



Green Power

Engineering &amp; Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.00.024.00

PAGE

1 di/of 31

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

# IMPIANTO EOLICO "SANLURI-SARDARA"

## PROGETTO DEFINITIVO

### Relazione Geologica, Geomorfologica e Sismica

File: GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.00.024.00 - Relazione Geologica, geomorfologica e sismica

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	12/12/2022	Prima emissione	A. Santambrogio	G. Alfano	G. Prospero

#### GRE VALIDATION

G. Alfano

COLLABORATORS

VERIFIED BY

VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

Sanluri-Sardara

#### GRE CODE

GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION										
GRE	EEC	R	2	5	I	T	W	1	7	2	7	9	0	0	0	2	4	0	0

CLASSIFICATION

PUBLIC

UTILIZATION SCOPE

BASIC DESIGN

This document is property of Enel Green Power Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power Spa.

INDEX

1. INTRODUZIONE .....	3
1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE .....	3
1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE .....	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	4
3. CARATTERI CLIMATICI .....	6
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	7
5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO .....	11
6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	13
7. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PAI .....	14
8. INQUADRAMENTO GEOTECNICO E ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE .....	16
8.1. campagna geofisica 2022 .....	16
8.2. dati bibliografici .....	17
8.3. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO .....	21
9. INQUADRAMENTO SISMICO .....	23
9.1. Quadro normativo e pericolosità sismica dell'area .....	23
9.2. Zone sismogenetiche .....	25
9.3. Storia sismica dell'area .....	26
9.4. Sismicità dell'area .....	26
9.4.1. Premessa .....	26
9.4.2. Effetti di amplificazione topografica .....	27
9.4.3. Categoria sismica dei terreni .....	28
9.4.4. Pericolosità sismica di base .....	29
9.5. Pericolosità sismica di sito .....	29
10. CONCLUSIONI .....	31

ALLEGATI

**Allegato 1: Report** "GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.49.001.00-WIND – Villanovaforru - Indagini geofisiche preliminari"

## 1. INTRODUZIONE

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Marte Srl di redigere il progetto definitivo per la costruzione di un nuovo impianto eolico denominato **"Sanluri-Sardara"** ubicato nei comuni di Sardara, Sanluri e Villanovaforru, che si trovano in provincia di Sud Sardegna.

**Il progetto proposto prevede l'installazione di 12 nuove turbine eoliche ciascuna di potenza nominale fino a 6 MW, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato, per una potenza installata totale fino a 72 MW.**

**L'energia prodotta dagli aerogeneratori, attraverso il sistema di cavidotti interrati in media tensione, verrà convogliata ad una stazione di trasformazione 33/36 kV di nuova realizzazione, all'interno del comune di Sanluri, e poi da qui convogliata alla futura Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN da inserire in entra - esce alla linea RTN a 380 kV "Ittiri - Selargius", situata nel comune di Sanluri.**

In aggiunta alla stessa sottostazione sarà connesso un sistema di accumulo elettrochimico BESS (Battery Energy Storage System) da 35 MW, con un tempo di scarica di 8h, per un totale di capacità di stoccaggio pari a 280 MWh.

Il progetto è in linea con gli obiettivi nazionali ed europei per la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, legate a processi di produzione di energia elettrica.

### 1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE

Marte Srl., in qualità di soggetto proponente del progetto, è una società del Gruppo Enel che si occupa dello sviluppo e della gestione delle attività di generazione di energia da fonti rinnovabili facente capo a Enel Green Power Spa.

Il Gruppo Enel, tramite la controllata Enel Green Power Spa, è presente in 28 Paesi nei 5 continenti con una capacità gestita di oltre 46 GW e più di 1200 impianti.

In Italia, il parco di generazione di Enel Green Power è rappresentato dalle seguenti tecnologie rinnovabili: idroelettrico, eolico, fotovoltaico, geotermia. Attualmente nel Paese conta una capacità gestita complessiva di oltre 14 GW.

### 1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE

**La presente relazione ha l'obiettivo di illustrare lo studio geologico e geotecnico preliminare realizzato e finalizzato a fornire una indicazione del contesto geologico di base, dei principali aspetti geomorfologici, delle condizioni di pericolosità idrogeologica ed una caratterizzazione di massima dei litotipi che verranno interessati dalle opere in progetto.**

**L'indagine in oggetto al presente elaborato si è basata su dati e studi di origine bibliografica e sulla documentazione relativa alla campagna di indagini descritte nel successivo 8.1.**

Lo studio, dunque, ha affrontato e approfondito i seguenti temi:

- Inquadramento del contesto geotecnico-strutturale.
- Assetto geomorfologico e idrogeologico insieme ad una valutazione preliminare sulle **condizioni di pericolosità dell'area**.
- Ricostruzione della stratigrafia locale mediante la consultazione della letteratura disponibile e dei risultati delle campagne di indagini geognostiche condotte in sito e in aree limitrofe.
- Caratterizzazione geotecnica dei terreni, tramite la rielaborazione di tutti i dati disponibili, ottenuti durante le campagne geognostiche in prossimità delle opere e tramite la consultazione di lavori, eseguiti nelle vicinanze sugli stessi materiali.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito si trova nella provincia di Sud Sardegna ed interessa il territorio dei comuni di Villanovaforru, Sardara e Sanluri.

L'area è identificata dalle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine: 39°35'49,84"N
- Longitudine: 8°52'32,16"E

L'impianto in progetto ricade all'interno dei seguenti fogli catastali:

- Comune di Sanluri: n° 1, n° 2, n° 3, n° 4, n° 5, n° 7, n° 8, n° 11, n° 12, n° 13, n° 14, n° 19
- Comune di Sardara: n° 31, n° 43, n° 44, n° 45, n° 46, n° 58, n° 59
- Comune di Villanovaforru: n° 14, n° 15, n° 16

L'area di progetto ricade all'interno dei fogli I.G.M. in scala 1:25.000 codificati 225-I-NE, denominato "Lunamatrona" e 225-I-SE denominato "Sanluri".

Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di progetto e la posizione degli aerogeneratori su ortofoto.



Figura 2-1: Inquadramento generale dell'area di progetto



**Figura 2-2: Configurazione proposta su ortofoto**

Si riporta invece in formato tabellare un dettaglio sulla localizzazione delle WTG di nuova costruzione, in coordinate WGS84 UTM fuso 33 N:

**Tabella 2-1: Coordinate aerogeneratori**

ID	Comune	Est [m]	Nord [m]	Altitudine [m s.l.m.]
<b>V01</b>	Sardara	486748	4383451	160
<b>V02</b>	Sardara	487322	4382411	160
<b>V03</b>	Sardara	487838	4382546	186
<b>V04</b>	Sardara	487680	4383073	193
<b>V05</b>	Sardara	488349	4384173	265
<b>V06</b>	Villanovaforru	489520	4384555	287
<b>V07</b>	Sanluri	488979	4380917	157
<b>V08</b>	Sanluri	489393	4381267	187
<b>V09</b>	Sanluri	489627	4382180	229
<b>V10</b>	Sanluri	489319	4383057	236
<b>V11</b>	Sanluri	489926	4383162	283
<b>V12</b>	Sanluri	490660	4383432	297

### 3. CARATTERI CLIMATICI

L'area in esame è ubicata nella zona di entroterra centro-meridionale della Sardegna, a circa 30 Km di distanza in direzione Sud-Est dal Golfo di Oristano; è un areale che può risentire dunque di differenti tipologie di clima.

In questo territorio si riscontra un clima caldo e temperato, con il periodo con maggiori precipitazioni in inverno rispetto che in estate; la media annuale di pioggia è 644 mm, mentre la temperatura media è pari a 16.5 °C. La classificazione climatica stabilita da Koppen-Geiger è CSA, ovvero un clima "temperato" caratterizzato da estati secche; la piovosità di almeno un mese invernale deve essere il triplo delle precipitazioni di un mese estivo.

Di seguito si riporta nella seguente Figura 3-1, i principali caratteri climatici dell'area di studio:

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	9,1	9,1	11,4	14,1	17,8	22,3	24,9	25,1	21,7	18,4	13,7	10,4
Temperatura minima (°C)	5,7	5,5	7,4	9,8	13	16,9	19,5	19,7	17,3	14,5	10,6	7,2
Temperatura massima (°C)	12,5	12,7	15,4	18,3	22,3	27,1	30	30,3	26,1	22,7	17,2	13,7
Precipitazioni (mm)	72	67	60	65	43	17	4	9	37	72	110	88
Umidità(%)	81%	78%	76%	75%	70%	62%	59%	60%	67%	74%	79%	80%
Giorni di pioggia (g.)	7	7	6	7	5	2	1	1	4	7	9	9
Ore di sole (ore)	5,6	6,5	8,1	9,6	10,9	12,2	12,5	11,7	9,9	8,3	6,6	5,8

Figura 3-1: Grafico temperatura - precipitazioni min/max nell'area di studio

Il mese in cui si osserva una minore piovosità è luglio, con una media di 4 mm, mentre novembre è il mese che fa registrare una piovosità maggiore, con una media di 110 mm; per quanto riguarda le temperature, agosto è il mese più caldo con una media di 25,1°C, mentre gennaio e febbraio sono i mesi più freddi con una temperatura media di 9,1°C.

Nella seguente Figura 3-2 si possono osservare i grafici dell'andamento delle precipitazioni e temperature su base annuale:

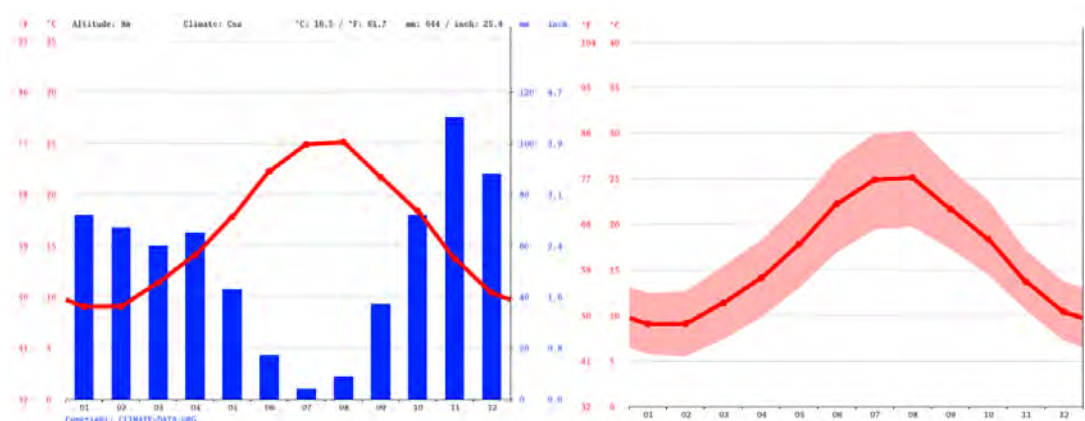


Figura 3-2: grafici dell'andamento delle temperature e delle precipitazioni nel corso dei dodici mesi

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'areale in studio risulta ubicato all'interno del foglio geologico "Villacidro" n. 547, alla scala 1:50 000 della carta geologica d'Italia (ed. ISPRA), di cui si riporta uno stralcio a seguire. Tale cartografia non copre totalmente l'area di progetto, poiché quest'ultima si trova a cavallo dell'adiacente foglio 539 non ancora edito. Dunque, per una rappresentazione generale si riporta anche la cartografia a minore scala (1:100 000), ottenuta da ambiente GIS (Figura 4-1 e Figura 4-2).

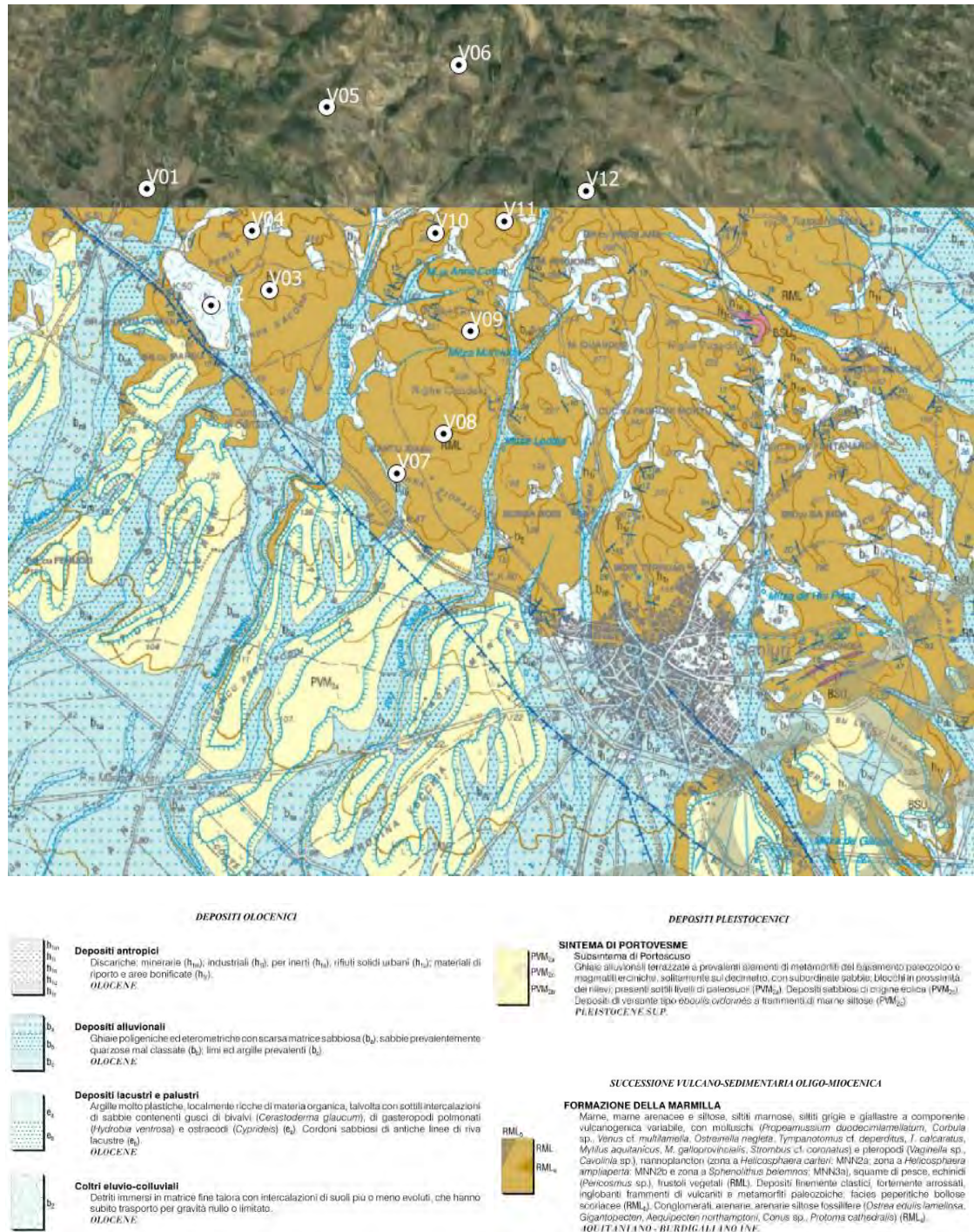
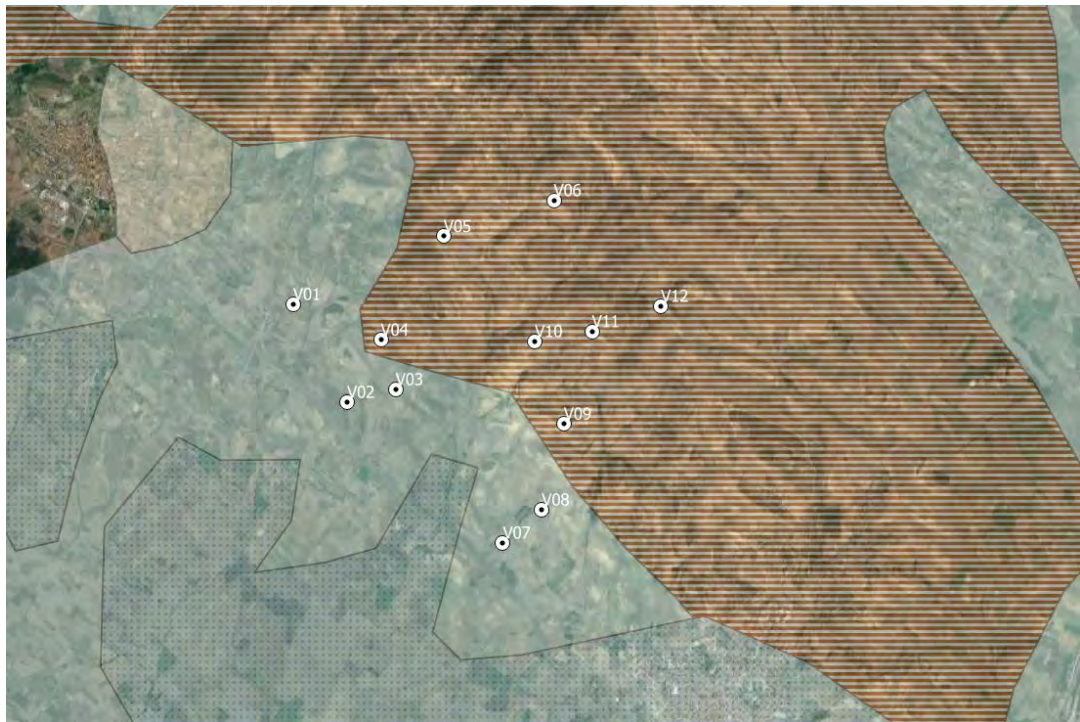





Figura 4-1: Stralcio carta geologica d'Italia alla scala 1:50 000, foglio n.547 "Villacidro", con legenda (ed. ISPRA)



 R24 - Marne talora con selce, di facies pelagica (Miocene medio-inferiore)

 R1 - Detriti, depositi alluvionali e fluviolacustri, spiagge attuali (Olocene)

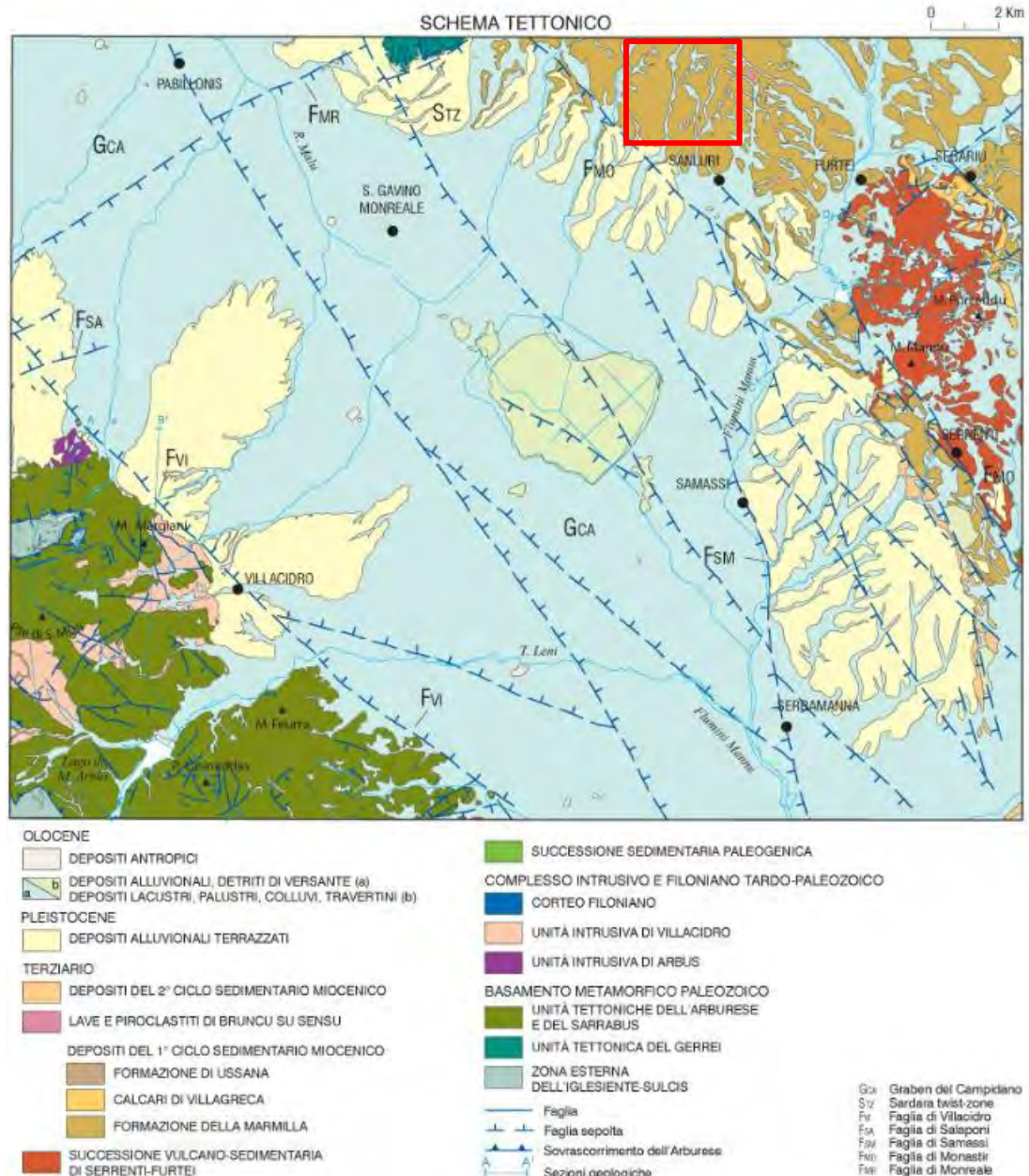
 R4 - Detriti, alluvioni terrazzate, fluviolacustri e fluvioglaciali (Pleistocene)

**Figura 4-2: Stralcio carta geo-litologica dell'area di interesse, con legenda (estrazione da GIS)**

Il sito in esame risulta ubicato ai margini settentrionali di una fossa tettonica, successivamente colmata da un potente spessore di sedimenti formatasi a seguito della fase distensiva plio-quadernaria, responsabile della formazione del Graben Campidanese; si osservano infatti in carta (figura 4-1 e figura 4-3), uno dei lineamenti tettonici di tipo "normale" associati al graben, orientati in direzione circa Nord/Ovest - Sud/Est.

Di seguito si riporta lo schema tettonico dell'area in studio (Figura 4-3):





**Figura 4-3: schema tettonico annesso alla carta geologica n. 547 (ISPRA) con legenda: in rosso l'ubicazione dell'area in studio.**

A partire dal Miocene superiore e fino al Pliocene-Pleistocene, tutta l'isola è interessata da un'importante fase distensiva da riferire all'apertura del Tirreno centro-meridionale, la quale favorisce una breve e localizzata (Penisola del Sinis, Campidano di Cagliari e di Oristano, Orosei) ingressione marina nel Pliocene Inferiore. A questa tettonica distensiva sono da imputare le estese manifestazione vulcaniche plio-pleistoceniche dell'Isola, prevalentemente basiche e ad affinità alcalina, transizionale e tholeiitica, di età isotopica compresa tra 5,3 e 0,14 Ma, nonché l'impostazione del graben subsidente del Campidano, colmato da potenti depositi detritici continentali plio-pleistocenici (formazione di Samassi).

La quasi totalità degli aerogeneratori risultano ubicati all'interno di una zona in cui affiora la Formazione della Marmilla (RML), nota da tempo come "Complesso marnoso-arenaceo Miocene del Campidano", in cui prevalgono sedimenti fini costituiti da marne arenaceo-argillose e siltiti, siltiti marnose grigio giallastre, arenarie da medie a fini, distribuiti in alternanze tra il decimetro e il metro. Lo spessore complessivo è di circa qualche centinaio di metri. I rilievi collinari a nord dell'abitato di Sanluri, nell'area di progetto, presentano una successione della formazione RML disturbata da piccole faglie con rigetti di ordine metrico e immersioni variabili a causa di fenomeni plicativi che hanno modificato la precedente

struttura monoclinale. Qui, i depositi marnosi risultano infine fittamente incisi e terrazzati dal reticolo idrografico impostatosi in epoca recente, nei cui alvei sono contenuti i depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi quaternari.

**A seguito di consultazione dei dati di indagini dirette disponibili sul database "Archivio indagini nel sottosuolo" dell'ISPRA, è stato possibile ottenere delle stratigrafie di pozzi perforati al fine della captazione della falda idrica nelle vicinanze dell'area in studio.**

Le stratigrafie di pozzo sostanzialmente confermano le indicazioni ottenute dallo studio delle carte geologiche, in quanto identificano delle potenti successioni marnose, con alternanze costituite da livelli arenacei fino a profondità anche maggiori di 80-100 m da p.c.; localmente qualche pozzo risulta totalmente perforato in filoni di roccia basaltica.

## 5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

Nel Campidano l'acquifero è essenzialmente costituito da una successione sabbioso-conglomeratica intercalata da strati limoso-argillosi, con potenze fino ai 60 m, all'interno della quale si individuano spesso differenti livelli piezometrici. A scala regionale la falda può essere considerata del tipo multistrato, essendo stati accertati i collegamenti verticali e orizzontali tra i vari livelli. La Figura 5-2 mostra i caratteri idrogeologici a piccola scala del territorio; si osserva come all'interno della piana del Campidano esista uno spartiacque nella zona centrale, che divide i drenaggi della falda acquifera in direzione Nord-Ovest lungo l'asse del Rio Malu e verso Sud-Est lungo l'asse del Rio Fiumini Mannu.

Nell'areale in esame, la falda acquifera che per mezzo di dati di pozzo risulta presentare un livello statico entro i 10 m da p.c., presenta un asse di drenaggio verso il Campidano orientato con direzione circa Sud/Sud-Ovest. Come già accennato, la soggiacenza della falda risulta essere prossima al piano campagna, con profondità che si attestano intorno i 6 m.

Da un punto di vista idrografico e della permeabilità dei suoli il territorio presenta differenti caratteristiche a seconda dei litotipi affioranti. Infatti, laddove sono presenti le successioni marnose (areale in studio, nord di Sanluri - Figura 5-2) la permeabilità dei suoli risulta molto bassa, in virtù delle caratteristiche di bassa porosità che contraddistinguono questo litotipo. Tale evidenza risulta inoltre confermata dal diffuso reticolo idrico superficiale, prova della prevalente tendenza al ruscellamento da parte delle acque meteoriche, rispetto all'infiltrazione. Le conoidi che bordano il margine del graben del Campidano a nord di Sanluri, insieme alle successioni di depositi quaternari che lo hanno colmato, presentano invece una buona permeabilità per porosità dimostrando dunque una bassa cementazione dei litotipi. Stessa condizione caratterizza i depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi impostati negli alvei del reticolo fluviale superficiale, che terrazzano incidendo le formazioni marnose arenacee presenti a nord dell'abitato di Sanluri.

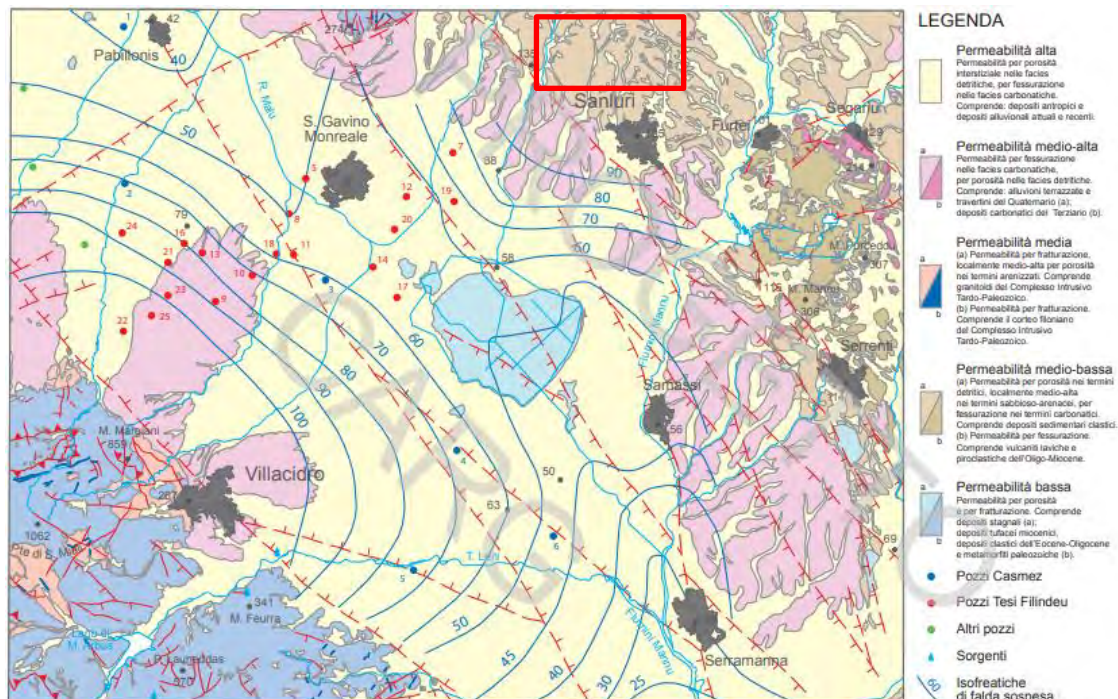
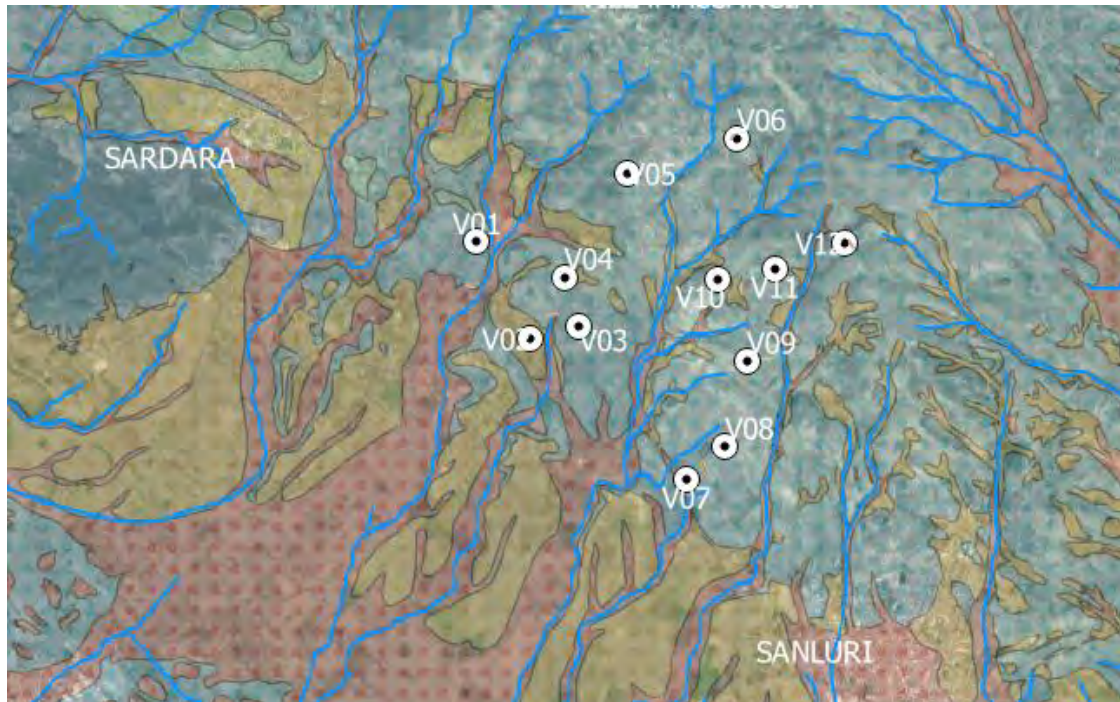


Figura 5-1: stralcio carta idrogeologica foglio 547 "Villacidro" Progetto CARG - ed. ISPRA; In rosso, l'area in studio



- BF: Permeabilità bassa per fratturazione
- BP: Permeabilità bassa per porosità
- MBF: Permeabilità medio bassa per fratturazione
- MBP: Permeabilità medio bassa per porosità
- MF: Permeabilità media per fratturazione
- MCF: Permeabilità media per carsismo e fratturazione
- MP: Permeabilità media per porosità
- MAF: Permeabilità medio alta per fratturazione
- MACF: Permeabilità medio alta per carsismo e fratturazione
- MAP: Permeabilità medio alta per porosità
- ACF: Permeabilità alta per carsismo e fratturazione
- AP: Permeabilità alta per porosità
- Lg: Laghi e canali

**Figura 5-2: stralcio carta delle permeabilità dei suoli relativa all'area in esame, con legenda e sovrapposizione dell'idrografia (fonte Geoportale Regione Sardegna)**

## 6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La morfologia dell'area in esame è fortemente influenzata dal contesto geo-litologico e strutturale della regione del Campidano, che ha interagito con gli effetti dei cambiamenti climatici quaternari.

Il Campidano è interpretato come un graben la cui formazione viene riferita al Pliocene Medio-Superiore con presenza nel suo sottosuolo di oltre 500 m di sedimenti continentali. Dato che estese conoidi del Pleistocene superiore e dell'Olocene mascherano i bordi del Campidano, non è possibile discriminare quanto dell'attuale forma dei rilievi sia da attribuire a processi di erosione selettiva eventualmente sovrapposti ad attività tettonica.

Questo areale, comprendente sia i rilievi collinari vulcanici sia quelli sedimentari oligo-miocenici, presenta versanti di tipo prevalentemente erosivo; risultano infatti modellati a spese dei sedimenti marnosi-arenacei terziari, con morfologie collinari dolci e poco acclivi. Invece, l'area interessata dalle rocce vulcaniche oligo-mioceniche è invece caratterizzata da dossi più elevati e versanti più acclivi. La morfologia dei versanti è quindi condizionata dall'erosione selettiva e dai processi di riesumazione.

Caratteri importanti del territorio, però, sono anche dati dai depositi alluvionali, che appartengono a due grandi cicli morfogenetici, uno più antico Pleistocenico e uno più recente Olocenico. Dai versanti che delimitavano il Campidano, infatti, durante il Pleistocene superiore si sono originate estese conoidi alluvionali coalescenti. La loro morfologia era caratterizzata da una più elevata acclività nei pressi del versante e da una progressiva diminuzione della stessa nella parte distale fino a generare conoidi con profilo concavo. Sulla loro superficie le irregolarità topografiche dovute alla presenza di canali distributori sono state in genere livellate dai processi erosivi. Tutte queste conoidi sono state interessate da importanti processi di incisione che hanno condotto al loro terrazzamento. Le morfologie dei depositi di pianura legati alle dinamiche oloceniche sono state sovente cancellate dagli interventi antropici.

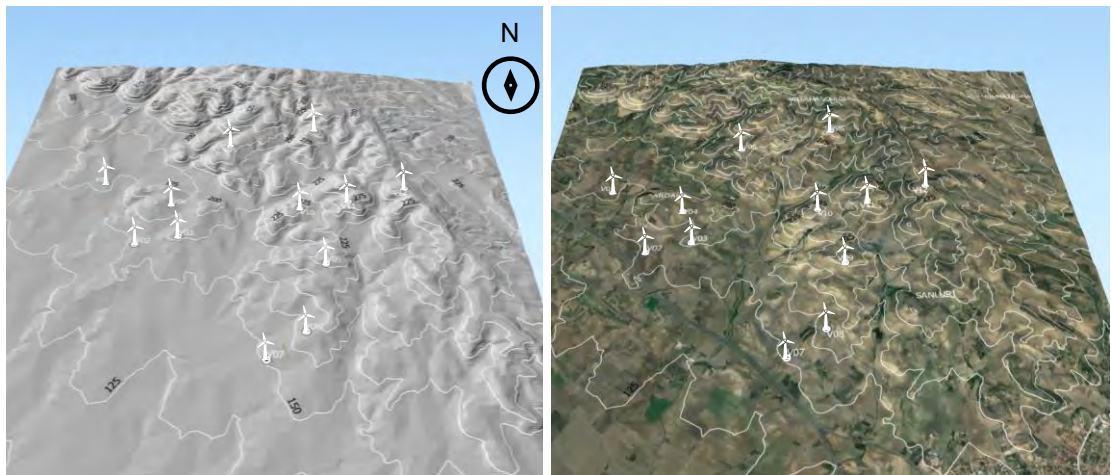


Figura 6-1: Estrazione da GIS del Digital Elevation Model (DEM), con osservazione della morfologia delle aree di progetto

## 7. **PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PAI**

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, e approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006, rappresenta un importantissimo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo ai fini della pianificazione e programmazione delle azioni e **delle norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo**, alla prevenzione del rischio idrogeologico individuato sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio regionale.

Le perimetrazioni individuate nell'ambito del P.A.I. delimitano le aree caratterizzate da elementi di pericolosità idrogeologica, dovute a instabilità di tipo geomorfologico o a problematiche di tipo idraulico, sulle quali si applicano le norme di salvaguardia contenute nelle Norme di Attuazione del Piano. Queste ultime si applicano anche alle aree a pericolosità idrogeologica le cui perimetrazioni derivano da studi di compatibilità geologica-geotecnica e idraulica, **predisposti ai sensi dell'art.8 comma 2 delle suddette Norme di Attuazione, e rappresentate su strati informativi specifici.**

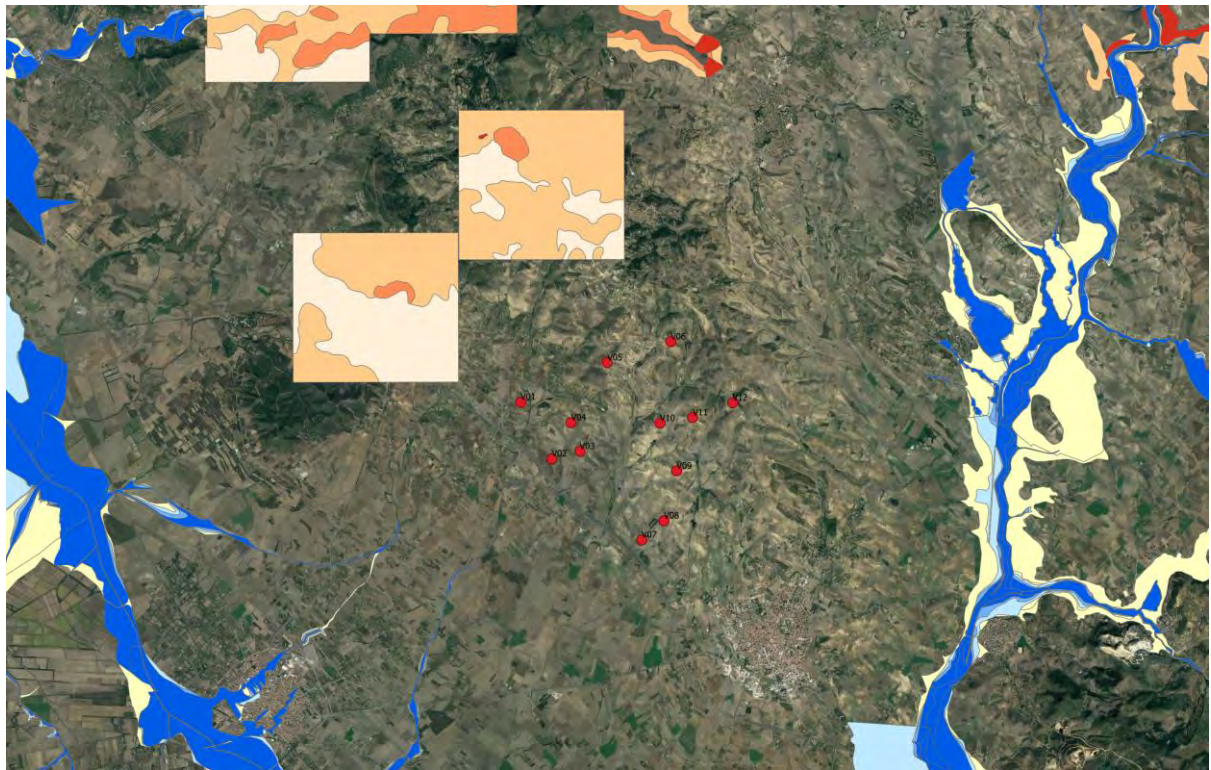
Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le **azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.**

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di **azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.**

Riguardo a quanto osservabile in Figura 7-1 riportante le aree di pericolo da frana e da alluvione, sembrerebbe che la cartografia disponibile non copra in maniera adeguata ed **uniforme l'areale in studio. Deriva dunque il problema di identificare i caratteri di pericolosità eventualmente insistenti sul sito, in maniera tale da verificare anche le eventuali disposizioni riportate nelle Norme Tecniche di Attuazione del piano (NTA), all'attuale non possibile.**

Nel contesto in esame, a seguito della particolare morfologia del reticolo idrografico e dei litotipi affioranti, si potrebbe ipotizzare a fenomeni di dissesto per lo più riconducibili a colate **di fango (debris flow) incanalate all'interno degli impluvi esistenti durante i periodi di forti e/o straordinarie precipitazioni (con elevati tempi di ritorno).**

Tuttavia, da una preliminare studio della morfologia del territorio per mezzo di ortofoto ed elaborazioni digitali del terreno, è stato osservato che tutti gli aerogeneratori risultano esterni e distanti da eventuali interferenze con il reticolo idrografico e i versanti dei displuvi non sembrano presentare fenomeni di dissesto e/o erosione accelerata. Dunque, si ipotizza che le opere in progetto non abbiano la capacità di aumentare il pericolo idrogeologico eventualmente insistente sulle aree, in quanto saranno progettati anche i necessari interventi di gestione e drenaggio delle acque meteoriche, sia per quanto riguarda le piazzole di ubicazione degli aerogeneratori, sia per i tracciati di viabilità.



**Pericolo Geomorfologico Rev. 42 (Pericolo Frana PAI)**

- Hg0
- Hg1
- Hg2
- Hg3
- Hg4

**Pericolo Idraulico Rev. 59**

- Hi\* - (Aree da modellazione 2D con  $V_p \leq 0,75$ )
- Hi0 - P0 (Tratto studiato nel quale la piena risulta contenuta all'interno delle sponde per tutti i Tr)
- Hi1 - P1 (Aree a pericolosità idraulica Moderata o Fascia geomorfologica)
- Hi2 - P2 (Aree a pericolosità idraulica Media)
- Hi3 - P2 (Aree a pericolosità idraulica Elevata)
- Hi4 - P3 (Aree a pericolosità idraulica Molto elevata)

**Figura 7-1: stralcio cartografia PAI, estrazione da Geoportale Regione Sardegna, indicante le aree sottoposte a pericolo**

## 8. INQUADRAMENTO GEOTECNICO E ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE

Di seguito vengono riportate le considerazioni di tipo geotecnico per i terreni caratterizzanti il sito in esame. Le informazioni riportate si basano sui dati relativi alle campagne geofisiche condotte in sito nel mese di Marzo 2022 e su dati di origine bibliografica disponibili nei database riguardanti indagini di sottosuolo.

### 8.1. CAMPAGNA GEOFISICA 2022

Come descritto nel report "Indagini geofisiche preliminari - impianto eolico Villanovaforru" realizzato dalla RTI Costag Singea, nel mese di marzo 2022 è stata condotta una campagna di indagini geofisiche al fine di indagare i caratteri e i rapporti stratigrafici del sottosuolo nell'area di studio.

La campagna geognostica ha previsto l'esecuzione di:

- N. 8 tomografie elettriche ERT
- N. 8 stendimenti sismici MASW
- N.8 stendimenti sismici a rifrazione SRT

I dettagli relativi alle modalità di prova e alla strumentazione utilizzata sono descritti nel relativo Report in Allegato 1.

Nella seguente Figura 8-1 si riporta l'ubicazione delle prove in relazione alle postazioni delle WTG in progetto.



**Figura 8-1: ubicazione degli stendimenti geofisici; le varie prove sono state eseguite l'una a fianco dell'altra; dunque, la visualizzazione risulta sovrapposta**



L'elaborazione delle suddette indagini ha permesso la definizione della sismo-stratigrafia del sottosuolo oltre a fornire i principali parametri di deformabilità dei litotipi individuati, di seguito riportati:

- Coefficiente di Poisson,  $\nu$
- Modulo di Young dinamico,  $E_d$
- modulo di Young statico,  $E_s$
- Modulo di taglio (rigidità),  $G_0$
- Modulo di comprimibilità (o di Bulk),  $K$
- Modulo edometrico,  $M_0$

Per quanto riguarda la sismo-stratigrafia, sono stati individuati n.3 strati di seguito descritti:

- Primo strato, impostato indicativamente entro i 10 m da p.c.: materiali di copertura della sottostante formazione marnosa - arenacea, probabilmente costituiti da clasti marnosi alterati e/o fratturati immersi in una matrice fine limosa; tali depositi sono caratterizzati da una velocità delle Onde  $V_p$  nel range 550 - 700 m/s, mentre per le onde  $V_s$  valori tra 300 - 500 m/s.
- Secondo strato, spessore di circa 8 - 15 m al di sotto del precedente; formazione marnosa arenacea (formazione della Marmilla), indicativamente di debole competenza e cementazione poiché caratterizzata da sedimenti recenti fini costituiti da marne arenaceo-argillose e siltiti. Tali depositi sono caratterizzati da una velocità delle Onde  $V_p$  nel range 1250 - 1700 m/s, mentre per le onde  $V_s$  valori tra 650 - 900 m/s.
- Terzo strato, probabilmente rappresentante una facies a più elevata competenza (alternanza arenacea) **all'interno della formazione marnosa-arenacea**, caratterizzata da una velocità delle Onde  $V_p$  nel range 2100 - 2600 m/s, mentre per le onde  $V_s$  valori tra 1100 - 1400 m/s.

