

SOGGETTO PROPONENTE:



**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO  
COSTITUITO DA 12 AEROGENERATORI  
CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE  
UBICATO ENTRO I TERRITORI COMUNALI DI MONTE CAVALLO,  
PIEVE TORINA E SERRAVALLE DEL CHIANTI (MC)  
DELLA POTENZA TOTALE DI 49,4 MW**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Serie RELAZIONI SPECIALISTICHE

**RELAZIONE GEOTECNICA**

**RS\_002**

**PROGETTAZIONE:**

**INGENIUM ENGINEERING SRL**

Via Maitani, 3 - 05018 Orvieto (TR)  
tel. 0763.530340 fax 0763.530344  
e mail: info@ingenium-engineering.com  
pec: info@pec.ingenium-engineering.com  
www.ingenium-engineering.com

Azienda con sistema di gestione qualità ISO 9001:2015  
certificato da Bureau Veritas Italia SpA  
cert. n° IT306096

**Ing. Roberto Lorenzotti**  
**Arch. Giovanna Corso**  
**Ing. Elena Crespi**

**CONSULENZE SPECIALISTICHE:**

**Aspetti Ambientali:**

**Agrifolia Studio Associato**  
di Daniele Dallari, Gianfilippo Lucatello, Piero Morandini

**Aspetti impiantistici:**

**Sinergye Ring srl**  
Ing. Giuseppe Nobile

**Acustica ambientale:**

Ing. Emilio Dema

**Geologia:**

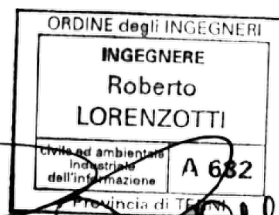
**Geosystem Studio Associato di Geologia e Progettazione**  
Dott. Geologo Davide Lo Conte

**Archeologia:**

Dott. Giulio Matteo D'Amelio  
Dott. Nicola Gasperi

**Rilievo planaltimetrico:** Geom. Giovanni Piscini

firma / timbro progettista



firma / timbro proponente

03						COD. DOCUMENTO
02						IE_360_PD_RS_002
01						
00	07/2023	prima emissione	R.L.	G.C.	R.L.	FOGLIO
REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	APPROVATO	AUTORIZZATO	1 DI 1

E' vietata ai sensi di legge la divulgazione e la riproduzione del presente documento senza la preventiva autorizzazione

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 12 AEROGENERATORI CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO ENTRO I TERRITORI COMUNALI DI MONTE CAVALLO, PIEVE TORINA E SERRAVALLE DEL CHIANTI IN PROVINCIA DI MACERATA DELLA POTENZA TOTALE DI 49,4 MW.

Progetto Definitivo

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO.....</b>	<b>2</b>
<b>3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>5</b>
<b>5. INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</b>	<b>6</b>
<b>6. MODELLO GEOTECNICO .....</b>	<b>6</b>
<b>7. AZIONE SISMICA.....</b>	<b>8</b>
<b>8. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE – SINTESI DEI RISULTATI SISMICI .....</b>	<b>8</b>
<b>9. SCELTA DEL SISTEMA FONDALE.....</b>	<b>9</b>
<b>10. VERIFICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>9</b>



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 12 AEROGENERATORI CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO ENTRO I TERRITORI COMUNALI DI MONTE CAVALLO, PIEVE TORINA E SERRAVALLE DEL CHIENTI IN PROVINCIA DI MACERATA DELLA POTENZA TOTALE DI 49,4 MW.

Progetto Definitivo

## 1. PREMESSA

La presente relazione riguarda gli aspetti geotecnici dei sistemi fondali in c.a. degli aerogeneratori la cui installazione è prevista per la realizzazione del parco eolico della potenza massima di immissione in rete di 49,4 MW, costituito da 12 aerogeneratori ubicati nei territori comunali di Monte Cavallo, Pieve Torina e Serravalle del Chienti in provincia di Macerata e per la Sottostazione Elettrica di Connessione alla RTN cui proponente è la società **WIND ENERGY MONTE CAVALLO Srl**, con sede in Pescara, Via Caravaggio 125.

