



**Fred Olsen Renewables Italy S.r.l.**

**Progetto di un nuovo parco eolico denominato  
"Energia Monte Petralta"**

**Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità  
al PAI**

**20 ottobre 2023**

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

## Riferimenti

<b>Titolo</b>	Progetto di un nuovo parco eolico denominato "Energia Monte Petralta" Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI
<b>Cliente</b>	Fred Olsen Renewables Italy S.r.l.
<b>Redatto</b>	L.Bargagna
<b>Verificato</b>	D.Puccini
<b>Approvato</b>	L.Magni/O.Retini
<b>Numero di progetto</b>	1669043
<b>Numero di pagine</b>	31
<b>Data</b>	20 ottobre 2023



## Colophon

TAUW Italia S.r.l.  
Galleria Giovan Battista Gerace 14  
56124 Pisa  
T +39 05 05 42 78 0  
E info@tauw.it

Il presente documento è di proprietà del Cliente che ha la possibilità di utilizzarlo unicamente per gli scopi per i quali è stato elaborato, nel rispetto dei diritti legali e della proprietà intellettuale. TAUW Italia detiene il copyright del presente documento. La qualità ed il miglioramento continuo dei prodotti e dei processi sono considerati elementi prioritari da TAUW Italia, che opera mediante un sistema di gestione certificato secondo le norme **UNI EN ISO 9001:2015, UNI EN ISO 14001:2015 e UNI ISO 45001:2018.**



Ai sensi del GDPR n.679/2016 la invitiamo a prendere visione dell'informativa sul Trattamento dei Dati Personali su [www.TAUW.it](http://www.TAUW.it).

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

## Indice

1	Premessa .....	4
2	Campagna di indagini geognostiche preliminari.....	5
3	Caratterizzazione geotecnica preliminare .....	7
3.1	Tipologia di fondazione aerogeneratori.....	8
3.2	Tipologia di fondazione stazione di utenza e Impianto BESS.....	9
4	Caratterizzazione sismica preliminare.....	11
4.1	Postazione WTG 2.....	11
4.2	Postazione WTG 6.....	11
4.3	Considerazioni in merito alle indagini geofisiche eseguite.....	12
5	Inquadramento delle opere nel contesto geologico-tecnico e sismico del sito.....	13
5.1	Postazione WTG 1.....	14
5.2	Postazione WTG 2.....	16
5.3	Postazione WTG 3.....	18
5.4	Postazione WTG 4.....	20
5.5	Postazione WTG 5.....	22
5.6	Postazione WTG 6.....	24
5.7	Stazione di Utenza e Impianto BESS.....	26
6	Considerazioni in merito alla compatibilità degli interventi ai sensi del P.A.I. ....	28
7	Conclusioni.....	30

### ALLEGATO:

REPORT INDAGINI SISMICHE

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

## 1 Premessa

La presente relazione si riferisce agli aspetti di natura geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI relativi ad un nuovo parco eolico denominato “Energia Monte Petralta”, che la Società Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. intende realizzare nel Comune di Sestino (AR) in Regione Toscana.

Il progetto in sintesi prevede la realizzazione:

- Impianto eolico con 6 nuovi aerogeneratori (o turbine eoliche) della potenza nominale di 5 MW ciascuno per una potenza nominale complessiva di 30 MW con relativa viabilità di accesso interna (la viabilità di accesso interna sarà in parte di nuova realizzazione ed in parte saranno adeguate strade esistenti), piazzole per lo stoccaggio dei componenti e per il loro montaggio, area temporanea di cantiere esterna dotata di parcheggi e uffici per il personale e zone di stoccaggio per elementi minori.
- di nuovi cavi interrati a 30 kV di connessione tra l'impianto eolico e la nuova Stazione Utente (SU). Tali cavi, della lunghezza complessiva di circa 29 km, interessano i Comuni di Sestino (AR) e Badia Tedalda (AR) in Regione Toscana ed il Comune di Carpegna (PU) in Regione Marche;
- di una nuova Stazione Utente (SU) 30/36 kV ed un nuovo impianto BESS della potenza di 6 MW e relativa viabilità di accesso ubicati nella medesima area in Comune di Sestino (AR);
- un nuovo cavo interrato a 36 kV di connessione tra la nuova SU e la nuova Stazione elettrica RTN (SE) 132/36 kV “Badia Tedalda” della lunghezza di circa 150 m.

Inoltre completano il progetto, quali opere di rete per la connessione dell'impianto alla RTN:

- la realizzazione di una nuova Stazione Elettrica RTN (SE) 132/36 kV “Badia Tedalda” ubicata in Comune di Sestino (AR) nelle vicinanze della SU;
- la realizzazione dei nuovi raccordi aerei AT 132 kV di connessione tra la nuova SE “Badia Tedalda” e la linea aerea RT N 132 kV “Badia Tedalda – Talamello” esistente. I nuovi raccordi interessano il Comune di Sestino (AR);
- la demolizione di un tratto di circa 180 m e di 1 sostegno della Linea aerea RTN 132 kV “Badia Tedalda – Talamello”. Il tratto da demolire ricade totalmente in Comune di Sestino (AR);
- la realizzazione di una nuova linea elettrica RTN in AT a 132 kV di connessione tra la SE “Mercatello” esistente e la nuova SE “Badia Tedalda” che per circa 16 km sarà realizzata in aereo e per circa 1,2 km in cavo interrato.

Le opere di rete per la connessione dell'impianto alla RTN non sono oggetto della presente relazione.

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

## 2 Campagna di indagini geognostiche preliminari

Per una caratterizzazione preliminare dei terreni ove è prevista la realizzazione delle opere civili connesse alla realizzazione del parco eolico si è proceduto con l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche preliminari.

Con le attuali condizioni di accessibilità è tuttavia difficoltoso raggiungere le postazioni con i macchinari per eseguire sondaggi geognostici; questo tipo di indagine, necessaria in fase esecutiva, potrà essere eseguita soltanto dopo la realizzazione di una viabilità provvisoria di cantiere.

A seguito del sopralluogo, in considerazione della natura dei terreni (contenenti elementi rocciosi talora affioranti), si è ritenuto inoltre di scarsa utilità eseguire prove penetrometriche, in considerazione del probabile rifiuto strumentale a scarsa profondità dal piano di campagna.

Si è quindi scelto di procedere con l'esecuzione di una campagna di indagini geofisiche in corrispondenza delle postazioni accessibili (WTG 2 e WTG 6, vedi figure seguenti), costituita da n.1 linea di sismica a rifrazione in onde P e n.1 indagine sismica MASW per ciascun punto di indagine.

Il report delle indagini sismiche è inserito in allegato al presente documento.

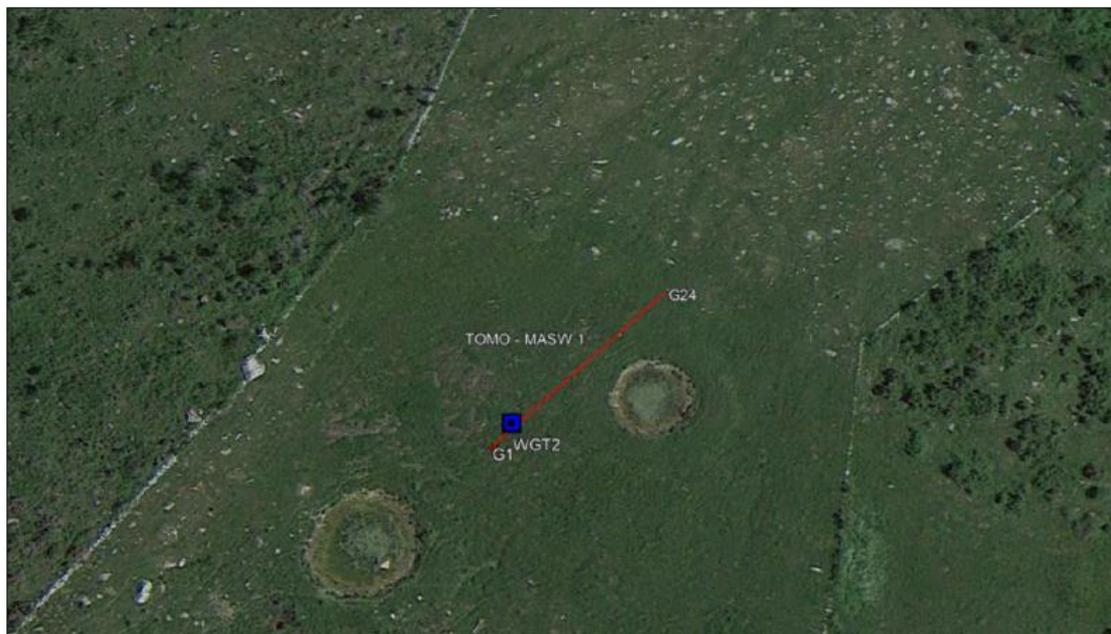


Figura 1 – Ubicazione indagini postazione WTG 2 (base Google Earth)

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

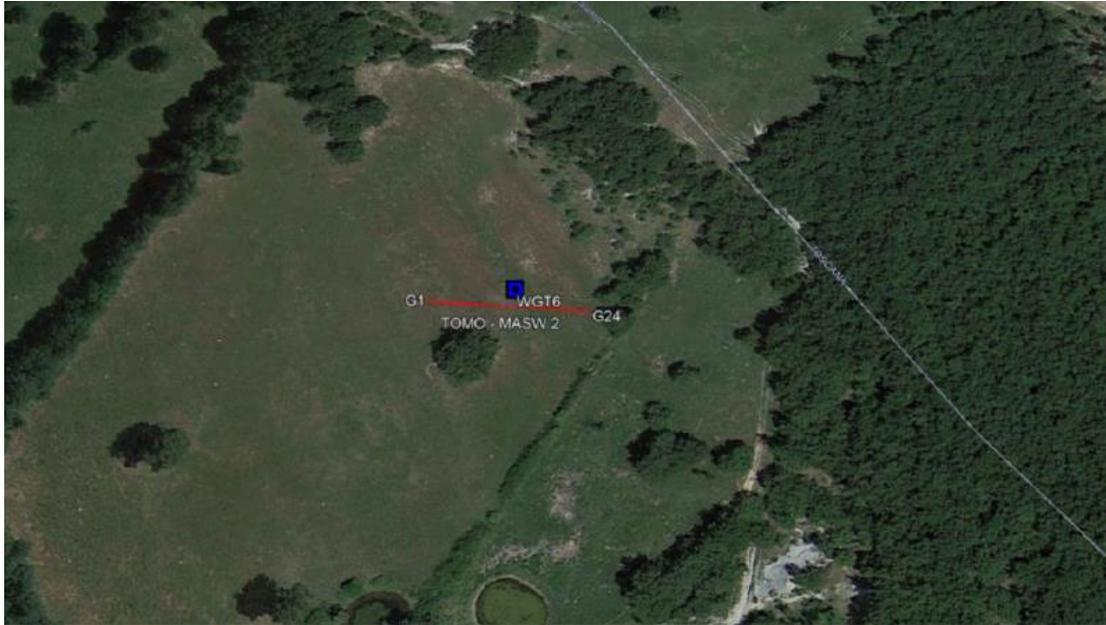


Figura 2 – Ubicazione indagini postazione WTG 6 (base Google Earth)

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

### 3 Caratterizzazione geotecnica preliminare

Da un punto di vista geotecnico, non essendo stato possibile eseguire allo stato attuale indagini geognostiche puntuali oltre le linee sismiche descritte al paragrafo precedente, la caratterizzazione dell'area è possibile solo da un punto di vista bibliografico.

I terreni dell'area del parco eolico sono caratterizzati da coperture costituite da depositi di versante (coltri detritiche e depositi di frana quiescente o inattiva) di spessore variabile posti al di sopra di formazioni litoidi costituite da siltiti e marne siltose e argillose prevalenti con subordinate areniti e calcilutiti.

