430.00		
2	3.00	9.40	6.40	470.00		
3	9.40	21.00	11.60	780.00	Suolo	B
4	21.00	inf.	inf.	1050.00		

Tabella 6 - Modello 1D Vsh, Vs 30 e categoria di suolo (MASW BO-PD-S23)

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)	Vs 30	416 m/s
1	0.00	3.20	3.20	180.00		
2	3.20	7.70	4.50	250.00		
3	7.70	23.60	15.90	540.00	Suolo	B
4	23.60	inf.	inf.	920.00		

Tabella 7 - Modello 1D Vsh, Vs 30 e categoria di suolo (MASW BO-PD-S25)

Per i dettagli si rimanda agli elaborati grafici allegati alla presente relazione.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO - ORSARA PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica</p>	<p>COMMESSA IF1W</p>	<p>LOTTO 00 D 69</p>	<p>CODIFICA IG</p>	<p>DOCUMENTO GE0005 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 14 di 80</p>

4. DOWN HOLE

4.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

Lo scopo della prova è quello di valutare, in accordo con la committenza, la velocità delle onde sismiche primarie V_p e secondarie V_s , da p.c. sino a fondo foro. Le prove sismiche Down-Hole vengono eseguite con lo scopo di misurare la velocità delle onde dirette che si propagano dalla superficie nel terreno in profondità. Il terreno viene energizzato in superficie, in prossimità di testa-foro e la registrazione avviene, in foro, grazie ad un geofono triassiale ancorato a profondità crescenti. Tale geofono registra gli spostamenti (tradotti sotto forma di impulsi elettrici) lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x , y , z). Le onde sismiche vengono generate energizzando il terreno in direzione verticale e in direzione trasversale (parallelamente al suolo). Nel primo caso verranno generate prevalentemente onde compressive (onde P) che si propagano in profondità e vengono registrate dal geofono verticale (asse z). Nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde di taglio (onde S) visibili principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente (assi x e y). Le onde di taglio hanno velocità inferiori rispetto a quelle compressive, solitamente intorno al 60-70%, quindi raggiungono il geofono quando il primo fronte d'onda compressiva è già transitato. Questo passaggio, purtroppo, costituisce un disturbo per la misura delle onde trasversali in quanto i geofoni orizzontali si trovano ancora in movimento all'arrivo dell'onda S. Per migliorare il rapporto fra l'energia dell'onda compressiva P e l'energia dell'onda trasversale S a favore di quest'ultima, si realizza una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto. La sottrazione delle forme d'onda relative a queste due acquisizioni, riduce sensibilmente la componente compressiva presente nel segnale. Tali prove forniscono una dettagliata stratigrafia di velocità delle onde compressive (V_p) e delle onde di taglio (V_s).

4.2 Acquisizione

Le prove Down Hole sono state eseguite all'interno dei fori BO-PD-S19 e BO-PD-S24 adeguatamente rivestiti con apposita tubazione in PVC. Infine tale rivestimento è stato cementato al terreno incassante con opportuna miscela cementizia iniettata dal fondo foro fino alla fuoriuscita in superficie, per garantire una perfetta cementazione lungo tutta la lunghezza del tubo. Una volta raggiunta la profondità

di prova i ricevitori vengono assicurati alla parete del tubo di rivestimento mediante un packer azionato in superficie mediante il Geostuff Controller. La sorgente viene poi colpita in senso verticale (per generare onde di compressione P, a 2 m dal foro) e lateralmente (per generare onde di taglio SH, a 2m dal foro; Fig.6, 7) facendo partire, per mezzo del trigger, la registrazione del segnale acquisita secondo i seguenti parametri:

Sampling interval (ms)	0.125
Record length (s)	0.5
Spacing (m)	1

Tabella 8 - Parametri di acquisizione

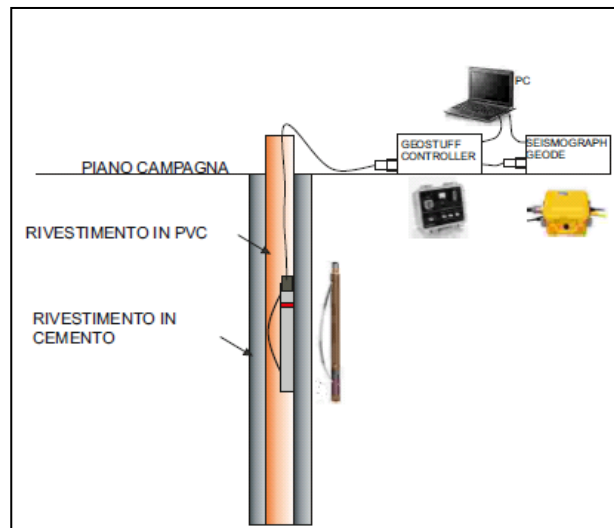


Figura 6 - Schema di acquisizione Down-Hole

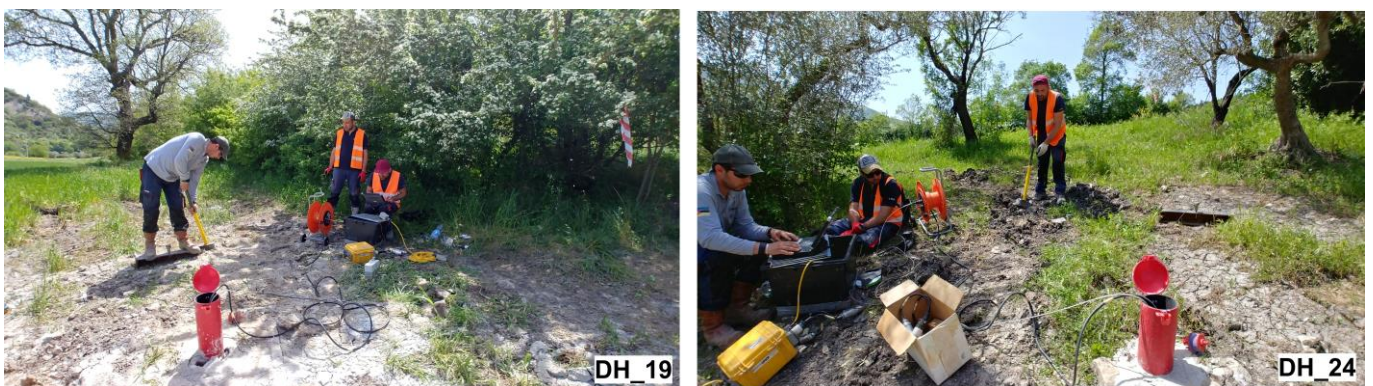


Figura 7 - Fasi di acquisizione

4.3 Processing indagine Down Hole

La misura dei tempi dei primi arrivi delle onde sismiche deve essere realizzata con precisione e con un dettaglio pari a circa un decimo di millisecondo. La prima fase dell'elaborazione consiste nella determinazione dei primi arrivi sia delle onde P che delle onde S. Il *picking* dei tempi delle onde P è una operazione relativamente semplice, mentre per la corretta individuazione dei tempi di arrivo delle onde S è necessario evidenziare l'inversione di fase dell'onda di taglio: per tale scopo si effettua la sovrapposizione dei sismogrammi ricavati per la stessa profondità dai due punti di battuta; sovrapponendo le tracce si avrà la corretta localizzazione delle onde S quando si noterà il movimento uguale ed opposto della fase d'onda. La prima operazione da fare è la correzione sulla verticale dei tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto della distanza tra la sorgente e il bocca-foro. Con i tempi corretti si realizza il grafico (T_{corr}, z), sia per le onde P che per le onde S. Le velocità dei terreni investigati vengono finalmente ottenute in maniera indiretta con il metodo intervallo; i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due posizioni consecutive del ricevitore posti a differente profondità, consentendo così di migliorare la qualità delle misure (velocità d'intervallo). La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone; la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali. Successivamente alla costruzione delle dromocrone ed alla determinazione della velocità di propagazione del segnale sismico nei diversi strati di terreno, avendo l'indicazione della densità dei litotipi incontrati durante la perforazione si potranno calcolare i moduli elastici caratteristici.

Il modulo di Young E (o modulo di elasticità longitudinale) è definito a partire dalla legge di Hooke:

$$E = \sigma/\epsilon$$

Con

σ : sforzo, viene misurato in Pascal.

ϵ : deformazione, è una grandezza adimensionale, spesso la si esprime in percentuale.

Il modulo di Young viene determinato dal diagramma sforzo-deformazione (Fig. 8) mediante la formula appena vista, nel tratto in cui il materiale subisce una deformazione elastica (ovvero rimuovendo lo sforzo il materiale deve essere in grado di ritornare alle dimensioni iniziali).

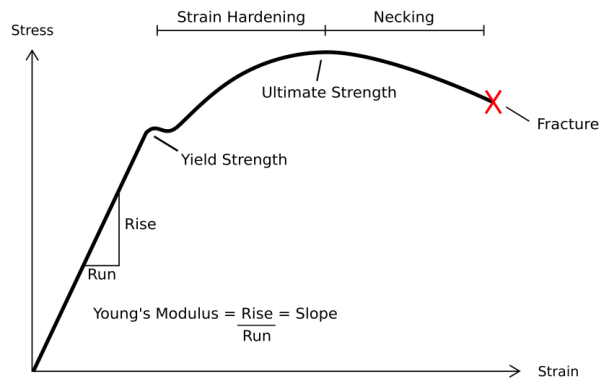


Figura 8 - Diagramma sforzo - deformazione di un materiale duttile

Il **modulo di taglio μ** , detto anche modulo di scorrimento, di rigidità o di elasticità tangenziale, è una costante di Lamè che esprime il rapporto sforzo-deformazione tangenziali.

Data una piastra di lunghezza indefinita di spessore h , perpendicolare all'asse x , sulle cui facce agisce una coppia di tensioni tangenziali (o di taglio) di verso opposto T_1 e $-T_1$, si produrrà uno spostamento $\delta l / 2$ nel senso delle z positive e $\delta l / 2$ nel senso opposto. In pratica è come se una faccia rimanesse ferma e si producesse uno spostamento di δl . Lo spostamento totale δl sarà in relazione allo sforzo di taglio T_1 e allo spessore h secondo la relazione:

$$dl = \frac{1}{\mu} h T_1$$

dove μ è il modulo di taglio. Considerando lo spostamento angolare α , ponendo l'angolo uguale alla sua tangente, la relazione diventerà semplicemente:

$$\alpha = \frac{T_1}{\mu}$$

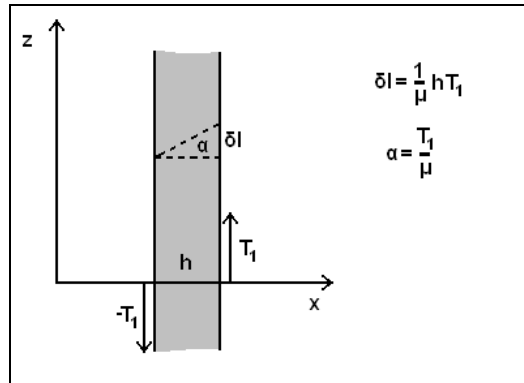


Figura 9 - Esempio di resistenza al taglio

Il **modulo bulk k** (o modulo di compressibilità) di una materiale definisce la capacità della stessa di resistere ad una forza di compressione uniforme. È definito come l'incremento di pressione necessario a causare un relativo decremento di volume secondo la relazione:

$$K = -V \frac{\partial p}{\partial V}$$

dove K è appunto il modulo di compressibilità, p la pressione e V il volume.

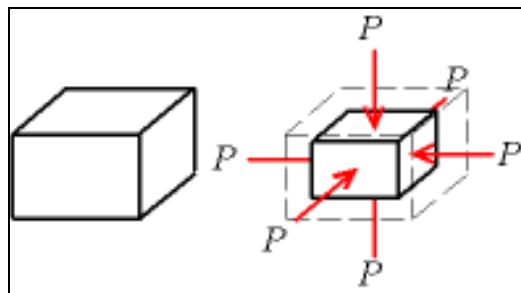


Figura 10 - Esempio di compressione uniforme

Si precisa inoltre che i moduli presentati nelle sezioni cui afferisce questa nota tecnica sono moduli **DINAMICI** cioè ottenuti calcolando i valori a piccolissime deformazioni rappresentate dal tratto iniziale *reversibile* della curva sforzi deformazioni. Per tanto risulteranno essere molto maggiori rispetto a quelli calcolati con prove in situ e/o di laboratorio, in cui il terreno viene portato a rottura.

4.4. Strumentazione impiegata

L'attrezzatura per la prova Down-Hole in dotazione si compone di:

- BHG-2 Borehole Geophone: Diametro 48 mm, Lunghezza: 700 mm, Peso: 2 kg;
- Sistema di controllo geofono da foro Geostuff;
- Sistema di energizzazione per onde di compressione P costituito da martello strumentato (del peso di 8 Kg) lasciato cadere con violenza su una piastra in alluminio adagiata in superficie ad una distanza di 2.0 m dal foro dopo averne opportunamente predisposto il piano di appoggio e dopo averla orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse del foro.

5. RISULTATI DOWN-HOLE

Le indagini Down-Hole hanno consentito di ottenere un modello monodimensionale di Vs collocando il terreno nelle categorie di suolo **B e C**, per il sondaggio BO-PD-S19 ed BO-PD-S24, rispettivamente.

In particolare, il sondaggio BO-PD-S19 presenta dei valori di Vs relativamente più alti delle altre arrivando a 520 m/s. Inoltre, mostra una forte analogia con la vicina MASW BO-PD-S18 distante 75 m in cui si nota la presenza di due sismostrati: il primo arriva fino a 9-10 m dal p.c. con Vs di circa 400 m/s e il secondo che va dai 10 m con Vs di circa 700 m/s. La DH BO-PD-S24 mostra una maggiore eterogeneità nei sismo-strati mettendo in evidenza un forte aumento del valore delle Vp e una Vs pressoché costante con la profondità rimanendo intorno ai 600 m/s fino a circa 40 m dal p.c. dove assume valori di circa 1100 m/s.

6. METODO SISMICA A RIFRAZIONE (SRT)

6.1. Principi base del metodo

Le indagini di sismica a rifrazione consentono la ricostruzione di geometrie e spessori dei depositi di copertura, le profondità del substrato (entro i limiti di penetrazione del metodo), la verifica di eventuali discontinuità laterali nonché di determinare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali. Il metodo sismico a rifrazione si basa sul concetto della birifrazione delle onde elastiche a seguito del fronte

d'onda conico. Data una sorgente di onde elastiche ed uno stendimento di geofoni lungo un profilo, giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde rifratte. Tali onde giungono sulla superficie rifrangente (discontinuità individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse) con un angolo di incidenza critico (legge di Snell) e vengono quindi rifratte con un angolo di 90° propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza. I contrasti di proprietà alla base di tale fenomeno possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche. Sulla superficie da investigare si posizionano i trasduttori del moto del suolo (velocimetri o accelerometri) ad una certa distanza dalla sorgente sismica che può essere una massa battente (diversamente applicata e guidata), un fucile sismico o una carica esplosiva a seconda della lunghezza dello stendimento e della profondità di indagine richiesta. Nell'indagine di sismica a rifrazione i trasduttori situati più vicino alla sorgente rilevano prima l'onda diretta che arriva con velocità legata alle caratteristiche meccaniche dello strato di terreno più superficiale, mentre quelli più lontani rilevano le onde rifratte che viaggiano a velocità più elevata. Conoscendo i tempi di primo arrivo e la distanza geofono-sorgente, tramite l'analisi delle curve dei primi arrivi ad ogni trasduttore (dromocrone) si può determinare la velocità dei vari strati; da qui produrre una stratigrafia sismica da correlare alle formazioni geologiche o discontinuità presenti nella serie investigata nel sottosuolo. I principi sin qui esposti sono validi indipendentemente dal tipo di polarizzazione dell'onda (P o SH). Va inoltre considerato che la velocità delle onde P misurate per terreni perfettamente saturi dipende talora in maniera decisiva dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e dallo scheletro solido del materiale e perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione; invece la velocità delle onde S sono caratteristiche delle vibrazioni trasmesse prevalentemente dal solo scheletro solido e perciò rappresentative del terreno. Ne consegue che per alcuni terreni al di sotto della falda le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio.

6.2. Fattori di influenza delle velocità sismiche

Come ampiamente noto in letteratura, la velocità delle onde P è fortemente influenzata dal grado di saturazione S_r . In particolare, in condizioni di saturazione totale, la velocità delle onde P è controllata dal

mezzo liquido (che è incompressibile) se superiore a quello dello scheletro solido. Per $99% < S_r < 100%$ la velocità delle onde P varia sensibilmente con S_r , mentre per $S_r < 99%$ VP è controllata dalla rigidità dello scheletro solido nella stessa maniera delle onde SH. Infatti la velocità delle onde S non risulta influenzata da tale parametro (l'acqua non può sostenere sforzi di taglio).

6.3. Schema di acquisizione

Gli stendimenti sismici sono stati realizzati a 48 canali d'acquisizione (geofoni). L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione spazio temporale:

- n° geofoni: 48;
- n° 10/15 shot per ogni punto di energizzazione da sottoporre al processo di stacking in fase di processing per ottimizzare il rapporto signal/noise;
- n° 5 shot point per ogni stendimento;
- tempo di acquisizione: 1 s;
- intervallo di campionamento 0.125 μ s.

Nello specifico, le tomografie sismiche sono state così acquisite:

- La SRT1 ha una lunghezza di 255 m (2 roll), acquisita con un passo intergeofonico di 3.5 m e con shot esterni a 7.5 m dal geofono 1 e geofono 24. Gli shot successivi sono stati effettuati ogni 8 geofoni;
- La SRT2 ha una lunghezza di 384 m, acquisita con un passo intergeofonico di 3 m con 3 roll (2 a 48 geofoni e 1 a 32 geofoni). Gli shot sono stati effettuati ogni 8 geofoni;
- La SRT3 ha una lunghezza di 480 m, acquisita con un passo intergeofonico di 3 m e 3 roll. Gli shot stati effettuati ogni 8 geofoni;
- La SRT4 ha una lunghezza di 430 m, acquisita con un passo intergeofonico di 3 m e shot ogni 8 geofoni.

Per i dettagli dei punti di energizzazione si rimanda agli allegati delle indagini.



Figura 11 - Fasi di acquisizione

La strumentazione adoperata è la stessa di quella usata per le indagini MASW (per dettagli si rimanda al paragrafo 2.3).

6.4. Processing

Il processing dei dataset di sismica a rifrazione è stato condotto mediante il Software RAYFRACT (Intelligent Resources Inc., Canada), studiato per l'elaborazione di dati relativi ad indagini sismiche eseguite in superficie, realizzate sia con onde P che S, per scopi geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse. Rayfract consente sia la ricostruzione della

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO - ORSARA PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica</p>	<p>COMMESSA IF1W</p>	<p>LOTTO 00 D 69</p>	<p>CODIFICA IG</p>	<p>DOCUMENTO GE0005 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 23 di 80</p>

geometria dei rifrattori con la sismica a rifrazione tradizionale, che la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche, soprattutto nel caso di strutture profonde.

Lo schema di interpretazione utilizzato nel presente lavoro è basato sulla creazione di un modello iniziale ottenuto mediante interpretazione con una tecnica sofisticata di processo dei tempi di primo arrivo basata sui metodi dei “Fronti d’onda” (Brückl 1987; Jones and Jovanovich 1985) e del Plus-minus (Hagedoorn 1959), fondata su una regressione del campo dei tempi di primo arrivo (Brückl 1987). Tale metodo può essere considerato un’ottimizzazione dell’algoritmo del GRM, capace di risolvere l’immagine dei rifrattori con andamenti topografici molto accidentati. A partire dal modello sopraccitato è stato quindi utilizzato il codice di calcolo per la modellazione tomografica che utilizza, nell’algoritmo d’inversione, un “raytracing” con raggi curvilinei e metodi di calcolo ai minimi quadrati attraverso il metodo Delta t-v (Gebrande and Miller 1985), al fine di migliorare il riconoscimento e la localizzazione di strutture di forma anomala, stabilizzando la soluzione dell’algoritmo d’iterazione. In generale, il tempo di percorrenza di un’onda sismica lungo un percorso S attraverso un mezzo bidimensionale (2D) può essere scritto come

$$t = \int_S u[\mathbf{r}(x, y)] \quad (1)$$

dove $u(\mathbf{r})$ è il campo delle lentezze (l’inverso delle velocità) e \mathbf{r} è il vettore posizione. Discretizzando il campo di lentezze $u(\mathbf{r})$ con m celle equidimensionali ognuna caratterizzata da una lentezza costante u_k ($k=1, 2, \dots, m$) la dromocrona i -esima delle n disponibili può essere scritta come

$$t_i = \sum_{k=1}^m l_{ik} \cdot u_k \quad (2)$$

dove l_{ik} rappresenta la porzione dell’ i -esima dromocrona nella cella k -esima. Considerando tutte le dromocrone disponibili si ottiene il seguente sistema

$$\mathbf{t} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{u} \quad (3)$$

dove \mathbf{t} è il vettore dei dati sperimentali (tempi di primo arrivo letti sui sismogrammi), \mathbf{M} è la matrice rettangolare contenente le porzioni dei percorsi nelle varie celle, \mathbf{u} è il vettore delle lentezze (incognite del problema). Il problema inverso da risolvere è pertanto:

$$\mathbf{u} = \tilde{\mathbf{M}}^{-1} \cdot \mathbf{t} \quad (4)$$

dove $\tilde{\mathbf{M}}$ è la matrice inversa generalizzata. Poiché i percorsi sismici dipendono dalle lentezze, la matrice \mathbf{M} dipende anche dalle lentezze e quindi il problema inverso è un problema non-lineare che deve essere risolto iterativamente partendo da una soluzione iniziale (modello di partenza). L'equazione da considerare è pertanto la seguente


$$\mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{u} = \Delta \mathbf{t} \quad (5)$$

dove $\Delta \mathbf{t}$ è la differenza tra i tempi sperimentali e i tempi calcolati per il modello di lentezze iniziale \mathbf{u}_0 ; $\Delta \mathbf{t}$ è la perturbazione del modello iniziale; e \mathbf{J} è la matrice jacobiana contenente le derivate parziali delle dromocrone rispetto alle lentezze nelle celle. Poiché il problema è parzialmente sovradeterminato (per alcune celle si hanno molti percorsi) e parzialmente sottodeterminato (per alcune celle non è disponibile nessun percorso) esso è stato risolto con la tecnica dei minimi quadrati smorzati, cioè è stata minimizzata con la seguente funzione errore

$$\varphi = \|\mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{u} - \Delta \mathbf{t}\|^2 + \lambda \|\mathbf{L}_2 \mathbf{u}\|^2 \quad (6)$$

dove λ è il fattore di smorzamento e la matrice \mathbf{L}_2 è una matrice derivata seconda (operatore laplaciano) che forza la soluzione verso la soluzione più regolare possibile (smoothest solution).

