

PROGETTO

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN
PARCO EOLICO DENOMINATO "STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

TITOLO

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

| PROGETTAZIONE | PROPONENTE | VISTI |
|--|---|-------|
| <p>- M&M ENGINEERING S.r.l. Sede Operativa: Via I Maggio, n.4 71045 Orta Nova (FG) - Italy tel./fax (+39) 0885791912 - ing.marianomarseglia@gmail.com</p> <p>Responsabile Commessa: ing. Mariano Marseglia</p> <p>Consulente: geol. Domenico DEL CONTE</p>  <p><i>Domenico Del Conte</i></p> | <p>INERGIA S.p.a.</p> <p><small>UNI EN ISO 9001: 2015 UNI EN ISO 14001: 2015 BS OHSAS 18001: 2007</small></p>  <p>Sede Operativa: Via Cola D'Amatrice n.1 63100 ASCOLI PICENO Tel.: 0736/342490 Fax: 0736/341243</p> <p>Sede legale: Via Arno n.21 00198 ROMA Tel.: 06/97746380 Fax: 06/97746381</p> <p>www.inergia.it e-mail: info@inergia.it PEC: direzione.inergia@legalmail.it</p> | |

DATI PROGETTAZIONE

| | | |
|------------------------------------|-------------------------------|--|
| Cod. Progetto 04EOL-2018 | Commessa 180FN-0137 | |
| | | |
| | | |

| | | | | | | |
|------------|----------------------|------------------------------------|-----------|--|----------------|-------------------|
| Scala - | Formato Stampa A4 | Cod. Elaborato EO-SND-PD-GEO-04 | Rev. a | Nome File EO-SND.PD-GEO-04 – Relazione Sismica e Geotecnica.doc | Elaborato 1 | Foglio 1 di 56 |
|------------|----------------------|------------------------------------|-----------|--|----------------|-------------------|

| Rev. | Data | Descrizione | Elaborato | Controllato | Approvato |
|------|------------|-----------------|-----------|---------------|-----------|
| a | 08/07/2019 | Prima Emissione | Marseglia | A. Corradetti | Caioli |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 1 di 46

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN
PARCO EOLICO DENOMINATO "STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)
RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA**

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 2 di 46

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE**
- 3. ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO**
- 4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA**
- 5. CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO ALL'INTERNO DEL PARCO EOLICO**
- 6. INDAGINI GEOFISICHE MEDIANTE PROSPEZIONE MASW E SISMICA A RIFRAZIONE**
- 7. CONCLUSIONI**



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 3 di 46

1. PREMESSA

Il presente rapporto è stato redatto a supporto del progetto per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **INERGIA S.p.A.** con sede legale in Roma, Via Arno n. 21.

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 11 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 5,6 MW per una potenza complessiva di 61,60 MW, da realizzarsi nella Provincia di Foggia, nel territorio comunale di Stornara, in cui insistono gli aerogeneratori e le opere di connessione alla RTN.





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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 4 di 46

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Cartograficamente le opere di che trattasi ricadono nelle seguenti aree:

- Foglio 175 "Cerignola" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000;
- Foglio 422 "Cerignola" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000;
- Tavoletta "Stazione di Orta Nova" 164 II SO, scala 1:25000 edita dall'I.G.M;
- Carta Tecnica Regionale della Puglia – Elementi nn. 422063 – 422062 – 422101, in scala 1.5000;

- Fogli catastali Comune di Stornara:

- Foglio N. 1 (p.lla 12 – Aerogeneratore WTG1);*
- Foglio N. 1 (p.lla 22 – Aerogeneratore WTG2);*
- Foglio N. 3 (p.lla 8 – Aerogeneratore WTG3);*
- Foglio N. 6 (p.lla 507 – Aerogeneratore WTG4);*
- Foglio N. 4 (p.lla 29 – Aerogeneratore WTG5);*
- Foglio N. 2 (p.lla 59 – Aerogeneratore WTG6);*
- Foglio N. 8 (p.lla 198 – Aerogeneratore WTG7);*
- Foglio N. 9 (p.lla 7 – Aerogeneratore WTG8);*
- Foglio N. 12 (p.lla 165 – Aerogeneratore WTG9);*
- Foglio N. 12 (p.lla 78 – Aerogeneratore WTG10)*
- Foglio N. 13 (p.lla 260 – Aerogeneratore WTG11);*

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

| COORDINATE UTM 33 WGS84 | | |
|-------------------------|--------|---------|
| WTG | E | N |
| 1 | 563644 | 4574674 |
| 2 | 563486 | 4573881 |
| 3 | 562774 | 4573467 |
| 4 | 563513 | 4572857 |
| 5 | 564323 | 4573914 |
| 6 | 565484 | 4574083 |
| 7 | 565020 | 4573096 |
| 8 | 566511 | 4573443 |
| 9 | 566250 | 4572742 |
| 10 | 567517 | 4572358 |
| 11 | 568114 | 4571029 |



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 DENOMINATO
 "STORNARA NORD"
 NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

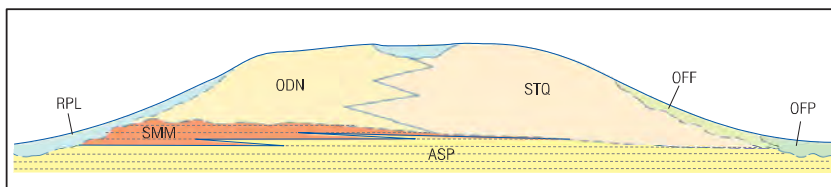
Rev. 0
 Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
 GEO-04**

Pagina 5 di 46

Topograficamente le aree oggetto di studio presentano quote variabili da circa 70 m s.l.m. (in corrispondenza della turbina WTG1) a 88 m s.l.m. (in corrispondenza delle turbine WTG8, WTG9, WTG10, WTG11).


Geologicamente l'area del Foglio 422 "Cerignola" è caratterizzata dalla presenza di depositi recenti che vanno dal Pleistocene inferiore all'Olocene. All'interno di questi sedimenti è stato possibile individuare, sia in affioramento che in perforazione, importanti superfici di discontinuità, che hanno costituito la base per la suddivisione del record sedimentario in unità stratigrafiche a limiti inconformi di diverso rango gerarchico (SALVADOR, 1987, 1994) ed hanno permesso l'elaborazione dello schema stratigrafico riportato in seguito.



Schema dei rapporti stratigrafici

| Età | | Nome | sigla | Autori precedenti | |
|---------------------------------|--|--|---|------------------------------|----------------------------|
| Olocene | Unità non distinte in base al bacino di appartenenza | depositi antropici | h | Non distinti | |
| | | depositi alluvionali attuali | b | Alluvioni recenti ed attuali | |
| | | coltre eluvio-colluviale | b ₂ | Non distinte | |
| | | depositi palustri | e ₃ | Non distinte | |
| Pleistocene superiore - Olocene | SUPERSINTEMA DEL FIUME OFANTO (OF) | sintema di Posta Ofanto | | OFF | Alluvioni terrazzate |
| | | sintema di Fontana Figura | subsintema di Salve Regina | OFF ₂ | Alluvioni terrazzate |
| | | | subsintema di Masseria Pignatella | OFF ₁ | |
| | SUPERSINTEMA DEL TAVOLIERE DI PUGLIA (TP) | sintema dei Torrenti Carapelle e Cervaro | subsintema delle Marane La Pidocchiosa - Castello | RPL ₃ | Alluvioni terrazzate |
| | | | subsintema di Masseria Torricelli | RPL ₂ | |
| | | | subsintema dell'Incoronata | RPL ₁ | |
| Pleistocene inferiore - medio | UNITÀ DELL'AVANFOSSA BRADANICA | sintema di Cerignola | sabbie di Torre Quarto | STQ | Depositi Marini Terrazzati |
| | | | conglomerati di Ordonà | ODN | |
| | | argille subappennine | | ASP | argille subappennine |

Quadro delle unità stratigrafiche del Foglio Cerignola.

| | | |
|---|---|---|
|  <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 DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 6 di 46 |

La prima importante discontinuità separa le argille subappennine (ASP) e le sabbie di Monte Marano Auct.1, largamente affioranti nella Fossa Bradanica (AZZAROLI et alii, 1968a, CANTELLI 1960, RICCHETTI 1967), dai depositi sabbioso- conglomeratici in facies marina e continentale ascrivibili al Pleistocene medio e che costituiscono la gran parte dei terreni affioranti nell'area del Foglio "Cerignola". Tali depositi, che costituiscono due unità litostratigrafiche eteropiche (ODN e STQ), sono stati raggruppati nel sintema di Cerignola (RGL).

Le argille subappennine (ASP) e le sabbie di Monte Marano Auct. (SMM) unitamente al sintema di Cerignola (RGL) sono state incluse nelle Unità dell'Avanfossa Bradanica, poiché questi terreni si sono depositati in un contesto di sollevamento regionale e superficializzazione del bacino di avanfossa.


A tetto del sintema di Cerignola (RGL) sono state riconosciute due superfici a limiti inconformi di tipo erosivo e di importanza regionale: la prima, riconoscibile nei quadranti sud-orientali del Foglio, separa i depositi del sintema di Cerignola (RGL) dai depositi alluvionali del Fiume Ofanto raggruppati nel supersintema del Fiume Ofanto (OF). La seconda superficie inconforme, riconoscibile nella restante parte del Foglio, costituisce la base del supersintema del Tavoliere di Puglia (TP) che raggruppa i depositi alluvionali ricadenti nel bacino idrografico del Torrente Carapelle. Entrambi i supersintemi includono al loro interno sintemi e subsintemi individuati sulla base del riconoscimento di superfici inconformi di carattere locale. L'attribuzione dei depositi alluvionali del Fiume Ofanto e del Torrente Carapelle a supersintemi si è resa necessaria a causa dell'importanza regionale delle discontinuità e dopo un coordinamento con i fogli limitrofi.

Tutte le unità stratigrafiche sopra descritte sono ricoperte in modo discontinuo da depositi alluvionali attuali (b), da depositi eluvio-colluviali (b2), da depositi palustri (e3) e depositi antropici (h), ascrivibili all'Olocene. Tali depositi sono stati cartografati come "Unità non distinte in base al bacino di appartenenza" e per essi si è mantenuto il criterio litostratigrafico che ne ha guidato il riconoscimento e la suddivisione.

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

-Sabbie di Torre Quarto (STQ)

Si tratta prevalentemente di sabbie di colore giallastro, in genere poco cementate, in strati di spessore variabile da pochi centimetri fino a 50 centimetri, con intercalazioni arenitiche, marnose e

| | | |
|---|---|--|
|  <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 DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 7 di 46 |

argilloso-siltose; raramente sono presenti orizzonti costituiti da ciottoli di piccole dimensioni in abbondante matrice sabbiosa. Gli spessori, desumibili dai dati di perforazione, sono di norma compresi fra 25 e 30 metri; il valore massimo, di 55 metri, è raggiunto nella parte settentrionale del Foglio.

Le sabbie sono laminate con intervalli a laminazione piano parallela ed intervalli con set di lamine a stratificazione incrociata con *ripple* asimmetrici da correnti trattive. Nelle sabbie sono diffusi i fenomeni di bioturbazione.

Nella parte alta della successione, localmente si rinvencono sabbie rossastre grossolane con laminazione incrociata concava a feston la cui stratificazione spesso è marcata da sottili livelli di paleosuolo.

La base di questa unità litostratigrafica è una superficie di erosione sulle sabbie di Monte Marano Auct. e le argille subappennine (ASP), mentre il tetto coincide a luoghi con la base dei depositi fluviali del Fiume Ofanto, del Torrente Carapelle e con la base delle coperture continentali oloceniche. Lo spessore complessivo del deposito ricavato da dati di perforazione è di circa 30 metri.


- *Subsistema dell'Incoronata (RPL₁)*

Si tratta di depositi sabbiosi con intercalazioni di livelli argilloso-limosi e ghiaiosi, questi ultimi disposti principalmente alla base della successione alluvionale. Il limite inferiore è rappresentato da una superficie di erosione sulle sottostanti sabbie di Torre Quarto (STQ), mentre il limite superiore coincide con i depositi alluvionali riferiti al subsistema delle Marane La Pidocchiosa - Castello (RPL3).

I depositi appartenenti al subsistema dell'Incoronata sono sopraelevati di pochi metri rispetto all'alveo attuale ed hanno uno spessore che può raggiungere i 5-10 metri circa. Gli affioramenti sono rari e sono localizzati in corrispondenza di modesti solchi di erosione a nord del Torrente Carapelle e in corrispondenza di scavi per fondazioni osservati nel centro abitato di Carapelle.