I terreni di copertura sono costituiti in prevalenza da limi e argille poco consistenti con elementi litoidi di pezzatura variabile, a cui possono essere attribuiti in via preliminare i seguenti parametri geotecnici:

- Peso di volume  $\gamma$ : 18-18,50 kN/m<sup>3</sup>
- Angolo di attrito interno efficace  $\phi'$ : 15-20
- Coesione non drenata  $c_u$ : 40-50 kPa

Lo spessore dei terreni di copertura è variabile, generalmente compreso tra 3 e 15 metri.

Al bedrock litoide dell'area del parco eolico, ipotizzato come mediamente disturbato, possono essere invece attribuiti in via preliminare i seguenti parametri geotecnici:

- Peso di volume  $\gamma$ : 21-22 kN/m<sup>3</sup>
- Angolo di attrito interno efficace  $\phi'$ : 40-45°

Al bedrock litoide dell'area della stazione di utenza, ipotizzato come mediamente disturbato, possono essere infine attribuiti in via preliminare i seguenti parametri geotecnici:

- Peso di volume  $\gamma$ : 22-23 kN/m<sup>3</sup>
- Angolo di attrito interno efficace  $\phi'$ : 45-50°

I parametri, cautelativi ai fini della sicurezza, sono stati ricavati utilizzando il software Roclab (*Rocscience Inc.*) sulla base del Criterio di rottura di Hoek-Brown, partendo dal valore di resistenza a compressione  $\sigma_c$  caratteristico delle siltiti e delle marne siltose indisturbate (25 MPa) per quanto riguarda l'area del parco eolico e delle marne calcaree (50 MPa) per quanto riguarda l'area della stazione di utenza, e considerando cautelativamente un fattore di disturbo dell'ammasso roccioso (parametro GSI, definito da *Hoek, Wood & Shah, Hoek & Hoek, Kaiser & Bawden*) di 70.

I parametri geotecnici caratteristici dei terreni e degli ammassi rocciosi saranno definiti nella fase di progettazione esecutiva attraverso una campagna geognostica dettagliata condotta in corrispondenza di tutte le postazioni in progetto e dell'area della stazione di utenza.

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

### 3.1 Tipologia di fondazione aerogeneratori

In questa fase progettuale sono stati effettuati dei calcoli preliminari utilizzando i carichi compatibili con turbine di queste caratteristiche e dimensioni, con altezza al mozzo di 125 metri e diametro del rotore pari a 155 metri.

Le fondazioni per gli aerogeneratori hanno forma circolare in quanto tale forma ottimizza il comportamento nei confronti dell'azione del vento; in base ai calcoli preliminari è necessaria una fondazione di diametro pari a 24 metri con profondità del piano di posa a 3,20 metri dal piano campagna (vedi Figura 3).

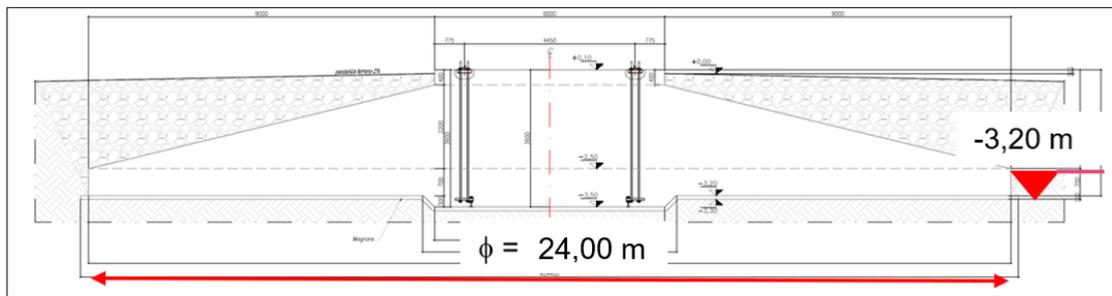


Figura 3 – Fondazione diretta tipologica circolare  $\phi$  24 m per aerogeneratore HH=125 m R=155 m

A seconda dei risultati delle prove geognostiche e degli approfondimenti geologici da effettuarsi in fase di progettazione esecutiva, potrebbe rendersi necessario l'utilizzo di pali, che saranno realizzati indicativamente come riportato nella seguente Figura 4.

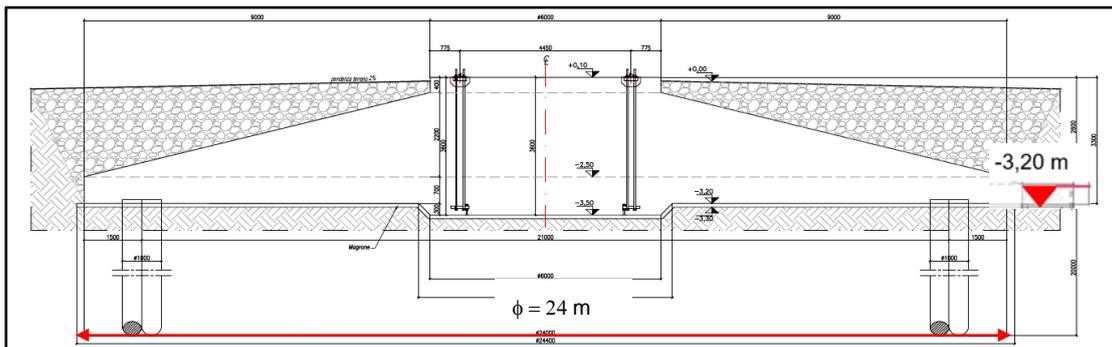


Figura 4 – Fondazione su pali tipologica circolare  $\phi$  24 m per aerogeneratore HH=125 m R=155 m

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

### 3.2 Tipologia di fondazione stazione di utenza e Impianto BESS

La realizzazione della Stazione di Utenza e dell'Impianto BESS è prevista su un appezzamento di terreno semi-pianeggiante che sarà livellato alla quota di progetto; lo strato finale è costituito da un pacchetto di materiale arido stabilizzato dello spessore di 30-40 cm.

All'interno dell'area di dimensioni di 40x60 metri, sono presenti la cabina di consegna, il trasformatore dell'impianto, le batterie del sistema BESS ed i trasformatori ad esso associati (vedi Figura 5).

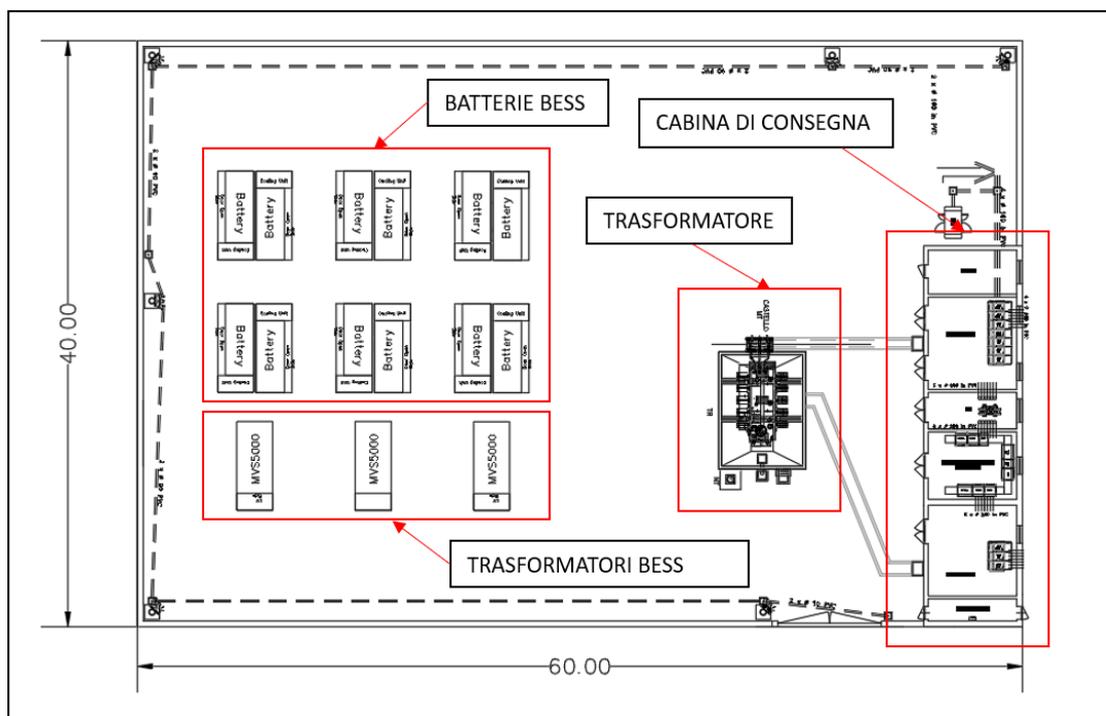


Figura 5 – Schema della stazione di utenza

Per tutte queste opere è prevista una fondazione a platea in c.a. per le quali è stato eseguito un calcolo preliminare che ha condotto alle dimensioni riportate nella seguente Tabella 1.

Elemento	Larghezza [m]	Lunghezza [m]	Spessore [m]
Cabina di consegna	26,50	7,00	0,30
Trasformatore impianto	5,90	8,00	0,30
Batterie	5,50	6,50	0,30
Trasformatori BESS	3,00	6,50	0,30

Tabella 1 – Dimensioni preliminari delle fondazioni degli elementi presenti all'interno della SU

**Ns rif.** 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

Sulla base dei calcoli preliminari, le pressioni massime sul terreno saranno dell'ordine di 40-50 kPa,

Anche in corrispondenza dell'area della stazione di utenza e impianto BESS in fase di progettazione esecutiva sarà condotta una campagna di indagini geognostiche puntuale per determinare i valori dei parametri caratteristici del terreno.

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

## 4 Caratterizzazione sismica preliminare

### 4.1 Postazione WTG 2

La linea di tomografia sismica eseguita ha evidenziato l'assenza di inversioni di velocità nel volume indagato, mostrando invece un progressivo incremento delle velocità delle onde P con la profondità, iniziando a mostrare valori compatibili con la presenza di un bedrock sismico poco disturbato, approssimativamente caratterizzato da valori di  $V_P \geq 2.000$  m/s, al termine della profondità indagata (circa 10 metri).

La velocità delle onde sismiche rilevata nei primi 10 metri evidenzia la presenza di depositi sciolti mediamente addensati/compatti.

Tale valutazione è stata confermata dall'interpretazione dell'indagine MASW eseguita, che ha mostrato la presenza di depositi sciolti caratterizzati da una velocità delle onde S compresa tra 150 e 200 m/s nei primi 12 metri; oltre tale profondità sono state rilevate velocità delle onde S comprese tra 650 e 750 m/s fino a ca. 35 metri di profondità, interpretabili con il passaggio al bedrock pelitico poco disturbato.

La velocità media  $V_{S,eq}$  delle onde di taglio SH, coincidente in questo caso con la  $V_{S,30}$  dato che il bedrock sismico con  $V_S > 800$  m/s si trova a profondità superiori, risulta essere pari a 320 m/s.

Sulla base di questa indagine, ai sensi delle NTC 2018 al terreno di fondazione può essere attribuita una categoria di sottosuolo "C", definita di seguito:

- Categoria di sottosuolo C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.

### 4.2 Postazione WTG 6

Anche in corrispondenza della postazione WTG 6 la linea di tomografia sismica eseguita ha evidenziato l'assenza di inversioni di velocità nel volume indagato, mostrando repentino incremento delle velocità delle onde P con la profondità, iniziando a mostrare valori compatibili con la presenza di un bedrock sismico poco disturbato, approssimativamente caratterizzato da valori di  $V_P \geq 2.000$  m/s, già a partire da una profondità di 4-5 metri dal piano di campagna.

La velocità delle onde sismiche rilevata nei primi 4-5 metri evidenzia la presenza di depositi sciolti mediamente addensati/compatti.

