



Wpd Altilia S.r.l.

Corso d'Italia n. 83 - 00198 ROMA

**PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON POTENZA DI 72,00 MW
RICADENTE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"**



Tecnico

ing. Danilo Pomponio

Via Napoli, 363/I - 70132 Bari - Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384

Azienda con Sistema di Gestione Certificato
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018

Consulente

geol. Domenico Del Conte



Domenico Del Conte

Responsabile Commessa

ing. Danilo Pomponio

ELABORATO	TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
V19	RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA	20123	D		
		CODICE ELABORATO			
		DC20123D-V19			
REVISIONE	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA		
00		-	-		
		NOME FILE	PAGINE		
		DC20123D-V19.doc	49 + copertina		
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	15/03/21	Emissione	Del Conte	Miglionico	Pomponio
01					
02					
03					
04					
05					
06					



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 1 di 40

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	2
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	6
4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	6
5.1 PROSPEZIONE SISMICA DI TIPO MASW	19
5.2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	21
5.3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	22
5.4 MODALITÀ' DI ESECUZIONE DEI RILIEVI: ATTIVITÀ' DI CAMPO	23
5.5 RISULTATI INDAGINE GEOFISICA.....	25
5.6 RISULTATI ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW	25
5.7 RISULTATI ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE	28
5. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI AFFIORANTI	35
6. CONCLUSIONI	37



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 2 di 40

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA) IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

1. PREMESSA

Il presente rapporto è stato redatto a supporto del progetto per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **Wpd Altilia S.r.l.** con sede in Corso d'Italia n. 83 - 00198 Roma. La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 12 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,0 MW per una potenza complessiva di 72,00 MW, da realizzarsi nella Provincia di Bari, nel territorio comunale di Altamura, in cui ricadono gli aerogeneratori e l'elettrodotto, e le opere di connessione alla RTN.

Gli aerogeneratori saranno ubicati in località Lama di Nebbia nell'area a sud-ovest dell'abitato di Altamura, ad una distanza dal centro abitato di circa 4,3 km.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Come narrato in precedenza, il parco eolico sarà costituito da n. 12 aerogeneratori in grado di sviluppare ognuno una potenza di 6.0 MW.

Di seguito si riportano le coordinate piane (WGS 1984 UTM Zone 33 N), relative alla posizione di installazione dei singoli aerogeneratori:

WTG	E	N	potenza
01	4515016	628799	6,0 MW
02	4514413	628703	6,0 MW
03	4513845	628104	6,0 MW
04	4513302	627830	6,0 MW
05	4512523	627848	6,0 MW



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 3 di 40

06	4512627	628412	6,0 MW
07	4513060	628675	6,0 MW
08	4513516	629086	6,0 MW
09	4514174	629427	6,0 MW
10	4511609	629208	6,0 MW
11	4512334	629311	6,0 MW
12	4512976	629868	6,0 MW

Cartograficamente le opere di che trattasi ricadono nelle seguenti aree:

- Foglio 189 "Altamura" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000;
- Tavoleta "Ortona" 175 IV NE, scala 1:25000 edita dall'I.G.M;
- Tavoleta "Altamura" 189 III NO, scala 1:25000 edita dall'I.G.M;
- Tavoleta "Madonna di Picciano" 189 III SO, scala 1:25000 edita dall'I.G.M;
- Carta Tecnica Regionale della Puglia – Elementi nn. 472034 – 472033 – 472074, in scala 1.5000;

- Foglio catastale Comune di Altamura

Foglio N. 236 (p.IIe 446/300 – Aerogeneratore WTG1);

Foglio N. 236 (p.IIa 137 – Aerogeneratore WTG2);

Foglio N. 256 (p.IIe 125/50 – Aerogeneratore WTG3);

Foglio N. 256 (p.IIa 79 – Aerogeneratore WTG4);

Foglio N. 258 (p.IIa 02 – Aerogeneratore WTG5);

Foglio N. 259 (p.IIa 52 – Aerogeneratore WTG6);

Foglio N. 259 (p.IIa 172 – Aerogeneratore WTG7);

Foglio N. 260 (p.IIa 249 – Aerogeneratore WTG8);

Foglio N. 238 (p.IIa 69 – Aerogeneratore WTG9);

Foglio N. 280 (p.IIa 52 – Aerogeneratore WTG10);

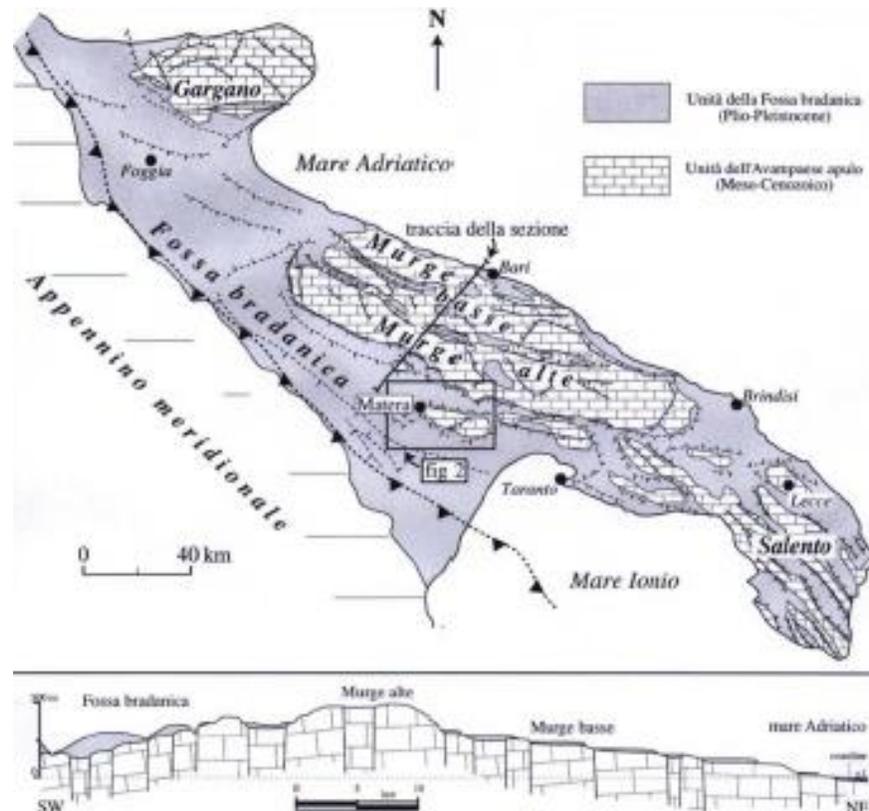
Foglio N. 260 (p.IIe 192/562 – Aerogeneratore WTG11);

Foglio N. 260 (p.IIa 201 – Aerogeneratore WTG12);

Topograficamente le aree oggetto di studio presentano quote variabili da circa 365 m s.l.m. (in corrispondenza delle turbine WTG 02 e WTG 12) a 414 m s.l.m. (in corrispondenza della turbina WTG 05).

Geologicamente l'area oggetto di studio si colloca nella zona terminale dell'Avampaese Murgiano, in prossimità del bordo orientale della Fossa Bradanica.

Quest'ultima rappresenta il bacino di sedimentazione nella porzione di avanfossa appenninica, posta fra l'Appennino meridionale e gli alti strutturali dell'Avampaese Apulo.



Schema geologico strutturale della Fossa Bradanica e dell'Avampaese apulo (da Pieri et alii, 1997)

L'assetto geologico risulta essere costituito da un basamento calcareo dolomitico di età Cretacea (Calcarea di Altamura) su cui giacciono, con contatto trasgressivo, calcareniti organogene (Calcarenite di Gravina) ed in successione il primo termine dei depositi della Fossa Bradanica (Argille Subappennine) su cui poggiano in concordanza stratigrafica le Sabbie di Monte Marano.

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA) IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA" RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA	Rev. 0 – Marzo 2021
		DC20123D-V19
		Pagina 5 di 40

Nello specifico, le litofacies che caratterizzano i terreni della zona in esame, sono costituiti dal basso verso l'alto, da:

- <<**Argille di Gravina**>> (**Q^ca**) – (**Argille Subappennine**) Fanno seguito in concordanza alle Calcareniti di Gravina e non differiscono dalle comuni argille azzurre delle regioni collinari ai piedi dell'Appennino. Tale formazione è costituita da un materiale sciolto, coerente, discretamente plastico e di prevalente colore grigio-azzurro.

In affioramento può assumere colore avano-giallastro, sia per alterazione sia per la presenza di sottili livelli di limo-sabbioso.

- <<**Argille Calcigne**>> **unità Informale (q¹a)** – Più che di vere e proprie argille, si tratta di un deposito siltoso di origine probabilmente alluvionale, caratterizzato da piccole concrezioni calcaree sparse nel limo.

- <<**Sabbie dello Staturo**>> **unità Informale (q¹s)** - La formazione è costituita da sabbie quarzoso-micacee debolmente limose di colore bruno-rossastre. Si presentano in spessori variabili da 2 a 3 metri, parzialmente addensate con la presenza di ciottoli di varia natura.

- <<**Conglomerato di Irsina**>> **unità Informale (q¹cg)** - Conglomerati poligenici in matrice sabbioso, con a luoghi livelli ben cementati.

- <<**Depositi alluvionali terrazzati**>> **unità Informale (I)** - Sono dei terreni di natura limosa, o costituiti da sabbie e ciottoli. Sono depositi di natura alluvionale, generatisi lungo i solchi erosivi dei principali corsi d'acqua nel Calambriano, legati alle oscillazioni del livello di base dei fiumi.

- <<**Depositi attuali e recenti terrazzati**>> **unità Informale (a²)** – Rappresentano depositi ciottolosi degli alvei fluviali, talora anche terrazzati.



Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

DC20123D-V19

Pagina 6 di 40

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Nel Foglio 189 "Altamura", i caratteri morfologici sono legati alla natura del substrato. Nelle Murge il rilievo ha forma prevalentemente tabulare, con sensibili ondulazioni. La superficie di abrasione creata dall'ingressione quaternaria è malamente riconoscibile nel settore orientale del foglio, ma non è più riconoscibile nelle Murge di Altamura, dove si raggiungono le quote più elevate (fino a 509 m) e che non sembrano essere state sommerse dall'ingressione. In tutto l'altopiano delle Murge esistono esempi di morfologia carsica essenzialmente costituiti da doline di piccole dimensioni ad eccezione di quella nota come "Il Pulo di Altamura", (tipica dolina da crollo), che è stata anche sede di insediamenti preistorici. Nei terreni della Fossa Bradanica la morfologia è collinare con rilievi modesti con sommità piatte, corrispondenti a lembi della superficie del conglomerato pleistocenico.

4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA

L'area in oggetto di studio è considerata prevalentemente a basso rischio sismico, per cui rientra in **Zona 3**.

Ciò risulta dall'allegato (classificazione sismica dei comuni italiani) all'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", dal quale risulta che l'area interessata è inserita in Zona Sismica 3 (medio Rischio) corrispondente ad un grado di sismicità pari a $S=6$, con coefficiente d'intensità sismica da adottare per tutte le opere d'ingegneria civile, pari a 0.07 (D.M. 7/3/81).

La tabella che segue è tratta dal Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15, indirizzo web: <https://emidius.mi.ingv.it>). Questo fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

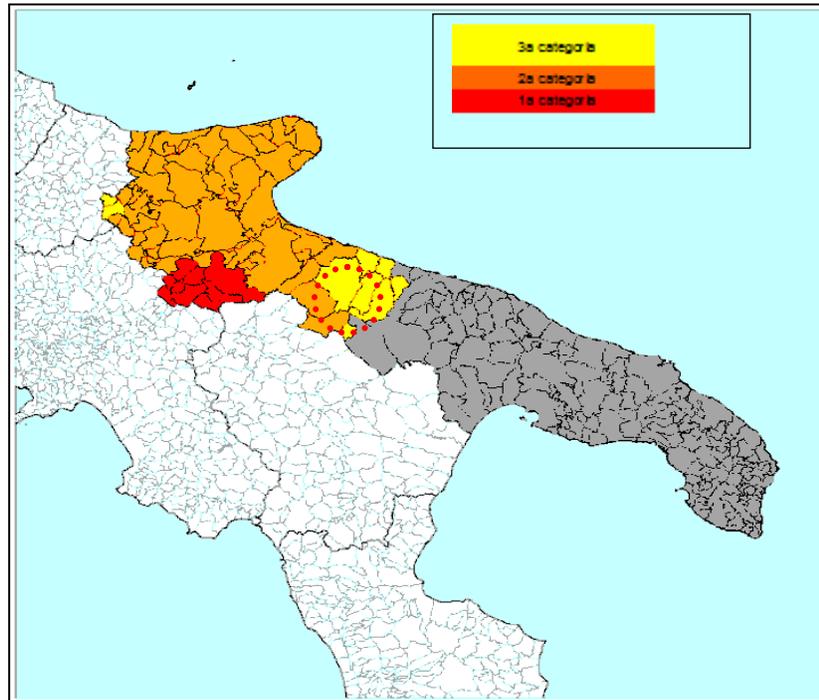
PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 7 di 40



L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti.

