



Regione
Molise



Comune di
Gildone



Comune di
Cercemaggiore



Provincia di
Campobasso

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN PARCO AGRIVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
alla località Golla del Comune di Gildone (CB)
e DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
nei Comuni di Gildone (CB) e Cercemaggiore (CB)

PROGETTO DEFINITIVO

GILD_GEO.01

Relazione Geologica

Proponente



Fotovoltaico Cinque S.r.l.

Via Enrico Fermi, 22/24 - 90145 Palermo (PA)

Formato

A4

Scala

-

Progettista

Dott.a Geol.
Giovanna Cardillo



Giovanna Cardillo

Timbro e firma tecnico

Revisione	Descrizione	Data	Preparato	Controllato	Approvato
00	Prima emissione	26/01/2023	Geol.	Geol.	Geol.

Sommario

1. PREMESSA	2
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	7
4. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ	13
4.1 PERICOLOSITA' SISMICA	13
4.2 PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA – PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	18
5. INDAGINI ESEGUITE	25
5.1 INDAGINI GEOFISICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P METODO GRM E METODO TOMOGRAFICO.....	26
5.1.1 REPORT INDAGINI.....	30
5.2 INDAGINE SISMICA TIPO MASW	97
5.2.1 REPORT INDAGINI MASW.....	99
6. MODELLO GEOLOGICO TECNICO E CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE CONCLUSIVE.....	118
7. REPERTO FOTOGRAFICO.....	121

1. PREMESSA

La seguente relazione è stata redatta dalla sottoscritta per conto della società SOCIETA' FOTOVOLTAICO CINQUE S.r.l., Via Enrico Fermi n. 22/24, 90145 Palermo, Partita IVA 06732030827.

La stessa mi incaricava, in quanto geologa regolarmente iscritta all'Ordine dei Geologi della Puglia al n. 791 dal 13/09/2012, alla redazione di relazione geologica e indagini finalizzati alla realizzazione di un impianto agrovoltaiico in agro di Gildone (CB) e di Cercemaggiore (CB).

Pertanto, si è reso necessario impostare un programma dettagliato di studio svoltosi secondo le seguenti linee:

- acquisizione di informazione pregresse bibliografiche e da indagini limitrofe;
- rilevamento geologico di superficie;
- esecuzione di n. 4 indagini sismiche a rifrazione in onde P elaborate in modalità GRM e Tomografica;
- esecuzione di n. 4 indagini MASW.

Si riportano in Figura 1, 2 e 3 le ubicazioni delle opere da realizzarsi rispettivamente su stradario, IGM e ortofoto. Nei paragrafi successivi i risultati delle indagini.

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile con potenza complessiva pari a **14,33 MW**. L'impianto si sviluppa su un'area collinare ad una altitudine compresa tra gli 684 e 790 metri s.l.m. con una estensione di complessivi circa 21,40 ettari nel territorio del comune di Gildone con opere connesse in comune di Cercemaggiore. Nello specifico, i terreni occupati dall'impianto sono costituiti da terreni incolti o condotti a seminativo.

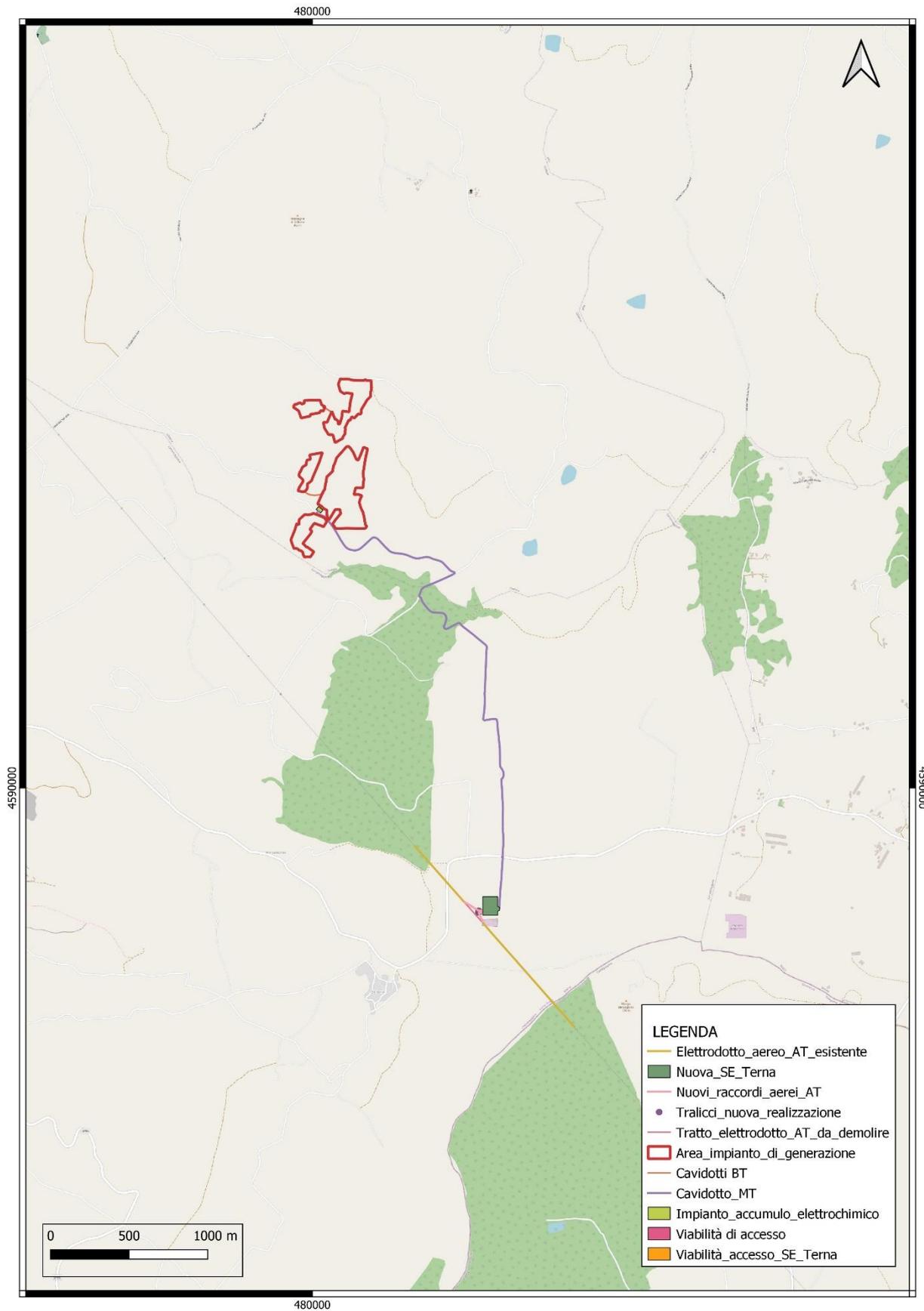


Figura 1 Inquadramento opere su stradale.

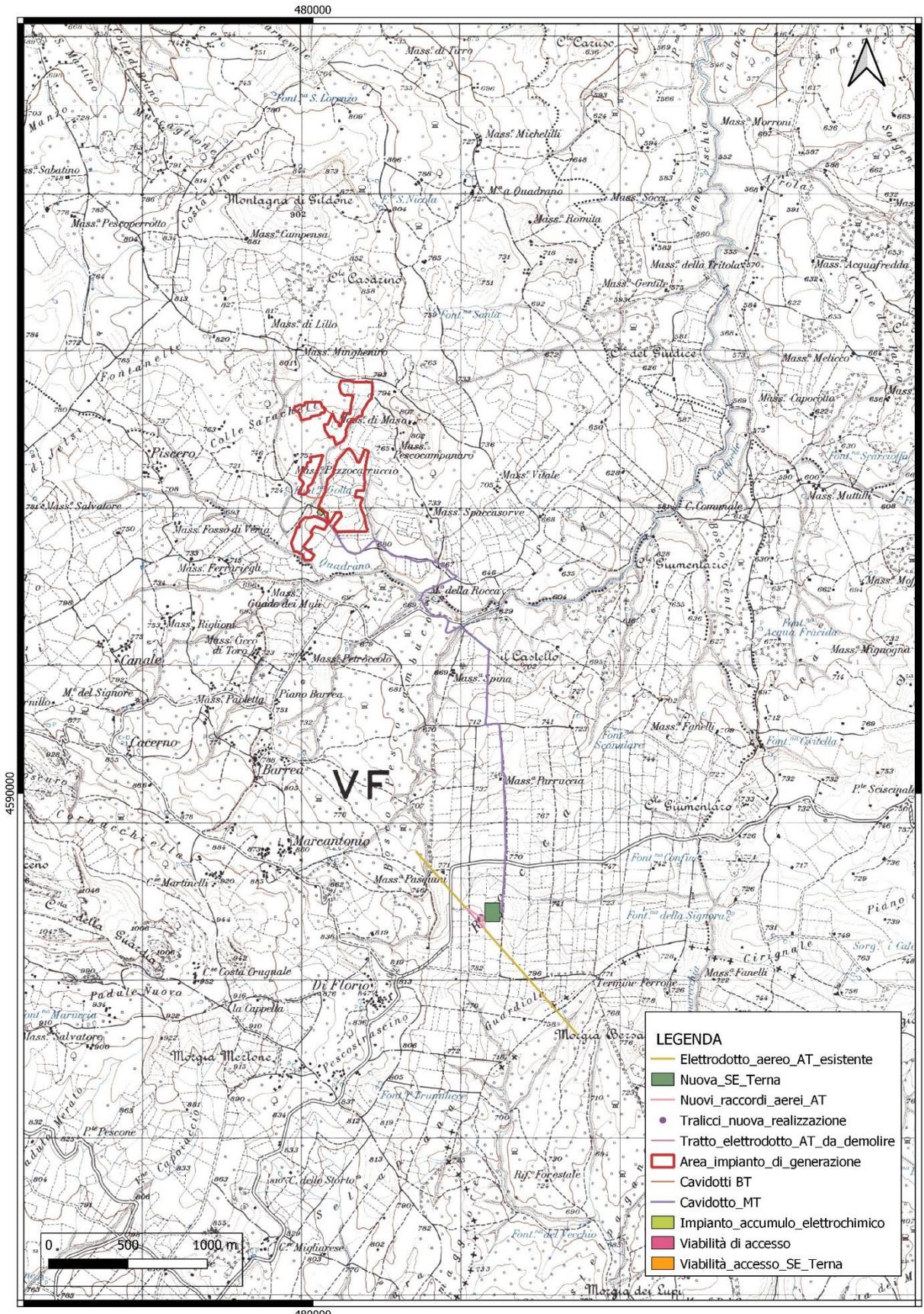


Figura 2 Inquadramento opere su IGM.

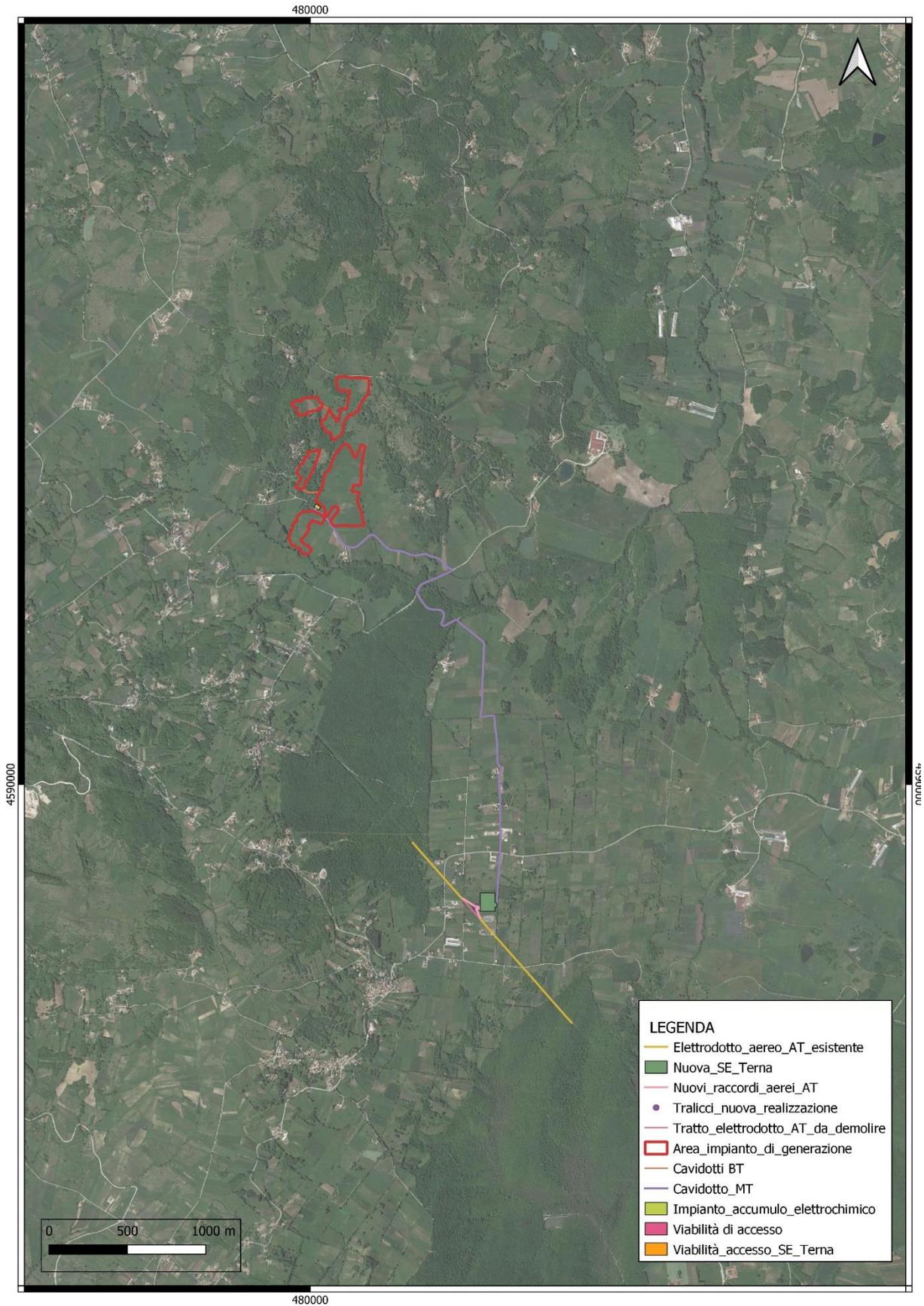


Figura 3 Inquadramento opere su ortofoto.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Lo studio geologico e la presente relazione sono stati eseguiti e redatti nel rispetto delle seguenti principali normative tecniche nazionali:

- **D.M. 11 marzo 1988** “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”
- **Circ. LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483** “Legge 2 febbraio 1974, art. 1 – D.M. 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione”
- **Legge 2 febbraio 1974, n. 64** “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche” e successive modifiche ed integrazioni
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274** “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”
- **Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018** “Norme tecniche per le costruzioni”
- **Decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207** “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE””
(articoli ancora in vigore)

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

La Regione Molise, pur essendo confinata in un territorio di limitata estensione (4438 km²), è caratterizzata da una situazione geologica molto articolata e risultante nell'insieme complessa e di difficile interpretazione, sia per quanto attiene alle condizioni di superficie sia soprattutto per la geologia profonda. La configurazione attuale è il risultato complessivo della continua evoluzione paleogeografica e dei notevoli sconvolgimenti tettonici che a più riprese, ma particolarmente nella fase parossistica dell'orogenesi appenninica (Mio-Pleistocene), hanno deformato e disarticolato le unità tettoniche preesistenti, complicandone ulteriormente la geometria dei rapporti e, successivamente, contribuito alla dislocazione dei diversi corpi geologici fino all'individuazione delle unità morfologiche attualmente presenti sul territorio.

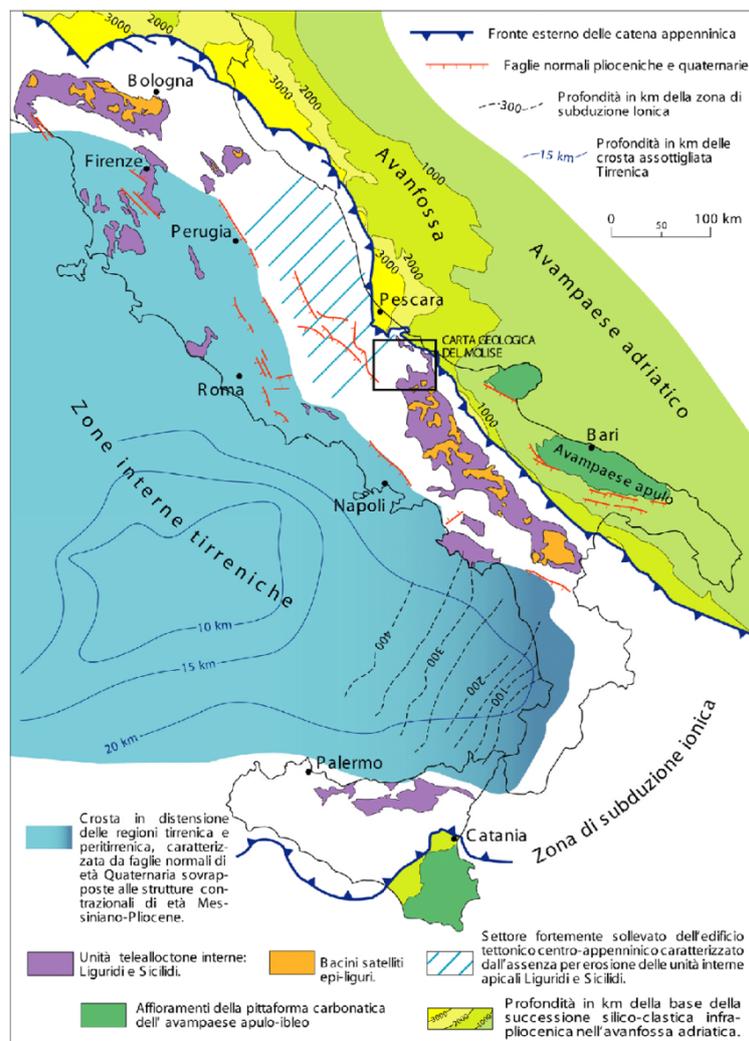
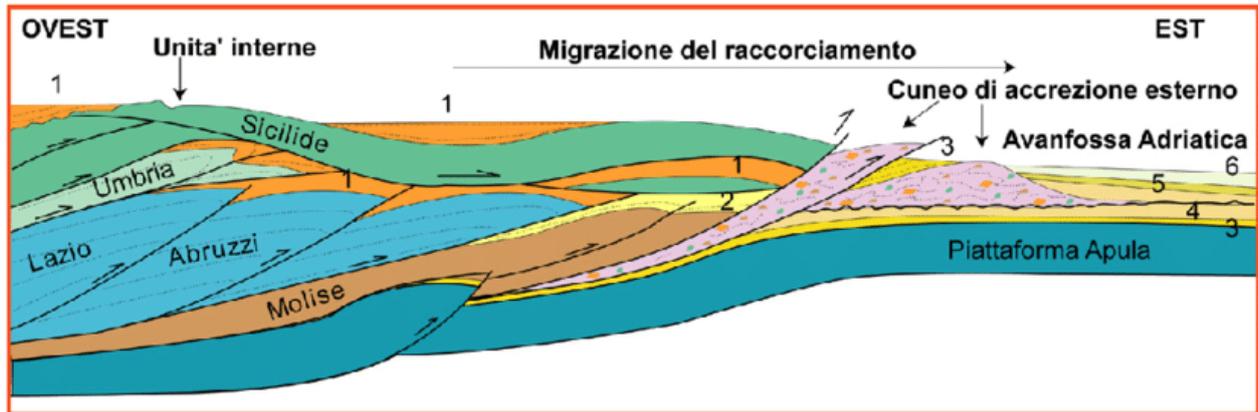


Figura 4 Assetto tettonico attuale della penisola italiana.



Successioni silico-clastiche dei bacini thrust-top e dell'Avana fossa Adriatica

1	Tortoniano-Messiniano (10-6.4 Ma)	3	Pliocene inf. (5.4-2.7 Ma)	5	Pliocene sup. (2.0-1.62 Ma)
2	Messiniano (6.4-5.4 Ma)	4	Pliocene medio-sup. (2.7-2.0 Ma)	6	Pleistocene inf. (1.62-0.72 Ma)

Figura 5 Sezione schematica della catena appenninica.

Il territorio molisano è costituito esclusivamente da formazioni sedimentarie, gran parte delle quali, le più antiche, sono di ambiente marino, su di esse poggiano le più recenti formazioni di ambiente continentale. Le formazioni marine antiche appartengono a cinque unità litostratigrafiche, riferibili alle diverse situazioni paleoambientali che si sono succedute nei tempi geologici, a partire dal Trias fino al Pleistocene:

- PIATTAFORMA ABRUZZESE-CAMPANA: corrispondente ad un ambiente di Piattaforma Carbonatica caratterizzato da sedimentazione calcareo-dolomitica di età Trias-Cretaceo (Matese - Mainarde);

- ZONA DI TRANSIZIONE: corrispondente ad un ambiente di Scarpata e caratterizzato da sedimentazione calcareo-marnoso-selciosa, a partire dal Cretaceo fino al Miocene con notevoli apporti detritici della zona di piattaforma (M.ti di Venafro-Isernia; zona di Frosolone; zona di Sepino);

- BACINO MOLISANO: corrispondente ad un ambiente di sedimentazione di mare aperto e relativamente profondo, antistante la zona di scarpata e caratterizzato da una sedimentazione terrigena, prevalentemente argillitica alla base ed arenitica nella parte sommitale, che comprende

la fascia delle medie valli del Trigno e del Biferno fino ai rilievi dei M.ti Frentani, di età Paleogene - Miocene superiore;

- AVANFOSSA PERIADRIATICA: corrispondente ad una profonda depressione allungata parallelamente alla linea di costa attuale, creatasi a partire dal Pliocene e caratterizzata da notevoli fenomeni di subsidenza, accompagnata da sedimentazione prevalentemente argilloso-sabbiosa, di età Plio-Pleistocene;

- PIATTAFORMA PUGLIESE: corrispondente alla zona di Avampaese e ad un ambiente neritico, con caratteri simili a quelli della Piattaforma Abruzzese-Campana; le formazioni carbonatiche della Piattaforma Pugliese non affiorano nel territorio molisano in quanto ricoperte dai sedimenti Plio-Pleistocenici di Avanfossa. Il contesto geologico-strutturale è particolarmente complesso e non sempre chiaro, poiché fortemente condizionato da imponenti stress tettonici per lo più a carattere compressivo che hanno determinato una serie di deformazioni, accavallamenti e traslazione di masse rocciose, anche di notevolissime proporzioni, verso l'Avampaese, con complessiva contrazione spaziale. L'azione di tali forze orogenetiche è riflessa nell'attuale assetto geostrutturale rilevabile in superficie e, ad esse, sono da imputare la complessità dei rapporti geometrici tra le diverse unità litostratigrafiche, la più o meno suddivisione in blocchi delle masse litoidi, il disordine giaciturale delle masse prevalentemente argillitiche, nonché i caratteri strutturali di locale dettaglio delle singole formazioni. Lo schema tettonico regionale proposto nella "Carta tettonica d'Italia" in scala 1:1.500.000 (CNR, 1980, PROGETTO FINALIZZATO GEODINAMICA), evidenzia come il territorio molisano sia attraversato da alcune importanti linee di dislocazione, ad andamento appenninico (NW-SE), corrispondenti a fronti di sovrascorrimento che hanno prodotto, durante l'orogenesi della catena, la sovrapposizione dei sedimenti calcareo-dolomitici della Piattaforma Abruzzese-Campana sulle successioni calcareo-marnoso-selciose della Zona di Transizione e, queste ultime, a loro volta si sono sovrapposte in contatto tettonico con i terreni flyschoidi alloctoni del complesso delle argille varicolori e con quelli dei flyschardorogenici del Bacino Molisano. I terreni flyschoidi ricoprono in falda, almeno in parte, i più recenti sedimenti Plio-Pleistocenici dell'AvanfossaPeriadriatica.

L'area oggetto di studio è rappresentata da morfologie prevalentemente collinari dove sono diffuse le successioni bacinali marnoso-argilloso-calcaree e silicoclastiche riferibili rispettivamente all'Unità del Sannio ed al Flysch di San Bartolomeo. Tali unità rappresentano, in questo settore di

catena, le unità di tetto di un sistema a duplex, che nelle porzioni più profonde è formato da *borses* carbonatici a loro volta sovrapposti sul margine occidentale dell'avampaese apulo.

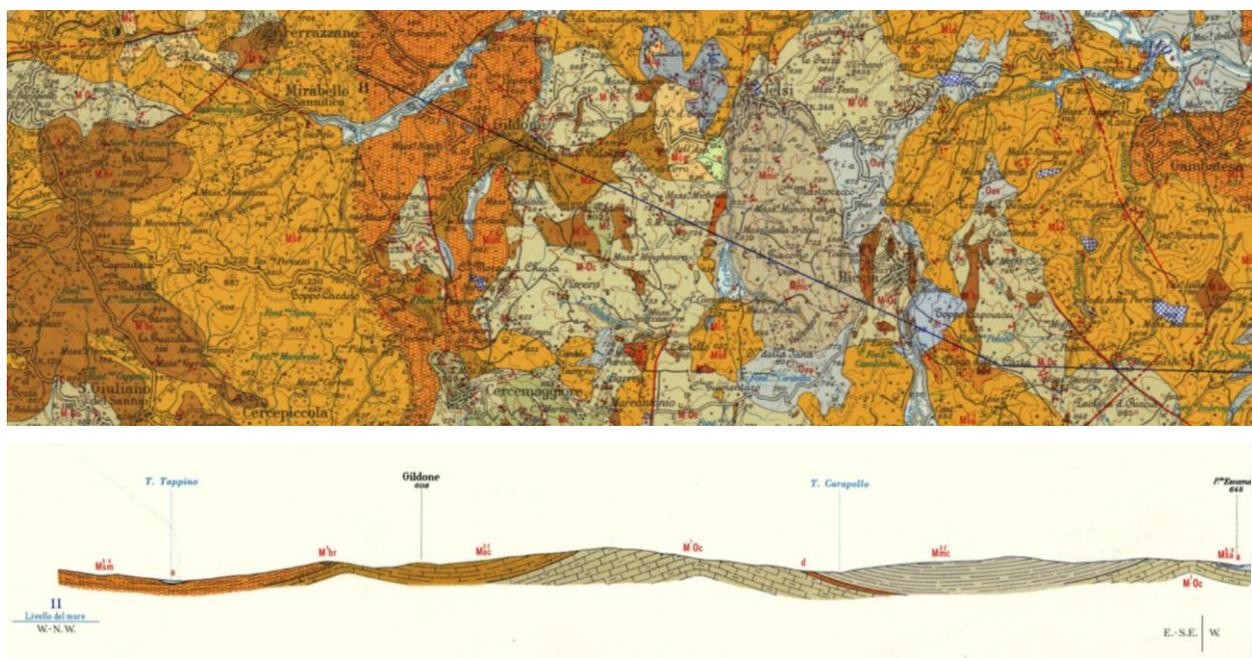


Figura 6 Stralcio Carta Geologica d'Italia 1:100.000, F 162 Campobasso

Facendo riferimento alla Carta Geologica d'Italia 1:100.000, F 162 Campobasso (Figura 6), nell'area del Comune di Gildone affiorano le seguenti formazioni geologiche:

M⁵⁻⁴_{sm} Unità argillosa - Sabbiosa L'unità di età messiniana – tortoniana ed è costituita da sono costituite, nell'insieme, da sedimenti argilloso- sabbioso-arenacei in variabili rapporti quantitativi sia in senso verticale che laterale. In particolare, l'unità è costituita da: argille sabbiose e sabbie argil- lose gialle, argille marnose, argille azzurrognole, sabbie ed arenarie, con conglomerati **scg** ad elementi che raggiungono anche 50 cm di diametro, talora fortemente cementate. I sedimenti di **M⁵⁻⁴_{sm}** poggiano, in regolare successione stratigrafica, su **M⁴_{sm}**; talvolta sono a contatto con terreni più antichi e cioè con **O_{av}** e **M- O_c**.

La microfauna dei sediment **M⁵⁻⁴_{sm}** è la più promiscua che sia stata trovata nei depositi miocenici ; sono presenti, infatti, forme che vanno dal Paleocene al Miocene inferiore e medio, seppure quasi sempre in pessimo stato di conservazione. Fra le forme più significative si ricordano: *Orbulina suturalis* BRONN., *O. universa* D'ORB., *Globigerina falconensis* Bww, *Glo-*

bigerinoides obliquus.

M¹-O_c Complesso Calcereo Marnoso

Questo complesso è formato da una vasta gamma di litotipi a facies clastiche {calciruditi, calcareniti, calcilutiti) e facies marnoso-argilloso-calcaree che si alternano in vario modo o passano lateralmente a facies eteropiche.

La base del complesso **M¹-O_c** è generalmente rappresentata da una alternanza, in rapporti pressoché uguali, di sedimenti calcarenitici, calcereo-marnosi, marnoso-argillosi con livelli di siltiti; qualche volta prevalgono facies marnose e argilloso-marnose con intercalazioni di calcari marnosi varicolori e livelli di marne rosse, siltiti ed argille varicolori.

Nel complesso **M¹-O_c** sono state distinte le seguenti associazioni litologiche:

a) Calcareniti organogene **M¹_c** rosate o biancastre in strati che raggiungono anche 80 cm di potenza con microfau ne rimaneggiate del Cretaceo e del Paleogene (*gipsinidi*, *Sulcoperculina* sp., *Globotruncana* gr. *linnei* (D'ORB.), frammenti di rudiste e di *Siderolites* sp., *Orbitoides* sp., *Lepidorbitoides* sp.) e dell'Eocene (*nummuliti*, *gipsinidi*, *Dyscocyclina* sp., *Globorotalia centralis* (CusH. e BERM.). Queste calcareniti sono diffuse al M. Saraceno e lungo la strada per Cercemaggiore (tav. II NW); vi si intercalano livelletti di argille marnose verdi anch'esse con microfaune rimaneggiate del Paleocene.

b) Calciruditi e calcareniti **M¹_{br}** stratificate o massiformi particolarmente sviluppate nella parte alta del complesso **M¹-O_c** con potenze anche di alcune decine di metri. Come le precedenti, anche queste contengono microfaune rimaneggiate del Cretaceo, del Paleocene e dell'Eocene. La placca più vasta e più potente è quella che si estende, con direzione meridiana, fra Vinchiaturo e San Giuliano del Sannio fino alla Valle del Tammaro. Queste calciruditi e calcareniti lambiscono le pendici del Massiccio del Matese e diventano meno frequenti, e soprattutto meno estese, man mano che dalla zona di transizione si passa a quella molisano-sannitica. Altri due lembi si trovano ad Oratino e Castropignano.

c) **Diaspri d.** Nella tav. II NW « Cercemaggiore » ne affiorano due lembi di una

certa entità. Il loro spessore è valutabile a qualche metro; sono di colore rosso cupo, verde e nerastro e la loro posizione stratigrafica non è ben definibile, anche se nell'area della tavoletta sopra indicata: sembra non costituire il tetto di **M¹-O_c** poiché vengono a contatto con edimenti del Miocene medio-superiore.

M³⁻²_{ac} Complesso Calcereo Marnoso

I sedimenti di questa unità, ubicata nell'area centrale del foglio, sono in successione con quelli di **M¹-O_c** come si osserva a Monte S. Valentino, 1 km ad E di Gildone (tav. I SW). Al passaggio vi sono calcareniti organogene con microfaune dell'Eocene e dell'Oligocene. Alle calcareniti si alternano livelli di calciruditi. Seguono verso l'alto, litofacies prevalentemente formate da: calcilutiti rosate con globigerine, rotalidi, radioliti, siltiti con livelli di arenarie sabbiose gialle; marne grigio-verde in piccole lenti; sabbie in grosse lenti con livelletti di marne argillose verdi.

Nel suo insieme l'unità **M³⁻²_{ac}** si può considerare un flysch costituito da un'alternanza di sedimenti arenaceo-calcarei e subordinatamente marnoso-argillosi (spessi 20-30 cm) con marne calcaree (in livelli di 60-70 cm), marne grigio-verde e marne siltose caffè latte. Le microfaune comprendono forme del Cretacico, dell'Eocene, dell'Aquitano, mentre le calcilutiti hanno fornito un'associazione microfaunistica riferibile al Miocene medio-inferiore.

4. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ

4.1 PERICOLOSITA' SISMICA

In figura 7 è illustrata la distribuzione della sismicità per l'area molisana. Da essa risulta evidente come la distribuzione degli epicentri corrisponda ad una sismicità regionale diffusa con la presenza non trascurabile di terremoti aventi magnitudo $M_s > 6.0$ (Molise 05/12/1456 $M_s = 6.7$; Matese 05/06/1688 $M_s = 7.3$; Matese 26/07/1805 $M_s = 6.7$; Sannio 21/08/1962 $M_s = 6.2$).

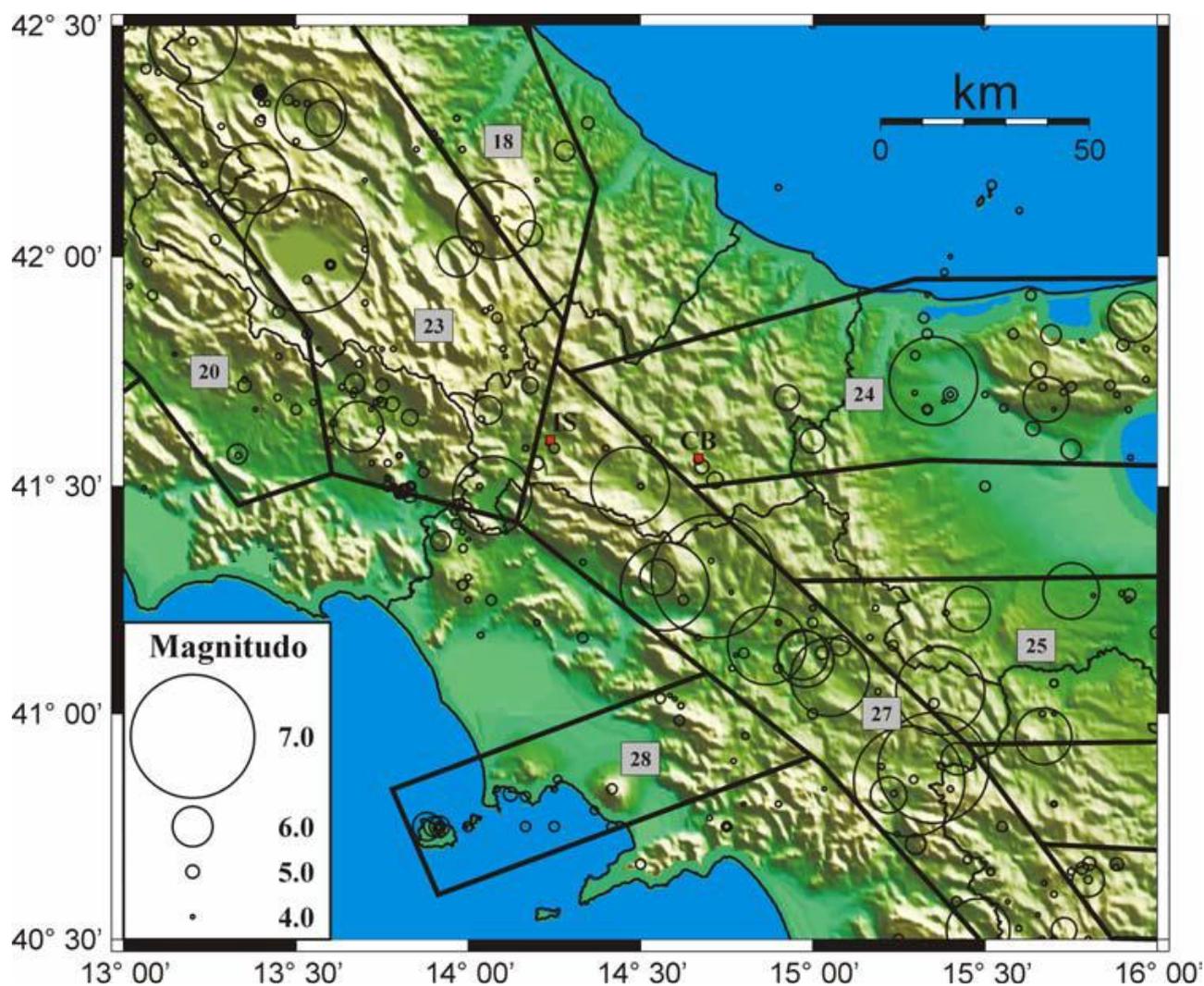
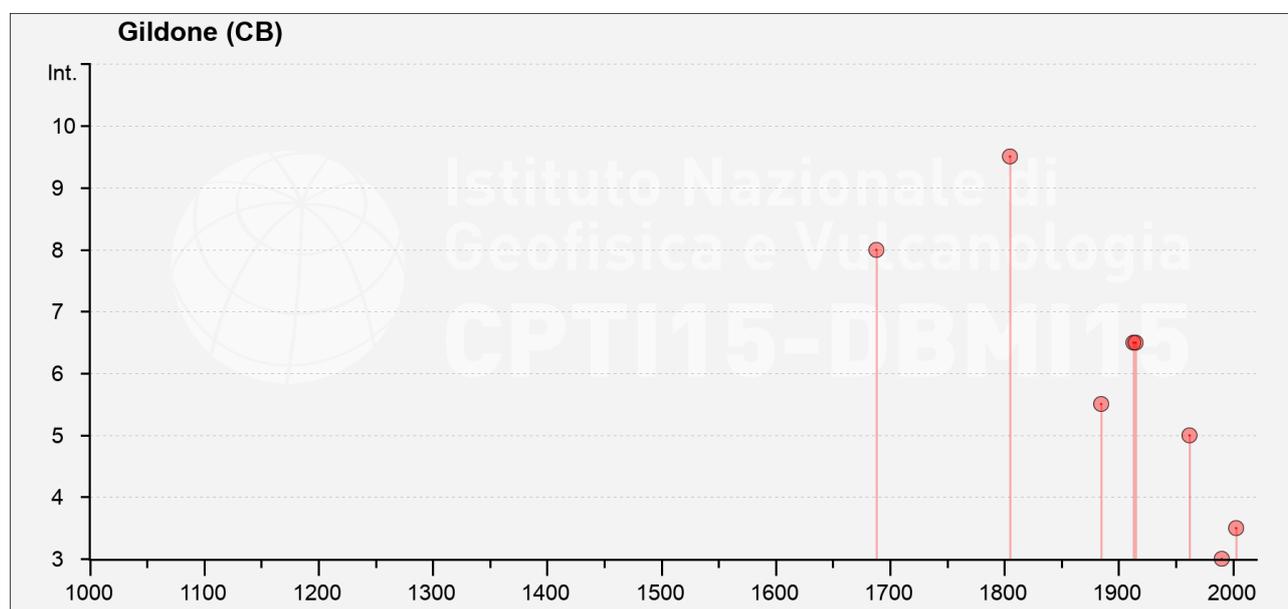


Figura 7 Distribuzione della sismicità nell'area di studio. Eventi contenuti nel catalogo CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004). Sovrapposizione della zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di lavoro MPS, 2004).

Sismicità storica

La sismicità storica del Comune di Gildone è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15>; GdL CPTI, 2004; Stucchi et al., 2007).