## 2. LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Il sito individuato per l'installazione dell'impianto ricade nella provincia di Macerata, in agro dei comuni di **Monte Cavallo, Pieve Torina e Serravalle del Chienti**.

Trattasi nel dettaglio di una **Zona agricola montana** con altitudine compresa tra i 1200 m slm e i 1400 m slm posta a ridosso del confine con l'Umbria a circa 6 km dalla piana di Colfiorito (PG).

Il sito dell'impianto eolico, costituito in totale da n. 12 aerogeneratori, può essere suddiviso in tre settori:

- Un settore **NORD** dove saranno collocati i tre aerogeneratori denominati **T1, T2 e T3** situato in loc. **Monte Colastrello** ad una quota media di circa 1200 m;
- Un settore **CENTRALE** ubicato in loc. **Monte Miglioni** ad una quota che si aggira intorno ai 1200 metri dove sono ubicate le macchine **T4, T5 e T6**;
- Un settore **SUD** a sua volta distinto in due zone: la prima, posta in località **Monte Tolagna** ad una altitudine di 1400 metri, vede il posizionamento dei due aerogeneratori **T7 e T8** mentre la seconda in Loc. **Tre Termini** quello del gruppo **T9, T10, T11 e T12** ad una quota media di circa 1350 metri slm.

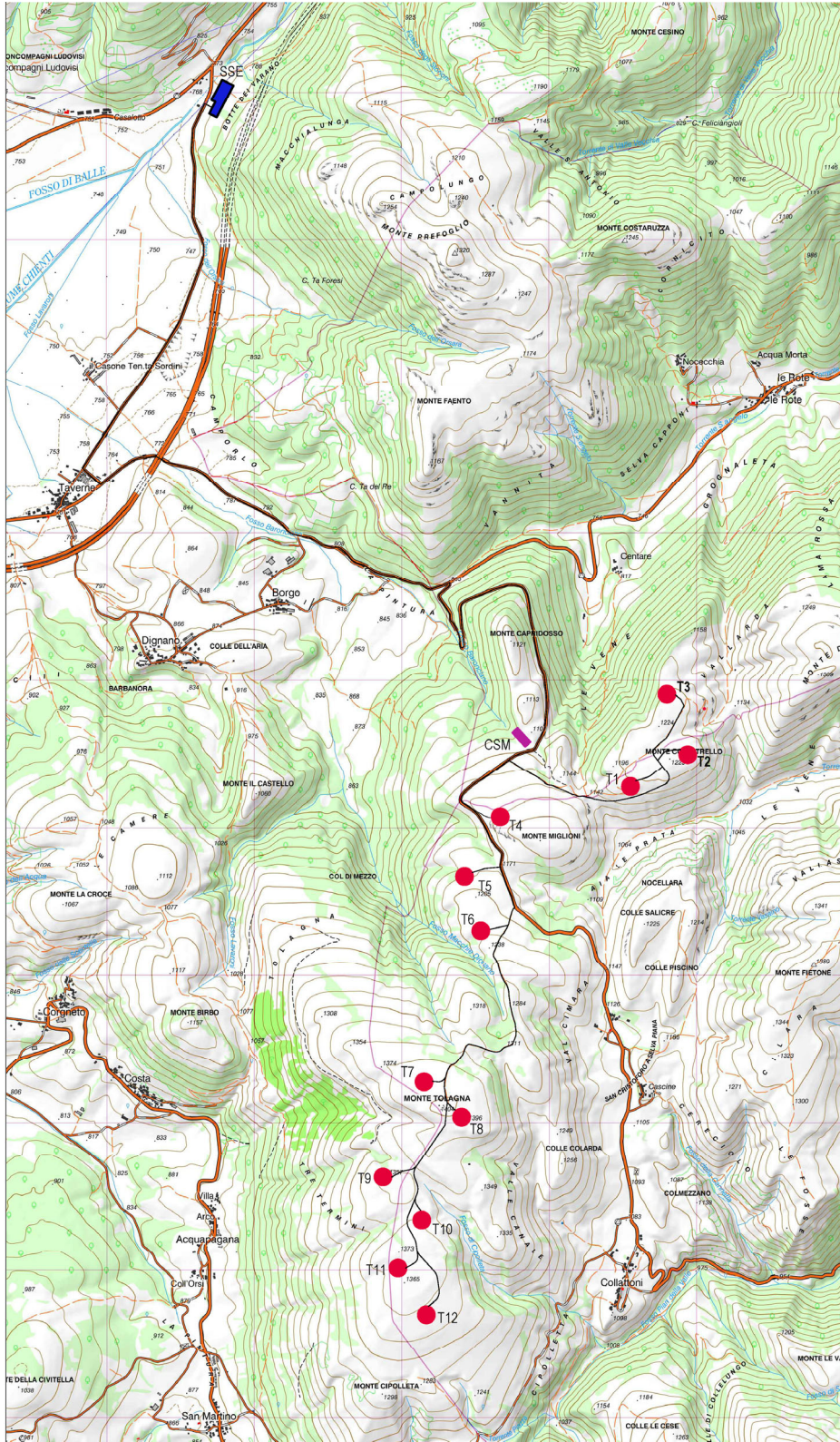
Le opere ed infrastrutture a rete connesse ricadono tutte all'interno dei territori comunali di Monte Cavallo, Pieve Torina e Serravalle del Chienti.

