

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. PROSPEZIONI SISMICHE DI TIPO MASW	3
2.1 ATTREZZATURA E METODOLOGIA UTILIZZATA	3
2.2 ELABORAZIONE DATI.....	5
2.3 INTERPRETAZIONE DATI MASW-01- FO01	6
2.4 INTERPRETAZIONE DATI MASW-02- FO02	12
2.5 INTERPRETAZIONE DATI MASW-03- FO03	18
2.6 INTERPRETAZIONE DATI MASW-04- FO04	24
2.7 INTERPRETAZIONE DATI MASW-05- FO05	30
2.8 INTERPRETAZIONE DATI MASW-06- FO06	36
2.9 INTERPRETAZIONE DATI MASW-07- FO07	42
2.10 INTERPRETAZIONE DATI MASW-08- FO028	48
2.11 INTERPRETAZIONE DATI MASW-09- FO09	54
2.12 INTERPRETAZIONE DATI MASW-10- FO10	60
3. PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE	66
3.1. GENERALITÀ SULLE PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE.....	66
3.2 POSSIBILITÀ E LIMITI DEL METODO SISMICO A RIFRAZIONE	67
3.3 ATTREZZATURA E METODOLOGIA UTILIZZATA	69
3.4. ELABORAZIONE E INTERPRETAZIONE DELLE SISMICHE A RIFRAZIONE	72
4.PROVE DILATOMETRICHE.....	74
4.1 GENERALITÀ	74
4.2 PROCEDURA DI PROVA	75
4.3 RESTITUZIONE DEI DATI.....	75
4.4 RESTITUZIONE DEI RISULTATI	76
5. SONDAGGI GEOGNOSTICI	78
5.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	78
6.RAPPORTO FOTOGRAFICO	80
6.1 INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW	80
6.2 TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P	85
6.3 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO	86

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 2 di 91</p>
--	--	---

1. PREMESSA

Nell'ambito della "PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)", sono state effettuate le seguenti indagini geognostiche:

- Esecuzione di n° **10** Masw;
- Esecuzione di n° **2** Tomografie sismiche in onde P;
- Esecuzione di n° **1** sondaggio a carotaggio continuo
- Esecuzione di n° **3** prove dilatometriche cicliche.

Tali indagini sono state eseguite in conformità a quanto disposto da D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le Costruzioni", oltre che secondo le modalità tecnologiche dell'ANISIG.

Si riportano in allegato alla presente:

1. Allegato n° 1 – Stratigrafia del Sondaggio Geognostico.
2. Allegato n° 2 – Prove dilatometriche cicliche;
3. Allegato n°3 - Sismiche a rifrazione in onde P;
4. Allegato n° 4 – Carta Ubicazione delle Indagini.

2. PROSPEZIONI SISMICHE DI TIPO MASW

MASW è l'acronimo di Multi-Channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie). Ciò indica che il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superficie.

La MASW classica/standard consiste nella registrazione della propagazione di una classe di onde di superficie (specificatamente delle onde di Rayleigh). Più in dettaglio, le onde di Rayleigh vengono generate da una sorgente ad impatto verticale (in genere mediante massa battente del peso di 10 Kg su piastra in alluminio) o da un cannoncino sismico e vengono poi registrate tramite geofoni a componente verticale a frequenza propria di 4.5 Hz.

Più specificatamente si analizza la dispersione delle onde di superficie sapendo che frequenze diverse - e quindi lunghezze d'onda diverse - viaggiano a velocità diversa. Il principio di base quindi è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale (cioè della perturbazione sismica che si propaga) viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo.

In particolare, le lunghezze d'onda più ampie (cioè le frequenze più basse) sono influenzate dalla parte più profonda (in altre termini "sentono" gli strati più profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (le frequenze più alte) dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale.

Poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, ciò si rifletterà nel fatto che le frequenze più basse (delle onde di superficie) viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte.

2.1 ATTREZZATURA E METODOLOGIA UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata è il sismografo W2Z a 24 canali Wireless della DOLANG GEOPHYSICAL dalle seguenti caratteristiche tecniche: gestione a microprocessore, Sampling Frequency 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz, 16000 Hz; Number of samples in trigger mode 256, 516, 1024, 4096, 8192, 16384; risoluzione a 24 bit; acquisizione dei dati e codifica dei file in formato Seg-2-Y E DAT.

I geofoni sono connessi al pc in modalità wireless con range massimo di 500 m in campo aperto con la possibilità di inserire in serie 256 geofoni con frequenza propria di 4,5 Hz, il sensore trigger è inserito all'interno della mazza battente di 10 kg.



Le indagini si sono svolte secondo la seguente geometria:

- Numero di geofoni:24
- Spaziatura tra i geofoni: 5 m
- Numero di offset: a 6m dal primo geofono.

Per l'interpretazione dei dati è stato utilizzato il software *WinMasw Pro 4.4.2* della *Eliosoft*. I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (.sgy format file). Il software a questo punto permette di sommare due dataset acquisiti con offset diversi in modo da ottenere un unico dataset equivalente ad un'acquisizione effettuata con 24 canali e spaziatura tra i geofoni pari a B/2 rispetto a quella utilizzata in campagna.

Rapporto Tecnico delle Indagini



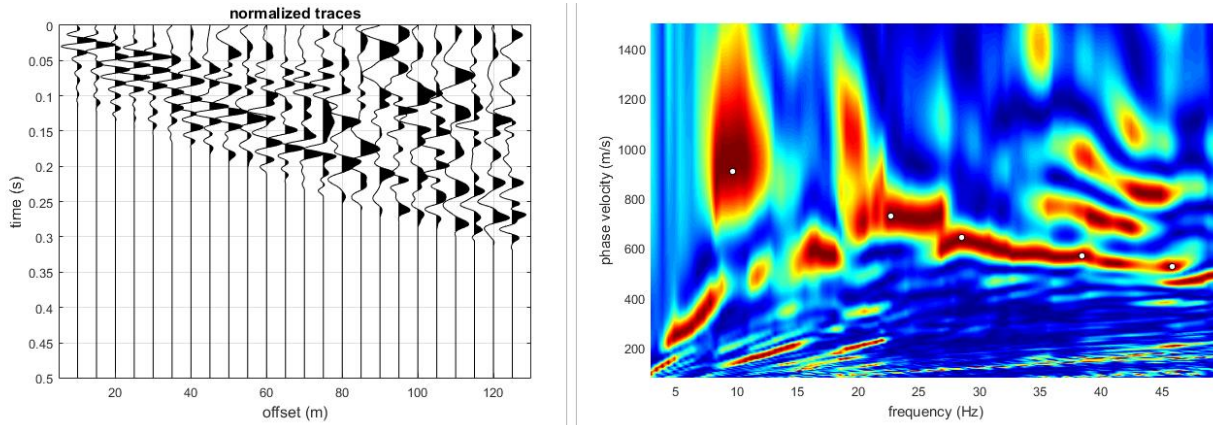
2.2 ELABORAZIONE DATI

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. Dallo spettro bidimensionale ottenuto dalle registrazioni è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple). Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali.

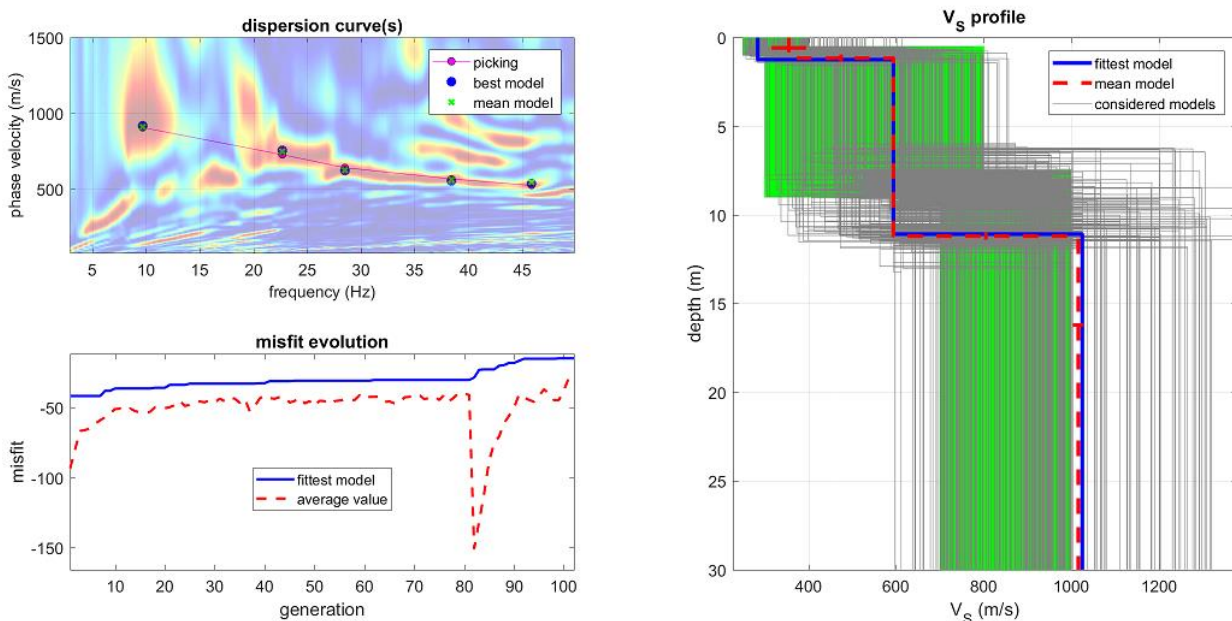
Di seguito i dati di campagna acquisiti e lo spettro di velocità calcolato per ogni indagine effettuata.

2.3 INTERPRETAZIONE DATI MASW-01- FO01

Masw- 01.



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell’inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall’inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l’evolversi del modello al passare delle “generazioni” (l’algoritmo utilizzato per l’inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



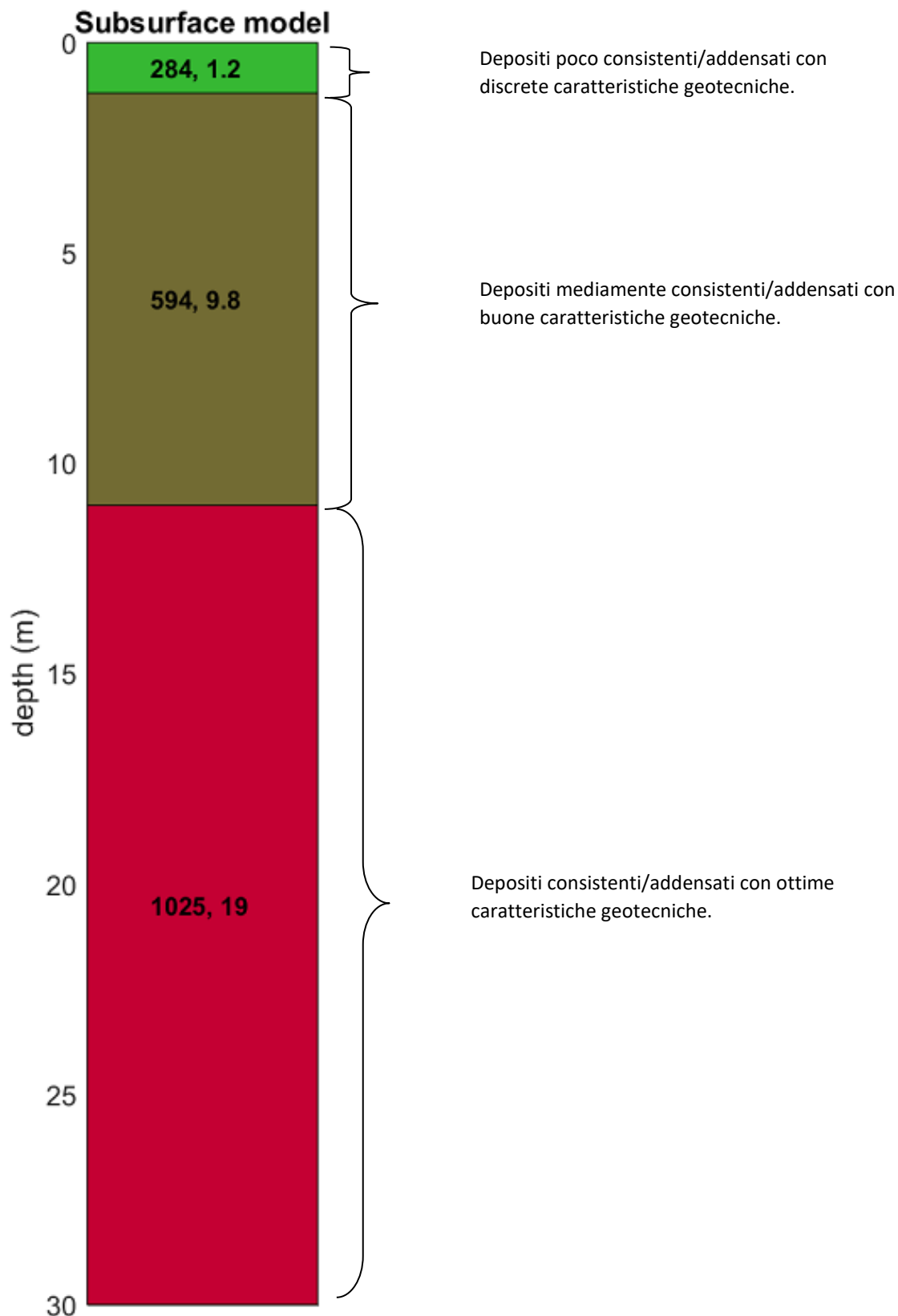
	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 7 di 91</p>
--	--	--

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{Seq} di **529** m/s a partire dal p.c secondo la D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
1.2	284± 39
9.8	594± 3
19	1025± 12

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- **Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa** molto addensati o terreni a grana fine 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



	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 9 di 91</p>
--	--	--

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 284 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 9.8 m, con velocità media delle onde di taglio di 594 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 11 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 1025 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.

Calcolo dei parametri elastici dinamici dei terreni

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda) / (1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

È definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (Ea)

	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 10 di 91</p>
--	--	---

È definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

-Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

-Modulo di incompressibilità dinamica

È definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.

Calcolo dei parametri elastici statici dei terreni

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni (<10⁻⁴) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto E_d/E_s (E_d modulo di Young o elastico dinamico - E_s modulo di Young o elastico statico) è comunemente 2.0 (Cheng and Johnston, 1981), ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 (Gudmundsson, 1990; Link, 1968).

Rzhevsky e Novik hanno proposto le seguenti relazioni:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R \cdot G$$

Dove R è un parametro che 0.18 per le ghiaie, 0.15 per le sabbie mediamente dense e 0.11 per le argille, dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici.

Modulo di Poisson

$$\nu = (E - 2G) / (2G)$$

Modulo di compressibilità volumetrico

$$K = G * E / [3(3G - E)]$$

Modulo edometrico

$$E_{ed} = G * (4G - E) / (3G - E)$$

Modulo di carico su piastra

$$M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$$

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 01

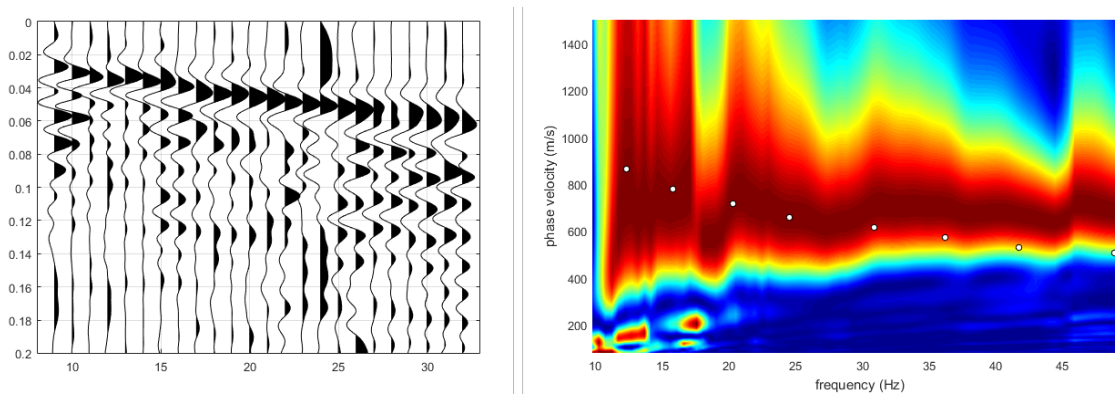
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	Vs m/s	γ' g/cm ₃	λ (-)	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	R Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1.2	942	284	2.04	0,4	4772	0.579	1645	15905
2	9.8	1970	594	2.22	0,45	22716	1.319	7833	75719
3	19	3400	1025	2.35	0,45	71600	2.409	24690	238667

PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 01

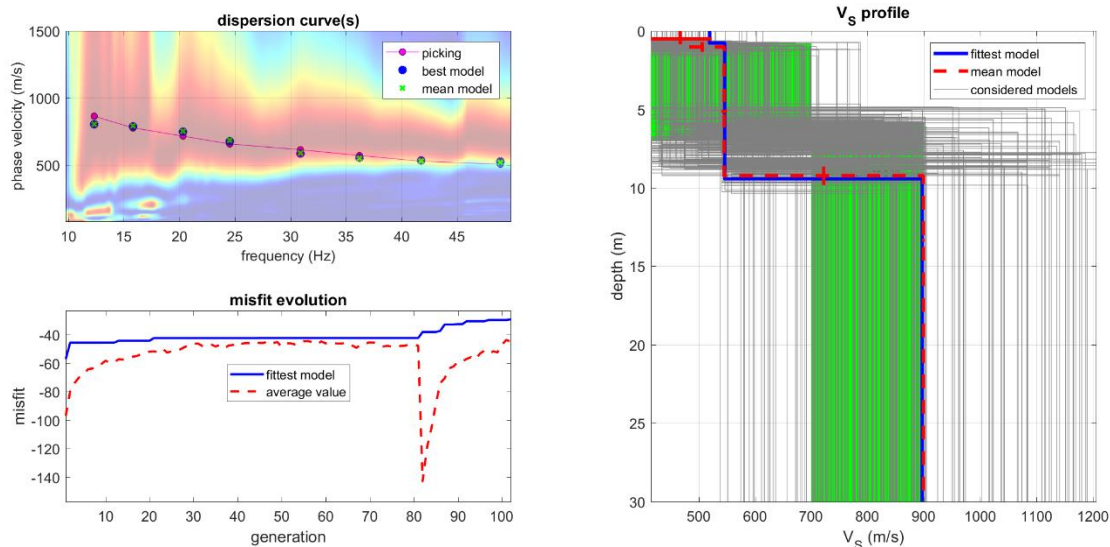
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	γ' g/cm ³	λ (-)	Modulo di carico su piastra Kg/cm ²	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	Modulo Edometrico Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1.2	942	2.04	0,4	830.53	574.82	899	213.85	1535
2	9.8	1970	2.22	0,45	3953.61	2736.75	4278	1018.29	14600
3	19	3400	2.35	0,45	9614.43	8626.39	13484	3209.70	30681

2.4 INTERPRETAZIONE DATI MASW-02- FO02

Masw- 02



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



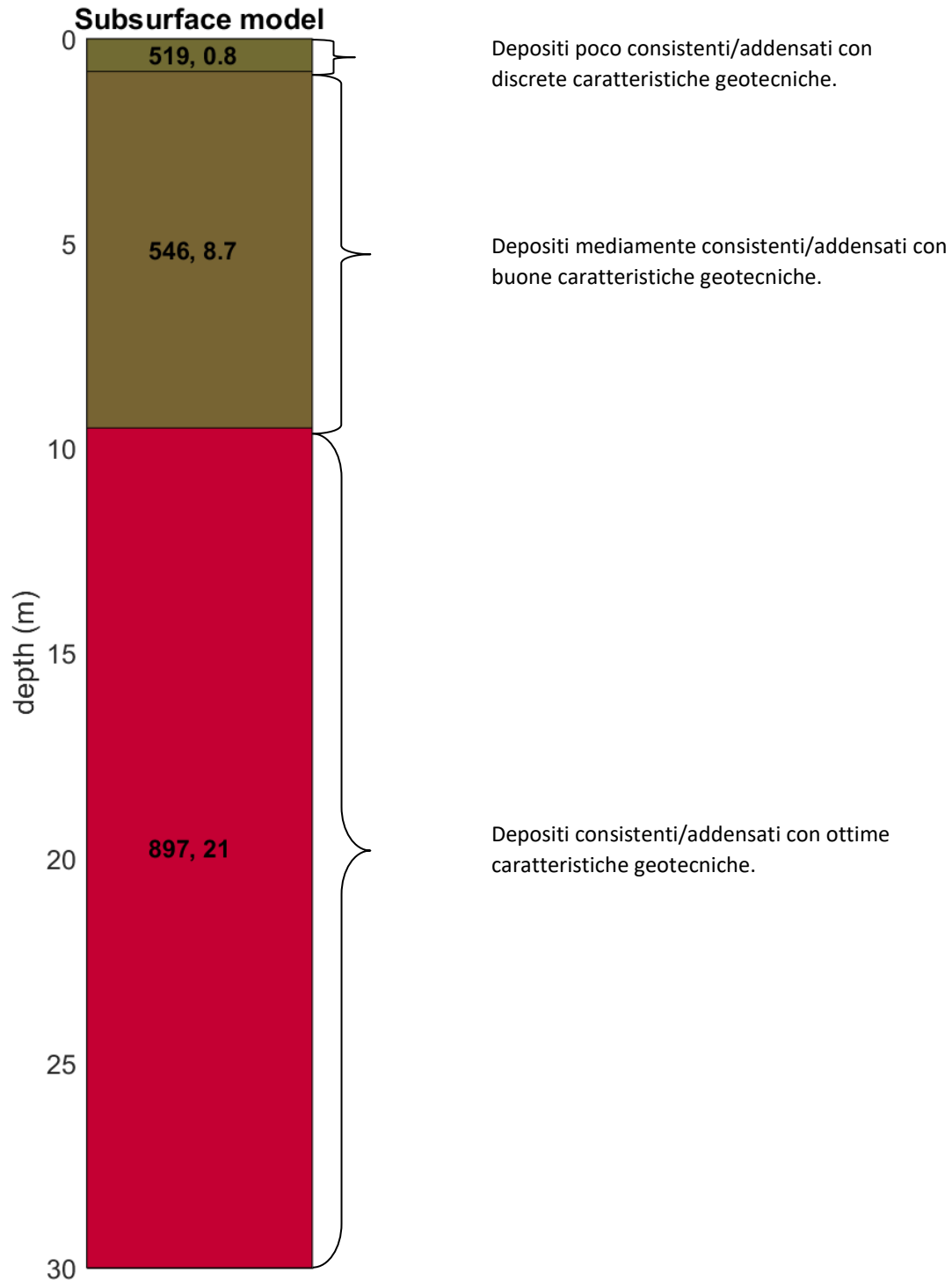
	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 13 di 91</p>
--	--	--

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{Seq} di **535 m/s** a partire dal p.c secondo la D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
0.8	519± 55
8.7	546± 5
21	897± 2

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa*** molto addensati o terreni a grana fine 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



	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: right;">DATA: APRILE 2024 Pag. 15 di 91</p>
--	--	--

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 0.8 m, con velocità media delle onde di taglio di 519 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 8.7 m, con velocità media delle onde di taglio di 546 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 9 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 897 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.

Calcolo dei parametri elastici dinamici dei terreni

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda) / (1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

È definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (Ea)

	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 16 di 91</p>
--	--	---

È definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

-Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

-Modulo di incompressibilità dinamica

È definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.

Calcolo dei parametri elastici statici dei terreni

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni (<10⁻⁴) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto E_d/E_s (E_d modulo di Young o elastico dinamico - E_s modulo di Young o elastico statico) è comunemente 2.0 (Cheng and Johnston, 1981), ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 (Gudmundsson, 1990; Link, 1968).

Rzhevsky e Novik hanno proposto le seguenti relazioni:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R \cdot G$$

Dove R è un parametro che 0.18 per le ghiaie, 0.15 per le sabbie mediamente dense e 0.11 per le argille, dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici.

Modulo di Poisson

$$\nu = (E - 2G) / (2G)$$

Modulo di compressibilità volumetrico

$$K = G * E / [3(3G - E)]$$

Modulo edometrico

$$E_{ed} = G * (4G - E) / (3G - E)$$

Modulo di carico su piastra

$$M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$$

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 02

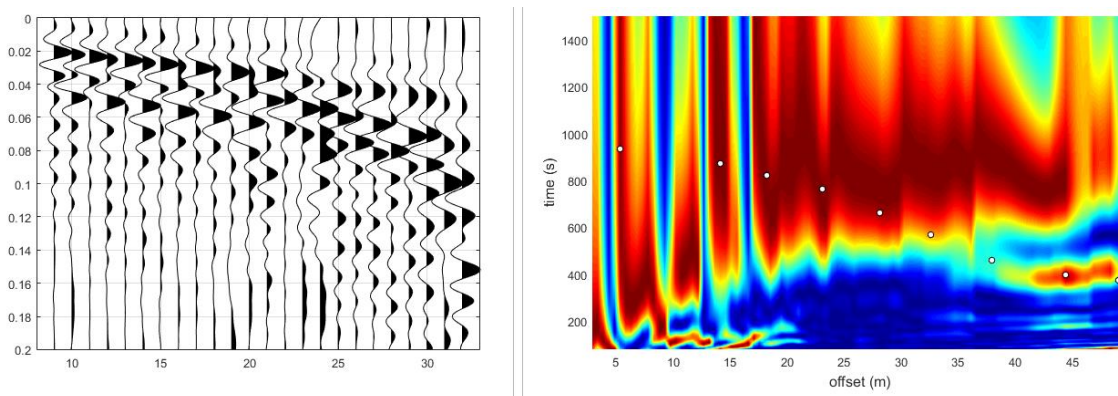
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	Vs m/s	γ' g/cm ₃	λ (-)	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	R Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	0,8	1721	519	2,19	0,4	17107	1,137	5899	57024
2	8,7	1811	546	2,2	0,45	19020	1,201	6559	63399
3	21	2975	897	2,32	0,45	54134	2,081	18667	180447

PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 02

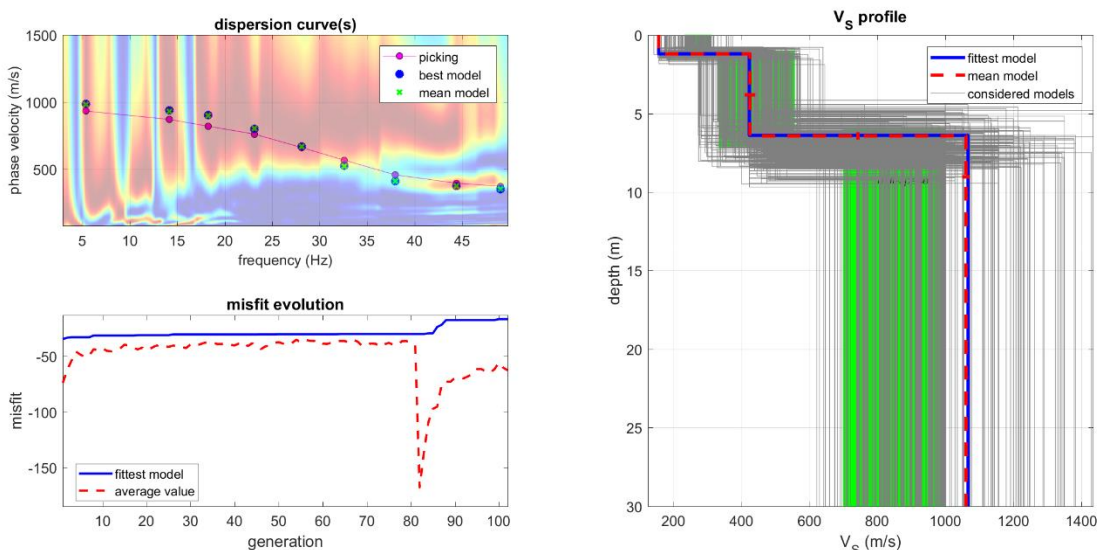
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	γ' g/cm ³	λ (-)	Modulo di carico su piastra Kg/cm ²	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	Modulo Edometrico Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	0,8	1721	2,19	0,4	2977,25	2060,97	3221	766,87	5496
2	8,7	1811	2,2	0,45	3310,04	2291,45	3580	852,67	12216
3	21	2975	2,32	0,45	7269,10	6522,05	10195	2426,71	23198

2.5 INTERPRETAZIONE DATI MASW-03- FO03

Masw- 03



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell’inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall’inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l’evolversi del modello al passare delle “generazioni” (l’algoritmo utilizzato per l’inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



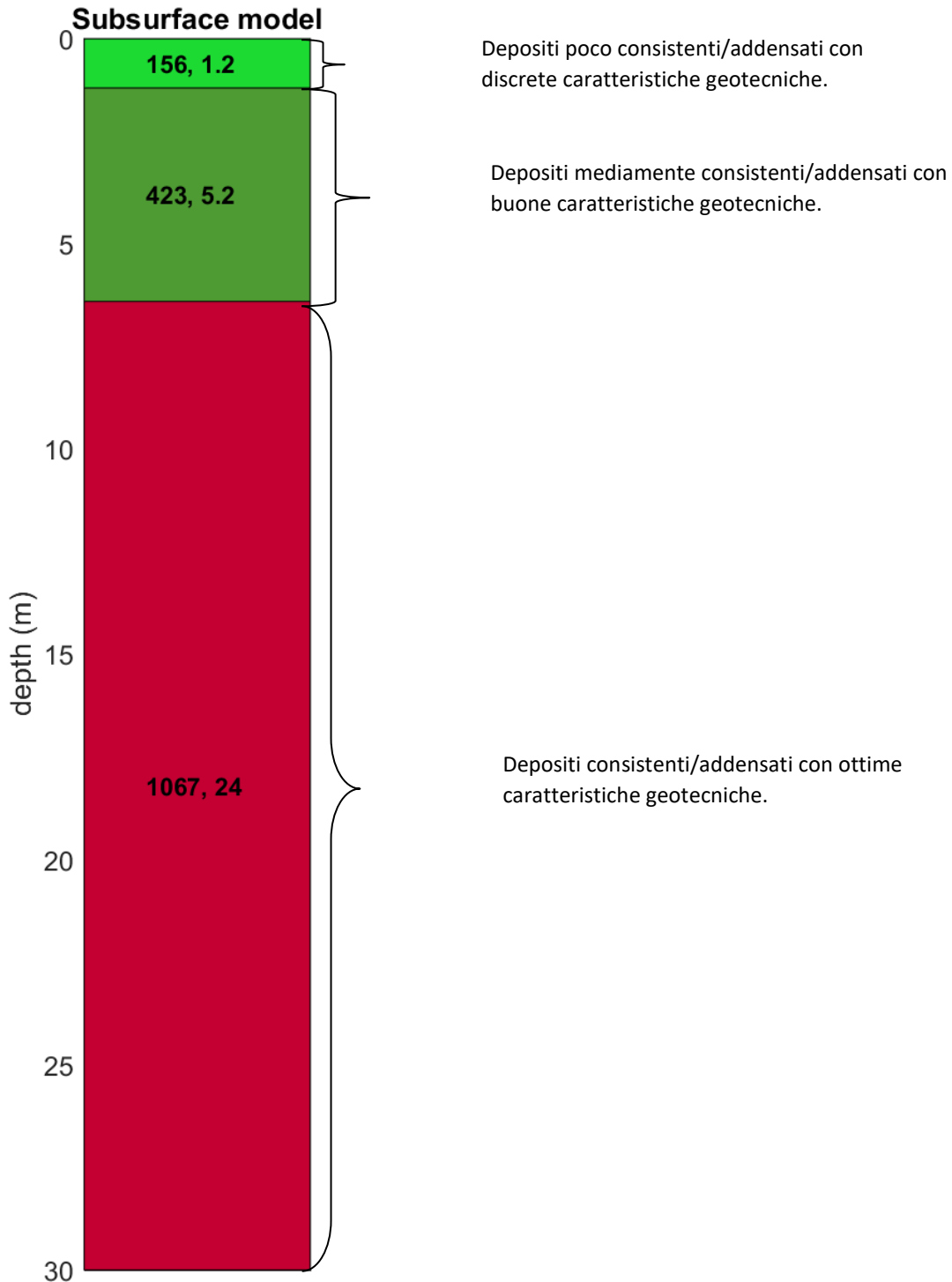
	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 19 di 91</p>
--	--	---

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{Seq} di **321 m/s** a partire dal p.c secondo la D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
1.2	156± 0
5.2	423± 15
24	1067± 11

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **C** ovvero:

- *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.*



	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 21 di 91</p>
--	--	---

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 156 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 5.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 423 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 7 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 1067 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.