L'affinamento della soluzione supportata con il metodo Delta t-v è stato ottenuto attraverso un ulteriore processo finale tomografico.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO - ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 002	REV. A	FOGLIO 25 di 80

7. RISULTATI INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

Le indagini di sismica a rifrazione mostrano un costante aumento della velocità sia delle onde di volume che delle onde S. Nei profili sismici è evidente una coltre superficiale alterata di circa 5 - 10 m di spessore con bassi valori sia di Vs che Vp riconducibile a un materiale particolarmente incoerente. Il limite della coltre superficiale più allentata è indicato in allegato con una linea rossa tratteggiata. Si specifica che il limite non è stato tracciato seguendo dei valori costanti di Vs e Vp il cui rapporto non è costante anche in virtù della saturazione molto variabile dovuta al periodo fortemente piovoso.

I sondaggi presenti in sito confermerebbero l'andamento della coltre superficiale. Le stratigrafie dei sondaggi BO-PD-S26 (all'intersezione degli stendimenti A e B) e BO-PD-S20 (a circa 15 m dalla fine della SRT B) sono in accordo con le velocità restituite dall'analisi sismica mostrando, fino a circa 8 m di profondità la presenza di materiale argilloso incoerente. Gli stendimenti SRT C e D, incrociati tra loro, trovano riscontro con le indagini sismiche MASW BO-PD-S22 e BO-PD-S23 suggerendo la presenza, a circa 10 m dal p.c., di marne argillose e calcari, come riportato dai sondaggi BO-PD-S23 e S BO-PD-24.

8. METODO ELETTROMAGNETICO (FDEM)

8.1. Cenni sul metodo elettromagnetico

Le esplorazioni elettromagnetiche sono finalizzate all'individuazione di zone caratterizzate da valori anomali di conducibilità elettrica. Esiste una notevole varietà di metodi elettromagnetici ed esistono numerose classificazioni per poterli suddividere; ognuno di questi metodi si basa sulle misurazioni di una o più componenti del campo elettromagnetico indotto nel terreno da un campo primario. Il campo primario, generato da una sorgente naturale o da una corrente alternata artificiale, si propaga nel terreno sottostante inducendo delle correnti nel semispazio conduttore. A loro volta, le correnti così prodotte generano un campo secondario che distorce il campo primario e che, differendo in intensità, fase e direzione da quest'ultimo, indica la presenza di conduttori nel sottosuolo. Il campo primario può essere continuo o transiente; nel secondo caso il campo secondario indotto nel terreno decadrà gradualmente all'interruzione del campo primario. Il decadimento sarà tanto più lento quanto più i corpi

presentano elevata conduttività. Valutando il corso del decadimento del campo secondario è possibile localizzare corpi con conducibilità anomala (Sharma, 1997).

Il metodo elettromagnetico FDEM consiste nell'inviare nel sottosuolo attraverso una bobina trasmittente (Tx) un campo elettromagnetico primario, che induce una circolazione di corrente (Fig. 12). Tale circolazione di corrente genera nel semispazio investigato un campo elettromagnetico, detto "secondario", la cui intensità è proporzionale alla conducibilità elettrica del mezzo attraversato. La bobina trasmittente (Tx) immette nel terreno un campo EM detto primario; dal campo totale misurato alla bobina ricevente (Rx) otterremo il campo secondario dovuto alla variazione di corrente indotta. A parità di campo elettromagnetico primario indotto nel sottosuolo, l'intensità del campo secondario sarà tanto più elevata quanto più alta sarà la conducibilità del mezzo attraversato.

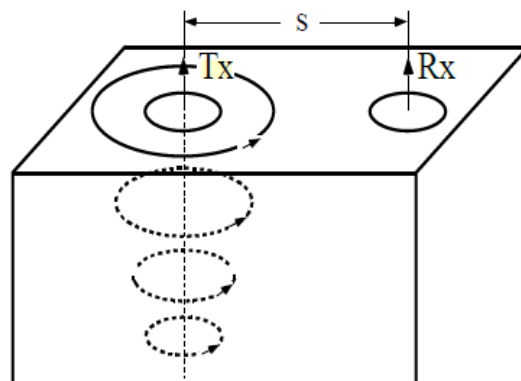


Figura 12 - Corrente indotta in un semispazio omogeneo

Del campo secondario sono considerate le componenti in quadratura e in fase rispetto al campo elettromagnetico trasmesso: la componente in quadratura (mS/m) è proporzionale allo sfasamento tra il campo primario e quello secondario e pertanto proporzionale alla conducibilità elettrica del sottosuolo; la componente in fase rispetto al campo primario, misurata in parti per migliaia (ppt), è generalmente indice della presenza di strutture metalliche (conduttive e suscettive) che amplificano notevolmente la risposta del sottosuolo. Le misure EM consentono di ottenere una risposta evidente sia dai metalli ferromagnetici che da quelli non-ferromagnetici (alluminio, ottone, piombo) ampliando le limitate capacità del semplice metodo magnetometrico MAG. Si possono così identificare oggetti metallici che abbiano perso le caratteristiche ferromagnetiche a causa di una lunga permanenza nel sottosuolo (come

nel caso di ordigni inesplosi interrati da decine di anni). Nel caso di bassi valori del numero di induzione, il rapporto tra la componente in quadratura del campo magnetico secondario e il campo magnetico primario può considerarsi direttamente proporzionale alla conducibilità elettrica apparente:

$$\left| \frac{H_S}{H_P} \right| \cong \frac{i\omega\mu_0\sigma s^2}{4}$$

La conducibilità apparente coinciderebbe con quella reale nel caso di un sottosuolo omogeneo e isotropo. Come detto, la relazione di cui sopra si considera valida per bassi valori del numero di induzione, ossia $\theta \ll 1$, dove il numero di induzione è definito come il rapporto tra la distanza che separa le due bobine dello strumento (r) e la skin depth (δ), ossia la distanza alla quale l'intensità del campo si è ridotta di $1/e$:

$$\theta = \frac{r}{\delta} = r \sqrt{\frac{\mu\omega\sigma}{2}}$$

8.2. Strumentazione utilizzata

Le indagini elettromagnetiche sono state realizzate con Profiler EMP 400, operante nel dominio della frequenza (FDEM), prodotto dalla casa costruttrice GSSI (Fig.13); le misure sono state eseguite con orientazione verticale dei dipoli. Si tratta di uno strumento a induzione elettromagnetica multifrequenza di dimensioni e peso contenuto: rispettivamente 146 cm e 4.5 kg. E' dotato di un palmare wireless collegato tramite Bluetooth allo strumento stesso. Inoltre, un piccolo WASS GPS è integrato nel palmare, consentendo di ottenere rilievi georeferenziati di buona precisione. Lo strumento opera con frequenze che vanno da 1.000 Hz a 16.000 Hz, programmabili dall'operatore e le misure possono essere eseguite impiegando fino a tre frequenze simultanee. La configurazione dei dipoli può essere scelta tra la modalità orizzontale e verticale, per meglio rilevare anomalie nel sottosuolo presenti a differenti profondità. I dati acquisiti vengono rappresentati come componente in fase e in quadratura del campo magnetico secondario (in ppt), quest'ultima anche in unità proprie della conducibilità (mS/m).



Figura 13 - Elettromagnetometro Profiler EMP 400

Coil Spacing	1.21 m (4 ft)
Operational Bandwidth	1 kHz to 16 kHz
Memory	248.5 MB 180,000 continuous data points 360,000 discrete data points
Power	Re-chargeable Lithium Ion battery or 8 (eight) AA batteries
Data Transfer	Via Microsoft® Active Sync
Display	5.58 x 7.36 cm (2.2 x 2.9 in) color screen
Records 1 to 3 frequencies	Measurement values: In-phase: PPM Quadrature: PPM Conductivity: mS/m
Dimensions	1.46 m (L) x 24 cm (W) x 12.4 cm (H) 57.5" x 9.5" x 4.9"
Weight	4.535 kg, (9.9 lbs)
Environmental	Water Resistant

Tabella 9 - Specifiche tecniche Elettromagnetometro Profiler EMP 400.

8.3. Acquisizione ed elaborazione dei dati elettromagnetici

L'attività di campo ha riguardato l'impiego della tecnica geofisica precedentemente descritta lungo profili di acquisizione definiti sulla base dei "target" da individuare, sulle condizioni logistiche del sito e

sulle caratteristiche strumentali dell'apparecchiatura utilizzata. L'area esplorata è stata propriamente suddivisa in maglie di dimensioni variabili dipendenti dalle aree da ricoprire con le attività di misura per verificare la risposta strumentale in situazioni logistiche e di disturbo differenti. Le aree investigate sono state suddivise in maglie e spazzate con profili paralleli. La realizzazione delle misure è avvenuta seguendo un metodo diffuso per l'acquisizione speditiva di dati in assetto continuo, grazie ad un operatore che ha trasportato la strumentazione a spalla o con un'apposita impugnatura (Fig.14).

L'elettromagnetometro Profiler EMP 400 è stato configurato per acquisire dati con un intervallo di campionamento pari a 0.5 secondi; la configurazione dei dipoli scelta è di tipo verticale e ciò ha garantito per ogni frequenza selezionata la massima profondità di investigazione strumentale dichiarata dalla casa costruttrice. Le frequenze scelte sono state di: 1000 Hz e 10000 Hz. Le indagini geofisiche sono state georiferite acquisendo i dati con GPS incorporato e ubicando in coordinate metriche (UTM WGS84) i vertici dell'area investigata. Ciò ha determinato il posizionamento con precisione centimetrica degli estremi di ogni singolo profilo magnetico ed elettromagnetico osservato. Le attività sono state svolte senza alterare lo stato dei luoghi, conservando la morfologia delle aree investigate.



Figura 14 - Fasi dell'acquisizione

9. RISULTATI FDEM

Le indagini FDEM eseguite nell'area mostrano valori di conducibilità e suscettività magnetica pressochè costanti in tutte le aree, lasciando intuire l'assenza di corpi metallici di particolare interesse. Unica eccezione è la prova EM BO-PD-S18, in cui (cerchio nero in Tav. 2, Allegato FDEM) è ipotizzabile la presenza di un corpo metallico. La lontananza dal sito di interesse, attribuisce all'ipotizzato corpo metallico sepolto una scarsa importanza.

Bibliografia

Achenbach J. D., Xu Y., 1999. Wave motion in an isotropic elastic layer generated by a time-harmonic point load of arbitrary direction. *Journal of the Acoustical Society of America*, 8, 83-90.

Aki K., Richards P. G., 1980. Quantitative Seismology, Theory and Methods. Vol. I and II, W.H. Freeman, San Francisco, DOI: 10.1017/S0016756800034439.

Milton B., Dobrin, Carl H. Savit, 1988. Introduction to Geophysical Prospecting, fourth Edition, McGraw-Hill International Editions e R.E. Goodman. Introduction to Rock Mechanics, second Edition, John Wiley & Sons.

Sharma P.V.,1997. Environmental and Engineering Geophysics. *Cambridge University Press*. DOI: 10.1017/CBO9781139171168.

Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato
Orsara e collegamento alla linea storica


COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	32 di 80

ALLEGATI

ALLEGATI MASW

Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	34 di 80


	TEST REPORT	1/4
	MASW	

CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S18		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'31.81"N	ALTITUDINE (m): 361
	X	15°16'43.28"E	



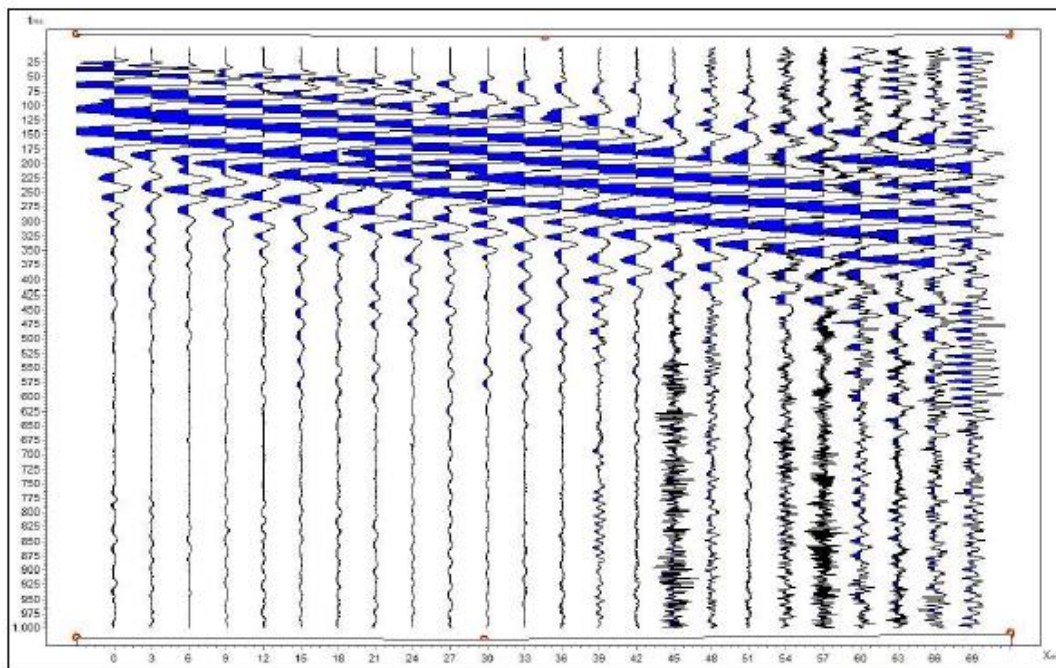
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	35 di 80

	TEST REPORT	2/4
	MASW	


CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S18		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'31.81"N	ALTITUDINE (m): 361
	X	15°16'43.28"E	

SISMOGRAMMA

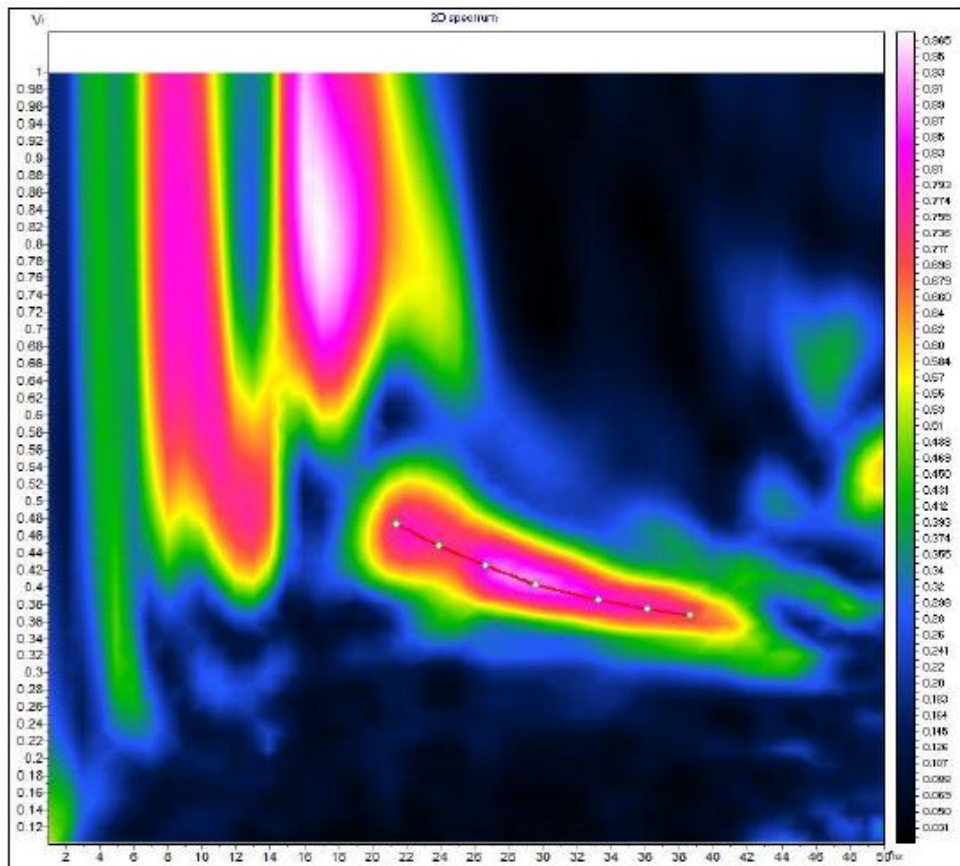


Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	36 di 80


	TEST REPORT		3/4
	MASW		
CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S18		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'31.81"N	ALTITUDINE (m): 381
	X	15°16'43.28"E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	37 di 80

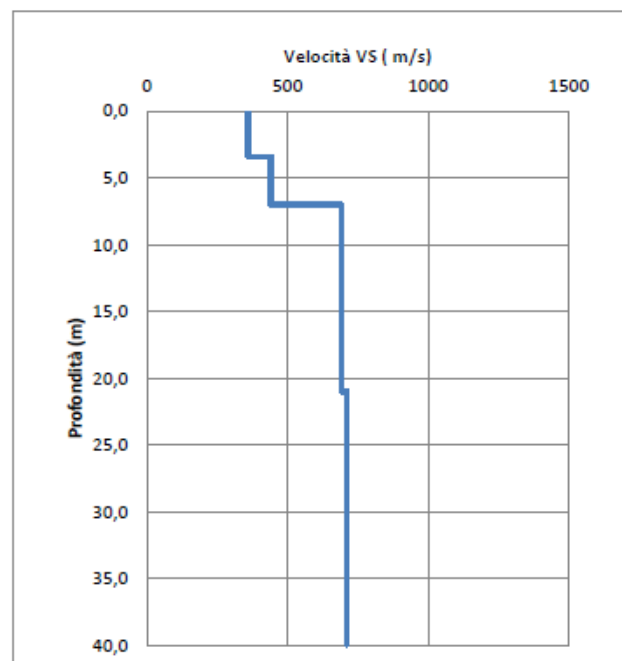
	TEST REPORT	4/4
	MASW	

CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S18		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'31.81"N	ALTITUDINE (m): 361
	X	15°16'43.28"E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h


Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0,00	3,40	3,40	360,00
2	3,40	7,00	3,60	440,00
3	7,00	21,00	14,00	690,00
4	21,00	inf.	inf.	710,00

VS₃₀	593
Suolo	B



Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	38 di 80


	TEST REPORT	1/4
	MASW	

CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S20		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'29.80"N	ALTITUDINE (m): 349
	X	15°16'14.22"E	



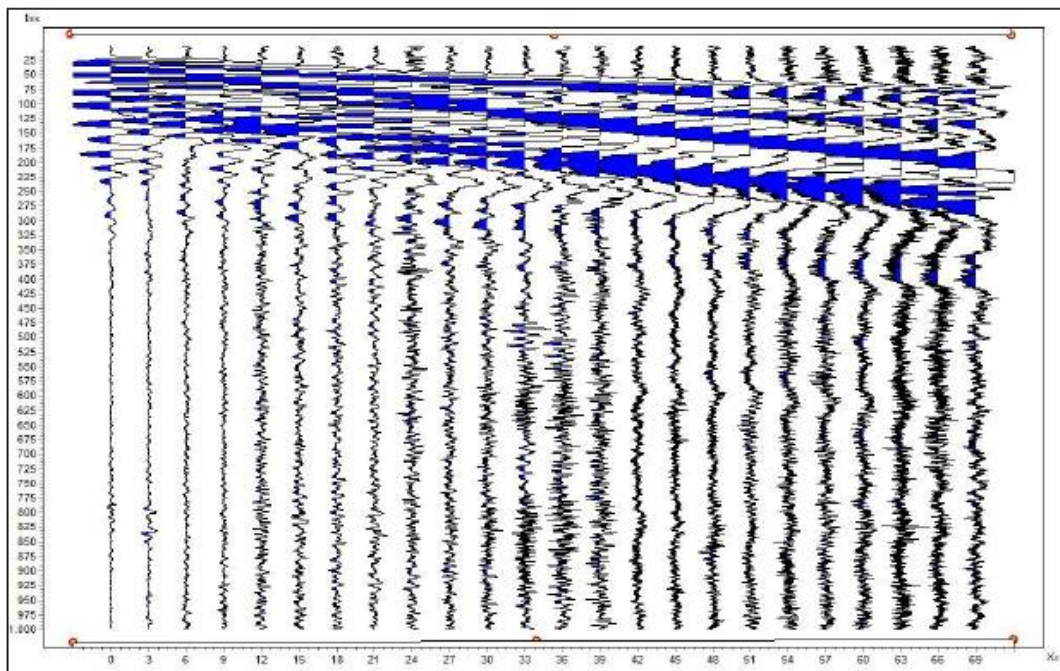
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	39 di 80

	TEST REPORT	2/4
	MASW	


CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S20		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'29.80"N	ALTITUDINE (m): 349
	X	15°16'14.22"E	

SISMOGRAMMA



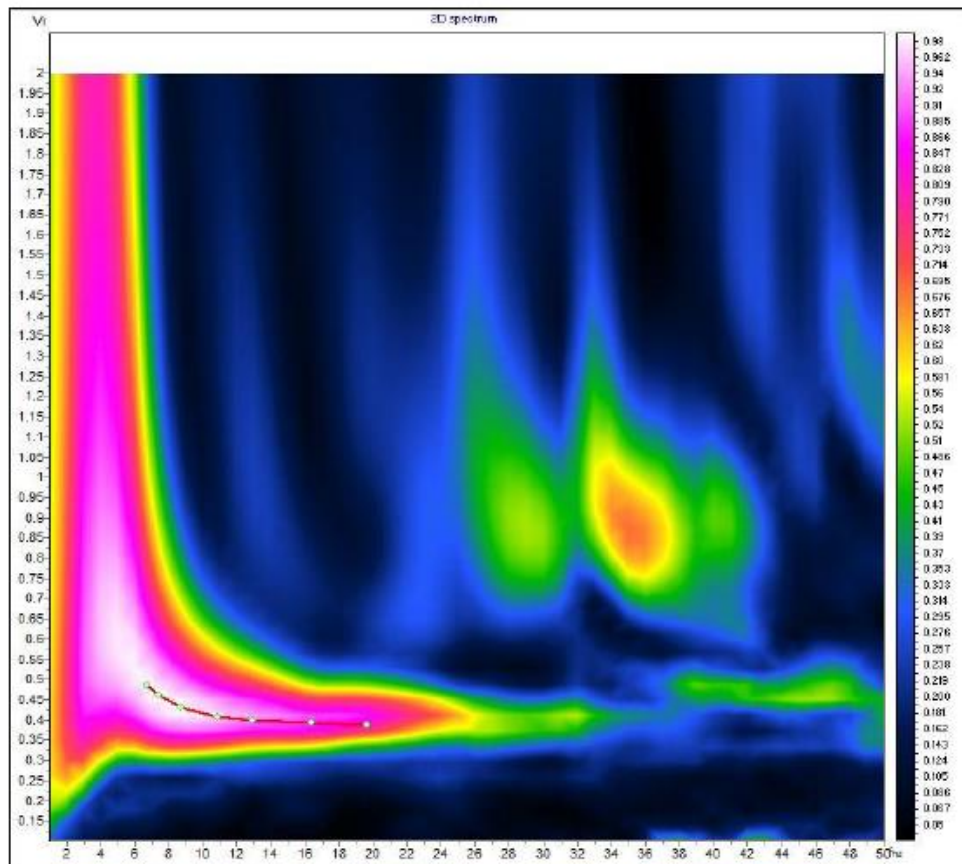
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	40 di 80