La nuova SSE sarà ubicata in loc. Fonte delle Mattinate sul territorio comunale di Serravalle del Chienti con accesso diretto dalla Strada Provinciale 50 Fonte delle Mattinate – Taverne.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 12 AEROGENERATORI CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO ENTRO I TERRITORI COMUNALI DI MONTE CAVALLO, PIEVE TORINA E SERRAVALLE DEL CHIANTI IN PROVINCIA DI MACERATA DELLA POTENZA TOTALE DI 49,4 MW.

Progetto Definitivo



Inquadramento complessivo su carta IGM

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 12 AEROGENERATORI CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO ENTRO I TERRITORI COMUNALI DI MONTE CAVALLO, PIEVE TORINA E SERRAVALLE DEL CHIANTI IN PROVINCIA DI MACERATA DELLA POTENZA TOTALE DI 49,4 MW.

Progetto Definitivo

Nella tabella di seguito si riportano i nominativi e le posizioni delle macchine, espresse in sistema di riferimento Gauss Boaga:

Settore di progetto	WTG	GAUSS BOAGA		
		X	Y	Z
Nord		<b>Monte Colastrello</b>		
	<b>T1</b>	2354199.53	4764137.18	1200
	<b>T2</b>	2354582.85	4764333.73	1214
	<b>T3</b>	2354445.81	4764760.67	1198
Centro		<b>Monte Miglioni</b>		
	<b>T4</b>	2353317.84	4763932.78	1179
	<b>T5</b>	2353076.34	4763527.84	1172
	<b>T6</b>	2353186.53	4763162.78	1219
Sud		<b>Monte Tolagna</b>		
	<b>T7</b>	2352692.44	4762123.64	1396
	<b>T8</b>	2352946.94	4761886.84	1397
		<b>I Tre Termini</b>		
	<b>T9</b>	2352384.76	4761500.48	1355
	<b>T10</b>	2352647.03	4761210.47	1348
	<b>T11</b>	2352475.70	4760882.49	1362
	<b>T12</b>	2352678.33	4760568.79	1343

### 3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- Relazione geologia e sismica – Doc. RS\_001 – Dott. Geol. Davide Lo Conte

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 12 AEROGENERATORI CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO ENTRO I TERRITORI COMUNALI DI MONTE CAVALLO, PIEVE TORINA E SERRAVALLE DEL CHIANTI IN PROVINCIA DI MACERATA DELLA POTENZA TOTALE DI 49,4 MW.

Progetto Definitivo

#### **4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

L'area in cui sorgerà il parco eolico è costituita da un articolato altopiano che caratterizza la dorsale marchigiana, dal punto di vista geologico l'area è composta perlopiù dalle litologie calcaree e calcareo-marnose della Successione Umbro-Marchigiana.