- *Subsistema di Masseria Torricelli (RPL₂)*

Questi sedimenti testimoniano l'attività fluviale di corsi d'acqua estinti di cui oggi rimangono le testimonianze morfologiche e il deposito alluvionale stesso. Si tratta prevalentemente di sedimenti sabbioso-limosi con rari livelli ghiaiosi e argilloso-limosi. I ciottoli sono di piccole e medie dimensioni ben arrotondati. Le facies fini sono state rilevate principalmente in corrispondenza di zone

| | | |
|---|---|---|
|  <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 DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 8 di 46 |

morfologicamente più depresse situate in località La Luparella nella parte settentrionale del Foglio ed in prossimità della stazione di Cerignola.

Il contatto basale è di tipo inconforme sul substrato costituito dal sintema di Cerignola (RGL), mentre a tetto l'unità è limitata dal subsintema delle Marane La Pidocchiosa - Castello (RPL3). Lo spessore non supera i 10 metri.

Anche in questo caso gli affioramenti veri e propri sono scarsi ovvero limitati a pochi tagli stradali e molte indicazioni sulle caratteristiche di questi depositi sono state ricavate dall'analisi delle stratigrafie di pozzi.


- Subsintema delle Marane La Pidocchiosa - Castello (RPL₃)

Si tratta di depositi ghiaioso-sabbioso-limosi, localmente a stratificazione incrociata concava e obliqua. Queste alluvioni sono legate all'attività di una serie di corsi d'acqua affluenti di destra del Torrente Carapelle (il principale è la Marana La Pidocchiosa) e della Marana Castello con il suo affluente Fosso La Pila, che, attraverso opere di canalizzazione, sbocca a mare tra la foce del Fiume Ofanto e quella del Torrente Carapelle, dopo aver attraversato la depressione oggi occupata dalle saline di Margherita di Savoia.

La tessitura prevalente del deposito dipende dal substrato inciso dal corso d'acqua. A sud, pertanto, prevalgono le facies ghiaiose, mentre a nord, prevalgono le facies sabbioso-limose. In località La Lupara, a circa 13 km a nord dell'abitato di Cerignola, in corrispondenza di zone di alluvionamento recente, si assiste alla presenza di sedimenti fini con livelli scuri ricchi in sostanza organica a testimonianza di prolungati ristagni d'acqua.

Il limite inferiore del deposito è una superficie di tipo inconforme sul sintema di Cerignola (RGL) e sui depositi alluvionali più antichi (RPL₁ e RPL₂) mentre il limite superiore coincide con la superficie topografica. Lo spessore massimo dell'unità, desunto da dati di perforazione è di circa 25-30 metri.

In località Marrella, in corrispondenza di un taglio artificiale relativo alla canalizzazione della Marana Castello, è stata studiata una piccola sezione di circa 2 metri. La base è costituita da un silt limoso biancastro ricco di fauna di acqua dolce *Bithynia leachi* (SHEPPARD) e *Planorbis planorbis*, maggiormente concentrati in livelli o nidi. Al di sopra è presente un orizzonte di alcuni decimetri costituito interamente da pomici di colore grigio chiaro. Il deposito piroclastico mostra nella parte alta i caratteri di accumulo da dilavamento areale. Indicazioni di età relative al subsintema delle Marane La Pidocchiosa - Castello sono fornite da una datazione assoluta (tipo AMS) effettuata su un

| | | |
|---|---|--|
|  <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 DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 9 di 46 |

esemplare di B. leachi che ha fornito un'età radio-carbonio di 4150 ± 40 anni BP e dall'episodio piroclastico riconducibile all'eruzione vesuviana di Avellino. Per le Pomici di Avellino le numerose datazioni radiometriche disponibili in letteratura coprono un intervallo di età compreso tra circa 3500 e 3600 anni dal presente (DELIBRAS et alii, 1979; VOGEL et alii, 1990; ROLANDI et alii, 1998; TERRASSI et alii, 1999; ALBORE LIVADIE et alii, 1998; ANDRONICO et alii, 1995). Nel Tavoliere la presenza di materiali attribuibili con certezza all'eruzione di Avellino è già stata accertata nei sedimenti lagunari ai piedi dell'insediamento archeologico di Coppa Navigata, ai bordi della ex laguna di Salpi (CALDARA et alii, 2001; 2003). Non deve, quindi, meravigliare il ritrovamento di questi depositi nella Marana del Castello, in quanto questo canale altro non è che un affluente dell'antica ampia laguna di Salpi.

- Coltre eluvio-colluviale (b_2)

Si tratta di depositi costituiti da sedimenti fini massivi a clasti eterometrici localmente stratificati, di colore marroncino a luoghi tendenti al rossastro. Sono distribuiti in tutta l'area rilevata e si localizzano principalmente nelle zone di basso morfologico e alla base dei modesti versanti che caratterizzano l'area del Foglio "Cerignola". La superficie inferiore inconforme è in appoggio sul sistema di Cerignola mentre il tetto è rappresentato dalla superficie topografica. Lo spessore varia da pochi metri a 5-6 metri in funzione della morfologia del substrato. Questi sedimenti derivano da ruscellamento di acque non incanalate e da alterazione in posto di sedimenti sabbiosi e conglomeratici.

*Per le considerazioni su menzionate e per le caratteristiche dei litotipi che insistono nell'area oggetto di studio, questi ultimi rientrano nelle **Sabbie di Torre Quarto (STQ)**, relativamente agli aerogeneratori **WTG1, WTG2, WTG3, WTG4, WTG6, WTG7, WTG8, WTG10**. Gli aerogeneratori **WTG5, WTG11** e la **SSE** rientrano nel **Subsistema delle Marane La Pidocchiosa-Castello (RPL₃)**. Relativamente all'aerogeneratore **WTG9**, esso ricade nella **Coltre eluvio-colluviale (b_2)**.*

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'elemento morfologico più significativo del Foglio 422 "Cerignola" è rappresentato da una superficie subpianeggiante, debolmente inclinata verso nord-est, solcata da alcuni corsi d'acqua minori localmente chiamati "marane". Questo ripiano, compreso fra le valli del Fiume Ofanto e del Torrente



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

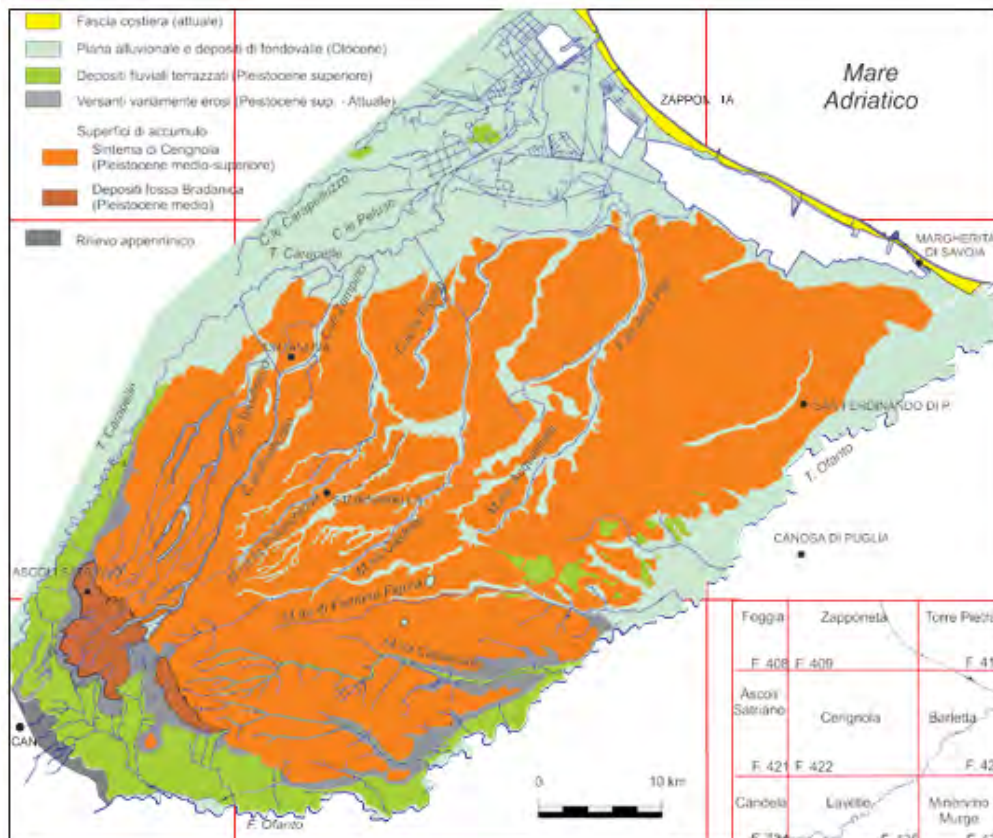
RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 10 di 46

Carapelle, fa parte di una vasta superficie che si estende da Ascoli Satriano fino al Golfo di Manfredonia, quasi a raccordare il rilievo appenninico alla piana costiera attuale.



Schema geomorfologico

La morfologia è quella tipica del Tavoliere delle Puglie, caratterizzata da una serie di superfici pianeggianti, più o meno estese, interrotte dai principali corsi d'acqua (Torrente Cervaro, Torrente Candelaro, Torrente Carapelle, Torrente Celone) e da locali canali e/o marane a deflusso spiccatamente stagionale, e degradanti con deboli pendenze verso la linea di costa adriatica. In tali aree l'evoluzione dei caratteri morfologici è stata evidentemente condizionata dalla natura del substrato geologico presente; gli affioramenti topograficamente più elevati, in corrispondenza dei quali spesso sorgono i centri urbani, sono caratterizzati dalla presenza di una litologia più resistente all'azione modellatrice degli agenti esogeni, al contrario le aree più depresse sono la testimonianza di una litologia meno competente e quindi più facilmente modellabile.



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

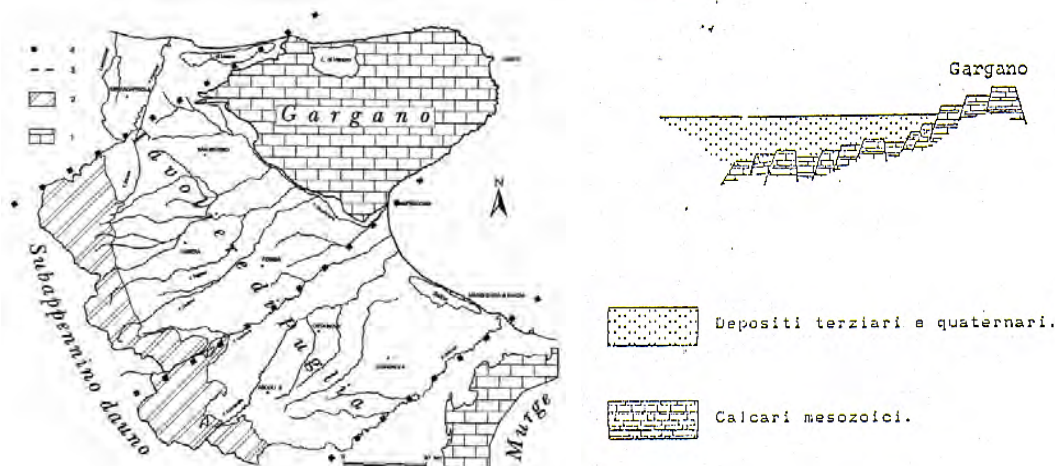
cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 11 di 46

Nel complesso l'area di progetto non è interessata dalla presenza di fenomeni erosivi in senso lato né è soggetta a rapida evoluzione e rimodellamento morfologico (inteso esclusivamente in termini di agenti esogeni naturali), in quanto questo si esercita in forma marginale ed attenuata e del tutto trascurabile ai fini degli interventi previsti.

4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA

Il distretto centrale della provincia di Foggia può essere diviso in tre unità geo-tettoniche differenti: la Catena contraddistinta dall'Appennino Flyscioide Dauno, dall'Avampaese caratterizzato dal Promontorio Calcareo-Dolomitico del Gargano; ed infine, posta tra queste due unità, vi è l'Avanfossa indicata nella piana alluvionale caratterizzante l'esteso Tavoliere Pugliese centrale.



– Schema strutturale della provincia di Foggia. Legenda: 1) Calcari della Piattaforma Carbonatica Apula; 2) Flysch del subappennino dauno; 3) limiti tra le parti: settentrionale, centrale e meridionale del Tavoliere

Il Tavoliere rappresenta localmente l'Avanfossa. In essa all'ingressione marina ha fatto seguito, con il Pleistocene Inferiore, un sollevamento progressivo e differenziato delle zone interne, contraddistinte da terreni sabbioso-conglomeratici in facies regressiva e morfologicamente da una serie di estesi terrazzi. Nella piana si rinvengono, inoltre, ghiaie, sabbie ed argille di origine alluvionale.