Durante la presente campagna di indagine non sono state eseguite prospezioni di tipo diretto, atte a verificare la stratigrafia del sito per la calibrazione della geofisica o per la raccolta di campioni da sottoporre a test di laboratorio; per tale motivo, per la stesura della stratigrafia geotecnica di progetto si farà riferimento al termine "sismo-stratigrafia".

## 8.2. DATI BIBLIOGRAFICI

A seguito della consultazione del geoportale ISPRA "Archivio indagini nel sottosuolo", è stato possibile verificare la stratigrafia di pozzi a scopo idrico, perforati nelle circostanze dell'area di impianto. Per mezzo di questi dati è stato possibile individuare la soggiacenza della falda di progetto e fare valutazioni sommarie in merito ai rapporti dei litotipi individuati per mezzo dell'indagine geofisica.

Di seguito si riporta la stratigrafia dei pozzi consultati, mentre nella Figura 8-2 l'ubicazione delle perforazioni:

- Pozzo 189302

Tabella 8-1: dai relativi alla perforazione di pozzi idrici

<u>MISURE PIEZOMETRICHE</u>				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (L/S)
Agosto '91	10,00	20,00	10,00	1
<u>STRATIGRAFIA</u>				
Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	7,00	7,00	ARGILLA
2	7,00	94,00	87,00	MARNE ARGILLOSE
3	94,00	95,00	1,00	ARENARIE
4	95,00	115,00	20,00	MARNE ARGILLOSE

- Pozzo 191793

<u>MISURE PIEZOMETRICHE</u>				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata
Marzo '96	2,00	ND	ND	ND
<u>STRATIGRAFIA</u>				
Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	42,00	42,00	ROCCIA BASALTICA

- Pozzo 189260

<u>MISURE PIEZOMETRICHE</u>				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata
Gennaio '02	7,00	ND	ND	ND
<u>STRATIGRAFIA</u>				
Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	0,50	0,50	SUOLO PIETROSO
2	0,50	13,50	13,00	CALCARENITE BIANCASTRA ACQUIFERA
3	13,50	27,00	13,50	MARNE GRIGIE STRATIFICATE
4	27,00	34,00	7,00	COME SOPRA MA FRANOSE
5	34,00	42,00	8,00	PICCOLA VENA D'ACQUA
6	42,00	45,00	3,00	ARGILLA COMPATTA
7	45,00	70,00	25,00	MARNE CALCAREE GRIGIO VERDI - IMPERMEABILI
8	70,00	123,00	53,00	MARNE CALCAREE GRIGIO VERDI PIU' DURE

				E SCURE NELLA PARTE BASSA CON LIVLLI TALORA ACQUIFERI POCO POTENTI
9	123,00	130,00	7,00	ARGILLE CONSOLIDATE NOCCIOLA
10	130,00	140,00	10,00	MARNE GRIGIE

- Pozzo 189298

MISURE PIEZOMETRICHE				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (L/S)
Marzo '96	20,00	90,00	70,00	2
STRATIGRAFIA				
Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	3,00	3,00	TERRA
2	3,00	30,00	27,00	ARENARIA
3	30,00	31,00	1,00	FALDA D'ACQUA
4	31,00	61,00	30,00	MARNE
5	61,00	62,00	1,00	FALDA D'ACQUA
6	62,00	100,00	38,00	MARNE

- Pozzo 191769

MISURE PIEZOMETRICHE				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (L/S)
Novembre '97	6,00	6,00	0,00	0,500
STRATIGRAFIA				
Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	2,00	2,00	TERRA VEGETALE
2	2,00	90,00	88,00	MARNE
3	90,00	95,00	5,00	ARENARIA
4	95,00	104,00	9,00	MARNA ARENARIA

- Pozzo 192391

MISURE PIEZOMETRICHE				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (L/S)
Febbraio '97	8,00	90,00	82,00	5
STRATIGRAFIA				
Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	6,00	6,00	TERRA

2	6,00	40,00	34,00	MARNE CON ARENARIA
3	40,00	41,00	1,00	FALDA D'ACQUA
4	41,00	82,00	41,00	MARNE
5	82,00	83,00	1,00	FALDA D'ACQUA
6	83,00	100,00	17,00	MARNE

- Pozzo 189281

MISURE PIEZOMETRICHE				
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (L/S)
Luglio '95	18,00	90,00	72,00	2
STRATIGRAFIA				
Id strato	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	3,00	3,00	TERRA
2	3,00	29,00	26,00	MARNA
3	29,00	30,00	1,00	FALDA D'ACQUA
4	30,00	100,00	70,00	MARNA



Figura 8-2: ubicazione dei pozzi idrici (in verde) rispetto all'ubicazione delle WTG

Dallo studio delle stratigrafie riportate, risulta che il sottosuolo del sito è caratterizzato da successioni marnose – arenacee, fino ad una profondità maggiore di 100 m da p.c.

### 8.3. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

L'esame delle risultanze ottenute dalla campagna di indagine geofisica, dalle valutazioni sulle stratigrafie di pozzo e dall'analisi del contesto geologico dell'area ha permesso di definire una sismo-stratigrafia sito specifica e di valutare, per mezzo di correlazioni empiriche, i principali parametri geotecnici di resistenza e deformabilità.

Considerando la morfologia e la storia geologica dell'area di studio, analizzando le stratigrafie a disposizione si può concludere che i terreni presenti in situ sono generalmente successioni marnose - arenacee con competenza e qualità geotecniche variabili a seconda delle alternanze di facies.

**Tabella 8-2: sismo-stratigrafia di progetto**

ID STRATO	DESCRIZIONE	PROFONDITA' (m da p.c.)
SISMOSTRATO 1	Materiali di copertura della sottostante formazione marnosa - arenacea, costituiti da clasti marnosi alterati e/o fratturati immersi in una matrice fine limosa	10
SISMOSTRATO 2	Formazione marnoso - arenacea	>10

**Tabella 8-3: parametri geotecnici di progetto**

ID STRATO	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	C	Coeff. di Poisson $\nu$	Mod. di Young din. Ed (Mpa)	Mod. di Young st. Es (Mpa)	Mod. di taglio (rigidità) G0 (Mpa)	Mod. di Bulk K (Mpa)	Mod. ed. Mo (kg/m <sup>3</sup> )
STRATO 1	19,1	22	-	0.2	201	24.2	264.6	347.1	71345
STRATO 2	22.5	25	-	0.3	869	104.7	1044	3134	461407

I parametri geotecnici fisici e di resistenza dei litotipi, ovvero  $\gamma$ ,  $\phi$  e C (quest'ultima pari a 0 poiché relativi a terreni granulari-clastosi), sono stati forniti utilizzando dati consolidati da bibliografia, in quanto le correlazioni empiriche fornivano valori esageratamente troppo grandi a causa delle elevate velocità delle onde ottenute dalle prove geofisiche. Infatti, tali correlazioni si basano sul parametro N<sub>spt</sub> (relativo al numero di colpi di indagini penetrometriche), tipologia di dato/prova non adeguata al contesto geologico in esame.

Invece, i parametri di deformabilità e rigidità sono stati determinati per mezzo di correlazioni empiriche di uso comune, utilizzando i dati rappresentativi delle velocità calcolate in ogni sismo-strato di riferimento.

Il sismo-strato 3 è stato incluso all'interno del n. 2 in quanto potrebbe risultare una facies arenacea, dunque maggiormente competente, all'interno della formazione marnosa; cautelativamente, sono stati forniti i valori dei parametri geotecnici calcolati per il sismo-strato 2.

A seguito della consultazione dei dati di pozzi idrici, la falda di progetto è individuata negli strati superficiali prossimi al p.c., alla profondità di circa 6 m da p.c.

Le correlazioni empiriche utilizzate per la definizione dei parametri di deformazione e rigidità sono le seguenti:

$$\text{Coefficiente di Poisson } \nu = \frac{V_p^2 - 2 V_s^2}{2 (V_p^2 - V_s^2)}$$

$$\text{Modulo di Young dinamico } E_d = \gamma V_s^2 [(3V_p^2 - 4 V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2)]$$

$$\text{Modulo di taglio (rigidità) } G_0 = \gamma V_s^2$$

$$\text{Modulo di comprimibilità o di Bulk } K = \gamma (V_p^2 - 4/3 V_s^2)$$

Mentre per la determinazione del modulo di Young statico  $E_s$  dal modulo dinamico  $E_d$ , è stata applicata la nota relazione proposta da Rzhevsky e Novik (1971) valida per i moduli misurati in MPa o Kg/cmq:

$$E_{\text{stat}} = \frac{E_{\text{din}} - 0.97}{8.3}$$

## 9. INQUADRAMENTO SISMICO

### 9.1. QUADRO NORMATIVO E PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'AREA

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

In Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. è riportata la zona sismica per il territorio in studio, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Lombardia dell'11 luglio 2014 n.2129 entrata in vigore il 10 aprile 2016.

**Tabella 9-1: Zona sismica area di studio**

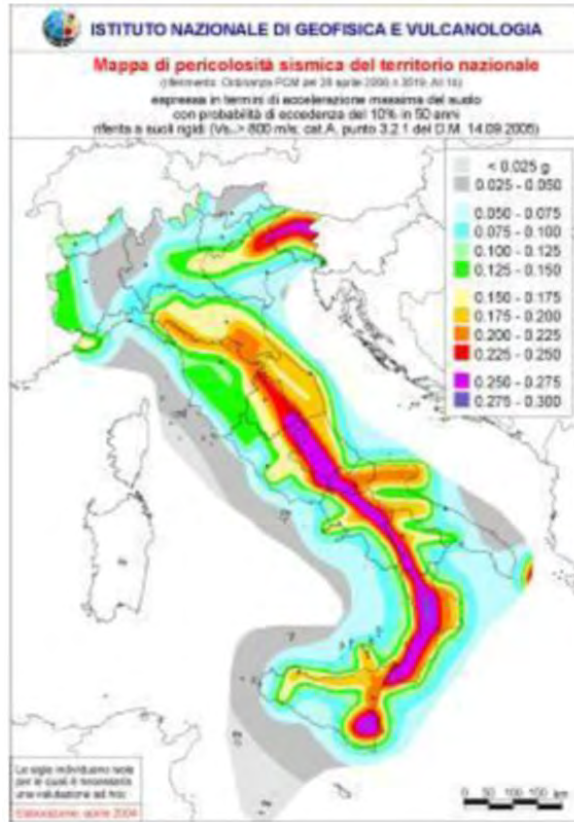
<b>Zona sismica 4</b>	Zona con livello di pericolosità sismica molto basso
$a_{gMax}$ $a_g \leq 0.05$	Accelerazione massima presente all'interno dei territori comunali.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.) sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

**Tabella 9-2: Zone sismiche del territorio nazionale**

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ $a_g$ ]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ $a_g$ ]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25$ g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	3.002
4	È la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	1.982

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. In seguito, per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (Figura 9-1). Tale studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.



### Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

**Selezione Mappa**

Visualizza punti della griglia riferiti a:

Parametro dello scuotimento:

Probabilità in 50 anni:

Percentile:

Periodo spettrale (sec.):

Ridisegna mappa

**Legenda**

- < 0.025g
- 0.025-0.050
- 0.050-0.075
- 0.075-0.100
- 0.100-0.125
- 0.125-0.150
- 0.150-0.175
- 0.175-0.200
- 0.200-0.225
- 0.225-0.250
- 0.250-0.275
- 0.275-0.300
- 0.300-0.350
- 0.350-0.400
- 0.400-0.450
- 0.450-0.500
- 0.500-0.600
- 0.600-0.700
- 0.700-0.800
- 0.800-0.900
- 0.900-1.000
- 1.000-1.250
- 1.250-1.500
- 1.500-1.750
- 1.750-2.000

**Copyright**

Figura 9-1- Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) e della pericolosità sismica attesa al suolo ag sitospecifica, contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).



In particolare, con tale provvedimento è stato possibile superare il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro zone sismiche fondamentali.

Infatti, la vecchia classificazione sismica produceva numerose situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono sempre continue e graduali.

Successivamente verrà mantenuta la classificazione del territorio nazionale in quattro differenti classi sismiche.

**All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione WebGIS, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica.**

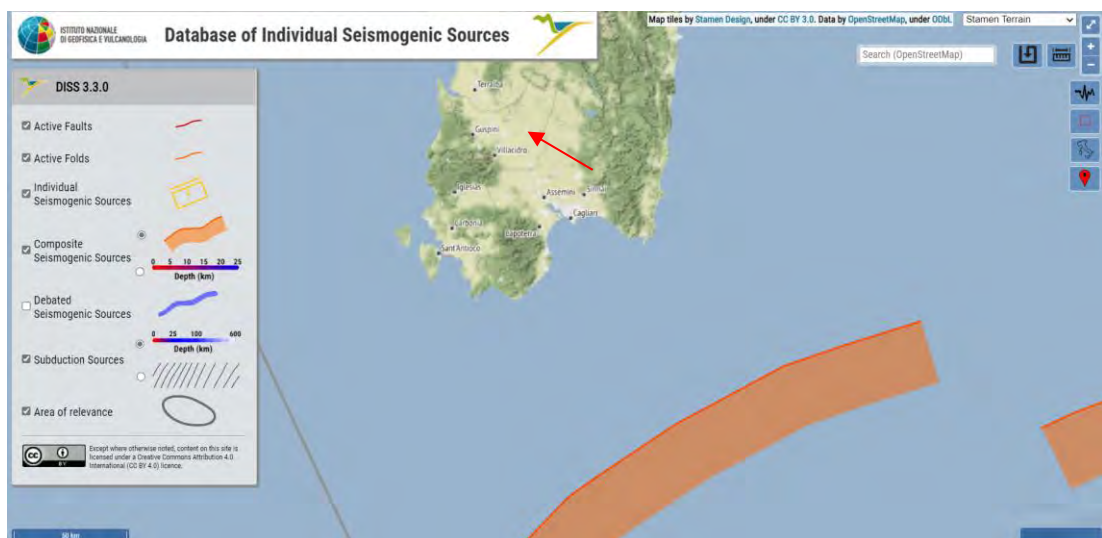
Nello specifico, per le zone di interesse i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni risultano minori a 0,05 ag (accelerazione massima del suolo).

## 9.2. ZONE SISMOGENETICHE

Per sorgente sismogenica composta si intende una rappresentazione semplificata e tridimensionale di una faglia crostale contenente un numero imprecisato di sorgenti sismogeniche che non possono essere distinte singolarmente. Tali zone sono le principali considerate ad elevato rischio sismico in quanto, essendo caratterizzate dalla presenza di faglie attive, in esse vi è una elevata probabilità che si verifichino terremoti di elevata magnitudo.

L'ubicazione è riportata all'interno del DISS, ovvero il database georeferenziato edito dall'INGV riportante informazioni necessarie ad elaborare la pericolosità sismica di base a livello di pianificazione territoriale.

Da un punto di vista sismogenetico, l'area in esame non ricade all'interno di fasce sismogenetiche attive; la fascia più prossima al sito risulta distante circa 150 Km, come osservabile nel seguente estratto cartografico del progetto DISS riportato in Figura 9-2.



**Figura 9-2: Sorgenti sismogenetiche (INGV-DISS); la freccia indica l'ubicazione del sito**

### 9.3. STORIA SISMICA DELL'AREA

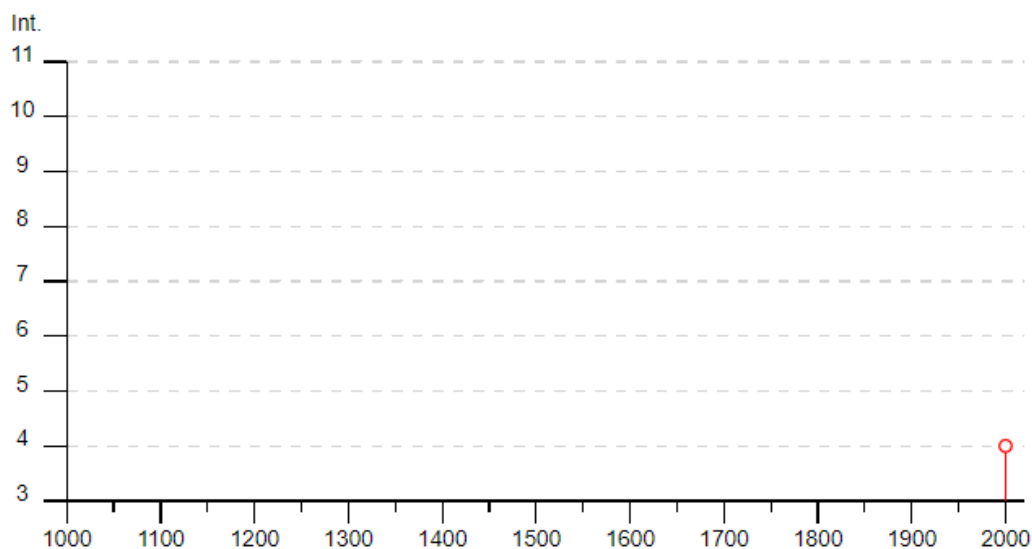
L'area in esame non risulta essere stata storicamente interessata da fenomeni sismici rilevanti; il database macrosismico, utilizzato nel 2004 per la compilazione del catalogo CPTIO4 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004), permette di visionare la storia sismica delle località italiane presenti almeno tre volte in DBMI04 (5325 località in totale).

Le informazioni contenute nel database hanno consentito una prima individuazione dei "centri sismici" rilevanti per il sito in esame e delle relative potenzialità in termini di intensità epicentrali storicamente documentate.

#### Sanluri



PlaceID	IT_68886
Coordinate (lat, lon)	39.562, 8.898
Comune (ISTAT 2015)	Sanluri
Provincia	Medio Campidano
Regione	Sardegna
Numero di eventi riportati	1



► Personalizza il diagramma

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	2000	04	26	13	37	4	Tirreno centrale	265		4.77

**Tabella 9-1: Serie storica dei sismi che hanno interessato l'area di studio**

In conclusione, la distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse del progetto dimostra che la zona in studio è caratterizzata da un livello di sismicità molto basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.

### 9.4. SISMICITÀ DELL'AREA

#### 9.4.1. PREMESSA

Di seguito viene fornito un inquadramento generale sulla classificazione sismica dell'area in

esame nel rispetto delle disposizioni delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del Decreto Ministeriale del 17/01/2018.

Secondo la normativa vigente la tipologia del suolo di fondazione è dipendente dal valore  $V_{S,eq}$  definito dalla seguente equazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le verifiche strutturali nei diversi stati limiti vanno condotte adottando le azioni sismiche che sono funzione della "pericolosità sismica" dell'area in esame. La "pericolosità sismica" è definita a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su suolo rigido, con piano campagna orizzontale.

Le azioni di progetto dovute al sisma si ricavano dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali definite in funzione dei parametri:

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per il presente progetto, i valori di tali parametri sono riportati nella tabella esposta nell'Allegato B del decreto, in quanto i parametri relativi alla Sardegna ed altre isole minori non rientrano all'interno del reticolo di riferimento INGV sul territorio. Utilizzando il software dedicato si ricavano gli spettri di risposta elastica delle componenti orizzontali di moto, per i diversi periodi di ritorno considerati dal D.M.

#### 9.4.2. EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Le verifiche sugli effetti di amplificazione topografica si basano puramente su criteri di tipo morfometrico/morfologico. Inoltre, per le sezioni e le misurazioni si è preso come riferimento la cartografia disponibile.

Per quanto riguarda i valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica, questi sono riportati nella successiva tabella:

Categoria topografica	Ubicazione opera	St
T1 (sup. pianeggiante, pendii e rilievi isolati con incl. media $\leq 15^\circ$ )	-	1.0
T2 (pendii con inclinazione media $> 15^\circ$ )	Sommità del pendio	1.2
T3 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media compresa tra $15-30^\circ$ )	Cresta del rilievo	1.2
T4 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $> 30^\circ$ )	Cresta del rilievo	1.4

Nel caso specifico, trattandosi di una superficie per lo più pianeggiante o comunque caratterizzata da blandi rilievi, il valore di riferimento è  $St = 1.0$ .

#### 9.4.3. CATEGORIA SISMICA DEI TERRENI

Nell'ambito della campagna geofisica del 2022 sono stati eseguiti stendimenti geofisici MASW, al fine di determinare la categoria sismica di sottosuolo.

L'analisi delle onde Vs a partire dai dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale delle velocità Vs e, di conseguenza, del parametro Vs,eq, che risulta ricompreso nel range 360 - 631 m/s (considerando come riferimento il piano di campagna). Il valore MASW8 cautelativamente può essere non considerato, in quanto differente dal trend generale e comunque indicante una categoria sismica migliore.

**Tabella 9-3: risultanze prove MASW**

LINEA	Vs eq	Categoria di Sottosuolo (D.M. 17.01.2018)
MASW1	361	B
MASW2	469	B
MASW3	533	B
MASW4	628	B
MASW5	631	B
MASW6	562	B
MASW7	600	B
MASW8	1050	A

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018) la categoria sismica più rappresentativa per il sottosuolo del sito in studio è la B, la cui descrizione è riportata di seguito.

#### Categoria B

*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità*

e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s

#### 9.4.4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (Cu): 1.0

Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

La Sardegna risulta esterna al reticolo di riferimento normalmente usato per calcolare, per mezzo di una media ponderata, i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c$  da utilizzare per definire l'azione sismica nei modi previsti dalle NTC. Per questo motivo risulta necessario utilizzare i valori tabellati in Allegato B al D.M., con i parametri validi (ritenuti costanti su tutto il territorio) per le isole (con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida e Capri).

#### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0.186	2.61	0.273
SLD	50	0.235	2.67	0.296
SLV	475	0.500	2.88	0.340
SLC	975	0.603	2.98	0.372

**Tabella 9-4- Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, tratti da Allegato B alle NTC 2018 in quanto la Sardegna non è coperta dal reticolo di riferimento**

#### 9.5. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000

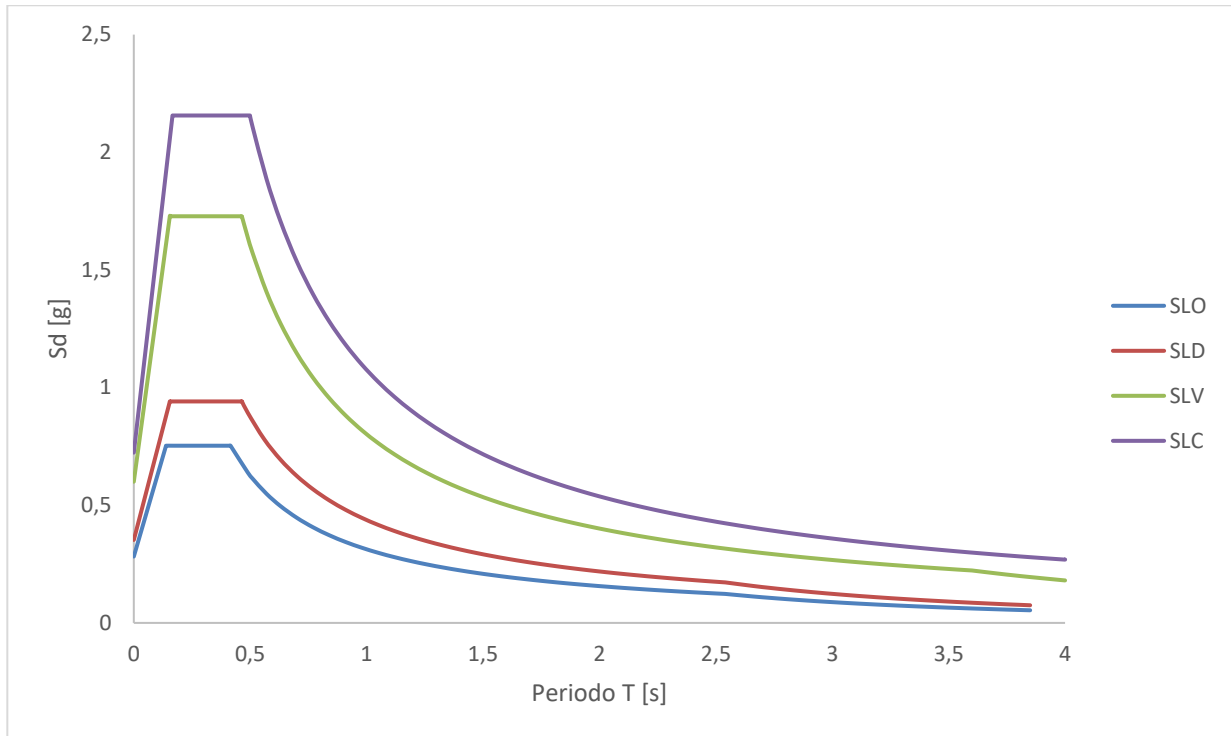
Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

#### Stabilità dei pendii e fondazioni NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.045	0.056	0.120	0.145
kv	0.022	0.028	0.060	0.072
$a_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	0.223	0.282	0.600	0.724
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali – Spettro di Progetto**



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T <sub>B</sub> ) [g]
SLO	1.0	0.186	2.610	0.273	1.2	1.426	1.0	1.200	1.0	0.130	0.389	2.344	0.223	0.583
SLD	1.0	0.235	2.670	0.296	1.2	1.403	1.0	1.2	1.0	0.138	0.415	2.540	0.282	0.751
SLV	1.0	0.500	2.880	0.340	1.2	1.365	1.0	1.2	1.0	0.155	0.464	3.600	0.6	1.73
SLC	1.0	0.603	2.980	0.372	1.2	1.341	1.0	1.2	1.0	0.166	0.499	4.0	0.724	2.154

## 10. CONCLUSIONI

L'analisi del contesto idrogeomorfologico e geotecnico dell'area in esame ha permesso di trarre le seguenti considerazioni:

La quasi totalità degli aerogeneratori risulta ubicato **all'interno di una zona in cui affiora** un complesso marnoso-arenaceo Miocenico, in cui prevalgono sedimenti fini costituiti da marne arenaceo-argillose e siltiti. Avendo un'origine recente ed essendo interessati da fenomeni plicativi e tettonici, ci si aspetta che tali litotipi abbiano una competenza e una cementazione medio - bassa.

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione nell'area in esame si è fatto riferimento ai dati relativi alla campagna geofisica condotta nel marzo 2022 e da informazioni bibliografiche su dati di pozzo idrici presenti nelle circostanze delle aree di studio. La qualità dei litotipi individuata risulta molto variabile in funzione delle facies marnose e/o arenacee.

La falda risulta avere soggiacenza prossima al piano campagna, ad una profondità di circa 6 m da p.c.

Il territorio in cui si inseriscono le infrastrutture presenta un reticolo idrico superficiale ramificato, a causa della prevalente componente di deflusso superficiale, rispetto **all'infiltrazione**, in funzione delle caratteristiche delle formazioni marnose. Tuttavia, gli aerogeneratori in progetto non risultano interferenti con alvei fluviali. Non è stato possibile individuare il livello di pericolosità idraulica e geomorfologica in relazione alle disposizioni **delle NTA del PAI, a causa dell'assenza della copertura della cartografia di riferimento** nelle aree di impianto, tuttavia da uno studio preliminare da ortofoto e modelli digitali del terreno non risultano attive nelle aree di progetto elementi di dissesto e/o pericolosità idrogeologica.

Dal punto di vista sismico, il territorio ricade zona sismica 4, rispetto alla classificazione **eseguita dall'INGV per il territorio nazionale, caratterizzata da una pericolosità sismica** molto bassa, con un'**accelerazione al suolo attesa** minore di 0,05 ag/g. Le indagini geofisiche di tipo MASW eseguite in situ, hanno evidenziato che la classe sismica di sottosuolo più ricorrente **nell'area** è la B. La verifica di liquefazione dei terreni può essere omessa in quanto **l'accelerazione sismica attesa al suolo è minore di 0,1 g.**



Green Power

Engineering &amp; Construction

RTI COSTAG SINGEA



Cooperativa Studi Topografici Aerofotogrammetrici Geologici



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.49.001.00

PAGE

1 di/of 72

TITLE:AVAILABLE LANGUAGE: IT

## INDAGINI GEOFISICHE PRELIMINARI

## IMPIANTO EOLICO VILLANOVAFORRU

COMUNI DI  
VILLANOVAFORRU, SANLURI, SARDARA

PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA (SU)

File: GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.49.001.00-WIND Villanovaforru Indagini geofisiche preliminari

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	31/03/2022	Issued			
			Alessandro ROSSI	Flaviano GAETA	Stefano NERI

## GRE VALIDATION

Name (GRE)	M. TOMEI	P. CAPUTO
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

Impianto Eolico  
VILLANOVAFORRU  
(VS)

## GRECODE

GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION										
GRE	EEC	R	2	5	I	T	W	1	7	2	7	9	4	9	0	0	1	0	0

CLASSIFICATION PUBLIC

UTILIZATION SCOPE PER AUTORIZZAZIONE

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green PowerS.p.A.



## INDEX

1. PREMESSA .....	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	3
3. CANTIERIZZAZIONI .....	4
4. RILIEVO GPS .....	4
5. GEOFISICA .....	4
5.1. Tomografie elettriche ERT .....	11
5.1.1. Strumentazione .....	12
5.1.2. Metodologia .....	12
5.1.3. Schema di acquisizione .....	14
5.1.4. Validazione dei softwares .....	14
5.1.5. Risultati .....	14
6. LINEE SISMICHE .....	23
6.1. Strumentazione .....	23
6.1.1. Manutenzioni e tarature .....	23
6.2. Indagini MASW .....	23
6.2.1. Schema della prova .....	24
6.2.2. Sorgente onde sismiche .....	24
6.2.3. Software di elaborazione .....	25
6.2.4. Risultati .....	26
6.3. Linee sismiche a rifrazione (SRT) .....	51
6.3.1. Schema della prova .....	51
6.3.2. Software di elaborazione .....	53
6.3.3. Risultati .....	53

APPENDICE A: LIBRETTO DEL RILIEVO TOPOGRAFICO

APPENDICE B: DOCUMENTAZIONE DELL'INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE (SRT)

APPENDICE C: PROFILI DI TOMOGRAFIA ELETTRICA (ERT)

## 1. PREMESSA

Nell'ambito dell'accordo quadro n. JA10034037 con validità dal 07/09/2020 al 06/09/2023 stipulato tra EGP e l'RTI Costag-Singea, ed alla successiva attivazione della partita n. 3500282404 del 21/02/2022, è stata condotta e portata a termine un'indagine finalizzata allo studio del sottosuolo in alcuni siti ubicati nei Comuni di Sanluri e Villanovaforru (Provincia del Medio Campidano) e Sárdara (Provincia del Sud Sardegna). Per la precisione, le Postazioni 1 e 2 ricadono nel territorio del Comune di Sárdara, le Postazioni 6 e 8 ricadono nel territorio del Comune di Villanovaforru e le Postazioni 3, 4, 5 e 7 ricadono nel territorio del Comune di Sanluri.

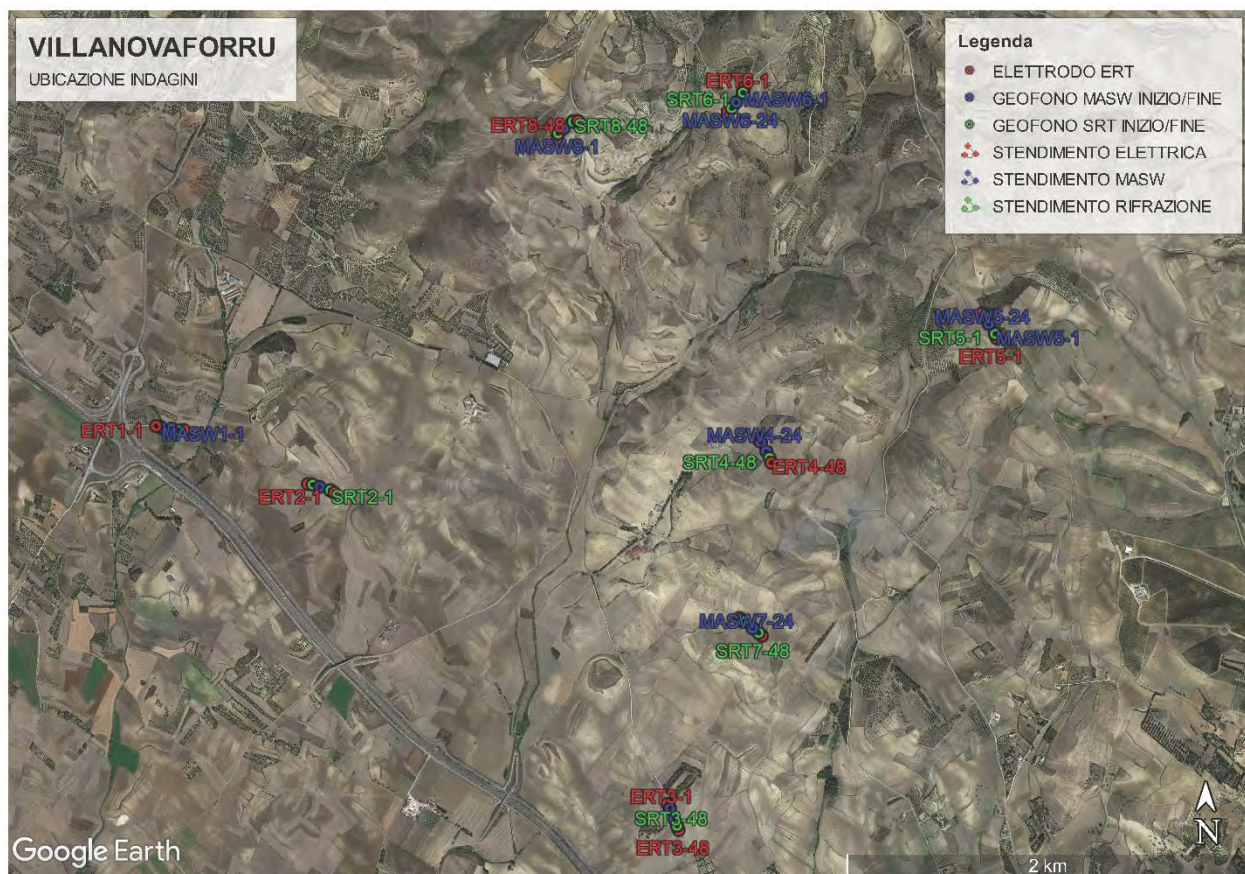
Il piano di indagini, finalizzato alla caratterizzazione del sottosuolo locale e ha previsto l'esecuzione di indagini geofisiche.

Il lavoro è stato svolto sulla base delle specifiche tecniche previste nel documento siglato GRE.EEC.R.25.IT.P.12014.49.001.00.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Le aree di indagine si trovano in zone pressoché collinari, con quote piuttosto variabile, comprese tra 140 m.s.l.m., nella zona della Postazione 1, fino ad arrivare ad oltre 300 m.s.l.m., nella zona della Postazione 6.

ricadenti nel territorio comunale di Ploaghe, mentre la Postazione 3 e la Postazione 4 sono ricadenti nel territorio comunale di Chiaramonti.



Inquadramento generale dell'area

### 3. CANTIERIZZAZIONI

Prima di procedere alla realizzazione delle indagini, la loro ubicazione è stata definita mediante l'utilizzo di antenna GPS.

La campagna di indagine è iniziata il giorno 08/03/2022 e terminata il giorno 10/03/2022.

Nel dettaglio sono state eseguite:

- N. 8 linee sismiche di tipo MASW;
- N. 8 linee sismiche a rifrazione (SRT);
- N. 8 linee geoelettriche (ERT).

Nel dettaglio, le attività sono state eseguite secondo questa sequenza temporale:

- Giorno 08/03/2022: indagini complete nelle Postazioni 1 e 2,
- Giorno 09/03/2022: indagini complete nelle Postazioni 6 e 8,
- Giorno 10/03/2022: indagini complete nelle Postazioni 3, 7, 5 e 4.

### 4. RILIEVO GPS

Contestualmente alle attività geofisiche e geognostiche, è stato eseguito un rilievo topografico piano altimetrico dei punti di indagine con metodologia GPS – NRTK.

La strumentazione utilizzata è composta da antenna e controller Trimble R10-2; il rilievo è stato calcolato mediante l'impiego dei softwares Toposoft e Trimble TBC.

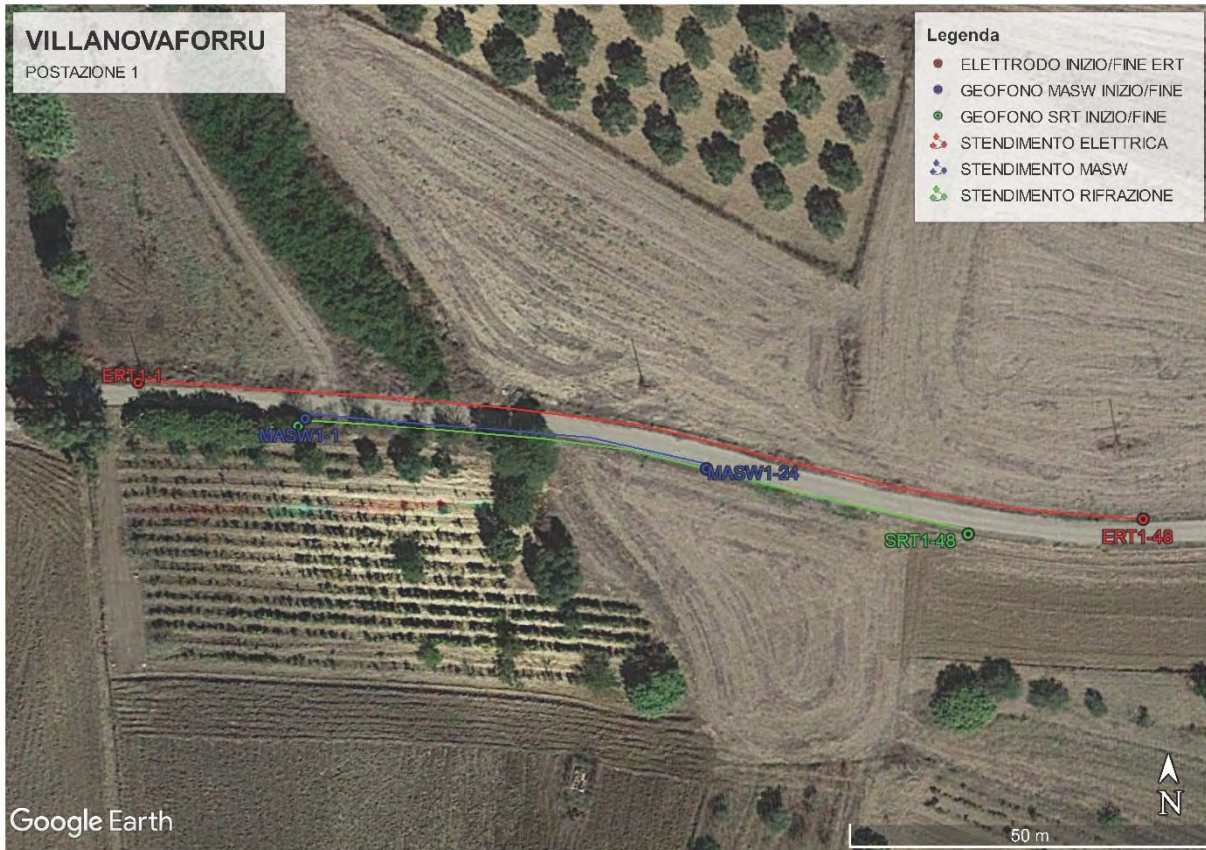
Il rilievo in coordinate ETRF2000 è stato trasformato nel sistema Gauss-Boaga tramite il software IGMI Verto 3 e relativo grigliato. Il libretto delle misure del rilievo è allegato al presente report.

### 5. GEOFISICA

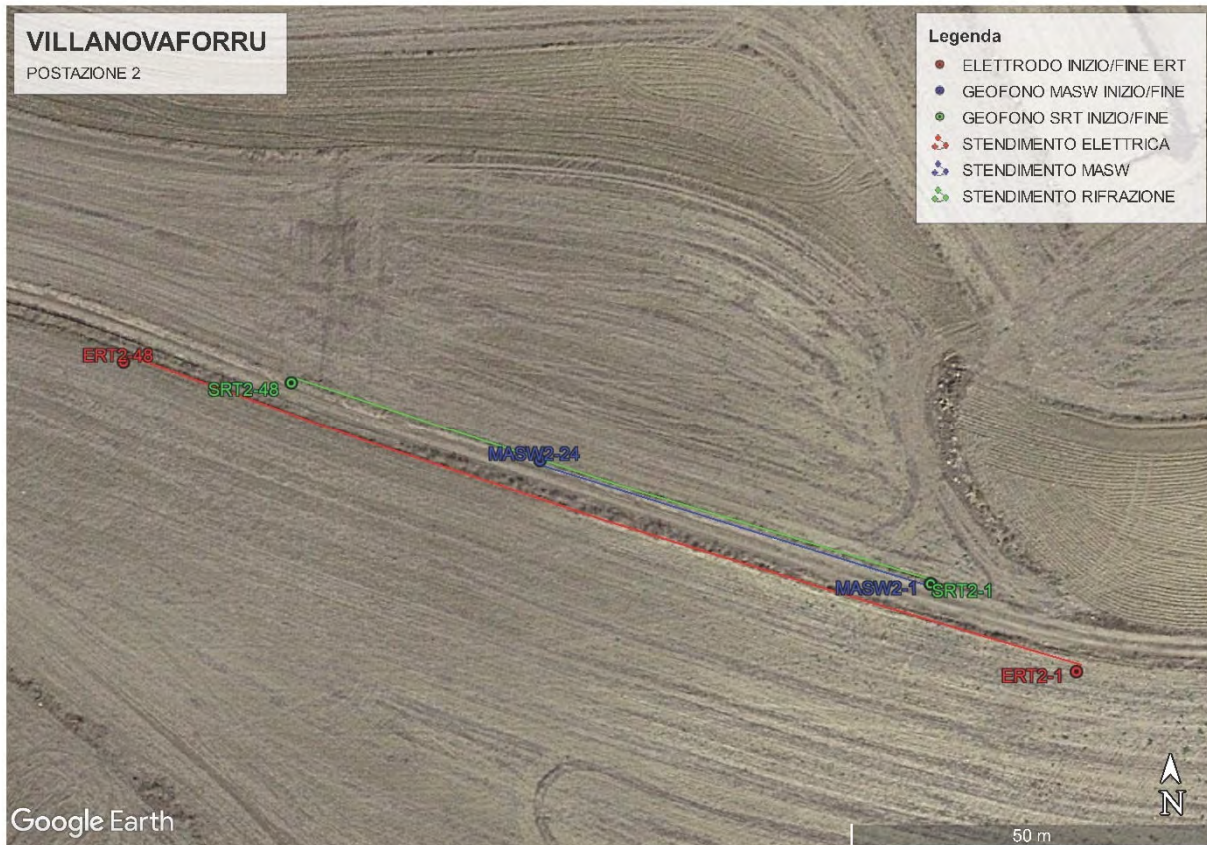
Nelle aree in oggetto sono state realizzate complessivamente le seguenti indagini geofisiche:

- N. 8 linee di tomografia elettrica a 48 elettrodi, spaziatura tra gli elettrodi di 2 m, per un totale di 94 m;
- N. 8 linee sismiche tipo MASW a 24 canali, spaziatura intergeofonica 2,50 m per un totale di 57,50 m;
- N. 8 linee sismiche a rifrazione SRT in onde P e Sh, a 48 canali, spaziatura intergeofonica 2,0 m per un totale di 94,00 m.