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
8	1688	06	05	15	30		Sannio	215	11	7.06
9-10	1805	07	26	21			Molise	220	10	6.68
5	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
3	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
6-7	1913	10	04	18	26		Molise	205	7-8	5.35
NF	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
NF	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
5-6	1885	12	26	02			Molise	28	5-6	4.66
NF	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64
NF	1907	03	20	13	28		Molise	24	6	4.38
NF	2005	05	21	19	55	1	Area Nolana	271	5	4.07
NF	1997	11	24	19	04	5	Sannio-Matese	46	5	3.88
3-4	2003	01	27	04	03	4	Molise	60	5	3.84
NF	2005	03	01	05	41	3	Molise	136	4	3.68

Figura 8 Grafico delle intensità massime risentite nel Comune di Gildone.

Da tale catalogo risultano, per Gildone, intensità di sito (I_s , in gradi secondo la scala Mercalli-Cancani-Siedberg, MCS) da medie a molto forti (effetti I_o da 3° a 10°) rispetto a terremoti che hanno raggiunto

intensità epicentrali comprese tra il 4° e 11° MCS aventi magnitudo del momento sismico (Mw) stimate comprese tra 3.68 e 7.08.

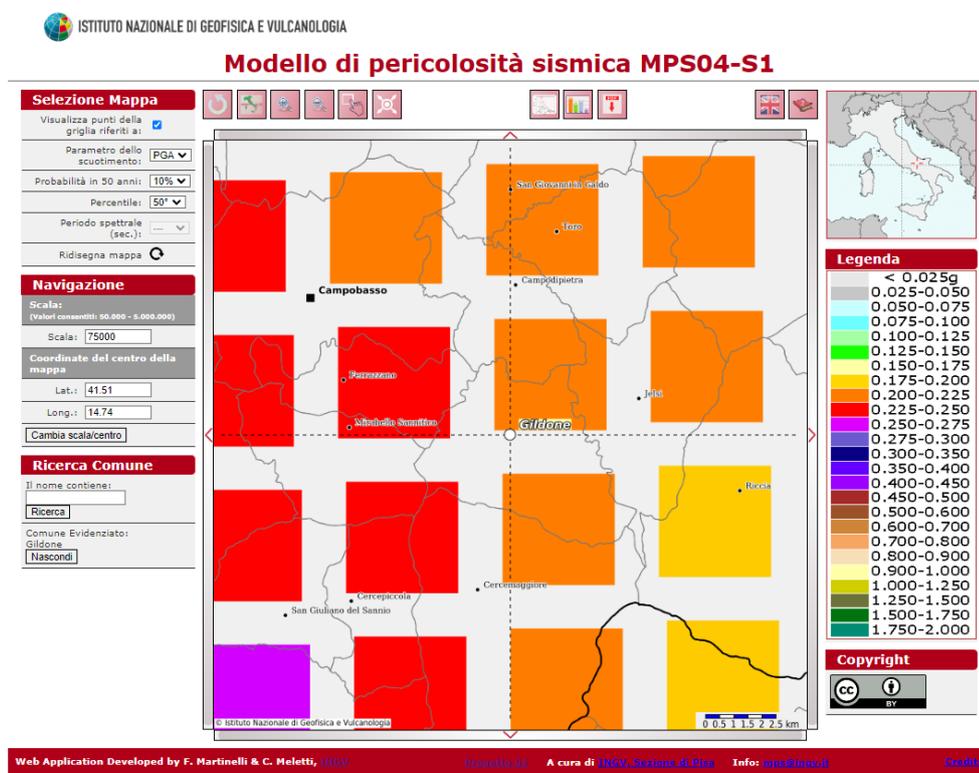


Figura 9 Mappa di pericolosità sismica.

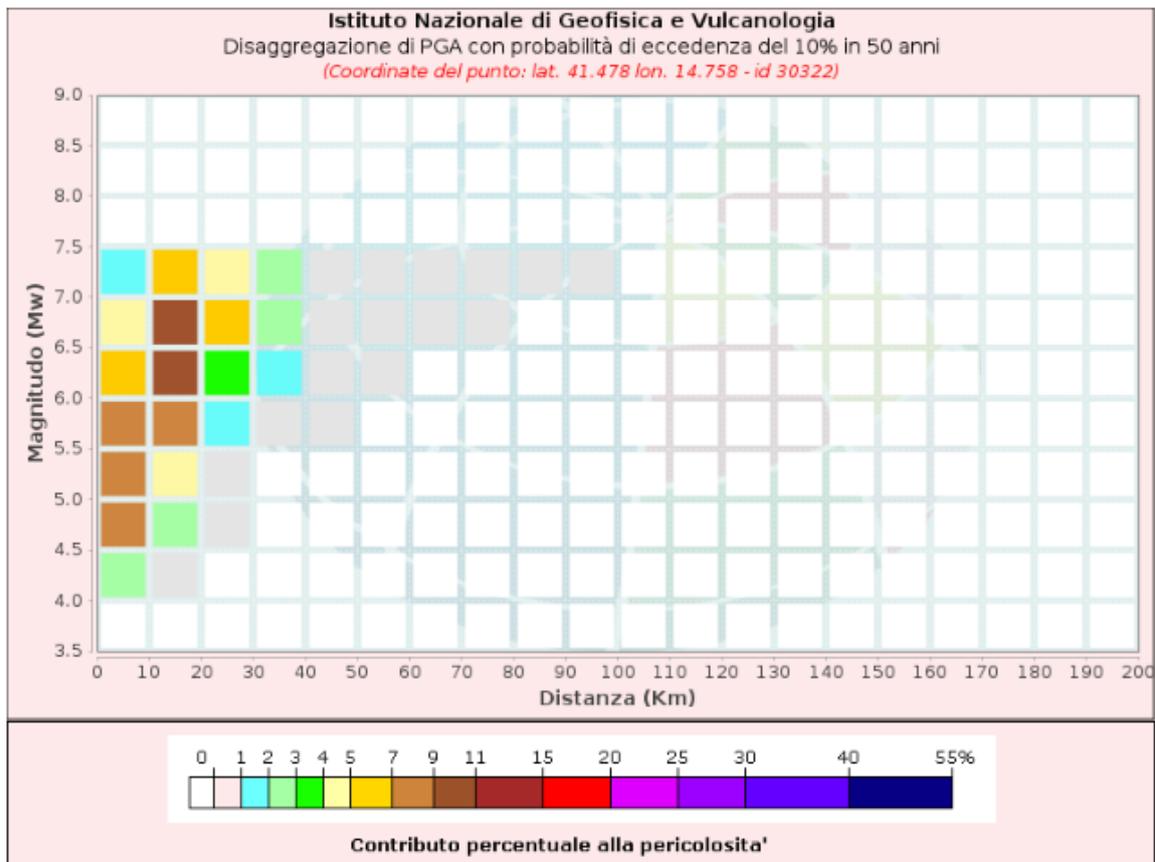
Secondo la pericolosità sismica di base proposta nella mappa MPS12 (Mappa di Pericolosità Simica 2012), il territorio del Comune di Gildone ricade nella Zona 2 (valori di $0,15 \leq a_g < 0,25$), ovvero in una zona a “sismicità media” potenzialmente soggetta a forti scuotimenti.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	Descrizione
1	$a_g > 0.25$	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$	I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
4	$a_g \leq 0.05$	E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

Tabella 1. Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06)

Il valore di a_{gMAX} con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno di 475 anni e al valore 0,0021 di AFOE (Annual Frequency of Exceedance), tratto dal progetto INGV-

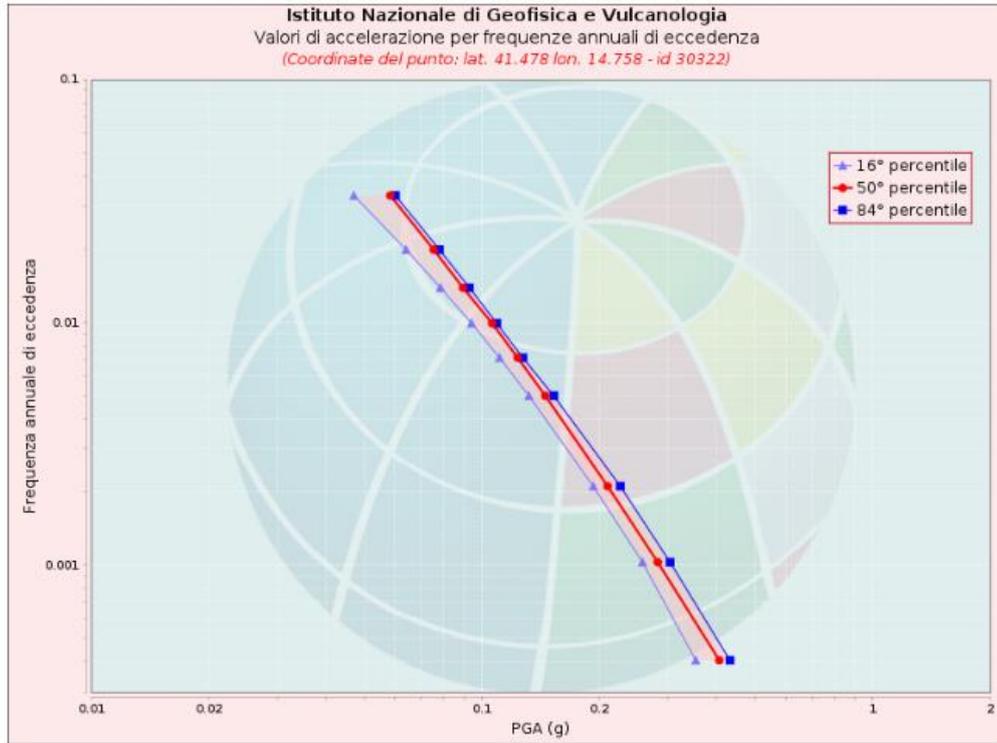
DPC S1 per il punto del grid più vicino l'abitato di Foggia (punto 30334) è pari a 0,1360 (Errore. L'origine iferimento non è stata trovata.a).



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 41.478 lon. 14.758 - id 30322)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	2.5000	7.3300	8.0100	7.5600	6.2200	4.5000	1.9500	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.2980	2.1000	4.7400	7.3800	9.2100	9.5500	5.5700	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0020	0.3360	1.6600	3.4700	5.2500	4.0500	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1790	1.1100	2.4400	2.2600	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.1670	0.7280	0.7880	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0081	0.1880	0.2310	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0484	0.1020	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0064	0.0415	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0117	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.1	15.0	1.07

Figura 10 Grafici di disaggregazione di PGA con eccedenza del 10% in 50 anni.



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza
 (Coordinate del punto: lat. 41.478 lon. 14.758 - id 30322)

Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.3530	0.4056	0.4319
0.0010	0.2578	0.2821	0.3033
0.0021	0.1929	0.2100	0.2263
0.0050	0.1321	0.1454	0.1529
0.0071	0.1111	0.1236	0.1274
0.0099	0.0942	0.1063	0.1092
0.0139	0.0784	0.0895	0.0930
0.0199	0.0640	0.0753	0.0779
0.0332	0.0471	0.0583	0.0601

Figura 11 Mappa di pericolosità sismica espressa come valore di a_{gMAX} con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni e b) grafico della variabilità di a_{gMAX} (valori del 16°, 50° e 84° percentile) per tempi di ritorno tra 30 e 2475 anni espressi come frequenza annuale di superamento (da <http://esse1.mi.ingv.it/>).

4.2 PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA – PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il sito di interesse per l'installazione dell'impianto agrolvoltaico, ricade all'interno del Bacino idrografico del Fiume Fortore, di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Meridionale, ex Adb interregionale Fortore.

Si riportano di seguito gli inquadramenti PAI valori di pericolosità (Figura 12) e valori di rischio (Figura 13).

Dall'analisi delle suddette cartografie si evince che, un tratto del "Cavidotto_MI", è tipizzato dal Piano di Assetto Idrogeologico competente come "P2-area a pericolosità da frana elevata" e "R1-rischio moderato."

Le Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico ex Adb del Fiume Fortore, individua e classifica, a scala di bacino, le aree in frana distinguendole in base a livelli di pericolosità determinati secondo le procedure indicate nella Relazione Generale di cui all'art.5 comma 1 lettera a).

Si individuano le tre seguenti classi di aree a diversa pericolosità da frana, come riportate negli elaborati di piano (tavole da T. 02-01 a T. 02-32) e come di seguito definite:

- 1) aree a pericolosità da frana estremamente elevata (PF3);
- 2) aree a pericolosità da frana elevata (PF2);
- 3) aree a pericolosità da frana moderata (PF1);

Appartengono alla classe PF2 le aree con elevata pericolosità da frana evidenziate dalla presenza di elementi distintivi del carattere di quiescenza e da indicatori geomorfologici diretti quali la presenza di corpi di frana preesistenti e di segni precursori di fenomeni gravitativi (ondulazioni, contropendenze, fratture di trazione, aperture anomale nei giunti di discontinuità, rigonfiamenti, etc.). Appartengono a tale classe le aree di probabile evoluzione spaziale dei fenomeni censiti con stato attivo. Rientrano in tale classe anche fenomeni di dissesto superficiali (soliflussi e/o deformazioni viscosi dei suoli per i quali è scontata l'attività continua nel tempo o, al più, il carattere stagionale) censite come frane s.s. anche se tali non possono considerarsi (Canuti & Esu 1995; Cruden 1991) e le frane sulle quali sono stati realizzati interventi di consolidamento (frane stabilizzate artificialmente). Appartengono a tale classe, inoltre, gli areali che, sulla base dei caratteri fisici (litologia e caratteristiche geotecniche dei terreni, struttura e giacitura dei corpi geologici, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto, etc.), vegetazionale e di uso del suolo sono privi, al momento, di indicazioni morfologiche di fenomeni franosi superficiali e/o profondi ma che potrebbero evolvere attraverso fenomenologie di frana a cinematica rapida (crolli, ribaltamenti, debris flow). Tale ultima indicazione assume carattere cautelativo, volto a scongiurare l'insorgere di nuove condizioni di rischio e a mitigare quelle già esistenti.

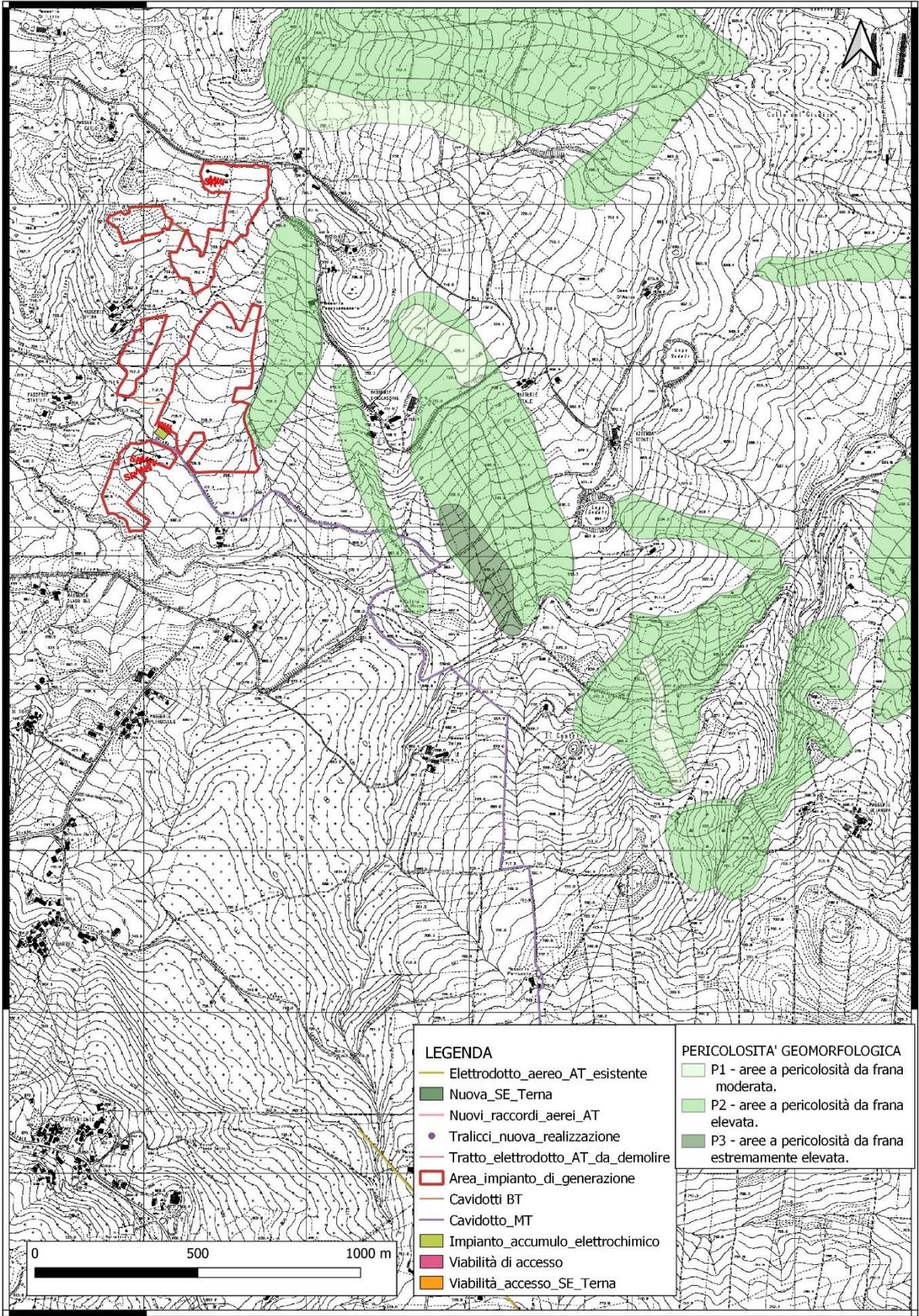
Secondo l'Art.26 delle NTA del Pai, nelle Aree classificate a pericolosità elevata (PF2) sono consentiti, oltre agli interventi ammessi all'articolo 25, previa valutazione di compatibilità idrogeologica di cui all'*allegato 2*, gli interventi a carattere edilizio-infrastrutturale di seguito elencati :

- a) Interventi di restauro e risanamento conservativo di cui alla lettera c) comma 1 dell'art.3 del D.P.R. n.380 del 06-06-2001, purché non siano previsti cambiamenti di destinazione d'uso che possano comportare un aumento del carico antropico;
- b) Interventi di ampliamenti degli edifici esistenti unicamente per motivate necessità di adeguamento igienico sanitario.

Il cavidotto ricade per un tratto in territorio tipizzato come PF2. La realizzazione del cavidotto rientra tra le operi minori e consta di piccolo scavo lungo la già esistente strada asfaltata.

Tale opera non aggrava di ulteriori pesi il versante, né modifica lo stato geomorfologico del versante o delle linee di scorrimento superficiale e profondo delle acque.

480000



4590000

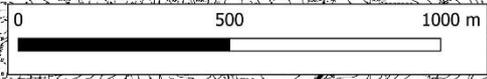
4590000

LEGENDA

-  Elettrodotto_aereo_AT_esistente
-  Nuova_SE_Terna
-  Nuovi_raccordi_aerei_AT
-  Tralicci_nuova_realizzazione
-  Tratto_elettrodotto_AT_da_demolire
-  Area_impianto_di_generazione
-  Cavidotti_BT
-  Cavidotto_MT
-  Impianto_accumulo_elettrochimico
-  Viabilità_di_accesso
-  Viabilità_accesso_SE_Terna

PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

-  P1 - aree a pericolosità da frana moderata.
-  P2 - aree a pericolosità da frana elevata.
-  P3 - aree a pericolosità da frana estremamente elevata.



480000

Figura 12 Inquadramento PAI (Piano di Assetto Idrogeologico), pericolosità geomorfologiche.

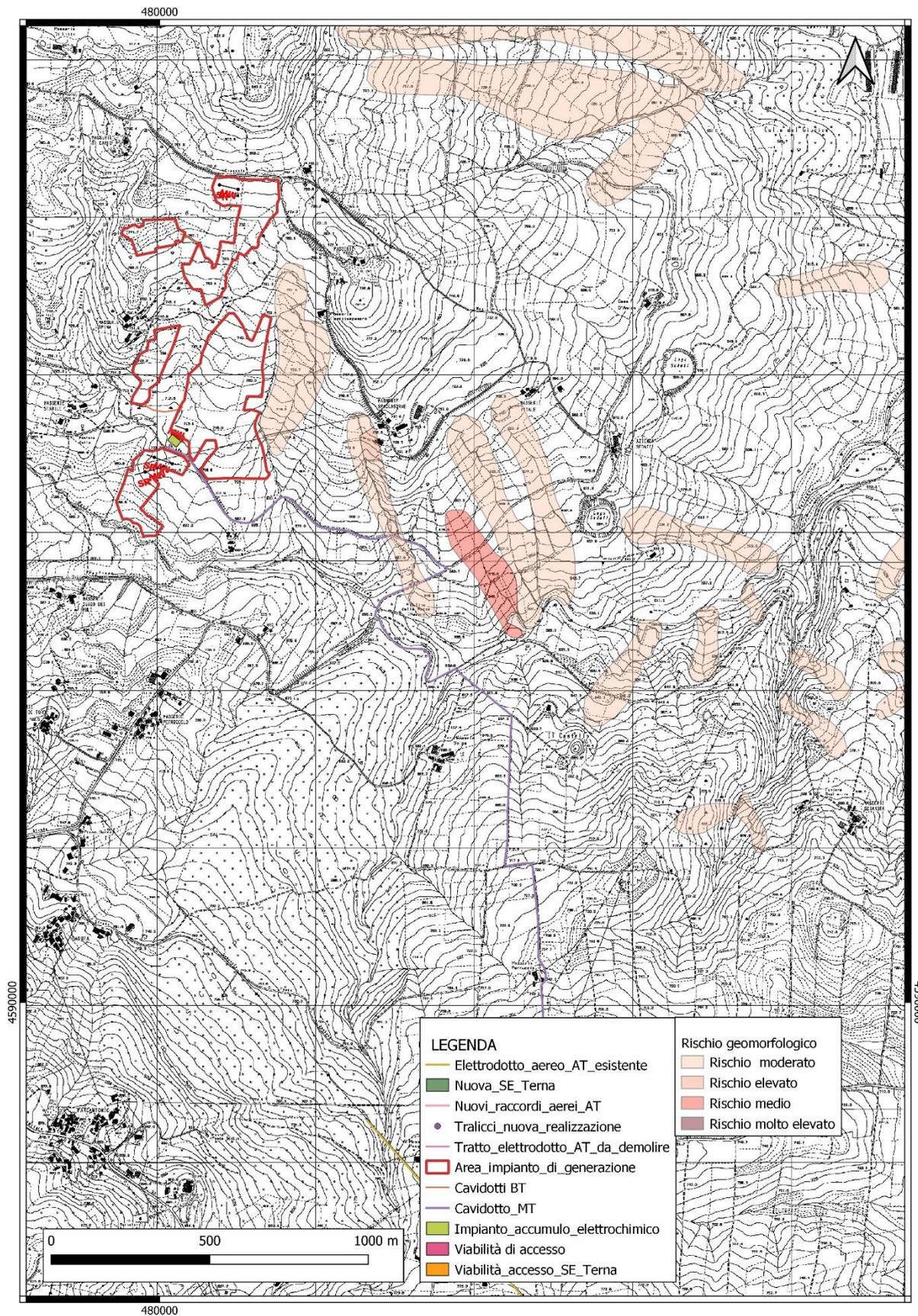


Figura 13 Inquadramento PAI (Piano di Assetto Idrogeologico), valori di rischio geomorfologico.

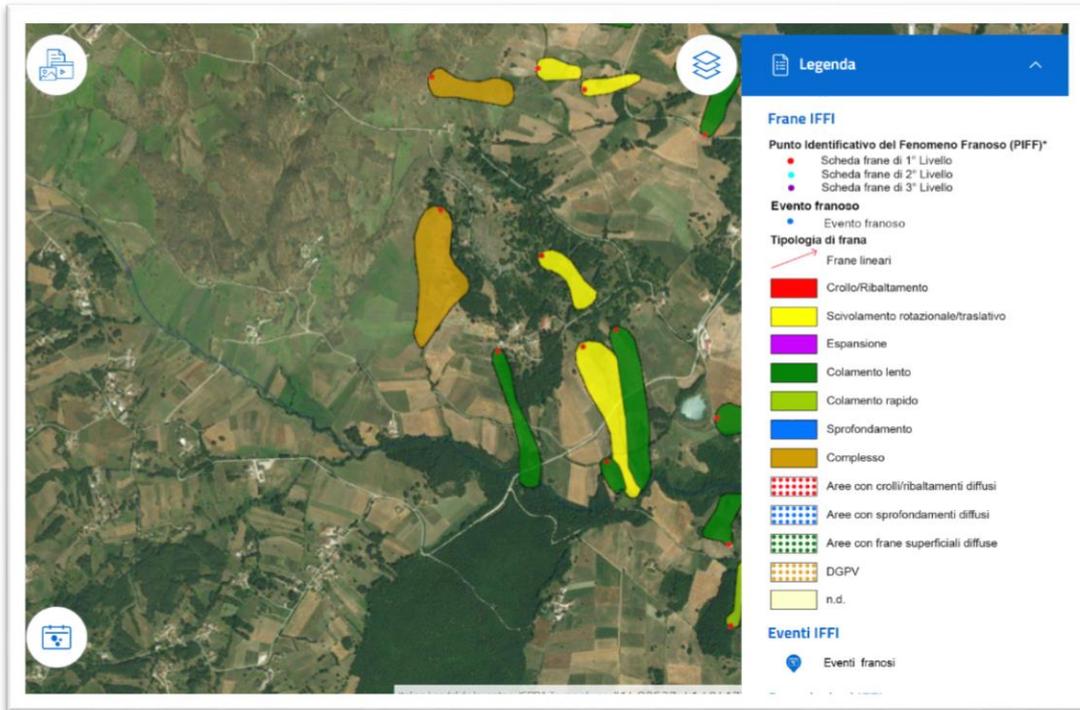
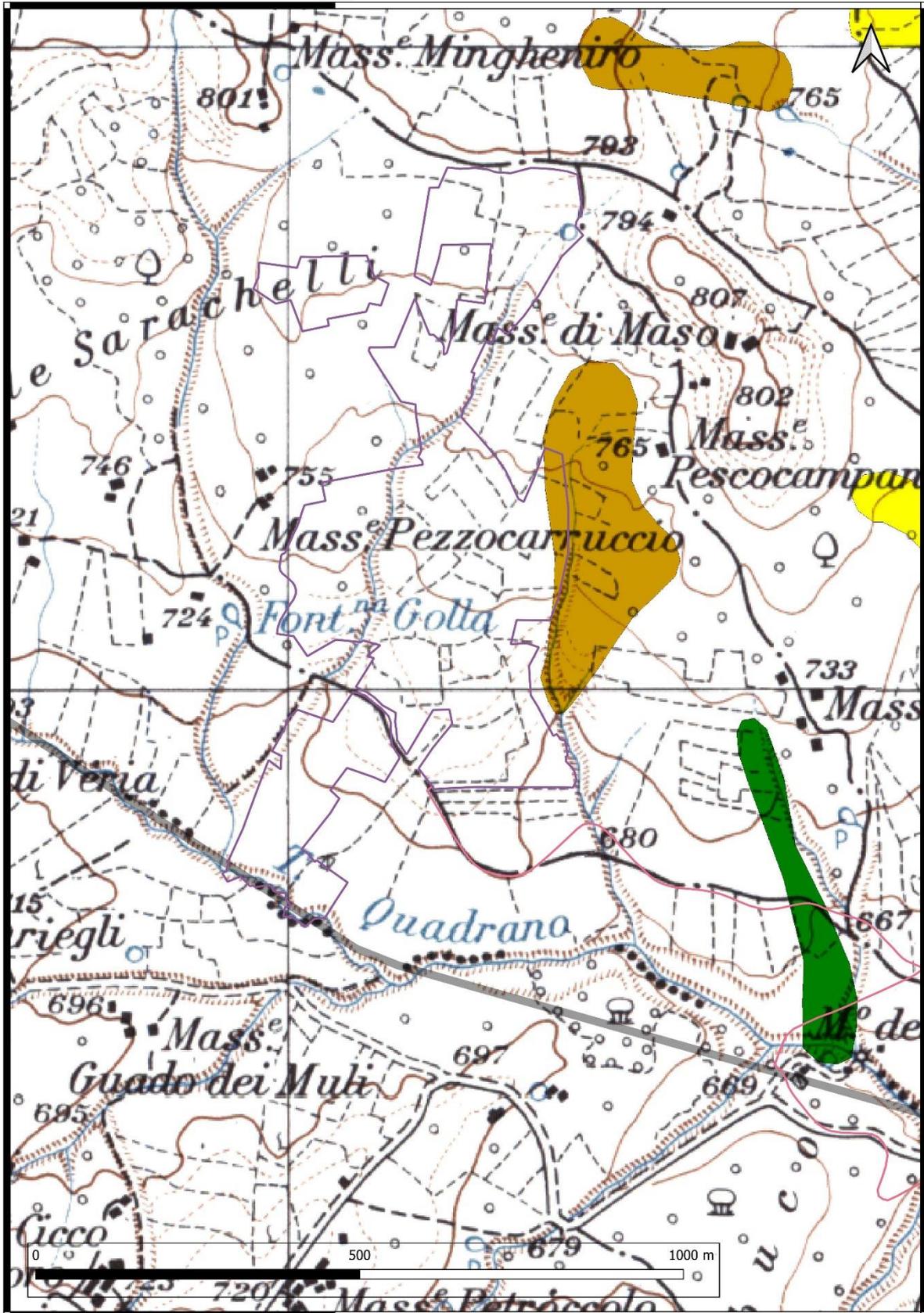


Figura 14 Inquadramento IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italia).

480000



480000

Figura 15 Inquadramento IFFI, sovrapposto a cartografia IGM.

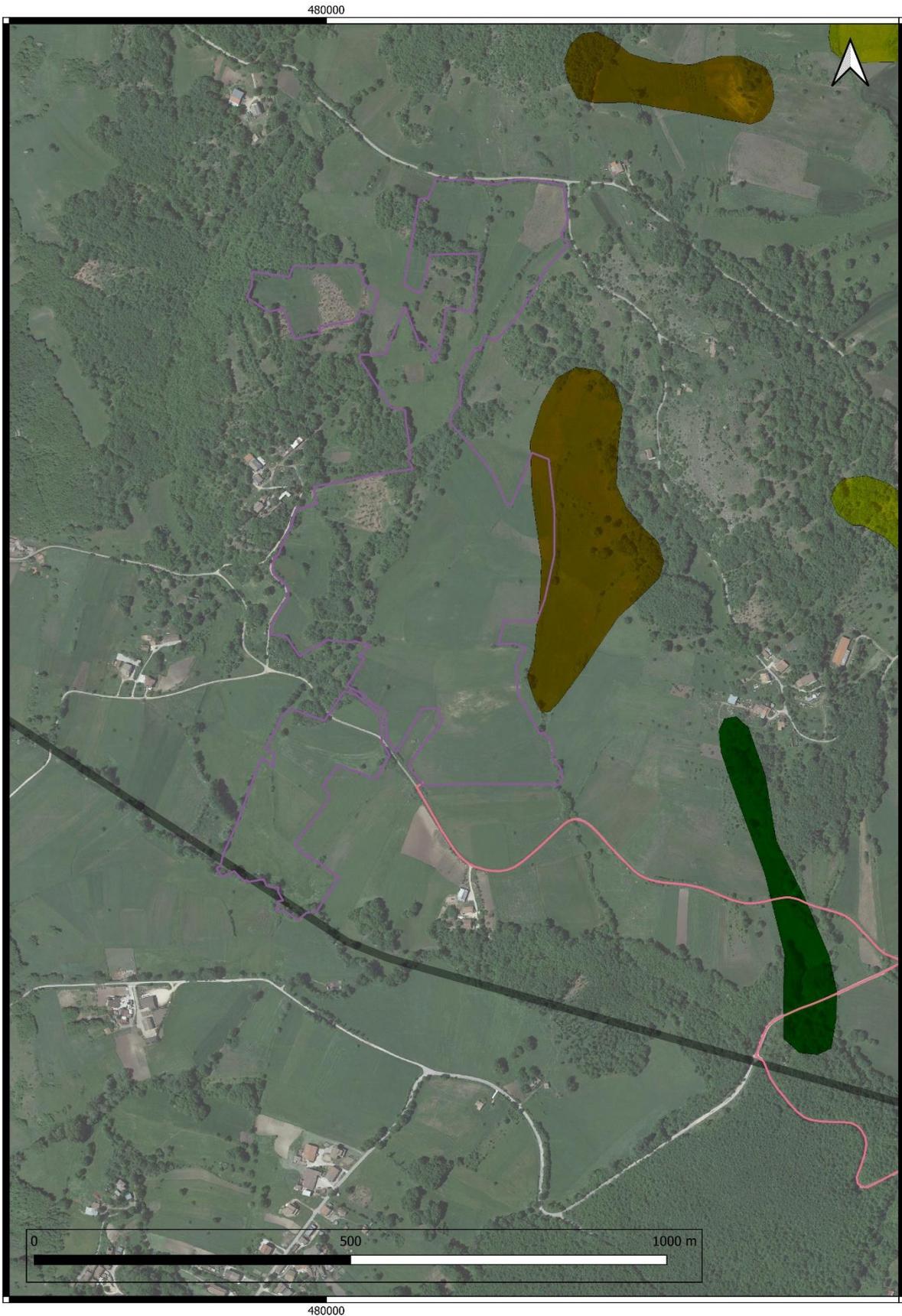


Figura 16 Inquadramento IFFI sovrapposto a ortofoto.

5. INDAGINI ESEGUITE

Sono state eseguite quattro indagini sismiche a rifrazione in onde P e quattro indagini sismica di tipo MASW mediante strumentazione costituita da un sismografo A6000S della MAE e 24 geofoni verticali, equispaziati con interdistanza geofonica pari a 2 m, lunghezza stendimento pari a 46 m, 7 punti di energizzazione per l'indagine sismica a rifrazione in onde P e due punti per l'indagine MASW.

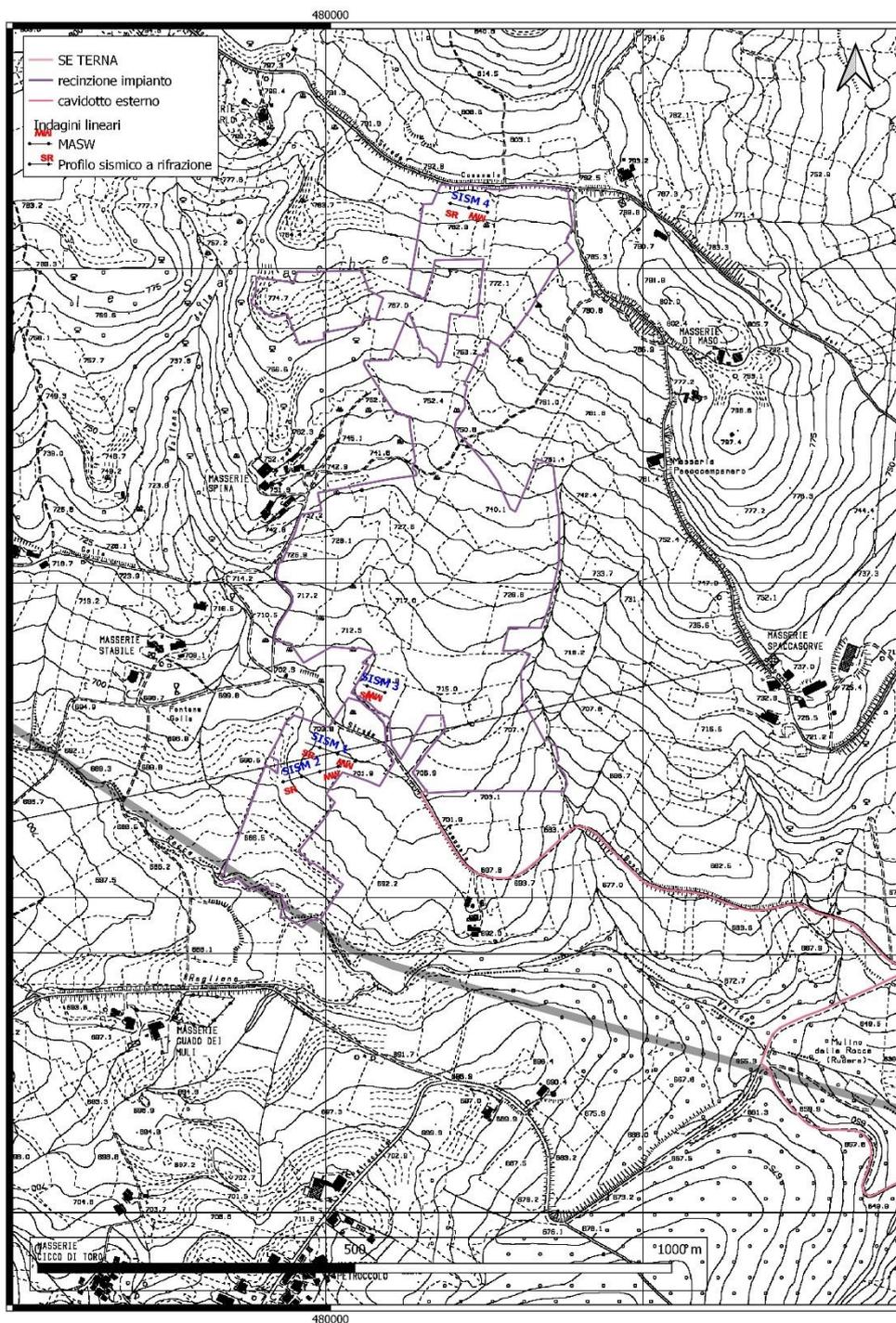


Figura 17 Ubicazione indagini eseguite su Carta Tecnica Regionale 1:5000.

5.1 INDAGINI GEOFISICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P METODO GRM E METODO TOMOGRAFICO

Cenni sul metodo sismico a rifrazione

La sismica a rifrazione considera i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si rifrangono su superfici di discontinuità. Dalla misura dei tempi di percorso dalla stazione energizzante ad una successione di stazioni riceventi, rappresentata ognuna da un geofono, è possibile dedurre le velocità e gli spessori degli orizzonti in cui si propagano le onde elastiche generate e quindi ottenere informazioni sulla natura e sulla struttura del sottosuolo, per profondità che variano da pochi metri fino varie decine di chilometri.

Mettendo in diagramma in ordinate i tempi di percorso misurati e, in ascisse le distanze dalla sorgente energizzante dei vari geofoni dello stendimento, si ottiene un grafico tempi-distanze la cui analisi permetterà di individuare le «dromocrone», cioè dei segmenti di retta che segnalano percorsi effettuati con uguale velocità (Carrara et al., 1992)

La metodologia sismica a rifrazione permette dunque di ottenere la stima delle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo che sono generate quando il terreno è sottoposto a sollecitazioni artificiali (ad esempio massa battente). La determinazione delle velocità viene ricavata misurando i tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in diversi punti sulla superficie topografica.

Operativamente, ciò che viene eseguito in campo è una disposizione lungo una retta di trasduttori (geofoni) lungo la sezione che si desidera investigare. Quindi, in funzione della risoluzione e delle profondità ricercate, si dispongono i punti di produzione dell'energia elastica. I punti di energizzazione saranno disposti secondo geometrie variabili rispetto alla copertura geofonica.