Calcolo dei parametri elastici dinamici dei terreni

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda) / (1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

È definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (Ea)

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 22 di 91</p>
--	--	--

È definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

-Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

-Modulo di incompressibilità dinamica

È definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.

Calcolo dei parametri elastici statici dei terreni

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni (<10⁻⁴) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto E_d/E_s (E_d modulo di Young o elastico dinamico - E_s modulo di Young o elastico statico) è comunemente 2.0 (Cheng and Johnston, 1981), ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 (Gudmundsson, 1990; Link, 1968).

Rzhevsky e Novik hanno proposto le seguenti relazioni:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R \cdot G$$

Dove R è un parametro che 0.18 per le ghiaie, 0.15 per le sabbie mediamente dense e 0.11 per le argille, dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici.

Modulo di Poisson

$$\nu = (E - 2G) / (2G)$$

Modulo di compressibilità volumetrico

$$K = G * E / [3(3G - E)]$$

Modulo edometrico

$$E_{ed} = G * (4G - E) / (3G - E)$$

Modulo di carico su piastra

$$M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$$

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 03

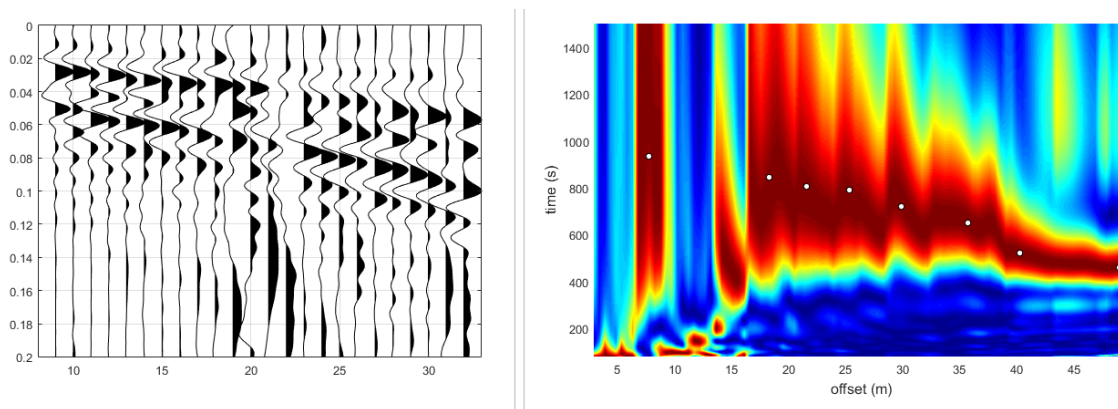
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	Vs m/s	γ' g/cm ₃	λ (-)	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	R Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,2	382	156	1,9	0,4	1295	0,296	462	2158
2	5,2	1403	423	2,14	0,45	11104	0,905	3829	37014
3	24	3539	1067	2,36	0,45	77918	2,518	26868	259727

PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 03

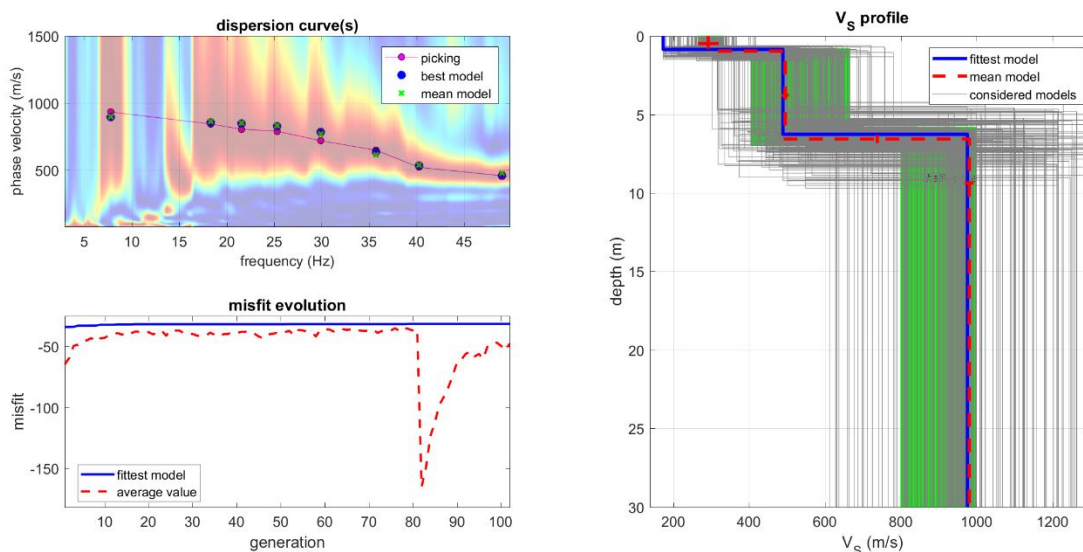
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	γ' g/cm ³	λ (-)	Modulo di carico su piastra Kg/cm ²	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	Modulo Edometrico Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,2	382	1,9	0,4	217,95	155,91	209	60,06	321
2	5,2	1403	2,14	0,45	1932,38	1337,71	2090	497,77	7133
3	24	3539	2,36	0,45	10463,10	9387,59	14676	3492,84	33396

2.6 INTERPRETAZIONE DATI MASW-04- FO04

Masw- 04



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell’inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall’inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l’evolversi del modello al passare delle “generazioni” (l’algoritmo utilizzato per l’inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



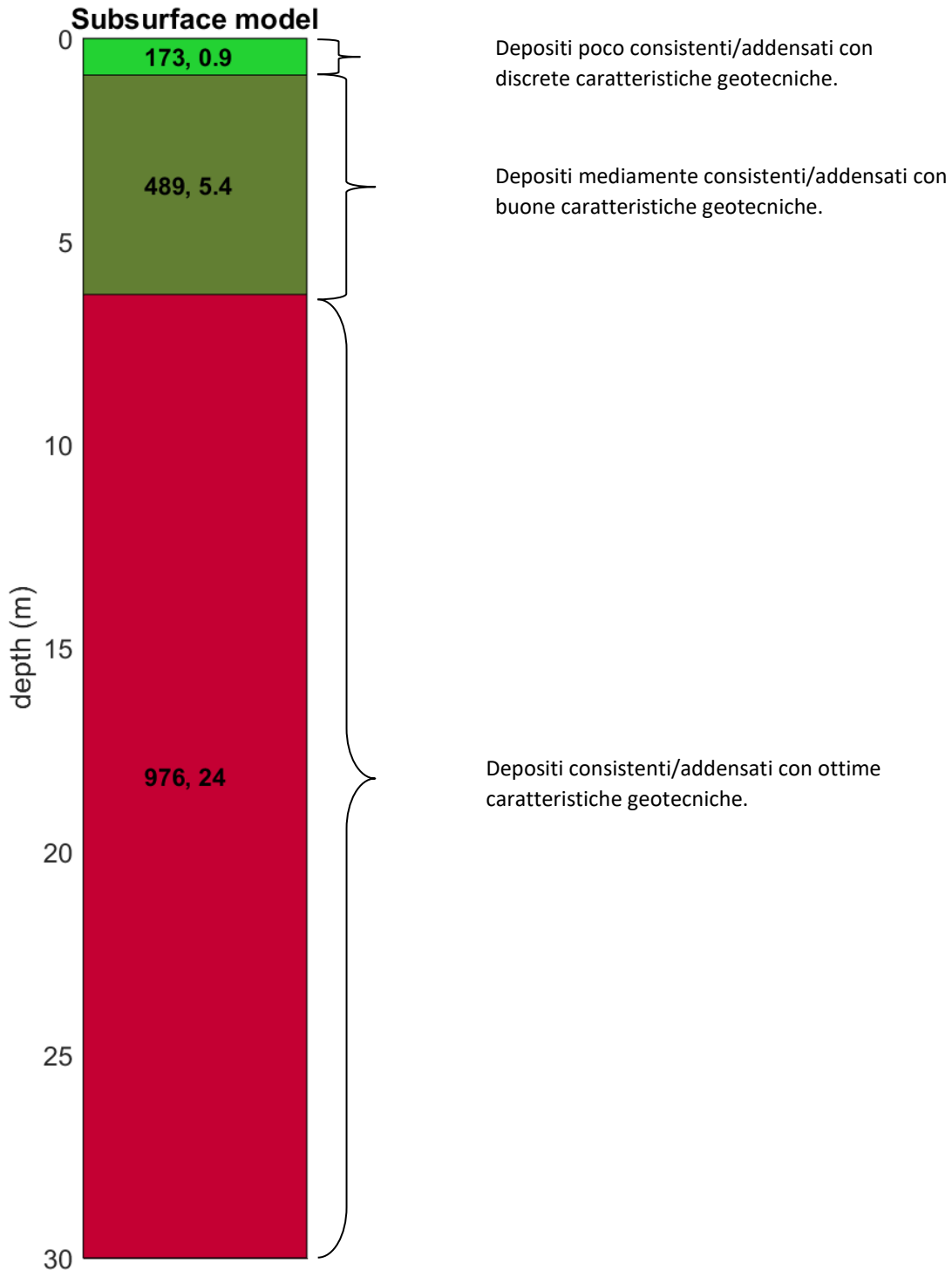
	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 25 di 91</p>
--	--	--

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{Seq} di **449** m/s a partire dal p.c secondo la D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
0.9	173± 27
5.4	489± 10
24	976± 12

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa*** molto addensati o terreni a grana fine 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



	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 27 di 91</p>
--	--	--

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 0.9 m, con velocità media delle onde di taglio di 173m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 5.4 m, con velocità media delle onde di taglio di 489 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 6.5 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 976 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.

Calcolo dei parametri elastici dinamici dei terreni

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda) / (1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

È definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (Ea)

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 28 di 91</p>
--	--	--

È definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

-Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

-Modulo di incompressibilità dinamica

È definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.

Calcolo dei parametri elastici statici dei terreni

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni (<10⁻⁴) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto E_d/E_s (E_d modulo di Young o elastico dinamico - E_s modulo di Young o elastico statico) è comunemente 2.0 (Cheng and Johnston, 1981), ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 (Gudmundsson, 1990; Link, 1968).

Rzhevsky e Novik hanno proposto le seguenti relazioni:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R \cdot G$$

Dove R è un parametro che 0.18 per le ghiaie, 0.15 per le sabbie mediamente dense e 0.11 per le argille, dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici.

Modulo di Poisson

$$\nu = (E - 2G) / (2G)$$

Modulo di compressibilità volumetrico

$$K = G * E / [3(3G - E)]$$

Modulo edometrico

$$E_{ed} = G * (4G - E) / (3G - E)$$

Modulo di carico su piastra

$$M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$$

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 04

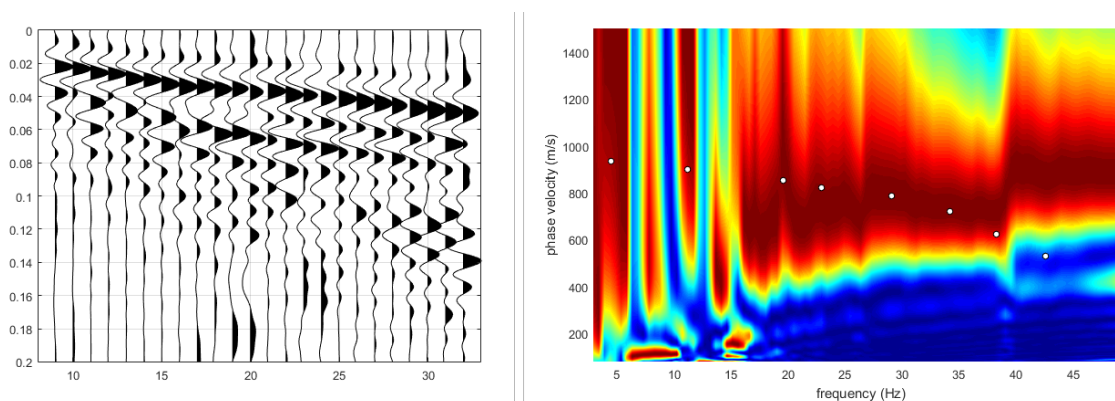
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	Vs m/s	γ' g/cm ₃	λ (-)	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	R Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	0,9	424	173	1,92	0,4	1609	0,332	575	2682
2	5,4	1622	489	2,17	0,45	15048	1,061	5189	50160
3	24	3237	976	2,34	0,45	64642	2,284	22290	215473

PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 04

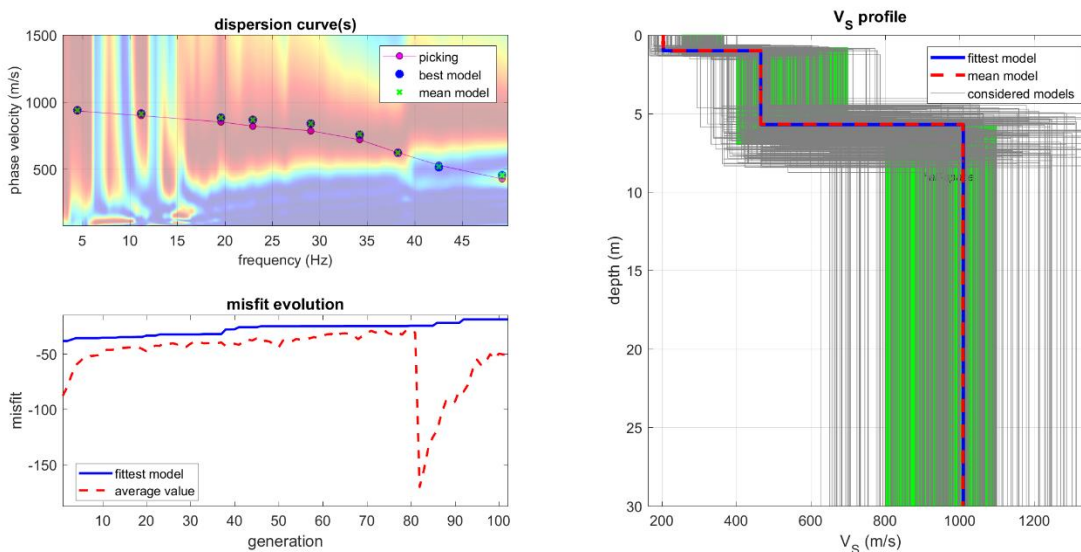
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	γ' g/cm ³	λ (-)	Modulo di carico su piastra Kg/cm ²	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	Modulo Edometrico Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	0,9	424	1,92	0,4	270,49	193,74	258	74,75	396
2	5,4	1622	2,17	0,45	2618,86	1812,90	2833	674,57	9668
3	24	3237	2,34	0,45	8680,36	7788,08	12176	2897,70	27706

2.7 INTERPRETAZIONE DATI MASW-05- FO05

Masw- 05



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell’inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall’inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l’evolversi del modello al passare delle “generazioni” (l’algoritmo utilizzato per l’inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



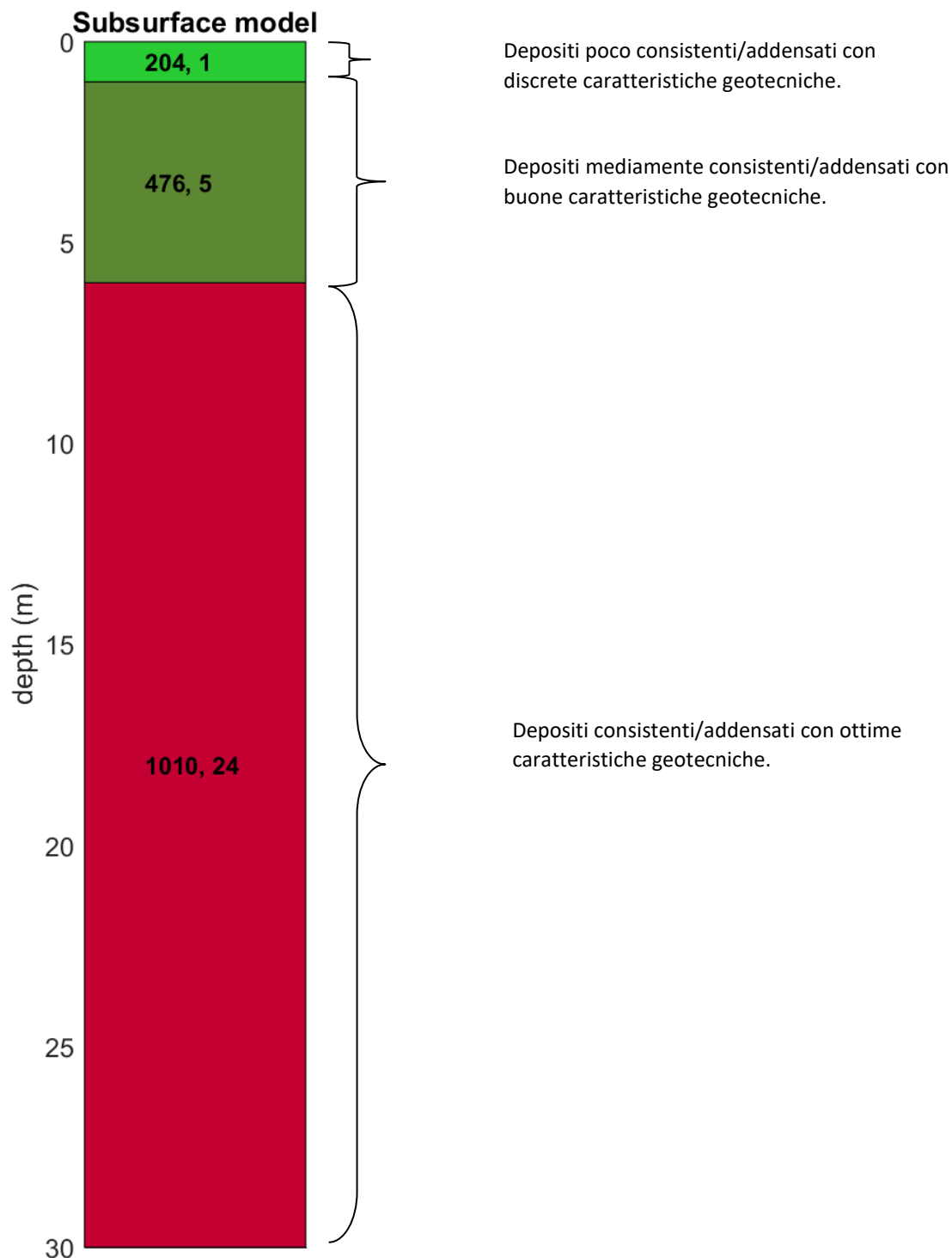
	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 31 di 91</p>
--	--	--

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{Seq} di **380 m/s** a partire dal p.c secondo la D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
1	204± 6
5	476± 3
24	1010± 2

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa*** molto addensati o terreni a grana fine 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



	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: right;">DATA: APRILE 2024 Pag. 33 di 91</p>
--	--	--

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1 m, con velocità media delle onde di taglio di 204 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 5 m, con velocità media delle onde di taglio di 476 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 6.5 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 1010 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.

Calcolo dei parametri elastici dinamici dei terreni

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda) / (1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

È definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (Ea)

	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: right;">DATA: APRILE 2024 Pag. 34 di 91</p>
--	--	--

È definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

-Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

-Modulo di incompressibilità dinamica

È definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.

Calcolo dei parametri elastici statici dei terreni

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni (<10⁻⁴) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto E_d/E_s (E_d modulo di Young o elastico dinamico - E_s modulo di Young o elastico statico) è comunemente 2.0 (Cheng and Johnston, 1981), ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 (Gudmundsson, 1990; Link, 1968).

Rzhevsky e Novik hanno proposto le seguenti relazioni:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R \cdot G$$

Dove R è un parametro che 0.18 per le ghiaie, 0.15 per le sabbie mediamente dense e 0.11 per le argille, dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici.

Modulo di Poisson

$$\nu = (E - 2G) / (2G)$$

Modulo di compressibilità volumetrico

$$K = G * E / [3(3G - E)]$$

Modulo edometrico

$$E_{ed} = G * (4G - E) / (3G - E)$$

Modulo di carico su piastra

$$M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$$

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 05

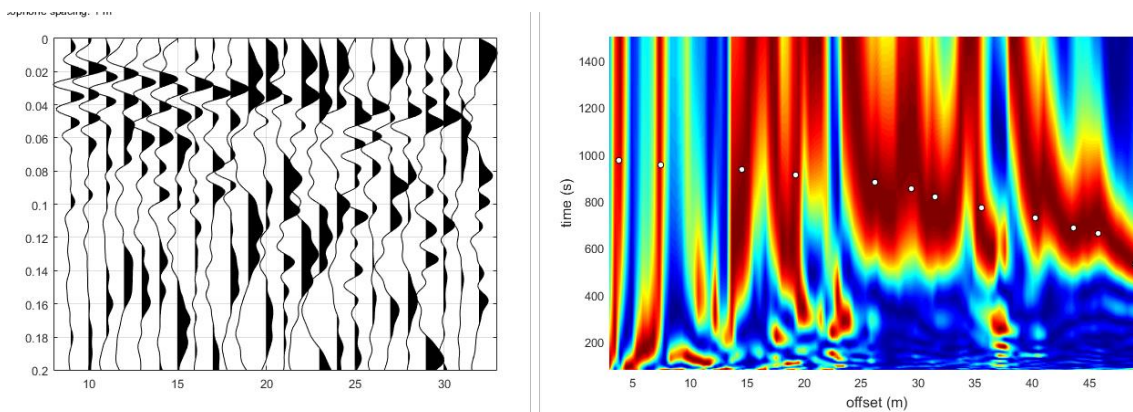
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	Vs m/s	γ' g/cm ₃	λ (-)	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	R Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,0	500	204	2,19	0,4	2284	0,400	816	3806
2	5,0	1579	476	2,2	0,45	14193	1,028	4894	47309
3	24	3350	1010	2,32	0,45	69520	2,374	23972	231733

PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 05

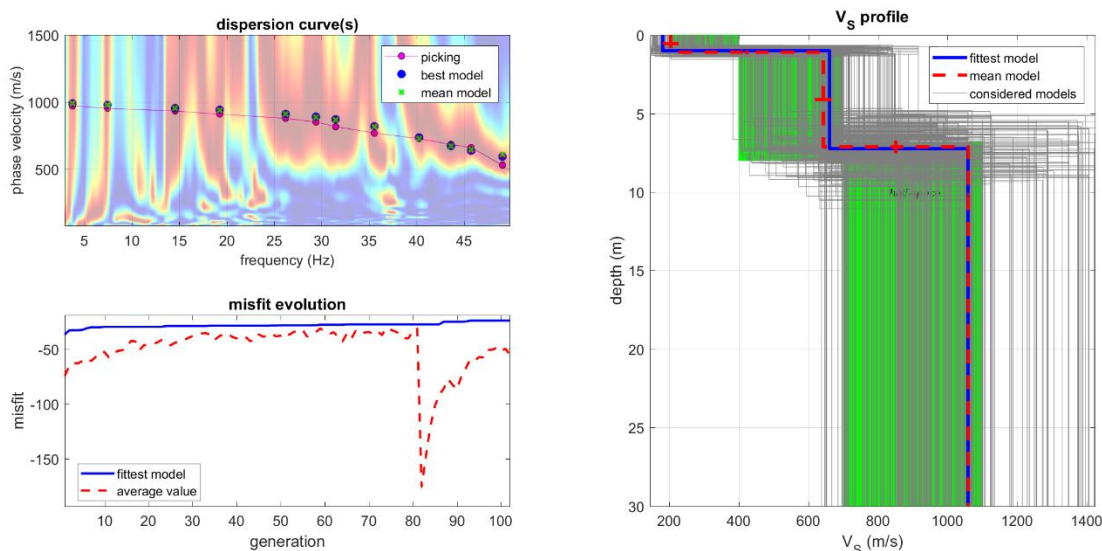
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	γ' g/cm ³	λ (-)	Modulo di carico su piastra Kg/cm ²	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	Modulo Edometrico Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,0	500	2,19	0,4	384,17	275,06	367	106,08	563
2	5,0	1579	2,2	0,45	2470,13	1709,88	2673	636,22	9121
3	24	3350	2,32	0,45	9335,43	8375,79	13095	3116,36	29798

2.8 INTERPRETAZIONE DATI MASW-06- FO06

Masw- 06



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell’inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall’inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l’evolversi del modello al passare delle “generazioni” (l’algoritmo utilizzato per l’inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



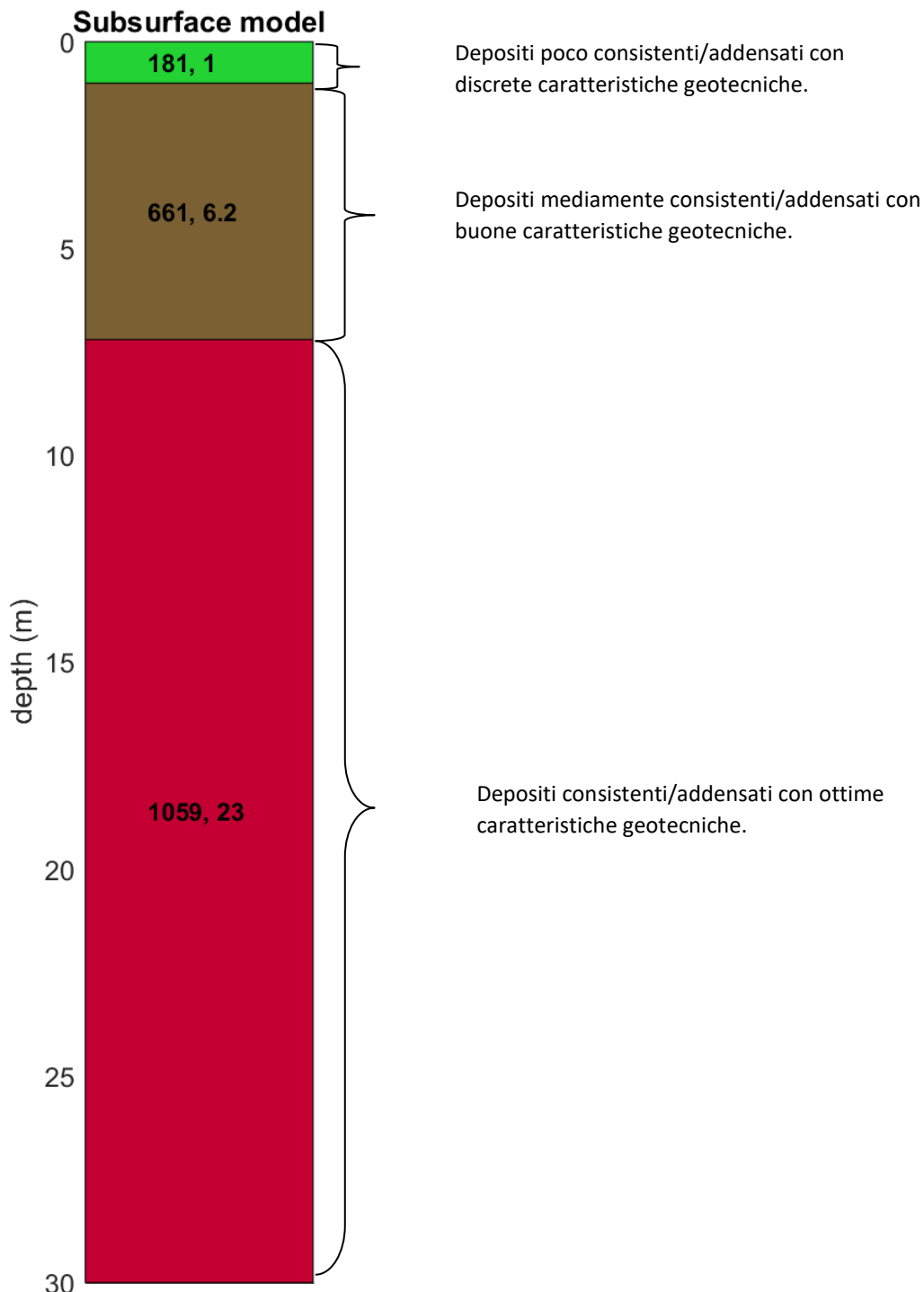
	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 37 di 91</p>
--	--	---

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{Seq} di **483 m/s** a partire dal p.c secondo la D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
1	181± 23
6.2	661± 24
23	1059± 3

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa*** molto addensati o terreni a grana fine 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



	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 39 di 91</p>
--	--	---

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1 m, con velocità media delle onde di taglio di 181 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 6.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 661 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 7 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 1059 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.

Calcolo dei parametri elastici dinamici dei terreni

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m^3) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda) / (1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

È definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: right;">DATA: APRILE 2024 Pag. 40 di 91</p>
--	--	--

- Modulo di Young (E_d)

È definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

-Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

-Modulo di incompressibilità dinamica

È definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.

Calcolo dei parametri elastici statici dei terreni

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni (<10⁻⁴) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto E_d/E_s (E_d modulo di Young o elastico dinamico - E_s modulo di Young o elastico statico) è comunemente 2.0 (Cheng and Johnston, 1981), ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 (Gudmundsson, 1990; Link, 1968).

Rzhevsky e Novik hanno proposto le seguenti relazioni:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R \cdot G$$

Dove R è un parametro che 0.18 per le ghiaie, 0.15 per le sabbie mediamente dense e 0.11 per

le argille, dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici.