Tale valutazione è stata confermata dall'interpretazione dell'indagine MASW eseguita, che ha mostrato la presenza di una copertura caratterizzata da una velocità delle onde S compresa tra 250 e 350 m/s nei primi 3 metri di terreno, con un incremento repentino della velocità che già a partire da circa 6 metri assume velocità maggiori a 800 m/s (bedrock sismico).

La velocità media  $V_{S,eq}$  delle onde di taglio SH è di 329 m/s.

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

Sulla base di questa indagine, avendo intercettato il bedrock sismico ad una profondità di circa 6 metri dal piano di campagna, ai sensi delle NTC 2018 al terreno di fondazione può essere attribuita una categoria di sottosuolo "E", definita di seguito:

- Categoria di sottosuolo E – Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 metri.

### 4.3 Considerazioni in merito alle indagini geofisiche eseguite

Le interpretazioni sismostratigrafiche ricavate dalle indagini eseguite hanno permesso di avere un quadro geologico abbastanza chiaro dell'andamento litologico in corrispondenza dell'area di indagine.

Sulla base delle caratteristiche geologiche e morfologiche delle zone ove è prevista la realizzazione degli aerogeneratori evidenziate in occasione dei sopralluoghi effettuati sul sito, si ritiene che le interpretazioni ricavate dalle stese sismiche in corrispondenza delle postazioni WTG 2 e WTG 6 possano essere estese alle altre postazioni.

Nello specifico, si ritiene che il sottosuolo in corrispondenza della postazione WTG 1, sulla base dell'osservazione geomorfologica effettuata durante il sopralluogo in sito, abbia caratteristiche più simili a quelle rilevate in corrispondenza della postazione WTG 6, con un bedrock sismico posto a profondità dell'ordine dei 5-10 metri.

Viceversa, si ritiene che le caratteristiche sismostratigrafiche del terreno in corrispondenza delle postazioni WTG 3, WTG 4 e WTG 5 siano paragonabili a quelle rilevate in corrispondenza della postazione WTG 2, con una copertura detritica più spessa dell'ordine di 10-15 metri.

Relativamente all'area ove è prevista la realizzazione della Stazione di Utenza e Impianto BESS, in considerazione della presenza della formazione di Monte Morello si ritiene che il bedrock sismico possa essere intercettato ad una profondità compresa tra 5 e 10 metri dal piano di campagna.

Le presenti interpretazioni, riprese nel seguente paragrafo 5, dovranno essere confermate in sede di progettazione esecutiva con una campagna geognostica dettagliata condotta in corrispondenza di tutte le postazioni in progetto.

**Ns rif.** 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

## **5 Inquadramento delle opere nel contesto geologico- tecnico e sismico del sito**

Nel presente capitolo è riportata una descrizione del contesto geologico-tecnico e sismico in cui si inserisce la realizzazione degli aerogeneratori, valutando punto per punto le caratteristiche rilevate in situ durante l'esecuzione del sopralluogo.

Nei seguenti paragrafi, per ciascuna postazione è riportata una descrizione fotografica dell'area, la caratterizzazione geologico-tecnica e la caratterizzazione sismica preliminare del terreno di fondazione condotta ai sensi delle NTC 2018, elaborate in base ai risultati delle indagini geognostiche che è stato possibile eseguire in questa fase all'interno dell'area dell'impianto eolico.

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

## 5.1 Postazione WTG 1



Foto 1 – Inquadramento area postazione WTG 1

Ubicata ad una quota prevista di +833,50 metri s.l.m.m, la postazione WTG 1 si trova di poco spostato sul lato toscano rispetto alla linea di crinale, a circa 350 metri di distanza dalla vetta del Monte Tagiura. L'area è caratterizzata dalla presenza di terreni adibiti a pascolo con sporadica presenza di vegetazione arbustiva, di natura prevalentemente argillosa con elementi litoidi affioranti.

In corrispondenza della postazione l'acclività del terreno è modesta, con il versante che inizia degradare verso SW dapprima dolcemente quindi aumentando la sua pendenza. Ad Ovest dell'area, ad una distanza di circa 350 metri dalla postazione, è presente l'impluvio da cui si origina il fosso della Vignaccia.

La postazione dell'aerogeneratore è esterna alle perimetrazioni del PAI, mentre la porzione meridionale della piazzola ricade all'interno delle "Aree in dissesto da assoggettare a verifica" (forme quiescenti), normate all'art.17 delle Norme di Piano della Variante 2016 del PAI dell'ex Autorità interregionale di Bacino Marecchia-Conca.

Tutte le opere civili connesse alla realizzazione dell'aerogeneratore ricadono tra quelle sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/1923.

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

Il modello geologico preliminare dell'area, ricostruito in base a quanto osservato sul posto in occasione del sopralluogo effettuato ed in base all'interpretazione della tomografia sismica e dell'indagine MASW eseguita in corrispondenza della postazione WTG 2, può essere schematizzato come in Tabella 2, riportata di seguito:

Profondità (m)	Orizzonte litostratigrafico
0-5,00/10,00	Coperture detritiche e depositi eluvio-colluviali
5,00/10,00-30,00	Unità tettonica di Sant'Angelo in Vado – Formazione Marnoso-Arenacea Unmbra – Litofacies di Campo

Tabella 2 – Postazione WTG 1 – Modello geologico preliminare

Relativamente alla definizione dell'azione sismica, ai sensi delle NTC 2018 si attribuisce preliminarmente al terreno di fondazione una categoria di sottosuolo di tipo "E", rapportando le indicazioni provenienti dalle indagini geofisiche eseguite presso l'aerogeneratore WTG 6 al contesto geologico della zona, ed una categoria topografica "T2".

Per quanto riguarda la parametrizzazione dell'azione sismica, si riporta la zonizzazione definita sulla base di quanto ricavabile dal documento \*.xls Spettri – NTC ver.1.0.3 fornito sul sito internet del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Tabella 3 e Tabella 4).

Coordinate (Datum ED50)	Long: 12,335874 E Lat: 43,737716 N
Vita nominale $V_N$	$\geq 50$ anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso $C_U$	1
Vita di riferimento $V_R$	50 anni

Tabella 3 – Postazione WTG 1 – Assunzioni per il calcolo dei parametri per la determinazione dell'azione sismica

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,061	2,463	0,269
SLD	50	0,077	2,443	0,280
SLV	475	0,183	2,462	0,320
SLC	975	0,234	2,522	0,326

Tabella 4 – Valori dei parametri sismici in corrispondenza della postazione WTG 1

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

## 5.2 Postazione WTG 2



Foto 2 – Inquadramento area postazione WTG 2

Ubicata ad una quota prevista di +835 metri s.l.m.m, la postazione WTG 2 si trova in corrispondenza della linea di crinale, a circa 120 metri di distanza dalla vetta del Monte Tagiura. L'area è caratterizzata dalla presenza di terreni adibiti a pascolo con sporadica presenza di vegetazione arbustiva, di natura prevalentemente argillosa con rari elementi litoidi affioranti.

In corrispondenza della postazione l'acclività del terreno è modesta, con il versante che degrada dolcemente sia verso il lato toscano che verso quello marchigiano.

La postazione dell'aerogeneratore è esterna alle perimetrazioni del PAI.

Tutte le opere civili connesse alla realizzazione dell'aerogeneratore ricadono tra quelle sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/1923.

Il modello geologico preliminare dell'area, ricostruito in base all'interpretazione della tomografia sismica e dell'indagine MASW eseguita sulla postazione, può essere schematizzato come in Tabella 5, riportata di seguito:

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

Profondità (m)	Orizzonte litostratigrafico
0-12,00	Coperture detritiche e depositi eluvio-colluviali
12,00-30,00	Unità tettonica di Sant'Angelo in Vado – Formazione Marnoso-Arenacea Unmbra – Litofacies di Campo

Tabella 5 – Postazione WTG 2 – Modello geologico preliminare

Relativamente alla definizione dell'azione sismica, ai sensi delle NTC 2018 si attribuisce al terreno di fondazione una categoria di sottosuolo di tipo "C", in base alle indicazioni provenienti dalle indagini geofisiche eseguite presso la postazione, ed una categoria topografica "T2".

Per quanto riguarda la parametrizzazione dell'azione sismica, si riporta la zonizzazione definita sulla base di quanto ricavabile dal documento \*.xls Spettri – NTC ver.1.0.3 fornito sul sito internet del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Tabella 6 e Tabella 7).

Coordinate (Datum ED50)	Long: 12,340385 E Lat: 43,735034 N
Vita nominale $V_N$	$\geq 50$ anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso $C_U$	1
Vita di riferimento $V_R$	50 anni

Tabella 6 – Postazione WTG 2 – Assunzioni per il calcolo dei parametri per la determinazione dell'azione sismica

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c$ [s]
SLO	30	0,061	2,464	0,269
SLD	50	0,076	2,443	0,280
SLV	475	0,183	2,463	0,321
SLC	975	0,234	2,522	0,326

Tabella 7 – Valori dei parametri sismici in corrispondenza della postazione WTG 2

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

### 5.3 Postazione WTG 3



Foto 3 – Inquadramento area postazione WTG 3

Ubicata ad una quota prevista di +786 metri s.l.m.m, la postazione WTG 3 si trova in corrispondenza della linea di crinale, in corrispondenza della vetta del Monte Petralta. L'area è caratterizzata dalla presenza di terreni con presenza di una fitta vegetazione arbustiva, di natura prevalentemente argillosa con rari elementi litoidi affioranti.

In corrispondenza della postazione l'acclività del terreno è modesta, con il versante che degrada dolcemente verso SE.

La postazione dell'aerogeneratore è esterna alle perimetrazioni del PAI.

Tutte le opere civili connesse alla realizzazione dell'aerogeneratore ricadono tra quelle sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/1923.

Il modello geologico preliminare dell'area, ricostruito in base a quanto osservato sul posto in occasione del sopralluogo effettuato ed in base all'interpretazione della tomografia sismica e dell'indagine MASW eseguita in corrispondenza della postazione WTG 2, può essere schematizzato come in Tabella 8, riportata di seguito:

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

Profondità (m)	Orizzonte litostratigrafico
0-10,00/15,00	Coperture detritiche e depositi eluvio-colluviali
10,00/15.00-30,00	Unità tettonica di Sant'Angelo in Vado – Formazione Marnoso-Arenacea Unmbra – Litofacies di Campo

Tabella 8 – Postazione WTG 3 – Modello geologico preliminare

Relativamente alla definizione dell'azione sismica, ai sensi delle NTC 2018 si attribuisce preliminarmente al terreno di fondazione una categoria di sottosuolo di tipo "C", rapportando le indicazioni provenienti dalle indagini geofisiche eseguite presso l'aerogeneratore WTG 2 al contesto geologico della zona, ed una categoria topografica "T2".

Per quanto riguarda la parametrizzazione dell'azione sismica, si riporta la zonizzazione definita sulla base di quanto ricavabile dal documento \*.xls Spettri – NTC ver.1.0.3 fornito sul sito internet del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Tabella 9 e Tabella 10).

Coordinate (Datum ED50)	Long: 12,344486 E Lat: 43,732069 N
Vita nominale $V_N$	$\geq 50$ anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso $C_U$	1
Vita di riferimento $V_R$	50 anni

Tabella 9 – Postazione WTG 3 – Assunzioni per il calcolo dei parametri per la determinazione dell'azione sismica

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,060	2,464	0,270
SLD	50	0,076	2,443	0,280
SLV	475	0,183	2,463	0,321
SLC	975	0,234	2,523	0,326

Tabella 10 – Valori dei parametri sismici in corrispondenza della postazione WTG 3

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

#### 5.4 Postazione WTG 4



Foto 4 – Inquadramento area postazione WTG 4

Ubicata ad una quota prevista di +714,5 metri s.l.m.m, la postazione WTG 4 si trova ad una distanza di circa 300 metri rispetto alla linea di crinale, sul lato Toscano. L'area è caratterizzata dalla presenza di terreni ad uso agricolo, di natura prevalentemente argillosa con rari elementi litoidi affioranti.