I geofoni sono costituiti da una massa magnetica oscillante che trasforma, per induzione elettromagnetica, il movimento in un segnale elettrico, il quale è acquisito e digitalizzato da un sismografo digitale. Per quanto riguarda l'elaborazione del segnale, essa avviene nel dominio del tempo, determinando l'intervallo di tempo intercorso tra l'energizzazione ed il primo arrivo del segnale sismico su ogni singolo geofono.

L'indagine è stata condotta in onde P (utilizzando geofoni verticali).

Lo scopo della tecnica d'indagine è di ricostruire un profilo sismo-stratigrafico lungo l'allineamento geofonico di investigazione. Secondo i tempi di primo arrivo delle onde longitudinali P e le distanze relative alla configurazione geometrica adottata (interdistanza tra i geofoni e offset di scoppio, ovvero distanza tra sorgente e primo ricevitore) sarà possibile dimensionare gli spessori dei sismo-strati attraversati dalle onde elastiche e quindi ottenere una dettagliata perizia sismica della porzione di sottosuolo sottoposta ad indagine.

Strumentazione e configurazione geometrica utilizzata

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale **M.A.E. A6000S**, avente le seguenti caratteristiche tecniche :

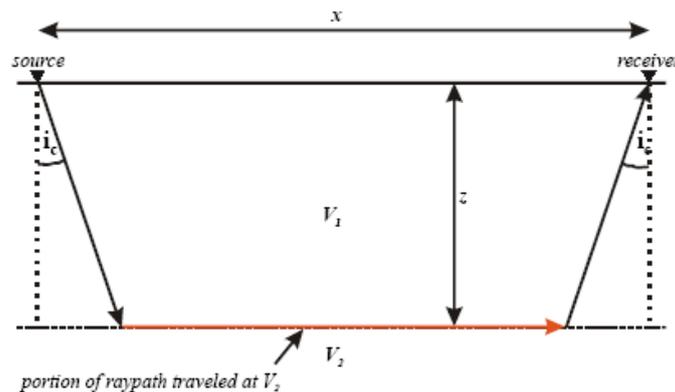
- capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00005 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del “tempo zero” (time break)
- filtri High Pass e Band Reject
- “Automatic Gain Control”
- convertitore A/D a 24 bit
- 24 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 10 Kg.

Dunque sono stati utilizzati 24 canali, disposti in modo da mantenere un’interdistanza di 2 m e sono state effettuate 7 energizzazioni per stendimento così distribuite: da due a 3 esterne allo stendimento, poste a 2 e 10 metri dal 1° e dal 24° geofono, una al centro dello stendimento, ovvero tra il 12° e il 13° geofono; altre due energizzazioni interne allo stendimento disposte simmetricamente rispetto al centro, ovvero tra il 6° e il 7° e tra il 18° e il 19° geofono.

Elaborazione dati

L’acquisizione e l’elaborazione, dei dati sismici acquisiti (onde P) è avvenuta con l’ausilio dei software PsLab, Easy Refract della Geostru e Smart Tomo.

La tecnica di elaborazione dei dati sismici utilizzata è quella del Time Term Inversion (TTI) che permette di risolvere geometrie del sottosuolo piuttosto complesse. Questa procedura si avvale del metodo dei minimi quadrati, ma considera l’inversione semplice dei tempi di percorso sorgente-ricevitori definendo la lentezza S come parametro inverso della velocità: $S = 1/V$.



Caso di due strati piano paralleli.

In condizioni di due strati piano paralleli, sarà: $S_1 = 1/V_1$ e $S_2 = 1/V_2$ (figura 6).

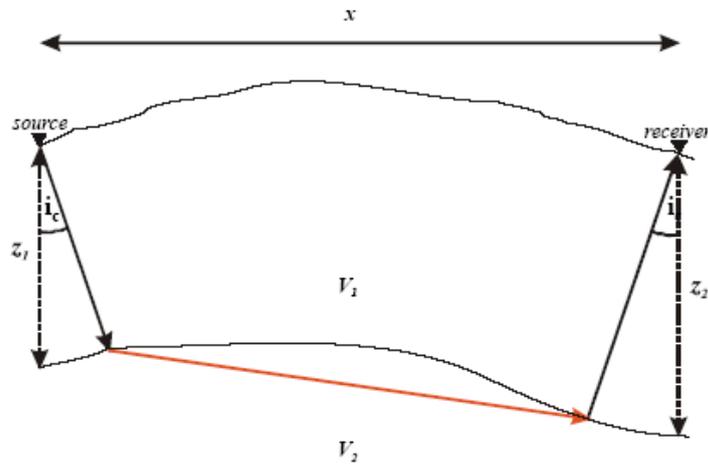
Dalla legge di Snell:

- $\sin(i_c) = S_2/S_1$

Il tempo totale di percorso dell’onda rifratta dalla sorgente al ricevitore è dato da:

- $t = 2S_1 \cos(i_c) z + xS_2$;

dove Z e S_2 sono le incognite. Se invece si considera il caso più frequente di rifrattore non parallelo al piano campagna, ma caratterizzato da una morfologia piuttosto variabile, le incognite in questo caso saranno Z_1 , Z_2 e S_2 .



Definendo:

- $c = 2S_1 \cos(i_c)$

il tempo di percorso diventerà:

- $t = cz_1 + cz_2 + xS_2$

Generalizzando si ottiene:

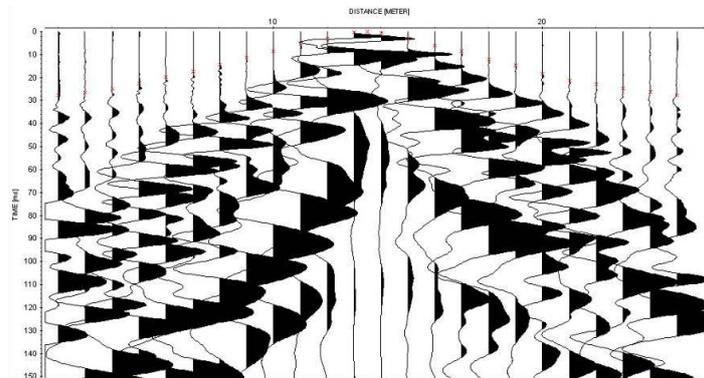
$$t_j = \sum_{k=1}^n c_{jk} z_k + x_j S_2$$

Ovvero in forma matriciale:

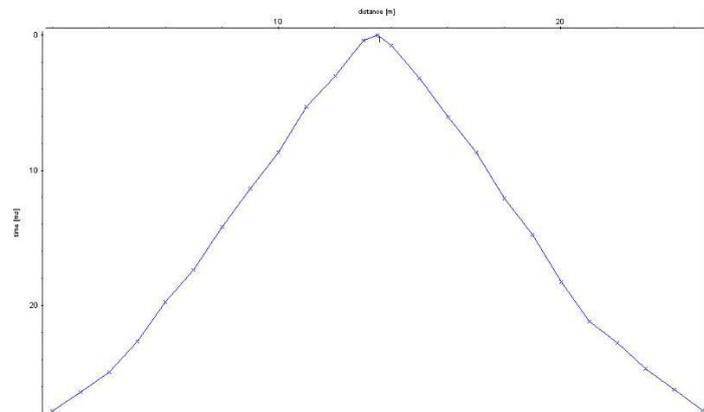
$$\begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & \cdot & C_{1n} & x_1 \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & \cdot & C_{2n} & x_2 \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & \cdot & C_{3n} & x_3 \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & \cdot & C_{4n} & x_4 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ C_{m2} & C_{m2} & C_{m3} & \cdot & C_{mn} & x_m \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ \cdot \\ z_n \\ S_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \\ \cdot \\ t_m \end{pmatrix}$$

Dove m = numero di curve di percorso, n = numero di ricevitori. A questo punto la matrice si può risolvere per $z_1 \dots z_n$ e S_2 .

Dopo aver effettuato la lettura dei tempi di primo arrivo su ogni *shot gather* si ricavano le dromocrone. Lo studio accurato delle dromocrone permette di assegnare un numero di strati e il loro spessore e con il metodo *time term inversion* si ricava il modello di velocità bidimensionale.



-Picking dei primi arrivi su un esempio di shot gather.



Dromocrona (curva espressa in funzione del tempo e della distanza)

Numero canali	Distanza intergeofonica (m)	Lunghezza stendimento geofonico	Numero sorgenti
24	2	46	7

5.1.1 REPORT INDAGINI

Report SISM1

Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.0	0.0
3	4.0	0.0
4	6.0	0.0
5	8.0	0.0
6	10.0	0.0
7	12.0	0.0
8	14.0	0.0
9	16.0	0.0
10	18.0	0.0
11	20.0	0.0
12	22.0	0.0
13	24.0	0.0
14	26.0	0.0
15	28.0	0.0
16	30.0	0.0
17	32.0	0.0
18	34.0	0.0
19	36.0	0.0
20	38.0	0.0
21	40.0	0.0
22	42.0	0.0
23	44.0	0.0
24	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -10 [m]
Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	16.4000
2.0	19.3300
4.0	22.0000
6.0	22.8000
8.0	24.1300
10.0	24.9300

12.0	25.2000
14.0	27.0700
16.0	27.8700
18.0	28.4000
20.0	30.0000
22.0	31.3300
24.0	32.4000
26.0	32.6700
28.0	33.4700
30.0	34.5300
32.0	36.4000
34.0	38.0000
36.0	38.5300
38.0	39.6000
40.0	39.3300
42.0	40.1300
44.0	40.9300
46.0	41.4700

Battuta 2

Posizione sorgente X -2 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	7.6000
2.0	11.6000
4.0	13.2000
6.0	16.0000
8.0	18.4000
10.0	20.0000
12.0	21.2000
14.0	22.4000
16.0	22.8000
18.0	23.6000
20.0	24.4000
22.0	24.8000
24.0	26.0000
26.0	26.8000
28.0	28.0000
30.0	28.8000
32.0	30.0000
34.0	32.0000
36.0	34.8000
38.0	35.2000
40.0	35.6000
42.0	38.0000
44.0	38.8000

46.0	39.6000
------	---------

Battuta 3

Posizione sorgente X 12 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	17.4700
2.0	16.9300
4.0	14.8000
6.0	12.1300
8.0	7.0700
10.0	4.4000
12.0	6.8000
14.0	7.6000
16.0	8.8000
18.0	11.2000
20.0	14.8000
22.0	15.6000
24.0	17.6000
26.0	19.2000
28.0	20.0000
30.0	22.4000
32.0	24.4000
34.0	25.6000
36.0	25.6000
38.0	26.0000
40.0	27.2000
42.0	27.6000
44.0	29.2000
46.0	31.2000

Battuta 4

Posizione sorgente X 23 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	25.2000
2.0	24.6700
4.0	24.4000
6.0	23.6000
8.0	22.2700
10.0	19.6000
12.0	19.0700

14.0	17.4700
16.0	15.3300
18.0	13.2000
20.0	11.3300
22.0	8.4000
24.0	10.0000
26.0	11.8700
28.0	13.6000
30.0	17.4700
32.0	19.0700
34.0	20.5300
36.0	21.7300
38.0	22.8000
40.0	23.3300
42.0	23.6000
44.0	24.4000
46.0	25.4700

Battuta 5

Posizione sorgente X 38 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	34.4000
2.0	33.2000
4.0	32.4000
6.0	31.2000
8.0	30.8000
10.0	29.6000
12.0	26.4000
14.0	25.2000
16.0	24.0000
18.0	23.2000
20.0	21.6000
22.0	21.2000
24.0	20.8000
26.0	20.0000
28.0	18.4000
30.0	18.0000
32.0	13.6000
34.0	10.4000
36.0	9.6000
38.0	11.0700
40.0	14.1300
42.0	17.4700
44.0	18.2700
46.0	19.6000

Battuta 6

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	36.4000
2.0	35.6000
4.0	36.0000
6.0	36.0000
8.0	35.6000
10.0	34.8000
12.0	33.2000
14.0	32.0000
16.0	31.6000
18.0	30.8000
20.0	29.2000
22.0	27.6000
24.0	26.8000
26.0	25.2000
28.0	24.4000
30.0	23.6000
32.0	22.8000
34.0	22.4000
36.0	21.6000
38.0	18.0000
40.0	16.8000
42.0	15.2000
44.0	12.4000
46.0	8.4000

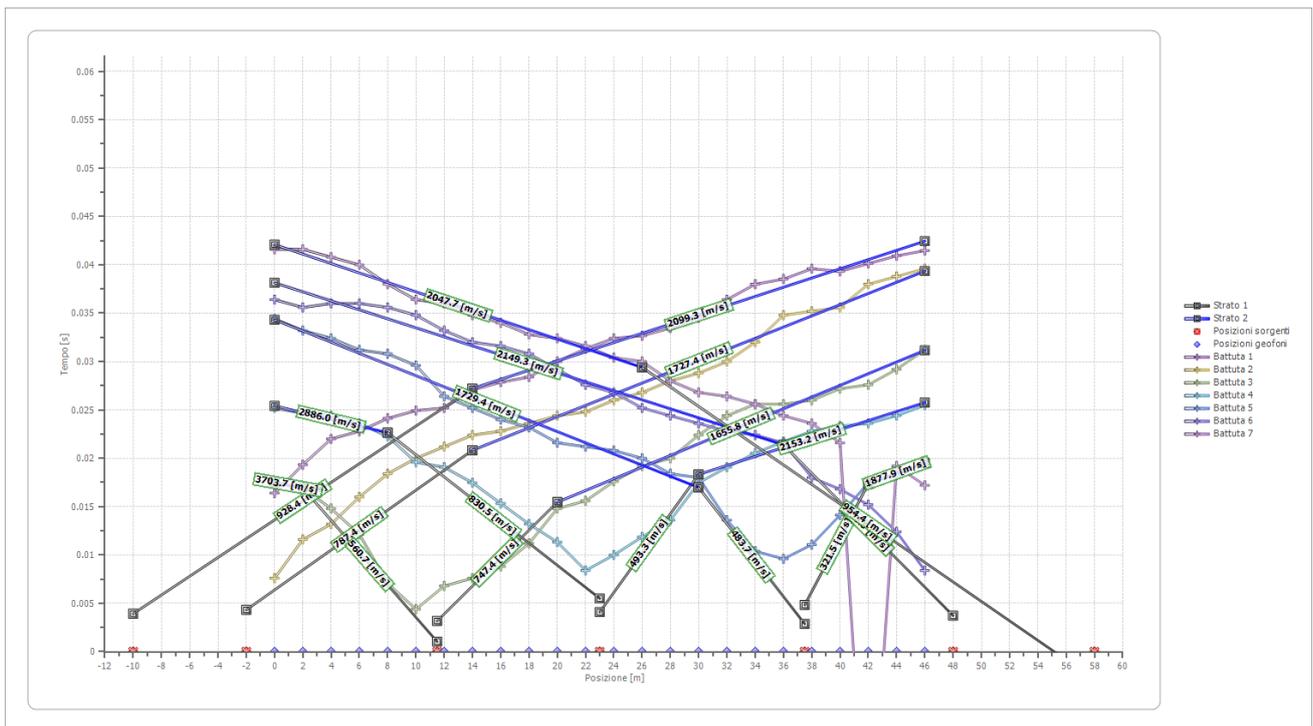
Battuta 7

Posizione sorgente X 58 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

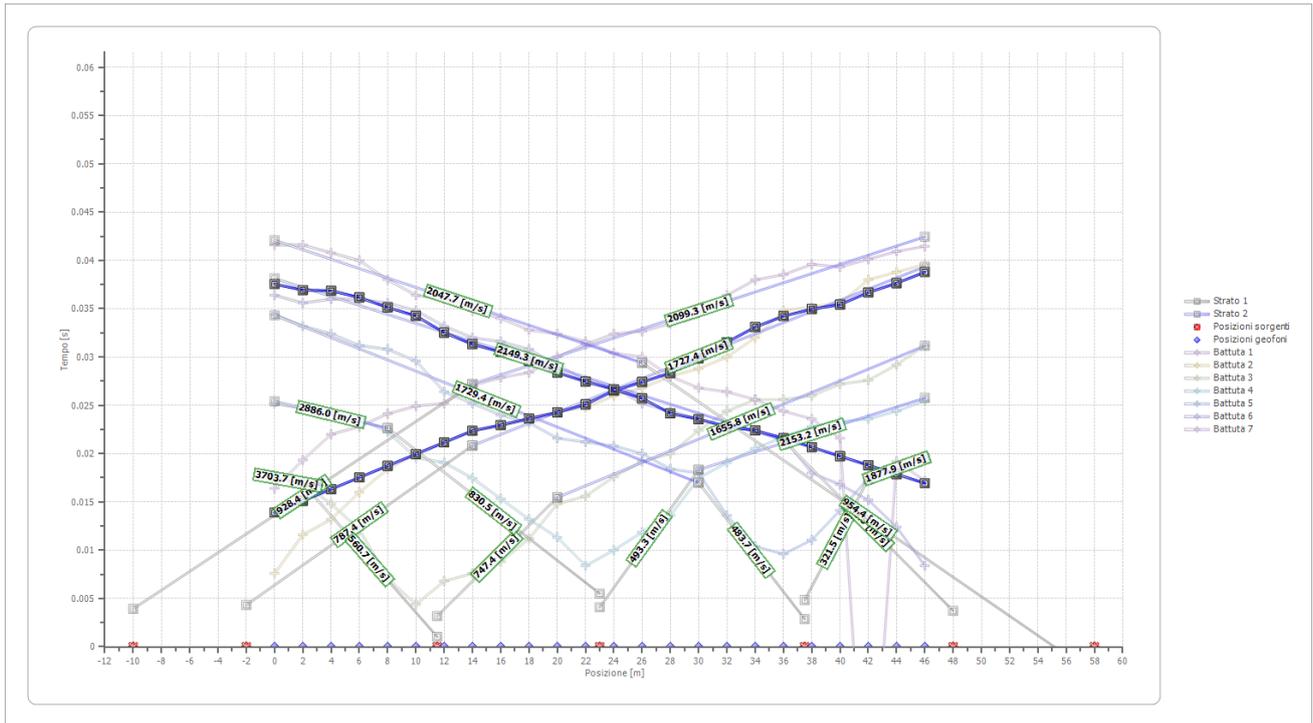
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	41.6000
2.0	41.6000
4.0	40.8000
6.0	40.0000
8.0	38.0000
10.0	36.4000
12.0	36.0000
14.0	34.8000

	16.0	34.0000
	18.0	32.8000
	20.0	32.4000
	22.0	31.6000
	24.0	30.4000
	26.0	30.0000
	28.0	28.0000
	30.0	26.8000
	32.0	26.4000
	34.0	25.6000
	36.0	24.4000
	38.0	23.6000
	40.0	21.6000
	42.0	19.6000
	44.0	19.2000
	46.0	17.2000

Dromocrone

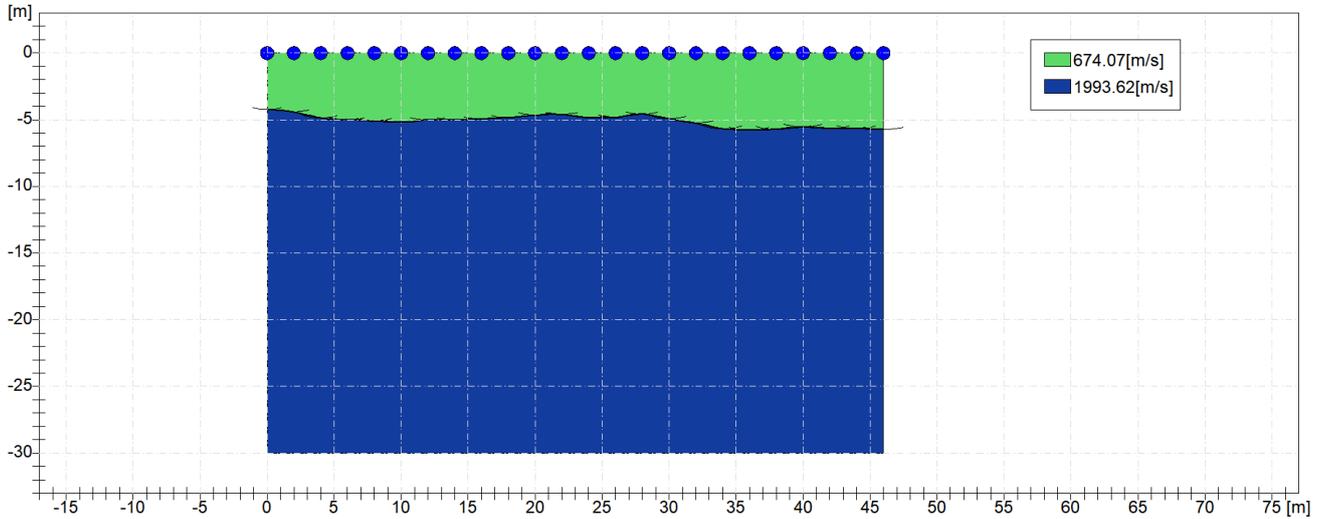


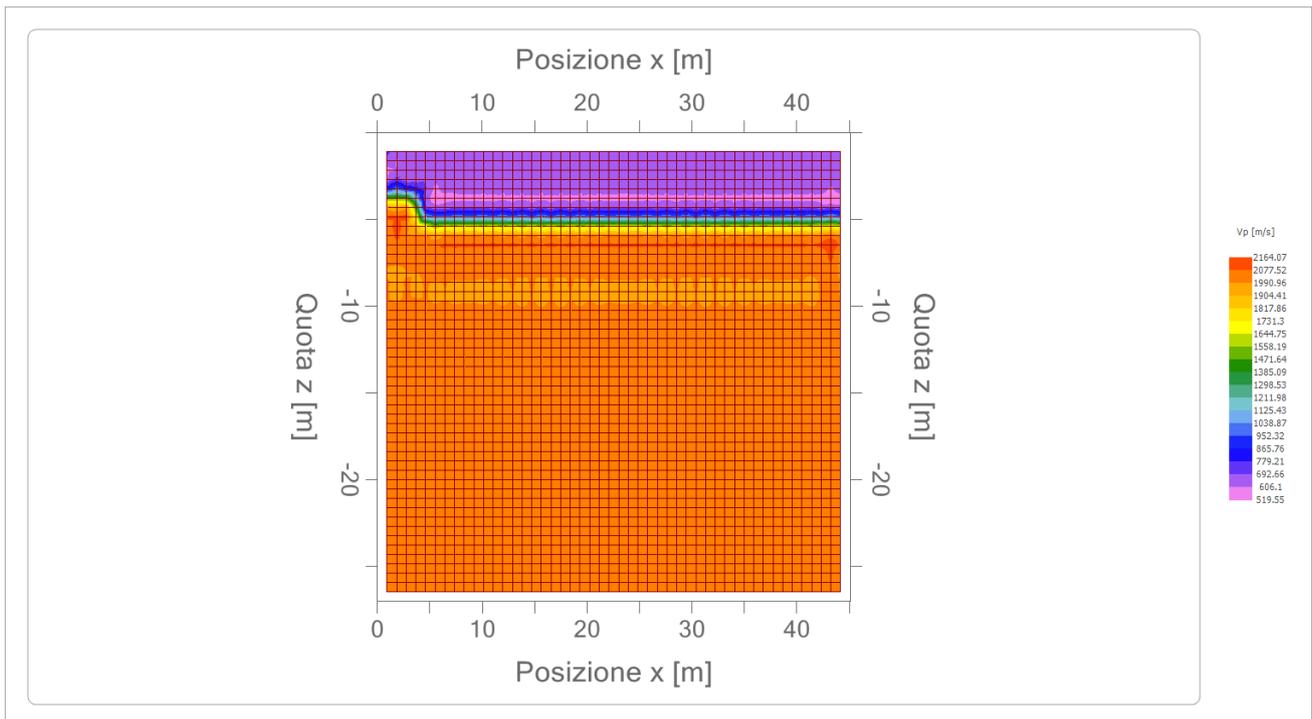
Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0





	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	4.4	--
G= 2.0 [m]	4.6	--
G= 4.0 [m]	5.0	--
G= 6.0 [m]	5.2	--
G= 8.0 [m]	5.3	--
G= 10.0 [m]	5.4	--
G= 12.0 [m]	5.2	--
G= 14.0 [m]	5.2	--
G= 16.0 [m]	5.1	--
G= 18.0 [m]	5.0	--
G= 20.0 [m]	4.8	--
G= 22.0 [m]	4.8	--
G= 24.0 [m]	5.0	--
G= 26.0 [m]	5.0	--
G= 28.0 [m]	4.8	--
G= 30.0 [m]	5.1	--
G= 32.0 [m]	5.5	--
G= 34.0 [m]	5.9	--
G= 36.0 [m]	6.0	--
G= 38.0 [m]	5.9	--
G= 40.0 [m]	5.8	--
G= 42.0 [m]	5.9	--
G= 44.0 [m]	5.9	--
G= 46.0 [m]	6.0	--
Velocità [m/sec]	697.1	1993.6
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	697.10	1993.62
Vs [m/s]	334.88	957.70
G0 [MPa]	201.86	1650.95
Ed [Mpa]	874.71	7154.13
M0 [MPa]	672.86	5503.18
Ey [Mpa]	545.01	4457.57

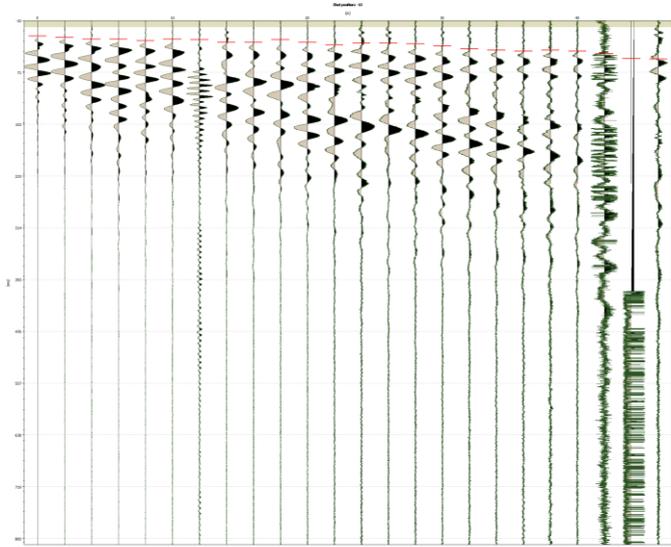
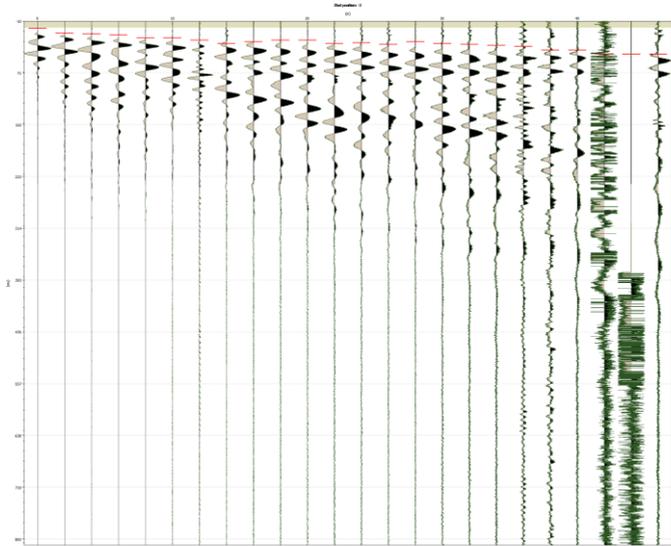
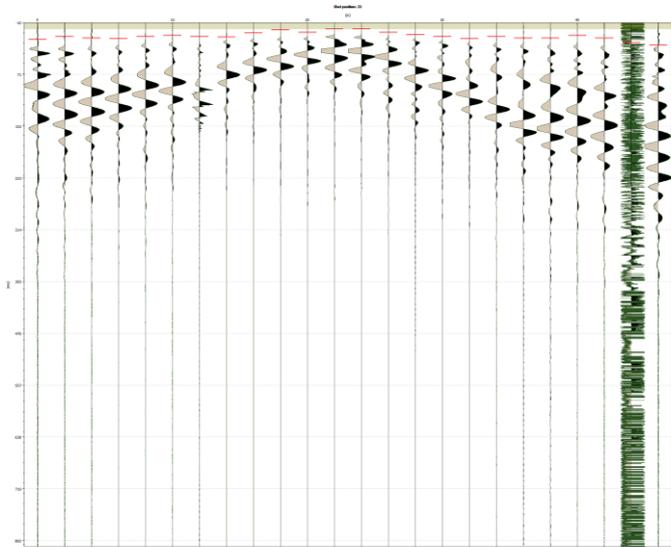
G0: Modulo di deformazione al taglio;

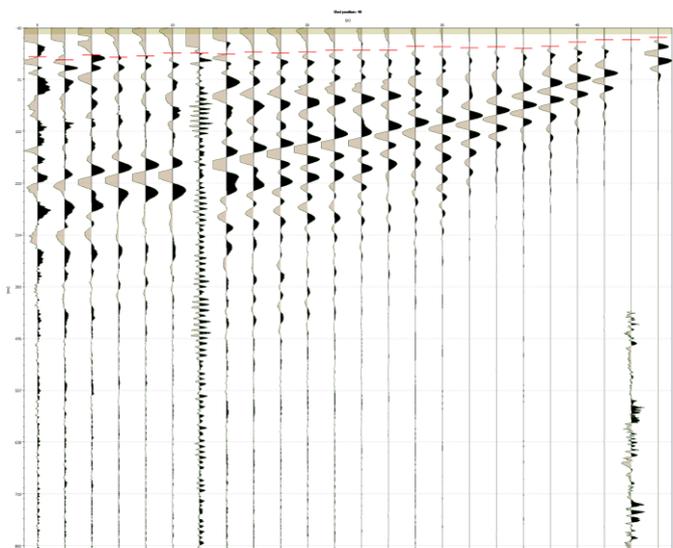
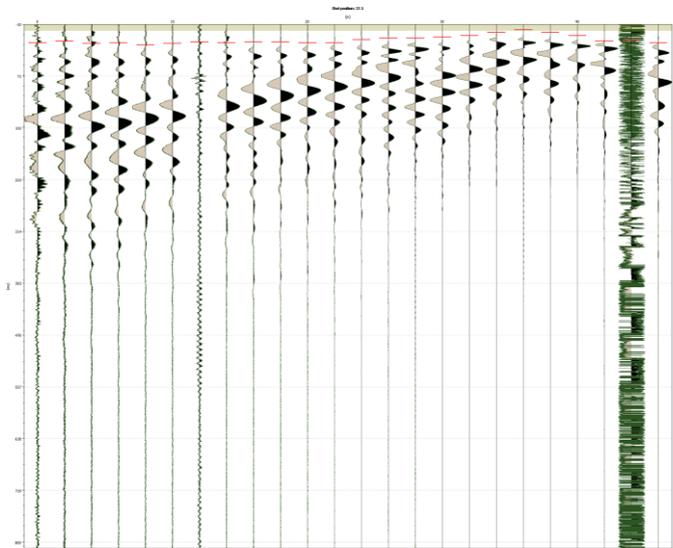
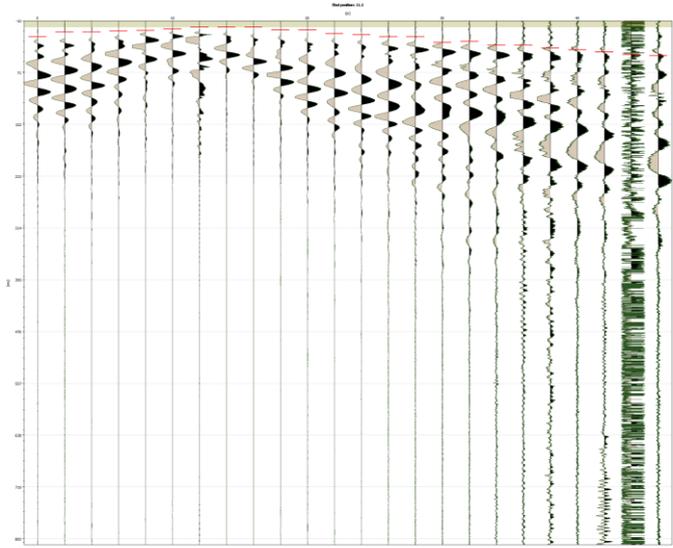
Ed: Modulo edometrico;

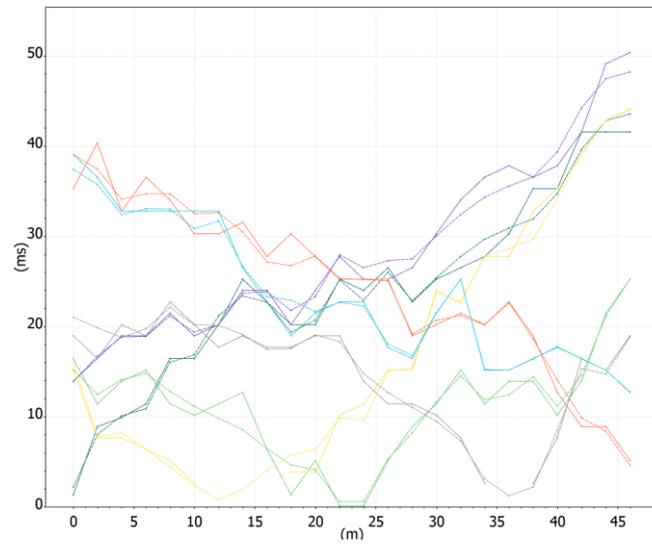
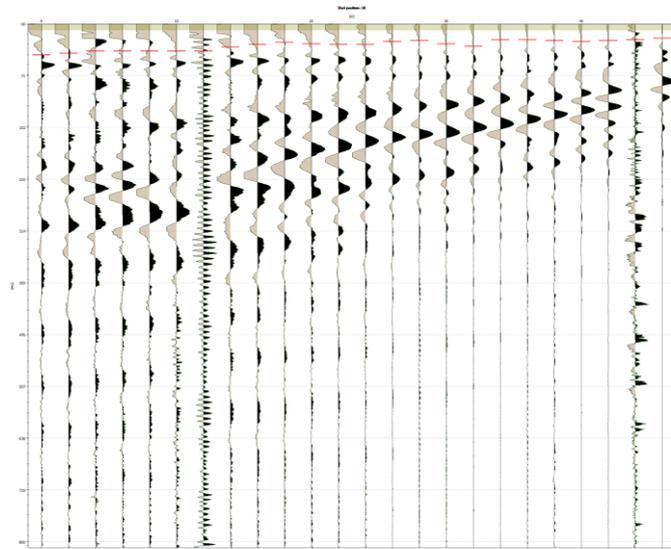
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

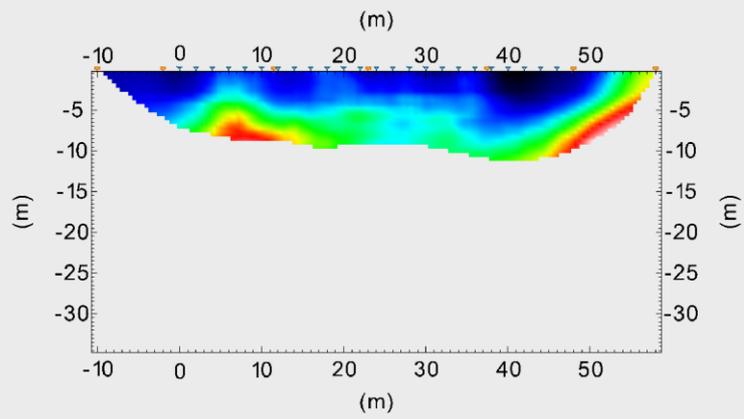
Elaborazione tomografica SISM 1



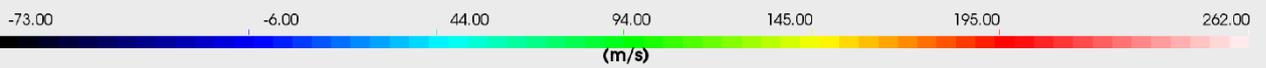
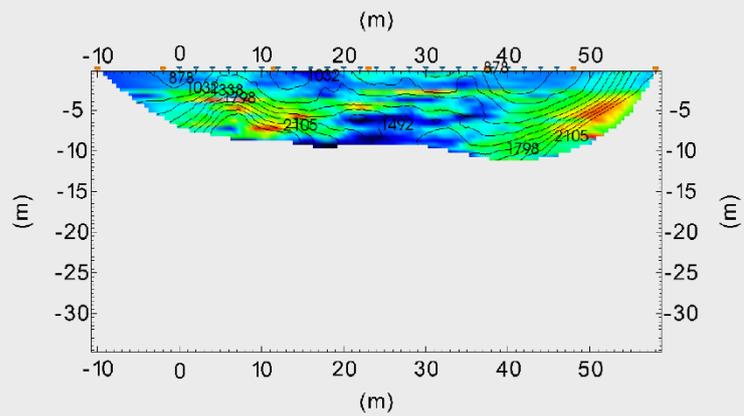




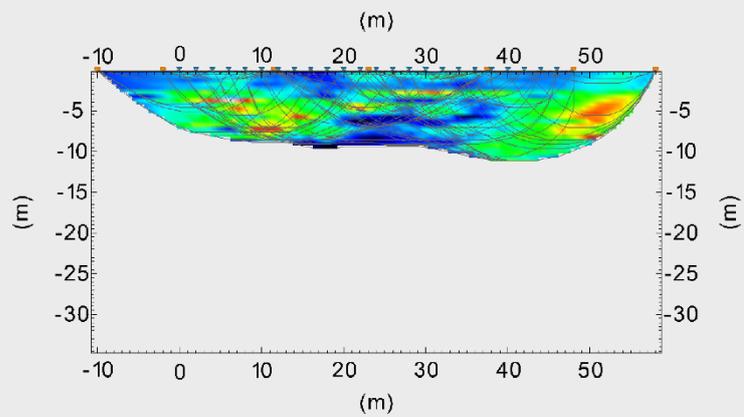
Tomographic Profile - Velocity



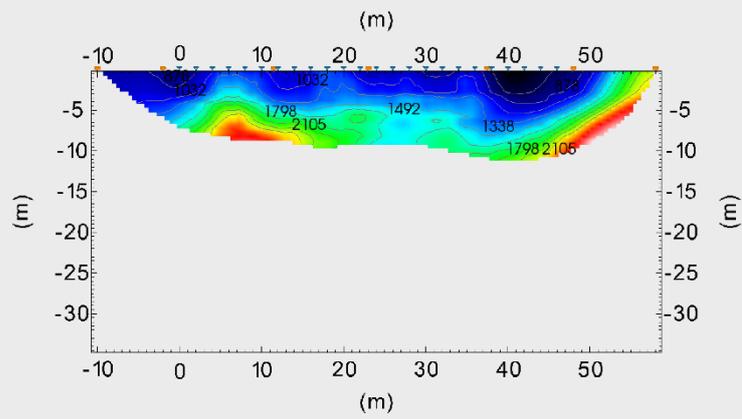
Tomographic Profile - Vertical Gradient with Isolines