Di seguito si riporta la storia sismica del comune interessato dalle opere in progetto:

COMUNE DI ALTAMURA:

Effetti	in occasione del terremoto del				
	Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io
F	<u>1845 07 10</u>	MATERA	8	5	4.54 ±0.36
6	<u>1857 12 16 21:15</u>	Basilicata	340	11	7.03 ±0.08
2-3	<u>1873 03 12 20:04</u>	Marche meridionali	196	8	5.95 ±0.10
5	<u>1875 12 06</u>	S. MARCO IN LAMIS	97	8	5.98 ±0.16
2	<u>1905 09 08 01:43</u>	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16
NF	<u>1905 11 26 06:48</u>	Irpinia	136	7-8	5.21 ±0.13
4-5	<u>1910 06 07 02:04</u>	Irpinia-Basilicata	376	8	5.73 ±0.09



Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

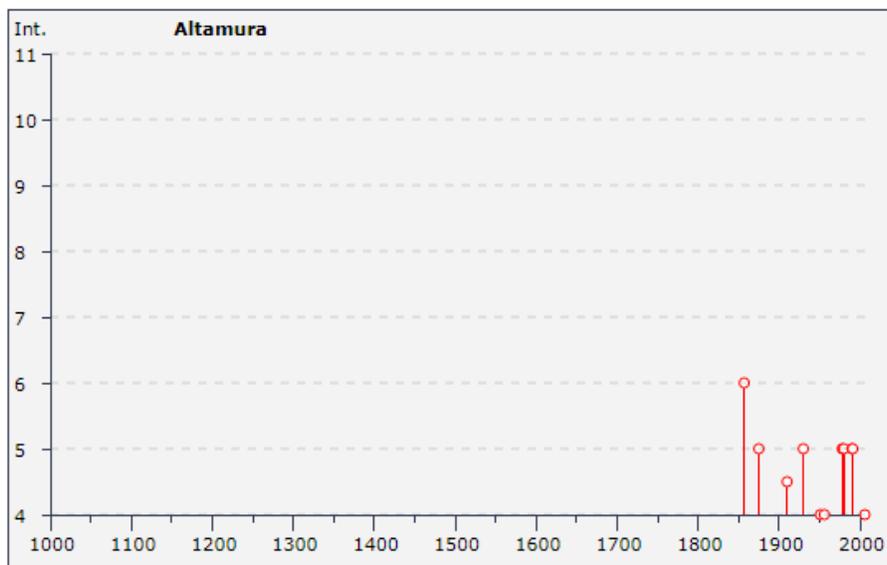
Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 8 di 40

NF	<u>1913 06 28 08:52</u>	Calabria settentrionale	151	8	5.66 ±0.14
NF	<u>1913 10 04 18:26</u>	Matese	205	7-8	5.37 ±0.11
NF	<u>1915 01 13 06:52</u>	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09
5	<u>1930 07 23 00:08</u>	Irpinia	547	10	6.62 ±0.09
2	<u>1937 07 17 17:11</u>	SAN SEVERO	40	6	5.05 ±0.19
4	<u>1951 01 16 01:11</u>	Gargano	73	7	5.35 ±0.20
4	<u>1956 01 09 00:44</u>	GRASSANO	45	6	4.88 ±0.20
3	<u>1966 07 06 04:24</u>	Lucania	46	4	4.62 ±0.21
5	<u>1978 09 25 10:08</u>	Matera	120	6	4.88 ±0.13
5	<u>1980 11 23 18:34</u>	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
NF	<u>1984 05 07 17:49</u>	Appennino abruzzese	912	8	5.89 ±0.09
NF	<u>1988 04 26 00:53</u>	Adriatico centrale	78		5.39 ±0.09
5	<u>1990 05 05 07:21</u>	Potentino	1374		5.80 ±0.09
5	<u>1991 05 26 12:26</u>	Potentino	597	7	5.11 ±0.09
3	<u>1995 09 30 10:14</u>	Gargano	145	6	5.18 ±0.09
2-3	<u>1996 04 03 13:04</u>	Irpinia	557	6	4.93 ±0.09
4	<u>2006 05 29 02:20</u>	Promontorio del Gargano	384	5-6	4.63 ±0.09

Tabella dei terremoti più significativi che hanno interessato il territorio di Altamura (fonte I.N.G.V.)



 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA) IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"</p> <p>RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA</p>	Rev. 0 – Marzo 2021
		DC20123D-V19
		Pagina 9 di 40

La proposta G.d.l. del 1998, la classificava di seconda categoria e, in seguito, con l'introduzione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri, del 20 marzo 2003 (n°3274), l'area è stata riclassificata, suddividendo il territorio nazionale in zone, con grado di pericolosità sismica decrescente (3). L'Ordinanza n°3274 definì per il **Comune di Altamura** i seguenti parametri:

Codice ISTAT 2001	Classificazione 2003
160 72004	Zona 3

La correlazione tra le precedenti classificazioni e quella attuale è la seguente:

DECRETI FINO AL 1984 ⁽¹⁾	G D L 1998 ⁽²⁾	CLASSIFICAZIONE 2003 ⁽³⁾
S=12	Prima categoria	Zona 1
S=9	Seconda categoria	Zona 2
S=6	Terza categoria	Zona 3
non classificato	N.C.	Zona 4

(1) sismicità definita attraverso il grado di sismicità "S"; (2) proposta di riclassificazione dove si utilizzano "tre categorie sismiche" più una di Comuni Non Classificati (N.C.).

Ai sensi delle nuove normative in tema di classificazione sismica e di applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni, si dovrà fare riferimento al D.M. 14.09.2005 ed all'Ordinanza PCM 3519H (28/04/2006), ovvero al D.M. 14/01/2008.

Più in particolare, per l'area interessata dall'intervento, si dovranno tenere in considerazione, in fase di progettazione e di calcolo, valori dell'accelerazione sismica di riferimento compresi tra 0,100 e 0,125.



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

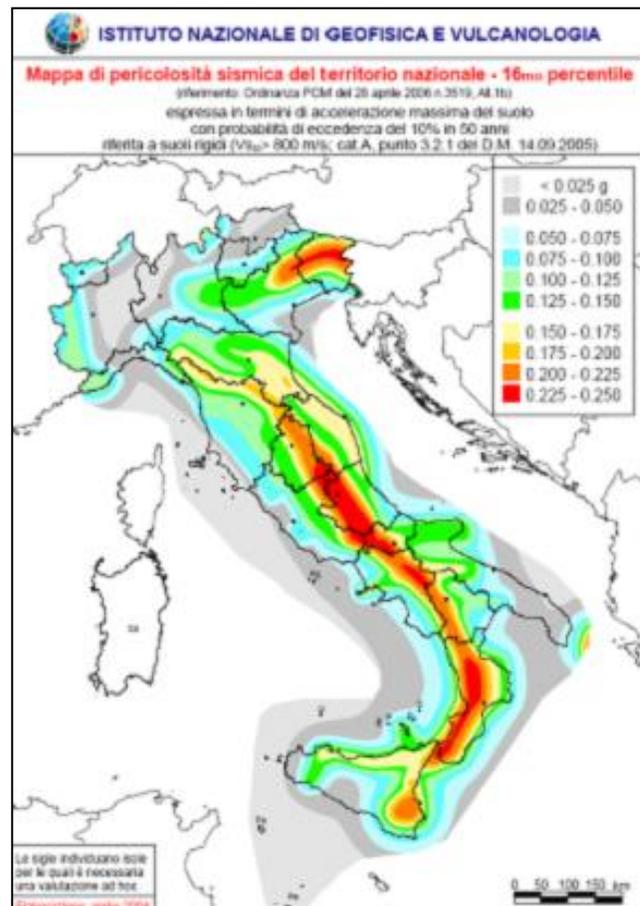
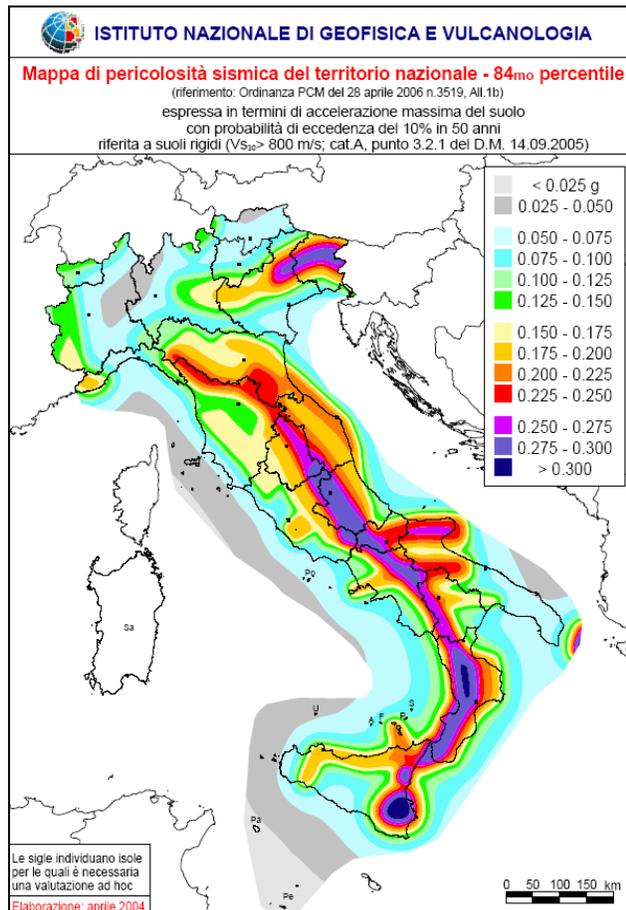
PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

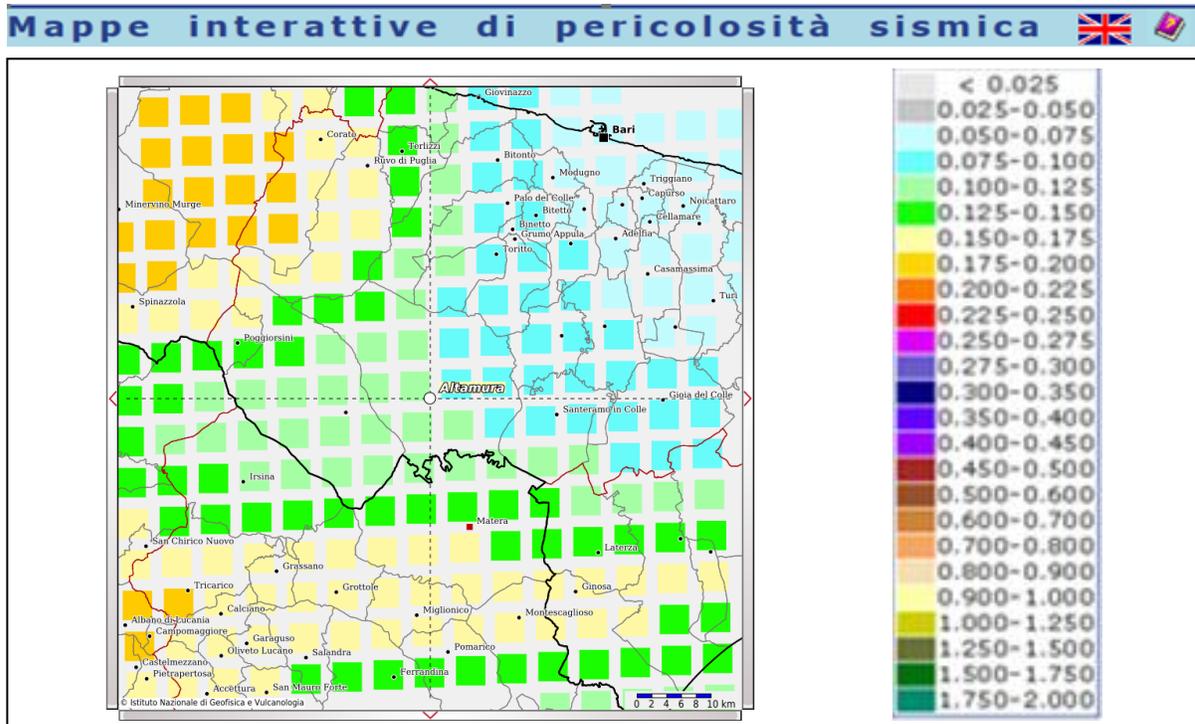
DC20123D-V19

Pagina 10 di 40



Il D.M. 14/01/2008 ha introdotto una nuova modalità di valutazione dell'intensità dell'azione sismica da tener conto nella fase di progettazione dei fabbricati, basata non più su una mappa sismica "classica" suddivisa in categorie o zone, bensì su un reticolo di riferimento, creato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, consultabile interattivamente sul sito web dell'I.N.G.V. La grande novità consiste nel non avere più delle aree perfettamente confinate; il nuovo sistema di mappatura suddivide infatti l'intero territorio nazionale in riquadri, di lato pari a 10 km, in cui a ciascun vertice, tramite un segnale colorato, è attribuito un valore di accelerazione sismica a_g prevista sul suolo, definita come parametro dello scuotimento, da utilizzare come riferimento per la valutazione dell'effetto sismico da

applicare all'opera di progetto, secondo le procedure indicate nello stesso Decreto Ministeriale



a(g) al 50° Percentile = 0.100 – 0.125

Nell'immagine seguente è contenuta la rappresentazione sul reticolo di riferimento del particolare delle Regioni Puglia e Basilicata.

Nella figura s'individua immediatamente la suddivisione in riquadri del territorio, i segnali colorati posti sui vertici ed i relativi intervalli di valori di a_g . L'impiego del reticolo di riferimento consente una caratterizzazione sismica dei siti molto più dettagliata e particolareggiata che in passato, anche se costringe i progettisti, per la valutazione del valore di picco dell'accelerazione sismica, in primo luogo, ad accedere al reticolo tramite le coordinate (longitudinale e latitudine) del punto ove è localizzata l'opera e, soprattutto, ad eseguire le previste procedure di interpolazione, visto che è alquanto improbabile che la struttura di progetto ricada precisamente su un vertice dei quadrati costituenti il reticolo.



