



REGIONE PUGLIA



COMUNE DI VEGLIE

**COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO “AGROVOLTAICO” PER PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 28,688 MW E POTENZA INSTALLATA PARI A 35,34 MW CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA – IMPIANTO DENOMINATO “CERFEDA” UBICATO IN AGRO DEL COMUNE DI VEGLIE**

**ASSOCIAZIONE  
TEMPORANEA  
IMPRESE**

**DATI CATASTALI: Veglie Fg.4 p.lle  
427,1233,1241,602,603,1306,1308,1273,1275,1278,606,739,741,  
1232,1261,454,488,671,672,673,899,1310,39,421,544,909,910,911,921,922,923**

CFA Solar s.r.l.  
Via Com.le da Maglie a  
Botrugno km.2  
73020  
Scorrano (LE)

Due Amici società agricola  
s.r.l.  
Traversa di Via Bosco 225  
73010  
Veglie (LE)

**PROGETTAZIONE**



Ing. Emanuele Verdoscia  
Via Lecce n.65  
73041  
Carmiano (LE)



<i>Elaborato</i>	<i>Tecnico</i>
RELAZIONE GEOLOGICA	Dott. Geol. Giovanni Paolo Mega

## INDICE

1	PREMESSA.....	2
1.1	Riferimenti normativi e bibliografici .....	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	4
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	5
3.1	Assetto Geologico Locale .....	8
4	IDROGEOLOGIA .....	12
4.1	Idrografia superficiale .....	12
4.2	Idrografia sotterranea .....	12
4.2.1	Falda superficiale .....	12
4.2.2	Falda profonda.....	12
5	CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA NELL'AMBITO DEL PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE PUGLIA (P.A.I.) .....	16
6	INDAGINI GEOFISICHE.....	20
6.1	Indagini sismiche a rifrazione .....	20
6.1.1	Indagine M.A.S.W. ....	25
6.1.2	Hardware e Software.....	27
7	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO.....	28
7.1	Area Impianto Sezione A.....	33
7.2	Area Impianto Sezione B .....	34
8	CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	35
9	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	39

ALLEGATO 1 - *Carta Geolitologica*

ALLEGATO 2 - *Indagini sismiche a rifrazione & MASW*

## 1 PREMESSA

Per incarico dell'Ing. Emanuele Verdoscia e dell'A.T.I. composta da CFA Solar s.r.l. (Via Com.le da Maglie a Botrugno, km. 2, 73020, Scorrano –LE-) e Due Amici società agricola s.r.l. (Traversa di Via Bosco, 225, 73010, Veglie -LE-), lo scrivente Geologo dott. Giovanni Paolo Mega, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Puglia con il N° 818 con studio in Leverano (LE) alla via Fontana, n. 29, ha effettuato uno studio geologico sui terreni ubicati nel territorio Comunale di Veglie (LE), che saranno interessati dalla "Realizzazione di un Impianto Agrovoltaico"; l'impianto è denominato "Cerfedà".

Lo scopo della seguente, redatta in ottemperanza al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, recante "Norme Tecniche per le Costruzioni", DECRETO 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» all'OPCM n.3431 del 3 Maggio 2005 "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'OPCM 3274 del 20/03/2003", e successive modifiche e integrazioni, è quello di definire la caratterizzazione e la modellazione geologica e la definizione di parametri geotecnici. Per definire le caratteristiche del sito interessato, con particolare riguardo all'assetto geologico, ai problemi geotecnici e sismici, si è proceduto a effettuare:

- **Raccolta dei dati di bibliografia;**
- **Rilevamento geologico di dettaglio dell'area e delle zone limitrofe;**
- **Raccolta dati derivanti da indagini geognostiche di riferimento;**
- **Esecuzione di una campagna di indagini geofisiche che ha previsto le seguenti attività:**
  - **n° 5 Profili sismici a rifrazione & M.A.S.W.**

Nella presente si formulano alcune considerazioni finali utili alla comprensione del contesto geologico in cui si inserirà il progetto, alla definizione delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso e alle tipologie fondazionali più idonee per trasmettere al substrato roccioso i carichi delle strutture. Inoltre si è proceduto alla caratterizzazione sismica del sito in base a quanto prescritto dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" – **NTC 2018**.

### **1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI**

- Regione Puglia – Piano Paesaggistico Territoriale Regionale per il paesaggio (PPTR) - Norme Tecniche di Attuazione;
- Autorità Interregionale di Bacino della Puglia - Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico – “Carta del Rischio”;
- “Note illustrative della Carta Geologica D’Italia, scala 1:100000, Foglio 203 “Brindisi”;
- Ciaranfi N. et al (1983) - “Carta Neotettonica dell’Italia Meridionale”, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 515 del P.F. Geodinamica, Bari;
- AA.VV (1999) – “Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture”, Società Geologica Italiana;
- Decreto Ministero LL.PP.11/03/88 "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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” (G.U. n.108 del 11/05/2006)
- Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003) “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche” (G.U. n.105 del 08/05/2003).
- Gruppo di Lavoro MPS (2004) – “Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003”. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 “Progetto S1 Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi”
- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 - All. 1b “Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale”;
- “Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture” del 17 gennaio 2018 (Suppl Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8);
- Delibera D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 della Giunta Regionale - Regione Puglia: “Progettazione antisismica anche per progettazioni ricadenti in zona 4...”.

## 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito in cui verrà installato l'impianto agrovoltaico, è identificato in NCT del comune di VEGLIE FG.4 P.LLE 427,1233,1241,602,603,1306,1308,1273,1275,1278,606,739,741, 1232,1261,454,488,671,672,673,899,1310,39,421,544,909,910,911,921,922,923.

Il sito investigato, localizzabile attraverso le coordinate WGS84 (Proiezione: UTM, Fuso 33) Lat. 4470669 N Long. 746184 E ed avente la quota media di circa 60 m s.l.m., è ubicato a NO dell'abitato di Veglie.

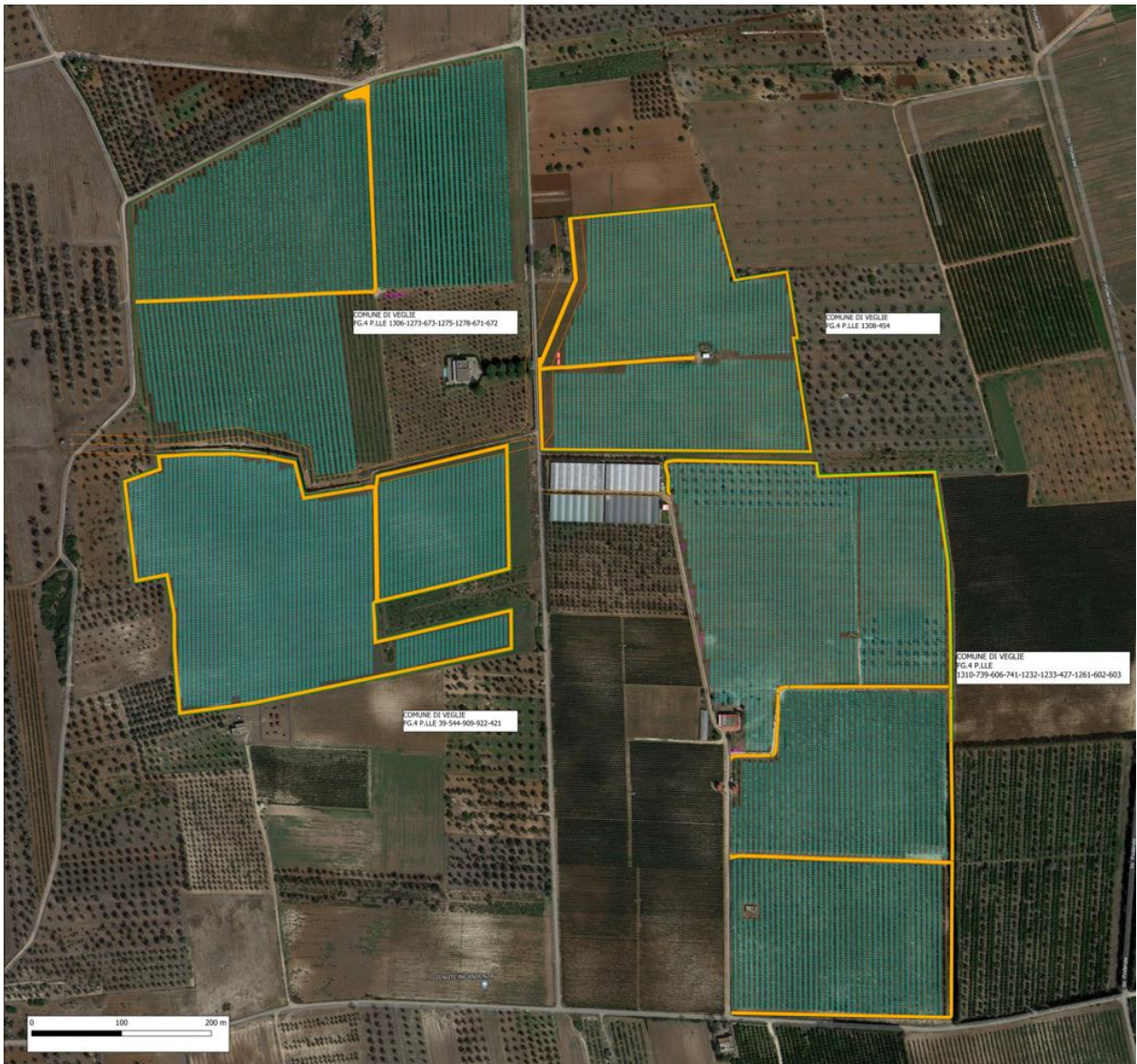


Fig.1 - Localizzazione dell'area di impianto

Costruzione ed esercizio di un impianto "agrovoltaico" per produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 28,688 MW e potenza installata pari a 35,34 MW con relativo collegamento alla rete elettrica – impianto denominato "Cerfeda" ubicato in agro del comune di Veglie



### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio ricade nel Foglio 203 "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia (Fig. 2).

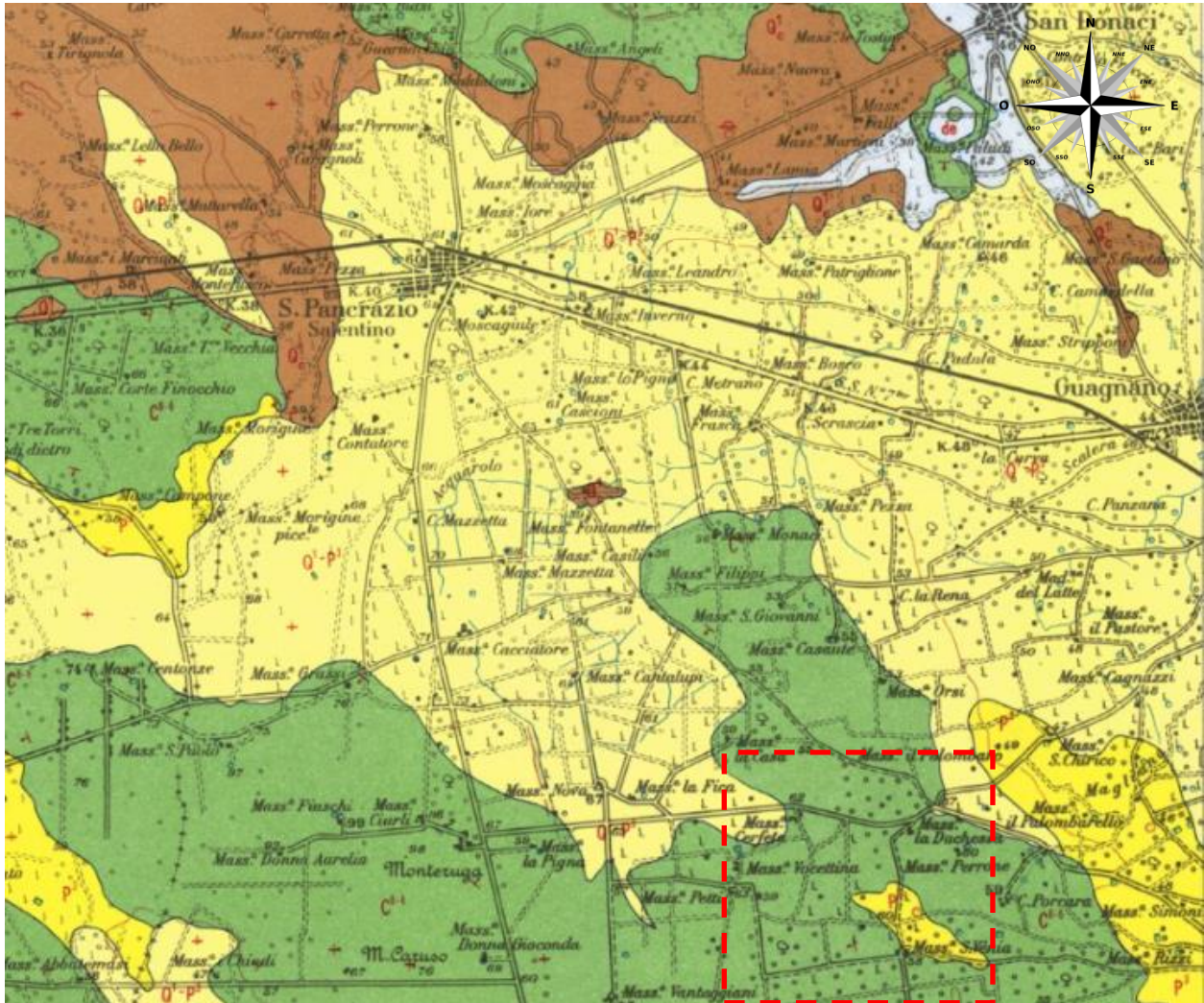
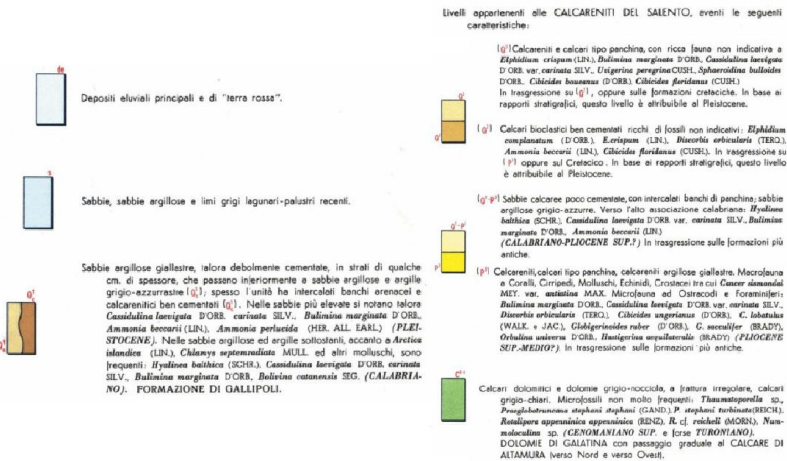
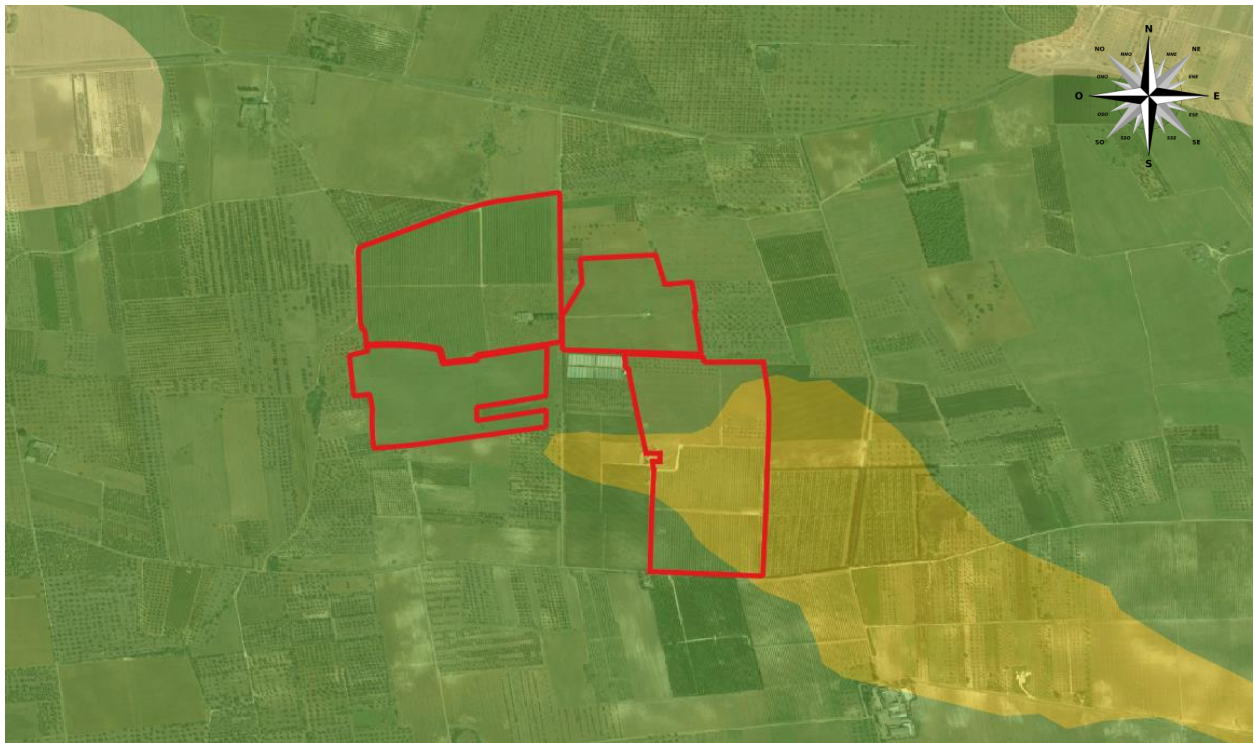


Fig. 2 - Stralcio Carta Geologica d'Italia - Foglio 204 Tavolotta Lecce (Scala 1:100.000)





*Fig. 3 - Stralcio Carta geolitologica (Allegato 1)*

**Legenda**

**Impianto**

— Perimetro Impianto

**Litologia**

— Sabbie calcaree

— Calcareniti

— Calcari dolomitici

Il territorio di Veglie, corrispondente ad una parte del versante occidentale ionico della Penisola Salentina, si presenta nel complesso caratterizzato, morfologicamente da lievi ondulazioni con quote topografiche passanti dai 37,00 metri s.l.m. della parte posta a Sud dell'abitato, dove non si riscontrano elementi morfologici significativi, agli 86,00 metri s.l.m. che si osservano in corrispondenza del confine nordoccidentale del territorio, in località Masseria Ciurli, posta a sua volta nelle vicinanze dell'alto morfologico di Monteruga.

Tale alto morfologico, pur essendo situato al di fuori del territorio comunale di Veglie, rappresenta con i suoi 98,00 metri di altezza s.l.m., la forma morfologica più significativa ed evidente di tutto il territorio studiato.

L'aspetto morfologico del territorio è una conseguenza diretta sia della litologia che lo caratterizza in affioramento, sia della tettonica che lo ha interessato nel corso delle ere geologiche; l'area d'interesse è caratterizzata da una quota topografica di circa 60 metri s.l.m.m.

L'area in studio è ubicata nella a zona nord-ovest dell'abitato di Veglie. L'assetto geologico è caratterizzato dalla presenza di un substrato carbonatico mesozoico su cui giacciono in trasgressione i sedimenti calcarenitici pliopleistocenici e sabbioso limosi pleistocenici (Fig. 1).

L'aspetto morfologico del territorio studiato, è una conseguenza diretta sia della litologia che lo caratterizza in affioramento, sia della tettonica che lo ha interessato nel corso delle ere geologiche.

L'area rilevata ha un andamento altimetrico pianeggiante anche se più ad Ovest del centro abitato, in direzione Porto Cesareo il profilo topografico del terreno evidenzia un "gradino morfologico". Tale dorsale si sviluppa con direttrice NW-SE, è il risultato di alcune faglie distensive e nel Plio-pleistocene costituiva una paleocosta alla cui base (lato orientale) si sono depositi i terreni più recenti. Questa discontinuità morfologica evidenzia il passaggio dai sedimenti plio-pleistocenici più recenti ai calcari cretacicci. Il limite tra queste formazioni è di tipo tettonico in quanto corre lungo il lato occidentale di una faglia diretta. Il suo rigetto (di circa 20 m) è per buona parte occultato dai sedimenti più recenti sovrappostisi in tempi successivi.

Alcuni dei termini litologici affioranti, poco permeabili, hanno permesso infatti l'instaurarsi di un reticolo idrografico superficiale, rappresentato da canali di drenaggio che seguendo le pendenze naturali del terreno convogliano le acque di scorrimento superficiale verso zone più depresse e voragini naturali.



Dal punto di vista tettonico, il territorio comunale di Veglie, ha risentito sia direttamente sia indirettamente, di tutti gli eventi plicativi e disgiuntivi che nel corso delle ere geologiche si sono succeduti nell'area Salentina.

Si tratta di più fasi tettoniche le quali smembrando, sollevando ed abbassando i basamenti primitivi, hanno consentito la formazione sia degli alti morfologici, che attualmente corrispondono agli affioramenti carbonatici mesozoici, sia delle zone più depresse caratterizzate dalla presenza di termini calcarenitici, sabbiosi ed argillosi post-cretacei.

Nel territorio in studio, pur non essendo direttamente visibili sul terreno lineazioni o faglie, sono comunque stati rilevati degli elementi morfologici che consentono di ipotizzarne sia l'esistenza sia l'ubicazione. Tali elementi morfologici corrispondono a forme di alterazione carsica (doline e vore) dislocati sul territorio secondo degli allineamenti ben identificabili.

In particolare, l'allineamento più significativo, risulta essere quello passante per l'abitato di Veglie secondo una direzione NNW-SSE.

Esso delimita una fascia di territorio in cui sono presenti probabilmente più fratture e dislocazioni aventi all'incirca la stessa direzione ma distanziate fra loro di alcune centinaia di metri. È proprio in corrispondenza di tali dislocazioni che si sono sviluppati quei fenomeni carsici e paracarsici che hanno dato luogo agli inghiottitoi prima menzionati e che attualmente con maggiore o minore capacità di assorbimento rappresentano delle vie preferenziali di infiltrazione delle acque meteoriche e condizionano gli aspetti idrologici superficiali di buona parte del territorio comunale di Veglie. Infatti in occasione degli eventi piovosi più significativi, buona parte di tale territorio, dipende, per ciò che concerne la capacità di assorbimento e smaltimento delle acque meteoriche, proprio dalle zone in cui sono presenti le voragini naturali.

### **3.1 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE**

L'area oggetto di interesse progettuale, al di sotto di una più o meno spessa copertura di terreno vegetale alterato, è caratterizzata dalla presenza in affioramento di rocce calcaree e "depositi calcarenitici".

La ricostruzione della stratigrafia è stata fatta in base al rilievo geolitologico di dettaglio, alle indagini geognostiche, allo studio idrogeologico e all'interpretazione delle stratigrafie dei pozzi per acqua esistenti nella zona. Si sono così delineati i limiti fra le singole formazioni affioranti ed i rapporti stratigrafici esistenti tra queste e quelle che si rinvencono in profondità.

La successione stratigrafica comprende, dall'alto verso il basso e nel senso più generale, i seguenti termini geolitologici:

- ***Calcareniti a grana media ("Calcareniti di Gravina" -Pliopleistocene-)***
- ***Calcari, calcari dolomitici, dolomie ("Calcari di Altamura" -Cretaceo-)***

### ***Calcareniti a grana media ("Calcareniti di Gravina")***

In questa formazione sono compresi i sedimenti denominati con termine generico ed improprio "tufi calcarei". Essi affiorano su un'estesa area del territorio comunale che si sviluppa in direzione NNO-SSE e su cui è ubicato il nucleo storico della città di Veglie.

Questi depositi sono in gran parte costituiti da calcareniti organogene, di norma poco diagenizzate, porose e friabili, di colore bianco-giallastro o, talvolta rossastro per alterazione. La grana della roccia varia da luogo a luogo, e nello stesso tempo in senso verticale, senza una regolarità visibile. Fa parte della formazione nota nella Carta Geologica d'Italia come "Calcareniti del Salento" che raggruppa rocce calcarenitiche appartenenti ad età diverse. Poiché le calcareniti affioranti nella zona in esame presentano caratteristiche litostratigrafiche e tecniche analoghe alle "Calcareniti di Gravina", qui si farà riferimento a tale termine formazionale.

Da un punto di vista litologico si tratta principalmente di biocalcareni e biocalciruditi in grossi banchi con intercalazioni calcilutitiche, inoltre di biospariti costituite essenzialmente da frammenti fossili con piccole percentuali di granuli di quarzo e feldspati; il cemento è di tipo sparitico.