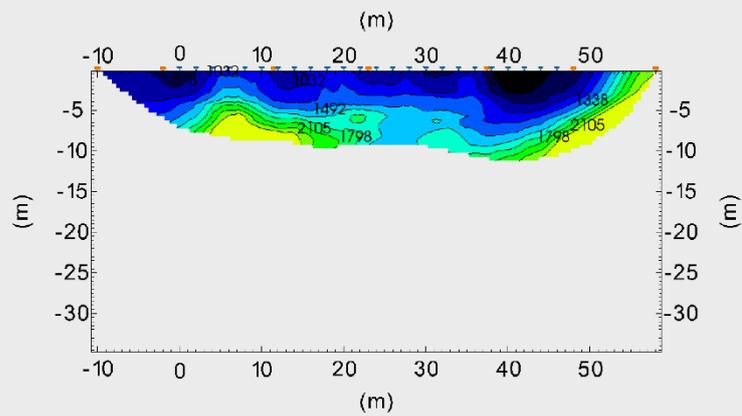
Tomographic Profile - Vertical Gradient with Rays



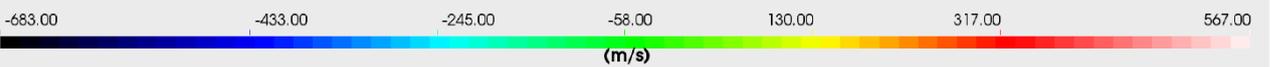
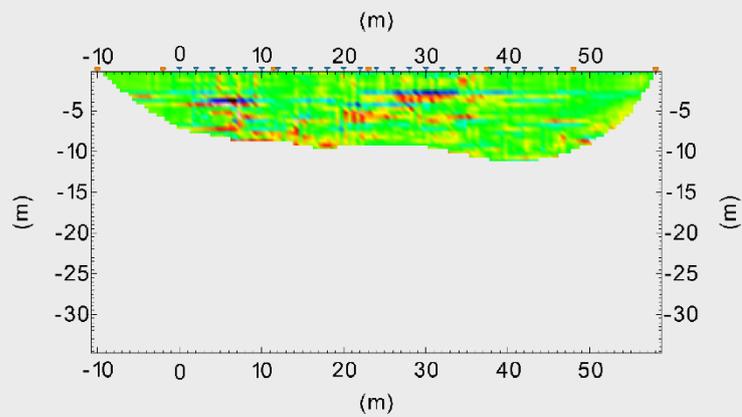
Tomographic Profile - Velocity with Isolines



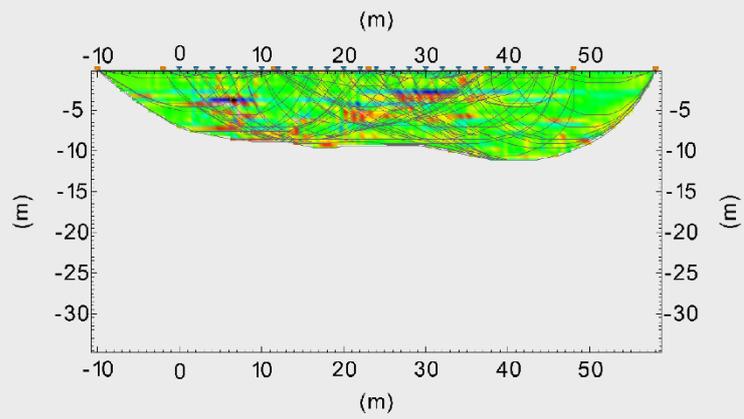
Tomographic Profile - Velocity with Filled Isolines



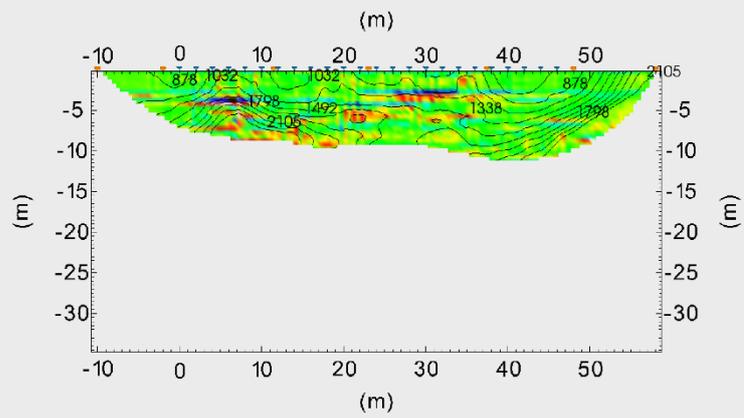
Tomographic Profile - Laplacian Gradient



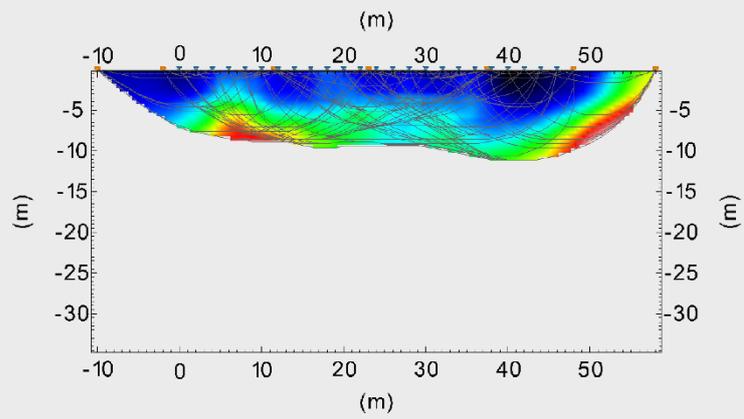
Tomographic Profile - Laplacian Gradient with Rays



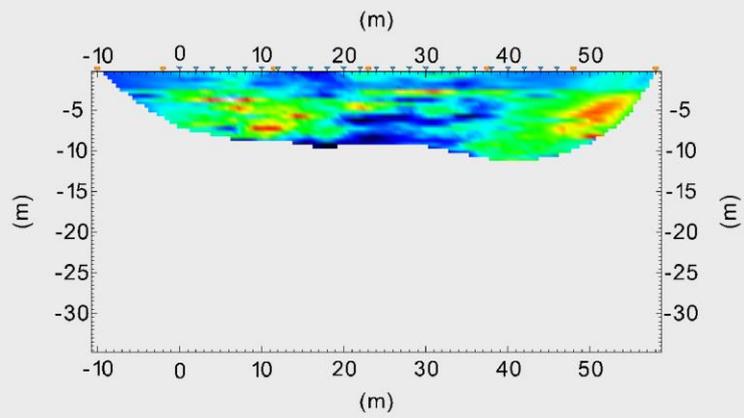
Tomographic Profile - Laplacian Gradient with Isolines



Tomographic Profile - Velocity with Rays



Tomographic Profile - Vertical Gradient



Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.0	0.0
3	4.0	0.0
4	6.0	0.0
5	8.0	0.0
6	10.0	0.0
7	12.0	0.0
8	14.0	0.0
9	16.0	0.0
10	18.0	0.0
11	20.0	0.0
12	22.0	0.0
13	24.0	0.0
14	26.0	0.0
15	28.0	0.0
16	30.0	0.0
17	32.0	0.0
18	34.0	0.0
19	36.0	0.0
20	38.0	0.0
21	40.0	0.0
22	42.0	0.0
23	44.0	0.0
24	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -10 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	18.8000
2.0	19.6000
4.0	20.8000
6.0	21.6000
8.0	22.8000
10.0	24.4000
12.0	25.6000
14.0	27.2000
16.0	28.4000
18.0	29.2000
20.0	29.6000
22.0	30.8000

24.0	32.0000
26.0	33.2000
28.0	33.6000
30.0	34.8000
32.0	36.0000
34.0	37.6000
36.0	40.0000
38.0	40.8000
40.0	42.0000
42.0	43.6000
44.0	45.2000
46.0	45.6000

Battuta 2

Posizione sorgente X -2 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	6.8000
2.0	10.4000
4.0	14.0000
6.0	15.6000
8.0	16.8000
10.0	18.0000
12.0	20.0000
14.0	21.2000
16.0	22.0000
18.0	23.2000
20.0	24.0000
22.0	26.4000
24.0	28.0000
26.0	28.8000
28.0	29.2000
30.0	30.8000
32.0	31.6000
34.0	32.4000
36.0	33.6000
38.0	34.4000
40.0	36.0000
42.0	38.0000
44.0	38.8000
46.0	40.0000

Battuta 3

Posizione sorgente X 12 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	18.0000

2.0	16.1300
4.0	14.0000
6.0	13.2000
8.0	9.4700
10.0	6.5300
12.0	6.8000
14.0	8.8000
16.0	11.6000
18.0	13.2000
20.0	16.4000
22.0	18.8000
24.0	20.8000
26.0	21.2000
28.0	22.8000
30.0	24.0000
32.0	25.2000
34.0	25.6000
36.0	26.8000
38.0	28.0000
40.0	29.6000
42.0	30.4000
44.0	31.6000
46.0	32.0000

Battuta 4

Posizione sorgente X 23 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	24.9300
2.0	23.8700
4.0	22.8000
6.0	21.4700
8.0	20.4000
10.0	19.8700
12.0	17.7300
14.0	17.2000
16.0	15.8700
18.0	13.2000
20.0	11.0700
22.0	10.8000
24.0	11.6000
26.0	12.4000
28.0	15.6000
30.0	18.4000
32.0	20.0000
34.0	22.8000
36.0	24.0000
38.0	25.2000
40.0	26.4000

42.0	27.2000
44.0	28.4000
46.0	29.6000

Battuta 5

Posizione sorgente X 38 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	32.6700
2.0	31.0700
4.0	29.4700
6.0	28.9300
8.0	27.3300
10.0	27.3300
12.0	26.2700
14.0	25.7300
16.0	25.2000
18.0	24.0000
20.0	24.0000
22.0	22.8000
24.0	22.8000
26.0	19.2000
28.0	19.2000
30.0	17.2000
32.0	13.6000
34.0	10.4000
36.0	10.0000
38.0	13.4700
40.0	16.6700
42.0	19.3300
44.0	21.4700
46.0	22.0000

Battuta 6

Posizione sorgente X 48 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	34.8000
2.0	34.0000
4.0	34.0000
6.0	33.2000
8.0	32.4000
10.0	31.6000
12.0	30.8000
14.0	30.4000
16.0	30.4000
18.0	30.1300

20.0	30.0000
22.0	29.7300
24.0	28.8000
26.0	28.0000
28.0	27.2000
30.0	26.0000
32.0	25.2000
34.0	23.6000
36.0	23.2000
38.0	21.6000
40.0	20.0000
42.0	16.8000
44.0	12.8000
46.0	10.4000

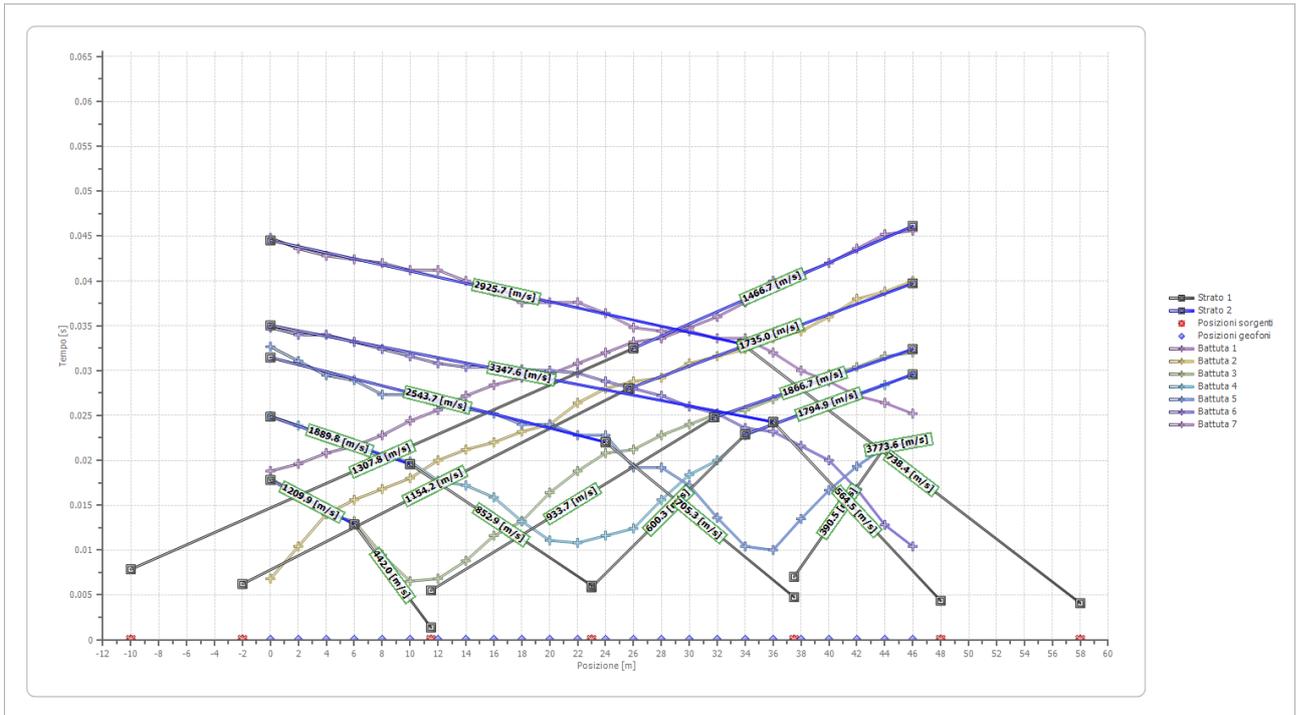
Battuta 7

Posizione sorgente X 58 [m]

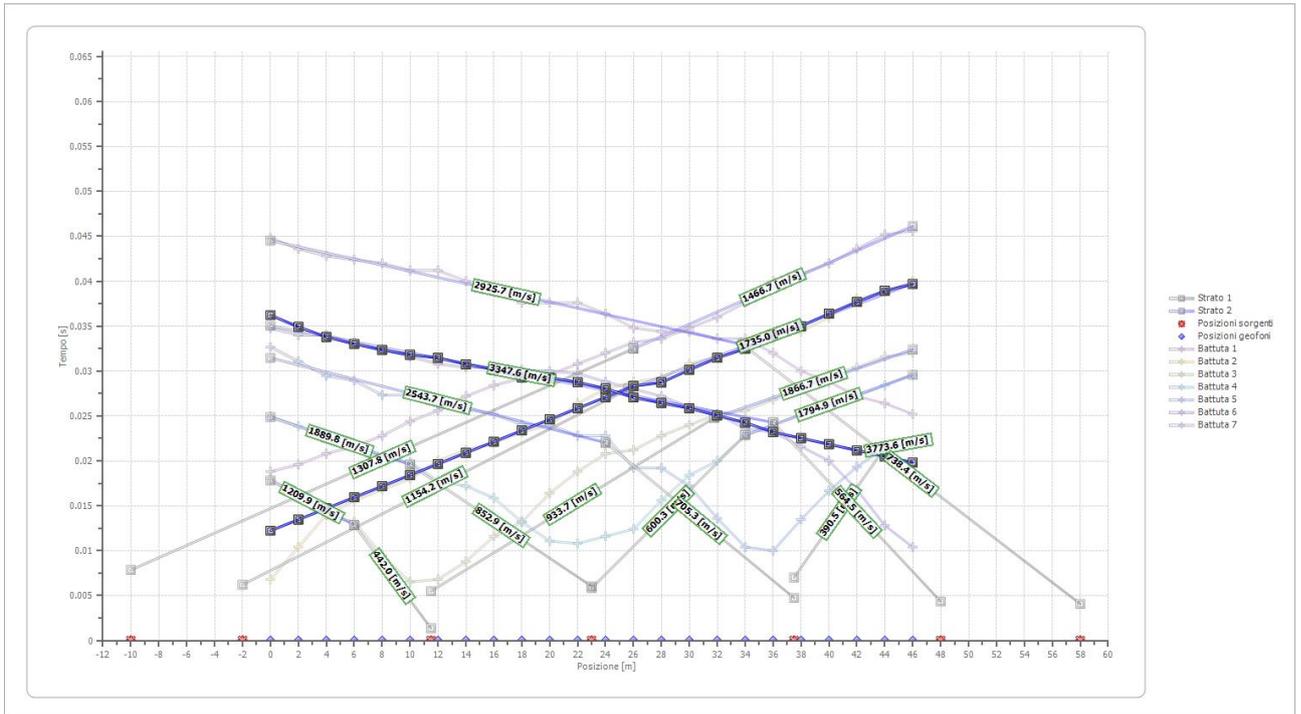
Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	44.8000
2.0	43.6000
4.0	42.8000
6.0	42.4000
8.0	42.0000
10.0	41.2000
12.0	41.2000
14.0	40.0000
16.0	38.8000
18.0	37.6000
20.0	37.6000
22.0	37.6000
24.0	36.4000
26.0	34.8000
28.0	34.4000
30.0	34.4000
32.0	33.6000
34.0	33.6000
36.0	32.0000
38.0	30.0000
40.0	28.8000
42.0	27.2000
44.0	26.4000
46.0	25.2000

Dromocrone

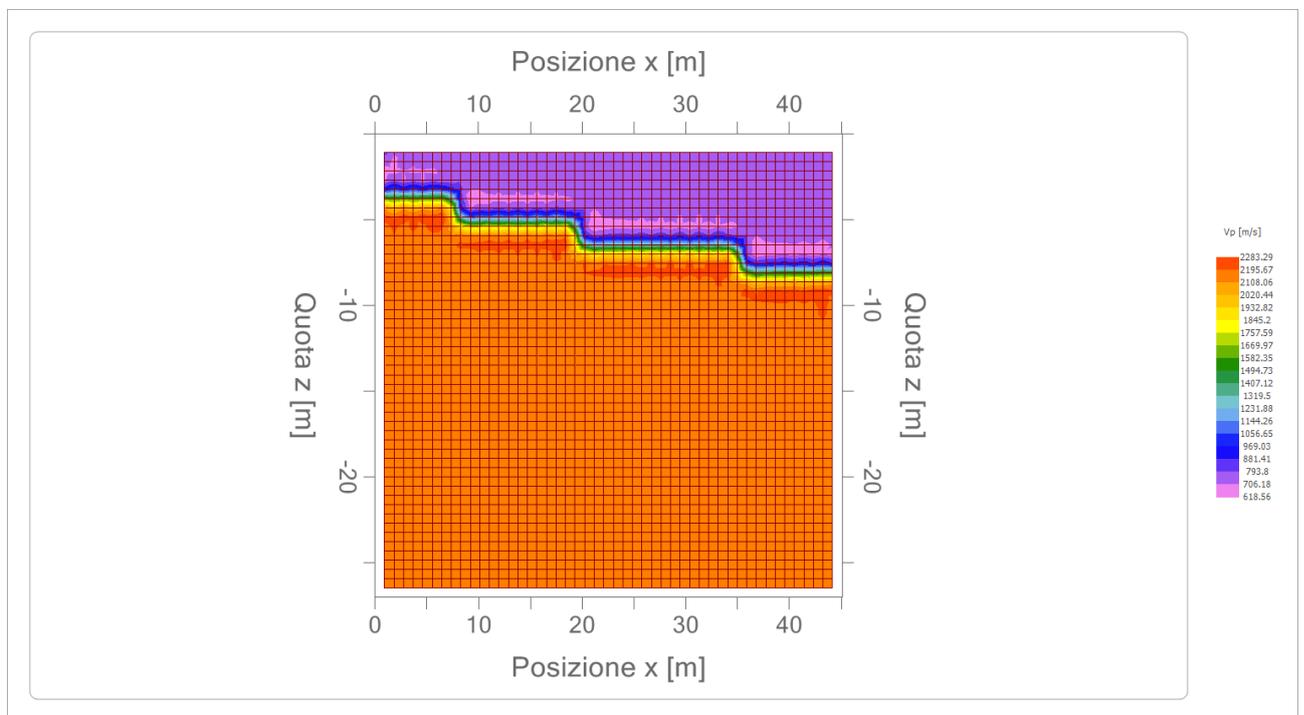
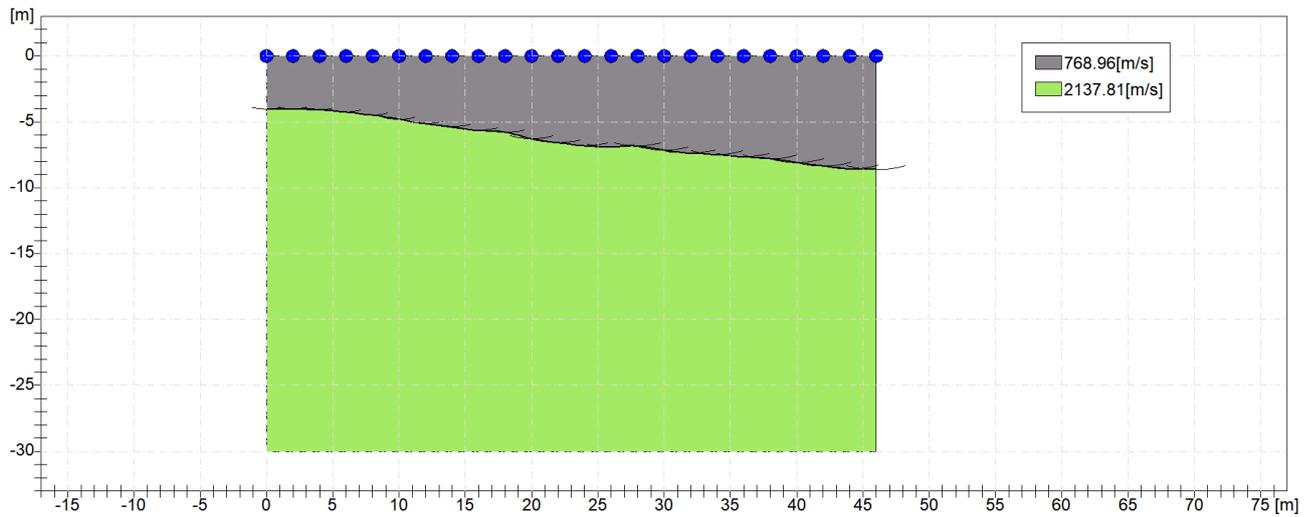


Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G,.R.M.

XY: 0



	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	4.1	--
G= 2.0 [m]	4.0	--
G= 4.0 [m]	4.1	--
G= 6.0 [m]	4.3	--
G= 8.0 [m]	4.5	--
G= 10.0 [m]	4.8	--
G= 12.0 [m]	5.2	--
G= 14.0 [m]	5.4	--
G= 16.0 [m]	5.7	--
G= 18.0 [m]	5.8	--
G= 20.0 [m]	6.3	--
G= 22.0 [m]	6.6	--
G= 24.0 [m]	6.8	--
G= 26.0 [m]	6.9	--
G= 28.0 [m]	6.8	--

G= 30.0 [m]	7.2	--
G= 32.0 [m]	7.4	--
G= 34.0 [m]	7.5	--
G= 36.0 [m]	7.7	--
G= 38.0 [m]	7.8	--
G= 40.0 [m]	8.1	--
G= 42.0 [m]	8.4	--
G= 44.0 [m]	8.6	--
G= 46.0 [m]	8.6	--
Velocità [m/sec]	769.0	2137.8
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	768.96	2137.81
Vs [m/s]	369.40	1026.97
G0 [MPa]	245.62	1898.40
Ed [Mpa]	1064.34	8226.38
M0 [MPa]	818.72	6327.98
Ey [Mpa]	663.17	5125.67

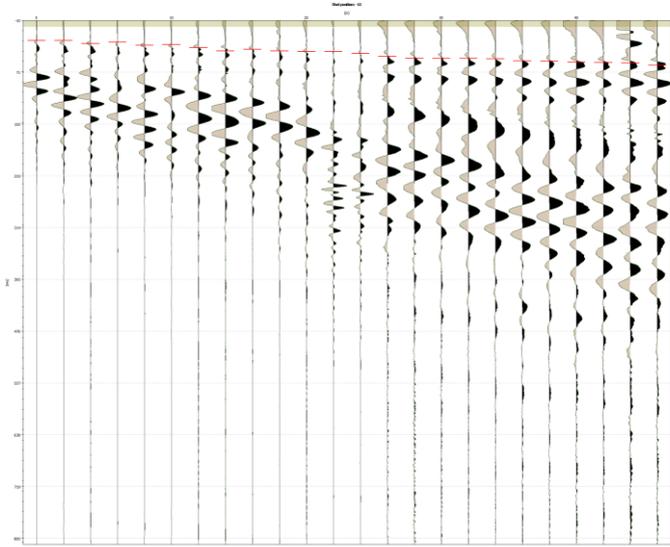
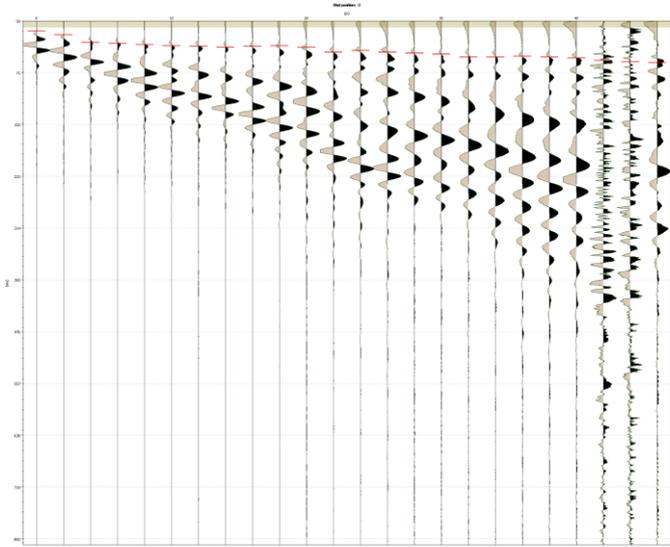
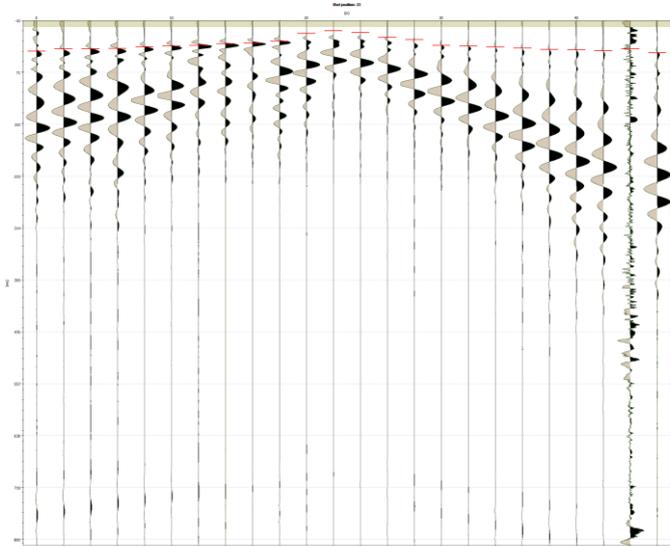
G0: Modulo di deformazione al taglio;

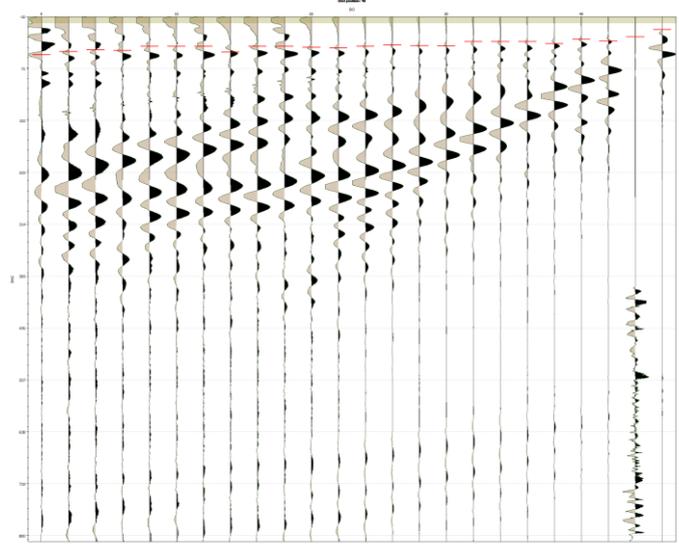
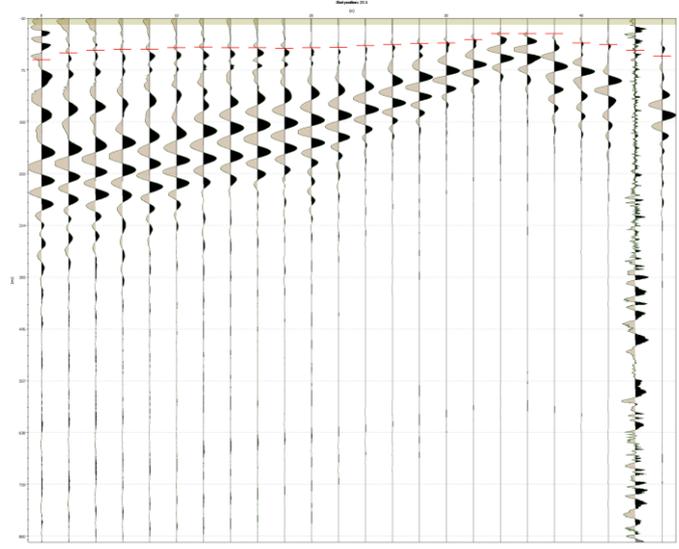
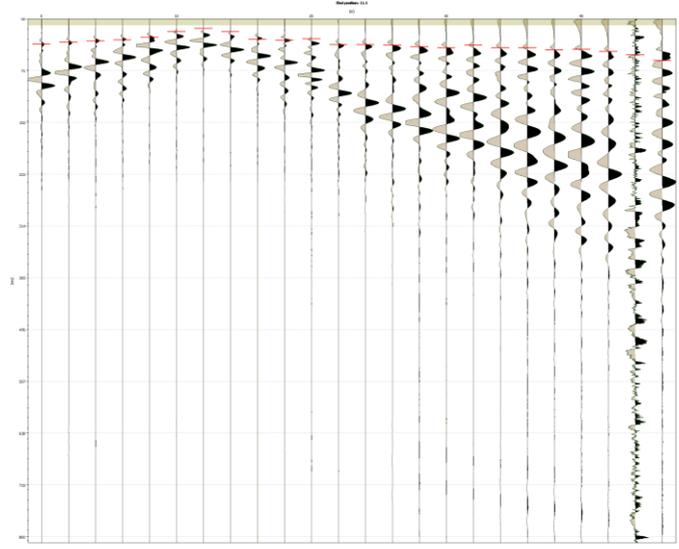
Ed: Modulo edometrico;

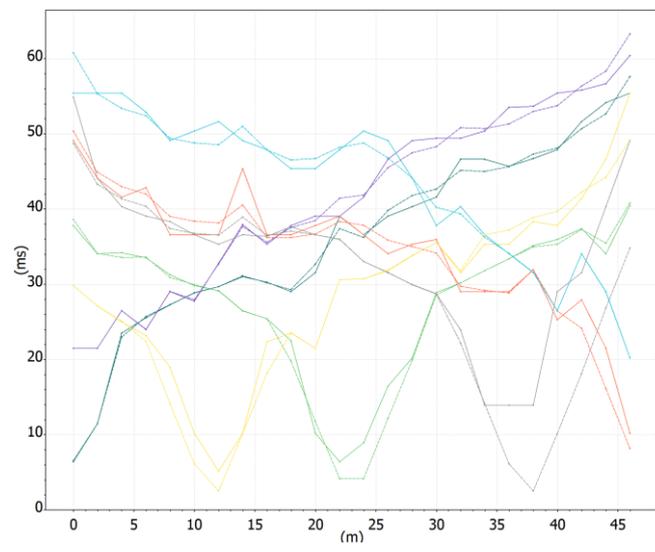
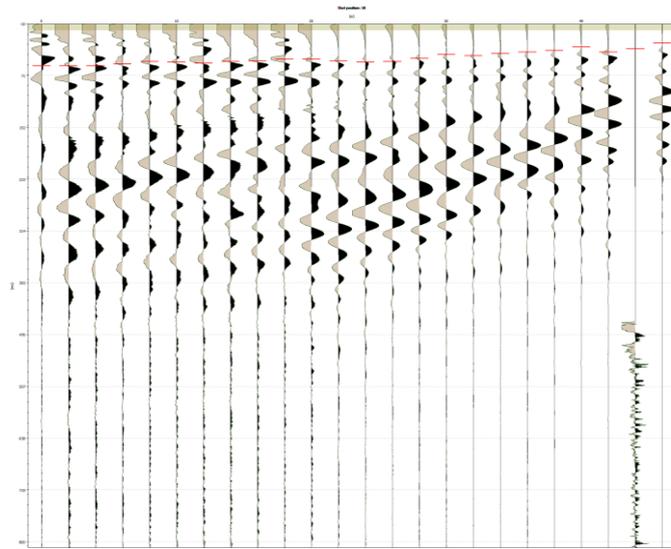
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

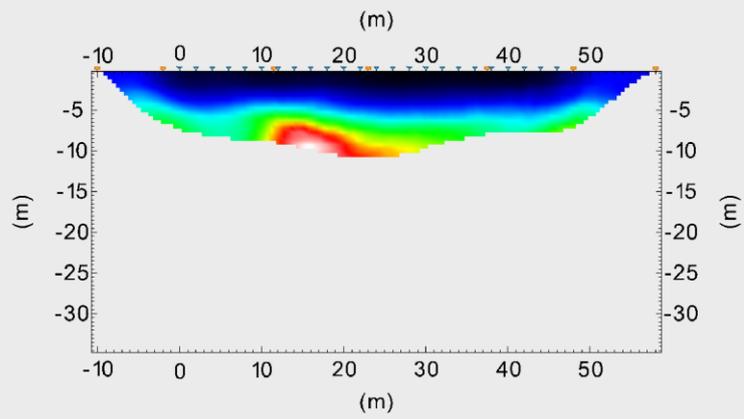
Elaborazione tomografica SISM 2



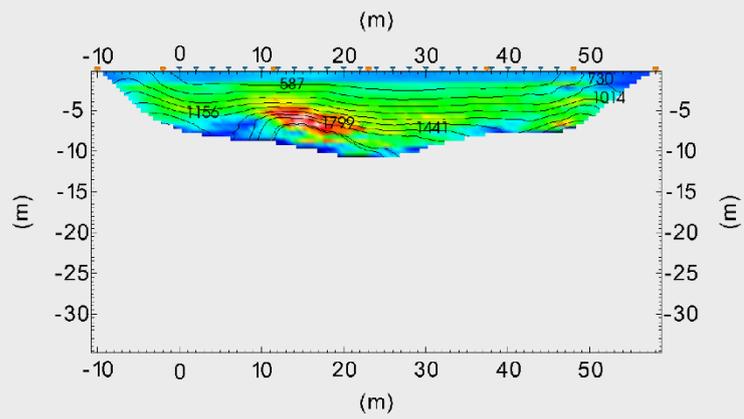




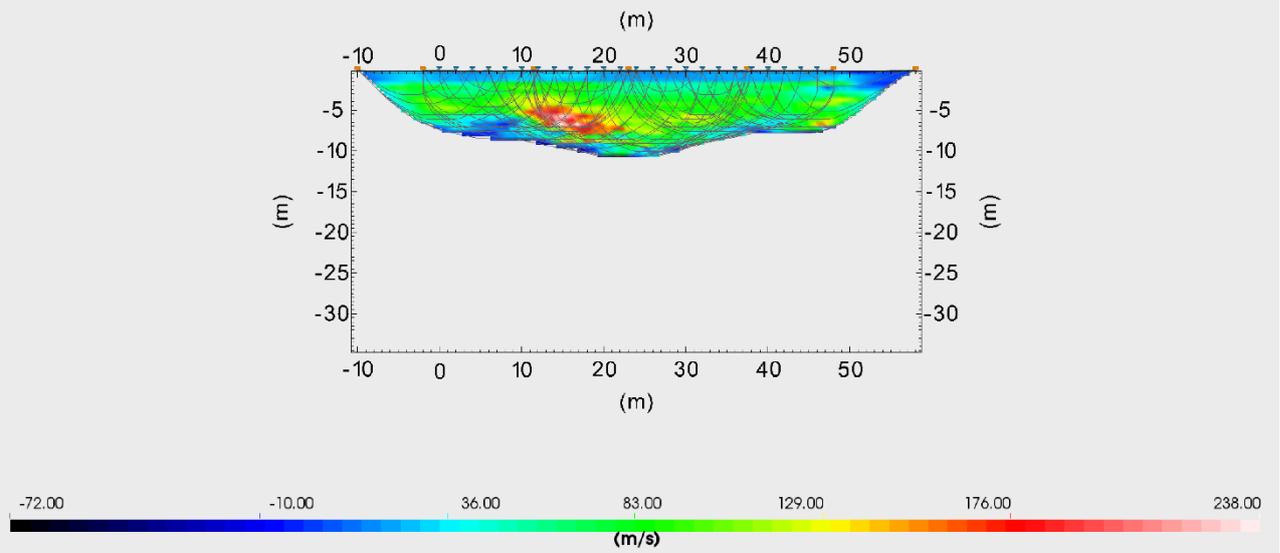
Tomographic Profile - Velocity



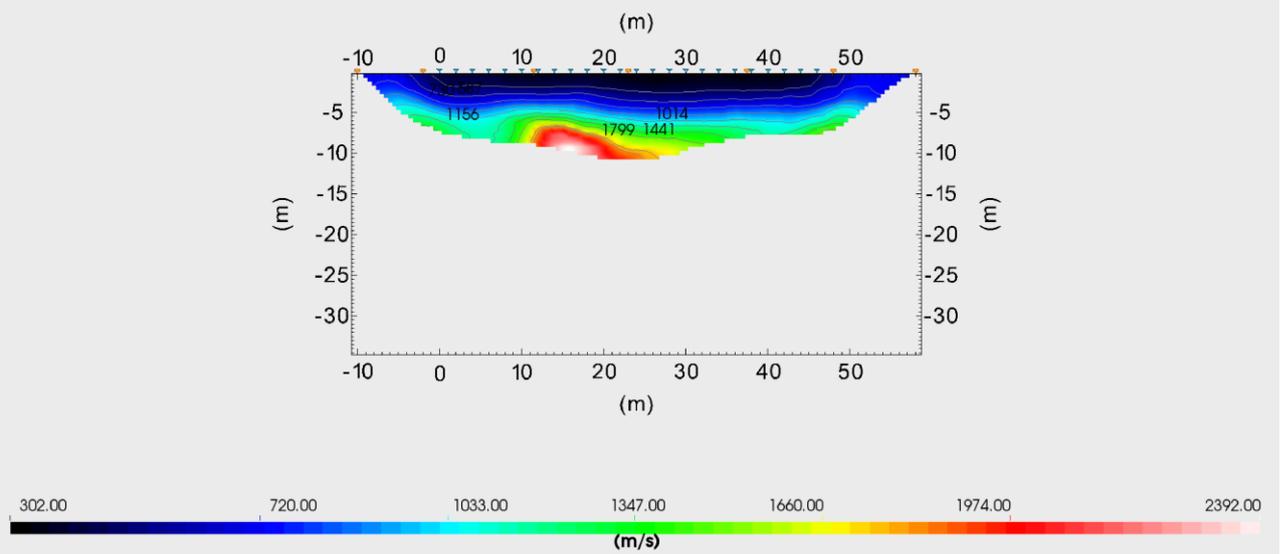
Tomographic Profile - Vertical Gradient with Isolines