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

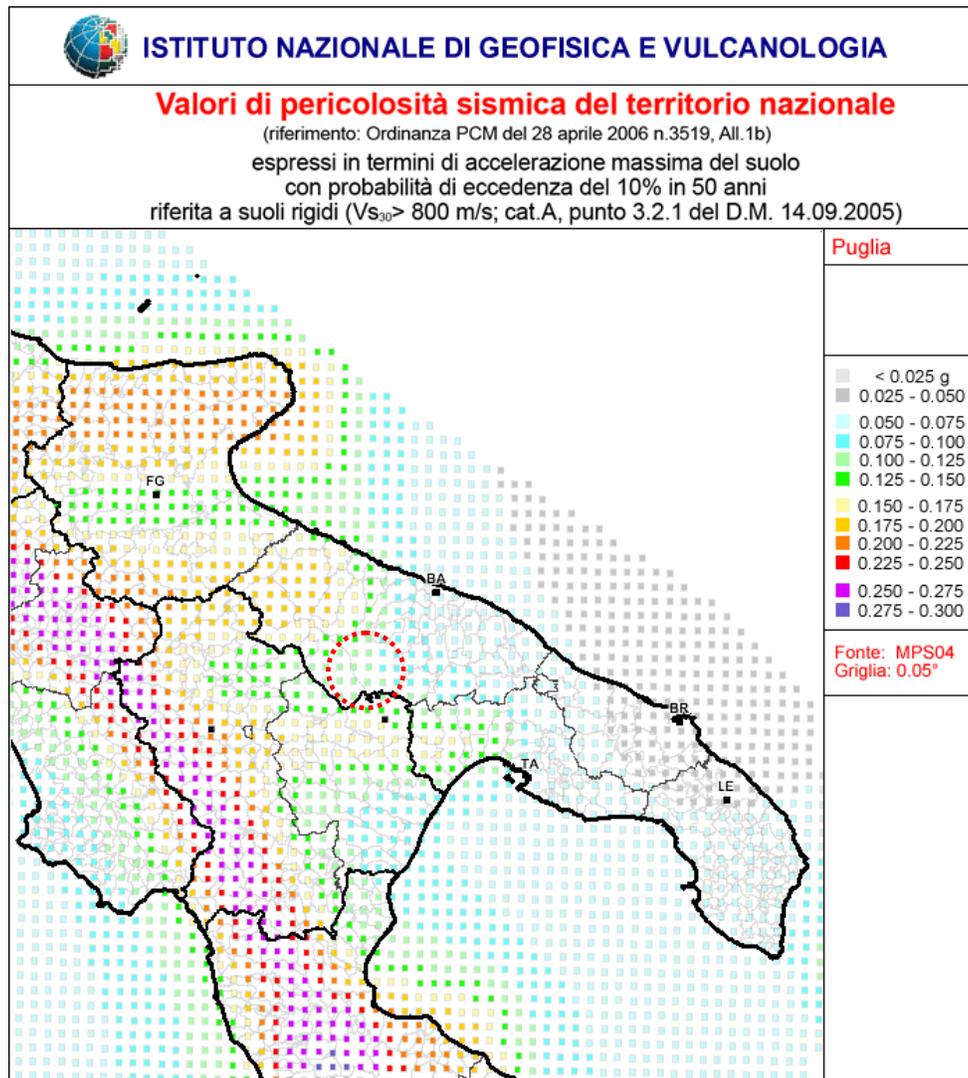
RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 12 di 40

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.



La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA) IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"</p> <p>RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA</p>	Rev. 0 – Marzo 2021
		DC20123D-V19
		Pagina 13 di 40

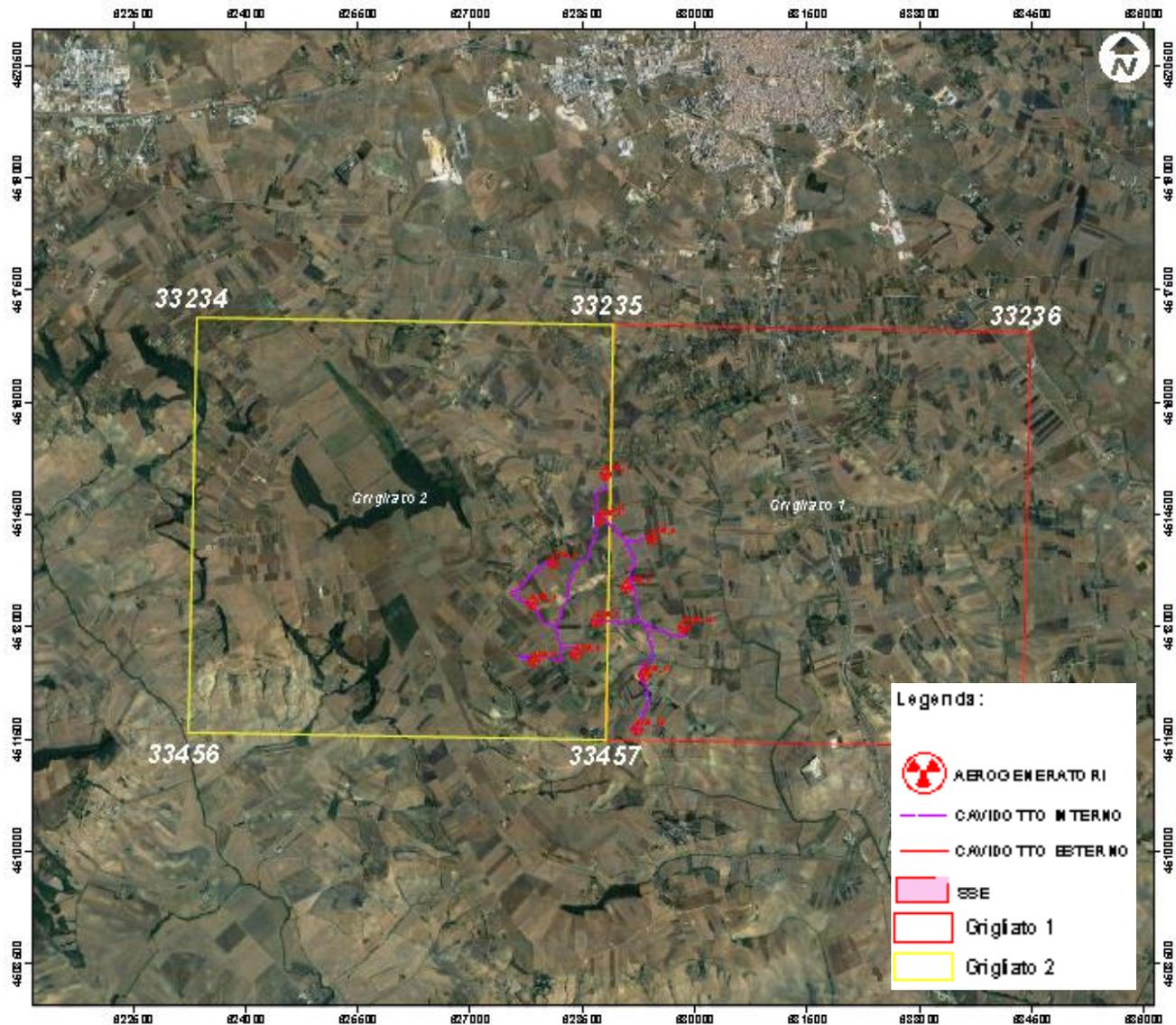
periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- "ag" accelerazione orizzontale massima al sito;
- "Fo" valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- "Tc*" periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Sito in esame:

Data la vasta estensione dell'area oggetto di studio, essa risulta interessata da più reticoli come da figura che segue.



Reticolo 1

latitudine: 40,76634 [°]

longitudine: 16,518693 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 15 di 40

d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

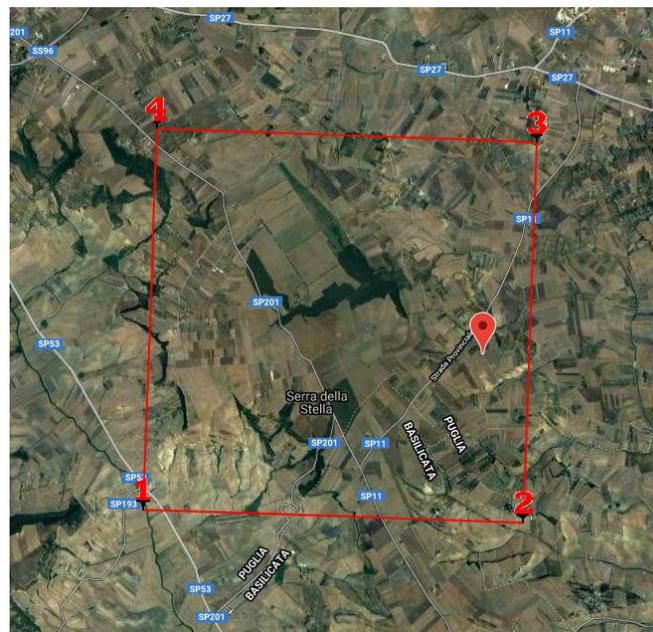
Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Nodi di riferimento

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	33456	40,7460	16,4598	5455,186
Sito 2	33457	40,7442	16,5257	2530,337
Sito 3	33235	40,7942	16,5281	3193,687
Sito 4	33234	40,7959	16,4621	5789,916

(coordinate geografiche espresse in ED50)



Dettaglio del reticolo di riferimento n. 01 con individuazione del sito d'intervento

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 16 di 40

Coefficiente c_u : 1,0

Stato Limite	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,036	2,497	0,272
Danno (SLD)	63	50	0,046	2,495	0,312
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,110	2,583	0,416
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,137	2,641	0,434

Coefficienti sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,610	1,000	0,011	0,005	0,535	0,200
SLD	1,500	1,540	1,000	0,014	0,007	0,673	0,200
SLV	1,500	1,400	1,000	0,040	0,020	1,622	0,240
SLC	1,480	1,380	1,000	0,049	0,024	1,984	0,240

(* I valori di Ss, Cc e St possono essere variati)

Reticolo 2

latitudine: 40,766079 [°]

longitudine: 16,537403 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Nodi di riferimento

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	33457	40,7442	16,5257	2624,276
Sito 2	33458	41,2639	16,5916	5272,351



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

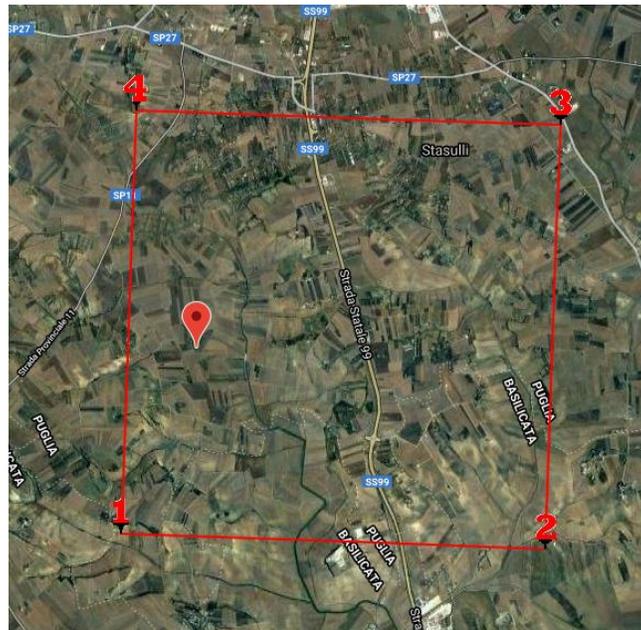
Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 17 di 40

Sito 3	33236	40,7924	16,5941	5594,861
Sito 4	33235	40,7942	15,5281	3220,895

(coordinate geografiche espresse in ED50)



Dettaglio del reticolo di riferimento n. 02 con individuazione del sito d'intervento