Tale potente sedimentazione alluvionale copre quelle che sono le forme strutturali profonde dotando tali terreni Plio-Pleistocenici di una tettonica di superficie molto semplice con una leggera



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 12 di 46

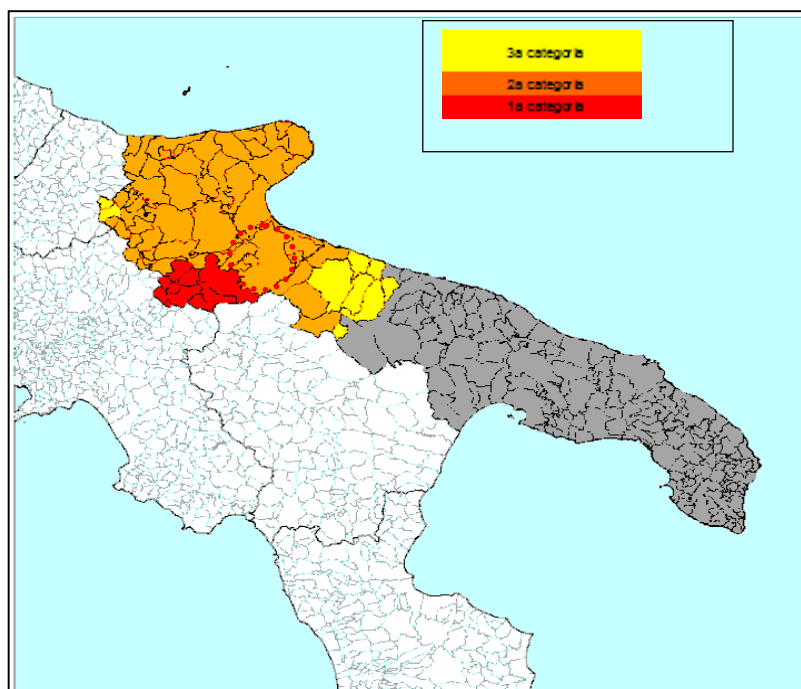
inclinazione verso NE ed E. Non sono stati notati contatti tettonici superficiali né altre discontinuità strutturali. Sia le sabbie che i limi non presentano grandi deformazioni.

La giacitura delle sabbie e delle argille marnose, come poc'anzi detto, è suborizzontale, immergendo verso NORD-NORDEST con inclinazione di circa 5°.

I terreni d'impalcatura (Calcari del Cretacico) sono interessati da alti e bassi strutturali originati da faglie di direzione appenninica e parallele alla faglia marginale del Gargano (Faglia del Candelaro), la quale, ancora attiva, è ritenuta sede di alcuni terremoti che hanno interessato la regione.

L'area in oggetto è considerata prevalentemente a medio rischio sismico, per cui rientra in **Zona 2**.

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 2 (medio Rischio) corrispondente ad un grado di sismicità pari a $S=9$, 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



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 DENOMINATO
 "STORNARA NORD"
 NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
 Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
 GEO-04**

Pagina 13 di 46

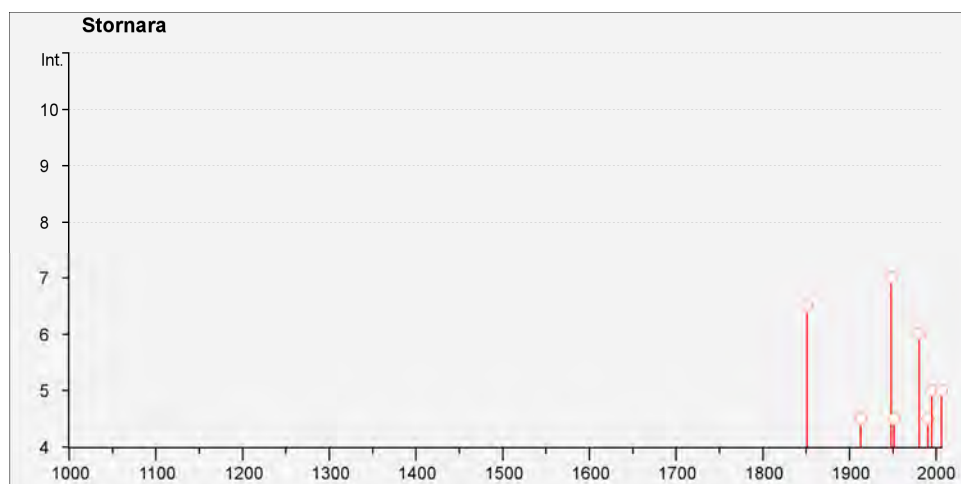
da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014. L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, 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 STORNARA:

| Effetti | in occasione del terremoto del | | | | |
|-----------|--------------------------------|-------------------------|------|-----|-----------------|
| Intensity | Year Mo Da Ho Mi Se | Epicentral area | NMDP | Io | Mw |
| 6-7 | 1851 08 14 13:20 | Basilicata | 103 | 10 | 6.38 \pm 0.17 |
| 4-5 | 1913 10 04 18:26 | Matese | 205 | 7-8 | 5.37 \pm 0.11 |
| 7 | 1948 08 18 21:12:25 | Puglia settentrionale | 59 | 7-8 | 5.64 \pm 0.21 |
| 4-5 | 1951 01 16 01:11:48 | Gargano | 73 | 7 | 5.35 \pm 0.20 |
| 3-4 | 1954 10 26 02:25:55 | Gargano | 8 | 4-5 | 4.75 \pm 0.30 |
| 2 | 1955 02 09 10:06:57 | MONTE S.ANGELO | 31 | 6-7 | 5.09 \pm 0.33 |
| 2 | 1956 01 09 00:44 | GRASSANO | 45 | 6 | 4.88 \pm 0.20 |
| 6 | 1980 11 23 18:34:52 | Irpinia-Basilicata | 1394 | 10 | 6.89 \pm 0.09 |
| NF | 1988 04 26 00:53:44 | Adriatico centrale | 78 | | 5.39 \pm 0.09 |
| 4-5 | 1990 05 05 07:21:22 | Potentino | 1374 | | 5.80 \pm 0.09 |
| 3-4 | 1991 05 26 12:26:01 | Potentino | 597 | 7 | 5.11 \pm 0.09 |
| 5 | 1995 09 30 10:14:34 | Gargano | 145 | 6 | 5.18 \pm 0.09 |
| NF | 1996 04 03 13:04:36 | Irpinia | 557 | 6 | 4.93 \pm 0.09 |
| 5 | 2006 05 29 02:20:06 | Promontorio del Gargano | 384 | 5-6 | 4.63 \pm 0.09 |

Tabella dei terremoti più significativi che hanno interessato il territorio di Stornara (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> | PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 14 di 46 |

La proposta G.d.I. 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 Stornara** i seguenti parametri:

| Codice ISTAT 2001 | Classificazione 2003 |
|-------------------|----------------------|
| 160 71054 | Zona 2 |

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 |

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 0,150 e 0,175



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

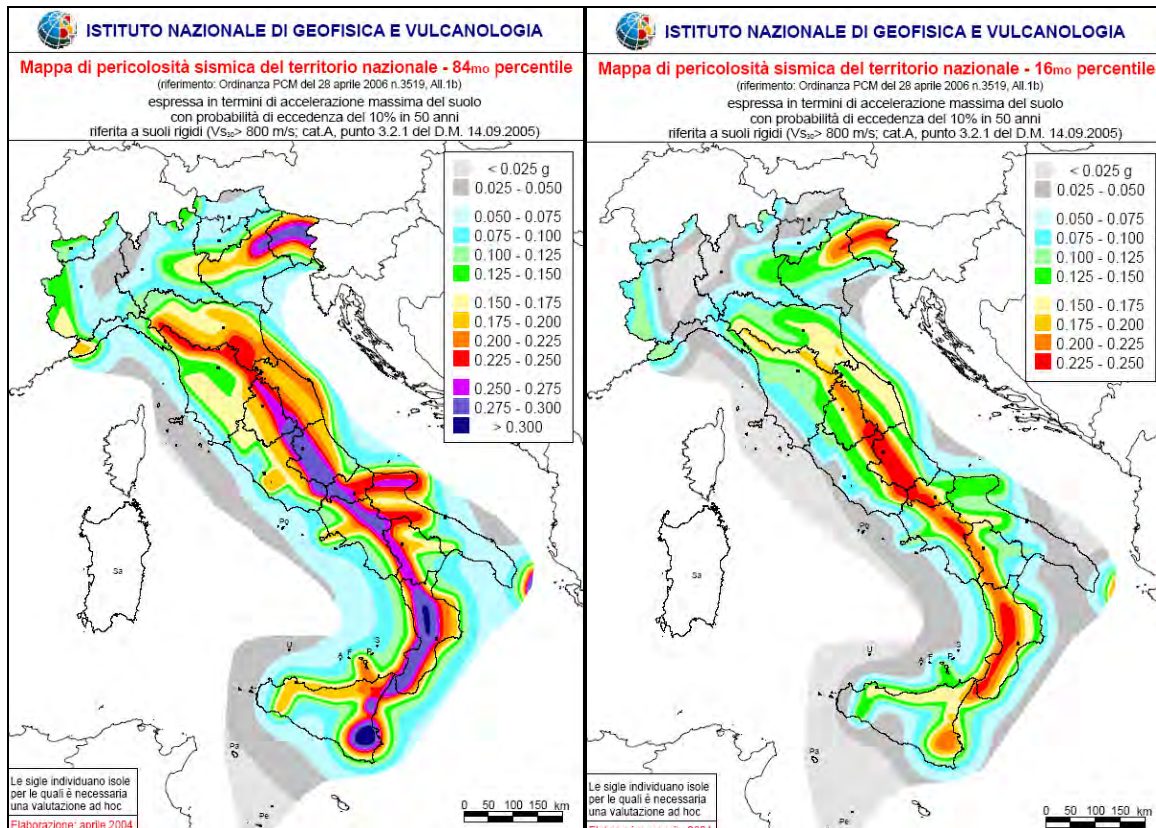
**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 15 di 46



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 ag 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.



Geol. Domenico DEL CONTE

Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG)

Cell. +39 329.7160866 Fax +39 0884.89012

E-mail: domenico.delconte@geoapulia.it

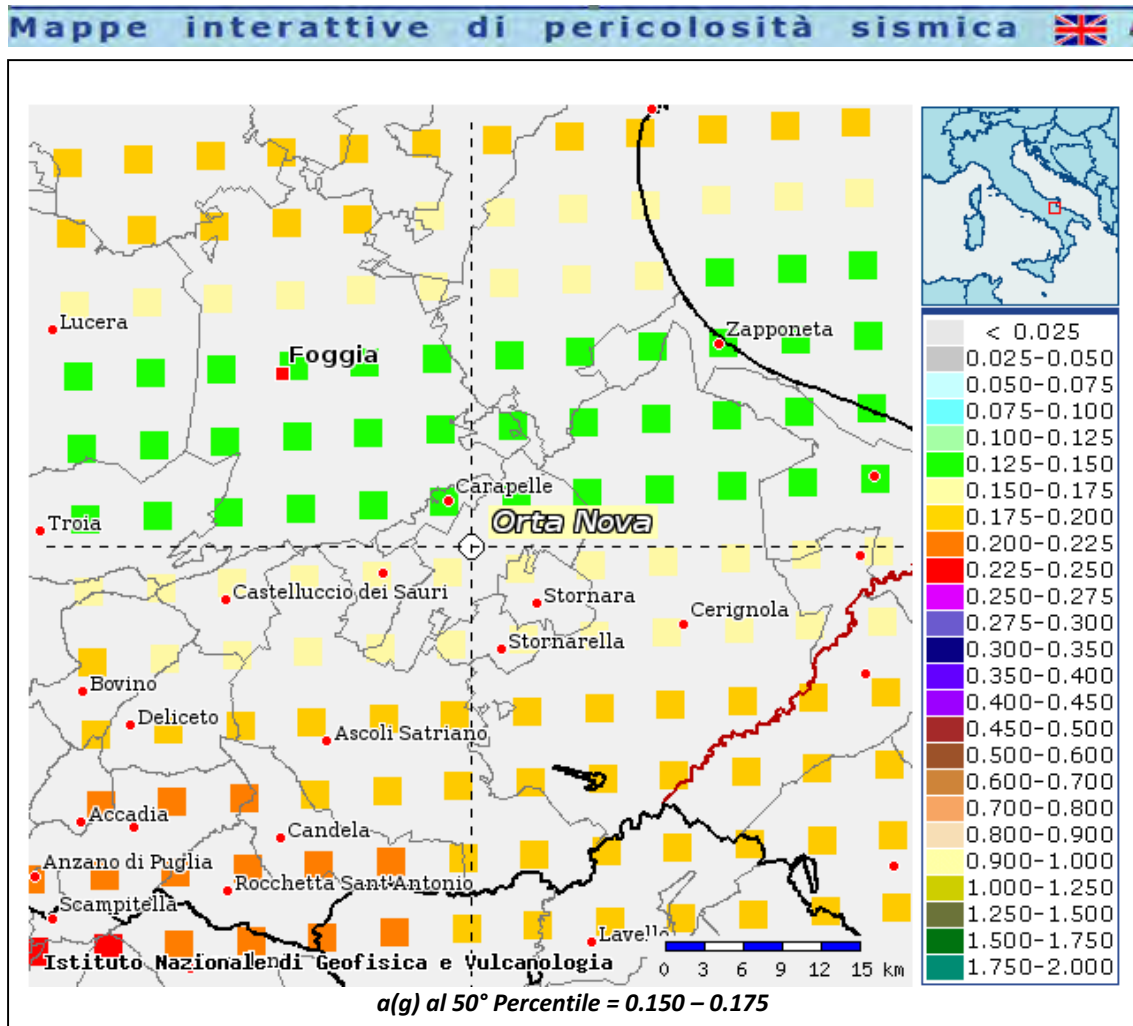
PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 16 di 46