Le Calcareniti di Gravina sono costituite mineralogicamente da prevalente calcite (raggiunge in media il 95%) e da subordinata dolomite (raggiunge in media il 2%). Anche in questo caso il residuo insolubile (molto basso, con valori più frequenti nell'intervallo tra 1,3%-1,9%) è costituito da SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Il contenuto in minerali argillosi, quarzo e feldspati varia considerevolmente da zona a zona.

Abbondanti sono i gusci di macrofossili che si ritrovano spesso accentrati in nidi o livelli.

Si tratta perlopiù di lamellibranchi; tra questi i più importanti dal punto di vista cronologico e paleoclimatico sono: *Pecten jacobaeus* (Linnè), *Arctica islandica* e *Clamys septemradiata* (Linnè). Esistono anche orizzonti con numerosi resti di ostriche e di echinoidi. La microfauna è in genere poco abbondante, ma è caratterizzata dalla presenza di *Hyalinea balthica* SCROETER.

I depositi in esame si sono accumulati in un ambiente costiero, connesso con il mare aperto, in un periodo climatico evidentemente abbastanza freddo data la presenza fra i macro e i microfossili di ospiti nordici: *Arctica islandica*, *Clhamys septemradiata*, *Hyalinea balthica*.

L'età è riferibile al Pliopleistocene. Lo spessore massimo misurato nel territorio studiato è di poco superiore ai 10,00 metri.

***Calcari, calcari dolomitici, dolomie ("Calcari di Altamura")***

Questa formazione è costituita da calcari biancastri e avana e da calcari dolomitici; subordinatamente sono presenti dolomie grigio scure.

I Calcari di Altamura rappresentano la parte affiorante del basamento rigido mesozoico della regione. Formano un complesso roccioso costituito da un'alternanza di banchi e strati di calcari detritici chiari a grana più o meno fine, di calcari dolomitizzati e di dolomie.

I passaggi verticali dagli orizzonti calcarei a quelli dolomitici sono difficilmente localizzabili nelle sequenze soprattutto per il fatto che in molte zone tali passaggi avvengono anche in senso laterale.

Gli affioramenti sono discontinui e ciò a causa di una più o meno estesa copertura di terra rossa, localmente nota con il nome di "bolo".

I tipi litologici più rappresentativi sono i seguenti:

- a) dolomie grigie e grigio scure a grana fine, massicce o in grossi banchi;
- b) dolomie grigio chiare, con abbondanti modelli interni di macrofossili, massicce o in banchi;
- c) calcari detritici a grana più o meno fine, di colore bianco, a luoghi con abbondanti macrofossili, di norma ben stratificati in banchi;
- d) calcari, calcari dolomitici e dolomie cristalline cariate, senza stratificazione evidente, di colore grigio-rossastro. Di norma questi ultimi litotipi si incontrano in successione stratigrafica nella zona di passaggio tra gli orizzonti calcarei e quelli dolomitici e viceversa.

L'origine è biochimica per i calcari mentre probabilmente secondaria per i termini dolomitici.

Dal punto di vista paleontologico, alcuni livelli sono caratterizzati da abbondanti resti di macrofossili, appartenenti in complesso alla famiglia delle Rudiste.

Indicativamente l'età dei calcari e dolomie può essere compresa tra il Cenomaniano e il Senoniano inf.



L'ambiente di sedimentazione appare di mare basso con episodi di tipo salmastro.

Petrograficamente i calcari sono costituiti in prevalenza da micriti più o meno fossilifere e intraclastiche, raramente a pellets, talora dolomitizzate, cui si associano intramicriti, biomicriti, biomicruditi e biomicriti intraclastiche, talora a intraclasti e, raramente, sparsi bioclasti.

Dal punto di vista geochimico tali rocce sono costituite quasi esclusivamente dai carbonati calcite e dolomite, che da soli superano il 99 % del totale, in un rapporto che ne determina la classificazione (da calcare a dolomia con tutti i termini intermedi).

I termini calcarei, attaccati blandamente con HCl, mandano in soluzione oltre ai carbonati anche piccole quantità di  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $SO_3$ ,  $P_2O_5$  e  $SiO_2$ , con  $Al_2O_3$  che prevale su tutti gli altri e con  $Fe_2O_3$  in quantità relativamente non trascurabili.

La stratificazione è sempre ben evidente con strati di potenza di ordine decimetrico o metrico, assai raramente la roccia si presenta massiccia. Gli strati si presentano ondulati con inclinazione inferiore ai 10° gradi.

La stratificazione ben netta e la fratturazione, localmente anche intensa, danno origine a una rete di fessure che conferisce alla formazione in parola una permeabilità generalmente elevata alla scala dell'ammasso.

Su questa influisce anche le diffusioni dei fenomeni carsici, più o meno sviluppati lungo particolari orizzonti, interessati di volta in volta dalla circolazione idrica a seconda delle variazioni del livello della falda in essi contenuta, dipendente a sua volta dalle oscillazioni del livello del mare.

Le cavità carsiche possono presentarsi in parte o in toto riempite da un materiale fine residuale di colore rossastro (Terre rosse).

## 4 IDROGEOLOGIA

### 4.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Nel territorio studiato non esiste una rete idrografica superficiale sviluppata. I solchi erosivi rilevabili corrispondono a linee temporanee di deflusso delle acque piovane che, dopo percorsi spesso limitati a qualche centinaio di metri, terminano bruscamente in corrispondenza di inghiottitoi carsici.

Talvolta questi solchi naturalmente incisi sono stati ripresi artificialmente e utilizzati per l'allontanamento delle acque piovane.

A nord dell'abitato di Veglie le acque piovane di ruscellamento confluiscono nella depressione alluvionale che ha il suo punto più basso nella "Vora Salonara" (a Nord dell'abitato) mentre sulla "Vora Terre Nere" (a Sud dell'abitato) confluiscono sia le acque meteoriche di ruscellamento incidenti a sud e ad est dell'abitato che, tramite condotta, quelle ricadente nell'area meridionale dell'abitato.

### 4.2 IDROGRAFIA SOTTERRANEA

Sono presenti due falde idriche sotterranee distinte: una superficiale, contenuta nelle sabbie e sostenuta dalle argille, l'altra, più cospicua, denominata "profonda" è contenuta nelle masse calcaree-dolomitiche cretacee.

#### 4.2.1 Falda superficiale

È presente nella fascia E del territorio comunale, in corrispondenza degli affioramenti della formazione delle Sabbie Calcaree nelle quali è contenuta. Il livello di base è rappresentato dai litotipi argillosi della formazione delle Argille Subappennine.

Si rinviene a poca profondità dal p.c. (1,50 ÷ 3,50 metri) nella zona ad est della SP Salice-Veglie.

**Nell'area investigata non è presente una falda superficiale**

#### 4.2.2 Falda profonda

La fitta rete di fessure e cavità che interessa l'ammasso carbonatico cretaceo, fa sì che al suo interno possa aversi circolazione idrica.

Tale falda viene alimentata tramite le infiltrazioni dalla superficie di acque piovane e trova il suo naturale equilibrio attraverso gli sversamenti che avvengono in corrispondenza della linea di costa, dove le acque arrivano in virtù di un gradiente idraulico diretto dalle zone interne verso la costa.

Il livello di base su cui tale circolazione si esplica, è rappresentato dalla superficie delle acque marine di invasione continentale sulle quali l'acqua dolce di falda galleggia grazie alla sua minore densità.

I rapporti tra i due tipi di acque sono regolati dalla legge di Ghyben-Herzberg; essa lega lo spessore della parte dolce di acquifero al carico piezometrico; in forma semplificata ma più che sufficientemente approssimata si ha:

$$h = 40 * t$$

dove **h** è lo spessore e **t** il carico piezometrico.

La separazione tra le acque dolci e quelle marine, non è netta, ma avviene attraverso una zona di transizione in cui la salinità dell'acqua dolce aumenta gradualmente sino a raggiungere valori tipici dell'acqua marina. Normalmente si ritiene che la parte dolce di un acquifero abbia uno spessore espresso dalla seguente relazione:

$$h = 30 * t$$

Il livello statico di tale falda si trova a quote in media di circa 2,50 metri s.l.m.m, cui corrispondono profondità comprese in media intorno ai 45,00 metri dal piano campagna a secondo della quota topografica (Fig. 4).

I caratteri litologici delle diverse formazioni, le loro giaciture ed i relativi rapporti di posizione, fanno sì che in Puglia la circolazione idrica sotterranea si espliciti attraverso di due distinti sistemi la cui interazione tende a variare da luogo a luogo. Il primo, più profondo, come falda di base o profonda è rappresentato dalla falda carsica circolante nel basamento carbonatico mesozoico, fortemente fratturato e carsificato; il secondo, rinvenibile nei depositi della copertura post-cretacea è costituito da una serie di falde superficiali, che si rinvencono a

profondità ridotte dal piano campagna, ovunque la presenza di livelli impermeabili vada a costituire uno sbarramento a letto.

La fitta rete di fessure e cavità che interessa l'ammasso carbonatico cretaceo, fa sì che al suo interno possa aversi circolazione idrica. Tale falda viene alimentata tramite le infiltrazioni dalla superficie di acque piovane e trova il suo naturale equilibrio attraverso gli sversamenti che avvengono in corrispondenza della linea di costa, dove le acque arrivano in virtù di un gradiente idraulico diretto dalle zone interne verso la costa.

Il livello di base su cui tale circolazione si esplica, è rappresentato dalla superficie delle acque marine di invasione continentale sulle quali l'acqua dolce di falda galleggia grazie alla sua minore densità. I rapporti tra i due tipi di acque sono regolati dalla legge di Ghyben-Herzberg; essa lega lo spessore della parte dolce di acquifero al carico piezometrico; in forma semplificata ma più che sufficientemente approssimata si ha:

$$h = 40 * t$$

dove **h** è lo spessore e **t** il carico piezometrico.

La separazione tra le acque dolci e quelle marine, non è netta, ma avviene attraverso una zona di transizione in cui la salinità dell'acqua dolce aumenta gradualmente sino a raggiungere valori tipici dell'acqua marina. Normalmente si ritiene che la parte dolce di un acquifero abbia uno spessore espresso dalla seguente relazione:

$$h = 30 * t$$

Nell'area direttamente interessata il carico piezometrico è circa 2,00 metri s.l.m.m. (Fig. 5 dal PTA). La falda profonda è presente alla profondità di circa 30,00 metri dal piano campagna e si esclude, pertanto, qualsiasi interferenza con le opere in progetto.

Inoltre durante la perforazione dei carotaggi non è stata rinvenuta alcuna falda superficiale.

Costruzione ed esercizio di un impianto "agrovoltaico" per produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 28,688 MW e potenza installata pari a 35,34 MW con relativo collegamento alla rete elettrica – impianto denominato "Cerfeda" ubicato in agro del comune di Veglie

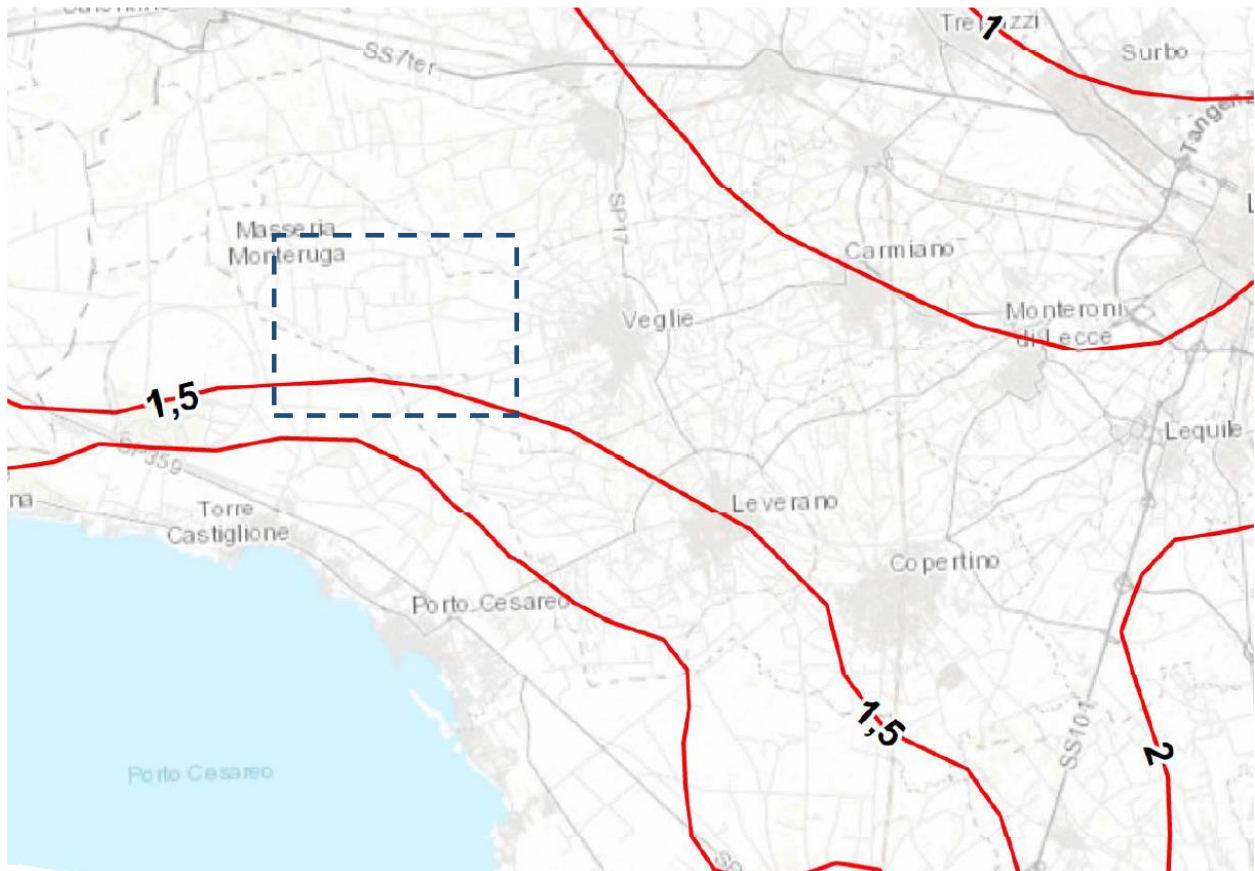


Fig. 4 - Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi (Elaborato C05 del P.T.A.)

## Legenda

### Isopieziche medie (m s.l.m.)

(presunte se tratteggiate)

- Isopiezica media (m s.l.m.) - Gargano
- Isopiezica media (m s.l.m.) - Tavoliere
- Isopiezica media (m s.l.m.) - Murgia e Salento



## **5 CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA NELL'AMBITO DEL PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE PUGLIA (P.A.I.)**

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, individua nel territorio regionale le seguenti aree:

### **Aree a pericolosità da frana:**

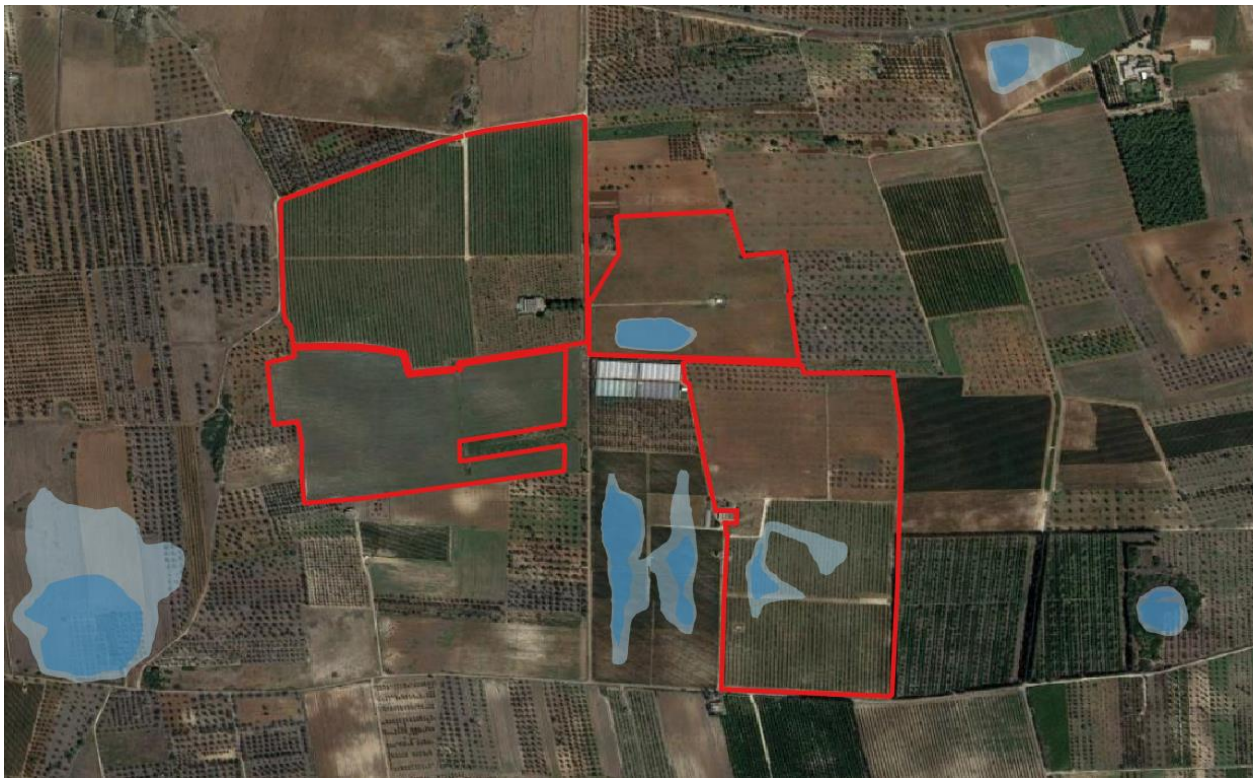
- *PG3 aree a pericolosità da frana molto elevata*
- *PG2 aree a pericolosità da frana elevata*
- *PG1 aree a pericolosità da frana media e moderata*

### **Aree a pericolosità idraulica:**

- *AP aree ad alta probabilità di inondazione*
- *MP aree a moderata probabilità di inondazione*
- *BP aree a bassa probabilità di inondazione*


### **Aree a rischio:**


- *R4 aree a rischio molto elevato*
- *R3 aree a rischio elevato*
- *R2 aree a rischio medio*
- *R1 aree a rischio moderato*




**Pericolosità e Rischio**


**Peric. Geomorf.**


 media e moderata (PG1)


 elevata (PG3)

 elevata (PG2)

**Peric. Idraulica**

 bassa (BP)

 alta (AP)

 media (MP)

*Fig. 5 – Stralcio dal sito dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale Sede*

Costruzione ed esercizio di un impianto "agrovoltaico" per produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 28,688 MW e potenza installata pari a 35,34 MW con relativo collegamento alla rete elettrica – impianto denominato "Cerfeda" ubicato in agro del comune di Veglie

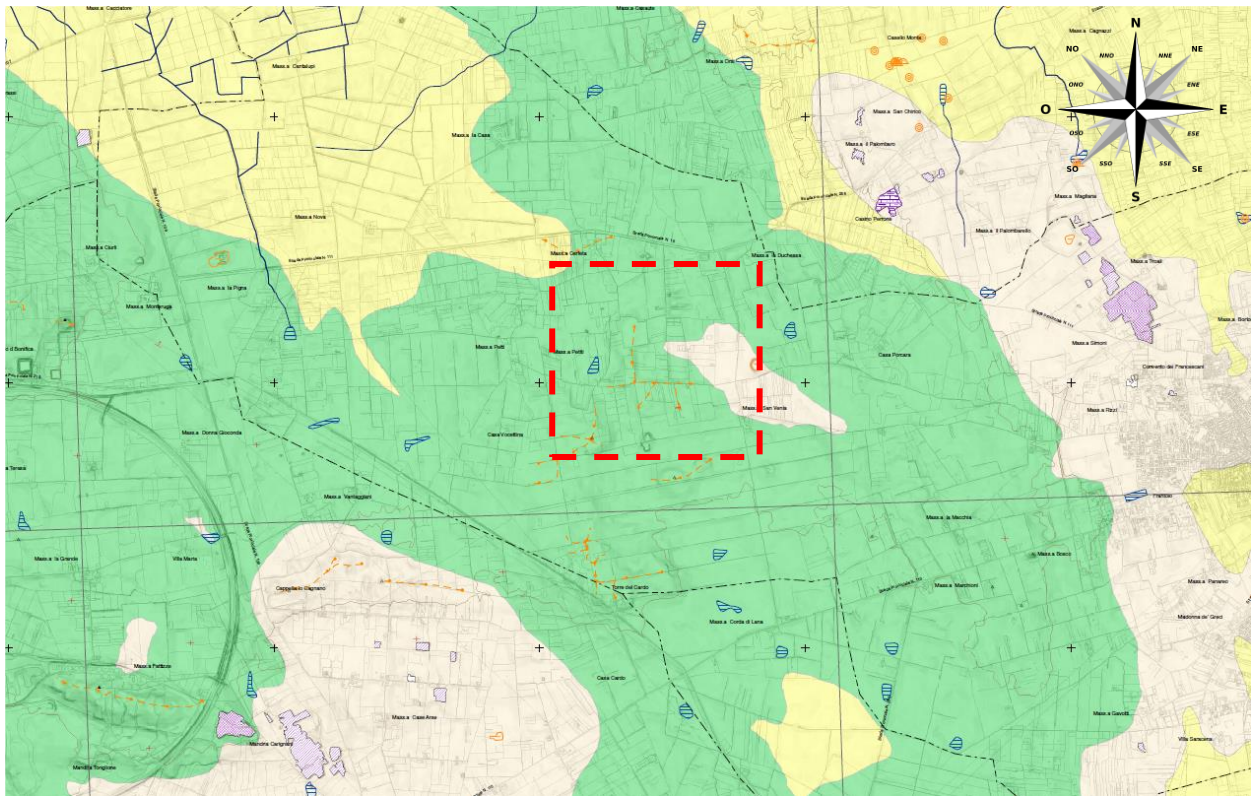


Fig. 6 - Stralcio Carta Idrogeomorfologica (scala 1:25.000)

**LEGENDA**

**ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI**

**Litologia del substrato**

- Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
- Unità a prevalente componente argillosa
- Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica
- Unità a prevalente componente arenitica

**FORME CARSICHE**

- Ingresso di grotta naturale
- Voragine, inghiottitoio o pozzo di crollo
- Dolina
- Orlo di depressione carsica a morfologia complessa

**FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE**

- Corso d'acqua
- Corso d'acqua episodico
- Corso d'acqua obliterato
- Corso d'acqua tombato
- Recapito finale di bacino endoreico
- Sorgente
- Canale lagunare

Al fine di effettuare una valutazione complessiva della pericolosità geomorfologia, idraulica e del rischio, è stata effettuata:

1. l'analisi della cartografia allegata al **Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino ha individuato le aree esposte a pericolosità geomorfologia e idraulica e pertanto a rischio, di cui agli stralci riportati nelle pagine seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it>;
2. l'analisi della **Carta Idro-geomorfologica della Regione Puglia allegata al Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino, al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, ha individuato il reticolo idrografico in tutto il territorio di competenza, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità, di cui agli stralci riportate nelle pagine seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it>;

Dall'analisi di cui ai punti precedenti, si evidenzia come nell'area interessata dall'impianto agrovoltaico di progetto, siano presenti delle perimetrazioni di bassa e media pericolosità idraulica. Tali aspetti verranno analizzati nel dettaglio nel relativo studio di compatibilità idrologica ed idraulica.

## 6 INDAGINI GEOFISICHE

Allo scopo di determinare il modello geologico e geotecnico dell'area interessata dalle opere in progetto si è proceduto a effettuare:

- **n° 5 Profili sismici a rifrazione & M.A.S.W.**

Le indagini sono state eseguite il 30/01/2023, i report sono presenti nell'Allegato 2 e sono ubicate come in Fig. 7.

All'interno e in prossimità dell'area d'impianto sono state eseguite le indagini geofisiche VEG\_IS1, VEG\_IS2, VEG\_IS3, VEG\_IS4, VEG\_IS5.

