**REGIONE LIGURIA** **PROVINCIA DI SAVONA**

**COMUNI DI ALBISOLA SUPERIORE E SAVONA**

## PARCO EOLICO IN LOCALITÀ "NASO DI GATTO"

# RELAZIONE GEOLOGICA INTEGRATIVA: CARATTERIZZAZIONE SISMICA E GEOMECCANICA

*RICHIEDENTE*: **WIND ALTERNATIVE ENERGY S.R.L.**


*a cura di:* **Geol. Marco Villa**

Ordine Geologi Piemonte n° 649


Borgo San Dalmazzo (CN), 20 ottobre 2016

INDICE

**1 PREMESSA 3**

**2 INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO 4**

2.1 Sismica a rifrazione 4

2.2 Sismica a riflessione (MASW) 8

2.3 Analisi dei microtremori (H/V) 12

2.4 Sondaggi a carotaggio continuo 16

2.5 Rilievi geomeccanici 21

**3 INDAGINI DI LABORATORIO 27**

**4 SITI DI INDAGINE: MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRI DI PROGETTO 34**

4.1 Torre eolica n.1 35

4.2 Torre eolica n.2 37

4.3 Torre eolica n.3 39

**5 CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ DEI VERSANTI 41**

**6 STRATIGRAFIE SONDAGGIO 42**

6.1 Sondaggio S1 42

6.2 Sondaggio S3 43

# 1 PREMESSA

Le presenti note costituiscono parte integrativa alla Relazione Geologica di Inquadramento redatta nel Luglio 2015 dallo scrivente, dott. Geol. Marco Villa – Albo Geologi del Piemonte n.649 Sez. A, su incarico e per conto della **Società WIND ALTERNATIVE ENERGY S.R.L.** relativamente al progetto di un impianto per la produzione di energia eolica sito in località Naso di Gatto nei comuni di Albisola Superiore e Savona.

All'interno della presente vengono in particolare illustrate le indagini geognostiche effettuate ed i rispettivi risultati ottenuti al fine di caratterizzare l'area di intervento sia dal punto di vista sismico che geotecnico-geomeccanico e poter sviluppare il modello geologico-geomeccanico e sismico dell'area indagata.

Le indagini geognostiche sono state effettuate nei mesi di giugno-luglio 2015 ma per motivi contingenti non è stato possibile riportate i risultati delle stesse nel precedente elaborato geologico: il presente costituisce quindi integrazione e compendio delle indagini geognostiche e di laboratorio effettuate a corredo del progetto definitivo del parco eolico in progetto.

# 2 INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO

La caratterizzazione geologico-geomorfologica e stratigrafica dei versanti oggetto di intervento è avvenuta in prima battuta attraverso l'esecuzione di numerosi rilievi di terreno effettuati dallo scrivente nel periodo 2011-2015, grazie ai quali è stato possibile definire un quadro conoscitivo generale dell'assetto geologico locale.

Sulla base di quanto rilevato è stata quindi predisposta la successiva campagna geognostica, effettuata nell'estate 2015, attraverso la quale definire in modo più rigoroso ed oggettivo il modello geologico e le caratteristiche geologiche, geomeccaniche e sismiche dei materiali interessati dalle torri eoliche in progetto.

Le indagini geognostiche effettuate risultano in dettaglio essere le seguenti:

- ⇨ n.2 prospezioni sismiche a rifrazione;
- ⇨ n.2 prospezioni sismiche a riflessione (MASW);
- ⇨ n.3 analisi dei microtremori con il metodo di Nakamura (H/V);
- ⇨ n.2 sondaggi a carotaggio continuo;
- ⇨ n.3 rilievi geomeccanici;

le modalità realizzative delle stesse ed i rispettivi risultati vengono di seguito illustrate, mentre per l'ubicazione delle stesse si rimanda alla "Tavola 1 – Ubicazioni indagini geognostiche" allegata alla presente relazione.

## 2.1 SISMICA A RIFRAZIONE

Al fine di avere indicazioni sull'andamento stratigrafico dei terreni di copertura, sull'eventuale presenza del cappellaccio di alterazione dell'ammasso roccioso e/o di un livello particolarmente fratturato nonchè sulla profondità dell'ammasso lapideo non alterato sono state eseguite n.2

prospezioni sismiche a rifrazione in corrispondenza delle torri eoliche n.1 e n.3, previste in corrispondenza di aree presso cui è presente una superficie topograficamente idonea alla realizzazione di tali stendimenti; la torre n.2 è invece posta in cima ad un piccolo crinale la cui topografia non consente invece una interpretazione univoca ed affidabile delle dromocrone, ragione per cui non è stato effettuato alcuno stendimento sismico (rifrazione, MASW) ma solamente un'analisi dei microtremori con il metodo di Nakamura (H/V).

I due stendimenti sismici (SS1, SS3), di lunghezza pari a 48m, sono stati realizzati in collaborazione con il collega dott. Geol. Bertagnin (Ordine Geologi Piemonte n.529-Sez. A) utilizzando un Sismografo MAE a 36 canali (24 bit) utilizzando 24 geofoni (4.5hz) con interspaziatura pari a 2m ed energizzando il terreno attraverso la caduta di una mazza battente di 20kg da un'altezza di 3m.

Le prospezioni eseguite hanno sostanzialmente confermato per entrambi gli stendimenti la stratigrafia illustrata nelle precedenti relazioni geologiche, fornendo un maggior dettaglio circa lo spessore dei vari orizzonti stratigrafici; le due tomografie hanno inlotre mostrato come i due siti, seppur caratterizzati da una successione stratigrafica differente per natura e composizione dei materiali, presentino profili di velocità delle onde P paragonabili.

Entrambi i siti si caratterizzano infatti per la diffusa ed uniforme presenza di un orizzonte superficiale detritico-colluviale e di materiale di riporto stratigraficamente lento (Livello A, $Vp<500$ m/s) di spessore non superiore a 5m, sotto al quale è presente un livello riferibile al cappellaccio di alterazione e/o alla porzione sommitale dell'ammasso roccioso, caratterizzato da un grado di fratturazione mediamente elevato ma in progressiva diminuzione (Livello B, $Vp<1500$ m/s) fino alla profondità di circa 13-14m, a partire dalla quale il grado di fratturazione risulta essere decisamente più contenuto e l'ammasso roccioso sottostante risulta essere sostanzialmente integro, sano (Livello C, $Vp>1500$-2000 m/s).

STESA SISMICA SS1 – TORRE EOLICA N.1

Il profilo stratigrafico ottenuto dai sismogrammi acquisiti in corrispondenza di tale stesa sismica risulta essere il seguente:

| **SISMOSTRATI SS1** | **PROFONDITÀ** | **Vp** |
|---|---|---|
| Livello A<br>Copertura detritico-colluviale/materiale di riporto | 0 < z < 4m | <600m/s |
| Livello B<br>Ammasso roccioso fratturato | 5m < z < 13m | 850÷1500m/s |
| Livello C<br>Ammasso roccioso sano | z > 13m | 1600÷2800m/s |

La tomografia sismica dello stendimento SS1 risulta invece essere la seguente:

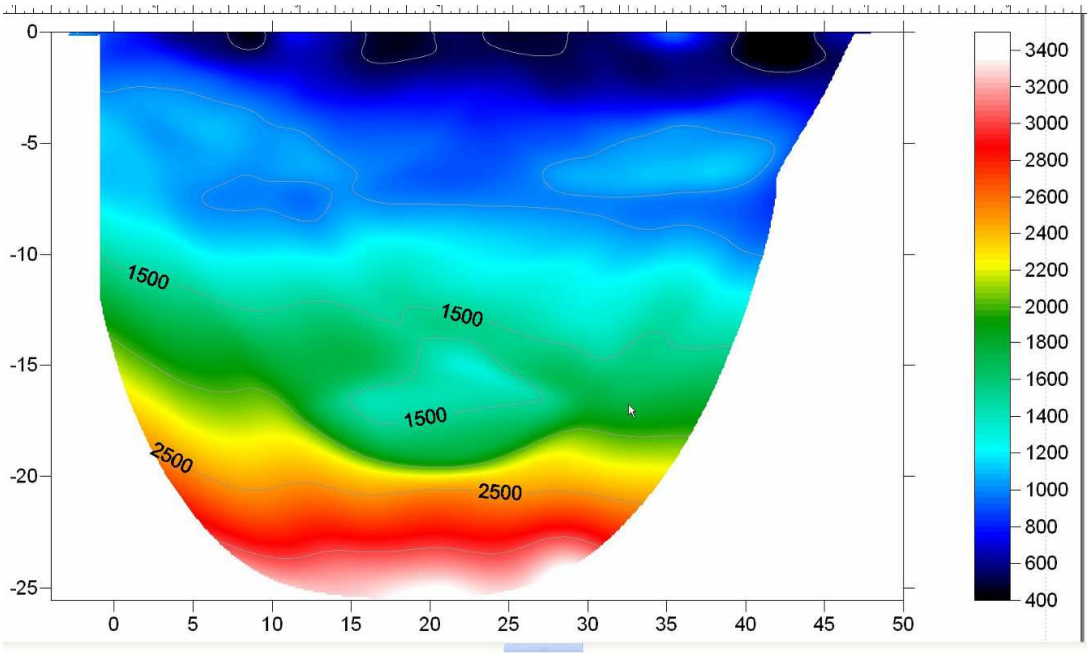



*Figura 1: tomografia stendimento sismico SS1.*

STESA SISMICA SS3 – TORRE EOLICA N.3

Il profilo stratigrafico ottenuto dai sismogrammi acquisiti in corrispondenza di tale stesa sismica risulta essere il seguente:

| **SISMOSTRATI SS3** | **PROFONDITÀ** | **Vp** |
|---|---|---|
| Livello A<br>Copertura detritico-colluviale/materiale di riporto | 0 < z < 3m | <600m/s |
| Livello B<br>Ammasso roccioso fratturato | 5m < z < 14m | 700÷1500m/s |
| Livello C<br>Ammasso roccioso sano | z > 14m | 1500÷3200m/s |

La tomografia sismica dello stendimento SS3 risulta invece essere la seguente:

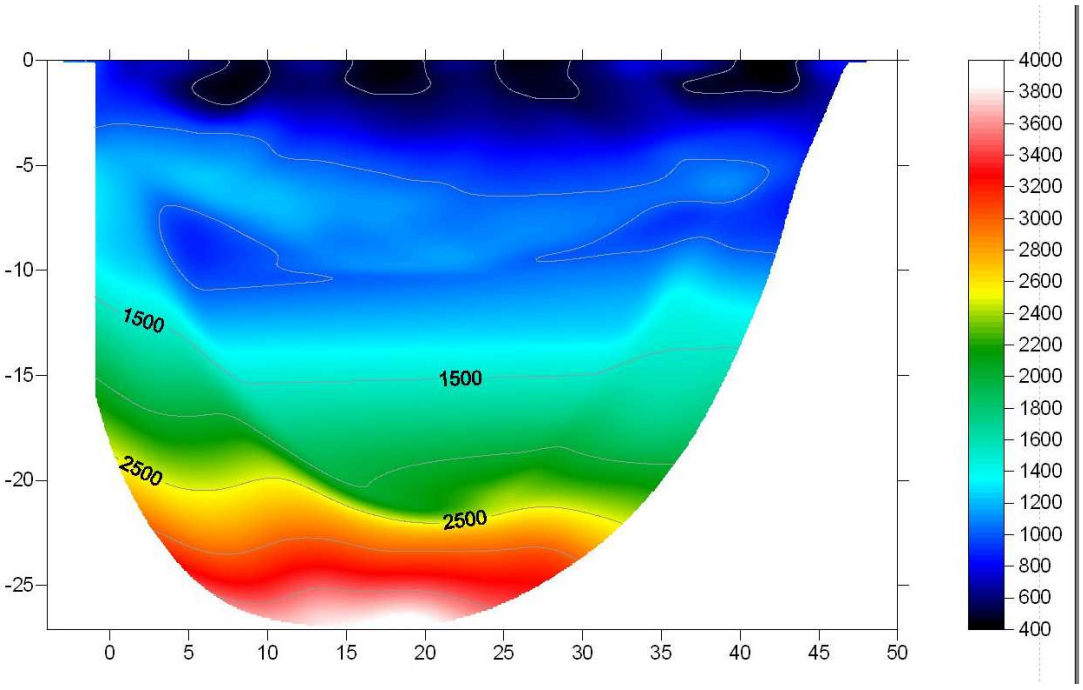



*Figura 2: tomografia stendimento sismico SS3.*

Il profilo stratigrafico ottenuto con le prospezioni sismiche è stato quindi messo in relazione e confrontato con le evidenze delle indagini MASW e con le stratigrafie ottenute dai sondaggi a carotaggio continui eseguiti a fianco degli stendimenti, così da determinare il modello geologico-stratigrafico illustrato nel Capitolo 4 della presente relazione.