	TEST REPORT	3/4
	MASW	


CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S20		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'29.80"N	ALTITUDINE (m): 349
	X	15°16'14.22"E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	41 di 80

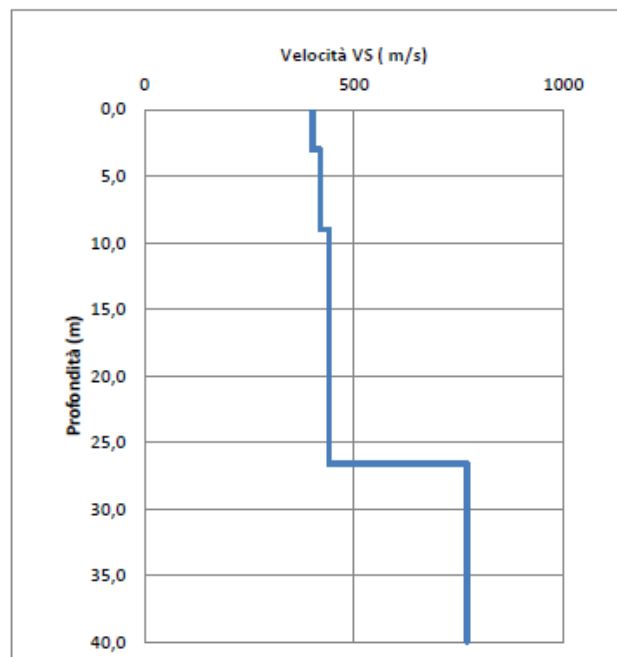
	TEST REPORT	4/4
	MASW	

CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S20		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'29.80"N	ALTITUDINE (m): 349
	X	15°16'14.22"E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h


Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0,00	3,00	3,00	400,00
2	3,00	9,00	6,00	420,00
3	9,00	26,60	17,60	440,00
4	26,60	inf.	inf.	770,00

VS₃₀	453
Suolo	B



Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	42 di 80


	TEST REPORT	1/4
	MASW	

CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S22		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'36.24"N	ALTITUDINE (m): 252
	X	15°16'58.50"E	



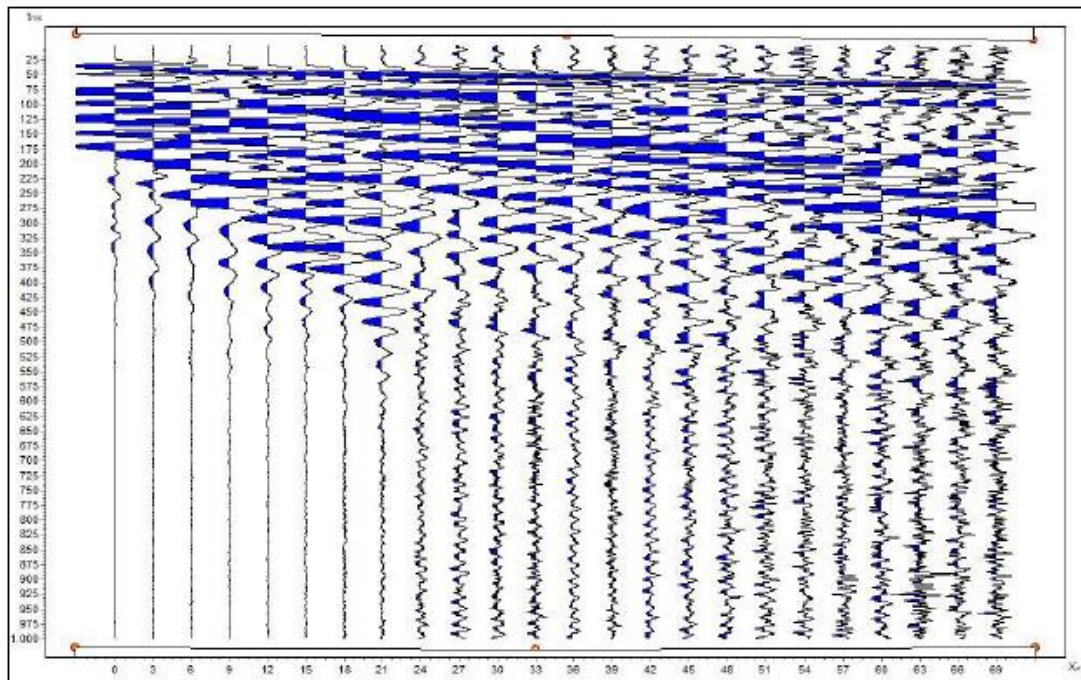
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	43 di 80

	TEST REPORT	2/4
	MASW	


CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S22		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'36.24"N	ALTITUDINE (m): 252
	X	15°16'58.50"E	

SISMOGRAMMA



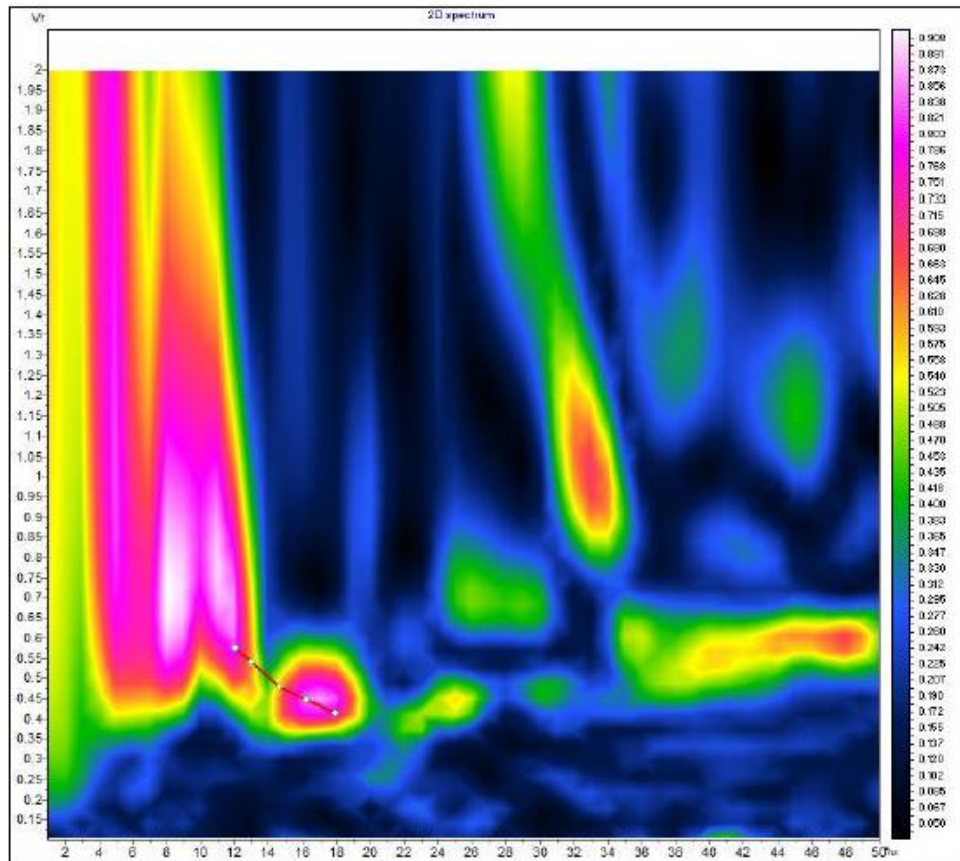
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	44 di 80

	TEST REPORT	3/4
	MASW	


CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S22		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'36.24"N	ALTITUDINE (m): 252
	X	15°16'58.50"E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	45 di 80

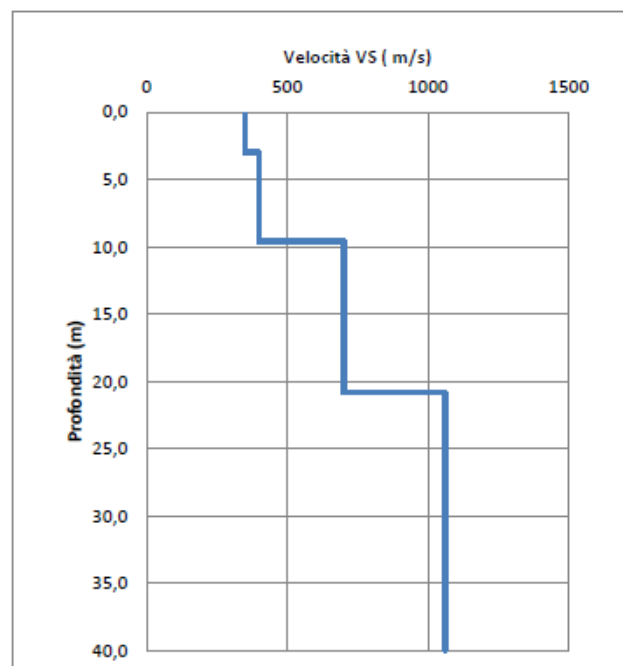
	TEST REPORT	4/4
	MASW	

CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S22		
DATA DI ESECUZIONE	18/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'36.24"N	ALTITUDINE (m): 252
	X	15°18'58.50"E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h


Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0,00	3,00	3,00	350,00
2	3,00	9,60	6,60	400,00
3	9,60	20,80	11,20	700,00
4	20,80	inf.	inf.	1060,00

VS₃₀	605
Suolo	B



Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	46 di 80


	TEST REPORT	1/4
	MASW	

CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S23		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'37.90"N	ALTITUDINE (m): 360
	X	15°16'57.30"E	



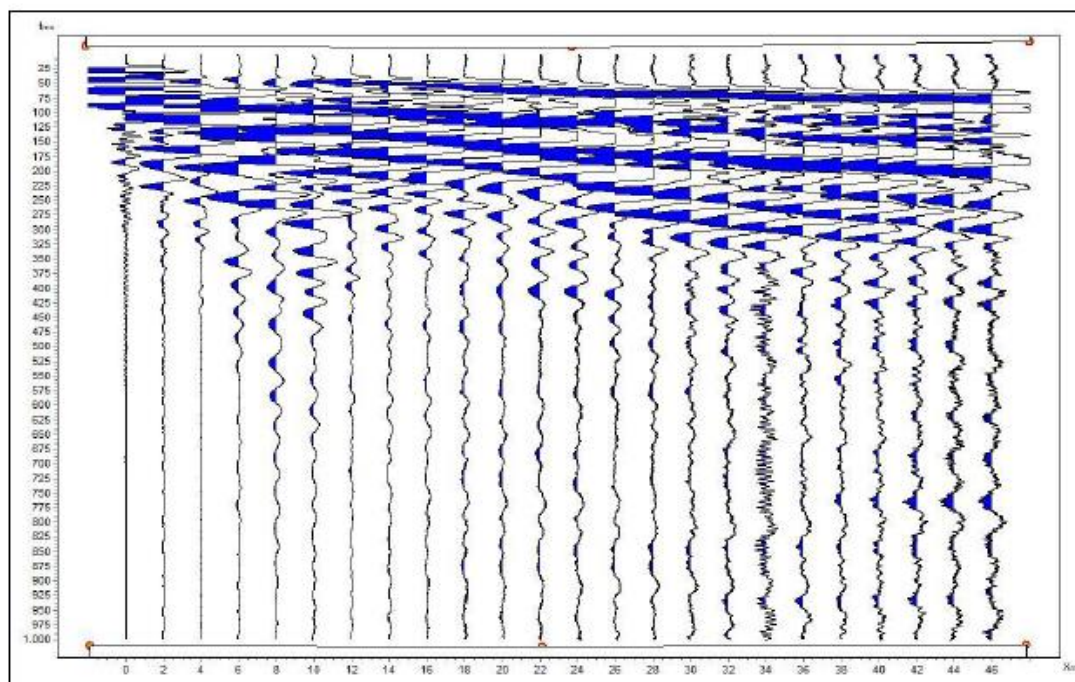
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	47 di 80

	TEST REPORT	2/4
	MASW	


CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S23		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'37.90"N	ALTITUDINE (m): 360
	X	15°16'57.30"E	

SISMOGRAMMA



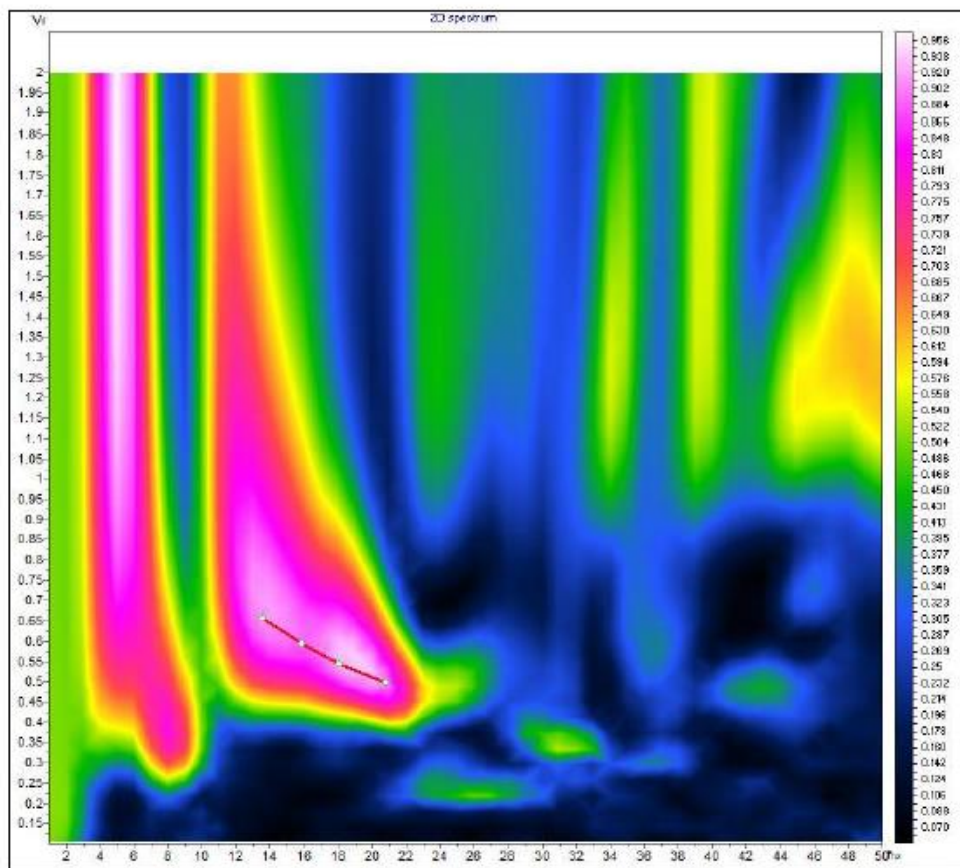
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	48 di 80

	TEST REPORT	3/4
	MASW	


CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S23		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'37.90"N	ALTITUDINE (m): 360
	X	15°16'57.30"E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	49 di 80

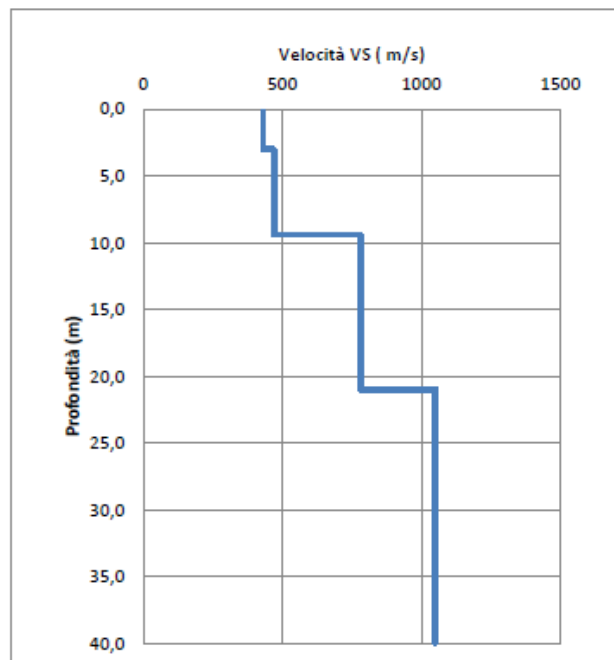
	TEST REPORT	4/4
	MASW	

CLIENTE:	Italferr SpA			
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.			
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)			
NOME TEST:	MASW - S23			
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018			
COORDINATE	Y	41°14'37.90"N	ALTITUDINE (m):	380
	X	15°18'57.30"E		

GRAFICO & TABELLA Vs - h


Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0,00	3,00	3,00	430,00
2	3,00	9,40	6,40	470,00
3	9,40	21,00	11,60	780,00
4	21,00	inf.	inf.	1050,00

VS₃₀	681
Suolo	B




Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	50 di 80

	TEST REPORT	1/4
	MASW	

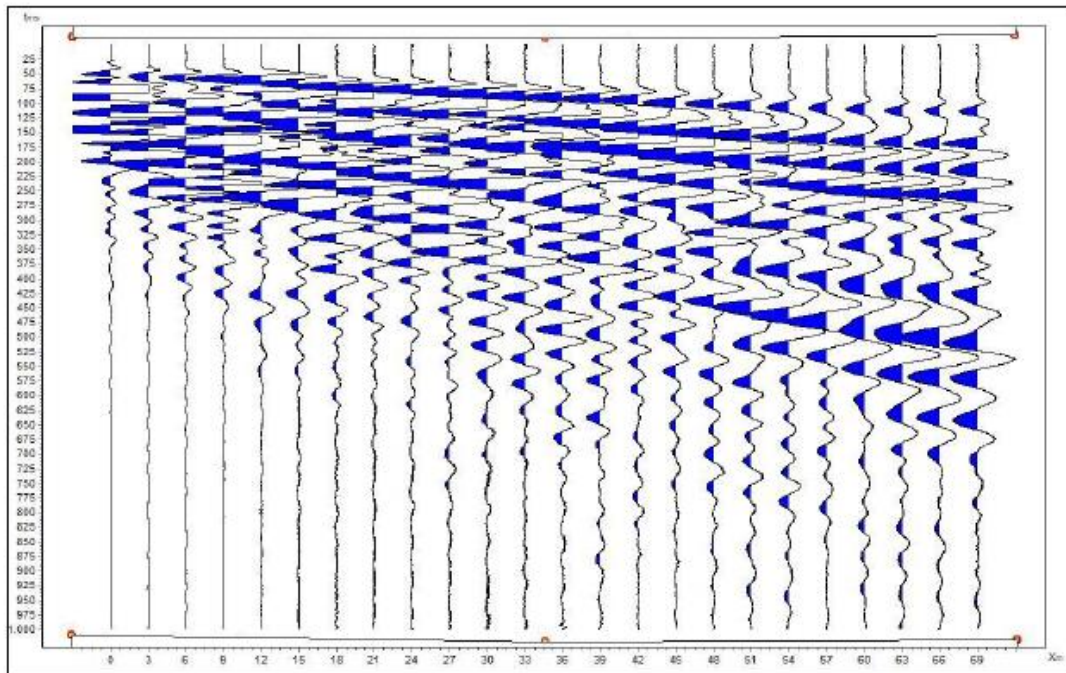
CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S25		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'33.54"N	ALTITUDINE (m): 387
	X	15°16'24.08"E	



	TEST REPORT	214
	MASW	


CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S25		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'33.54"N	ALTITUDINE (m): 387
	X	15°16'24.08"E	

SISMOGRAMMA



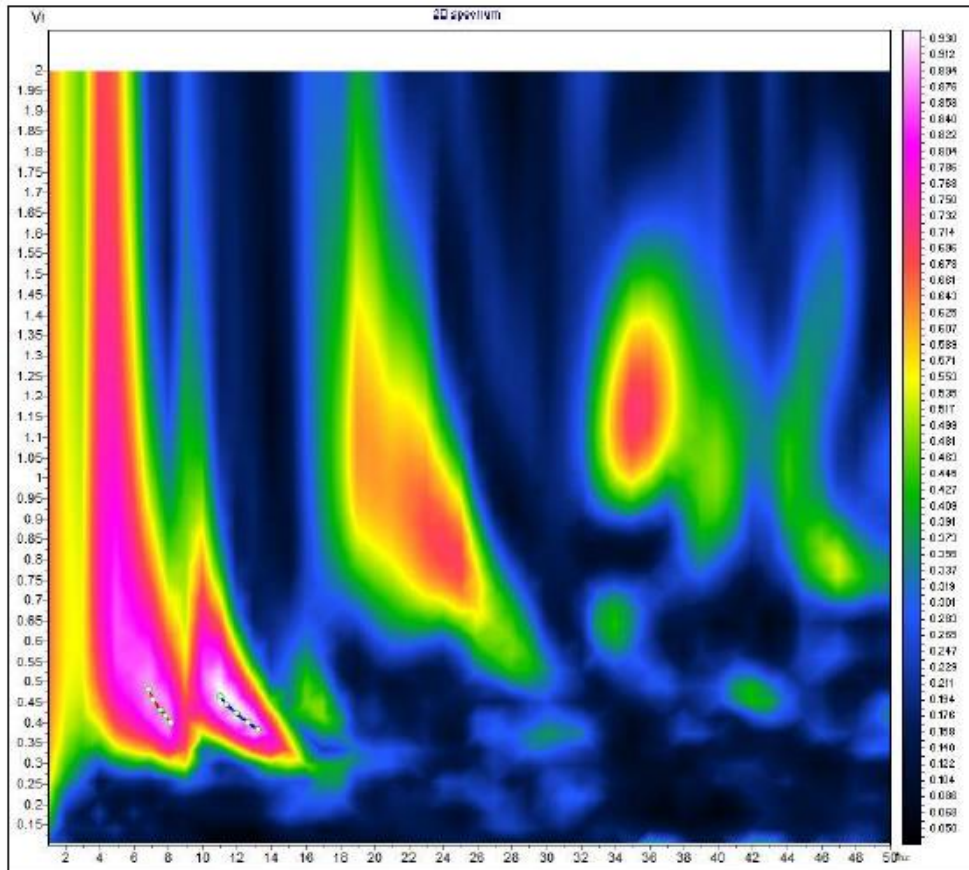
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	52 di 80