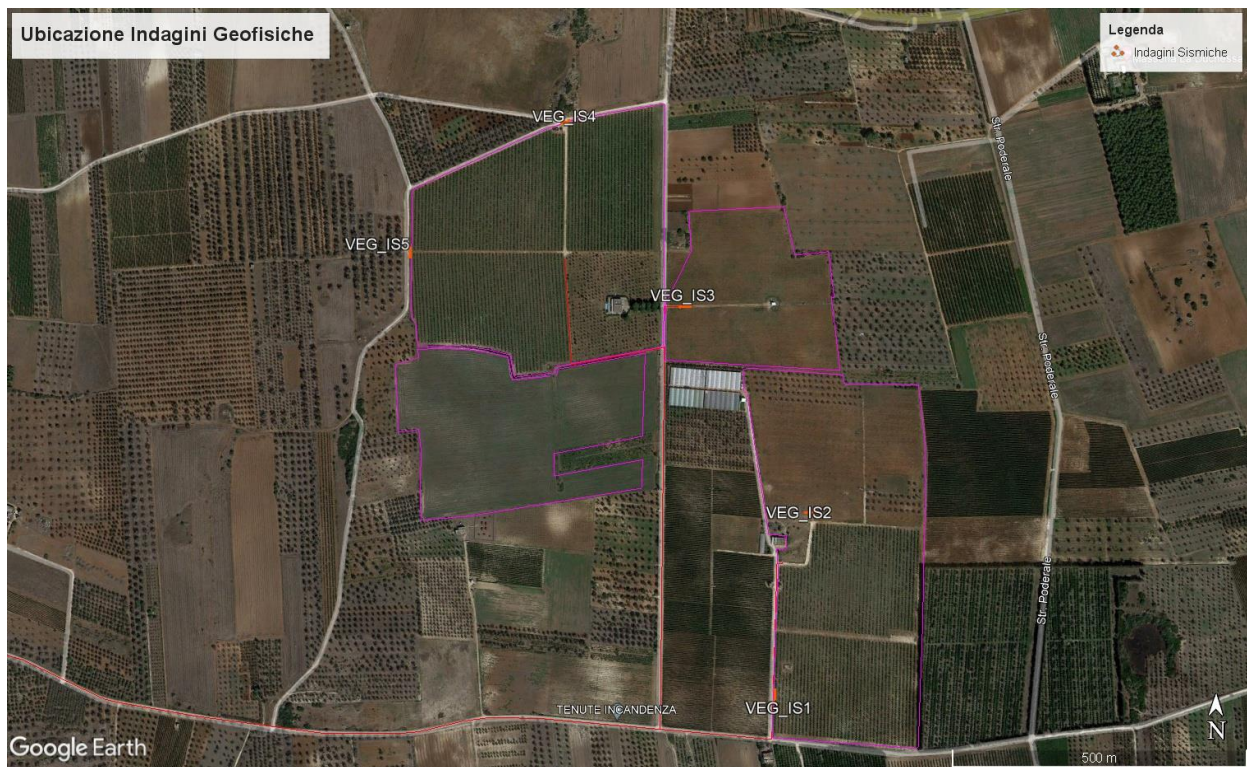


Fig. 7 - Ubicazione Indagini area impianto

### 6.1 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori

differenti. Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

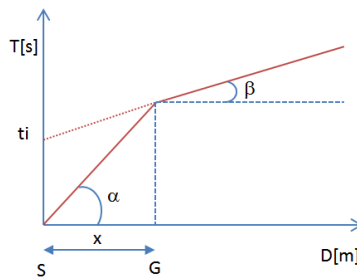
$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come

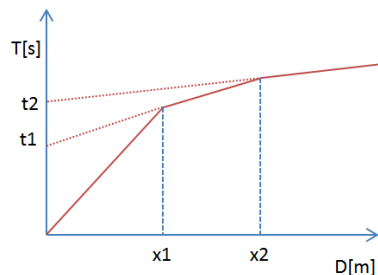
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

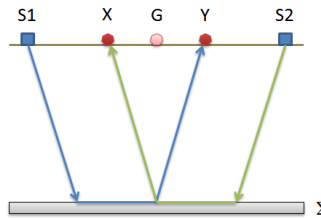


Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

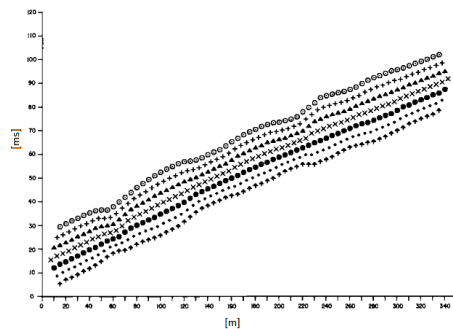
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$







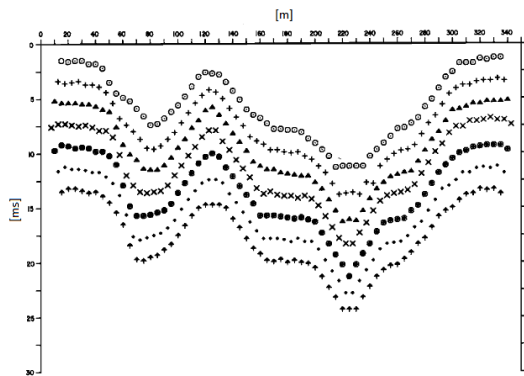
dove  $T_{S1Y}$  e  $T_{S2X}$  sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre  $T_{S1S2}$  è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento.  $T_V$  è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione  $T_V$  viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S1Y} + T_{S2X} - \left( T_{S1S2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove  $V_n$  è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifratore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°.

### **6.1.1 Indagine M.A.S.W.**

Per la classificazione dei terreni secondo quanto imposto dalla Nuova Normativa antisismica (Ordinanza n° 3274 e Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018) sono stati acquisiti i dati sismici lungo gli allineamenti geofonici. L'indagine, finalizzata alla determinazione del profilo verticale di velocità delle Onde di taglio (Onde S), è stata condotta secondo la metodologia MASW. I risultati ottenuti sono meglio illustrati in allegato.

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) rappresenta una tipologia d'indagine sismica non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misurazione della velocità delle onde superficiali fatta in corrispondenza di uno stendimento di geofoni disposti sulla superficie libera del terreno.

Questa tipologia d'indagine, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità mediante lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche onde P ed S, nell'analisi sismica effettuata con la metodologia MASW si studiano solamente le onde di superficiali di Rayleigh, trascurando gli effetti dovuti alle onde di volume, alle riflesse o alle rifratte, sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche onde P ed S, oltre alle onde superficiali.

Com'è noto, la scelta di analizzare le sole onde di Rayleigh è determinata dal fatto che queste trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente e che, allontanandosi dalla sorgente, subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV in quanto esse si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

In sintesi, il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, poiché queste viaggiano con una velocità correlabile alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle stesse.

In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo ovvero la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi del suolo.

Il metodo d'indagine MASW, è una metodologia d'indagine del tipo attivo, nel quale le onde superficiali sono indotte o generate artificialmente mediante l'impatto di un grave sulla superficie del suolo e misurate lungo uno stendimento lineare di sensori. Questo consente di ottenere una curva di dispersione sperimentale apparente, generalmente nell'intervallo di frequenze compreso tra 4.5Hz ÷ 80Hz; il metodo, pertanto, permette di ottenere informazioni indirette sulla parte del sottosuolo compresa entro i primi 30÷50 metri circa dal piano campagna, in funzione della rigidezza o rigidità sismica dei litotipi costituenti il sottosuolo.

La fase di elaborazione è stata effettuata avvalendosi di software specifici che, opportunamente guidati, hanno proceduto secondo il seguente processo:

- i dati sperimentali, acquisiti in formato residente dell'hardware utilizzato, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Easy Masw);

- trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza e visualizza sul grafico la quantità di energia prodotta dalla propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica;

- picking dello spettro di frequenze nella curva di dispersione (ovvero individuazione dei punti costituenti la curva sperimentale);

- ottimizzazione del modello interpretativo (con eventuali variazioni del modello di partenza) sino ad ottenere il miglior fitting con i valori sperimentali;

- determinazione del profilo di velocità delle  $V_s$ , calcolo della velocità media ponderata per i primi metri di profondità  $V_{s_{eq}}$  e individuazione della categoria sismica del suolo (D.M. 17.01.2018).



### 6.1.2 Hardware e Software

Le onde rilevate dai geofoni sono state registrate per mezzo di un sismografo PASI modello Gea 24. Le principali specifiche tecniche sono di seguito riportate:

SPECIFICHE TECNICHE GEA 24	
Numero di canali	24 can.+trigger (can. AUX) - 2 unità serializzabili per un tot. di 48 can.
Conversione Dati	Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)
Intervallo Campionamento	Acquisizioni "a pacchetto": - fino a 125 microsec (8000sps) con 24 can. - fino a 31.25 microsec (32000sps) con 6 can. Acquisizione continua: - fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sps) con 3 can.
Lunghezza Acquisizione	27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174500 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni illimitato per acquisizioni continue
Guadagno Preamp.	0/52 dB, selezionabile via software
Stacking	Numero di stacking illimitato
Impedenza di ingresso	2M $\Omega$ // 22nF
Range Dinamico	144dB (sistema); >117dB (istantaneo, misurato @1ksps)
Distorsione	0.007% @16kHz
Largh.Banda -3dB Largh.Banda +/- 0.1dB	6.8kHz@32ksps - 0.21 kHz@1ksps 3.5 kHz@32ksps - 0.11 kHz@1ksps
Filtri	Passa Basso: 125-200-500-1000Hz Passa Alto: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz
Filtri "Notch"	50-60Hz + armoniche
Trigger	Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software
Visualizzazione Tracce	Wiggle-trace (formato oscilloscopio) / area variabile
Noise-monitor	Tutti i canali + trigger
Canale AUX (ausiliario)	1x (per il trigger o qualsiasi altro segnale in ingresso)
Interfaccia comunicazione	1x USB 2.0 per PC esterno (di fornitura Cliente)
Formato Dati	SEG2, SAF (altri formati su richiesta)
Alimentazione	5VDC da USB, 0.25A
Temp.operativa/stoccaggio	-30°C to +80°C
Umidità	80% umidità relativa, non condensante
Dimensioni	24cm x19.5cm x11cm
Peso	2 Kg

Associato al sismografo è stato utilizzato anche il seguente hardware:

- cavi sismici da 12 tracce con connettori per geofoni e spaziatura max 5 m;
- geofoni verticali da 4,5 Hz;
- geofono starter (trigger);
- mazza battente da 8 kg;
- piattello di battuta in alluminio (dim. 20 x 20 x 5 cm);
- pc portatile.

Il sismografo è gestito tramite il software Pasi Gea 24 su PC portatile e sul cui SSD sono memorizzati i dati. L'interpretazione dei dati è stata eseguita con i software Easy Masw e Easy Refract della GeoStru.

## **7 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO**

Si rappresenta che i caratteri geologici della zona interessata sono stati ricostruiti in base alle indagini geognostiche e geofisiche. Nell'Allegato 2 sono presenti le elaborazioni delle indagini sismiche a rifrazione e M.A.S.W., che hanno permesso di ricavare i parametri in funzione delle velocità delle onde superficiali nei singoli strati.

Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante precisare che generalmente:

a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;

b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore  $h$  ubicato a profondità  $z$  dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui  $h < 0.25 * z$ .

c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;

d) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso terroso.

Di seguito sono stati riportati, in tabella, i valori di velocità delle onde sismiche di compressione tipici di ogni litotipo.

LITOTIPO	Vp (m/sec)
Areato superficiale	300-800
Argille	1100-2900
Sabbia asciutta	200-1000
Sabbie umida	600-1800
Terreni alluvionali sciolti	400-2100
Acqua	1400-1500
Calcere fratturato	700-4200
Calcere compatto	2800-6400
Calcere cristallino	5700-6400
Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Arenaria	1400-4500
Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Anidride	3500-5500
Gesso	1800-4000
Gneiss e scisti	3500-7500

Tabella 1 - Valori di velocità per le onde di compressione (da "Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo" di Carrara - Rapolla - Roberti, "Il manuale del geologo" di Cassadio - Elmi).

L'elaborazione dell'indagine sismica a rifrazione e M.A.S.W. ha permesso di ricavare i parametri in funzione delle velocità delle onde superficiali nei singoli strati.

In merito alla caratterizzazione geotecnica ed alle indagini geotecniche, si rappresenta che è responsabilità e compito del progettista quella di definire la modellazione geotecnica del volume significativo di terreno, che ai sensi del paragrafo 6.2.2 del D.M. 17.01.2018 può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, fermo restando la piena responsabilità del progettista circa le ipotesi e le scelte progettuali.

Pertanto, **i parametri meccanici dei terreni** di riferimento sono inseriti nella relazione come riferimento per il progettista che per suo conto potrà stabilire, sotto la propria responsabilità, se ritenerli idonei oppure predisporre ulteriori indagini integrative.

In particolare, i parametri caratteristici sono stati ricavati attraverso lo studio delle indagini e relative correlazioni, elencate di seguito:

- Indice di Poisson:  $\nu = \frac{\frac{1}{2}v_p^2 - v_s^2}{v_p^2 - v_s^2}$ ;
- Densità:  $\rho = 0.51 \cdot v_p^{0.19}$  (Gardner et al., 1974);

- Peso di volume  $\gamma$  (Tezcan et al, 2009);
- Modulo di taglio:  $G_0 = v_s^2 \cdot \rho$ ;
- Modulo elastico dinamico:  $E_{din} = \frac{v_s^2 \cdot \rho (3v_p^2 - 4v_s^2)}{v_p^2 - v_s^2}$ ;
- Modulo elastico statico:  $E_{stat} = \frac{E_{din} - 0.97}{8.3}$  (Rzhevsky e Novik, 1971);
- Modulo di Young:  $E_y = 2G_0(1 - \nu)$ ;
- Modulo edometrico:  $E_{ed} = v_p^2 \cdot \rho$ ;

**Per i terreni:**

- Coesione non drenata  $c_u$  (Likitlersuang e Kyaw, 2010);
- Angolo di resistenza al taglio  $\varphi$  (relazione polinomiale in funzione di  $\nu$  per terreni coesivi – “stima dei parametri geotecnici in geofisica applicata”, F. Roccaforte, C. Cucinotta).

**Per gli ammassi rocciosi:**

Tutti i rilievi e le indagini svolte sono finalizzati a raccogliere le informazioni necessarie alla caratterizzazione dell’ammasso roccioso secondo il criterio di Hoek & Brown.

Il criterio generalizzato di rottura di Hoek-Brown:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left( m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)$$

in cui:

- $m_b$  è il valore ridotto della costante di Hoek-Brown per l’ammasso considerato, pari a:

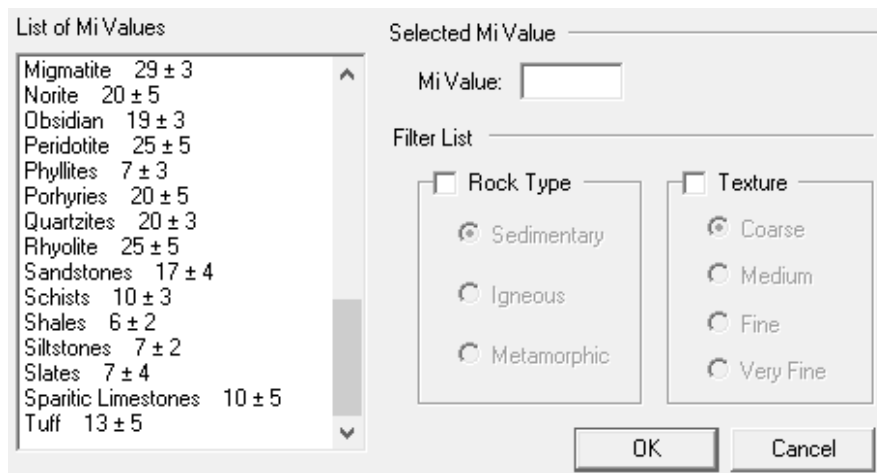
$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right);$$

- $s$  ed  $a$  sono costanti dell’ammasso date dalle seguenti relazioni:

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right),$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left( e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right);$$

- $\sigma'_1$  e  $\sigma'_3$  sono il minimo e il massimo sforzo efficace alla rottura;
- $\sigma_{ci}$  è la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta, ricavata tramite la correlazione di Kahraman (2001)
- $D$  è un fattore che dipende dal grado di disturbo dell'ammasso, variabile tra 0 (ammasso in posto indisturbato) e 1 (ammasso scavato con esplosivo). Con riferimento alla problematica geotecnica in esame, si è assunta la condizione di assenza di disturbo corrispondente a  $D = 0$ ;
- $GSI$  è il "Geological Strength Index" è ricavato dalla correlazione di Sjoberg (1997);
- $m_i$  è il valore della costante di Hoek-Brown per la roccia intatta, stimato tenendo conto da bibliografia (Tab. 2) e dall'esperienza pregressa del sottoscritto sulle medesime litologie.



Tab.2: valori del parametro  $m_i$  proposti dal programma RocLab in base alla litologia.

Per lo strato d'interesse le caratteristiche meccaniche sono state ricavate in base alle correlazioni proposte da N. Barton in "Rock Quality, Seismic Velocity, Attenuation and Anisotropy, 2006. Conoscendo il valore della velocità  $V_p$ , è possibile una stima dell'indice  $Q_c$  ( $Q_c = Q$  normalizzato rispetto ad una resistenza a compressione monoassiale di 100 Mpa) tramite la seguente relazione:

$$Q_c = 10^{v_p - 3.5} \quad \text{per il calcare,}$$

$$Q_c = 10^{v_p - 1.212} \quad \text{per la calcarenite}$$





Passando dall'indice Q di Barton alla classificazione GSI di Hoek & Brown, è possibile stimare i parametri di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso ( $c$  e  $\varphi$ ), come prevede la normativa.

$K_w$  è coefficiente di Winkler, ricavato dalla relazione proposta dal Vesic (1961) che correla  $K_w$  con il modulo di elasticità del terreno e della fondazione.

Infine è stata studiata la capacità portante delle fondazioni superficiali e dei cedimenti relativi:

- Carico limite ultimo:  $Q_{ult} = \rho \cdot v_s$  (Koeceli, 2012);
- Pressione ammissibile:  $Q_{amm} = \frac{Q_{ult}}{F_s}$ , con  $F_s$  fattore di sicurezza, pari a  $\frac{v_p}{v_s}$ .

In definitiva, integrando i dati derivanti da tutte le indagini, è possibile stabilire schematicamente il **modello geologico del sottosuolo e la stima dei parametri meccanici**.

**7.1 AREA IMPIANTO SEZIONE A**

Nell'area di impianto Sez. A sono state eseguite le indagini VEG\_IS1, VEG\_IS3, VEG\_IS4, VEG\_IS5.

È possibile ricostruire un modello del sottosuolo che, sostanzialmente, si traduce nella seguente successione stratigrafica:

Strato	$v_s$ (m/s)	$v_p$ (m/s)	Intervallo di profondità	Litotipo
[1]	290	590	0,00 m ÷ ~1,00/1,50 m	Terreno vegetale
[2]	675	1520	~1,00/1,50 m ÷ ~2,50/3,00 m	Calcere mediamente fratturato
[2]	1005	2130	~2,50/3,00 m ÷ profondità d'interesse geotecnico	Calcere compatto

In definitiva, integrando i dati derivanti da tutte le indagini, è possibile stabilire schematicamente il **modello geologico del sottosuolo e la stima dei parametri meccanici:**

	Strato 1	Strato 2	Strato 3
velocità onde S: $v_s$ (m/s)	290	675	1005
velocità onde P: $v_p$ (m/s)	590	1520	2130
indice di Poisson: $\nu$	0,341	0,377	0,357
densità $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,714	2,052	2,188
peso di volume: $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	17,18	25,04	27,26
modulo di taglio: $G_0$ (MPa)	144	935	2210
modulo di Young: $E_y$ (MPa)	470	3050	5200
modulo edometrico $E_d$ (MPa)	640	4100	7000
modulo di Bulk: $K$ (MPa)	404	3494	6979
coefficiente di Winkler: $K_w$ (Kg/cm <sup>3</sup> )	4,37	30,02	68,70

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PER LE TERRE			
coesione non drenata: $C_u$ (KPa)	160	//	//
angolo d'attrito interno: $\phi$ (°)	28,43	//	//

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PER L'AMMASSO ROCCIOSO			
angolo d'attrito interno: $\phi$ (°)	//	38	41,90
coesione: $c$ (MPa)	//	0,193	0,263
indice GSI	//	21,83	27,67
Q di Barton	//	0,063	0,172
$Q_c$	//	0,010	0,043
indice RMR	//	26,83	32,67
resistenza compr. monoassiale: $\sigma_{ci}$ (MPa)	//	16,51	24,84

CAPACITA' PORTANTE - FONDAZIONE SUPERFICIALE			
fattore di sicurezza: $F_s$	2,03	2,25	2,12
$Q_{ult}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	4,97	13,85	21,99
$Q_{amm}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	2,44	6,15	10,37

**7.2 AREA IMPIANTO SEZIONE B**

Nell'area di impianto Sez. B sono state eseguite le indagini VEG\_IS2.

È possibile ricostruire un modello del sottosuolo che, sostanzialmente, si traduce nella seguente successione stratigrafica:

Strato	$v_s$ (m/s)	$v_p$ (m/s)	Intervallo di profondità	Litotipo
[1]	345	680	0,00 m ÷ ~1,00 m	Terreno vegetale passante a calcareniti tenaci
[2]	960	1730	~1,00 m ÷ ~4,50/5,00 m	Calcareniti tenaci
[3]	1440	2750	~4,50/5,00 m ÷ profondità d'interesse geotecnico	Calcarea compatto

In definitiva, integrando i dati derivanti da tutte le indagini, è possibile stabilire schematicamente il **modello geologico del sottosuolo e la stima dei parametri meccanici:**

	Strato 1	Strato 2	Strato 3
velocità onde S: $v_s$ (m/s)	345	960	1440
velocità onde P: $v_p$ (m/s)	680	1730	2750
indice di Poisson: $\nu$	0,327	0,278	0,311
densità $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,761	2,103	2,296
peso di volume: $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	17,36	23,46	28,50
modulo di taglio: $G_0$ (MPa)	210	1938	4762
modulo di Young: $E_y$ (MPa)	555	4310	9690
modulo edometrico $E_d$ (MPa)	750	5800	13000
modulo di Bulk: $K$ (MPa)	535	3710	11017
coefficiente di Winkler: $K_w$ (Kg/cm <sup>3</sup> )	6,23	53,65	138,24

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PER LE TERRE			
coesione non drenata: $C_u$ (KPa)	225	//	//
angolo d'attrito interno: $\phi$ (°)	27,67	//	//

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PER L'AMMASSO ROCCIOSO			
angolo d'attrito interno: $\phi$ (°)	//	36,59	44,25
coesione: $c$ (MPa)	//	1,194	0,343
indice GSI	//	54,63	34,23
Q di Barton	//	17,066	0,526
$Q_c$	//	3,296	0,178
indice RMR	//	59,63	39,23
resistenza compr. monoassiale: $\sigma_{ci}$ (MPa)	//	19,31	33,84

CAPACITA' PORTANTE - FONDAZIONE SUPERFICIALE			
fattore di sicurezza: $F_s$	1,97	1,80	1,91
$Q_{ult}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	6,08	20,19	33,07
$Q_{amm}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	3,08	11,20	17,32

## 8 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di VEGLIE non erano classificati sismico ai sensi del D.M. 19.03.1982.; l’O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 ha riclassificato l’intero territorio nazionale. In tale quadro il Comune di VEGLIE ricade in Zona Sismica 4.

Di seguito si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_g/g$ ]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $a_g/g$ ]
<b>1</b>	<b>&gt; 0.25</b>	<b>0.35</b>
<b>2</b>	<b>0.15 – 0.25</b>	<b>0.25</b>
<b>3</b>	<b>0.05 – 0.15</b>	<b>0.15</b>
<b>4</b>	<b>&lt; 0.05</b>	<b>0.05</b>

Nelle NTC, l’azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla “pericolosità di base” del sito di costruzione, che è l’elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell’azione sismica. Il primo passo consiste nella determinazione di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Tali valori sono forniti dall’Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV) in base agli studi del Gruppo di Lavoro MPS (2004), che ha provveduto alla redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 riportata nel Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici) - Fig. 8 -.