## 2.2 SISMICA A RIFLESSIONE (MASW)

Al fine di verificare la risposta sismica dei versanti su cui è prevista la realizzazione delle torri eoliche in progetto sono state effettuate due indagini sismiche a riflessione (MASW1, MASW3) così da determinare il valore di Vs30 medio dei due siti di indagine. La MASW è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente; l'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (Vs) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

L'indagine è realizzata disponendo lungo un linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo: una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocita e frequenze variabili; il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale del geofono, l'impulso cosi prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'instante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza; il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione della caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Come per le indagini a rifrazione anche in questo caso non è stato possibile eseguire l'indagine a riflessione in corrispondenza della torre eolica n.2 ma ci si è limitati ad una acquisizione dei microtremori con il metodo di Nakamura (H/V).

Gli stendimenti MASW1-MASW3 sono coincisi dal punto di vista planimetrico e geometrico con quelli delle linee sismiche a rifrazione: lunghezza pari a 48m, interdistanza dei geofoni pari a 2m, energizzazione del terreno attraverso massa battente di 30kg; i risultati ottenuti sono stati quindi elaborati con il software GEOSTRU, dal quale sono stati ottenuti i profili delle $Vs_{30}$ dei due siti di indagine nonché gli spettri di velocità degli stessi.

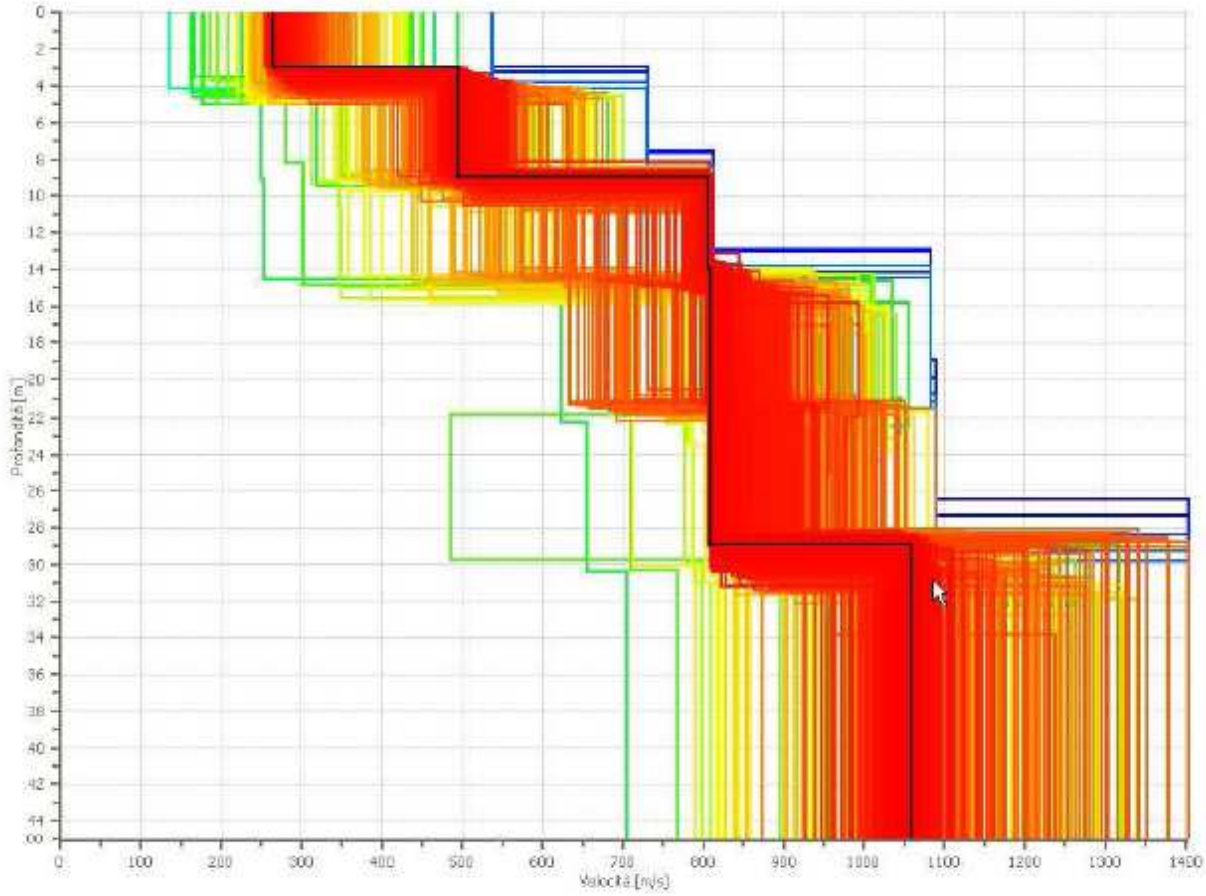
Le indagini MASW effettuato sui siti n.1 e n.3 hanno sostanzialmente confermato il comportamento sismico evidenziato dalle indagini a rifrazione: entrambi i siti presentano infatti un incremento nella velocità di propagazione degli impulsi sismici al crescere della profondità, seppur con due profili di velocità differenti; non sono stati invece rilevati fenomeni di inversione delle velocità Vs tali da creare fenomeni rilevanti di inversione sismica.

Il sito n.1 si caratterizza infatti per un orizzonte corticale di circa 3m di spessore molto poco addensato (Vs~264 m/s), sotto al quale è presente un secondo orizzonte (detrito colluviale con trovanti e/o cappellaccio di alterazione dell'ammasso roccioso) di circa 6m di spessore con velocità Vs~493 m/s; a partire dalla profondità di -9.0m sembra quindi affiorare l'ammasso roccioso, interessato da un discreto grado di fatturazione, il cui valore di Vs30 risulta pressoché costante fino alla profondità di 30m dal piano campagna (Vs~805 m/s). Dal punto di vista dei suoli di fondazione il sito n.1 rientra quindi all'interno della Categoria E individuata dalle NTC 2008 e s.m.i.

Il sito n.3 invece presenta per i primi 4m un orizzonte litologico con un discreto profilo di velocità (Vs~447 m/s), corrispondente a materiale di riporto/detritico discretamente addensato, sotto al quale affiora un orizzonte più veloce (Vs~853 m/s) compatibile con il cappellaccio di alterazione dell'ammasso roccioso, mentre a partire da circa 13m di profondità si assiste ad un ulteriore progressivo aumento delle Vs30 (~1015 m/s) testimoniante un miglioramento delle proprietà geomeccaniche dell'ammasso roccioso al crescere della profondità. Dal punto di vista

dei suoli di fondazione previste dalle NTC 2008, in virtù dei profili di velocità Vs30 ottenuti dall'indagine MASW , si ritiene corretto attribuire l'area alla Categoria E.

MASW 1 – TORRE EOLICA N.1




| | Profondità [m] | Spessore [m] | Peso unità volume [kg/mc] | Coefficiente Poisson | Vs calcolata [m/sec] | Vp calcolata [m/sec] | C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.00 | 3.00 | 1800.00 | 0.20 | 264.51 | 431.95 | |
| 2 | 8.98 | 5.98 | 1800.00 | 0.20 | 493.37 | 805.66 | |
| 3 | 14.00 | 5.01 | 1800.00 | 0.20 | 805.83 | 1315.91 | |
| 4 | 20.28 | 6.28 | 1800.00 | 0.20 | 809.05 | 1321.18 | |
| 5 | 28.91 | 8.63 | 1800.00 | 0.20 | 809.44 | 1321.81 | |
| 6 | oo | oo | 1800.00 | 0.20 | 1058.84 | 1729.08 | |

*Figura 3: profili di velocità delle onde Vs ottenuti dall'indagine MASW1.*

| **SISMOSTRATI MASW1** | **PROFONDITÀ** | **Vs30** |
|---|---|---|
| Livello A<br>Copertura detritico-colluviale/materiale di riporto | 0 < z < 3m | 264m/s |
| Livello B<br>Detrito/colluvio con trovanti e cappellaccio di alterazione | 3m < z < 9m | 493m/s |
| Livello C<br>Ammasso roccioso parzialmente fratturato | 9m < z < 30m | 805m/s |

MASW 3 – TORRE EOLICA N.3



| | Profondità [m] | Spessore [m] | Peso unità volume [kg/mc] | Coefficiente Poisson | Vs calcolata [m/sec] | Vp calcolata [m/sec] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.26 | 4.26 | 1800.00 | 0.20 | 447.10 | 730.11 |
| 2 | 8.26 | 4.00 | 1800.00 | 0.20 | 853.03 | 1393.00 |
| 3 | 13.26 | 5.00 | 1800.00 | 0.20 | 1015.93 | 1659.00 |
| 4 | 19.26 | 6.00 | 1800.00 | 0.20 | 1087.37 | 1775.66 |
| 5 | 27.98 | 8.72 | 1800.00 | 0.20 | 1518.38 | 2479.50 |
| 6 | oo | oo | 1800.00 | 0.20 | 2392.55 | 3907.02 |

*Figura 4: profili di velocità delle onde Vs ottenuti dall'indagine MASW3.*

| **SISMOSTRATI MASW3** | **PROFONDITÀ** | **Vs30** |
|---|---|---|
| Livello A<br>Copertura detritico-colluviale/materiale di riporto | 0 < z < 4m | 447m/s |
| Livello B<br>Detrito/colluvio con trovanti | 4m < z < 8m | 853m/s |
| Livello C<br>Ammasso roccioso parzialmente fratturato | 8m < z <30m | >1000m/s |

## 2.3 ANALISI DEI MICROTREMORI (H/V)

Allo scopo di determinare la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno è stata effettuata un'indagine sismica passiva dei microtremori denominata HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) e comunemente conosciuta come Metodo di Nakamura: sfruttando una terna di geofoni posizionati lungo le tre direzioni dello spazio ed analizzando i microtremori naturali presenti nel terreno tale metodologia consente di valutare la frequenza fondamentale di vibrazione di un terreno a seguito di un impulso sismico e quantifica l'eventuale amplificazione di tale impulso a seguito delle caratteristiche stratigrafiche e litologiche dell'area indagata, spesso responsabile di

ingenti danni alle costruzione in aree di territorio circoscritte. Durante i sopralluoghi effettuati a seguito di numerosi terremoti distruttivi si è infatti spesso osservata una notevole variabilità nell'entità e nella tipologia di danneggiamento di edifici analoghi ubicati a breve distanza l'uno dall'altro (decine/centinaia di metri): le analisi effettuate durante le fasi post-sisma hanno evidenziato come tali edifici, seppur limitrofi, fossero ubicati in porzioni di territorio con una risposta di sito differente in virtù delle diverse condizioni stratigrafico-litologiche del substrato di fondazione che in alcuni casi hanno portato all'amplificazione locale dell'impulso sismico per una determinata frequenza.

Le indagini effettuate sugli edifici più danneggiati hanno inoltre evidenziato come tale frequenza fosse del tutto sovrapponibile alla frequenza di vibrazione caratteristica dei fabbricati stessi, funzione della geometria e della tipologia del fabbricato: tale fenomeno, denominato *doppia risonanza*, ha pertanto prodotto una notevole amplificazione dell'impulso sismico che ha quindi causato ingenti lesioni su tali edifici; i fabbricati limitrofi con differente fattore di struttura sono invece stati interessati da lesioni più contenute in quanto non vi è stata sovrapposizione tra la frequenza di vibrazione di sito e quella caratteristica dell'edificio e non si è pertanto verificato il fenomeno della doppia risonanza terreno-struttura.

Il calcolo del rapporto H/V consente quindi di valutare la risposta di sito determinando la frequenza di vibrazione fondamentale del terreno e l'entità dell'amplificazione dell'impulso sismico, fornendo allo strutturista indicazioni molto significative circa le sollecitazioni a cui può andare incontro il fabbricato in progetto.

L'analisi dei microtremori è stata effettuata in corrispondenza dei tre siti individuati per la messa in opera degli aerogeneratori in progetto.