 DIMMS CONTROL	TEST REPORT	3/4
	MASW	


CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S25		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'33.54"N	ALTITUDINE (m): 387
	X	15°16'24.08"E	

SPETTRO OSSERVATO E CURVA DI DISPERSIONE



Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	53 di 80

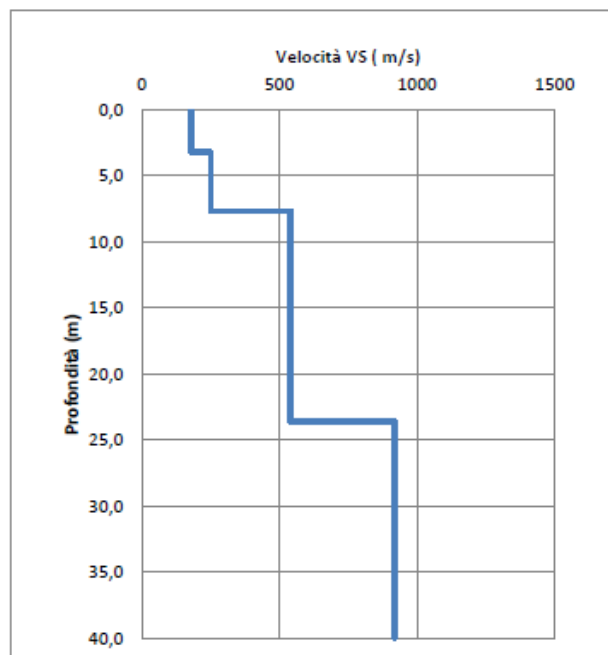
	TEST REPORT	4/4
	MASW	

CLIENTE:	Italferr SpA		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Bovino - Orsara (FG)		
NOME TEST:	MASW - S25		
DATA DI ESECUZIONE	16/03/2018		
COORDINATE	Y	41°14'33.54"N	ALTITUDINE (m): 387
	X	15°16'24.08"E	

GRAFICO & TABELLA Vs - h

Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0,00	3,20	3,20	180,00
2	3,20	7,70	4,50	250,00
3	7,70	23,60	15,90	540,00
4	23,60	inf.	inf.	920,00


VS₃₀	416
Suolo	B



ALLEGATI DOWN HOLE

Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	55 di 80


	TEST REPORT	1/3
	DOWN HOLE	

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Orsara di Puglia (FG), SS90		
NOME TEST:	DH S19		
DATA DI ESECUZIONE	25/04/2018		
COORDINATE	Y	41°14'32.25"N	
	X	15°16'46.11"E	

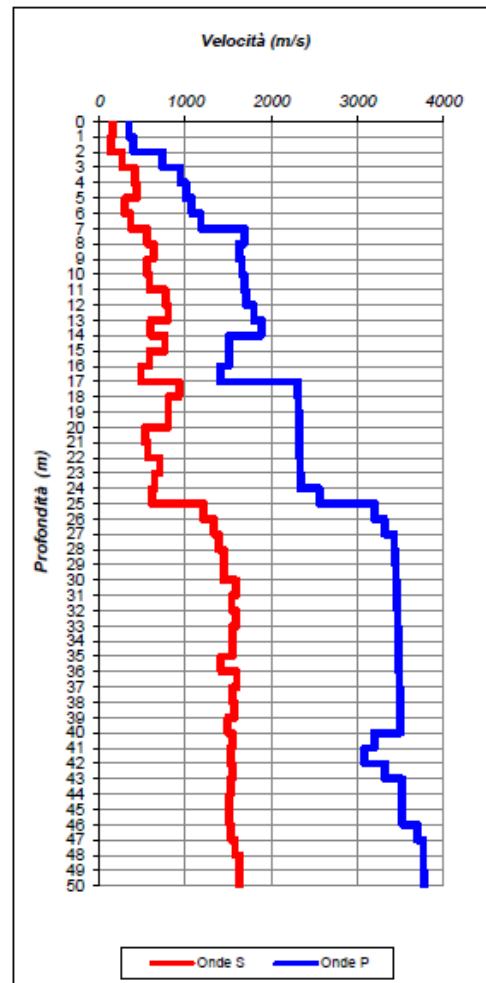
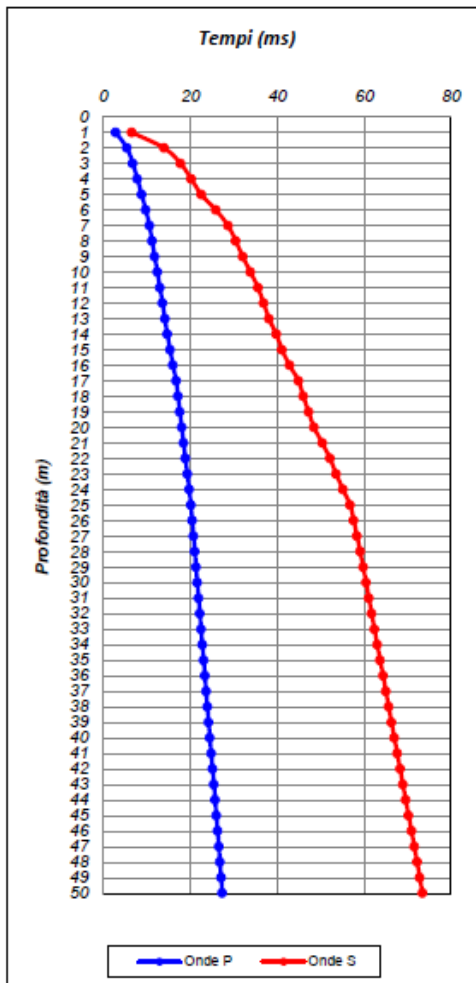
Profondità (m)	Onde P		Onde S		Poisson	Young (MPa)	Taglio (MPa)	Bulk (MPa)	γ (kN/m ³)
	(ms)	(m/sec)	(ms)	(m/sec)					
1,00	2,92	342,57	6,60	151,61	0,38	105,7	38,4	144,7	16,7
2,00	5,46	304,25	13,99	135,28	0,43	88,1	30,7	220,0	16,8
3,00	6,82	735,43	17,82	260,74	0,43	339,3	118,8	786,5	17,5
4,00	7,88	941,08	20,26	410,59	0,38	833,5	301,5	1181,7	17,9
5,00	8,87	1005,63	22,58	430,38	0,39	926,0	333,6	1376,6	18,0
6,00	9,80	1075,09	25,95	297,38	0,46	468,2	160,5	1883,8	18,2
7,00	10,65	1178,49	28,71	362,18	0,45	697,3	240,8	2228,4	18,4
8,00	11,25	1682,00	30,50	556,37	0,44	1724,6	599,4	4679,1	19,4
9,00	11,86	1620,31	32,09	629,58	0,41	2152,3	762,6	4034,6	19,2
10,00	12,47	1656,21	33,89	556,89	0,44	1720,4	598,9	4498,9	19,3
11,00	13,06	1681,76	35,60	582,72	0,43	1882,8	657,5	4600,0	19,4
12,00	13,65	1700,39	36,90	771,53	0,37	3165,2	1154,9	4069,6	19,4
13,00	14,21	1794,49	38,15	801,46	0,38	3461,3	1258,3	4630,4	19,6
14,00	14,74	1884,97	39,83	595,85	0,44	2027,8	701,9	6088,6	19,8
15,00	15,40	1508,48	41,14	763,28	0,33	2942,5	1107,9	2850,1	19,0
16,00	16,06	1508,95	42,86	580,04	0,41	1808,6	639,9	3477,1	19,0
17,00	16,77	1406,44	44,93	483,32	0,43	1259,6	439,5	3135,4	18,8
18,00	17,21	2307,30	46,01	927,98	0,40	4983,1	1775,2	8607,5	20,6
19,00	17,64	2315,10	47,25	804,11	0,43	3818,8	1333,9	9278,6	20,6
20,00	18,07	2321,54	48,50	802,62	0,43	3809,0	1329,8	9352,6	20,6
21,00	18,50	2326,86	50,38	530,57	0,47	1712,3	581,4	10407,3	20,7
22,00	18,93	2331,30	52,16	563,16	0,47	1925,4	655,3	10356,3	20,7
23,00	19,36	2335,07	53,58	701,10	0,45	2947,4	1016,0	9915,8	20,7
24,00	19,78	2338,26	55,15	639,50	0,46	2468,4	845,6	10177,4	20,7
25,00	20,18	2557,64	56,79	807,28	0,47	2289,6	778,7	12774,3	21,1
26,00	20,49	3201,65	57,62	1206,25	0,42	9240,0	3259,8	18618,3	22,4
27,00	20,79	3315,51	58,37	1331,50	0,40	11265,2	4012,3	19527,7	22,6
28,00	21,08	3427,48	59,10	1384,41	0,40	12287,1	4380,4	21008,6	22,9
29,00	21,37	3437,94	59,79	1443,40	0,39	13278,1	4766,0	20683,3	22,9
30,00	21,66	3447,13	60,48	1443,90	0,39	13303,6	4773,1	20840,5	22,9
31,00	21,95	3455,16	61,11	1590,04	0,37	15820,6	5792,3	19627,6	22,9
32,00	22,24	3462,27	61,76	1639,51	0,38	14961,0	5433,3	20236,0	22,9
33,00	22,53	3468,61	62,39	1593,01	0,37	15906,2	5820,7	19835,3	22,9
34,00	22,82	3474,18	63,04	1541,65	0,38	15025,0	5454,1	20426,4	22,9
35,00	23,10	3479,19	63,68	1542,55	0,38	15052,0	5462,9	20506,7	23,0
36,00	23,39	3483,70	64,39	1414,70	0,40	12882,2	4596,6	21744,7	23,0
37,00	23,68	3487,69	65,02	1597,19	0,37	16027,8	5861,0	20132,5	23,0
38,00	23,96	3491,26	65,66	1544,70	0,38	15116,8	5483,9	20701,2	23,0
39,00	24,25	3494,62	66,30	1570,49	0,37	15575,5	5670,1	20515,1	23,0
40,00	24,54	3497,55	66,97	1493,00	0,39	14235,0	5125,7	21295,3	23,0
41,00	24,85	3193,83	67,62	1546,48	0,35	14423,0	5354,3	15697,7	22,4
42,00	25,17	3081,63	68,27	1523,63	0,34	13770,6	5145,1	14187,1	22,2
43,00	25,47	3321,71	68,92	1547,34	0,36	14761,9	5421,5	17755,6	22,6
44,00	25,76	3519,72	69,58	1525,70	0,38	14848,1	5363,0	21391,5	23,0
45,00	26,04	3521,35	70,24	1511,27	0,39	14600,2	5262,8	21555,7	23,0
46,00	26,33	3522,83	70,90	1512,64	0,39	14627,2	5273,1	21569,6	23,0
47,00	26,60	3696,94	71,55	1528,14	0,40	15263,2	5463,0	24689,4	23,4
48,00	26,86	3767,57	72,19	1575,88	0,39	16294,7	5844,7	25614,3	23,5
49,00	27,13	3770,31	72,80	1629,36	0,39	17313,5	6249,6	25130,8	23,5
50,00	27,39	3773,05	73,41	1630,03	0,39	17333,1	6256,2	25178,4	23,5

Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	56 di 80

	TEST REPORT	2/3
	DOWN HOLE	

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Orsara di Puglia (FG), SS90		
NOME TEST:	DH S19		
DATA DI ESECUZIONE	25/04/2018		
COORDINATE	Y	41°14'32.25"N	
	X	15°16'46.11"E	



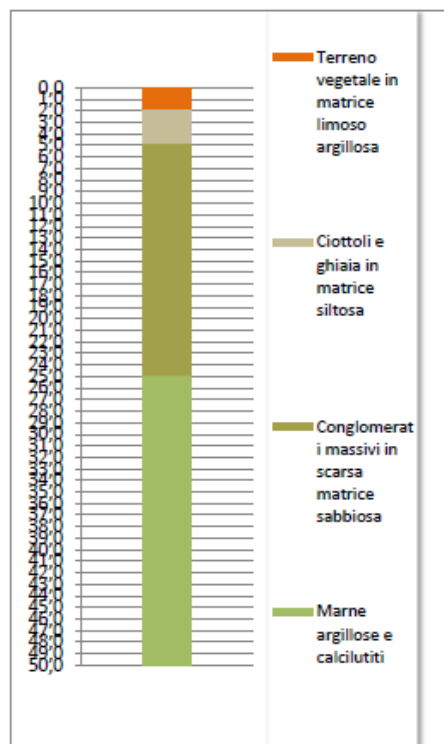
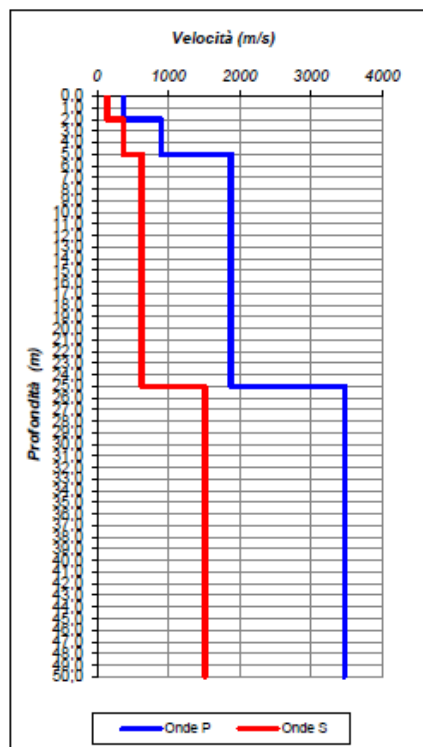
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	57 di 80

	TEST REPORT	3/3
	DOWN HOLE	


CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Orsara di Puglia (FG), SS90		
NOME TEST:	DH S19		
DATA DI ESECUZIONE	25/04/2018		
COORDINATE	Y	41°14'32.25"N	
	X	15°18'46.11"E	

Profondità base(m)	Onde P	Onde S	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)	γ (kN/m ³)
	Velocità (m/sec)	Velocità (m/sec)					
2,00	368,41	143,44	0,41	97,16	34,44	181,25	16,7
5,00	894,05	367,24	0,40	671,00	239,90	1101,97	17,8
25,00	1876,53	627,85	0,44	2237,79	778,65	5917,59	19,8
50,00	3471,71	1510,67	0,38	14484,98	5235,98	20671,96	22,9



Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	58 di 80


	TEST REPORT	1/3
	DOWN HOLE	

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Orsara di Puglia (FG), SS90		
NOME TEST:	DH S24		
DATA DI ESECUZIONE	25/04/2018		
COORDINATE	Y	41°14'35.38"N	
	X	15°16'54.03"E	

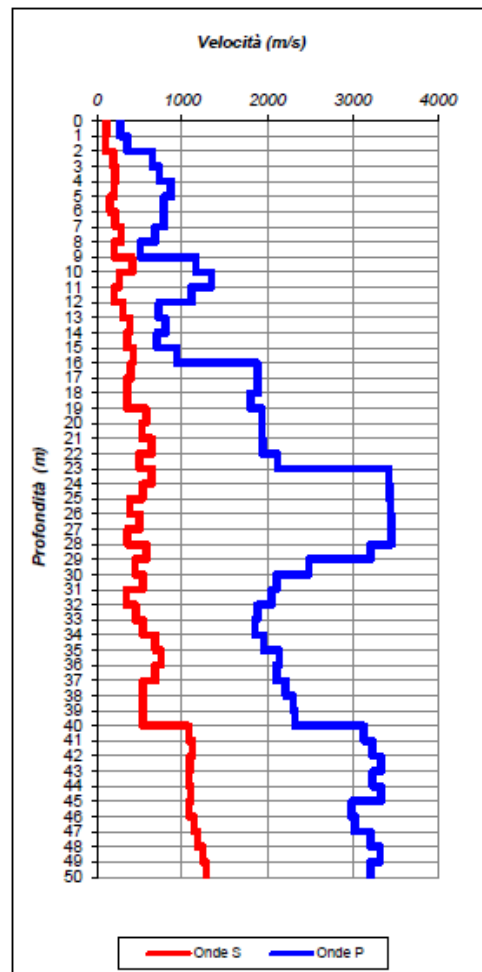
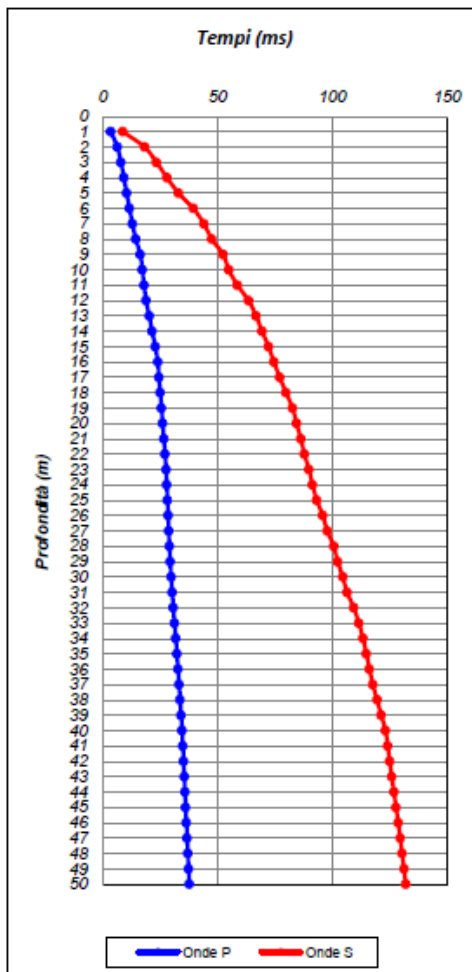
Profondità (m)	Onde P		Onde S		Poisson	Young (MPa)	Taglio (MPa)	Bulk (MPa)	γ (kN/m ³)
	(ms)	(m/sec)	(ms)	(m/sec)					
1,00	3,71	269,41	8,89	112,45	0,39	58,3	20,9	92,2	16,5
2,00	6,51	357,97	18,34	105,81	0,45	54,3	18,7	189,3	16,7
3,00	8,04	650,11	23,56	191,81	0,45	184,9	63,6	646,3	17,3
4,00	9,40	736,24	28,15	217,73	0,45	240,5	82,8	836,6	17,5
5,00	10,55	869,82	33,13	200,63	0,47	210,2	71,4	1246,9	17,7
6,00	11,81	792,08	39,60	154,61	0,48	124,4	42,0	1047,2	17,6
7,00	13,09	786,64	44,19	217,97	0,46	243,5	83,5	976,1	17,6
8,00	14,55	682,33	47,65	288,83	0,39	403,0	144,9	615,3	17,4
9,00	16,52	506,60	52,58	203,06	0,40	197,0	70,1	343,1	17,0
10,00	17,38	1165,86	55,01	411,21	0,43	885,9	310,0	2078,4	18,3
11,00	18,13	1343,59	58,82	262,31	0,48	380,6	128,6	3202,0	18,7
12,00	19,03	1112,91	63,65	207,16	0,48	231,8	78,2	2153,1	18,2
13,00	20,40	728,63	66,90	307,56	0,39	459,6	165,1	706,6	17,5
14,00	21,64	804,89	69,50	384,91	0,35	705,3	260,9	793,0	17,6
15,00	23,05	707,25	72,33	353,33	0,33	579,9	217,4	581,2	17,4
16,00	24,12	937,45	74,69	423,20	0,37	878,5	320,1	1144,0	17,9
17,00	24,65	1883,29	77,18	402,13	0,48	943,7	319,6	6584,6	19,8
18,00	25,18	1890,63	79,98	356,76	0,48	746,0	251,8	6735,1	19,8
19,00	25,74	1802,71	82,78	357,38	0,48	741,0	250,4	6037,4	19,6
20,00	26,25	1936,80	84,52	573,94	0,45	1900,9	654,7	6582,1	19,9
21,00	26,77	1941,14	86,39	534,03	0,46	1654,6	567,0	6735,7	19,9
22,00	27,28	1944,77	87,95	643,76	0,44	2371,4	824,3	6423,4	19,9
23,00	27,75	2119,15	89,94	500,70	0,47	1492,1	507,4	8412,1	20,2
24,00	28,04	3425,64	91,49	647,00	0,48	2834,4	956,6	25540,6	22,9
25,00	28,34	3435,74	93,35	537,23	0,49	1963,8	660,1	26118,1	22,9
26,00	28,63	3444,40	95,93	387,33	0,49	1025,8	343,4	26697,2	22,9
27,00	28,92	3451,90	97,93	501,96	0,49	1718,8	577,1	26521,8	22,9
28,00	29,21	3458,39	100,70	360,19	0,49	888,7	297,3	27013,2	22,9
29,00	29,52	3212,79	102,41	584,14	0,48	2269,4	765,2	22127,5	22,4
30,00	29,92	2487,61	104,66	444,66	0,48	1230,5	414,7	12426,9	21,0
31,00	30,39	2110,00	106,52	539,42	0,47	1723,9	588,4	8217,7	20,2
32,00	30,88	2052,85	109,42	344,30	0,49	708,1	238,3	8155,2	20,1
33,00	31,41	1883,30	111,62	453,79	0,47	1196,1	407,0	6468,1	19,8
34,00	31,95	1853,72	113,48	540,05	0,45	1671,0	574,8	6005,6	19,7
35,00	32,46	1954,09	114,93	686,49	0,43	2682,5	938,2	6350,9	19,9
36,00	32,93	2144,57	116,26	754,95	0,43	3305,5	1156,4	7789,5	20,3
37,00	33,40	2106,33	117,71	687,04	0,44	2748,6	954,1	7695,5	20,2
38,00	33,85	2216,85	119,56	540,67	0,47	1754,2	597,3	9245,5	20,4
39,00	34,29	2307,34	121,41	540,78	0,47	1773,5	602,9	10171,0	20,6
40,00	34,72	2323,28	123,26	540,88	0,47	1777,5	604,0	10338,9	20,6
41,00	35,04	3133,52	124,19	1077,84	0,43	7413,4	2586,8	18414,7	22,3
42,00	35,35	3234,65	125,08	1121,17	0,43	8087,7	2824,5	19743,6	22,5
43,00	35,65	3335,68	126,00	1088,09	0,44	7732,9	2684,2	21646,9	22,7
44,00	35,95	3236,63	126,93	1078,98	0,44	7521,8	2616,3	20054,0	22,5
45,00	36,25	3337,48	127,84	1098,38	0,44	7874,5	2735,6	21609,6	22,7
46,00	36,59	2989,55	128,76	1079,69	0,43	7302,2	2562,2	16227,4	22,0
47,00	36,92	3026,61	129,64	1141,45	0,42	8143,5	2873,3	16370,5	22,1
48,00	37,23	3210,47	130,48	1183,21	0,42	8923,3	3138,9	18924,4	22,4
49,00	37,53	3323,70	131,29	1241,55	0,42	9908,9	3491,0	20363,9	22,6
50,00	37,84	3210,93	132,07	1284,75	0,40	10397,3	3700,9	18182,5	22,4

Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	59 di 80


	TEST REPORT	2/3
	DOWN HOLE	

CLIENTE:	ITALFERR		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Orsara di Puglia (FG), SS90		
NOME TEST:	DH S24		
DATA DI ESECUZIONE	25/04/2018		
COORDINATE	Y	41°14'35.38"N	
	X	15°16'54.03"E	



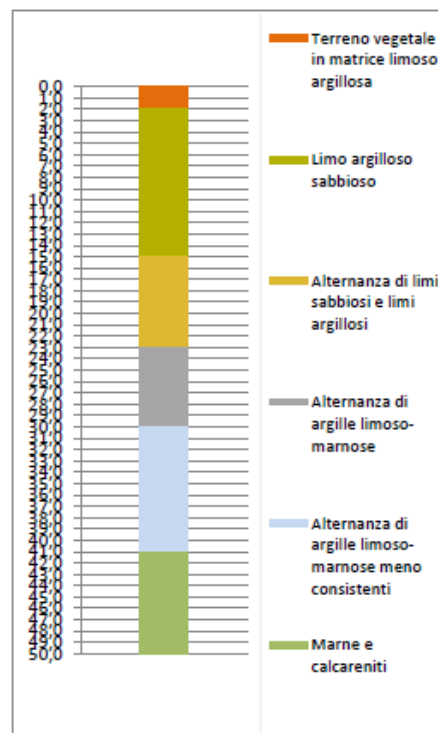
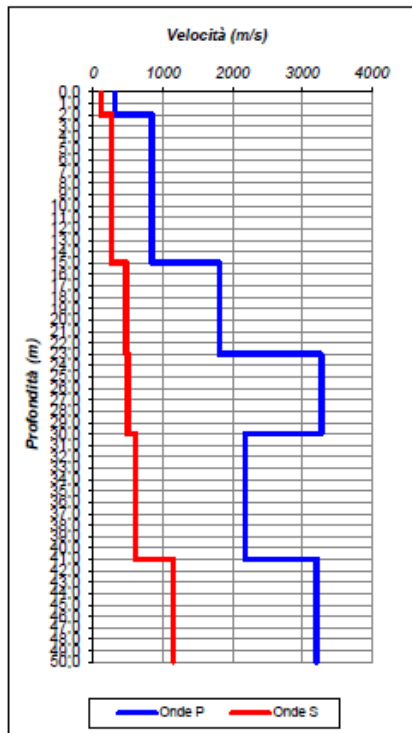
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	60 di 80

	TEST REPORT	3/3
	DOWN HOLE	

CLIENTE:	ITAFERR		
LAVORO:	Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.		
UBICAZIONE:	Orsara di Puglia (FG), SS90		
NOME TEST:	DH S24		
DATA DI ESECUZIONE	25/04/2018		
COORDINATE	Y	41°14'35.38"N	
	X	15°16'54.03"E	

Profondità base(m)	Onde P	Onde S	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)	γ (kN/m ³)
	Velocità (m/sec)	Velocità (m/sec)					
2,00	313,69	109,13	0,43	56,68	19,80	137,21	16,6
15,00	837,46	261,62	0,45	349,85	120,98	1078,30	17,7
23,00	1806,99	473,99	0,46	1289,41	440,66	5816,86	19,6
30,00	3273,78	494,65	0,49	1642,16	551,68	23430,14	22,5
41,00	2189,62	609,65	0,46	2208,70	757,45	8760,78	20,4
50,00	3211,74	1146,36	0,43	8410,11	2946,78	19201,45	22,4



V _{S30 0-30}	Suolo
303	C

ALLEGATI SISMICA A RIFRAZIONE (SRT)



Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.



Indagine:
SRT

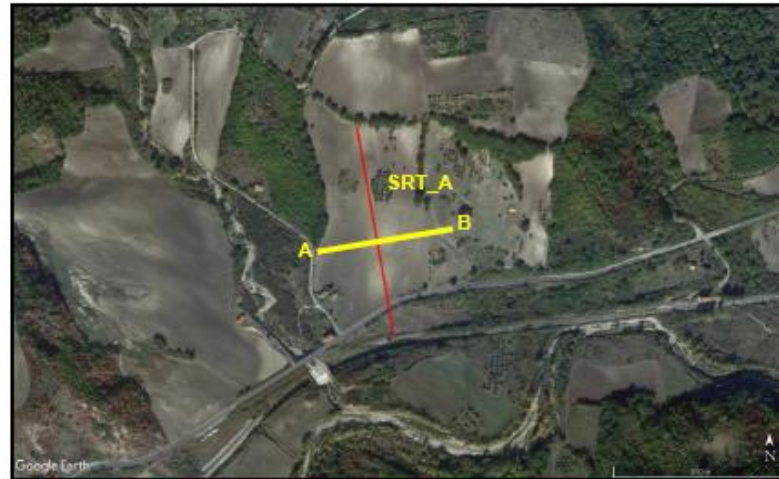
Tavola: 1
Ubicazione linee indagine SRT_A e SRT_B

Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi



Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	63 di 80



COORDINATE SRT_A		
	LATITUDINE	LONGITUDINE
A	41°14'34.22"N	15°16'8.83"E
B	41°14'35.56"N	15°16'19.23"E

Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

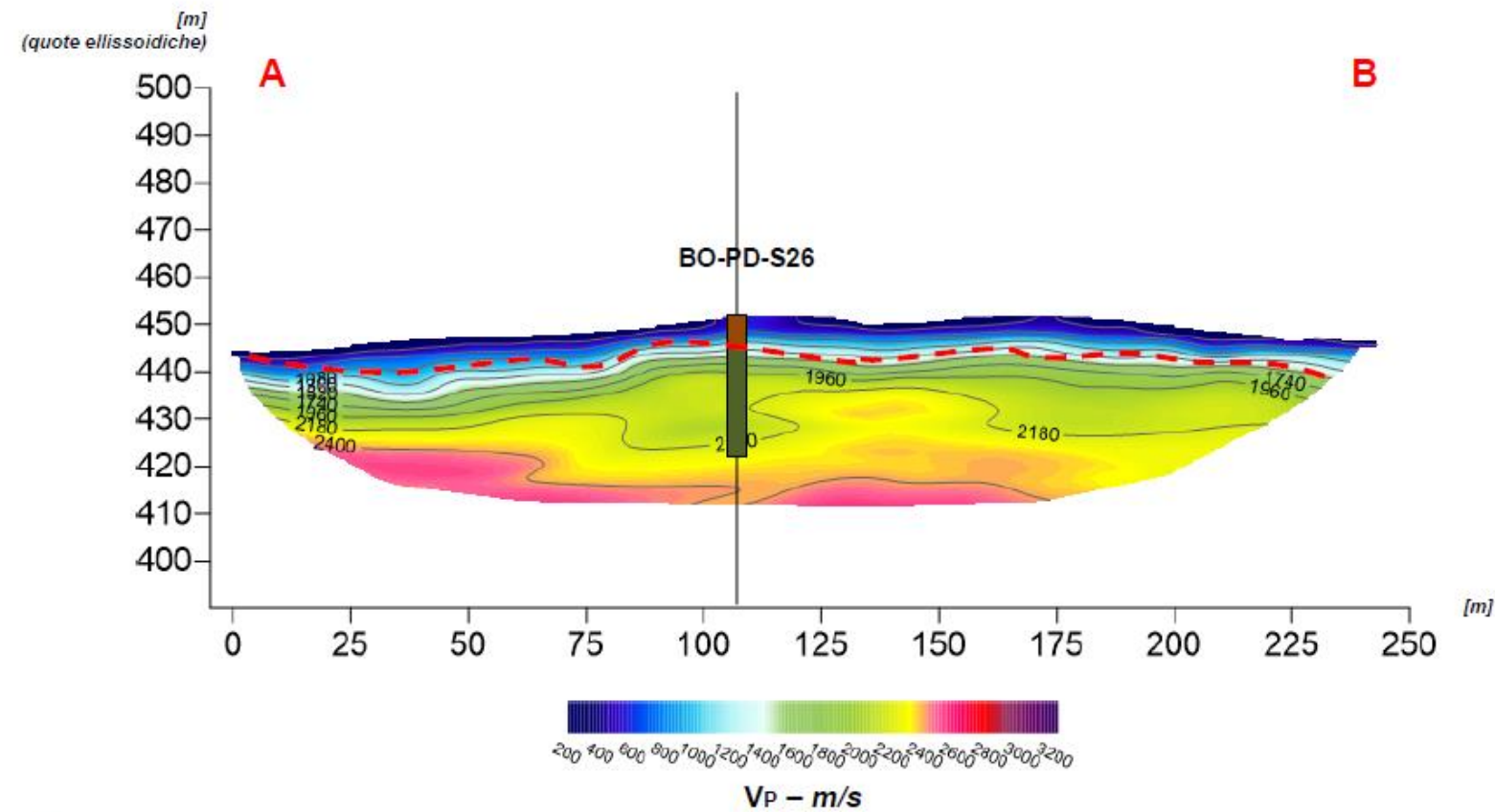
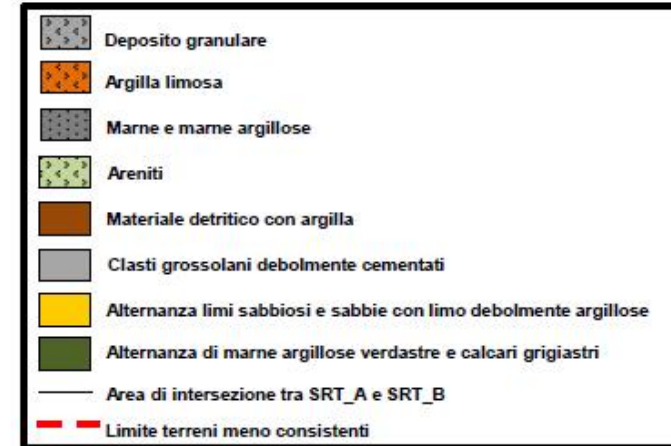
Committente

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Indagine:
SRT
Data esecuzione:
21-25/05/2018

Tavola: 2
SRT_A
ONDA P

Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi





COORDINATE SRT_A		
	LATITUDINE	LONGITUDINE
A	41°14'34.22"N	15°16'8.83"E
B	41°14'35.56"N	15°16'19.23"E

Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

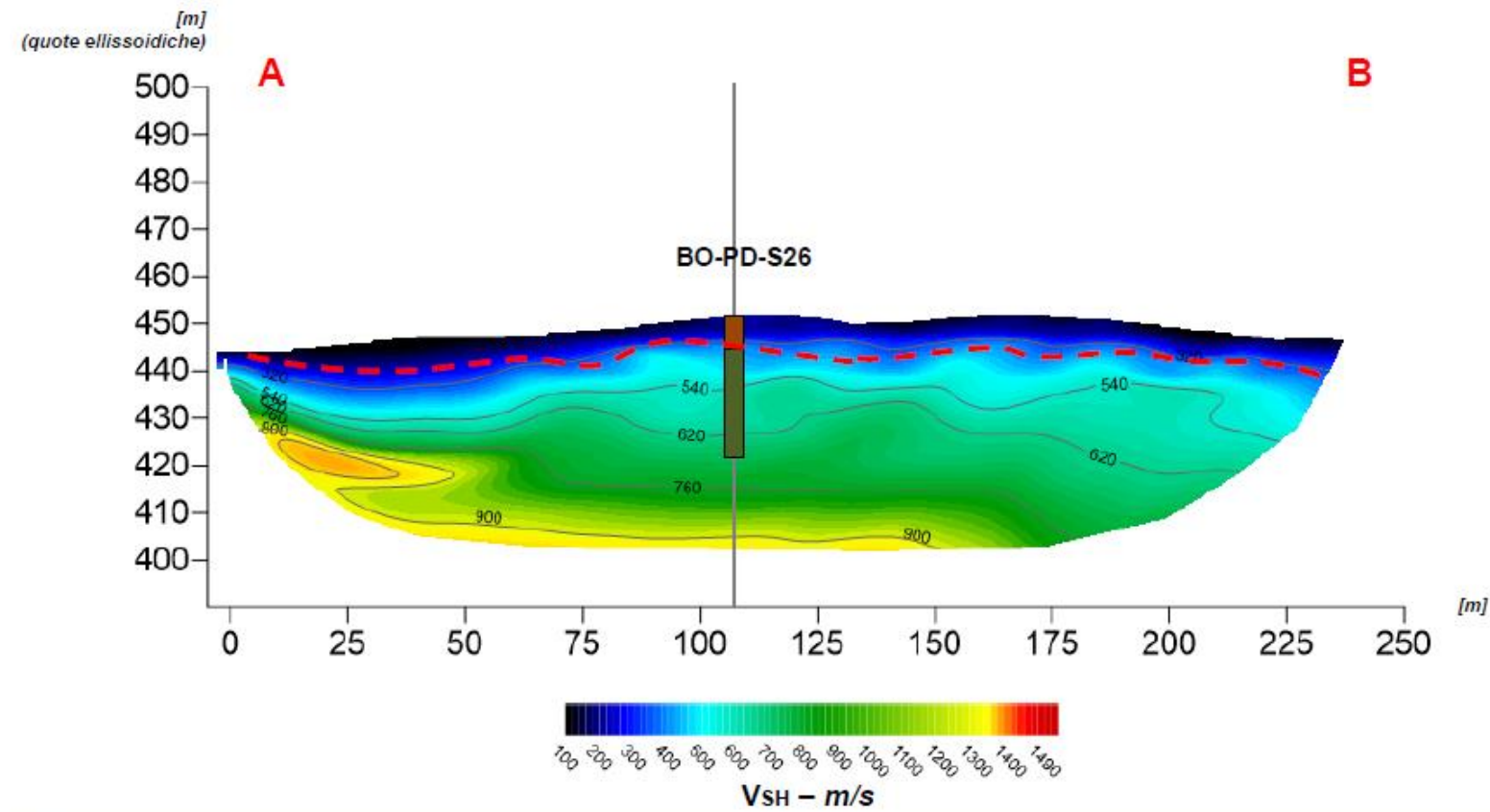
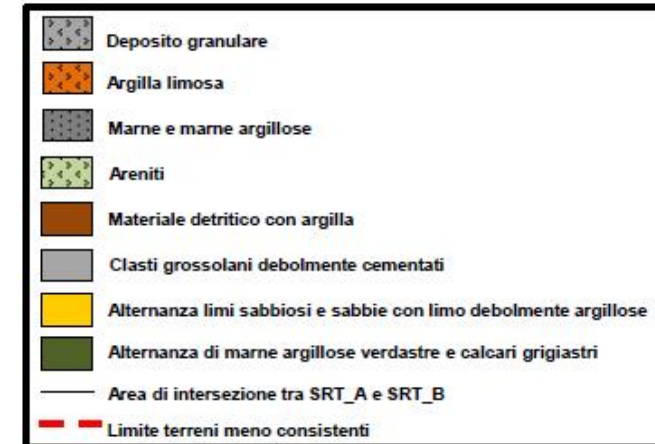
Committente

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Indagine:
SRT
Data esecuzione:
21-25/05/2018

Tavola: 3
SRT_A
ONDA SH

Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi





COORDINATE SRT_B		
	LATITUDINE	LONGITUDINE
A	41°14'41.32"N	15°16'12.08"E
B	41°14'29.28"N	15°16'14.86"E

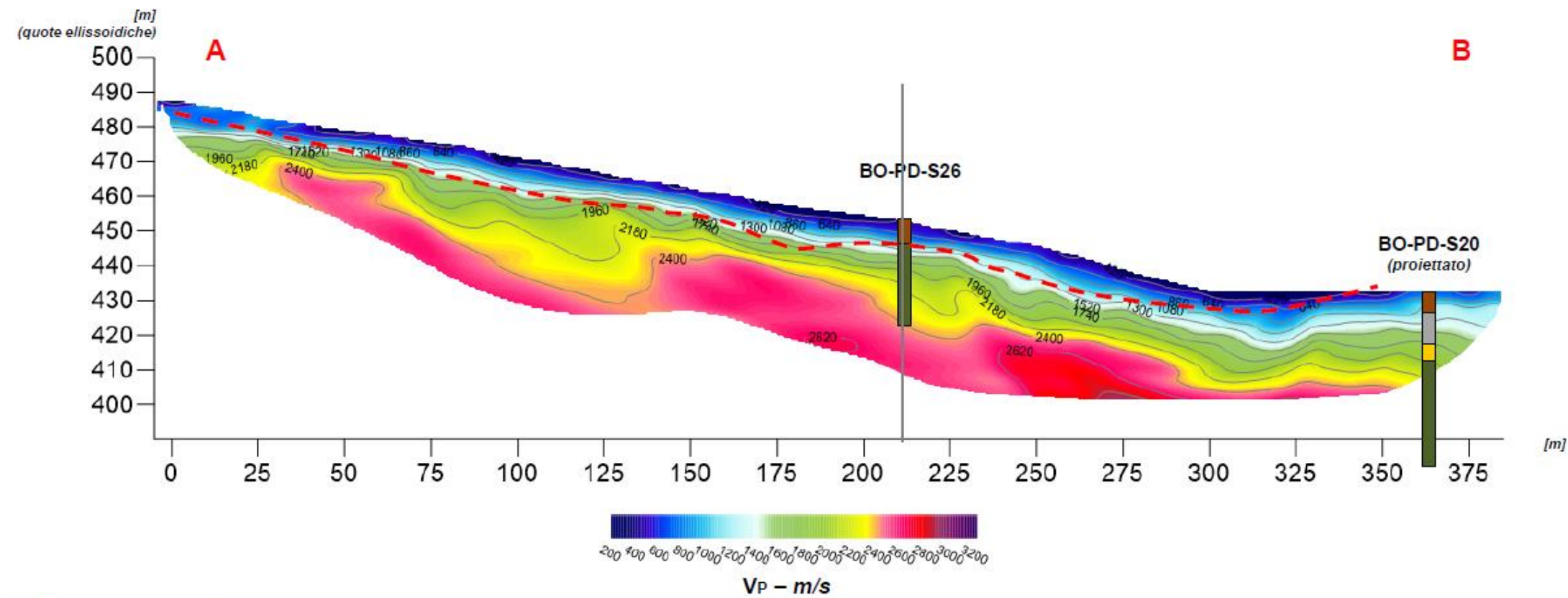
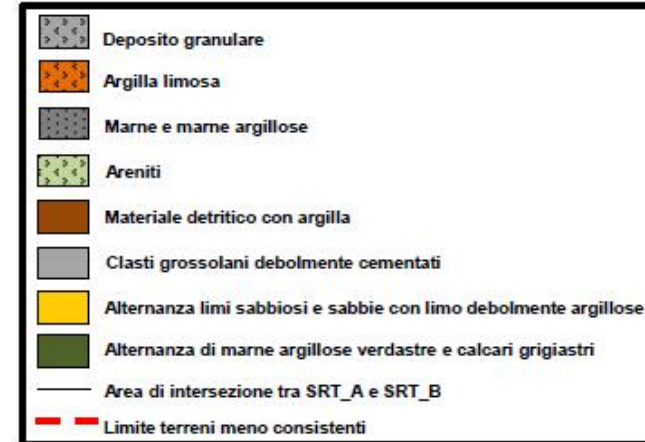
Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