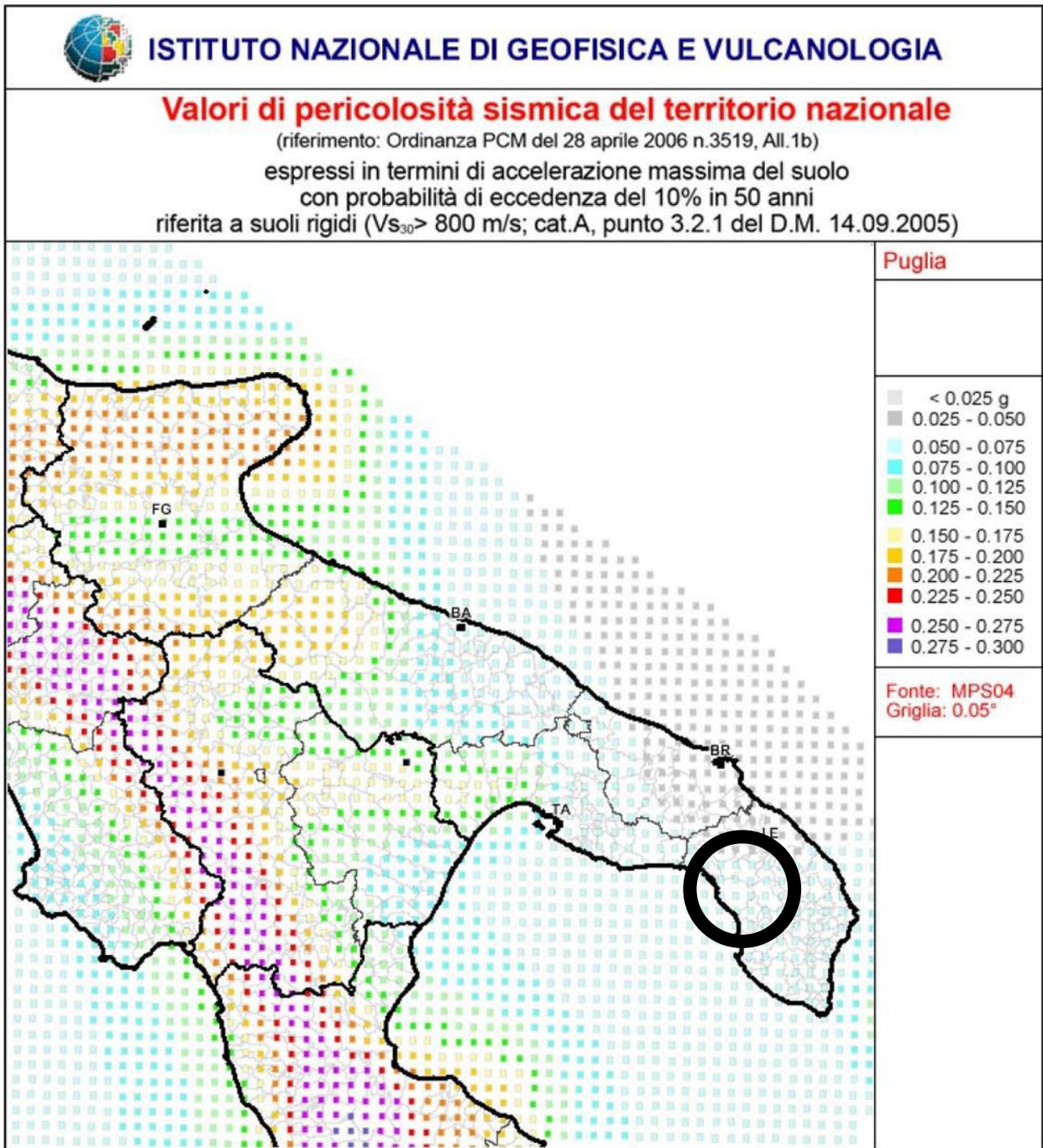


Fig. 8 – Stralcio Mappa della Pericolosità sismica



Secondo le nuove NTC 2018 per quanto riguarda l’approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall’espressione:

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

con

$h_i$  = spessore dello stato isesimo

$V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio nell’i-esimo strato

$N$  = numero di strati

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Il caso in esame ricade nella categoria topografica T1.

Le categorie di sottosuolo individuate dalle NTC 2018 sono le seguenti:

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

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

### ***Area Impianto Sezione A***

In funzione della profondità del piano di fondazione e dello spessore inferiore ai 3 metri, di terreno dalle caratteristiche meccaniche più scadenti (indagini VEG\_IS1, VEG\_IS3, VEG\_IS4, VEG\_IS5):

$V_{seq} > 800$  m/s e il suolo di fondazione, ai sensi delle N.T.C. 2018, e la **Categoria** di suolo secondo le NTC 2018 risulta la **"A"** (*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m*).

### ***Area Impianto Sezione B***

In funzione della stratigrafia del terreno e del bedrock "geofisico" (indagine VEG\_IS2):

$V_{seq} > 800$  m/s e il suolo di fondazione, ai sensi delle N.T.C. 2018, e la **Categoria** di suolo secondo le NTC 2018 risulta la **"A"** (*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m*).

## 9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini svolte in questo studio (rilevamento geologico di superficie; analisi delle litologie affioranti; analisi stratigrafiche attraverso indagini geofisiche con report in allegato; caratteristiche morfologiche ed idrogeologiche; caratterizzazione geotecnica e sismica preliminare dei terreni di fondazione) hanno permesso di accertare quanto segue:

- l'area oggetto di interesse progettuale, al di sotto di una più o meno spessa copertura di terreno vegetale alterato, è caratterizzata dalla presenza in affioramento rocce calcaree (Sez. A) e "litotipi calcarenitici" (Sez. B);

- assenza di movimenti gravitativi in atto o potenziali che possono interessare l'equilibrio geostatico generale;

- l'area interessata dalle opere in progetto non risulta interessata dalla presenza di una falda superficiale.;

- dall'analisi del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia, si evidenzia come nell'area interessata dall'impianto agrovoltaico di progetto, siano presenti delle perimetrazioni di bassa e media pericolosità idraulica. Tali aspetti verranno analizzati nel dettaglio nel relativo studio di compatibilità idrologica ed idraulica;

- dall'analisi del parametro velocità equivalente ottenuto dalle indagini sismiche effettuate nelle aree di intervento, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è possibile classificare preliminarmente i terreni che costituiranno il piano di posa delle future fondazioni nella categoria A di cui alla tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018.

Il rilevamento di dettaglio e gli studi effettuati in corrispondenza dell'area di progetto hanno consentito di valutare le caratteristiche geologiche dei litotipi affioranti oltre alla compatibilità degli interventi previsti in funzione dell'assetto geomorfologico ed idrogeologico.

*Dovendo sempre supporre un certo grado di imprevedibilità, caratteristica propria delle formazioni geologiche, si rimanda comunque al progettista e/o direttore dei lavori l'onere di verificare, in fase esecutiva, la rispondenza tra quanto previsto e quanto effettivamente riscontrato, differendo in caso contrario le soluzioni progettuali sulla scorta di ulteriori approfondimenti.*



Dalla sintesi delle attività e delle indagini svolte si può concludere che non esistono motivi di criticità dell'area di progetto in ordine alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche tali da rendere difficoltosa o peggio impossibile la realizzazione del progetto.

**Leverano, Luglio 2023**

**il geologo:**

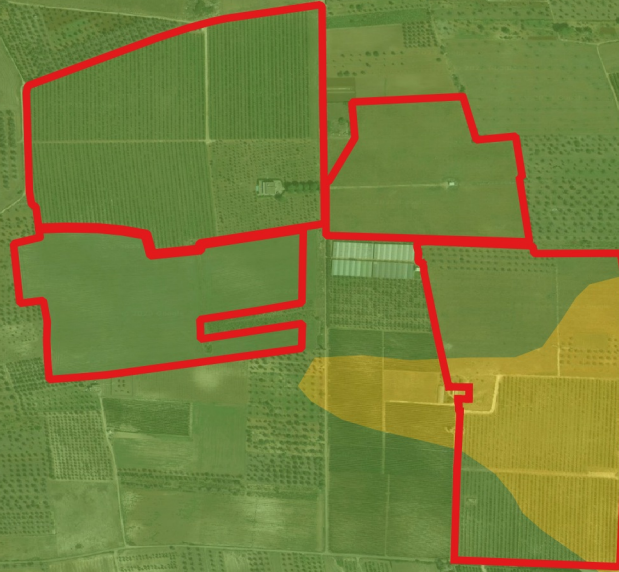
**dott. Giovanni Paolo Mega**


# **ALLEGATO 1**

## **Carta Geolitologica**

# CARTA GEOLITOLOGICA



## Legenda

### Impianto

— Perimetro Impianto

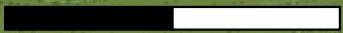
### Litologia

— Sabbie calcaree

— Calcareniti

— Calcari dolomitici

0 250 500 m

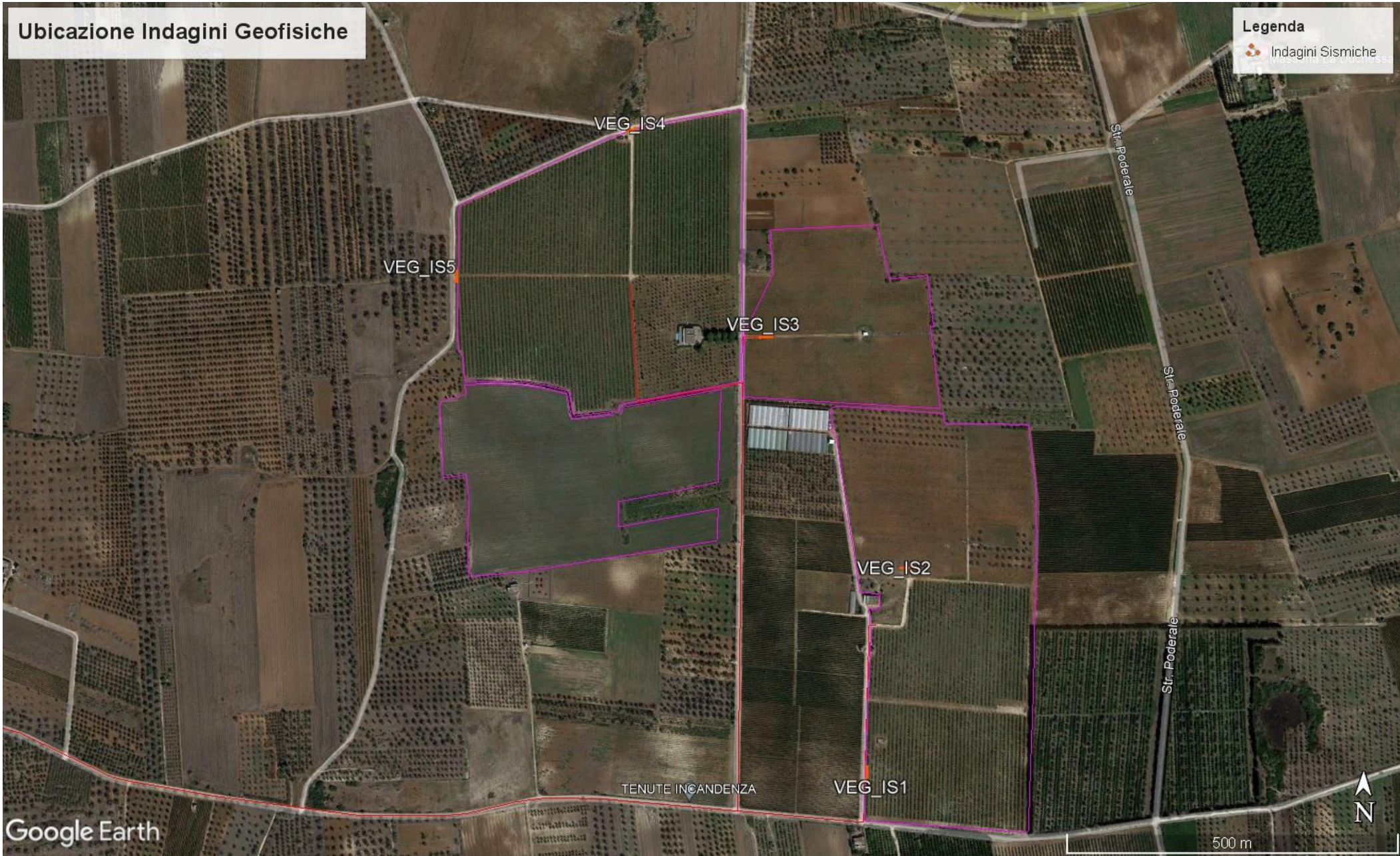


# **ALLEGATO 2**

**Indagini sismiche a rifrazione & M.A.S.W.**

# Ubicazione Indagini Geofisiche

**Legenda**  
Indagini Sismiche



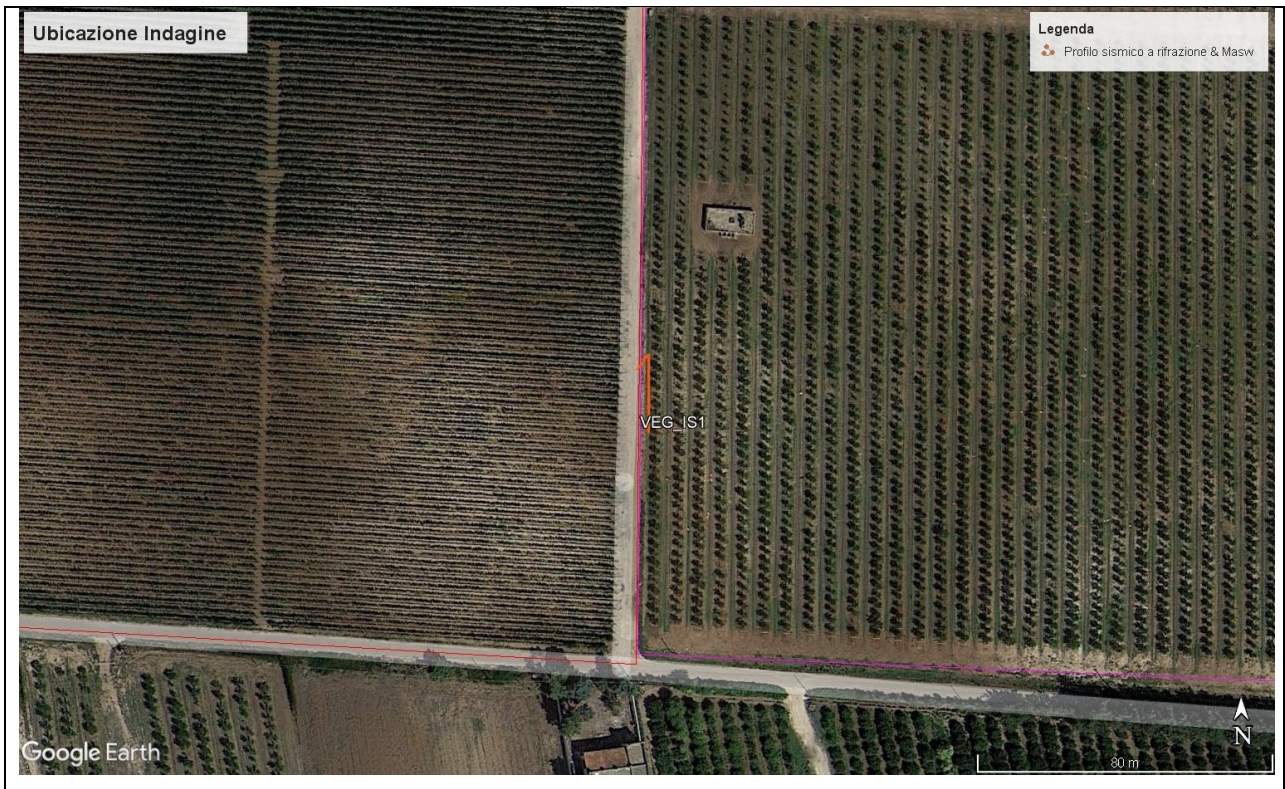
## VEG\_IS1

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

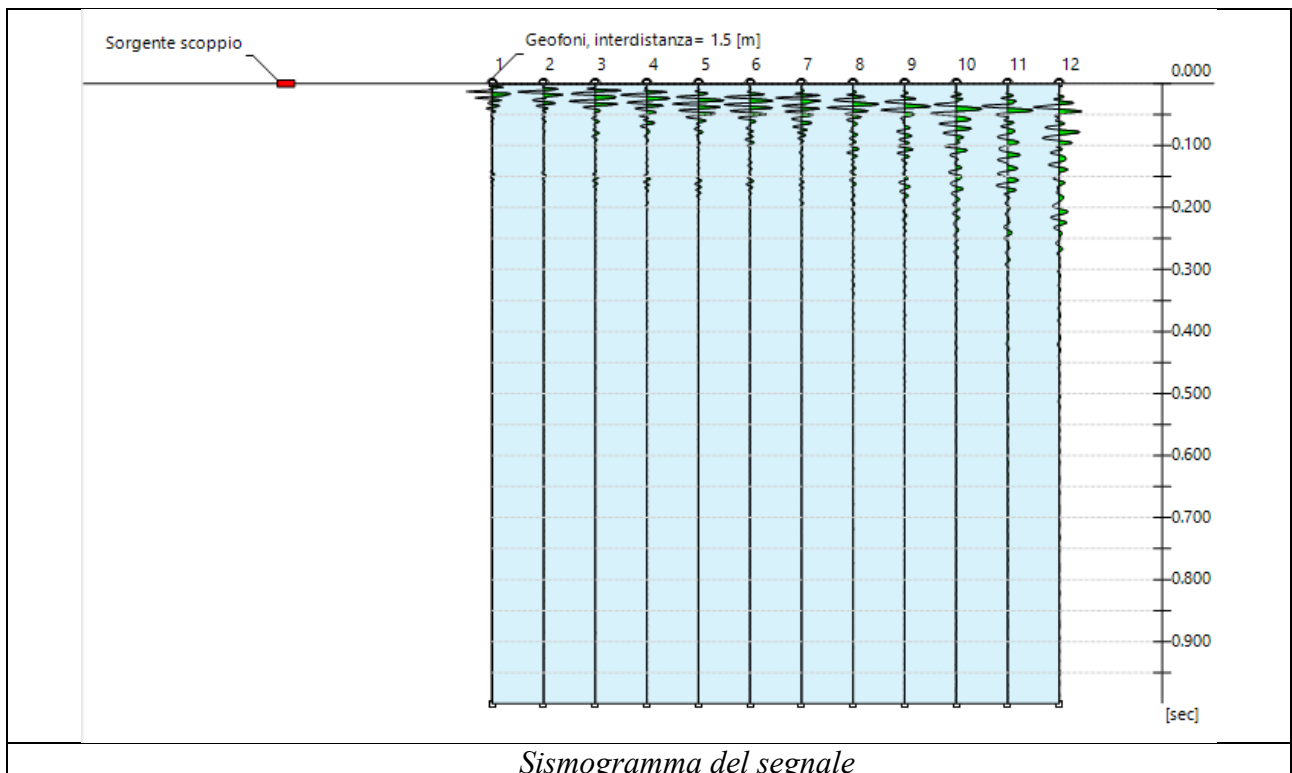
Interdistanza geofonica: 1,50 m





### INDAGINE M.A.S.W.

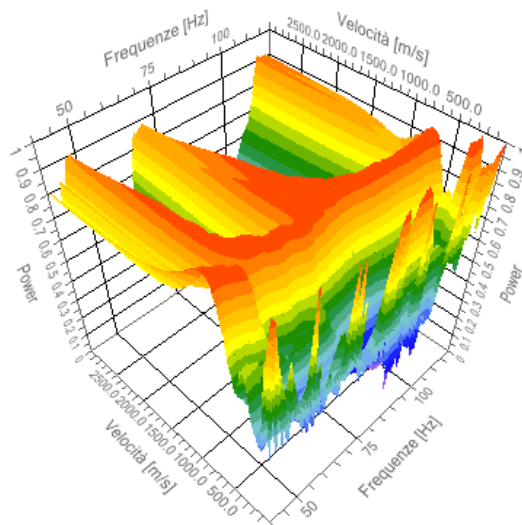
N. tracce 12  
 Durata acquisizione [msec] 1000.0  
 Interdistanza geofoni [m] 1.5  
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	40
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	120
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	3000
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.08	1.08	1800.0	0.30	No	596.1	318.6
2	3.29	2.21	1800.0	0.30	No	1511.1	807.7
3	6.80	3.51	1800.0	0.30	No	1970.9	1053.5
4	10.74	3.94	1800.0	0.30	No	2253.9	1204.8
5	oo	oo	1800.0	0.30	No	2862.2	1529.9

Percentuale di errore

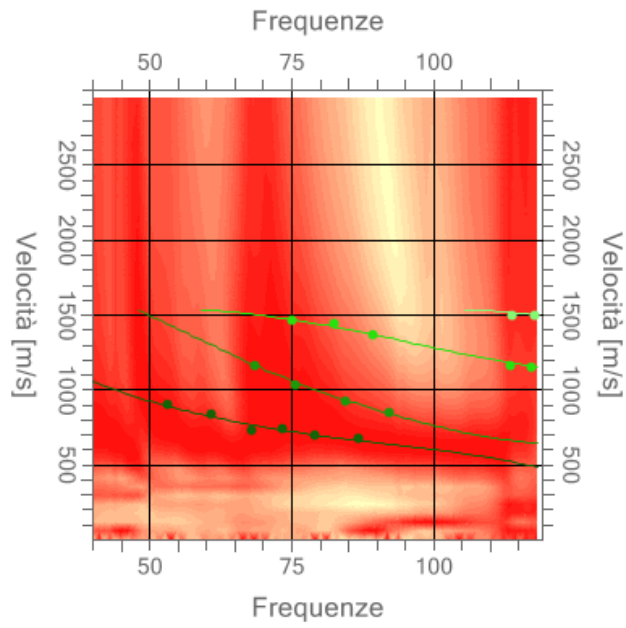
0.017%

Fattore di disadattamento della soluzione

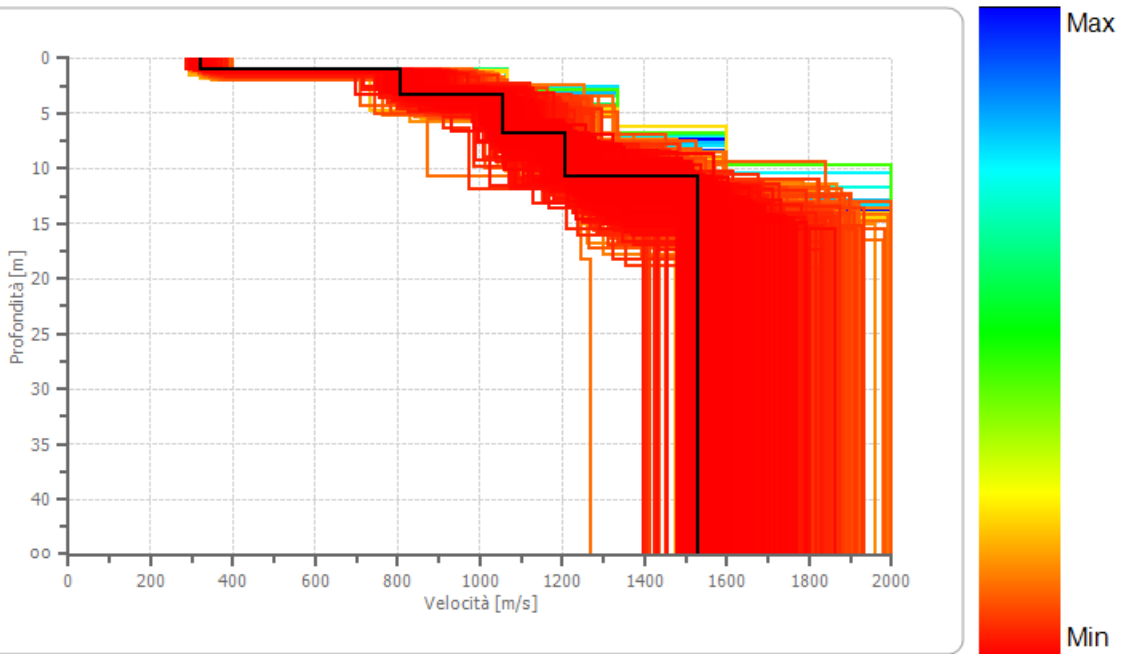
0.017



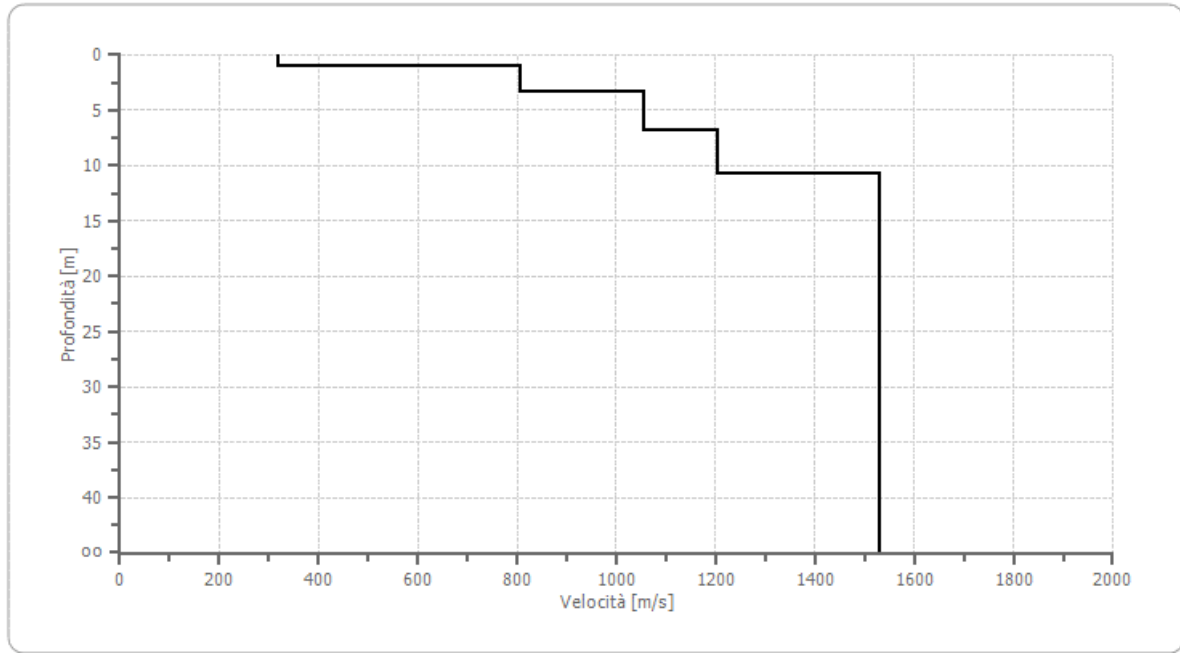
### Inversione



### Profilo di velocità



Profilo di velocità



## Risultati

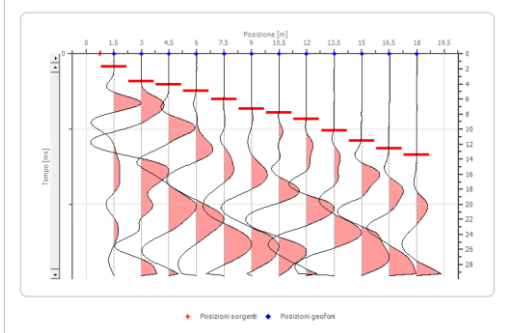
<b>Profondità piano di posa [m]</b>	1.00
<b><math>V_{s,eq}</math> [m/sec](<math>H=0,08</math> m)</b>	807.73
<b>Categoria del suolo</b>	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