Modulo di Poisson	$\nu = (E - 2G) / (2G)$
Modulo di compressibilità volumetrico	$K = G * E / [3(3G - E)]$
Modulo edometrico	$E_{ed} = G * (4G - E) / (3G - E)$
Modulo di carico su piastra	$M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 06

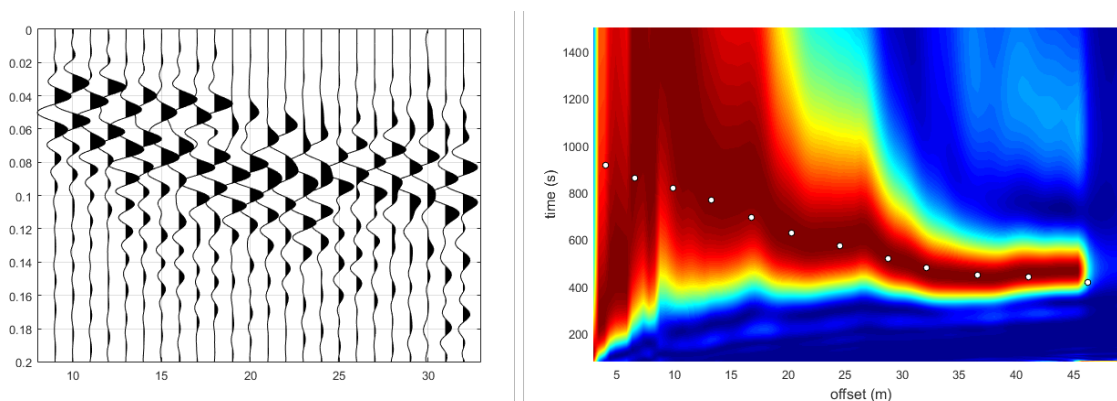
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	Vs m/s	γ' g/cm ₃	λ (-)	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	R Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,0	443	181	1,93	0,4	1770	0,349	632	2951
2	6,2	2192	661	2,24	0,45	28382	1,481	9787	94608
3	23	3512	1059	2,36	0,45	76754	2,499	26467	255847

PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 06

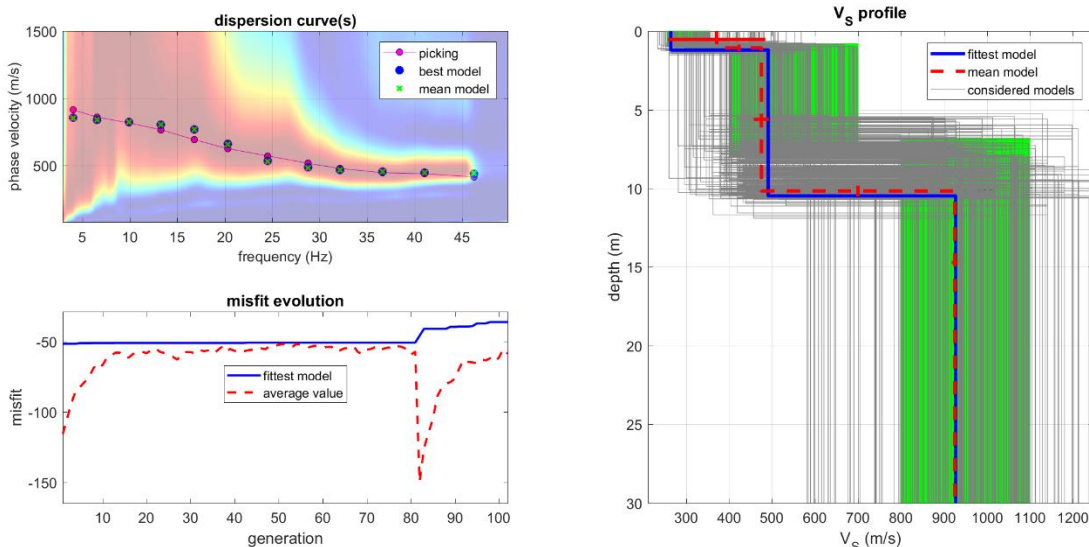
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	γ' g/cm ³	λ (-)	Modulo di carico su piastra Kg/cm ²	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	Modulo Edometrico Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,0	443	1,93	0,4	297,79	213,14	285	82,16	438
2	6,2	2192	2,24	0,45	4939,71	3419,40	5344	1272,31	18240
3	23	3512	2,36	0,45	10306,64	9247,35	14456	3440,71	32893

2.9 INTERPRETAZIONE DATI MASW-07- FO07

Masw- 07



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



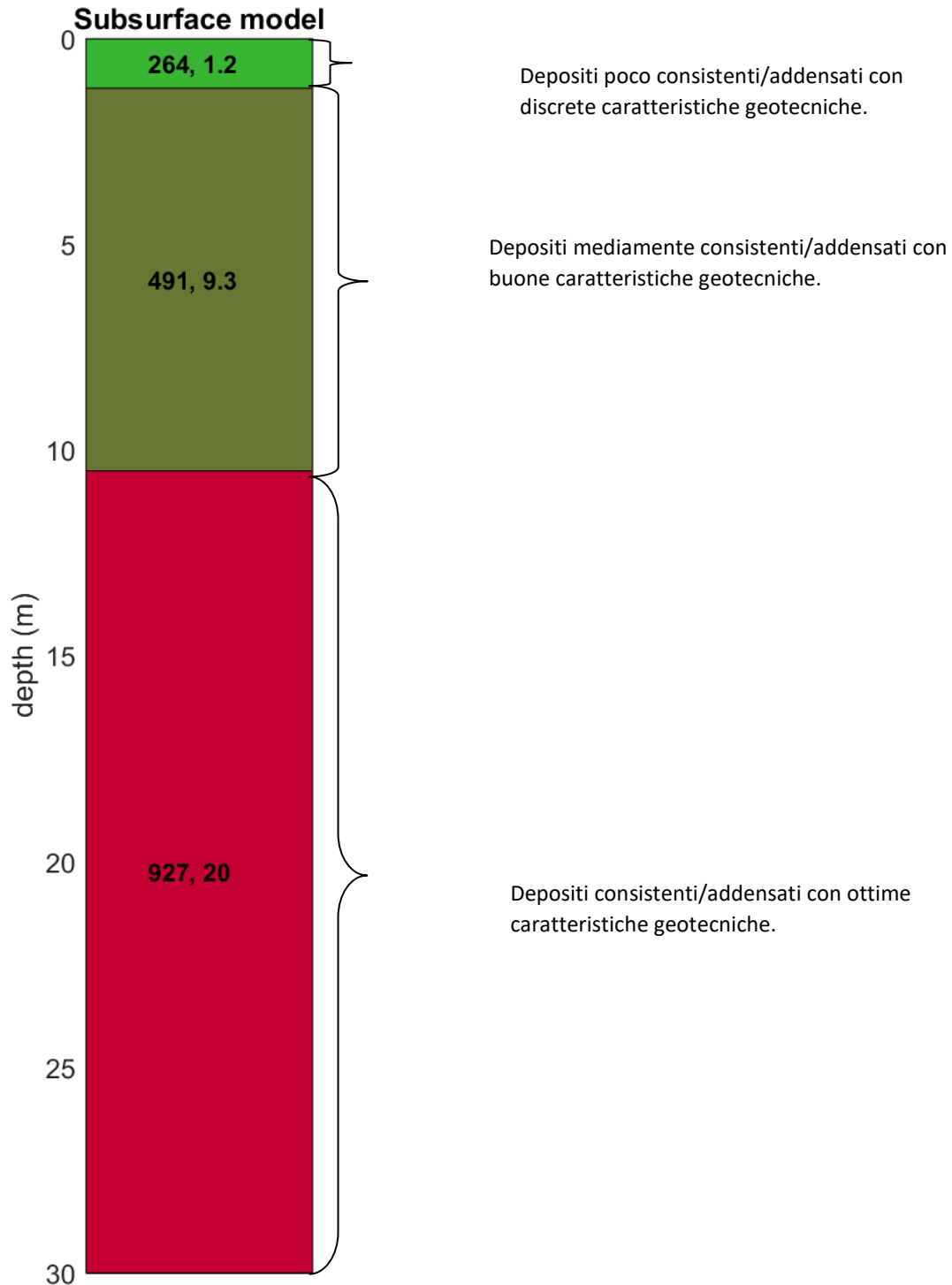
	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 43 di 91</p>
--	--	--

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{Seq} di **461** m/s a partire dal p.c secondo la D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
1.2	264± 113
9.3	491± 18
20	927± 7

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa*** molto addensati o terreni a grana fine 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



	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 45 di 91</p>
--	--	--

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 264 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 9.3 m, con velocità media delle onde di taglio di 491 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 10 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 927 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.

Calcolo dei parametri elastici dinamici dei terreni

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_P e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_P^2 = V_s^2 * (2-2\lambda) / (1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

È definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 46 di 91</p>
--	--	--

- Modulo di Young (E_d)

È definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

-Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

-Modulo di incompressibilità dinamica

È definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.

Calcolo dei parametri elastici statici dei terreni

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni (<10⁻⁴) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto E_d/E_s (E_d modulo di Young o elastico dinamico - E_s modulo di Young o elastico statico) è comunemente 2.0 (Cheng and Johnston, 1981), ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 (Gudmundsson, 1990; Link, 1968).

Rzhevsky e Novik hanno proposto le seguenti relazioni:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R \cdot G$$

Dove R è un parametro che 0.18 per le ghiaie, 0.15 per le sabbie mediamente dense e 0.11 per

le argille, dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici.

Modulo di Poisson	$\nu = (E - 2G) / (2G)$
Modulo di compressibilità volumetrico	$K = G * E / [3(3G - E)]$
Modulo edometrico	$E_{ed} = G * (4G - E) / (3G - E)$
Modulo di carico su piastra	$M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 07

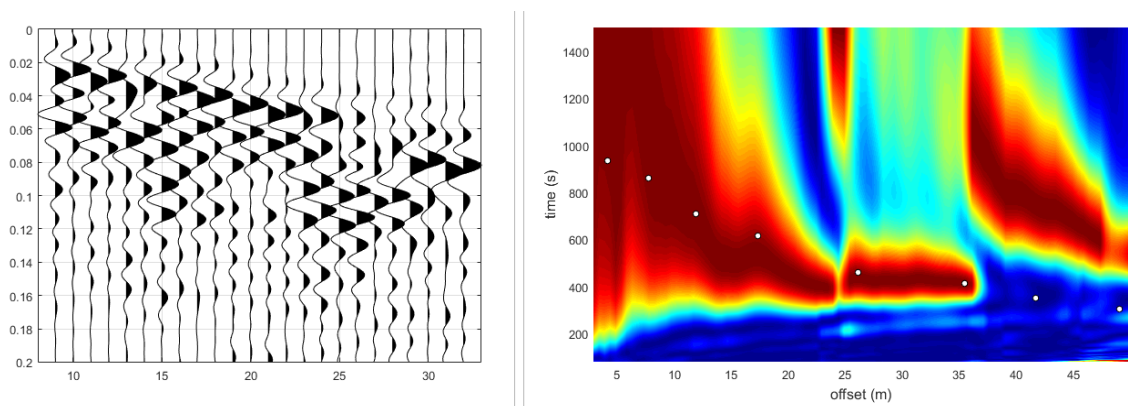
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	Vs m/s	γ' g/cm ₃	λ (-)	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	R Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,2	647	264	2,02	0,4	3942	0,533	1408	6570
2	9,3	1628	491	2,17	0,45	15171	1,065	5231	50571
3	20	3075	927	2,33	0,45	58065	2,160	20022	193550

PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 07

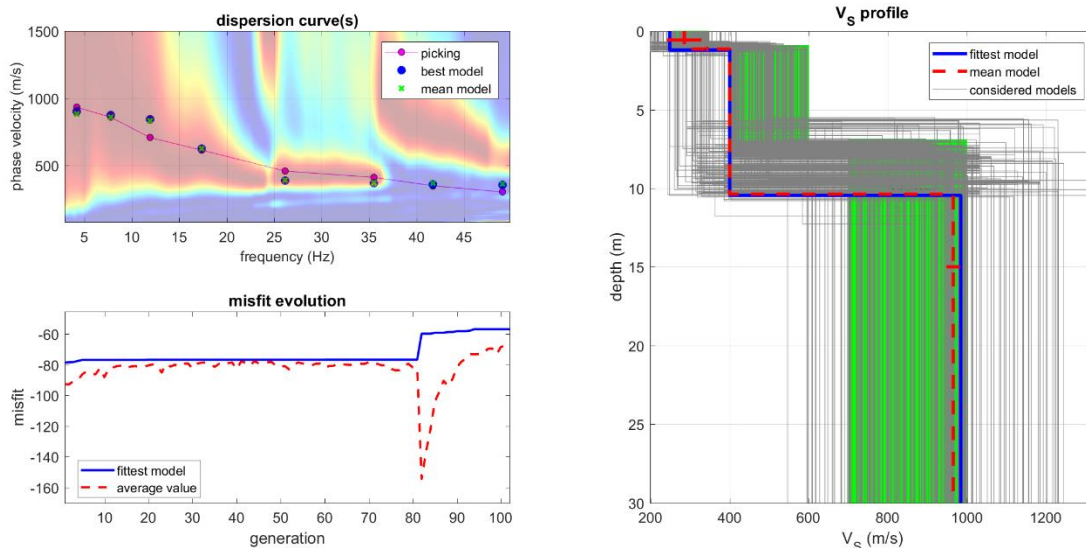
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	γ' g/cm ³	λ (-)	Modulo di carico su piastra Kg/cm ²	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	Modulo Edometrico Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,2	647	2,02	0,4	663,41	474,82	634	183,04	975
2	9,3	1628	2,17	0,45	2640,49	1827,71	2857	680,03	9754
3	20	3075	2,33	0,45	7797,19	6995,67	10937	2602,86	24888

2.10 INTERPRETAZIONE DATI MASW-08- FO028

Masw- 08



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell’inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall’inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l’evolversi del modello al passare delle “generazioni” (l’algoritmo utilizzato per l’inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



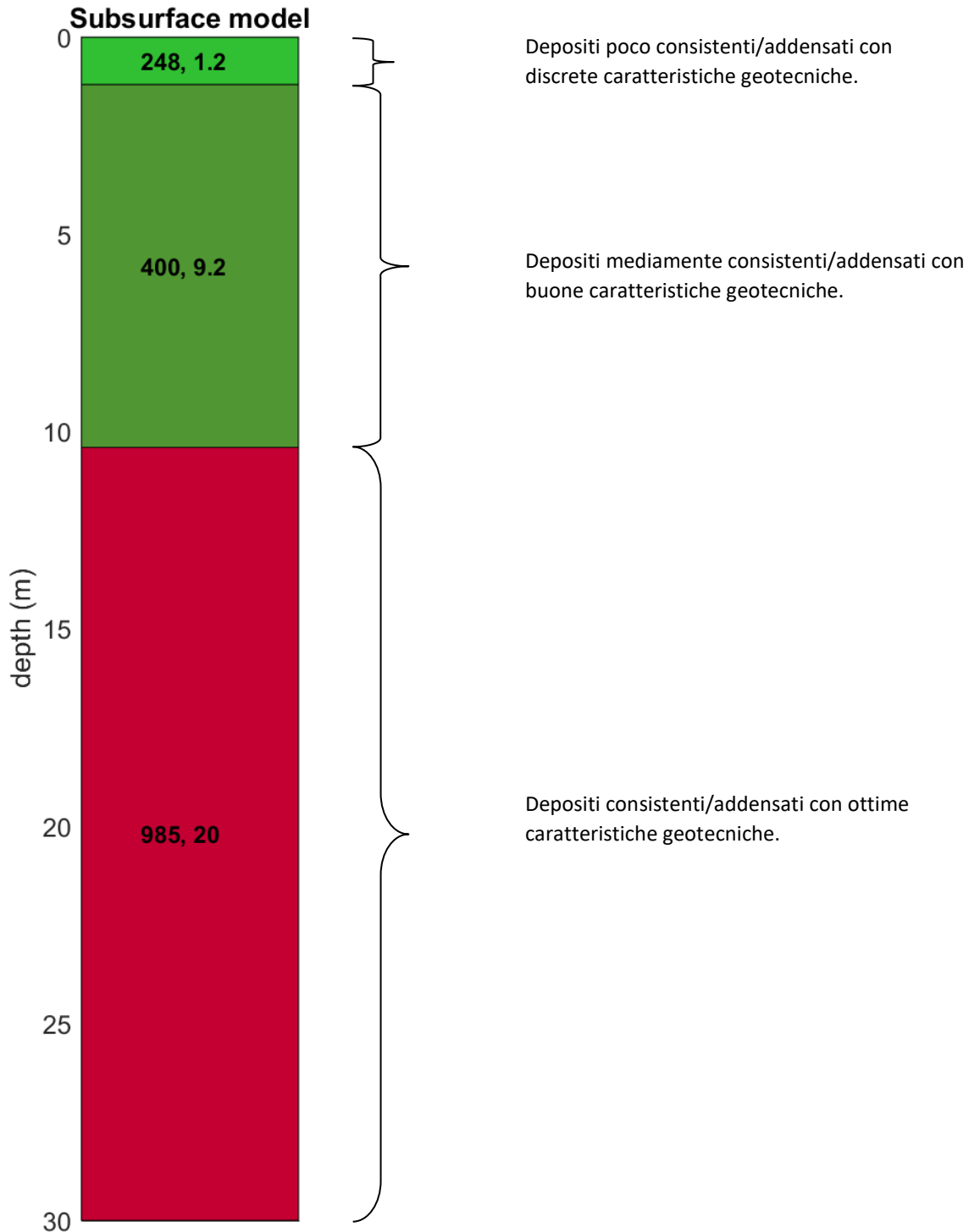
	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 49 di 91</p>
--	--	--

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{Seq} di **383 m/s** a partire dal p.c secondo la D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
1.2	248± 44
9.2	400± 4
20	985± 17

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa*** molto addensati o terreni a grana fine 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



	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 51 di 91</p>
--	--	--

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 248m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 9.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 400 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 10 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 985 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.

Calcolo dei parametri elastici dinamici dei terreni

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m^3) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_P e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_P^2 = V_s^2 * (2-2\lambda) / (1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

È definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 52 di 91</p>
--	--	---

- Modulo di Young (E_d)

È definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

-Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

-Modulo di incompressibilità dinamica

È definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.

Calcolo dei parametri elastici statici dei terreni

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni (<10⁻⁴) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto E_d/E_s (E_d modulo di Young o elastico dinamico - E_s modulo di Young o elastico statico) è comunemente 2.0 (Cheng and Johnston, 1981), ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 (Gudmundsson, 1990; Link, 1968).

Rzhevsky e Novik hanno proposto le seguenti relazioni:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R \cdot G$$

Dove R è un parametro che 0.18 per le ghiaie, 0.15 per le sabbie mediamente dense e 0.11 per

le argille, dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici.

Modulo di Poisson	$\nu = (E - 2G) / (2G)$
Modulo di compressibilità volumetrico	$K = G * E / [3(3G - E)]$
Modulo edometrico	$E_{ed} = G * (4G - E) / (3G - E)$
Modulo di carico su piastra	$M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 10

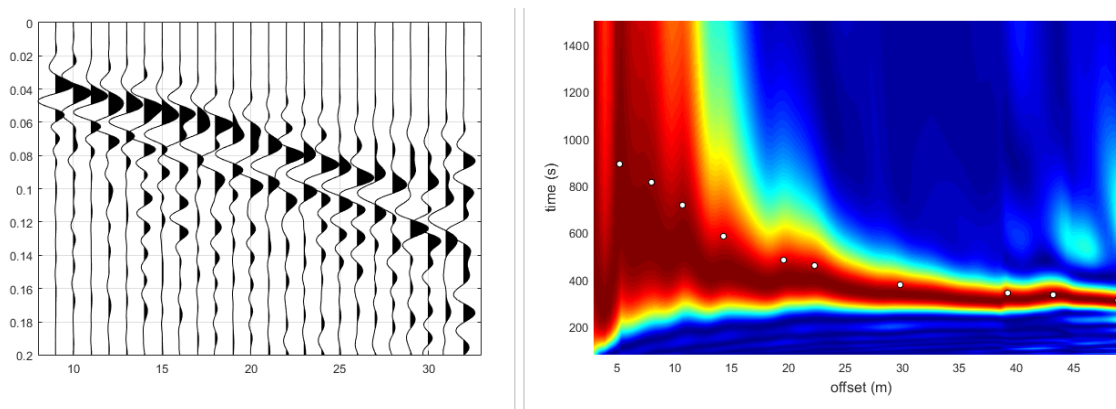
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	Vs m/s	γ' g/cm ₃	λ (-)	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	R Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,2	607	248	2,19	0,4	3461	0,498	1236	5769
2	9,2	1327	400	2,2	0,45	9837	0,848	3392	32789
3	20	3267	985	2,32	0,45	65839	2,305	22703	219465

PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 10

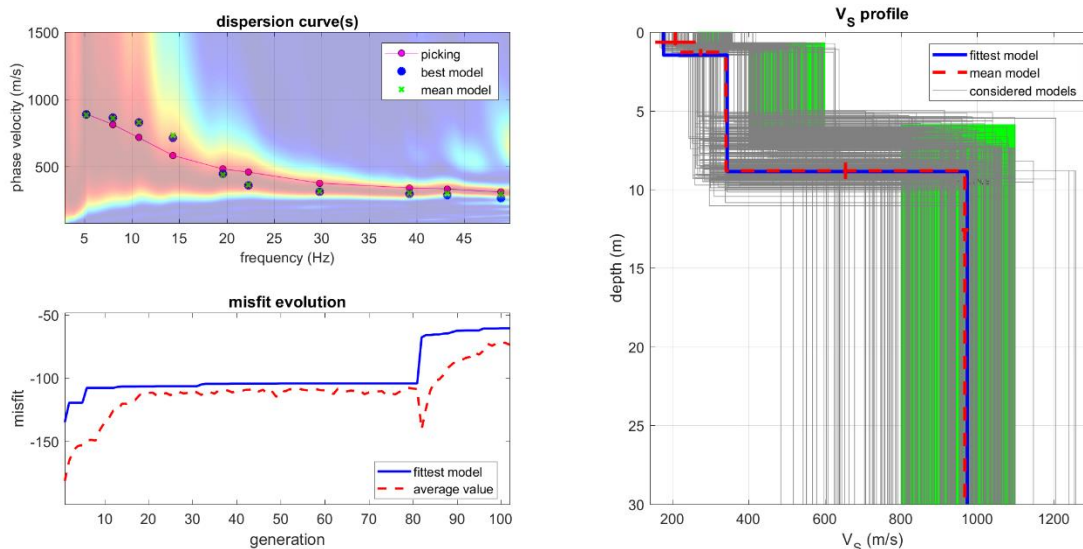
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	γ' g/cm ³	λ (-)	Modulo di carico su piastra Kg/cm ²	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	Modulo Edometrico Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,2	607	2,19	0,4	582,50	416,87	557	160,68	857
2	9,2	1327	2,2	0,45	1711,90	1185,06	1852	440,96	6320
3	20	3267	2,32	0,45	8841,00	7932,29	12400	2951,39	28217

2.11 INTERPRETAZIONE DATI MASW-09- FO09

Masw- 09



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell’inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall’inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l’evolversi del modello al passare delle “generazioni” (l’algoritmo utilizzato per l’inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



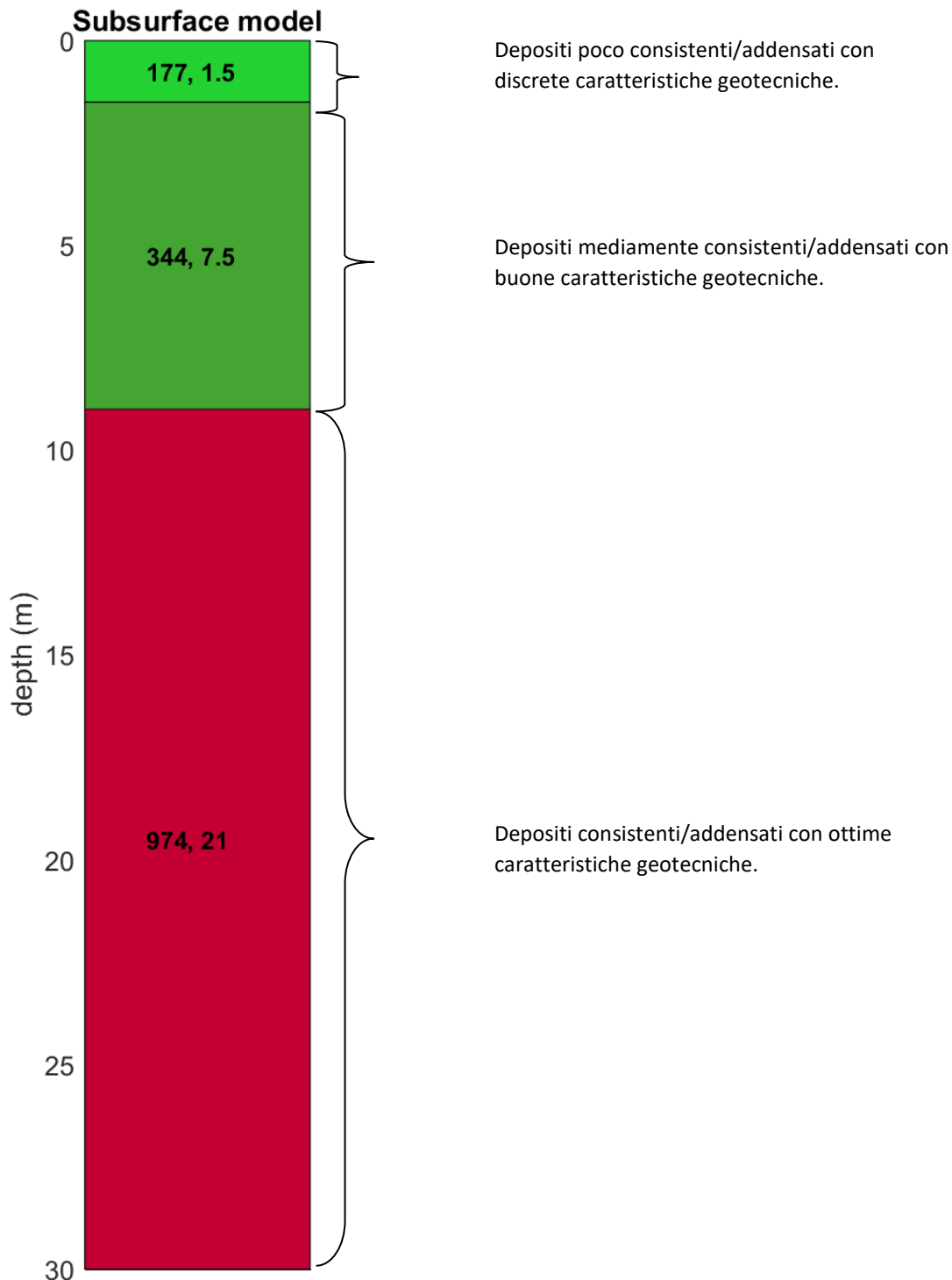
	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 55 di 91</p>
--	--	---

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{Seq} di **312 m/s** a partire dal p.c secondo la D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
1.5	177 ± 53
7.5	344 ± 4
21	974 ± 9

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **C** ovvero:

- *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.*



	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 57 di 91</p>
--	--	---

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1.5 m, con velocità media delle onde di taglio di 177 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 7.5 m, con velocità media delle onde di taglio di 344 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 9 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 974 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.

Calcolo dei parametri elastici dinamici dei terreni

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda) / (1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

È definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (Ea)

	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 58 di 91</p>
--	--	---

È definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

-Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

-Modulo di incompressibilità dinamica

È definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.

Calcolo dei parametri elastici statici dei terreni

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni (<10⁻⁴) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto Ed/Es (Ed modulo di Young o elastico dinamico -Es modulo di Young o elastico statico) è comunemente 2.0 (Cheng and Johnston, 1981), ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 (Gudmundsson, 1990; Link, 1968).

Rzhevsky e Novik hanno proposto le seguenti relazioni:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R \cdot G$$

Dove R è un parametro che 0.18 per le ghiaie, 0.15 per le sabbie mediamente dense e 0.11 per le argille, dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici.

Modulo di Poisson

$$\nu = (E - 2G) / (2G)$$

Modulo di compressibilità volumetrico

$$K = G * E / [3(3G - E)]$$

Modulo edometrico

$$E_{ed} = G * (4G - E) / (3G - E)$$

Modulo di carico su piastra

$$M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$$

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 09

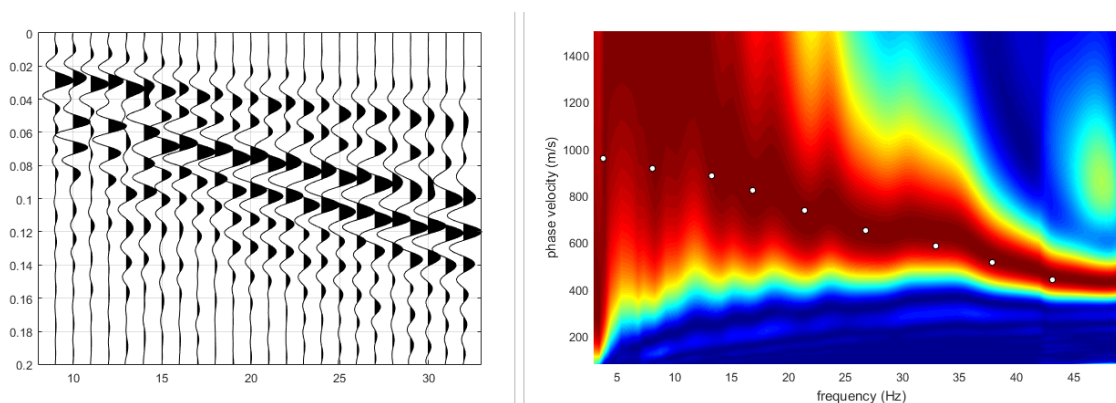
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	Vs m/s	γ' g/cm ₃	λ (-)	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	R Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,5	434	177	2,19	0,4	1684	0,340	602	2807
2	7,5	1141	344	2,2	0,45	7172	0,719	2473	23908
3	21	3230	974	2,32	0,45	64377	2,279	22199	214591

PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 09

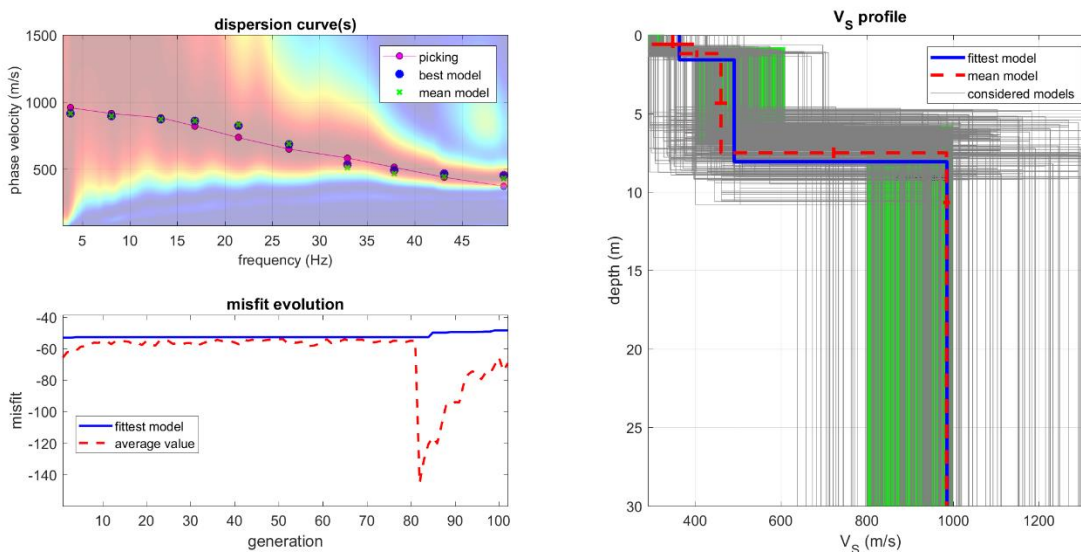
STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	γ' g/cm ³	λ (-)	Modulo di carico su piastra Kg/cm ²	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	Modulo Edometrico Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,5	434	2,19	0,4	283,03	202,77	270	78,26	413
2	7,5	1141	2,2	0,45	1248,05	863,98	1350	321,49	4607
3	21	3230	2,32	0,45	8644,62	7756,15	12124	2885,87	27589

2.12 INTERPRETAZIONE DATI MASW-10- FO10

Masw- 10



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



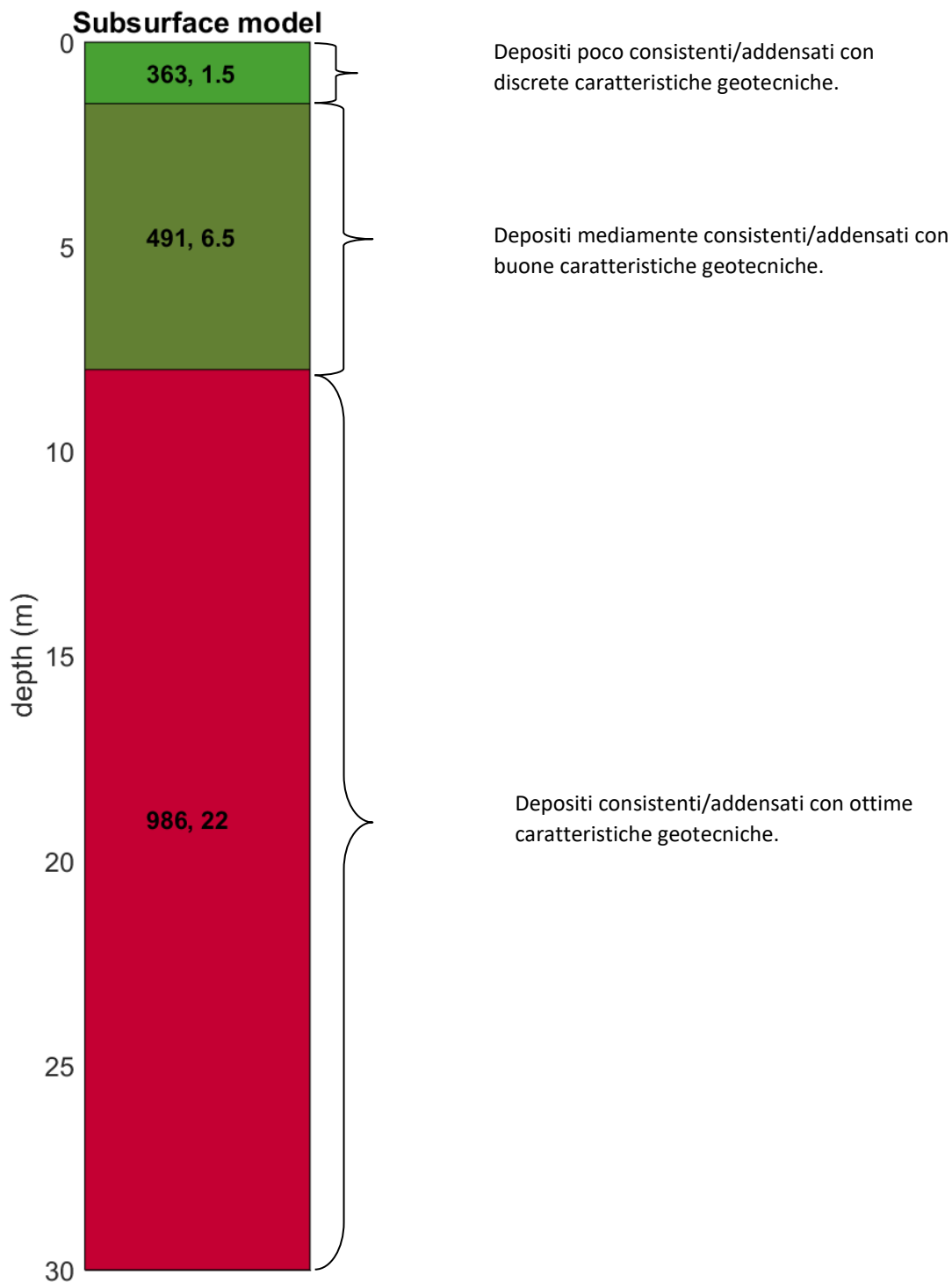
	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 61 di 91</p>
--	--	---

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{Seq} di **438** m/s a partire dal p.c secondo la D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
1.5	363± 49
6.5	491± 14
22	986± 8

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa*** molto addensati o terreni a grana fine 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



	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: right;">DATA: APRILE 2024 Pag. 63 di 91</p>
--	--	--

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1.5 m, con velocità media delle onde di taglio di 363 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 6.5 m, con velocità media delle onde di taglio di 491 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 7 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 986 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.