In corrispondenza della postazione l'acclività del terreno è modesta, con il versante che degrada dolcemente verso Sud. Ad Ovest dell'area, ad una distanza di circa 400 metri dalla postazione, si origina il fosso della Villa di Marco a partire da un piccolo bacino artificiale per la raccolta delle acque meteoriche.

La postazione dell'aerogeneratore è esterna alle perimetrazioni del PAI, mentre la porzione occidentale della piazzola ricade all'interno delle "Aree in dissesto da assoggettare a verifica" (forme quiescenti), normate all'art.17 delle Norme di Piano della Variante 2016 del PAI dell'ex Autorità interregionale di Bacino Marecchia-Conca.

Tutte le opere civili connesse alla realizzazione dell'aerogeneratore ricadono tra quelle sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/1923.

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

Il modello geologico preliminare dell'area, ricostruito in base a quanto osservato sul posto in occasione del sopralluogo effettuato ed in base all'interpretazione della tomografia sismica e dell'indagine MASW eseguita in corrispondenza della postazione WTG 2, può essere schematizzato come in Tabella 11, riportata di seguito:

Profondità (m)	Orizzonte litostratigrafico
0-10,00/15,00	Coperture detritiche e depositi eluvio-colluviali
10,00/15,00-30,00	Unità tettonica di Sant'Angelo in Vado – Formazione Marnoso-Arenacea Unmbra – Litofacies di Campo

Tabella 11 – Postazione WTG 4 – Modello geologico preliminare

Relativamente alla definizione dell'azione sismica, ai sensi delle NTC 2018 si attribuisce preliminarmente al terreno di fondazione una categoria di sottosuolo di tipo "C", rapportando le indicazioni provenienti dalle indagini geofisiche eseguite presso l'aerogeneratore WTG 2 al contesto geologico della zona, ed una categoria topografica "T2".

Per quanto riguarda la parametrizzazione dell'azione sismica, si riporta la zonizzazione definita sulla base di quanto ricavabile dal documento \*.xls Spettri – NTC ver.1.0.3 fornito sul sito internet del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Tabella 12 e Tabella 13).

Coordinate (Datum ED50)	Long: 12,344470 E Lat: 43,726444 N
Vita nominale $V_N$	$\geq 50$ anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso $C_U$	1
Vita di riferimento $V_R$	50 anni

Tabella 12 – Postazione WTG 4 – Assunzioni per il calcolo dei parametri per la determinazione dell'azione sismica

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,061	2,462	0,270
SLD	50	0,077	2,442	0,280
SLV	475	0,183	2,464	0,320
SLC	975	0,234	2,526	0,325

Tabella 13 – Valori dei parametri sismici in corrispondenza della postazione WTG 4

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

## 5.5 Postazione WTG 5



Foto 5 – Inquadramento area postazione WTG 5

Ubicata ad una quota prevista di +683 metri s.l.m.m, la postazione WTG 5 si trova ad una distanza di circa 250 metri rispetto alla linea di crinale, sul lato Toscano. L'area si trova al confine tra due terreni di cui uno adibito a pascolo a uno ad uso agricolo; la natura dei terreni è prevalentemente argillosa, con rari elementi litoidi affioranti.

In corrispondenza della postazione l'acclività del terreno è modesta, con il versante che degrada dolcemente verso Sud.

La postazione dell'aerogeneratore e tutte le opere civili connesse alla realizzazione della piazzola ricadono all'interno delle "Aree in dissesto da assoggettare a verifica" (forme quiescenti), normate all'art.17 delle Norme di Piano della Variante 2016 del PAI dell'ex Autorità interregionale di Bacino Marecchia-Conca.

Tutte le opere civili connesse alla realizzazione dell'aerogeneratore ricadono tra quelle sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/1923.

Il modello geologico preliminare dell'area, ricostruito in base a quanto osservato sul posto in occasione del sopralluogo effettuato ed in base all'interpretazione della tomografia sismica e dell'indagine MASW eseguita in corrispondenza della postazione WTG 2, può essere schematizzato come in Tabella 11, riportata di seguito:

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

Profondità (m)	Orizzonte litostratigrafico
0-10,00/15,00	Coperture detritiche e depositi eluvio-colluviali
10,00/15,00-30,00	Unità tettonica di Sant'Angelo in Vado – Formazione Marnoso-Arenacea Unmbra – Litofacies di Campo

Tabella 14 – Postazione WTG 5 – Modello geologico preliminare

Relativamente alla definizione dell'azione sismica, ai sensi delle NTC 2018 si attribuisce preliminarmente al terreno di fondazione una categoria di sottosuolo di tipo "C", rapportando le indicazioni provenienti dalle indagini geofisiche eseguite presso l'aerogeneratore WTG 2 al contesto geologico della zona, ed una categoria topografica "T2".

Per quanto riguarda la parametrizzazione dell'azione sismica, si riporta la zonizzazione definita sulla base di quanto ricavabile dal documento \*.xls Spettri – NTC ver.1.0.3 fornito sul sito internet del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Tabella 15 e Tabella 16).

Coordinate (Datum ED50)	Long: 12,350065 E Lat: 43,725231 N
Vita nominale $V_N$	$\geq 50$ anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso $C_U$	1
Vita di riferimento $V_R$	50 anni

Tabella 15 – Postazione WTG 5 – Assunzioni per il calcolo dei parametri per la determinazione dell'azione sismica

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,061	2,463	0,270
SLD	50	0,077	2,442	0,280
SLV	475	0,183	2,465	0,320
SLC	975	0,234	2,525	0,326

Tabella 16 – Valori dei parametri sismici in corrispondenza della postazione WTG 5

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

## 5.6 Postazione WTG 6



Foto 6 – Inquadramento area postazione WTG 6

Ubicata ad una quota prevista di +675 metri s.l.m.m, la postazione WTG 6 si trova ad una distanza di circa 70 metri rispetto alla linea di crinale, sul lato Toscano. L'area è caratterizzata dalla presenza di terreni adibiti a pascolo, di natura prevalentemente argillosa con elementi litoidi affioranti.

In corrispondenza della postazione l'acclività del terreno è modesta, con il versante che degrada dolcemente verso Sud.

La postazione dell'aerogeneratore è esterna alle perimetrazioni del PAI.

Tutte le opere civili connesse alla realizzazione dell'aerogeneratore ricadono tra quelle sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/1923.

Il modello geologico preliminare dell'area, ricostruito in base all'interpretazione della tomografia sismica e dell'indagine MASW eseguita sulla postazione, può essere schematizzato come in Tabella 17, riportata di seguito:

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

Profondità (m)	Orizzonte litostratigrafico
0-4,00	Coperture detritiche e depositi eluvio-colluviali
4,00-30,00	Unità tettonica di Sant'Angelo in Vado – Formazione Marnoso-Arenacea Unmbra – Litofacies di Campo

Tabella 17 – Postazione WTG 6 – Modello geologico preliminare

Relativamente alla definizione dell'azione sismica, ai sensi delle NTC 2018 si attribuisce al terreno di fondazione una categoria di sottosuolo di tipo "E", in base alle indicazioni provenienti dalle indagini geofisiche eseguite presso la postazione, ed una categoria topografica "T2".

Per quanto riguarda la parametrizzazione dell'azione sismica, si riporta la zonizzazione definita sulla base di quanto ricavabile dal documento \*.xls Spettri – NTC ver.1.0.3 fornito sul sito internet del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Tabella 18 e Tabella 19).

Coordinate (Datum ED50)	Long: 12,355150 E Lat: 43,723190 N
Vita nominale $V_N$	$\geq 50$ anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso $C_U$	1
Vita di riferimento $V_R$	50 anni

Tabella 18 – Postazione WTG 6 – Assunzioni per il calcolo dei parametri per la determinazione dell'azione sismica

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,060	2,464	0,270
SLD	50	0,076	2,442	0,280
SLV	475	0,183	2,466	0,321
SLC	975	0,234	2,526	0,326

Tabella 19 – Valori dei parametri sismici in corrispondenza della postazione WTG 6

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

## 5.7 Stazione di Utenza e Impianto BESS

Ubicata ad una quota prevista di +585 metri s.l.m.m, la Stazione di Utenza e Impianto BESS si trovano nella porzione inferiore del versante che dal monte Maggio degrada verso WSW, ad una distanza di circa 250 metri dal fondovalle, solcato dal torrente Presale.

L'area, caratterizzata da una modesta acclività, è attualmente adibita ad uso agricolo; i terreni sono di natura mista, modificati antropicamente dall'attività agricola svolta sul sito.

La postazione ove è prevista la realizzazione della Stazione di Utenza e Impianto BESS ricade all'interno delle "Aree in dissesto da assoggettare a verifica" (forme quiescenti), normate all'art.17 delle Norme di Piano della Variante 2016 del PAI dell'ex Autorità interregionale di Bacino Marecchia-Conca.

L'area ricade inoltre tra quelle sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/1923.

Il modello geologico preliminare dell'area può essere schematizzato come in Tabella 20, riportata di seguito:

Profondità (m)	Orizzonte litostratigrafico
0-5,00/10,00	Coperture detritiche e depositi eluvio-colluviali
5,00/10,00-30,00	Formazione di Monte Morello

Tabella 20 – Stazione di Utenza – Modello geologico preliminare

Relativamente alla definizione dell'azione sismica, ai sensi delle NTC 2018 si attribuisce preliminarmente al terreno di fondazione una categoria di sottosuolo di tipo "E" ed una categoria topografica "T1".

Per quanto riguarda la parametrizzazione dell'azione sismica, si riporta la zonizzazione definita sulla base di quanto ricavabile dal documento \*.xls Spettri – NTC ver.1.0.3 fornito sul sito internet del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Tabella 21 e Tabella 22 nella pagina seguente).

Coordinate (Datum ED50)	Long: 12,199636 E Lat: 43,720448 N
Vita nominale $V_N$	$\geq 50$ anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso $C_U$	1
Vita di riferimento $V_R$	50 anni

Tabella 21 – Stazione di Utenza – Assunzioni per il calcolo dei parametri per la determinazione dell'azione sismica

**Ns rif.** 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,065	2,429	0,267
SLD	50	0,083	2,418	0,276
SLV	475	0,207	2,392	0,312
SLC	975	0,264	2,454	0,316

Tabella 22 – Valori dei parametri sismici in corrispondenza della Stazione di Utenza

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

## 6 Considerazioni in merito alla compatibilità degli interventi ai sensi del P.A.I.

Come indicato al paragrafo 5 dell'elaborato 1669043\_SES\_004 Relazione geologica, morfologica e idrogeologica" e descritto più nel dettaglio nel precedente paragrafo 2, la postazione dell'aerogeneratore WTG 5, una parte delle piazzole della postazioni degli aerogeneratori WTG 1 e WTG 4, alcune porzioni della viabilità di accesso interna al campo eolico e l'area della Stazione di Utenza ricadono all'interno delle "Aree in dissesto da assoggettare a verifica" (forme quiescenti), normate all'art.17 delle Norme di Piano della Variante 2016 del PAI dell'ex Autorità interregionale di Bacino Marecchia-Conca.