H/V 1 – TORRE EOLICA N.1

L'indagine eseguita sul sito n.1, lasciando i geofoni in acquisizione per oltre 30 minuti, ha evidenziato come il rapporto H/V (linea nera continua della *Figura 5*) di quest'area sia prossima a 2 e non sono stati osservati particolari picchi nel rapporto H/V: il sito presenta quindi una bassa

amplificazione del segnale sismico e non da luogo a particolari risonanze in corrispondenze di specifiche frequenze.

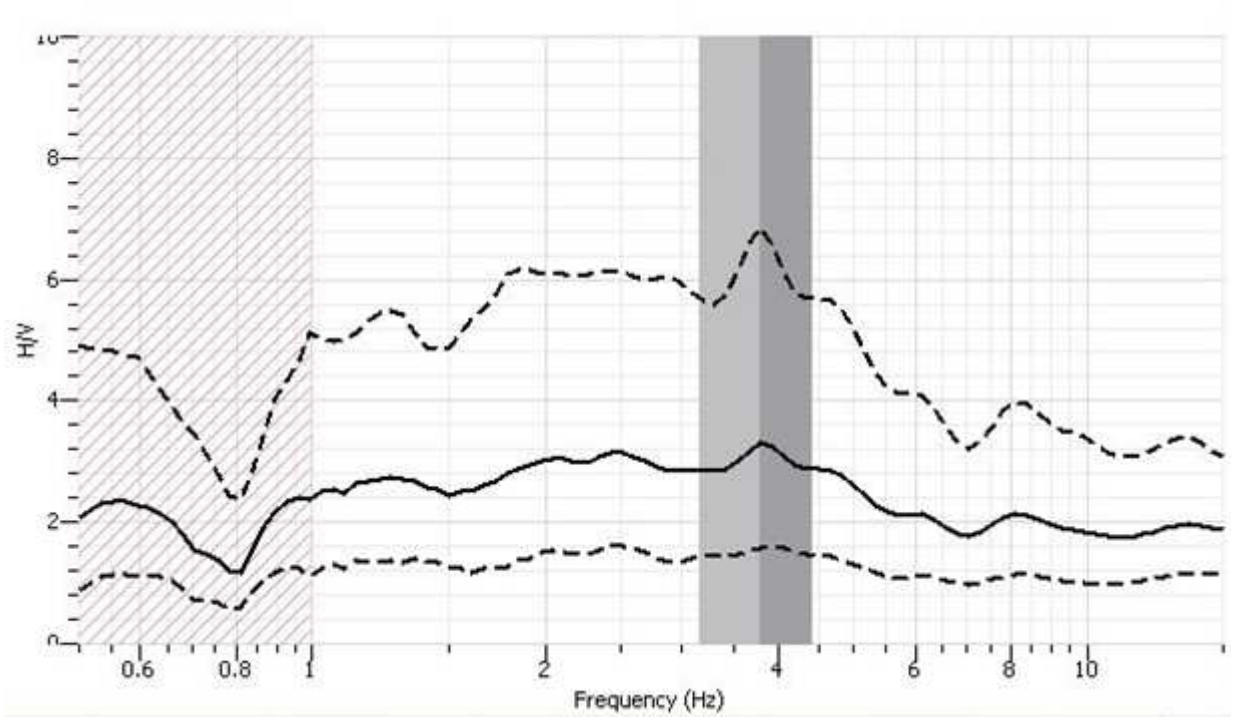



*Figura 5: diagramma Frequenza-rapporto H/V per il sito H/V1.*

Il diagramma dell'indagine H/V1 presenta uno scarto piuttosto alto (linee tratteggiate) dovuto alla presenza di vento sostenuto durante l'acquisizione, tale da impattare in modo significativo sulle fronde delle pianti presenti nell'intorno del sito di acquisizione e generare microtremori sul terreno.

H/V 2 – TORRE EOLICA N.2

Il sito n.2 è situato sul culmine del crinale montuoso che fa da spartiacque tra la vallata del Rio Reisce (a Nord-Est) e quella del Rio Gea (a Sud-Ovest) e si caratterizza per una topografia di cresta, completamente differente dagli altri due: tale peculiarità ha in parte caratterizzato il rapporto H/V in funzione della frequenza, determinando un aumento dello stesso al crescere di quest'ultima fino a raggiungere una valore pari a 3 per frequenze prossime a 10 Hz.

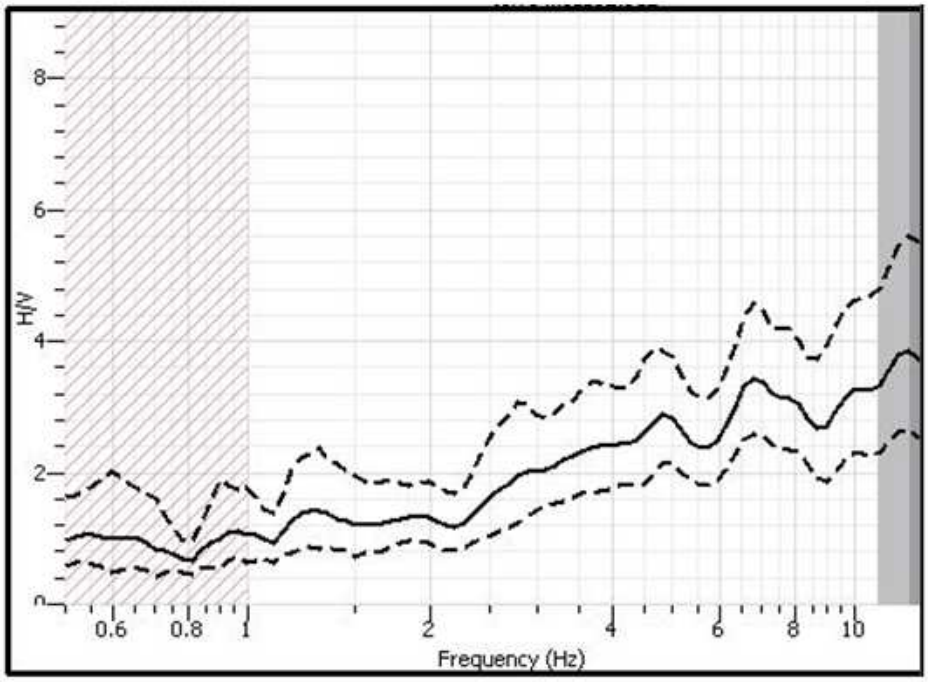



*Figura 6: diagramma Frequenza-rapporto H/V per il sito H/V2.*

L'indagine ha mostrato come il sito amplifichi il segnale sismico per frequenze superiori a 5-6Hz e possa dare luogo a fenomeni di doppia risonanza su strutture di altezza superiore a 25-30m in corrispondenza di tali frequenze: questa eventualità dovrà quindi essere tenuta in debita considerazione in fase progettuale ed andranno valutati gli accorgimenti tecnici eventualmente da adottare per minimizzare gli effetti di tale amplificazione.

H/V 3 – TORRE EOLICA N.3

Come per il sito n.1 anche in questo caso l'amplificazione degli impulsi sismici data dal sito risulta essere molto bassa per l'intero spettro di frequenza considerato: il rapporto H/V si mantiene infatti al di sotto del valore H/V=2 e non presenta particolari oscillazioni e/o picchi su frequenze ben definite.

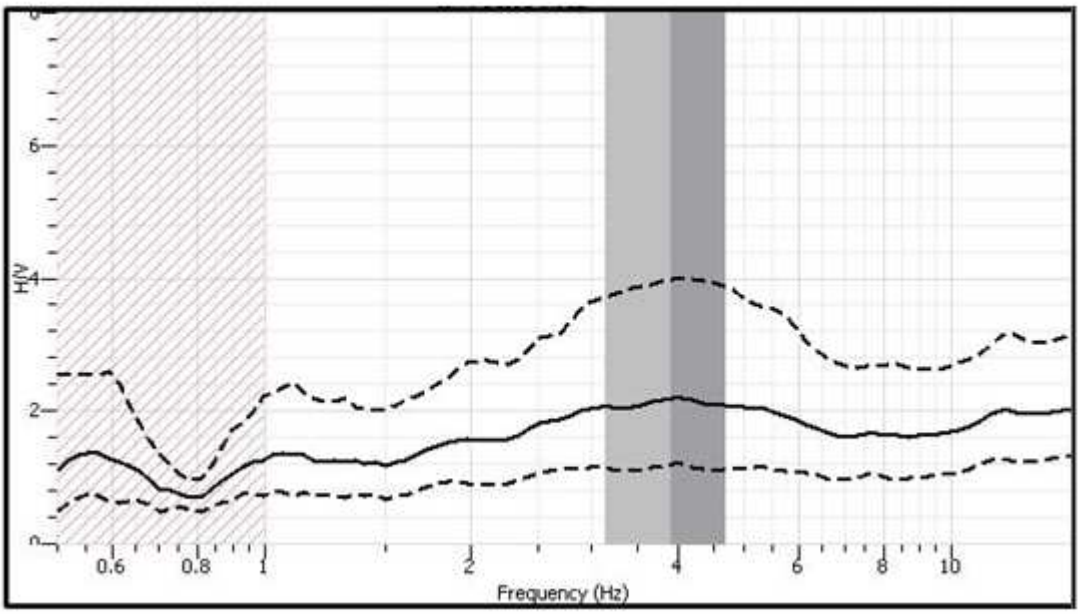



*Figura 7: diagramma Frequenza-rapporto H/V per il sito H/V3.*

Il sito non presenta pertanto particolari problemi dal punto di vista dell'amplificazione sismica e non si renderà necessaria l'adozione di particolari accorgimenti tecnici atti ad evitare fenomeni di doppia risonanza; la progettazione della torre eolica dovrà in ogni caso essere effettuata secondo i criteri antisismici previsti dalle vigenti norme tecniche per le costruzioni.

## 2.4 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Al fine di ricostruire in modo fedele il modello geologico dei siti di indagine ed interpretare in modo più veritiero e coerente con la realtà i dati ottenuti dalle prospezioni sismiche effettuate sono stati realizzati n.2 sondaggi a carotaggio continuo (di seguito denominati S1 e S3) in corrispondenza delle torre eoliche n.1 e n.3; non sono invece stati effettuati sondaggi in corrispondenza della torre eolica n.2 a causa della mancanza di una pista di accesso sufficientemente ampia per permettere alla sonda di raggiungere l'area ove è prevista la torre stessa.

I sondaggi sono stati effettuati nel mese di luglio 2015 dalla ditta Ge.La.Mo. s.r.l. di Villar San Costanzo (CN) nei pressi del punto ove è prevista la messa in opera delle suddette torri eoliche e sono stati spinti a profondità superiore ai 15m dal piano campagna, profondità ritenuta significativa e coerente con la profondità dei micropali di fondazione previsti nella precedente fase progettuale (10-15m).

Le perforazioni sono state condotte con rotazione a carotaggio continuo utilizzando carotieri semplici di diametro 101mm e 127mm con corone a vidiam e diamantata così da minimizzare il disturbo dei materiali attraversati e consentire il prelievo dei campioni rappresentativi; la perforazione di carotaggio per il recupero dei campioni realizzata con carotiere semplice, è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco). Per l'attraversamento dei livelli rocciosi è stato necessario l'impiego di carotieri doppi tipo T2 diametro 101 mm muniti di corona diamantata, per il cui funzionamento si è fatto ricorso alla circolazione diretta di acqua chiara.

La natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire i fori per il sostegno delle pareti: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1.50/3.00m e del diametro di 127mm alla profondità indicata in stratigrafia; durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara.

SONDAGGIO S1 – TORRE EOLICA N.1

Il sondaggio S1 (44°22'16.9" N – 8°25,4'4.6" E) è stato effettuato circa 12m a Nord-Est del punto ove è prevista la realizzazione della torre eolica n.1, in corrispondenza dell'area di manovra esistente per motivi legati alla logistica di cantiere ed alla copertura boschiva: per realizzare il sondaggio in asse con la torre sarebbe infatti stato necessario procedere al taglio di almeno un individuo arboreo ad alto fusto, si è scelto invece di effettuare il sondaggio immediatamente a lato su un'area stratigraficamente analoga così da limitare l'impatto ambientale delle indagini senza avere ripercussioni rilevanti sulla stratigrafia di sondaggio.