Calcolo dei parametri elastici dinamici dei terreni

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda) / (1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

È definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: right;">DATA: APRILE 2024 Pag. 64 di 91</p>
--	--	--

- Modulo di Young (E_d)

È definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

-Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

-Modulo di incompressibilità dinamica

È definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.

Calcolo dei parametri elastici statici dei terreni

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni (<10⁻⁴) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto E_d/E_s (E_d modulo di Young o elastico dinamico - E_s modulo di Young o elastico statico) è comunemente 2.0 (Cheng and Johnston, 1981), ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 (Gudmundsson, 1990; Link, 1968).

Rzhevsky e Novik hanno proposto le seguenti relazioni:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R \cdot G$$

Dove R è un parametro che 0.18 per le ghiaie, 0.15 per le sabbie mediamente dense e 0.11 per

le argille, dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici.

Modulo di Poisson	$\nu = (E - 2G) / (2G)$
Modulo di compressibilità volumetrico	$K = G * E / [3(3G - E)]$
Modulo edometrico	$E_{ed} = G * (4G - E) / (3G - E)$
Modulo di carico su piastra	$M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 10

STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	Vs m/s	γ' g/cm ₃	λ (-)	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	R Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,5	1204	363	2,1	0,4	8025	0,762	2767	26749
2	6,5	1628	491	2,17	0,45	15171	1,065	5231	50571
3	22	3270	986	2,34	0,45	65973	2,307	22749	219911

PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 10

STRATO	SPESSORE m	Vp m/s	γ' g/cm ³	λ (-)	Modulo di carico su piastra Kg/cm ²	MODULO DI YOUNG Kg/cm ²	Modulo Edometrico Kg/cm ²	MODULO DI TAGLIO Kg/cm ²	Mod.di Incompressibilità Kg/cm ²
1	1,5	1204	2,1	0,4	1396,60	966,75	1511	359,71	2579
2	6,5	1628	2,17	0,45	2640,49	1827,71	2857	680,03	9754
3	22	3270	2,34	0,45	8859,08	7948,44	12426	2957,37	28277

	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p style="text-align: center;">DATA: APRILE 2024 Pag. 66 di 91</p>
--	--	---

3. PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

Come accennato in premessa, nell'ambito della campagna geofisica è stata eseguita n. 1 prospezione di sismica a rifrazione in onde P.

L'acquisizione è stata eseguita su profili della lunghezza di 115 m, utilizzando una configurazione a 24 geofoni equidistanziati di 5.0m.

L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare i profili sismostratigrafici, relativi alle aree di indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche.

3.1. GENERALITÀ SULLE PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

Le indagini sismiche a rifrazione si basano sulla misurazione del tempo necessario perché la perturbazione elastica causata nel terreno da una sorgente di energia pervenga ad una serie di strumentazioni di ricezione (geofoni) dopo aver percorso uno strato superficiale di terreno (onde dirette) e superfici di separazione fra strati a velocità crescente verso il basso (mediante onde rifratte). Le apparecchiature di misurazione, di solito in numero di 12 o 24 geofoni, sono spaziate regolarmente lungo un allineamento; viene registrato il tempo di arrivo delle onde ad ogni geofono, a costituire un diagramma, detto sismogramma.

Il sismogramma registra:

- le onde dirette: che rappresentano la perturbazione che attraversando solo il primo strato va al geofono dalla sorgente di energia;
- le onde riflesse: che vengono riflesse dalle superfici di discontinuità;
- le onde rifratte: date dal raggio che subisce la rifrazione totale e percorre la superficie di discontinuità a velocità pari a quella dello strato più veloce.

L'angolo critico di incidenza dipende dal rapporto delle velocità di propagazione delle onde sismiche nei due materiali, secondo la Legge di Snell:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{V_1}{V_2}$$

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 67 di 91</p>
--	--	--

Si ha l'angolo critico quando $\text{sen}\alpha = V1/V2$, cioè $\beta = 90^\circ$.

Le spezzate diagrammate in un sistema di riferimento tempi/distanze relativamente ai tempi di primo arrivo sono le dromocrone. In ogni dromocrona si hanno punti che possono essere relativi alle onde dirette e alle onde rifratte.

I primi tempi di arrivo sono quelli relativi ai raggi diretti attraverso il primo strato, e la pendenza della linea che passa per tali punti è il reciproco della velocità di questo strato.

A partire da una certa distanza dal punto di energizzazione (detta distanza critica) il tempo impiegato per arrivare al geofono dai raggi che percorrono il tetto dello strato sottostante (più veloce) risulta inferiore a quello degli arrivi diretti. I punti relativi a questi arrivi si alleneranno secondo una retta avente la pendenza di $1/V2$, e così via per gli strati inferiori.

Il tempo che corrisponde all'intersezione di ciascun segmento di retta con l'asse dei tempi è detto tempo intercetto. Questo valore, come quello della distanza critica, dipendono direttamente dalla velocità dei materiali e dallo spessore degli strati, e possono quindi essere utilizzati per determinare le profondità dei tetti degli strati stessi.

In sostanza, una volta determinate le varie velocità, vi sono infatti due metodi per determinare le profondità dei vari strati sotto i punti di energizzazione: il metodo dell'intercetta e quello della distanza critica.

Una volta note queste entità è poi possibile calcolare la profondità dei vari strati in corrispondenza di ogni geofono; con il metodo ABC (delay times) o con il GRM (Generalized Reciprocal Method).

3.2 POSSIBILITA' E LIMITI DEL METODO SISMICO A RIFRAZIONE

Come è noto, le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo. Nella prospezione sismica a rifrazione si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o "di compressione e dilatazione"), che sono le più veloci fra le diverse onde elastiche, o trasversali (onde S o "di taglio") per determinare spessori e andamenti dei livelli presenti.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa in un range piuttosto

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG) Rapporto Tecnico delle Indagini	DATA: APRILE 2024 Pag. 68 di 91
--	---	--

ampio; per lo stesso litotipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione; aumenta per contro con la profondità e l'età geologica.

Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione.

Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali, per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponde con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Il metodo sismico a rifrazione è soggetto inoltre alle seguenti limitazioni:

- un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali in esso risulterà superiore a quella dei livelli soprastanti (effetto della inversione di velocità);
- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non risultare rilevabile;
- un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli "arrivi" dello strato sottostante (effetto dello strato nascosto e "zona oscura");
- aumentando la spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità di investigazione ma può ovviamente ridursi la precisione della determinazione della profondità dei limiti di passaggio tra i diversi livelli individuati. In presenza di successioni di livelli con velocità (crescenti) di poco differenti tra loro, orizzonti a velocità intermedia con potenza sino anche ad 1/3 del passo adottato possono non essere evidenziati. Il limite tra due orizzonti può quindi in realtà passare "attraverso" un terzo intermedio non evidenziabile;
- analogamente, incrementi graduali di velocità con la profondità danno origine a dromocrone che consentono più schemi interpretativi.

Per contro i moderni metodi di elaborazione del dato sismico consentono di ricostruire la morfologia sepolta di più rifrattori sovrapposti, variamente accidentati e con velocità variabili lungo il

profilo, anche in presenza di morfologia di superficie non piane.

3.3 ATTREZZATURA E METODOLOGIA UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata è il sismografo W2Z a 24 canali Wireless della DOLANG GEOPHYSICAL dalle seguenti caratteristiche tecniche: gestione a microprocessore, Sampling Frequency 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz, 16000 Hz; Number of samples in trigger mode 256, 516, 1024, 4096, 8192, 16384; risoluzione a 24 bit; acquisizione dei dati e codifica dei file in formato Seg-2-Y E DAT.

I geofoni sono connessi al pc in modalità wireless con range massimo di 500 m in campo aperto con la possibilità di inserire in serie 256 geofoni con frequenza propria di 4,5 Hz, il sensore trigger è inserito all'interno della mazza battente di 10 kg.



Le indagini si sono svolte secondo la seguente geometria:

- Numero di geofoni: 24
- Spaziatura tra i geofoni: 5.0 m
- Numero di offset: 7.

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 70 di 91</p>
--	--	--

Dal modello ottenuto è stata effettuata l'inversione tomografica utilizzando il software RAYFRACT® della Intelligent Resources Inc., formulato per consentire l'elaborazione di dati ottenuti con prospezioni sismiche eseguite in superficie, sia onde P che S, per scopi geotecnico-ingegneristici, ambientali e per l'esplorazione nel campo delle georisorse.

RAYFRACT® consente sia la ricostruzione della geometria dei rifrattori con la sismica a rifrazione tradizionale, che la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche, soprattutto nel caso di strutture profonde. Tali tecniche consistono in due metodi, quello di inversione DELTA T-v, mediante il quale si ottengono dei profili 1D "profondità-velocità" dai dati di dromocrone e il metodo di inversione 2D, WET, mediante il quale si ottimizzano i modelli di velocità ottenuti con il metodo DELTA t-V. Inoltre le release più recenti di RAYFRACT sono supportate dal software SURFER 8 mediante il quale è stato eseguito il gridding, l'imaging ed il contouring dei suddetti modelli di velocità.

Sismica in Onde P

L'acquisizione è stata realizzata utilizzando la configurazione geometrica di seguito riportata per la *Sism01*

- n. geofoni: 24 + 1 trigger
- distanza tra i geofoni: 5.0 m
- n. shots: 7 di cui:
 - shot 1 esterno al geofono G1;
 - shot 2 tra geofono G4 e G5;
 - shot 3 tra geofono G8 e G9;
 - shot 4 tra geofono G12 e G13;
 - shot 5 tra geofono G16 e G17;
 - shot 6 tra geofono G20 e G21;
 - shot 7 esterno al geofono G24

la *Sism02*

- n. geofoni: 24 + 1 trigger
- distanza tra i geofoni: 5.0 m
- n. shots: 7 di cui:
 - shot 1 esterno al geofono G1;
 - shot 2 tra geofono G4 e G5;
 - shot 3 tra geofono G8 e G9;
 - shot 4 tra geofono G12 e G13;
 - shot 5 tra geofono G16 e G17;
 - shot 6 tra geofono G20 e G21;
 - shot 7 esterno al geofono G24

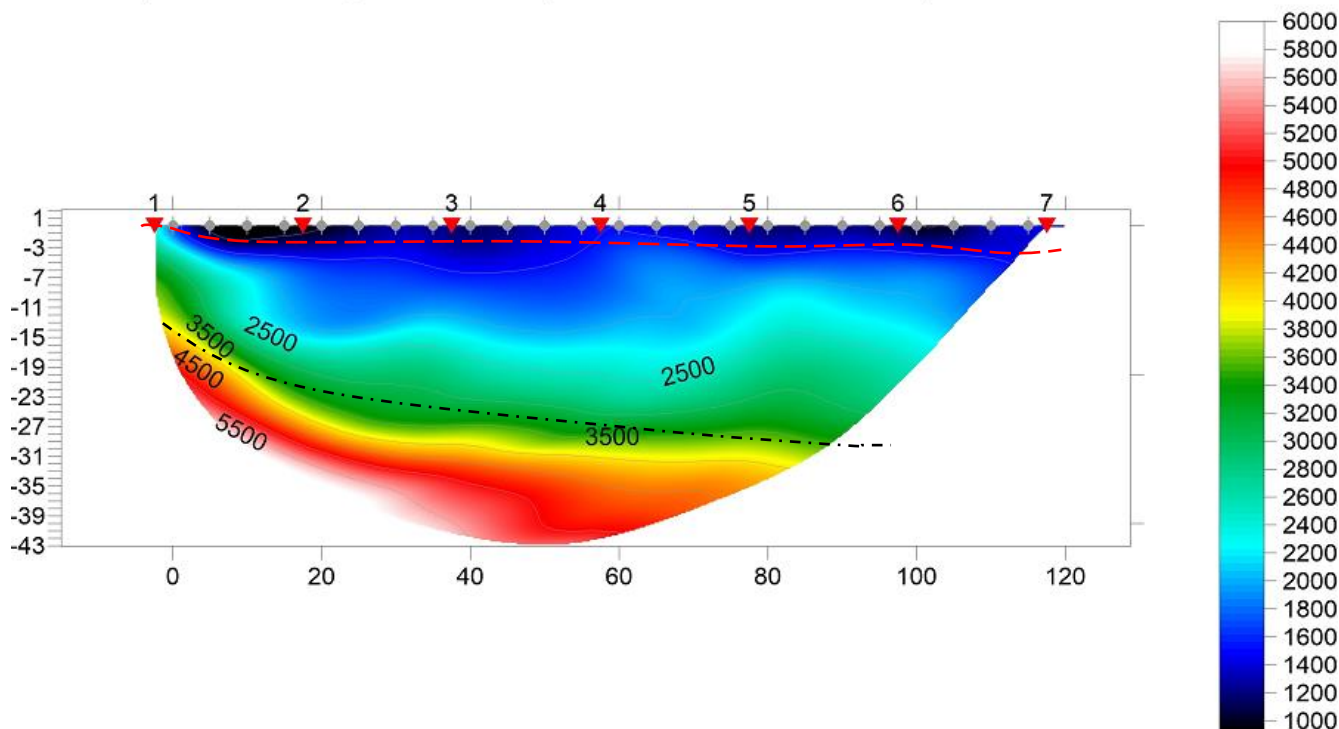
SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P				
Stendimento Sismico	N° Canali	Distanza intergeofonica	Lunghezza base sismica	Tipo Onde Sismiche
<i>Sism01 Anemometro</i>	24	<i>5.0m</i>	<i>115m</i>	<i>P</i>
<i>Sism02 F010</i>	24	<i>5.0m</i>	<i>115m</i>	<i>P</i>

3.4. ELABORAZIONE E INTERPRETAZIONE DELLE SISMICHE A RIFRAZIONE

Sismosezione: Sism01

La prospezione sismica a rifrazione in onde P è stata denominata Sism01.

anemfol, 20 WET iterations, RMS error 0.6 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.33



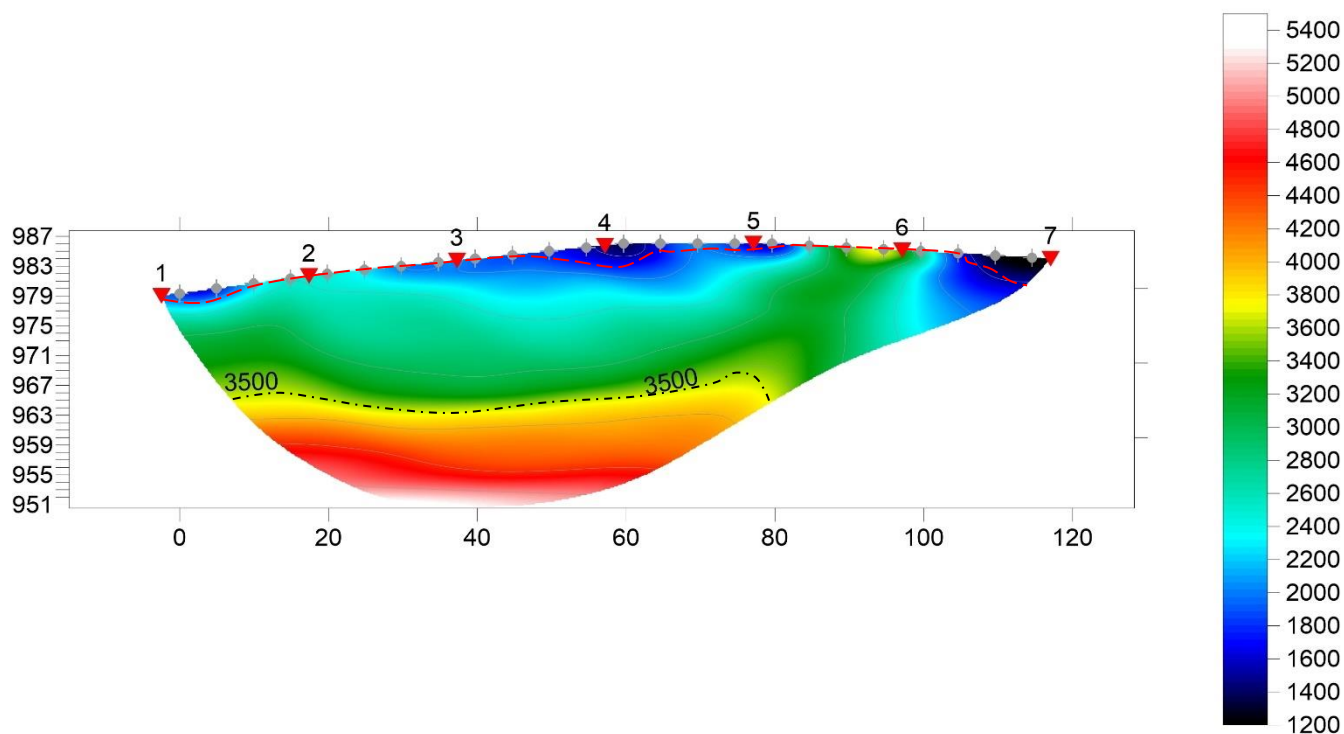
L'analisi della Sism01 **in onde P** (115 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore massimo di 2 m, con velocità delle onde P compresa tra 1000 e 1600 m/s, riferibile a terreni superficiali con discrete capacità geotecniche;
- Il **secondo sismostrato** ha uno spessore medio di circa 20 m, con velocità delle onde P compresa tra 1650 e 3400 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, ascrivibile a calcari molto fratturati e con buone proprietà geotecniche.
- Il **Terzo sismostrato** è caratterizzato da una velocità v_P compresa tra 3454 e 6000 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, corrisponde ai calcari più compatti con ottime proprietà geotecniche.

Sismosezione: Sism02

La prospezione sismica a rifrazione in onde P è stata denominata Sism10.

s10fol, 20 WET iterations, RMS error 0.6 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.33



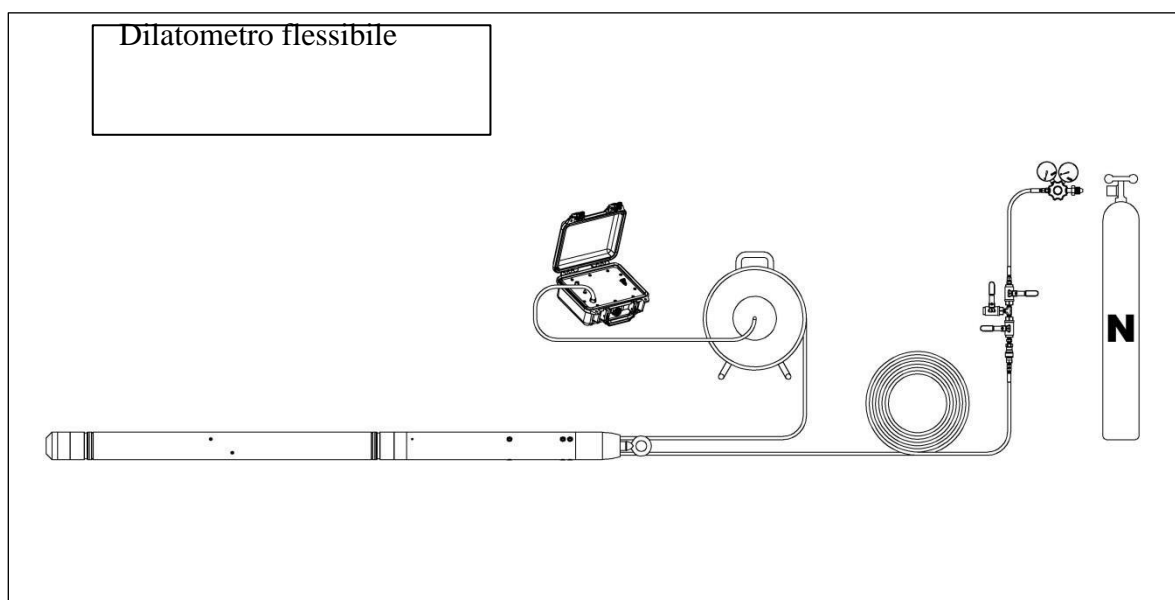
L'analisi della Sism01 **in onde P** (115 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore massimo di 2 m, con velocità delle onde P compresa tra 1200 e 1600 m/s, riferibile a terreni superficiali con discrete capacità geotecniche;
- Il **secondo sismostrato** ha uno spessore medio di circa 20 m, con velocità delle onde P compresa tra 1650 e 3600 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, ascrivibile a calcari molto fratturati e con buone proprietà geotecniche.
- Il **Terzo sismostrato** è caratterizzato da una velocità v_P compresa tra 3650 e 5400 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, corrisponde ai calcari più compatti con ottime proprietà geotecniche.

4.PROVE DILATOMETRICHE

4.1 Generalità

Il DMP95 è un dilatometro flessibile progettato per stimare in situ la deformabilità dell'ammasso roccioso secondo la norma ISO 22476-5. La sonda del dilatometro con diametro esterno di 95 mm è progettata per essere abbassata in un foro animato da 101 mm utilizzando una serie di barre. Un collettore di sedimenti posizionato sopra la sonda. La sonda viene solitamente gonfiata con gas compresso. La prova del dilatometro di trivellazione consiste nel caricare il terreno a passi progressivi e nel misurare la deformazione diametrale risultante da tale carico.



La sonda è costituita da un corpo cilindrico e comprende:

- Una membrana gonfiabile (manicotto di gomma) dotata di tre paia di inserti metallici distanziati a intervalli di 120°
- Un anello elastico diviso e un sistema di ritenzione della membrana a doppio cono,
- Tre coppie di sensori di spostamento induttivi con due punti di misura,
- Un sensore di spostamento di riferimento per la rilevazione della temperatura,
- Un sensore di pressione che consente di misurare la pressione nella sonda,
- Un raccoglitore di sedimenti.

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 75 di 91</p>
--	--	--

4.2 Procedura di prova

La prova consiste nell'applicare una pressione alla parete di un foro di sondaggio con la sonda dilatabile.

La variazione diametrale delle pareti, legata alla progressiva dilatazione della sonda, è determinata direttamente per mezzo di un trasduttore di spostamento installato nella sonda stessa. Le caratteristiche di deformabilità della roccia in corrispondenza del dilatometro sono calcolate in base alla relazione tra la pressione e la dilatazione

4.3 Restituzione dei dati

I principi teorici interpretativi sui quali si fonda l'analisi delle risultanze della prova dilatometrica sono riconducibili alla espansione di una cavità cilindrica secondo le seguenti assunzioni:

- mezzo omogeneo - ortotropo di dimensioni illimitate;
- espansione della cavità secondo simmetria assiale coincidente con l'asse del foro e deformazione piana;
- espansione di tipo quasi statico con incrementi e decrementi di pressione sufficientemente lenti da rendere trascurabili gli effetti delle forze di inerzia;
- comportamento del mezzo secondo una legge elasto - plastico lineare. Gli elementi che influenzano una prova dilatometrica sono i seguenti:
 - volume di roccia interessato (effetto scala)
 - pressioni massime elevate (caso di rocce compatte)
 - intervallo di deformazione possibilità di studio della anisotropia del litotipo (orientazione della fatturazione)

I parametri ottenibili dall'analisi della curva dilatometrica sono i seguenti:

E MODULO DI ELASTICITA' E

Il modulo reversibile di elasticità o di Young è dato dalla relazione di Lamè applicata ad una cavità cilindrica in espansione:

$$E = (1 + \nu) \times \sigma_{F,0} \times \Delta P / \Delta d$$

Con :

ν : Coefficiente di Poisson del materiale (Uguale a 0.25-0.30)

σ : diametro del foro (mm)

ΔP = variazione di Pressione (Mpa)

Δd = variazione di deformazione diametrale(mm)

G Modulo di Deformabilità (Modulo di Taglio)

$$G = \Delta P \times 0,5 \times \sigma_{F,0} / \Delta d$$

σ : diametro del foro (mm)

ΔP = variazione di Pressione (Mpa)

Δd = variazione di deformazione diametrale(mm)

4.4 Restituzione dei risultati

Calcolo dei moduli

Prova 1, Sondaggio S1WTG1 Profondità -3 m Data 10/04/2024

Ciclo	Loading Pente ECH	Unloading Pente EDR	G Loading (Mpa)	G Unloading (Mpa)
1	20.02	34.70	1021.22	1769.65
2	75.23	249.330	3836.83	12715.83
3	155.92	431.26	7952.07	21994.57

Ciclo	Loading Pente ECH	Unloading Pente EDR	E loading (Mpa)	E Unloading (Mpa)
1	20.02	34.70	255.31	442.41
2	75.23	249.330	959.21	3178.96
3	155.92	431.26	1988.02	5498.64

Prova 2, Sondaggio S1WTG1 Profondità -10 m Data 10/04/2024

Ciclo	Loading Pente ECH	Unloading Pente EDR	G Loading (Mpa)	G Unloading (Mpa)
1	26.89	106.04	1359.74	5360.07
2	75.67	260.00	3825.32	13143.00
3	157.64	476.00	7969.11	24061.80

Ciclo	Loading Pente ECH	Unloading Pente EDR	E Loading (Mpa)	E Unloading (Mpa)
1	26.89	106.04	339.94	1340.02
2	75.67	260.00	956.33	3285.75
3	157.64	476.00	1992.28	6015.45

Prova 3, Sondaggio S1WTG1 Profondità -22 m Data 10/04/2024

Ciclo	Loading Pente ECH	Unloading Pente EDR	G Loading (Mpa)	G Unloading (Mpa)
1	50.32	150.25	2531.10	7557.58
2	140.25	320.30	7054.58	16111.09
3	200.32	686.23	1076.10	34517.37

Ciclo	Loading Pente ECH	Unloading Pente EDR	E Loading (Mpa)	E Unloading (Mpa)
1	50.32	150.25	632.77	1889.39
2	140.25	320.30	1763.64	4027.77
3	200.32	686.23	2519.02	8629.34

5. SONDAGGI GEOGNOSTICI

5.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Il sondaggio è stato realizzato il 10-11 Aprile 2024.

Il sondaggio è stato descritto in apposito modulo stratigrafico in cui sono state indicate, in funzione della profondità:

- rappresentazione stratigrafica e descrizione dei terreni attraversati, spessore delle alternanze litologiche, colore delle formazioni, composizione granulometrica approssimata e frazione fine prevalente, consistenza ed addensamento,
- quota relativa al prelievo dei campioni,
- livello di falda misurato,
- lunghezza del rivestimento;
- tipo di attrezzatura del sondaggio.

La perforazione è stata condotta a carotaggio continuo con l'utilizzo di carotieri semplici aventi diametro 101 mm, tali da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi e sono state eseguite, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'utilizzo di fluidi di circolazione.

Per il sostegno delle pareti dei fori, dove necessario, sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati della lunghezza di 1,50 m e del diametro di 127 mm.

Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara.

I materiali estratti dai carotieri sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici in polietilene, opportunamente classificate con l'estremo identificativo del sondaggio e successivamente fotografati.

Le verticali di sondaggio sono state attrezzate con Piezometri tipo a "Tubo Aperto". È stata misurata la falda alla sera e al mattino seguente senza individuare la presenza di una falda.

Le stratigrafie dei sondaggi sono riportate nell'Allegato n°1 dove è stata riportata anche la quota effettiva della falda.

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">Rapporto Tecnico delle Indagini</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024 Pag. 79 di 91</p>
--	--	--

La tabella successiva riassume le informazioni principali dei sondaggi eseguiti.