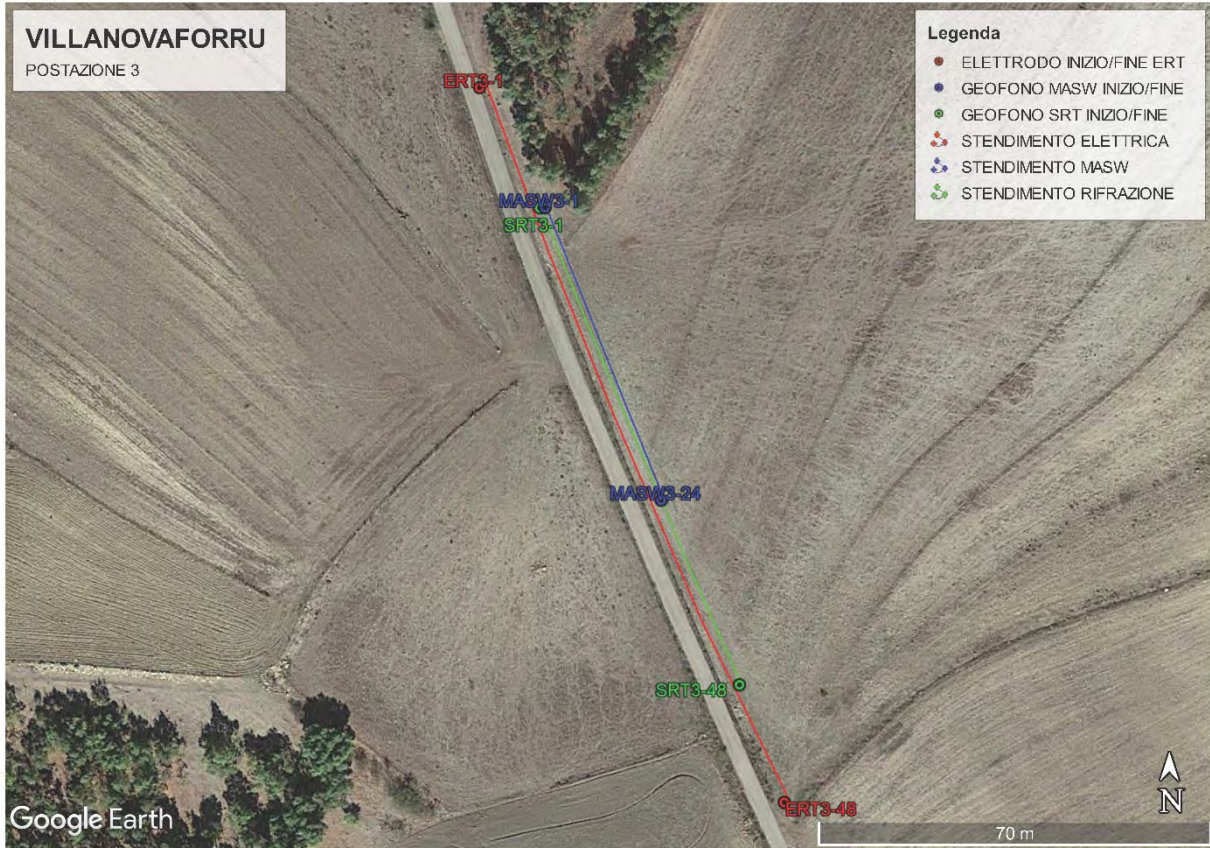
Nei paragrafi seguenti verranno descritte le metodiche, la strumentazione utilizzata e i risultati ottenuti.



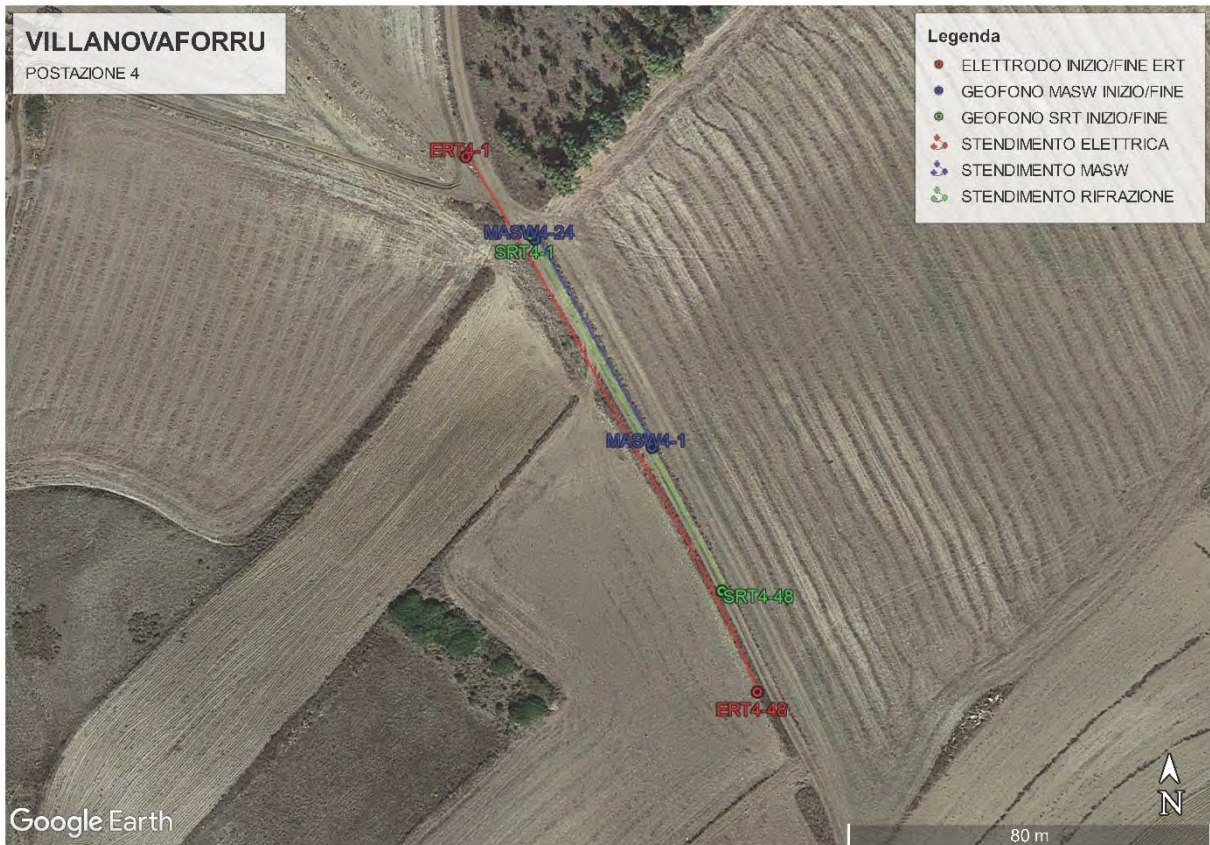
Indagini Postazione 1



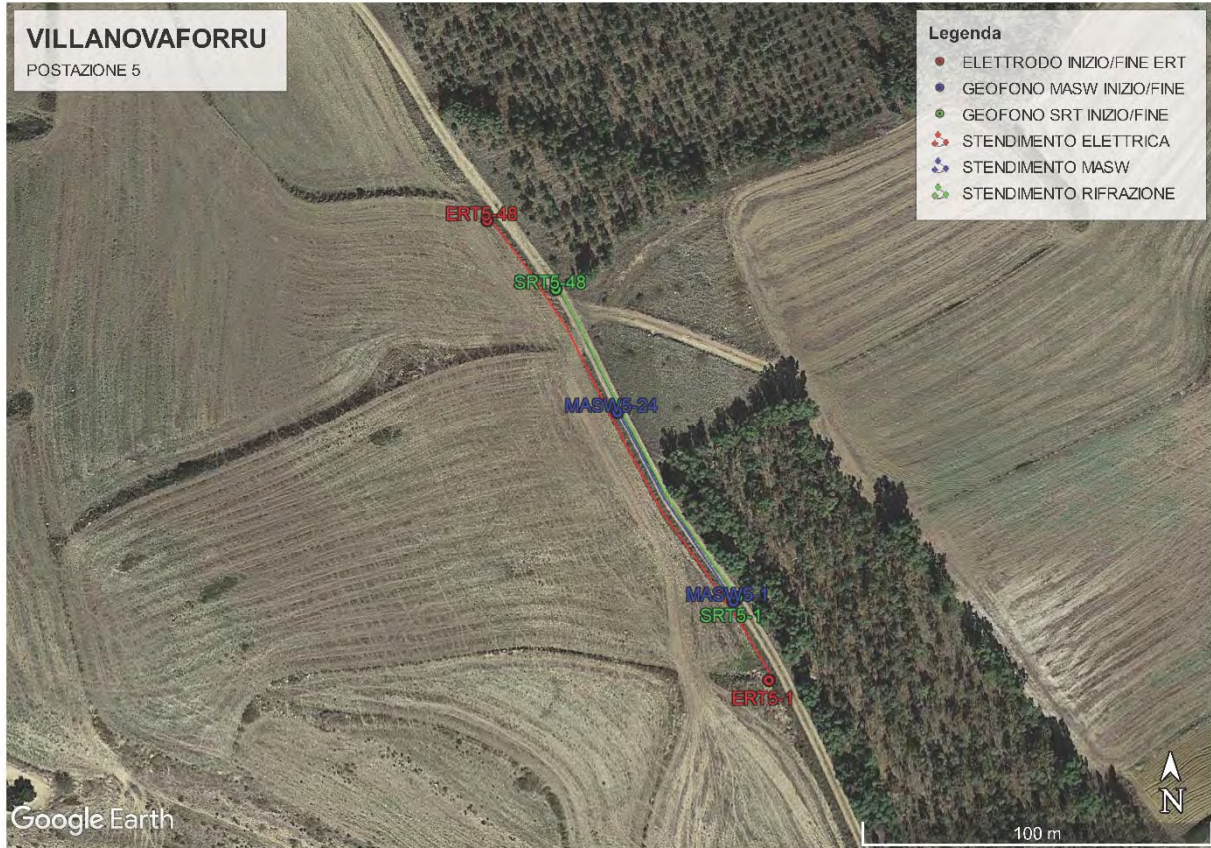
Indagini Postazione 2



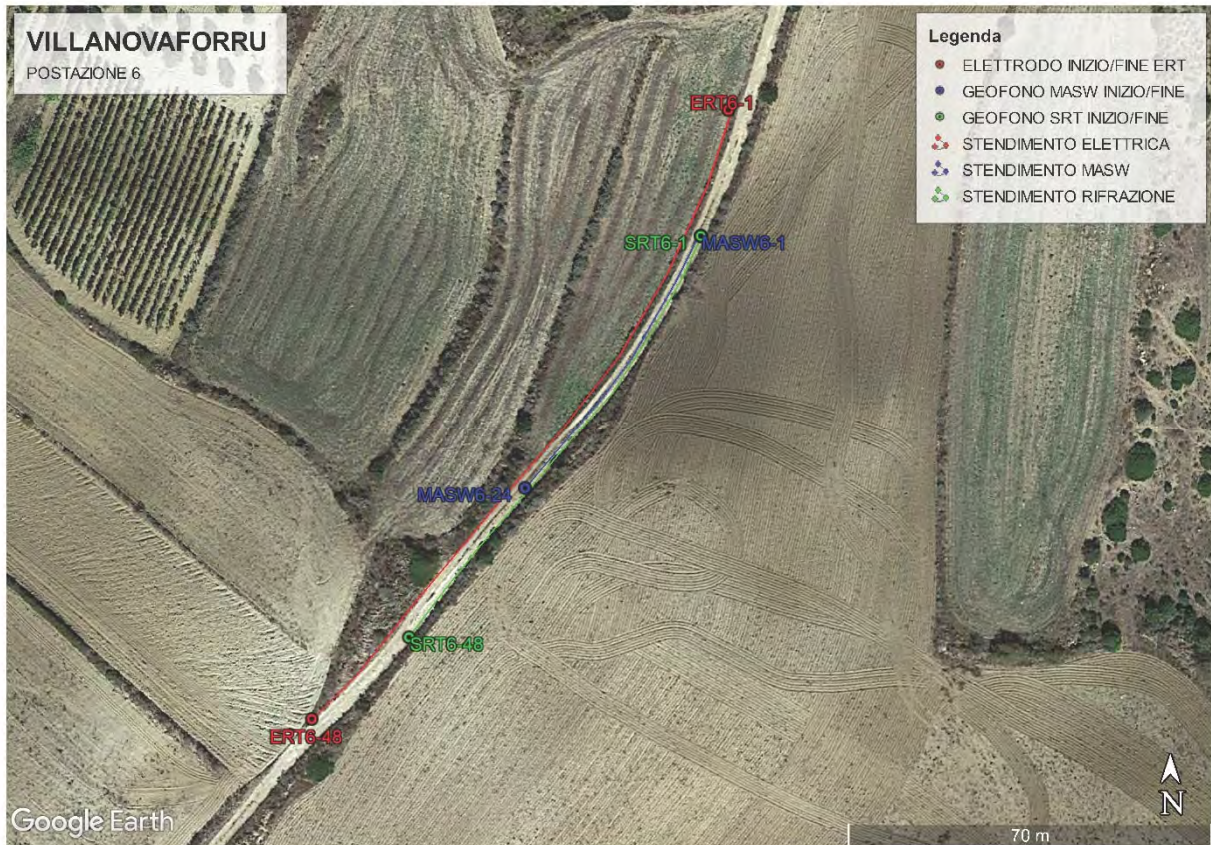
Indagini Postazione 3



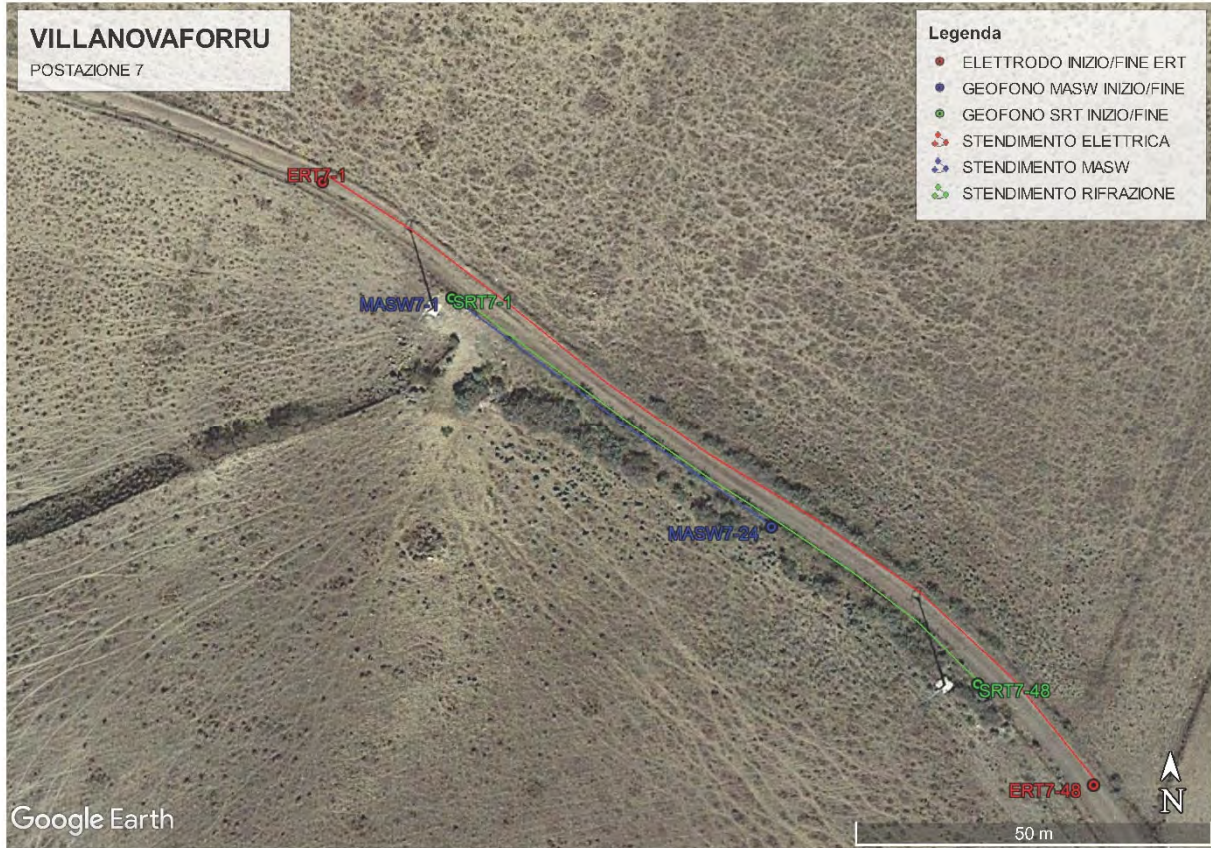
Indagini Postazione 4



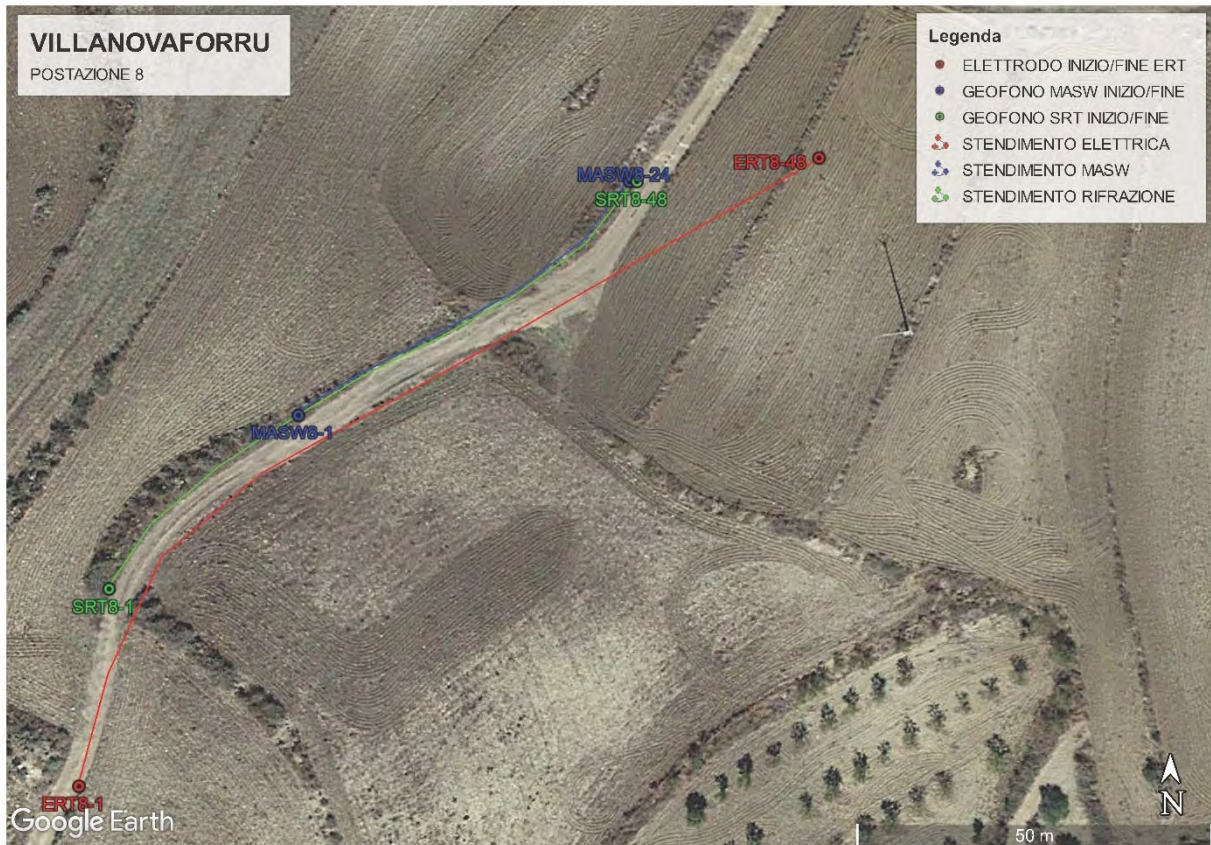
Indagini Postazione 5



Indagini Postazione 6



Indagini Postazione 7



Indagini Postazione 8



Postazione 1 (MASW, ERT, SRT)



Postazione 3 (MASW, ERT, SRT)





Postazione 6 (MASW, ERT, SRT)



Postazione 7 (MASW, ERT, SRT)



Postazione 8 (MASW, ERT, SRT)

### 5.1. Tomografie elettriche ERT

Nel sito sono state eseguite n. 8 tomografie elettriche ERT con 48 canali e spaziatura tra gli elettrodi di 2 m.

Nella tabella sottostante si riportano i dati delle linee approntate.

Linea	Passo	Elettrodi	Lunghezza	Array	Tx max	Vab	Mirura	Durata	Stack (min-max)	Q
ERT 1	2.00 m	48	94 m	Wenner, Polo-Dipolo	600V	600V	<b>Rho</b>	250 ms	3-5	1% 2%
ERT 2	2.00 m	48	94 m	Wenner, Polo-Dipolo	600V	600V	<b>Rho</b>	250 ms	3-5	1% 2%
ERT 3	2.00 m	48	94 m	Wenner, Polo-Dipolo	600V	600V	<b>Rho</b>	250 ms	3-5	1% 2%
ERT 4	2.00 m	48	94 m	Wenner, Polo-Dipolo	600V	600V	<b>Rho</b>	250 ms	3-5	1% 2%
ERT 5	2.00 m	48	94 m	Wenner, Polo-Dipolo	600V	600V	<b>Rho</b>	250 ms	3-5	1% 2%
ERT 6	2.00 m	48	94 m	Wenner, Polo-Dipolo	600V	600V	<b>Rho</b>	250 ms	3-5	1% 2%
ERT 7	2.00 m	48	94 m	Wenner, Polo-Dipolo	600V	600V	<b>Rho</b>	250 ms	3-5	1% 2%
ERT 8	2.00 m	48	94 m	Wenner, Polo-Dipolo	600V	600V	<b>Rho</b>	250 ms	3-5	1% 2%

### 5.1.1. Strumentazione

Per l'esecuzione di campagne di acquisizione di dati geoelettrici, è stato utilizzato un georesistivimetro Syscal Pro multicanale prodotto da *IRIS Instruments*.

Si tratta di uno strumento solido e versatile che utilizzando cavi multi-connettore consente di eseguire misure di resistività e polarizzazione indotta in superficie (statiche e continue), in foro, ed in acqua. Le sequenze di acquisizione precaricate vengono eseguite in modalità automatica e le misure registrate su una memoria interna capace di contenere fino a 40.000 dati. L'architettura multicanale consente l'acquisizione contemporanea di 10 misure ottimizzando così i tempi di permanenza in campo.

I sistemi di trasmissione (max 800V; 2.5A, risoluzione 0.2%) e ricezione (max 15V, risoluzione 0.2%) alloggiato insieme alle batterie di alimentazione (12V, 7 Ah) in un unico **box** a tenuta d'acqua, per un peso complessivo di 15 kg. L'autonomia della strumentazione può essere prolungata con alimentazione esterna fornita da comuni batterie da 12V.

In fase di acquisizione, lo strumento Syscal Pro esegue la continua ed automatica compensazione del potenziale spontaneo, caratteristica fondamentale, specie nei casi, non rari, in cui tale valore può eccedere la decina di mVolts. La strumentazione di campagna per l'esecuzione di misure di resistività è completata da:

- n°3 cavi multitraccia da 24 take-out, spaziatura 5.0 m;
- n°1 filo elettrico a cavo singolo, sez. 1 mm<sup>2</sup>, L 500 m, per misure con polo remoto;
- n°1 prolunga L 25.0 m;
- n° 80 picchetti in acciaio, L 300 mm, Ø 14 mm;
- mazzette da 1 kg per infissione picchetti in terreni di copertura;
- n° 200 chiodi e tasselli in acciaio, L 120-140 mm, Ø 6 mm per infissione in roccia;
- computer portatile per gestione sequenze di acquisizione, scarico e screening preliminare dei dati in cantiere.

### 5.1.2. Metodologia

Come per altri metodi d'indagine non invasivi, la finalità dei metodi geoelettrici è quello di ottenere informazioni sulla natura e sulla struttura del sottosuolo attraverso una serie di misure effettuate in superficie.

Il principio metodologico si basa sulla misura del campo elettrico indotto nel terreno con appositi dispositivi elettrodici costituiti da due coppie di elettrodi infissi nel terreno (configurazione detta quadripolo).

Nel quadripolo una coppia di elettrodi costituisce il circuito per l'induzione del campo elettrico nel terreno (dipolo di corrente: convenzionalmente elettrodi A e B), mentre l'altra coppia (dipolo di potenziale: M e N) rappresenta il circuito di misura della differenza di potenziale (d.d.p.) generata nel terreno dal passaggio della corrente stessa.

Tramite la legge di Ohm (modificata) è possibile risalire al valore di resistività ( $\rho$ ) caratteristico dei materiali presenti. Infatti, qualora agli estremi di un conduttore venga applicata una differenza di potenziale  $\Delta V$ , in esso passerà una corrente d'intensità  $I$  che è legata alla differenza di potenziale stessa (legge di Ohm):

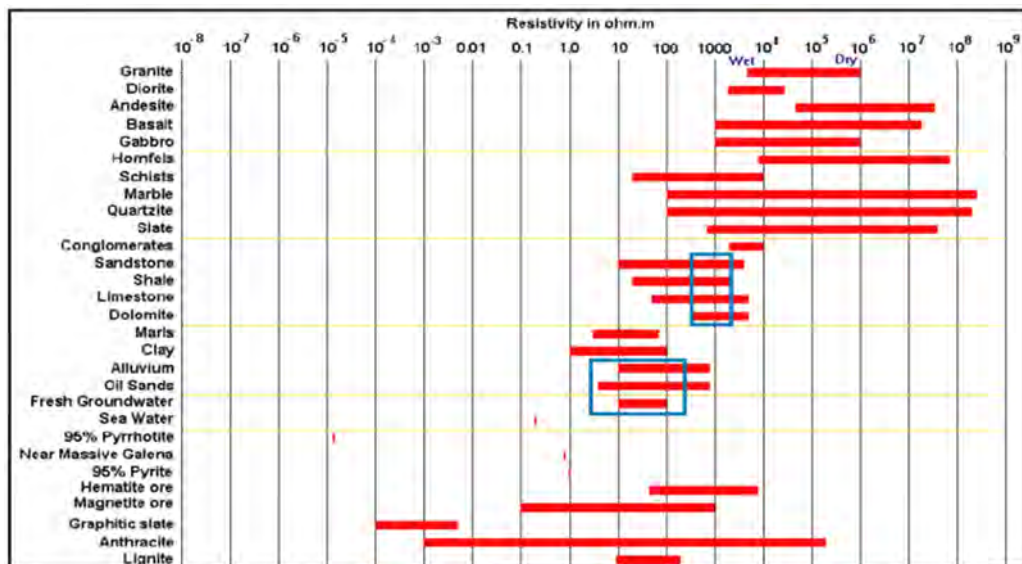
$$\Delta V/I = R$$

dove  $R$ , resistenza elettrica, è funzione della natura e dalle caratteristiche geometriche del conduttore. Nei sopra citati metodi geoelettrici, la formulazione della legge di Ohm diventa:

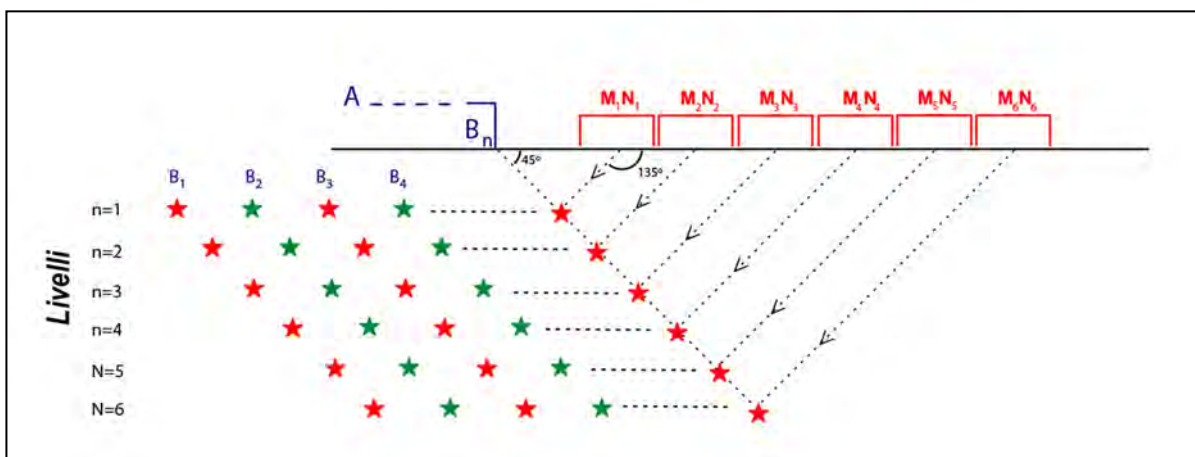
$$\Delta V/I = \rho K$$

in cui:  $K$  è il coefficiente geometrico proprio del conduttore. Il valore della resistività dei materiali dipende essenzialmente dalle seguenti caratteristiche: grado di saturazione dei pori; porosità; presenza e composizione dei fluidi; temperatura; eventuale presenza di sostanze organiche (idrocarburi, solventi, ecc.); presenza di argilla; grado di compattazione. Ogni tipologia di terreno o corpo roccioso presenta un ampio campo di variazione dei propri valori di resistività, che dipendono dal grado di omogeneità, dal livello di alterazione e, nel caso di rocce litoidi, dal grado di fratturazione. Un'eccezione a questa regola è costituita dalle argille che, anche quando compatte, hanno sempre valori di resistività estremamente modesti, dovuti alla presenza di cationi adsorbiti sulla superficie delle particelle di tale granulometria che offrono cammini addizionali per la corrente elettrica e quindi aumentano la conducibilità dei sedimenti. In tutte le condizioni, la presenza d'acqua svolge sempre un ruolo importante, tanto che, terreni sabbioso-limosi o ghiaioso-sabbiosi, se saturi, risultano sempre più conduttivi rispetto ai medesimi asciutti.

Per quanto sopra brevemente esposto, i metodi geoelettrici vengono applicati con successo come integrazione di indagini dirette per definire la natura dei terreni e/o litotipi nella ricostruzione di profili stratigrafici, e rappresentano un potente strumento d'indagine sempre più impiegato per la ricerca di: aree inquinate; cavità o presenza di corpi anomali; presenza di falde acquifere; siti archeologici; corpi di discarica; etc.



Campi di variazione dei valori di resistività di sedimenti, rocce e alcuni minerali. Estratto da: Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. M. H. Loke (2004). In evidenza i materiali di particolare interesse per il lavoro in esame.



Convenzione adottata per la collocazione delle misure di rho apparente ottenute mediante configurazione polo-dipolo. Il georesistivimetro multicanale Syscal Pro può eseguire fino a 10 misure di Vp per ciascuna iniezione di corrente, riducendo enormemente i tempi di acquisizione.

### 5.1.3. Schema di acquisizione

I profili tomografici elettrici (ERT) si realizzano infiggendo un certo numero di elettrodi nel terreno, disposti in linea ed a passo costante. L'acquisizione dei dati viene gestita completamente dalla strumentazione, in grado di controllare automaticamente l'erogazione della corrente e di gestire stendimenti multi-elettrodo, vale a dire, regolare la commutazione dei dipoli, definendo di volta in volta quali sono gli elettrodi di misura e quelli di corrente, fino all'esecuzione di tutte le combinazioni possibili secondo i parametri impostati (array, livelli; overlap; alta definizione...).

La posizione dei dipoli AB ed MN viene in pratica modificata continuamente, traslandoli lateralmente, per ottenere un'acquisizione di dati uniforme lungo tutta la linea di misura, ed allargandoli progressivamente e proporzionalmente per accrescere la profondità da investigare.

### 5.1.4. Validazione dei softwares

Secondo quanto previsto dal Sistema Gestione Qualità, il corretto funzionamento dei software utilizzati viene validato a cadenza annuale, o in occasione di aggiornamenti. Si riporta di seguito lo stato di validazione dei software utilizzati:

ERTLab 1.2: COSTAG gestisce direttamente l'elaborazione dei dati attraverso propri tecnici e si riserva, comunque, la possibilità, in caso di necessità, di affidare l'elaborazione dei dati a consulenti esterni. In tal caso, è responsabilità del fornitore del servizio il corretto mantenimento delle strumentazioni utilizzate e fornirne evidenza al Cliente.

### 5.1.5. Risultati

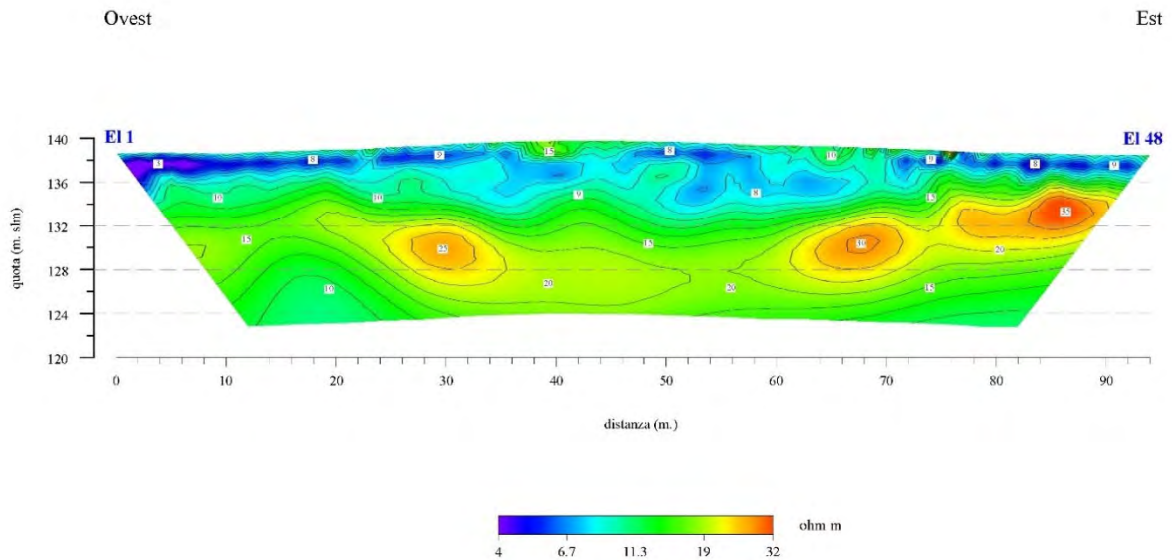
#### 5.1.5.1. ERT 1

Le posizioni e le quote di ogni picchetto sono state rilevate con GPS per una maggiore precisione. Le configurazioni acquisite hanno permesso di indagare e ricostruire delle sezioni in 2D per una lunghezza di 94 m fino ad una profondità di poco più di 15 m da piano campagna.

La successione elettrostratigrafica risultante appare piuttosto omogenea. È presente un allineamento di tre minimi resistivi, con valori, comunque, piuttosto bassi, compresi tra 25 e 35 Ohm/m alla profondità di circa 8-10 m. I minimi vengono intercettati, rispettivamente, in corrispondenza delle progressive 30, 68 e 85 metri circa. L'analisi combinata dei dati rilevati nell'indagine geoelettrica con quelli rilevati nell'indagine sismica individua la probabile presenza di un substrato litoide o pseudolitoide che viene intercettato ad una profondità variabile da circa 10-12 metri rispetto al p.c., nella parte occidentale del profilo e che tende a risalire nella parte più orientale.

ERT postazione n. 1

TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA

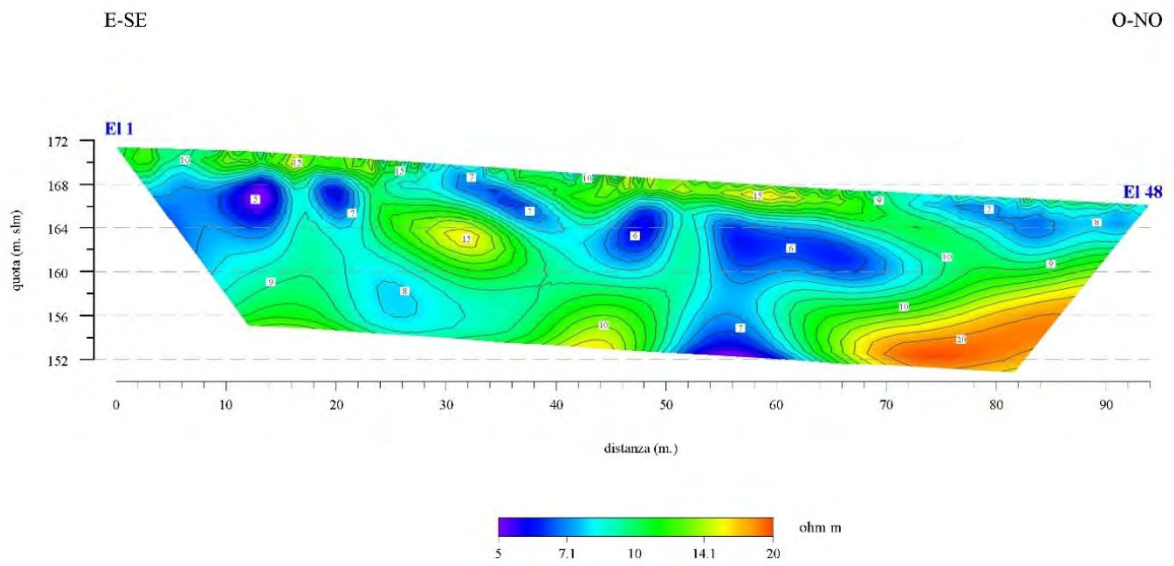


**5.1.5.2. ERT 2**

Le posizioni e le quote di ogni picchetto sono state rilevate con GPS per una maggiore precisione. Le configurazioni acquisite hanno permesso di indagare e ricostruire delle sezioni in 2D per una lunghezza di circa 94 m fino ad una profondità di poco meno di 20 m da piano campagna. La successione elettrostratigrafica risultante è molto omogenea con valori di resistività molto bassi (compresi tra 5 e 20 Ohm/metro) e tipici di sedimenti fini.

ERT postazione n. 2

TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA



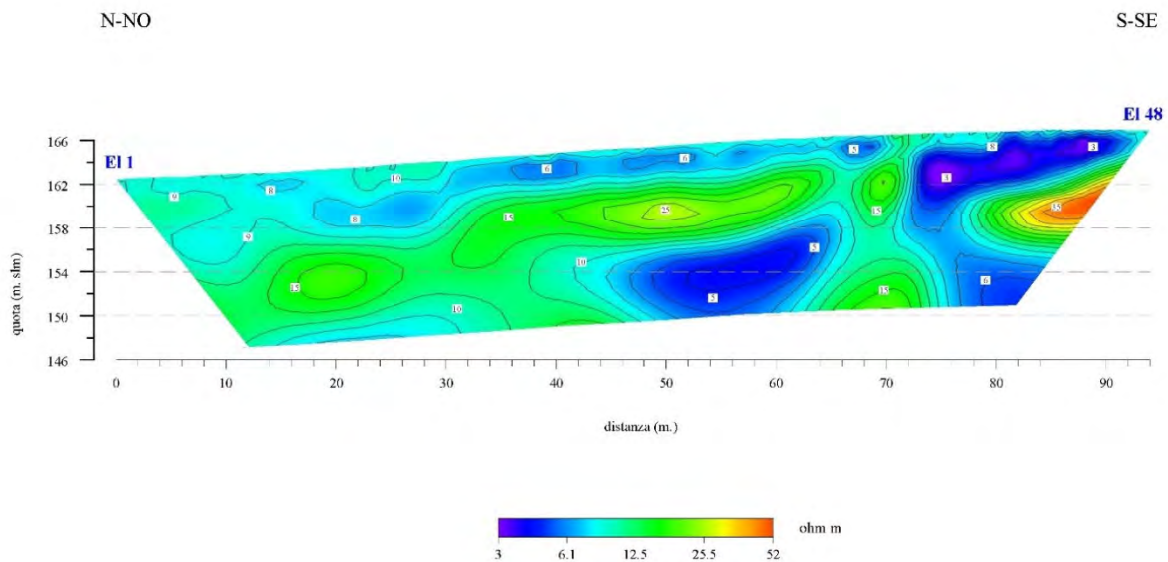
### 5.1.5.3. ERT 3

Le posizioni e le quote di ogni picchetto sono state rilevate con GPS per una maggiore precisione. Le configurazioni acquisite hanno permesso di indagare e ricostruire delle sezioni in 2D per una lunghezza di circa 94 m fino ad una profondità di circa 15 m da piano campagna.

La successione elettrostratigrafica risultante è molto omogenea con valori di resistività molto bassi (compresi tra 5 e 35 Ohm/metro) e tipici di sedimenti fini. Nella parte terminale del profilo si nota la presenza di un massimo di resistività con valori di circa 35 Ohm/m.

#### ERT postazione n. 3

TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA



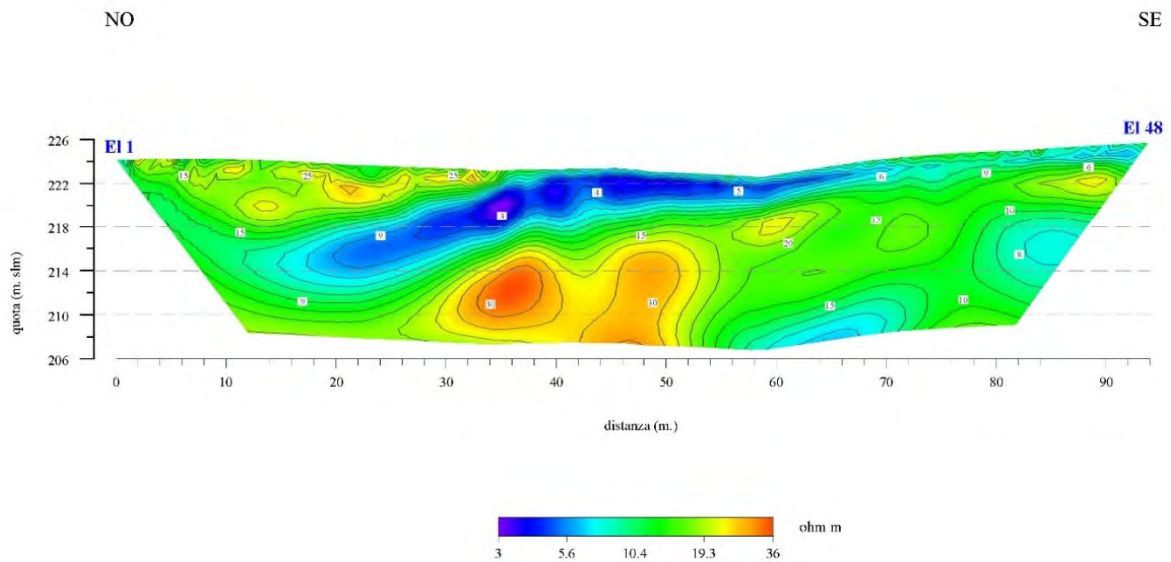


#### 5.1.5.4. ERT 4

Le posizioni e le quote di ogni picchetto sono state rilevate con GPS per una maggiore precisione. Le configurazioni acquisite hanno permesso di indagare e ricostruire delle sezioni in 2D per una lunghezza di circa 94 m fino ad una profondità di circa 15 m da piano campagna. La successione elettrostratigrafica risultante presenta un assetto abbastanza omogeneo caratterizzato da valori di resistività molto bassi (compresi tra 5 e 30 Ohm/metro) e tipici di sedimenti fini. Nella parte centrale del profilo si nota la presenza di due massimi di resistività con valori di circa 30 Ohm/m.

#### ERT postazione n. 4

TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA

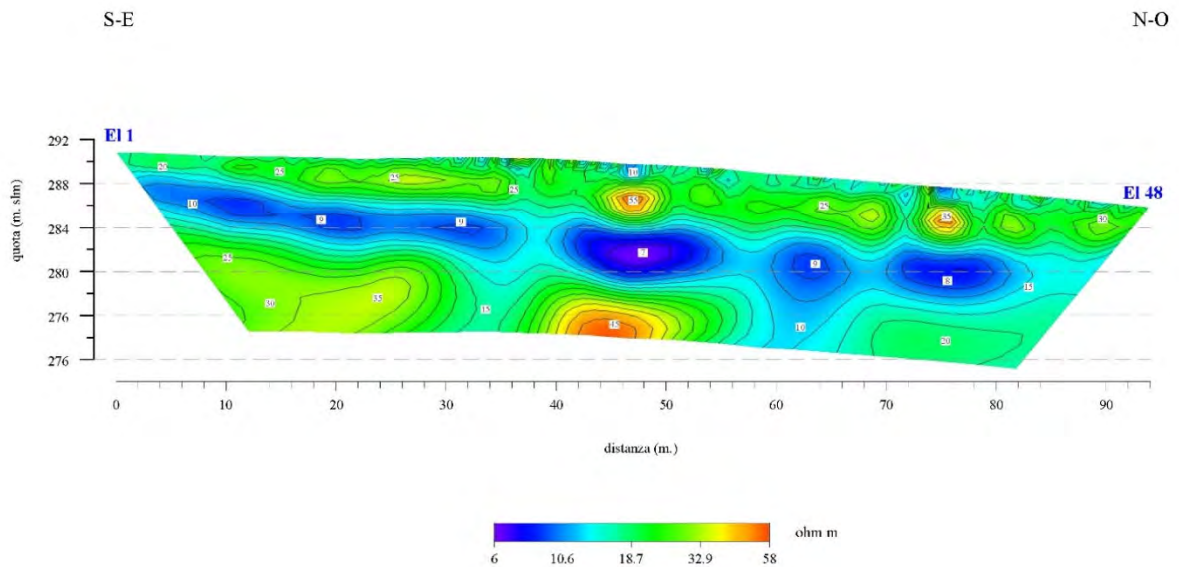


### 5.1.5.5. ERT 5

Le posizioni e le quote di ogni picchetto sono state rilevate con GPS per una maggiore precisione. Le configurazioni acquisite hanno permesso di indagare e ricostruire delle sezioni in 2D per una lunghezza di circa 94 m fino ad una profondità di circa 15 m da piano campagna. Fermo restando che i valori di resistività misurati risultano abbastanza bassi, la successione elettrostratigrafica definita dall'indagine attesta la presenza di tre strati con una diversa resistività: un primo strato superficiale, di spessore pari a circa 4-5 metri, caratterizzato da resistività variabili tra 20 e 50 Ohm/metro; un secondo strato, definito dall'allineamento di una serie di minimi di resistività, di spessore di circa 5 metri, caratterizzato da valori di resistività tra 5 e 7 Ohm/metro ed un terzo strato caratterizzato da un aumento, seppur contenuto entro i 40-45 Ohm/metro, dei valori di resistività.