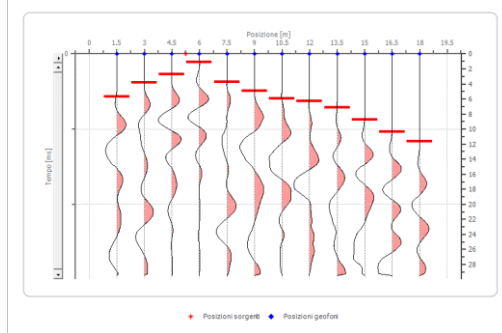
## SISMICA A RIFRAZIONE

### Geometria geofoni

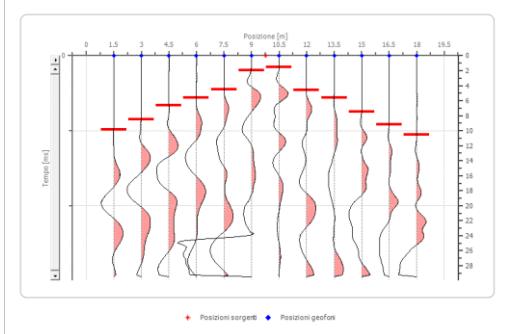
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



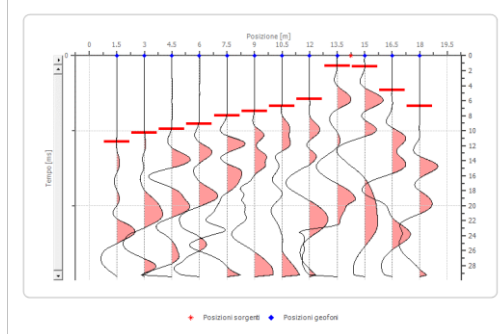
**Battuta 1**



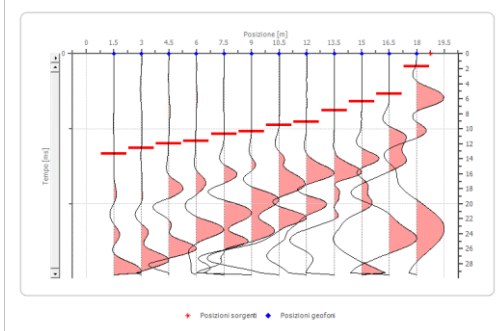
**Battuta 2**



**Battuta 3**

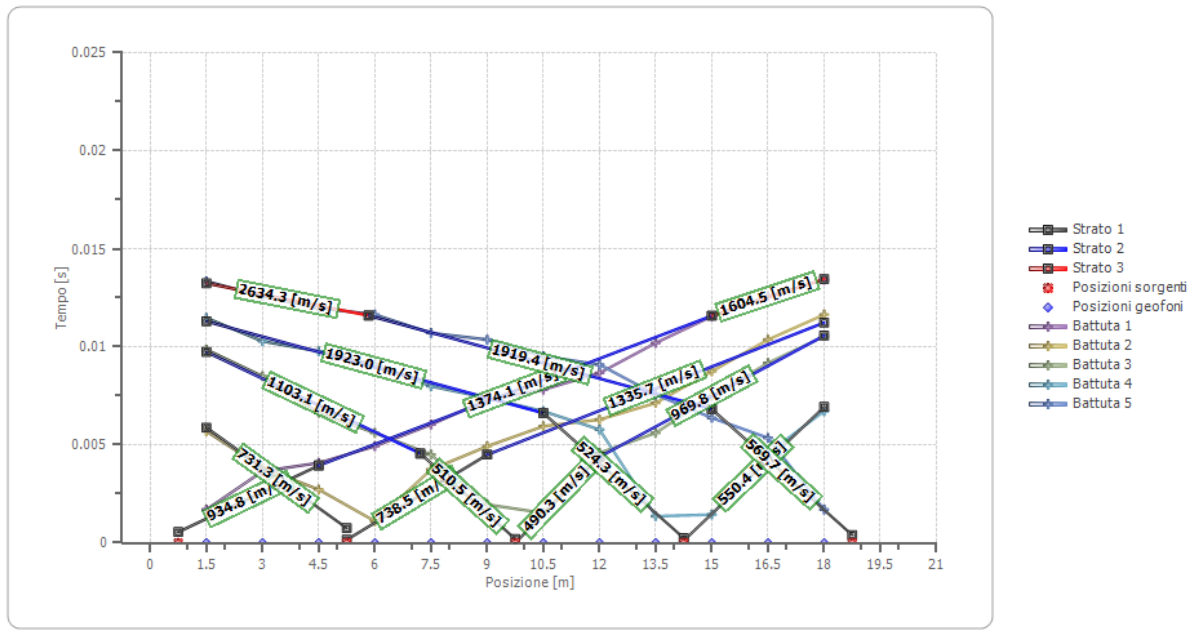


**Battuta 4**

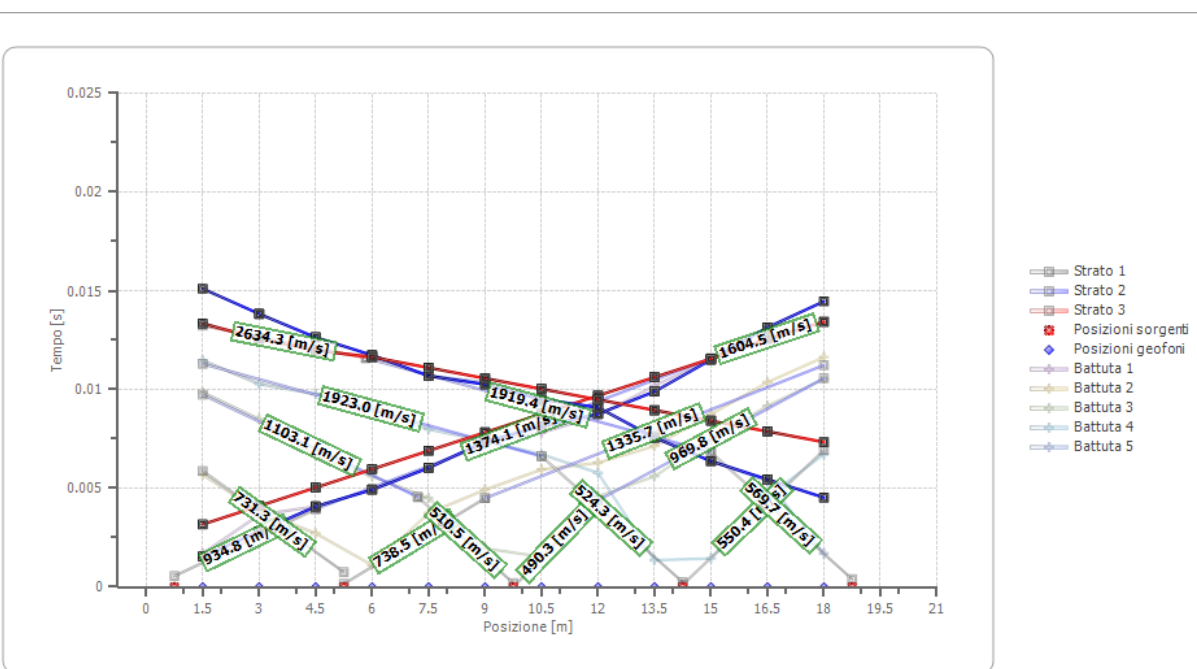


**Battuta 5**

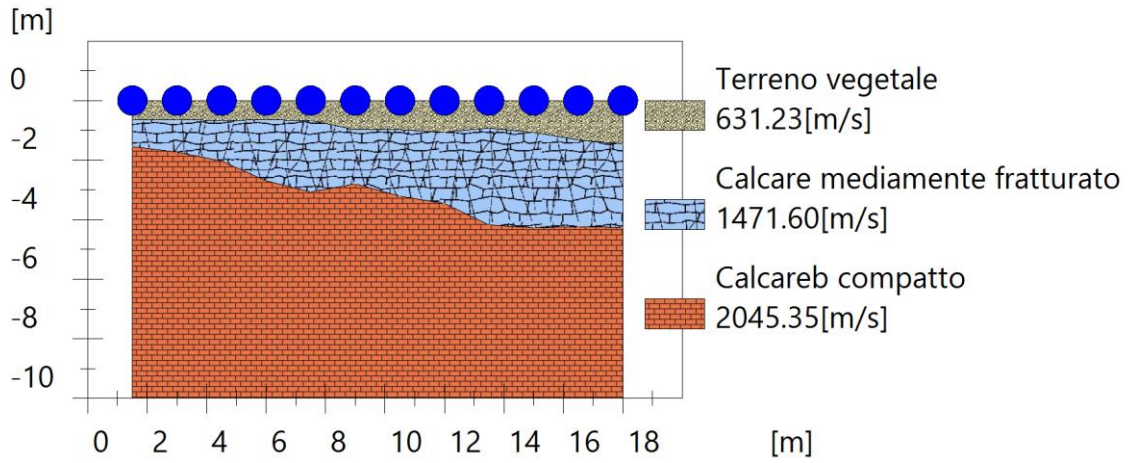
## Dromocrone



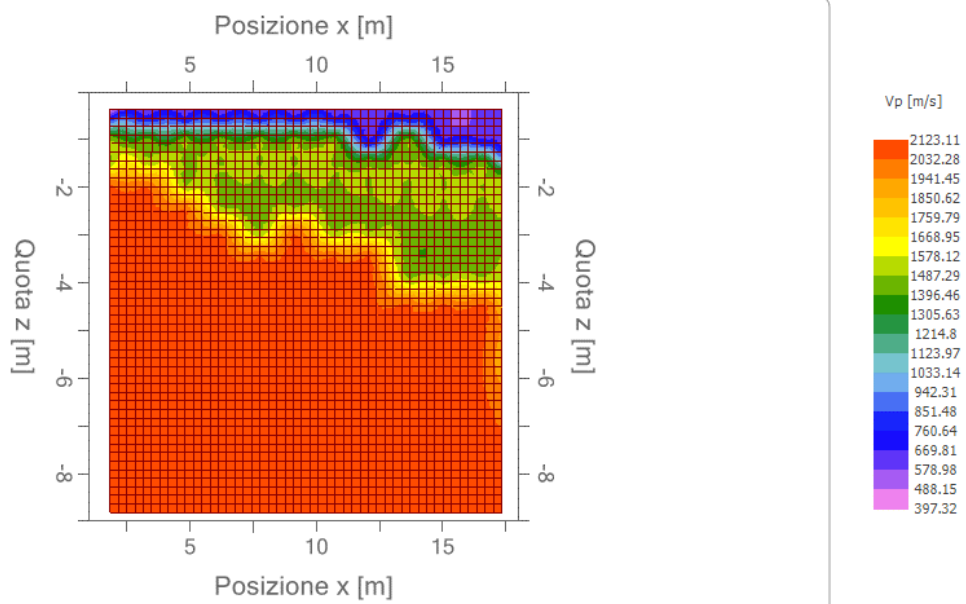
## Dromocrone traslate



### Interpretazione col metodo G.,R.M.



*Sezione GRM*



*Velocità  $v_p$*

## VEG\_IS2

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

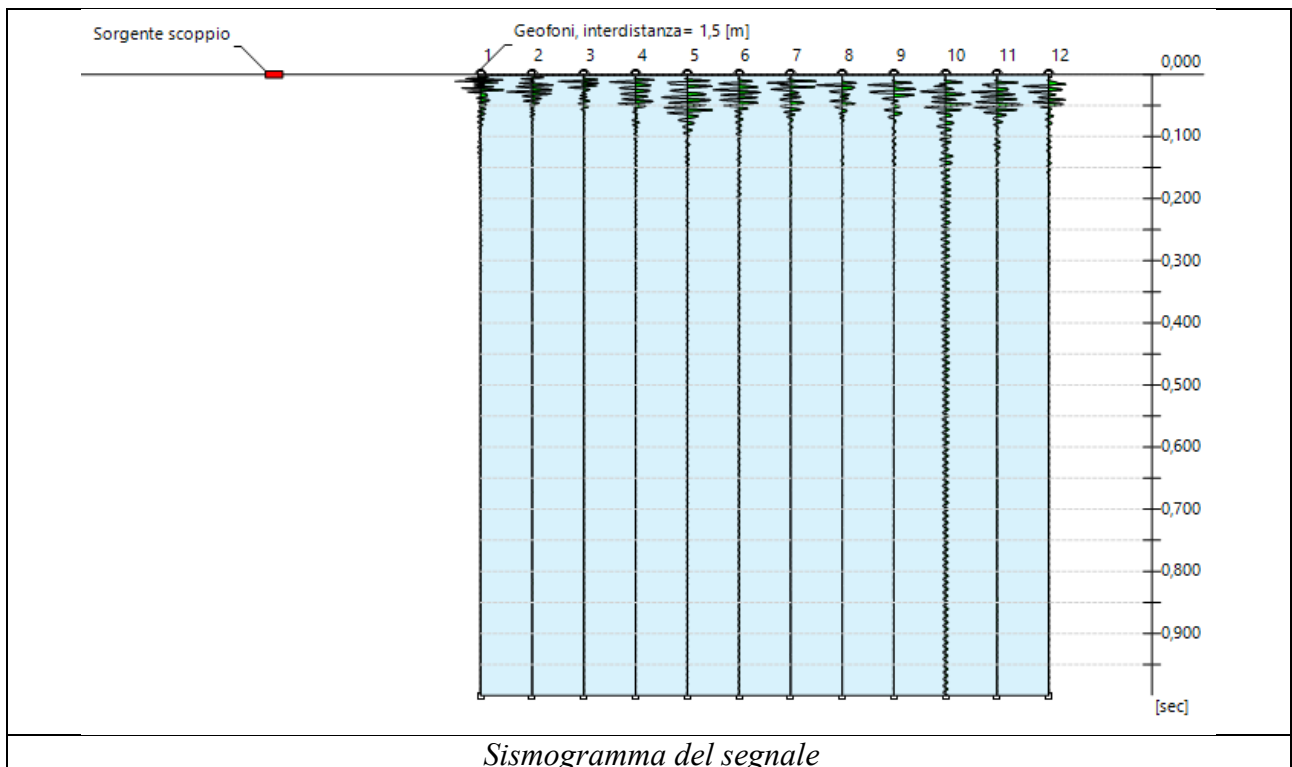
Interdistanza geofonica: 1,50 m





### INDAGINE M.A.S.W.

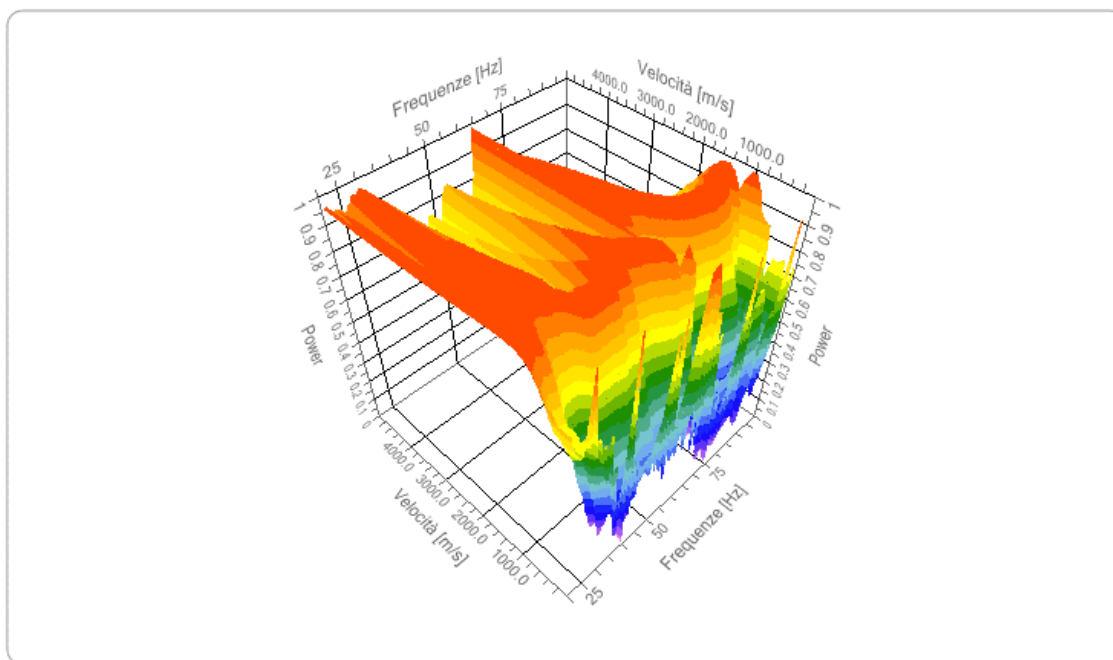
N. tracce 12  
 Durata acquisizione [msec] 1000.0  
 Interdistanza geofoni [m] 1.5  
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 20  
 Frequenza massima di elaborazione [Hz] 100  
 Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1  
 Velocità massima di elaborazione [m/sec] 5000  
 Intervallo velocità [m/sec] 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.09	1.09	1800.0	0.30	No	644.6	344.6
2	4.21	3.12	1800.0	0.30	No	1796.1	960.1
3	5.82	1.61	1800.0	0.30	No	1806.1	965.4
4	10.39	4.56	1800.0	0.30	No	2691.5	1438.7
5	oo	oo	1800.0	0.30	No	4904.7	2621.7

Percentuale di errore

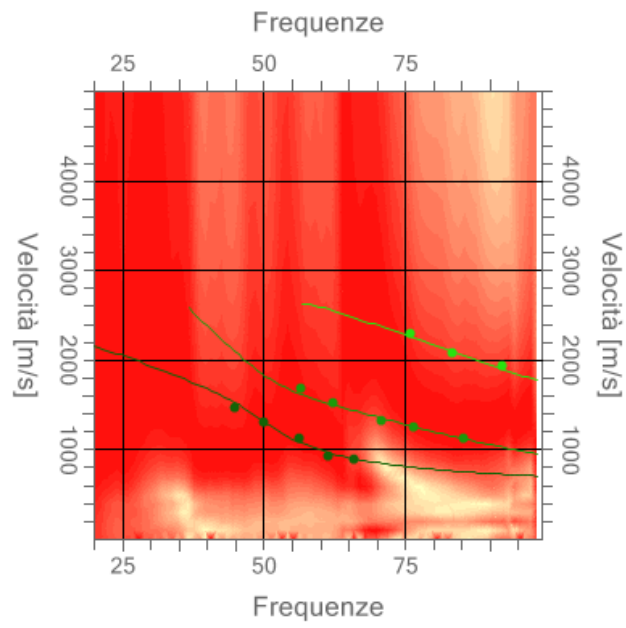
0.053%

Fattore di disadattamento della soluzione

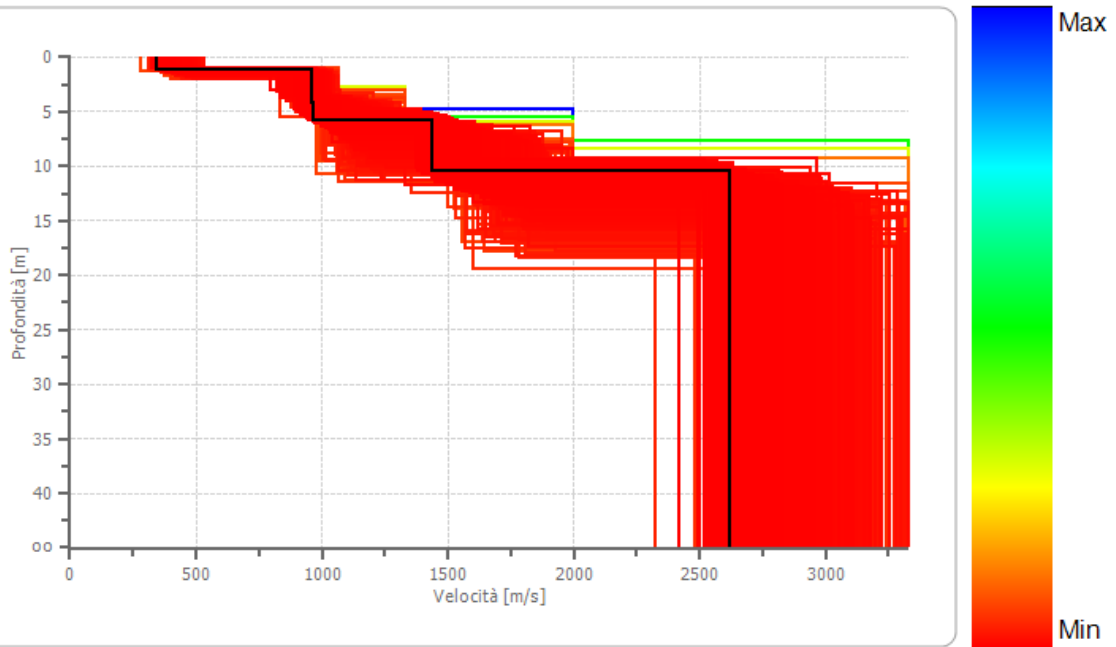
0.025



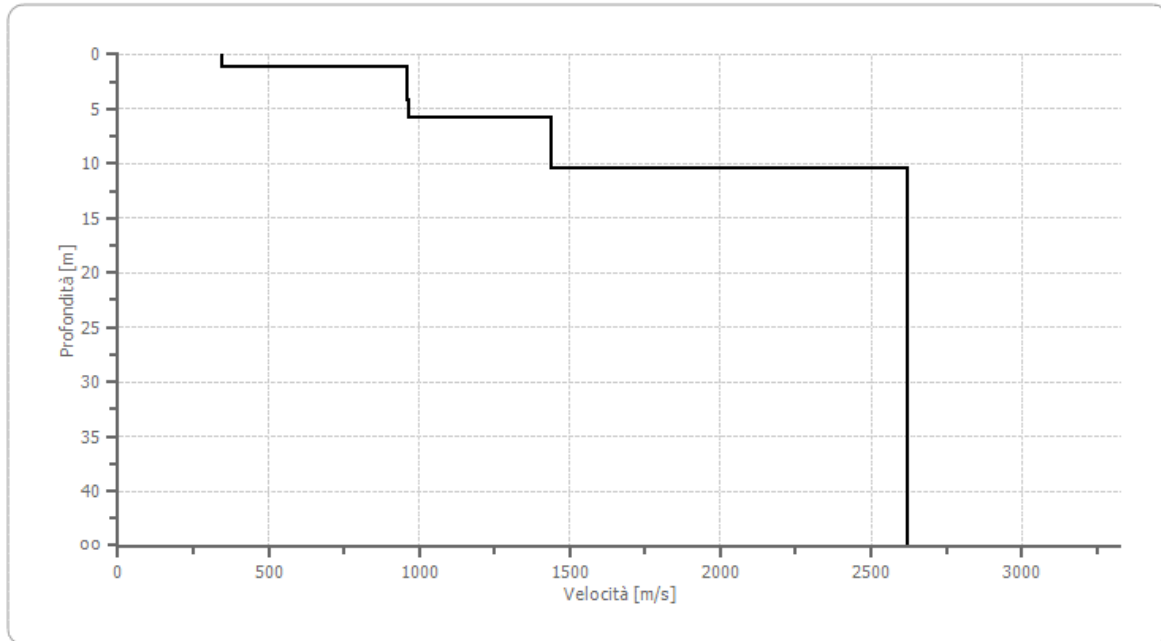
### Inversione



### Profilo di velocità



Profilo di velocità



## Risultati

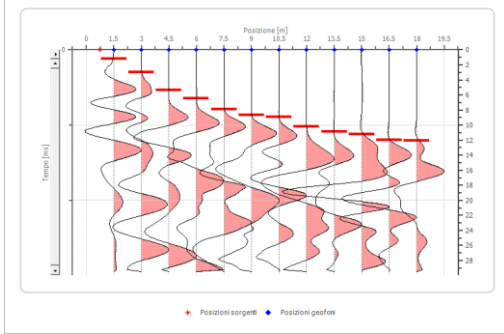
<b>Profondità piano di posa [m]</b>	1.00
<b>Vs,eq [m/sec](H=0.09 m)</b>	960.06
<b>Categoria del suolo</b>	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