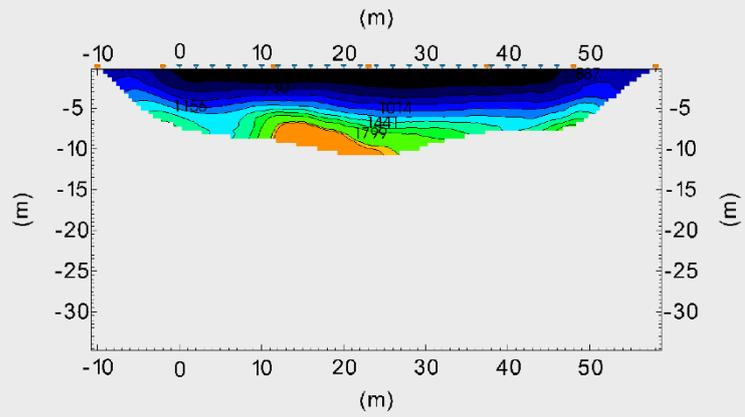
Tomographic Profile - Vertical Gradient with Rays



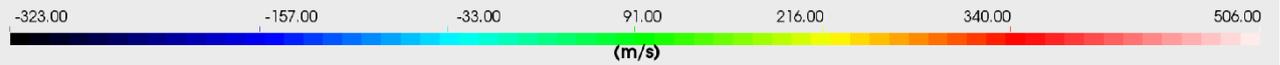
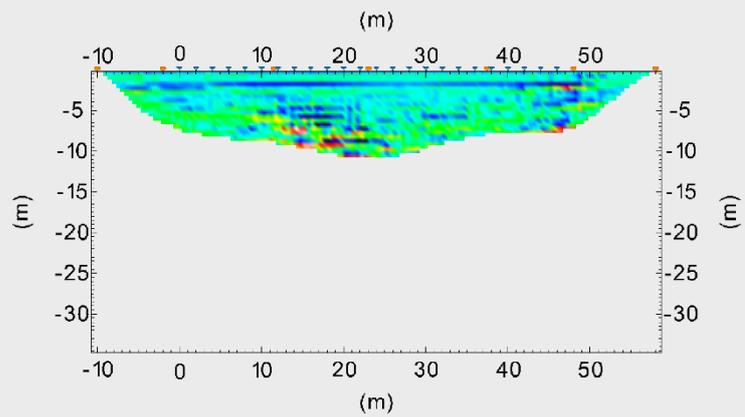
Tomographic Profile - Velocity with Isolines



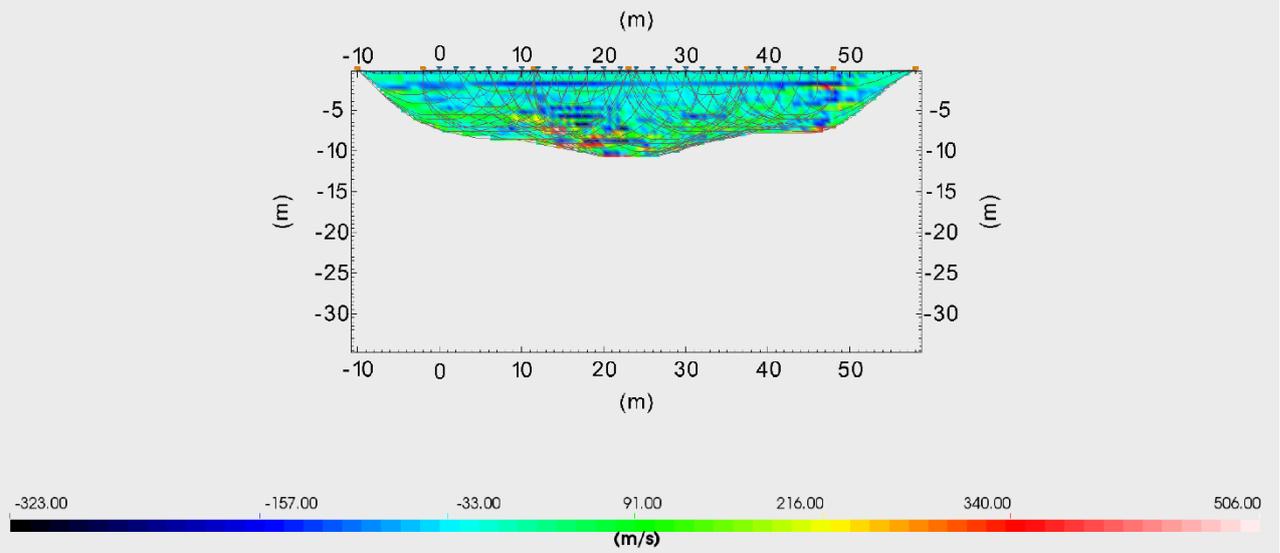
Tomographic Profile - Velocity with Filled Isolines



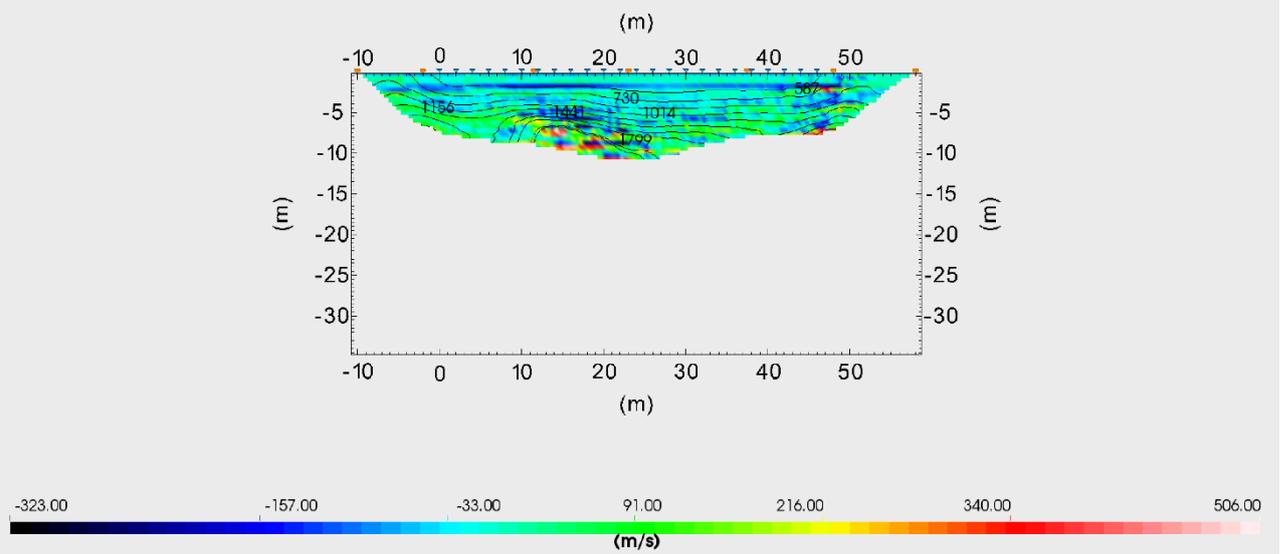
Tomographic Profile - Laplacian Gradient



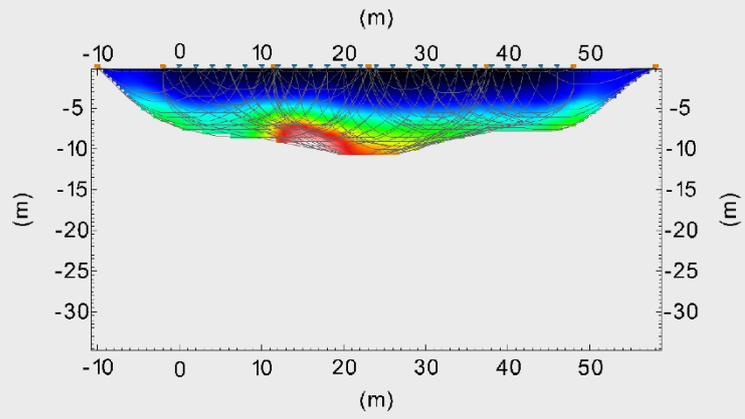
Tomographic Profile - Laplacian Gradient with Rays



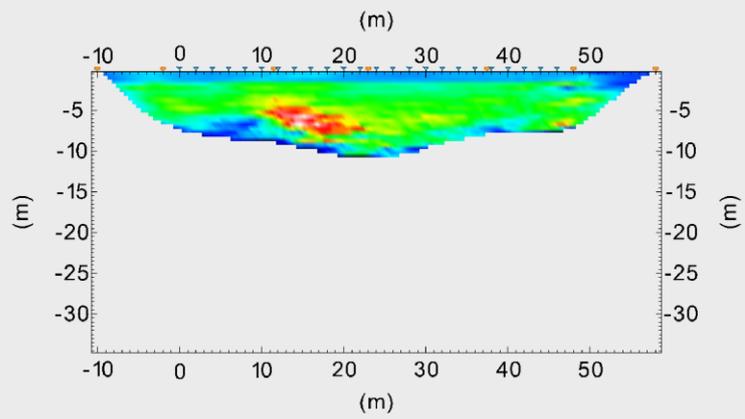
Tomographic Profile - Laplacian Gradient with Isolines



Tomographic Profile - Velocity with Rays



Tomographic Profile - Vertical Gradient



Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.0	0.0
3	4.0	0.0
4	6.0	0.0
5	8.0	0.0
6	10.0	0.0
7	12.0	0.0
8	14.0	0.0
9	16.0	0.0
10	18.0	0.0
11	20.0	0.0
12	22.0	0.0
13	24.0	0.0
14	26.0	0.0
15	28.0	0.0
16	30.0	0.0
17	32.0	0.0
18	34.0	0.0
19	36.0	0.0
20	38.0	0.0
21	40.0	0.0
22	42.0	0.0
23	44.0	0.0
24	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	21.7300
2.0	23.6000
4.0	24.6700
6.0	25.2000
8.0	26.2700
10.0	27.8700
12.0	29.2000
14.0	32.1300
16.0	33.4700
18.0	34.5300

20.0	35.6000
22.0	36.9300
24.0	38.5300
26.0	39.3300
28.0	39.8700
30.0	40.1300
32.0	40.9300
34.0	41.4700
36.0	42.0000
38.0	42.2700
40.0	42.8000
42.0	43.0700
44.0	43.6000
46.0	44.1300

Battuta 2

Posizione sorgente X -2 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	9.4700
2.0	12.0000
4.0	14.8000
6.0	16.8000
8.0	18.4000
10.0	19.6000
12.0	21.4700
14.0	24.6700
16.0	26.8000
18.0	27.8700
20.0	27.8700
22.0	28.9300
24.0	29.4700
26.0	30.0000
28.0	31.6000
30.0	32.6700
32.0	33.7300
34.0	33.7300
36.0	35.8700
38.0	35.8700
40.0	38.0000
42.0	39.6000
44.0	41.2000
46.0	41.2000

Battuta 3

Posizione sorgente X 7 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	16.0000
2.0	12.6700
4.0	9.4700
6.0	6.9300
8.0	10.8000
10.0	14.0000
12.0	16.4000
14.0	19.6000
16.0	21.6000
18.0	22.8000
20.0	23.6000
22.0	25.2000
24.0	26.4000
26.0	28.4000
28.0	29.2000
30.0	29.2000
32.0	30.0000
34.0	31.2000
36.0	32.0000
38.0	32.0000
40.0	33.2000
42.0	33.2000
44.0	34.0000
46.0	36.8000

Battuta 4

Posizione sorgente X 16 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	20.4000
2.0	18.2700
4.0	17.7300
6.0	16.6700
8.0	16.1300
10.0	15.3300
12.0	10.5300
14.0	8.1300
16.0	8.4000
18.0	11.0700
20.0	13.4700
22.0	15.8700
24.0	18.0000

26.0	19.0700
28.0	20.1300
30.0	20.9300
32.0	21.4700
34.0	22.5300
36.0	24.1300
38.0	26.0000
40.0	26.5300
42.0	27.6000
44.0	28.4000
46.0	30.0000

Battuta 5

Posizione sorgente X 23 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	26.8000
2.0	25.6000
4.0	24.4000
6.0	23.2000
8.0	23.2000
10.0	22.4000
12.0	20.8000
14.0	20.4000
16.0	19.6000
18.0	16.0000
20.0	13.6000
22.0	9.2000
24.0	6.5300
26.0	9.2000
28.0	12.4000
30.0	14.2700
32.0	14.8000
34.0	14.8000
36.0	17.4700
38.0	20.6700
40.0	24.1300
42.0	24.6700
44.0	26.2700
46.0	27.3300

Battuta 6

Posizione sorgente X 31 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	31.0700
2.0	30.0000
4.0	29.7300
6.0	28.1300
8.0	26.8000
10.0	26.0000
12.0	25.7300
14.0	25.4700
16.0	24.9300
18.0	23.6000
20.0	23.0700
22.0	20.9300
24.0	16.9300
26.0	13.8700
28.0	10.5300
30.0	6.9300
32.0	5.3300
34.0	7.4700
36.0	11.7300
38.0	14.2700
40.0	15.2000
42.0	16.5300
44.0	17.2000
46.0	19.8700

Battuta 7

Posizione sorgente X 39 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	31.0700
2.0	29.7300
4.0	29.2000
6.0	28.9300
8.0	28.4000
10.0	28.1300
12.0	28.1300
14.0	27.6000
16.0	27.0700
18.0	26.0000
20.0	24.8000
22.0	23.8700
24.0	22.4000
26.0	20.8000
28.0	16.8000
30.0	14.8000

32.0	13.2000
34.0	11.6000
36.0	9.6000
38.0	8.0000
40.0	5.6000
42.0	8.9300
44.0	12.2700
46.0	15.7300

Battuta 8

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	36.0000
2.0	34.4000
4.0	32.8000
6.0	32.8000
8.0	32.0000
10.0	30.8000
12.0	30.0000
14.0	29.2000
16.0	29.2000
18.0	28.8000
20.0	27.6000
22.0	26.0000
24.0	25.2000
26.0	24.8000
28.0	24.4000
30.0	21.6000
32.0	20.0000
34.0	19.6000
36.0	18.8000
38.0	19.2000
40.0	17.2000
42.0	15.2000
44.0	12.4000
46.0	8.0000

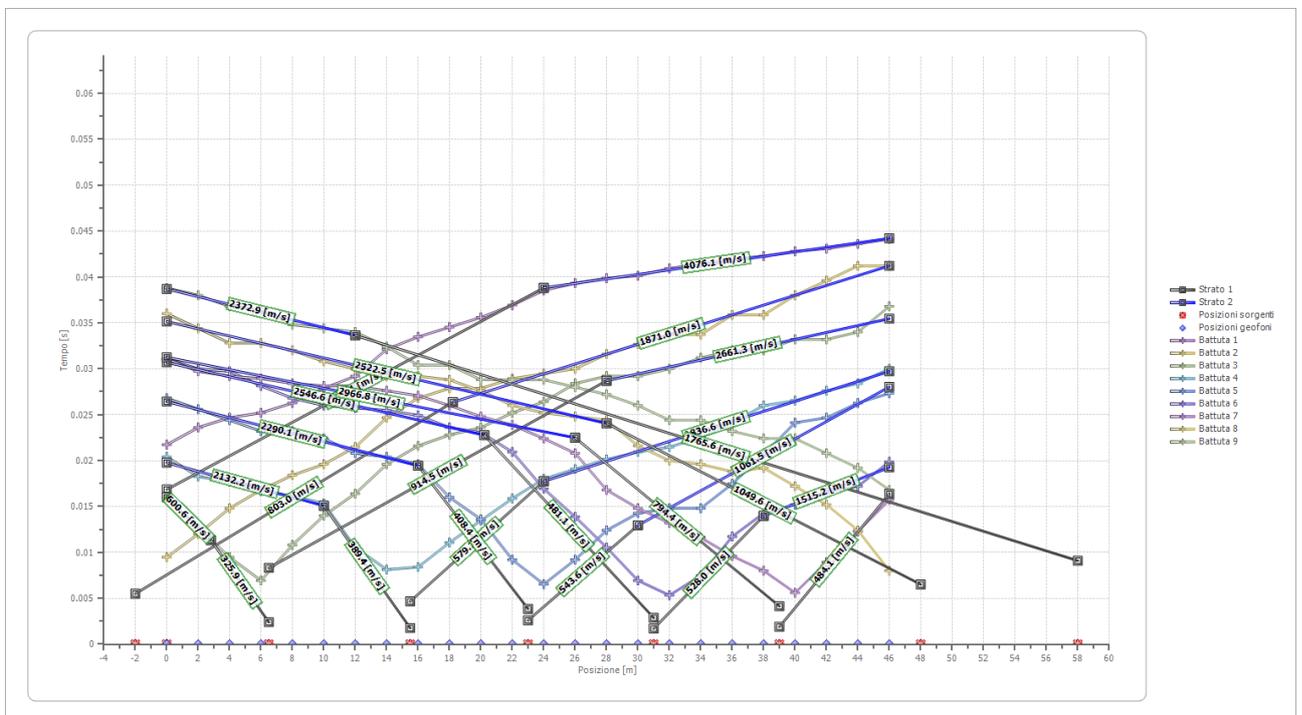
Battuta 9

Posizione sorgente X 58 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

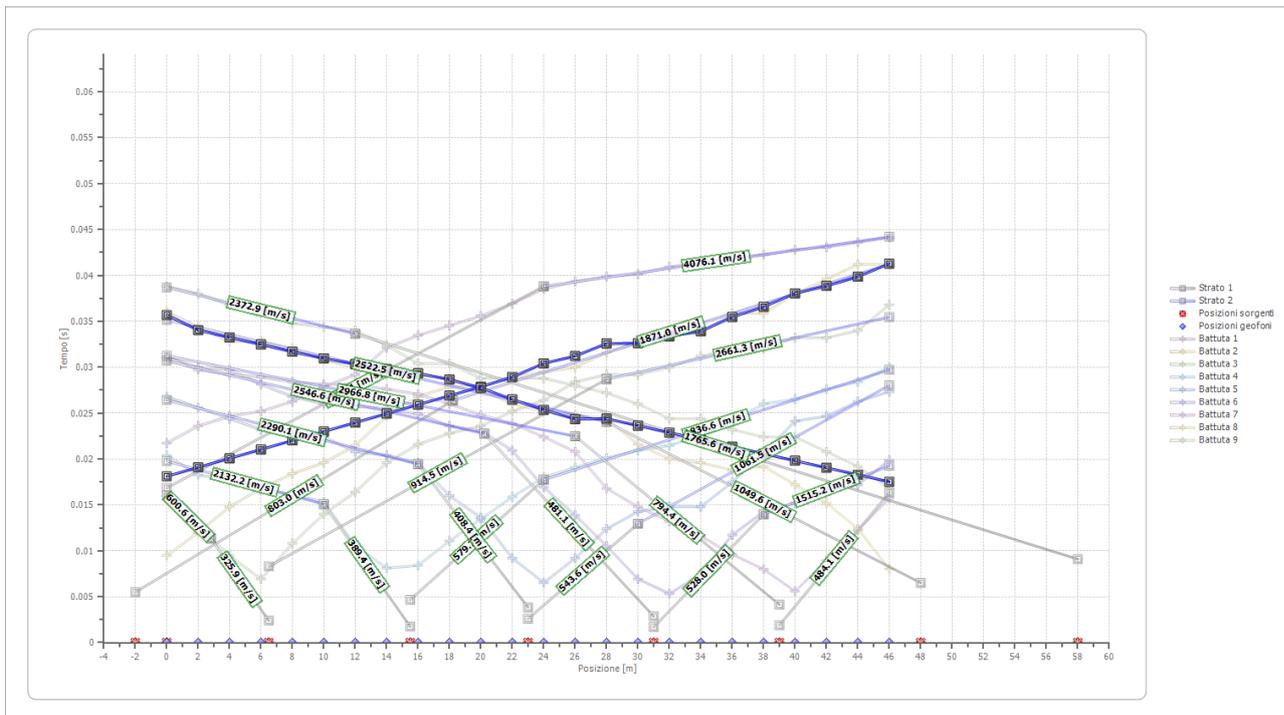
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	38.8000

	2.0	38.0000
	4.0	36.8000
	6.0	36.4000
	8.0	34.8000
	10.0	34.4000
	12.0	34.0000
	14.0	32.4000
	16.0	30.4000
	18.0	30.4000
	20.0	28.8000
	22.0	28.8000
	24.0	28.8000
	26.0	28.0000
	28.0	27.2000
	30.0	26.0000
	32.0	24.4000
	34.0	24.4000
	36.0	23.2000
	38.0	22.4000
	40.0	22.4000
	42.0	20.8000
	44.0	19.2000
	46.0	16.8000

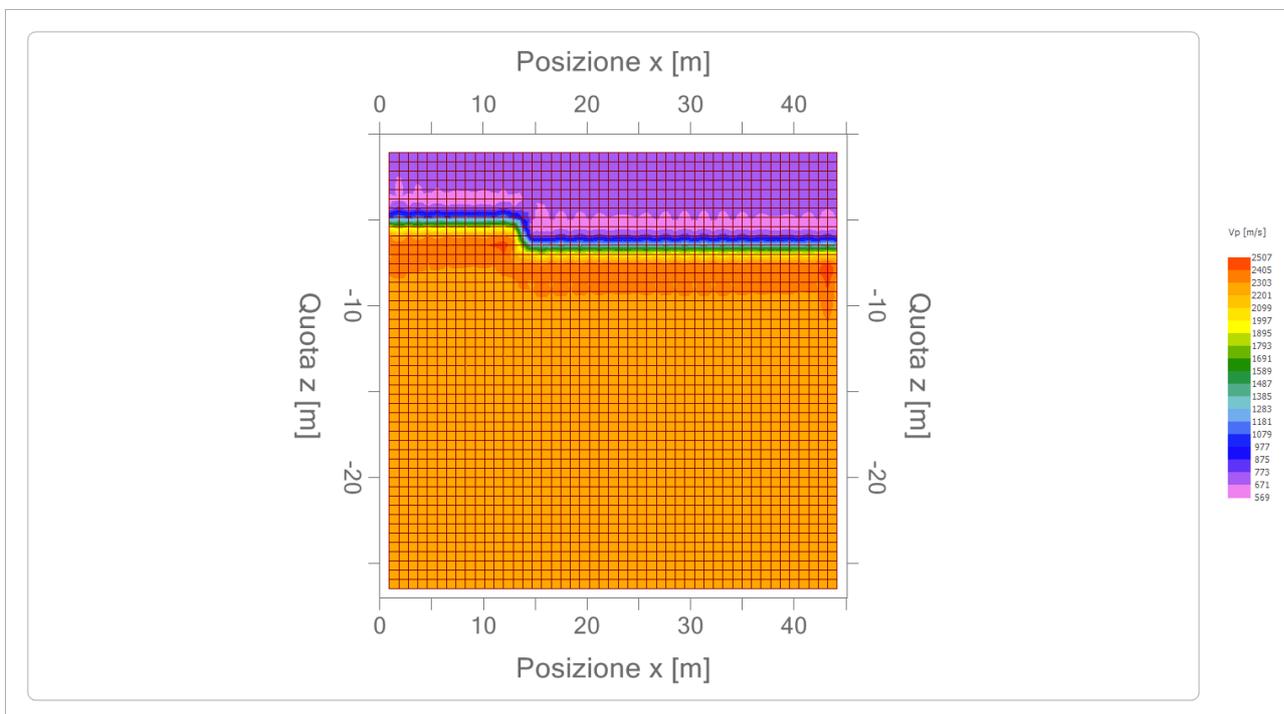
Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.



XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	5.7	--
G= 2.0 [m]	5.4	--
G= 4.0 [m]	5.5	--
G= 6.0 [m]	5.6	--

G= 8.0 [m]	5.7	--
G= 10.0 [m]	5.8	--
G= 12.0 [m]	5.9	--
G= 14.0 [m]	6.0	--
G= 16.0 [m]	6.2	--
G= 18.0 [m]	6.4	--
G= 20.0 [m]	6.4	--
G= 22.0 [m]	6.3	--
G= 24.0 [m]	6.4	--
G= 26.0 [m]	6.4	--
G= 28.0 [m]	6.9	--
G= 30.0 [m]	6.6	--
G= 32.0 [m]	6.6	--
G= 34.0 [m]	6.5	--
G= 36.0 [m]	6.8	--
G= 38.0 [m]	7.0	--
G= 40.0 [m]	7.2	--
G= 42.0 [m]	7.2	--
G= 44.0 [m]	7.3	--
G= 46.0 [m]	7.6	--
Velocità [m/sec]	720.1	2289.1
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	720.10	2289.07
Vs [m/s]	345.93	1099.64
G0 [MPa]	215.40	2176.56
Ed [Mpa]	933.38	9431.74
M0 [MPa]	717.99	7255.18
Ey [Mpa]	581.57	5876.70

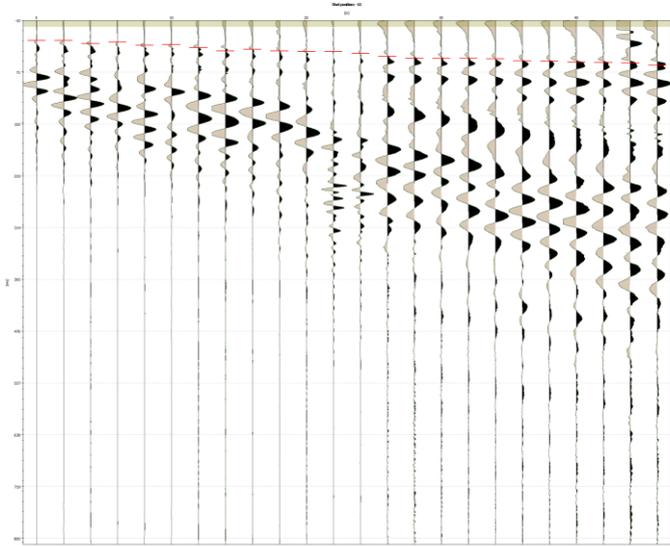
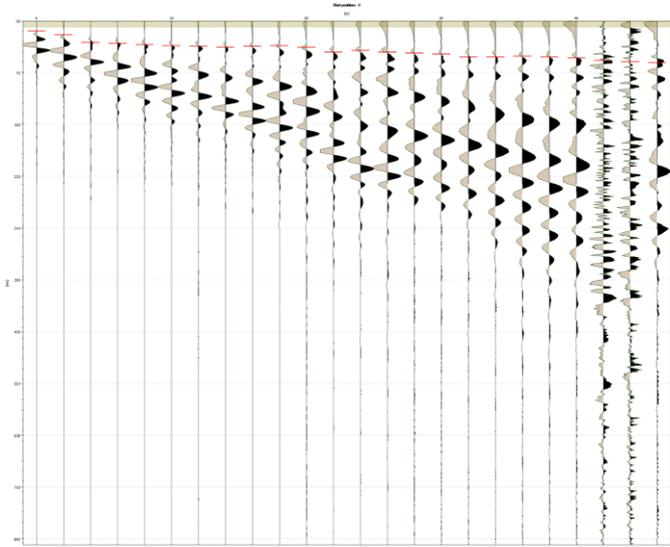
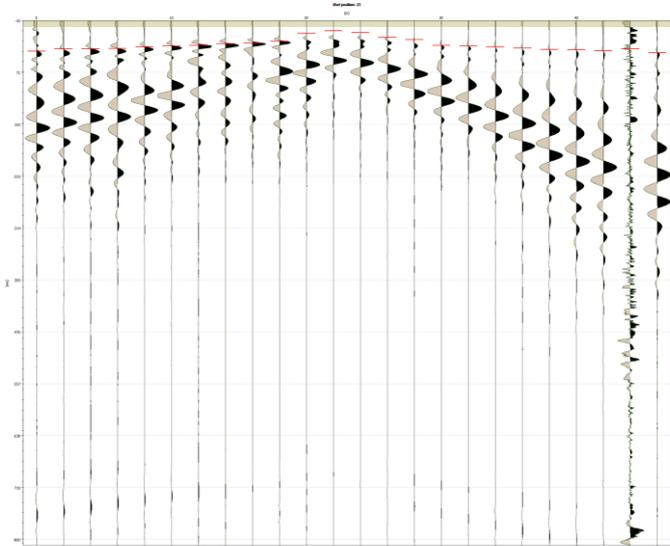
G0: Modulo di deformazione al taglio;

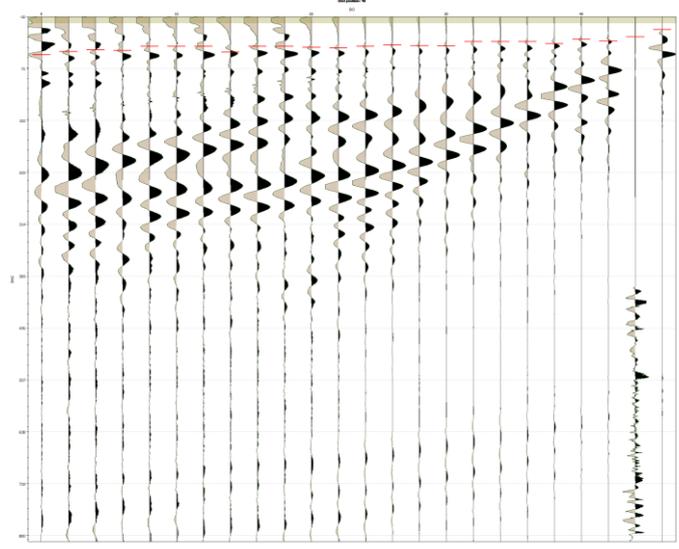
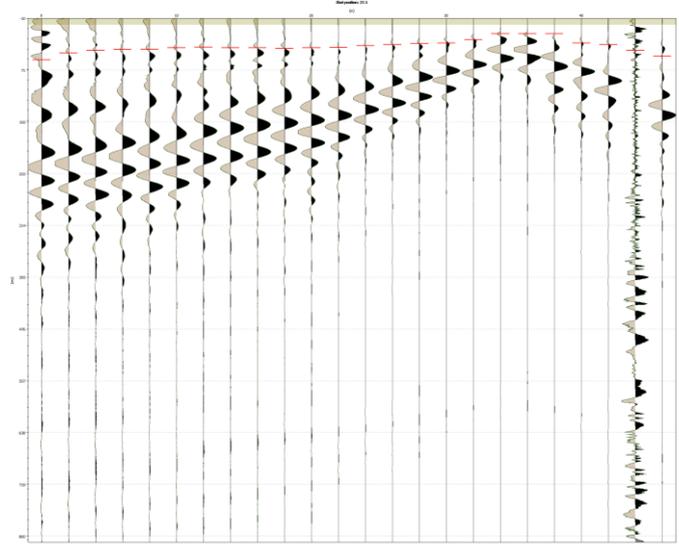
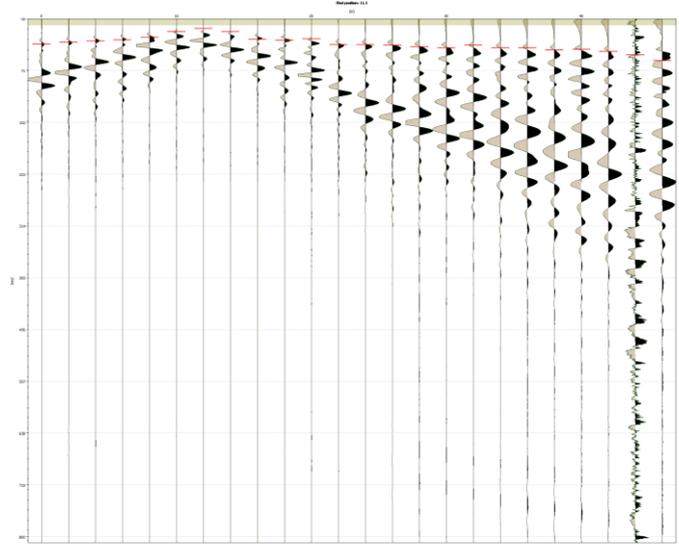
Ed: Modulo edometrico;

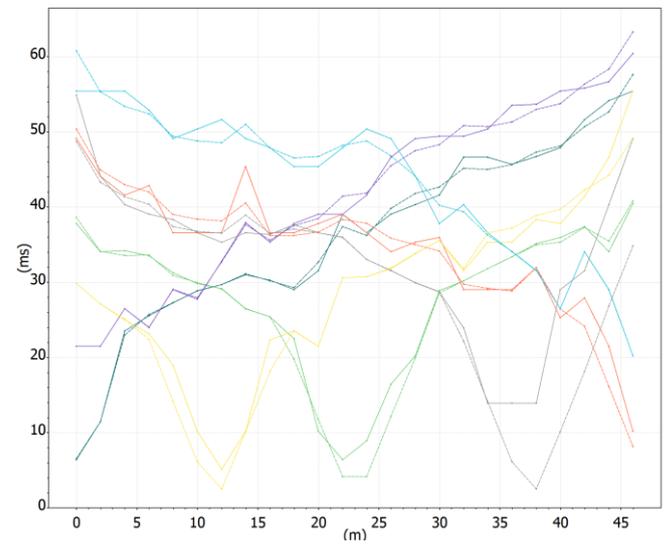
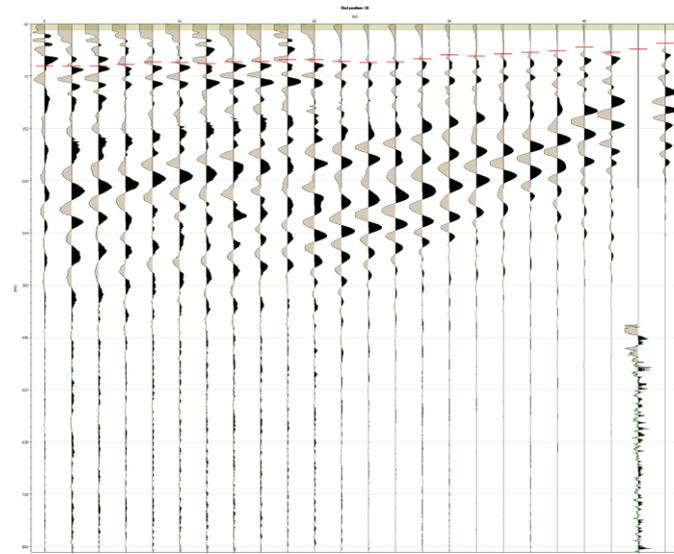
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

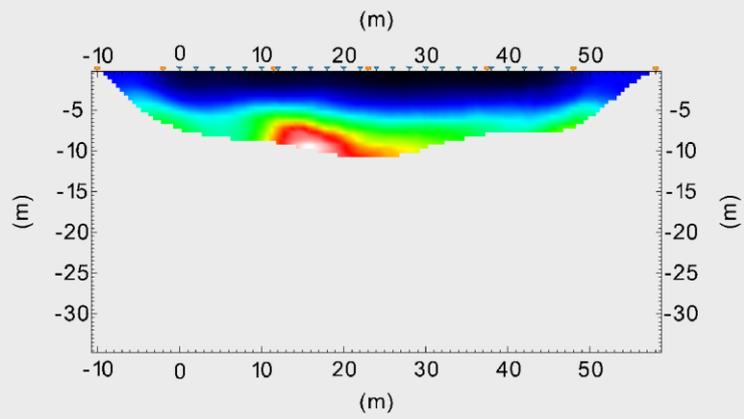
Elaborazione tomografica SISM 3



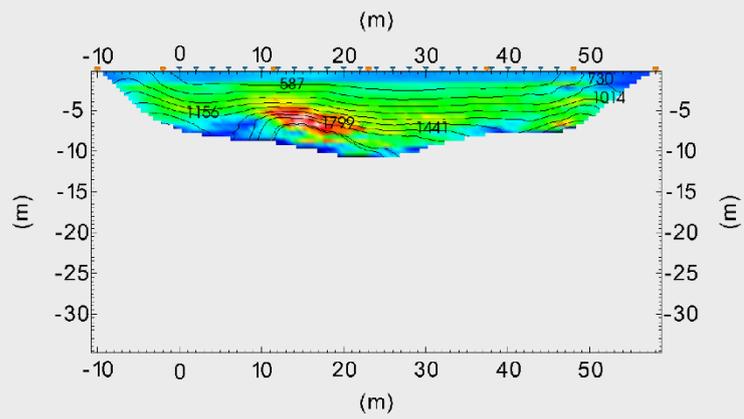




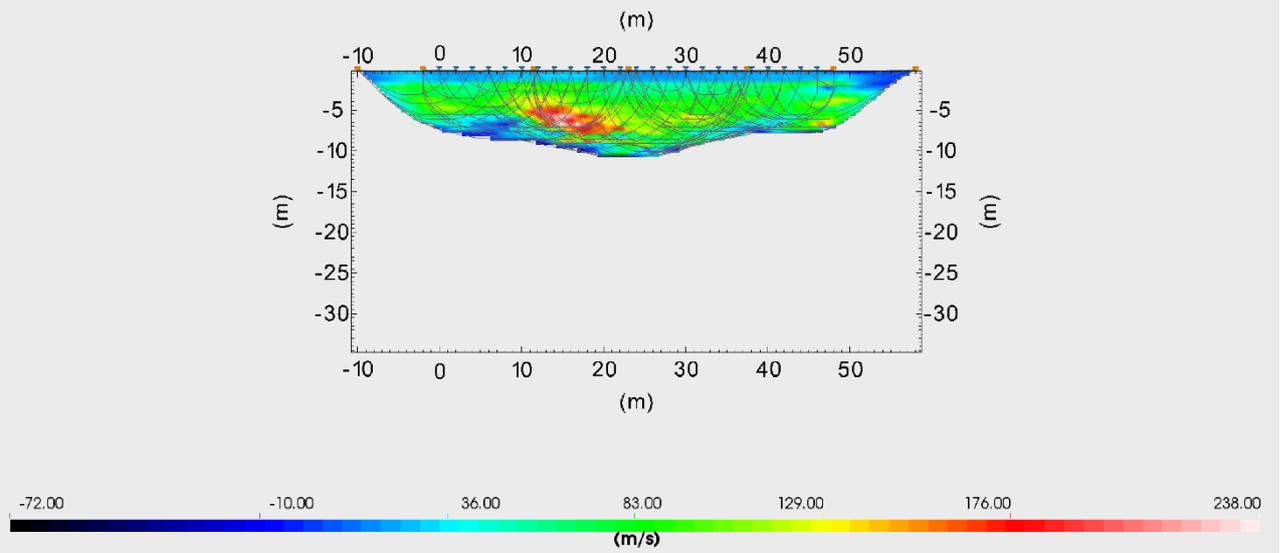
Tomographic Profile - Velocity



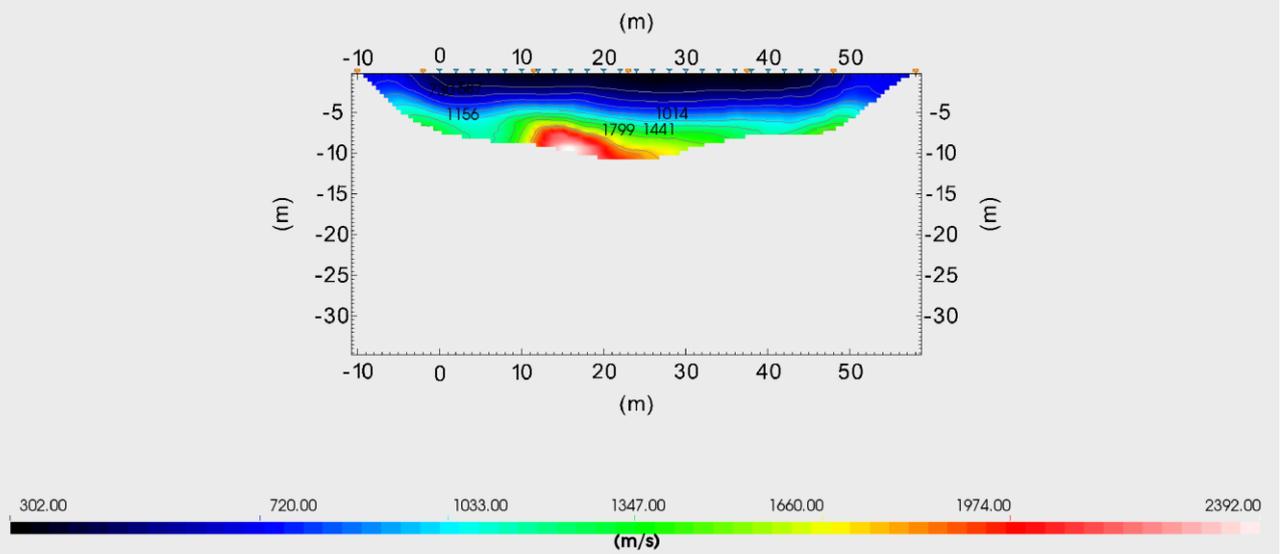
Tomographic Profile - Vertical Gradient with Isolines