La perforazione, eseguita verticalmente e caratterizzata da una tubazione di diametro DN=127, è stata effettuata a carotaggio continuo (DN=101) a partire dal piano campagna (742m s.l.m.) fino alla profondità di 16.00m: durante l'esecuzione è stata prelevata una fustella di terreno (denominata *C1*) di lunghezza pari a 50cm tra 1.50 e 2.00m di profondità per l'analisi granulometrica del terreno, mentre alcuni spezzoni di carota (denominati *T1-profondità*) sono stati utilizzati per la caratterizzazione geomeccanica in laboratorio attraverso l'esecuzione di prove di compressione monoassiale e point-load; vista la tipologia di fondazione prevista, fondazioni indiretta su palo, non sono invece state effettuate prove SPT.

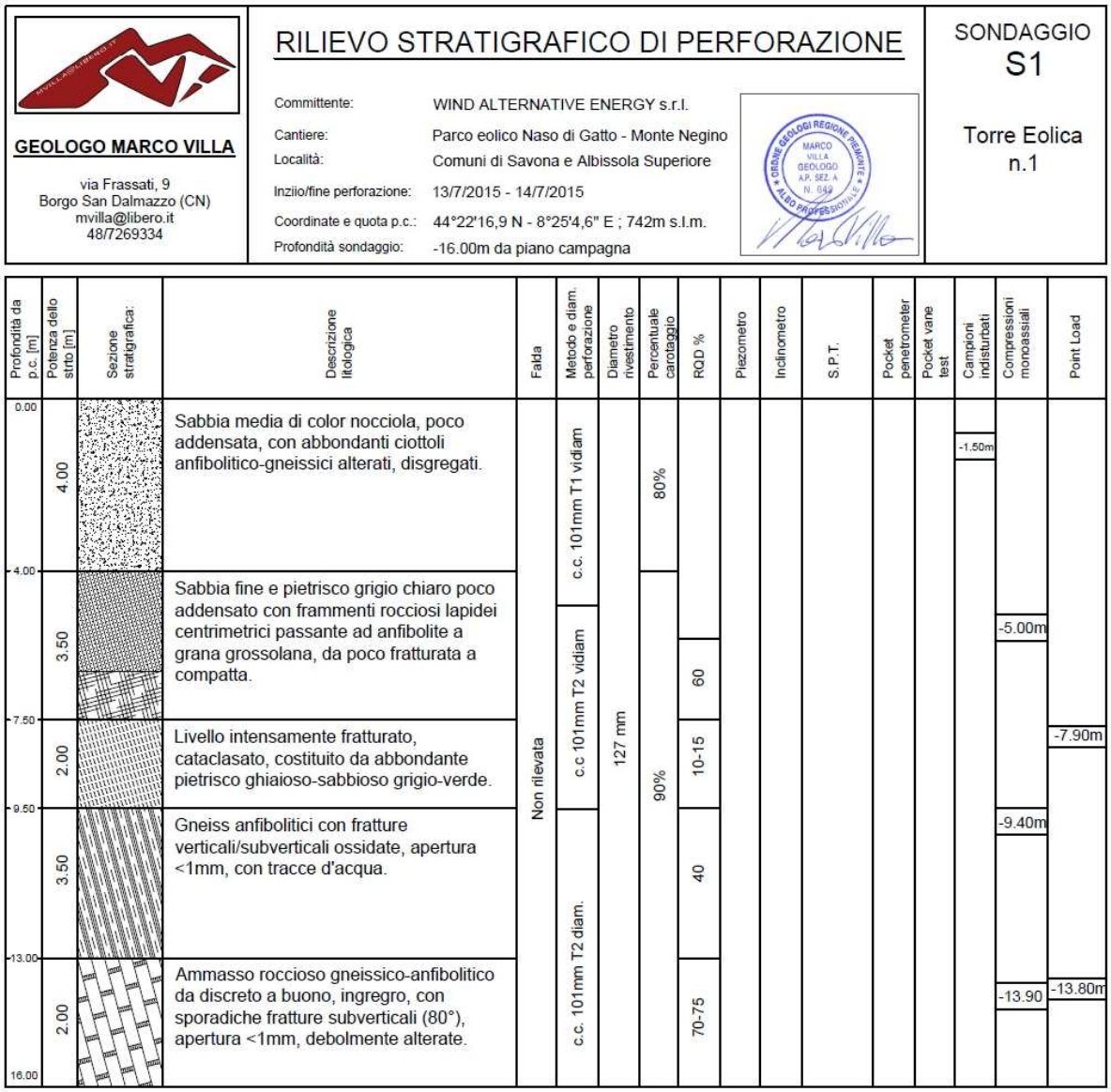



*Figura 8: stratigrafia sondaggio S1.*

La perforazione ha mostrato come la porzione di versante ove verrà realizzata la torre n.1 sia caratterizzata da un livello superficiale di terreni di copertura sabbiosi poco addensati di circa di origine prettamente detritica come evidenziato dagli abbondanti frammenti e ciottoli lapidei in essa contenuta; a circa 4m da p.c. si assiste ad un cambio stratigrafico, iniziano infatti ad affiorare sabbie fini e pietrisco di colore grigio chiaro al cui interno si rinvengono frammenti rocciosi lapidei, il cui tenore aumenta progressivamente fino alla profondità di 6.00m ove è stato rinvenuto un orizzonte lapideo costituito da anfibolite a grana grossolana poco fratturata, compatta, di circa 1.50m di spessore e con discreti valori di RQD (50-60). Sotto di essa è stato riscontrato un orizzonte di circa 2.00m intensamente fratturato, tendente al cataclasato, con abbondante pietrisco ghiaioso-sabbioso e RQD molto modesto (10-15); a partire da 9.50m di profondità sono stati attraversati gneiss anfibolitici discretamente fratturati le cui caratteristiche geomeccaniche migliorano progressivamente al crescere della profondità fino a dare luogo ad un ammasso roccioso sano, tenace, con buoni valori di RQD (70-75) e resistente all'avanzamento con la corona diamantata dalla profondità di 13.00m fino a fine sondaggio.

Il sondaggio in fase di pianificazioni indagini era previsto fino alla profondità di 20.00m da piano campagna ma, in fase di cantiere, è stato invece arrestato alla profondità di 16.00m in virtù della durezza dell'ammasso roccioso e delle difficoltà di avanzamento della perforatrice. Durante la perforazione non è infine stato intercettato alcun acquifero freatico/artesiano né all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso.

SONDAGGIO S3 – TORRE EOLICA N.3

Il sondaggio S3 (44°21'57.72" N – 8°25'24.4" E) è stato realizzato nel punto ove è prevista la realizzazione della torre eolica n.1, quota 683m s.l.m., con le medesime tecnologie operative del sondaggio S1; in questo caso non è stato prelevato alcun campione di terreno ma, come per il sondaggio precedente, alcuni spezzoni di carota (*T3-profondità*) sono stati utilizzati per la caratterizzazione geomeccanica in laboratorio attraverso l'esecuzione di prove di compressione monoassiale e point-load; anche in questo caso vista la tipologia di fondazione prevista non sono invece state effettuate prove SPT.

**GEOLOGO MARCO VILLA**

via Frassati, 9
Borgo San Dalmazzo (CN)
mvilla@libero.it
48/7269334

## RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

Committente: WIND ALTERNATIVE ENERGY s.r.l.
Cantiere: Parco eolico Naso di Gatto - Monte Negino
Località: Comuni di Savona e Albissola Superiore
Inziio/fine perforazione: 8/7/2015 - 9/7/2015
Coordinate e quota p.c.: 44°21'57,72 N - 8°25'24,4" E ; 683m s.l.m.
Profondità sondaggio: -17.30m da piano campagna

SONDAGGIO S3 – Torre Eolica n.3

| Profondità da p.c. [m] | Potenza dello strto [m] | Sezione stratigrafica: | Descrizione litologica | Falda | Metodo e diam. perforazione | Diametro rivestimento | Percentuale carotaggio | RQD % | Piezometro | Inclinometro | S.P.T. | Pocket penetrometer | Pocket vane test | Campioni indisturbati | Compressioni monoassiali | Point Load |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 3.00 | | Terreno di riporto: sabbia fine sciolta grigio-ocra con ciottoli, trovanti lapidei e laterizi. | Non rilevata | c.c. 101mm T1 vidiam | 127 mm | 80% | | | | | | | | | |
| 3.00 | 2.00 | | Ortogneiss metagranitoidi blu-versastri intensamente fratturati, alternati a clasti rocciosi intensamente alterati. | | carotaggio continuo 101mm T2 vidiam | | 30% | 5 | | | | | | | | |
| 5.00 | 3.00 | | Ortogneiss metagranitoidi poco alterati, con fratture aperte <1mm, ossidate, prive di matrice, asciutte. | | | | 70% | 10-15 | | | | | | | -5.00m | -6.70m |
| 8.00 | 2.00 | | Ortogneiss metagranitidi a grana grossolana intensamente fratturati, degradati fino a passare a pietrisco. | | | | 30% | 2 | | | | | | | | |
| 10.00 | 2.50 | | Ortogneiss metagranitidi poco alterati, scarsamente fratturati, con fratture subverticali aperte, scarsamente alterate, prive di matrice. | | | | 90% | 50-60 | | | | | | | | -10.50m |
| 12.50 | 4.70 | | Ammasso roccioso sano, sporadiche fratture subverticali di apertura inferiore a 1mm, alterazione molto contenuta. | | c.c. 101mm T2 diam. | | | 60-70 | | | | | | | | |
| 17.30 | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Figura 9: stratigrafia sondaggio S3.*

L'area ove verrà realizzata la torre n.3 si caratterizza per la presenza di uno strato superficiale di materiale di riporto rimaneggiato di circa 3.00m costituito da sabbia fine incoerente frammista a ciottoli, trovanti lapidei e sporadici frammenti di laterizi: si tratta di un orizzonte geotecnicamente scarso e non adatto alla messa in opera di carichi significativi, pertanto dovrà essere completamente rimosso in fase di posa delle fondazioni della torre eolica; sotto ad esso affiora invece la porzione sommitale dell'ammasso roccioso, ortogneiss e metagranitoidi di

colore blu-verdastro intensamente fratturati, disgregati ed alternati a livelli costituiti da clasti rocciosi sub angolosi intensamente alterati: questo livello rappresenta il cappellaccio di alterazione dell'ammasso roccioso, scadente dal punto di vista geomeccanico ed ha uno spessore di circa 2.00m, sotto al quale è stato invece riscontrato un livello di circa 3.00m di spessore scarsamente alterato, meno fratturato, con valori di RQD prossimi a 15.

Tra 8.00 e 10.00m dal piano campagna è stato quindi osservato un livello intensamente fratturato, disgregato e con abbondante pietrisco, complessivamente scadente ed in corrispondenza del quale si è avuto una evidente diminuzione nella percentuale di materiale carotato; a partire dalla profondità di 10.00m l'ammasso roccioso inizia invece ad assumere discrete qualità geomeccaniche, diminuisce infatti in modo significativo il grado di fatturazione (fratture sub-verticali<1mmarsamente alterate, prive di matrice) e parallelamente aumenta il valore di RQD, mentre da circa 12.50-13.00m in poi è stato riscontrato un ammasso roccioso pressoché sano, integro, scarsamente alterato e con modesto grado di fatturazione. Anche in questo caso non sono state attraversate falde freatiche né sono state registrate venute d'acqua significative.

## 2.5 RILIEVI GEOMECCANICI

Il rilievo geomeccanico può essere definito come un insieme ordinato di misure ed osservazioni effettuate su un affioramento allo scopo di acquisire i parametri di base dell'ammasso roccioso e delle discontinuità che lo interessano: esso deve fornire una visione generale delle caratteristiche dell'ammasso roccioso e permettere la raccolta del maggior numero possibile di dati quantitativi.

I parametri presi in considerazione durante il rilievo geomeccanico riguardano sia il materiale roccia sia le discontinuità presenti all'interno:

- Ubicazione: sono state indicate chiaramente l'ubicazione della stazione dove è stato eseguito il rilievo, la quota, la giacitura del versante e la data in cui è stato fatto il rilevo.