Sondaggio a carotaggio continuo

Sondaggio	Profondità dal p.c.	Campioni Indisturbati	Prove Dilatometriche	Falda a Fine Perforazione
<i>S_F001</i>	<i>30</i>	<i>0</i>	<p align="center"><i>3m</i></p> <p align="center"><i>10 m</i></p> <p align="center"><i>22 m</i></p>	<i>-22.65 mt</i>

6.RAPPORTO FOTOGRAFICO

6.1 INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW

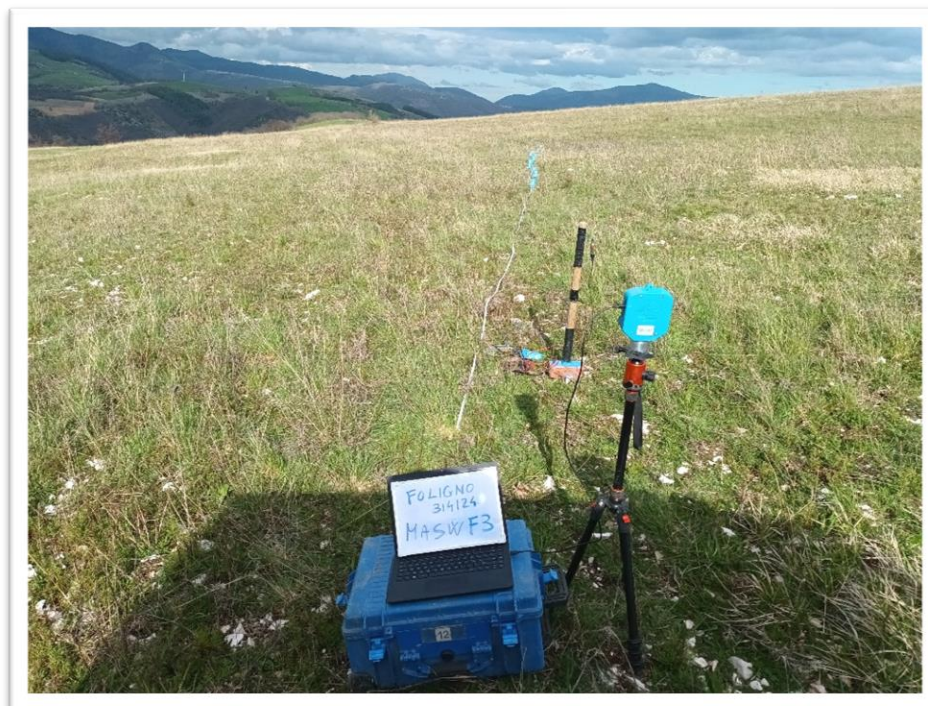


Postazione dell'indagine MASW 01

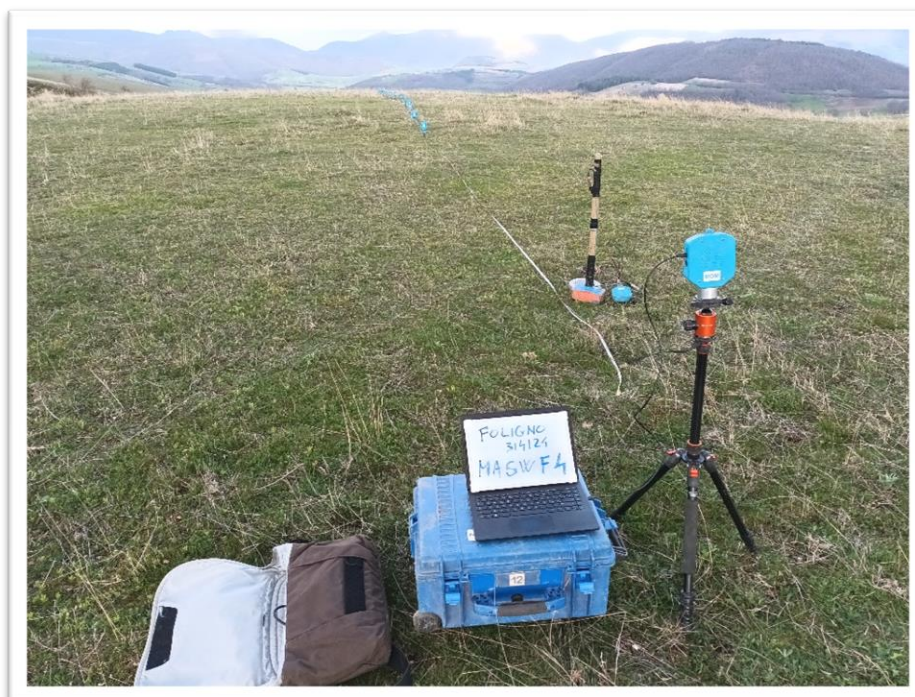


Postazione dell'indagine MASW 02

Rapporto Tecnico delle Indagini

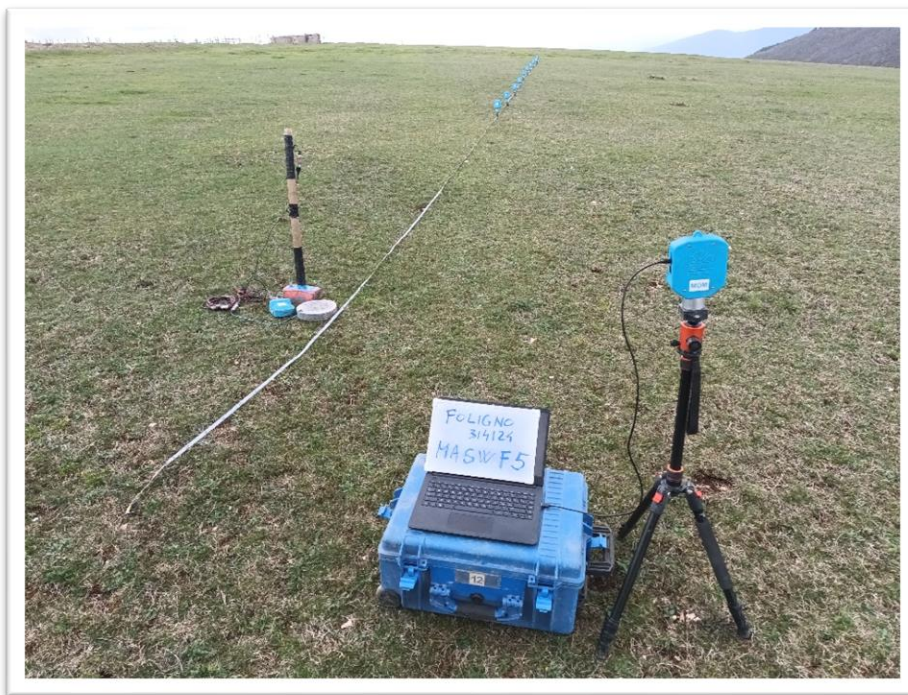


Postazione dell'indagine MASW 03

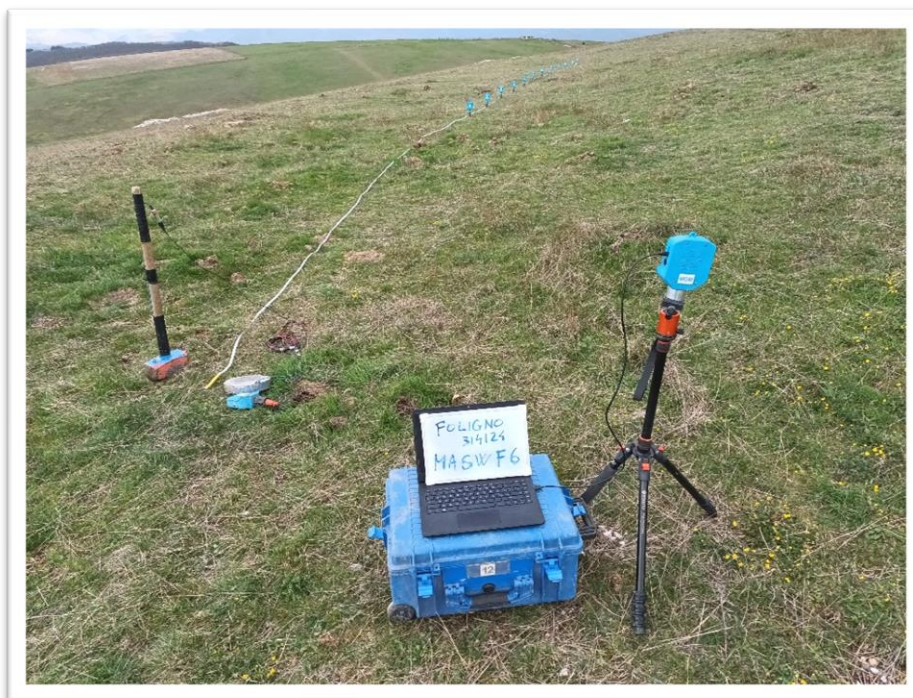


Postazione dell'indagine MASW 04

Rapporto Tecnico delle Indagini



Postazione dell'indagine MASW 05



Postazione dell'indagine MASW 06

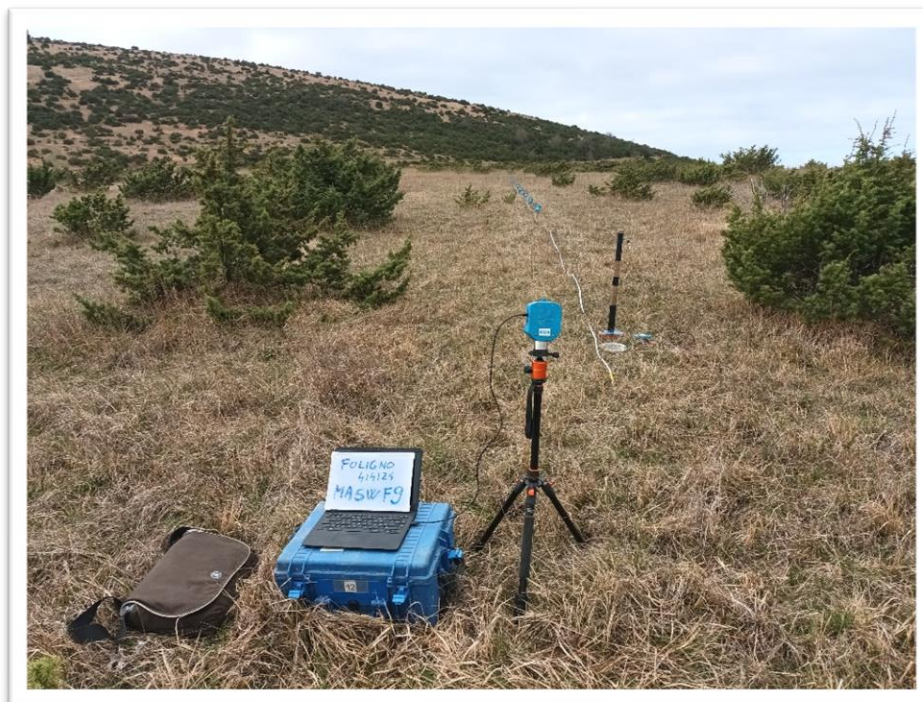


Postazione dell'indagine MASW 07

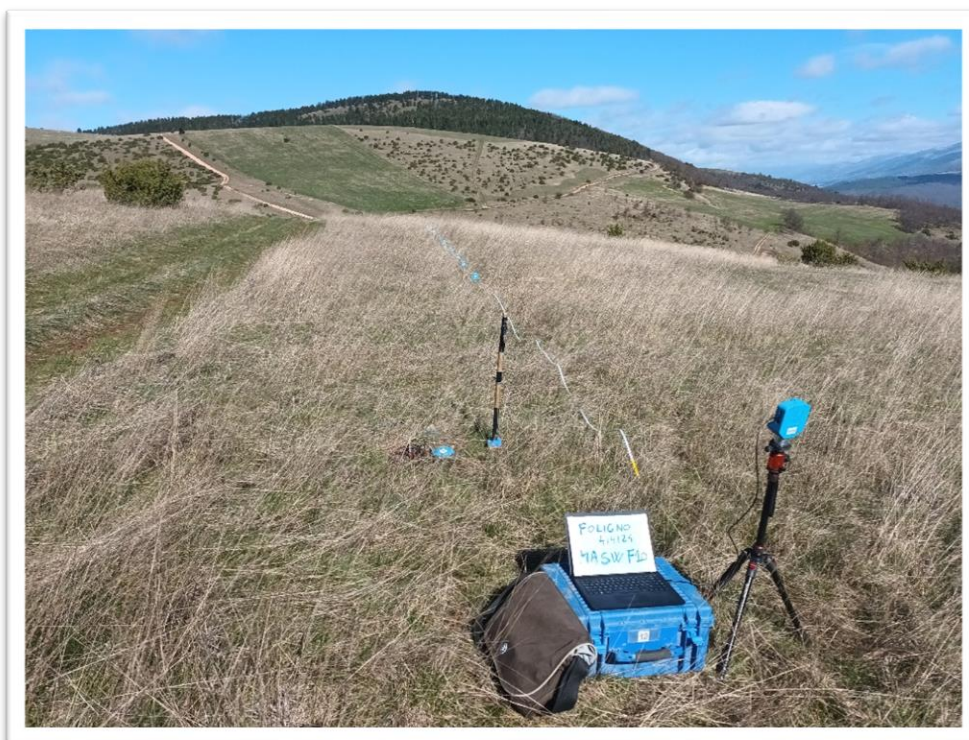


Postazione dell'indagine MASW 08

Rapporto Tecnico delle Indagini

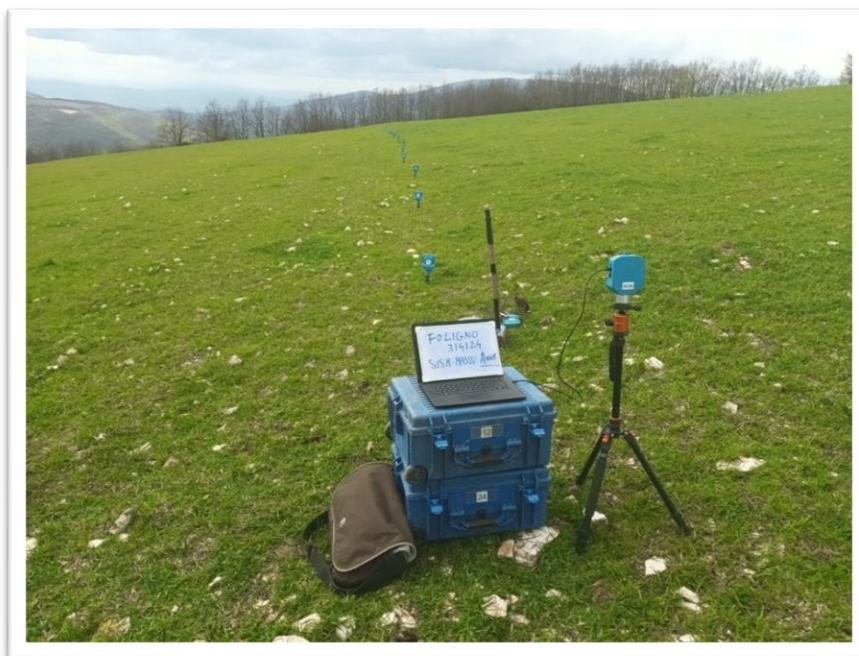


Postazione dell'indagine MASW 09



Postazione dell'indagine MASW 10

6.2 TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P



Postazione dell'indagine SISM 01.



Postazione dell'indagine SISM 10.

6.3 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO



Postazione del sondaggio S1_FO01

Rapporto Tecnico delle Indagini



Cassetta n°1 da 0,0 m a 5.00 m



Cassetta n°2 da 5,0 m a 10.0 m



Cassetta n°3 da 10,0 m a 15.0 m



Cassetta n°4 da 15,0 m a 20.0 m



Cassetta n°5 da 20,0 m a 25.0 m



Cassetta n°6 da 25,0 m a 30.0 m



**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA
POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL
COMUNE DI FOLIGNO (PG)**

Rapporto Tecnico delle Indagini

**DATA:
APRILE 2024
Pag. 88 di 91**

Allegato n° 1 Stratigrafia del Sondaggio Geognostico.



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it





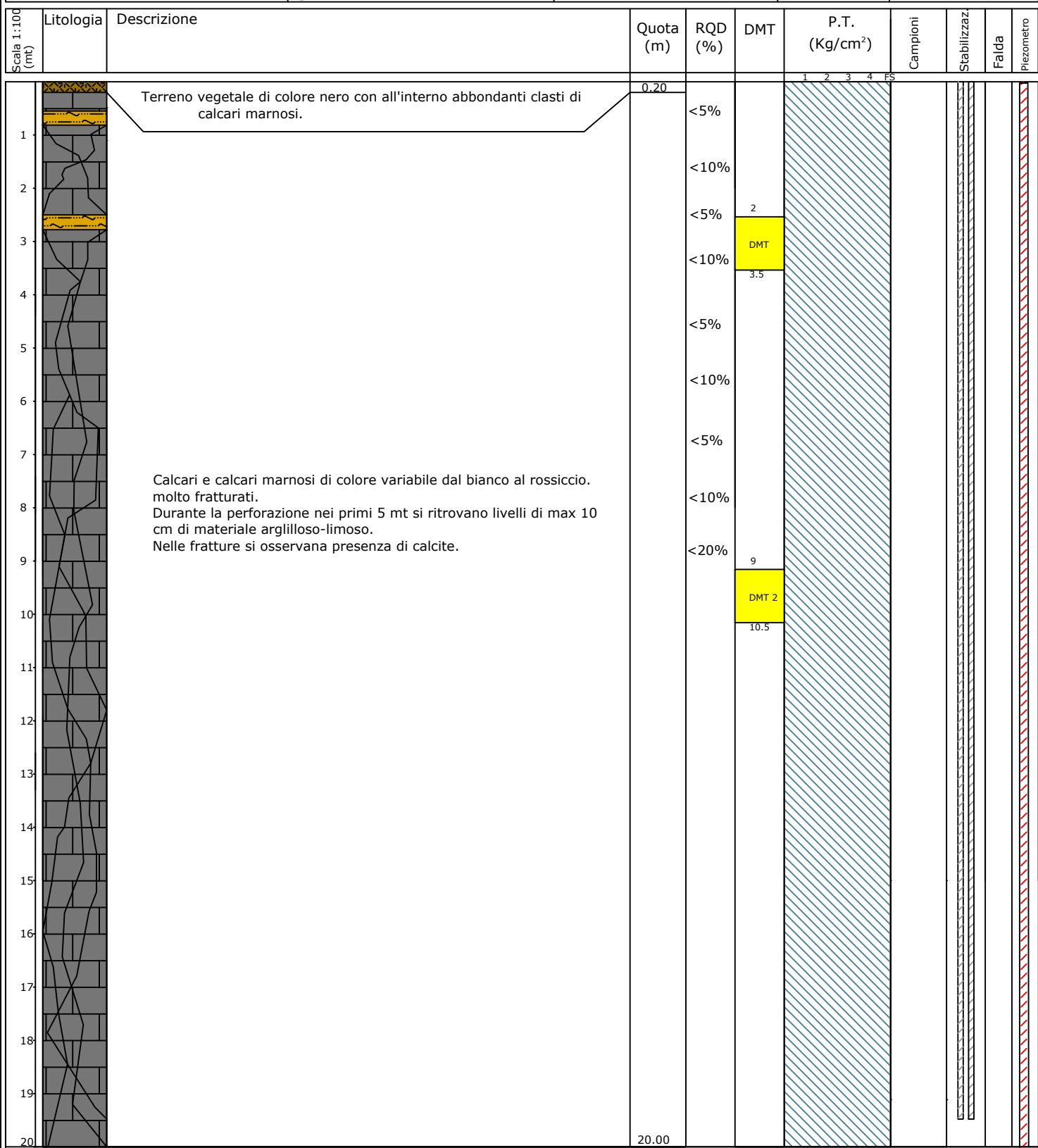
Engineering Geology srl
Via del Gallitello, n° 90/A - 85100 Potenza
Tel. + 39 0971 26378 Fax +39 0971 1940737
e-mail: info@engeosrl.it



Società con sistema di gestione certificato
UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO 14001:2005 UNI EN ISO 45001:2018
per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo

Sondaggio
S1_F001

Committente RWE RENEWABLESITALIA SRL	Profondità raggiunta 30 m	Quota Ass. P.C. 934 m s.l.m.	Certificato n° 1	Pagina 1
Operatore	Indagine SONDAGGIO GEOGNOSTICO	Cantiere Parco Eolico Foligno	Inizio/Fine Esecuzione 10-11/04/2024	
Responsabile di cantiere Dott. Geol. Piergiuseppe Granata	Sondaggio S1	Tipo Carotaggio CAROTAGGIO CONTINUO	Tipo Sonda CMV	COORDINATE UTM-WGS 84 43.013941° 12.824707°



Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Campioni: Campionatore a pareti sottili (Schelby) Campioni: ■ Indisturbato ■ Ambientali
DMT.: Prova dilatometrica: ■
Carotaggio: CAROTAGGIO CONTINUO
Attrezzatura: Il sondaggio è stato attrezzato con Piezometro a tubo aperto
Livello di falda fine perforazione -22.65 mt

Il Geologo
Dott. Geol. Raffaele Nardone



Engineering Geology srl
Via del Gallitello, n° 90/A - 85100 Potenza
Tel. + 39 0971 26378 Fax +39 0971 1940737
e-mail: info@engeosrl.it



Società con sistema di gestione certificato
UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO 14001:2005 UNI EN ISO 45001:2018
per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo

Sondaggio
S1_F001

Committente RWE RENEWABLESITALIA SRL	Profondità raggiunta 30 m	Quota Ass. P.C. 934 m s.l.m.	Certificato n° 1	Pagina 2
Operatore	Indagine SONDAGGIO GEOGNOSTICO	Cantiere Parco Eolico Foligno	Inizio/Fine Esecuzione 10-11/04/2024	
Responsabile di cantiere Dott. Geol. Piergiuseppe Granata	Sondaggio S1	Tipo Carotaggio CAROTAGGIO CONTINUO	Tipo Sonda CMV	COORDINATE UTM-WGS 84 43.013941° 12.824707°

Scala 1:100 (mt)	Litologia	Descrizione	Quota (m)	RQD (%)	P.P.	P.T. (Kg/cm ²)					Campioni	Stabilizzaz	Falda	Piezometro
						1	2	3	4	FS				
21				<70%	21									
22					DMT 3									
23					22.5									
24														
25		Calcari e calcari marnosi di colore variabile dal bianco al rossiccio. fratturati. Nelle fratture si osservava presenza di calcite.												
26														
27														
28														
29														
30			30.00											
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														

Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Campioni: Campionatore a pareti sottili (Schelby) Campioni: ■ Indisturbato ■ Ambientali
DMT.: Prova dilatometrica: ■
Carotaggio: CAROTAGGIO CONTINUO
Attrezzatura: Il sondaggio è stato attrezzato con Piezometro a tubo aperto
Livello di falda fine perforazione -22.65 mt

Il Geologo
Dott. Geol. Raffaele Nardone



**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA
POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL
COMUNE DI FOLIGNO (PG)**

Rapporto Tecnico delle Indagini

**DATA:
APRILE 2024
Pag. 89 di 91**

Allegato n° 2 Prove Dilatometriche cicliche



Engineering Geology
Via del Galileo 90/A
85100 Potenza

Dossier n°7147-16
S1-WTG1

Prova al dilatometro flessibile NF EN ISO 22476-5	Sondaggio	Profondità	Orientazione di P2	Data	Ora	Operatore
	S1-WTG1	3m	N120°	10/04/24	13:08	P.G.

Ciclo	Pression (Bar)		Spostamento (mm)				Mod. Dilato (MPa)	
	Bruto	Corretto	Sensore1	Sensore 2	Sensore 3	Media		
Messa in contatto	0,0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000		
	8,6	8,4	0,368	0,285	0,547	0,400		
	9,1	8,6	1,060	1,260	1,197	1,172		
	10,1	8,9	4,606	4,758	4,796	4,720		
	P ₀	11,1	9,8	5,950	6,063	5,799	5,937	
2 P ₀	12,4	11,0	6,004	6,112	5,806	5,974		
Ciclo 1	Carico	13,7	12,3	6,081	6,473	5,763	6,106	E _{CH1}
		15,0	13,6	6,099	6,487	5,835	6,140	255,3
		16,1	14,7	6,116	6,493	5,814	6,141	
	P ₁	16,4	15,0	6,121	6,501	5,849	6,157	
	Scarico	14,4	13,0	6,117	6,508	5,878	6,168	E _{DR1}
		13,2	11,8	6,125	6,510	5,900	6,178	
		11,1	9,7	6,117	6,508	5,882	6,169	
	2P ₀	11,0	9,6	6,119	6,507	5,874	6,167	
	Ricarico	14,2	12,8	6,096	6,500	5,827	6,141	442,3
		14,8	13,4	6,084	6,504	5,833	6,140	
17,9		16,5	6,141	6,533	5,863	6,179		
P ₁	19,1	17,7	6,136	6,541	5,864	6,180	E _{CH2}	
Ciclo 2	Carico	21,1	19,7	6,184	6,570	5,925	6,226	959,0
		22,2	20,8	6,184	6,580	5,928	6,231	
		23,7	22,3	6,208	6,596	5,952	6,252	
	1,5.P ₁ < P ₂ < 2.P ₁	26,3	24,9	6,221	6,622	5,982	6,275	
	Scarico	16,1	14,7	6,210	6,601	5,987	6,266	E _{DR2}
		14,2	12,8	6,212	6,596	5,970	6,259	
		11,4	9,9	6,194	6,583	5,955	6,244	
	2P ₀	10,6	9,2	6,183	6,581	5,967	6,244	
	Ricarico	13,1	11,7	6,196	6,586	5,882	6,221	3178,4
		15,4	14,0	6,195	6,595	5,921	6,237	
24,4		23,0	6,242	6,632	5,948	6,274		
P ₂	26,3	24,9	6,244	6,642	5,893	6,260	E _{CH3}	
Ciclo 3	Carico	28,7	27,3	6,273	6,675	5,924	6,291	1987,7
		31,0	29,6	6,319	6,713	5,935	6,322	
		35,5	34,1	6,353	6,743	5,964	6,353	
	1,5.P ₂ < P ₃ < 2.P ₂	51,3	49,8	6,441	6,834	5,984	6,420	
	Scarico	25,3	23,9	6,423	6,815	5,972	6,403	E _{D3}
		19,7	18,3	6,404	6,788	5,963	6,385	
12,2		10,8	6,370	6,749	5,928	6,349		
2P ₀	10,9	9,4	6,358	6,741	5,928	6,342	5497,6	

Calcolo dei moduli dilatometrici (E):

$$E = 2 \times G \times (1 + \nu)$$

Con G, il modulo di taglio:

$$G = \Delta P \times 0,5 \times \varnothing_{F,0} / \Delta d$$

oppure:

$$E = (1 + \nu) \times \varnothing_{F,0} \times \Delta P / \Delta d$$

Dati di calcolo:

- ν è il coefficiente di Poisson:

$$\nu = 0,25$$

- $\varnothing_{F,0}$ è il diametro iniziale del foro ($\varnothing_{F,0} = \varnothing_s + \Delta d_0$):

$$\varnothing_{F,0} = 102,0 \text{ (in mm)}$$

- \varnothing_s è il diametro della sonda dilatometrica:

$$\varnothing_s = 96,0 \text{ (in mm)}$$

- oppure:

$$(1 + \nu) \times \varnothing_{F,0} = 127,5 \text{ (in mm)}$$



Engineering Geology
Via del Gallitello 90/A
85100 Potenza

Dossier n°7147-16 S1-WTG1

Prova al dilatometro flessibile
NF EN ISO 22476-5

Sondaggio
S1-WTG1

Profondità
3m

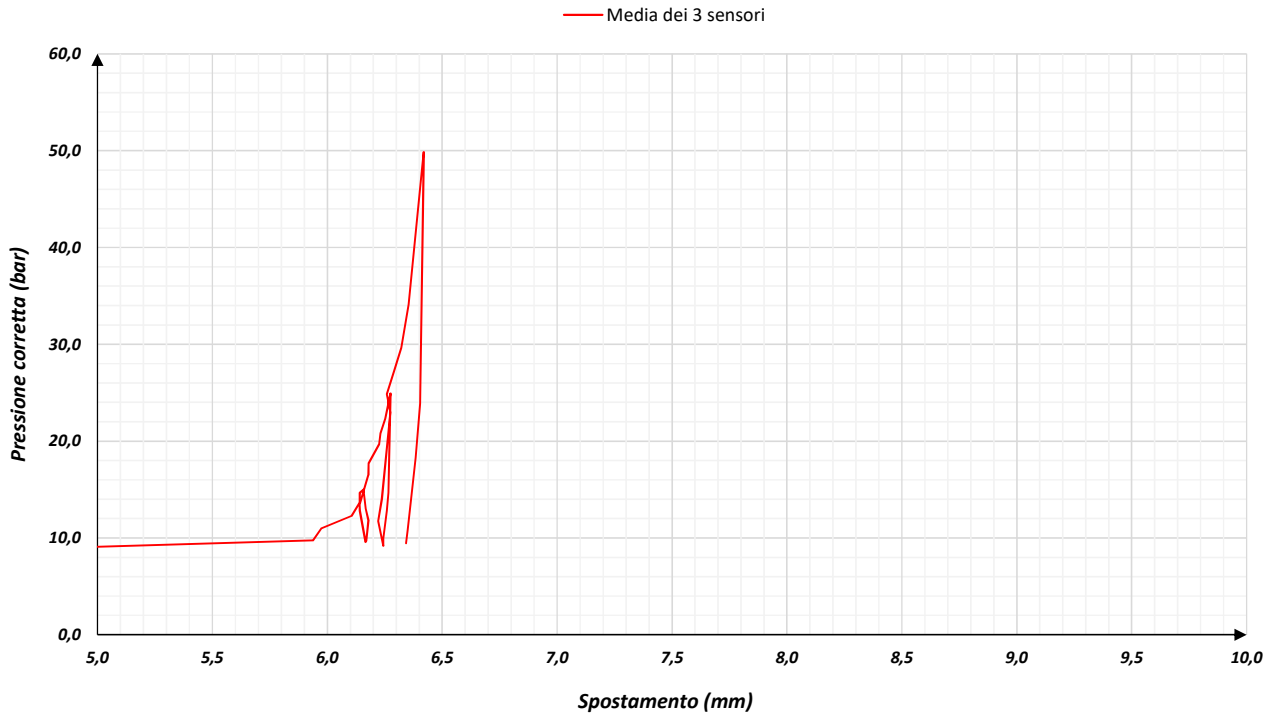
Orientazione di P2
N120°

Data
10/04/2024

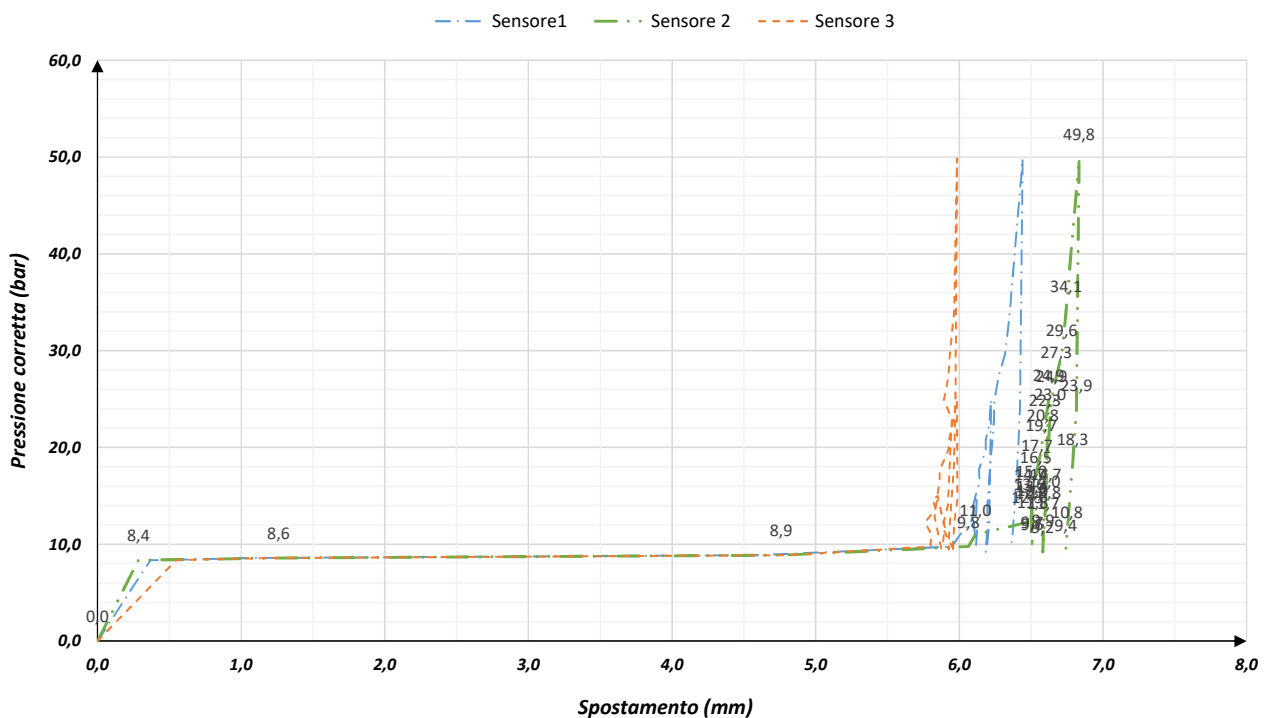
Ora
13:08


Operatore
P.G.