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

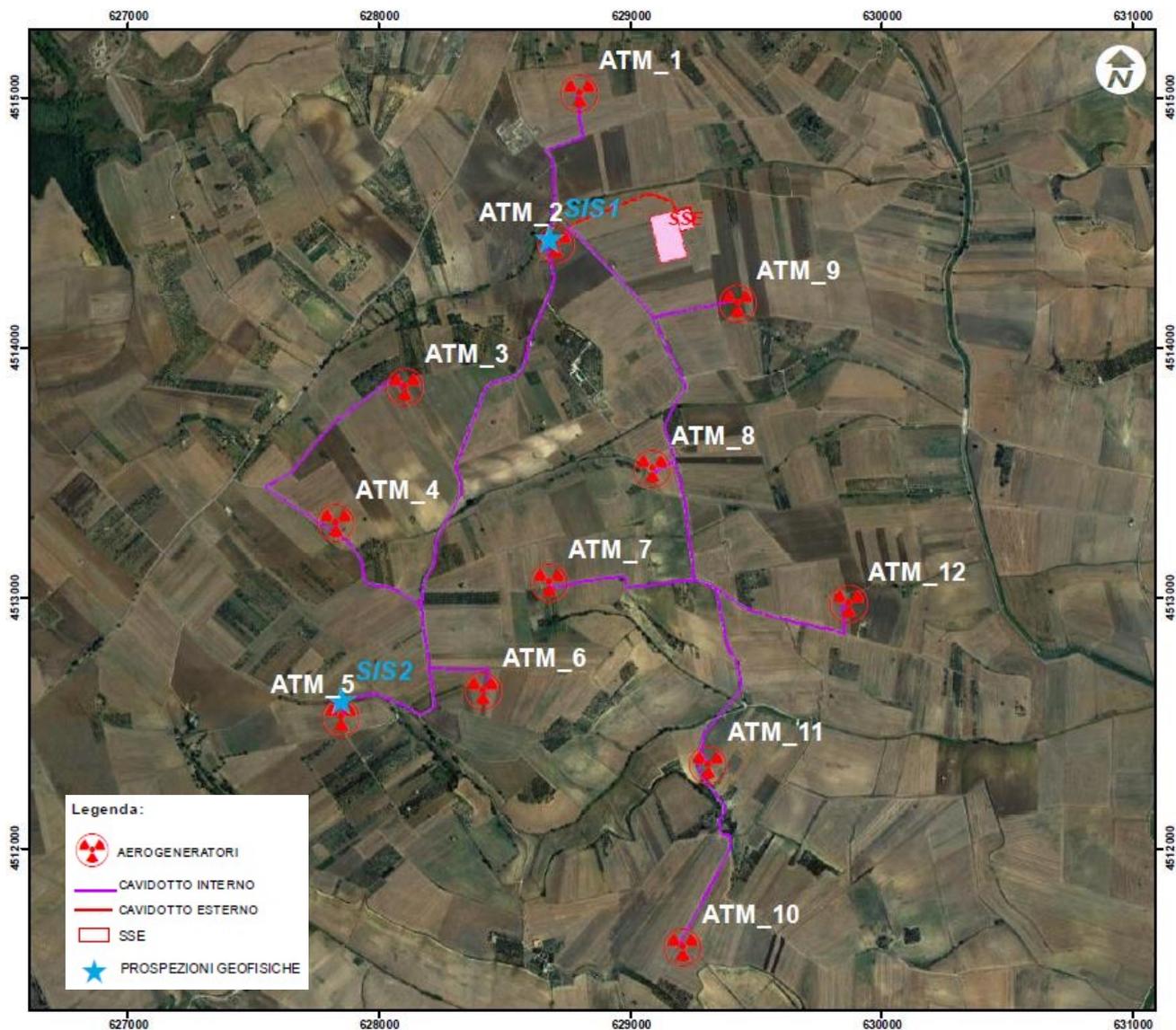
Coefficiente c_u : 1,0

Stato Limite	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,036	2,490	0,270
Danno (SLD)	63	50	0,045	2,494	0,308
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,108	2,581	0,415
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,133	2,647	0,433

Coefficienti sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,620	1,000	0,011	0,005	0,526	0,200
SLD	1,500	1,550	1,000	0,013	0,007	0,660	0,200
SLV	1,500	1,400	1,000	0,039	0,019	1,587	0,240
SLC	1,490	1,380	1,000	0,048	0,024	1,949	0,240

(* I valori di Ss, Cc e St possono essere variati)





GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

DC20123D-V19

Pagina 19 di 40

5.1 Prospezione sismica di tipo Masw

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove

h_i = spessore dello strato i esimo;

V_{si} = velocità delle onde di taglio nell' i esimo strato;

N = numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Tale parametro può essere determinato attraverso indagini indirette ed in particolar modo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh, ossia onde di superficie generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (S_v) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo.

In presenza di un semispazio non omogeneo la loro velocità presenta dipendenza dalla frequenza, provocando dispersione della loro energia.



Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

DC20123D-V19

Pagina 20 di 40

La dispersione è la deformazione di un treno d'onde nel sottosuolo dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza; per le onde di Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo e isotropo ma solo quando questi presenta una stratificazione.

Nelle nuove metodologie sismiche d'indagine del sottosuolo si considerano le onde di superficie in quanto la percentuale di energia convertita è di gran lunga predominante rispetto alle onde P ed S; inoltre l'ampiezza di tali onde dipende da \sqrt{r} anziché da r (distanza dalla sorgente in superficie) come per le onde di volume.

La propagazione delle onde di Rayleigh, sebbene influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione anzitutto della V_s , che rappresenta un parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito.

L'analisi delle onde S mediante tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, che, a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria ecc.

Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della sua frequenza, come risultato del fenomeno della dispersione.

La metodologia Masw risulta particolarmente indicata in ambienti con spazature limitate e, a differenza della sismica a rifrazione, consente di individuare la presenza di inversioni di velocità con la profondità, associabili alla presenza di strati "lenti" al di sotto del bedrock roccioso.

Tuttavia, un limite di tale metodologia è che esso risente particolarmente del principio di indeterminazione e, fornendo un modello mono-dimensionale del sottosuolo, rende necessaria l'applicazione di altre metodologie d'indagine per fornire un modello geofisico-geologico più attendibile.

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA) IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA" RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA	Rev. 0 – Marzo 2021
		DC20123D-V19
		Pagina 21 di 40

5.2 Prospezione sismica a rifrazione

La prospezione sismica considera i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si propagano nel semispazio riflettendosi e rifrangendosi su eventuali superfici di discontinuità presenti.

Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia dell'onda si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente, e una parte si rifrange nel mezzo sottostante.

Le relazioni matematiche dei principi fisici della riflessione e rifrazione sono regolate dalle note leggi di Snell. La condizione necessaria per la riflessione e la rifrazione di un raggio sismico è la variazione del parametro impedenza sismica fra i 2 mezzi separati dalla superficie di discontinuità. L'impedenza sismica si determina attraverso il prodotto tra la velocità di propagazione dell'onda nel mezzo per la densità del materiale attraversato.

Ogni litotipo è caratterizzato da una particolare velocità di propagazione, determinata sperimentalmente attraverso prove di laboratorio o in situ. La velocità di propagazione delle onde sismiche nelle rocce dipende essenzialmente dai parametri elastici che sono influenzati, a loro volta, da numerosi fattori quali, ad esempio, la densità, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o di fratturazione, la composizione mineralogica, la pressione, il contenuto di fluidi, ecc.

Questi parametri rendono piuttosto ampio il campo di variabilità della velocità per uno stesso litotipo. Per questo motivo, non sempre un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico.

Un impulso generato da una sorgente sismica in superficie genera un treno d'onde sismiche di varia natura; in fase di acquisizione e di elaborazione è possibile analizzare onde sismiche di volume o di superficie, a seconda delle modalità con cui esse si propagano nel sottosuolo.

In funzione del tipo di analisi delle onde sismiche investigate, è possibile distinguere fra la metodologia d'indagine sismica a rifrazione (analisi di onde di volume) e di tipo MASW (analisi di onde di superficie).

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA) IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA" RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA	Rev. 0 – Marzo 2021
		DC20123D-V19
		Pagina 22 di 40

Disponendo un certo numero di sensori (geofoni) sul terreno lungo uno stendimento sismico e osservando il tempo di percorrenza delle onde per giungere ai sensori, è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche che attraversano i vari strati nel sottosuolo, consentendo una ricostruzione attendibile delle sue caratteristiche elastico-dinamiche.

Al fine di una corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante sottolineare che:

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$;
- c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio (onde S), meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P; quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;
- d) le velocità delle onde p, misurate in terreni saturi o molto umidi dipende, talora in maniera decisiva, dalle vibrazioni trasmesse dall'acqua interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione. Ne consegue che per alcuni terreni al di sotto della falda, le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio.

5.3 Strumentazione utilizzata

Le prospezioni geofisiche sono state eseguite con l'ausilio della seguente strumentazione: Combinata **PASI mod. 16SG24** (sismica 24 canali + tomografia elettrica 32 elettrodi).

Strumentazione combinata 16SG12 (sismica 12 canali + tomografia elettrica 32 el.)			
Codice	Q.tà	Descrizione	Prezzo unit. IVA inclusa - EURO
SIS-200-000	01	MOD.16SG12 (24 bit, 12 canali + tomografia elettrica) completo di batteria ricaricabile, caricabatteria e manuale d'uso	
ACCESSORI PER SISMICA (12 canali)			
SIS-999-050	01	CAVO SISMICO, 12 TRACCE, 130 m, Intervallo 10m, con connettori NK2721C e attacchi singoli oppure	
SIS-003-017		CAVO SISMICO, 12 TRACCE, 130 m, Intervallo 10m, con connettori NK2721C e attacchi doppi	
SIS-901-050	12	GEOFONO 10 Hz, verticale con clip singola oppure	
SIS-060-017		GEOFONO 14 Hz, verticale con clip doppia	
SIS-020-000	01	MAZZA DI BATTUTA kg. 8-9 CON STARTER	
SIS-040-000	01	CAVO SCHERMATO (su nullo) - lunghezza totale 200 m per prolunga mazzo	
SIS-021-000	01	PIATTELLO DI BATTUTA IN ALLUMINIO (dimensioni 20x20x5 cm)	
ACCESSORI PER TOMOGRAFIA ELETTRICA (32 elettrodi)			
GEO-320-000	02	CAVO CON CONNETTORI PER 16 ELETTRODI A-B-M-N (dist. elettrodi 5m, lunghezza 55m), con connettore per Link Box	
GEO-331-000	01	Cavo adattatore per configurazione 32 el. a "Y"	
GEO-312-000	02	LINK-BOX per 16 elettrodi, completo di cavi di connessione	
GEO-013-000	32	PIOCHETTI IN ACCIAIO INOX per tomografia	
GEO-102-000	01	ENERGIZZATORE PER GEDELETTICA P-300T COMPLETO DI ACCESSORI	
TOTALE IVA 20%ESCL. Euro			



5.4 Modalità' di esecuzione dei rilievi: attività' di campo

Indagine sismica di tipo MASW

La tecnica MASW prevede l'utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione (massa battente di peso pari a 8 Kg) e la registrazione simultanea di 12 o più canali, utilizzando geofoni a bassa frequenza. Infatti l'esigenza di analizzare con elevato dettaglio basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz e corrispondenti a maggiori profondità

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA) IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA" RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA	Rev. 0 – Marzo 2021
		DC20123D-V19
		Pagina 24 di 40

d'investigazione) richiede la necessità di utilizzare geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Per i 2 profili Masw eseguiti è stata adottata la seguente configurazione:

- lunghezza stendimento = 16.50 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 1.50 m;
- offset di scoppio = 3.00 metri;
- durata dell'acquisizione = 1 secondo;
- tempo di campionamento = 1 millisecondo.

Per energizzare il terreno è stata usata una sorgente impulsiva del tipo "mazza battente" di peso pari a 8 Kg, ad impatto verticale su piastra per la generazione delle onde sismiche.

Contrariamente a quanto richiesto nell'indagine sismica a rifrazione, il segnale sismico acquisito nella tecnica MASW deve includere tutto il treno d'onda superficiale; pertanto la durata dell'acquisizione deve essere definita in modo da contenere tutto il segnale e non troncato nelle ultime tracce.

Per quanto concerne il tempo di campionamento, mentre nella sismica a rifrazione si utilizza un tempo di campionamento più basso per ricostruire con dettaglio i primi arrivi dell'onda sismica, nell'indagine sismica Masw è sufficiente un campionamento più ampio per ricostruire tutto il segnale sismico.

Indagine sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione è consistita nell'esecuzione di n. 02 profili con acquisizione di onde longitudinali (P), aventi entrambi la seguente configurazione spaziale e temporale:

- lunghezza stendimento = 44.00 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 4.00 m;
- End Shot A = 0.00 metri;
- Central Shot E = 24.00 metri;
- End Shot B = 48.00 metri;

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA) IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA" RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA	Rev. 0 – Marzo 2021
		DC20123D-V19
		Pagina 25 di 40

- durata dell'acquisizione = 128 msec;
- tempo di campionamento = 250 µsec;
- Frequenza geofoni = 10.00 Hz;
- Sistema di energizzazione = "massa battente".

5.5 Risultati indagine geofisica

La topografia delle superfici dei siti investigati risulta essere subpianeggiante, il rumore ambientale è risultato essere poco rilevante.

Per tutte le stese si è utilizzato un sistema di riferimento relativo, la cui origine è posta in corrispondenza dell'end shot esterno al 1° geofono per l'indagine sismica a rifrazione e Masw.

5.6 Risultati Elaborazione indagine sismica di tipo MASW

La fase di elaborazione si sviluppa in due fasi:

- 1) determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione interpretata, mediante picking di un modo dell'onda di Rayleigh e successiva applicazione di algoritmi genetici.

La sovrapposizione della curva teorica e sperimentale fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.

Per l'inversione dei dati sperimentali è stato utilizzato il software WinMasw 4.0 della Eliosoft.

Le curve di dispersione ed i sismogrammi sperimentali, nonché le relative sezioni elaborate sono mostrati negli allegati, dove vengono indicate con MnA – MnB, rispettivamente le progressive iniziali e finali delle stese.

Le indagini sismiche hanno consentito di determinare le caratteristiche elastodinamiche del terreno investigato e definire la categoria del sottosuolo di fondazione.

Di seguito si riportano le risultanze delle due prospezioni Masw eseguite.

Prospezione Masw 1

L'indagine Masw, eseguita ai sensi delle NTC 2018, ha restituito un valore di $V_{s30}=266$ m/s,



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 26 di 40

coincidente dal valore della $V_{s,eq}$, in quanto non è stato intercettato il bedrock (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, con $V_s > 800$ m/sec) ad una profondità $H = 30.00$ m dal p.c..