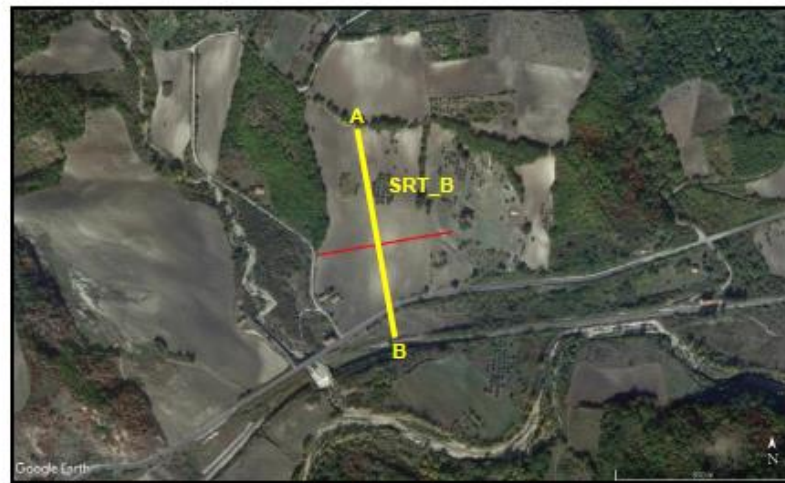
Committente


Indagine:
SRT
Data esecuzione:
21-25/05/2018

Tavola: 4
SRT_B
ONDA P

Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De lasi





COORDINATE SRT_B		
	LATITUDINE	LONGITUDINE
A	41°14'41.32"N	15°16'12.08"E
B	41°14'29.28"N	15°16'14.86"E

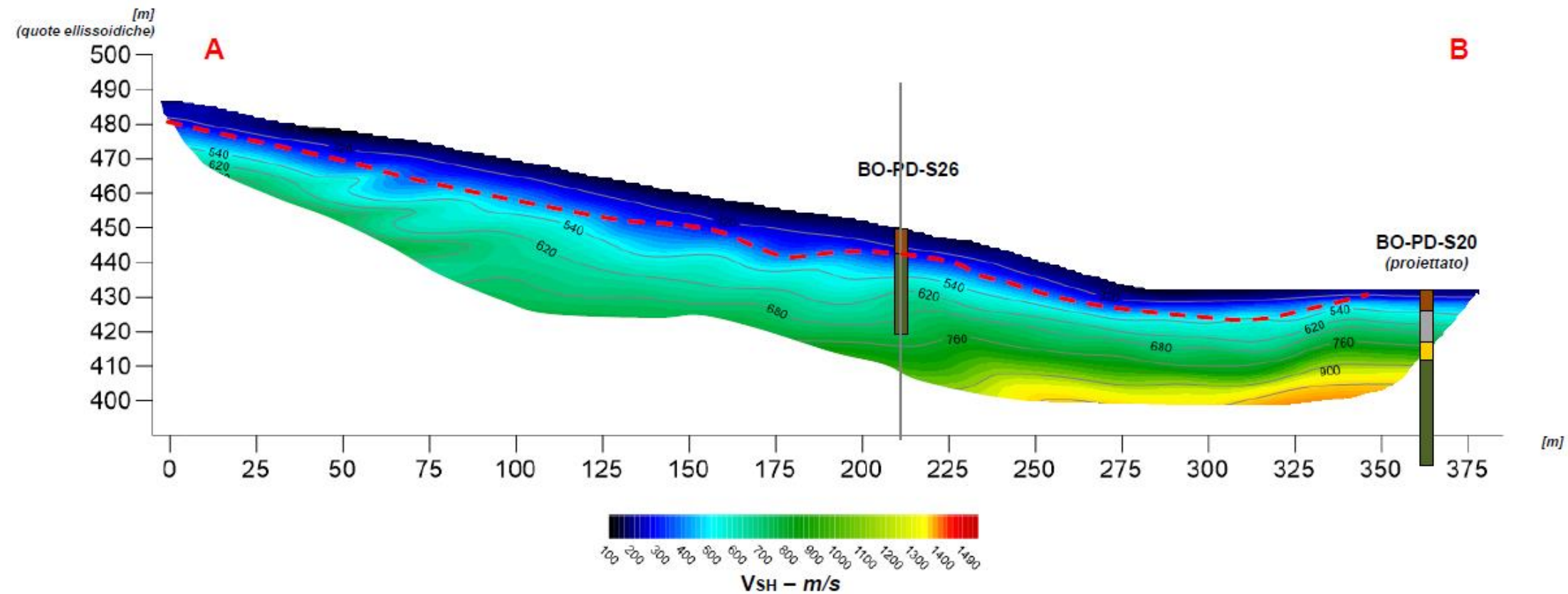
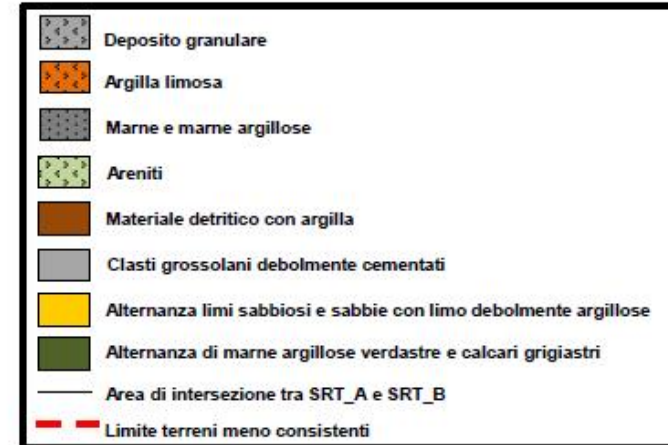
Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

Committente


Indagine:
SRT
Data esecuzione:
21-25/05/2018

Tavola: 5
SRT_B
ONDA SH

Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi



Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

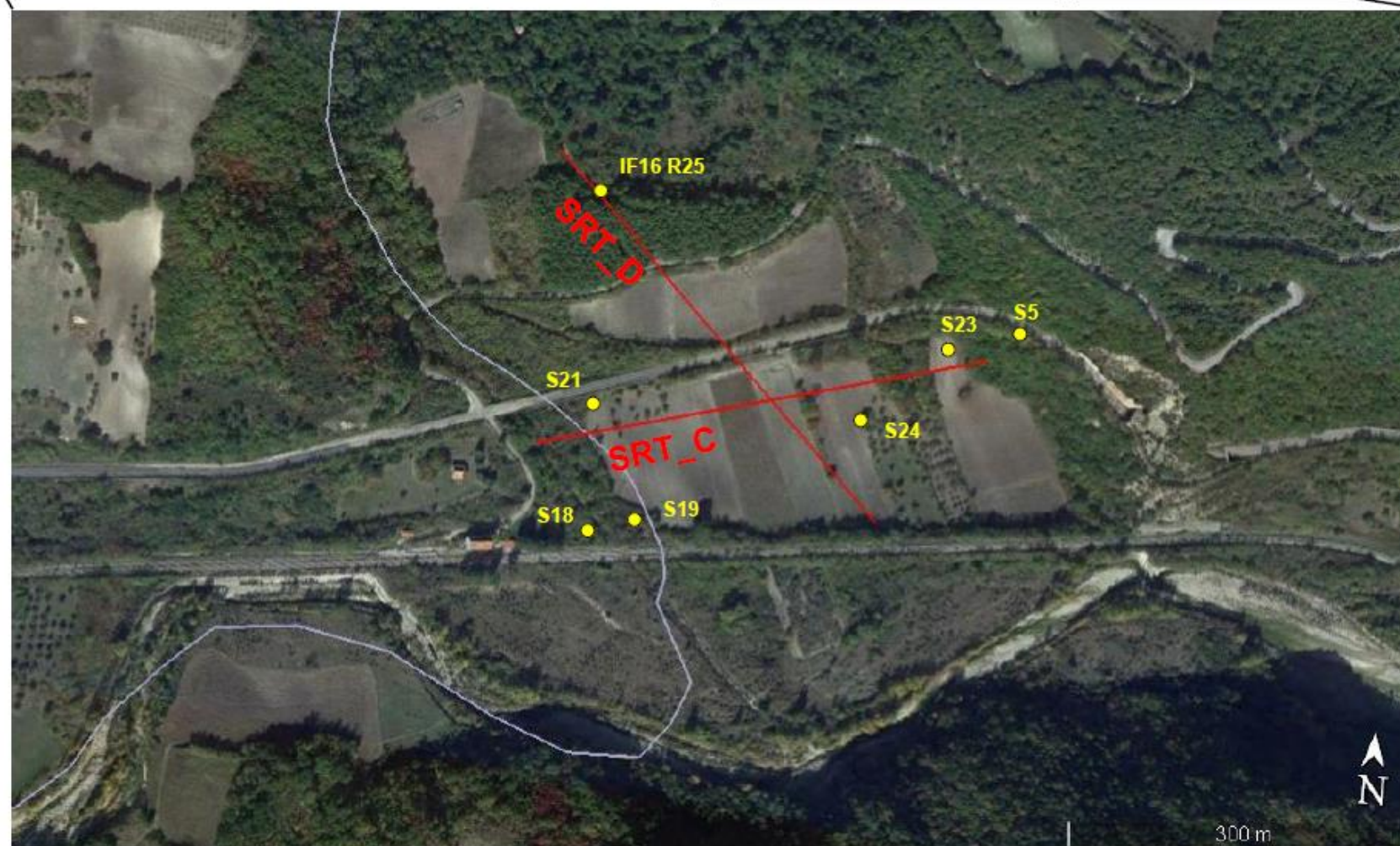
Committente

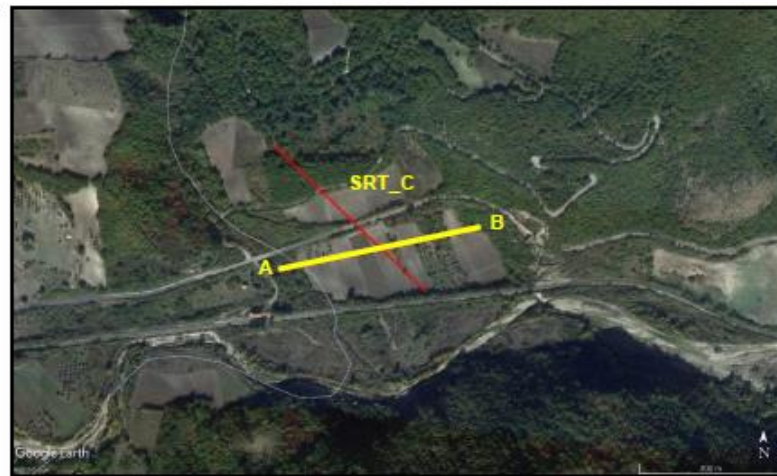


Indagine:
SRT

Tavola: 6
Ubicazione linee indagine SRT_C e SRT_D

Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi





COORDINATE SRT_C		
	LATITUDINE	LONGITUDINE
A	41°14'34.34"N	15°16'41.61"E
B	41°14'37.28"N	15°16'59.62"E

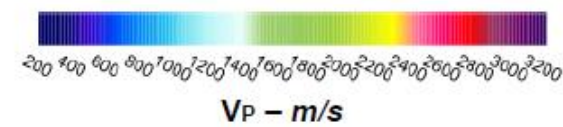
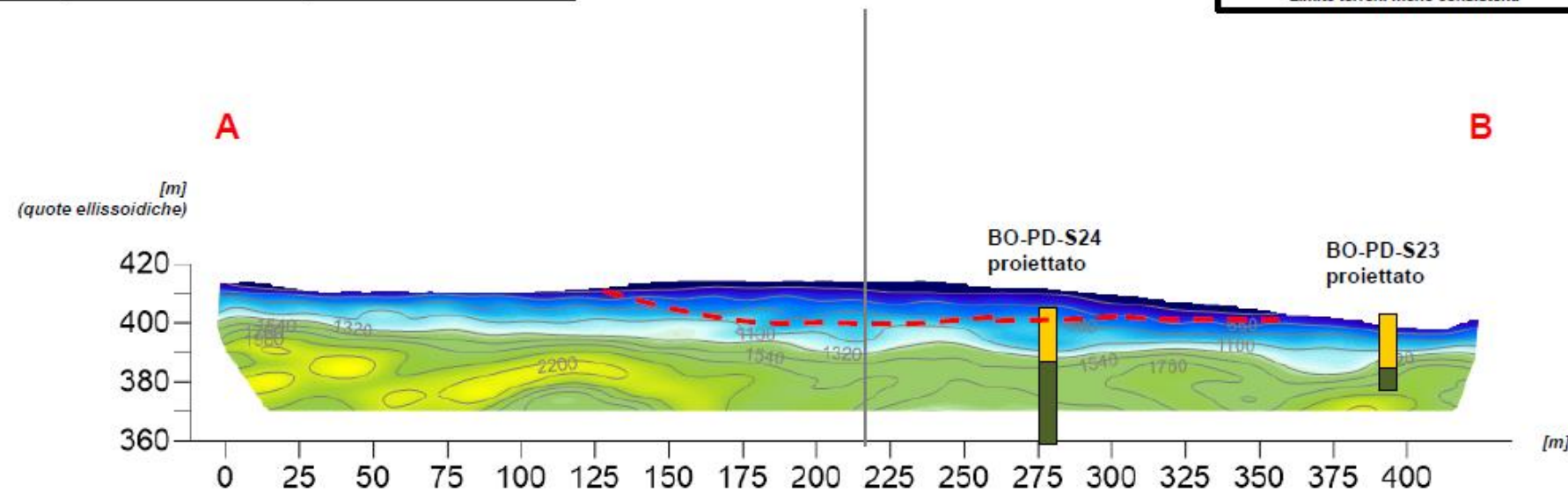
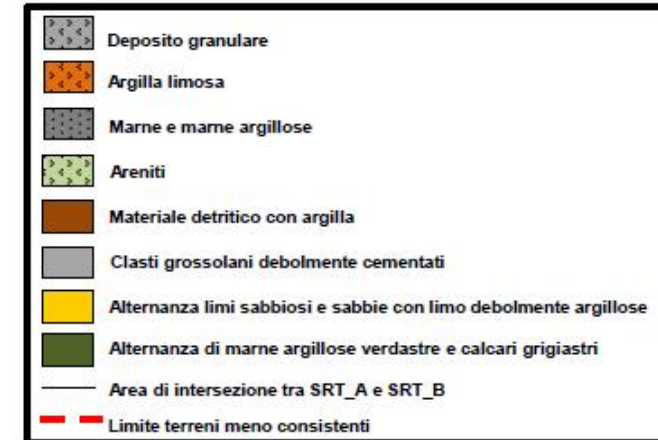
Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

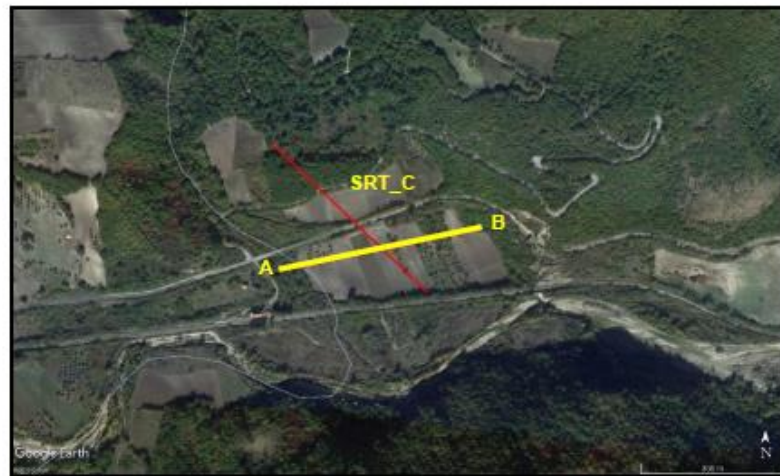
Committente


Indagine:
SRT
Data esecuzione:
04-07/06/2018

Tavola: 7
SRT_C
ONDA P

Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi





COORDINATE SRT_C		
	LATITUDINE	LONGITUDINE
A	41°14'34.34"N	15°16'41.61"E
B	41°14'37.28"N	15°16'59.62"E











Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

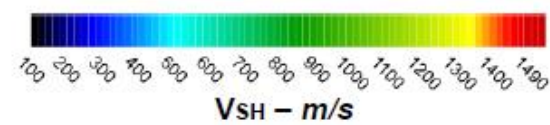
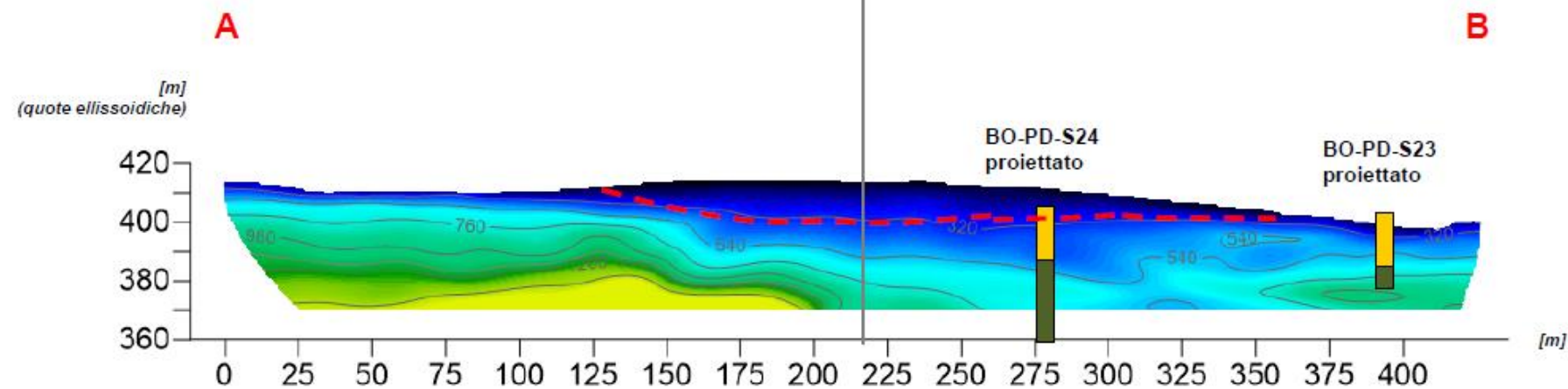
Committente


Indagine:
SRT
Data esecuzione:
04-07/06/2018

Tavola: 8
SRT_C
ONDA SH

Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi

	Deposito granulare
	Argilla limosa
	Marne e marne argillose
	Areniti
	Materiale detritico con argilla
	Clasti grossolani debolmente cementati
	Alternanza limi sabbiosi e sabbie con limo debolmente argillose
	Alternanza di marne argillose verdastre e calcari grigiastri
	Area di intersezione tra SRT_A e SRT_B
	Limite terreni meno consistenti



Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 69	IG	GE0005 002	A	70 di 80



COORDINATE SRT_D

	LATITUDINE	LONGITUDINE
A	41°14'42.61"N	15°16'41.51"E
B	41°14'32.98"N	15°16'54.92"E

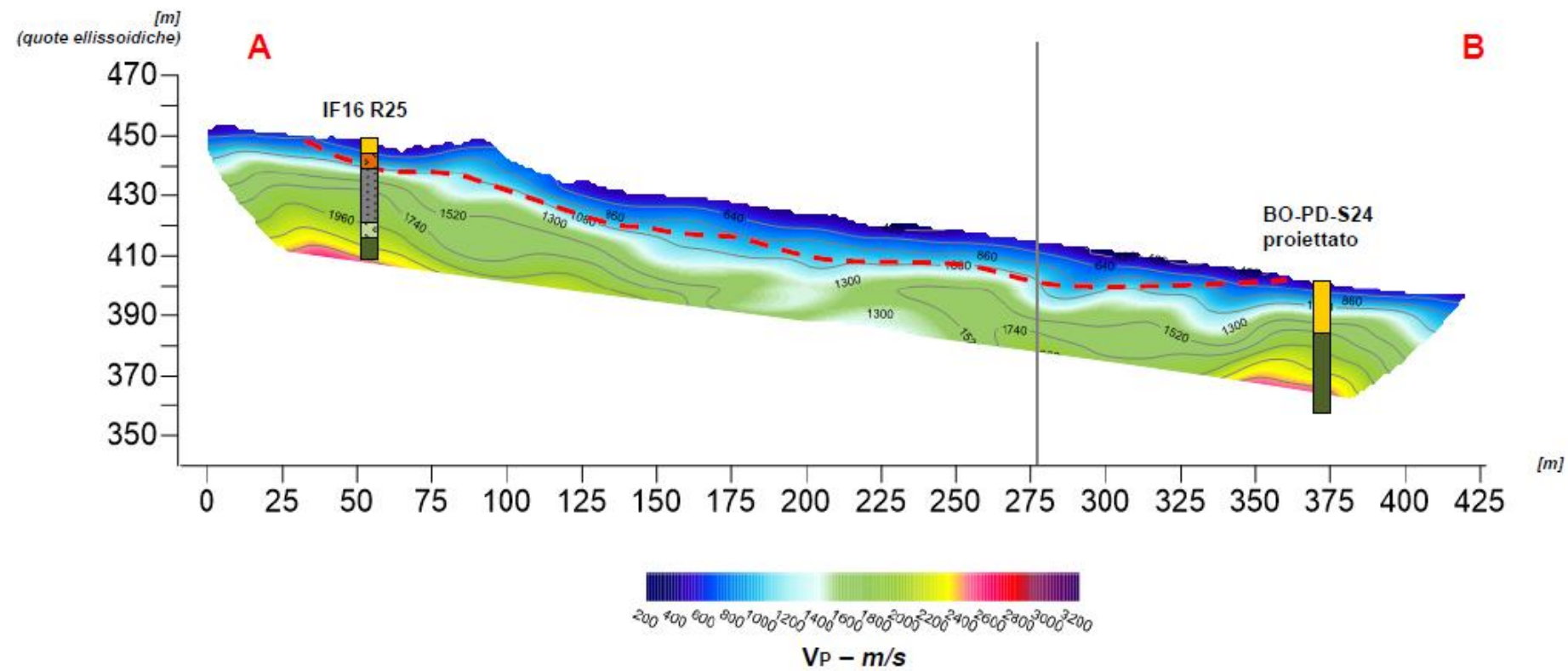
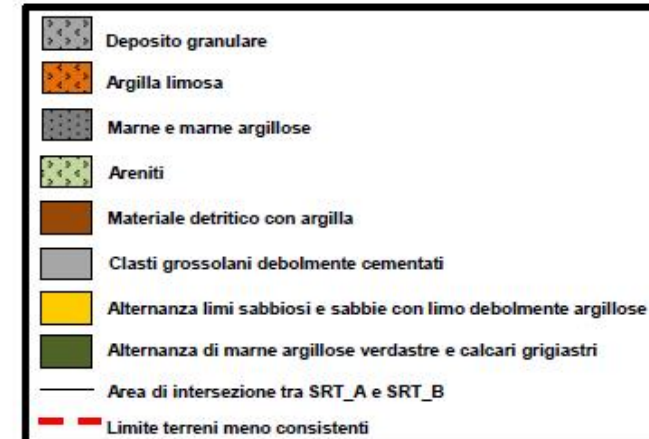
Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