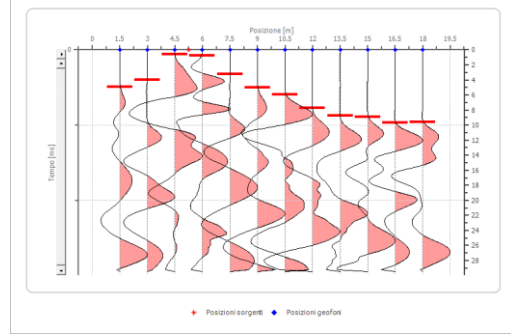
## SISMICA A RIFRAZIONE

### Geometria geofoni

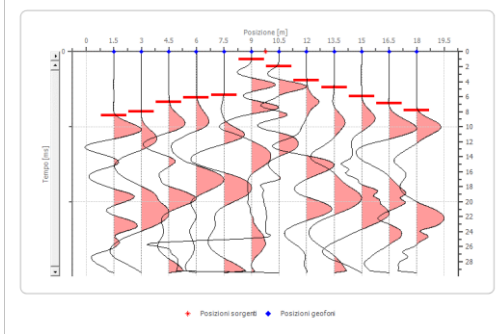
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



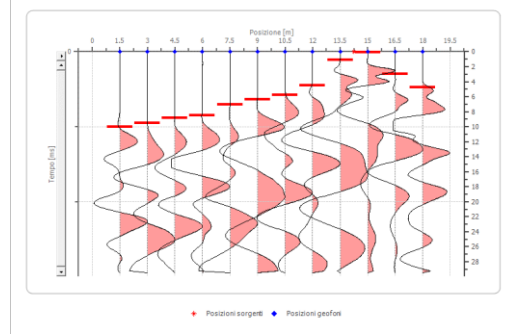
**Battuta 1**



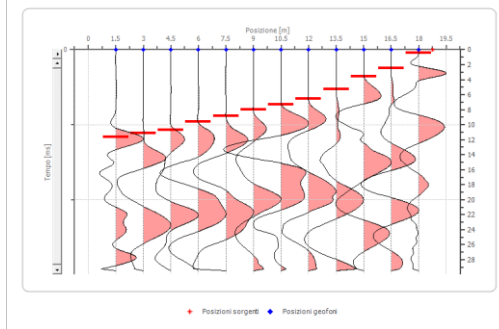
**Battuta 2**



**Battuta 3**

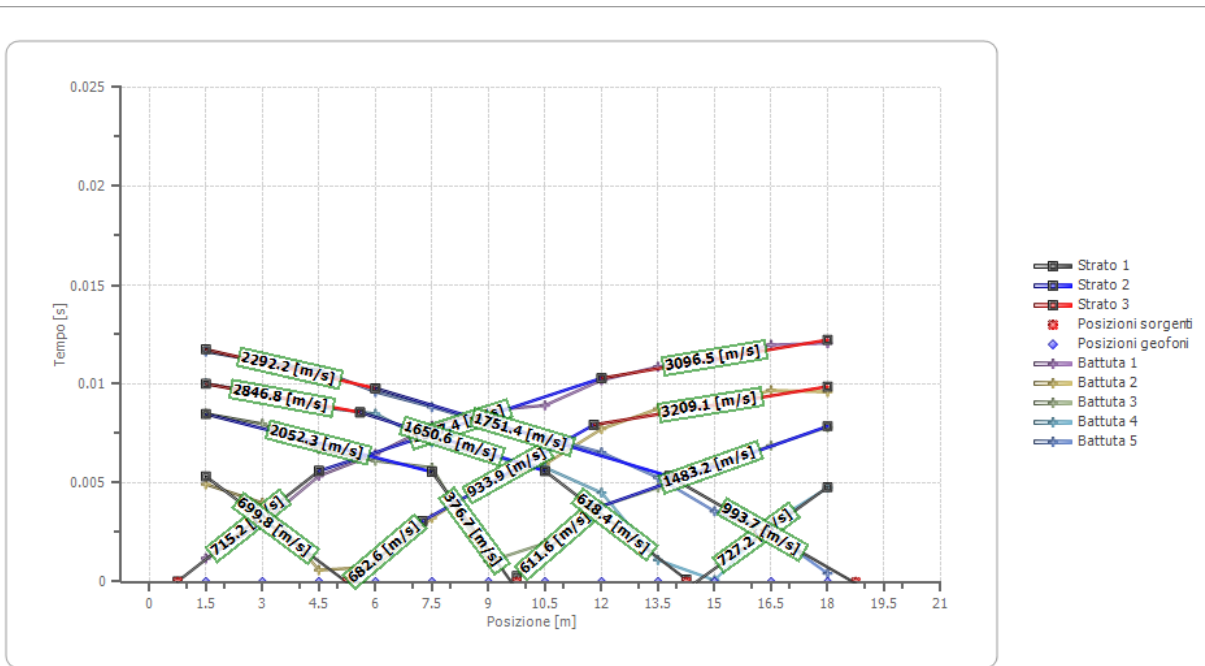


**Battuta 4**

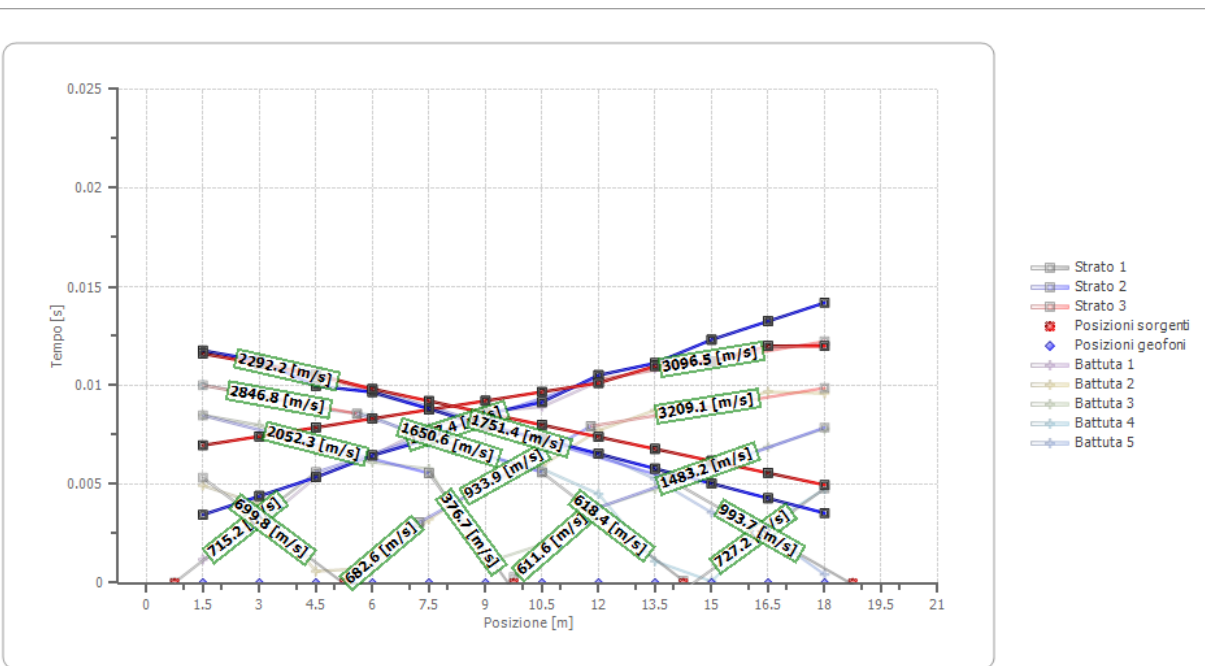


**Battuta 5**

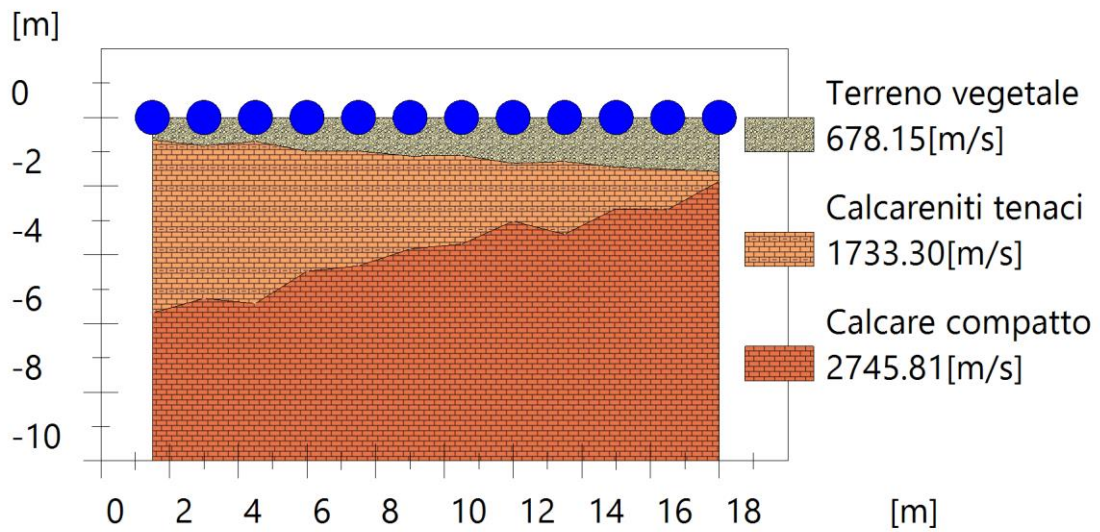
## Dromocrone



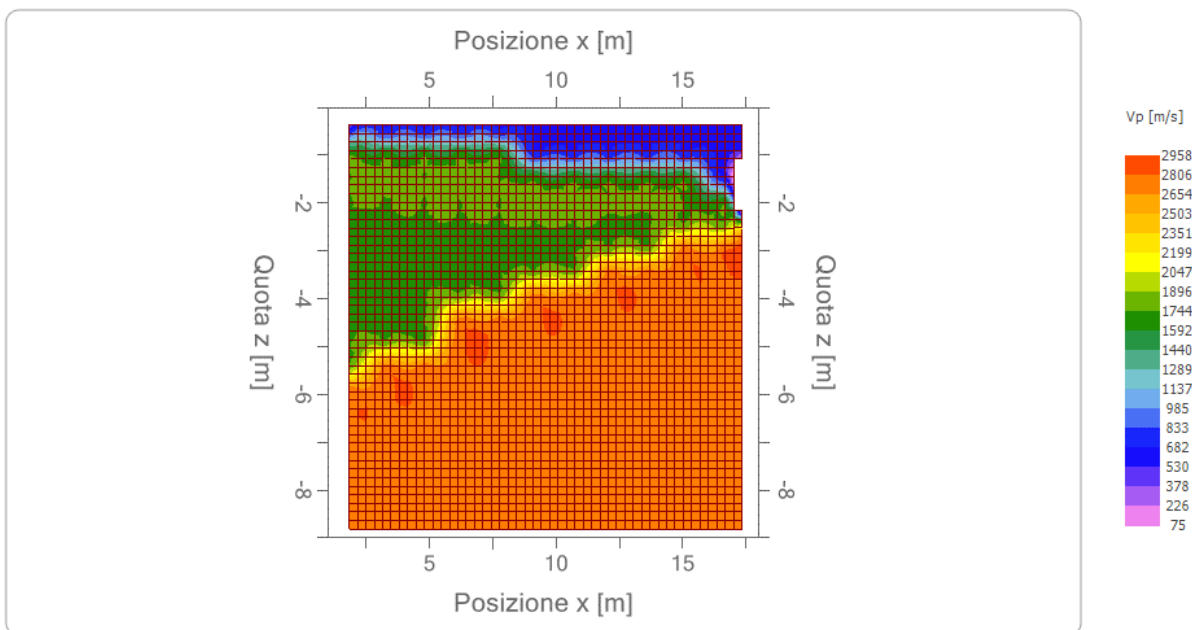
## Dromocrone traslate



### Interpretazione col metodo G.,R.M.



Sezione GRM



Velocità  $v_p$

## VEG\_IS3

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

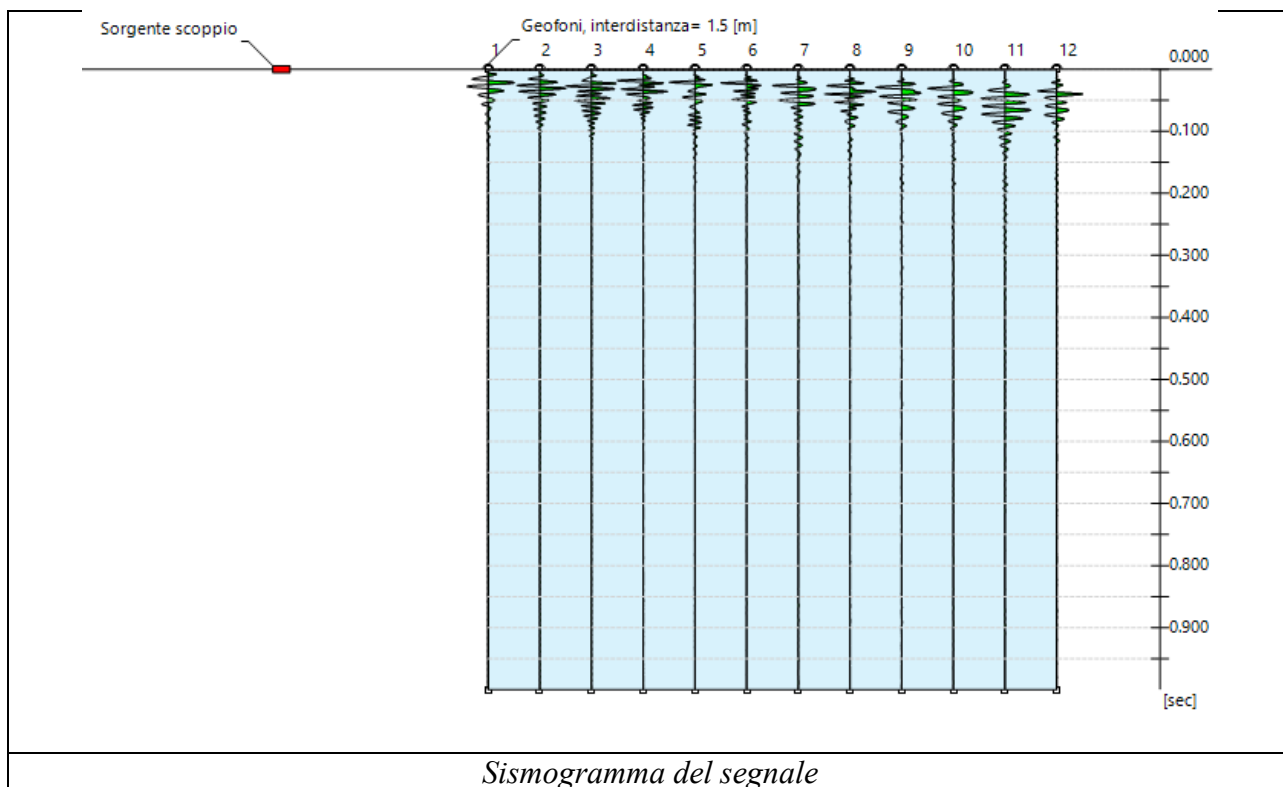
Interdistanza geofonica: 1,50 m





### INDAGINE M.A.S.W.

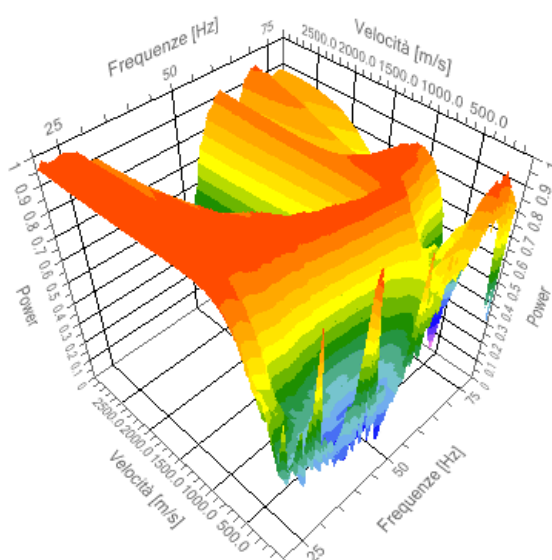
N. tracce 12  
Durata acquisizione [msec] 1000.0  
Interdistanza geofoni [m] 1.5  
Periodo di campionamento [msec] 1.00



### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	20
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	80
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	3000
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.01	1.01	1800.0	0.30	No	596.7	318.9
2	3.34	2.33	1800.0	0.30	No	1151.8	615.7
3	7.16	3.82	1800.0	0.30	No	2050.5	1096.0
4	11.51	4.35	1800.0	0.30	No	2338.5	1250.0
5	oo	oo	1800.0	0.30	No	2779.1	1485.5

Percentuale di errore

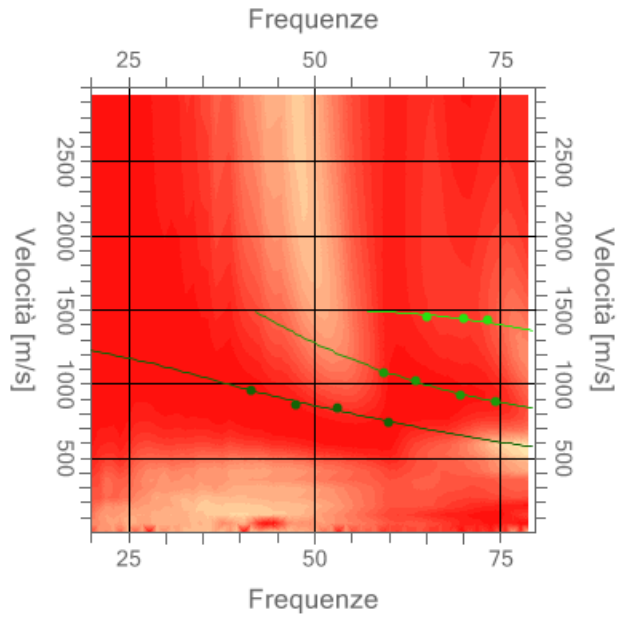
0.013%

Fattore di disadattamento della soluzione

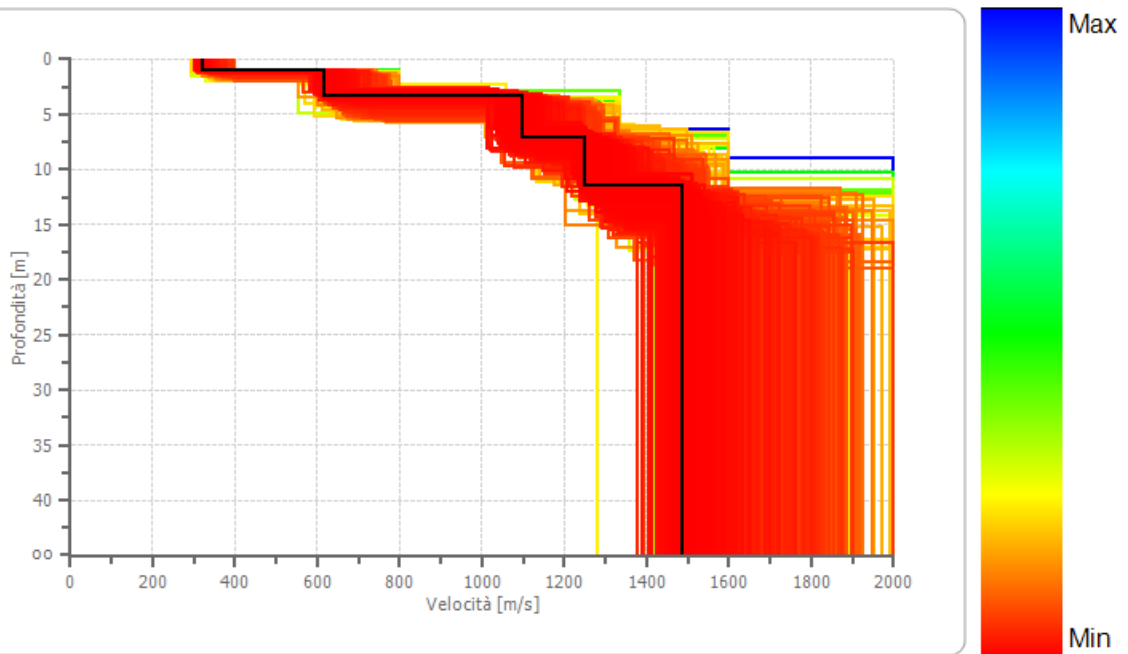
0.013



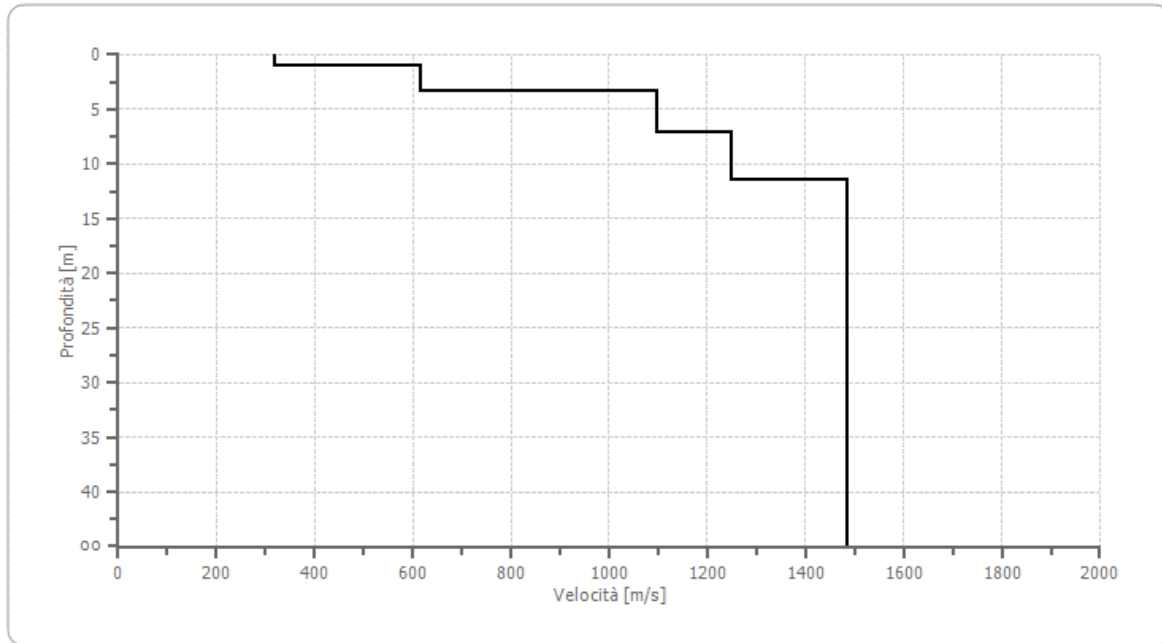
### Inversione



### Profilo di velocità



Profilo di velocità



## Risultati

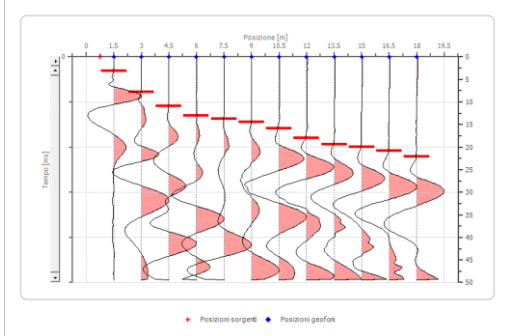
<b>Profondità piano di posa [m]</b>	1.00
<b>Vs,eq [m/sec](H=2.34 m)</b>	1096.04
<b>Categoria del suolo</b>	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