Di seguito si riportano i valori delle V_s in funzione delle profondità considerate:

Valore del $V_{s30} = 266$ m/sec
Valore del $V_{s,eq} = 266$ m/sec

MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	167	2.50	0.00 – 2.50
SISMOSTRATO II	169	5.20	2.50 – 7.70
SISMOSTRATO III	327	13.90	7.70 – 21.60
SISMOSTRATO IV	340	Semispazio	Semispazio
$V_{s,eq} = 266$ m/sec			

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale;	0.00 – 2.50
SISMOSTRATO II	Limo argilloso;	2.50 – 7.70
SISMOSTRATO III	Argilla debolmente limosa;	7.70 – 21.60
SISMOSTRATO IV	Argilla;	Semispazio

Prospezione Masw 2

L'indagine Masw, eseguita ai sensi delle NTC 2018, ha restituito un valore di $V_{s30} = 379$ m/s, coincidente dal valore della $V_{s,eq}$, in quanto non è stato intercettato il bedrock (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, con $V_s > 800$ m/sec) ad una profondità $H = 30.00$ m dal p.c..

Di seguito si riportano i valori delle V_s in funzione delle profondità considerate:

Valore del $V_{s30} = 379$ m/sec
Valore del $V_{s,eq} = 379$ m/sec



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 27 di 40

MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	148	1.30	0.00 – 1.30
SISMOSTRATO II	261	4.60	1.30 – 5.90
SISMOSTRATO III	359	5.90	5.90 – 11.80
SISMOSTRATO IV	503	Semispazio	Semispazio
<i>Vs,eq = 379 m/sec</i>			

Nel caso innanzi esaminato, il terreno investigato è ascrivibile alla categoria B. Tuttavia, poiché nell'interpretazione dell'indagine Masw non vi è stata una perfetta sovrapposizione della curva sperimentale con quella teorica, a rigore della sicurezza, **si attribuisce al terreno fondale la categoria C.**

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale;	0.00 – 1.30
SISMOSTRATO II	Limo argilloso;	1.30 – 5.90
SISMOSTRATO III	Argilla debolmente limosa;	5.90 – 11.80
SISMOSTRATO IV	Argilla;	Semispazio

Di seguito si riporta la tabella di riferimento relativa alle categorie di sottosuolo:

CATEGORIE SUOLI DI FONDAZIONE	
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di Velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo di 3 m.</i>
B	<i>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 valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la</i>



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 28 di 40

	<i>profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Pur evidenziando che l'indagine MASW risente particolarmente del problema della non univocità del modello geofisico rispetto ai dati sperimentali ed è principalmente finalizzata alla determinazione del parametro $V_{s,eq}$, più che alla ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo, è stato possibile evidenziare una congruenza fra il modello ricavato dalle indagini Masw con quello determinato dall'indagine sismica a rifrazione.

5.7 Risultati Elaborazione indagine sismica a rifrazione

Dai sismogrammi sperimentali sono stati letti i tempi di arrivo dei "first-break" attraverso l'utilizzo del software SISMOPC per la costruzione delle relative dromocrone (diagrammi tempo-distanza), mostrate in allegato.

L'interpretazione delle dromocrone, anche questa eseguita con processi computerizzati, è stata effettuata attraverso il software INTERSISM della Geo&Soft, utilizzando come tecnica di interpretazione il Metodo GRM.

Sempre in allegato sono riportate le sezioni sismostratigrafiche interpretative, ottenute, scegliendo dei modelli a 3 strati, dove vengono indicate con $S_nA - S_nB$, rispettivamente le progressive iniziali e finali delle stese.

Di seguito si riportano le risultanze delle due prospezioni sismiche a rifrazione seguite.

Prospezione Sismica I

Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	389	167	0.00	2.20 – 2.70
SISMOSTRATO II	1540	169	2.20 – 2.70	5.80 – 8.70
SISMOSTRATO III	2172	327	indefinito	



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 29 di 40

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale;
SISMOSTRATO II	Limo argilloso;
SISMOSTRATO III	Argilla debolmente limosa;

Nella tabella sottostante sono indicati i principali parametri elastici ricavati dall'indagine sismica, dove si è indicato con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², γ (peso di volume) è espresso in kN/m³, mentre ν (coefficiente di Poisson) rappresenta un numero adimensionale.

MODULI DINAMICI PROFILO 1			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	389	1540	2172
Velocità Onde S (m/s):	167	169	327
Modulo di Poisson:	0,39	0,49	0,49
Peso di volume (KN/m³):	16,78	19,08	20,34
Peso di volume (g/cm³):	1,71	1,95	2,07
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	2,50	5,20	13,90
MODULO DI YOUNG DINAMICO E_{din} (Kg/cm²)	1351	1694	6738
MODULO DI YOUNG DINAMICO E_{din} (Mpa o Nmm²)	132	166	661
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G_{din} (Kg/cm²)	48	56	222
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G_{din} (Mpa o Nmm²)	5	5	22

MODULO DI BULK (K) (Kg/cm²) (mod. di incompressibilità di volume)	1993	46327	96844
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm²)	195	4543	9497
MODULO DI YOUNG STATICO E_{stat} (Kg/cm²)	163	204	812
POROSITA' % (correlazione Rzhesvky e Novik (1971) (%))	47,11	36,36	30,45
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm²) (valido per le terre)	259	4614	9787
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm²) (Relazione di Navier)	318	5669	12030
RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m³)	2802	3225	6652
Frequenza dello strato	16,70	8,13	5,88
Periodo dello strato	0,06	0,123	0,170
B (Larghezza fondazione in m.)	1,0	1,0	1,0
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm³)	5,51	5,66	27,62
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm³)	53,99	55,55	270,84
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm³)	2,75	2,83	13,81
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm³)	26,99	27,78	135,42

Prospezione Sismica 2

Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	454	148	0.00	1.70 – 2.10
SISMOSTRATO II	1267	261	1.70 – 2.10	4.40 – 6.80
SISMOSTRATO III	1995	359	indefinito	

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 31 di 40

lettore alla tabella seguente:

Sismostrati	Litologia investigata
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale;
SISMOSTRATO II	Limo argilloso;
SISMOSTRATO III	Argilla debolmente limosa;

Nella tabella sottostante sono indicati i principali parametri elastici ricavati dall'indagine sismica, dove si è indicato con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², γ (peso di volume) è espresso in kN/m³, mentre ν (coefficiente di Poisson) rappresenta un numero adimensionale.

MODULI DINAMICI PROFILO 2			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	454	1267	1995
Velocità Onde S (m/s):	148	261	359
Modulo di Poisson:	0,44	0,48	0,48
Peso di volume (KN/m³):	16,91	18,53	19,99
Peso di volume (g/cm³):	1,72	1,89	2,04
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	1,30	4,60	5,90
MODULO DI YOUNG DINAMICO E_{din} (Kg/cm²)	1110	3883	7952
MODULO DI YOUNG DINAMICO E_{din} (Mpa o Nmm²)	109	381	780
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G_{din} (Kg/cm²)	38	129	263
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G_{din} (Mpa o Nmm²)	4	13	26
MODULO DI BULK (K) (Kg/cm²) (mod. di incompressibilità di volume)	3112	29206	79209



Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 32 di 40

MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm²)	305	2864	7768
MODULO DI YOUNG STATICO E_{stat} (Kg/cm²)	134	468	958
POROSITA' % (correlazione Rzheshvsky e Novik (1971) (%))	46,50	38,91	32,10
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm²) (valido per le terre)	355	3034	8113
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm²) (Relazione di Navier)	437	3729	9973
RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m³)	2502	4837	7176
Frequenza dello strato	28,46	14,18	15,21
Periodo dello strato	0,04	0,070	0,066
B (Larghezza fondazione in m.)	1,0	1,0	1,0
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm³)	4,12	16,08	34,55
Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm³)	40,40	157,66	338,86
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm³)	2,06	8,04	17,28
Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm³)	20,20	78,83	169,43

Moduli Elastici Dinamici

➤ **Rapporto V_p / V_s** - Questo parametro può fornire utili informazioni sullo stato di consolidazione e sulla presenza di gas nei mezzi porosi. Alcuni Autori (Gardner & Harris, 1968) affermano che rapporti maggiori di 2 si riscontrano in presenza di sabbie saturate non consolidate; alti rapporti risultano altresì per terreni incoerenti argillo-limosi ad alto grado di saturazione. Valori inferiori a 2 si registrano in presenza di rocce compatte o sedimenti gas saturati. In rocce saturate tale rapporto risulta dipendente dalla litologia,



Geol. Domenico DEL CONTE
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
 Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

DC20123D-V19

Pagina 33 di 40

dalla quantità e geometria dei pori e dalle microfratture e potrebbe, nota la litologia, fornire indicazioni su questi ultimi due parametri.

➤ **Coefficiente di Poisson Dinamico** - Tra i moduli elastici dinamici tale parametro è l'unico che non necessita della conoscenza della densità per la sua determinazione. E' definito dalla seguente equazione:

$$\nu = 0.5 \cdot \frac{(V_p / V_s)^2 - 2}{(V_p / V_s)^2 - 1}$$

Sebbene in teoria sia considerato stress indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei mezzi porosi risulta stress dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare secondo GREGORY (1976) a valori negativi. I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

➤ **Modulo di Taglio Dinamico** – E' 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. Il campo di variabilità nei mezzi porosi è molto esteso.

➤ **Modulo di Young Dinamico** - E' definito dalla seguente equazione:

$$E = (9 \gamma \cdot V_s^2 \cdot R^2) / (3R^2 + 1)$$

dove:

γ = densità

$$R^2 = K / (\gamma \cdot V_s^2)$$

$$K = \gamma \cdot (V_p^2 - 4/3 V_s^2)$$

Tale modulo dipende dalla porosità, dalla pressione litostatica e dagli altri moduli elastici. Aumenta in misura considerevole quando al campione "dry" a bassa porosità vengono aggiunte piccole quantità di acqua, diminuisce quando un campione ad alta porosità viene sottoposto allo stesso trattamento.



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 34 di 40

I minimi valori del modulo si registrano in litotipi ad alta porosità saturi in gas, mentre i valori massimi si hanno per litotipi sotto pressione saturati in acqua ed a bassa porosità.

Il campo di variabilità è considerevole.

➤ **Modulo di Incompressibilità** - Esso è definito rispetto alle V_p , V_s e densità dalla seguente equazione:

$$K = \gamma \cdot (V_p^2 - 4/3 V_s^2)$$

dove:

γ = densità

Questo Modulo varia con la porosità, con la pressione e con la quantità di fluido saturante. Esso aumenta con il grado di saturazione con il decrescere della porosità e con l'aumentare della pressione. Nelle rocce sedimentarie varia di oltre 30 volte.

➤ **Peso di volume** - ricavato dalla relazione empirica di Tezcan et al. (2009) che lega tale parametro alla velocità di propagazione delle onde P, tenendo conto del tipo di terreno:

$$\gamma = \gamma_0 + 0,002 \cdot V_p$$

Tipo di terreno	Sabbie sciolte, silt e argilla	Sabbie dense e ghiaie	Marne, argilliti e conglomerati	Arenarie fratturate, tufi, scisti	Rocce dure
γ_0 (kN/m ³)	16	17	18	20	24



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

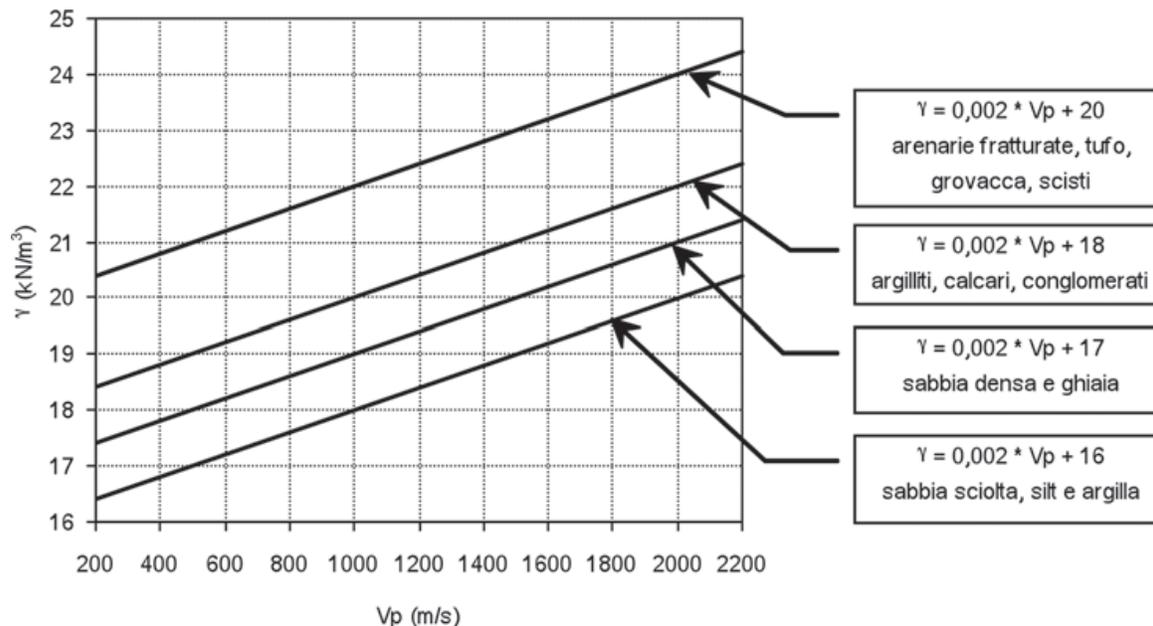
PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 35 di 40



dove γ è la densità espressa in kN/m^3 e V è la velocità delle onde di tipo P (longitudinali o di pressione) espressa in m/s .