#### ERT postazione n. 5

TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA

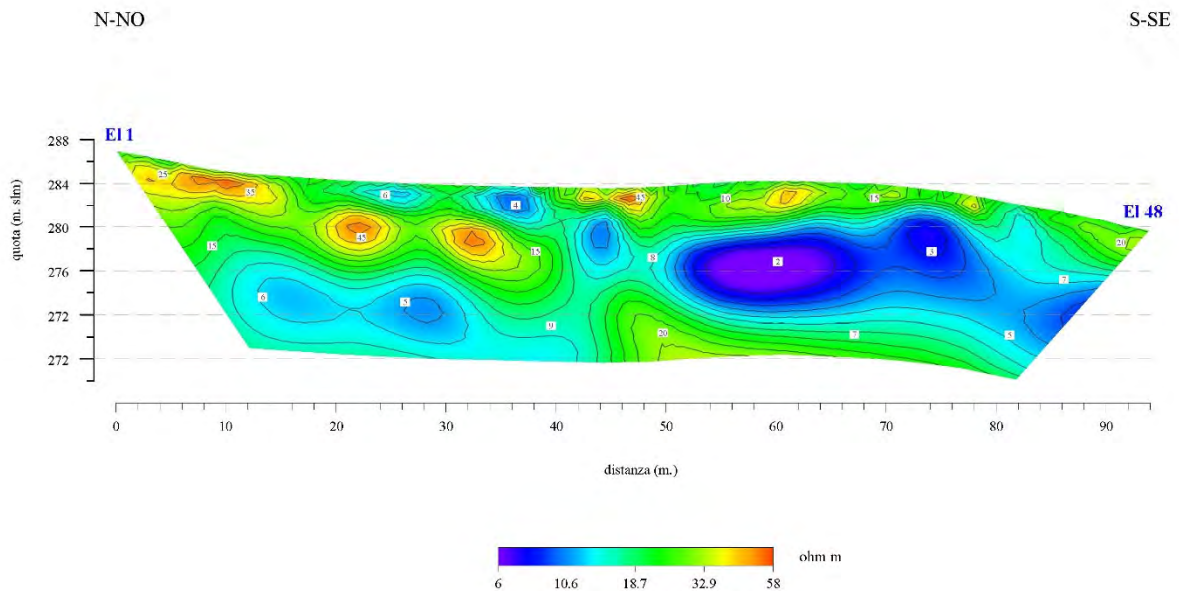


### 5.1.5.6. ERT 6

Le posizioni e le quote di ogni picchetto sono state rilevate con GPS per una maggiore precisione. Le configurazioni acquisite hanno permesso di indagare e ricostruire delle sezioni in 2D per una lunghezza di circa 94 m fino ad una profondità di poco più di 15 m da piano campagna. La successione elettrostratigrafica risultante presenta un assetto abbastanza omogeneo caratterizzato da valori di resistività molto bassi (generalmente contenuti entro i 10 Ohm/metro), tipici di sedimenti fini; si nota la presenza di puntuali massimi di resistività che, comunque, non superano il valore di 45 Ohm/metro.

#### ERT postazione n. 6

TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA

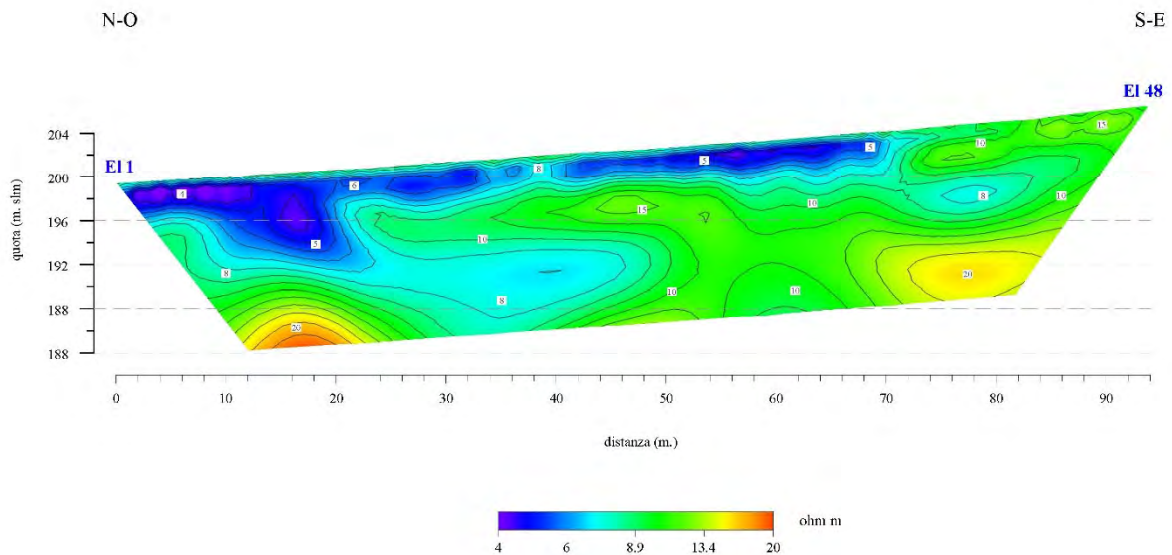


### 5.1.5.7. ERT 7

Le posizioni e le quote di ogni picchetto sono state rilevate con GPS per una maggiore precisione. Le configurazioni acquisite hanno permesso di indagare e ricostruire delle sezioni in 2D per una lunghezza di circa 94 m fino ad una profondità di poco più di 15 m da piano campagna. Anche in questo caso la successione elettrostratigrafica risultante presenta un assetto abbastanza omogeneo caratterizzato da valori di resistività molto bassi (generalmente contenuti entro i 10 Ohm/metro), tipici di sedimenti fini; solo marginalmente si rileva un innalzamento dei valori di resistività, senza, tuttavia, superare il valore di 30 Ohm/metro.

#### ERT postazione n. 7

#### TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA



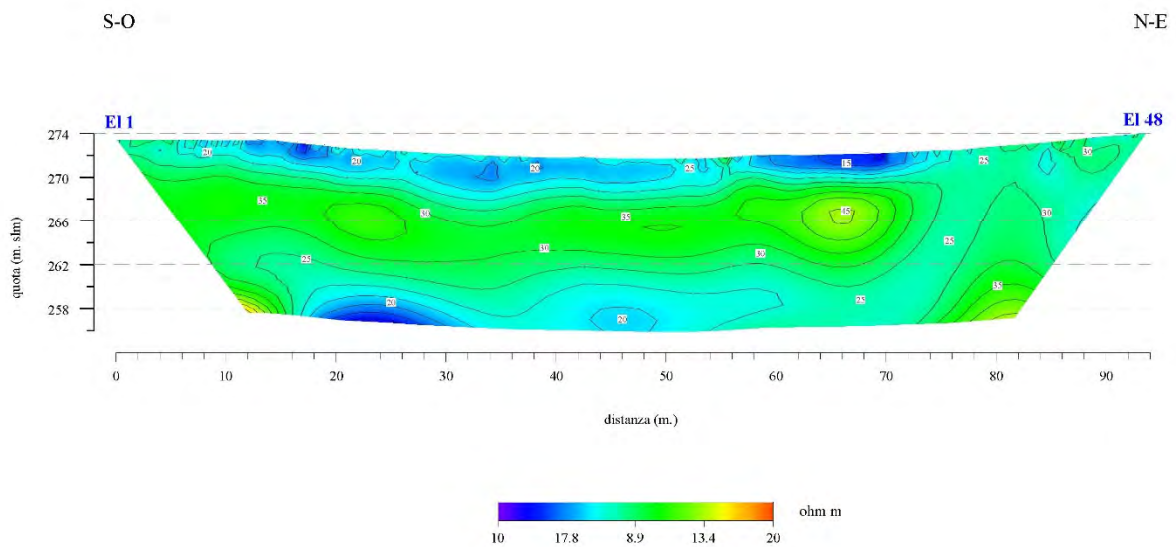
### 5.1.5.8. ERT 8

Le posizioni e le quote di ogni picchetto sono state rilevate con GPS per una maggiore precisione. Le configurazioni acquisite hanno permesso di indagare e ricostruire delle sezioni in 2D per una lunghezza di circa 94 m fino ad una profondità di poco più di 15 m da piano campagna.

In questo caso la successione elettrostratigrafica risultante presenta un assetto abbastanza omogeneo caratterizzato dalla presenza di uno strato superficiale, di spessore di pochi metri (3-4 metri) caratterizzato da valori di resistività apparente leggermente più bassi rispetto a valori rilevati nello strato sottostante (circa 20 Ohm/metro rispetto ai circa 40 Ohm/metro). I valori di resistività rilevati sono comunque tipici di sedimenti fini.

#### ERT postazione n. 8

##### TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA



## 6. LINEE SISMICHE

Nei paragrafi seguenti verranno descritte le metodiche, la strumentazione utilizzata e i risultati ottenuti.

### 6.1. Strumentazione

L'apparecchiatura d'indagine utilizzata da COSTAG Soc. Coop. per l'esecuzione di indagini sismiche (MASW e SRT) è costituita da un sismografo Ambrogeo, Modello ECHO 48/2014 a 48 canali, 24 bits, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo48/2014,
- 24 Geofoni verticali con  $f=4.5$  Hz,
- 48 Geofoni verticali con  $f=10$  Hz,
- 48 Geofoni orizzontali con  $f=10$  Hz,
- 1 Sorgente Mazza di 10 kg battente su piattello metallico

#### 6.1.1. Manutenzioni e tarature

Per garantire il corretto stato di efficienza degli strumenti utilizzati, COSTAG adotta, secondo quanto previsto dal Sistema Gestione Qualità, un piano di manutenzione e taratura.

Modalità e tempistiche generali sono definite in base alle indicazioni delle case di produzione, ma possono variare in funzione della frequenza di utilizzo.

Tutti gli strumenti impiegati per le indagini geofisiche sono soggetti a verifiche periodiche di taratura e funzionamento, a cura della casa costruttrice.

### 6.2. Indagini MASW

I metodi di *Multichannel Analysis of Surface Waves* consentono di ottenere un modello verticale delle VS a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh.

È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più un'unica velocità di propagazione, ma ogni frequenza è caratterizzata da una propria velocità.

Le diverse frequenze o lunghezze d'onda, interessano il terreno a diverse profondità e ne risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche. Questo comportamento viene definito dispersione in frequenza ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

Le lunghezze d'onda più grandi vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari. Per ogni strato si possono definire fino a quattro parametri: lo spessore, ad esclusione dell'ultimo considerato infinito; la densità; la velocità di propagazione delle onde di taglio Vs; il coefficiente di Poisson.

A partire dai parametri del sottosuolo è quindi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh e di Love per il sito in esame. Quanto detto rappresenta il problema diretto, quello cioè che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno permette di descrivere la dispersione delle onde di Rayleigh e di Love.

Nella prospezione occorre invece affrontare il problema inverso, a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici. La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi:

Acquisizione: registrazione e osservazione dei dati sismici contenenti le onde di Rayleigh

(componenti radiale e verticale) e di Love per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze (tipicamente 4.5 ÷ 60 Hz);

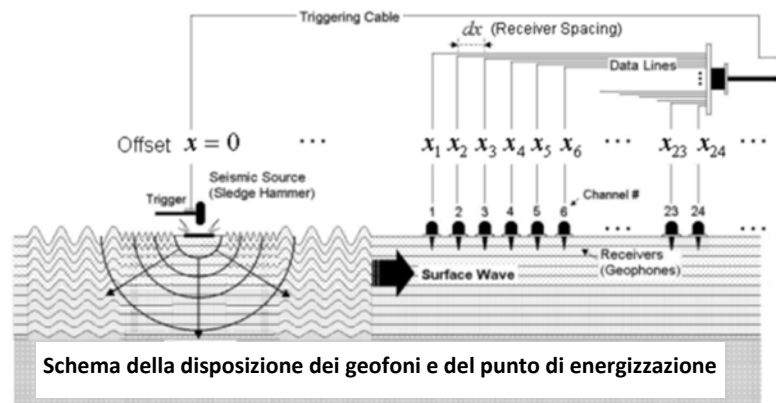
Processing: trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza (Spettro velocità di fase / frequenza);

Inversione matematica: elaborazione via software di un profilo monodimensionale della velocità delle onde S, vincolato da un modello di partenza ottenuto per modellazione diretta.

### 6.2.1. Schema della prova

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione.

È sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni (in questo caso 24 con frequenza propria di 4.5 Hz) allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale. Non esistono regole certe per la definizione della distanza intergeofonica, né per l'offset minimo (distanza sorgente ÷ primo geofono). In generale, stendimenti con lunghezze di 50 ÷ 70 m e due o tre punti di scoppio a distanze comprese tra 2.0 e 15.0 metri consentono una buona definizione degli spettri di frequenza. Nel caso delle onde superficie di Rayleigh, l'onda elastica, con le sue componenti verticale e radiale, si genera percuotendo il terreno con una mazza da 10 kg, con acquisizione mediante geofoni orizzontali, per la componente radiale (RVF), e verticali, per la componente verticale (ZVF). Nel caso delle onde superficiali di Love, l'onda elastica si genera applicando con una mazza da 10 kg uno sforzo orizzontale su una trave con acquisizione mediante geofoni orizzontali, per la componente tangenziale (THF).



Per stese di modesta lunghezza, oppure, nel caso di stendimenti più lunghi, con gravi di massa adeguata, o anche con un fucile sismico.

### 6.2.2. Sorgente onde sismiche

Nel caso delle onde di superficie (onde di Rayleigh), l'onda elastica si genera percuotendo il terreno con una mazza da 10 kg, per stese di modesta lunghezza, oppure, nel caso di stendimenti più lunghi, con gravi di massa adeguata, o anche con un fucile sismico.

Per ogni tipo di acquisizione sono state eseguite più battute su ciascun punto di scoppio ed è stata ottenuta la sommatoria (stack) al fine di migliorare il rapporto segnale/rumore.

Questa tecnica si rivela estremamente efficace in presenza di rumore random. Per poter verificare la ripetibilità della misura ed individuare eventuali problemi di triggering, un numero minimo di tre battute per ciascuna posizione di scoppio viene comunque acquisita anche in caso di assenza di disturbi. L'indagine MASW per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2,50 m compatibilmente con le condizioni logistiche e gli spazi disponibili del sito.

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz. Come sistema di energizzazione una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare

il rapporto segnale/rumore può essere eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

### 6.2.3. Software di elaborazione

Per il trattamento e l'analisi dei dati ottenuti dalla procedura MASW si è utilizzato il software SWAN (Surface Waves Analysis).

Il software SWAN consente l'analisi di dati sismici (common - shot gathers acquisiti in campagna) finalizzata all'elaborazione di profili verticali di VS (velocità delle onde di taglio). Tale risultato si ottiene tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di superficie basata su algoritmi genetici (tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici, o anche global - search method soft computing), che rispetto ai più comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente, offrono un'affidabilità del risultato superiore per precisione e completezza.

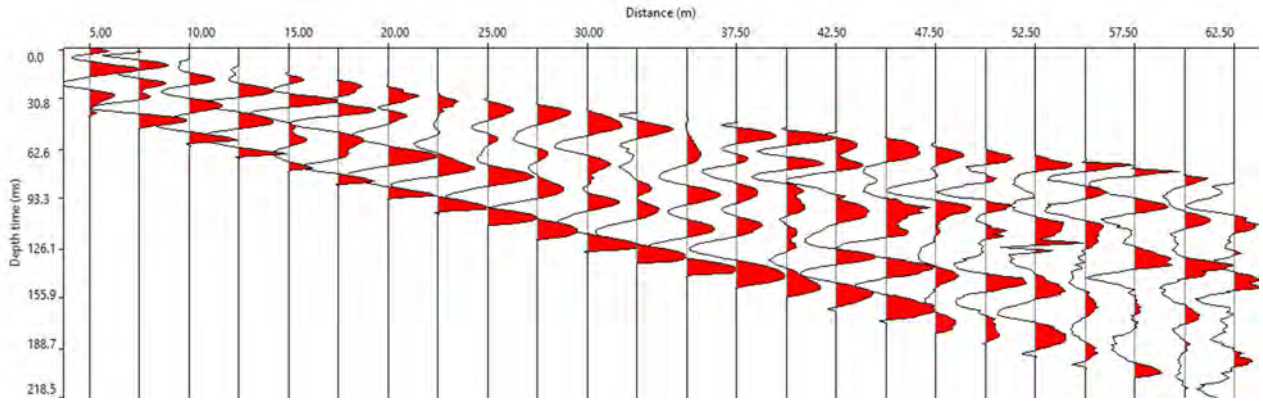
Questi ultimi forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. In altre parole, richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee. Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni. Attraverso la definizione di un "spazio di ricerca" geologicamente sensato (modello sismo-stratigrafico di riferimento), si ha la possibilità di valutare tutte le diverse possibili soluzioni. Migliori sono le informazioni a supporto del modello geologico di riferimento, più attendibili saranno i risultati ottenuti.

Nei paragrafi successivi vengono riportati i risultati dell'elaborazione dei dati acquisiti per MASW eseguito.

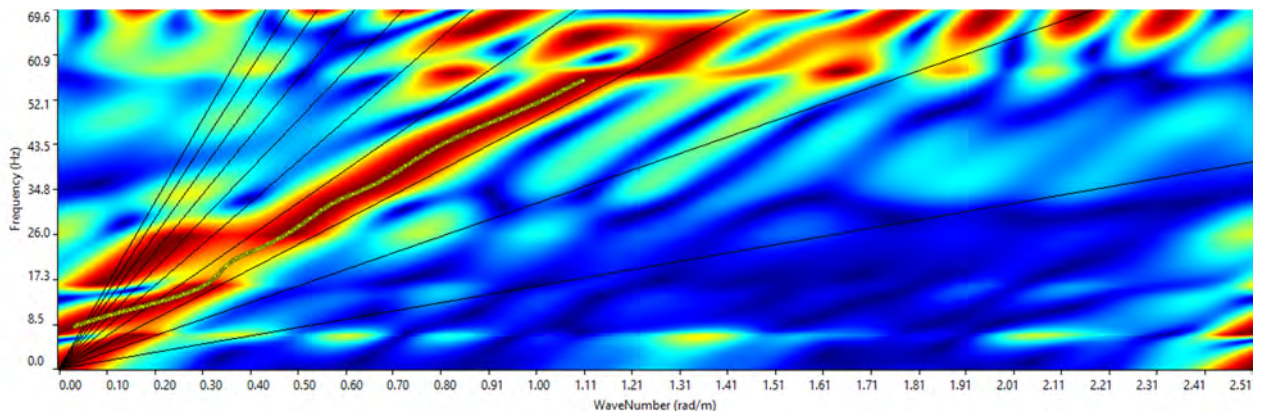


## 6.2.4. Risultati

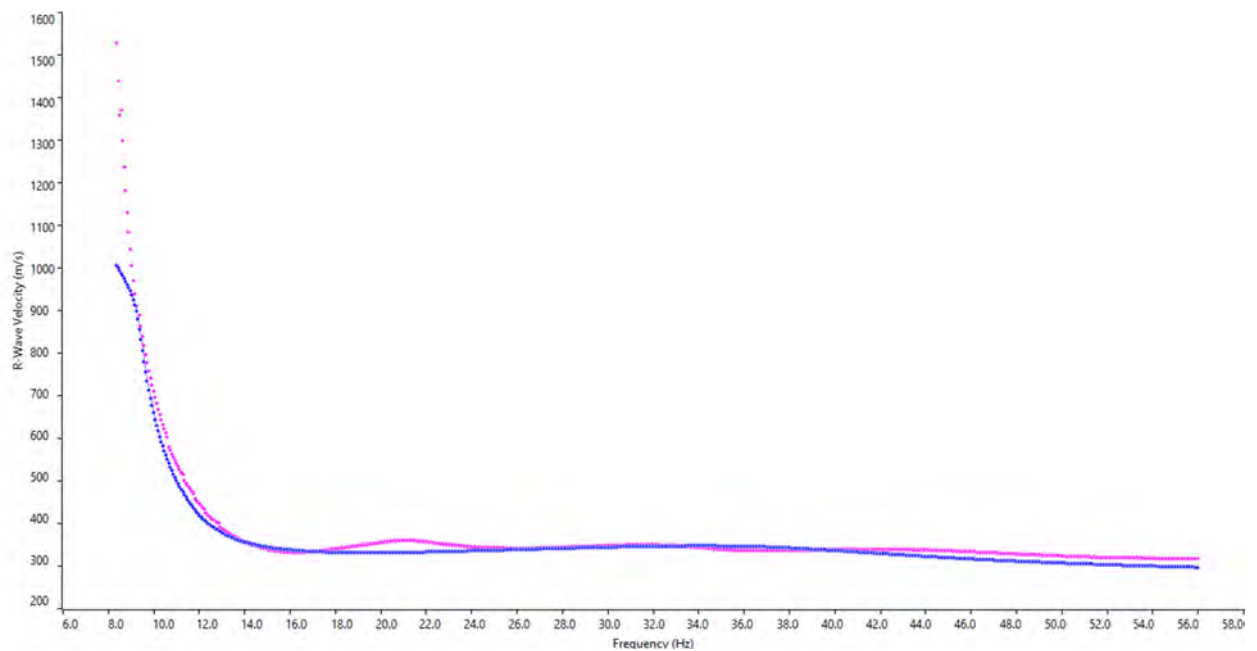
### 8.2.4.1 MASW 1



Sismogramma completo



Spettro F-K

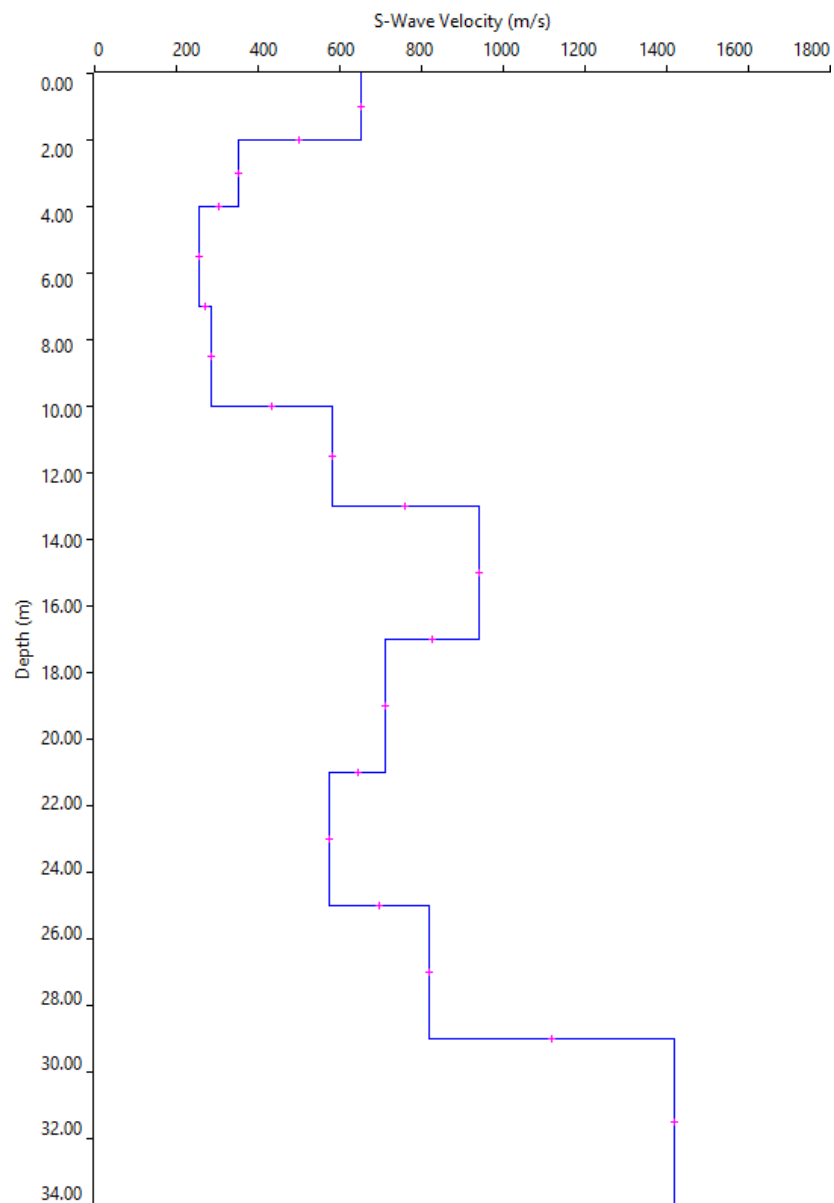


Match curva di dispersione sperimentale - teorica

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57,5 m).

Depth		Thickness	Vs	Vp	Poisson	Density
from	to	(m)	(m/s)	(m/s)		(g/cm <sup>3</sup> )
0	2	2	652	1303	0,333	1,8
2	4	2	350	700	0,333	1,8
4	7	3	259	513	0,333	1,8
7	10	3	286	570	0,333	1,8
10	13	3	581	1160	0,333	1,8
13	17	4	941	1881	0,333	1,8
17	21	4	712	1423	0,333	1,8
21	25	4	574	1148	0,333	1,8

Tabella 1 – Modello sismico monodimensionale



Profilo delle onde di taglio dalla superficie (MASW 1)

A partire dal modello sismico restituito, è possibile calcolare il valore delle  $V_{Seq}$ , che rappresenta la velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S nei primi metri di profondità da una quota scelta, secondo la relazione, riportata nel D.M. 17.01.2018 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

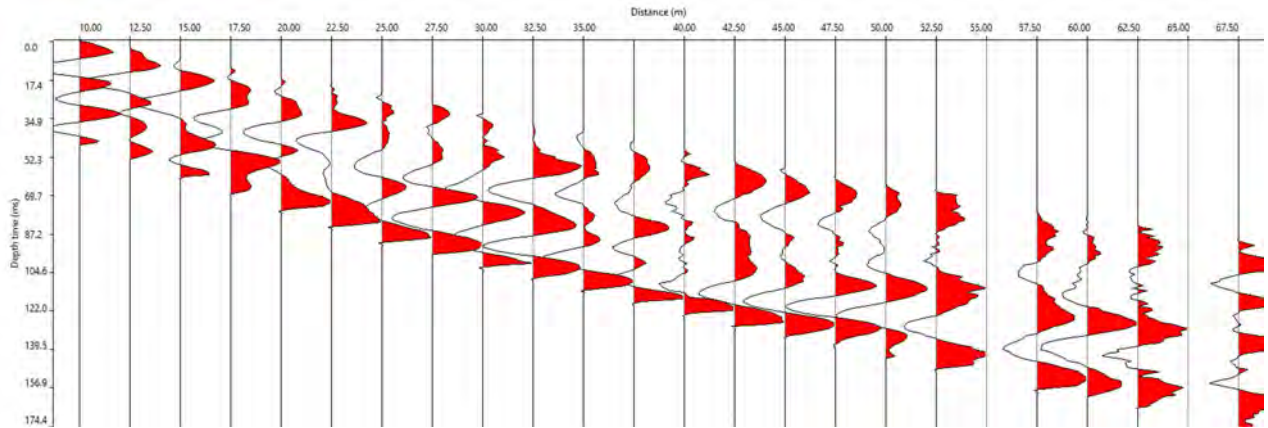
$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h(strato)$  e dalla velocità delle onde S  $V_s(strato)$ .

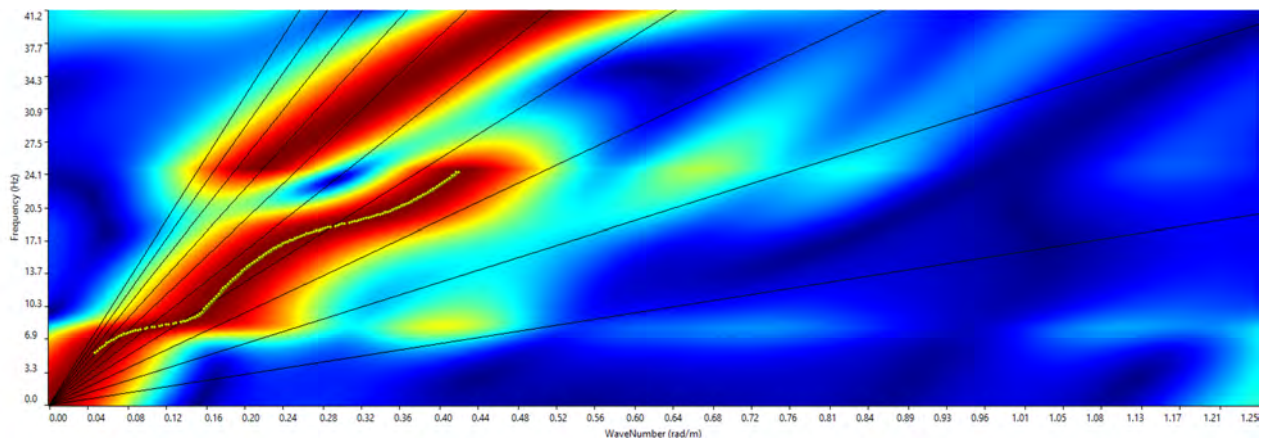
Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale si ottiene  $V_{s,eq} = 361$  m/s.

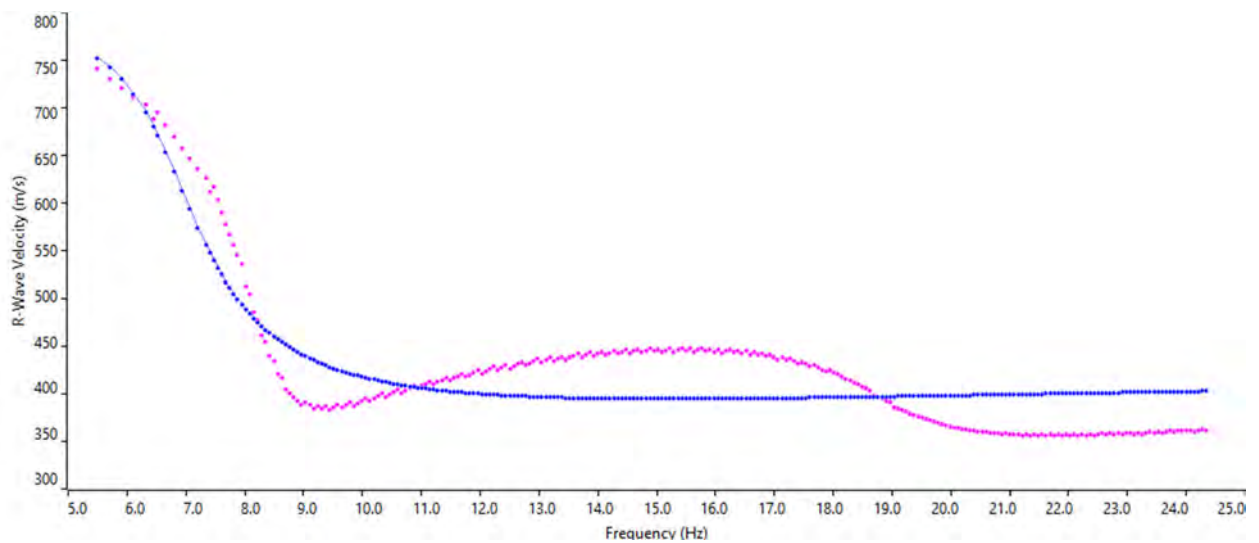
6.2.4.1. MASW 2



Sismogramma completo



Spettro F-K

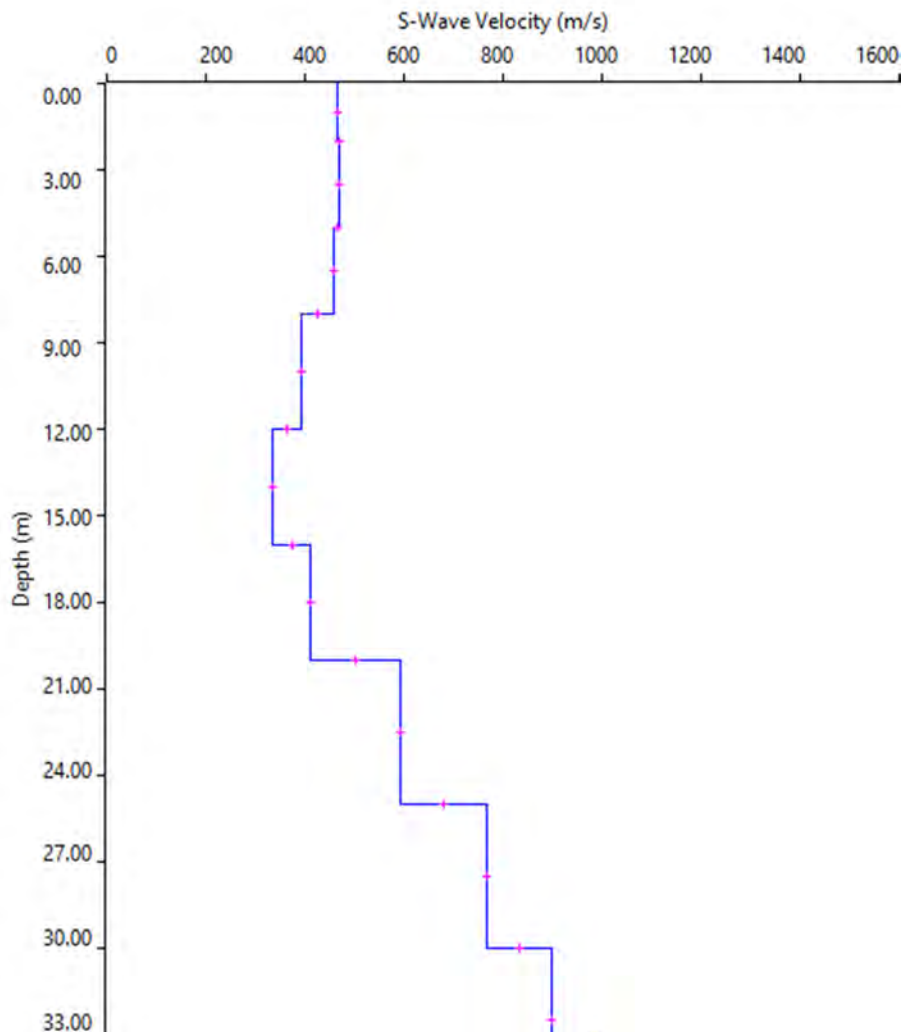


Match curva di dispersione sperimentale – teorica

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57,5 m).

Depth		Thickness	Vs	Vp	Poisson	Density
from	to	(m)	(m/s)	(m/s)		(g/cm <sup>3</sup> )
0	2	2	466	931	0,333	1,8
2	5	3	470	939	0,333	1,8
5	8	3	459	917	0,333	1,8
8	12	4	393	786	0,333	1,8
12	16	4	334	667	0,333	1,8
16	20	4	412	823	0,333	1,8
20	25	5	593	1185	0,333	1,8
25	30	5	768	1534	0,333	1,8
30	35	5	897	1792	0,333	1,8
35	-	-	983	1964	0,333	1,8

Tabella 2 – Modello sismico monodimensionale



Profilo delle onde di taglio dalla superficie

A partire dal modello sismico restituito, è possibile calcolare il valore delle  $V_{s,eq}$ , che rappresenta la velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S nei primi metri di profondità da una quota scelta, secondo la relazione, riportata nel D.M. 17.01.2018 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

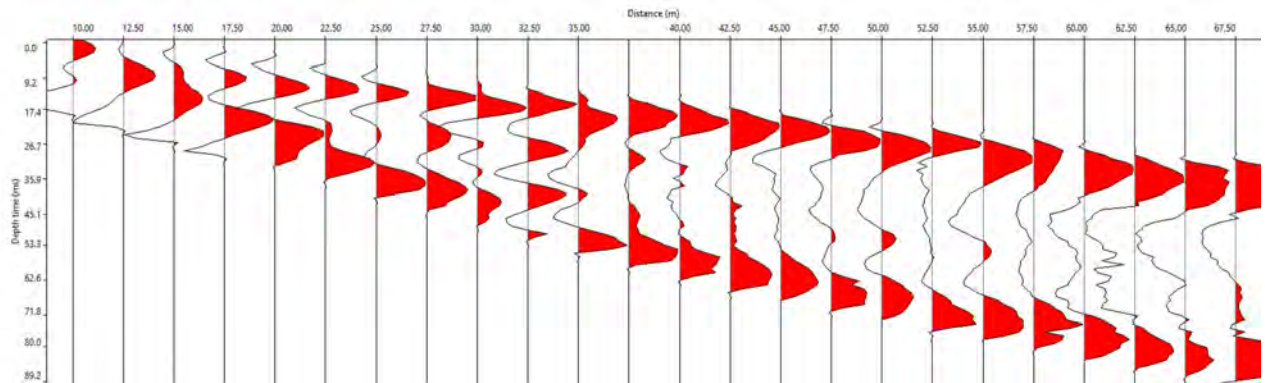
Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h(strato)$  e dalla velocità delle onde S  $V_s(strato)$ .

Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

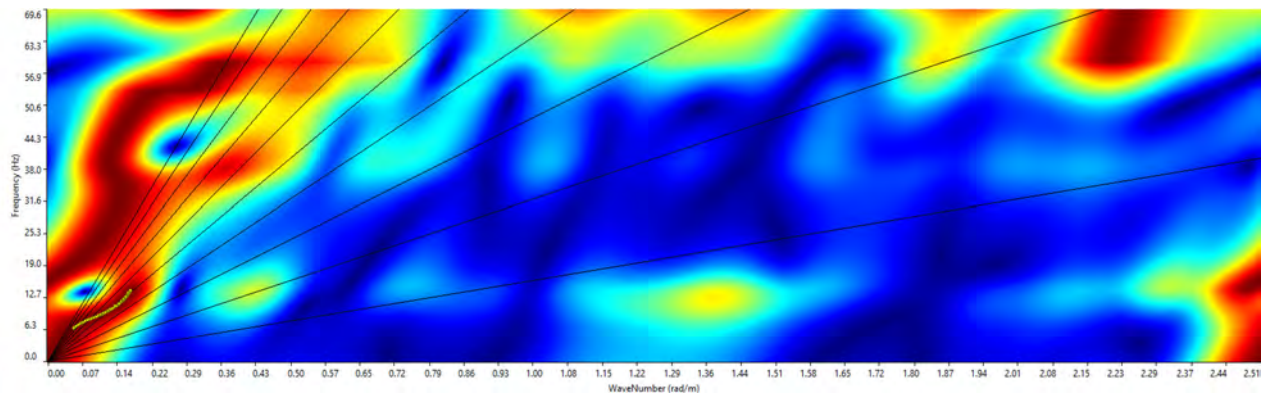
Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale si ottiene  $V_{s,eq} = 469$  m/s.

6.2.4.2.

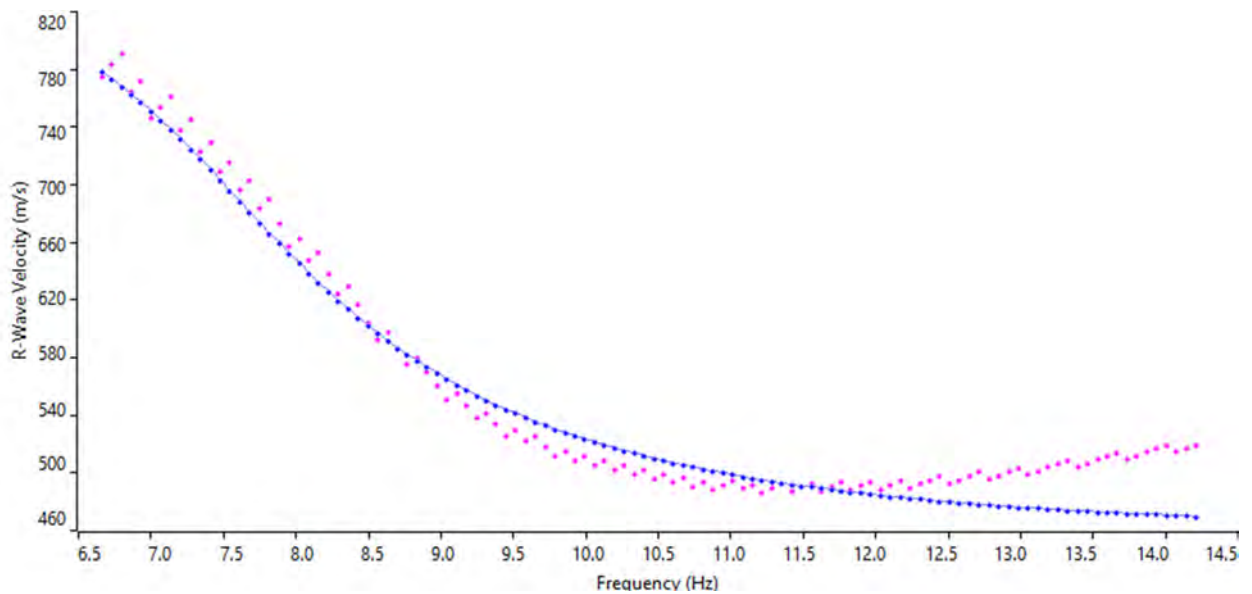
6.2.4.3. MASW 3



Sismogramma completo



Spettro F-K



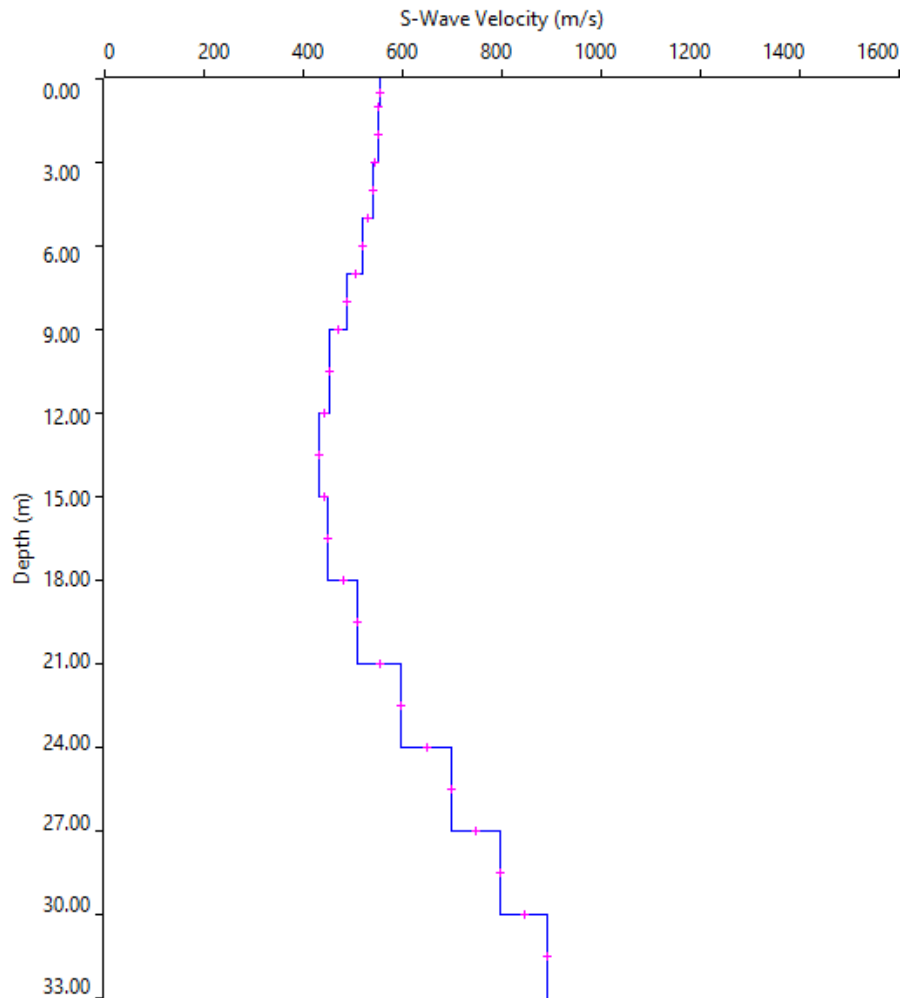
Match curva di dispersione sperimentale – teorica

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57,5 m).