In considerazione della tipologia degli interventi in progetto, si fa riferimento al Il punto 3 comma a dell'art. 17 delle Norme di Piano specifica che:

*"Gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica comunali e loro varianti nei quali siano previste trasformazioni urbanistiche che interferiscono con Aree in dissesto da assoggettare a verifica effettuano la ricognizione delle Aree in dissesto da assoggettare a verifica con la seguente procedura:*

- *Redazione di uno studio geologico-geomorfologico-geotecnico dettagliato riguardante l'area oggetto di trasformazione urbanistica estesa agli ambiti territoriali in cui si sviluppano ed esauriscono i processi geomorfologici che la influenzano, secondo i contenuti della "Direttiva inerente i criteri per l'individuazione dell'area oggetto di verifica e i contenuti minimi dello studio geologico-geomorfologico-geotecnico" (approvata con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino interregionale del Marecchia – Conca n. 4 del 30.11.2011)*
- *Trasmissione all'Autorità di bacino distrettuale della proposta, adottata dal Consiglio Comunale, conseguente allo studio effettuato, di eventuale perimetrazione e classificazione del dissesto secondo le definizioni degli artt. 14, 15 e 16*
- *Espressione del parere vincolante dell'Autorità di bacino distrettuale, che si avvale per l'istruttoria dei Servizi Tecnici regionali e/o provinciali, espresso nelle forme di cui al comma 4 dell'art.5 delle presenti norme per la verifica di compatibilità con le finalità del Piano Stralcio*
- *Recepimento della perimetrazione nel Piano Stralcio secondo quanto disposto al comma 2 del precedente art.6*

*Le zone così perimetrare sono assoggettate alle prescrizioni dei precedenti artt. 14, 15 e 16, fermo restando che per le aree per le quali vengono riscontrati livelli di pericolosità moderata o media le trasformazioni urbanistiche devono rispettare le disposizioni del DM Infrastrutture 14 gennaio 2008 e ss.mm.ii. e relative Circolari applicative".*

L'ex Autorità interregionale di Bacino Marecchia-Conca ha quindi prodotto una direttiva che indica i contenuti minimi degli studi geologici-geomorfologici-geotecnici per la verifica dei processi geomorfologici che interessano le aree soggette a verifica ai sensi dell'art.17, di cui si riportano sinteticamente i contenuti:

Ns rif.

1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

Fase 1 – Studio geologico-geomorfologico di dettaglio delle aree in dissesto da assoggettare a verifica e individuazione dell'area su cui eseguire l'approfondimento. Questa fase consiste nell'analisi geologico-geomorfologica delle aree da assoggettare a verifica, estesa agli ambiti territoriali in cui si sviluppano ed esauriscono i processi geomorfologici che la influenzano, da eseguire attraverso una ricerca storico-bibliografica, un rilevamento di campagna e dall'esame di foto aeree stereoscopiche. Dovranno quindi essere identificate la Unità Idromorfologiche Elementari (U.I.E.) che compongono l'Unità Idromorfologica di riferimento.

Sulla base di questo studio potranno essere evidenziati i processi in atto con particolare riferimento ai fenomeni di dissesto, valutando la tipologia dei movimenti, lo stato di attività, l'evoluzione spaziale ed individuando le possibili cause predisponenti e scatenanti di tali processi.

Sulla base dei risultati ottenuti potranno essere individuate le aree su cui effettuare gli approfondimenti geologici-geotecnici previsti nella fase successiva; le aree sono intese come ambiti in cui si sviluppano ed esauriscono i processi geomorfologici che influenzano la zona interessata dalla trasformazione edilizia e/o urbanistica. Tali aree possono comprendere uno o più ambiti geomorfologici omogenei all'interno delle U.I.E., intere U.I.E. o più U.I.E. adiacenti e/o ambiti geomorfologici omogenei limitrofi.

Fase 2 – Questa fase prevede la definizione del modello geologico e del modello geotecnico delle aree individuate nella Fase 1, al fine di pervenire alla classificazione della pericolosità delle aree ai sensi degli art.14-15-16 delle Norme di Piano del PAI.

L'approfondimento comprende un rilevamento geologico di dettaglio, una ricostruzione dettagliata della stratigrafia, delle coperture e del substrato e la caratterizzazione geotecnica delle aree individuate nella Fase 1 attraverso prospezioni geognostiche ed indagini geotecniche in sito. Dovrà inoltre essere ricostruita la geometria della falda, ed in presenza di ammassi rocciosi dovrà essere eseguito un rilevamento geologico strutturale con analisi dello stato di fratturazione dell'ammasso. Dovranno infine essere eseguite verifiche di stabilità del versante ai sensi delle NTC vigenti.

In sede di progettazione esecutiva si procederà all'esecuzione della verifica secondo le due fasi previste dalla Direttiva prodotta dall'ex Autorità interregionale di Bacino Marecchia-Conca, effettuando tutti gli studi necessari ad una corretta identificazione delle aree da sottoporre alla verifica di cui alla Fase 2.

Ns rif. 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

## 7 Conclusioni

Il presente documento illustra i risultati dello studio geotecnico e sismico preliminare eseguito per la fattibilità degli interventi di realizzazione da parte della società proponente Fred Olsen Renewables Italy srl di un nuovo parco eolico denominato “Energia Monte Petralta”, ricadente nel territorio comunale di Sestino (AR), costituito da n.6 aerogeneratori per una potenza nominale complessiva di 30 MW.

Con le attuali condizioni di accessibilità è di fatto impossibile raggiungere le postazioni con i macchinari per consentire l'esecuzione di sondaggi geognostici; questo tipo di indagine, necessaria in fase esecutiva, potrà essere eseguita soltanto dopo l'esecuzione di una viabilità provvisoria di cantiere.

È stata condotta una campagna di indagini geofisiche preliminari in corrispondenza delle postazioni accessibili (WTG 2 e WTG 6), costituita da n.1 linea di sismica a rifrazione in onde P e n.1 indagine sismica MASW per ciascun punto di indagine.

Si è quindi proceduto ad una descrizione delle caratteristiche geologico-tecniche e sismiche delle singole aree ove è prevista la realizzazione degli aerogeneratori e dell'area ove è prevista la realizzazione della stazione di utenza.

È ragionevole prevedere una tipologia di fondazione superficiale per gli aerogeneratori laddove il bed-rock è situato a una profondità non superiore a 4-5 m (WTG 1, WTG 6). Tale ipotesi, formulata in base ai risultati delle indagini geofisiche effettuate e dall'analisi geomorfologica dei siti dove sorgono gli aerogeneratori, dovrà essere confermata postazione per postazione nella fase di progettazione esecutiva, a seguito delle risultanze della campagna geognostica di dettaglio.

Un'ipotesi preliminare di fondazione su pali (WTG 2, la WTG 3, la WTG 4 e la WTG 5), è stata già effettuata qualora le indagini di dettaglio confermassero valori puntuali dei parametri geotecnici insufficienti come quelli ipotizzati nella presente relazione per i limi e le argille del terreno di copertura ( $\phi'$ : 15-20).

Per quanto riguarda le fondazioni dei fabbricati, delle apparecchiature e dei trasformatori della stazione di utenza e impianto BESS, dati i carichi in gioco e le ridotte pressioni indotte sui terreni, l'utilizzo di fondazioni superficiali risulta plausibile, anche se tale ipotesi dovrà essere confermata in fase di progettazione esecutiva a seguito della campagna geognostica di dettaglio.

In fase di progettazione esecutiva la campagna geognostica di dettaglio dovrà inoltre stabilire l'eventuale presenza di acque di falda e l'oscillazione stagionale della superficie piezometrica, al fine di valutarne la possibile interazione con le fondazioni degli aerogeneratori e delle opere civili in progetto.

Infine, sono state descritte alcune considerazioni in merito alla compatibilità degli interventi ai sensi dell'art.17 delle Norme di Piano della Variante 2016 del PAI dell'ex Autorità interregionale di Bacino Marecchia-Conca, rimandando alla fase di progettazione esecutiva l'esecuzione della verifica secondo le due fasi previste dalla Direttiva prodotta dall'ex Autorità interregionale di

**Ns rif.** 1669043\_SES\_005 Relazione geotecnica, sismica e di compatibilità al PAI

Bacino Marecchia-Conca, effettuando tutti gli studi necessari ad una corretta identificazione delle aree da sottoporre alla verifica di cui alla Fase 2.

Comittente: Fred Olsen  
Renewables Italy srl

Località: Sestino (AR)

Data Indagine: 02/08/2023

Codice lavoro: 230802a

## **INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P**

### **INDAGINI SISMICHE MASW**

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.r.l.**

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano  
Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 31/08/2023

## Sommario

PREMESSA .....	3
INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE .....	4
SISMICA A RIFRAZIONE - GENERALITA' .....	5
SISTEMA DI ACQUISIZIONE .....	6
ELABORAZIONE DEI DATI .....	7
ANALISI DEI RISULTATI DELLA TOMOGRAFIA SISMICA.....	9
INDAGINI MASW .....	9
GENERALITA' .....	9
SISTEMA DI ACQUISIZIONE .....	10
INDAGINI EFFETTUATE .....	11
ELABORAZIONE DEI DATI .....	11

## Allegati

Sezioni Sismostratigrafiche

## PREMESSA

Per incarico della Fred Olsen Renewables Italy srl, sono state eseguite indagini geofisiche in località Sestino (AR).

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Sono state eseguite N°2 indagini sismica a rifrazione a mezzo di onde P con tecnica Tomografica e al fine di caratterizzare il sito in esame dal punto di vista della velocità delle onde di taglio (VS), è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di superficie da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999).

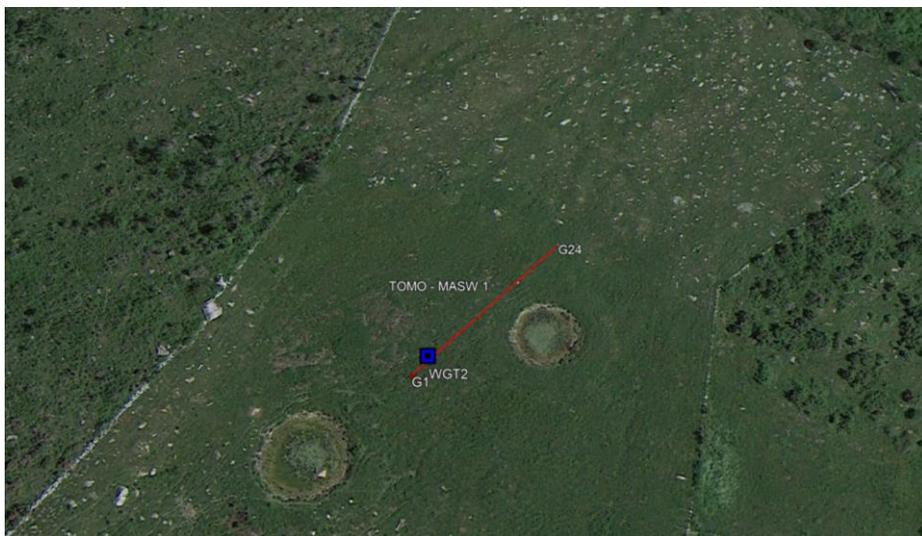


Figura 1a: Ubicazione Indagini

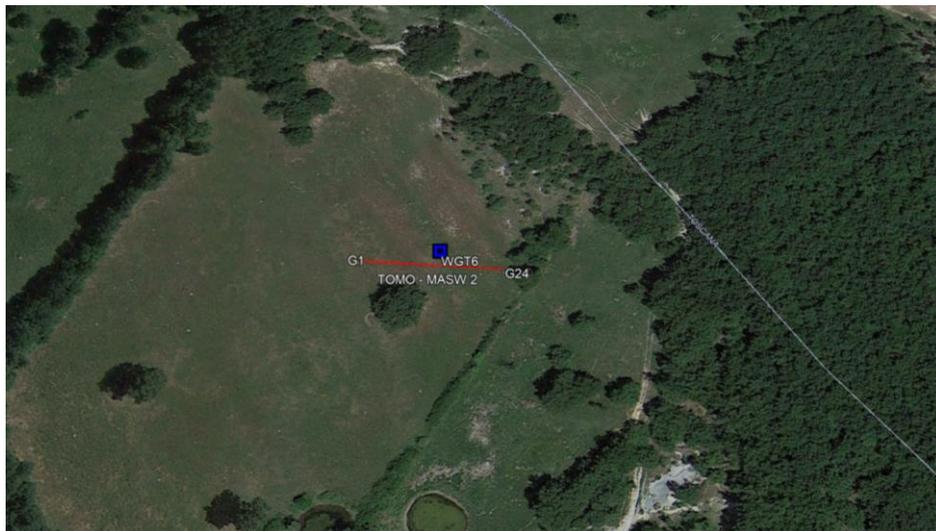


Figura 1b: Ubicazione Indagini



Figura 2: Indagine Sismica TOMO-MASW1



Figura 3: Indagine Sismica TOMO-MASW2

## INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

### SISMICA A RIFRAZIONE - GENERALITA'

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") o trasversali (onde SH o "di taglio") per determinare spessori e andamento dei livelli presenti.