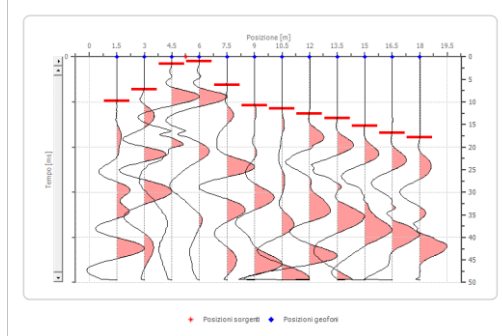
## SISMICA A RIFRAZIONE

### Geometria geofoni

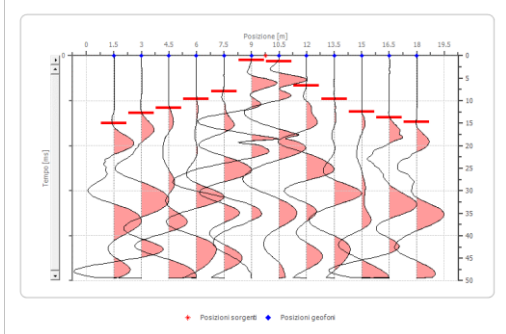
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



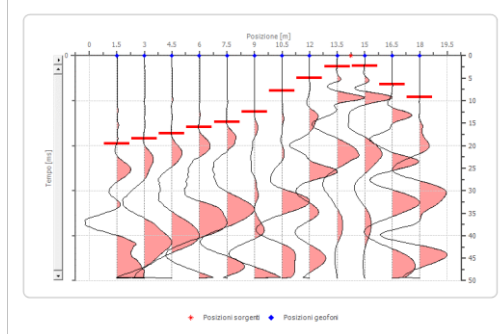
**Battuta 1**



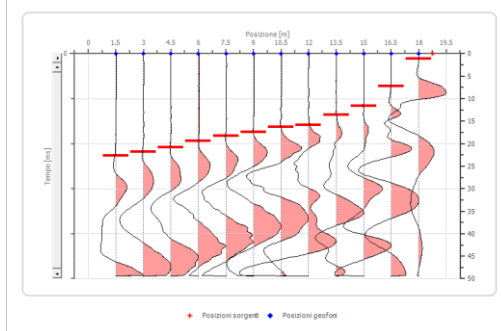
**Battuta 2**



**Battuta 3**



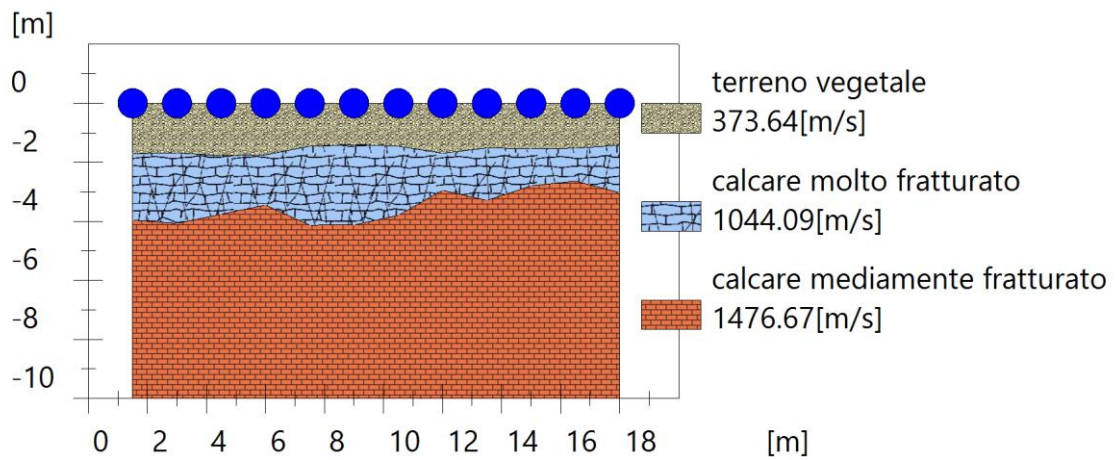
**Battuta 4**



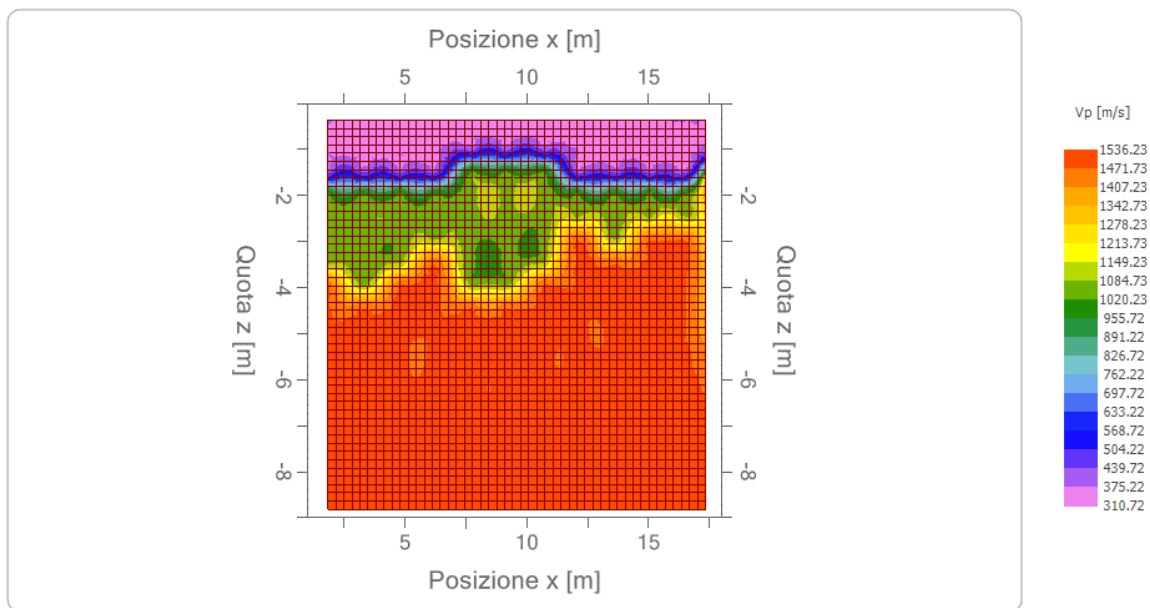
**Battuta 5**



### Interpretazione col metodo G.,R.M.



Sezione GRM



Velocità  $v_p$

## VEG\_IS4

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

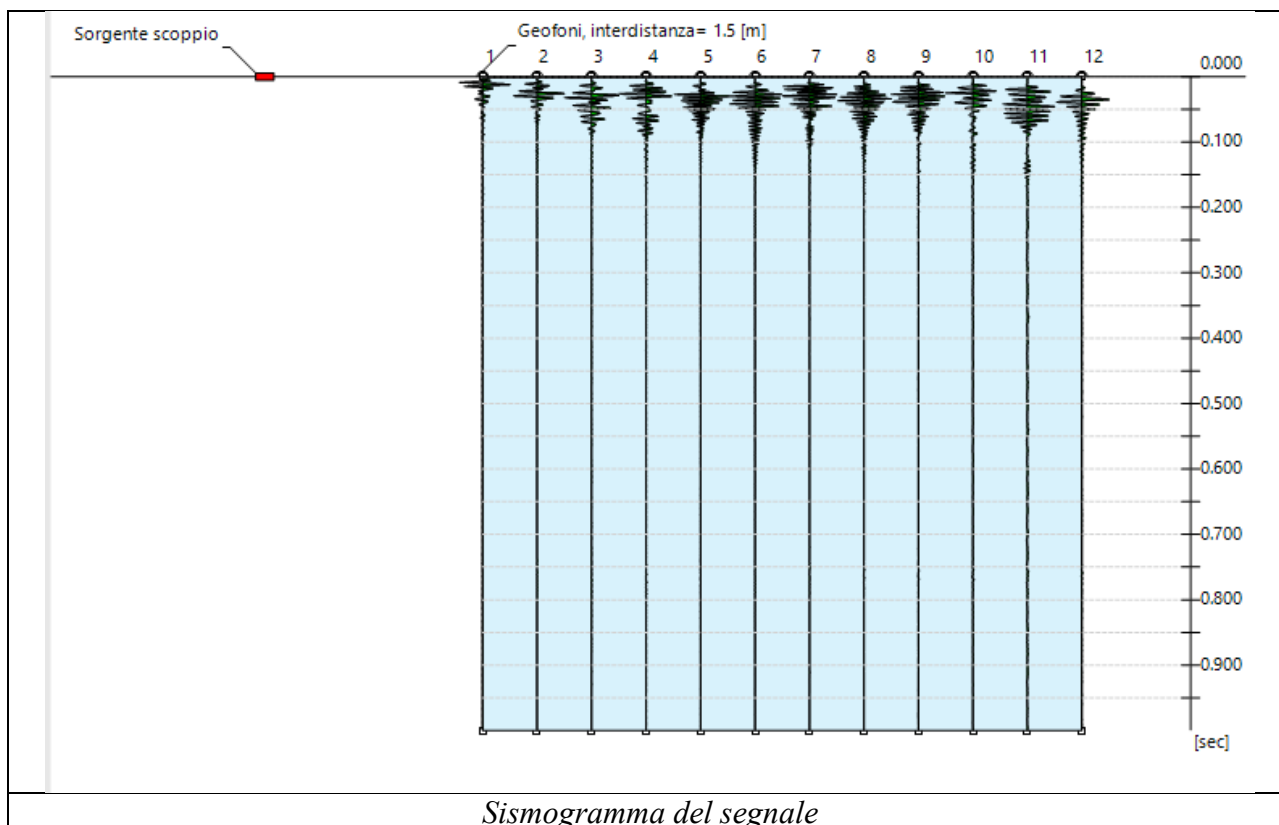
Interdistanza geofonica: 1,50 m





### INDAGINE M.A.S.W.

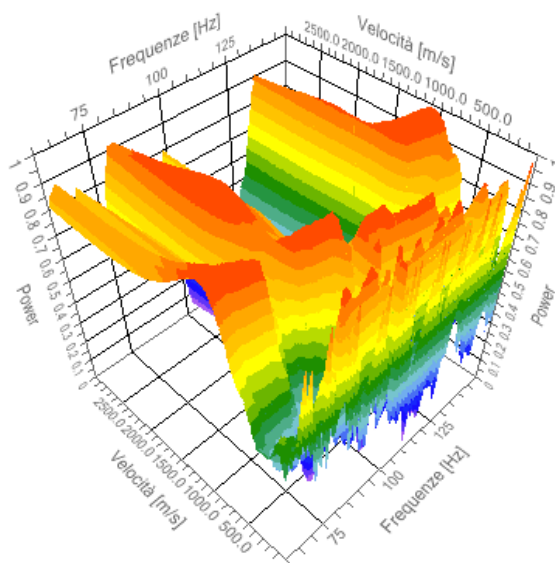
N. tracce 12  
 Durata acquisizione [msec] 1000.0  
 Interdistanza geofoni [m] 1.5  
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	60
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	150
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	3000
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	1800.0	0.30	No	375.4	200.6
2	3.19	2.18	1800.0	0.30	No	1200.2	641.5
3	7.11	3.92	1800.0	0.30	No	1571.4	839.9
4	9.15	2.04	1800.0	0.30	No	1721.8	920.3
5	oo	oo	1800.0	0.30	No	2890.2	1544.9

Percentuale di errore

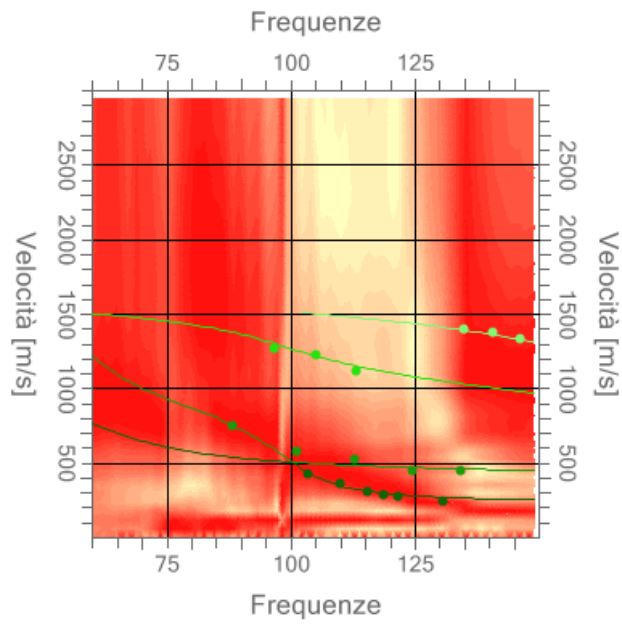
0.039%

Fattore di disadattamento della soluzione

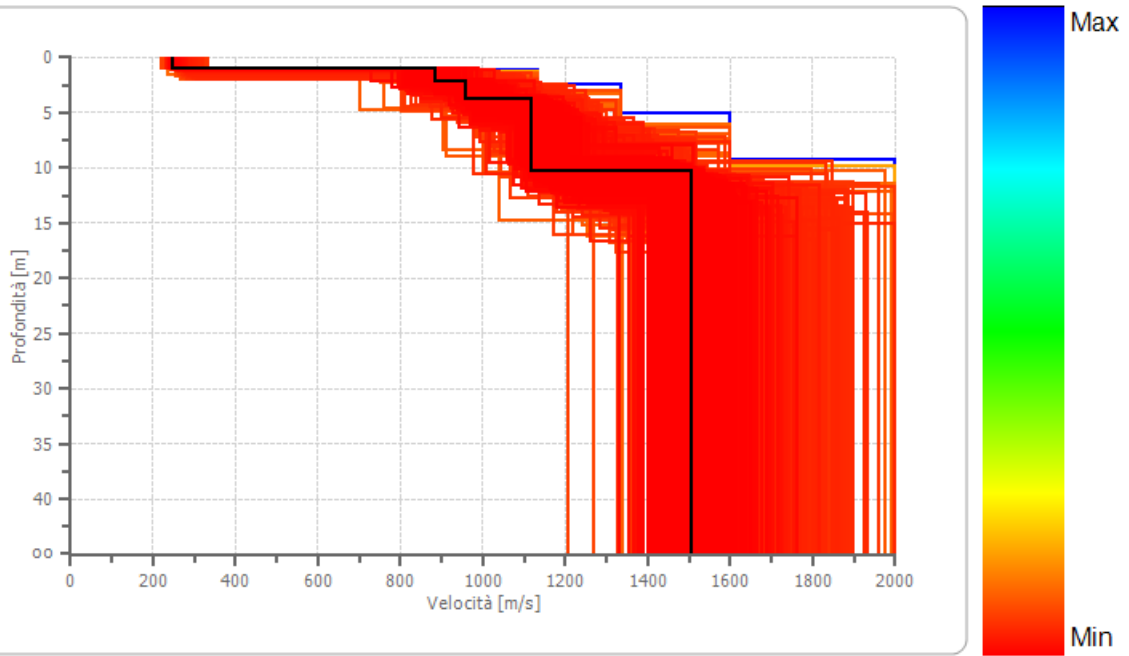
0.036



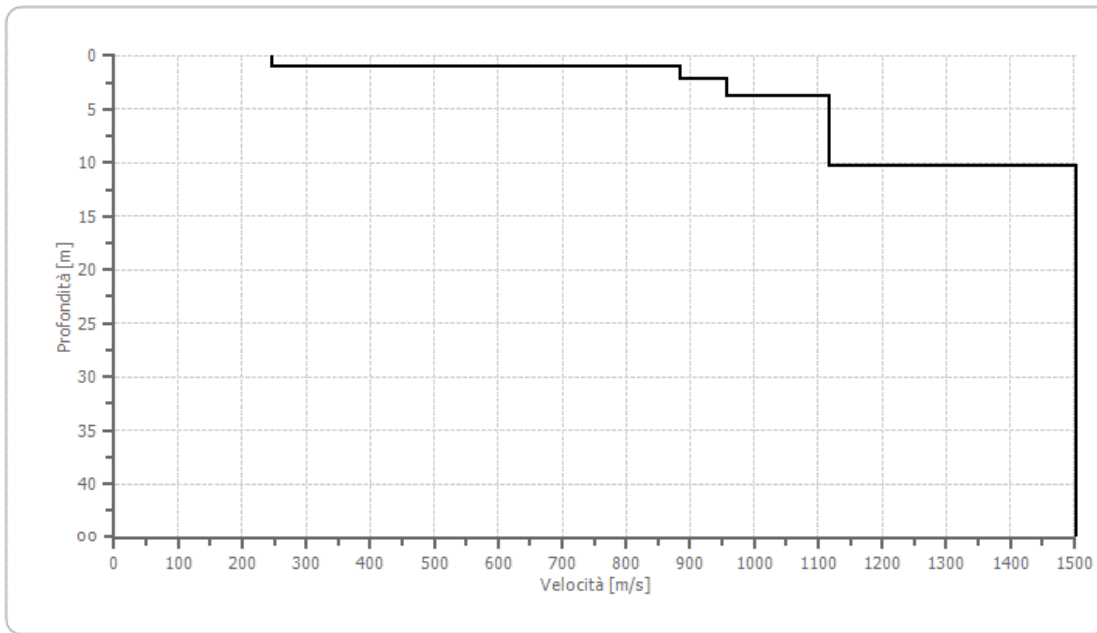
### Inversione



### Profilo di velocità



Profilo di velocità



## Risultati

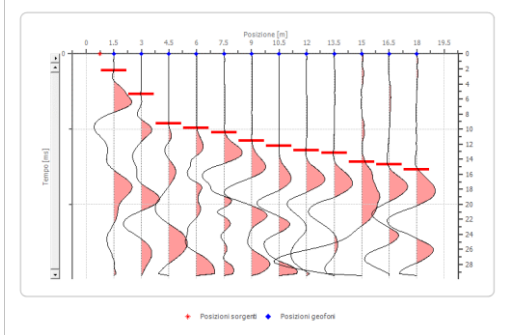
<b>Profondità piano di posa [m]</b>	1.00
<b>Vs,eq [m/sec](H=2,19 m)</b>	839.93
<b>Categoria del suolo</b>	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

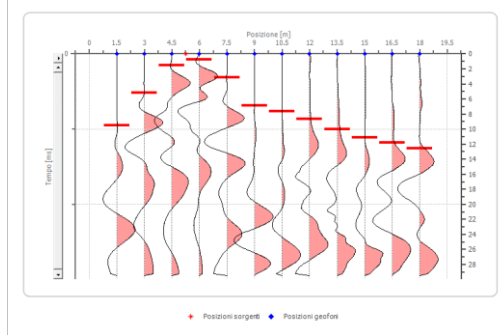
## SISMICA A RIFRAZIONE

### Geometria geofoni

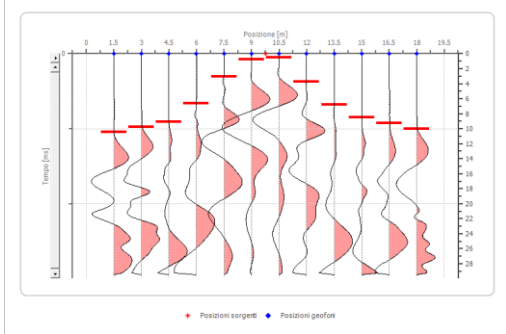
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