- Dimensioni: l'area oggetto del rilievo è stata misurata, così come quelle dell'affioramento.
- Litologia: indicazione della litologia affiorante.
- Classe di roccia: viene definita la Classe di Roccia a cui il litotipo appartiene per caratteristiche litologico-tecniche:

  R1: Ammassi rocciosi massicci
  R2: Ammassi rocciosi stratificati
  R3: Ammassi rocciosi fortemente scistosi o fissili
  WR: Rocce deboli

- Alterazione: viene indicato il grado di alterazione dell'ammasso roccioso

  W1: alterazione assente
  W2: leggermente alterato
  W3: mediamente alterato
  W4: molto alterato
  W5: completamente alterato

- Giacitura: vengono riportate le giaciture della superficie di stratificazione (S) e delle più importanti famiglie di discontinuità (K1, K2, K3); per ogni piano vengono prese per lo meno 10 misure, in modo da ottenere un valore medio significativo della giacitura stessa
- Spaziatura: viene riportata la distanza media tra le discontinuità appartenenti ad una stessa famiglia, misurata perpendicolarmente alle discontinuità stesse, espresse in centimetri
- Persistenza: la persistenza può essere definita come il rapporto percentuale tra l'area di effettiva separazione e l'area del piano che contiene la discontinuità stessa: questa è la cosiddetta "Persistenza Areale", mentre con "Persistenza Lineare" si intende l'estensione di una discontinuità rispetto ad una linea di riferimento appartenente al piano su cui giace la discontinuità stessa, sempre in rapporto percentuale. La persistenza è uno dei dati più rilevanti dell'ammasso roccioso, particolarmente per i litotipi particolarmente fratturati e per le rocce deboli. Nelle stazioni dove sono stati fatti i Rilievi Geomeccanico è stata stimata la persistenza lineare della stratificazione e delle famiglie di discontinuità, distinguendo 3 classi di persistenza: minore del 50%, compresa tra il 50 e il 90%, maggiore o uguale al 90%.

- Forma: si intende la forma delle superfici di stratificazione e di discontinuità:planare, ondulata, a scalini, irregolare; la forma è stata valutata visivamente, attraverso l'utilizzo del Pettine di Barton e con l'aiuto di apposite tabelle di comparazione.
- Alterazione: indica il grado di alterazione delle superfici di discontinuità:

  WD1: non alterata (sulle superfici di discontinuità non sono visibili tracce di alterazione).

  WD2: scolorita (il colore originale della roccia è cambiato parzialmente o totalmente sulle superfici di discontinuità).

  WD3: alterata (l'alterazione ha interessato la roccia per uno spessore di circa 1mm; la tessitura originale è ancora riconoscibile).

  WD4: molto alterata (l'alterazione è progredita in profondità per alcuni mm con la completa trasformazione della roccia in un terreno).
- Apertura: indica l'apertura delle superfici di discontinuità, misurata attraverso lo spessimetro:

  Apertura < 0.1mm

  Apertura <1mm

  Apertura 1-2.5mm

  Apertura 2.5-5mm

  Apertura >5mm

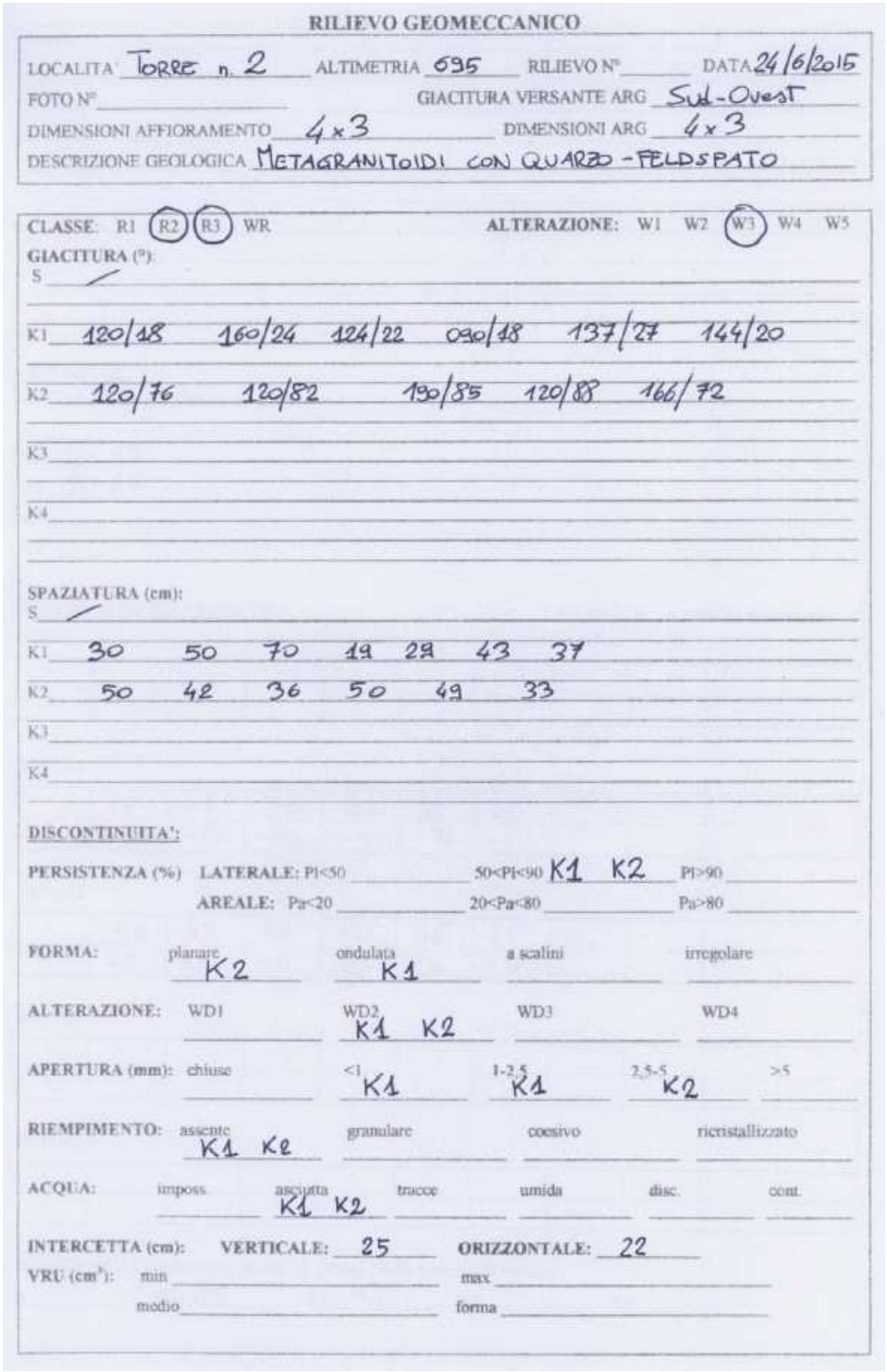
- Riempimento: viene indicato se è presente materiale all'interno della discontinuità e la sua natura: il riempimento può essere assente o, a seconda della sua natura, granulare, coesivo o ricristallizzato.
- Acqua: viene valutata la presenza o meno di acqua lungo le superfici di discontinuità che costituiscono le vie preferenziali lungo cui si muove l'acqua negli ammassi rocciosi. Si hanno 6 classi: impossibile, asciutta, tracce, umida, discontinua, continua. L'acqua riveste un ruolo molto importante nella caratterizzazione di un ammasso roccioso e nella possibile instabilità dello stesso.
- Intercetta: rappresenta la distanza media tra le discontinuità senza considerare l'appartenenza della stessa a differenti famiglie di discontinuità; per ogni famiglia e per la stratificazione è stato calcolato il rapporto tra la lunghezza della base di misura (L=1m),

ortogonale alle discontinuità interessate, e il numero di discontinuità interessate (n) che intersecano la base stessa. Sono state conteggiate tutte le discontinuità intersecanti la base stessa, indipendentemente dalla loro persistenza lineare, in modo da avere il valore di intercetta più critico per la stabilità dell'ammasso roccioso.

- Rugosità: viene rilevata la rugosità delle superfici di strato e delle superfici di discontinuità attraverso il Pettine di Barton e attraverso tabelle di comparazione della rugosità, tramite le quali è possibile esprimere un valore di JRC (Joint Roughness Coefficient): il valore di JRC è fondamentale per il calcolo della resistenza al taglio lungo le discontinuità, parametro base per l'analisi di stabilità di ammassi rocciosi intensamente fratturati.
- Misure allo Sclerometro: per poter conoscere indicativamente la resistenza a compressione del materiale, sono state eseguite misure con il Martello si Schmidt (Sclerometro): è uno strumento composto da una massa battente che viene proiettata da una molla calibrata contro un'asta metallica posta a contatto con la roccia. Il rimbalzo elastico della massa battente, che è funzione della quantità di energia elastica restituita dalla superficie d'appoggio, viene misurato da un cursore la cui scala va da 10 a 100; il tutto è contenuto in un cilindro metallico.
- Lo sclerometro determina sostanzialmente la resistenza a compressione della parte più superficiale della roccia, quella direttamente a contatto con la punta: tale valore viene indicato come resistenza a compressione apparente o come resistenza superficiale e viene usata per ottenere la resistenza delle pareti della discontinuità (JCS-Joint Compressive Strength).
- Le misure di rimbalzo sono state eseguite sulle superfici di discontinuità ed il valore di resistenza a compressione monoassiale apparente ($\sigma c$) è stato calcolato attraverso la relazione di Miller (1966):

La notevole persistenza areale dei terreni di copertura ha condizionato fortemente l'esecuzione e l'effettiva risultanza dei 3 rilievi geomeccanici eseguiti, la cui ubicazione è riportata sulla "Tavola 1: ubicazioni indagini" redatta in precedenza dallo scrivente: in particolare solamente il rilievo geomeccanico condotto nei pressi della torre eolica n.2 (vedi Figura 10) ha permesso una compilazione pressoché completa del modulo di rilievo geomeccanico, mentre gli altri due

affioramenti non hanno permesso la raccolta di un numero di dati significativo e pertanto, seppur indicati nella suddetta tavola, non vengono qui riportati dal momento che essi risultano essere incompleti e poco significativi per cause contingenti. Si segnala inoltre come non siano disponibili ulteriori affioramenti rocciosi su cui effettuare ulteriori rilievi geomeccanici.



RILIEVO GEOMECCANICO

LOCALITA' Torre n. 2 ALTIMETRIA 695 RILIEVO N° DATA 24/6/2015

FOTO N° GIACITURA VERSANTE ARG Sud-Ovest

DIMENSIONI AFFIORAMENTO 4x3 DIMENSIONI ARG 4x3

DESCRIZIONE GEOLOGICA METAGRANITOIDI CON QUARZO - FELDSPATO

CLASSE: R1 (R2) (R3) WR ALTERAZIONE: W1 W2 (W3) W4 W5

GIACITURA (°):

S /

K1 120/18 160/24 124/22 090/18 137/27 144/20

K2 120/76 120/82 190/85 120/88 166/72

K3

K4

SPAZIATURA (cm):

S /

K1 30 50 70 19 29 43 37

K2 50 42 36 50 49 33

K3

K4

DISCONTINUITA':