L'Appennino centrale rappresenta il settore più meridionale dell'Appennino settentrionale che può considerarsi come una catena a thrusts costruita a partire dall'Oligocene superiore a spese del paleomargine africano precedentemente assottigliato da fenomeni distensivi (Cello G. & Coppola L., 1986)

La struttura dell'Appennino centrale cioè nel tratto di appennino ove insiste l'area in studio è il risultato di processi di accrezione tettonica dovuta alla migrazione verso Nord-Est di un complesso sistema catena-avanfossa (Boccaletti et alii 1986, Cello G., Deiana G., 1996).

Alla fine del Pliocene inferiore, nell'area umbro-marchigiana si completa la costruzione della catena a pieghe e sovrascorrimenti e si originano strutture plicative che assumono direzioni variabili da NW-SE a NNE-SSW (procedendo da nord a sud) e thrusts, solo in parte paralleli alle strutture plicative stesse.

Durante il Pliocene medio superiore, una fase distensiva comincia ad interessare il settore più interno dell'Appennino umbro-marchigiano, mentre i principali fronti compressivi risultano ubicati, almeno in parte, nella fascia marchigiana esterna.

Il sito in studio comprende l'unità appenninica interna rappresentata da un sistema a vergenza africana-adriatica.

Seppur il sito interessa la fascia sismogenetica dell'Appennino come sopra indicata, in superficie non si rilevano evidenze della presenza di faglie attive capaci in corrispondenza del sedime delle strutture in progetto.

Comunque, si evidenzia, che nell'area in parola fa parte dell'area interessata dal sistema di faglie del complesso sismogenetico dell'appennino centrale le cui strutture presentano caratteristiche di una zona sismica attiva.

In particolare, nelle aree che ospiteranno i piloni degli aerogeneratori, è affiorante un substrato riconducibile alla Formazione della Maiolica. Essa presenta spessori generalmente molto importanti e una fratturazione che coinvolge gran parte della Formazione. Tale fratturazione è perlopiù riconducibile agli sforzi tettonici che hanno edificato la catena appenninica.

La Formazione della Maiolica è costituita da calcari micritici bianchi a grana molto fine, con strati spessi 10-60 cm e con frequenti intercalazioni di selce nera o grigia. A partire da questa formazione le



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 12 AEROGENERATORI CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO ENTRO I TERRITORI COMUNALI DI MONTE CAVALLO, PIEVE TORINA E SERRAVALLE DEL CHIANTI IN PROVINCIA DI MACERATA DELLA POTENZA TOTALE DI 49,4 MW.

Progetto Definitivo

serie ridotta e completa si uniformano, sebbene nella serie completa lo spessore della Maiolica risulti maggiore, fino ad arrivare a circa 400 m.

Il comportamento fortemente fragile ha contribuito allo sviluppo di una intensa fratturazione che conferisce alla Maiolica una elevata permeabilità.

Perciò la Maiolica è sede di un importante acquifero, limitato al letto dai Calcari Diasprigni o dal Bugarone. Queste formazioni, dove continue, contribuiscono ad isolare l'acquifero della Maiolica da quello del complesso Massiccio-Corniola.

In particolare nelle aree che ospiteranno i piloni degli aerogeneratori T3 – T2 – T1, è sub affiorante un substrato riconducibile alla Formazione della Scaglia rossa.

Tale Formazione risulta suddivisa in letteratura in tre membri, inferiore intermedio e superiore in base alle caratteristiche fisiche ed alle facies. Essa presenta spessori generalmente molto importanti e una fratturazione che coinvolge gran parte della Formazione.

Tale fratturazione è perlopiù riconducibile agli sforzi tettonici che hanno edificato la catena appenninica.

Si rimanda per maggiori dettagli alla Relazione Geologica RS\_001.

## **5. INDAGINI GEOGNOSTICHE**

In considerazione delle informazioni già presenti, delle proprietà geomeccaniche dei materiali e della tipologia di intervento e della fase preliminare di studio, si è ritenuto sufficiente caratterizzare l'area da un punto di vista geotecnico basandosi su indagini pregresse eseguite in area limitrofa, mentre per la caratterizzazione sismica sono state eseguite n° 12 stese di sismica tipo Masw, n° 2 misure di sismica passiva HVSR e n° 12 stese di sismica a rifrazione.