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE PROVE DILATOMETRICHE CICLICHE



MONITORAGGIO DEI 3 SENSORI NEL CORSO DELLA PROVA DILATOMETRICA CICLICA



 Engineering Geology Via del Galletto 90/A 85100 Potenza	Dossier n°7147-16 S1-WTG1			
	Prova al dilatometro flessibile NF EN ISO 22476-5	Calibrazione della sonda dilatometrica	Data 00/01/00	Ora 00/01/00

La calibrazione permette di determinare precisamente il diametro della sonda dilatometrica. Esso corrisponde alla differenza tra il diametro del tubo dentro il quale è gonfiata la sonda e la media degli spostamenti dei tre sensori :

$$\varnothing_s = \varnothing_{\text{tubo}} - \Delta d_m$$

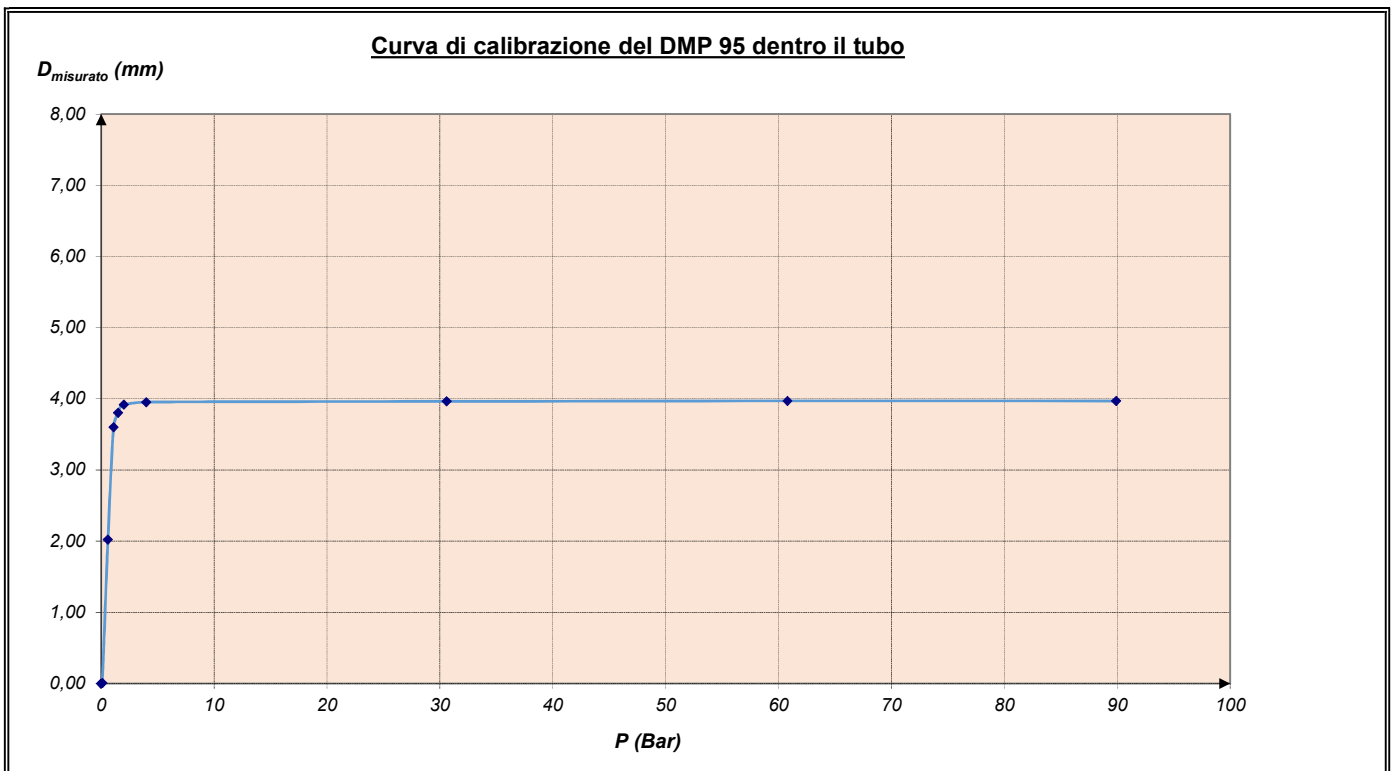
A partire da questo dato, è quindi possibile determinare il diametro iniziale del pozzo e la profondità della prova dilatometrica.


Ciò è definito dalla relazione seguente ($\Delta d_{m,P_0}$ è la media degli spostamenti dei sensori alla pressione di contatto - P_0) :

$$\varnothing_{F,0} = \varnothing_s - \Delta d_{m,P_0}$$

Pressione (bar)	Spostamento (mm)			
	C1	C2	C3	Media
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,010	0,010	0,010	0,010
0,6	1,971	1,981	2,120	2,024
1,1	4,102	3,476	3,229	3,602
1,5	4,196	3,911	3,310	3,806
2,0	4,262	4,167	3,324	3,918
4,0	4,324	4,230	3,309	3,954
30,6	4,383	4,279	3,230	3,964
60,8	4,380	4,306	3,229	3,972
89,9	4,374	4,304	3,234	3,971

Determinazione del diametro della sonda dilatometrica
<u>Diametro interno del tubo:</u> $\varnothing_{\text{interno tubo}} = 100,000 \text{ mm}$
<u>Spostamento medio dei sensori dimetrici alla messa in contatto:</u> $\Delta d_m = 3,956 \text{ mm}$
<u>Diametro della sonda :</u> $\varnothing_{\text{sonda}} = \varnothing_{\text{tubo}} - \Delta d_m = 96,044 \text{ mm}$



 <p>Engineering Geology Via del Gallitello 90/A 85100 Potenza</p>	Dossier n°7147-16 S1-WTG1			
	Prova al dilatometro flessibile NF EN ISO 22476-5	Etalonnage della sonda dilatometrica	Data 00/01/00	Ora 00/01/00

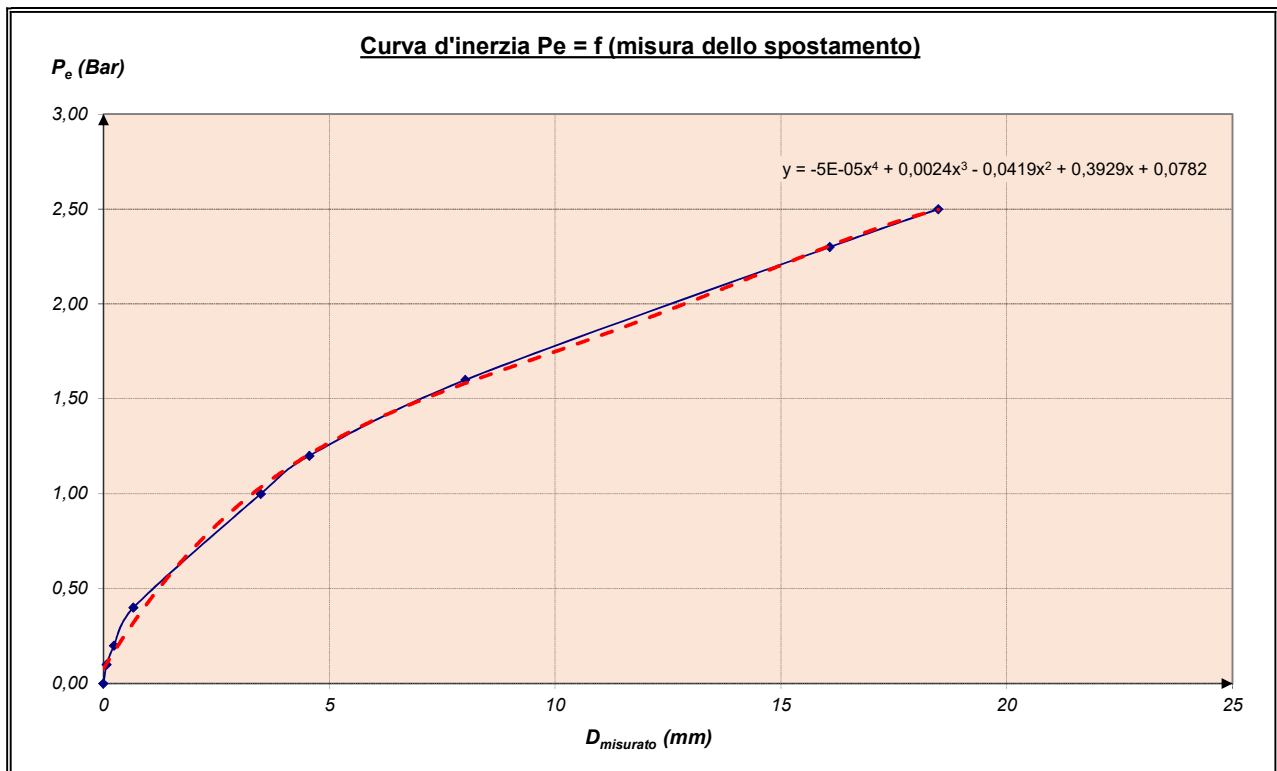
La taratura permette di determinare la resistenza propria della membrana : $P_e(D_{misurata}) = P_e(D_{misurata})$

P_e è espressa sotto forma di un poligono : $P_e(D_{misurata}) = a \times D_{misurata}^{\alpha} + b \times D_{misurata}^{\beta} + c \times D_{misurata}^{\gamma} + d \times D_{misurata}^{\delta} + e \times D_{misurata}^{\epsilon} + f \times D_{misurata}^{\phi}$

La pressione applicata nel corso della prova potrà quindi essere corretta secondo la relazione seguente : $P_{corretta} = P_{misurata}(D_{misurata}) - P_e(D_{misurata})$

Pressione (bar)	Spostamento (mm)			
	C1	C2	C3	Media
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,138	0,014	0,063	0,072
0,2	0,275	0,126	0,298	0,233
0,4	0,769	0,458	0,756	0,661
1,0	3,686	3,253	3,514	3,484
1,2	4,761	4,307	4,608	4,559
1,6	8,129	7,622	8,296	8,016
2,3	15,463	15,053	17,729	16,082
2,5	17,726	17,192	20,540	18,486

Definizione dei coefficienti :	
a = -5,00E-05	$\alpha = 4$
b = 2,40E-03	$\beta = 3$
c = -4,19E-02	$\gamma = 2$
d = 3,93E-01	$\delta = 1$
e = 7,82E-02	$\epsilon = 0$
f = 0,00E+00	$\phi = 0$





Engineering Geology
Via del Galileo 90/A
85100 Potenza

Dossier n°7147-16
S1-WTG1

Prova al dilatometro flessibile NF EN ISO 22476-5	Sondaggio	Profondità	Orientazione di P2	Data	Ora	Operatore
	S1-WTG1	10m	N120°	10/04/24	16:09	P.G.

Ciclo	Pression (Bar)		Spostamento (mm)				Mod. Dilato (MPa)	
	Bruto	Corretto	Sensore1	Sensore 2	Sensore 3	Media		
Messa in contatto	0,0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000		
	10,3	9,9	0,834	1,009	0,917	0,920		
	10,3	9,9	0,913	1,078	0,989	0,993		
	10,9	10,0	2,589	2,577	2,589	2,585		
	P ₀	11,9	10,6	5,177	5,040	5,086	5,101	
2 P ₀	12,7	11,5	5,256	5,069	5,116	5,147		
Ciclo 1	Carico	12,9	11,6	5,267	5,075	5,144	5,162	E _{CH1}
		13,7	12,4	5,318	5,100	5,159	5,192	340,1
		15,6	14,3	5,417	5,142	5,239	5,266	
	P ₁	16,4	15,1	5,451	5,156	5,233	5,280	
	Scarico	15,6	14,3	5,457	5,159	5,247	5,288	E _{DR1}
		13,1	11,8	5,459	5,150	5,242	5,284	
		11,8	10,5	5,463	5,135	5,242	5,280	
	2P ₀	11,1	9,8	5,426	5,133	5,246	5,268	
	Ricarico	13,8	12,5	5,452	5,154	5,316	5,307	1340,6
		15,5	14,2	5,465	5,165	5,278	5,303	
17,9		16,6	5,495	5,172	5,284	5,317		
P ₁	20,1	18,8	5,515	5,198	5,306	5,340	E _{CH2}	
Ciclo 2	Carico	22,2	20,9	5,547	5,210	5,334	5,364	956,8
		25,1	23,8	5,579	5,239	5,277	5,365	
		26,5	25,2	5,591	5,257	5,396	5,415	
	1,5.P ₁ < P ₂ < 2.P ₁	27,8	26,5	5,619	5,269	5,406	5,431	
	Scarico	23,0	21,7	5,608	5,259	5,383	5,417	E _{DR2}
		16,3	15,0	5,591	5,229	5,263	5,361	
		12,7	11,4	5,551	5,201	5,225	5,326	
	2P ₀	11,1	9,8	5,530	5,184	5,238	5,317	
	Ricarico	15,8	14,5	5,556	5,220	5,369	5,382	3287,2
		18,7	17,4	5,562	5,230	5,373	5,388	
19,5		18,1	5,568	5,234	5,391	5,398		
P ₂	23,5	22,1	5,608	5,253	5,388	5,416	E _{CH3}	
Ciclo 3	Carico	31,0	29,7	5,681	5,321	5,442	5,481	1993,2
		34,5	33,2	5,732	5,381	5,513	5,542	
		37,3	35,9	5,763	5,443	5,512	5,573	
	1,5.P ₂ < P ₃ < 2.P ₂	66,2	64,9	5,827	5,555	5,643	5,675	
	Scarico	38,5	37,1	5,852	5,592	5,690	5,711	E _{D3}
		27,1	25,8	5,802	5,538	5,642	5,661	
17,9		16,5	5,750	5,449	5,513	5,571		
2P ₀	10,1	8,8	5,623	5,315	5,461	5,466	6018,1	

Calcolo dei moduli dilatometrici (E):

$$E = 2 \times G \times (1 + \nu)$$

Con G, il modulo di taglio:

$$G = \Delta P \times 0,5 \times \varnothing_{F,0} / \Delta d$$

oppure:

$$E = (1 + \nu) \times \varnothing_{F,0} \times \Delta P / \Delta d$$

Dati di calcolo:

- ν è il coefficiente di Poisson:

$$\nu = 0,25$$

- $\varnothing_{F,0}$ è il diametro iniziale del foro ($\varnothing_{F,0} = \varnothing_s + \Delta d_0$):

$$\varnothing_{F,0} = 101,1 \text{ (in mm)}$$

- \varnothing_s è il diametro della sonda dilatometrica:

$$\varnothing_s = 96,0 \text{ (in mm)}$$

- oppure:

$$(1 + \nu) \times \varnothing_{F,0} = 126,4 \text{ (in mm)}$$

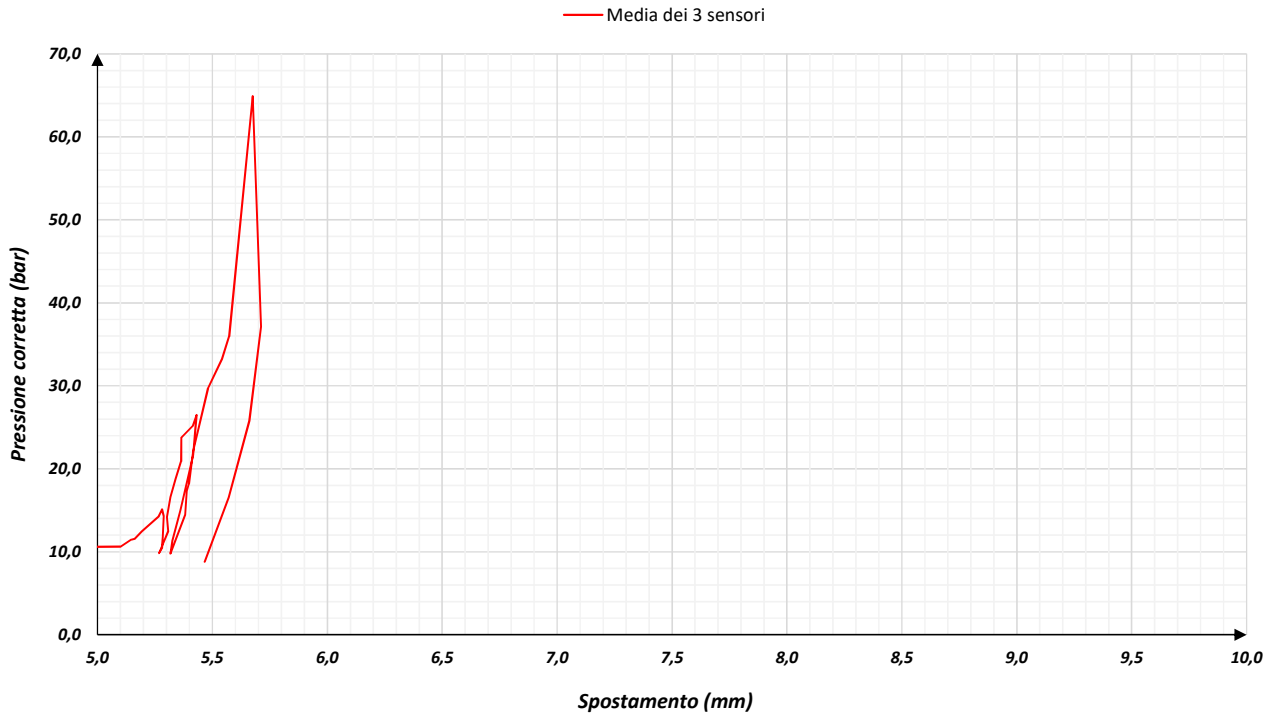


Engineering Geology
Via del Gallitello 90/A
85100 Potenza

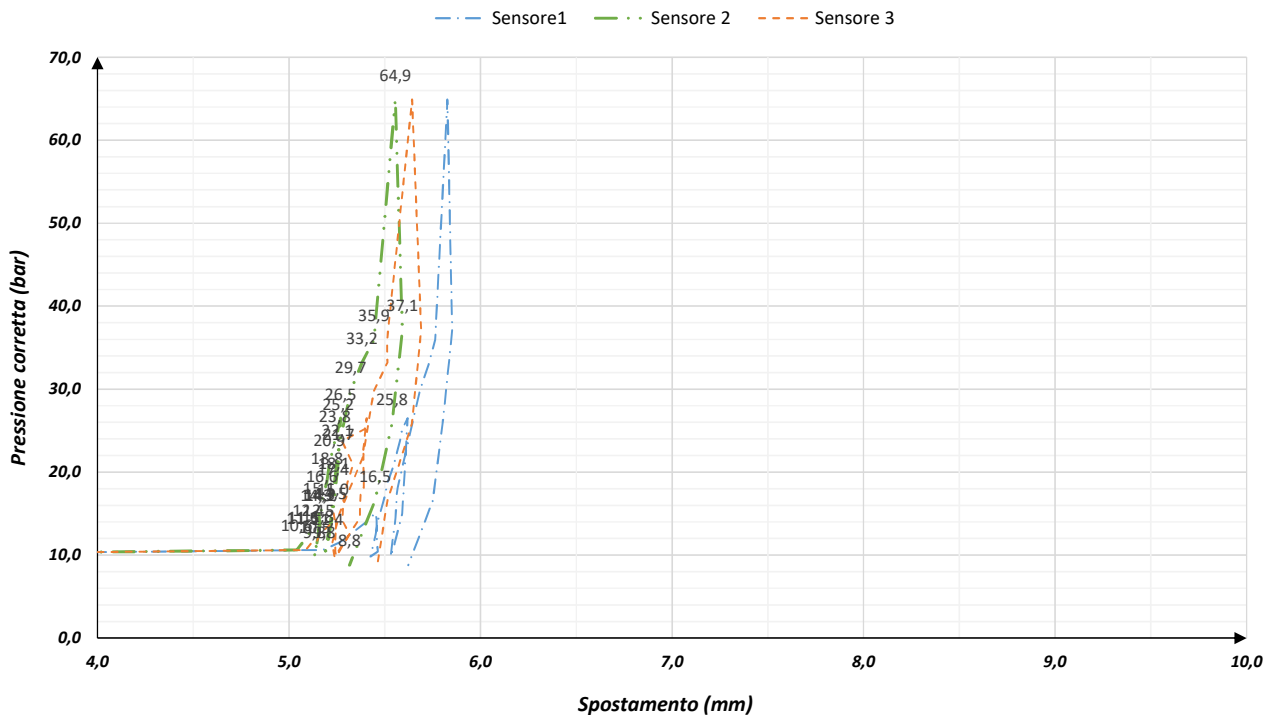
Dossier n°7147-16 S1-WTG1


Prova al dilatometro flessibile NF EN ISO 22476-5	Sondaggio	Profondità	Orientazione di P2	Data	Ora	Operatore
	S1-WTG1	10m	N120°	10/04/2024	16:09	P.G.

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE PROVE DILATOMETRICHE CICLICHE



MONITORAGGIO DEI 3 SENSORI NEL CORSO DELLA PROVA DILATOMETRICA CICLICA



 <p>Engineering Geology Via del Galletto 90/A 85100 Potenza</p>	Dossier n°7147-16 S1-WTG1			
Prova al dilatometro flessibile NF EN ISO 22476-5	Calibrazione della sonda dilatometrica	Data 00/01/00	Ora 00/01/00	Operatore PG

La calibrazione permette di determinare precisamente il diametro della sonda dilatometrica. Esso corrisponde alla differenza tra il diametro del tubo dentro il quale è gonfiata la sonda e la media degli spostamenti dei tre sensori :

$$\varnothing_s = \varnothing_{\text{tubo}} - \Delta d_m$$

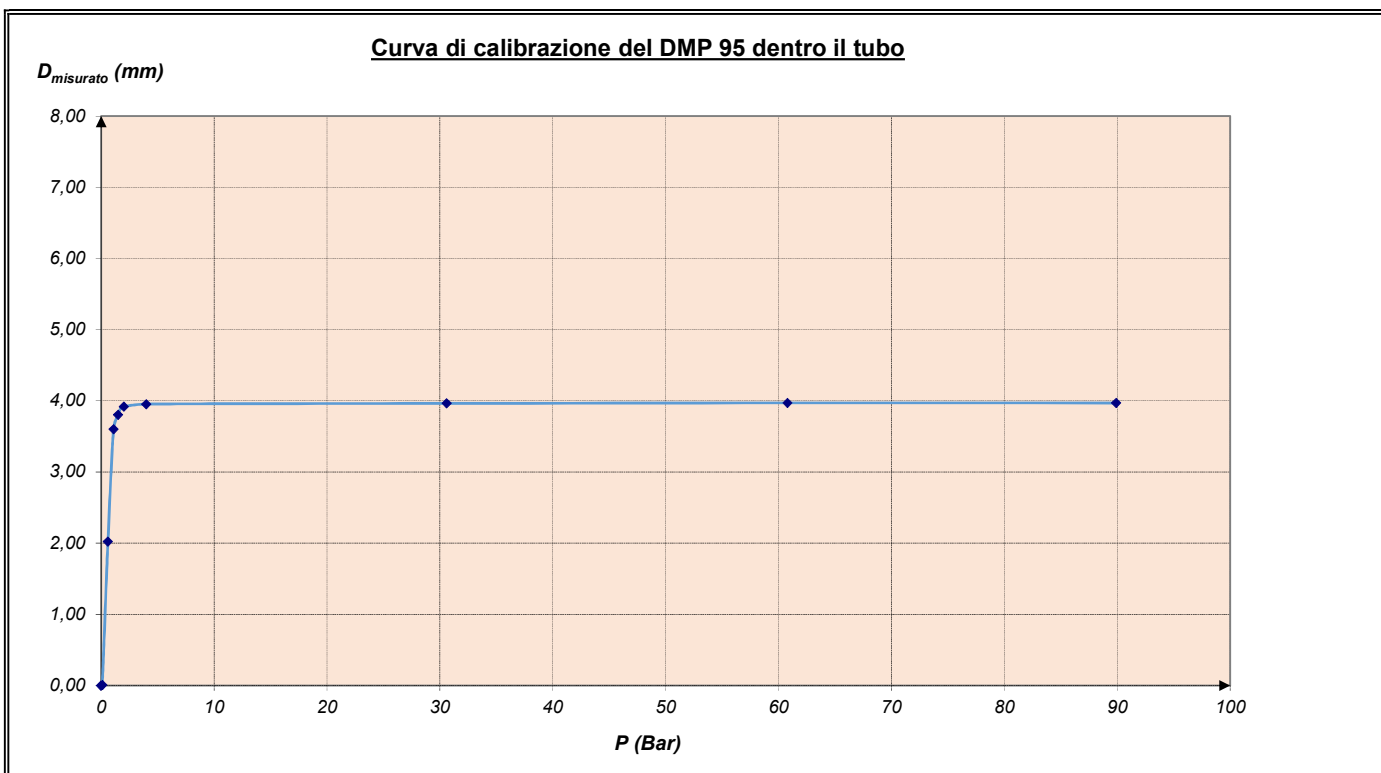
A partire da questo dato, è quindi possibile determinare il diametro iniziale del pozzo e la profondità della prova dilatometrica.


Ciò è definito dalla relazione seguente ($\Delta d_{m,P_0}$ è la media degli spostamenti dei sensori alla pressione di contatto - P_0) :

$$\varnothing_{F,0} = \varnothing_s - \Delta d_{m,P_0}$$

Pressione (bar)	Spostamento (mm)			
	C1	C2	C3	Media
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,010	0,010	0,010	0,010
0,6	1,971	1,981	2,120	2,024
1,1	4,102	3,476	3,229	3,602
1,5	4,196	3,911	3,310	3,806
2,0	4,262	4,167	3,324	3,918
4,0	4,324	4,230	3,309	3,954
30,6	4,383	4,279	3,230	3,964
60,8	4,380	4,306	3,229	3,972
89,9	4,374	4,304	3,234	3,971

Determinazione del diametro della sonda dilatometrica
<p><u>Diametro interno del tubo:</u></p> <p style="text-align: center;">$\varnothing_{\text{interno tubo}} = 100,000 \text{ mm}$</p> <p><u>Spostamento medio dei sensori dimetrici alla messa in contatto:</u></p> <p style="text-align: center;">$\Delta d_m = 3,956 \text{ mm}$</p> <p><u>Diametro della sonda :</u></p> <p style="text-align: center;">$\varnothing_{\text{sonda}} = \varnothing_{\text{tubo}} - \Delta d_m = 96,044 \text{ mm}$</p>



 <p>Engineering Geology Via del Gallitello 90/A 85100 Potenza</p>	Dossier n°7147-16 S1-WTG1			
Prova al dilatometro flessibile NF EN ISO 22476-5	Etalonnage della sonda dilatometrica	Data 00/01/00	Ora 00/01/00	Operatore PG

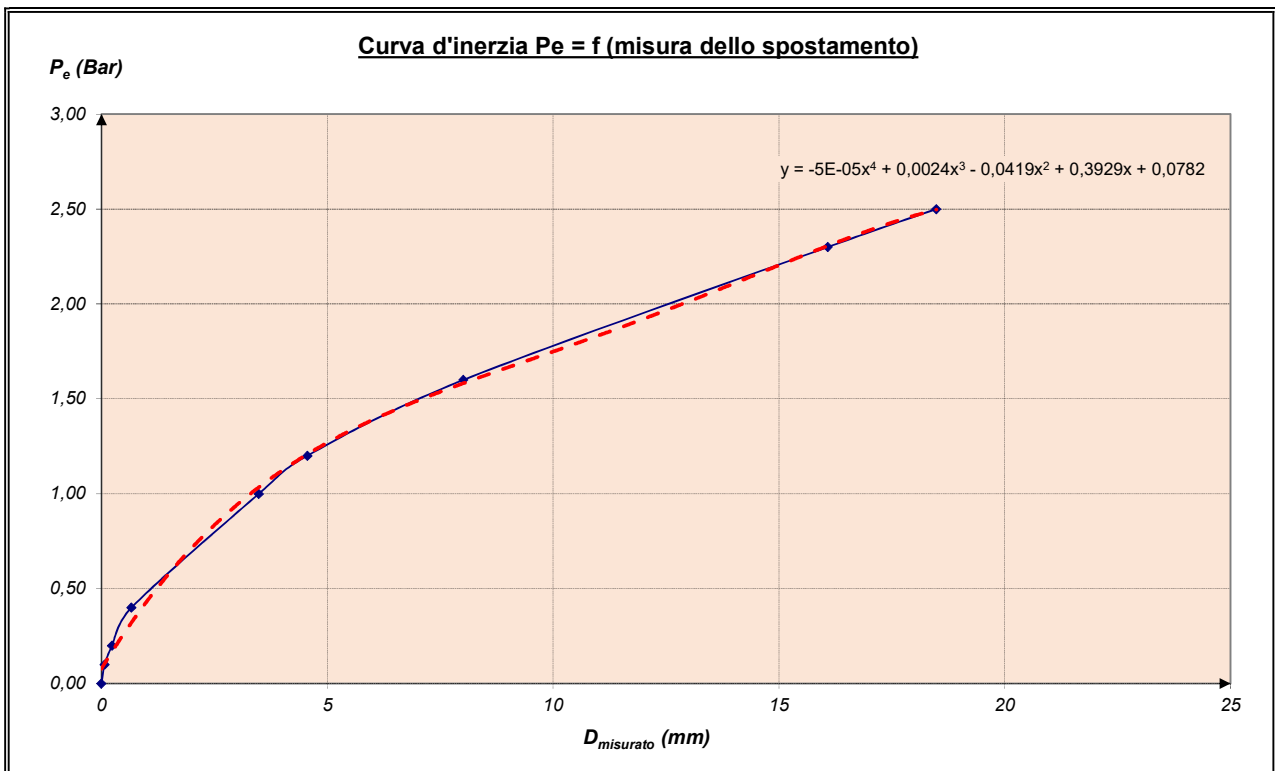
La taratura permette di determinare la resistenza propria della membrana : **Resistenza propria guaina ($D_{misurata}) = P_e (D_{misurata})$**

P_e è espressa sotto forma di un poligono : **$P_e (D_{misurata}) = a \times D_{misurata}^\alpha + b \times D_{misurata}^\beta + c \times D_{misurata}^\gamma + d \times D_{misurata}^\delta + e \times D_{misurata}^\epsilon + f \times D_{misurata}^\phi$**

La pressione applicata nel corso della prova potrà quindi essere corretta secondo la relazione seguente : **$P_{corretta} = P_{misurata} (D_{misurata}) - P_e (D_{misurata})$**

Pressione (bar)	Spostamento (mm)			
	C1	C2	C3	Media
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,138	0,014	0,063	0,072
0,2	0,275	0,126	0,298	0,233
0,4	0,769	0,458	0,756	0,661
1,0	3,686	3,253	3,514	3,484
1,2	4,761	4,307	4,608	4,559
1,6	8,129	7,622	8,296	8,016
2,3	15,463	15,053	17,729	16,082
2,5	17,726	17,192	20,540	18,486

Definizione dei coefficienti :	
a = -5,00E-05	$\alpha = 4$
b = 2,40E-03	$\beta = 3$
c = -4,19E-02	$\gamma = 2$
d = 3,93E-01	$\delta = 1$
e = 7,82E-02	$\epsilon = 0$
f = 0,00E+00	$\phi = 0$





Engineering Geology
Via del Galileo 90/A
85100 Potenza

Dossier n°7147-16
S1-WTG1

Prova al dilatometro flessibile NF EN ISO 22476-5	Sondaggio	Profondità	Orientazione di P2	Data	Ora	Operatore
	S1-WTG1	22m	N120°	11/04/24	16:15	P.G.