PERSISTENZA (%) LATERALE: PI<50 50<PI<90 K1 K2 PI>90

AREALE: Pa<20 20<Pa<80 Pa>80

FORMA: planare K2 ondulata K1 a scalini irregolare

ALTERAZIONE: WD1 WD2 K1 K2 WD3 WD4

APERTURA (mm): chiuse <1 K1 1-2.5 K1 2.5-5 K2 >5

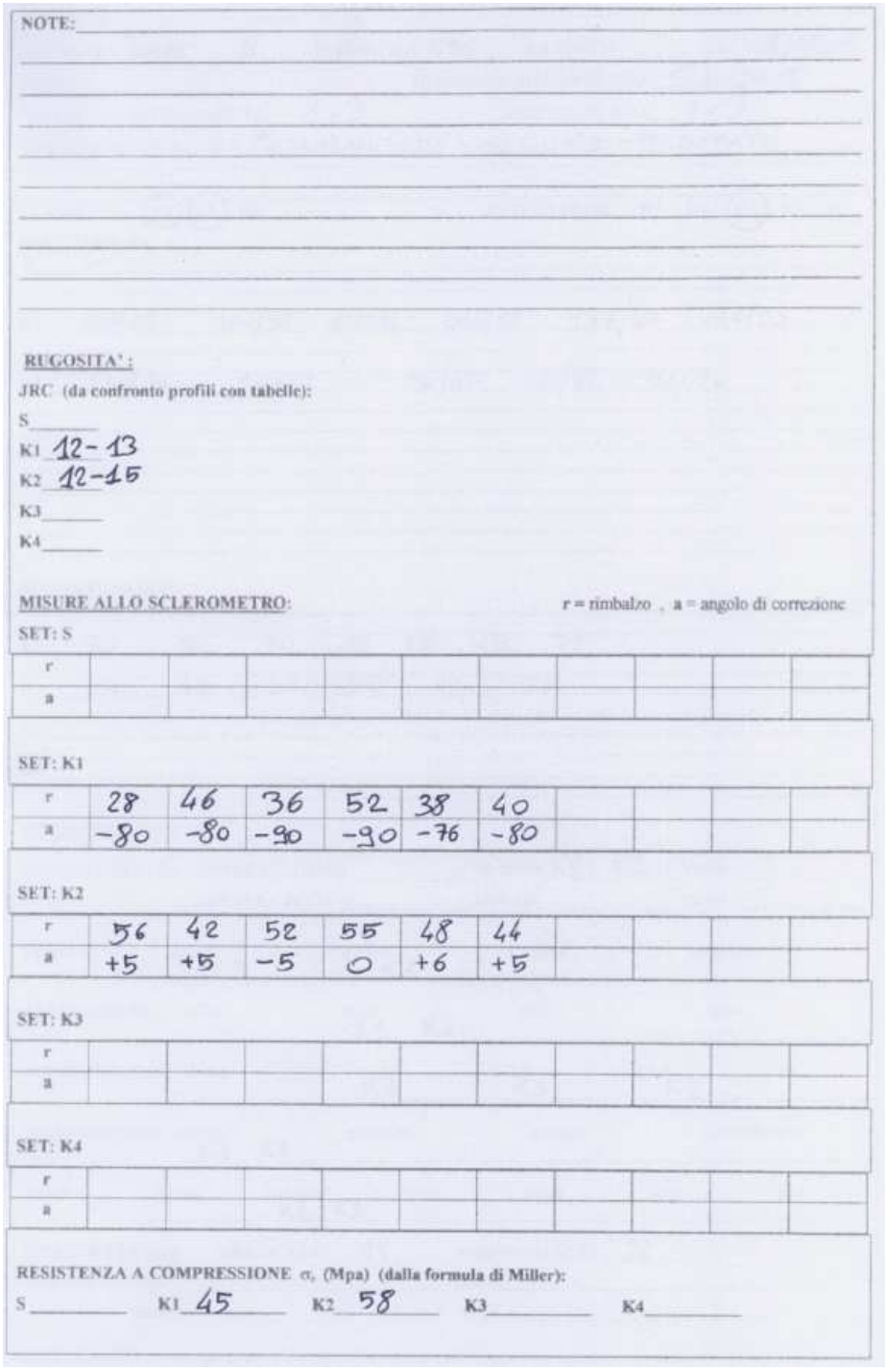
RIEMPIMENTO: assente K1 K2 granulare coesivo ricristallizzato

ACQUA: impos. asciutta K1 K2 tracce umida disc. cont.

INTERCETTA (cm): VERTICALE: 25 ORIZZONTALE: 22

VRU (cm³): min max

modio forma



NOTE:

RUGOSITA':

JRC (da confronto profili con tabelle):

S_____

K1 12-13

K2 12-15

K3_____

K4_____

MISURE ALLO SCLEROMETRO: r = rimbalzo , a = angolo di correzione

SET: S

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| r | | | | | | | | | | |
| a | | | | | | | | | | |

SET: K1

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| r | 28 | 46 | 36 | 52 | 38 | 40 | | | | |
| a | -80 | -80 | -90 | -90 | -76 | -80 | | | | |

SET: K2

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| r | 56 | 42 | 52 | 55 | 48 | 44 | | | | |
| a | +5 | +5 | -5 | 0 | +6 | +5 | | | | |

SET: K3

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| r | | | | | | | | | | |
| a | | | | | | | | | | |

SET: K4

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| r | | | | | | | | | | |
| a | | | | | | | | | | |

RESISTENZA A COMPRESSIONE $\sigma_c$ (Mpa) (dalla formula di Miller):

S_____ K1 45 K2 58 K3_____ K4_____

*Figura 10: rilievo geomeccanico in corrispondenza della Torre eolica n.2.*

# 3 INDAGINI DI LABORATORIO

Nella presente sezione della relazione vengono presentati i risultati delle Analisi di Laboratorio eseguite sui campioni di roccia e terreno prelevati durante la terebrazione dei sondaggi realizzati a supporto del progetto di parco eolico in località Naso di Gatto; in particolare vengono illustrati i risultati delle prove di compressione monoassiale (sia strumentate con i trasduttori che prive degli stessi) e point-load eseguite sugli spezzoni di carota ottenuti durante l'esecuzione dei sondaggi S1-S3 e le analisi granulometriche sul campione di terreno prelevato in corrispondenza del sondaggo S1.

In ottemperanza a quanto disposto dal paragrafo 6.2.2 delle NTC/08, le prove geotecniche sono state affidate a "Engineering Controls s.r.l." di Cuneo, Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti all'esecuzione e certificazione di prove su terreni e rocce ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01 (Decreto di Autorizzazione n. 868 del 03/02/2010).

I risultati delle analisi eseguite sono riportati nei certificati allegati di seguito.

engineering controls SRL

Autorizzazione ai sensi della circolare n° 7618/STC settore A

LABORATORIO GEOTECNICO autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti ai sensi dell'art. 59 del DPR n° 380/2001 (n° 53659 del 14/07/2005 e successivi rinnovi)
Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001 - UNI CEI EN ISO/IEC 17025 - TÜV n° 50 100 4162

| Rapporto di prova n. | del | Verbale di accettazione n. | Pagina |
|---|---|---|---|
| RP185/15 | 04/08/2015 | 2479 | 1/1 |

## PROVE SULLE ROCCE
## PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE

(Norme di riferimento: Raccomandazioni ISRM - ASTM D7012-10)

| | |
|---|---|
| **Committente** | **WIND ALTERNATIVE ENERGY s.r.l. - Corso Statuto, 20 - 12084 Mondovì (CN)** |
| **Richiesta prove del** | 28/07/2015 |
| **Luogo prelievo** | Naso di Gatto |
| **Sondaggio/Campione** | v.tabella cert. |
| **Profondità** | v.tabella cert. |
| **Data prelievo** | Luglio 2015 |

*Strumentazione utilizzata:* pressa Tecnotest K300 matr. 1531/98 r.t. 2.15/03 del 05/05/15 - bilancia Mettler r.t. 1.15/13 del 26/01/15 - calibro Mitutoyo r.t. 1.15/29 del 26/01/15

## RISULTATI DELLE PROVE

Prove eseguite il 03/08/2015

| Campione | Profondità | Diametro | Altezza | Area | Carico Rottura | **Resistenza a compressione** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| - | [m] | [mm] | [mm] | [$mm^2$] | [kN] | **[MPa]** |
| T1 | 9,40 | 83,0 | 83,0 | 5411 | 229,3 | 42,38 |
| T1 | 13,90 | 82,0 | 122,0 | 5281 | 277,0 | 52,45 |
| *T3 | 5,00 | 82,0 | 83,5 | 5281 | 101,2 | 19,16 |
| - | - | - | - | - | - | - |

*Nota: campione T3 con fratture evidenti già prima dell'esecuzione della prova

Lo Sperimentatore
Geom. Christian Marin

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Massimo Lelli

engineering controls s.r.l. Capitale Sociale € 95.000,00 - P. Iva / Codice Fiscale e Registrazione Impresa 02064560044 - REA n° 152261 C.C.I.A.A. di Cuneo
Via Fratelli Ceirano 9 - area 90 - 12100 - Madonna dell'Olmo (CN) T +39 0171.41.22.33 F +39 0171.41.25.28 info@engineering-controls.it www.engineeringcontrols.it

engineering controls SRL

Autorizzazione ai sensi della circolare n° 7618/STC settore A

LABORATORIO GEOTECNICO autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti ai sensi dell'art. 59 del DPR n° 380/2001 (n° 53659 del 14/07/2005 e successivi rinnovi)
Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001 - UNI CEI EN ISO/IEC 17025 - TÜV n° 50 100 4162

| Rapporto di prova n. | del | Verbale di accettazione n. | Pagina |
|---|---|---|---|
| RP186/15 | 04/08/2015 | 2479 | 1/1 |

**PROVE SULLE ROCCE**
**DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL PUNZONAMENTO (POINT LOAD TEST)**

(Norme di riferimento: Raccomandazioni ISRM - ASTM D5731-02)

| | |
|---|---|
| **Committente** | **WIND ALTERNATIVE ENERGY s.r.l. - Corso Statuto, 20 - 12084 Mondovì (CN)** |
| **Richiesta prove del** | 28/07/2015 |
| **Luogo prelievo** | Naso di Gatto |
| **Sondaggio/Campione** | v.tabella cert. |
| **Profondità** | v.tabella cert. |
| **Data prelievo** | Luglio 2015 |

Strumentazione utilizzata: Macchina di compressione Controls 45-D0550/E cella 50 kN r.t. D15/013 del 28/07/15 - calibro digitale Mitutoyo r.t. 1.15/29 del 26/01/15

**RISULTATI DELLE PROVE**

Prove eseguite il 03/08/2015

| Sondaggio - | Profondità [m] | Direzione A=assiale D= diam. | Distanza tra le punte Dm [cm] | Carico Rottura P [kN] | Indice di resistenza Is [MPa] | Indice di resistenza corretto $Is_{(50)}$ [MPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 7,90 | D | 8,3 | 15,39 | 2,23 | 2,81 |
| T1 | 13,80 | D | 8,3 | 24,40 | 3,54 | 4,50 |
| T3 | 10,50 | A | 7,0 | 9,01 | 1,22 | 1,56 |
| T3 | 6,70 | A | 5,5 | 11,33 | 1,94 | 2,34 |

Lo Sperimentatore
Geom. Christian Marin

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Massimo Lelli

engineering controls s.r.l. Capitale Sociale € 95.000,00 - P. Iva / Codice Fiscale e Registrazione Impresa 02064560044 - REA n° 152261 C.C.I.A.A. di Cuneo
Via Fratelli Cervano 9 - area 90 - 12100 - Madonna dell'Olmo (CN) T +39 0171.412233 F +39 0171.412528 info@engineering-controls.it www.engineering-controls.it

engineering controls SRL

Autorizzazione a sensi della circolare n° 7618/STC settore A

LABORATORIO GEOTECNICO autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti ai sensi dell'art. 59 del DPR n° 380/2001 (n° 53659 del 14/07/2005 e successivi rinnovi)
Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001 - UNI CEI EN ISO/IEC 17025 - TÜV n° 50 100 4162

| Rapporto di prova n. | del | Verbale di accettazione n. | Pagina |
|---|---|---|---|
| RP187/15 | 04/08/2015 | 2479 | 1/1 |

## PROVE SULLE ROCCE
## PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE

(Norme di riferimento ISRM 1979 - ASTM D7012-10)

| | |
|---|---|
| **Committente** | **WIND ALTERNATIVE ENERGY s.r.l. - Corso Statuto, 20 - 12084 Mondovì (CN)** |
| **Richiesta prove del** | 28/07/2015 |
| **Luogo prelievo** | Naso di Gatto |
| **Sondaggio/Campione** | T1 |
| **Profondità** | 15,70 m |
| **Data prelievo** | Luglio 2015 |

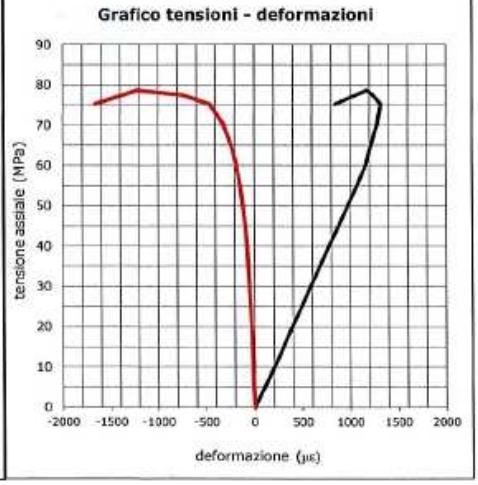
*Strumentazione utilizzata:* pressa Tecnotest K300 matr.1531/98 r.t. 2.15/03 del 05/05/15 - bilancia Mettler r.t. 1.15/13 del 26/01/15 - calibro Mitutoyo r.t. 1.15/29 del 26/01/15 - strain gauges 60 mm