Depth		Thickness	Vs	Vp	Poisson	Density
from	to	(m)	(m/s)	(m/s)		(g/cm <sup>3</sup> )
0	1	1	553	1105	0,333	1,8
1	3	2	550	1099	0,333	1,8
3	5	2	541	1081	0,333	1,8
5	7	2	521	1041	0,333	1,8
7	9	2	489	977	0,333	1,8
9	12	3	453	905	0,333	1,8
12	15	3	433	865	0,333	1,8
15	18	3	450	899	0,333	1,8
18	21	3	510	1019	0,333	1,8
21	24	3	598	1195	0,333	1,8
24	27	3	697	1393	0,333	1,8
27	30	3	797	1593	0,333	1,8
30	33	3	892	1783	0,333	1,8
33	37	4	978	1955	0,333	1,8
37	-	-	1053	2104	0,333	1,8

Tabella 2 – Modello sismico monodimensionale





Profilo delle onde di taglio dalla superficie

A partire dal modello sismico restituito, è possibile calcolare il valore delle  $V_{Sequ}$ , che rappresenta la velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S nei primi metri di profondità da una quota scelta, secondo la relazione, riportata nel D.M. 17.01.2018 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

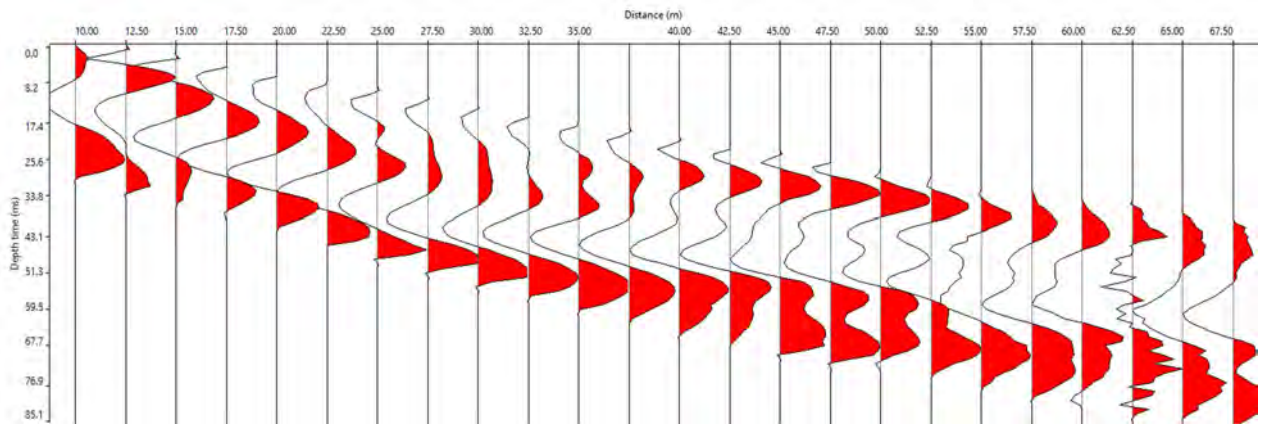
$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h(strato)$  e dalla velocità delle onde S  $V_s(strato)$ .

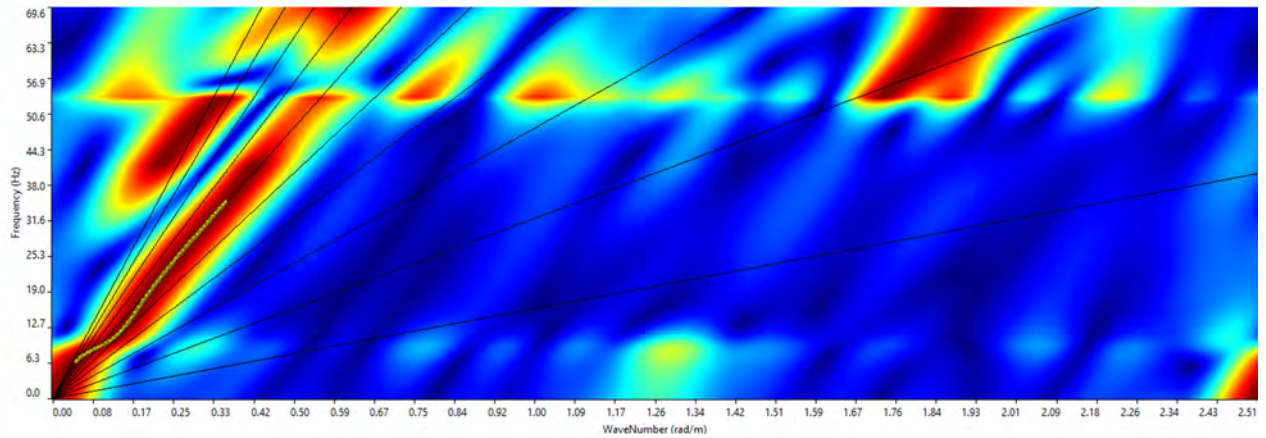
Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale si ottiene  $V_{s,eq} = 533$  m/s.

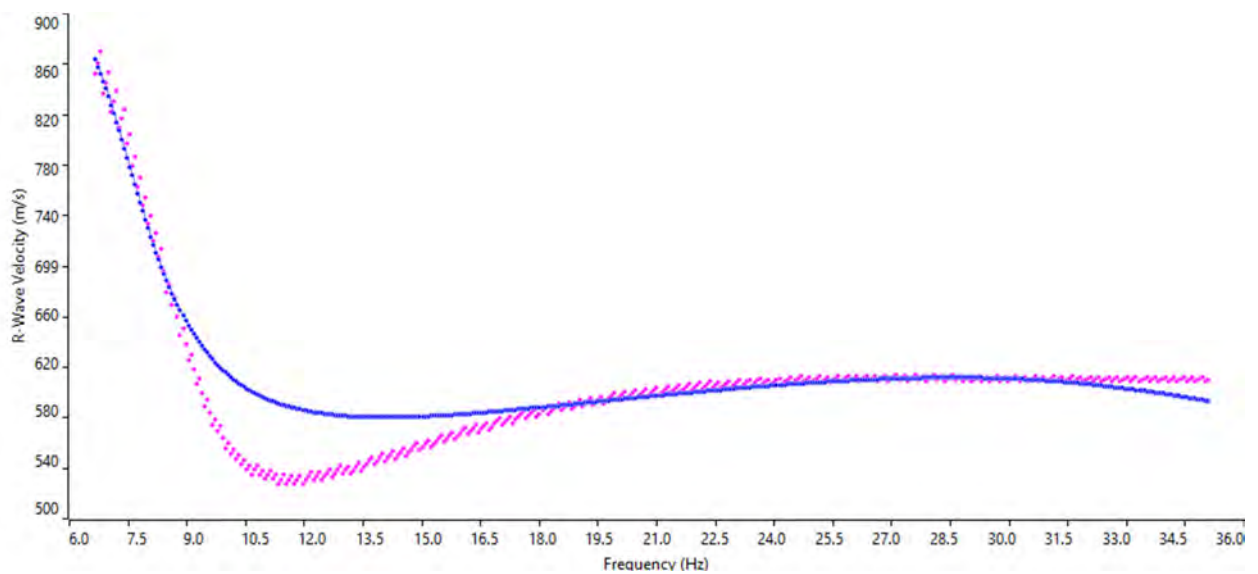
6.2.4.4. MASW 4



Sismogramma completo



Spettro F-K

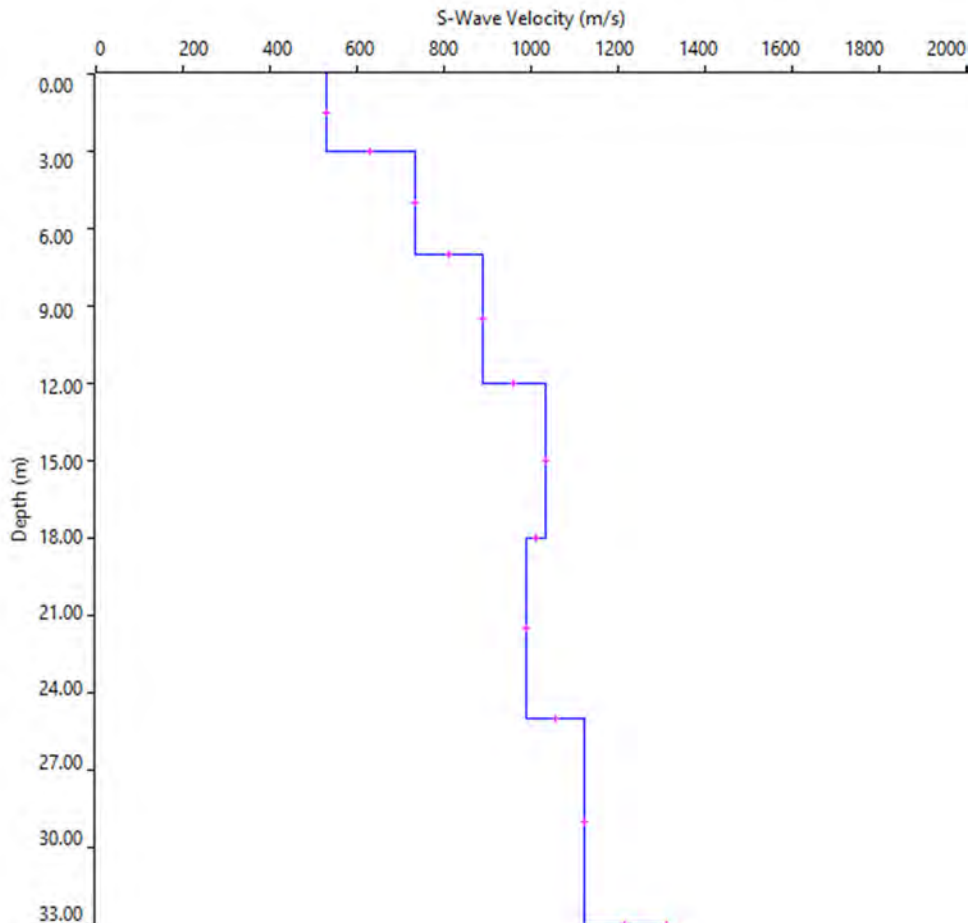


Match curva di dispersione sperimentale – teorica

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57,5 m).

Depth		Thickness	Vs	Vp	Poisson	Density
from	to	(m)	(m/s)	(m/s)		(g/cm <sup>3</sup> )
0	3	3	528	1055	0,333	1,8
3	7	4	733	1465	0,333	1,8
7	12	5	889	1777	0,333	1,8
12	18	6	1033	2064	0,333	1,8
18	25	7	989	1977	0,333	1,8
25	33	8	1122	2242	0,333	1,8
33	-	-	1311	2620	0,333	1,8

Tabella 2 – Modello sismico monodimensionale



Profilo delle onde di taglio dalla superficie

A partire dal modello sismico restituito, è possibile calcolare il valore delle  $V_{Sequ}$ , che rappresenta la velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S nei primi metri di profondità da una quota scelta, secondo la relazione, riportata nel D.M. 17.01.2018 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

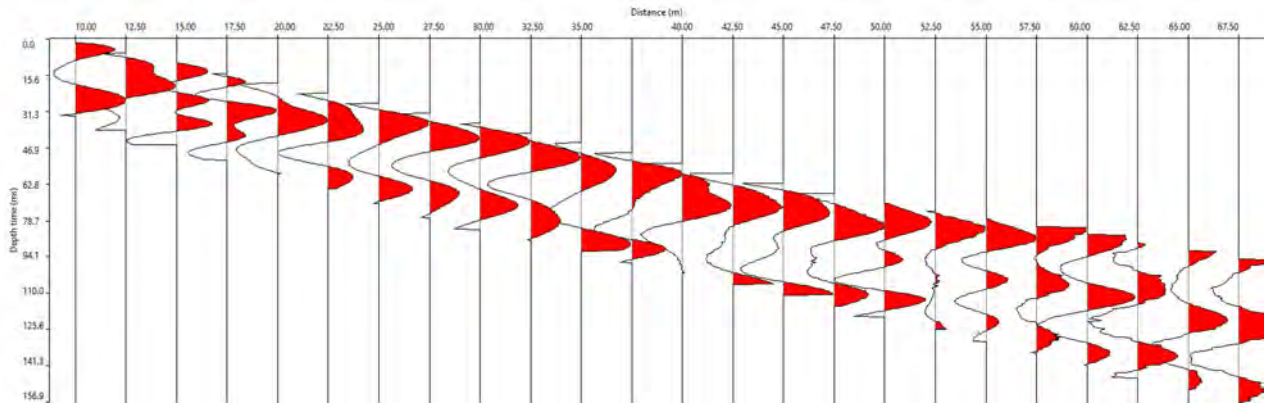
$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h(strato)$  e dalla velocità delle onde  $S V_s(strato)$ .

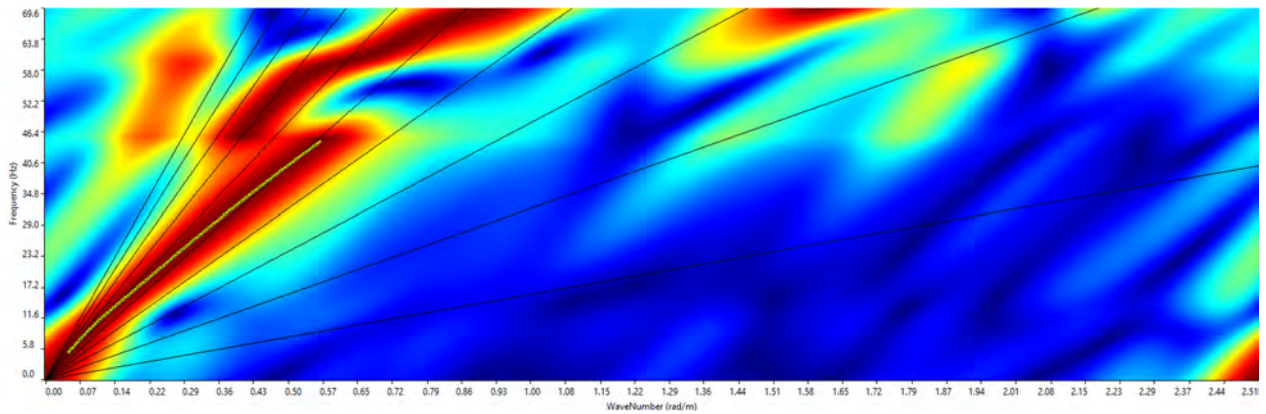
Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale si ottiene  $V_{s,eq} = 628$  m/s.

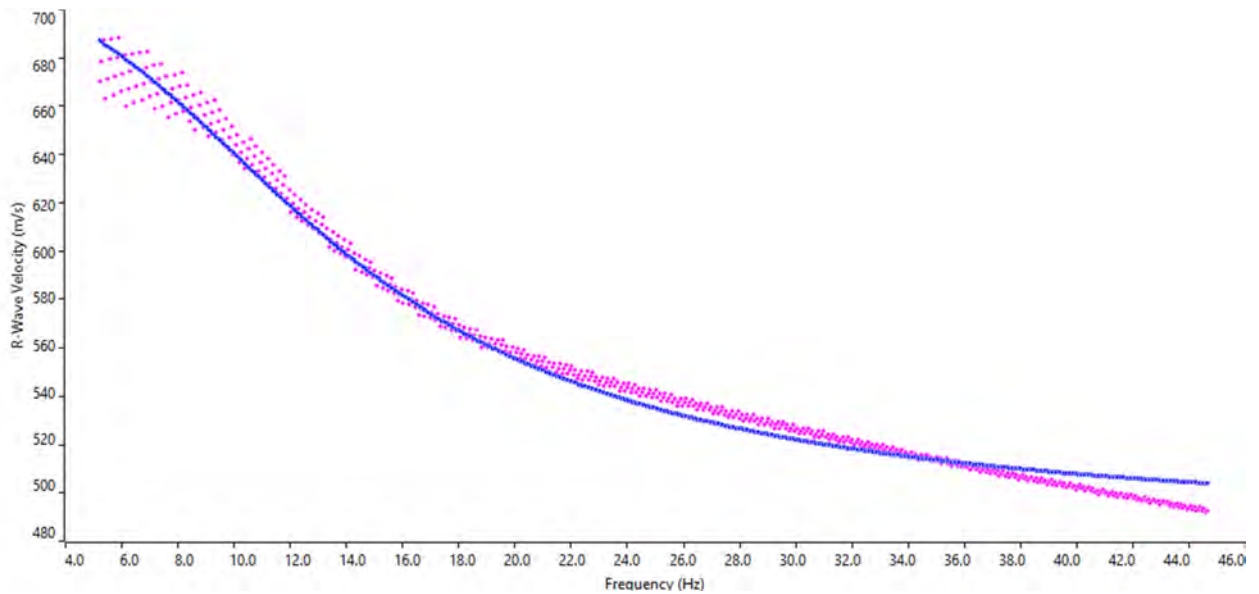
**6.2.4.5. MASW 5**



Sismogramma completo



Spettro F-K

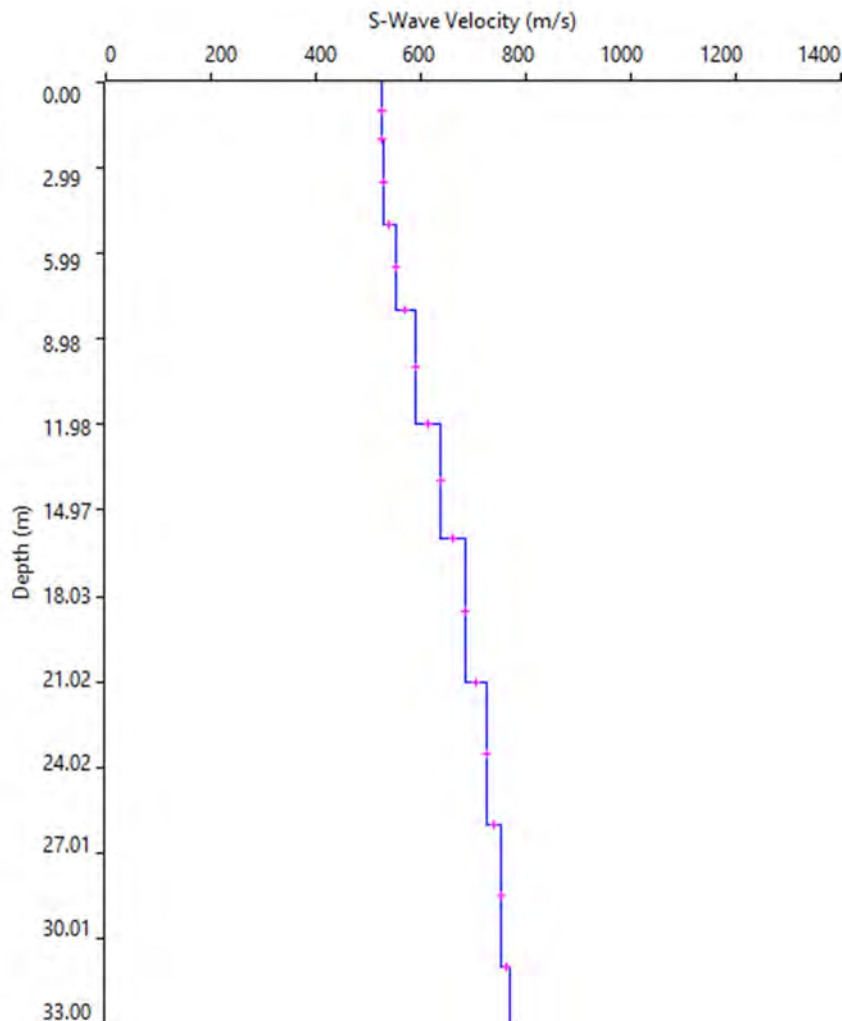


Match curva di dispersione sperimentale – teorica

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57,5 m).

Depth		Thickness	Vs	Vp	Poisson	Density
from	to	(m)	(m/s)	(m/s)		(g/cm <sup>3</sup> )
0	2	2	524	1047	0,333	1,8
2	5	3	529	1057	0,333	1,8
5	8	3	551	1101	0,333	1,8
8	12	4	589	1177	0,333	1,8
12	16	4	637	1273	0,333	1,8
16	21	5	685	1369	0,333	1,8
21	26	5	724	1447	0,333	1,8
26	31	5	753	1505	0,333	1,8
31	37	6	770	1539	0,333	1,8
37	-	-	783	1565	0,333	1,8

Tabella 2 – Modello sismico monodimensionale



Profilo delle onde di taglio dalla superficie

A partire dal modello sismico restituito, è possibile calcolare il valore delle  $V_{s,eq}$ , che rappresenta la velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S nei primi metri di profondità da una quota scelta, secondo la relazione, riportata nel D.M. 17.01.2018 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

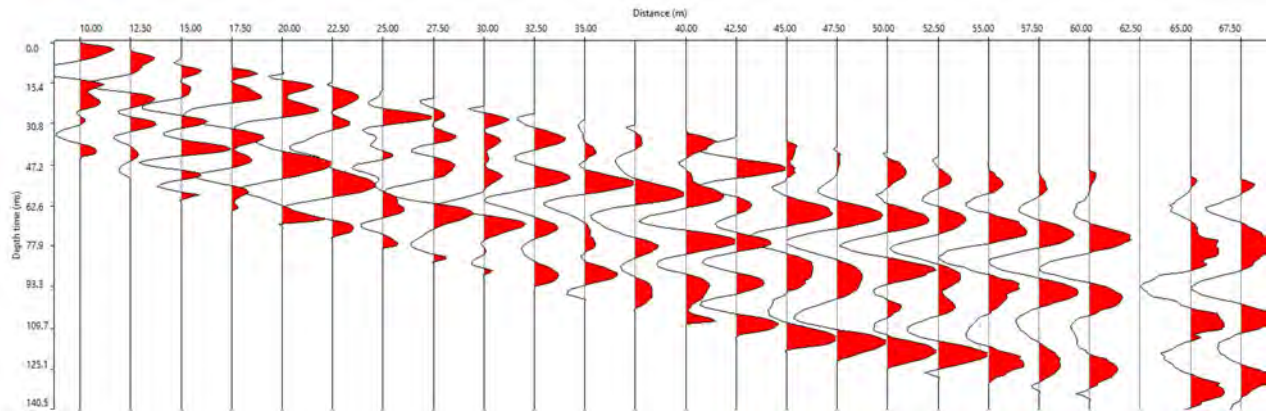
$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h(strato)$  e dalla velocità delle onde S  $V_s(strato)$ .

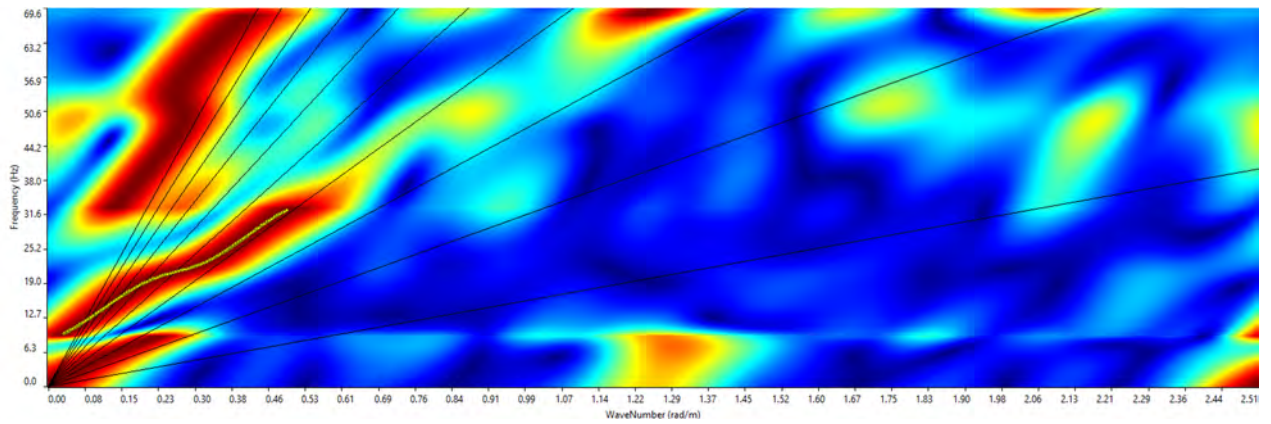
Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale si ottiene  $V_{s,eq} = 631$  m/s.

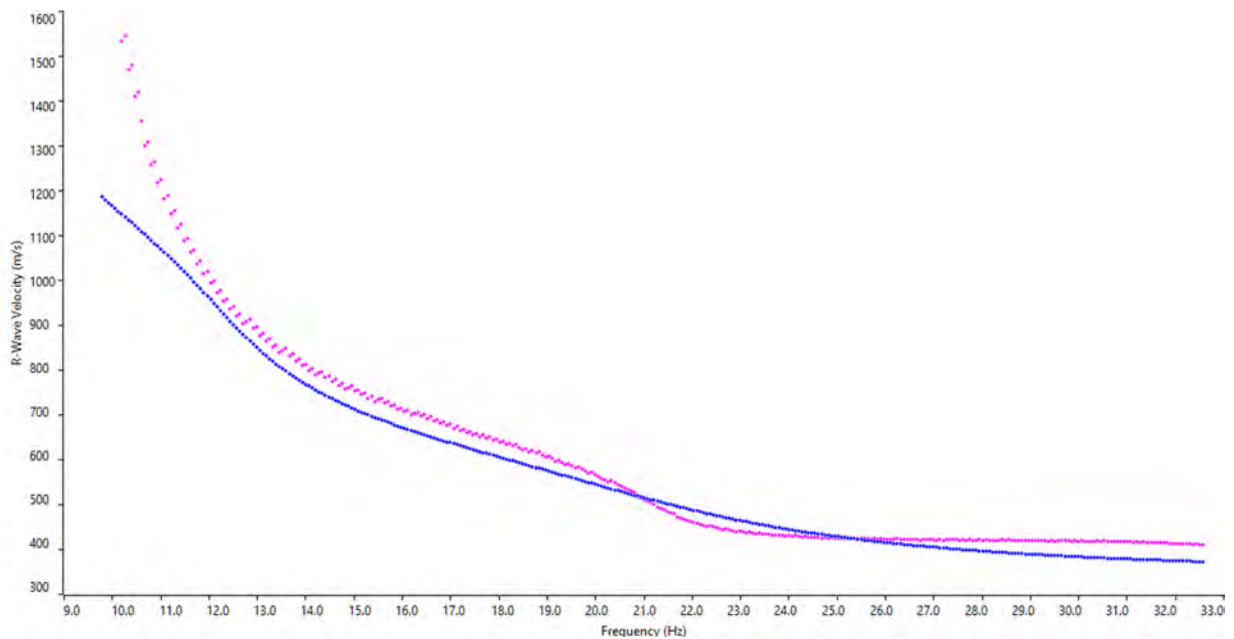
6.2.4.6. MASW 6



Sismogramma completo



Spettro F-K



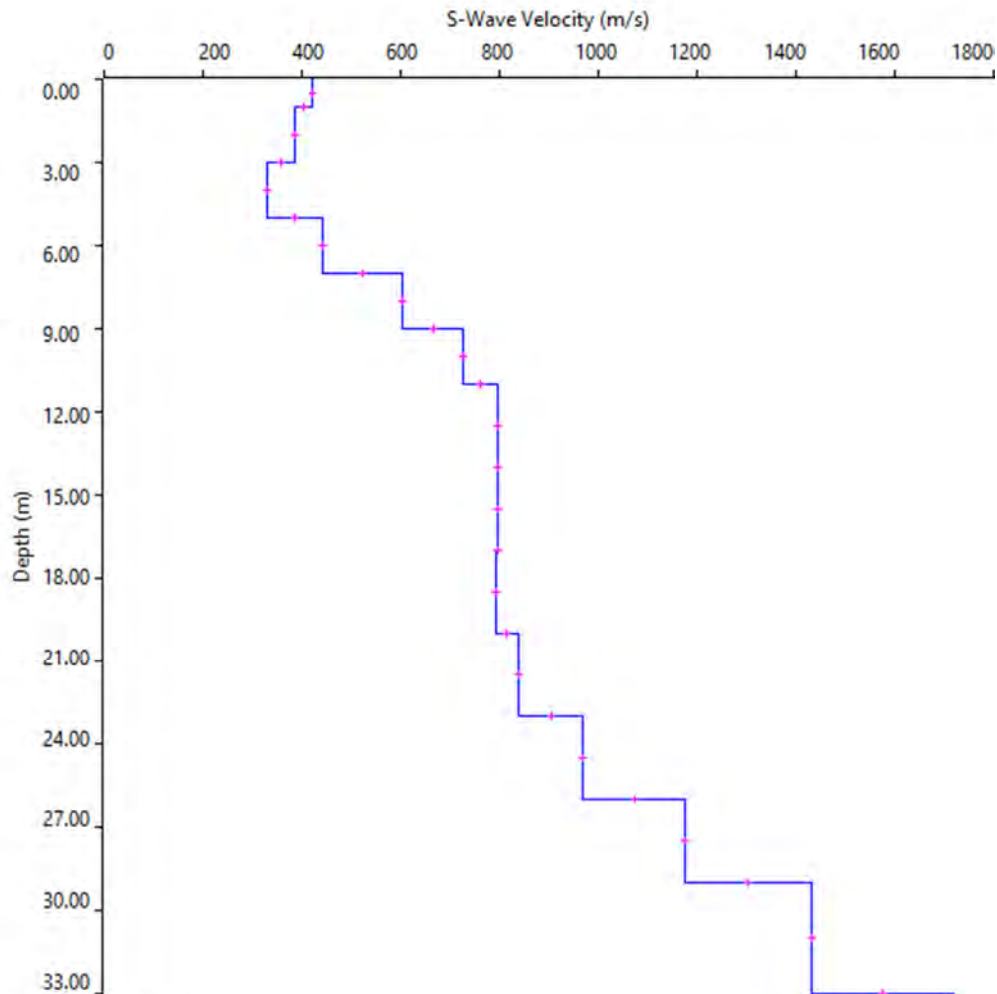
Match curva di dispersione sperimentale – teorica

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57,5 m).



Depth		Thickness	Vs	Vp	Poisson	Density
from	to	(m)	(m/s)	(m/s)		(g/cm <sup>3</sup> )
0	1	1	420	840	0,333	1,8
1	3	2	385	769	0,333	1,8
3	5	2	330	659	0,333	1,8
5	7	2	441	881	0,333	1,8
7	9	2	603	1206	0,333	1,8
9	11	2	727	1453	0,333	1,8
11	14	3	795	1589	0,333	1,8
14	17	3	798	1595	0,333	1,8
17	20	3	792	1583	0,333	1,8
20	23	3	839	1677	0,333	1,8
23	26	3	970	1939	0,333	1,8
26	29	3	1176	2350	0,333	1,8
29	33	4	1431	2859	0,333	1,8
33	37	4	1718	3433	0,333	1,8
37	-	-	2012	4021	0,333	1,8

Tabella 2 – Modello sismico monodimensionale



Profilo delle onde di taglio dalla superficie

A partire dal modello sismico restituito, è possibile calcolare il valore delle  $V_{Sequ}$ , che rappresenta la velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S nei primi metri di profondità da una quota scelta, secondo la relazione, riportata nel D.M. 17.01.2018 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

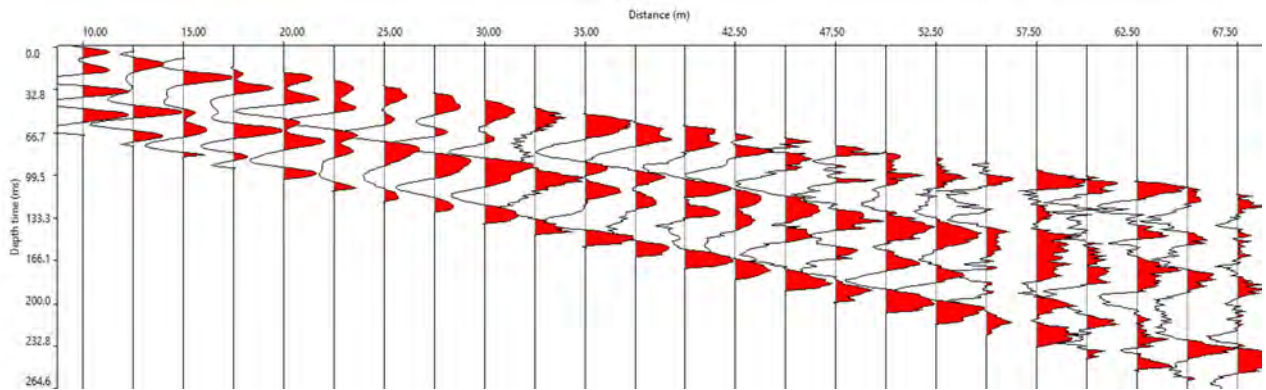
$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h(strato)$  e dalla velocità delle onde S  $V_s(strato)$ .

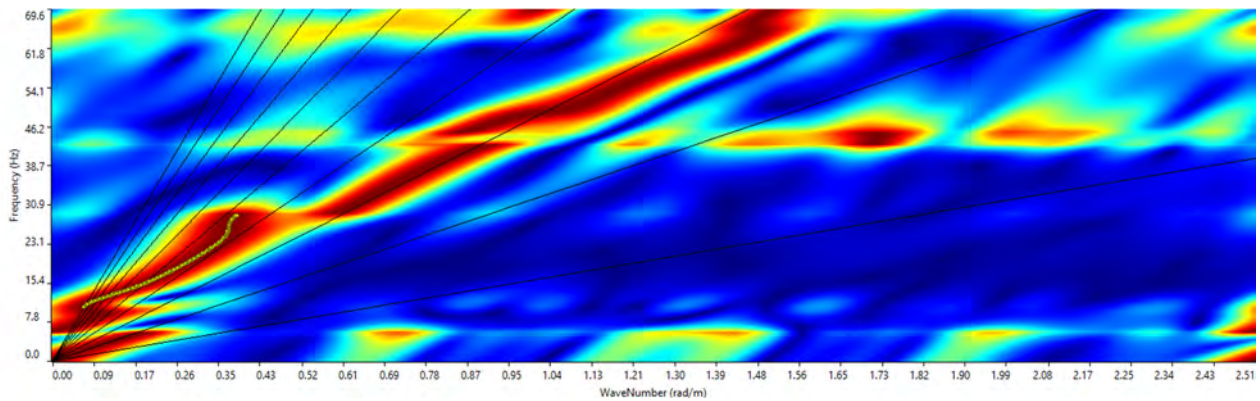
Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale si ottiene  $V_{s,eq} = 562$  m/s.

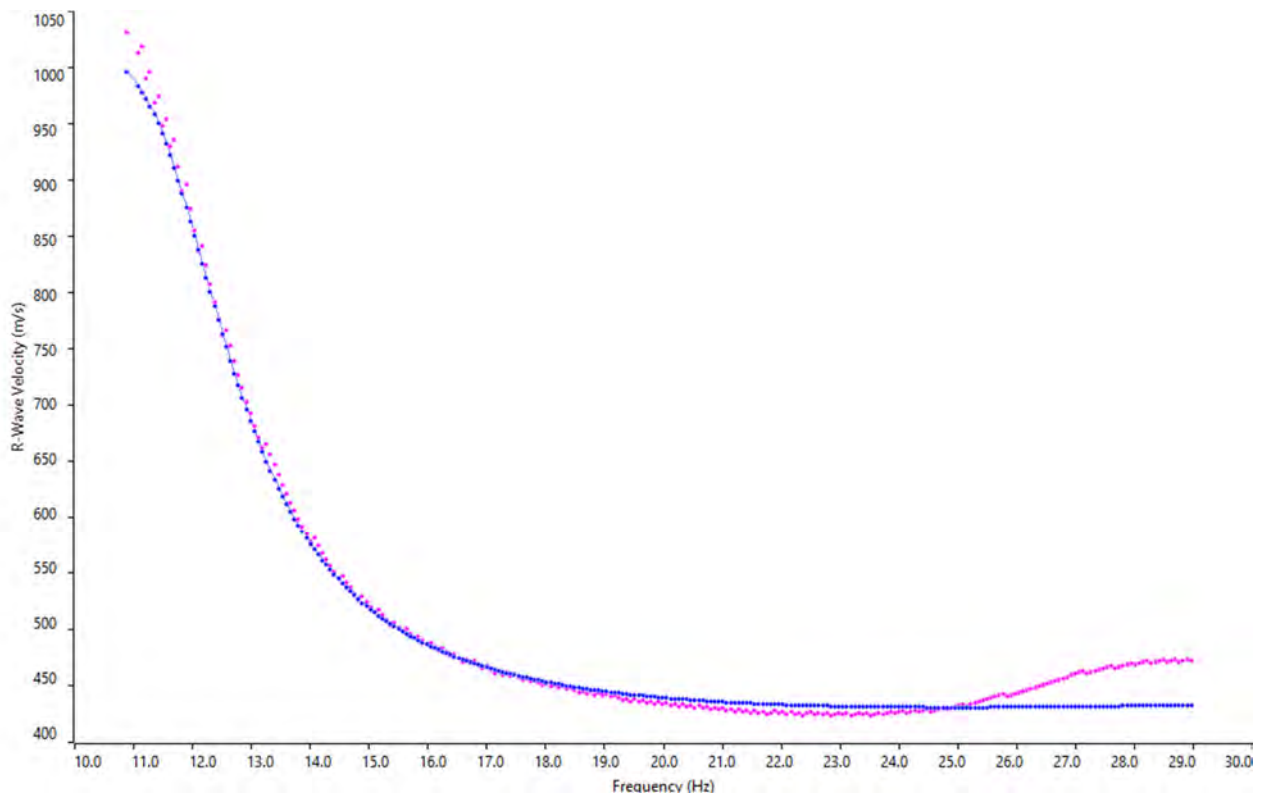
6.2.4.7. MASW 7



Sismogramma completo



Spettro F-K



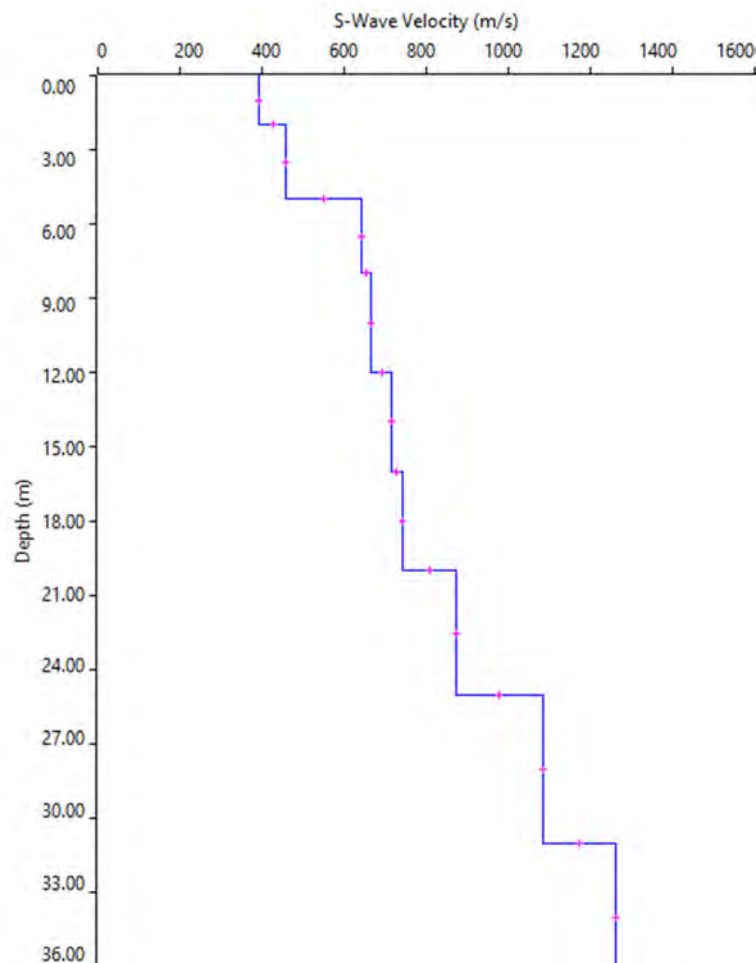
Match curva di dispersione sperimentale – teorica

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde

sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57,5 m).

Depth		Thickness	Vs	Vp	Poisson	Density
from	to	(m)	(m/s)	(m/s)		(g/cm <sup>3</sup> )
0	2	2	392	783	0,333	1,8
2	5	3	458	915	0,333	1,8
5	8	3	643	1285	0,333	1,8
8	12	4	667	1333	0,333	1,8
12	16	4	715	1429	0,333	1,8
16	20	4	742	1483	0,333	1,8
20	25	5	872	1743	0,333	1,8
25	31	6	1084	2166	0,333	1,8
31	37	6	1260	2518	0,333	1,8
37	-	-	1412	2822	0,333	1,8

Tabella 2 – Modello sismico monodimensionale



Profilo delle onde di taglio dalla superficie

A partire dal modello sismico restituito, è possibile calcolare il valore delle  $V_{s,eq}$ , che rappresenta la velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S nei primi metri di profondità da una quota scelta, secondo la relazione, riportata nel D.M. 17.01.2018 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

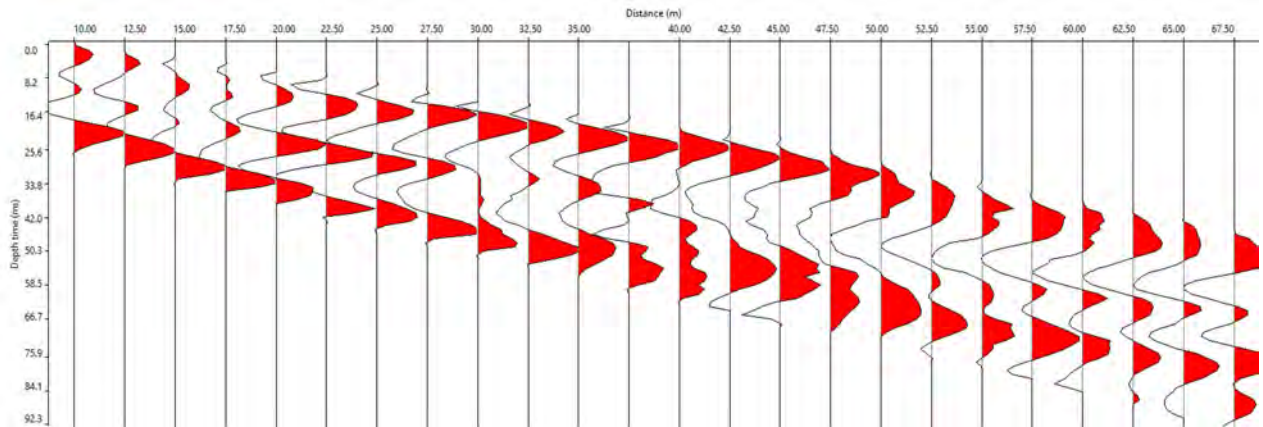
$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h(strato)$  e dalla velocità delle onde S  $V_s(strato)$ .

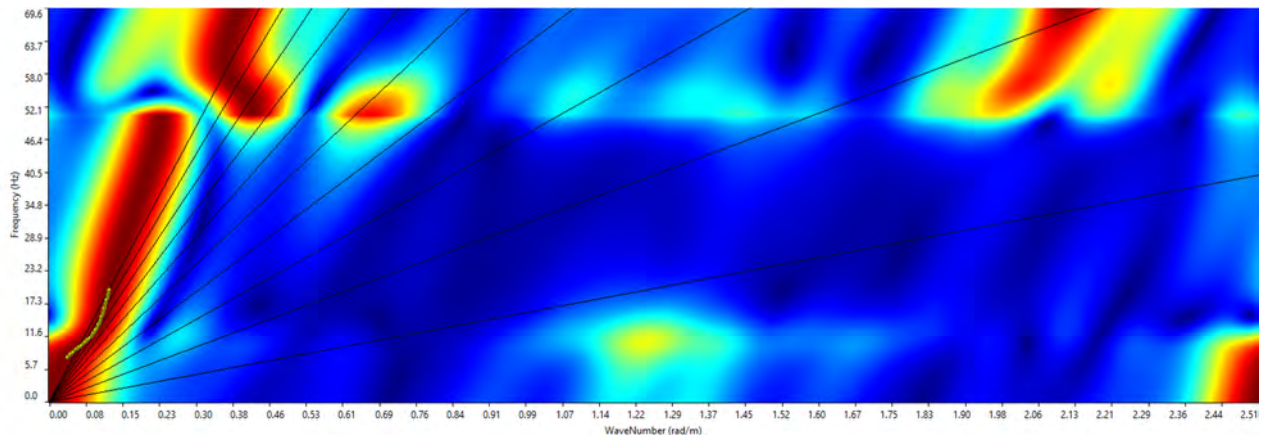
Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale si ottiene  $V_{s,eq} = 600$  m/s.