➤ **Rigidità sismica (R):**

$$R = \gamma \cdot V_s \text{ (KN/m}^2\text{-sec)}$$

dove γ è la densità espressa in kg/m^3 e V è la velocità delle onde di tipo S (trasversali o di taglio) espressa in m/s .

E' un parametro strettamente legato alla amplificazione sismica locale: infatti l'incidenza dei danni tende a diminuire all'aumentare della rigidità sismica.

5. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI AFFIORANTI

La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni è stata determinata sia da prove di laboratorio sui campioni prelevati in corrispondenza del sondaggio S9, sia da dati di letteratura che contemplano gli stessi litotipi.

A ciascuna delle unità litostratigrafiche sono stati attribuiti i valori delle proprietà fisico-meccaniche che meglio ne descrivono il comportamento globale. In funzione di quanto acquisito nel corso dello studio, di seguito verrà eseguita una parametrizzazione



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 36 di 40

geomeccanica "media" dei litotipi presenti al fine di fornire i parametri caratteristici e i parametri di progetto per le singole unità geotecniche individuate.

Il sottosuolo può pertanto considerarsi costituito dalle seguenti unità geotecniche:

U.G.1: dal p.c. fino a -1.30 /-2.50 m

È costituito da *terreno vegetale limo-argilloso*. Per questo "litotipo" possono essere attribuiti i seguenti parametri

$\gamma = 16.80$	KN/m ³	(peso di volume)
$\varphi = 19$	gradi	(angolo di attrito)
$c = 5.0$	KN/m ²	(coesione)

U.G.2: dal -1.3/-2.5 fino a -5.90 /-7.70 m

È costituito da *limo-argilloso* di colore marrone scuro. Per questo "litotipo" possono essere attribuiti i seguenti parametri

$\gamma = 19.00$	KN/m ³	(peso di volume)
$\varphi = 20$	gradi	(angolo di attrito)
$c = 10.0$	KN/m ²	(coesione)

U.G.3: dal --5.90 /-7.70 fino a 11.8/-15.00 m

È costituito da argilla giallastra molto alterata da debolmente limosa a limosa. Per questo "litotipo" possono essere attribuiti i seguenti parametri

$\gamma = 19.50$	KN/m ³	(peso di volume)
$\varphi = 19 - 21$	gradi	(angolo di attrito)
$c = 10.0 - 18.0$	KN/m ²	(coesione)
$S_r = 99.95$	%	(grado di saturazione)
$I_p = 28.06$	%	(Indice di plasticità)
$P = 42.72$	%	(Porosità)
$w = 27$	%	(contenuto d'acqua)



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 37 di 40

U.G.3: dal -11.8/-15.00 m in poi

È costituito da argilla grigio-azzurra a tratti debolmente alterata. Per questo "litotipo" possono essere attribuiti i seguenti parametri

$\gamma = 19.12$	KN/m ³	(peso di volume)
$\phi = 21 - 25$	gradi	(angolo di attrito)
$c = 19.0 - 25.0$	KN/m ²	(coesione)
$S_r = 99.91$	%	(grado di saturazione)
$I_p = 36$	%	(Indice di plasticità)
$P = 43.76$	%	(Porosità)
$w = 30$	%	(contenuto d'acqua)

6. CONCLUSIONI

Il presente rapporto riferisce le risultanze di una campagna geofisica relativa al: "Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico con potenza di 72.00 MW ricadente nel territorio del comune di Altamura (BA), in località "Lama di Nebbia".

Tali indagini, volte alla determinazione di alcune proprietà fisiche del sottosuolo sono consistite in:

- n. 02 prospezioni sismiche con tecnica MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves);
- n. 02 prospezioni sismiche a rifrazione;

L'analisi dei risultati ottenuti, sintetizzati nelle tabelle innanzi riportate, ha evidenziato per i due profili eseguiti quanto segue:

PROFILO 1

Presenza di terreni superficiali, con spessori variabili da 2.20 a 2.70 m, caratterizzati da velocità alquanto basse ($V_p=389$ m/sec e $V_s=167$ m/sec).

Segue in profondità un sismostrato contraddistinto da $V_p=1540$ m/sec e $V_s=169$ m/sec, fino a profondità variabili da circa 5.80 a 8.70 m.

 <p>Geol. Domenico DEL CONTE Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012 E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it</p>	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA) IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA" RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA	Rev. 0 – Marzo 2021
		DC20123D-V19
		Pagina 38 di 40

Successivamente si rileva la presenza del substrato rifrattore caratterizzato da velocità sensibilmente più alte $V_p=2172$ m/sec e $V_s=327$ m/sec.

Dalla correlazione delle proprietà fisico-dinamiche riscontrate con le litologie che insistono nella zona oggetto di studio, si deduce quanto segue:

Il primo sismostrato ($V_p=389$ m/sec e $V_s=167$ m/sec) è riferibile a **Terreno vegetale;**

Il secondo sismostrato ($V_p=1540$ m/sec e $V_s=169$ m/sec) è riferibile a **Limo argilloso;**

Il terzo sismostrato ($V_p=2172$ m/sec e $V_s=327$ m/sec) è riferibile a **Argilla debolmente limosa;**

PROFILO 2

Presenza di terreni superficiali, con spessori variabili da 1.70 a 2.10 m, caratterizzati da velocità alquanto basse ($V_p=454$ m/sec e $V_s=148$ m/sec).

Segue in profondità un sismostrato contraddistinto da $V_p=1267$ m/sec e $V_s=261$ m/sec, fino a profondità variabili da circa 4.60 a 6.80 m.

Successivamente si rileva la presenza del substrato rifrattore caratterizzato da velocità sensibilmente più alte $V_p=1995$ m/sec e $V_s=359$ m/sec.

Dalla correlazione delle proprietà fisico-dinamiche riscontrate con le litologie che insistono nella zona oggetto di studio, si deduce quanto segue:

Dalla correlazione delle proprietà fisico-dinamiche riscontrate con i risultati litostratigrafici dei sondaggi meccanici eseguiti nell'area oggetto d'indagine, si deduce quanto segue:

Il primo sismostrato ($V_p=454$ m/sec e $V_s=148$ m/sec) è riferibile a **Terreno vegetale;**

Il secondo sismostrato ($V_p=1267$ m/sec e $V_s=261$ m/sec) è riferibile a **Limo argilloso;**

Il terzo sismostrato ($V_p=1995$ m/sec e $V_s=359$ m/sec) è riferibile a **Argilla debolmente limosa;**

Nei casi innanzi esaminati, l'andamento della velocità, aumenta con la profondità. Tuttavia si deve tenere presente che qualunque tecnica di geofisica applicata, ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, della strumentazione adottata e di problematiche incontrate durante l'indagine, che solo l'operatore è in grado di quantificare in modo ottimale. La risoluzione del metodo non consente *precisioni in*



Geol. Domenico DEL CONTE
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)
Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012
E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

Pagina 39 di 40

termini di spessore inferiori al metro e i valori di velocità sono da intendersi come velocità medie all'interno di ciascuna unità geofisica individuata.

Le indagini sismiche eseguite, hanno consentito di determinare le caratteristiche elasto-dinamiche dei terreni investigati e definire la categoria del sottosuolo di fondazione.

Prospezione Masw 1 = Categoria C

Prospezione Masw 2 = Categoria C

Pertanto, con riferimento al piano campagna, sulla base del valore $V_{s,eq}$ il sottosuolo è riferibile alla categoria "C" (tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato), riguarda perciò: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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.

La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni è stata determinata sia da prove di laboratorio sui campioni prelevati in corrispondenza del sondaggio S9, sia da dati di letteratura che contemplano gli stessi litotipi.

Cagnano Varano, Marzo 2021



IL TECNICO

Domenico Del Conte

Geol. Domenico DEL CONTE



GEOAPULIA
geologia - geofisica - ambiente

Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO CON
POTENZA DI 72,00 MW RICADENTE NEL
TERRITORIO DEL COMUNE DI ALTAMURA (BA)
IN LOCALITA' "LAMA DI NEBBIA"

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

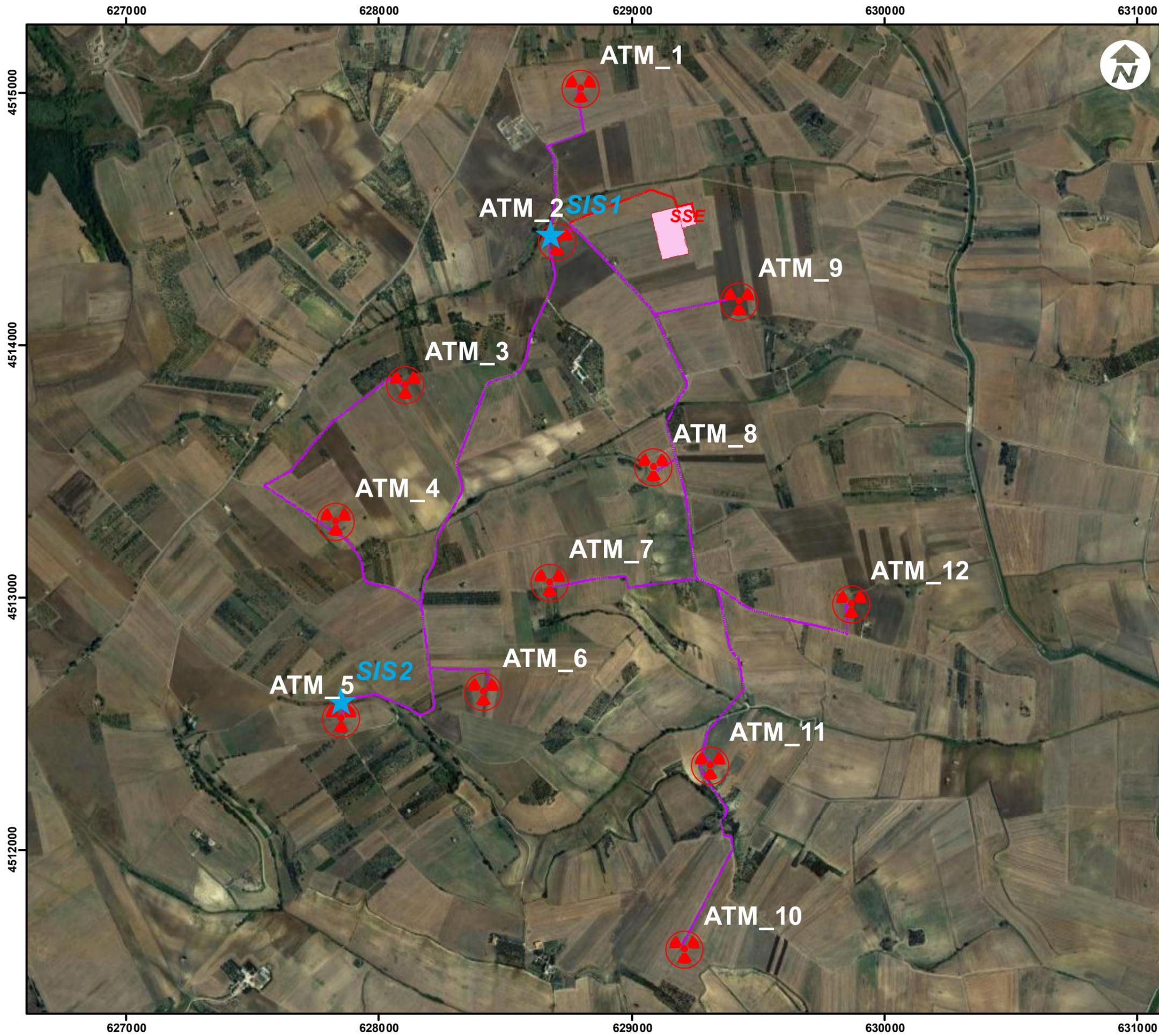
Rev. 0 – Marzo 2021

DC20123D-V19

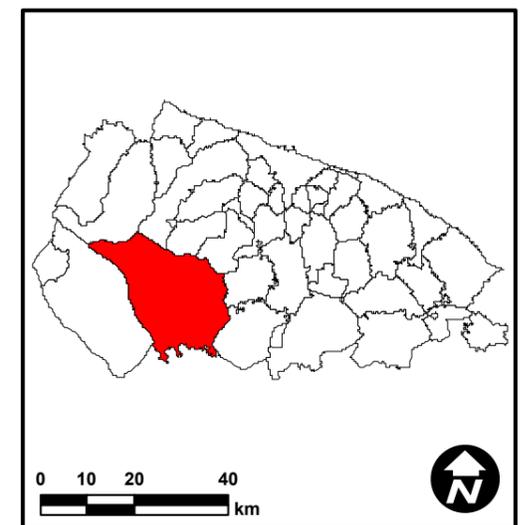
Pagina 40 di 40

ALLEGATI

- Ubicazione Prospezioni geofisiche;
- Dromocrone Onde P;
- Sezioni Sismostratigrafiche;
- Prospezioni Masw;
- Documentazione fotografica.