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 (longitudine e latitudine) del punto ove è localizzata l'opera e, soprattutto, ad eseguire le previste procedure di interpolazione, visto che è



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

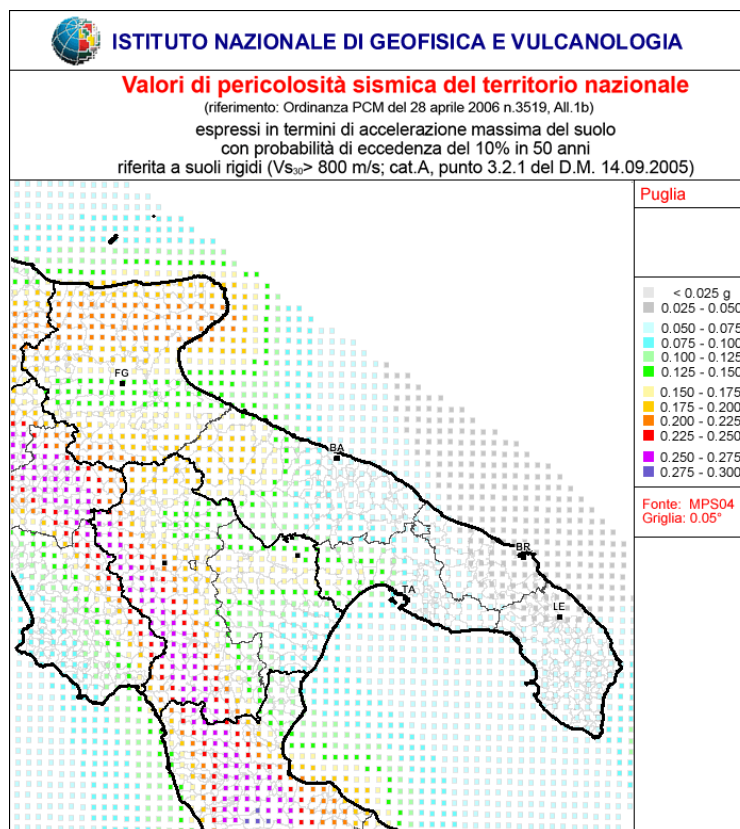
Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 17 di 46

alquanto improbabile che la struttura di progetto ricada precisamente su un vertice dei quadrati costituenti il reticolo.

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 ag 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 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:



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

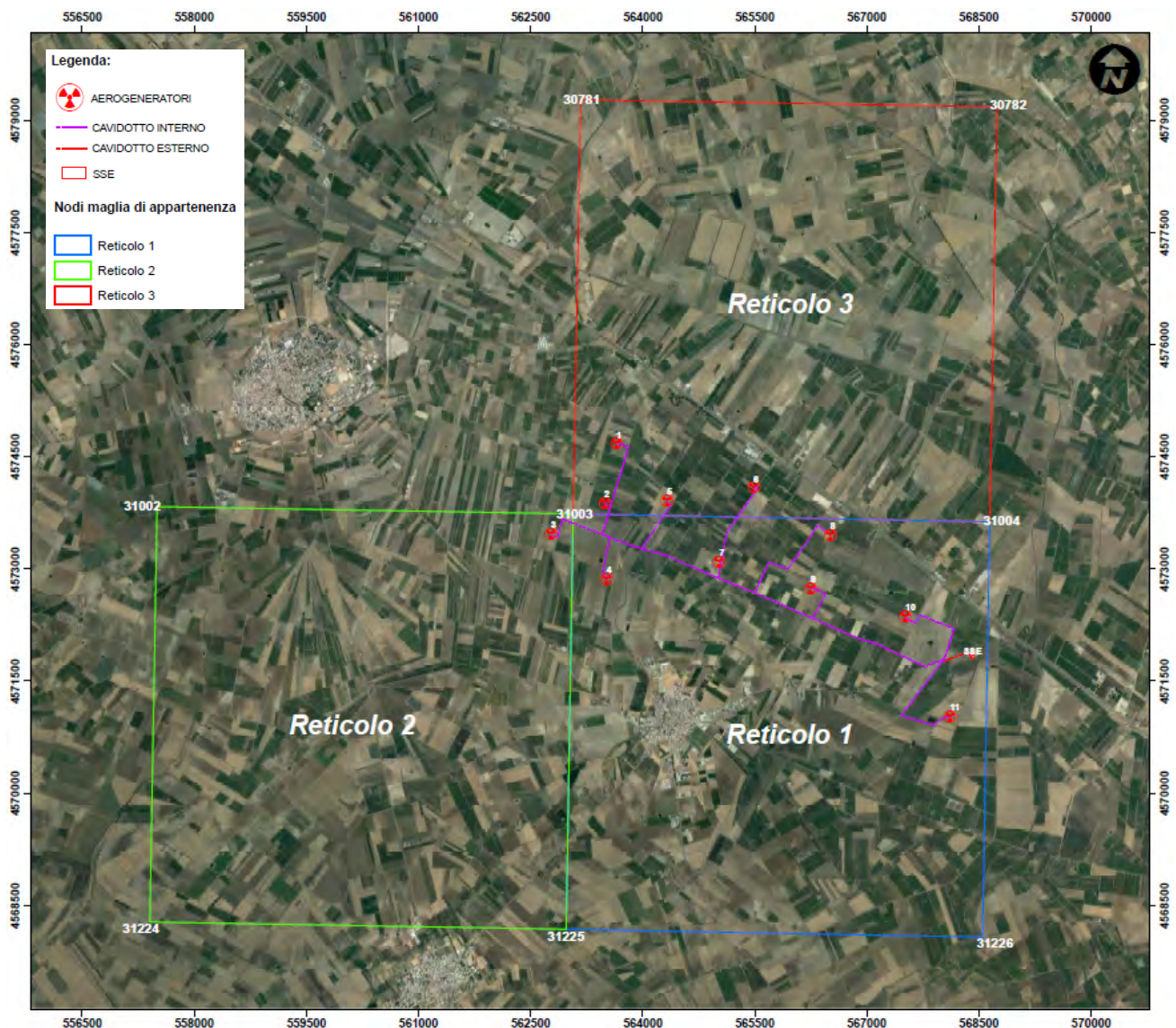
cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 18 di 46

- "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.





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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 19 di 46

Reticolo 1

latitudine: 41,301995 [°]

longitudine: 15,769673 [°]

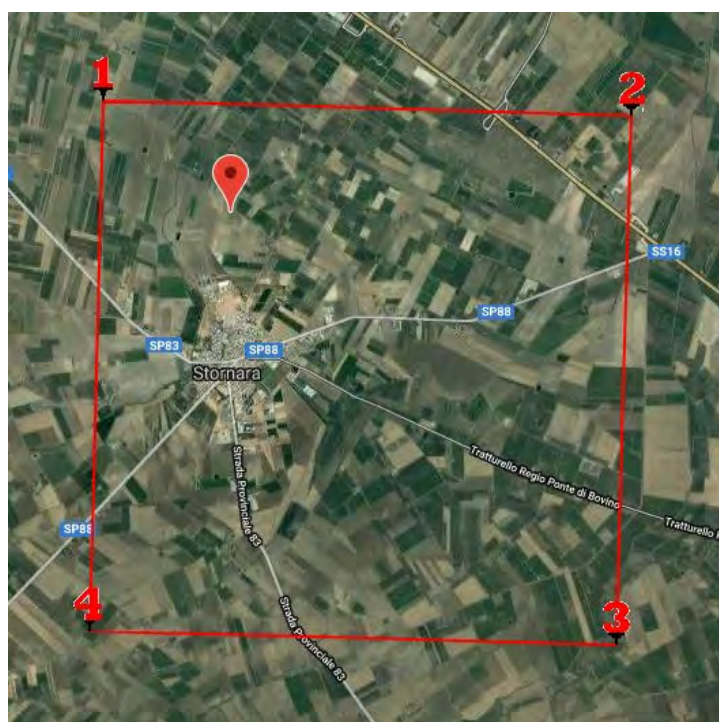
Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe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

Nodi di riferimento

| | ID | Latitudine [°] | Longitudine [°] | Distanza [m] |
|--------|-------|----------------|-----------------|--------------|
| Sito 1 | 31003 | 41,3126 | 15,7535 | 1787,630 |
| Sito 2 | 31004 | 41,3112 | 15,8201 | 4331,677 |
| Sito 3 | 31226 | 41,2612 | 15,8183 | 6086,055 |
| Sito 4 | 31225 | 41,2626 | 15,7518 | 4631,807 |

(coordinate geografiche espresse in ED50)



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



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 20 di 46

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1,0

| Stato Limite | Prob. superamento [%] | Tr [anni] | ag [g] | Fo [-] | Tc* [s] |
|--------------------------------|-----------------------|-----------|--------|--------|---------|
| Operatività (SLO) | 81 | 30 | 0,044 | 2,508 | 0,282 |
| Danno (SLD) | 63 | 50 | 0,055 | 2,561 | 0,312 |
| Salvaguardia della vita (SLV) | 10 | 475 | 0,159 | 2,530 | 0,418 |
| Prevenzione dal collasso (SLC) | 5 | 975 | 0,218 | 2,479 | 0,428 |

Coefficienti sismici

| | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | Kh [-] | Kv [-] | Amax [m/s ²] | Beta [-] |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|----------|
| SLO | 1,500 | 1,590 | 1,000 | 0,013 | 0,007 | 0,641 | 0,200 |
| SLD | 1,500 | 1,540 | 1,000 | 0,017 | 0,008 | 0,816 | 0,200 |
| SLV | 1,460 | 1,400 | 1,000 | 0,056 | 0,028 | 2,273 | 0,240 |
| SLC | 1,380 | 1,390 | 1,000 | 0,084 | 0,042 | 2,946 | 0,280 |

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

Reticolo 2

latitudine: 41,305863 [°]

longitudine: 15,727272 [°]

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]

Nodi di riferimento

| | ID | Latitudine [°] | Longitudine [°] | Distanza [m] |
|--------|-------|----------------|-----------------|--------------|
| Sito 1 | 31002 | 41,3139 | 15,6870 | 3479,818 |
| Sito 2 | 31003 | 41,3126 | 15,7535 | 2315,739 |



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 21 di 46

| | | | | |
|--------|-------|---------|---------|----------|
| Sito 3 | 31225 | 41,2626 | 15,7518 | 5231,429 |
| Sito 4 | 31224 | 41,2639 | 15,6853 | 5839,810 |

(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 cu: 1,0

| Stato Limite | Prob. superamento [%] | Tr [anni] | ag [g] | Fo [-] | Tc* [s] |
|--------------------------------|-----------------------|-----------|--------|--------|---------|
| Operatività (SLO) | 81 | 30 | 0,044 | 2,496 | 0,284 |
| Danno (SLD) | 63 | 50 | 0,056 | 2,566 | 0,312 |
| Salvaguardia della vita (SLV) | 10 | 475 | 0,159 | 2,534 | 0,420 |
| Prevenzione dal collasso (SLC) | 5 | 975 | 0,218 | 2,484 | 0,430 |



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 22 di 46

Coefficienti sismici

| | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | Kh [-] | Kv [-] | Amax [m/s ²] | Beta [-] |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|----------|
| SLO | 1,500 | 1,590 | 1,000 | 0,013 | 0,007 | 0,648 | 0,200 |
| SLD | 1,500 | 1,540 | 1,000 | 0,017 | 0,008 | 0,821 | 0,200 |
| SLV | 1,460 | 1,400 | 1,000 | 0,056 | 0,028 | 2,277 | 0,240 |
| SLC | 1,380 | 1,390 | 1,000 | 0,084 | 0,042 | 2,944 | 0,280 |

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

Reticolo 3

latitudine: 41,326361 [°]

longitudine: 15,767096 [°]

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]

Nodi di riferimento

| | ID | Latitudine [°] | Longitudine [°] | Distanza [m] |
|--------|-------|----------------|-----------------|--------------|
| Sito 1 | 31003 | 41,3126 | 15,7535 | 1908,444 |
| Sito 2 | 31004 | 41,3112 | 15,8201 | 4733,155 |
| Sito 3 | 30782 | 41,3612 | 15,8219 | 5992,832 |
| Sito 4 | 30781 | 41,3625 | 15,7553 | 4140,747 |

(coordinate geografiche espresse in ED50)



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 DENOMINATO
 "STORNARA NORD"
 NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
 Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
 GEO-04**

Pagina 23 di 46



Dettaglio del reticolo di riferimento n. 03 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 | 0,043 | 2,502 | 0,284 |
| Danno (SLD) | 63 | 50 | 0,055 | 2,561 | 0,321 |
| Salvaguardia della vita (SLV) | 10 | 475 | 0,147 | 2,572 | 0,430 |
| Prevenzione dal collasso (SLC) | 5 | 975 | 0,197 | 2.537 | 0,438 |

Coefficienti sismici

| | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | Kh [-] | Kv [-] | Amax [m/s ²] | Beta [-] |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|----------|
| SLO | 1,500 | 1,590 | 1,000 | 0,013 | 0,006 | 0,636 | 0,200 |
| SLD | 1,500 | 1,530 | 1,000 | 0,016 | 0,008 | 0,802 | 0,200 |
| SLV | 1,470 | 1,390 | 1,000 | 0,052 | 0,026 | 2,115 | 0,240 |



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 DENOMINATO
 "STORNARA NORD"
 NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
 Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
 GEO-04**

Pagina 24 di 46


| | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SLC | 1,400 | 1,380 | 1,000 | 0,066 | 0,033 | 2,704 | 0,240 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

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

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO ALL'INTERNO DEL PARCO EOLICO

La caratterizzazione sismica dell'area oggetto di studio ai sensi delle NTC 2018, finalizzata alla determinazione della categoria di sottosuolo, oltre che ai moduli elasto-dinamici, è stata eseguita mediante prospezioni sismiche a rifrazione con onde P e prospezioni Masw.



| | | |
|---|---|--|
|  <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 DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 25 di 46 |

Le coordinate dei siti investigati (centro degli stendimenti) sono le seguenti (Figura seguente):

MASW1 - SR1: 41°18'10.13"N - 15°46'07.01"E

MASW2 - SR2: 41°17'56.51"N - 15°47'38.26"E

La descrizione delle indagini è riportata in allegato al presente rapporto (*DC19046D-V20 – Relazione Sismica e Geotecnica*).