### RISULTATI DELLE PROVE

| Caratteristiche del campione | | | RISULTATI | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Diametro | 83,8 | mm | Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_u$ | 78,80 | MPa |
| Altezza | 164,6 | mm | | | |
| Superficie | 55,15 | $cm^2$ | Modulo Elastico | 51938 | MPa |
| Massa Volumica | 2,710 | $g/cm^3$ | | | |
| **Modalità di prova** | | | Coefficiente Poisson | 0,14 | - |
| Velocità di applicazione della tensione di carico | 0,5 | MPa/s | | | |



Rottura a ca. clessidra




Lo Sperimentatore
Geom. Christian Marin

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Massimo Lelli

engineering controls s.r.l. Capitale Sociale € 95.000/00 - P. Iva / Codice Fiscale e Registrazione Impresa 02064560044 - REA n° 152261 C.C.I.A.A. di Cuneo
Via Fratelli Cervano 9 - area 90 - 12100 - Madonna dell'Olmo (CN) T +39 0171.41.22.33 F +39 0171.41.25.28 info@engineering-controls.it www.engineeringcontrols.it

engineering controls SRL

Autorizzazione ai sensi della circolare n° 7618/STC settore A

**LABORATORIO GEOTECNICO** autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti ai sensi dell'art. 59 del DPR n° 380/2001 (n° 53659 del 14/07/2005 e successivi rinnovi)
Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001 - UNI CEI EN ISO/IEC 17025 - TÜV n° 50 100 4162

| Rapporto di prova n. | del | Verbale di accettazione n. | Pagina |
|---|---|---|---|
| RP188/15 | 04/08/2015 | 2479 | 1/1 |

## PROVE SULLE ROCCE
## PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE

(Norme di riferimento ISRM 1979 - ASTM D7012-10)

| | |
|---|---|
| **Committente** | **WIND ALTERNATIVE ENERGY s.r.l. - Corso Statuto, 20 - 12084 Mondovì (CN)** |
| **Richiesta prove del** | 28/07/2015 |
| **Luogo prelievo** | Naso di Gatto |
| **Sondaggio/Campione** | T3 |
| **Profondità** | 16,50 m |
| **Data prelievo** | Luglio 2015 |

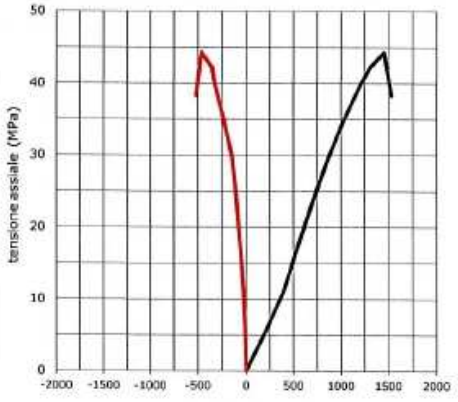
*Strumentazione utilizzata:* pressa Tecnotest K300 matr.1531/98 r.t. 2.15/03 del 05/05/15 - bilancia Mettler r.t. 1.15/13 del 26/01/15 - calibro Mitutoyo r.t. 1.15/29 del 26/01/15 - strain gauges 60 mm

### RISULTATI DELLE PROVE

| Caratteristiche del campione | | | RISULTATI | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Diametro | 83,1 | mm | Resistenza a compressione monoassiale $\sigma_u$ | 44,36 | MPa |
| Altezza | 166,3 | mm | | | |
| Superficie | 54,24 | $cm^2$ | Modulo Elastico | 39842 | MPa |
| Massa Volumica | 2,711 | $g/cm^3$ | | | |
| **Modalità di prova** | | | Coefficiente Poisson | 0,24 | - |
| Velocità di applicazione della tensione di carico | 0,5 | MPa/s | | | |



Rottura lungo piano inclinato di ca. 60°




Lo Sperimentatore
Geom. Christian Marin

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Massimo Lelli

engineering controls s.r.l. Capitale Sociale € 95.000,00 - P. Iva / Codice Fiscale e Registrazione Impresa 02064560044 - REA n° 152261 C.C.I.A.A. di Cuneo
Via Fratelli Cervano 9 - area 90 - 12100 - Madonna dell'Olmo (CN) T +39 0171.41.22.33 F +39 0171.41.25.28 info@engineering-controls.it www.engineeringcontrols.it

engineering controls SRL

Autorizzazione ai sensi della circolare n° 7618/STC settore A

LABORATORIO GEOTECNICO autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti ai sensi dell'art. 59 del DPR n° 380/2001 (n° 53659 del 14/07/2005 e successivi rinnovi)
Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001 - UNI CEI EN ISO/IEC 17025 - TÜV n° 50 100 4162

ENGINEERING CONTROLS - LAB. GEOTECNICO - CUNEO - Autorizz. M.I.T. n. 53659 del 14/07/05

| Certificato di prova n. | del | Verbale di accettazione n. | Pagina |
|---|---|---|---|
| 102/15 | 04/08/2015 | 2480 | 1/1 |

**PROVE SULLE TERRE**
**ANALISI GRANULOMETRICA**

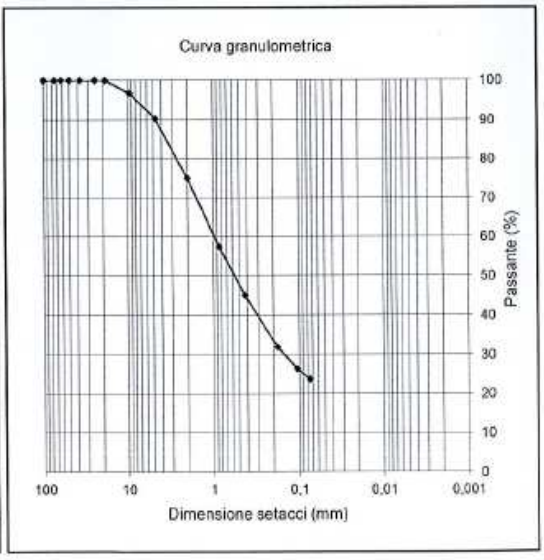
Normativa di riferimento: UNI EN 933/1 - CNR BU 23 - ASTM D422

| | |
|---|---|
| **Committente:** | **WIND ALTERNATIVE ENERGY s.r.l. - Corso Statuto, 20 - 12084 Mondovì (CN)** |
| **Richiesta prove del:** | 28/07/2015 |
| **Luogo prelievo:** | Naso di Gatto |
| **Campione:** | C1 - fustella |
| **Data prelievo:** | Luglio 2015 |
| **Note:** | |

*Strumentazione utilizzata:* setacci r.t. 1.15/62 del 07/07/15 - forno r.t. 1.15/57 del 09/07/15 - bilancia r.t. 1.15/63 del 09/07/15

**RISULTATI - ANALISI GRANULOMETRICA (METODO PER VAGLIATURA)**

| Aperture setacci [mm] | Trattenuto cumulato [g] | Trattenuto cumulato [%] | Passante cumulato [g] | Passante cumulato [%] |
|---|---|---|---|---|
| 100 | 0,0 | 0,0 | 1079,5 | 100 |
| 75,0 | 0,0 | 0,0 | 1079,5 | 100 |
| 63,0 | 0,0 | 0,0 | 1079,5 | 100 |
| 50,0 | 0,0 | 0,0 | 1079,5 | 100 |
| 37,5 | 0,0 | 0,0 | 1079,5 | 100 |
| 25,0 | 0,0 | 0,0 | 1079,5 | 100 |
| 19,0 | 0,0 | 0,0 | 1079,5 | 100 |
| 9,50 | 35,1 | 3,3 | 1044,4 | 96,7 |
| 4,75 | 105,2 | 9,7 | 974,3 | 90,3 |
| 2,00 | 270,1 | 25,0 | 809,4 | 75,0 |
| 0,850 | 461,1 | 42,7 | 618,4 | 57,3 |
| 0,425 | 594,1 | 55,0 | 485,4 | 45,0 |
| 0,180 | 735,0 | 68,1 | 344,5 | 31,9 |
| 0,106 | 795,8 | 73,7 | 283,7 | 26,3 |
| 0,075 | 824,0 | 76,3 | 255,5 | 23,7 |
| fondo | 1079,5 | 100,0 | 0,0 | 0 |




Lo Sperimentatore
Geom. Christian Marin

Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Massimo Lelli

engineering controls SRL

Autorizzazione ai sensi della circolare n° 7618/STC settore A

**LABORATORIO GEOTECNICO** autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti ai sensi dell'art. 59 del DPR n° 380/2001 (n° 53659 del 14/07/2005 e successivi rinnovi) Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001 - UNI CEI EN ISO/IEC 17025 - TÜV n° 50 100 4162

ENGINEERING CONTROLS - LAB. GEOTECNICO - CUNEO - Autorizz. M.I.T. n. 53659 del 14/07/05

| Certificato di prova n. | del | Verbale di accettazione n. | Pagina |
|---|---|---|---|
| 103/15 | 04/08/2015 | 2480 | 1/1 |

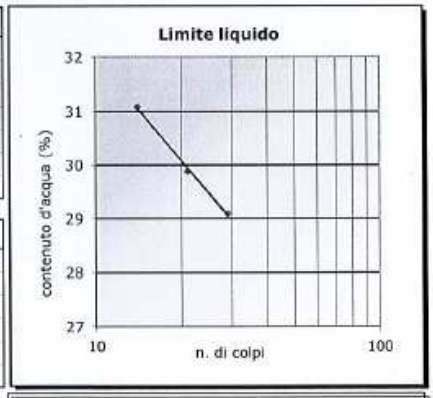
## PROVE SULLE TERRE
## DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG O DI CONSISTENZA E CARATTERISTICHE INDICE

Normativa di riferimento: CNR UNI 10014/64 - CNR UNI 10008/64

| | |
|---|---|
| **Committente** | **WIND ALTERNATIVE ENERGY s.r.l. - Corso Statuto, 20 - 12084 Mondovì (CN)** |
| **Richiesta prove del** | 28/07/2015 |
| **Luogo prelievo** | Naso di Gatto |
| **Campione:** | C1 - fustella |
| **Data prelievo** | Luglio 2015 |

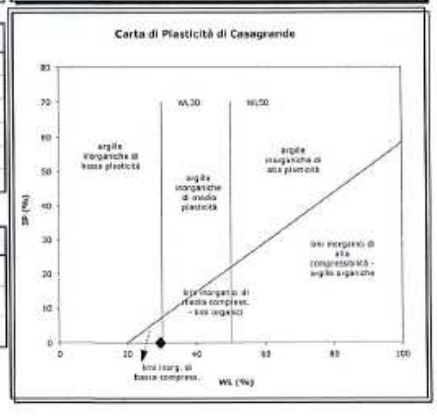
### RISULTATI DELLE PROVE

| ***Limite Liquido*** | ***WL (%) =*** | **29** | |
|---|---|---|---|
| Tara n. | 1 | 2 | 3 |
| Massa umida + Tara (g) | 41,88 | 38,53 | 42,63 |
| Massa secca + Tara (g) | 36,49 | 34,66 | 37,85 |
| Tara (g) | 19,15 | 21,71 | 21,42 |
| Massa secca (g) | 17,34 | 12,95 | 16,43 |
| Contenuto acqua (%) | 31,08 | 29,88 | 29,09 |
| Numero colpi | 14 | 21 | 29 |




| ***Limite Plastico*** | ***WP (%) =*** | **N.D.** | |
|---|---|---|---|
| Tara n. | | | |
| Massa umida + Tara (g) | | | |
| Massa secca + Tara (g) | | | |
| Tara (g) | | | |
| Massa secca (g) | | | |
| Contenuto acqua (%) | | | |

| ***Contenuto naturale acqua*** | ***$W_n$ (%)*** | - | |
|---|---|---|---|
| Tara n. | | | |
| Massa umida + Tara (g) | | | |
| Massa secca + Tara (g) | | | |
| Tara (g) | | | |
| Massa secca (g) | | | |
| Contenuto acqua (%) | | | |




| ***Caratteristiche Indice*** | |
|---|---|
| *Indice di Plasticità IP (WL-WP)* | **N.D.** |
| *Indice di Consistenza IC (WL-$W_n$)/IP* | - |
| *Indice di Liquidità IL ($W_n$-WP)/IP* | - |

Lo Sperimentatore
Geom. Christian Marin

Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Massimo Lelli

engineering controls s.r.l. Capitale Sociale € 85.000/00 - P. Iva / Codice Fiscale e Registrazione Impresa 02064560044 - REA n° 152261 C.C.I.A.A. di Cuneo
Via Fratelli Cervano 9 - area 90 - 12100 - Madonna dell'Olmo (CN) T +39 0171.41.22.33 F +39 0171.41.25.28 info@engineering-controls.it www.engineeringcontrols.it

# 4 SITI DI INDAGINE: MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRI DI PROGETTO

La campagna di indagini descritta nei capitoli precedenti ha permesso di caratterizzare in modo piuttosto accurato le caratteristiche stratigrafico-sismiche e geomeccaniche del versante su cui è prevista la realizzazione degli aerogeneratori in progetto; esse vengono qui compendiate e schematizzate in modo sintetico così da permettere una più immediata valutazione delle caratteristiche geologiche dei materiali posti alla base delle torri.