Ciclo	Pression (Bar)		Spostamento (mm)				Mod. Dilato (MPa)	
	Bruto	Corretto	Sensore1	Sensore 2	Sensore 3	Media		
Messa in contatto	0,0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000		
	9,0	8,8	0,435	0,690	0,139	0,421		
	9,1	8,8	0,514	0,759	0,211	0,495		
	9,7	8,9	2,190	2,258	1,811	2,086		
P ₀	10,7	9,4	4,778	4,721	4,308	4,602		
2 P ₀	11,5	10,3	4,857	4,750	4,338	4,648		
Ciclo 1	Carico	11,6	10,4	4,868	4,756	4,366	4,663	E _{CH1}
		12,5	11,3	4,919	4,781	4,381	4,694	633,1
		14,3	13,1	5,018	4,823	4,461	4,767	
	P ₁	15,2	13,9	5,052	4,837	4,455	4,781	
	Scarico	14,4	13,1	5,058	4,840	4,469	4,789	E _{DR1}
		11,9	10,6	5,060	4,831	4,464	4,785	
		10,5	9,3	5,064	4,816	4,464	4,781	
	2P ₀	9,9	8,7	5,027	4,814	4,468	4,770	
	Ricarico	12,5	11,3	5,053	4,835	4,538	4,809	1890,3
		14,3	13,0	5,066	4,846	4,500	4,804	
16,6		15,4	5,096	4,853	4,506	4,818		
P ₁	18,8	17,6	5,116	4,879	4,528	4,841	E _{CH2}	
Ciclo 2	Carico	21,0	19,7	5,148	4,891	4,556	4,865	1764,5
		23,8	22,6	5,180	4,920	4,499	4,866	
		25,3	24,0	5,192	4,938	4,618	4,916	
	1,5.P ₁ < P ₂ < 2.P ₁	26,6	25,3	5,220	4,950	4,628	4,933	
	Scarico	21,7	20,5	5,209	4,940	4,605	4,918	E _{DR2}
		15,1	13,8	5,192	4,910	4,485	4,862	
		11,4	10,2	5,152	4,882	4,447	4,827	
	2P ₀	9,9	8,6	5,131	4,865	4,460	4,819	
	Ricarico	14,5	13,3	5,157	4,901	4,591	4,883	4029,6
		17,4	16,2	5,163	4,911	4,595	4,890	
18,2		17,0	5,169	4,915	4,613	4,899		
P ₂	22,2	21,0	5,209	4,934	4,610	4,918	E _{CH3}	
Ciclo 3	Carico	29,8	28,5	5,282	5,002	4,664	4,983	2520,2
		33,3	32,0	5,333	5,062	4,735	5,043	
		36,0	34,8	5,364	5,124	4,734	5,074	
	1,5.P ₂ < P ₃ < 2.P ₂	70,0	68,7	5,428	5,236	4,865	5,176	
	Scarico	37,2	35,9	5,453	5,273	4,912	5,213	E _{D3}
		25,9	24,6	5,403	5,219	4,864	5,162	
16,6		15,4	5,351	5,130	4,735	5,072		
2P ₀	8,9	7,6	5,224	4,996	4,683	4,968	8633,3	

Calcolo dei moduli dilatometrici (E):

$$E = 2 \times G \times (1 + \nu)$$

Con G, il modulo di taglio:

$$G = \Delta P \times 0,5 \times \varnothing_{F,0} / \Delta d$$

oppure:

$$E = (1 + \nu) \times \varnothing_{F,0} \times \Delta P / \Delta d$$

Dati di calcolo:

- ν è il coefficiente di Poisson:

$$\nu = 0,25$$

- $\varnothing_{F,0}$ è il diametro iniziale del foro ($\varnothing_{F,0} = \varnothing_s + \Delta d_0$):

$$\varnothing_{F,0} = 100,6 \text{ (in mm)}$$

- \varnothing_s è il diametro della sonda dilatometrica:

$$\varnothing_s = 96,0 \text{ (in mm)}$$

- oppure:

$$(1 + \nu) \times \varnothing_{F,0} = 125,8 \text{ (in mm)}$$



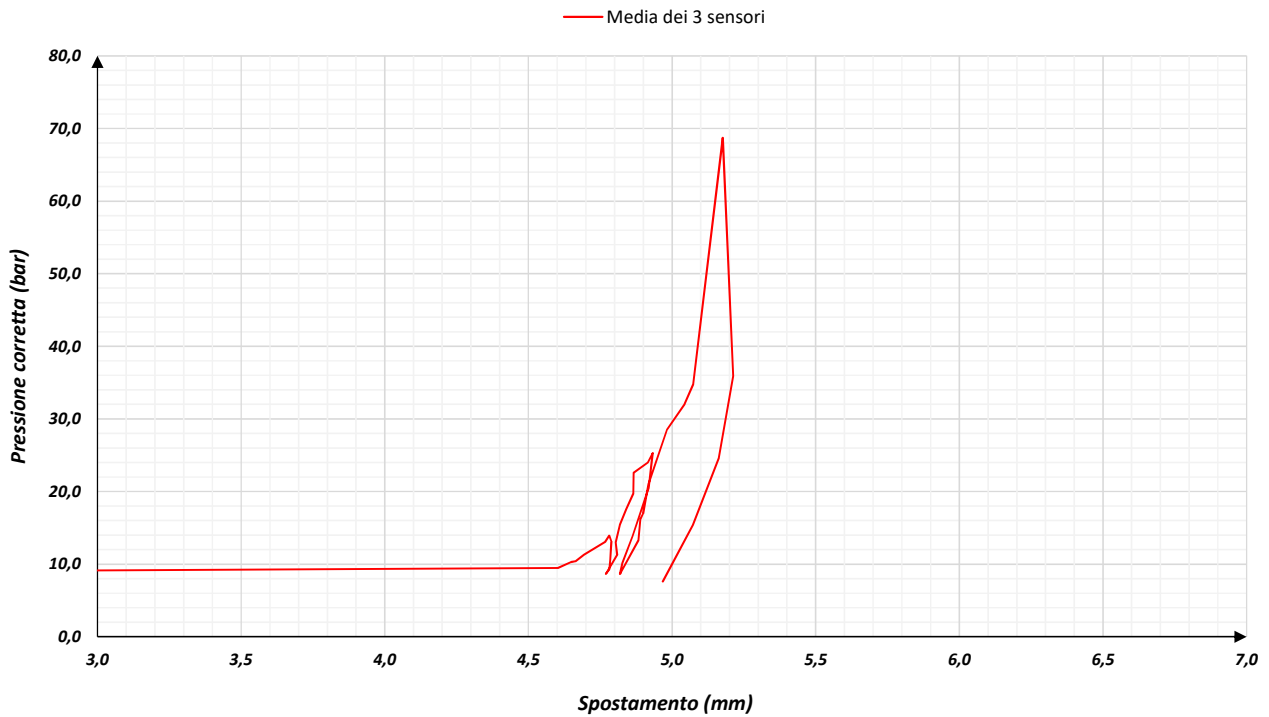
Engineering Geology
Via del Gallitello 90/A
85100 Potenza

Dossier n°7147-16

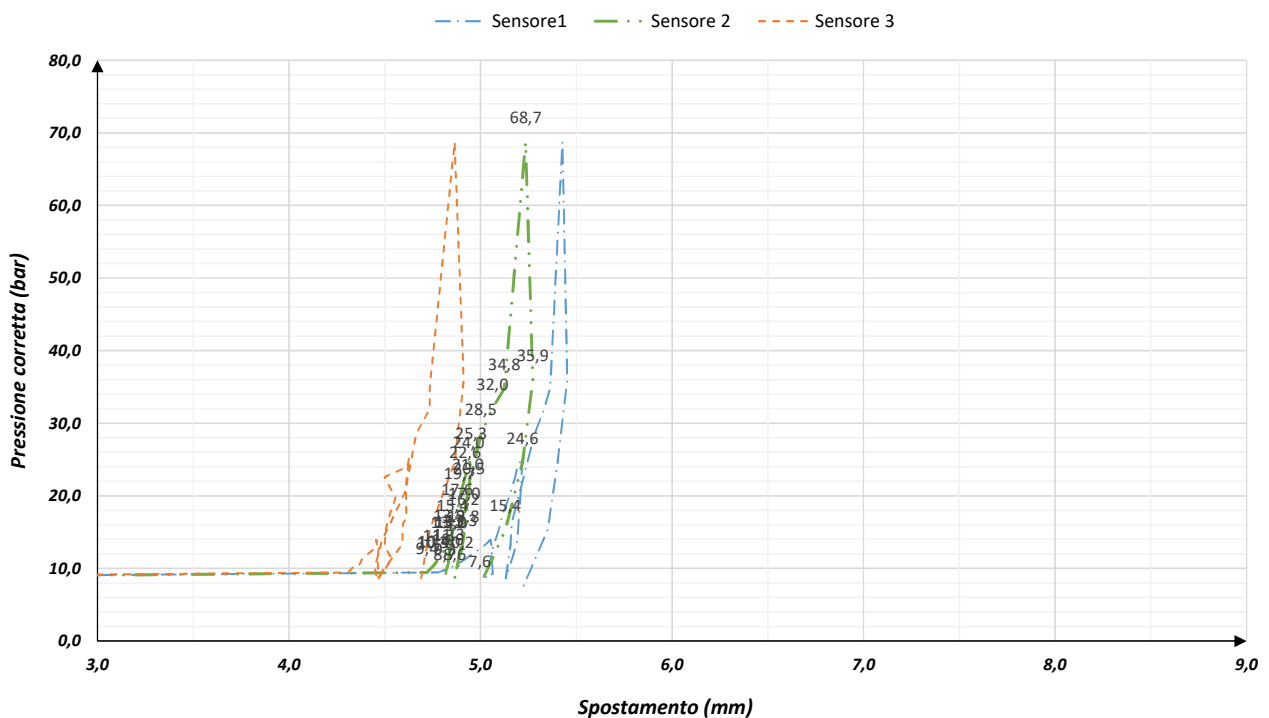
S1-WTG1


Prova al dilatometro flessibile NF EN ISO 22476-5	Sondaggio	Profondità	Orientazione di P2	Data	Ora	Operatore
	S1-WTG1	22m	N120°	11/04/2024	16:15	P.G.

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE PROVE DILATOMETRICHE CICLICHE



MONITORAGGIO DEI 3 SENSORI NEL CORSO DELLA PROVA DILATOMETRICA CICLICA



 Engineering Geology Via del Galletto 90/A 85100 Potenza	Dossier n°7147-16 S1-WTG1			
	Prova al dilatometro flessibile NF EN ISO 22476-5	Calibrazione della sonda dilatometrica	Data 00/01/00	Ora 00/01/00

La calibrazione permette di determinare precisamente il diametro della sonda dilatometrica. Esso corrisponde alla differenza tra il diametro del tubo dentro il quale è gonfiata la sonda e la media degli spostamenti dei tre sensori :

$$\varnothing_s = \varnothing_{tubo} - \Delta d_m$$

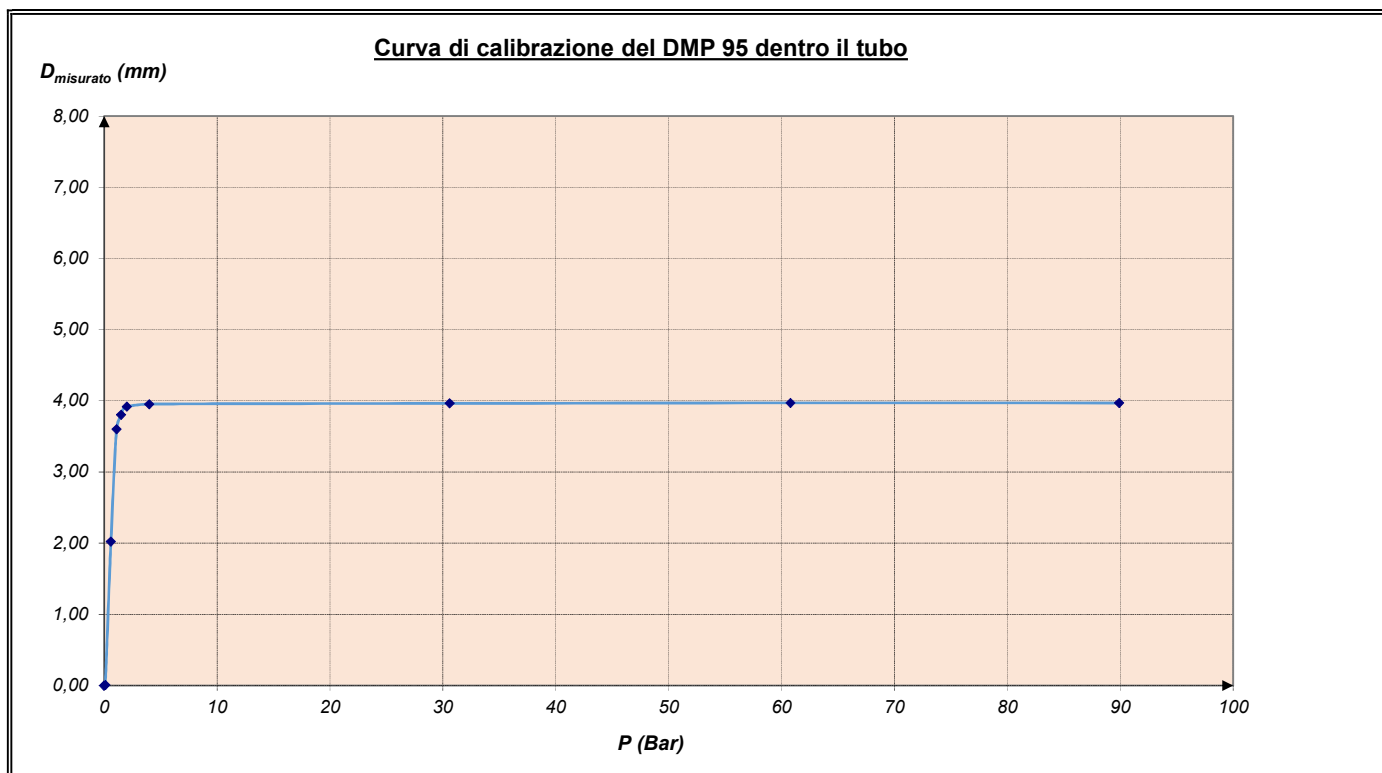
A partire da questo dato, è quindi possibile determinare il diametro iniziale del pozzo e la profondità della prova dilatometrica.


Ciò è definito dalla relazione seguente ($\Delta d_{m,P0}$ è la media degli spostamenti dei sensori alla pressione di contatto - P_0) :

$$\varnothing_{F,0} = \varnothing_s - \Delta d_{m,P0}$$

Pressione (bar)	Spostamento (mm)			
	C1	C2	C3	Media
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,010	0,010	0,010	0,010
0,6	1,971	1,981	2,120	2,024
1,1	4,102	3,476	3,229	3,602
1,5	4,196	3,911	3,310	3,806
2,0	4,262	4,167	3,324	3,918
4,0	4,324	4,230	3,309	3,954
30,6	4,383	4,279	3,230	3,964
60,8	4,380	4,306	3,229	3,972
89,9	4,374	4,304	3,234	3,971

Determinazione del diametro della sonda dilatometrica	
<u>Diametro interno del tubo:</u>	
$\varnothing_{\text{interno tubo}} =$	100,000 mm
<u>Spostamento medio dei sensori dimetrici alla messa in contatto:</u>	
$\Delta d_m =$	3,956 mm
<u>Diametro della sonda :</u>	
$\varnothing_{\text{sonda}} = \varnothing_{\text{tubo}} - \Delta d_m =$	96,044 mm



 <p>Engineering Geology Via del Gallitello 90/A 85100 Potenza</p>	Dossier n°7147-16 S1-WTG1			
Prova al dilatometro flessibile NF EN ISO 22476-5	Etalonnage della sonda dilatometrica	Data 00/01/00	Ora 00/01/00	Operatore PG

La taratura permette di determinare la resistenza propria della membrana :

$$\text{Resistenza propria guaina } (D_{\text{misurata}}) = P_e (D_{\text{misurata}})$$

P_e è espressa sotto forma di un poligono :

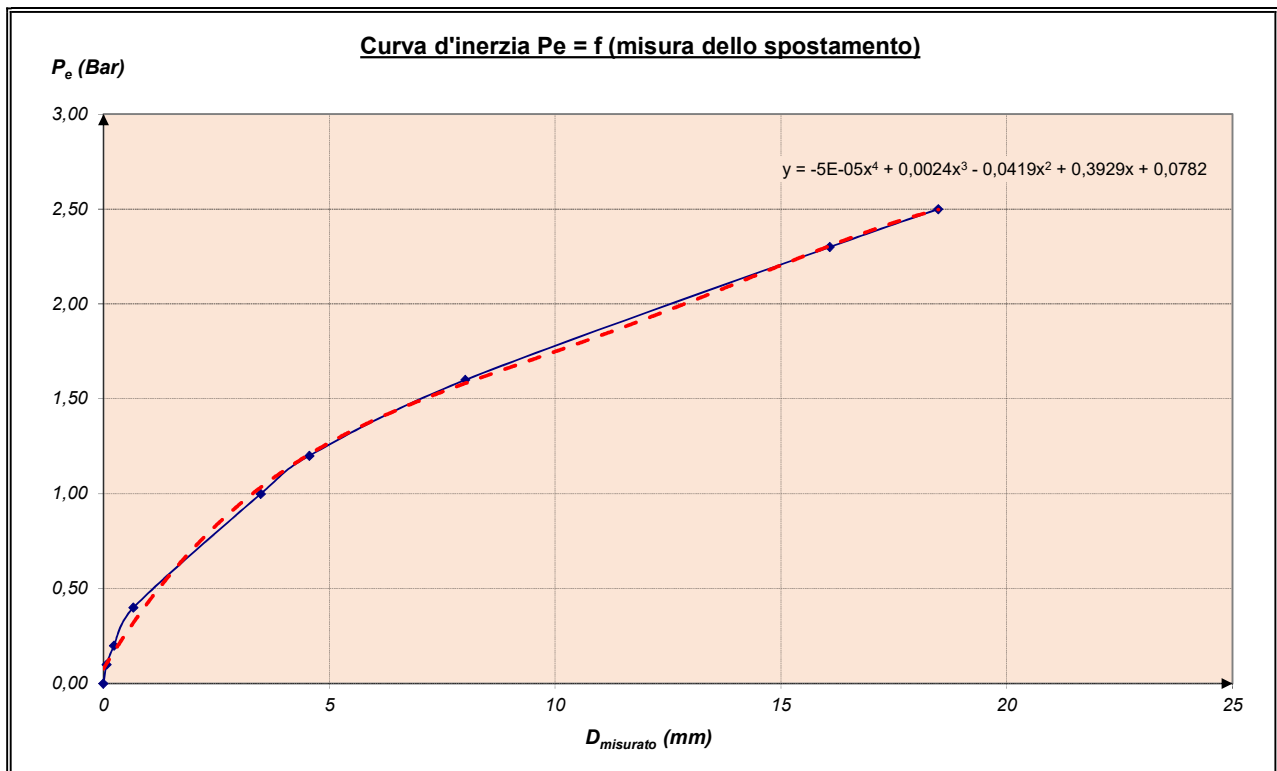
$$P_e (D_{\text{misurata}}) = a \times D_{\text{misurata}}^{\alpha} + b \times D_{\text{misurata}}^{\beta} + c \times D_{\text{misurata}}^{\gamma} + d \times D_{\text{misurata}}^{\delta} + e \times D_{\text{misurata}}^{\epsilon} + f \times D_{\text{misurata}}^{\phi}$$

La pressione applicata nel corso della prova potrà quindi essere corretta secondo la relazione seguente :

$$P_{\text{corretta}} = P_{\text{misurata}} (D_{\text{misurata}}) - P_e (D_{\text{misurata}})$$

Pressione (bar)	Spostamento (mm)			
	C1	C2	C3	Media
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,138	0,014	0,063	0,072
0,2	0,275	0,126	0,298	0,233
0,4	0,769	0,458	0,756	0,661
1,0	3,686	3,253	3,514	3,484
1,2	4,761	4,307	4,608	4,559
1,6	8,129	7,622	8,296	8,016
2,3	15,463	15,053	17,729	16,082
2,5	17,726	17,192	20,540	18,486

Definizione dei coefficienti :	
$a = -5,00E-05$	$\alpha = 4$
$b = 2,40E-03$	$\beta = 3$
$c = -4,19E-02$	$\gamma = 2$
$d = 3,93E-01$	$\delta = 1$
$e = 7,82E-02$	$\epsilon = 0$
$f = 0,00E+00$	$\phi = 0$



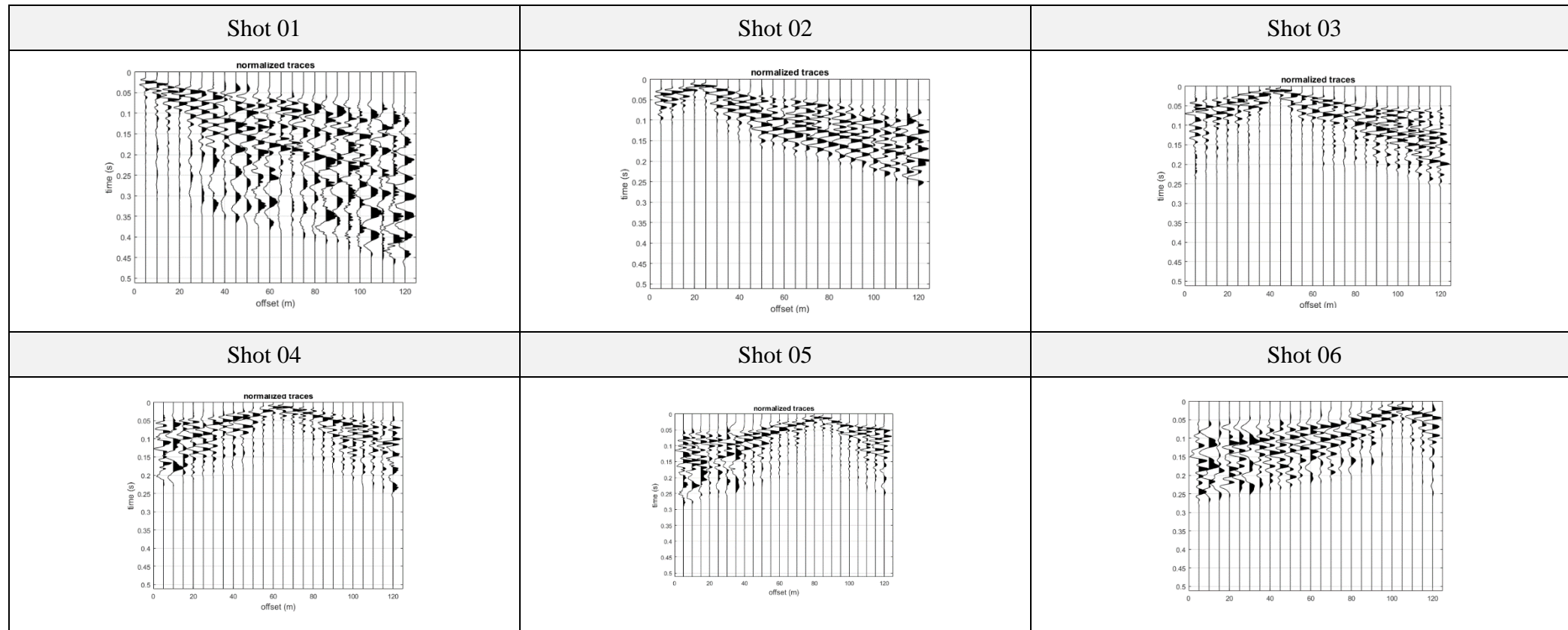


**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA
POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL
COMUNE DI FOLIGNO (PG)**

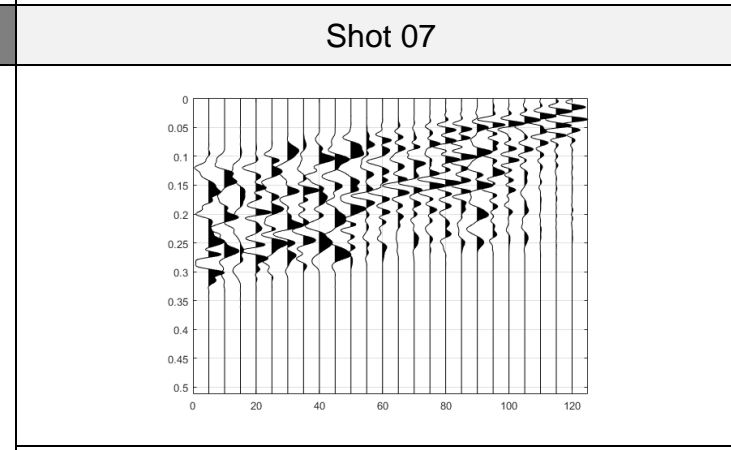
Rapporto Tecnico delle Indagini

**DATA:
APRILE 2024
Pag. 90 di 91**

Allegato n° 3 Sismiche a rifrazione in onde P



Ubicazione



BASE SISMICA: _____	SISM 01
N° CANALI: _____	24
N° SCOPPI _____	7
TEMPO DI CAMPIONAMENTO: _	250 ηs
TEMPO DI ACQUISIZIONE: ____	200 ms

COMUNE DI FOLIGNO
Provincia di Perugia

SISM 01

Indagine: SISMICA A RIFRAZIONE
ONDE P

Data: 3-04-2024

Progetto: "Realizzazione di un Anemometro"

Località: Foligno (Pg)

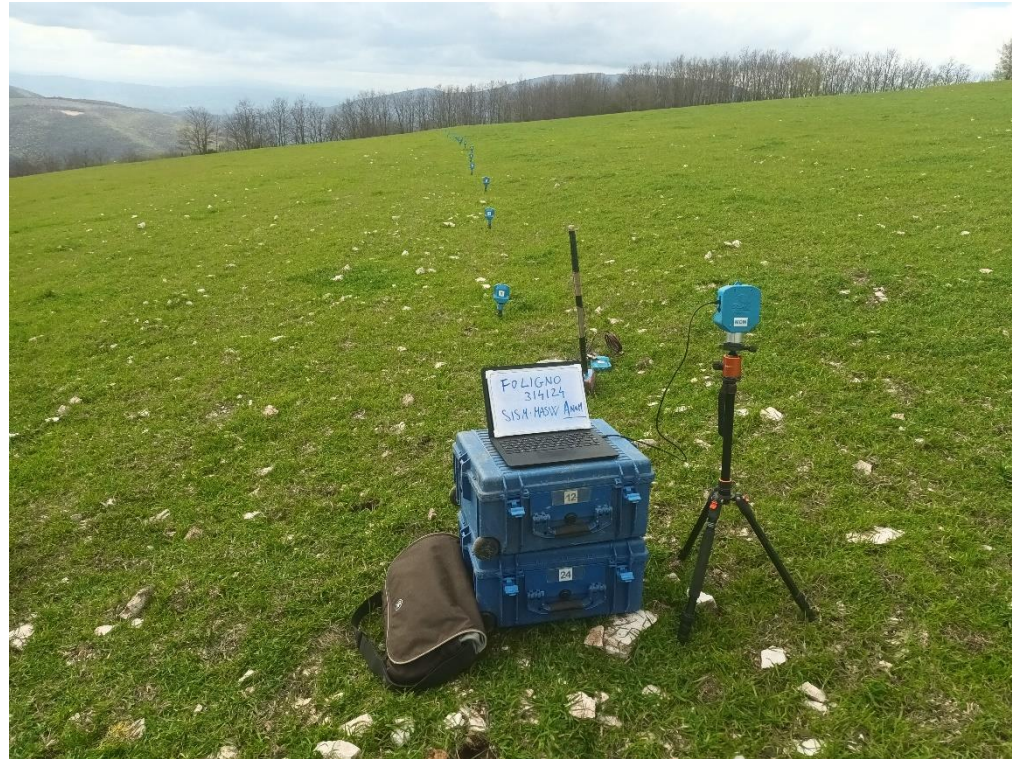
Committente: RWE Renewables srl

Coordinate WGS84

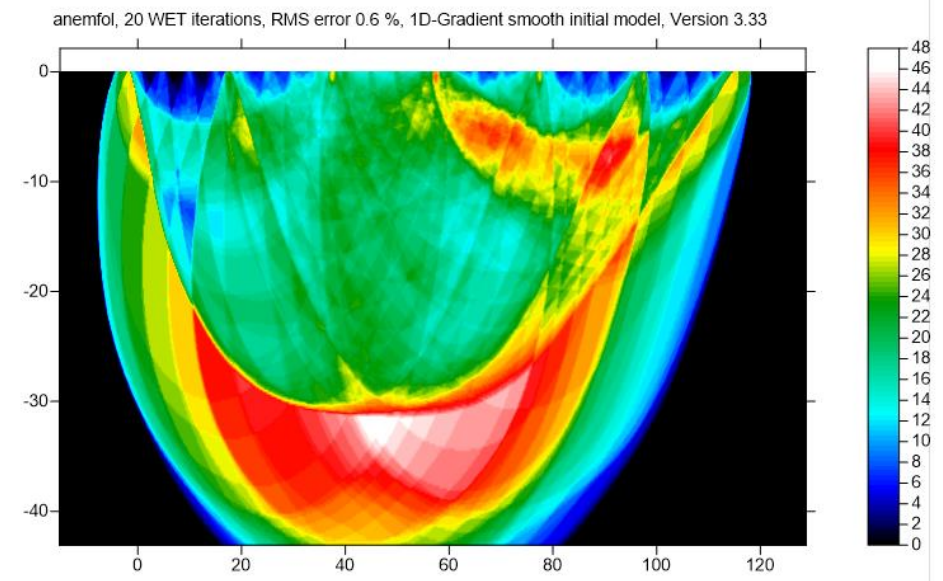
<u>Shot</u>	<u>Lat. (°)</u>	<u>Long. (°)</u>	<u>Quota (m)</u>
Sh 1	43.014283	12.824978	950
Sh 2	43.014279	12.825186	950
Sh 3	43.014256	12.825691	950
Sh 4	43.014251	12.825691	950
Sh 5	43.014233	12.825933	950
Sh 6	43.014212	12.826213	950
Sh 7	43.014180	12.826429	950