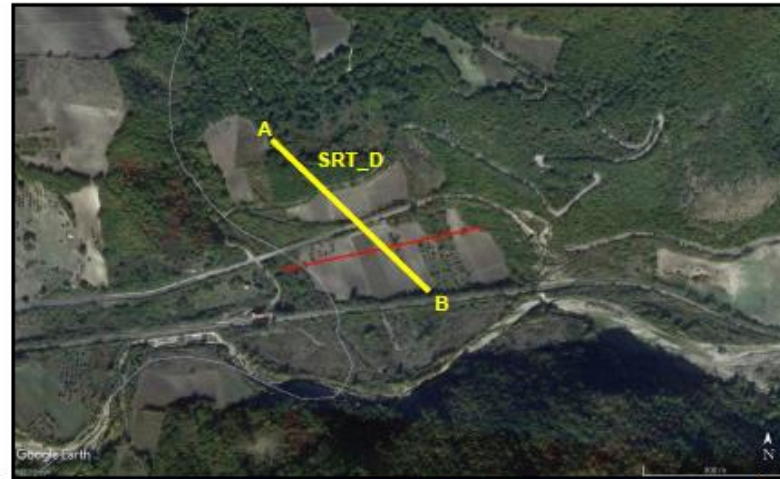
Committente


Indagine:
SRT
Data esecuzione:
04-07/06/2018

Tavola: 9
SRT_D
ONDA P

Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De lasi





COORDINATE SRT_D		
	LATITUDINE	LONGITUDINE
A	41°14'42.61"N	15°16'41.51"E
B	41°14'32.98"N	15°16'54.92"E

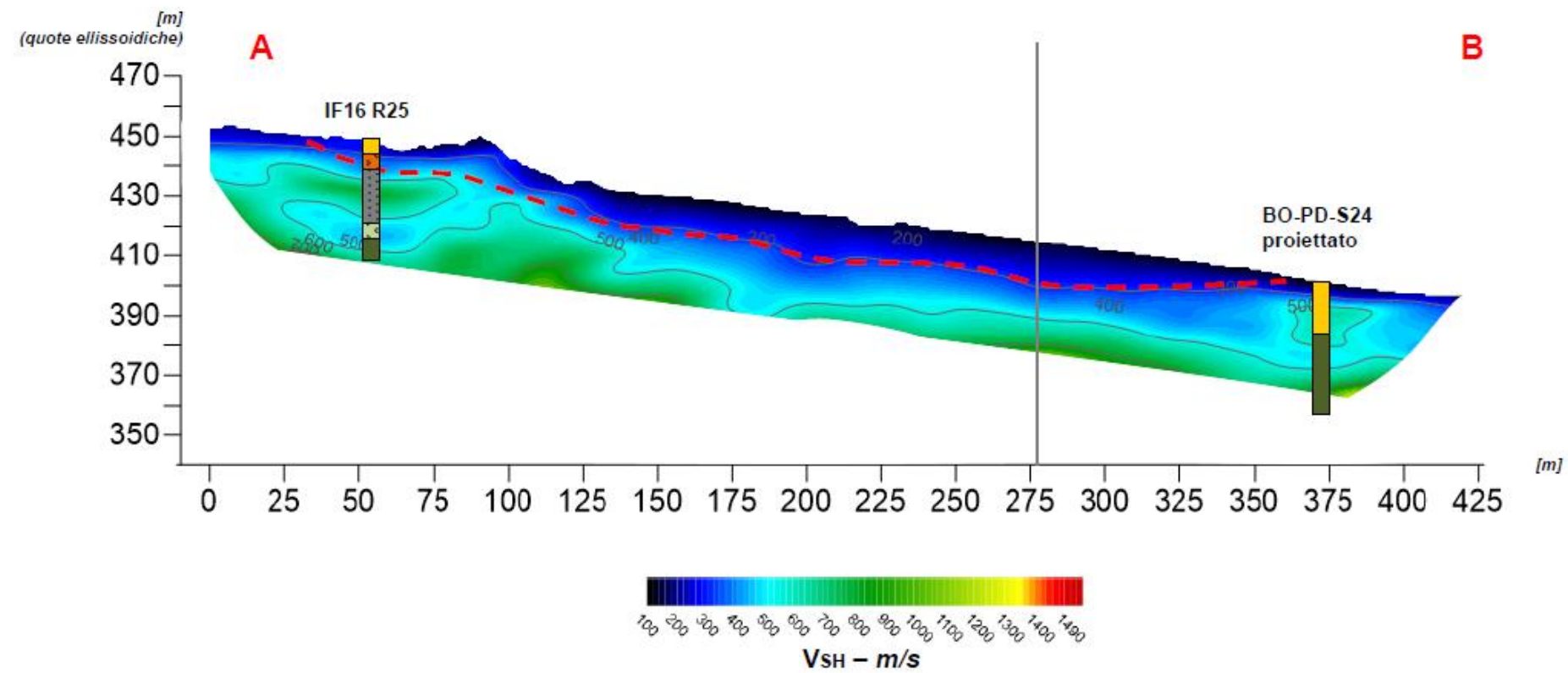
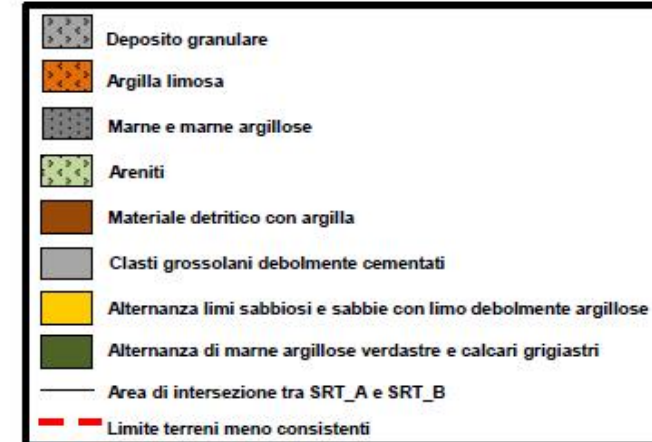
Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.



Indagine:
SRT
Data esecuzione:
04-07/06/2018

Tavola: 10
SRT_D
ONDA SH

Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi



ALLEGATI FDEM



S2

Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

Committente

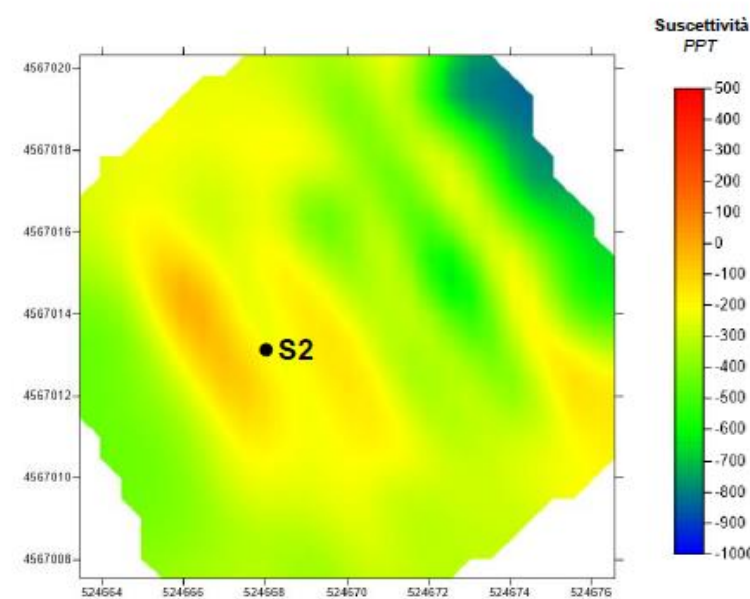
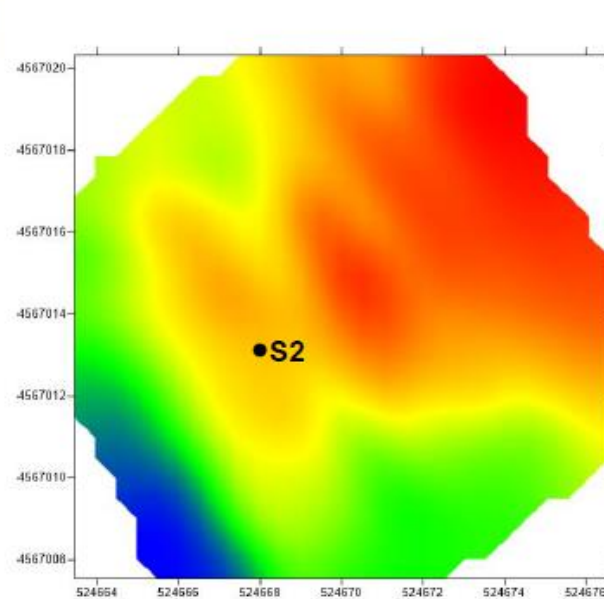

Indagine:
EM
Data esecuzione:
15/03/2018

Tavola: 1
S2

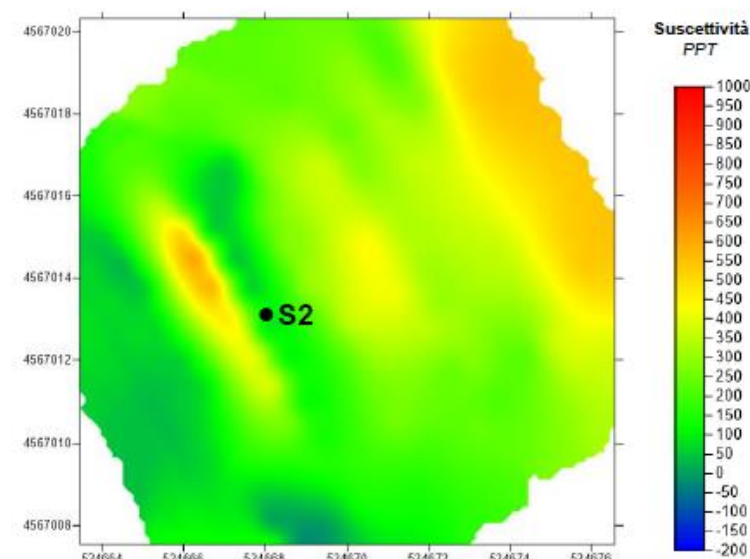
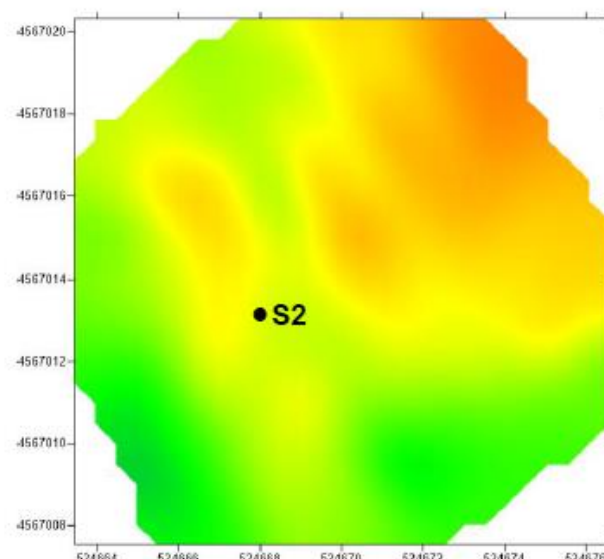
Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De lasi

○ Eventuale presenza materiale metallico

Frequenza: 10000 Hz
Profondità di indagine: ~ 3 m



Frequenza: 1000 Hz
Profondità di indagine: ~ 5 m





S18

Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

Committente


Indagine:
EM

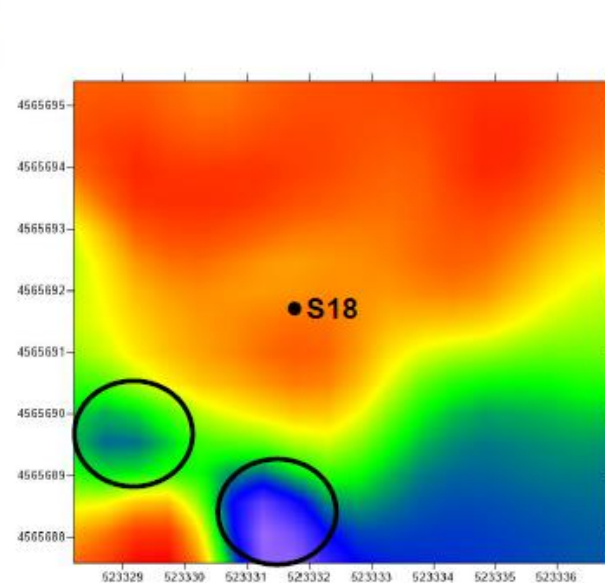
Data esecuzione:
15/03/2018

Tavola: 2
S18

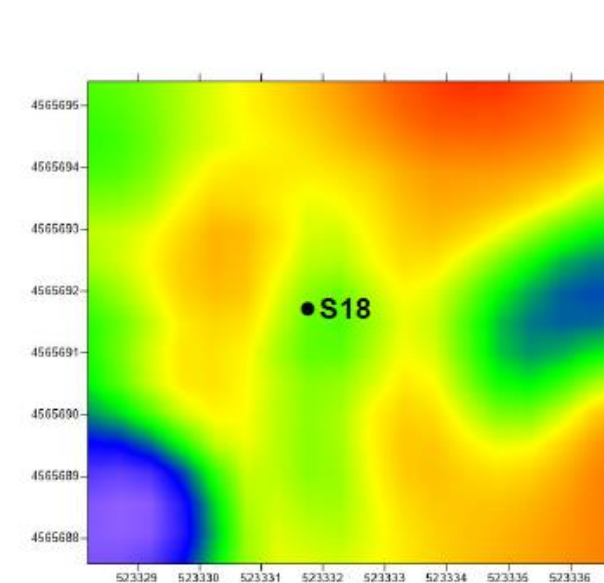
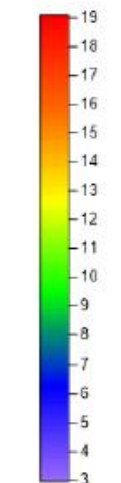
Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi

○ Eventuale presenza materiale metallico

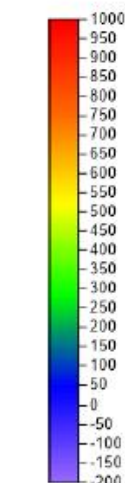
Frequenza: 10000 Hz
Profondità di indagine: ~ 3 m



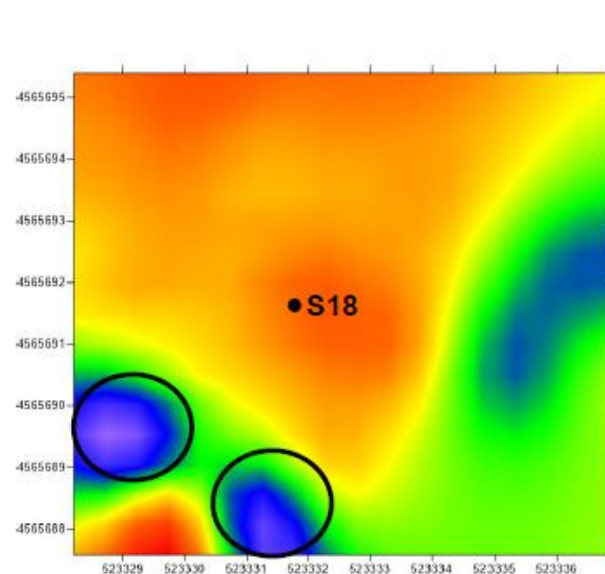
Conducibilità
mS/m



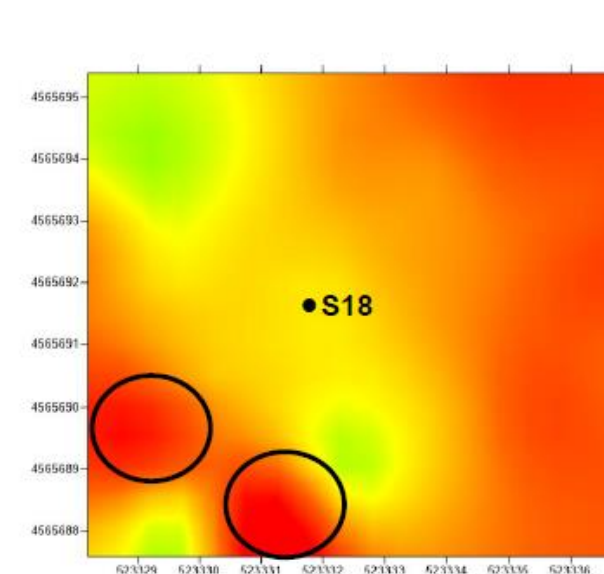
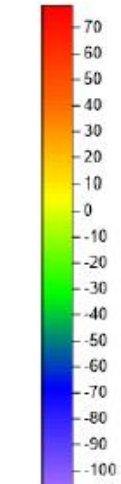
Susceptività
PPT



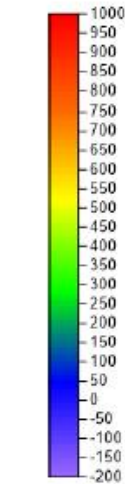
Frequenza: 1000 Hz
Profondità di indagine: ~ 5 m



Conducibilità
mS/m



Susceptività
PPT





S19

Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

Committente

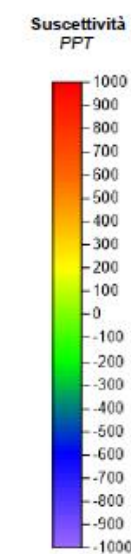
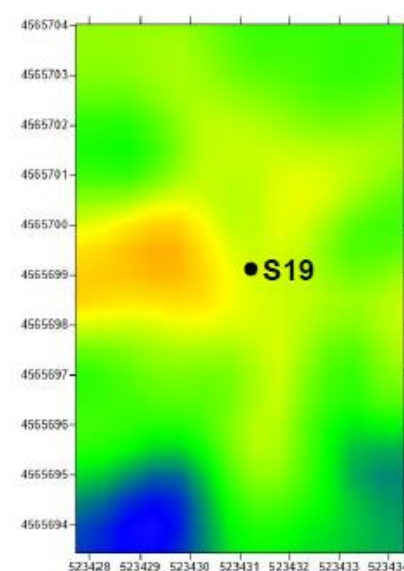
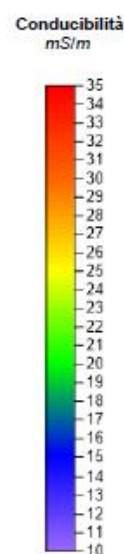
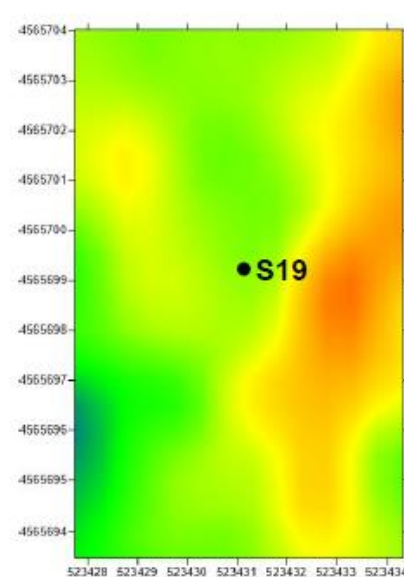

Indagine:
EM
Data esecuzione:
15/03/2018

Tavola: 3
S19

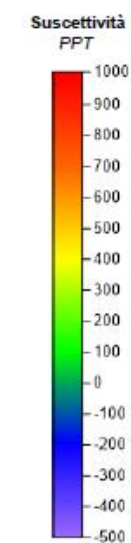
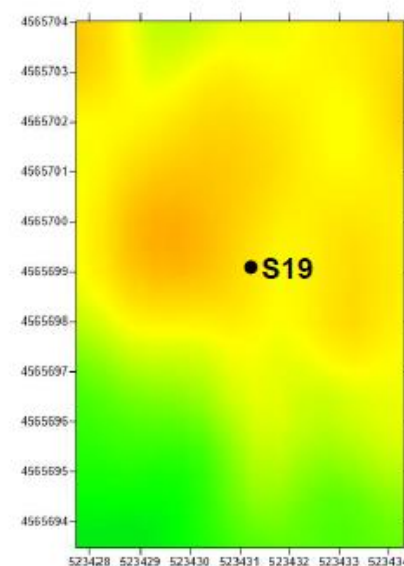
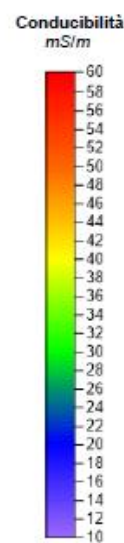
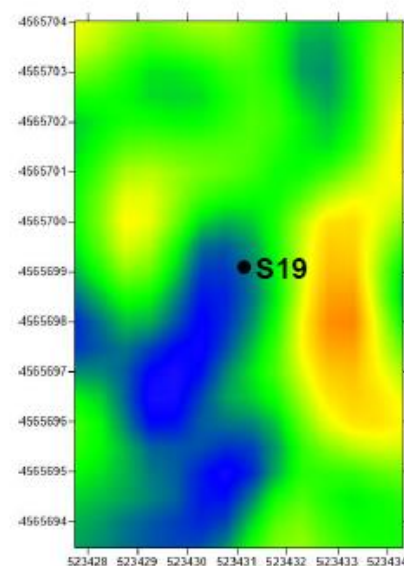
Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi

○ Eventuale presenza materiale metallico

Frequenza: 10000 Hz
Profondità di indagine: ~ 3 m



Frequenza: 1000 Hz
Profondità di indagine: ~ 5 m





S20

Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

Committente

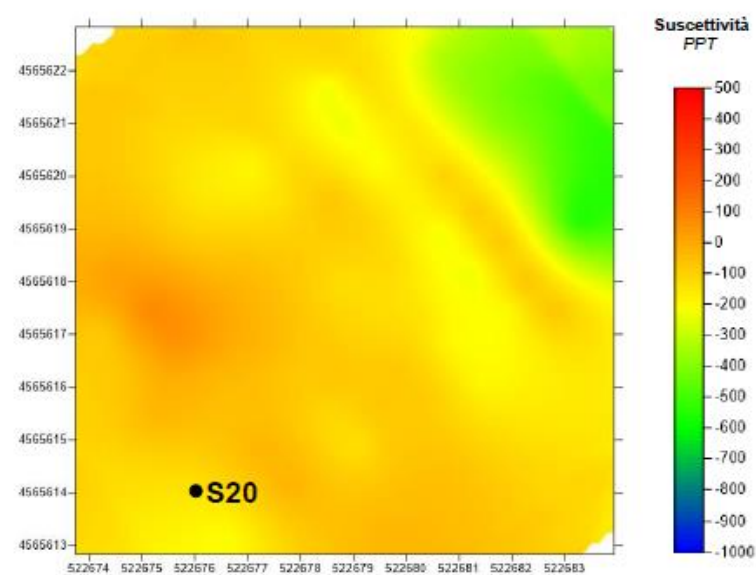
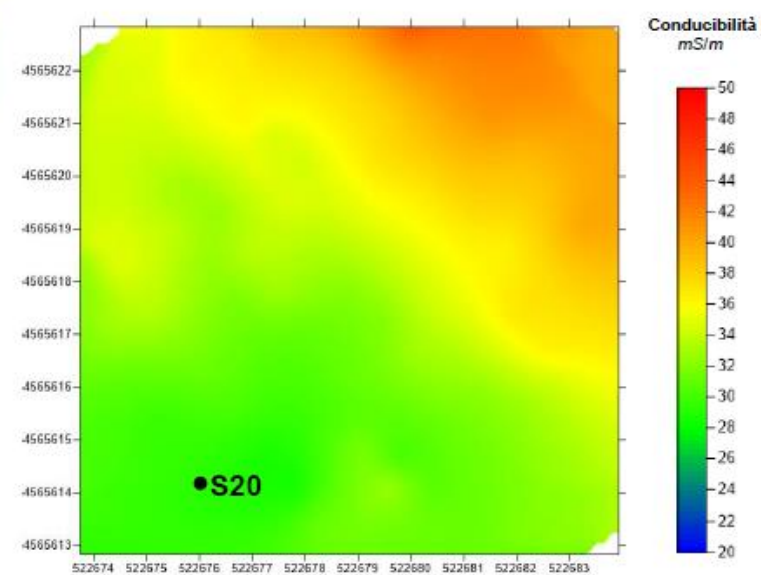