Le indagini e le conseguenti elaborazioni delle informazioni raccolte hanno consentito di classificare il suolo nelle aree di indagine:

MASW SR 1 - Vs30 = Vseq = 355 m/s **Categoria di suolo C**

MASW SR 2 - Vs30 = Vseq = 341 m/s **Categoria di suolo C**


Per l'attribuzione della categoria del suolo di fondazione, si rimanda il lettore alla tabella seguente:

| 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 | 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. |
| 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> |

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, Vs,eq (in m/s), definita dall'espressione:

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

| | | |
|---|---|---|
|  <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 DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 26 di 46 |

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.

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.

| | | |
|---|---|---|
|  <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 DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 27 di 46 |

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 spaziature 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.


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,

| | | |
|---|---|--|
|  <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 DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 28 di 46 |

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).

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



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 DENOMINATO
 "STORNARA NORD"
 NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
 Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
 GEO-04**

Pagina 29 di 46

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).*


| Codice | Q.tà | Descrizione | Prezzo a q.tà IVA inclusa - EURO |
|--------------------------|------|--|-------------------------------------|
| SIS-200-000 | 01 | MOD.16SG12 (24 ch, 12 canali + tomografia elettrica) completo di batteria ricaricabile, carbobatteria e manuale d'utilizzo | |
| SIS-999-050 | 01 | Accessori PASI 16SG12 (12 canali) | |
| SIS-003-017 | | CABO SISMICO, 12 TRACCE, 130 m, Intervallo 10m, con connettori NK27210 e attacchi singoli oppure | |
| SIS-901-050 | 12 | CABO SISMICO, 12 TRACCE, 130 m, Intervallo 10m, con connettori NK27210 e attacchi doppi | |
| SIS-060-017 | | GEOFONO 10 Hz, verticale con clip singola oppure | |
| SIS-020-000 | 01 | GEOFONO 14 Hz, verticale con clip doppia | |
| SIS-040-000 | 01 | MAZZA DI BATTUTA kg 8-9 CON STARTER | |
| SIS-021-000 | 01 | CABO SCHEMATO (su nullo) - lunghezza totale 200 m per prolunga mazzata | |
| | | PIATTELLO DI BATTUTA IN ALLUMINIO (dimensioni 20x20x5 cm) | |
| | | ACCESSORI PER TOMOGRAFIA ELETTRICA (32 elettrodi) | |
| GEO-320-000 | 02 | CABO CON CONNETTORI PER 16 ELETTRODI A-B-M-N (dist.elettrodica 5m, lungh.tot.65m), 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 GEOELETRICA P-300T COMPLETO DI ACCESSORI | |
| TOTALE IVA 20%ESCL. Euro | | | |



5.4. MODALITA' DI ESECUZIONE DEI RILIEVI: ATTIVITA' 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

| | | |
|---|---|--|
|  <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 DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 30 di 46 |

frequenza. Infatti l'esigenza di analizzare con elevato dettaglio basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz e corrispondenti a maggiori profondità 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 DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 31 di 46 |

- 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 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 $V_{s30}=355$ 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 $H =$

| | | |
|---|--|---|
|  <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 DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 32 di 46 |

30.00 m dal p.c..

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

| |
|-------------------------------------|
| Valore del Vs30 = 355 m/sec |
| Valore del Vs,eq = 355 m/sec |

| MASW | Velocità di taglio (m/sec) | Spessori (m) | Profondità (m) |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|
| SISMOSTRATO I | 162 | 2.80 | 0.00 – 2.80 |
| SISMOSTRATO II | 330 | 7.00 | 2.80 – 9.80 |
| SISMOSTRATO III | 439 | <i>Semispazio</i> | <i>Semispazio</i> |
| Vs,eq = 355 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; inferiormente limo sabbioso argilloso; | 0.00 – 2.80 |
| SISMOSTRATO II | Limo sabbioso debolmente argilloso; | 2.80 – 9.80 |
| SISMOSTRATO III | Sabbia con ghiaia e ciottoli eterometrici; | <i>Semispazio</i> |


Prospezione Masw 2

L'indagine Masw, eseguita ai sensi delle NTC 2018, ha restituito un valore di Vs₃₀=341 m/s, coincidente dal valore della Vs,eq, in quanto non è stato intercettato il bedrock (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, con Vs>800 m/sec) ad una profondità H = 30.00 m dal p.c..

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

| |
|-------------------------------------|
| Valore del Vs30 = 341 m/sec |
| Valore del Vs,eq = 341 m/sec |

| MASW | Velocità di taglio (m/sec) | Spessori (m) | Profondità (m) |
|-----------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------|
| SISMOSTRATO I | 210 | 2.50 | 0.00 – 2.50 |
| SISMOSTRATO II | 258 | 5.40 | 2.50 – 7.90 |

| | | |
|---|---|--|
|  <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 DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 33 di 46 |

| | | | |
|--|------------|-------------------|-------------------|
| SISMOSTRATO III | 401 | Semispazio | Semispazio |
| <i>V_{s,eq} = 341 m/sec</i> | | | |

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; inferiormente limo sabbioso argilloso; | 0.00 – 2.50 |
| SISMOSTRATO II | Limo sabbioso debolmente argilloso; | 2.50 – 7.90 |
| SISMOSTRATO III | Sabbia con ghiaia e ciottoli eterometrici; | 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 | Deposit <i> 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.</i> |
| D | <i>Deposit</i> <i> 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.



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 34 di 46

5.7 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 SnA – SnB, rispettivamente le progressive iniziali e finali delle stese.

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

Prospezione Sismica 1

| Sismica a Rifrazione | Velocità Onde P (m/sec) | Velocità Onde S (m/sec) | Profondità | |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|
| | | | Da (m) | a (m) |
| SISMOSTRATO I | 392 | 162 | 0.00 | 2,20 - 3,90 |
| SISMOSTRATO II | 774 | 330 | 2.20 – 3.90 | 8.80 – 11.40 |
| SISMOSTRATO III | 1336 | 439 | <i>indefinito</i> | |

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; inferiormente limo sabbioso argilloso; |
| SISMOSTRATO II | Limo sabbioso debolmente argilloso; |
| SISMOSTRATO III | Sabbia con ghiaia e ciottoli eterometrici; |

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



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 35 di 46

| | Strato 1 | Strato 2 | Strato 3 |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Velocità Onde P (m/s): | 392 | 774 | 1336 |
| Velocità Onde S (m/s): | 162 | 330 | 439 |
| Modulo di Poisson: | 0.40 | 0.39 | 0.44 |
| Peso di volume (KN/m ³): | 16.78 | 17.55 | 18.67 |
| Peso di volume (g/cm ³): | 1.71 | 1.79 | 1.90 |
| SPESSORE MEDIO STRATO (m) | 2.80 | 7.00 | 9.80 |
| MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Kg/cm ²) | 1281 | 5523 | 10780 |
| MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²) | 126 | 542 | 1057 |
| MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Kg/cm ²) | 45 | 195 | 367 |
| MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²) | 4 | 19 | 36 |
| MODULO DI BULK (K) (Kg/cm ²) (mod. di incompressibilità di volume) | 2072 | 8287 | 29685 |
| MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²) | 203 | 813 | 2911 |
| MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²) | 154 | 665 | 1299 |
| POROSITA' % (correlazione Rzheshvky e Novik (1971) (%)) | 47.08 | 43.51 | 38.26 |
| MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (valido per le terre) | 263 | 1072 | 3398 |
| MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (Relazione di Navier) | 323 | 1318 | 4178 |
| RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m ³) | 2719 | 5791 | 8197 |



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 36 di 46

| | | | |
|--|------------|------------|------------|
| Frequenza dello strato | 14.46 | 11.79 | 11.20 |
| Periodo dello strato | 0.07 | 0.085 | 0.089 |
| B (Larghezza fondazione in m.) | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm ³) | 5.12 | 28.23 | 56.00 |
| Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm ³) | 50.19 | 276.84 | 549.17 |
| Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm ³) | 2.56 | 14.11 | 28.00 |
| Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm ³) | 25.10 | 138.42 | 274.58 |

Prospezione Sismica 2

| Sismica a Rifrazione | Velocità Onde P (m/sec) | Velocità Onde S (m/sec) | Profondità | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| | | | Da (m) | a (m) |
| SISMOSTRATO I | 742 | 210 | 0.00 | 1,10 - 3,80 |
| SISMOSTRATO II | 1148 | 258 | 1,10 - 3,80 | 5,00 - 9.50 |
| SISMOSTRATO III | 1473 | 401 | indefinito | |

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; inferiormente limo sabbioso argilloso; |
| SISMOSTRATO II | Limo sabbioso debolmente argilloso; |
| SISMOSTRATO III | Sabbia con ghiaia e ciottoli eterometrici; |

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 |
| | | | |



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 37 di 46

| | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Velocità Onde P (m/s): | 742 | 1148 | 1473 |
| Velocità Onde S (m/s): | 210 | 258 | 401 |
| Modulo di Poisson: | 0.46 | 0.47 | 0.46 |
| Peso di volume (KN/m ³): | 17.48 | 18.30 | 18.95 |
| Peso di volume (g/cm ³): | 1.78 | 1.87 | 1.93 |
| SPESSORE MEDIO STRATO (m) | 2.50 | 5.40 | 7.90 |
| MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Kg/cm ²) | 2337 | 3734 | 9256 |
| MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²) | 229 | 366 | 908 |
| MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Kg/cm ²) | 79 | 124 | 311 |
| MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²) | 8 | 12 | 30 |
| MODULO DI BULK (K) (Kg/cm ²) (mod. di incompressibilità di volume) | 8946 | 23400 | 38546 |
| MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²) | 877 | 2295 | 3780 |
| MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²) | 281 | 450 | 1115 |
| POROSITA' % (correlazione Rzheshvky e Novik (1971) (%)) | 43.81 | 40.02 | 36.98 |
| MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (valido per le terre) | 982 | 2459 | 4192 |
| MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²) (Relazione di Navier) | 1206 | 3022 | 5153 |
| RIGIDITA' SISMICA (m/sec · KN/m ³) | 3672 | 4720 | 7597 |
| Frequenza dello strato | 21.00 | 11.94 | 12.69 |



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 DENOMINATO
 "STORNARA NORD"
 NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
 Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
 GEO-04**

Pagina 38 di 46

| | | | |
|---|--------------|---------------|---------------|
| Periodo dello strato | 0.05 | 0.084 | 0.079 |
| B (Larghezza fondazione in m.) | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in Kg/cm³) | 9.54 | 15.64 | 45.06 |
| Kv (Coeff. Di Winkler Vert. in N/cm³) | 93.57 | 153.35 | 441.91 |
| Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in Kg/cm³) | 4.77 | 7.82 | 22.53 |
| Kh (Coeff. Di Winkler Orizz. in N/cm³) | 46.78 | 76.67 | 220.96 |

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, 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:

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

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



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 39 di 46

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:

$$E = (9 \gamma \cdot Vs^2 \cdot R2^2) / (3R2^2 + 1)$$

dove:

γ = densità

$$R2^2 = K / (\gamma \cdot Vs^2)$$

$$K = \gamma \cdot (Vp^2 - 4/3 Vs^2)$$

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.