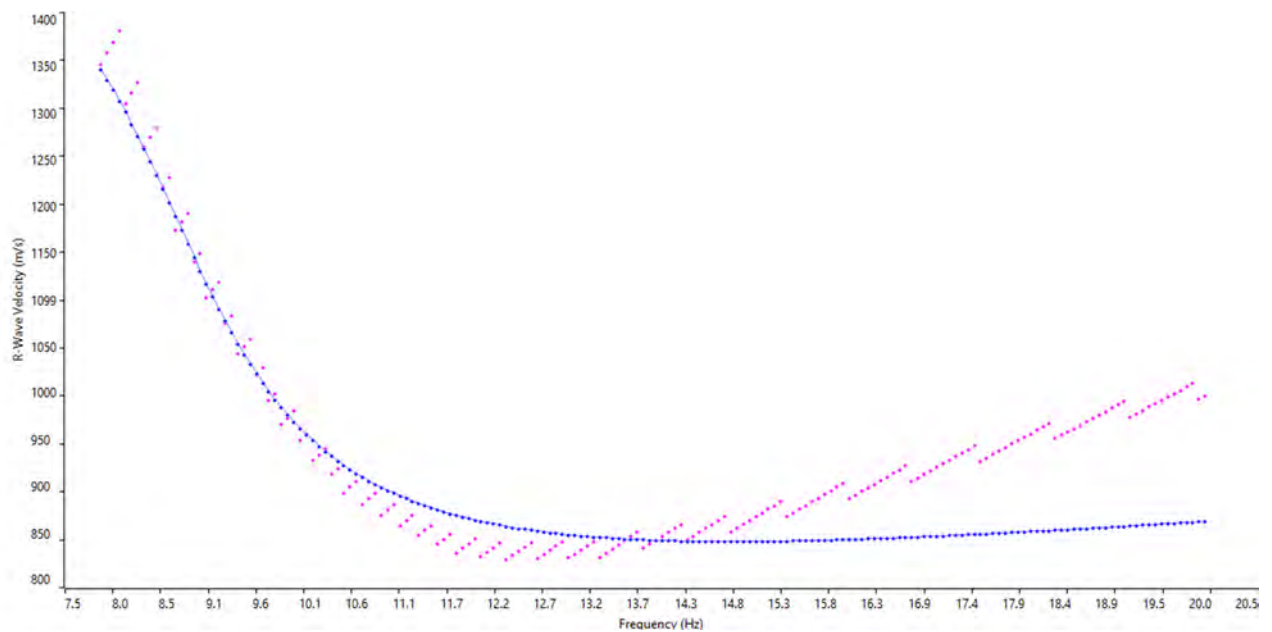
6.2.4.8. MASW 8



Sismogramma completo



Spettro F-K

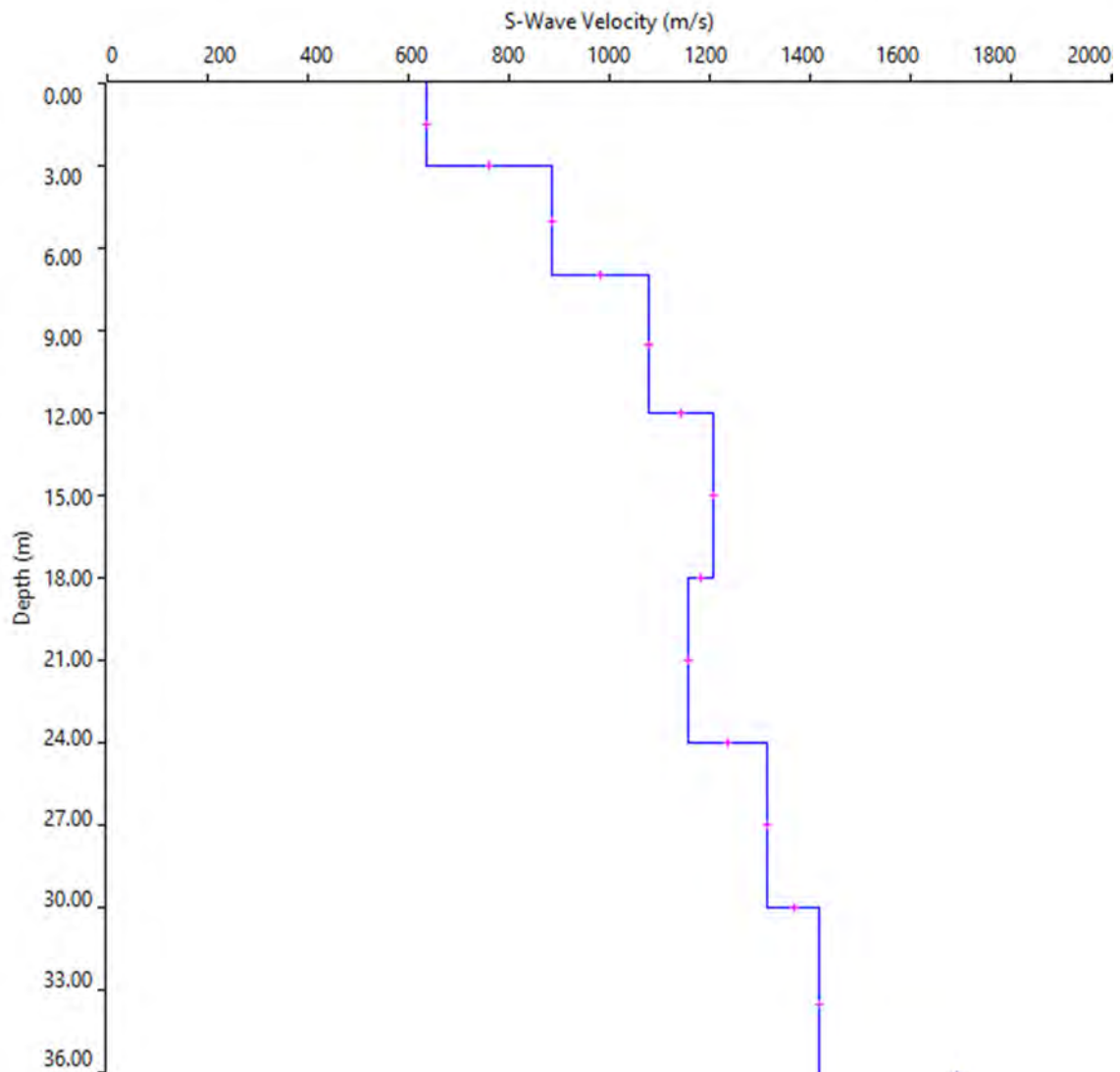


Match curva di dispersione sperimentale – teorica

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57,5 m).

Depth		Thickness	Vs	Vp	Poisson	Density
from	to	(m)	(m/s)	(m/s)		(g/cm <sup>3</sup> )
0	3	3	637	1273	0,333	1,8
3	7	4	887	1773	0,333	1,8
7	12	5	1078	2154	0,333	1,8
12	18	6	1206	2410	0,333	1,8
18	24	6	1157	2312	0,333	1,8
24	30	6	1316	2630	0,333	1,8
30	37	7	1417	2832	0,333	1,8
37	-	-	1694	3385	0,333	1,8

Tabella 2 – Modello sismico monodimensionale



Profilo delle onde di taglio dalla superficie

A partire dal modello sismico restituito, è possibile calcolare il valore delle  $V_{sequ}$ , che rappresenta la velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S nei primi metri di profondità da una quota scelta, secondo la relazione, riportata nel D.M. 17.01.2018 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h(strato)$  e dalla velocità delle onde S  $V_s(strato)$ .

Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale si ottiene  $V_{s,eq} = 1050$  m/s.

#### 6.2.4.9. Sintesi dei risultati e categorie di sottosuolo

La  $V_{seq}$  espressa è stata calcolata dal piano campagna e non dal piano di posa delle fondazioni.

In questa sede si indica una categoria di suolo di fondazione assumendo il piano di posa delle fondazioni coincidente con il piano campagna, non essendo a conoscenza delle caratteristiche fondali dell'intervento in oggetto.

Sarà quindi il tecnico incaricato a fare le considerazioni adeguate, in base alle informazioni ricavate da questa indagine (spessori e velocità dei singoli strati) ed in funzione del sistema fondale.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II. del D.M. 17.01.2018.

**Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.**

<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>





Engineering & Construction

RTI COSTAG SINGEA



Cooperativa Studi Topografici Aerofotogrammetrici Geologici



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.49.001.00

PAGE

50 di/of 72

Linea	Vs <sub>eq</sub>	Categoria di Sottosuolo (D.M. 17.01.2018)
MASW 1	361	<b>B</b>
MASW 2	469	<b>B</b>
MASW 3	533	<b>B</b>
MASW 4	628	<b>B</b>
MASW 5	631	<b>B</b>
MASW 6	562	<b>B</b>
MASW 7	600	<b>B</b>
MASW 8	1050	<b>A</b>

### 6.3. Linee sismiche a rifrazione (SRT)

L'elenco completo delle indagini eseguite è riportato nella tabella successiva. I risultati vengono presentati nelle pagine successive in apposite tavole grafiche, cui si rimanda per l'analisi di dettaglio.

Linea	Lunghezza	Geofoni	Passo	Energizzazione	Acquisizione	Campionamento
SRT 1	94	48	2,0	Mazza 10 kg/Piastra-trave	200/600 ms	164.0 $\mu$ s
SRT 2	94	48	2,0	Mazza 10 kg/Piastra-trave	200/600 ms	164.0 $\mu$ s
SRT 3	94	48	2,0	Mazza 10 kg/Piastra-trave	200/600 ms	164.0 $\mu$ s
SRT 4	94	48	2,0	Mazza 10 kg/Piastra-trave	200/600 ms	164.0 $\mu$ s
SRT 5	94	48	2,0	Mazza 10 kg/Piastra-trave	200/600 ms	164.0 $\mu$ s
SRT 6	94	48	2,0	Mazza 10 kg/Piastra-trave	200/600 ms	164.0 $\mu$ s
SRT 7	94	48	2,0	Mazza 10 kg/Piastra-trave	200/600 ms	164.0 $\mu$ s
SRT 8	94	48	2,0	Mazza 10 kg/Piastra-trave	200/600 ms	164.0 $\mu$ s

#### 6.3.1. Schema della prova

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità. Un sistema digitale di acquisizione dati (Fig.2) in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

La strumentazione utilizzata, nel caso in esame, è la stessa descritta nei paragrafi precedenti. Generalmente come sorgente di energia sismica per le onde P, nel caso di rilievi a piccola profondità si fa uso di una mazza da 8 kg o del Minibang; nel nostro caso, dato le distanze in gioco, l'utilizzo della mazza ha consentito di ottenere risultati ottimali. Per quel che riguarda la produzione di onde SH si utilizza generalmente una trave di circa 2.00 m di lunghezza, la cui estremità viene colpita con una massa battente di ca. 10/15 kg. La trave è resa solidale al terreno mediante l'applicazione di un carico (rappresentato nel nostro caso dalla stessa autovettura). La tavola viene colpita lateralmente dalla massa, in modo da generare onde di taglio SH. Per poter riconoscere in maniera inequivocabile sui sismogrammi le onde di taglio S, che non costituiscono mai la prima fase, sono state effettuate energizzazioni ai due estremi della tavola, in modo da generare treni d'onda identici, ma in opposizione di fase (Fig. 3). Ogni energizzazione viene registrata sull'Hard Disk sia singolarmente che, invertendo la fase, come somma.

Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati in rifrazione, è stato il Generalized Reciprocal Method (GRM) che consente di delineare rifrattori ondulati, ad ogni profondità e di numero infinito da dati sismici a rifrazione in linea che consistano di tempi distanza in andata e ritorno. I tempi di arrivo a due sensori distinti e per profili in andata e ritorno sono combinati per ottenere la velocità del rifrattore, il calcolo della sezione tempi profondità ed il fattore di conversione in profondità. Il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati fino ad angoli superiori a 20 gradi. Il GRM in definitiva è un metodo di interpretazione globale e sintetico per il quale molti dei metodi esistenti sono dei casi particolari.

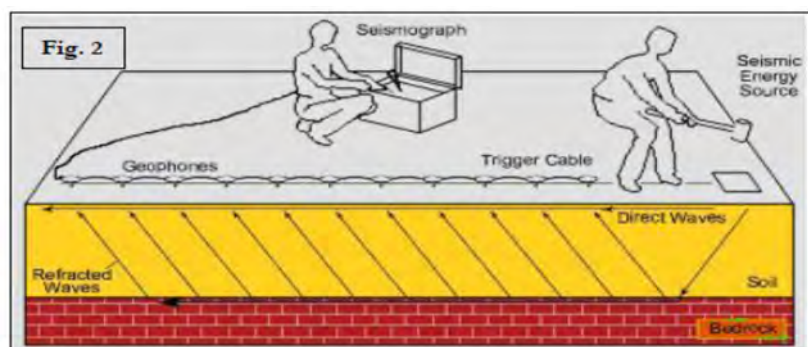
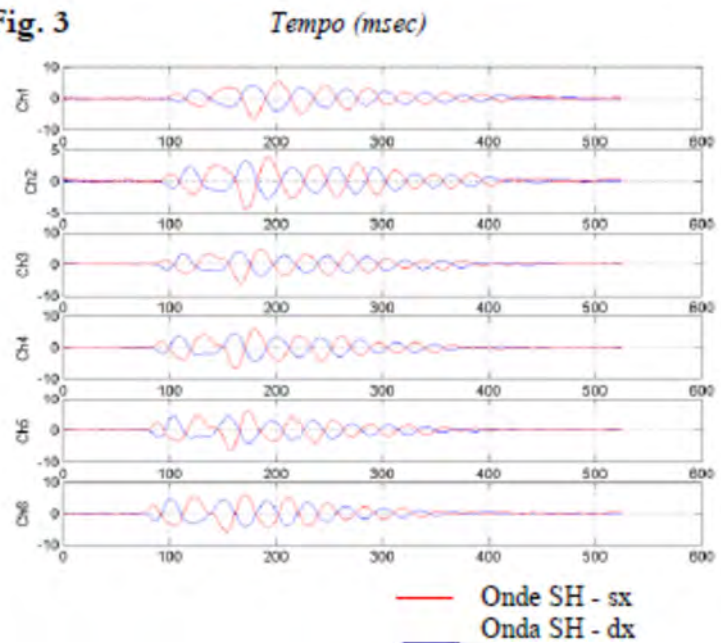
Oltre al GRM, in alcuni casi, è stato utilizzato, per conferma e confronto, un algoritmo di inversione che usa il delay-time method per ottenere un primo modello approssimato in profondità, che viene quindi affinato mediante una serie di ray-tracing, ed un processo di aggiustamento con iterazioni successive che tende a minimizzare le discrepanze tra i tempi di arrivo misurati in campagna ed il corrispondente modello di profondità. In questo caso specifico è stato utilizzato come sistema di elaborazione principale il delay-time method affinato mediante una serie di ray-tracing, ed il GRM come verifica e conferma dei risultati ottenuti.

Terminata la fase preliminare di verifica dati, mediante la metodologia GRM, è stato utilizzato un nuovo sistema di analisi dei dati sismici che consente di elaborare profili a bassa, media ed elevata copertura. Le dromocrone ricavate dall'interprete vengono elaborate sulla base di tre distinte metodologie analitiche: CMP (intercept time refraction), Plus-Minus e Wavefront. Il metodo Wavefront rappresenta un'ulteriore ottimizzazione del metodo GRM.

Invece di assumere come costante la distanza XY tra i vari ricevitori, il metodo Wavefront stima ad ogni geofono la distanza rispetto agli altri, attraverso l'angolo d'emergenza del fronte d'onda sia diretto che inverso. Tale caratteristica permette di analizzare, con ottimi risultati, anche rifrattori con superfici irregolari.

Il software, utilizzato nel corso del presente lavoro, permette, successivamente ai predetti passaggi, di utilizzare il metodo "Delta-t-V" che è in grado di evidenziare gradienti di velocità verticali all'interno degli strati, aumenti lineari di velocità con la profondità, faglie e locali anomalie di velocità. Il metodo Delta-t-V valuta la distribuzione delle velocità lungo il profilo di interesse. Ciò consente, sfruttando il metodo dell'inversione, di ottenere in corrispondenza delle varie stazioni installate, valori di profondità in funzione della velocità. I dati così ottenuti vengono definitivamente elaborati mediante metodologia tomografiche permette una stima migliore delle velocità, risultando meno dipendente dalla spaziatura dei ricevitori e da topografie estreme.

Fig. 3



### 6.3.2. Software di elaborazione

Per l'analisi dei dati si è utilizzato il software Rayfract. Rayfract è un software di tomografia sismica che impiega le soluzioni "eiconali" per il calcolo dei tempi di percorso e per la modellazione della diffrazione, la rifrazione e la trasmissione delle onde sismiche. Questo metodo fornisce un buon fit iniziale tra i primi arrivi di campagna e quelli sintetici.

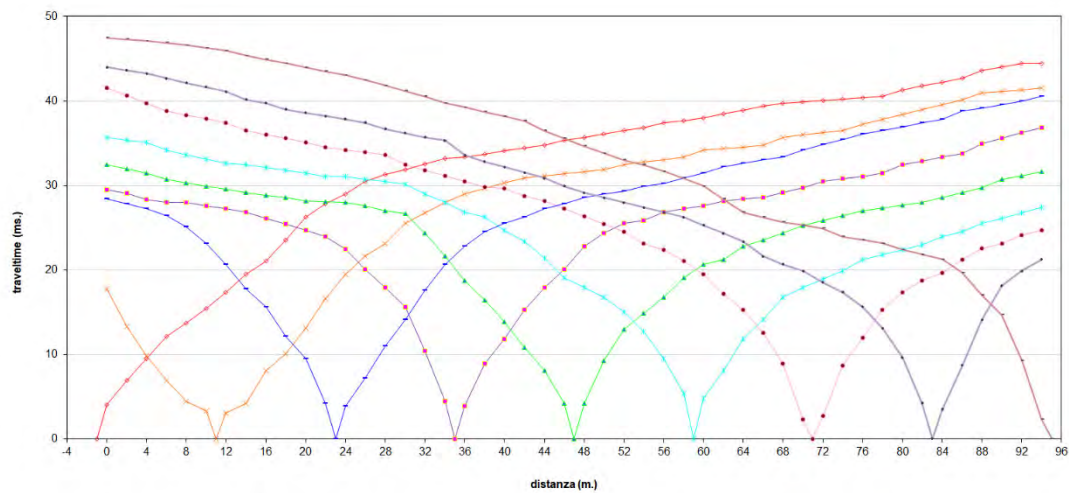
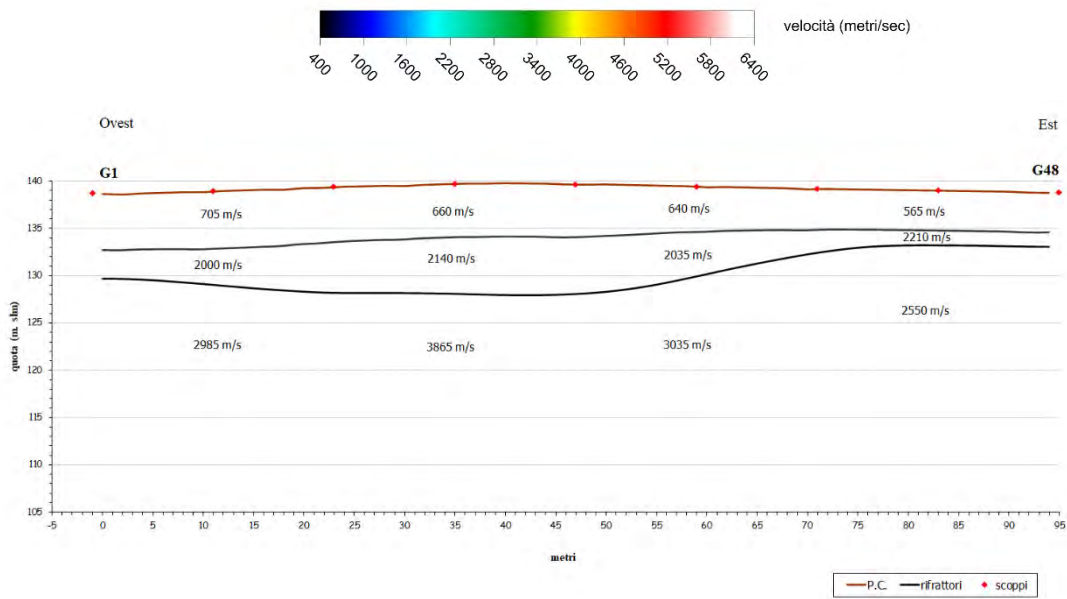
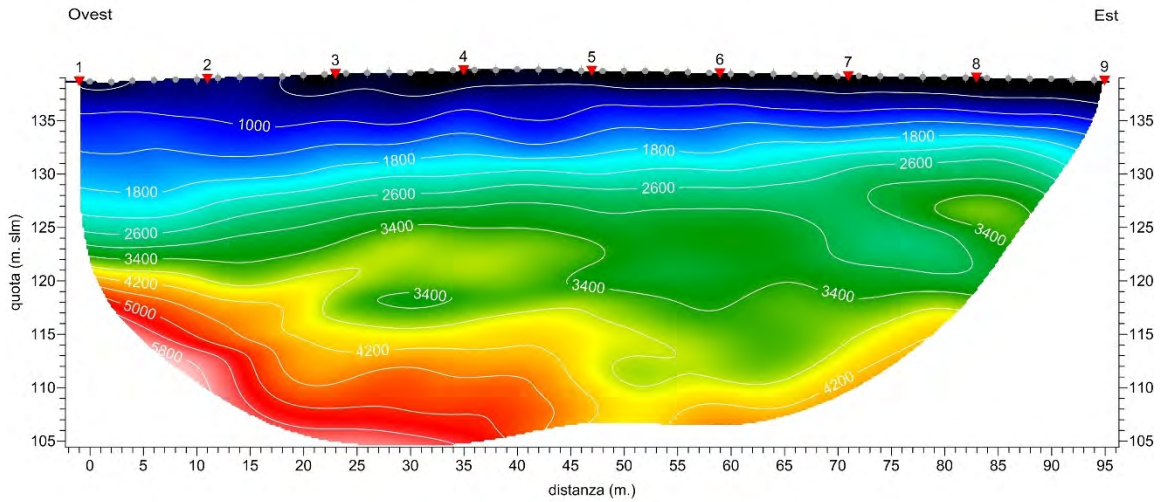
Il modello iniziale viene ottimizzato automaticamente mediante l'inversione tomografica 2D WET (Wave path Eikonal Travel time) detta anche secondo il Volume di Fresnel. Questo aumenta la robustezza numerica del metodo.

### 6.3.3. Risultati

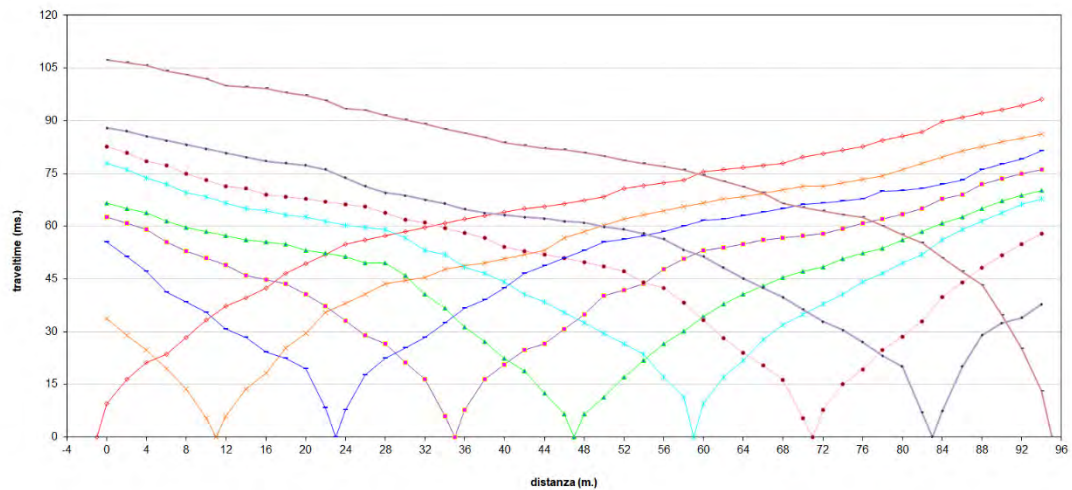
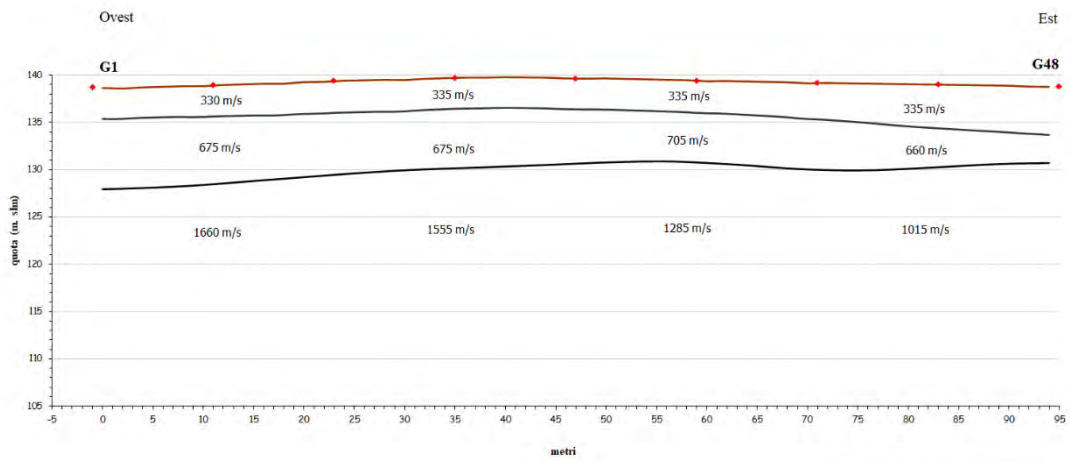
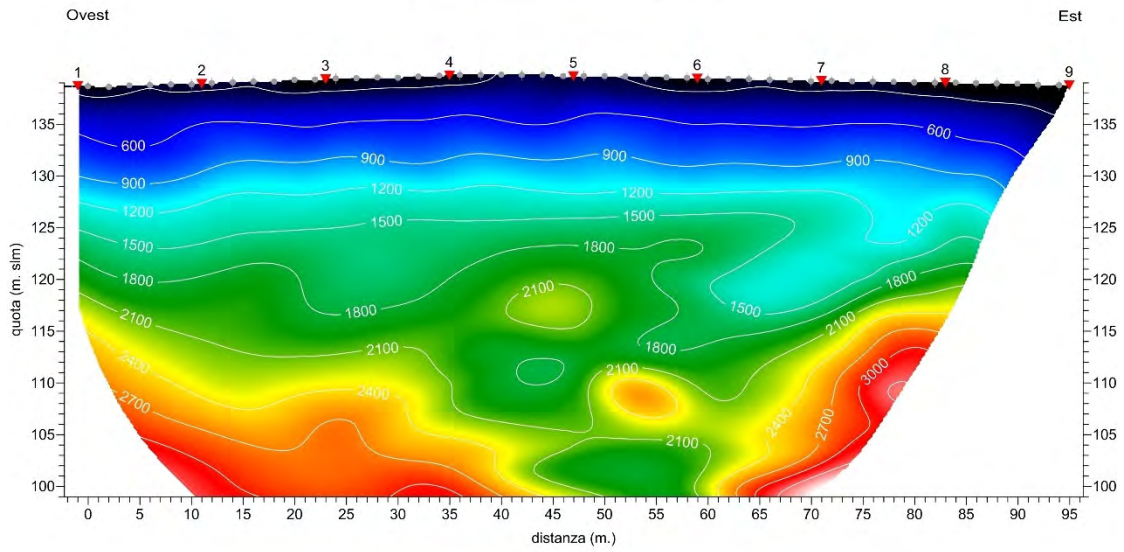
Nei paragrafi sottostanti si riportano i risultati delle elaborazioni delle varie tomografie sismiche eseguite, le relative sezioni sismostratigrafiche ricostruite e le dromocrone rilevate.

6.3.3.1. SRT 1

SRT 1 - Tomografia sismica onde P

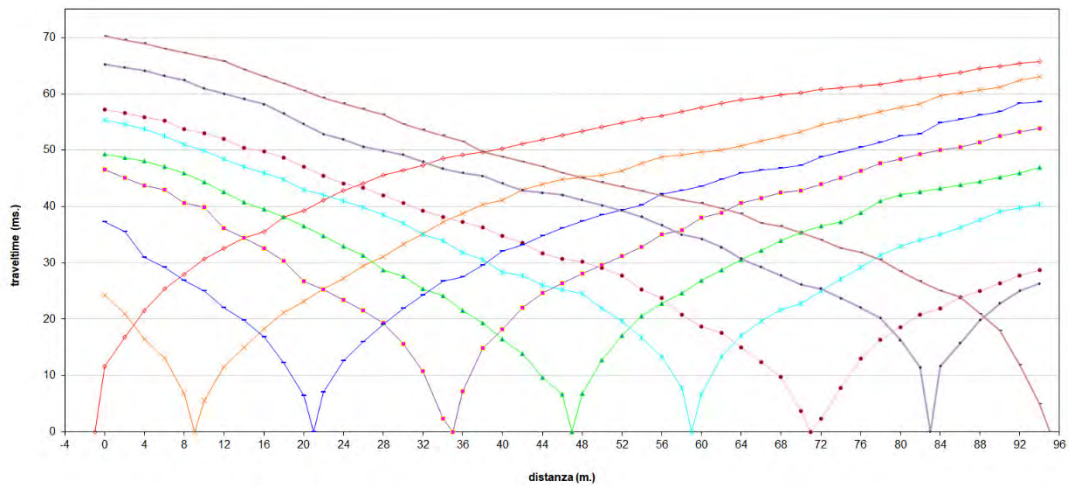
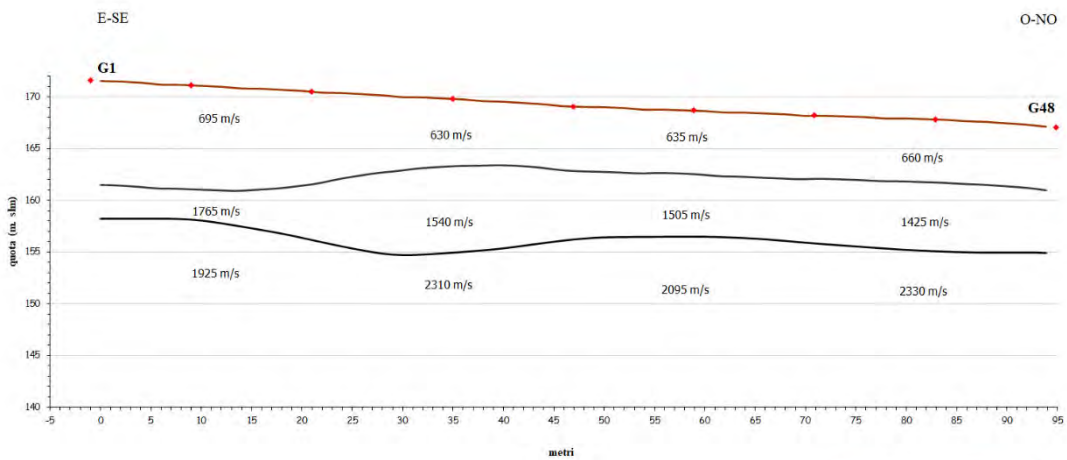
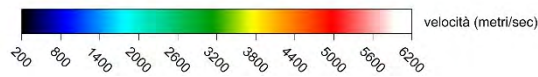
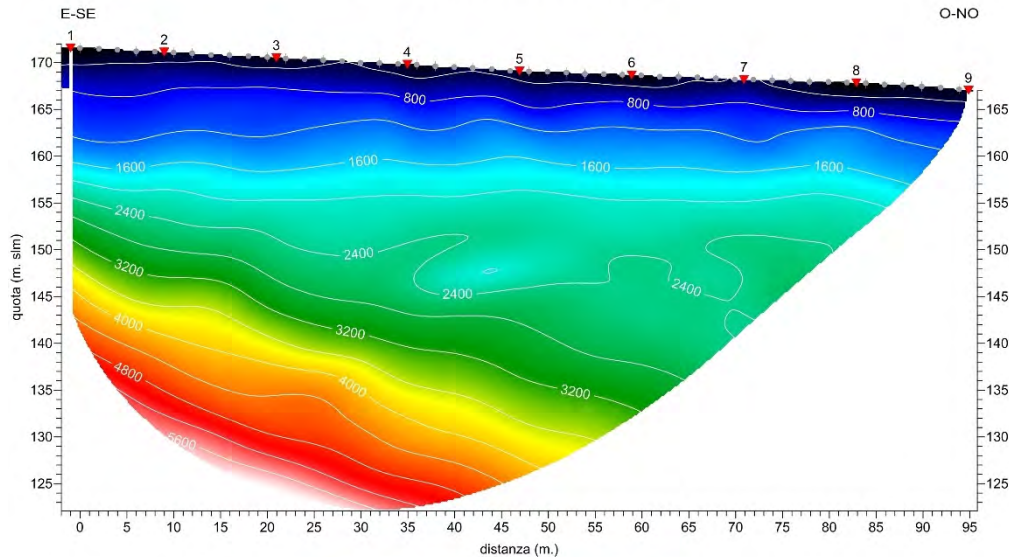


SRT 1 - Tomografia sismica onde S

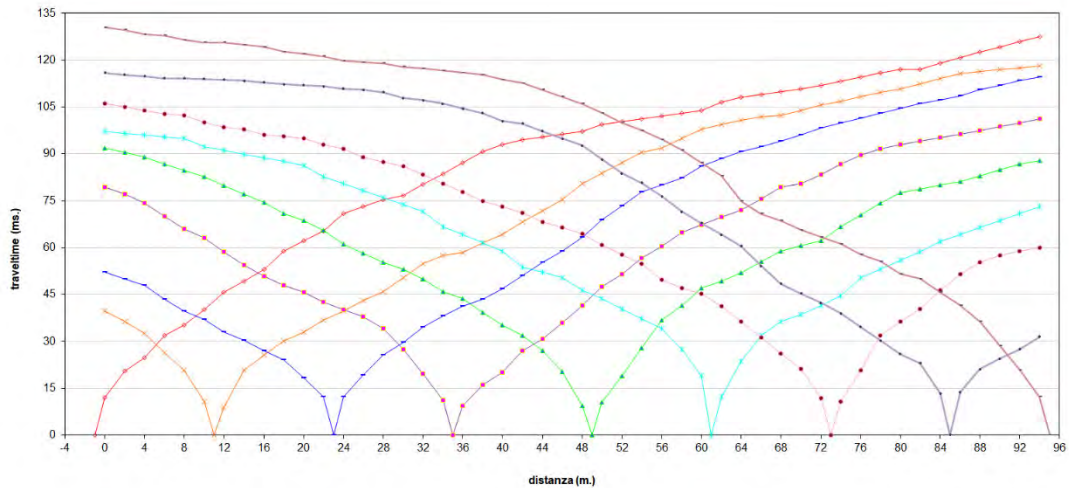
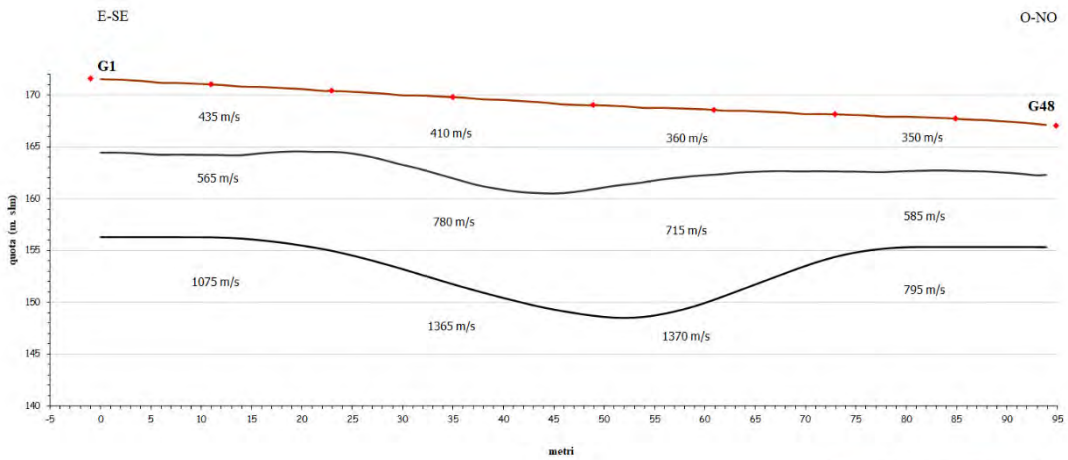
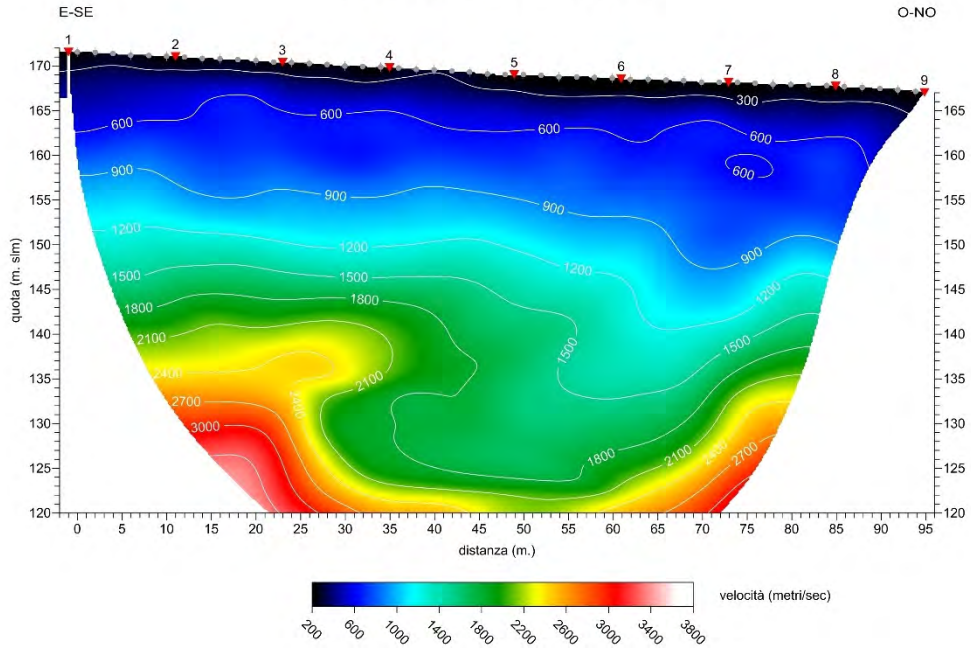


6.3.3.2. SRT 2

SRT 2 - Tomografia sismica onde P



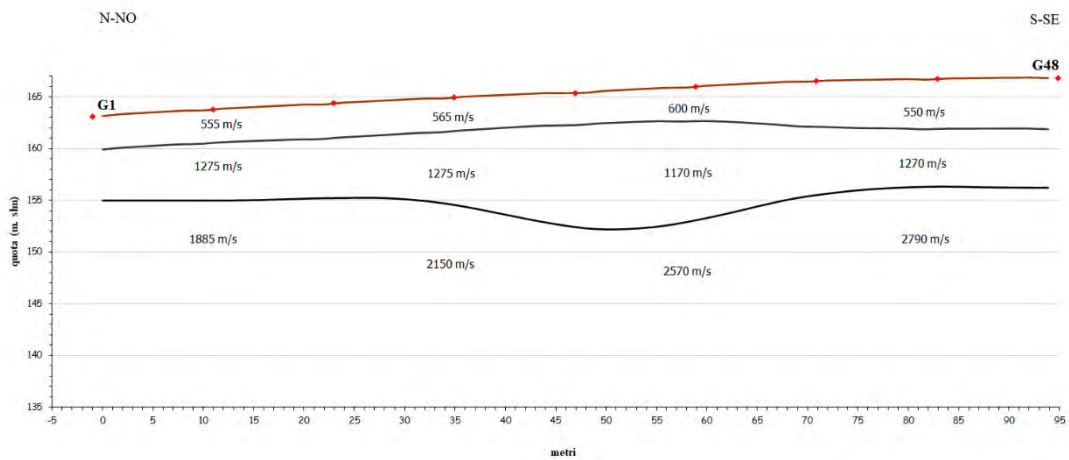
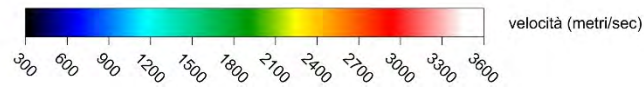
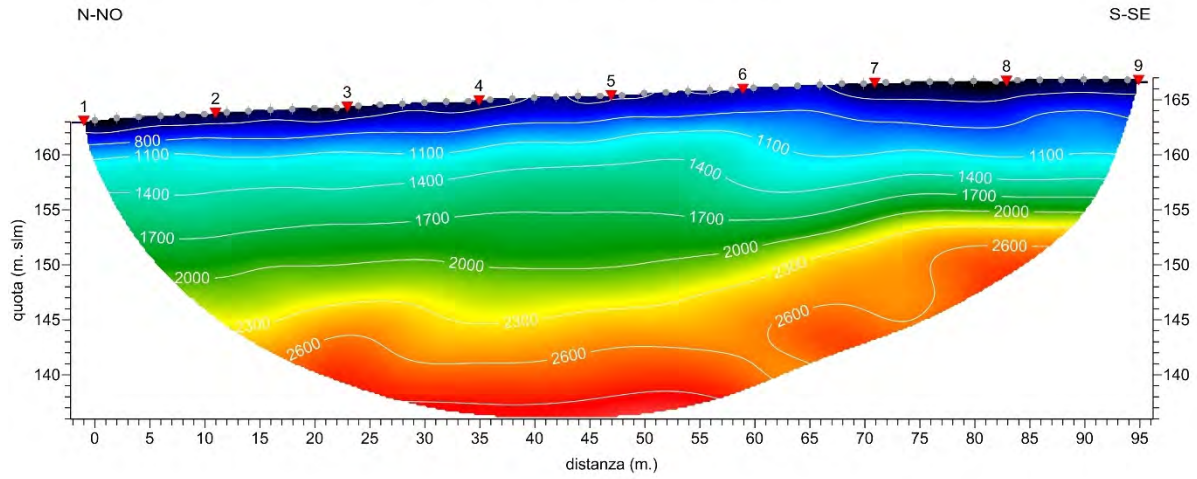
SRT 2 - Tomografia sismica onde S