La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione o di taglio nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (*Legge di Snell*), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (*geofoni*) che vengono spazati lungo un determinato allineamento (base sismica) e da un cronografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono. Così, osservando i primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva tempo-distanza (*dromocrona*) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo. Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali ( $V_p$ ) o trasversali ( $V_s$ ) dei mezzi attraversati ed il loro spessore.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa tra larghi limiti; per lo stesso tipo 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 (ad esempio roccia fortemente fratturata e materiale detritico saturo con velocità  $V_p$  dell'ordine di 1400÷1700 m/sec), per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà 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" dallo 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 nella 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. Il possibile errore può essere più contenuto potendo disporre di sondaggi di taratura e "cercando" sulle dromocrone delle basi sismiche i livelli che abbiano velocità il più possibile simili a quelle ottenute con le tarature.

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Per il trattamento dei dati, per la ricostruzione tomografica dell'immagine si utilizza una suddivisione dell'area di studio in celle elementari, calcolando per ciascuna di queste un valore di velocità congruente con il tempo di tragitto medio relativo ai percorsi dei raggi sismici che le attraversano.

Con nuove tecniche di acquisizione e di inversione dati come il "*Delta-t-v-Method*" e soprattutto con l'applicazione dell'algoritmo *WET (Wavepath Eikonal Traveltime Tomography Processing)* è possibile indagare fenomeni come gradienti verticali di velocità all'interno degli strati e quindi valutare inversioni di velocità, sia forti variazioni locali di velocità che consentono di avere informazioni più precise sull'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo e di conseguenza sulla distribuzione degli orizzonti sismici che vengono delineati.

Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche sotto la superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione. Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, che può essere migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

### SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Sono state effettuate n° 1 prospezioni sismiche a rifrazione a 24 geofoni.

TOMO 1-2: interasse  $i = 2$  m - lunghezza ml 46 in onde P

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

- sismografo
- sorgente energizzante
- trigger
- apparecchiatura di ricezione

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico *Ambrogeo Echo 24/2002* a 16 bit.

Come sorgente energizzante per le onde P è stato utilizzato un grave di circa 10 kg.

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

Per la ricezione delle onde P sono stati utilizzati geofoni verticali Geospace Oyo con frequenza propria di 10 Hz.

### ELABORAZIONE DEI DATI

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

- determinazione dei tempi di primo arrivo.
- Inversione Delta t-V che permette di ottenere profili monodimensionali (1D) di tipo profondità/velocità.
- Ottimizzazione del profilo, per iterazioni successive, mediante inversione tomografica WET (Wavepath Eikonal Traveltime).
- Controllo del "fitting" tra tempi misurati e tempi calcolati ed eventuale reiterazione del processo di inversione.
- Output grafico della sezione tomografica.

L'elaborazione tomografica, eseguita con il programma RAYFRACT, avviene quindi in almeno due fasi successive: una prima elaborazione porta alla ricostruzione delle stratigrafie di velocità sismica con la tecnica Delta-t-V, cioè si ricostruiscono con cadenza pari alla metà della cadenza dei geofoni (CMP = Common Mid Point) le successioni di velocità compatibili con l'andamento di tutte le possibili dromocrone nei punti intermedi tra punto di tiro e geofono. Dal modello ricostruito come successione di stratigrafie di resistività viene elaborato un modello ad elementi finiti di piccolissime dimensioni (ordine di grandezza di qualche decimetro di lato) che può già rappresentare un attendibile modello del sottosuolo.

Tuttavia questo rappresenta una prima approssimazione alla soluzione. Il passo successivo è quello di ottimizzare, in maniera iterativa, il suddetto modello di partenza mediante la tecnica WET (Wavepath Eikonal Traveltime).

In pratica si effettua il calcolo delle differenze dei tempi di arrivo dai vari punti di tiro ai vari geofoni, tra i valori sperimentali misurati nei sismogrammi ed i tempi calcolati sul modello di partenza. In base alle differenze riscontrate, per ciascun percorso delle onde sismiche, si apportano modifiche, in aumento o in diminuzione, delle velocità che caratterizzano i vari elementi che sono stati interessati dal passaggio del fronte d'onda considerato. Ad ogni iterazione, dopo avere apportato le modifiche alle velocità dei vari elementi, il nuovo modello viene sottoposto ad una operazione di smoothing che porta ad una migliore omogeneità dei valori di velocità entro aree di dimensioni maggiori.

In genere sono sufficienti da 10 a 20 iterazioni per giungere ad un modello che porta a scarti medi tra i tempi (Traveltime) dei vari percorsi dell'ordine di qualche millisecondo (Schuster & Quintus-Bosz, 1999).

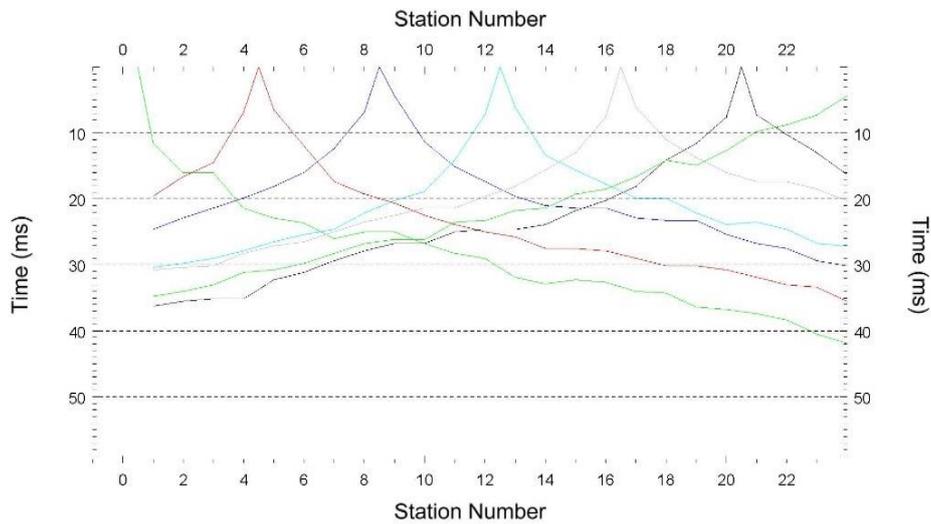


Figura 4: Dromocrone Line1\_P

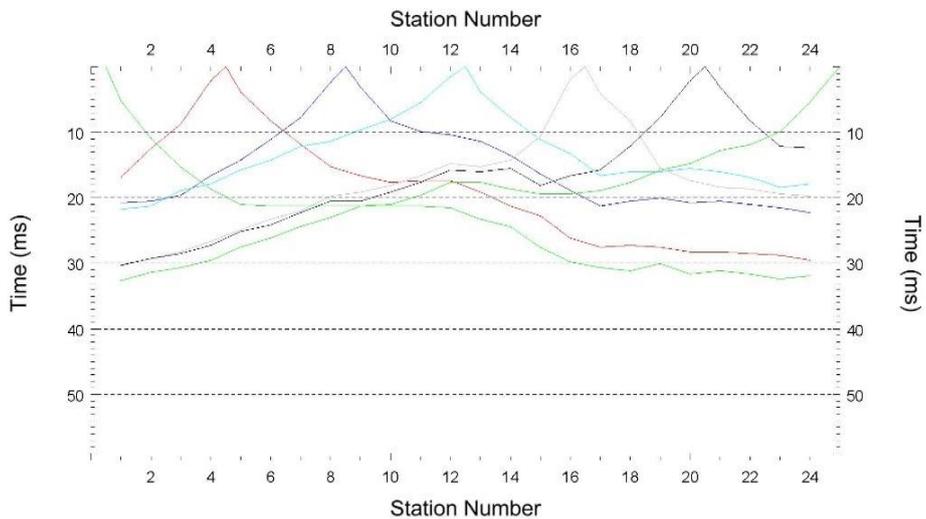


Figura 5: Dromocrone Line2\_P

## ANALISI DEI RISULTATI DELLA TOMOGRAFIA SISMICA

Con le modalità suddette sono state ottenute le tomografie relative alla velocità delle onde P che mostrano velocità che variano da 100 m/s a 3200 m/s.

Con riferimento alle sezioni sismo-tomografiche allegate, in dettaglio si ha:

- un primo strato con  $V_p = 100\div 800$  m/sec, correlabile con i depositi da poco a mediamente addensati/compatti;
- tra le isotachie di 800 e 1600 m/sec, le velocità sono riferibili ai depositi da mediamente a molto addensati/compatti;
- tra le isotachie di 1600 e 2000 m/sec, le velocità sono riferibili ai depositi molto addensati/compatti, a maggior grado di umidità o sotto falda
- al di sotto,  $V_p > 2000$  m/sec possono essere riferibili al bedrock da mediamente a poco alterato e fratturato.

## INDAGINI MASW

### GENERALITA'

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love) fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale

compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Negli ultimi decenni l'analisi delle onde di superficie si è dimostrata un utile strumento per la determinazione del profilo verticale VS non più solamente per studi di carattere crostale (e.g. Evison et al., 1959) ma anche per indagini *near surface* (Stokoe et al., 1988; Glangeaud et al., 1999; Park et al., 1999; Xia et al., 1999; 2004; Shtivelman, 1999; 2002; Foti et al., 2000; Louie, 2001; O'Neill et al., 2006; Dal Moro et al., 2007; Dal Moro & Pipan, 2007).

La sismica a rifrazione ad onde di corpo (P ed S) ha così trovato una valida integrazione, in grado di superare i limiti connessi al canale a bassa velocità (*Low Velocity Layer - LVL*) ed allo strato nascosto (*blind layer*).

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

### SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Per l'acquisizione dei dati per indagini MASW deve essere effettuato uno stendimento di geofoni (a componente verticale per l'analisi delle onde di Rayleigh o a componente orizzontale per le onde di Love) allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale per generare onde di Rayleigh e/o una "di taglio" per quelle di Love.

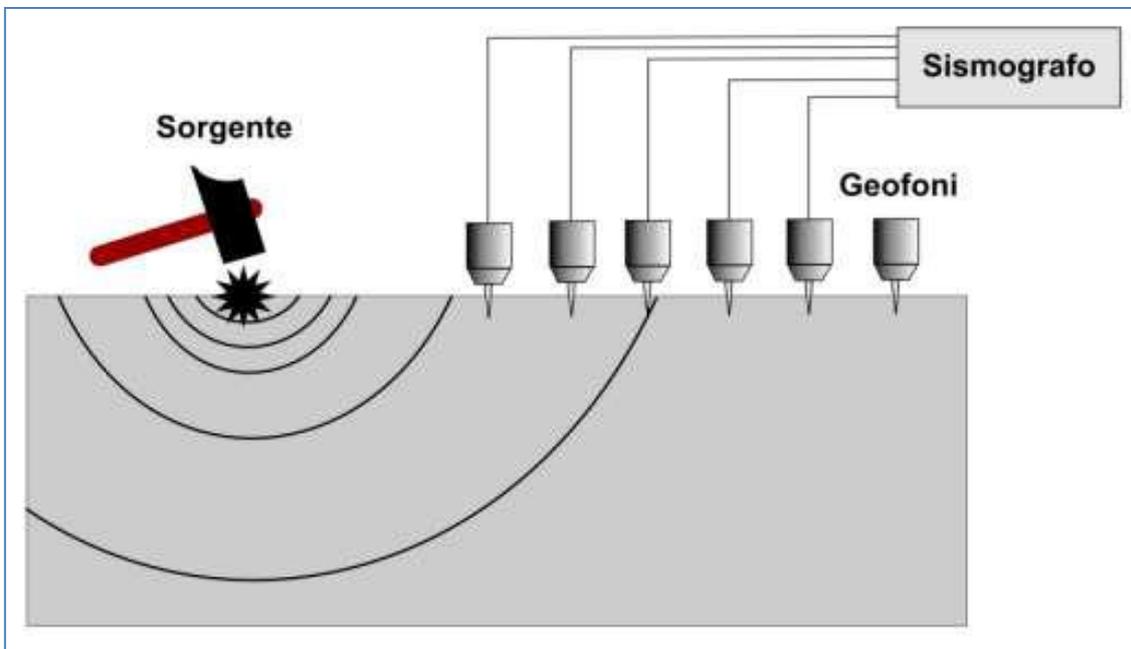


Figura 6: Esempio schematico di stendimento sismico tipo MASW

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico *Ambrogeo Echo 24/2002* a 16 bit.