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 Vp, Vs e densità dalla seguente equazione:

$$K = \gamma \cdot (Vp^2 - 4/3 Vs^2)$$

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:

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

| 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 |



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

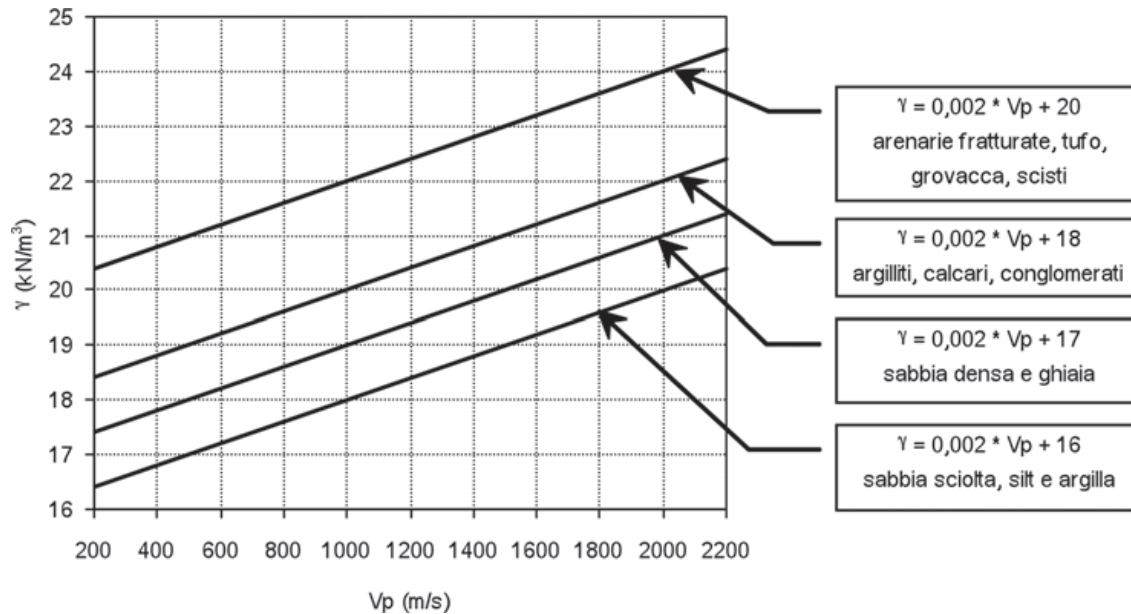
**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
 DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO
 "STORNARA NORD"
 NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
 Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
 GEO-04**

Pagina 40 di 46



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.

6. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI AFFIORANTI

La diretta osservazione dei terreni ottenuta mediante il sondaggio geognostico pregresso (S1), hanno consentito il raggiungimento di una buona definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame. Le caratteristiche stratigrafiche possono essere così riassunte:

- da 0.00 a 1.00 m Terreno vegetale;
- da 1.00 a 1.30 m Crosta calcarea evaporitica biancastra, costituita da sabbia limosa calcarea mediamente cementata;
- da 1.30 a 5.00 m Limo sabbioso debolmente argilloso, di colore giallastro, con concrezioni



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)
RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA**

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 41 di 46

calceree e limi calcigni pulverulenti biancastri;

- da 5.00 a 15.00 m Sabbia marroncino con ghiaia e ciottoli poligenici eterometrici sparsi (diametro 0,5-8 cm)§;
- da 15.00 a 17.90 m Limo sabbioso-argilloso, di colore giallastro, con intercalazioni di strati sabbiosi addensati;
- da 17.90 a 19.50 m Sabbia limosa marroncino addensata;
- da 19.50 a 20.80 m Argilla grigia dura con intercalazioni di lamine sabbiose;
- da 20.80 a 25.00 m Limo sabbioso-argilloso grigio-verdastro, plastico, mediamente consistente;

Per la determinazione delle caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione si è fatto riferimento ai risultati dello studio geologico dell'area, alle indagini geognostiche e geotecniche eseguite in precedenza sia in sito, sia in laboratorio.

L'elaborazione delle informazioni di cui sopra consente di stabilire che il terreno di fondazione in esame, nella sua variabilità granulometrica e nei rapporti geometrici verticali tra i vari strati, presenta disuniformità di comportamento geotecnico dovute alla modalità di deposizione e ai rapporti che questa ha creato tra i sedimenti (storia geologica).

Perciò, per l'impossibilità di considerare la notevole variabilità di comportamento, il terreno di fondazione è stato suddiviso in *unità litostratigrafiche* per ognuna delle quali sono state definite le caratteristiche geotecniche principali modello geologico-geotecnico di riferimento.

Il sottosuolo può pertanto considerarsi costituito dalle seguenti unità:

U.G.1: dal p.c. fino a 1.00 m:

È costituito da *terreno vegetale sabbioso-limoso, di colore nerastro*. Si tratta di terreno caratterizzato da caratteristiche meccaniche scadenti, per il quale possono essere attribuirsi i seguenti parametri:

| | | |
|-----------------|--------------------|---|
| $\gamma = 1650$ | Kg/m ³ | (peso di volume) |
| $\varphi' = 25$ | gradi | (angolo di attrito in condizioni drenate) |
| $c' = 0$ | Kg/cm ² | (coesione in condizioni drenate) |
| $c_u = 0$ | Kg/cm ² | (coesione non drenata) |
| $E = 40$ | Kg/cm ² | (modulo di compressibilità) |
| $D_r = 20$ | % | (densità relativa) |



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 42 di 46

U.G.2: da 1.00 m fino a 5.00 m:

È costituito da *limo sabbioso debolmente argilloso, di colore giallastro, con concrezioni calcaree e limi calcigni pulverulenti biancastri e presenza di crosta calcarea superficiale*. Per questo "litotipo", la prova S.P.T. ha fornito i seguenti parametri:

| | | |
|------------------------------|--------------------|---|
| $\gamma = 1900$ | Kg/m ³ | (peso di volume) |
| $\gamma_{\text{sat}} = 1950$ | Kg/m ³ | (peso di volume saturo) |
| $\varphi' = 35$ | gradi | (angolo di attrito efficace) |
| $\varphi'^* = 33$ | gradi | (angolo di attrito efficace sotto sisma*) |
| $c' = 0$ | Kg/cm ² | (coesione efficace) |
| $E_L = 300$ | Kg/cm ² | (modulo elastico) |
| $D_r = 84$ | % | (densità relativa) |
| $\nu = 0.43$ | | (coefficiente di Poisson) |

U.G.3: da 5,00 m fino a 15,00 m

È costituito da *sabbia marroncino con ghiaia e ciottoli poligenici eterometrici sparsi (diametro 0,5-8 cm)*. È considerato terreno "granulare", per il quale la prova S.P.T. ha fornito i seguenti parametri:

| | | |
|------------------------------|--------------------|------------------------------|
| $\gamma = 1950$ | Kg/m ³ | (peso di volume) |
| $\gamma_{\text{sat}} = 1980$ | Kg/m ³ | (peso di volume saturo) |
| $\varphi' = 33$ | gradi | (angolo di attrito efficace) |
| $c' = 0$ | Kg/cm ² | (coesione efficace) |
| $E_L = 440$ | Kg/cm ² | (modulo elastico) |
| $D_r = 68$ | % | (densità relativa) |
| $\nu = 0.40$ | | (coefficiente di Poisson) |

U.G.4.: da 15,00 m fino a 19,50 m

È costituito da *limo sabbioso-argilloso, di colore giallastro, con intercalazioni di strati sabbiosi addensati e sabbia limosa addensata*. È considerato terreno dal comportamento pressoché "granulare", per il quale le prove di laboratorio effettuate sul campione di terreno prelevato a 16 m (S1/C1) e la prova SPT, hanno fornito i seguenti parametri:



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 43 di 46

| | | |
|------------------------------|------------------|---|
| $\gamma = 1937$ | Kg/m^3 | (peso di volume) |
| $\gamma_{\text{sat}} = 1970$ | Kg/m^3 | (peso di volume saturo) |
| $\phi' = 32,1$ | gradi | (angolo di attrito efficace) |
| $c' = 0,01$ | Kg/cm^2 | (coesione efficace) |
| $E_d = 81 \div 130$ | Kg/cm^2 | (modulo edometrico per $2 < p < 4 \text{ Kg/cm}^2$) |
| $E_L = 420$ | Kg/cm^2 | |
| $D_r = 52$ | % | (densità relativa) |
| $\nu = 0.44$ | | (coefficiente di Poisson) |

U.G.5: da 19,50 m fino a 25,00 m

È costituito da *limo sabbioso-argilloso grigio-verdastro, plastico, mediamente consistente, con intercalazione di argilla grigia dura*. È considerato terreno dal comportamento pressoché "coesivo". Per questo litotipo non sono state effettuate prove in sito né prove di laboratorio. Le prove geotecniche effettuate in zona su terreni simili hanno fornito i seguenti parametri:

| | | |
|------------------------------|------------------|------------------------------|
| $\gamma = 1950$ | Kg/m^3 | (peso di volume) |
| $\gamma_{\text{sat}} = 2000$ | Kg/m^3 | (peso di volume saturo) |
| $\phi' = 25$ | gradi | (angolo di attrito efficace) |
| $c' = 0,10$ | Kg/cm^2 | (coesione efficace) |
| $E_d = 70$ | Kg/cm^2 | (modulo edometrico) |
| $E_L = 200$ | Kg/cm^2 | (modulo elastico) |
| $\nu = 0.44$ | | (coefficiente di Poisson) |


7. CONCLUSIONI

Il presente rapporto è stato redatto a supporto del *Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico denominato "Stornara Nord" nel comune di Stornara (FG)*.

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:

| | | |
|---|---|--|
|  <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 DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG) RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA | Rev. 0 Luglio 2019 |
| | | cod. elaborato EO-SND-PD- GEO-04 |
| | | Pagina 44 di 46 |

PROFILO 1

Presenza di terreni superficiali, con spessori variabili da 2.20 a 3.90 m, caratterizzati da velocità alquanto basse ($V_p=392$ m/sec e $V_s=162$ m/sec).

Segue in profondità un sismostrato contraddistinto da $V_p=774$ m/sec e $V_s=330$ m/sec, fino a profondità variabili da circa 8.80 a 11.40 m.

Successivamente si rileva la presenza del substrato rifratore caratterizzato da velocità sensibilmente più alte $V_p=1336$ m/sec e $V_s=439$ 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** ($V_p=392$ m/sec e $V_s=162$ m/sec) è riferibile a ***Terreno vegetale; inferiormente limo sabbioso-argilloso;***

Il **secondo sismostrato** ($V_p=774$ m/sec e $V_s=330$ m/sec) è riferibile a ***Limo sabbioso debolmente argilloso;***

Il **terzo sismostrato** ($V_p=1336$ m/sec e $V_s=439$ m/sec) è riferibile a ***Sabbia con ghiaia e ciottoli eterometrici;***

PROFILO 2

Presenza di terreni superficiali, con spessori variabili da 1.10 a 3.80 m, caratterizzati da velocità alquanto basse ($V_p=742$ m/sec e $V_s=210$ m/sec).

Segue in profondità un sismostrato contraddistinto da $V_p=1148$ m/sec e $V_s=258$ m/sec, fino a profondità variabili da circa 5.00 a 9.50 m.

Successivamente si rileva la presenza del substrato rifratore caratterizzato da velocità sensibilmente più alte $V_p=1473$ m/sec e $V_s=401$ 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:

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



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

Pagina 45 di 46

Il **primo sismostrato** ($V_p=742$ m/sec e $V_s=210$ m/sec) è riferibile a **Terreno vegetale; inferiormente limo sabbioso-argilloso;**

Il **secondo sismostrato** ($V_p=1148$ m/sec e $V_s=258$ m/sec) è riferibile a **Limo sabbioso debolmente argilloso;**

Il **terzo sismostrato** ($V_p=1473$ m/sec e $V_s=401$ m/sec) è riferibile a **Sabbia con ghiaia e ciottoli eterometrici;**

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 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.

Le VS equivalenti calcolate, per le due prospezioni Masw eseguite, sono risultate essere, pari a:

$V_{s, eq} = 355$ m/s (Prospezione Masw 1)

$V_{s, eq} = 341$ m/s (Prospezione Masw 2)

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 su campioni prelevati in corrispondenza del sondaggio meccanico pregresso S1, che da prove S.P.T. e da indagini sismiche eseguite dal sottoscritto.