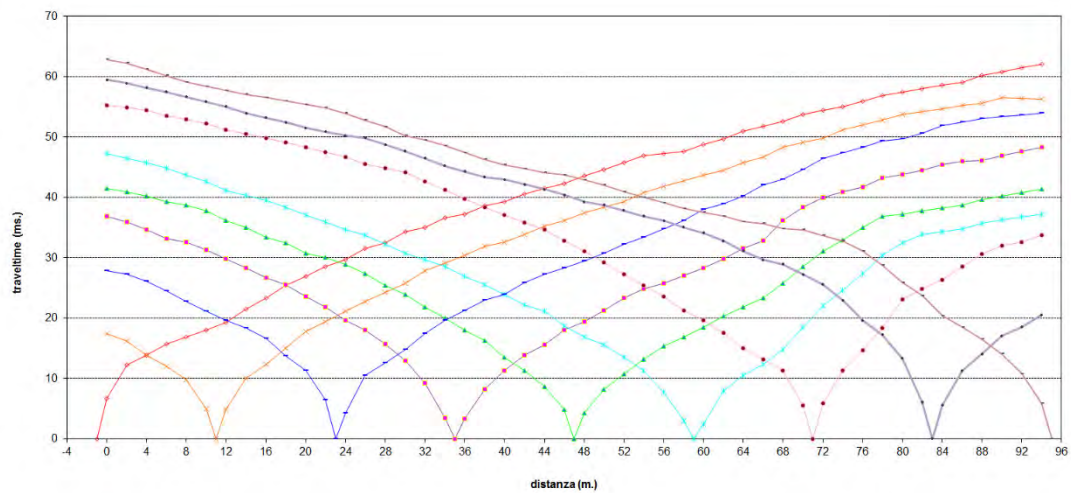


6.3.3.3. SRT 3

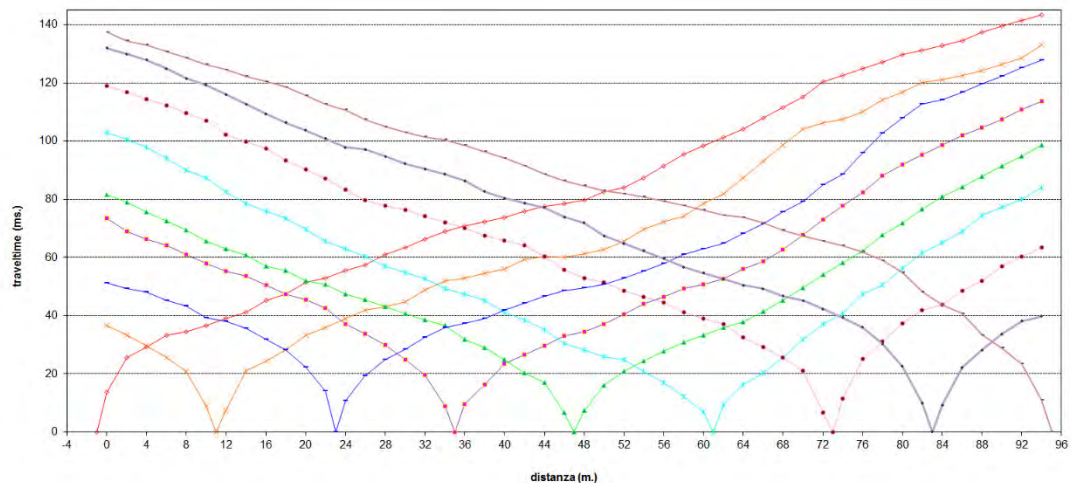
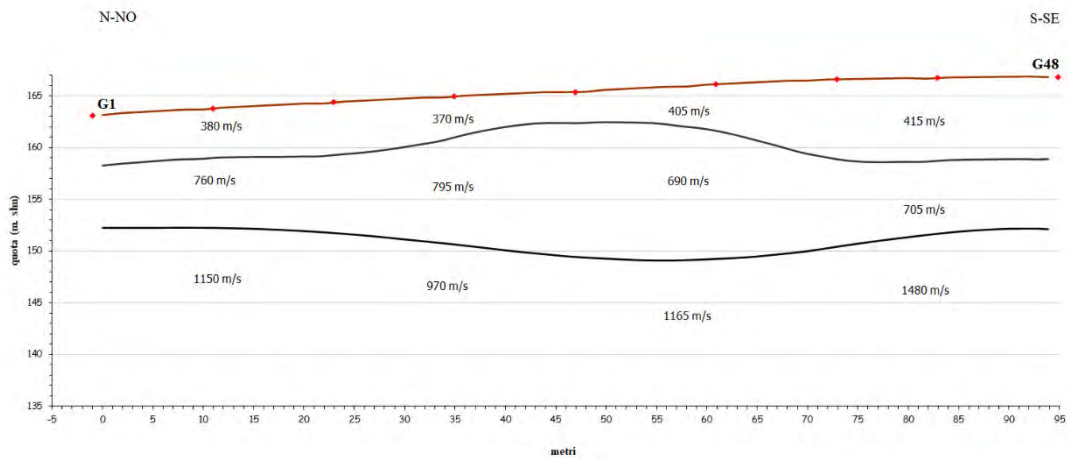
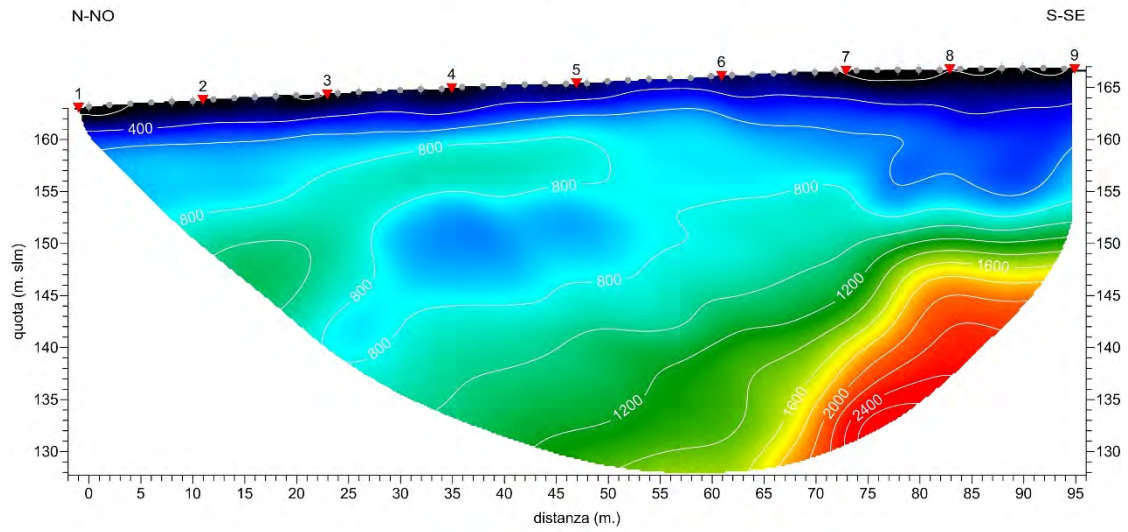
SRT 3 - Tomografia sismica onde P



— P.C. — rifrattori • scoppi

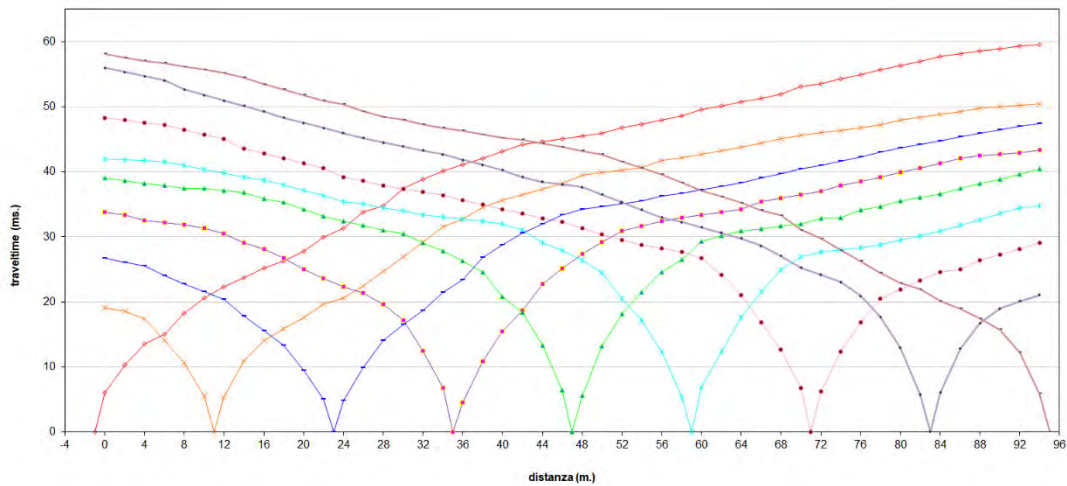
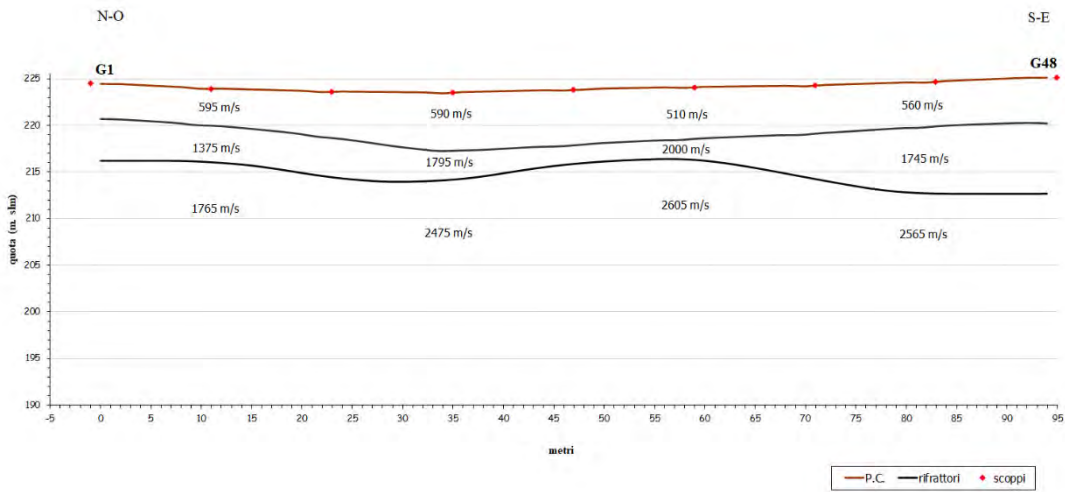
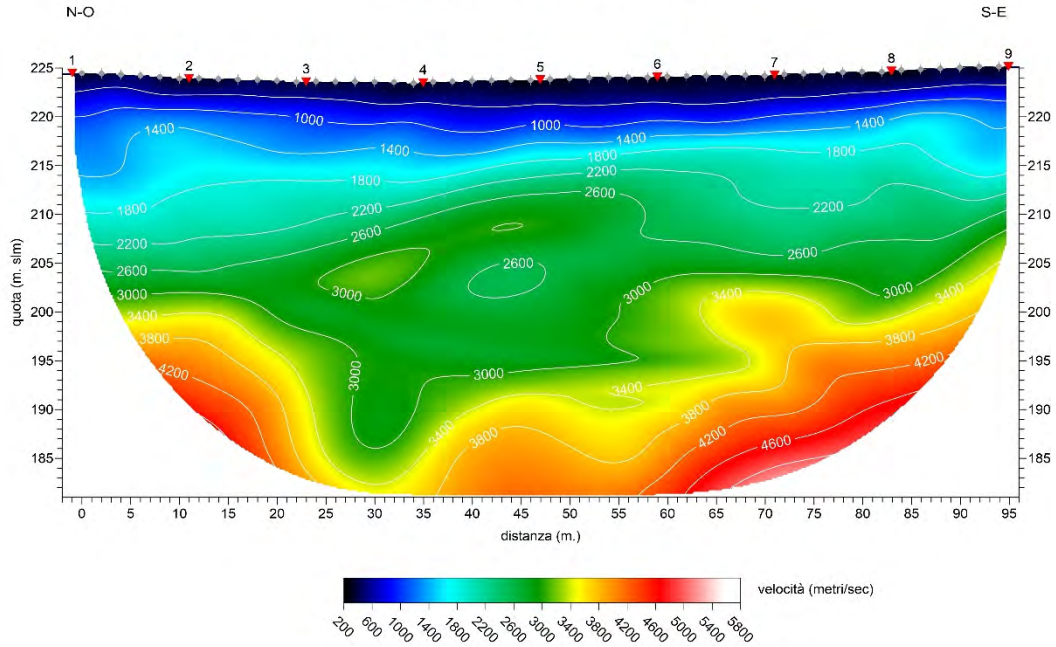


SRT 3 - Tomografia sismica onde S

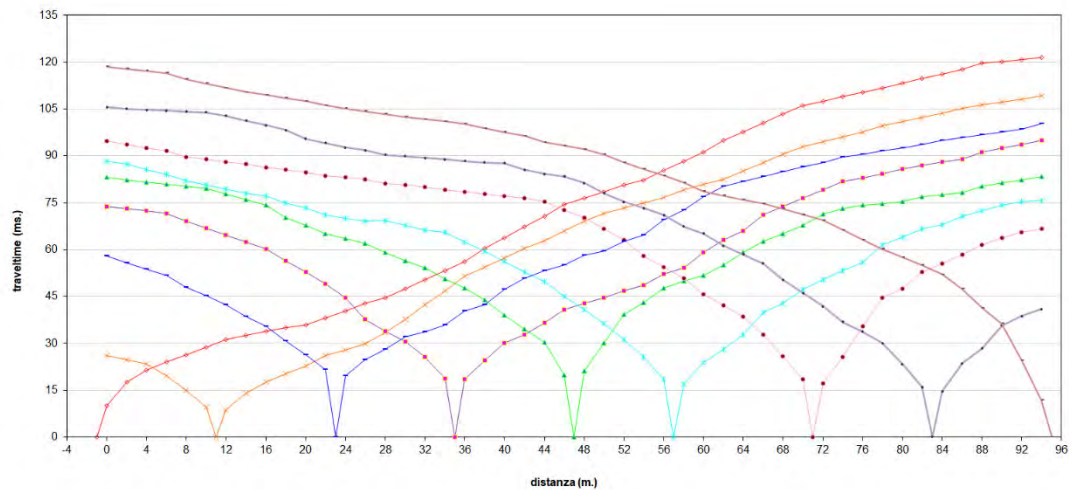
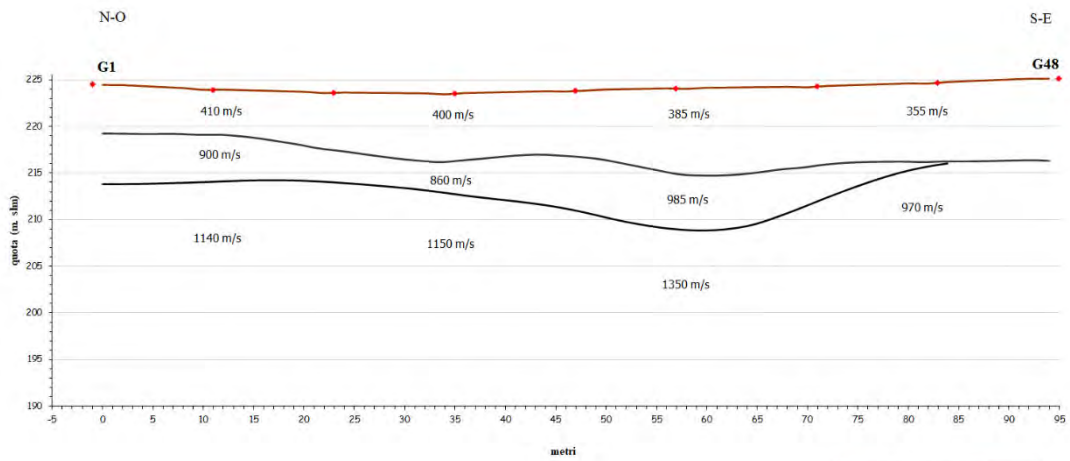
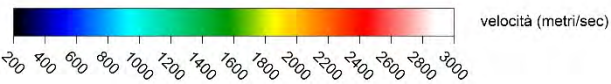
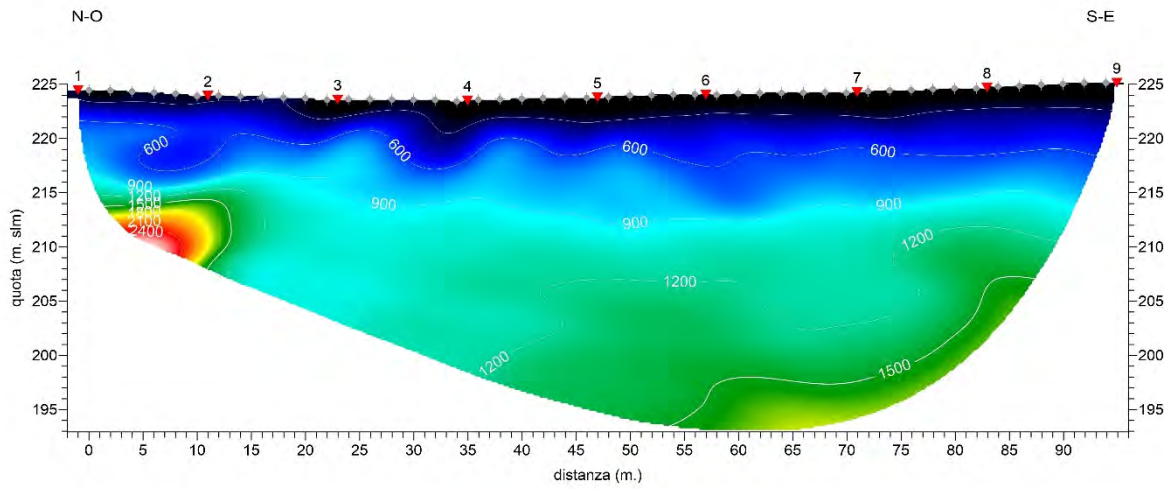


6.3.3.4. SRT 4

SRT 4 - Tomografia sismica onde P

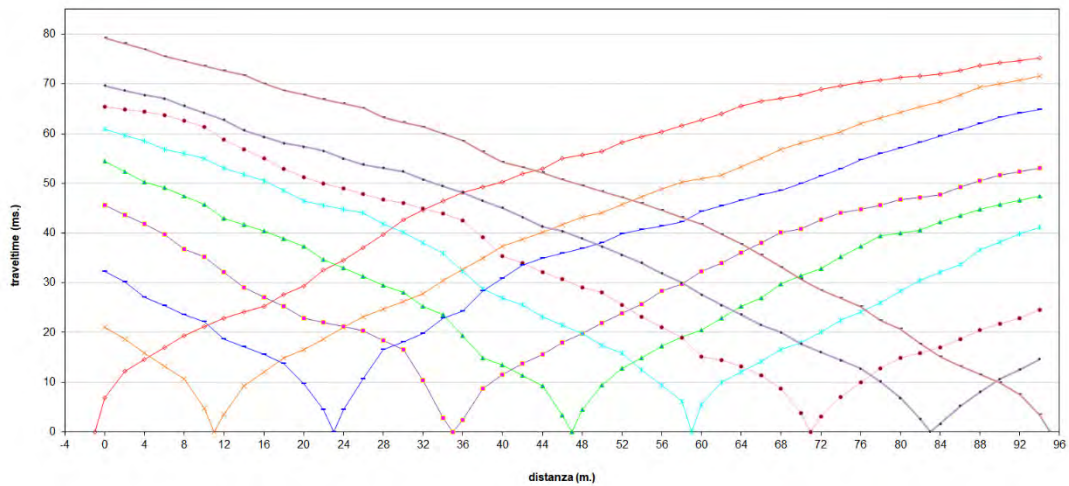
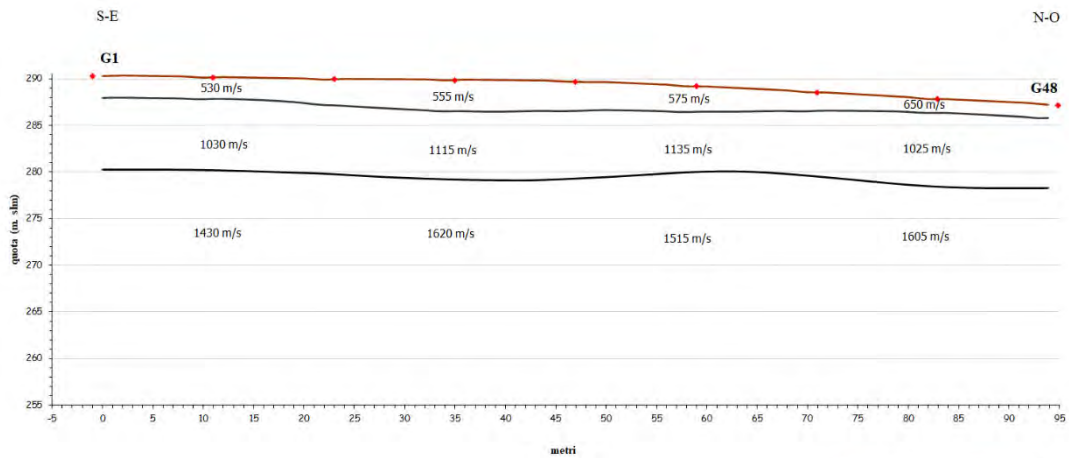
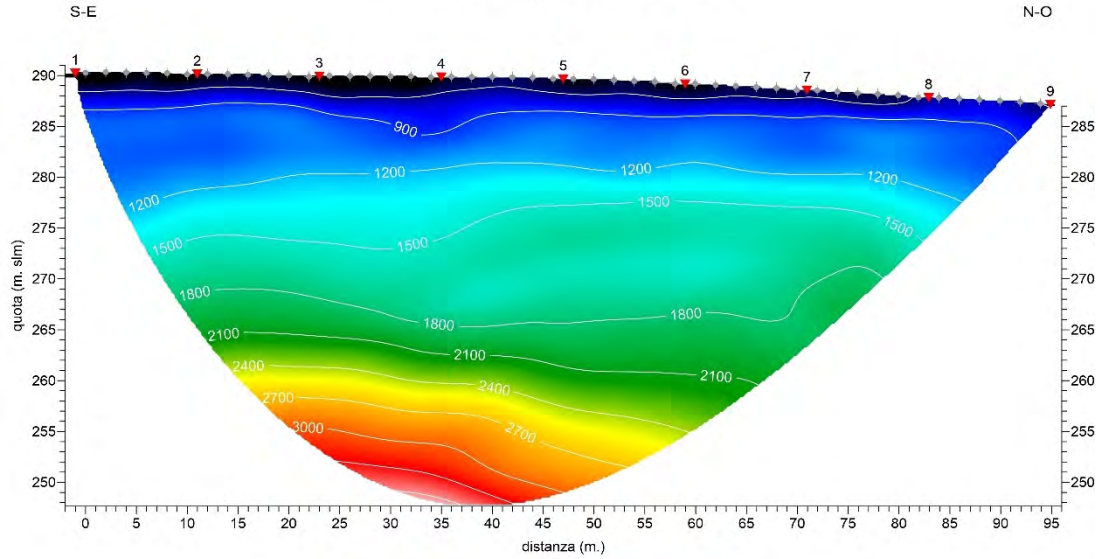


SRT 4 - Tomografia sismica onde S

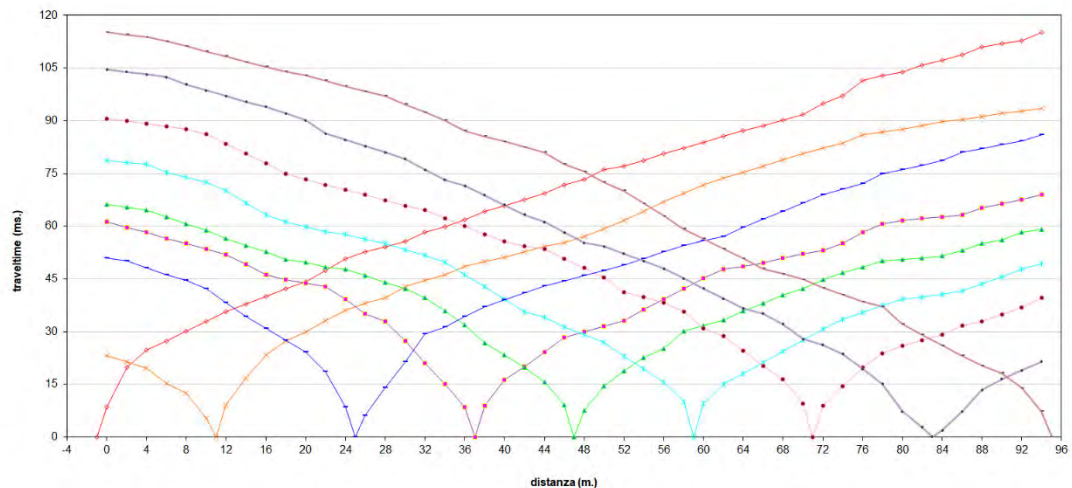
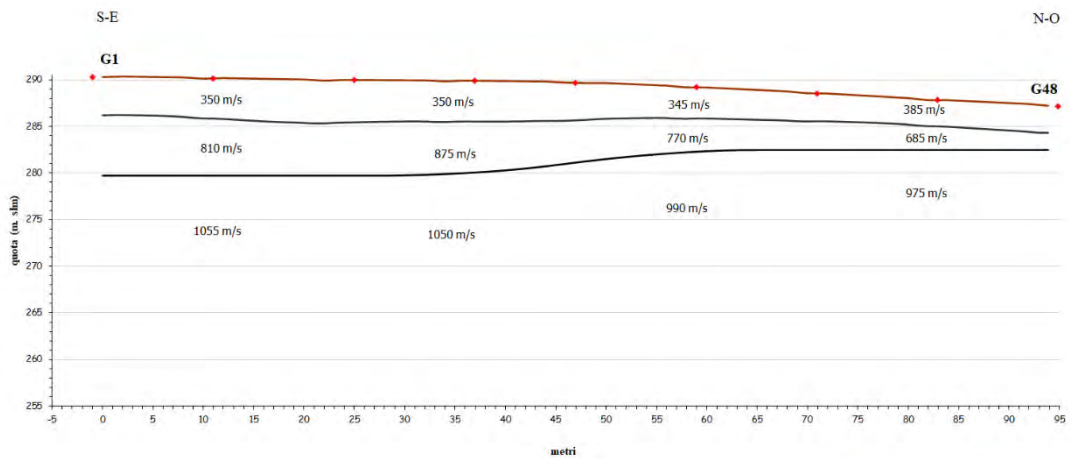
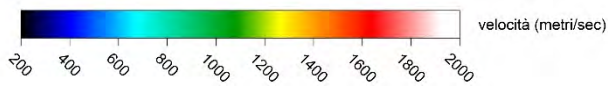
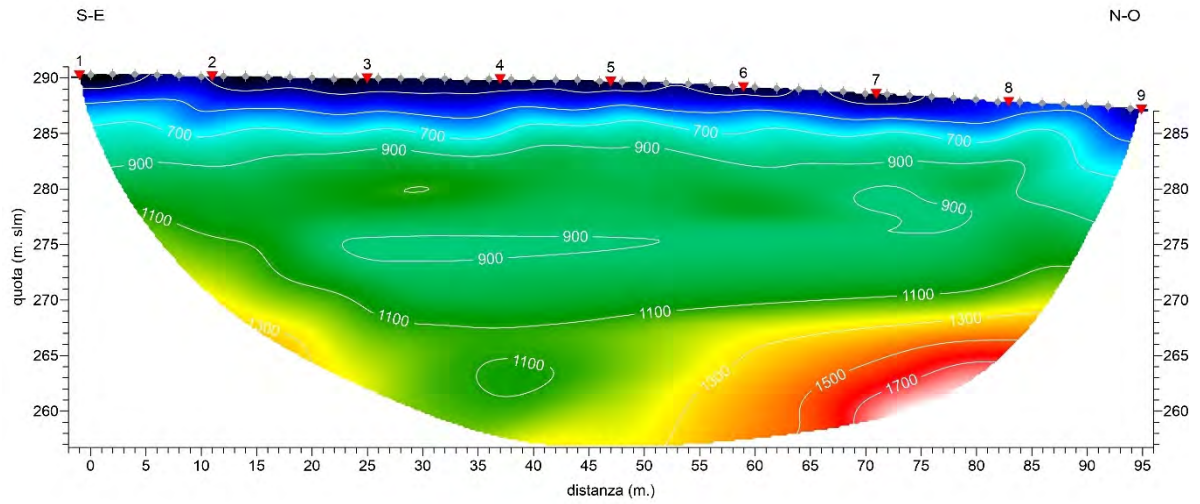


6.3.3.5. SRT 5

SRT 5 - Tomografia sismica onde P

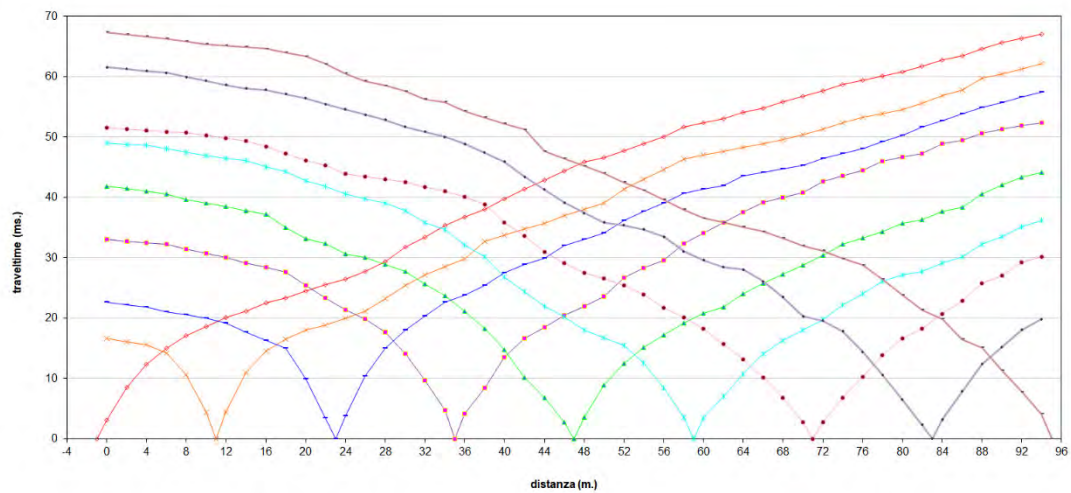
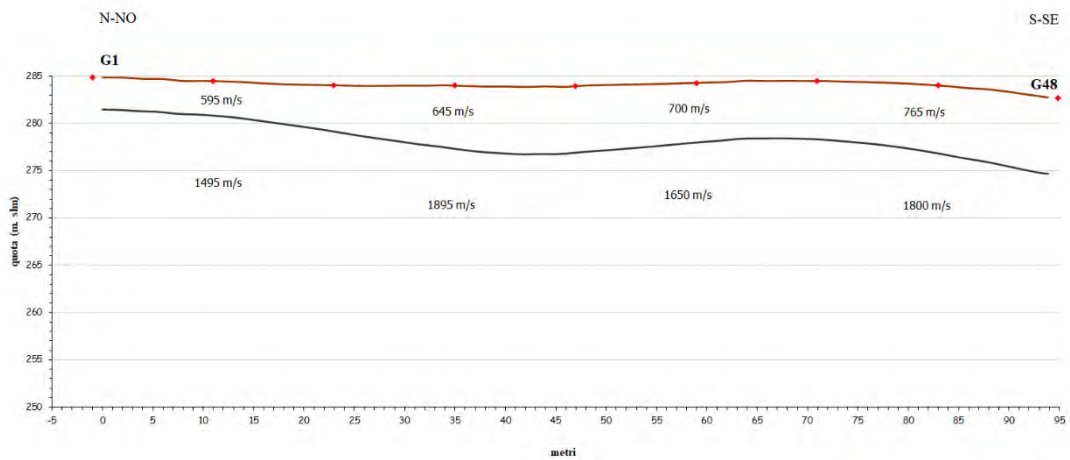
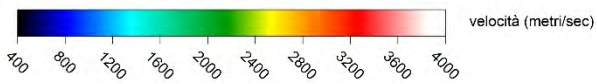
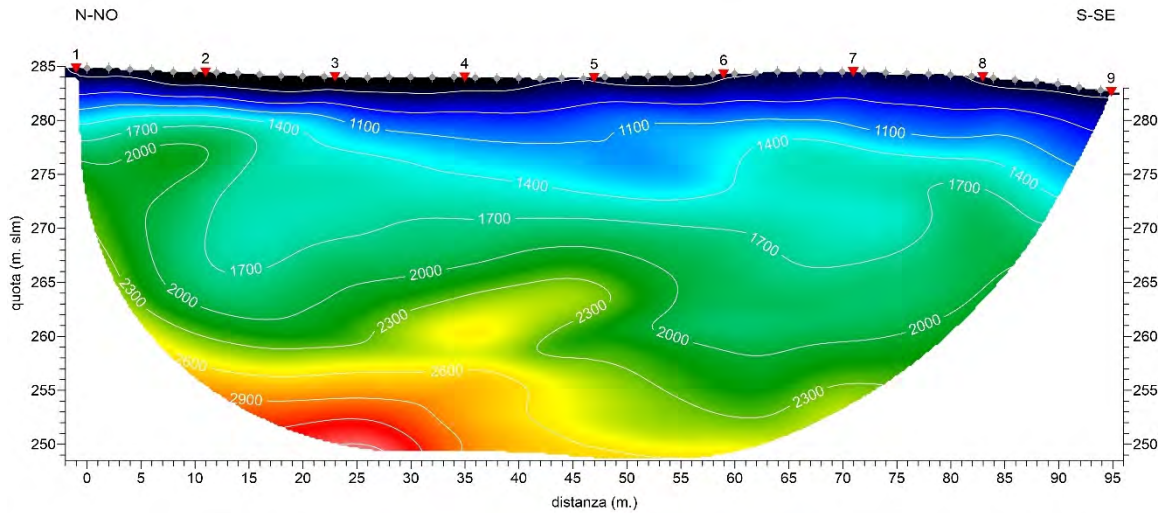


SRT 5 - Tomografia sismica onde S

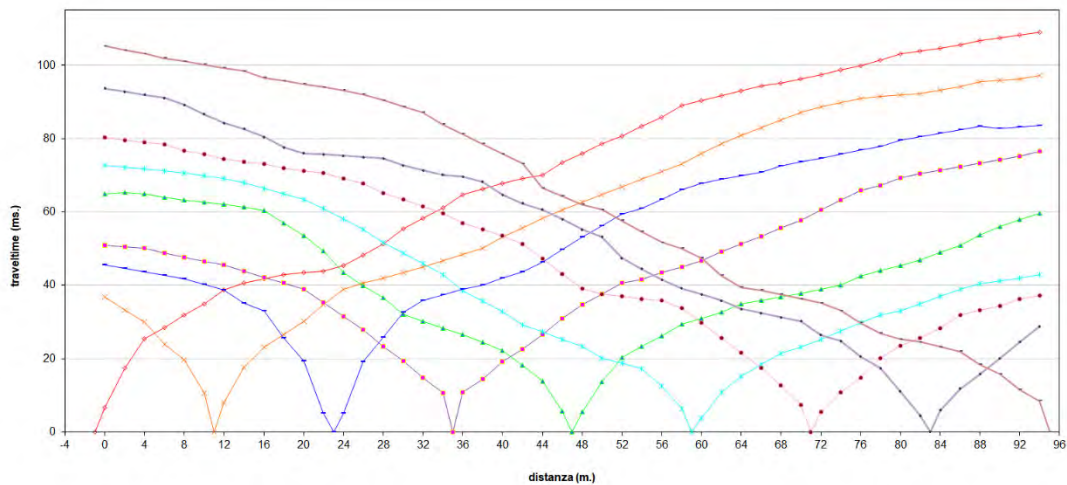
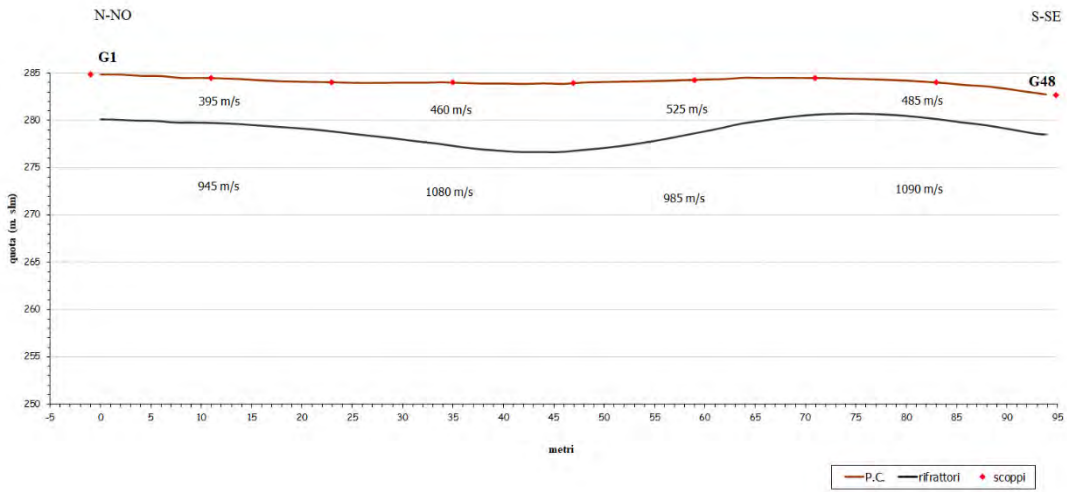
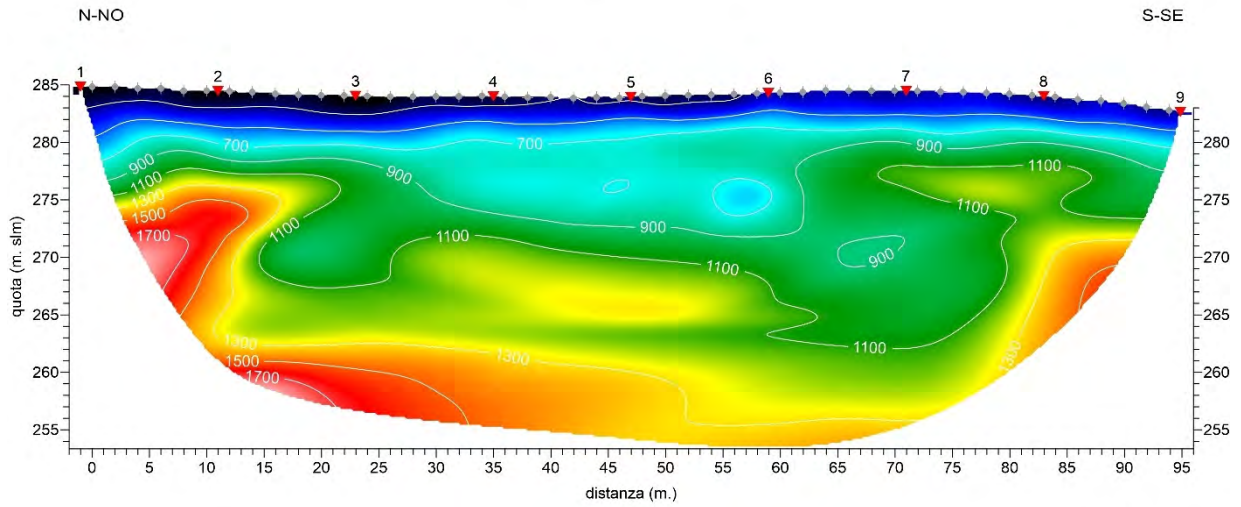


6.3.3.6. SRT 6

SRT 6 - Tomografia sismica onde P



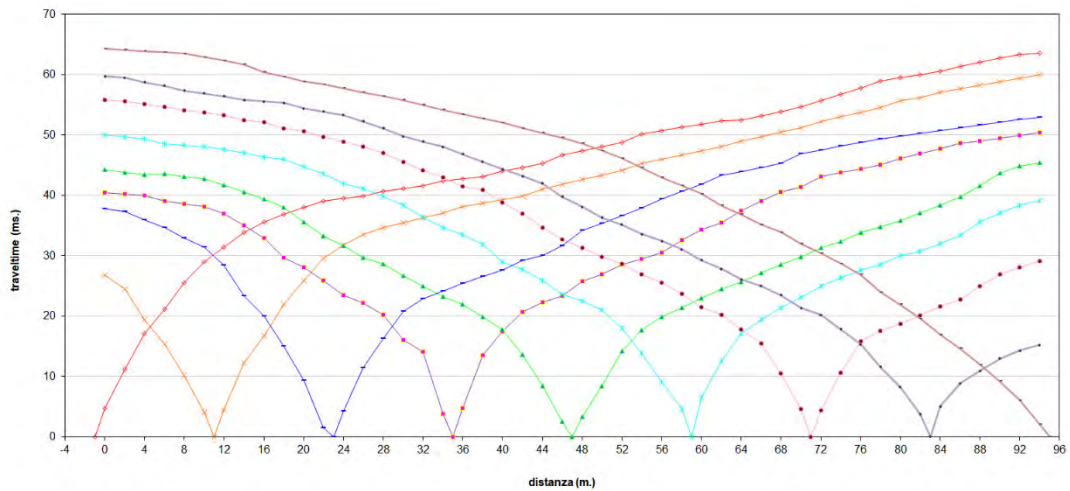
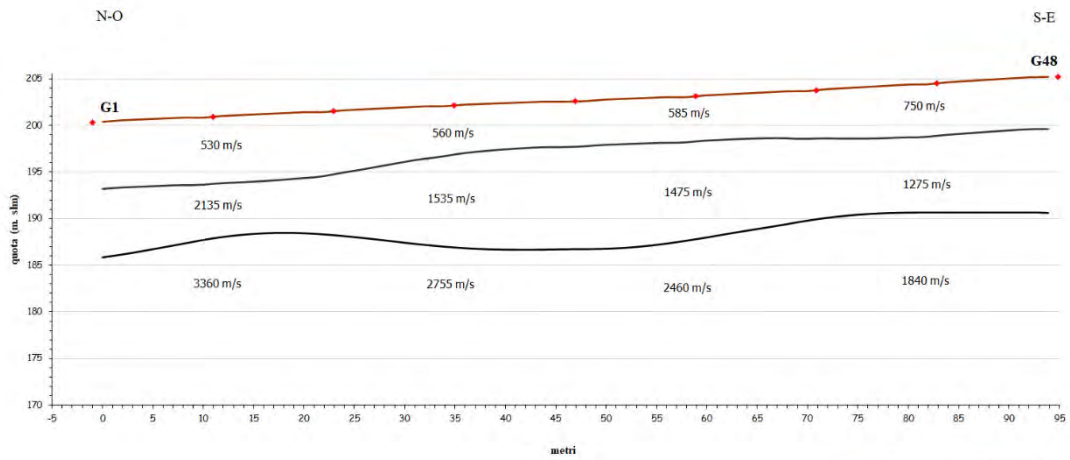
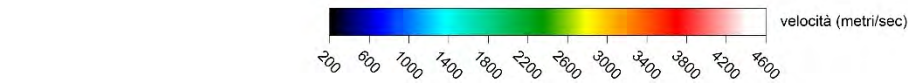
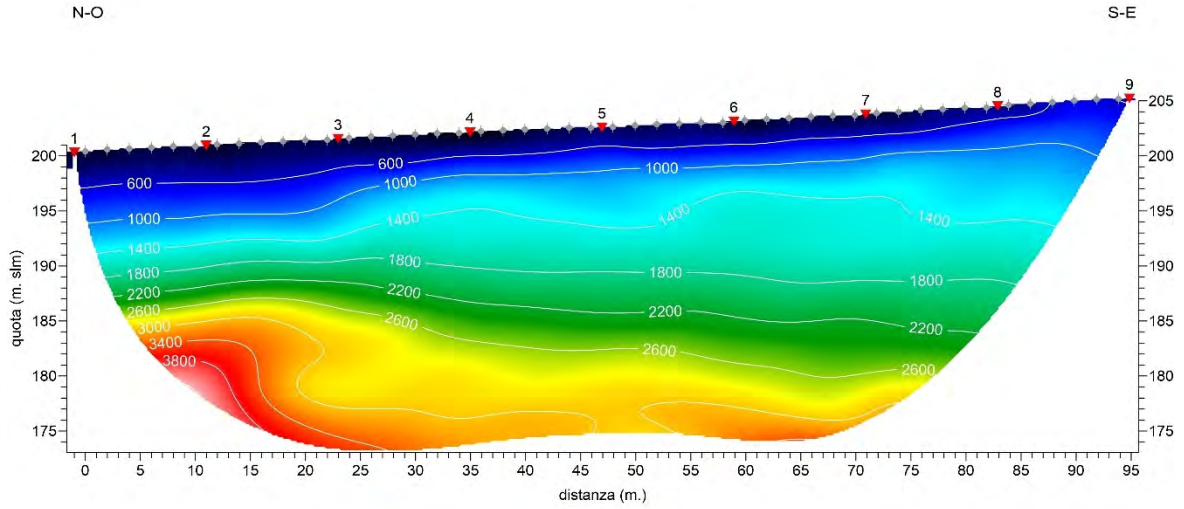
SRT 6 - Tomografia sismica onde S