Come sorgente energizzante è stato utilizzato un grave di circa 60 kg.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

Sono stati utilizzati geofoni verticali Geospace Oyo con frequenza propria di 4.5 Hz.

## INDAGINI EFFETTUATE

Sono state eseguite n°2 prospezioni sismiche tipo MASW in onde di Rayleigh.

Le acquisizioni sono state eseguite in base alle seguenti configurazioni:

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW1-2	
N° geofoni	24 (verticali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	2 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m
Sorgente	Massa battente da 10kg

## ELABORAZIONE DEI DATI

I dati acquisiti sono stati elaborati utilizzando il software *winMASW Academy*.

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

- si caricano il file acquisiti in campagna (files SEGY)
- calcolo dello spettro di velocità (che rappresenta, in scala colorimetrica, le ampiezze delle onde in funzione della velocità di fase e della frequenza)
- identificazione e il picking della curva di dispersione
- inversione delle curve di dispersione per individuare i profili di velocità delle onde di taglio

L'inversione delle curve di dispersione avviene a partire da un modello di partenza precedentemente individuato, la cui curva di dispersione risulta in accordo con lo spettro di velocità osservato corretto sulla base delle conoscenze geologiche e geofisiche del sito note a priori.

La ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad una solida tecnica di ottimizzazione che si rifà ai cosiddetti algoritmi genetici che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

In figura 6 sono riportate diverse informazioni: in alto a sinistra sono presentati i dati osservati, la curva del modello "migliore" e quella del modello medio (molto spesso le due curve sono sovrapposte e quindi indistinguibili); poco più in basso il "grafico misfit-generazione", il quale dà

evidenza del miglioramento del modello al procedere delle generazioni; sulla destra il profilo verticale della VS in funzione della profondità.

I modelli presentati come soluzione sono due: il modello "migliore" (fittest model) in termini di minor misfit, cioè discrepanza tra curva osservata e calcolata e un modello medio (mean model) calcolato secondo un'operazione statistica nota come MPPD (Marginal Posterior Probability Density - "Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation" – Dal Moro et al., 2006).

# INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE - INDAGINI SISMICHE MASW

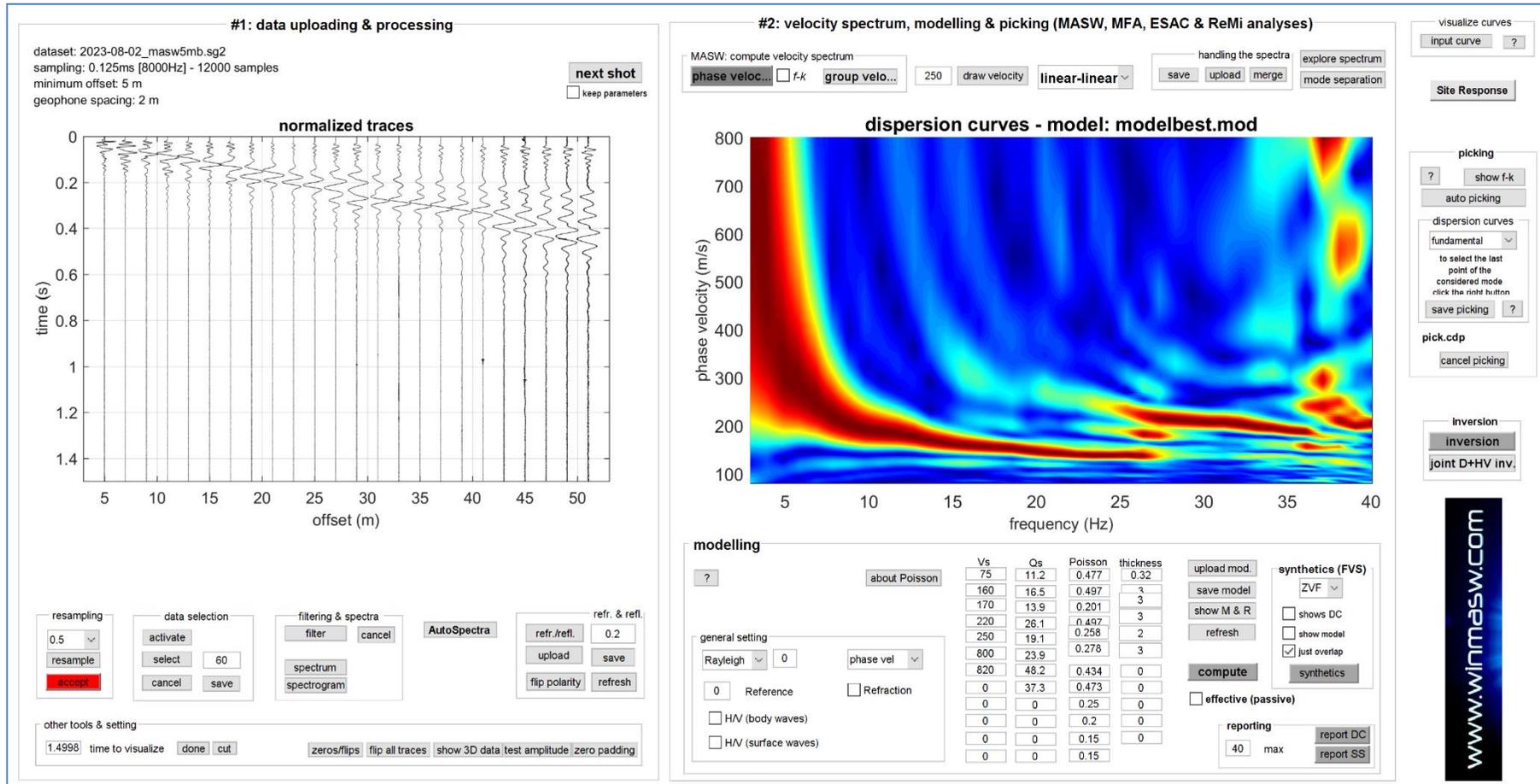


Figura 7: MASW1 - Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità

GAIA Servizi S.r.l.

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582 e-mail: info@gaiaservizi.com - p. IVA 01667250508

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE - INDAGINI SISMICHE MASW

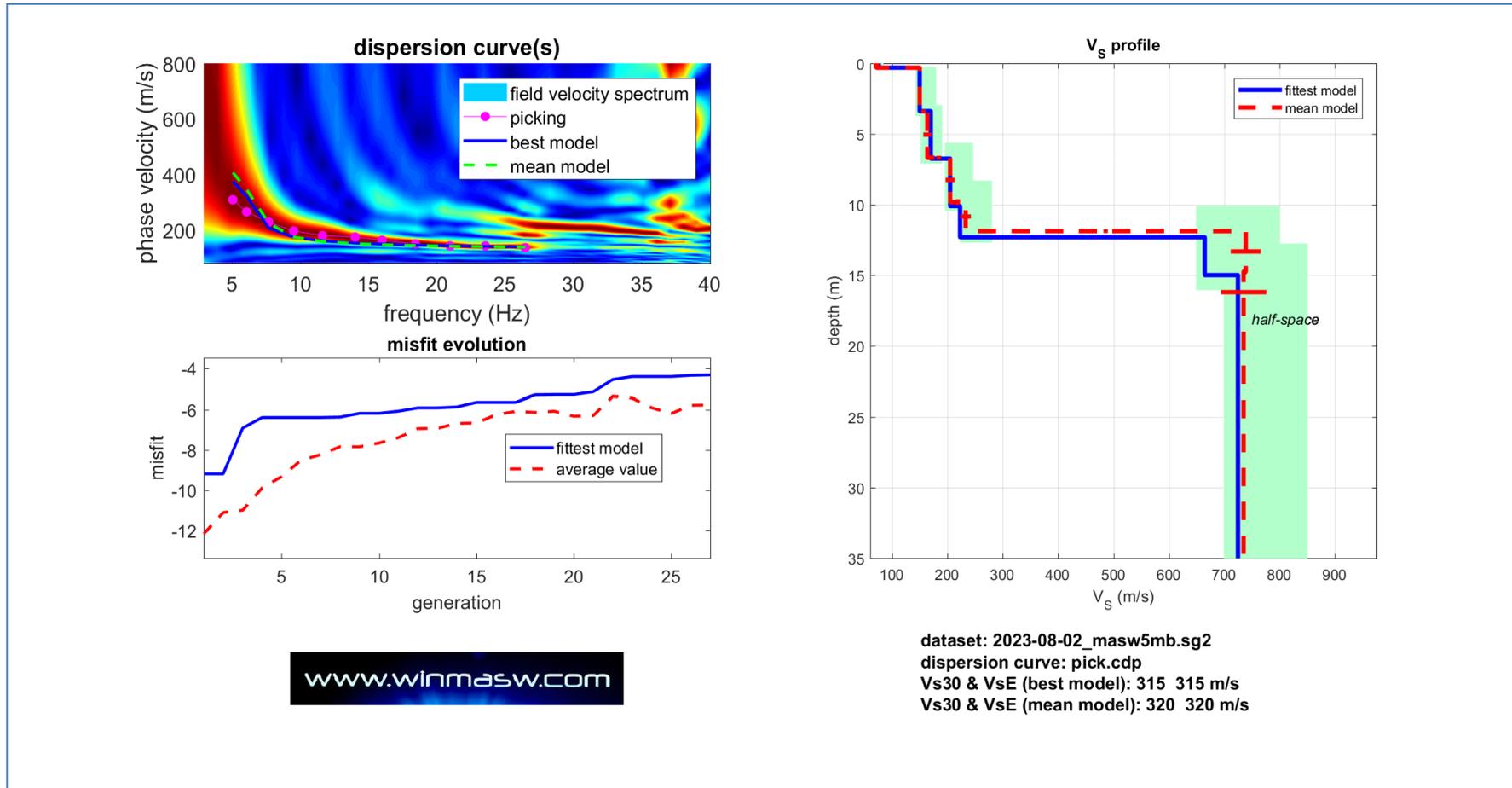


Figura 8: Indagine MASW1: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione; profilo verticale VS identificato; grafico misfit-generazione (off-set 5m su G1)

**MASW1**

**Modello medio**

Vs (m/s): 72, 150, 164, 205, 233, 739, 735

Standard deviations (m/s): 5, 4, 8, 8, 10, 27, 41

Thickness (m): 0.3, 3.1, 3.3, 3.1, 2.1, 2.9

Standard deviations (m/s): 0.0, 0.1, 0.1, 0.2, 0.1, 0.2

**best model**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	76	0.3055	0.3055
2	150	3.0766	3.3822
3	170	3.3600	6.7422
4	205	3.3600	10.1022
5	223	2.2166	12.3188
6	665	2.6786	14.9974
7	725	0	0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.67 1.81 1.73 1.82 1.82 2.12 2.13

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 9 41 46 77 99 1160 1153

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: pick.cdp

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 205 361 258 387 387 1340 1389