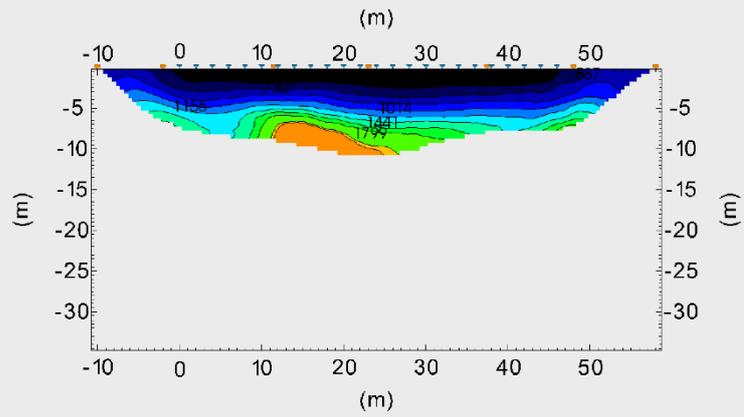
Tomographic Profile - Vertical Gradient with Rays



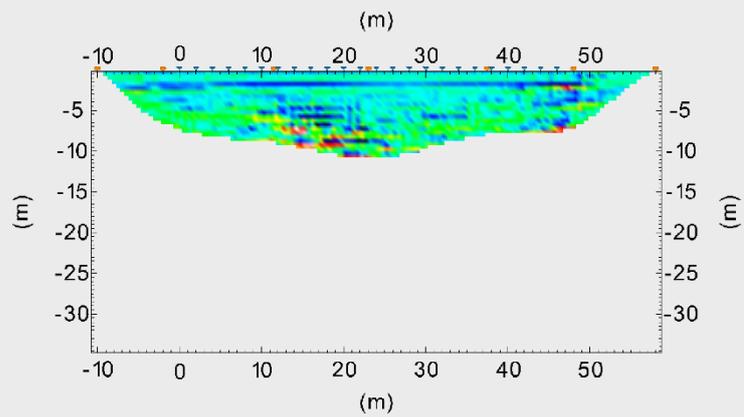
Tomographic Profile - Velocity with Isolines



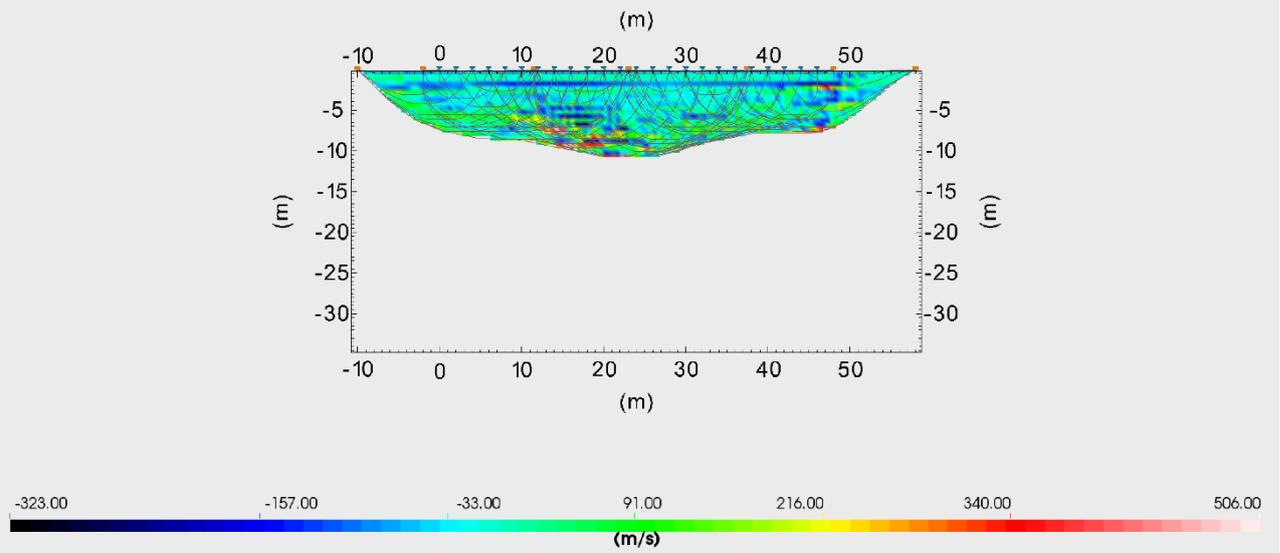
Tomographic Profile - Velocity with Filled Isolines



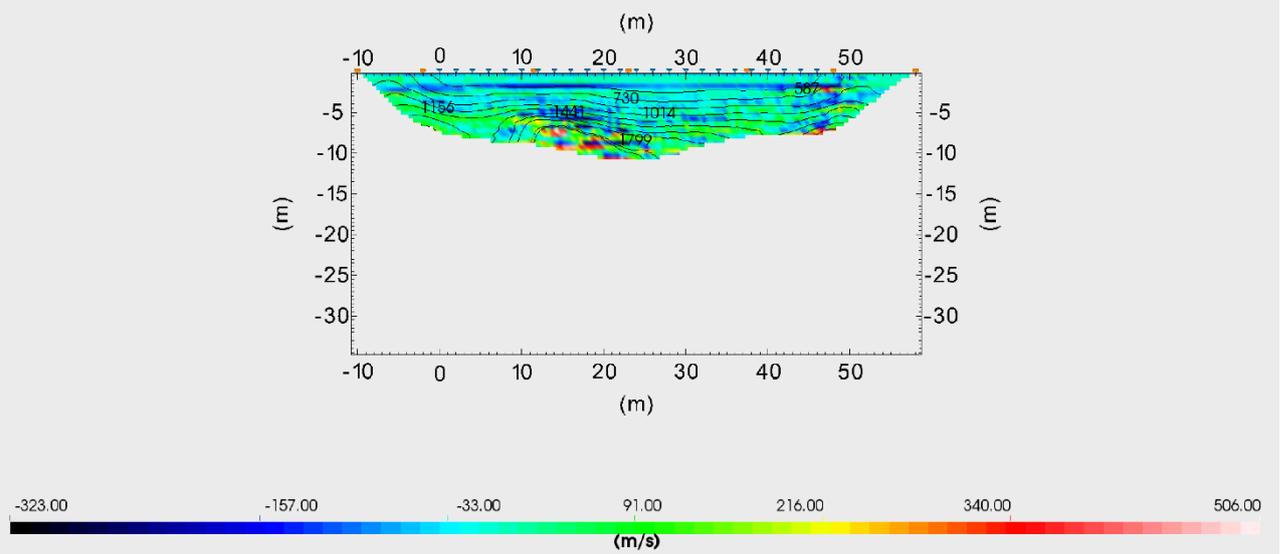
Tomographic Profile - Laplacian Gradient



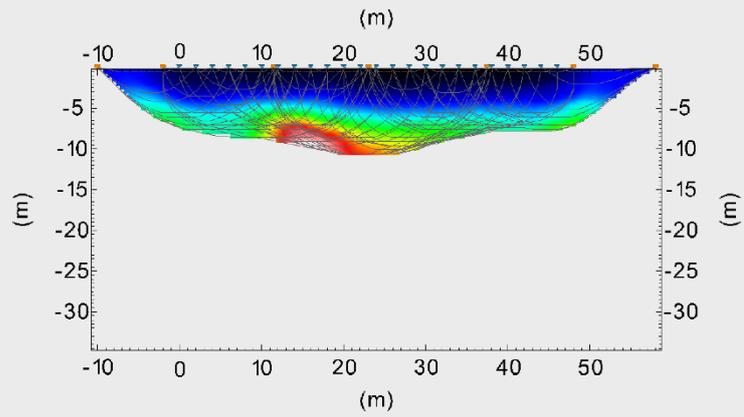
Tomographic Profile - Laplacian Gradient with Rays



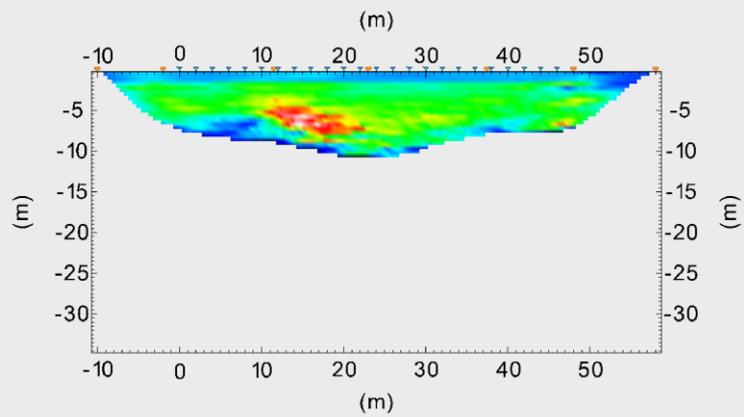
Tomographic Profile - Laplacian Gradient with Isolines



Tomographic Profile - Velocity with Rays



Tomographic Profile - Vertical Gradient



Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.0	0.0
3	4.0	0.0
4	6.0	0.0
5	8.0	0.0
6	10.0	0.0
7	12.0	0.0
8	14.0	0.0
9	16.0	0.0
10	18.0	0.0
11	20.0	0.0
12	22.0	0.0
13	24.0	0.0
14	26.0	0.0
15	28.0	0.0
16	30.0	0.0
17	32.0	0.0
18	34.0	0.0
19	36.0	0.0
20	38.0	0.0
21	40.0	0.0
22	42.0	0.0
23	44.0	0.0
24	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -10 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	22.5300
2.0	22.5300
4.0	24.1300
6.0	24.1300
8.0	26.2700
10.0	27.8700
12.0	28.4000

14.0	30.0000
16.0	31.6000
18.0	32.6700
20.0	32.6700
22.0	33.7300
24.0	33.7300
26.0	34.2700
28.0	35.8700
30.0	36.4000
32.0	37.4700
34.0	37.4700
36.0	37.4700
38.0	37.4700
40.0	39.0700
42.0	39.6000
44.0	40.1300
46.0	41.2000

Battuta 2

Posizione sorgente X -2 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	9.2000
2.0	15.0700
4.0	19.3300
6.0	21.4700
8.0	22.5300
10.0	23.0700
12.0	24.6700
14.0	25.7300
16.0	27.3300
18.0	29.4700
20.0	29.4700
22.0	30.5300
24.0	31.6000
26.0	32.1300
28.0	32.1300
30.0	33.2000
32.0	33.7300
34.0	33.7300
36.0	33.7300
38.0	33.7300
40.0	34.8000
42.0	34.8000
44.0	35.3300
46.0	35.3300

Battuta 3

Posizione sorgente X 7 [m]
Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	18.8000
2.0	14.0000
4.0	10.2700
6.0	7.0700
8.0	7.3300
10.0	10.5300
12.0	15.6000
14.0	18.0000
16.0	19.6000
18.0	21.2000
20.0	22.0000
22.0	22.2700
24.0	22.2700
26.0	22.5300
28.0	22.5300
30.0	23.0700
32.0	23.3300
34.0	24.1300
36.0	24.9300
38.0	25.7300
40.0	26.0000
42.0	26.5300
44.0	26.8000
46.0	27.8700

Battuta 4

Posizione sorgente X 15 [m]
Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	24.6700
2.0	22.0000
4.0	21.2000
6.0	20.9300
8.0	20.4000
10.0	17.7300
12.0	14.5300
14.0	8.9300
16.0	6.8000
18.0	8.9300

20.0	13.7300
22.0	18.0000
24.0	19.6000
26.0	19.6000
28.0	20.6700
30.0	20.6700
32.0	21.2000
34.0	21.4700
36.0	22.8000
38.0	22.8000
40.0	23.6000
42.0	24.6700
44.0	24.4000
46.0	24.9300

Battuta 5

Posizione sorgente X 23 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	32.8000
2.0	29.2000
4.0	28.8000
6.0	28.0000
8.0	26.8000
10.0	25.2000
12.0	23.2000
14.0	21.6000
16.0	19.6000
18.0	13.6000
20.0	9.2000
22.0	6.0000
24.0	4.4000
26.0	7.6000
28.0	13.6000
30.0	16.0000
32.0	18.0000
34.0	18.8000
36.0	20.4000
38.0	21.6000
40.0	21.6000
42.0	21.6000
44.0	22.4000
46.0	22.8000

Battuta 6

Posizione sorgente X 31 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	26.8000
2.0	25.7300
4.0	25.7300
6.0	25.2000
8.0	23.6000
10.0	23.6000
12.0	19.8700
14.0	18.2700
16.0	16.6700
18.0	16.1300
20.0	15.6000
22.0	15.6000
24.0	14.5300
26.0	12.9300
28.0	10.2700
30.0	7.6000
32.0	6.8000
34.0	10.4000
36.0	14.0000
38.0	16.4000
40.0	18.8000
42.0	23.2000
44.0	23.6000
46.0	25.6000

Battuta 7

Posizione sorgente X 39 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	28.0000
2.0	26.8000
4.0	26.4000
6.0	26.0000
8.0	24.8000
10.0	24.0000
12.0	23.6000
14.0	23.6000
16.0	22.8000
18.0	21.6000
20.0	21.2000
22.0	20.0000
24.0	19.6000

26.0	18.0000
28.0	16.8000
30.0	16.4000
32.0	15.2000
34.0	13.2000
36.0	10.8000
38.0	8.0000
40.0	5.3300
42.0	9.0700
44.0	14.5300
46.0	15.4700

Battuta 8

Posizione sorgente X 49 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	30.0000
2.0	29.4700
4.0	27.8700
6.0	28.1300
8.0	27.0700
10.0	26.8000
12.0	26.5300
14.0	26.0000
16.0	25.4700
18.0	25.2000
20.0	24.1300
22.0	23.3300
24.0	22.8000
26.0	21.7300
28.0	20.6700
30.0	20.4000
32.0	19.8700
34.0	18.8000
36.0	18.5300
38.0	17.2000
40.0	16.6700
42.0	14.8000
44.0	11.3300
46.0	8.4000

Battuta 9

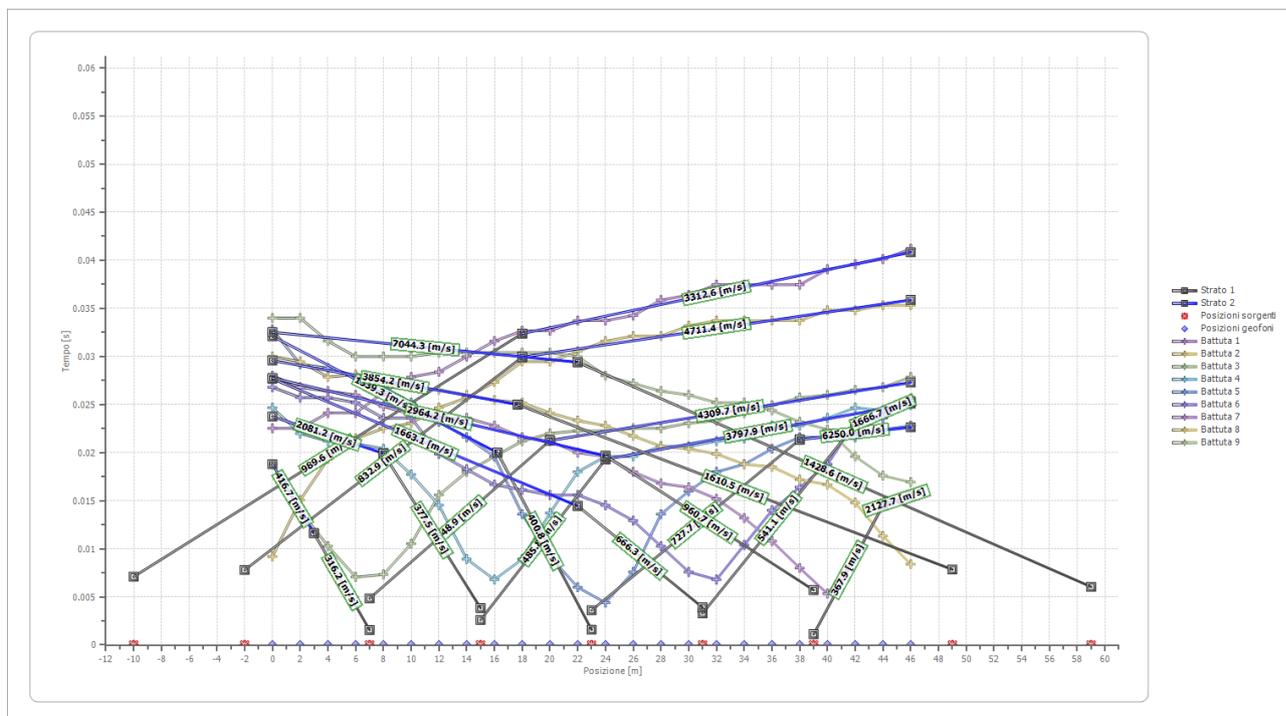
Posizione sorgente X 59 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

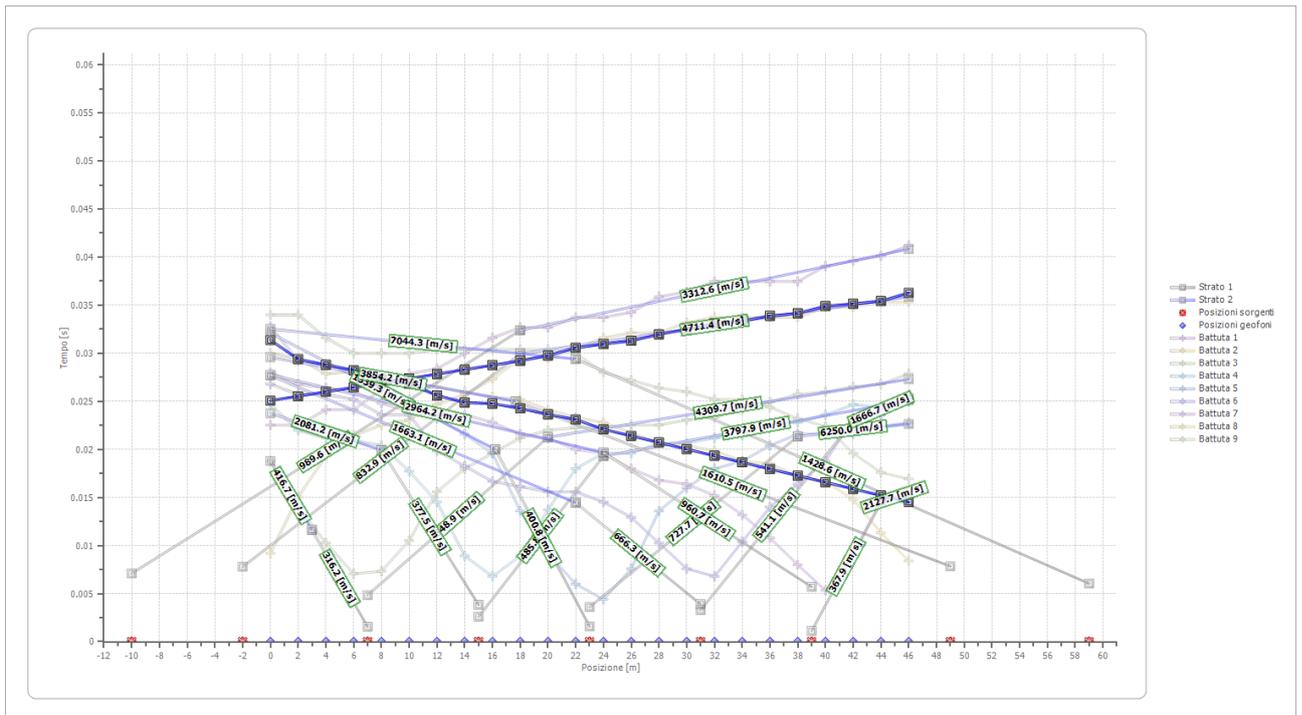
Posizione geofono	Tempo
-------------------	-------

[m]	[ms]
0.0	34.0000
2.0	34.0000
4.0	31.6000
6.0	30.0000
8.0	30.0000
10.0	30.0000
12.0	30.4000
14.0	30.4000
16.0	30.4000
18.0	30.4000
20.0	30.4000
22.0	30.0000
24.0	28.0000
26.0	27.2000
28.0	26.4000
30.0	26.0000
32.0	25.2000
34.0	25.2000
36.0	24.4000
38.0	23.2000
40.0	22.4000
42.0	19.6000
44.0	17.6000
46.0	16.9300

Dromocrone

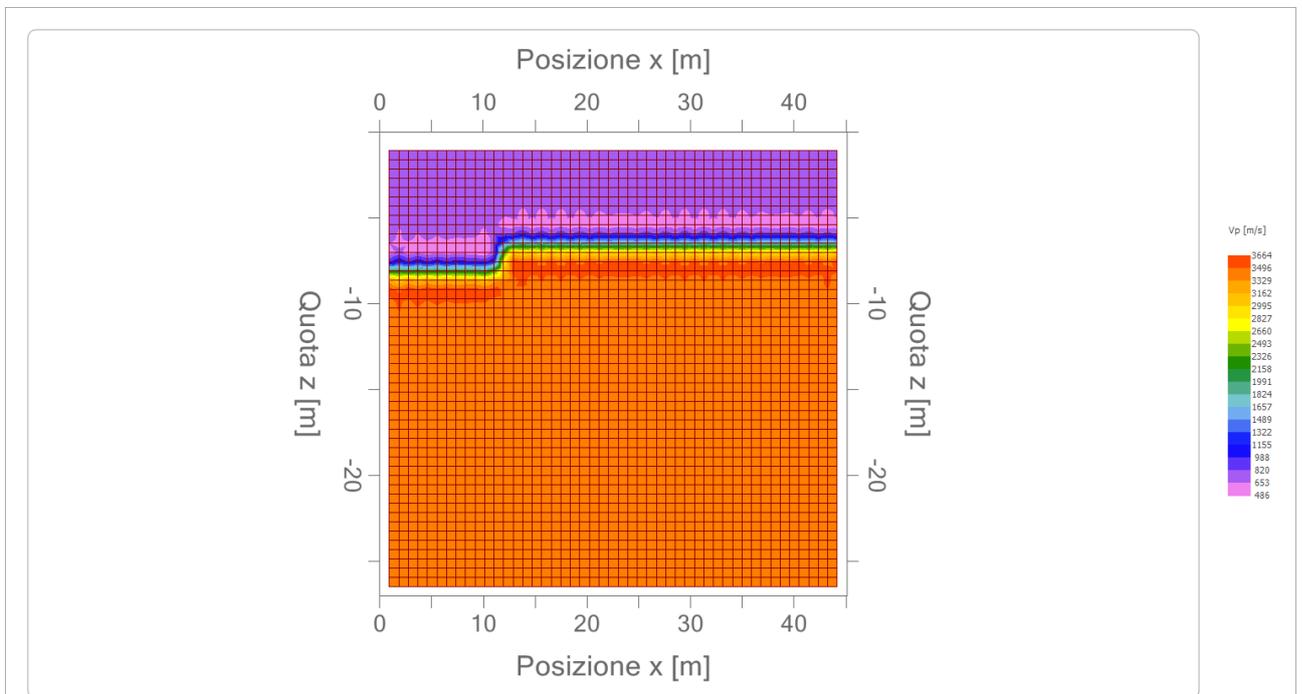


Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0



	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	8.5	--
G= 2.0 [m]	7.9	--
G= 4.0 [m]	7.9	--
G= 6.0 [m]	7.8	--
G= 8.0 [m]	7.7	--

G= 10.0 [m]	7.7	--
G= 12.0 [m]	7.4	--
G= 14.0 [m]	7.3	--
G= 16.0 [m]	7.4	--
G= 18.0 [m]	7.4	--
G= 20.0 [m]	7.4	--
G= 22.0 [m]	7.5	--
G= 24.0 [m]	7.2	--
G= 26.0 [m]	7.1	--
G= 28.0 [m]	7.1	--
G= 30.0 [m]	7.0	--
G= 32.0 [m]	7.0	--
G= 34.0 [m]	6.8	--
G= 36.0 [m]	6.8	--
G= 38.0 [m]	6.6	--
G= 40.0 [m]	6.6	--
G= 42.0 [m]	6.5	--
G= 44.0 [m]	6.3	--
G= 46.0 [m]	6.4	--
Velocità [m/sec]	739.6	3402.0
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	739.61	3402.04
Vs [m/s]	355.30	1634.29
G0 [MPa]	227.22	4807.62
Ed [Mpa]	984.64	20833.01
M0 [MPa]	757.42	16025.39
Ey [Mpa]	613.51	12980.57

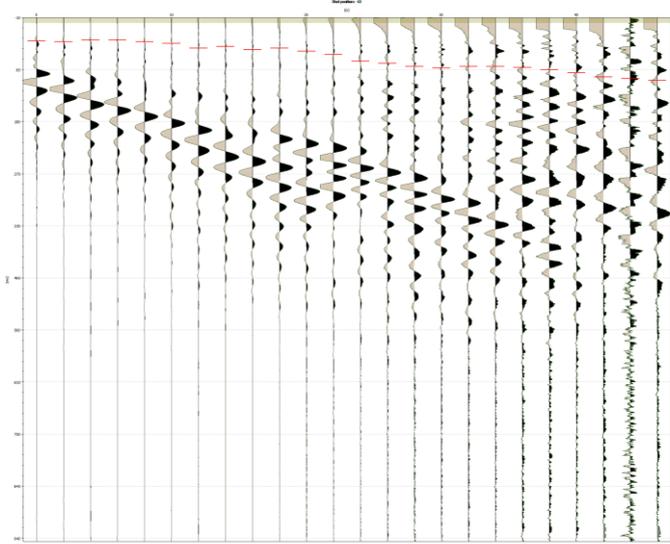
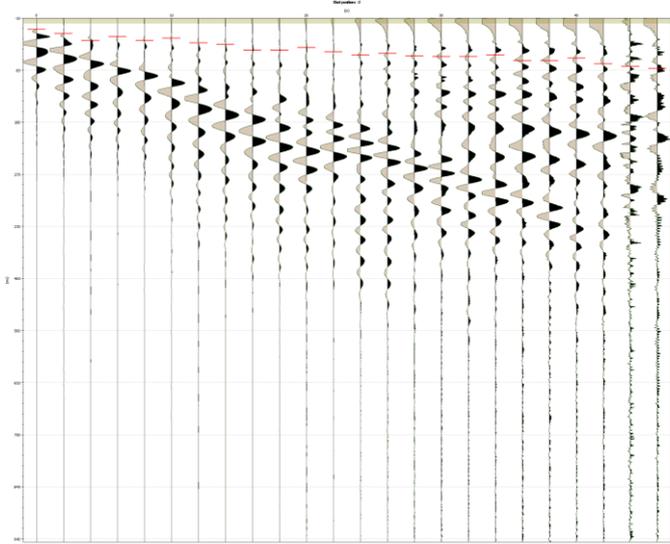
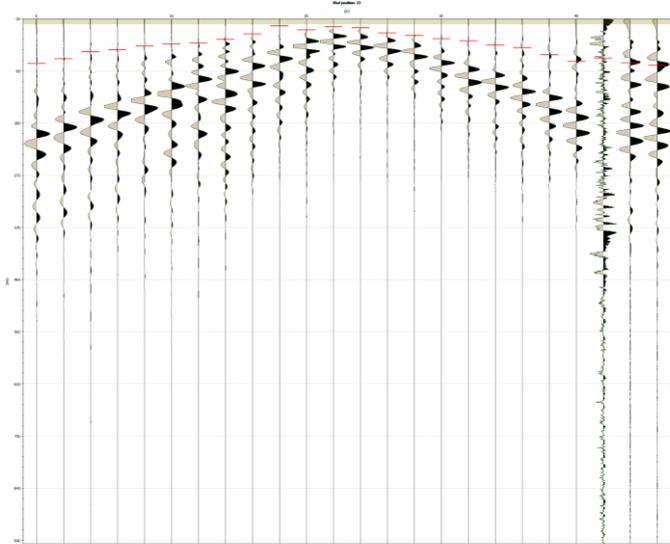
G0: Modulo di deformazione al taglio;

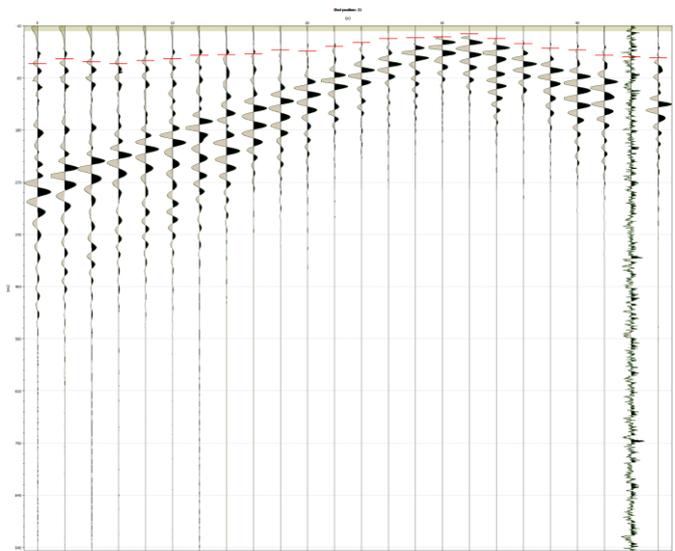
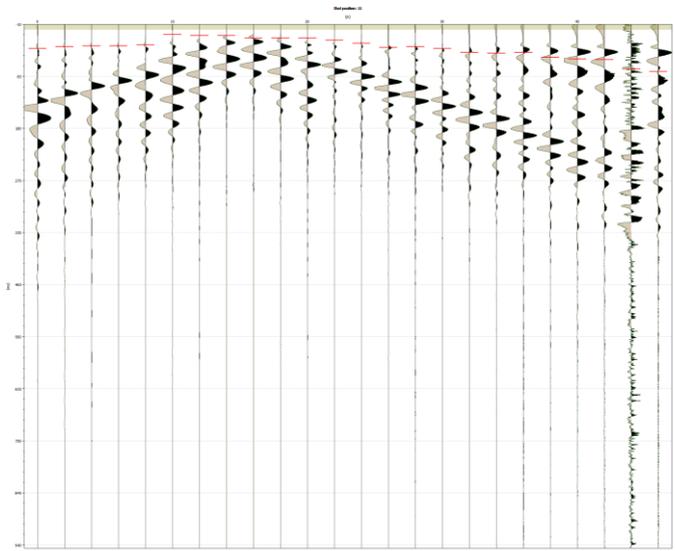
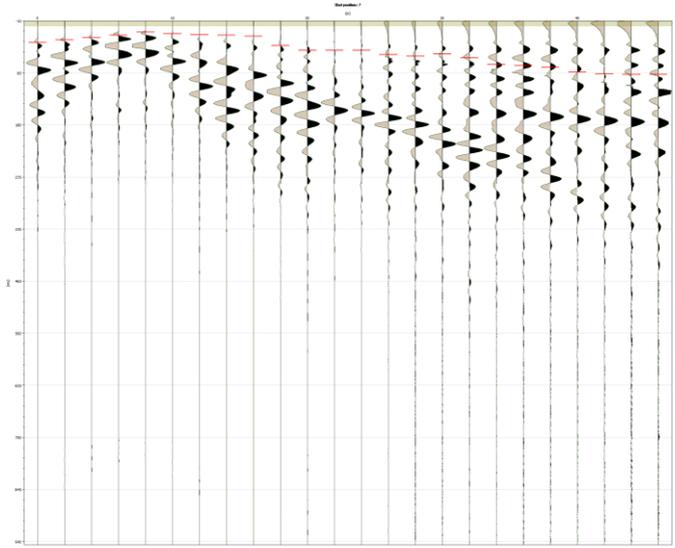
Ed: Modulo edometrico;

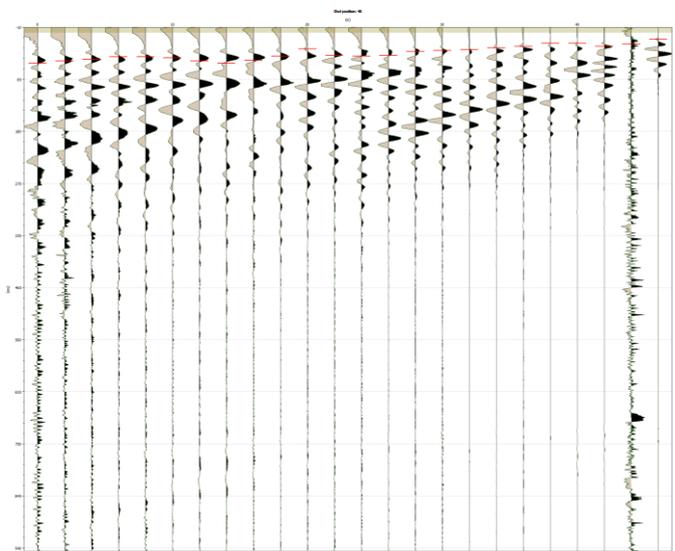
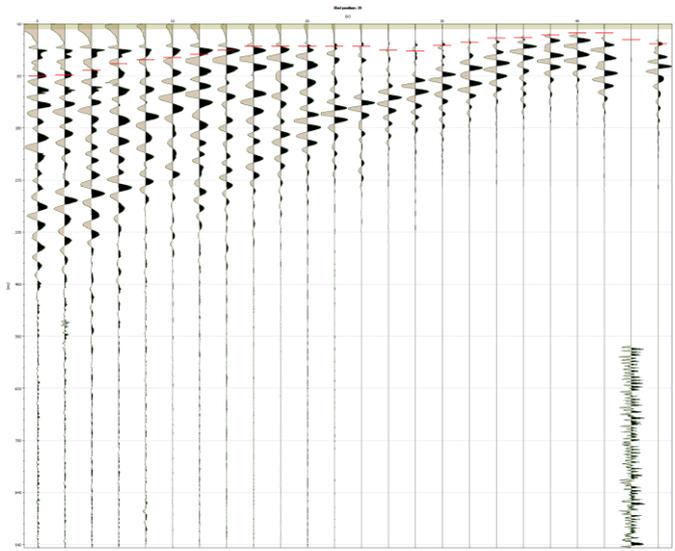
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

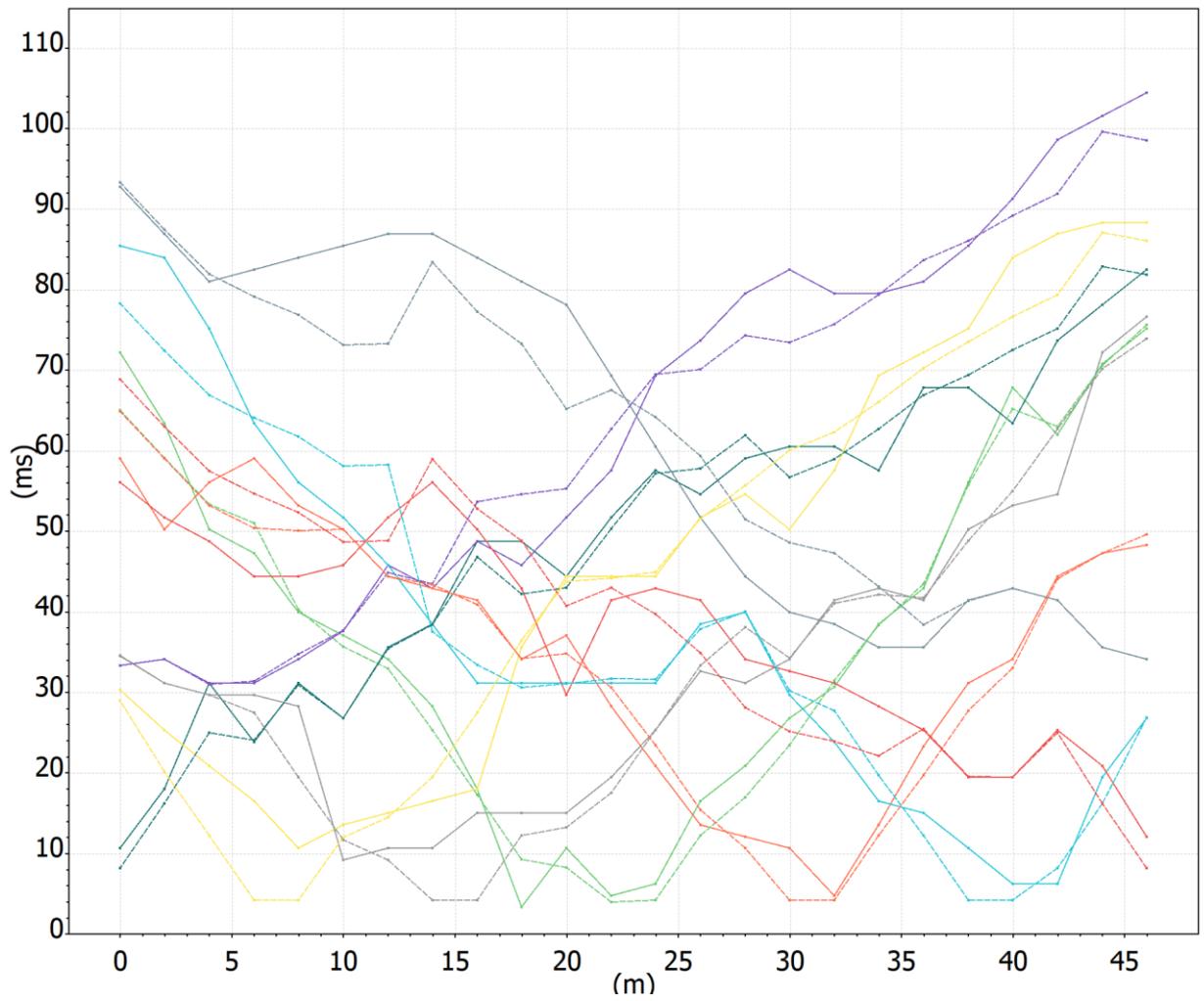
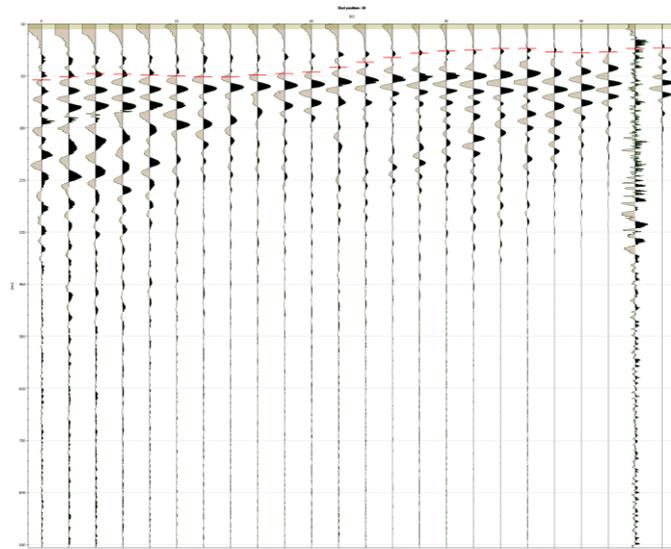
Ey: Modulo di Young;