## **6. MODELLO GEOTECNICO**

Per l'analisi della costituzione del sottosuolo, come previsto dal D.M. 17/01/2018, si fa riferimento a quanto appurato in fase di rilievo geologico generale e dai risultati delle indagini eseguite, oltre che con dati derivanti da pregressi studi effettuati su terreni simili in aree limitrofe.

I complessi riscontrati sono omogenei e simili, tuttavia gli spessori cambiano relativamente a seconda della zona.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 12 AEROGENERATORI CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO ENTRO I TERRITORI COMUNALI DI MONTE CAVALLO, PIEVE TORINA E SERRAVALLE DEL CHIANTI IN PROVINCIA DI MACERATA DELLA POTENZA TOTALE DI 49,4 MW.

Progetto Definitivo

Per il calcolo dei parametri geotecnici di progetto si dovrà eventualmente tenere conto, in funzione dell'Approccio utilizzato, del coefficiente parziale  $\gamma_M$  secondo quanto riportato nella tab. 6.2 II.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Esistenza non drenata	$c'_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1.0	1.0

Da cui

APPROCCIO1 Combinazione 1 (A1+M1+R1) e APPROCCIO 2 Combinazione (A1+M1+R3)

Per tutte le torri in prima approssimazione di assumono i seguenti parametri.

### **C.2 Calcri a diverso grado di fratturazione da -0.0 m.**

parametri	Valori caratteristici	Valori di progetto
peso di volume $\gamma$	= 26.00 kN/mc	= 26.00 kN/mc
angolo di attrito $\phi'$	= 40°	= 40°
Coesione $c'$	= 150 kN/mq	= 150 kN/mq

### **APPROCCIO1 Combinazione 2(A1+M2+R2)**

### **C.2 Calcri a diverso grado di fratturazione da -0.0 m.**

parametri	Valori caratteristici	Valori di progetto
peso di volume $\gamma$	= 26.00 kN/mc	= 26.00 kN/mc
angolo di attrito $\phi'$	= 40°	= 33.87°
Coesione $c'$	= 150 kN/mq	= 120 kN/mq