Indagine:
EM
Data esecuzione:
15/03/2018

Tavola: 4
S20

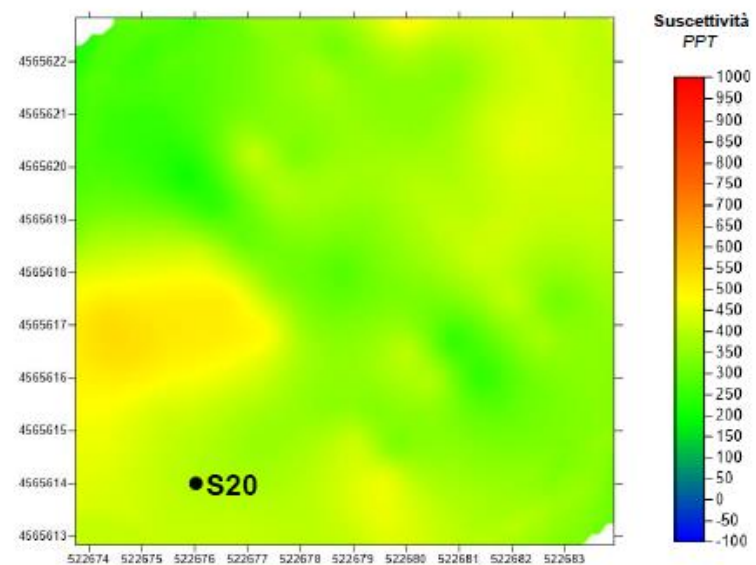
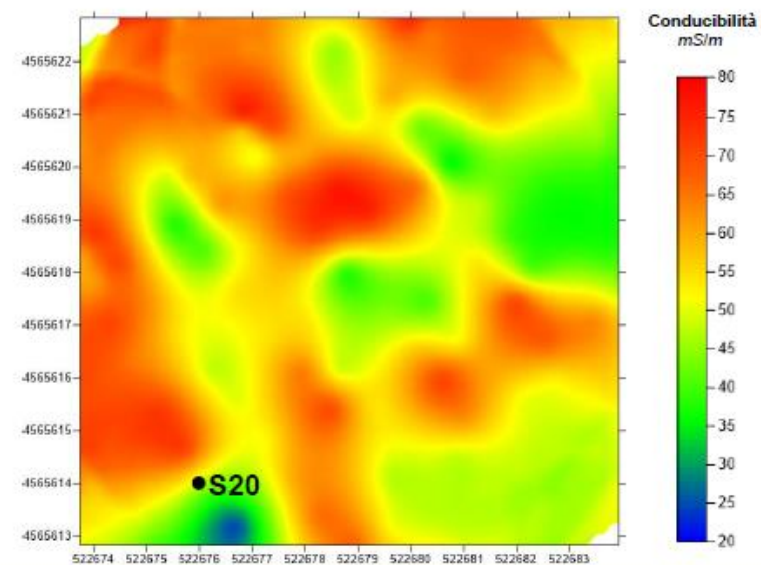
Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi

○ Eventuale presenza materiale metallico

Frequenza: 10000 Hz
Profondità di indagine: ~ 3 m



Frequenza: 1000 Hz
Profondità di indagine: ~ 5 m





S21

Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

Committente


Indagine:
EM

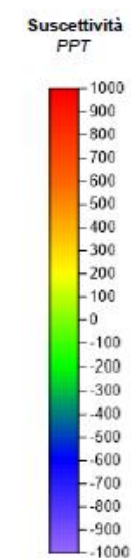
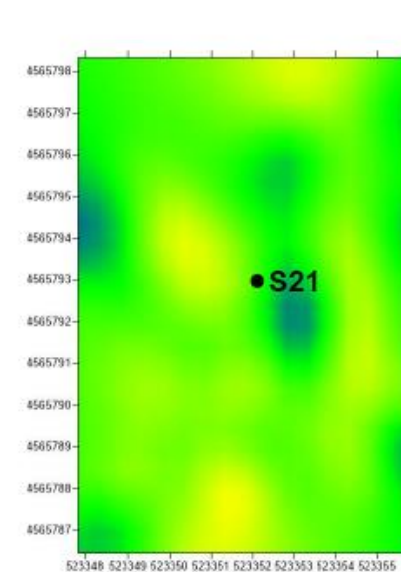
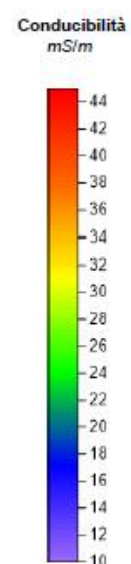
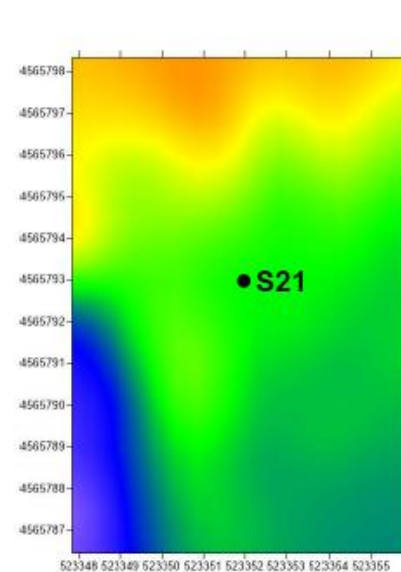
Data esecuzione:
15/03/2018

Tavola: 5
S21

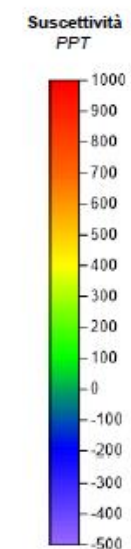
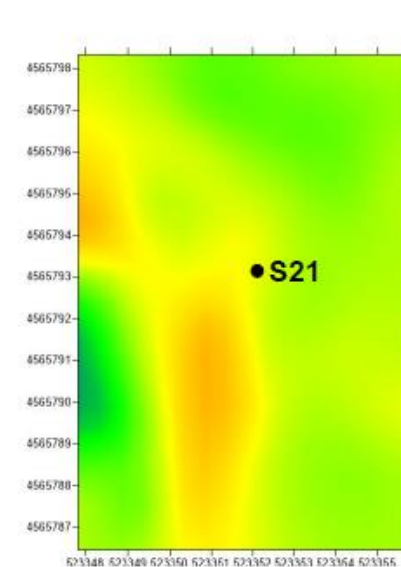
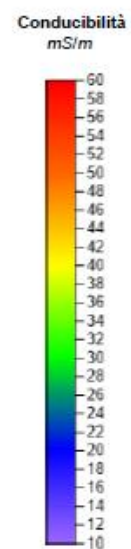
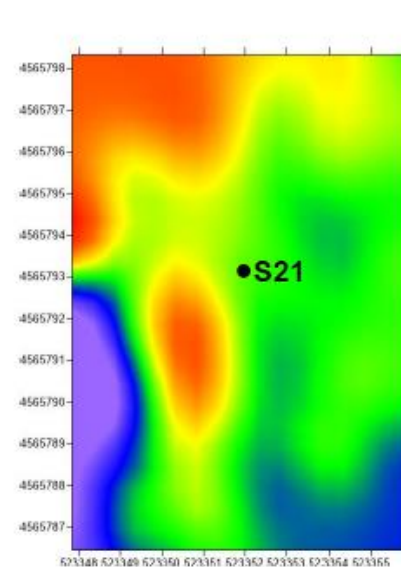
Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi

○ Eventuale presenza materiale metallico

Frequenza: 10000 Hz
Profondità di indagine: ~ 3 m



Frequenza: 1000 Hz
Profondità di indagine: ~ 5 m





S22

Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

Committente

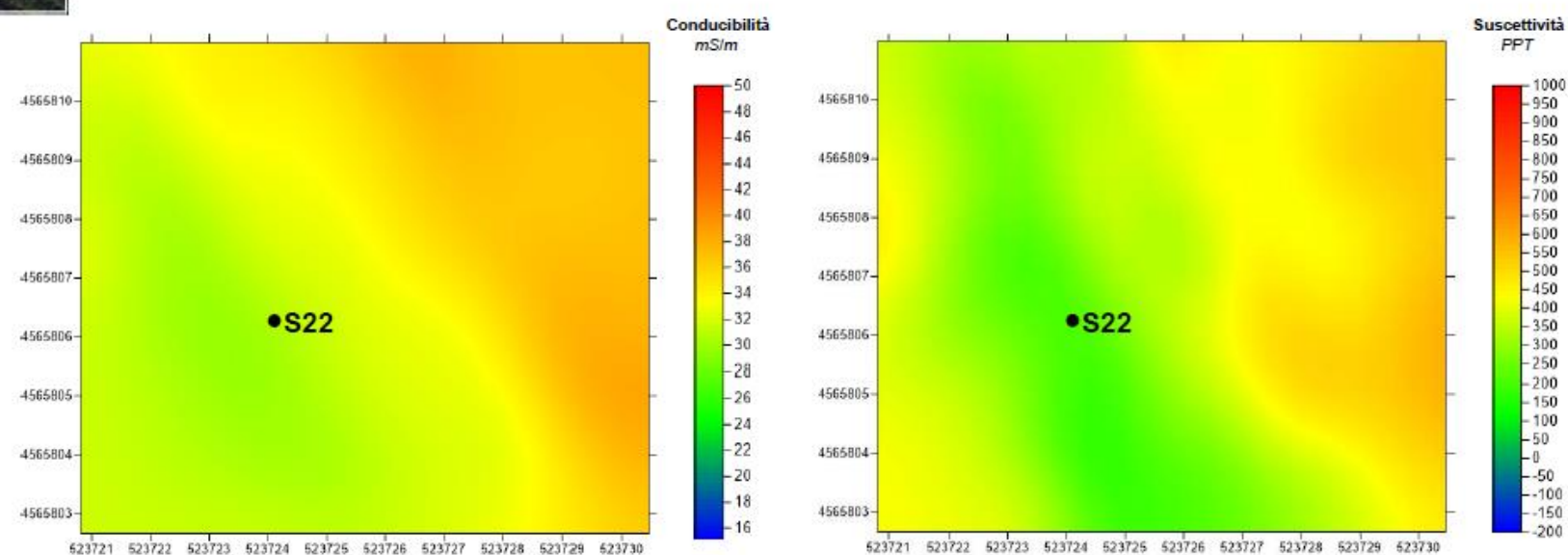

Indagine:
EM
Data esecuzione:
15/03/2018

Tavola: 6
S22

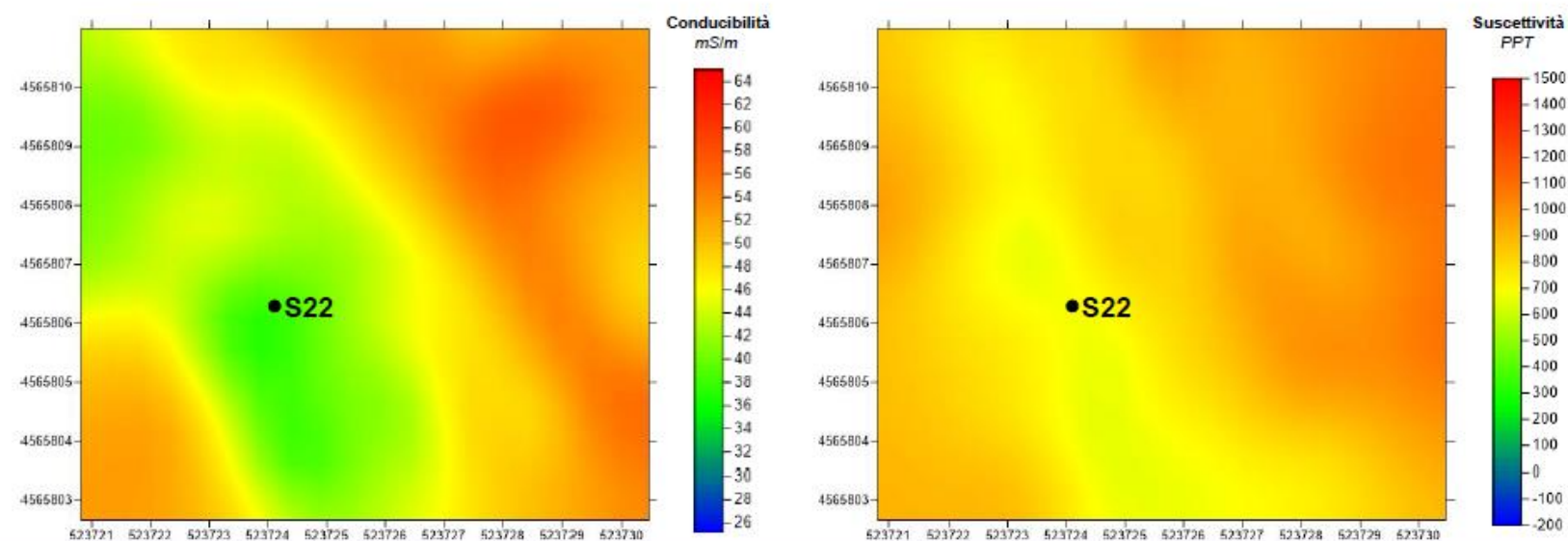
Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi

○ Eventuale presenza materiale metallico

Frequenza: 10000 Hz
Profondità di indagine: ~ 3 m



Frequenza: 1000 Hz
Profondità di indagine: ~ 5 m





S24

Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

Committente

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

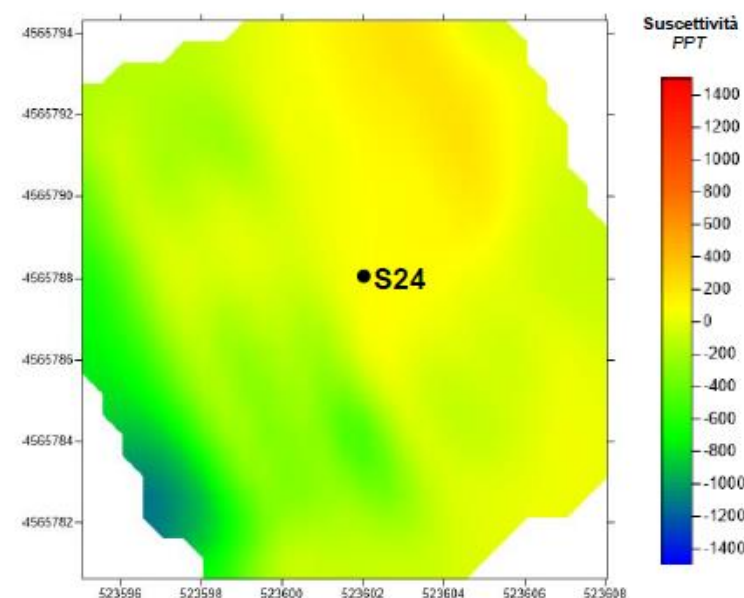
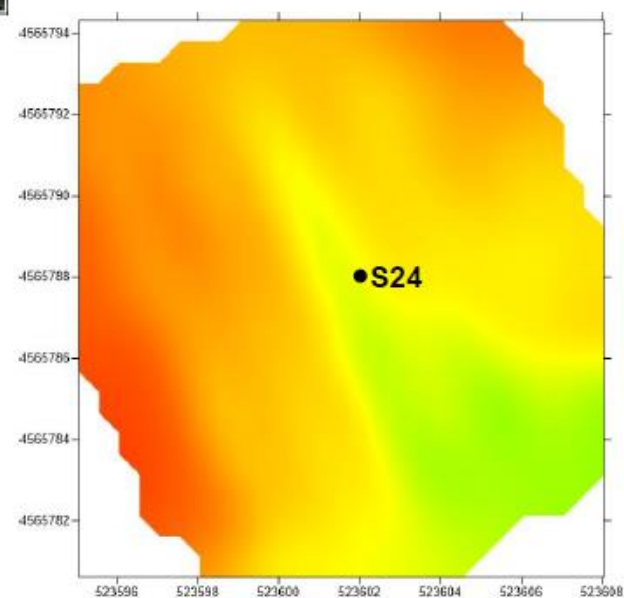
Indagine:
EM
Data esecuzione:
15/03/2018

Tavola: 7
S24

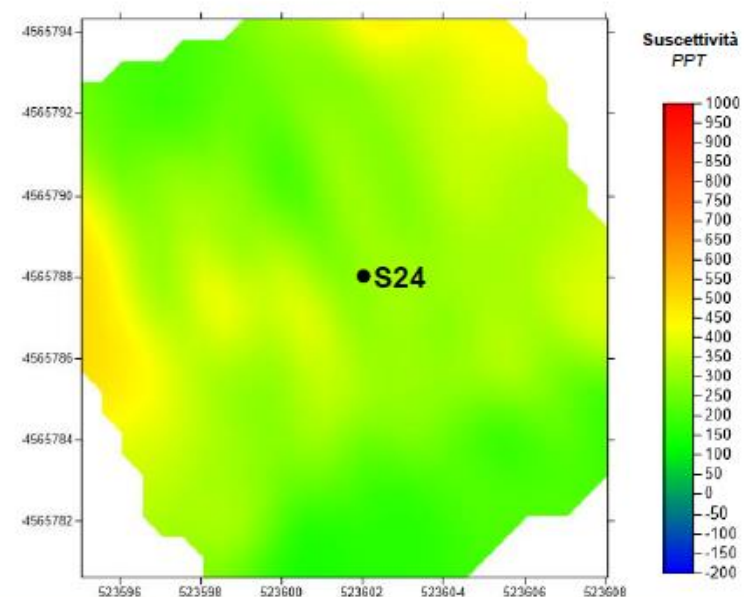
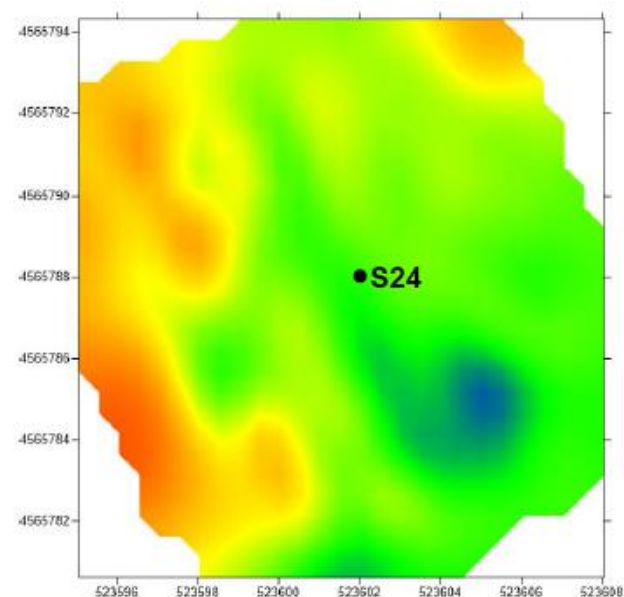
Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi

○ Eventuale presenza materiale metallico

Frequenza: 10000 Hz
Profondità di indagine: ~ 3 m



Frequenza: 1000 Hz
Profondità di indagine: ~ 5 m





S25

Lavoro:
Indagini geofisiche eseguite nel tratto allo scoperto lato Orsara e collegamento alla linea storica.

Committente

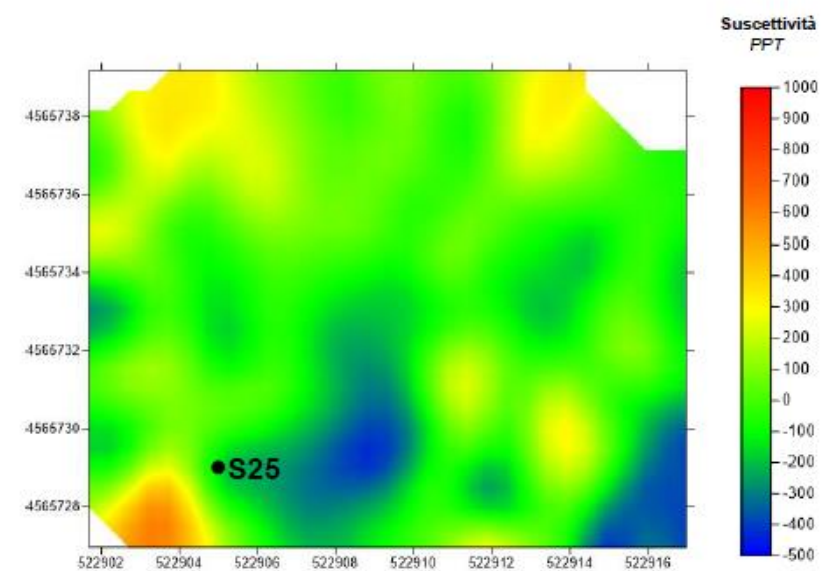
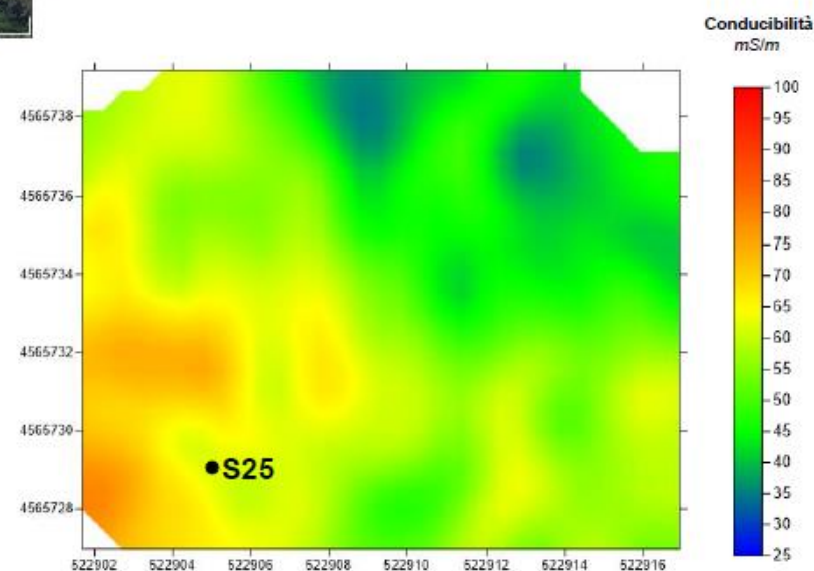

Indagine:
EM
Data esecuzione:
15/03/2018

Tavola: 8
S25

Elaborato:
Domenico Di Massa
Verificato:
Donato Fiore
Approvato:
Massimo De Iasi

○ Eventuale presenza materiale metallico

Frequenza: 10000 Hz
Profondità di indagine: ~ 3 m



Frequenza: 1000 Hz
Profondità di indagine: ~ 5 m