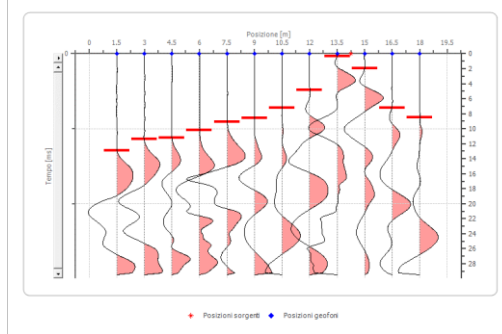
**Battuta 1**



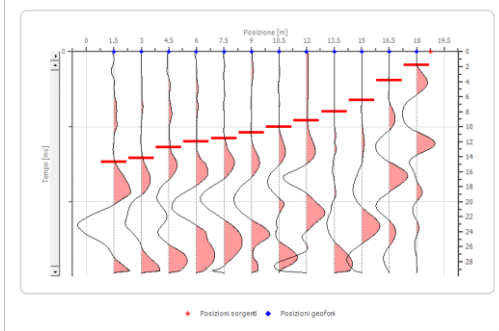
**Battuta 2**



**Battuta 3**

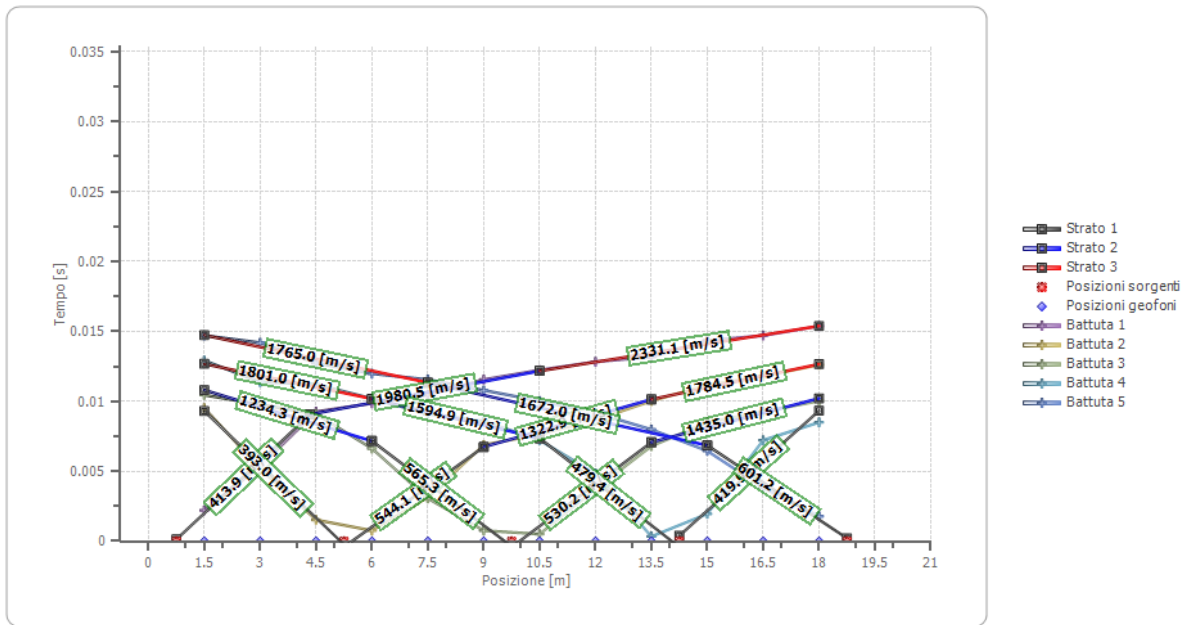


**Battuta 4**

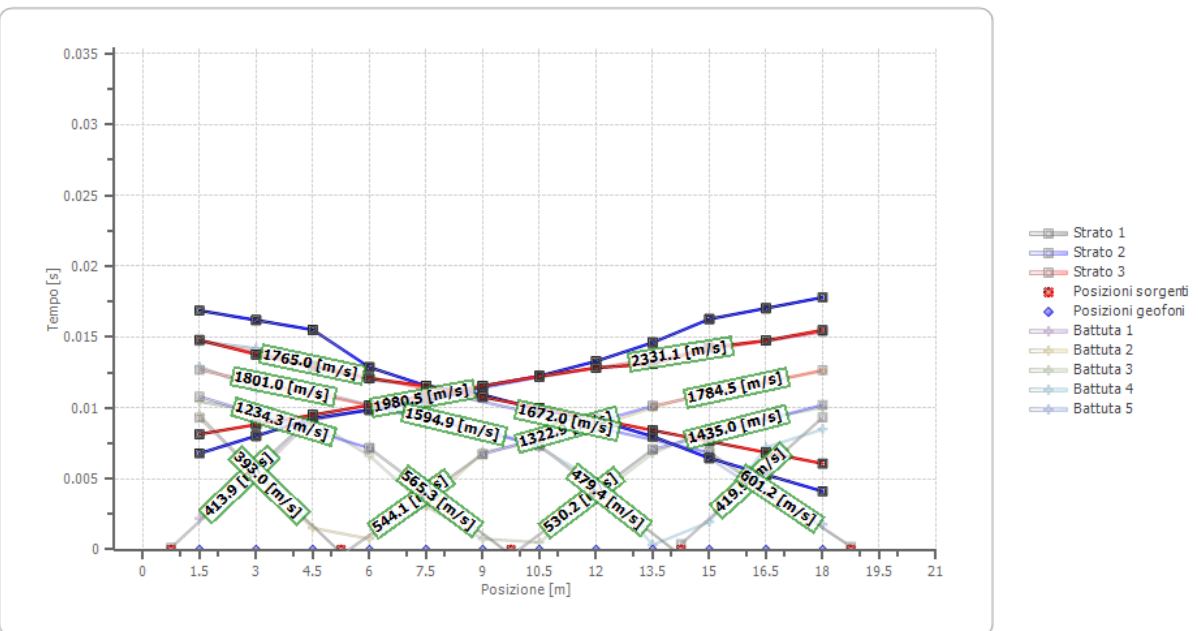


**Battuta 5**

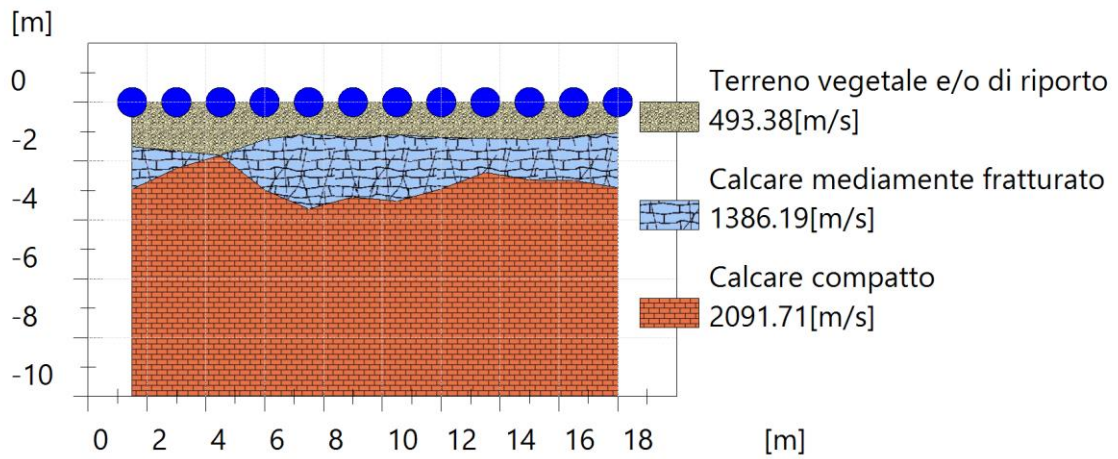
## Dromocrone



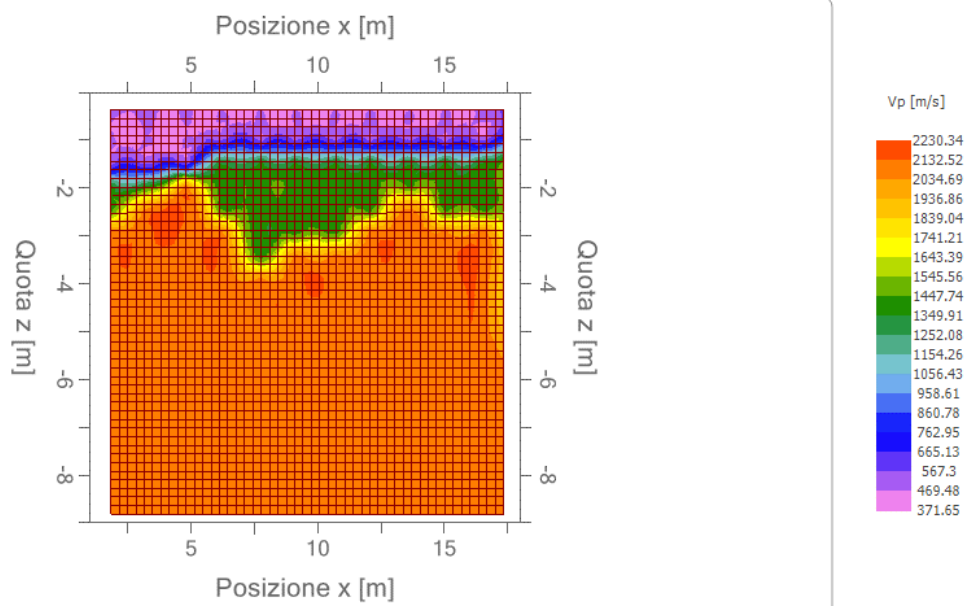
## Dromocrone traslate



### Interpretazione col metodo G.,R.M.



Sezione GRM



Velocità  $v_p$

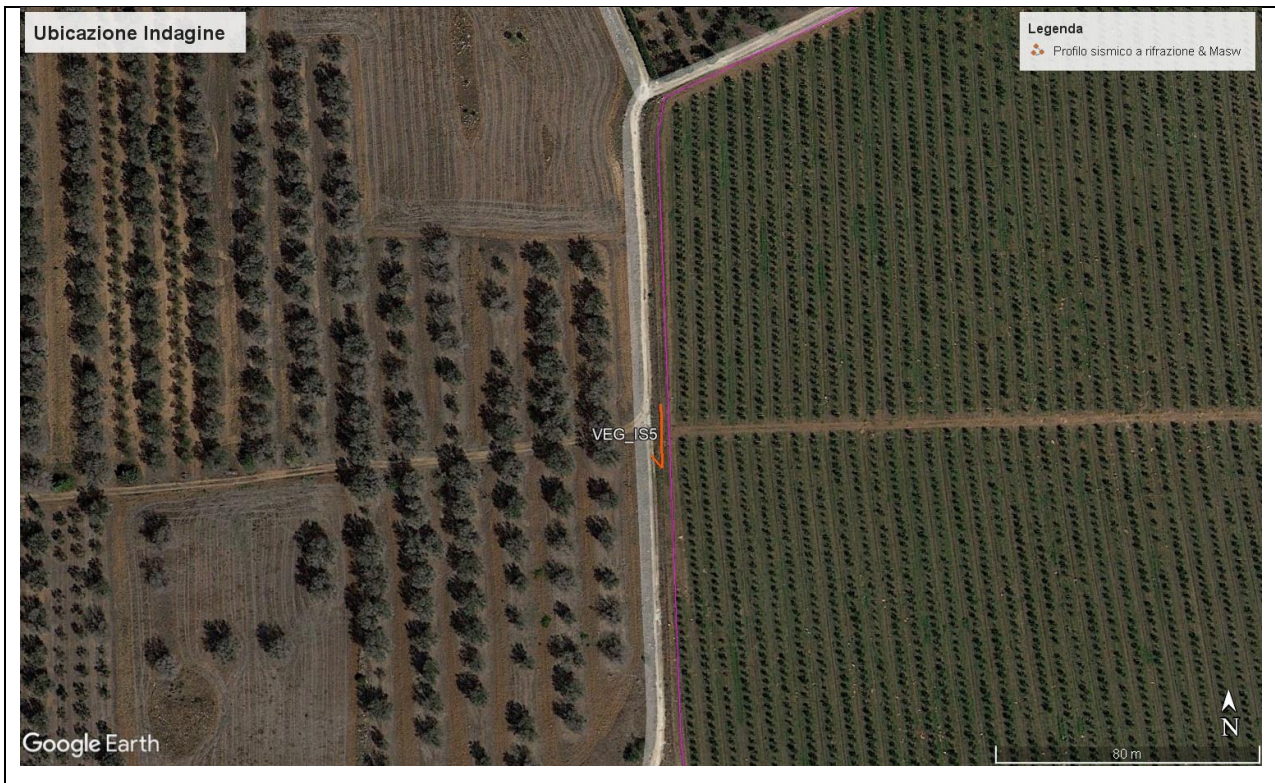
## VEG\_IS5

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

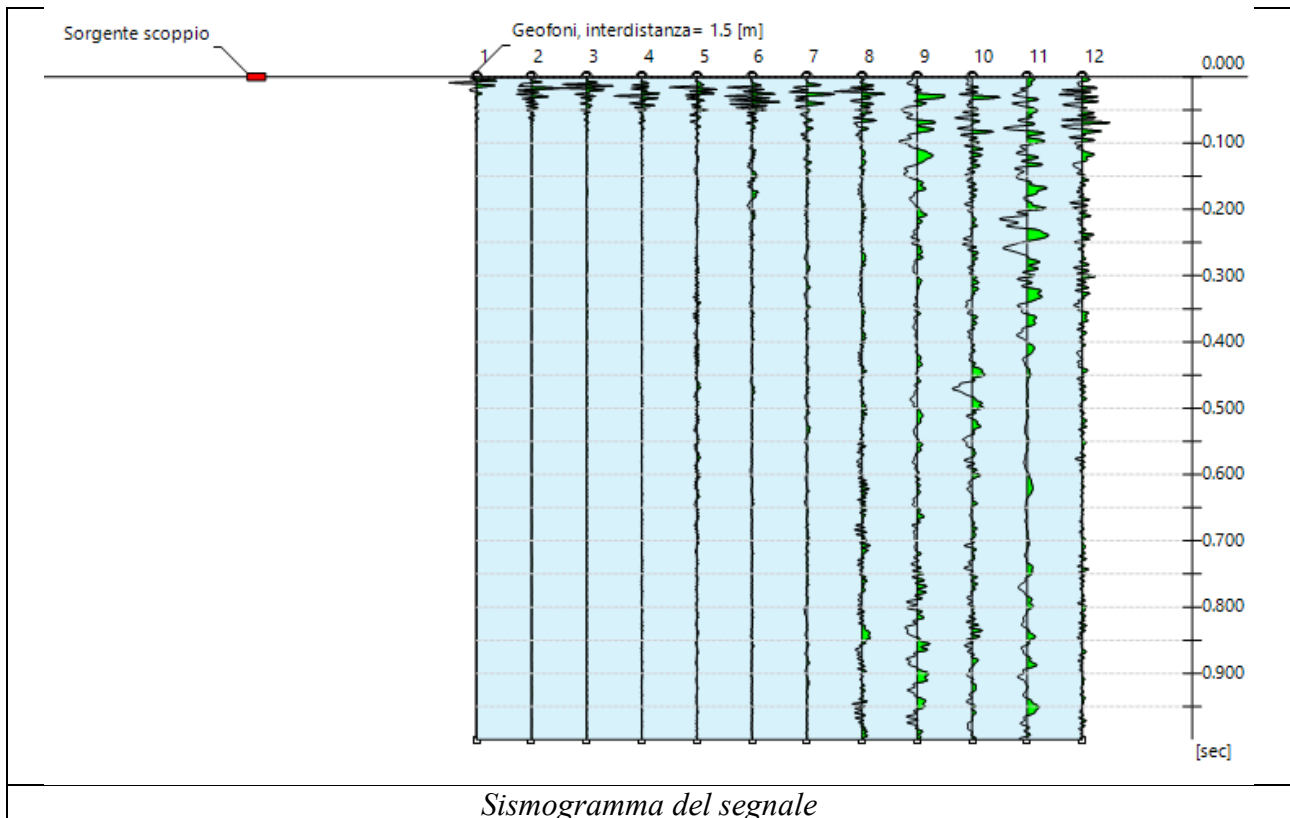
Interdistanza geofonica: 1,50 m





### INDAGINE M.A.S.W.

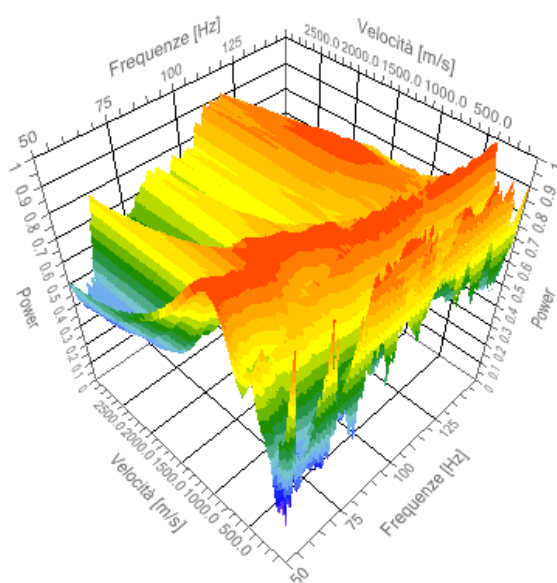
N. tracce 12  
 Durata acquisizione [msec] 1000.0  
 Interdistanza geofoni [m] 1.5  
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	50
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	150
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	3000
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.10	1.10	1800.0	0.30	No	571.6	305.6
2	3.13	2.03	1800.0	0.30	No	1188.2	635.1
3	6.85	3.72	1800.0	0.30	No	1531.9	818.9
4	10.87	4.02	1800.0	0.30	No	1993.1	1065.4
5	∞	∞	1800.0	0.30	No	2878.6	1538.7

Percentuale di errore

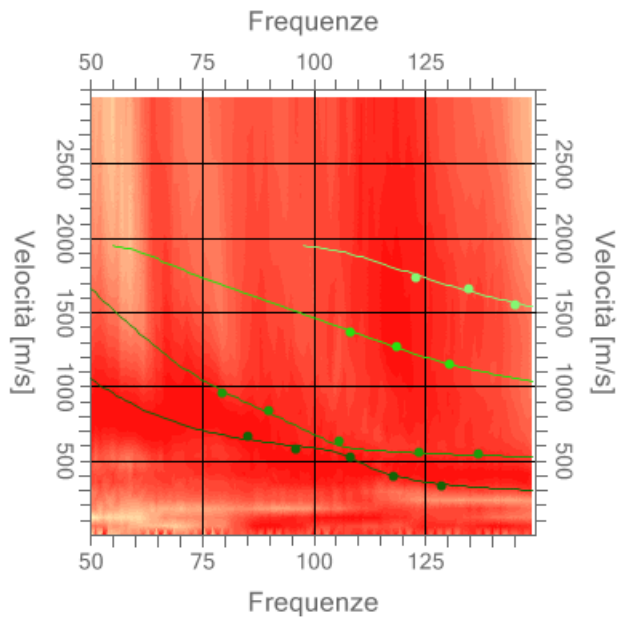
0.021%

Fattore di disadattamento della soluzione

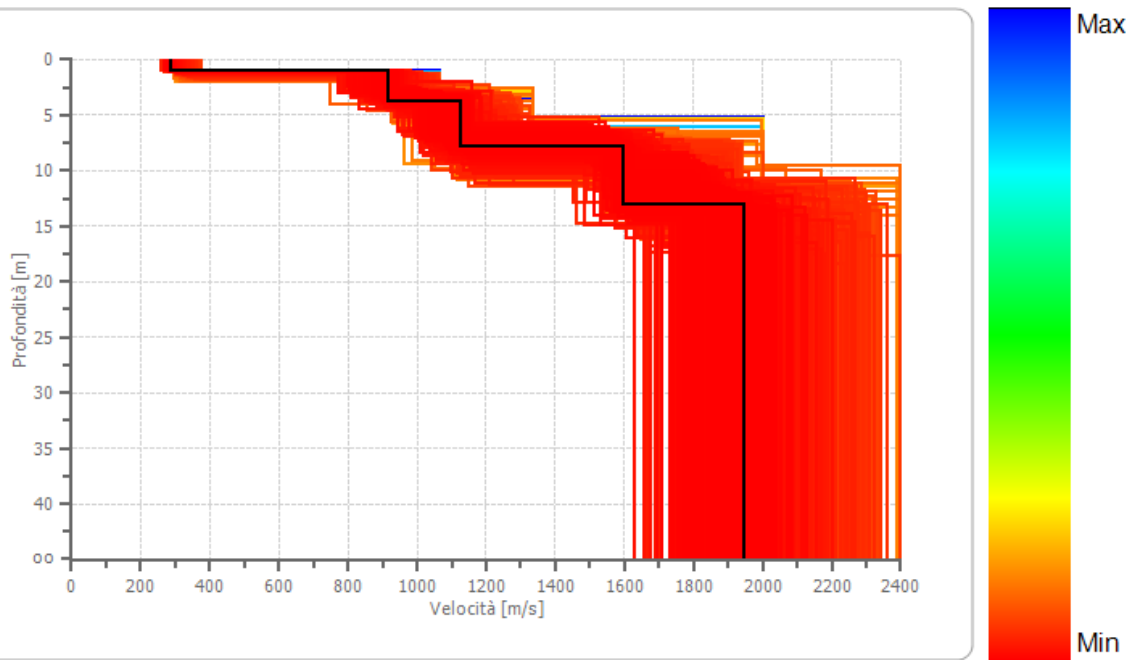
0.025



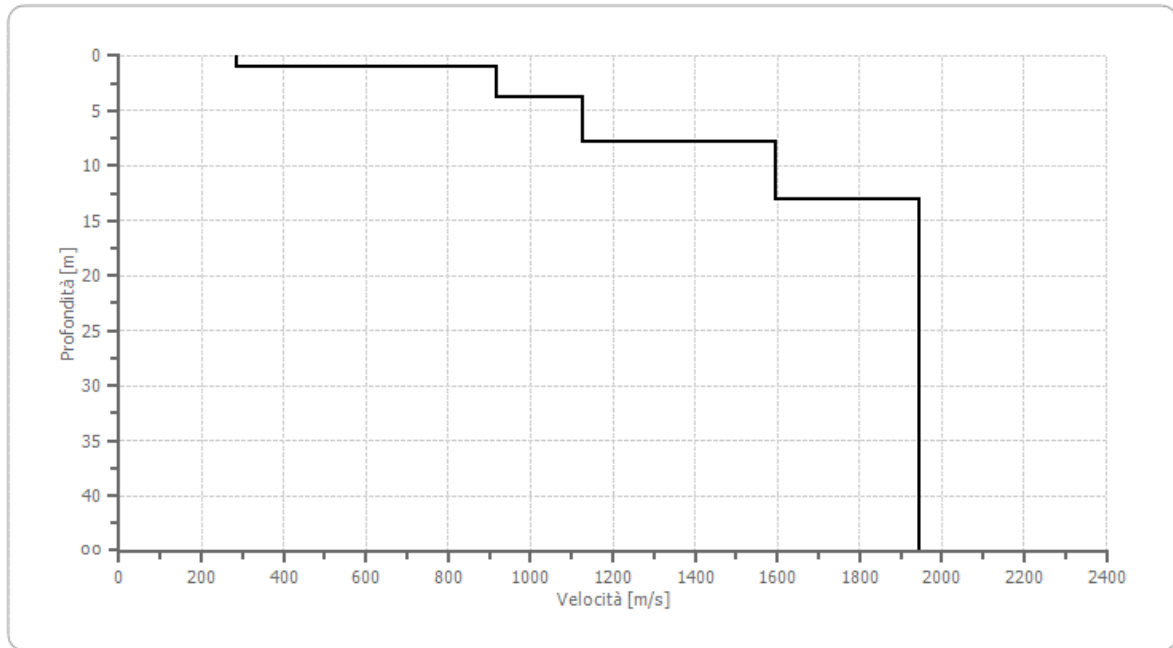
### Inversione



### Profilo di velocità



Profilo di velocità



## Risultati

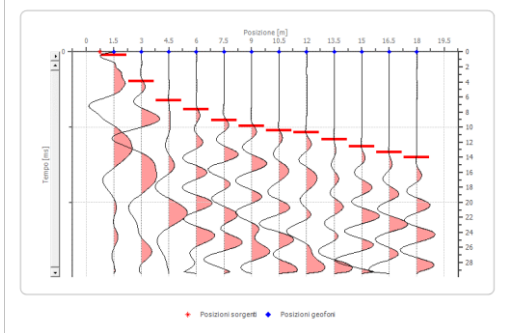
<b>Profondità piano di posa [m]</b>	1.00
<b>V<sub>s,eq</sub> [m/sec](H=2.13 m)</b>	818.86
<b>Categoria del suolo</b>	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

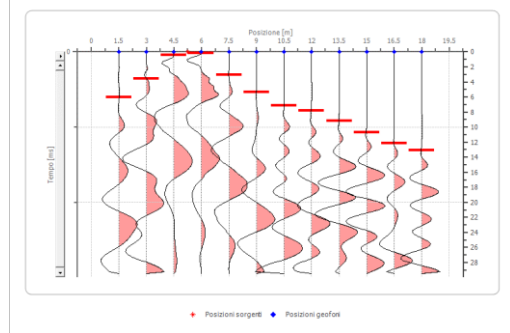
# SISMICA A RIFRAZIONE

## Geometria geofoni

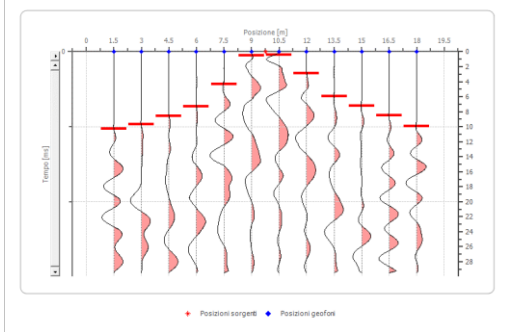
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



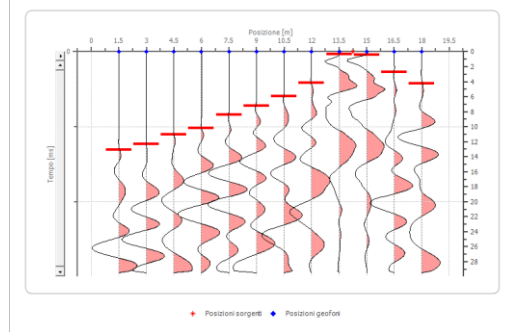
Battuta 1



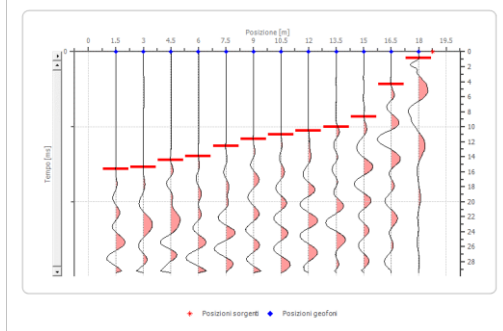
Battuta 2



Battuta 3



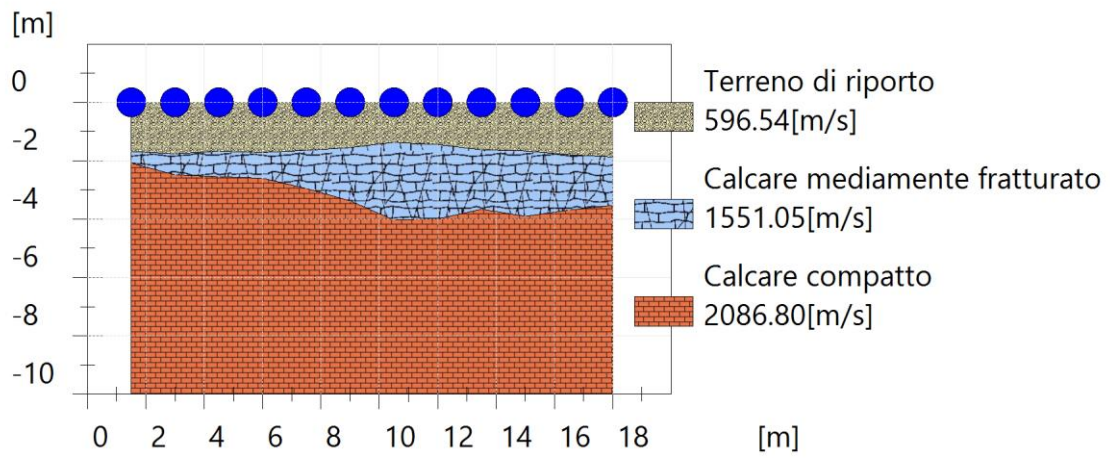
Battuta 4



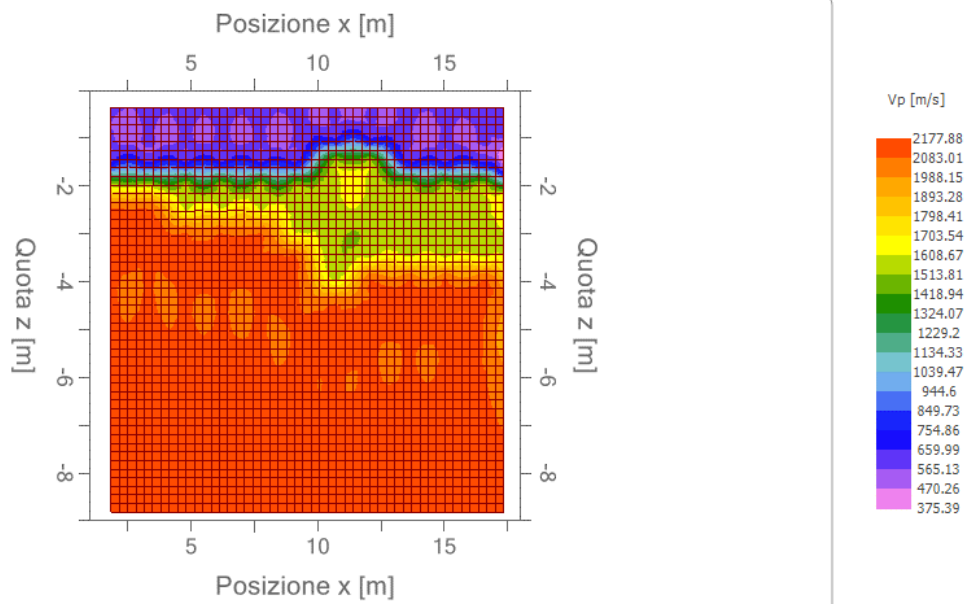
Battuta 5



### Interpretazione col metodo G.,R.M.



Sezione GRM



Velocità  $v_p$