Elaborazione tomografica SISM 4

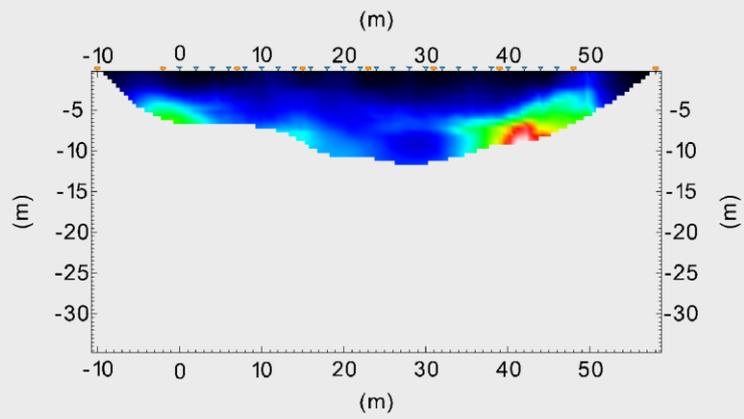




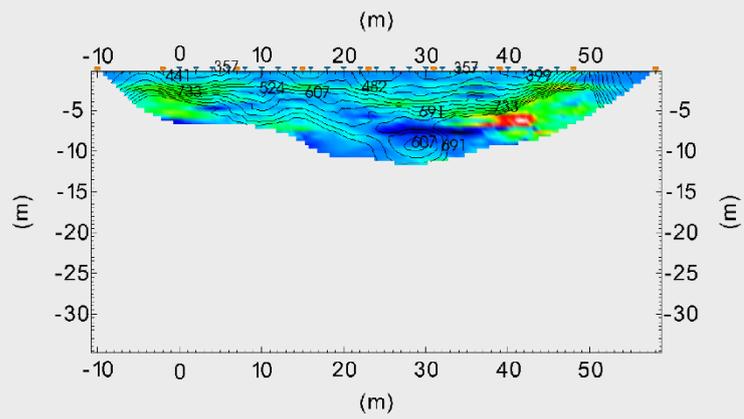




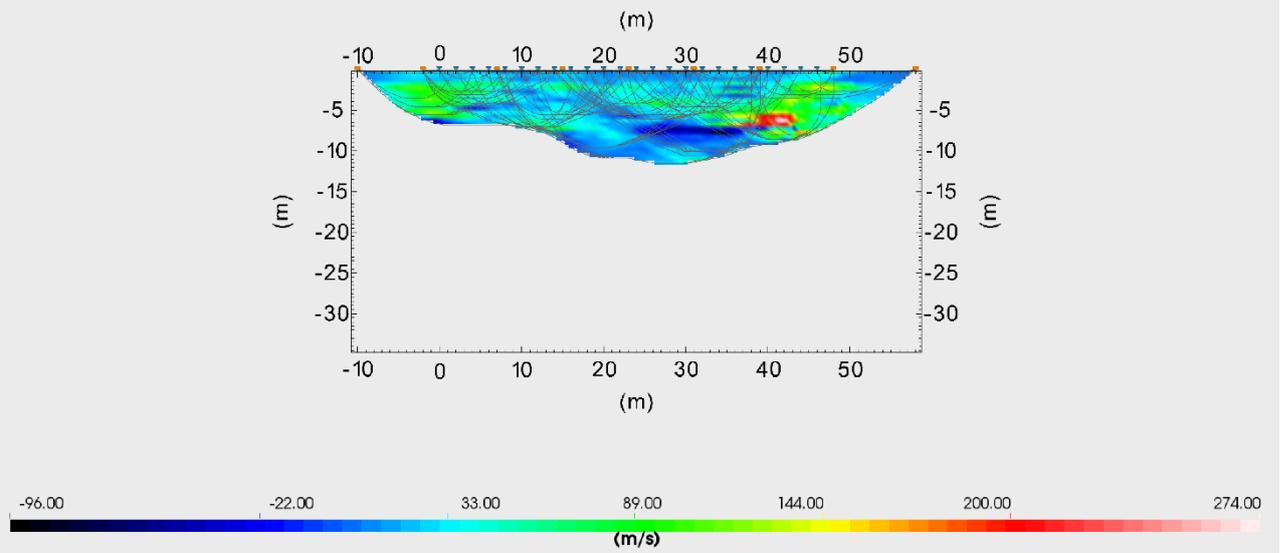
Tomographic Profile - Velocity



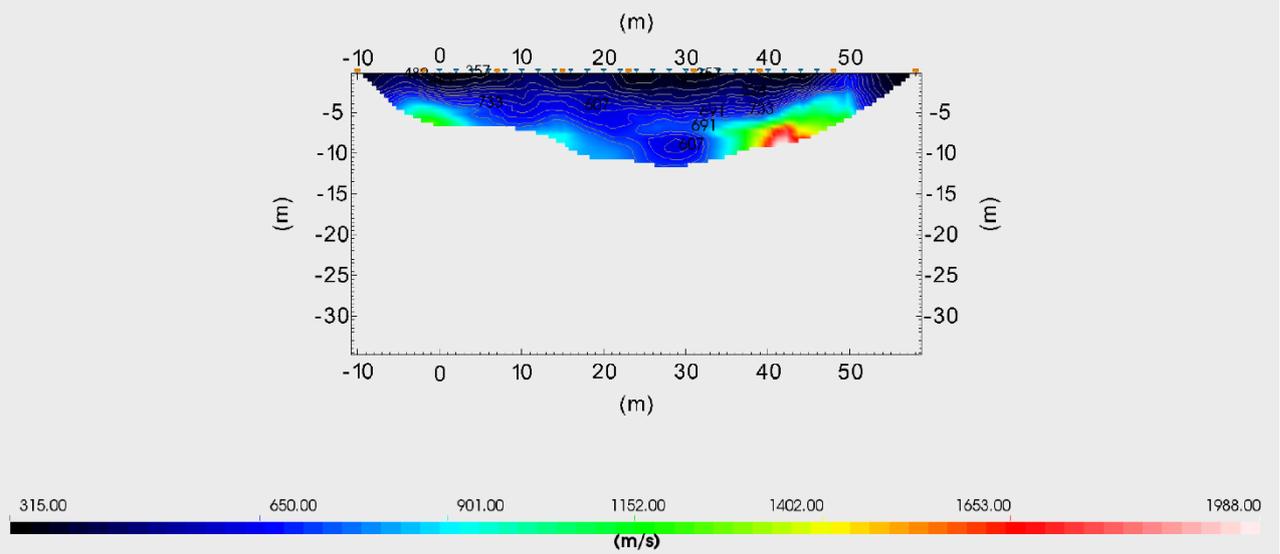
Tomographic Profile - Vertical Gradient with Isolines



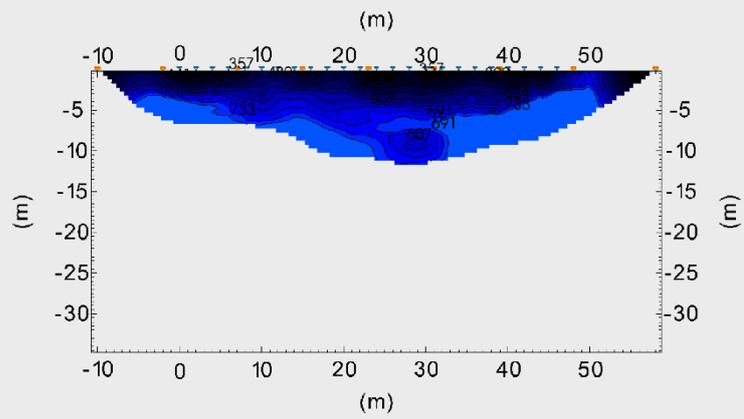
Tomographic Profile - Vertical Gradient with Rays



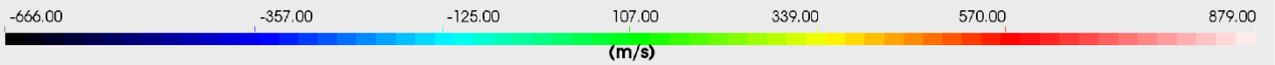
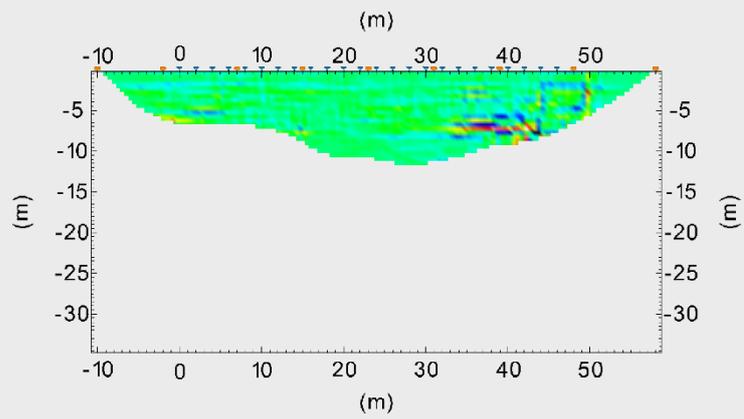
Tomographic Profile - Velocity with Isolines



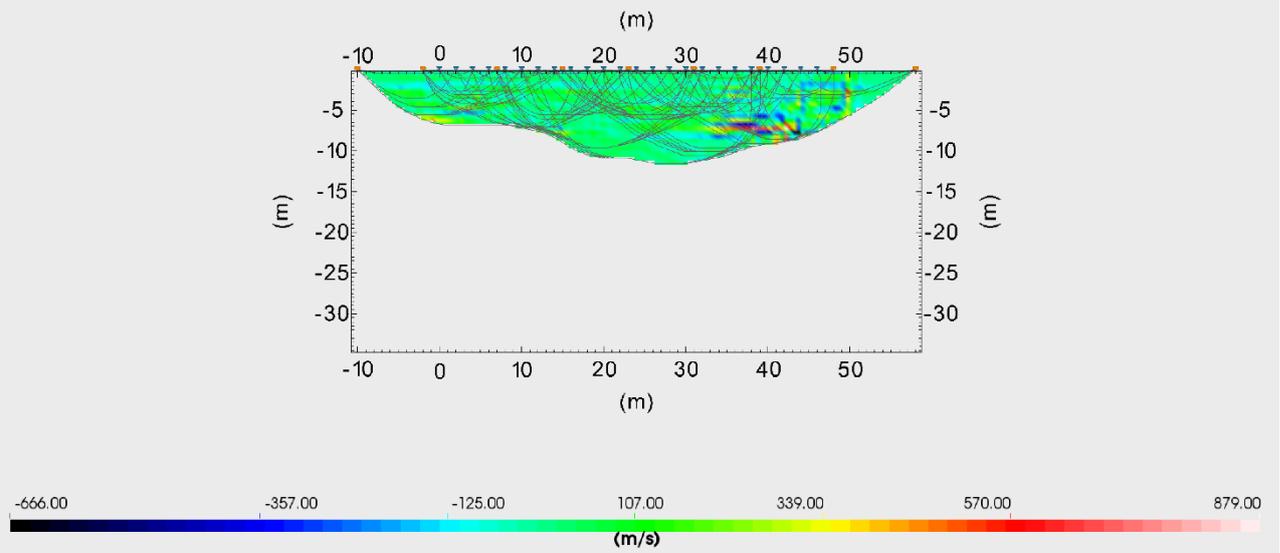
Tomographic Profile - Velocity with Filled Isolines



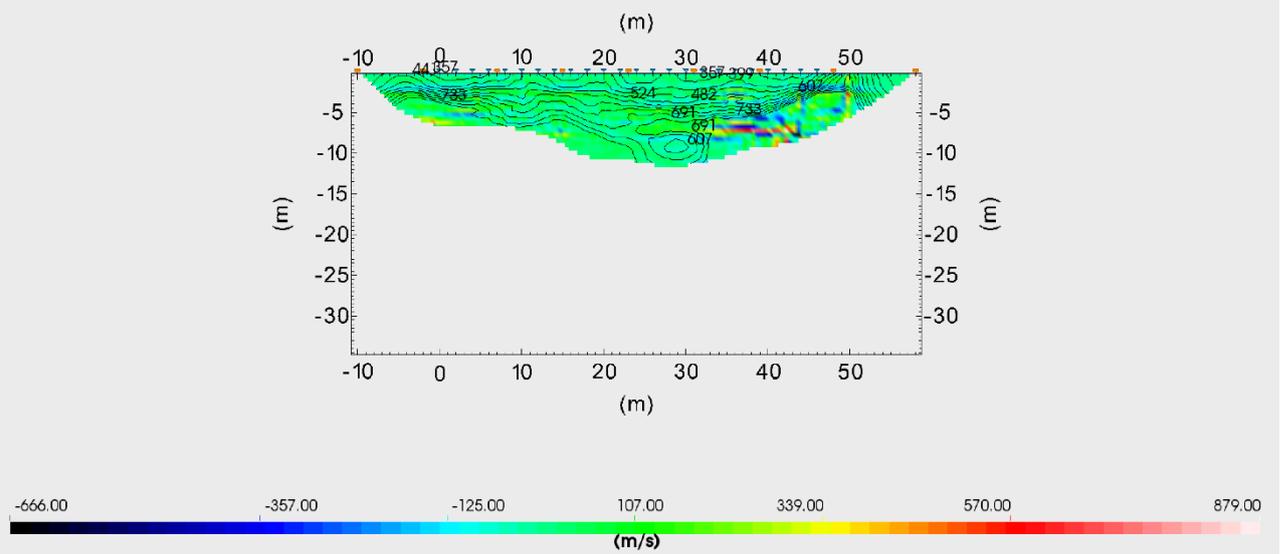
Tomographic Profile - Laplacian Gradient



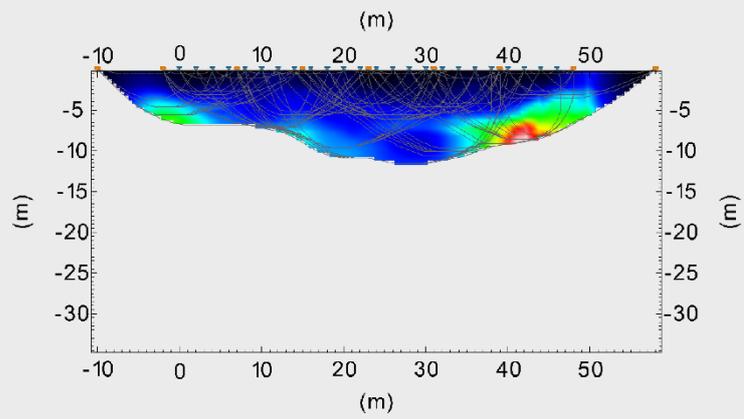
Tomographic Profile - Laplacian Gradient with Rays



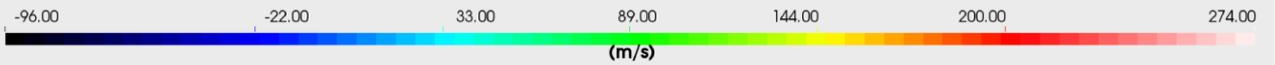
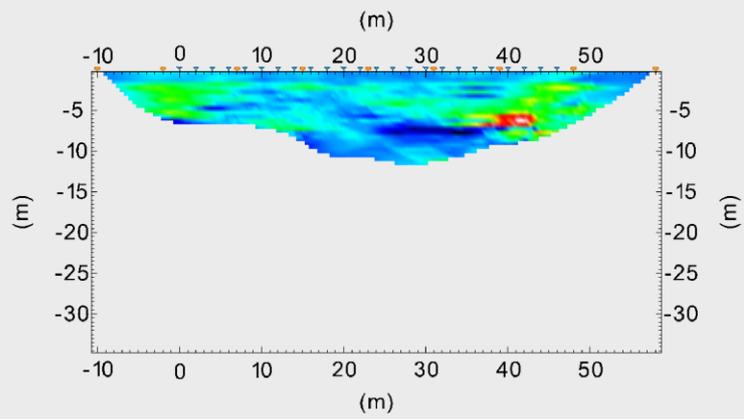
Tomographic Profile - Laplacian Gradient with Isolines



Tomographic Profile - Velocity with Rays



Tomographic Profile - Vertical Gradient



5.2 INDAGINE SISMICA TIPO MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f - k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

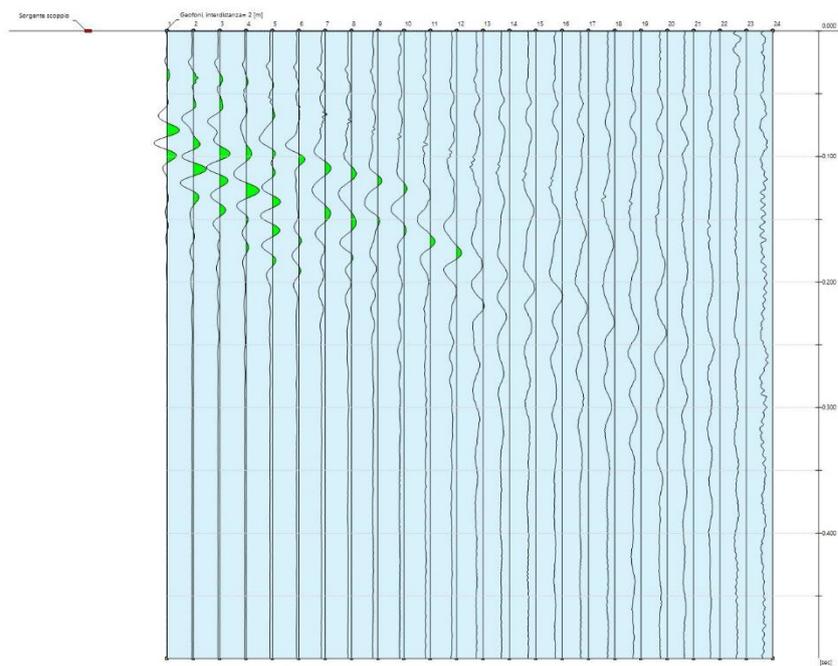
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

5.2.1 REPORT INDAGINI MASW

Masw diretta sism2

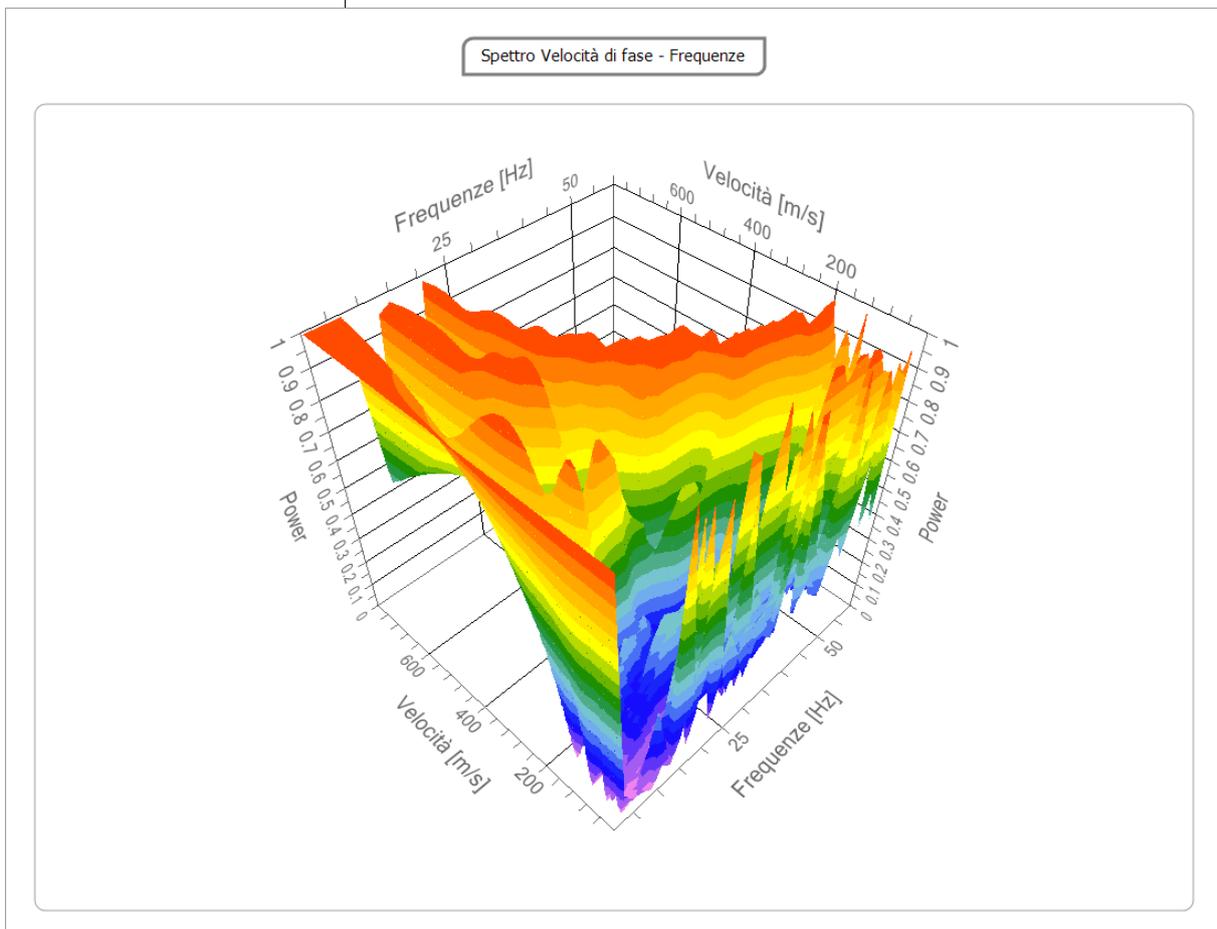
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione	500.0
[msec]	
Interdistanza geofoni	2.0
[m]	
Periodo di campionamento	0.50
[msec]	



Analisi spettrale

Frequenza minima di 1
elaborazione [Hz]
Frequenza massima di 60
elaborazione [Hz]
Velocità minima di 1
elaborazione [m/sec]
Velocità massima di 800
elaborazione [m/sec]
Intervallo velocità 1
[m/sec]

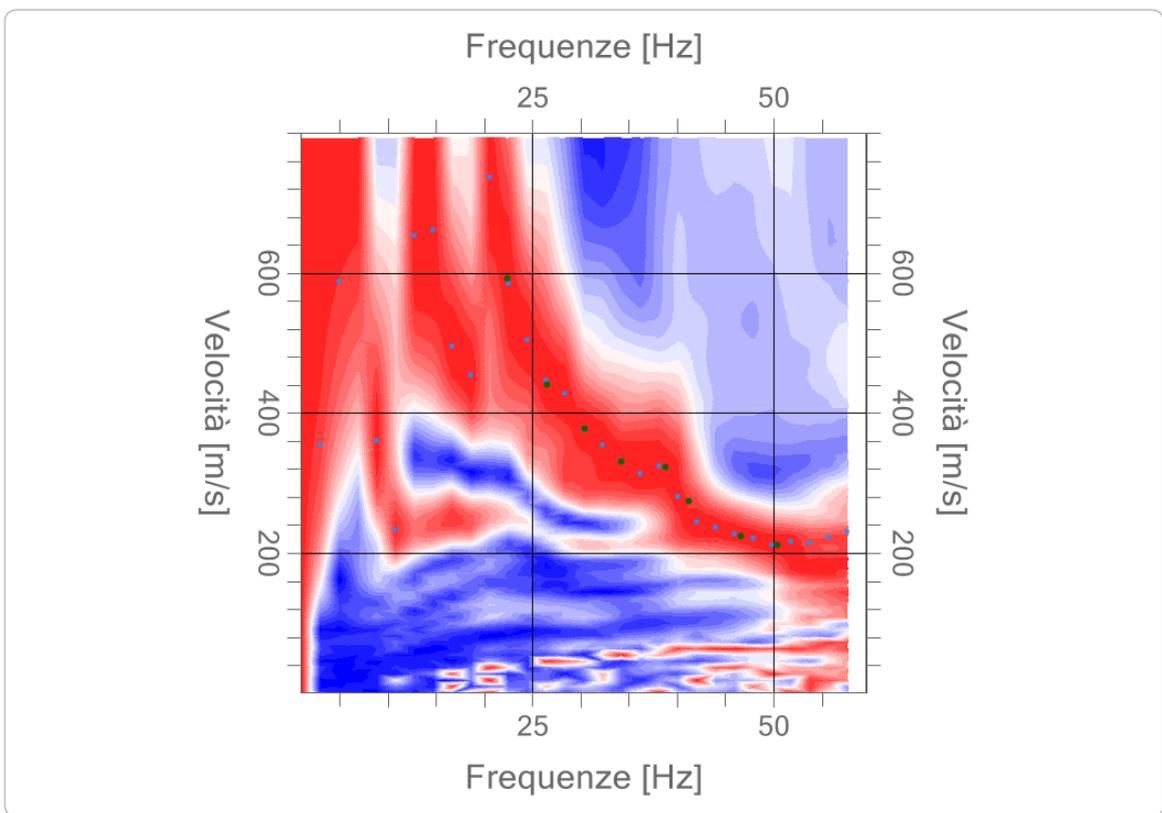


Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo

1	22.4	592.5	0
2	26.5	440.5	0
3	30.4	378.4	0
4	34.3	331.1	0
5	38.8	322.9	0
6	41.2	273.9	0
7	46.6	224.9	0
8	50.3	211.8	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

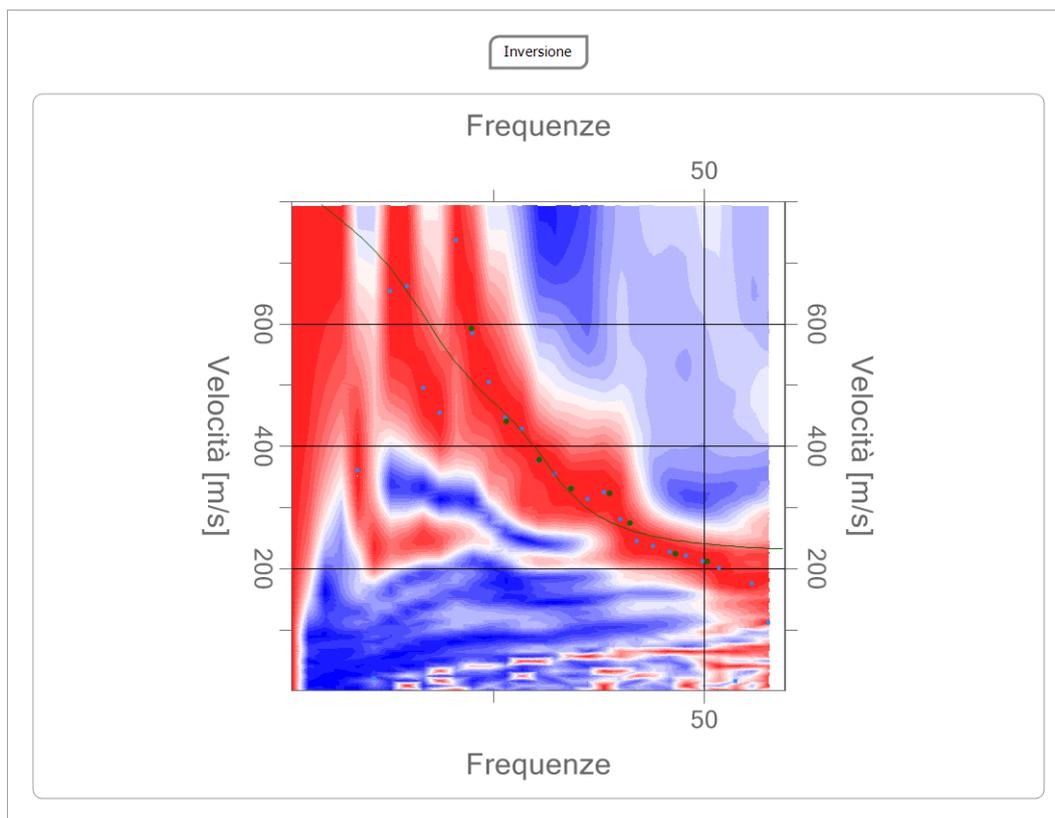
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1800.0	0.30	No	452.6	241.9
2		7.00	4.00	1800.0	0.30	No	1064.1	568.8
3		12.00	5.00	1800.0	0.30	No	1280.7	684.5
4		18.03	6.03	1800.0	0.30	No	1624.4	868.3
5		25.04	7.02	1800.0	0.30	No	1695.4	906.2
6		oo	oo	1800.0	0.30	No	1695.6	906.3

Percentuale di errore

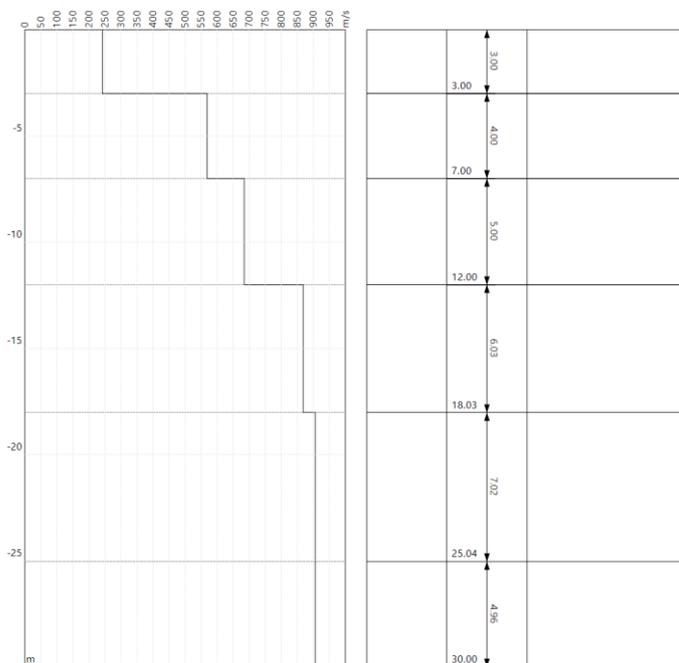
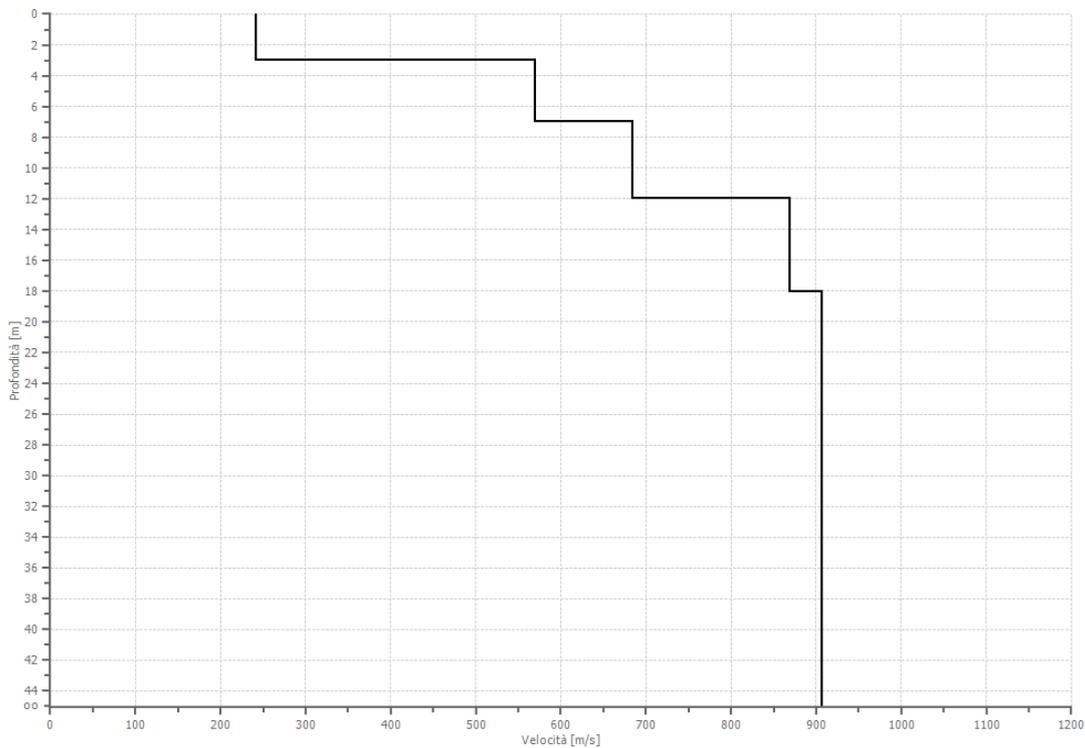
1.043 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.095



Profilo di velocità



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,30 [m/sec]	0.00
Categoria del suolo	

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.00	3.00	241.95	452.64	1800.00						N/A	N/A
2	7.00	4.00	568.78	1064.10	1800.00						N/A	N/A
3	12.00	5.00	684.55	1280.67	1800.00						N/A	N/A
4	18.03	6.03	868.30	1624.44	1800.00						N/A	N/A
5	25.04	7.02	906.22	1695.37	1800.00						N/A	N/A
6	oo	oo	906.34	1695.60	1800.00						N/A	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

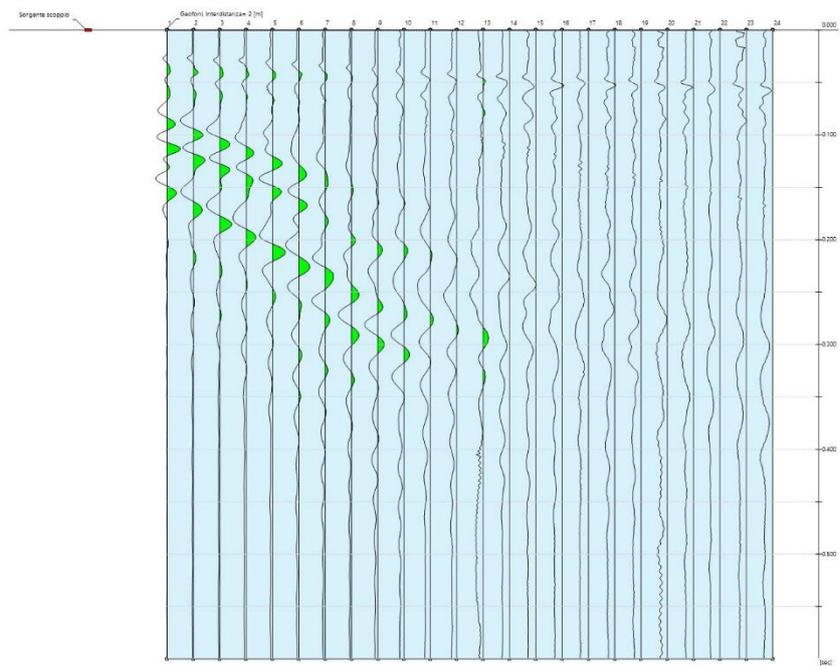
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

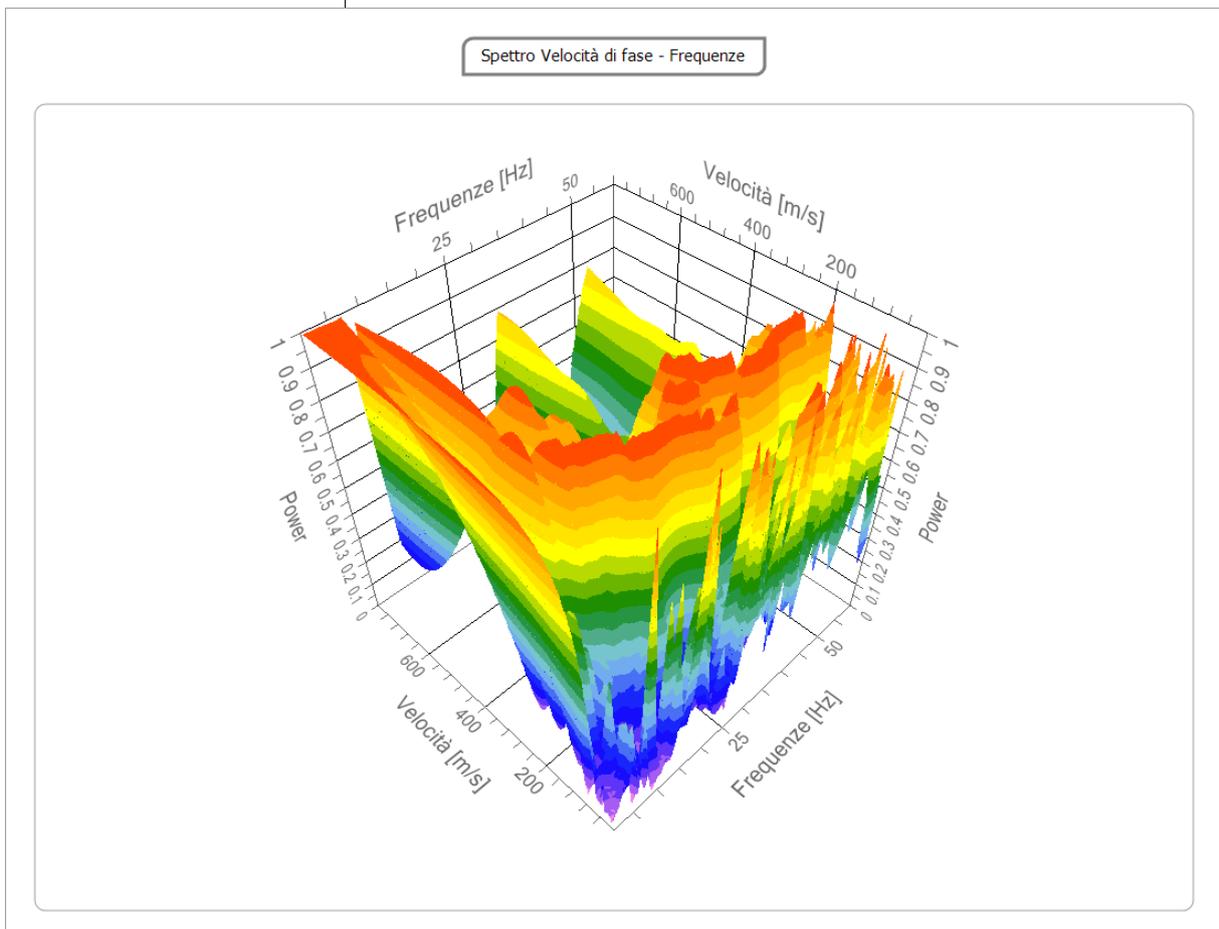
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione	600.0
[msec]	
Interdistanza geofoni	2.0
[m]	
Periodo di campionamento	1.00
[msec]	



Analisi spettrale

Frequenza minima di 1
elaborazione [Hz]
Frequenza massima di 60
elaborazione [Hz]
Velocità minima di 1
elaborazione [m/sec]
Velocità massima di 800
elaborazione [m/sec]
Intervallo velocità 1
[m/sec]