Poisson: 0.43 0.40 0.16 0.30 0.22 0.28 0.31

Vs30 and VsE (m/s): 320 320

# INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE - INDAGINI SISMICHE MASW

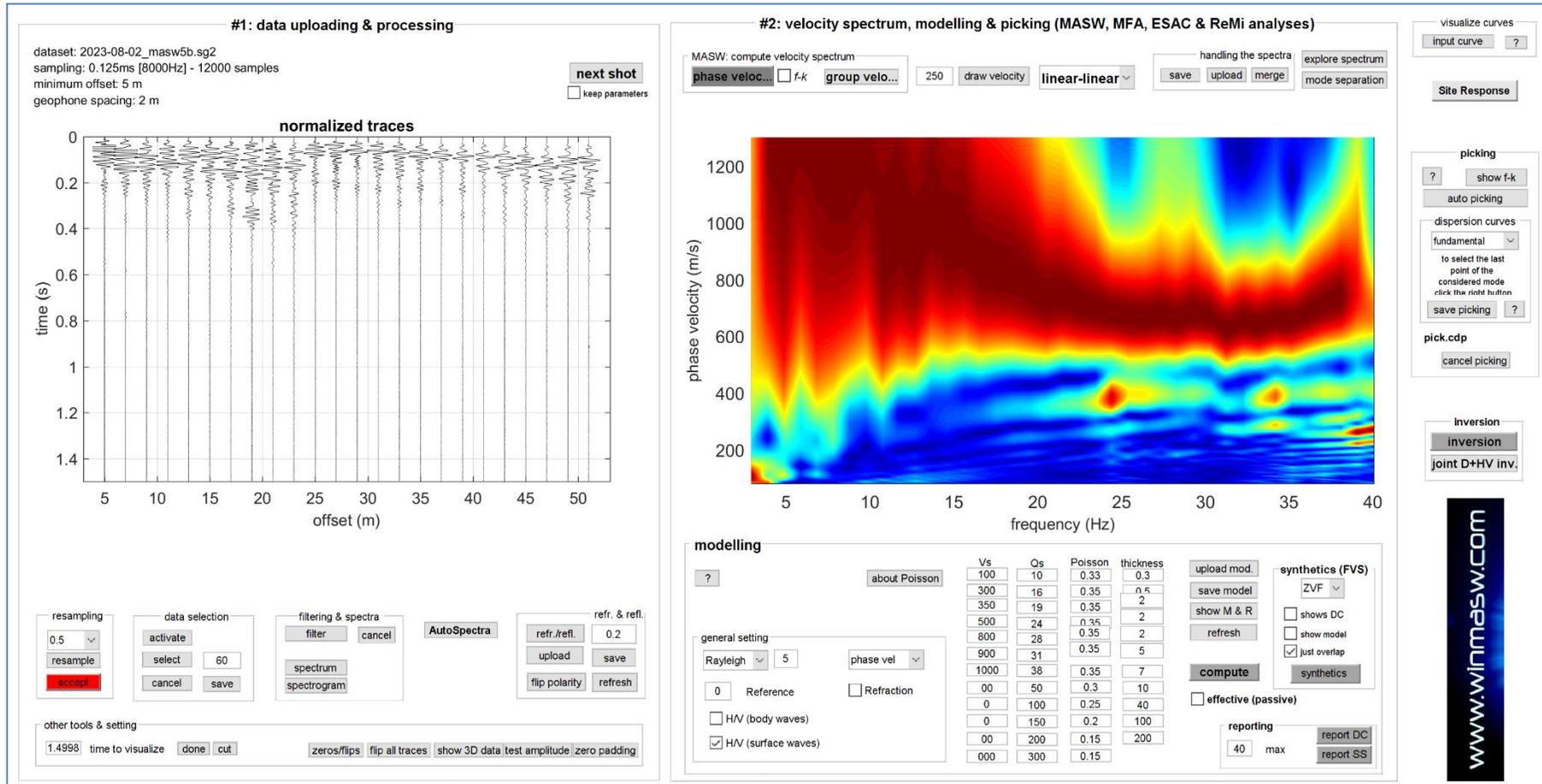


Figura 9: MASW2 - Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità

GAIA Servizi S.r.l.

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582 e-mail: info@gaiaservizi.com - p. IVA 01667250508

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE - INDAGINI SISMICHE MASW

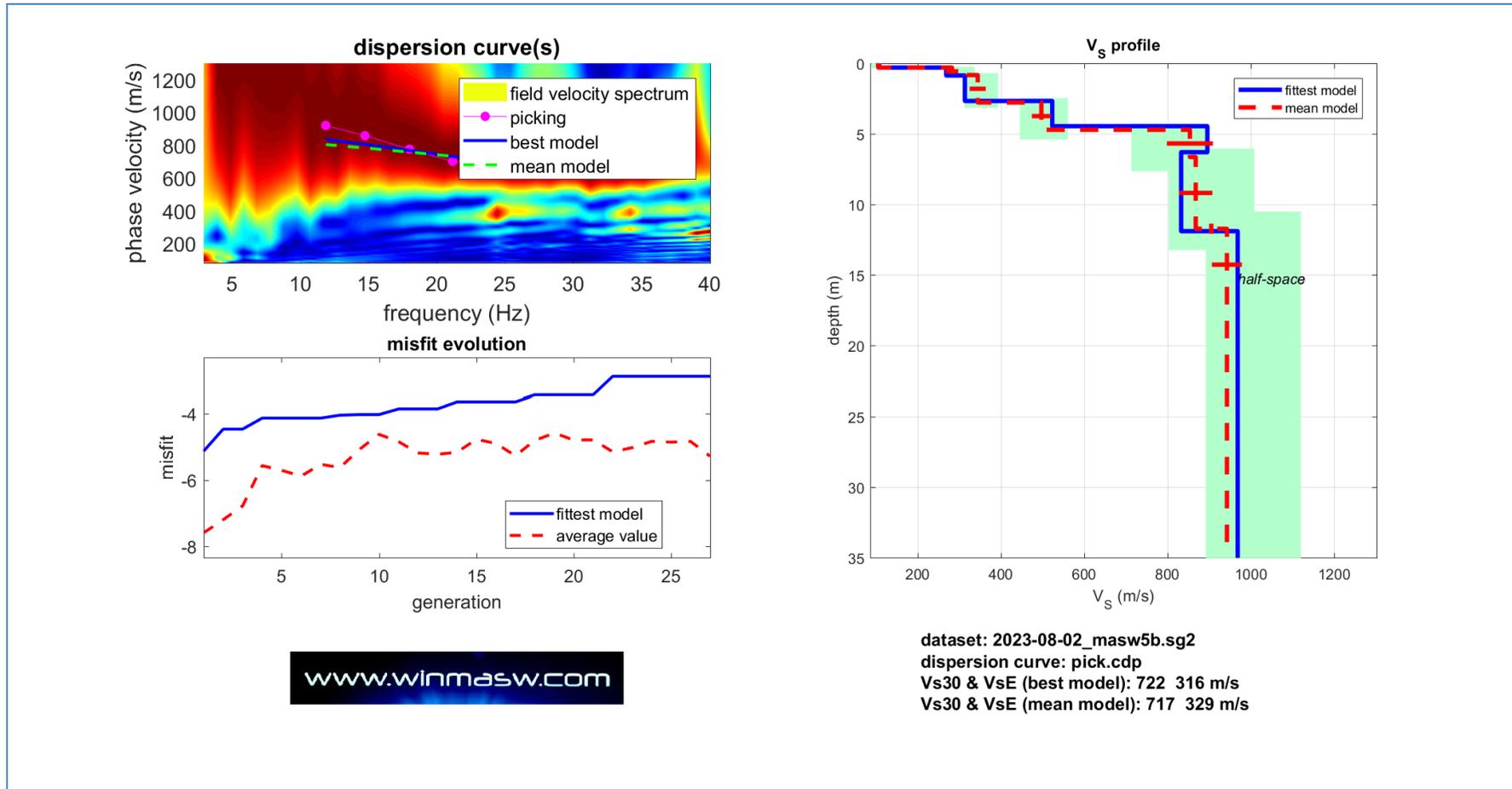


Figura 10: Indagine MASW2: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione; profilo verticale VS identificato; grafico misfit-generazione (off-set 5m su G1)

**MASW2**

**Modello medio**

Vs (m/s): 105, 282, 344, 497, 854, 868, 943  
 Standard deviations (m/s): 6, 15, 19, 23, 55, 40, 36  
 Thickness (m): 0.3, 0.5, 1.9, 1.9, 1.9, 5.1  
 Standard deviations (m/s): 0.0, 0.0, 0.1, 0.1, 0.1, 0.4

**best model**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	107	0.3039	0.3039
2	268	0.5600	0.8639
3	313	1.8083	2.6722
4	523	1.7857	4.4579
5	896	1.8410	6.2990
6	833	5.6000	11.8990
7	969	0	0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.75 1.92 2.06 2.03 2.17 2.16 2.21  
 Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 19 153 244 500 1585 1625 1961

Analyzing Phase velocities  
 Considered dispersion curve: pick.cdp  
 Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson  
 Vp (m/s): 290 582 1042 888 1632 1529 1866  
 Poisson: 0.42 0.35 0.44 0.27 0.31 0.26 0.33

Vs30 and VsE (m/s): 717 329

\*\*\*\*\*

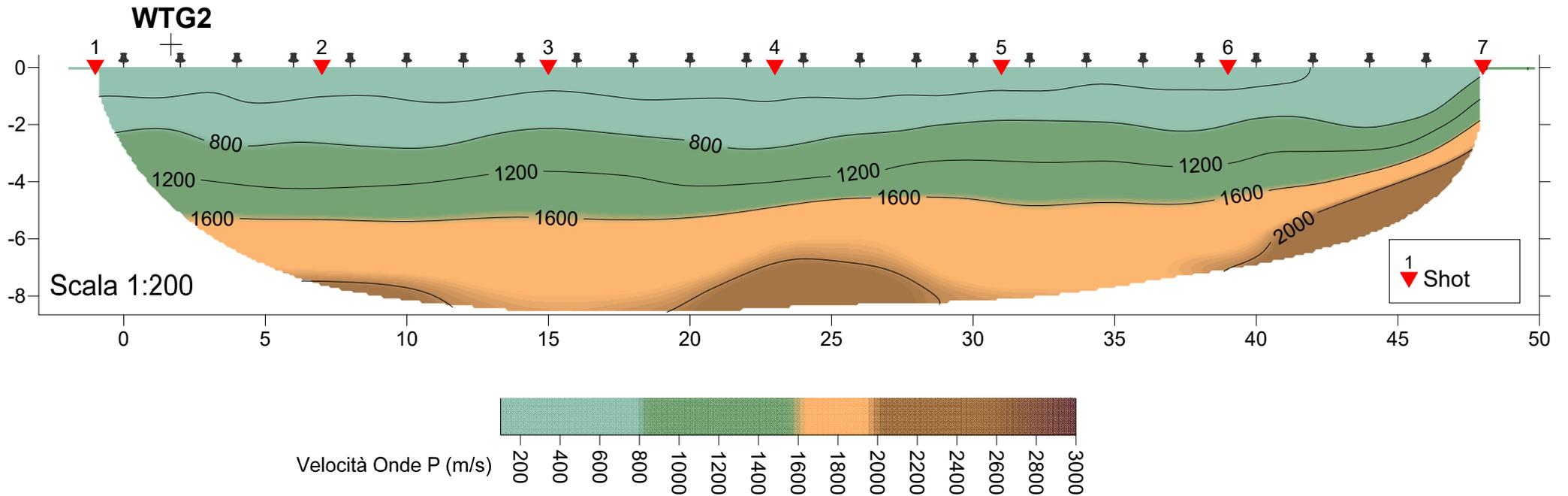
San Giuliano Terme (PI),  
 31 agosto 2023

**GAIA Servizi S.r.l.**  
**Dott. Jacopo Martini**



## PROFILO SISMO-TOMOGRAFICO LINE 1\_P

Località: Sestino  
Data: Agosto 2023



### PROFILO SISMO-TOMOGRAFICO LINE 2\_P

Località: Sestino  
Data: Agosto 2023