TAV. XI - UBICAZIONE PROSPEZIONI GEOFISICHE

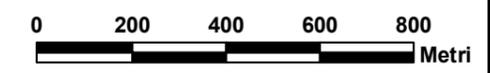


Legenda:

-  AEROGENERATORI
-  CAVIDOTTO INTERNO
-  CAVIDOTTO ESTERNO
-  SSE
-  Pospezioni geofisiche

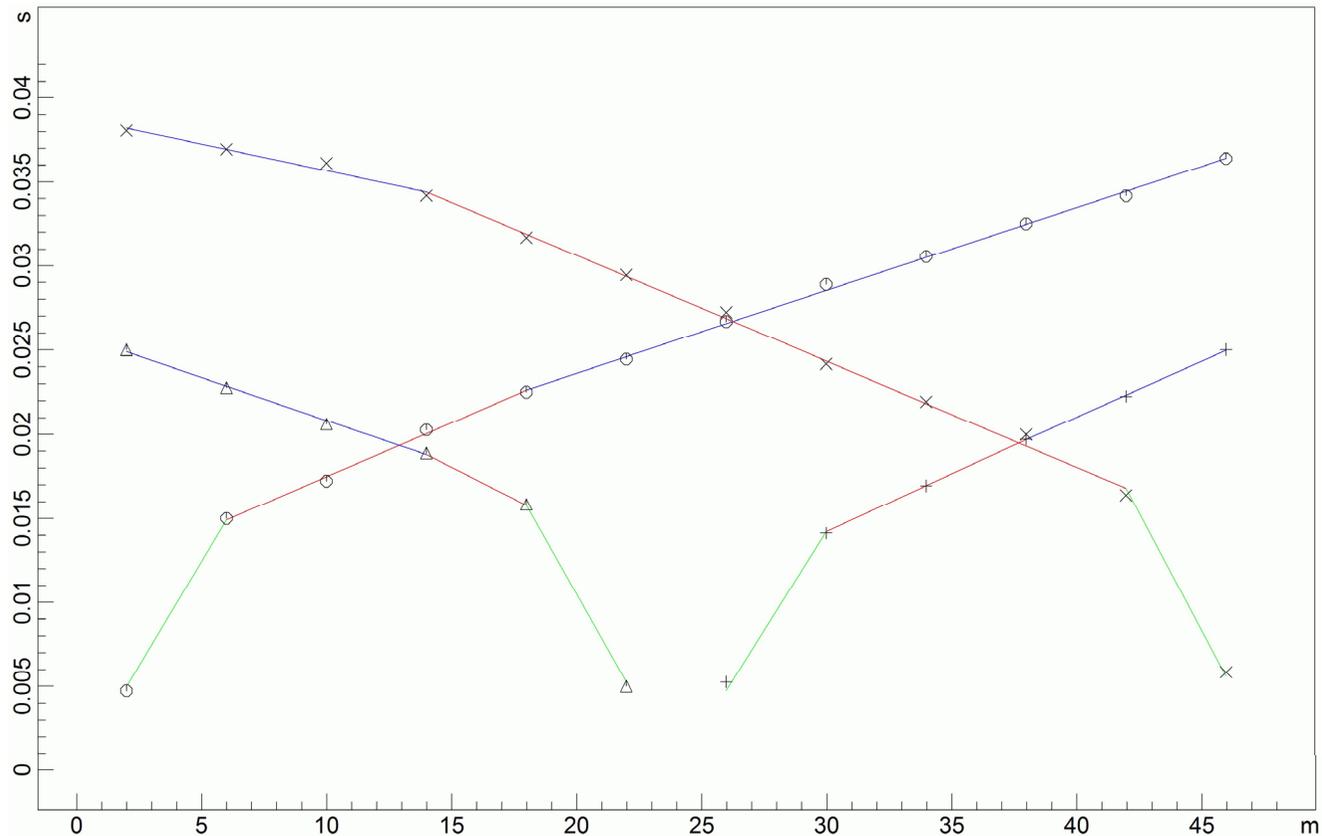
Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 33N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500.000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 15,0000
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter

Scala 1:15000




dott. Domenico Del Conte
geologo

Corso Giannone, 184 - 71010 Cagnano Varano (FG)
 Tel/Fax 0884.89012 - Cell. 329.7160866

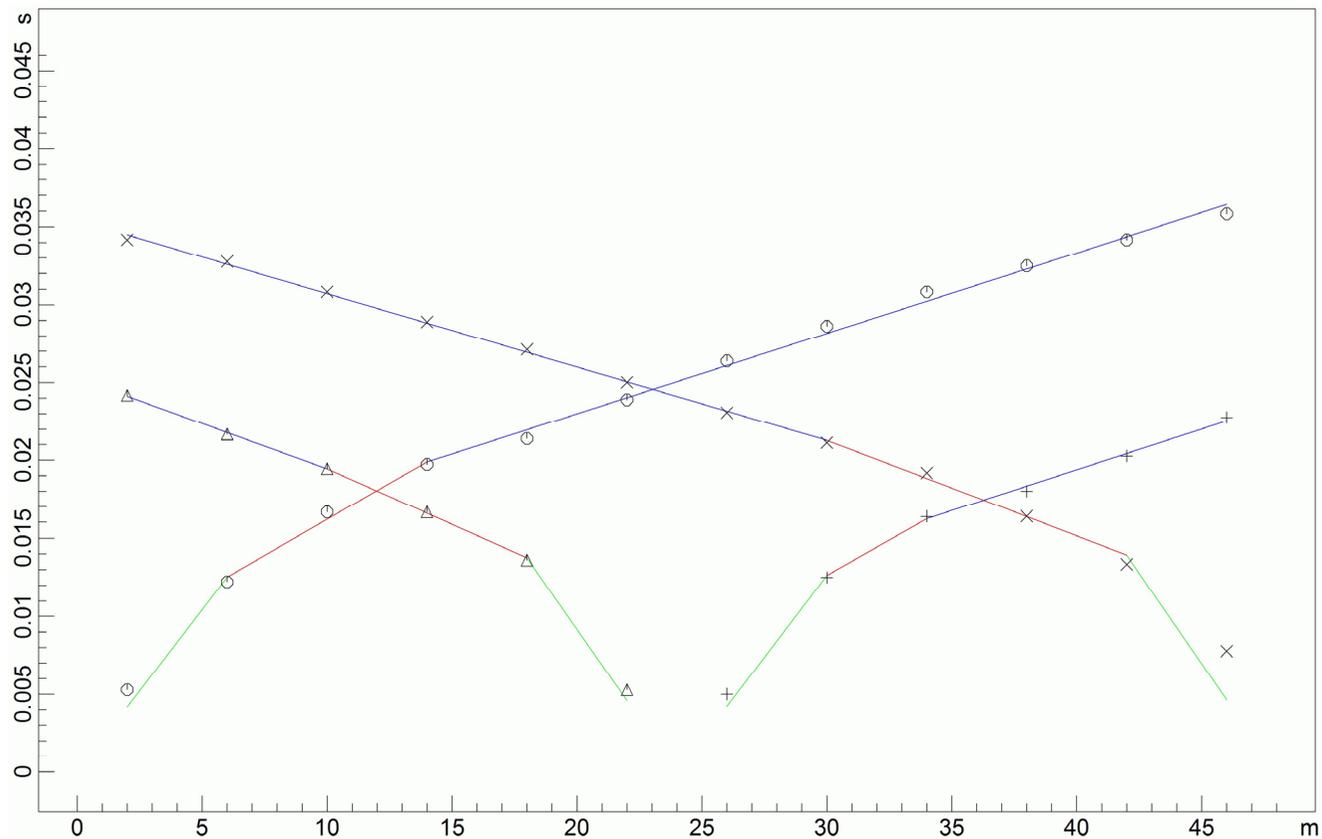


Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

DROMOCRONE ONDE LONGITUDINALI (P) PROFILO 1

A 2

Marzo
 2021



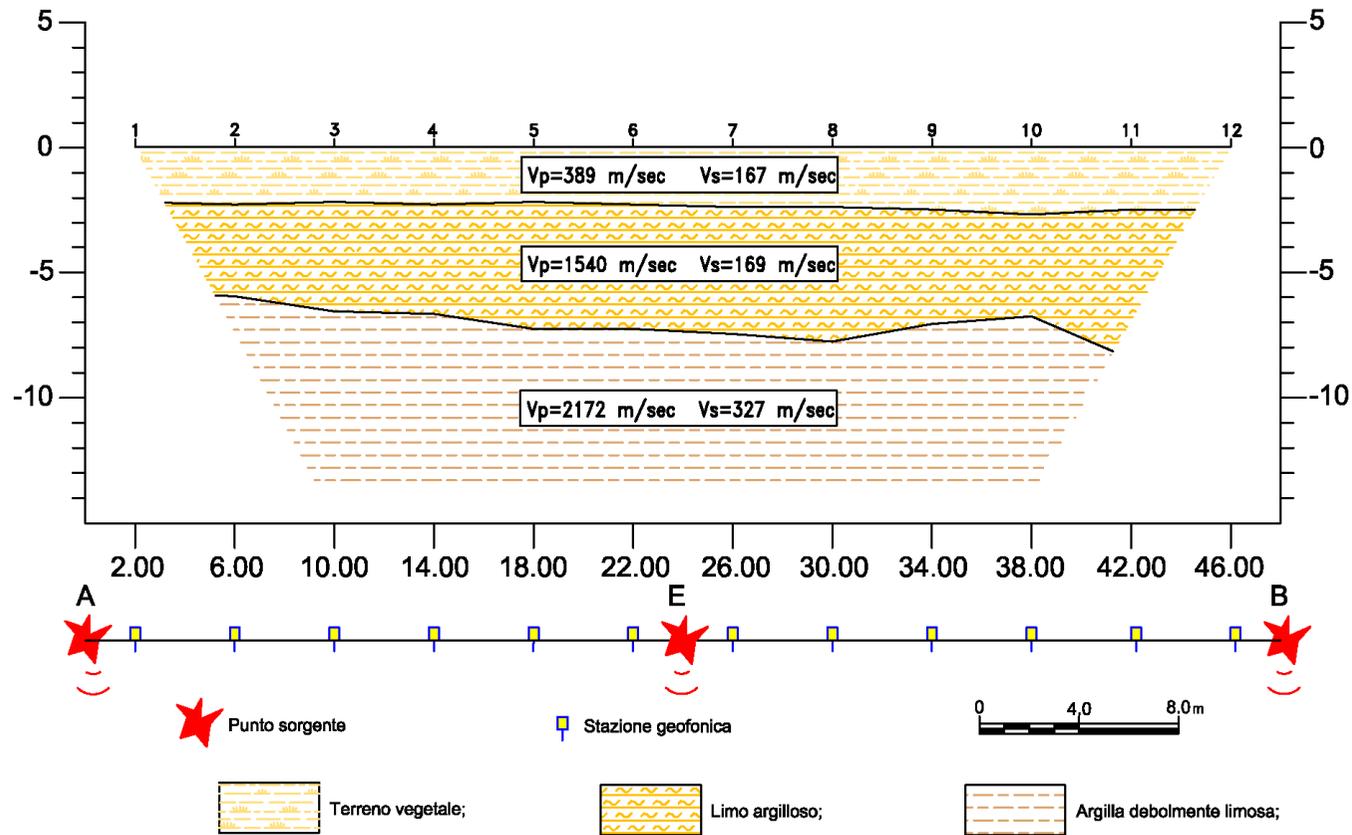
Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

DROMOCRONE ONDE LONGITUDINALI (P) PROFILO 2

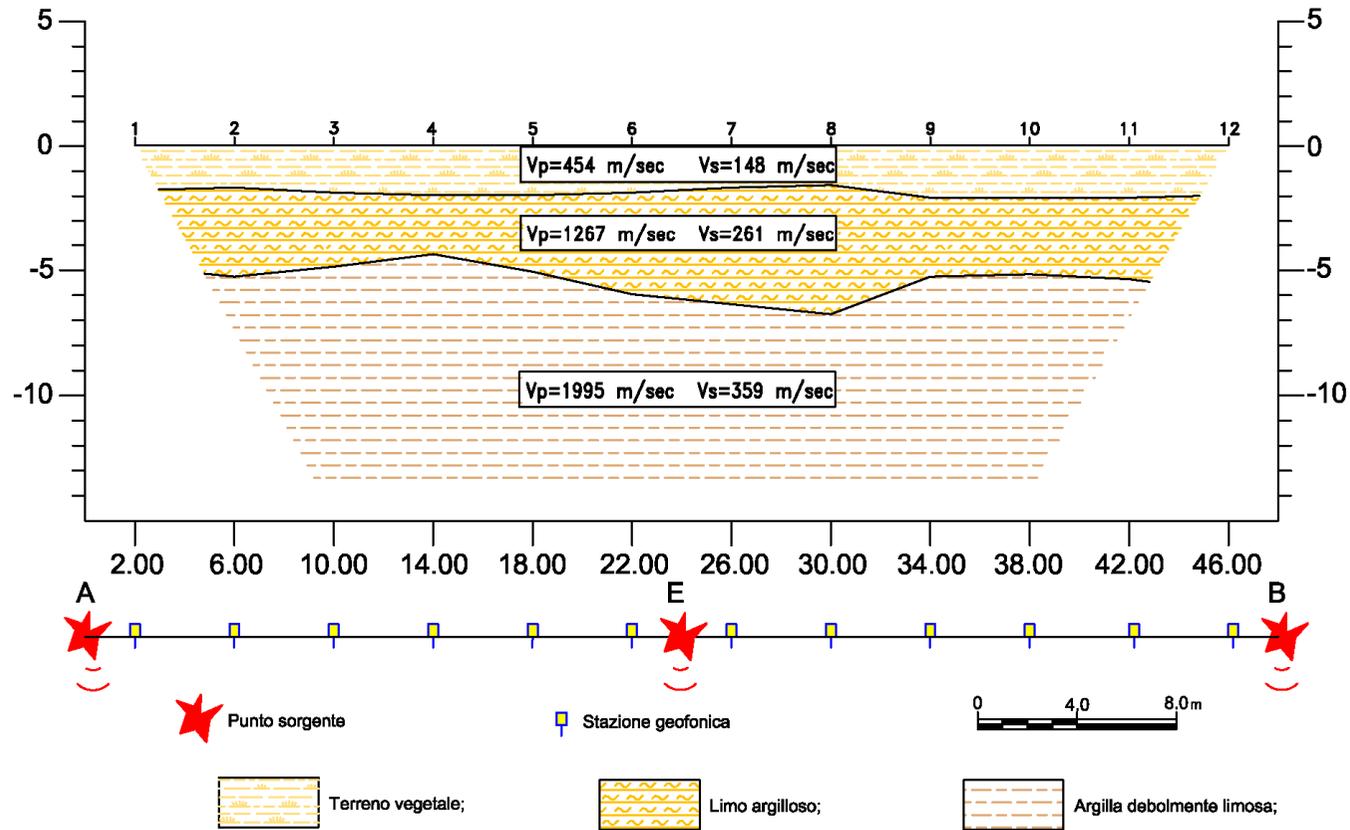
A 3

Marzo
 2021

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 1 "PARCO EOLICO ALTAMURA"