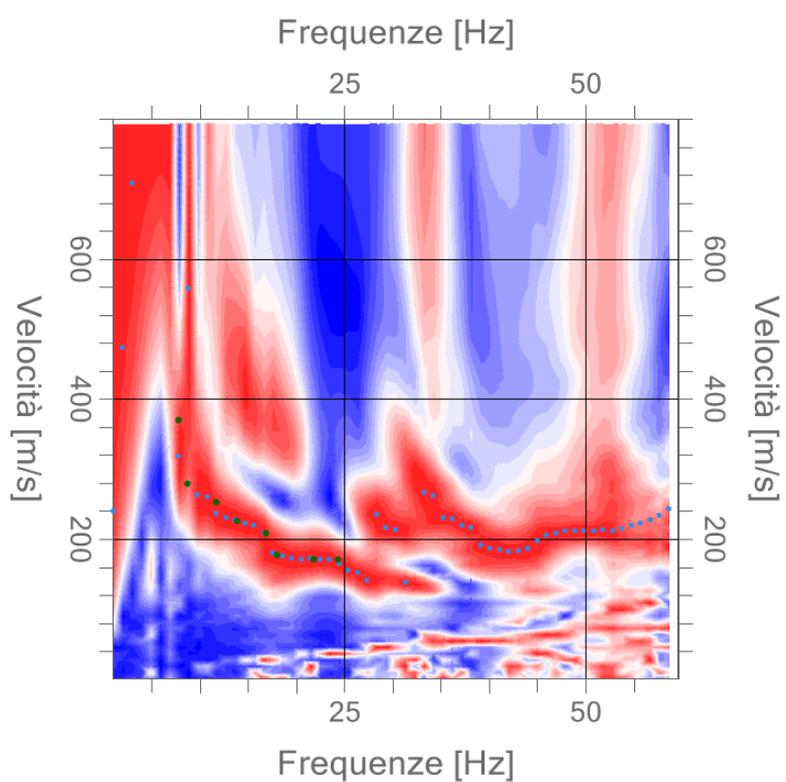


Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo

1	7.7	370.3	0
2	8.7	278.8	0
3	11.7	252.6	0
4	13.8	226.5	0
5	16.8	208.5	0
6	18.0	177.5	0
7	21.8	170.9	0
8	24.3	170.9	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze

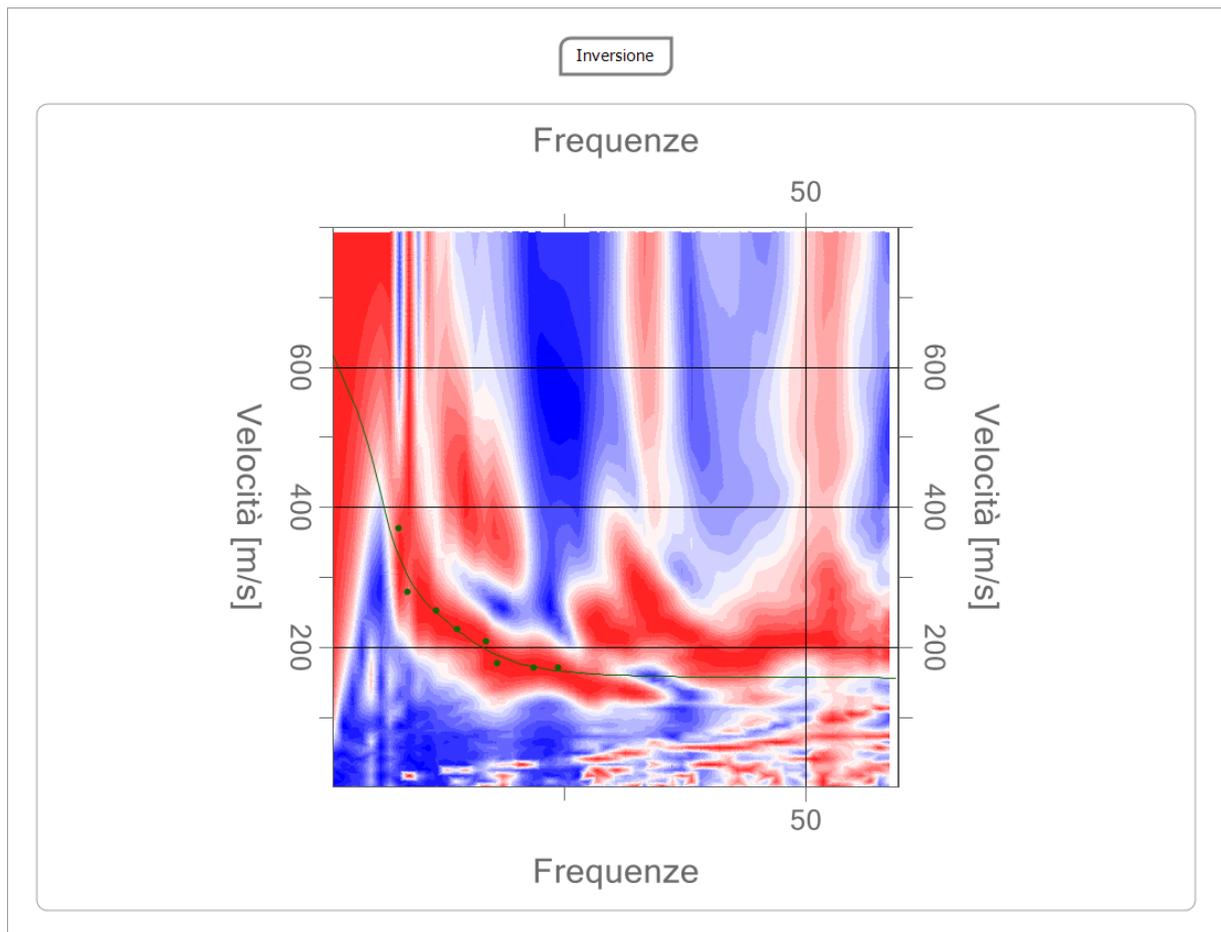


Inversione

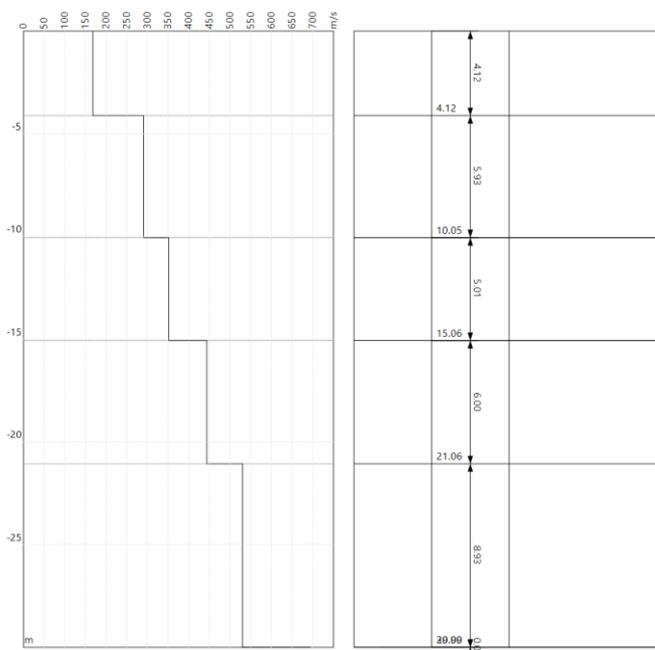
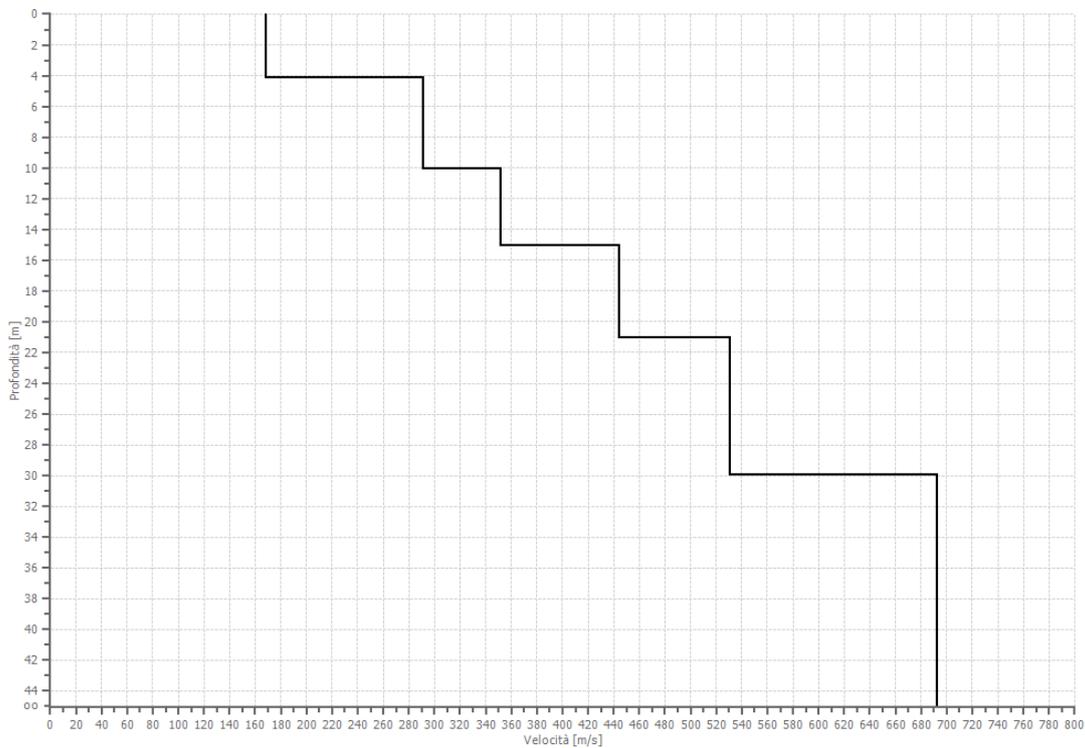
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		4.12	4.12	1800.0	0.30	No	314.7	168.2
2		10.05	5.93	1800.0	0.30	No	544.9	291.3
3		15.06	5.01	1800.0	0.30	No	658.5	352.0
4		21.06	6.00	1800.0	0.30	No	830.2	443.8
5		29.99	8.93	1800.0	0.30	No	992.1	530.3
6		∞	∞	1800.0	0.30	No	1295.5	692.5

Percentuale di errore 0.482 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.056



Profilo di velocità



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=0.00 m)	0.00
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi 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.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	4.12	4.12	168.21	314.69	1800.00	0.30	50.93	178.25	110.35	132.42	81	318.63
2	10.05	5.93	291.28	544.93	1800.00	0.30	152.72	534.51	330.89	397.07	N/A	N/A
3	15.06	5.01	351.97	658.47	1800.00	0.30	222.99	780.45	483.14	579.77	N/A	N/A
4	21.06	6.00	443.77	830.21	1800.00	0.30	354.47	1240.64	768.02	921.62	N/A	N/A
5	29.99	8.93	530.30	992.11	1800.00	0.30	506.20	1771.70	1096.77	1316.12	N/A	N/A
6	oo	oo	692.50	1295.55	1800.00	0.30	863.20	3021.21	1870.27	2244.33	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

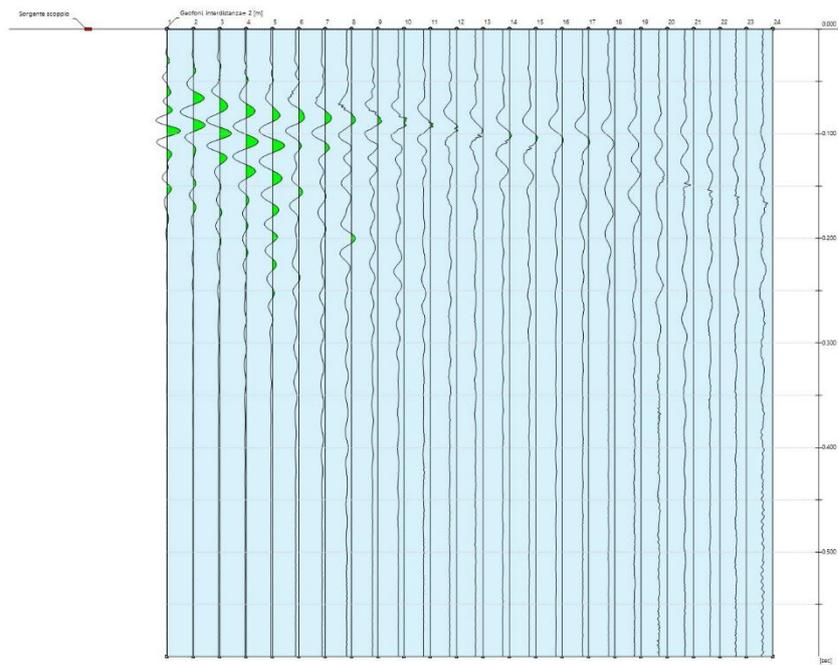
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Masw diretta sism4

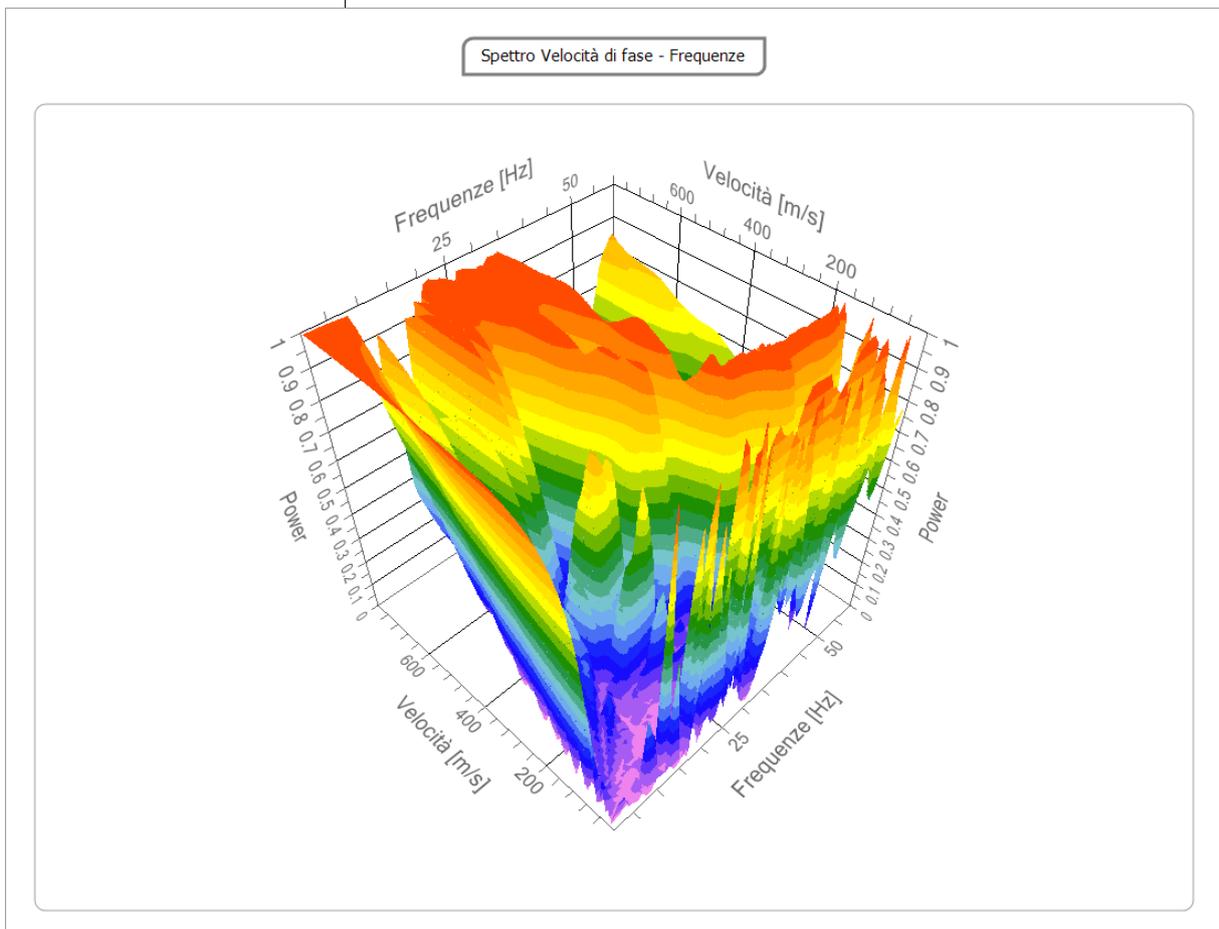
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione	600.0
[msec]	
Interdistanza geofoni	2.0
[m]	
Periodo di campionamento	0.50
[msec]	



Analisi spettrale

Frequenza minima di 1
elaborazione [Hz]
Frequenza massima di 60
elaborazione [Hz]
Velocità minima di 1
elaborazione [m/sec]
Velocità massima di 800
elaborazione [m/sec]
Intervallo velocità 1
[m/sec]

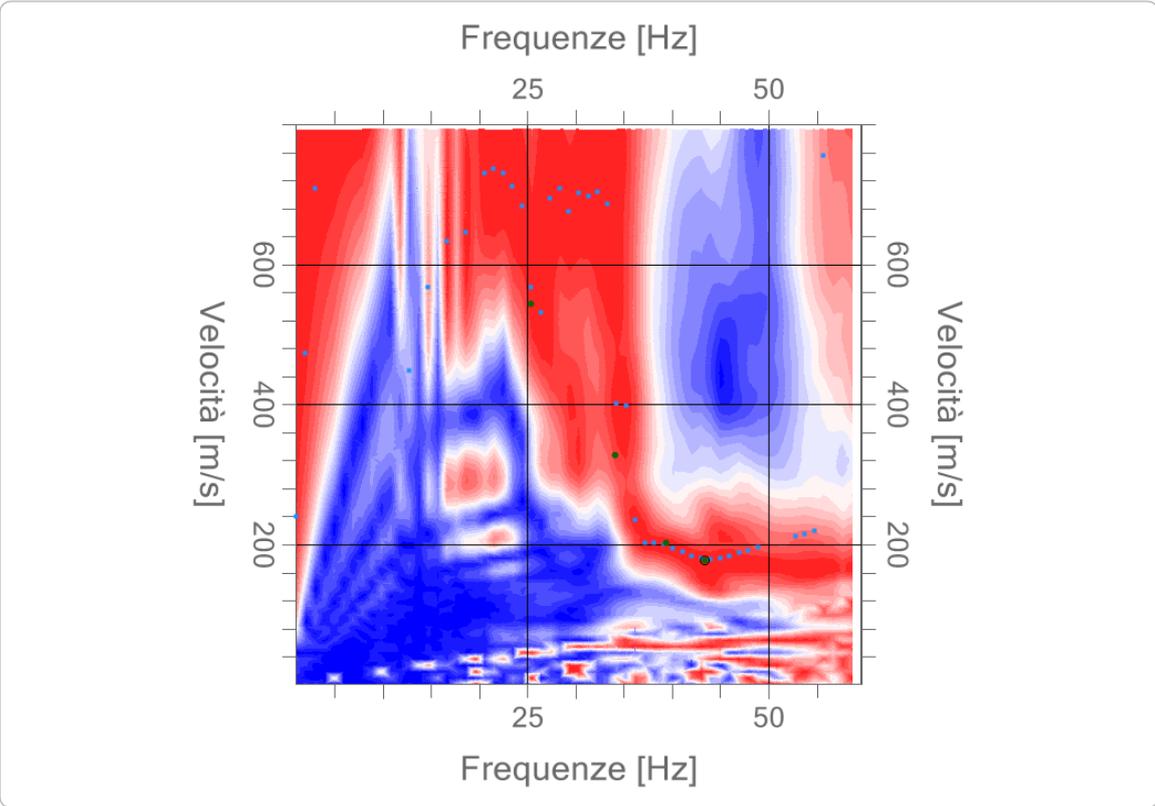


Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo

1	25.4	543.5	0
2	34.1	327.8	0
3	39.4	202.0	0
4	43.4	177.5	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1800.0	0.30	No	408.6	218.4
2		7.00	4.00	1800.0	0.30	No	850.6	454.7
3		13.59	6.59	1800.0	0.30	No	1357.3	725.5
4		20.26	6.67	1800.0	0.30	No	1358.9	726.4
5		27.48	7.22	1800.0	0.30	No	1679.0	897.5
6		oo	oo	1800.0	0.30	No	2032.4	1086.4

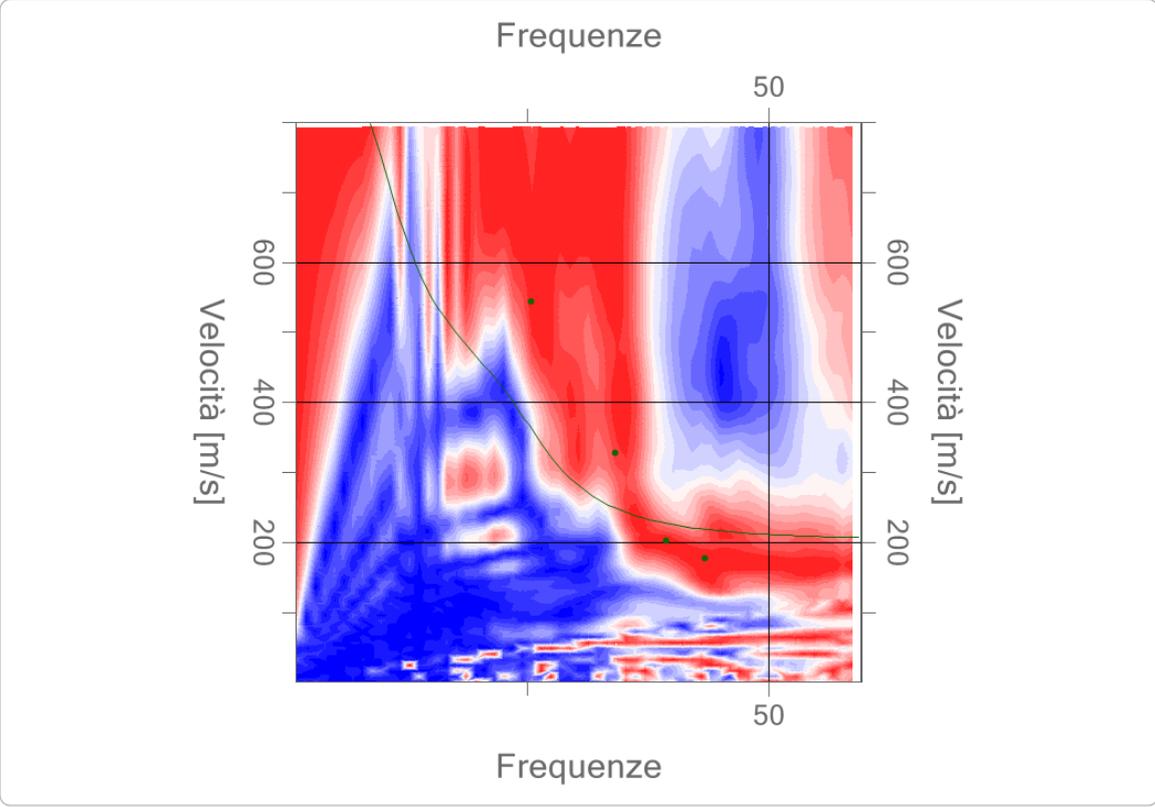
Percentuale di errore

8.712 %

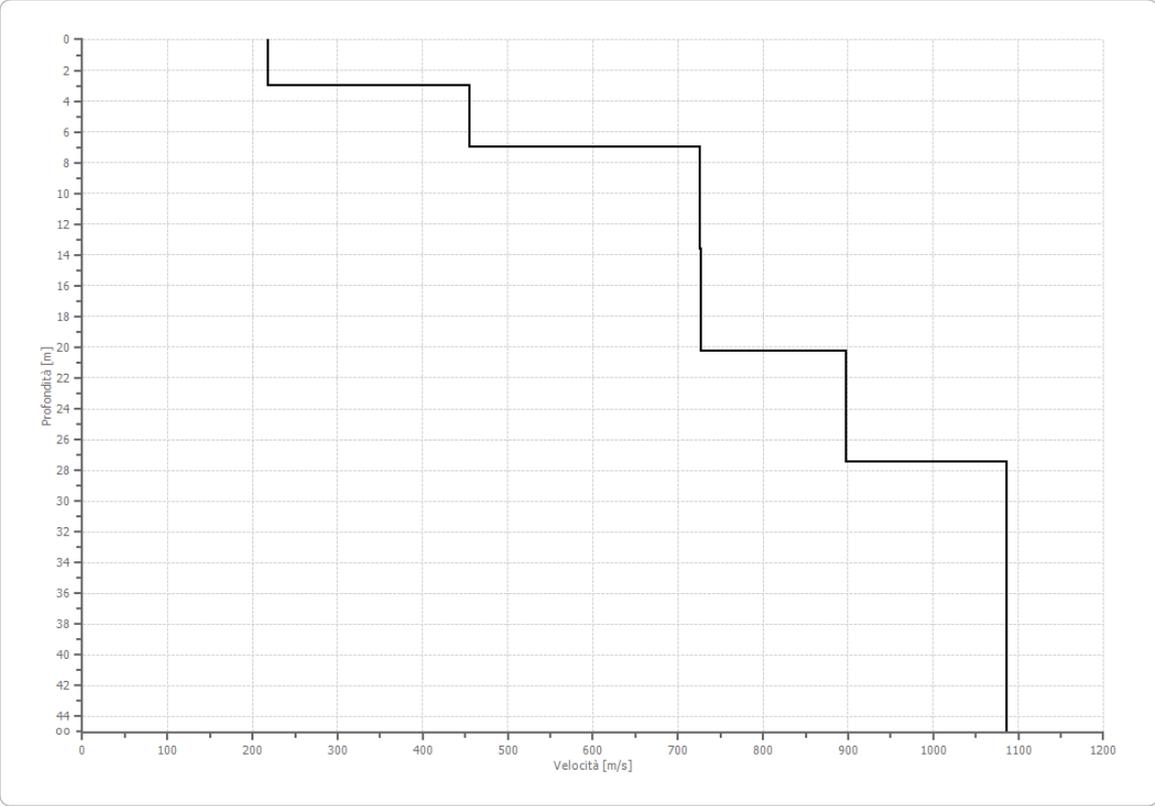
Fattore di disadattamento della soluzione

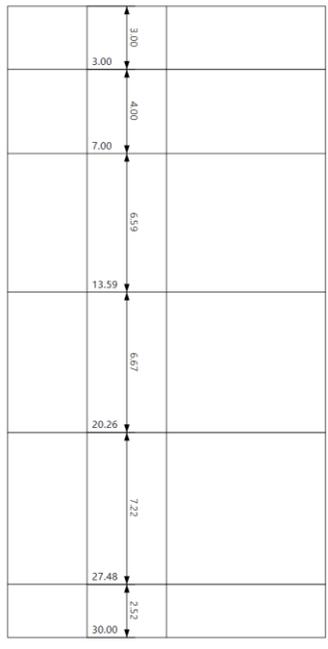
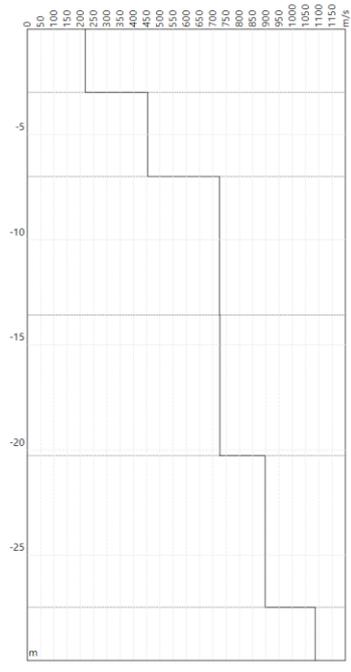
0.244

Inversione



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=20.26 m)	496.58
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.00	3.00	218.39	408.57	1800.00	0.30	85.85	300.47	186.01	223.21	N/A	1183.19
2	7.00	4.00	454.67	850.61	1800.00	0.30	372.10	1302.36	806.22	967.47	N/A	N/A
3	13.59	6.59	725.51	1357.31	1800.00	0.30	947.46	3316.12	2052.84	2463.40	N/A	N/A
4	20.26	6.67	726.35	1358.88	1800.00	0.30	949.65	3323.78	2057.58	2469.10	N/A	N/A
5	27.48	7.22	897.49	1679.04	1800.00	0.30	1449.87	5074.53	3141.38	3769.65	N/A	N/A
6	oo	oo	1086.36	2032.39	1800.00	0.30	2124.31	7435.10	4602.68	5523.22	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

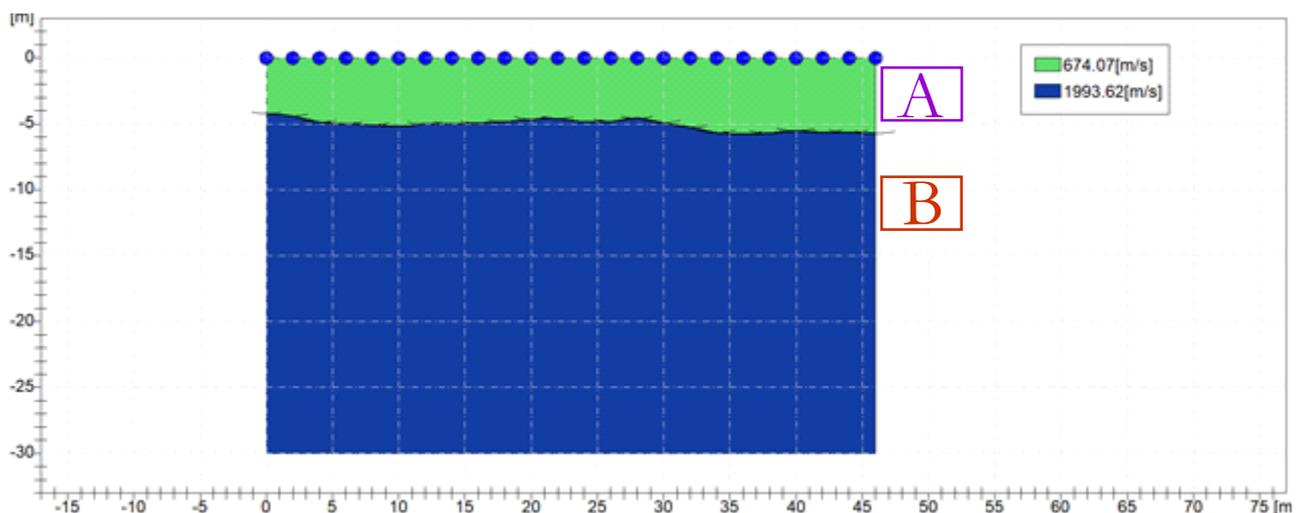
Ey: Modulo di Young;

6. MODELLO GEOLOGICO TECNICO E CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE CONCLUSIVE

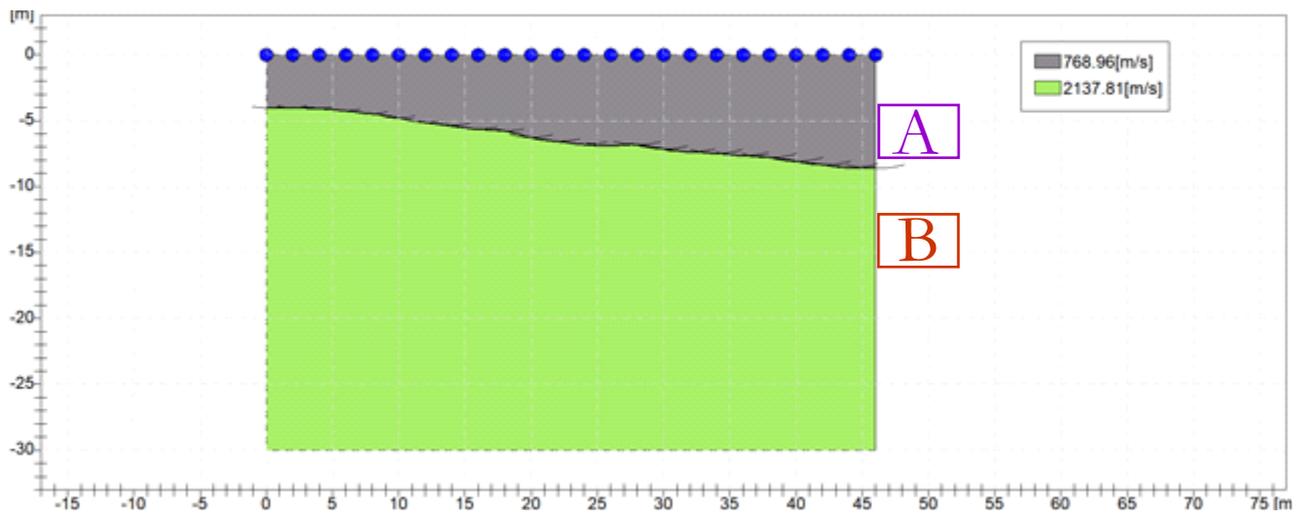
L'analisi dei lineamenti geologico-strutturali e bibliografici generali, il rilevamento geologico di superficie, unitamente all'esito delle indagini geofisiche eseguite in situ hanno permesso di affermare quanto qui di seguito riportato:

- a) Nell'area investigata al di sotto del terreno vegetale, il sottosuolo è costituito da calcari marnosi biancastri visibili in affioramenti limitrofi come pieghe antiformali e presenti come eluvio nel suolo vegetale;
- b) La zona è solcata dal Torrente Quadrano e suoi effluenti, diverse le manifestazioni sorgentizie, si raccomanda un'opportuna rete di drenaggio delle acque;
- c) L'analisi dei dati risultati delle indagini MASW hanno fornito valori della v_{seq} compatibili con categoria di sottosuolo B o C;
- d) La categoria topografica è T1.
- e) Dall'analisi sismica a rifrazione si rileva un rapido miglioramento delle caratteristiche geotecniche con la profondità.
- f) I risultati della sismica a rifrazione in onde P mostrano un sottosuolo abbastanza omogeneo tra i diversi siti indagati; dalle immagini seguenti si vede la riproduzione del volume di sottosuolo che rapidamente, al di sotto dei 5 m si atterra nella roccia.

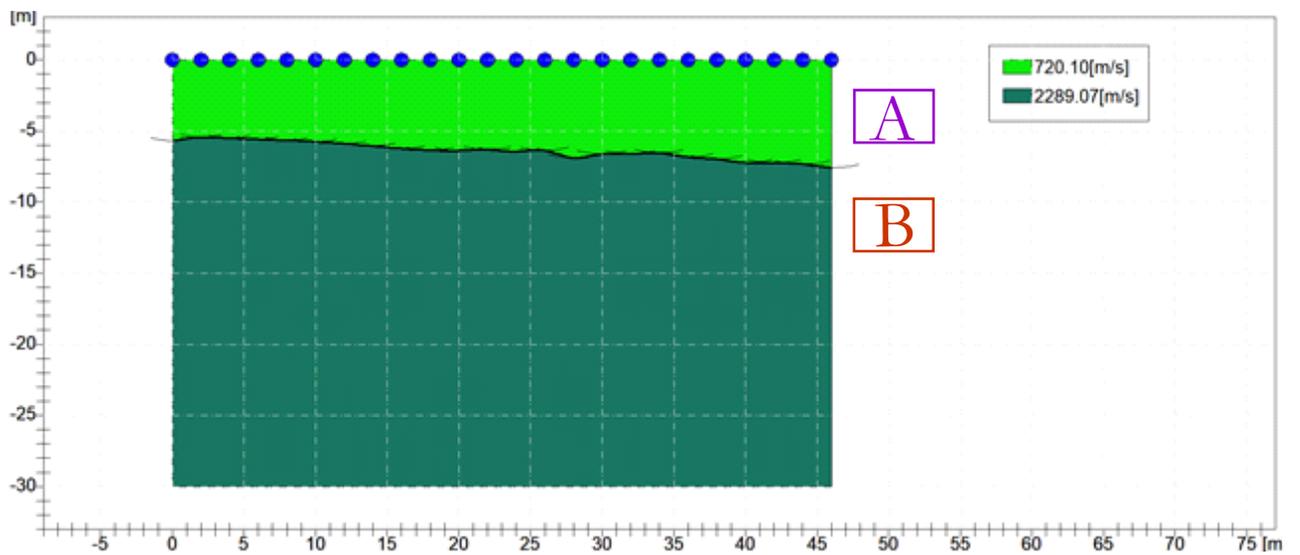
RISULTATI SISM 1



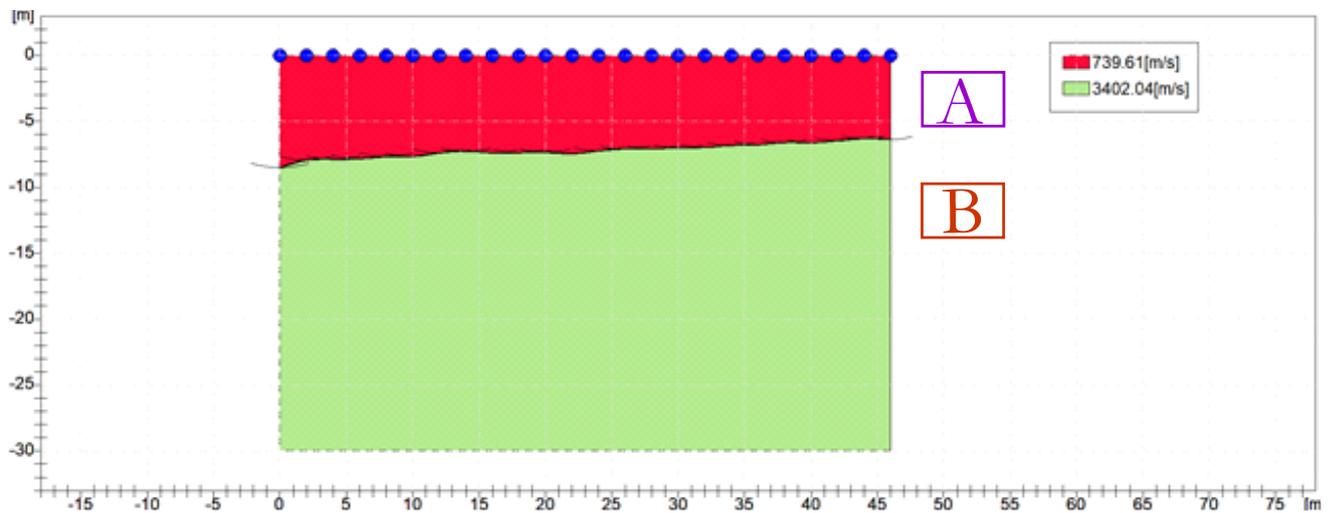
RISULTATI SISM 2



RISULTATI SISM 3



RISULTATI SISM 4



Si riporta di seguito il modello geologico tecnico ottenuto da indagini llimitrofe:

UNITA' GEOTECNICHE						
UNITA' GEOTECNICA	γ	γ_{sat}	c	ϕ	c'	ϕ'
A	21,2	21,3	0,98	29,68°	0,98	20,52
B	20,06	21,4	23,53	24,71	0,98	21,66

γ =peso di volume (KN/mc); γ_{sat} =peso di volume saturo(KN/mc);
 c =coesione (KPa); ϕ =angolo di attrito(°)

Si sottolinea la presenza, nel sito oggetto del progetto, di diverse sorgenti e linee di impluvio e canali.
Si raccomanda la massima attenzione alla regimentazione delle acque.

Campobasso, li 14/02/2023

LA GEOLOGA

Dott.ssa Giovanna Cardillo



Giovanna Cardillo

7. REPERTO FOTOGRAFICO

SISM1



SISM2



SISM3



SISM4