Cagnano Varano, Luglio 2019



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 DENOMINATO
"STORNARA NORD"
NEL COMUNE DI STORNARA (FG)**

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Rev. 0
Luglio 2019

cod. elaborato
**EO-SND-PD-
GEO-04**

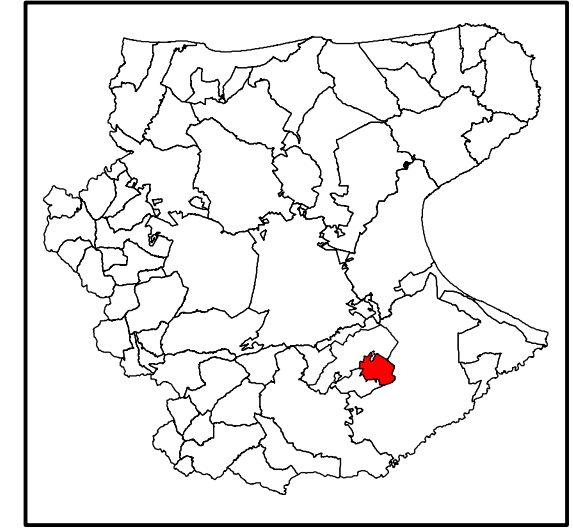
Pagina 46 di 46

ALLEGATI

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



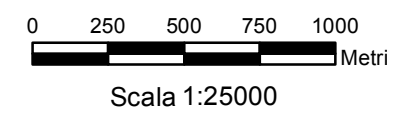
**TAV. X - UBICAZIONE
INDAGINI GEOFISICHE**



Legenda:

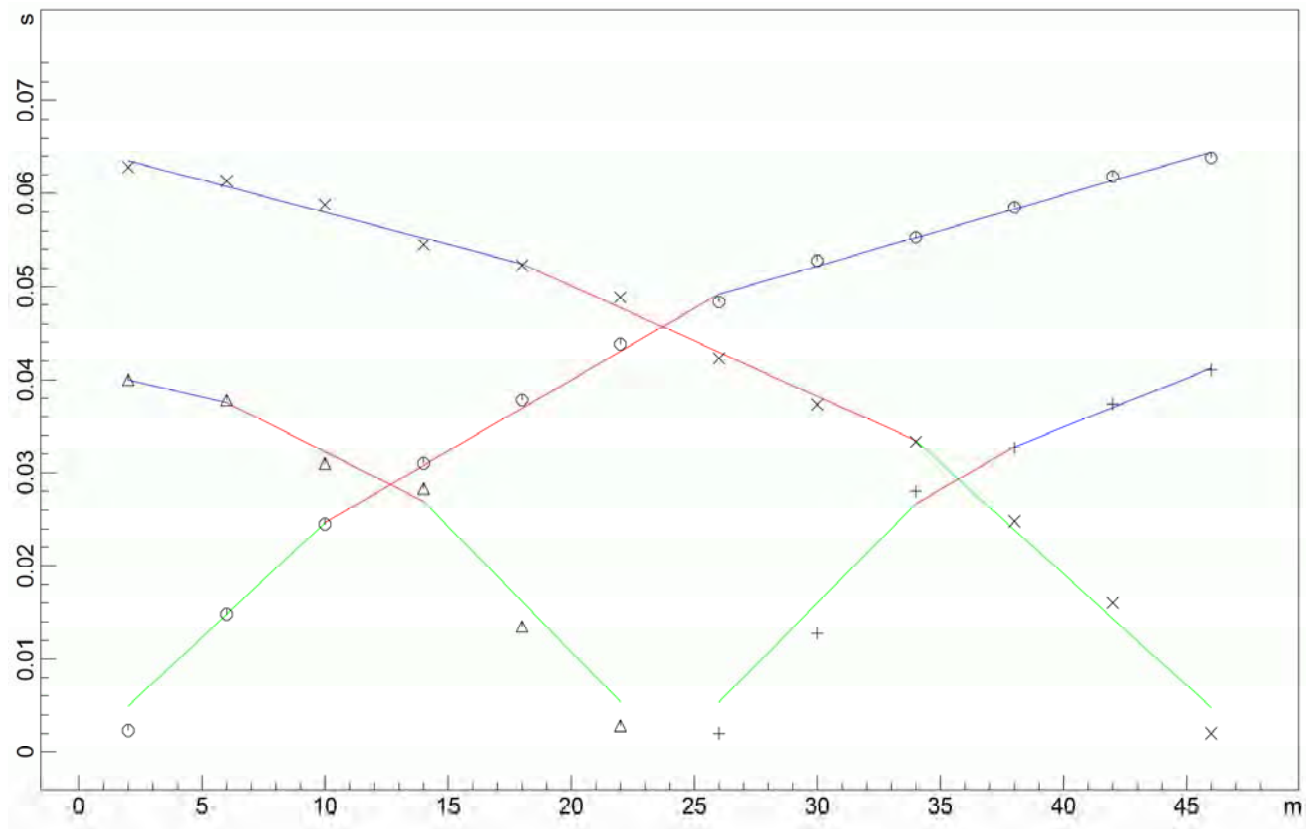
- AEROGENERATORI
- CAVIDOTTO INTERNO
- CAVIDOTTO ESTERNO
- SSE
- INDAGINI GEOFISICHE
-

Sistema di coordinate: WGS 1984 UTM Zone 33N
 Proiezione: 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
 Unità: Meter



dott. Domenico Del Conte
geologo

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



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG)

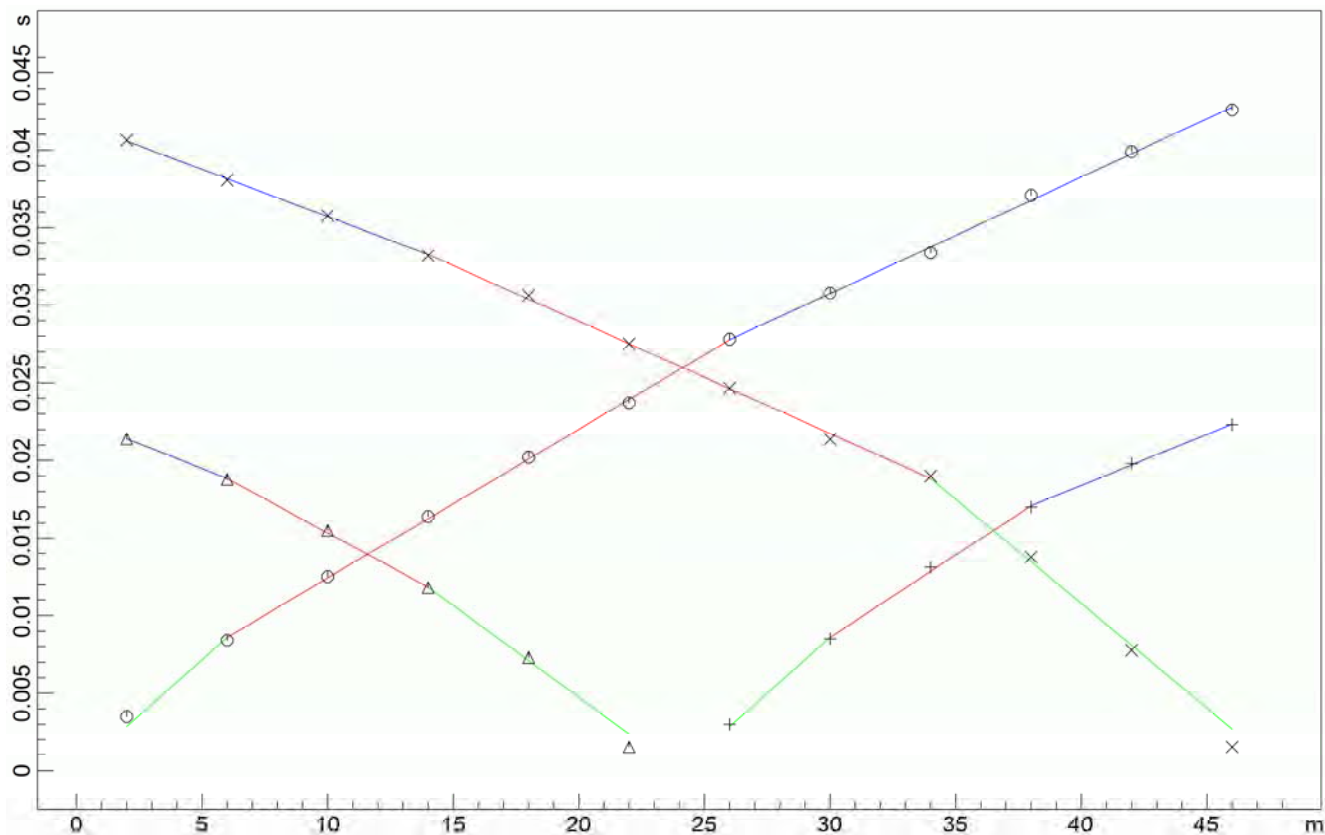


Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

**DROMOCRONE ONDE LONGITUDINALI (P)
 PROFILO 1**

A 2

Luglio
 2019



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG)



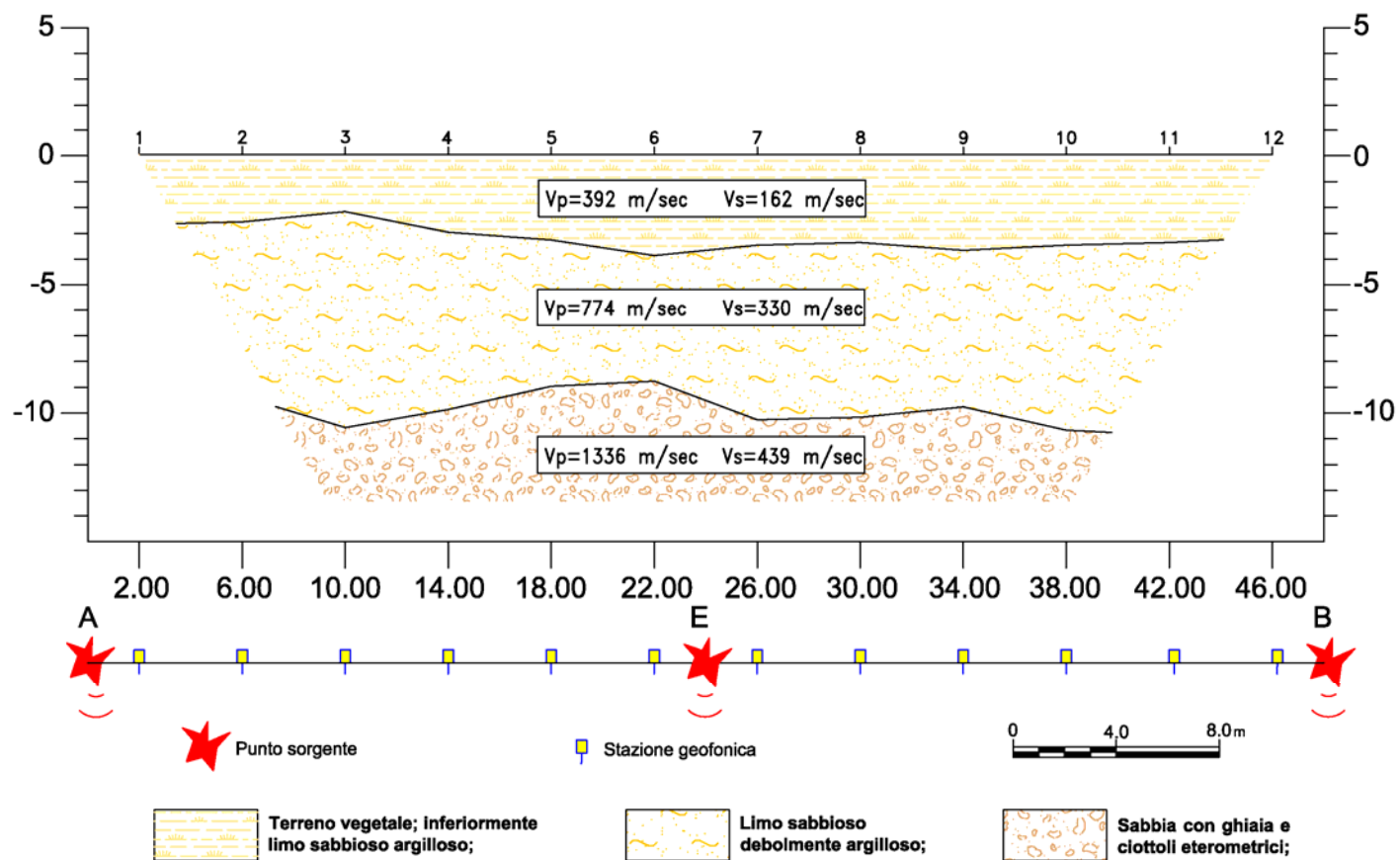
Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

DROMOCRONE ONDE LONGITUDINALI (P) PROFILO 2

A 3

Luglio
 2019

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 1 "PARCO EOLICO "STORNARA NORD"



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG)