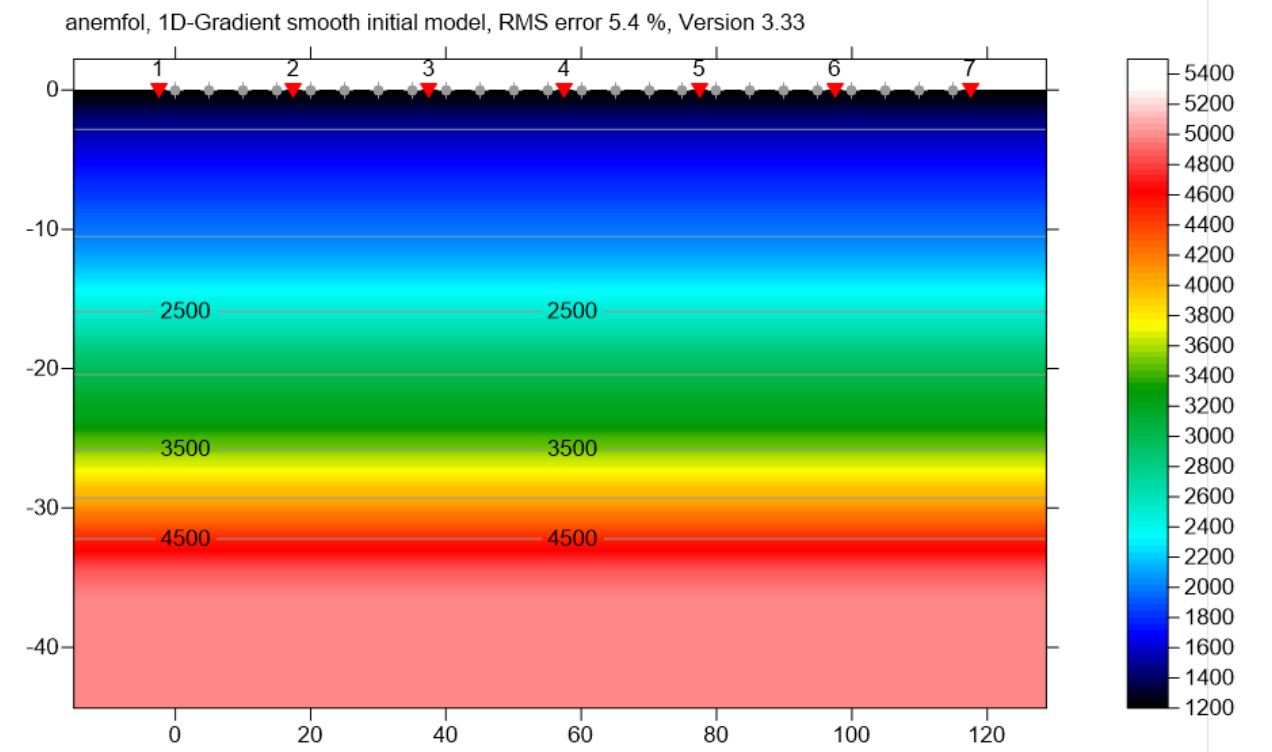
Documentazione Fotografica



Densità dei raggi sismici



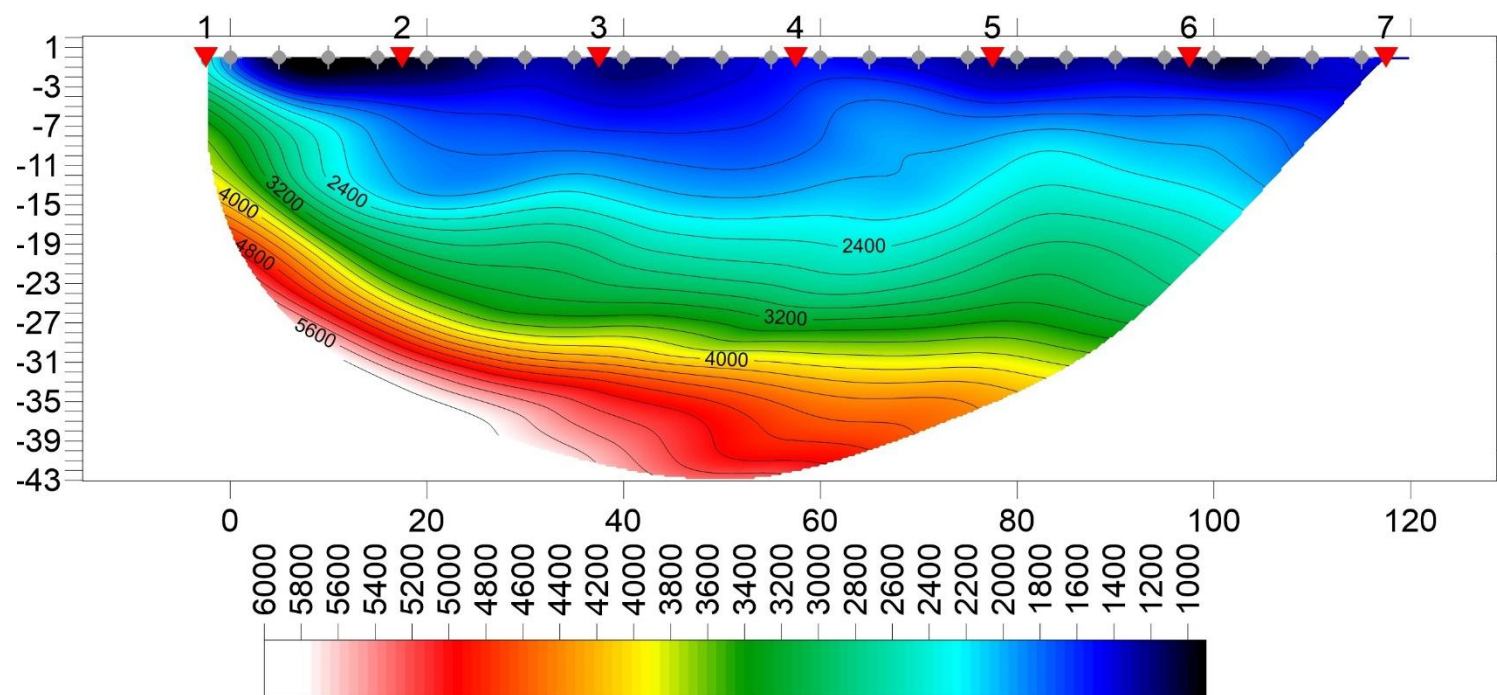
Modello Monodimensionale del terreno



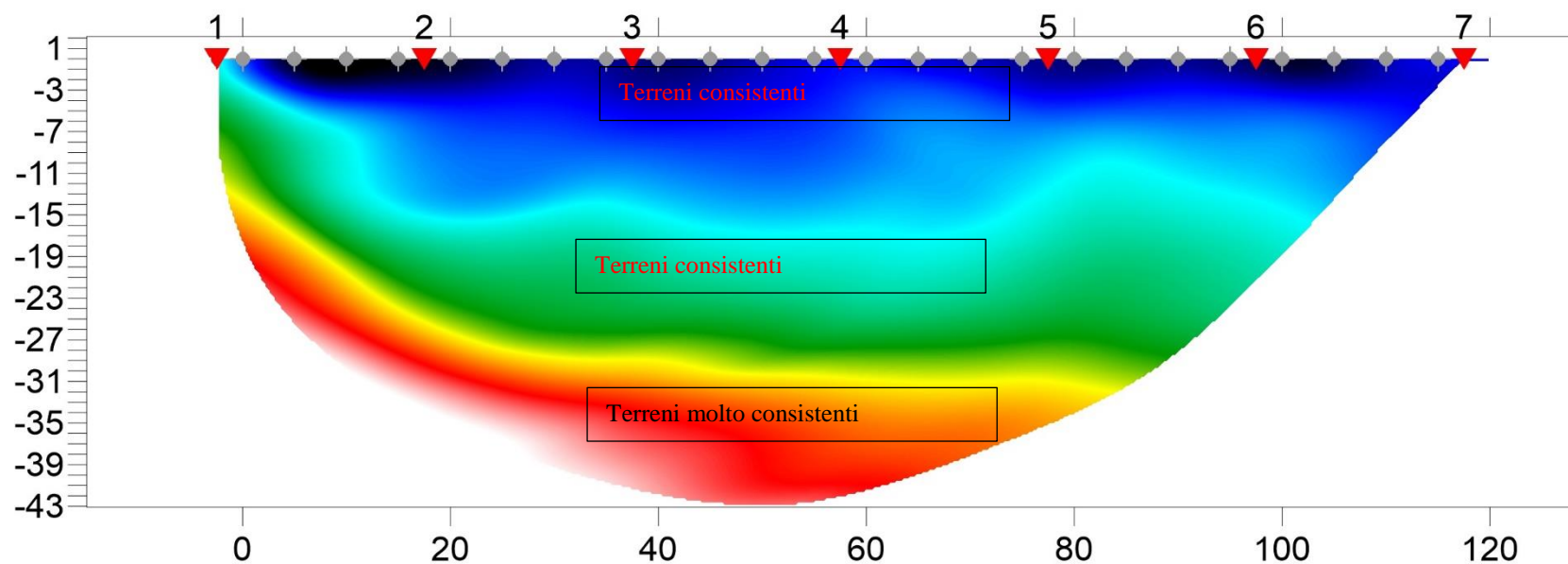
PERRY JOHNSON
REGISTRARS, INC.

ACCREDITED

Sismosezione Onde P (SISM 01)



Sismosezione Interpretativa (SISM 01)

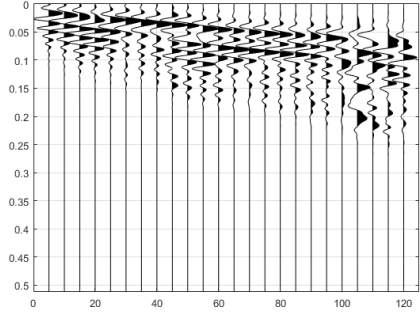
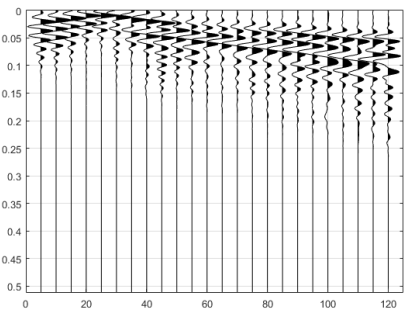
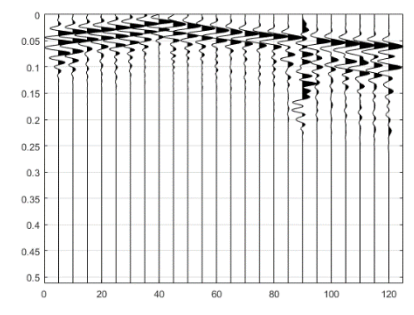
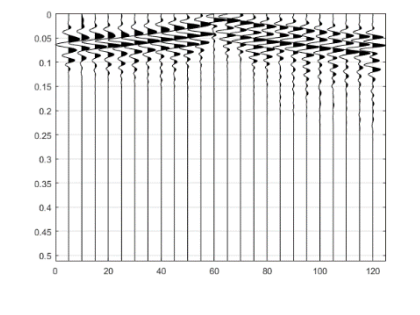
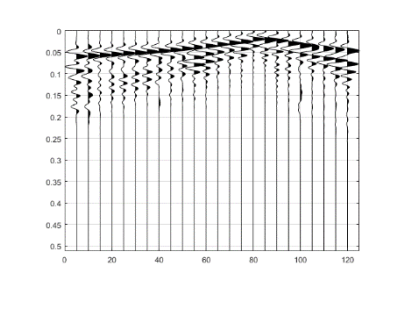
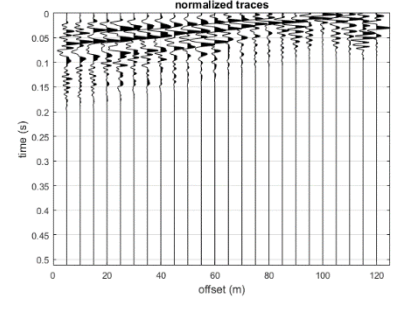
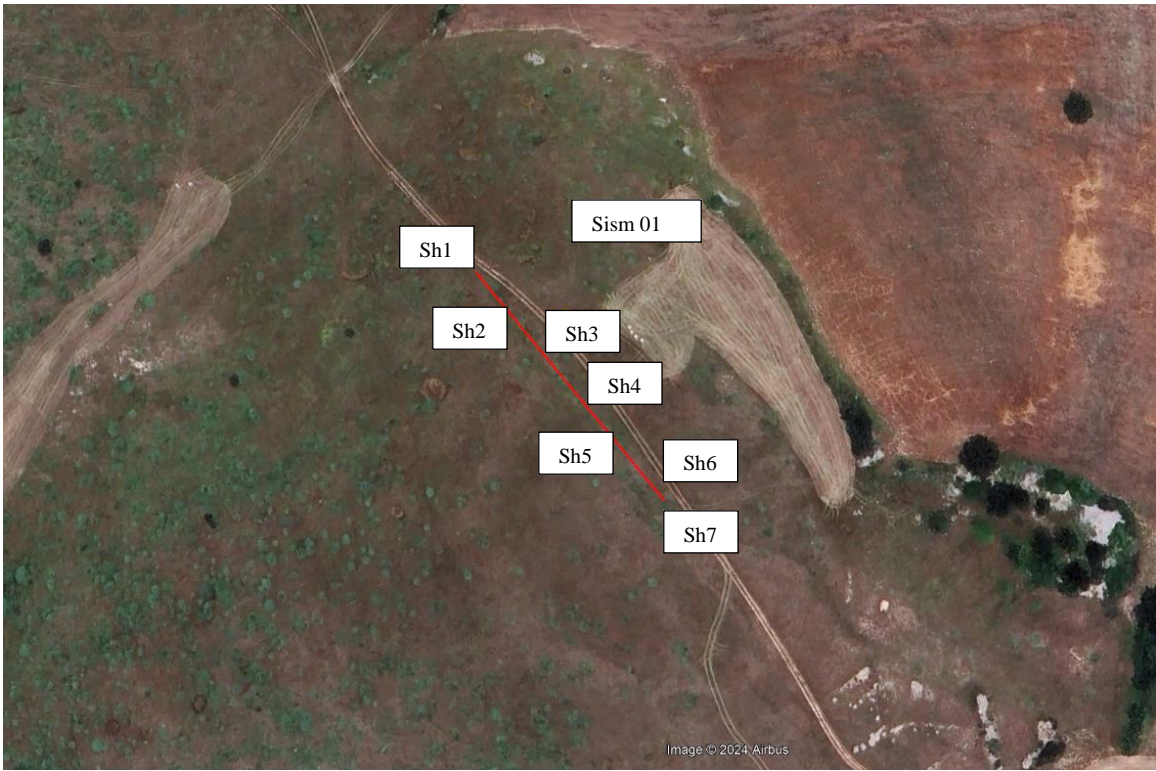




COMUNE DI FOLIGNO
Provincia di Perugia

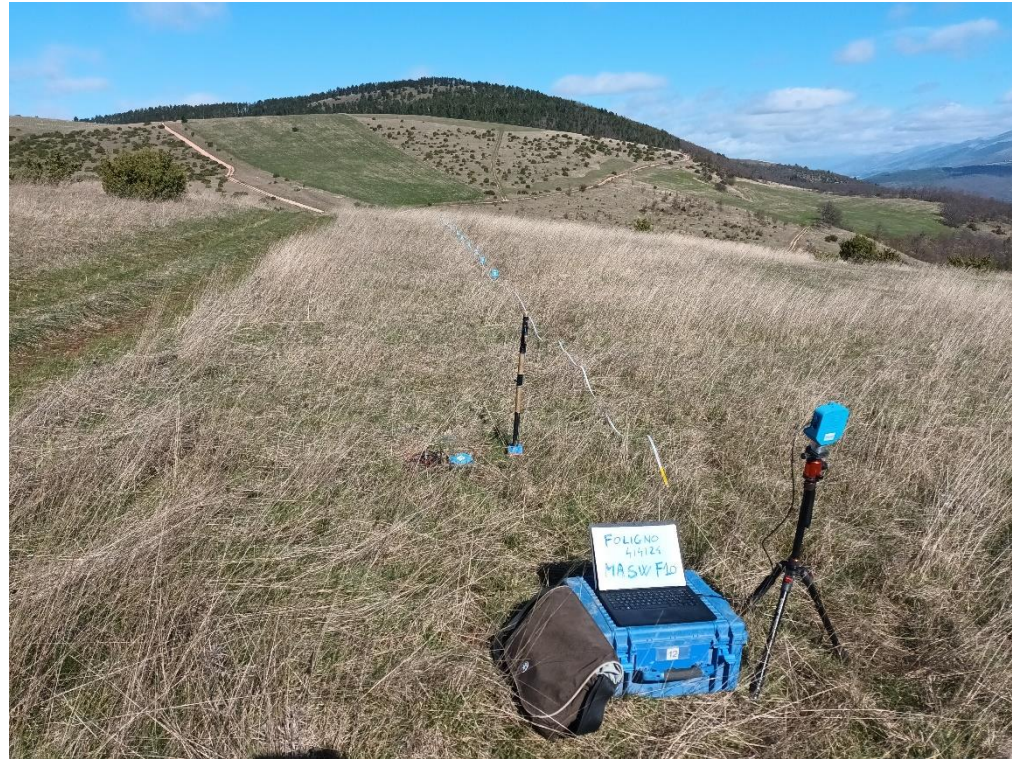
Posizione dei geofoni [m]

n. sensore	Dist. (m)	Quota m rel.
G 01	0	950
G 02	5	950
G 03	10	950
G 04	15	950
G 05	20	950
G 06	25	950
G 07	30	950
G 08	35	950
G 09	40	950
G 10	45	950
G 11	50	950
G 12	55	950
G 13	60	950
G 14	65	950
G 15	70	950
G 16	75	950
G 17	80	950
G 18	85	950
G 19	90	950
G 20	95	950
G 21	100	950
G 22	105	950
G 23	110	950
G 24	115	950

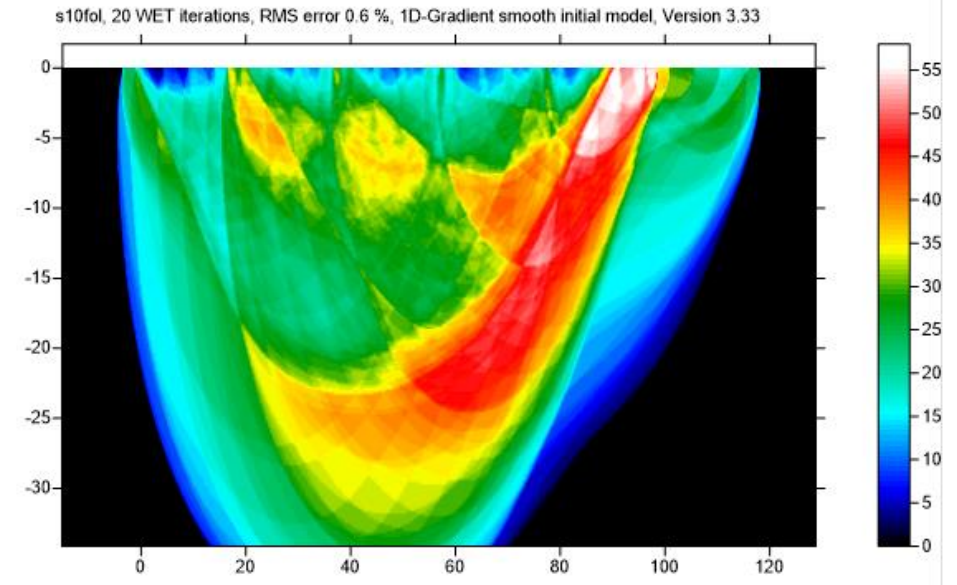


Shot 01		Shot 02		Shot 03		COMUNE DI FOLIGNO <i>Provincia di Perugia</i>																																			
						SISM 01 F010																																			
						Indagine: SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P																																			
						Data: 4-04-2024																																			
						Progetto: "Realizzazione di un Parco eolico a Foligno"																																			
						Località: Foligno (Pg)																																			
						Committente: RWE Renewables srl																																			
						Coordinate WGS84																																			
						<table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Shot</u></th> <th><u>Lat. (°)</u></th> <th><u>Long. (°)</u></th> <th><u>Quota (m)</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Sh 1</td><td>43.052094</td><td>12.811325</td><td>979</td></tr> <tr><td>Sh 2</td><td>43.051969</td><td>12.811483</td><td>982</td></tr> <tr><td>Sh 3</td><td>43.051775</td><td>12.811721</td><td>984</td></tr> <tr><td>Sh 4</td><td>43.051648</td><td>12.811857</td><td>986</td></tr> <tr><td>Sh 5</td><td>43.051506</td><td>12.812039</td><td>986</td></tr> <tr><td>Sh 6</td><td>43.051381</td><td>12.812181</td><td>985</td></tr> <tr><td>Sh 7</td><td>43.051276</td><td>12.812303</td><td>984</td></tr> </tbody> </table>				<u>Shot</u>	<u>Lat. (°)</u>	<u>Long. (°)</u>	<u>Quota (m)</u>	Sh 1	43.052094	12.811325	979	Sh 2	43.051969	12.811483	982	Sh 3	43.051775	12.811721	984	Sh 4	43.051648	12.811857	986	Sh 5	43.051506	12.812039	986	Sh 6	43.051381	12.812181	985	Sh 7	43.051276	12.812303	984
<u>Shot</u>	<u>Lat. (°)</u>	<u>Long. (°)</u>	<u>Quota (m)</u>																																						
Sh 1	43.052094	12.811325	979																																						
Sh 2	43.051969	12.811483	982																																						
Sh 3	43.051775	12.811721	984																																						
Sh 4	43.051648	12.811857	986																																						
Sh 5	43.051506	12.812039	986																																						
Sh 6	43.051381	12.812181	985																																						
Sh 7	43.051276	12.812303	984																																						
Shot 04		Shot 05		Shot 06		Ubicazione																																			
																																									
																																									
						<table border="1"> <tbody> <tr> <td>BASE SISMICA: _____</td> <td style="text-align: center;">SISM 01</td> </tr> <tr> <td>N° CANALI: _____</td> <td style="text-align: center;">24</td> </tr> <tr> <td>N° SCOPPI _____</td> <td style="text-align: center;">7</td> </tr> <tr> <td>TEMPO DI CAMPIONAMENTO: _</td> <td style="text-align: center;">250 ns</td> </tr> <tr> <td>TEMPO DI ACQUISIZIONE: ____</td> <td style="text-align: center;">200 ms</td> </tr> </tbody> </table>				BASE SISMICA: _____	SISM 01	N° CANALI: _____	24	N° SCOPPI _____	7	TEMPO DI CAMPIONAMENTO: _	250 ns	TEMPO DI ACQUISIZIONE: ____	200 ms																						
BASE SISMICA: _____	SISM 01																																								
N° CANALI: _____	24																																								
N° SCOPPI _____	7																																								
TEMPO DI CAMPIONAMENTO: _	250 ns																																								
TEMPO DI ACQUISIZIONE: ____	200 ms																																								
						 																																			

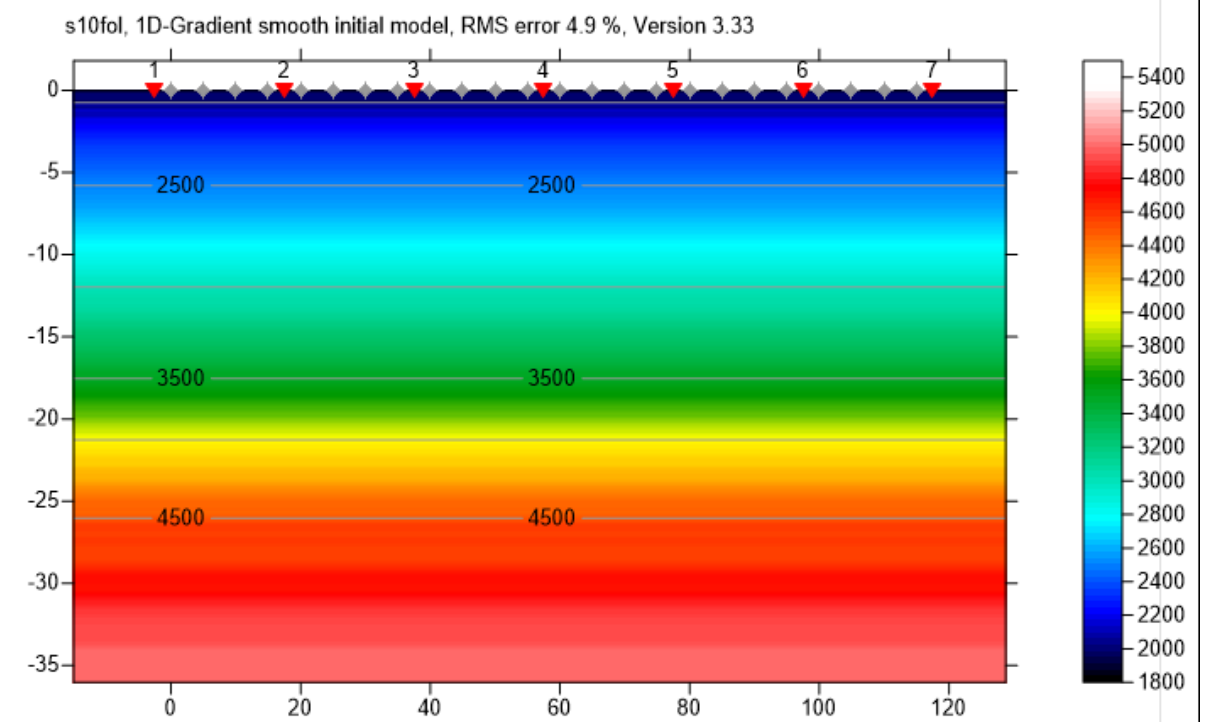
Documentazione Fotografica



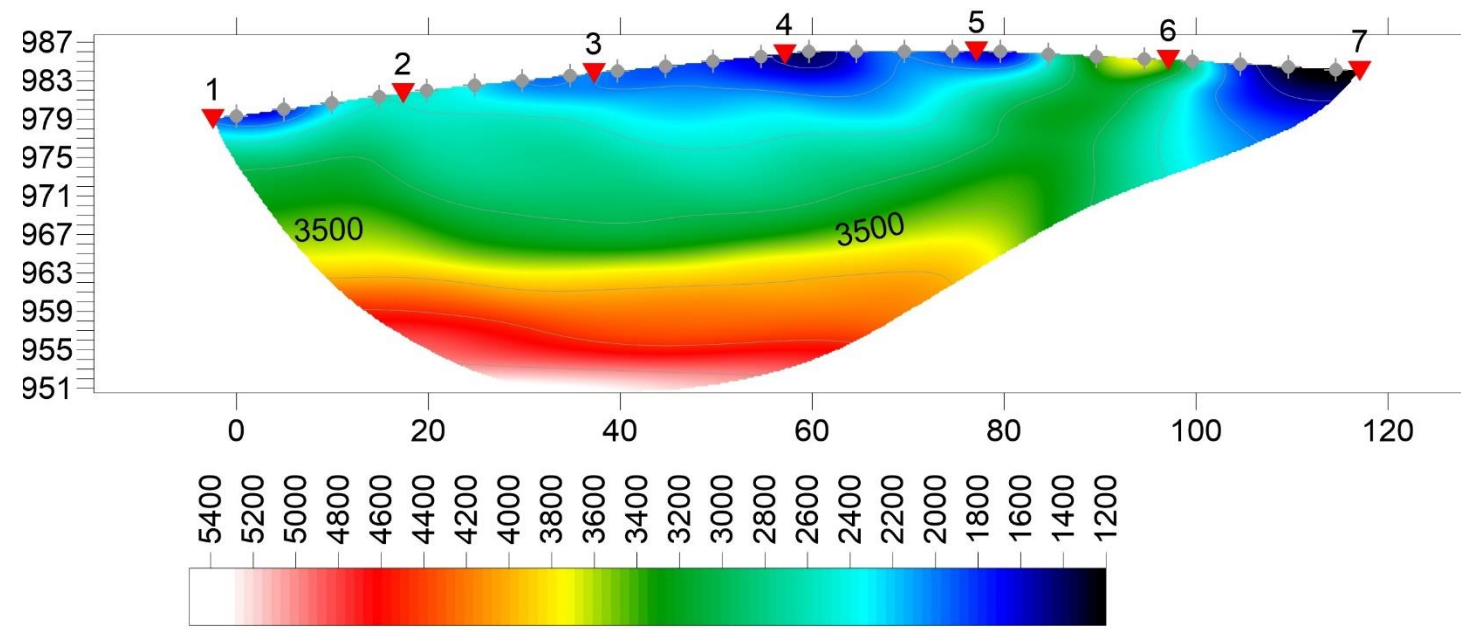
Densità dei raggi sismici



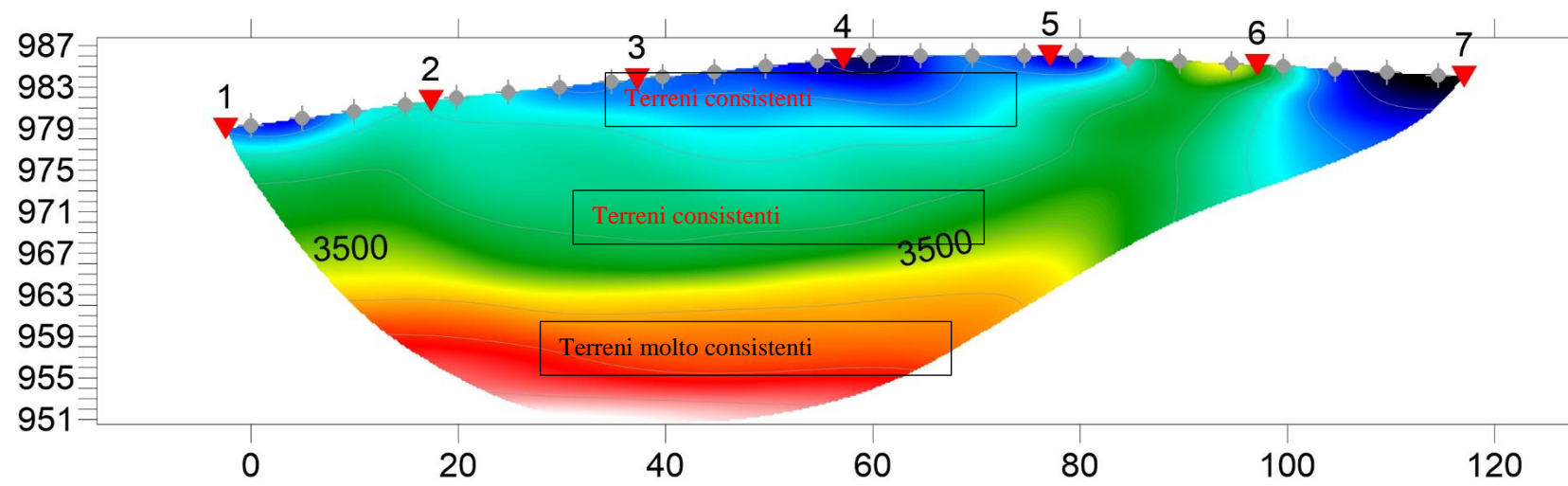
Modello Monodimensionale del terreno



Sismosezione Onde P (SISM 01)



Sismosezione Interpretativa (SISM 01)



COMUNE DI FOLIGNO
Provincia di Perugia

Posizione dei geofoni [m]

n. sensore	Dist. (m)	Quota m rel.
G 01	0	979
G 02	5	981
G 03	10	982
G 04	15	982
G 05	20	986
G 06	25	985
G 07	30	986
G 08	35	986
G 09	40	986
G 10	45	986
G 11	50	986
G 12	55	986
G 13	60	986
G 14	65	986
G 15	70	985
G 16	75	985
G 17	80	985
G 18	85	985
G 19	90	985
G 20	95	985
G 21	100	985
G 22	105	984
G 23	110	984
G 24	115	984





**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA
POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL
COMUNE DI FOLIGNO (PG)**

Rapporto Tecnico delle Indagini

**DATA:
APRILE 2024
Pag. 91 di 91**

Allegato n° 4 Carta Ubicazione delle Indagini

CARTA UBICAZIONE DELLE
INDAGINI



- LEGENDA
- Indagini eseguite Area Parco
 - Sondaggio Geognostico
 - Sismica onde P - Masw
 - Layout Area Parco
 - Aerogeneratori
 - Cavidotto esterno a 30 Kv

0 250 500 m 1:15.000