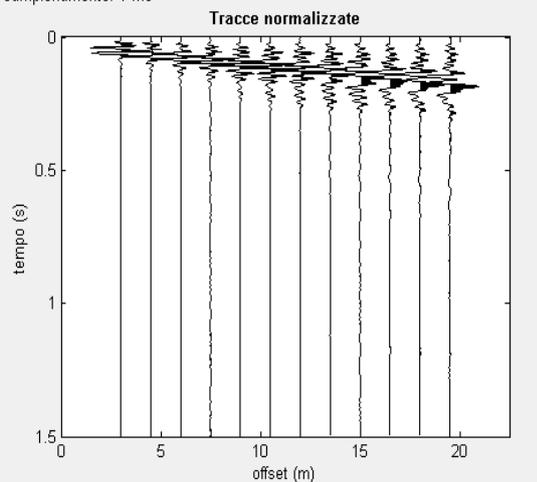


SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 2 "PARCO EOLICO ALTAMURA"



Primo: trattamento dati

dataset: PARCO EOLICO ALTAMURA 1.dat
 offset minimo: 3 m
 distanza intergeofonica: 1.5 m
 campionamento: 1 ms



Utilità: ruota le tracce, movie ?

Selezione dati: Attiva, Selezione: 20, Annulla, Salva



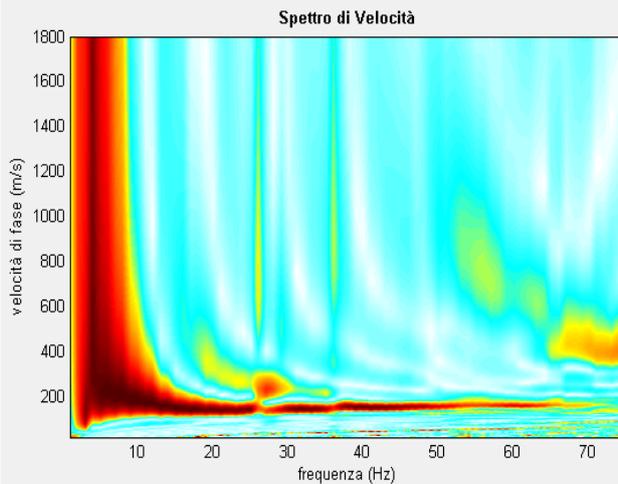
Invia e-mail

ver. 4.0 Standard

Secondo: determinazione spettro di velocità e picking

calcolo spettro di velocità Tau - v

visualizza curve: input curva ?



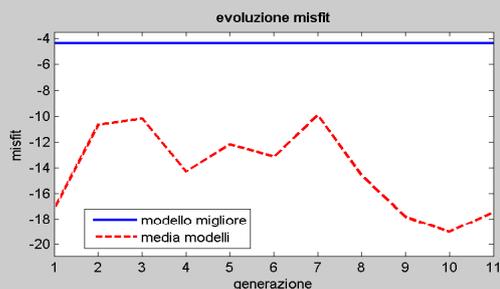
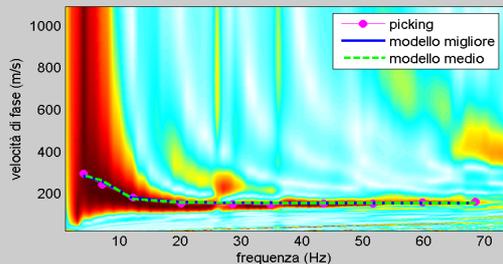
modellazione diretta: parametri, salva modello, carica modello: 3, refresh

picking: selezione modo, seleziona l'ultimo punto del modo utilizzando il tasto destro, salva picking ?, cancella picking

Inverti

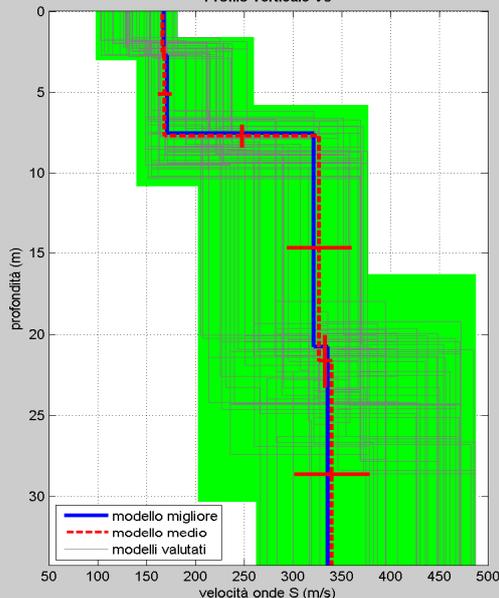
Esci

spettro di velocità e curve di dispersione



www.eliosoft.it

Profilo verticale Vs



dataset: PARCO EOLICO ALTAMURA 1.dat
 curva di dispersione: PARCO EOLICO ALTAMURA 1.cdp
 modello migliore VS30: 266 m/s
 modello medio VS30: 266 m/s



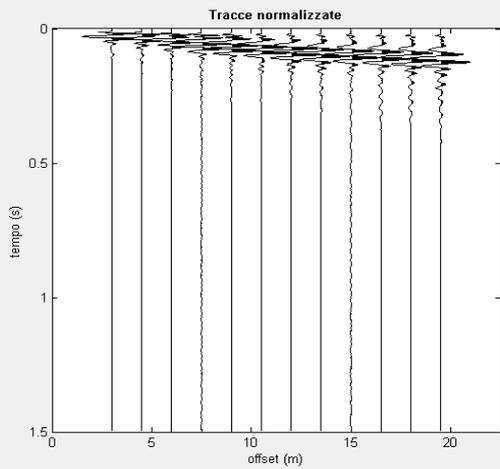
PROSPEZIONE MASW 1

A 6

Marzo 2021

Primo: trattamento dati

dataset: PARCO EOLICO ALTAMURA 2.dat
 offset minimo: 3 m
 distanza intergeofonica: 1.5 m
 campionamento: 1 ms



Utilità

ruota le tracce

movie ?

Selezione dati

Attiva

Selezione 20

Annulla Salva



Invia e-mail

ver. 4.0 Standard

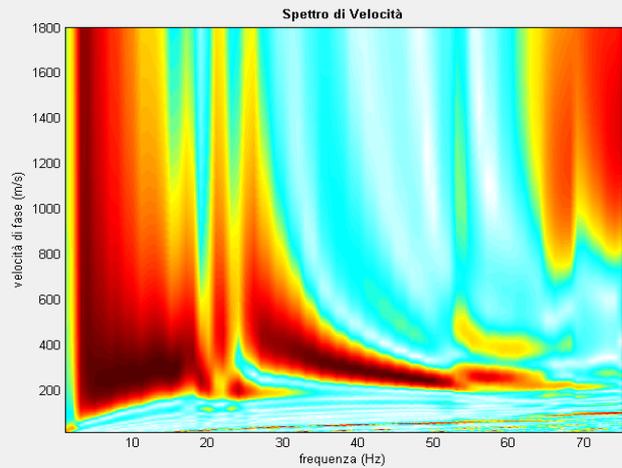
Secondo: determinazione spettro di velocità e picking

calcolo spettro di velocità

Tau - v

visualizza curve

input curva ?



Esplora spettro

modellazione diretta

parametri

salva modello

carica modello

3

? refresh

picking

selezione modo ?

selezionare l'ultimo punto del modo utilizzando il tasto destro

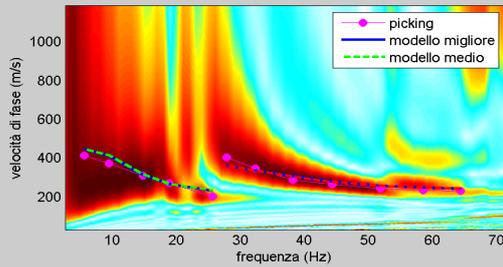
salva picking ?

cancella picking

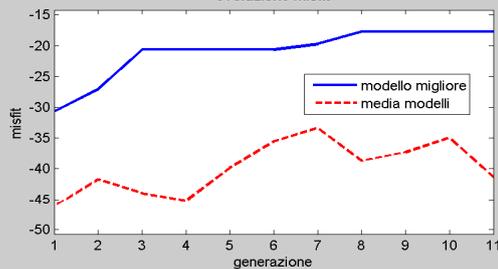
Inverti

Esci

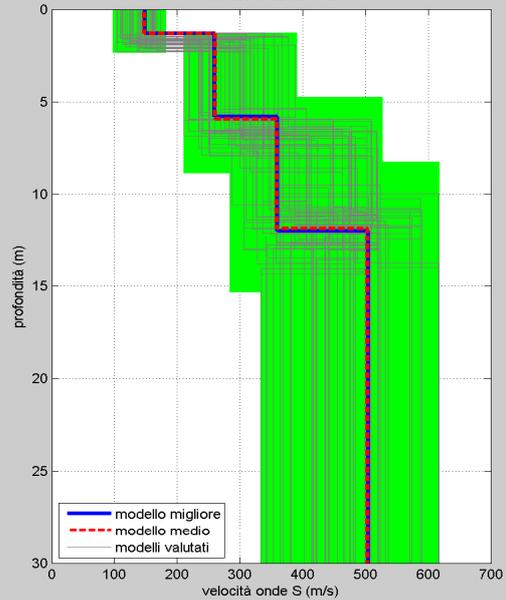
spettro di velocità e curve di dispersione



evoluzione misfit



Profilo verticale Vs



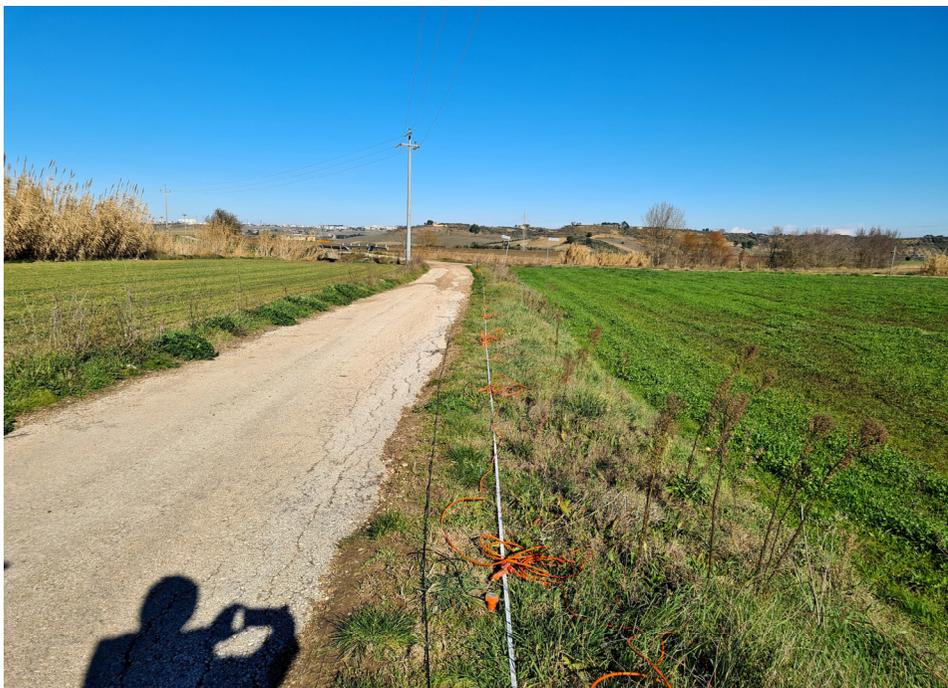
dataset: PARCO EOLICO ALTAMURA 2.dat
 curva di dispersione: PARCO EOLICO ALTAMURA 2.cdp
 modello migliore VS30: 379 m/s
 modello medio VS30: 379 m/s



PROSPEZIONE MASW 2

A 7

Marzo 2021



Prospezione Sismica a Rifrazione 1



Prospezione Masw 1



Geol. Domenico Del Conte
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

A 8

**Marzo
2021**



Prospezione Sismica a Rifrazione 2



Prospezione Masw 2



Geol. Domenico Del Conte
Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

A 9

**Marzo
2021**