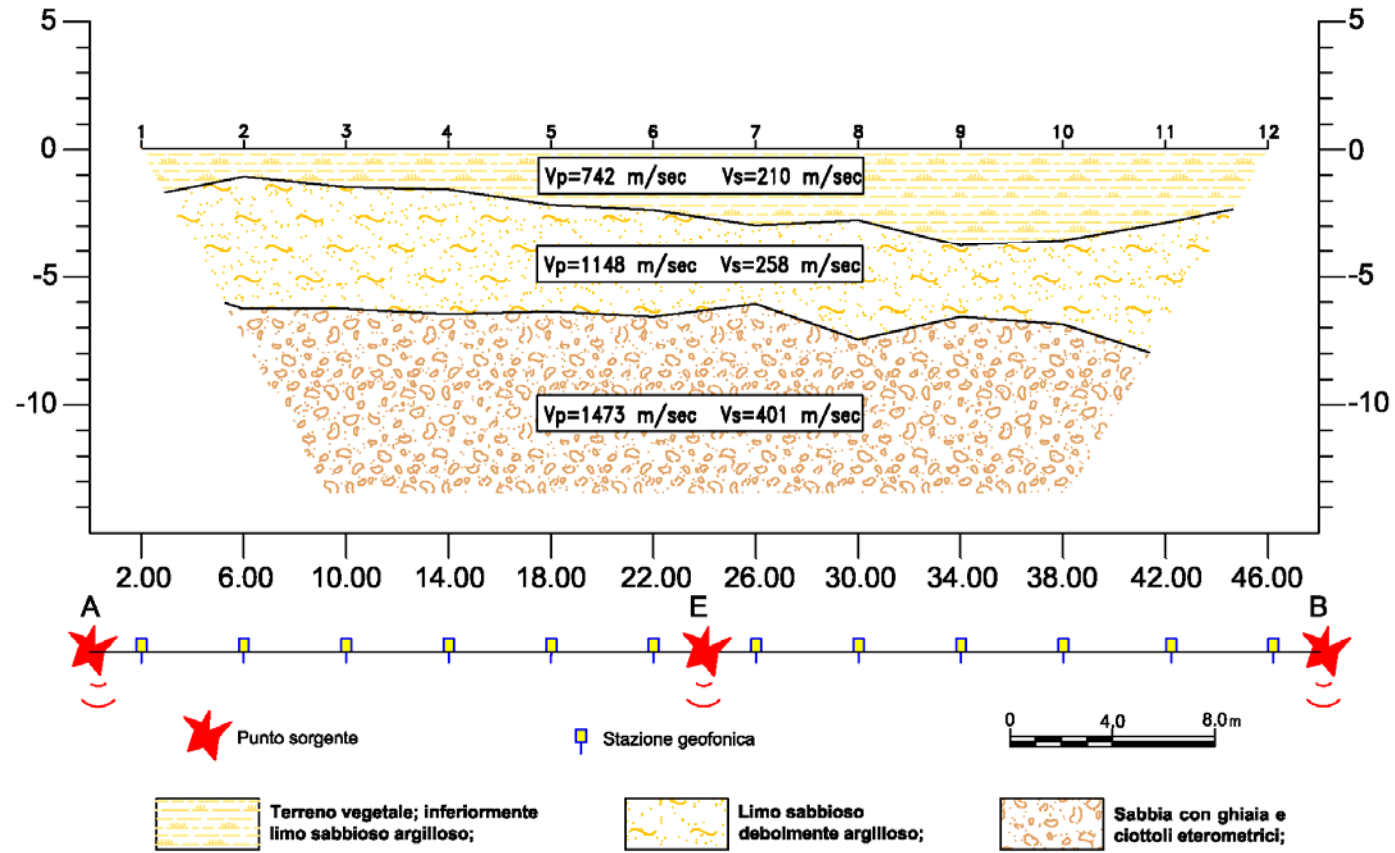
Geol. Domenico Del Conte
 Corso Giannone, 184 - Cagnano Varano (FG) - tel. 329.7160866
 Web Site: <http://www.geoapulia.it> - mail: domenico.delconte@geoapulia.it

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 1

A 4

Luglio
 2019

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 2 "PARCO EOLICO "STORNARA NORD"



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG)



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

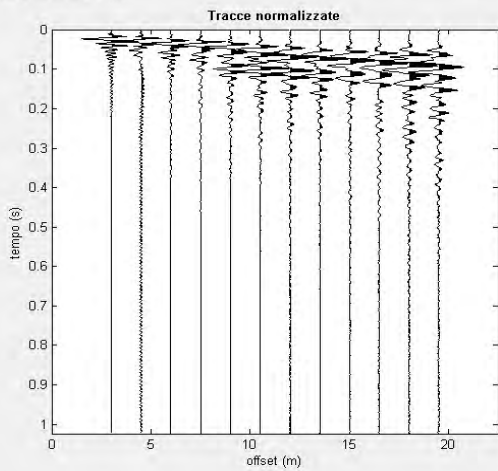
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 2

A 5

Luglio
 2019

Primo: trattamento dati

dataset: PARCO EOLICO STORNARA NORD 1.DAT
 offset minimo: 3 m
 distanza intergeofonica: 1.5 m
 campionamento: 1 ms



Utilità

Selezione dati

Attiva

Selezione: 20

Annulla Salva



Invia e-mail

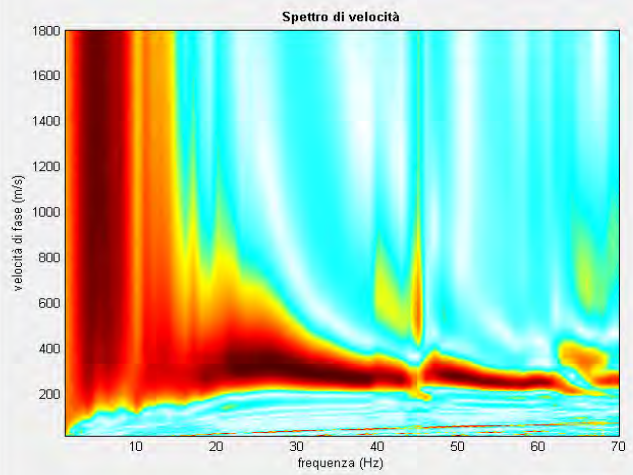
ver. 4.0 Standard

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

secondo modo superiore ?

selezionare l'ultimo punto del modo utilizzando il tasto destro

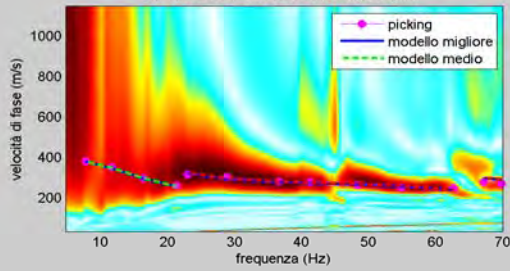
salva picking ?

cancella picking

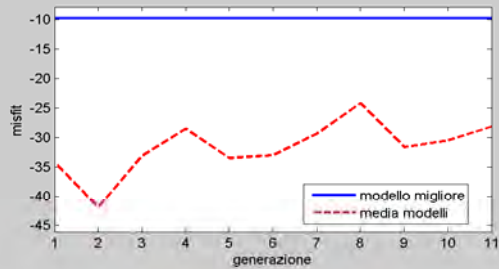
Inverti

Esci

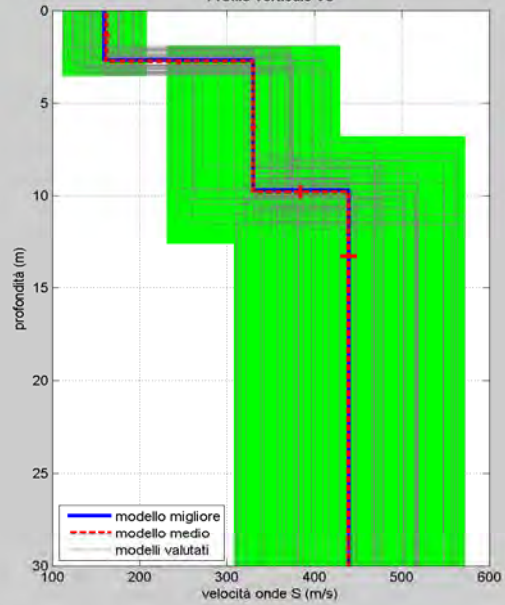
spettro di velocità e curve di dispersione



evoluzione misfit



Profilo verticale Vs



dataset: PARCO EOLICO STORNARA NORD 1.DAT
 curva di dispersione: PARCO EOLICO STORNARA NORD 1.cdp
 modello migliore VS30: 356 m/s
 modello medio VS30: 355 m/s



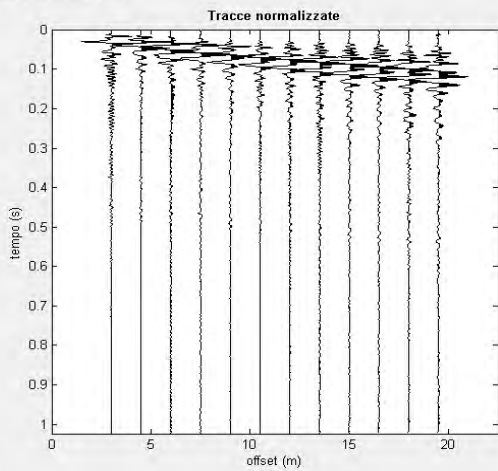
PROSPEZIONE MASW 1

A 6

Luglio
2019

Primo: trattamento dati

dataset: PARCO EOLICO STORNARA NORD 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

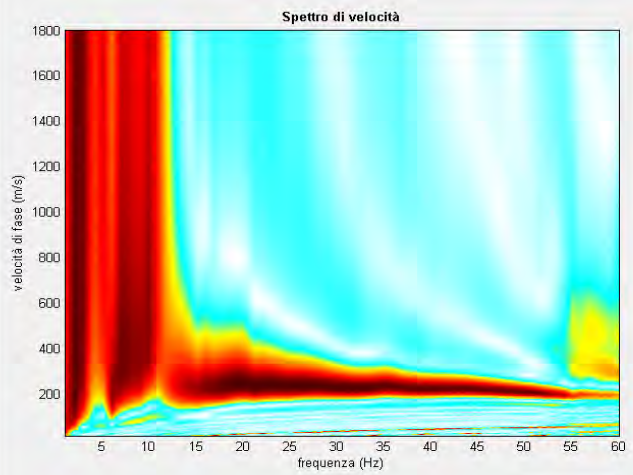
ver. 4.0 Standard

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

modo fondamentale ?

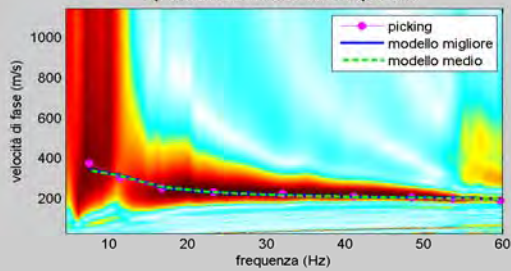
selezionare l'ultimo punto del modo utilizzando il tasto destro

salva picking ?, cancella picking

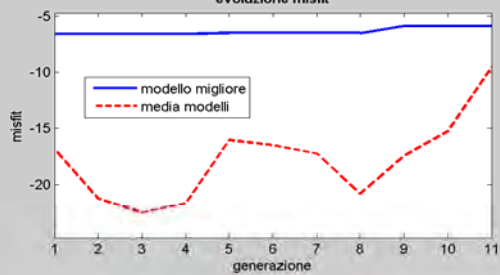
Inverti

Esci

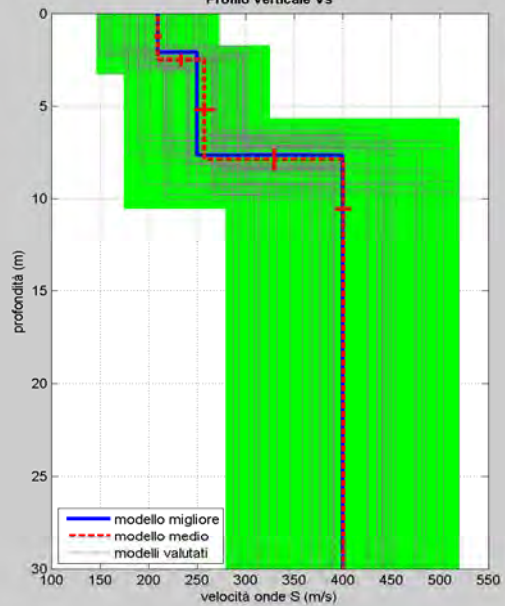
spettro di velocità e curve di dispersione



evoluzione misfit



Profilo verticale Vs



dataset: PARCO EOLICO STORNARA NORD 2.DAT
 curva di dispersione: PARCO EOLICO STORNARA NORD 2.cdp
 modello migliore VS30: 340 m/s
 modello medio VS30: 341 m/s



PROSPEZIONE MASW 2

A 7

Luglio 2019



Prospezione Sismica a Rifrazione 1



Prospezione Masw 1

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG)



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

**Luglio
2019**



Prospezione Sismica a Rifrazione 1



Prospezione Masw 2

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "STORNARA NORD" NEL COMUNE DI STORNARA (FG)



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

**Luglio
2019**