Categoria sismica di sottosuolo B – Topografica T3

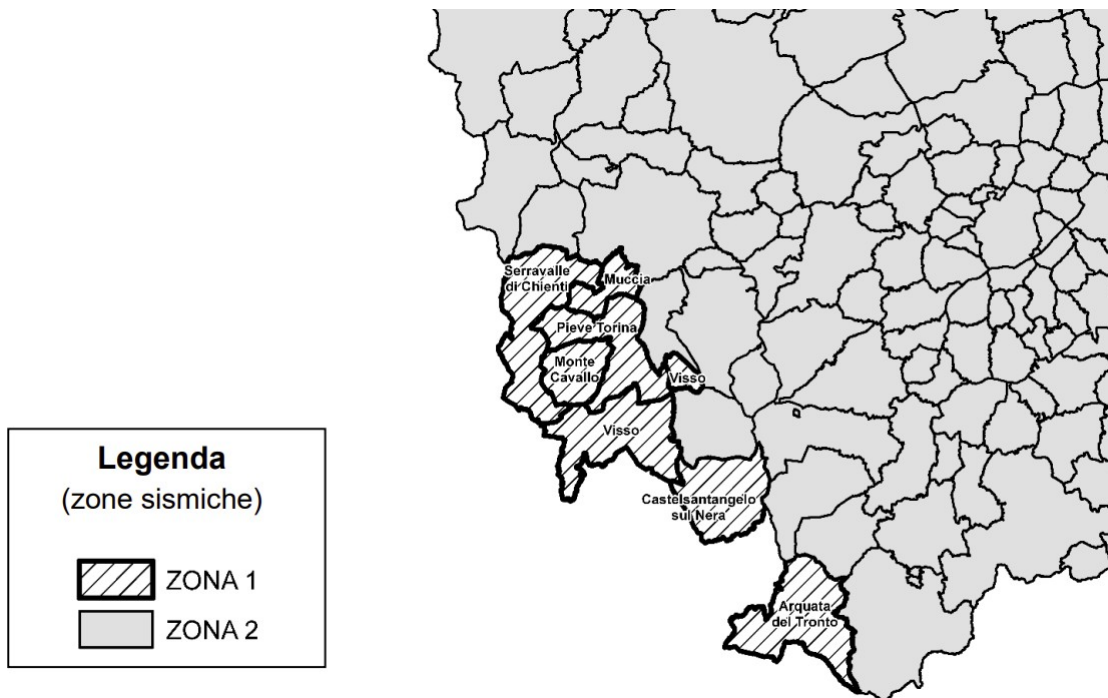


REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 12 AEROGENERATORI CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO ENTRO I TERRITORI COMUNALI DI MONTE CAVALLO, PIEVE TORINA E SERRAVALLE DEL CHIANTI IN PROVINCIA DI MACERATA DELLA POTENZA TOTALE DI 49,4 MW.

Progetto Definitivo

## 7. AZIONE SISMICA

Nella fattispecie, l'intervento può essere classificato in classe d'uso II, ai sensi del § 2.4.2 del DM 17.01.2018, mentre il territorio dei comuni interessati è classificato zona sismica 1 dalla DGR 1142/2022 (BUR 30/09/2022 n.83) Regione Marche.



## 8. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE – SINTESI DEI RISULTATI SISMICI

Sono state eseguite prove geofisiche attive in configurazione array, viste le grandi dimensioni dell'area sono state distribuite in modo da coprire il più possibile tutta l'area.

Tutte le prove sono caratterizzate da un moto fondamentale ben visibile ed in alcuni casi dei moti superiore visibili alle alte frequenze. Tutte le curve di dispersione sono ben interpretabili, le inversioni effettuate portano a risultati congruenti con il locale assetto stratigrafico dell'area.

Le prove geofisiche mettono in evidenza un terreno dalle proprietà fisico meccaniche che tendono a migliorare gradualmente con la profondità.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 12 AEROGENERATORI CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO ENTRO I TERRITORI COMUNALI DI MONTE CAVALLO, PIEVE TORINA E SERRAVALLE DEL CHIANTI IN PROVINCIA DI MACERATA DELLA POTENZA TOTALE DI 49,4 MW.

Progetto Definitivo

Le MASW eseguite hanno messo in evidenza i seguenti valori di Vs30:

MASW 1: 361 m/s Suolo tipo B

MASW 2: 411 m/s Suolo tipo B

MASW 3: 423 m/s Suolo tipo B

MASW 4: 563 m/s Suolo tipo B

MASW 5: 490 m/s Suolo tipo B

MASW 6: 450 m/s Suolo tipo B

MASW 7: 458 m/s Suolo tipo B

MASW 8: 451 m/s Suolo tipo B

MASW 9: 548 m/s Suolo tipo B

MASW 10: 481 m/s Suolo tipo B

MASW 11: 508 m/s Suolo tipo B

MASW 12: 485m/s Suolo tipo B

## 9. SCELTA DEL SISTEMA FONDALE

In generale per l'intero sito del parco eolico si adotta di una fondazione diretta in ragione delle caratteristiche geomeccaniche del complesso superficiale intercettato e quello profondo.

Tali terreni presentano buona resistenza e caratteristiche di deformabilità compatibili con la funzionalità della struttura.

Studi più approfonditi in fase esecutivi non escludono la necessità di dover adottare fondazioni indirette su pali poiché i complessi geotecnici non potrebbero assicurare localmente le adeguate caratteristiche di portanza.

Inoltre data la variabilità delle condizioni geologiche per le varie localizzazioni delle torri all'interno del parco è prevedibile che in alcune di esse si dovrà comunque far ricorso a tale tipo di fondazione che è stata pertanto studiata.

## 10. VERIFICHE GEOTECNICHE

Per quanto riguarda il dimensionamento dei sistemi fondali si rimanda alla relazione di calcolo RC\_002.

Ingenium Engineering srl