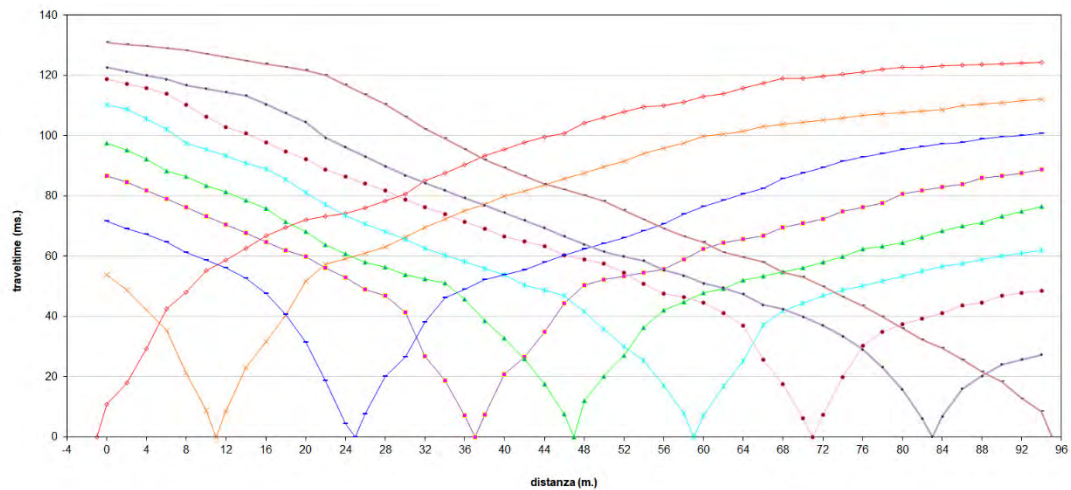
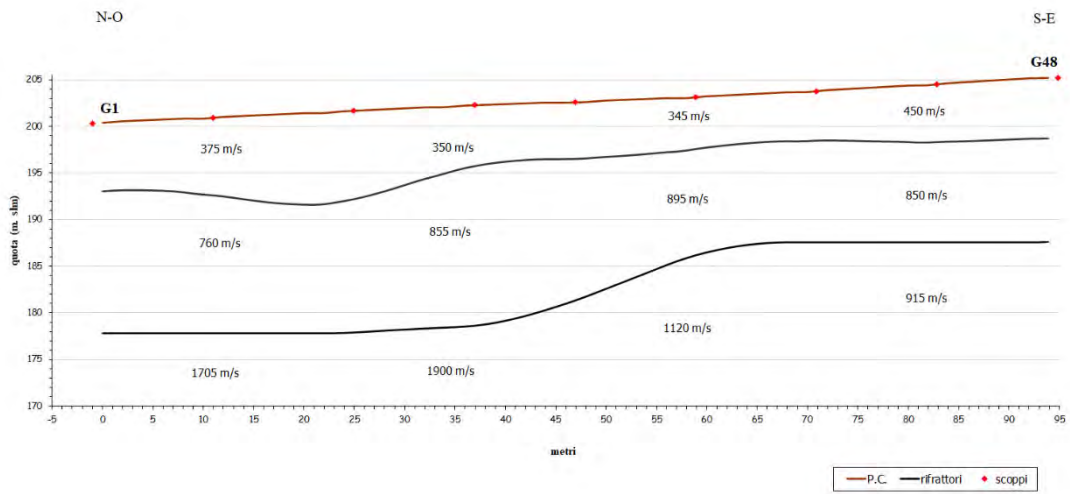
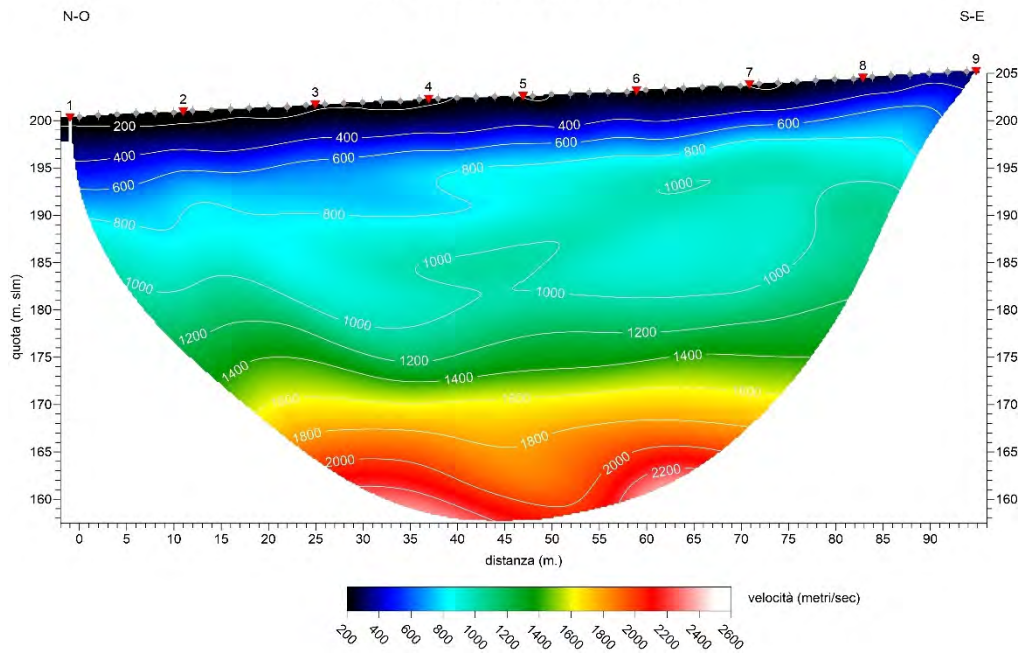


6.3.3.7. SRT 7

SRT 7 - Tomografia sismica onde P

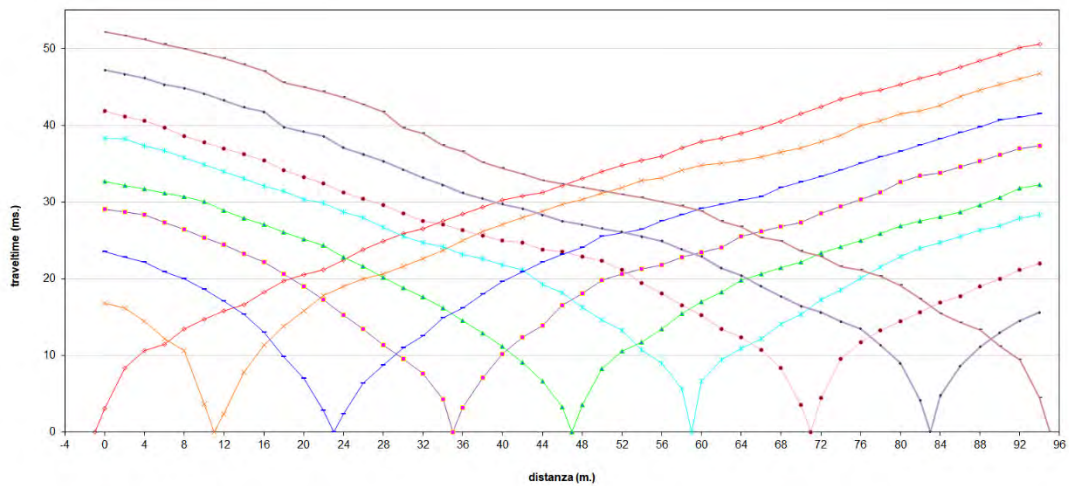
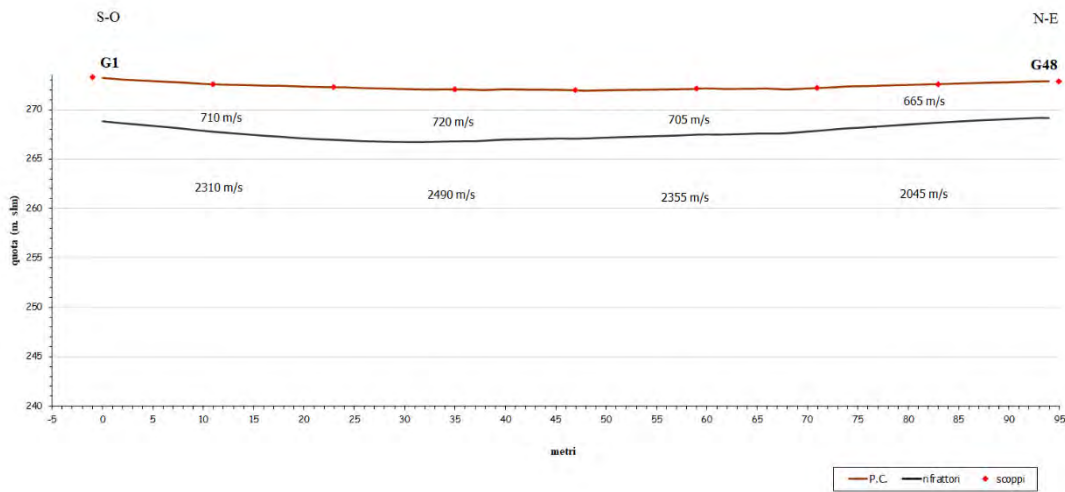
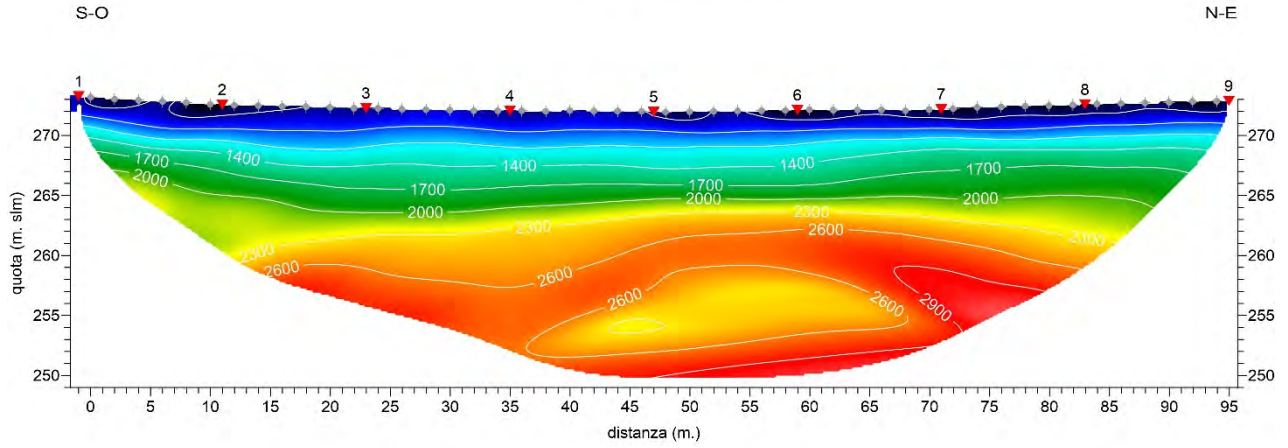


SRT 7 - Tomografia sismica onde S

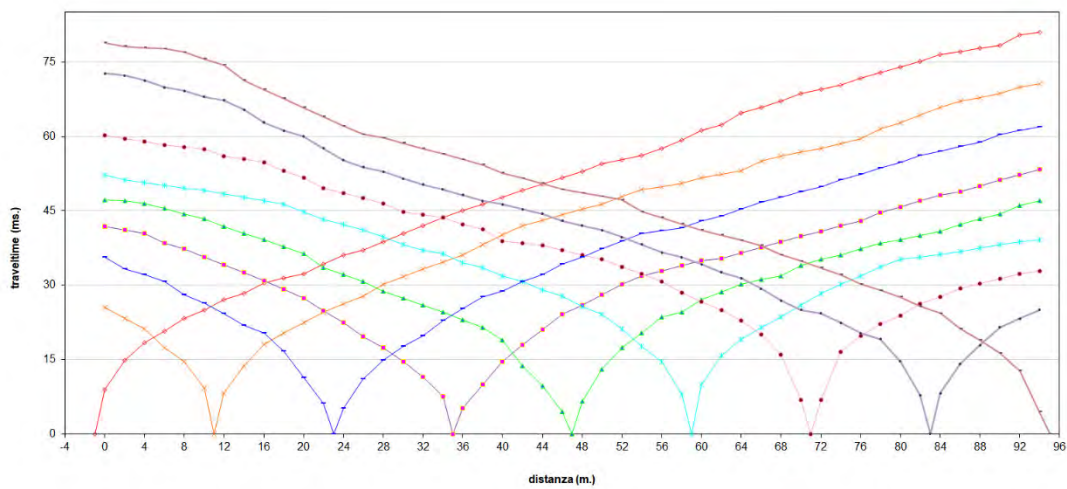
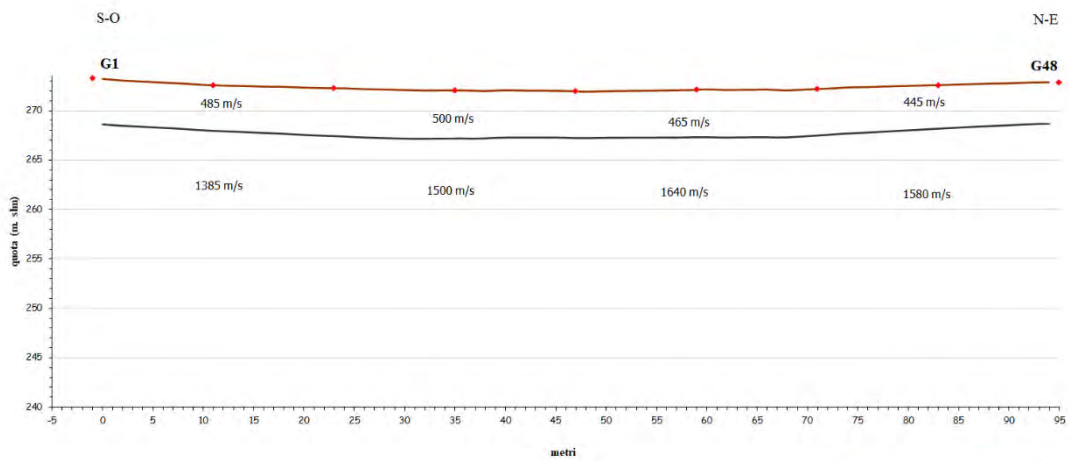
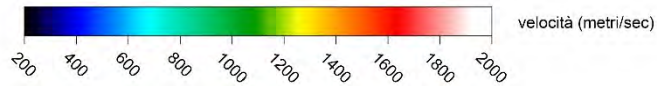
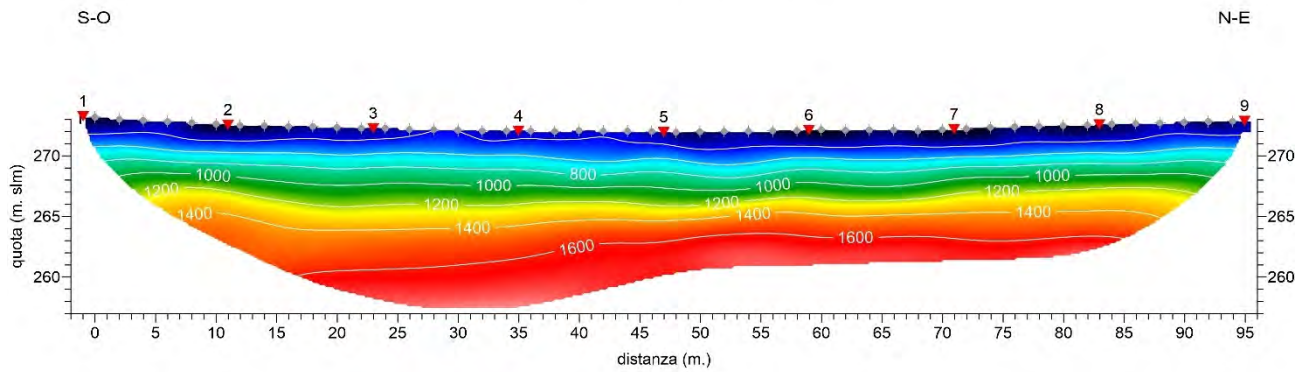


6.3.3.8. SRT 8

SRT 8 - Tomografia sismica onde P



SRT 8 - Tomografia sismica onde S





Engineering & Construction

RTI COSTAG SINGEA



Cooperativa Studi Topografici Aerofotogrammetrici Geologici



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.49.001.00

PAGE

70 di/of 72

APPENDICE A  
LIBRETTO DEL RILIEVO TOPOGRAFICO



















Engineering & Construction

RTI COSTAG SINGEA



Cooperativa Studi Topografici Aerofotogrammetrici Geologici



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.49.001.00

PAGE

71 di/of 72

APPENDICE B  
DOCUMENTAZIONE DELL'INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE (SRT)

# LINEA SISMICA SRT 1

## INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P E S

### SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

<b>Geofono n.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
<b>Quote geof. (metri s.l.m.)</b>	138.67	138.61	138.74	138.80	138.86	138.86	138.99	139.05	139.12	139.12	139.28	139.32	139.43	139.47	139.52	139.50	139.63	139.69	139.76	139.75	139.80	139.78	139.76	139.67
<b>Geofono n.</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	48.0	50.0	52.0	54.0	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	72.0	74.0	76.0	78.0	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
<b>Quote geof. (m.)</b>	139.65	139.67	139.62	139.58	139.53	139.49	139.38	139.40	139.35	139.31	139.27	139.16	139.19	139.16	139.13	139.10	139.07	139.04	139.01	138.98	138.95	138.91	138.82	138.79

### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P E S

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>	<b>SCOPPIO 7</b>	<b>SCOPPIO 8</b>	<b>SCOPPIO 9</b>
<b>Posizione dal geof. n. 1 (metri)</b>	-1.00	11.00	23.00	35.00	47.00	59.00	71.00	83.00	95.00
<b>Quota (metri s.l.m.)</b>	138.70	138.92	139.37	139.72	139.66	139.43	139.18	139.02	138.77

## LINEA SISMICA SRT 2

### INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P E S

#### SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

<b>Geofono n.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
<b>Quote geof. (metri s.l.m.)</b>	171.55	171.50	171.39	171.20	171.18	171.09	171.00	170.83	170.80	170.70	170.60	170.43	170.39	170.28	170.17	169.99	169.97	169.87	169.77	169.61	169.55	169.43	169.31	169.11
<b>Geofono n.</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	48.0	50.0	52.0	54.0	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	72.0	74.0	76.0	78.0	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
<b>Quote geof. (m.)</b>	169.05	169.03	168.94	168.79	168.79	168.72	168.65	168.51	168.50	168.42	168.34	168.19	168.19	168.13	168.06	167.93	167.94	167.87	167.80	167.67	167.60	167.47	167.34	167.14

#### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>	<b>SCOPPIO 7</b>	<b>SCOPPIO 8</b>	<b>SCOPPIO 9</b>
<b>Posizione dal geof. n. 1 (metri)</b>	-1.00	9.00	21.00	35.00	47.00	59.00	71.00	83.00	95.00
<b>Quota (metri s.l.m.)</b>	171.57	171.13	170.52	169.82	169.08	168.68	168.19	167.84	167.04

#### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE S

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>	<b>SCOPPIO 7</b>	<b>SCOPPIO 8</b>	<b>SCOPPIO 9</b>
<b>Posizione dal geof. n. 1 (metri)</b>	-1.0	11.0	23.0	35.0	49.0	61.0	73.0	85.0	95.0
<b>Quota (metri s.l.m.)</b>	171.57	171.04	170.41	169.82	169.04	168.58	168.16	167.74	167.04

# LINEA SISMICA SRT 3

## INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P E S

### SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

<b>Geofono n.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Quote geof. (metri s.l.m.)</b>	163.16	163.35	163.46	163.56	163.67	163.70	163.88	163.97	164.07	164.16	164.26	164.27	164.45	164.55	164.65	164.75	164.85	164.86	165.03	165.12	165.20	165.29	165.37	165.37
<b>Geofono n.</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	48.0	50.0	52.0	54.0	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	72.0	74.0	76.0	78.0	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Quote geof. (m.)</b>	165.41	165.59	165.69	165.79	165.89	165.91	166.09	166.18	166.28	166.37	166.47	166.48	166.60	166.63	166.66	166.70	166.73	166.68	166.79	166.81	166.84	166.86	166.88	166.82

### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P

	SCOPPIO 1	SCOPPIO 2	SCOPPIO 3	SCOPPIO 4	SCOPPIO 5	SCOPPIO 6	SCOPPIO 7	SCOPPIO 8	SCOPPIO 9
<b>Posizione dal geof. n. 1 (metri)</b>	-1.00	11.00	23.00	35.00	47.00	59.00	71.00	83.00	95.00
<b>Quota (metri s.l.m.)</b>	163.06	163.79	164.36	164.95	165.39	166.00	166.54	166.73	166.79

### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE S

	SCOPPIO 1	SCOPPIO 2	SCOPPIO 3	SCOPPIO 4	SCOPPIO 5	SCOPPIO 6	SCOPPIO 7	SCOPPIO 8	SCOPPIO 9
<b>Posizione dal geof. n. 1 (metri)</b>	-1.00	11.00	23.00	35.00	47.00	61.00	73.00	83.00	95.00
<b>Quota (metri s.l.m.)</b>	163.06	163.79	164.36	164.95	165.39	166.13	166.61	166.73	166.79



# LINEA SISMICA SRT 4

## INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P E S

### SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

<b>Geofono n.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
<b>Quote geof. (metri s.l.m.)</b>	224.47	224.45	224.34	224.23	224.12	223.93	223.95	223.89	223.84	223.78	223.72	223.57	223.63	223.61	223.59	223.57	223.55	223.44	223.58	223.63	223.68	223.73	223.78	223.75
<b>Geofono n.</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	48.0	50.0	52.0	54.0	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	72.0	74.0	76.0	78.0	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
<b>Quote geof. (m.)</b>	223.85	223.97	224.01	224.05	224.08	224.04	224.15	224.18	224.20	224.23	224.26	224.20	224.36	224.42	224.49	224.56	224.63	224.62	224.79	224.88	224.97	225.06	225.14	225.15

### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>	<b>SCOPPIO 7</b>	<b>SCOPPIO 8</b>	<b>SCOPPIO 9</b>
<b>Posizione dal geof. n. 1 (metri)</b>	-1.00	11.00	23.00	35.00	47.00	59.00	71.00	83.00	95.00
<b>Quota (metri s.l.m.)</b>	224.48	223.94	223.60	223.51	223.80	224.09	224.28	224.70	225.15

### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE S

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>	<b>SCOPPIO 7</b>	<b>SCOPPIO 8</b>	<b>SCOPPIO 9</b>
<b>Posizione dal geof. n. 1 (metri)</b>	-1.0	11.0	23.0	35.0	47.0	57.0	71.0	83.0	95.0
<b>Quota (metri s.l.m.)</b>	224.48	223.94	223.60	223.51	223.80	224.06	224.28	224.70	225.15

# LINEA SISMICA SRT 5

## INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P E S

### SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

<b>Geofono n.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Quote geof. (metri s.l.m.)</b>	290.28	290.34	290.31	290.27	290.24	290.12	290.17	290.14	290.10	290.06	290.03	289.90	289.98	289.97	289.95	289.94	289.93	289.83	289.90	289.87	289.85	289.83	289.81	289.69
<b>Geofono n.</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	48.0	50.0	52.0	54.0	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	72.0	74.0	76.0	78.0	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Quote geof. (m.)</b>	289.65	289.65	289.56	289.47	289.37	289.19	289.18	289.08	288.97	288.87	288.77	288.57	288.54	288.42	288.30	288.18	288.06	287.84	287.84	287.74	287.64	287.54	287.44	287.24

### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P

	SCOPPIO 1	SCOPPIO 2	SCOPPIO 3	SCOPPIO 4	SCOPPIO 5	SCOPPIO 6	SCOPPIO 7	SCOPPIO 8	SCOPPIO 9
<b>Posizione dal geof. n. 1 (metri)</b>	-1.00	11.00	23.00	35.00	47.00	59.00	71.00	83.00	95.00
<b>Quota (metri s.l.m.)</b>	290.25	290.14	289.94	289.86	289.67	289.18	288.56	287.84	287.15

### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE S

	SCOPPIO 1	SCOPPIO 2	SCOPPIO 3	SCOPPIO 4	SCOPPIO 5	SCOPPIO 6	SCOPPIO 7	SCOPPIO 8	SCOPPIO 9
<b>Posizione dal geof. n. 1 (metri)</b>	-1.0	11.0	25.0	37.0	47.0	59.0	71.0	83.0	95.0
<b>Quota (metri s.l.m.)</b>	290.25	290.14	289.97	289.88	289.67	289.18	288.56	287.84	287.15

## LINEA SISMICA SRT 6

### INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P E S

#### SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

<b>Geofono n.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
<b>Quote geof. (metri s.l.m.)</b>	284.84	284.83	284.71	284.68	284.48	284.49	284.44	284.36	284.24	284.14	284.09	284.06	284.01	283.97	283.98	284.01	283.99	284.04	283.96	283.91	283.91	283.86	283.93	283.87
<b>Geofono n.</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	48.0	50.0	52.0	54.0	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	72.0	74.0	76.0	78.0	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
<b>Quote geof. (m.)</b>	284.02	284.07	284.11	284.15	284.19	284.26	284.32	284.37	284.52	284.48	284.49	284.49	284.47	284.40	284.36	284.30	284.21	284.09	283.94	283.75	283.63	283.37	283.07	282.78

#### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P E S

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>	<b>SCOPPIO 7</b>	<b>SCOPPIO 8</b>	<b>SCOPPIO 9</b>
<b>Posizione dal geof. n. 1 (metri)</b>	-1.00	11.00	23.00	35.00	47.00	59.00	71.00	83.00	95.00
<b>Quota (metri s.l.m.)</b>	284.84	284.47	284.04	284.00	283.95	284.29	284.48	284.02	282.64

# LINEA SISMICA SRT 7

## INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P E S

### SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

<b>Geofono n.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Quote geof. (metri s.l.m.)</b>	200.41	200.58	200.67	200.76	200.85	200.86	201.04	201.14	201.24	201.34	201.44	201.45	201.64	201.74	201.85	201.95	202.06	202.08	202.24	202.32	202.40	202.48	202.56	202.56
<b>Geofono n.</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	48.0	50.0	52.0	54.0	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	72.0	74.0	76.0	78.0	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Quote geof. (m.)</b>	202.61	202.78	202.87	202.95	203.04	203.04	203.23	203.34	203.45	203.55	203.66	203.68	203.89	204.01	204.13	204.25	204.37	204.41	204.63	204.76	204.89	205.02	205.15	205.19

### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>	<b>SCOPPIO 7</b>	<b>SCOPPIO 8</b>	<b>SCOPPIO 9</b>
<b>Posizione dal geof. n. 1 (metri)</b>	-1.00	11.00	23.00	35.00	47.00	59.00	71.00	83.00	95.00
<b>Quota (metri s.l.m.)</b>	200.32	200.95	201.54	202.16	202.58	203.13	203.79	204.52	205.22

### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE S

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>	<b>SCOPPIO 7</b>	<b>SCOPPIO 8</b>	<b>SCOPPIO 9</b>
<b>Posizione dal geof. n. 1 (metri)</b>	-1.0	11.0	25.0	37.0	47.0	59.0	71.0	83.0	95.0
<b>Quota (metri s.l.m.)</b>	200.32	200.95	201.69	202.28	202.58	203.13	203.79	204.52	205.22

## LINEA SISMICA SRT 8

### INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P E S

#### SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

<b>Geofono n.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
<b>Quote geof. (metri s.l.m.)</b>	273.19	273.02	272.92	272.82	272.73	272.60	272.53	272.49	272.43	272.41	272.34	272.29	272.27	272.19	272.15	272.10	272.05	272.06	272.05	272.00	272.08	272.04	272.03	272.00
<b>Geofono n.</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
<b>Distanza progressiva (m.)</b>	48.0	50.0	52.0	54.0	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	72.0	74.0	76.0	78.0	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0
<b>Distanza parziale (m.)</b>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
<b>Quote geof. (m.)</b>	271.93	271.98	272.01	272.03	272.06	272.09	272.16	272.10	272.12	272.14	272.06	272.15	272.24	272.35	272.39	272.45	272.50	272.55	272.61	272.67	272.72	272.76	272.82	272.87

#### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P E S

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>	<b>SCOPPIO 7</b>	<b>SCOPPIO 8</b>	<b>SCOPPIO 9</b>
<b>Posizione dal geof. n. 1 (metri)</b>	-1.00	11.00	23.00	35.00	47.00	59.00	71.00	83.00	95.00
<b>Quota (metri s.l.m.)</b>	273.27	272.57	272.28	272.06	271.97	272.12	272.19	272.58	272.89



**Engineering & Construction**

**RTI COSTAG SINGEA**



Cooperativa Studi Topografici Aerofotogrammetrici Geologici



*GRE CODE*

GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.49.001.00

*PAGE*

72 di/of 72

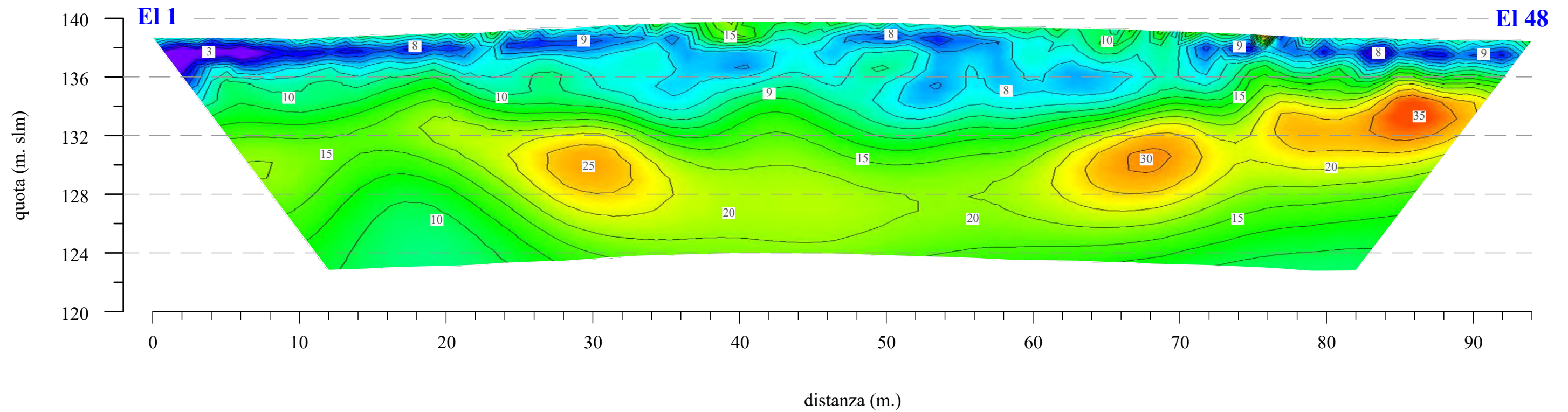
APPENDICE C  
PROFILI DI TOMOGRAFIA ELETTRICA (ERT)

# ERT postazione n. 1

## TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA

Ovest

Est

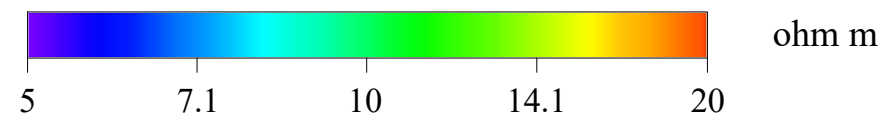
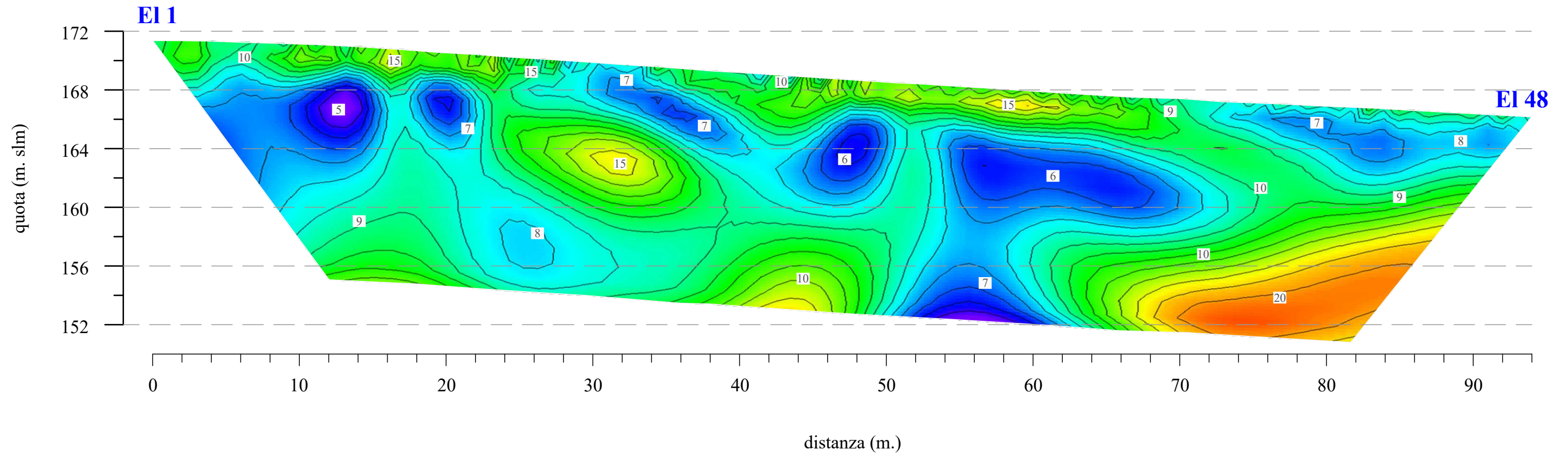


# ERT postazione n. 2

## TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA

E-SE

O-NO



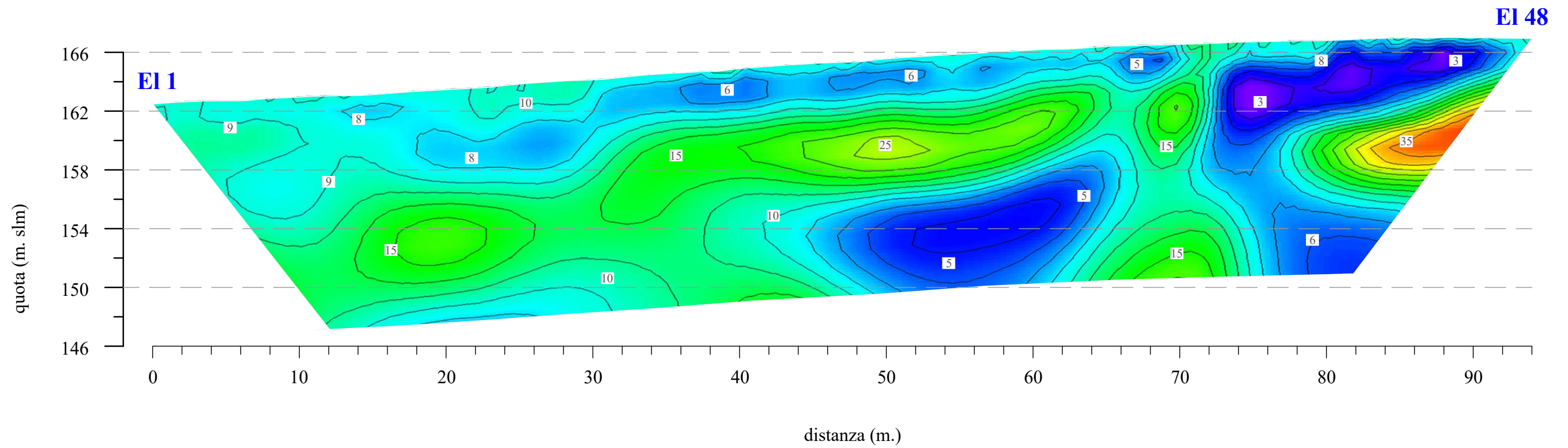


# ERT postazione n. 3

## TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA

N-NO

S-SE

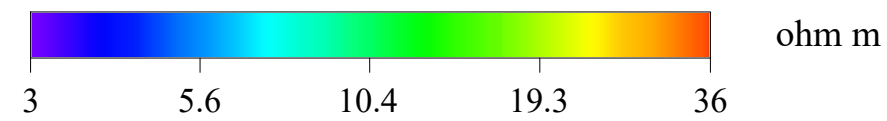
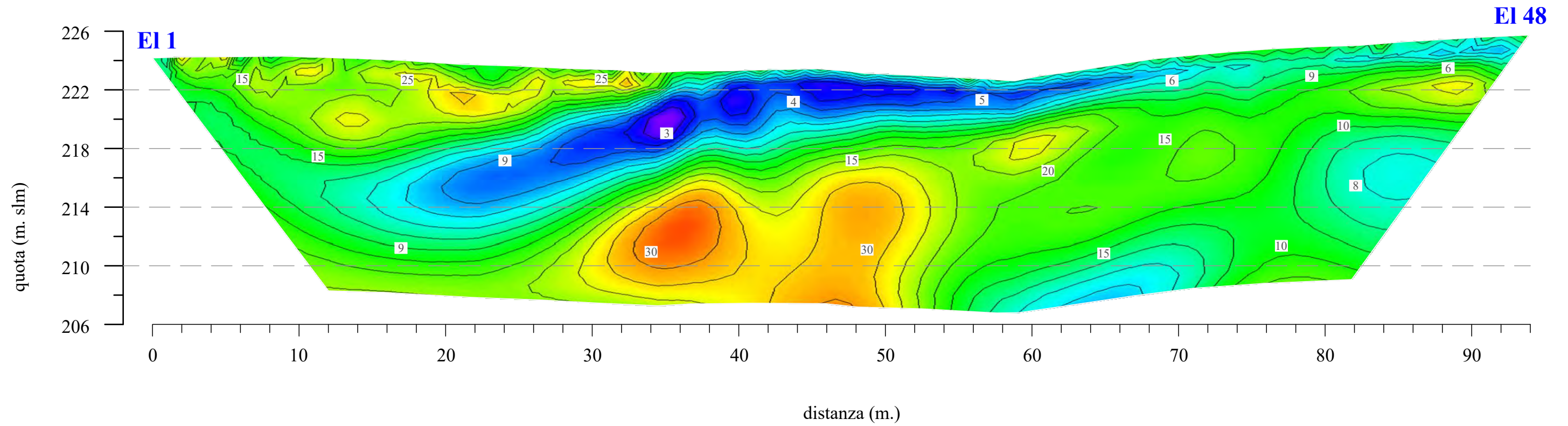


# ERT postazione n. 4

## TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA

NO

SE

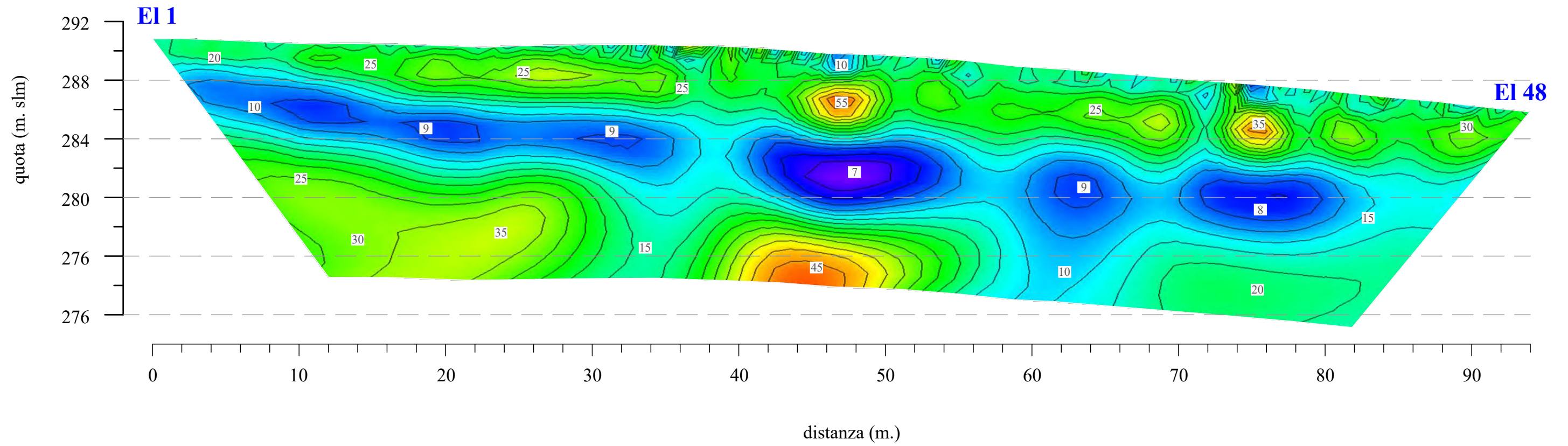


# ERT postazione n. 5

## TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA

S-E

N-O

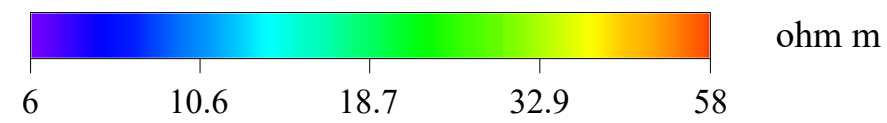
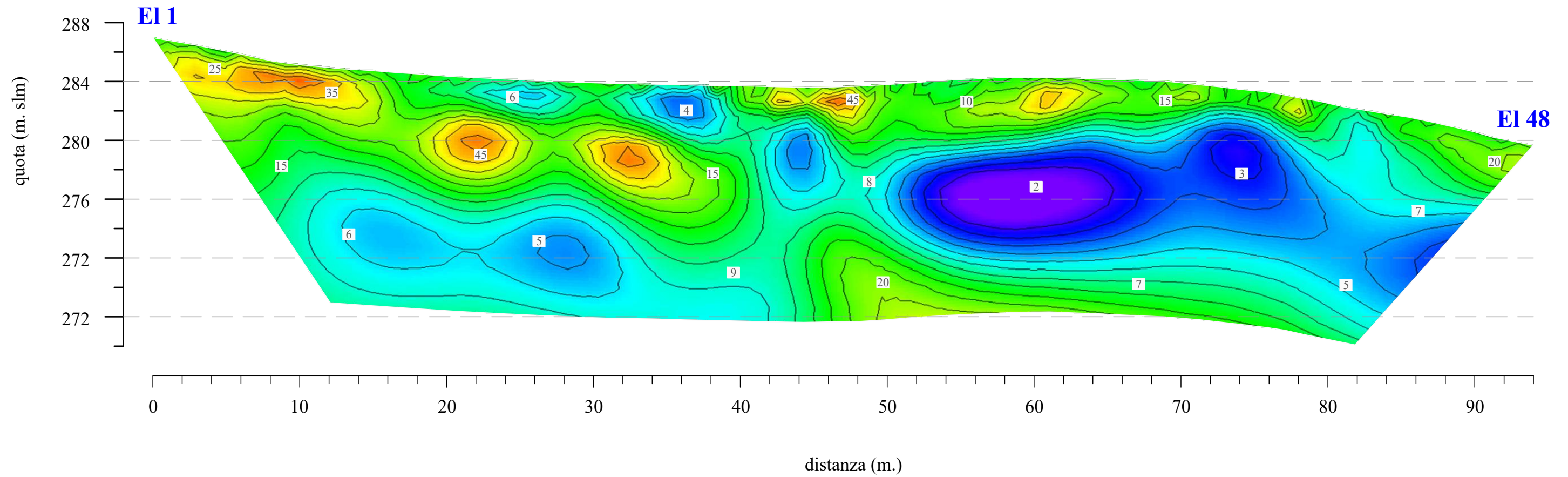


# ERT postazione n. 6

## TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA

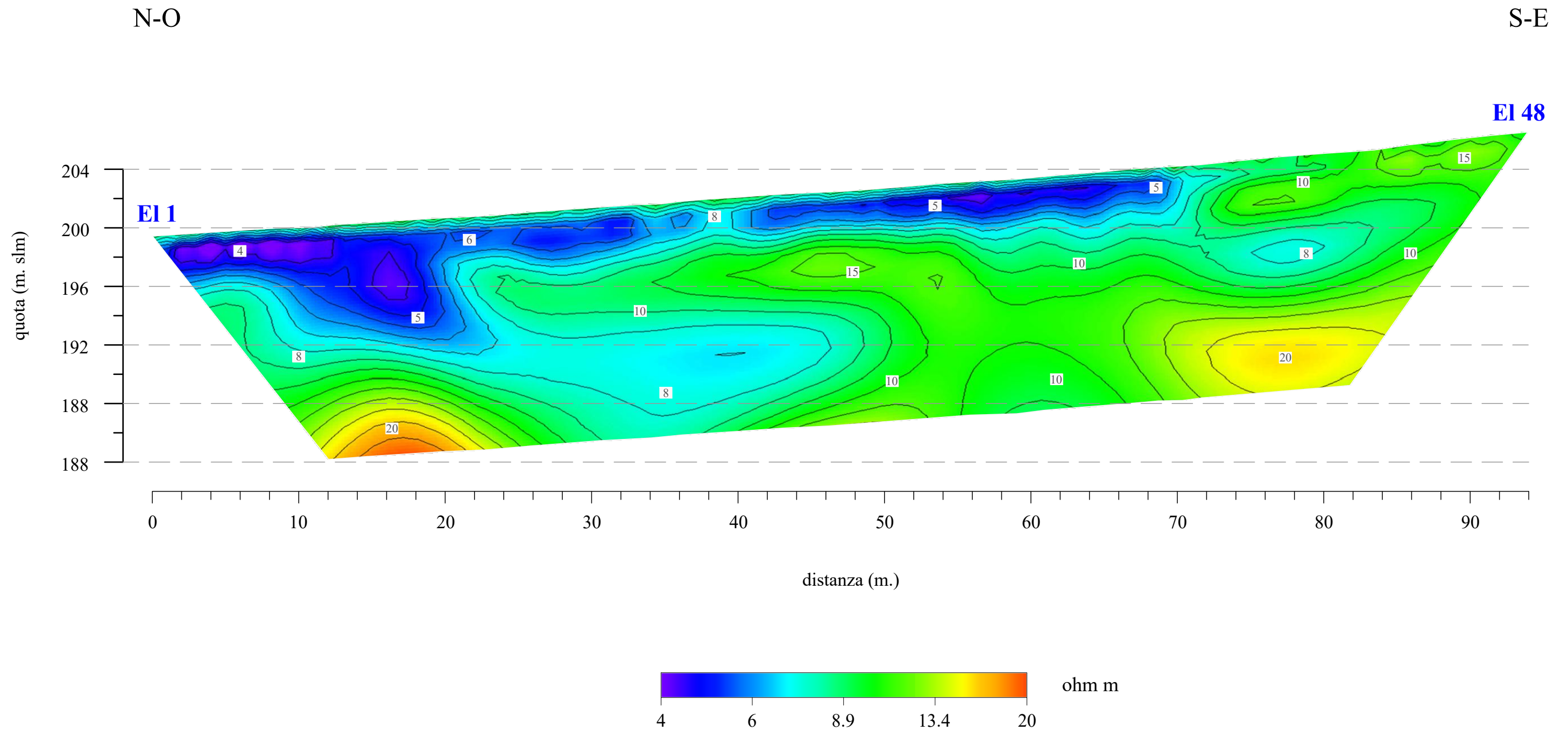
N-NO

S-SE



# ERT postazione n. 7

## TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA



# ERT postazione n. 8

## TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA

S-O

N-E