I risultati qui riportati andranno utilizzati in modo critico e responsabile per il dimensionamento delle strutture di fondazione degli aerogeneratori ed andranno in ogni caso verificati in fase esecutiva e di cantiere; qualora dovessero emergere in tali fasi discrepanze sostanziali e/o rilevanti dovranno essere predisposti adeguati accorgimenti tecnico-progettuali al fine di adeguare i manufatti in corso di realizzazione alle effettive caratteristiche del piano di fondazione.

A tal proposito si sottolinea come, a giudizio dello scrivente, il modello geologico ottenuto per il l'area della torre eolica n.3 possa essere ragionevolmente esteso ed utilizzato anche per l'area ove è prevista la torre eolica n.2 dal momento che le due aree presentano analogie a livello stratigrafico e topografico; al fine di tenere conto di eventuali discrepanze tra i due modelli geologici si suggerisce per il dimensionamento delle strutture di fondazione della torre n.2 la riduzione del 25% dei parametri indicati per la torre n.3.

Nella progettazione delle torre eolica n.2 dovrà altresì essere tenuto in conto l'amplificazione del segnale sismico per frequenze superiori a 10Hz riscontrata con l'indagine sismica H/V, a seguito della quale si possono generare fenomeni di doppia risonanza su strutture di altezza superiore a 25-30m in corrispondenza di tali frequenze, per contrastare i quali dovranno così essere predisposti gli opportuni accorgimenti tecnici.

## 4.1 TORRE EOLICA N.1

**CARATTERIZZAZIONE SISMICA**

| SISMOSTRATI | PROFONDITÀ | VS30 | Vp |
|---|---|---|---|
| Livello A<br>Copertura detritico-colluviale/materiale di riporto | 0 < z < 4m | 264m/s | <600m/s |
| Livello B<br>Ammasso roccioso fratturato | 5m < z < 13m | 493m/s | 850÷1500m/s |
| Livello C<br>Ammasso roccioso sano | 14m < z < 30m | 805m/s | 1600÷2800m/s |

| CLASSIFICAZIONE SISMICA NTC 2008 | FREQUENZE CON AMPLIFICAZIONE SISMICA E RAPPORTO H/V |
|---|---|
| Categoria E | 3.8Hz – H/V=3 |

**CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICO-GEOMECCANICA**

COPERTURA DETRITICA

| | | | |
|---|---|---|---|
| Granulomeria: | sabbia media | C: | 0 kN/cm$^2$ |
| Classe U.S.C.S.: | SP-SM | Dr: | 0.10-0.20 |
| $\gamma$: | 1.65 kN/cm$^3$ | WL: | 29% |
| $\phi$: | 25° | | |

CAPPELLACCIO DI ALTERAZIONE/AMMASSO FRATTURATO

| | |
|---|---|
| Litologia: | Gneiss anfibolitici fratturati |
| Peso di volume: | 23 kN/m$^3$ |
| Resistenza compressione monoassiale: | 35 MPa |
| Modulo Elastico: | 20.000 MPa |
| Modulo di deformazione (*Serafim e Pereira, 1983*): | 4.200 MPa |
| Coefficiente di Poisson: | 0.35 |
| Angolo di attrito: | 40° |
| Coesione: | 80 kPa |
| Rock Mass Rating (RMR base): | 35 – Classe IV: scadente |

AMMASSO ROCCIOSO INTEGRO

| | |
|---|---|
| Litologia: | Gneiss anfibolitici |
| Peso di volume: | 26.5 kN/m3 |
| Resistenza compressione monoassiale: | 68 MPa (valore medio) |
| Modulo Elastico: | 50.000 MPa |
| Modulo di deformazione (Bieniawki, 1979): | 34.000 MPa |
| Coefficiente di Poisson: | 0.18 |
| Angolo di attrito: | 48° |
| Coesione: | 250 kPa |
| Rock Mass Rating (RMR base): | 67 - Classe II: buona |

## 4.2 TORRE EOLICA N.2

**CARATTERIZZAZIONE SISMICA**

| CLASSIFICAZIONE SISMICA NTC 2008 | FREQUENZE CON AMPLIFICAZIONE SISMICA E RAPPORTO H/V |
|---|---|
| Categoria E | >10Hz – H/V=3.9 |

**CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICO-GEOMECCANICA**

AMMASSO ROCCIOSO FRATTURATO SUPERFICIALE:

| | |
|---|---|
| Litologia: | Ortogneiss metagranitoidi fratturati |
| Peso di volume: | 22 kN/m$^3$ |
| Resistenza compressione monoassiale: | 22.5 MPa |
| Modulo Elastico: | 1.875 MPa |
| Modulo di deformazione (*Serafim e Pereira, 1983*): | 2.625 MPa |
| Coefficiente di Poisson: | 0.42 |
| Angolo di attrito: | 30° |
| Coesione: | 70 kPa |
| Rock Mass Rating (RMR base): | 28 – Classe IV: scadente |

AMMASSO ROCCIOSO INTEGRO:

| | |
|---|---|
| Litologia: | Ortogneiss metagranitoidi |
| Peso di volume: | 26.5 kN/m3 |

| | |
|---|---|
| Resistenza compressione monoassiale: | 33 MPa (valore medio) |
| Modulo Elastico: | 29.250 MPa |
| Modulo di deformazione (Bieniawki, 1979): | 16.500 MPa |
| Coefficiente di Poisson: | 0.38 |
| Angolo di attrito: | 38° |
| Coesione: | 185 KPa |
| Rock Mass Rating (RMR base, stimato): | 56 - Classe III: discreta |

## 4.3 TORRE EOLICA N.3

**CARATTERIZZAZIONE SISMICA**

| SISMOSTRATI | PROFONDITÀ | VS30 | Vp |
|---|---|---|---|
| Livello A<br>Copertura detritico-colluviale/materiale di riporto | 0 < z < 4m | 447m/s | <600m/s |
| Livello B<br>Ammasso roccioso fratturato | 4m < z < 10m | 800÷1000m/s | 700÷1500m/s |
| Livello C<br>Ammasso roccioso sano | 10m < z < 30m | >1000m/s | >1500m/s |

| CLASSIFICAZIONE SISMICA NTC 2008 | FREQUENZE CON AMPLIFICAZIONE SISMICA E RAPPORTO H/V |
|---|---|
| Categoria E | 4Hz – H/V=1.9 |

**CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICO-GEOMECCANICA**

TERRENO DI RIPORTO:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Granulomeria: | sabbia fine rimaneggiata | $\phi$: | 24° |
| Classe U.S.C.S.: | SP | C: | 0 kN/cm$^2$ |
| $\gamma$: | 1.60 kN/cm$^3$ | Dr: | 0.10 |

CAPPELLACCIO DI ALTERAZIONE/AMMASSO FRATTURATO:

| | |
|---|---|
| Litologia: | Ortogneiss metagranitoidi fratturati |
| Peso di volume: | 22 kN/m$^3$ |
| Resistenza compressione monoassiale: | 30 MPa |
| Modulo Elastico: | 2.500 MPa |
| Modulo di deformazione (*Serafim e Pereira, 1983*): | 3.500 MPa |
| Coefficiente di Poisson: | 0.38 |
| Angolo di attrito: | 38° |
| Coesione: | 100 kPa |
| Rock Mass Rating (RMR base): | 32 – Classe IV: scadente |

AMMASSO ROCCIOSO INTEGRO:

| | |
|---|---|
| Litologia: | Ortogneiss metagranitoidi |
| Peso di volume: | 26.5 kN/m3 |
| Resistenza compressione monoassiale: | 45 MPa (valore medio) |
| Modulo Elastico: | 39.000 MPa |
| Modulo di deformazione (Bieniawki, 1979): | 22.000 MPa |
| Coefficiente di Poisson: | 0.24 |
| Angolo di attrito: | 45° |
| Coesione: | 250 KPa |
| Rock Mass Rating (RMR base): | 61 - Classe II: buona |

# 5 CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ DEI VERSANTI

Come già indicato nelle precedenti relazioni geologico-tecniche allegate alla documentazione progettuale non si prevedono problematiche di sorta in merito alla stabilità delle piste di versante e delle opere di cantiere che si renderanno necessarie per la messa in opera delle torri eoliche: i modesti fronti di scavo che si produrranno avranno infatti pendenze tali da non creare fenomeni di dissesto e/o erosivi significativi; per prevenire tali effetti verranno inoltre adottate le misure tecniche descritte all'interno delle suddette relazioni e verranno in ogni caso rispettate le prescrizioni e le indicazioni previste dalle normative regionali vigenti in materia.

Per quanto concerne le piste di servizio alle torri eoliche si rammenta che le attività di ripristino ambientale prevedono operazioni di riprofilatura dei versanti di sottoscarpa e di controripa con angoli di scarpa tali da conferire stabilità naturale ai pendii, inoltre i suddetti versanti saranno interessati da operazioni di inerbimento e, laddove risultasse necessario, da piantimazione con specie arboreo ed arbustive il che consentirà di migliorare, a livello superficiale, la stabilità dei terreni sciolti. Le aree interessate dalle attività di ripristino saranno peraltro accessoriate con una rete di cunette superficiali in terra che andranno a raccordarsi alla rete idrografica esistente ilo che garantirà una corretta regimazione delle acque meteoriche e di quelle di scolo.

Parimenti l'assetto geologico-strutturale delle aree di imposta delle torri e la tipologia di fondazione prevista, caratterizzata da pali di adeguato numero e lunghezza alla base dei plinti di fondazione, sono tali da non far prevedere problematiche di sorta circa la stabilità delle torri stesse.

# 6 STRATIGRAFIE SONDAGGIO

## 6.1 SONDAGGIO S1

**GEOLOGO MARCO VILLA**

via Frassati, 9
Borgo San Dalmazzo (CN)
mvilla@libero.it
48/7269334

## RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

SONDAGGIO **S1**

Torre Eolica n.1

| | |
|---|---|
| Committente: | WIND ALTERNATIVE ENERGY s.r.l. |
| Cantiere: | Parco eolico Naso di Gatto - Monte Negino |
| Località: | Comuni di Savona e Albissola Superiore |
| Inziio/fine perforazione: | 13/7/2015 - 14/7/2015 |
| Coordinate e quota p.c.: | 44°22'16,9 N - 8°25'4,6" E ; 742m s.l.m. |
| Profondità sondaggio: | -16.00m da piano campagna |

| Profondità da p.c. [m] | Potenza dello strto [m] | Sezione stratigrafica: | Descrizione litologica | Falda | Metodo e diam. perforazione | Diametro rivestimento | Percentuale carotaggio | RQD % | Piezometro | Inclinometro | S.P.T. | Pocket penetrometer | Pocket vane test | Campioni indisturbati | Compressioni monoassiali | Point Load |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 4.00 | | Sabbia media di color nocciola, poco addensata, con abbondanti ciottoli anfibolitico-gneissici alterati, disgregati. | Non rilevata | c.c. 101mm T1 vidiam | 127 mm | 80% | | | | | | | -1.50m | | |
| 4.00 | 3.50 | | Sabbia fine e pietrisco grigio chiaro poco addensato con frammenti rocciosi lapidei centrimetrici passante ad anfibolite a grana grossolana, da poco fratturata a compatta. | | c.c 101mm T2 vidiam | | 90% | 60 | | | | | | | -5.00m | |
| 7.50 | 2.00 | | Livello intensamente fratturato, cataclasato, costituito da abbondante pietrisco ghiaioso-sabbioso grigio-verde. | | | | | 10-15 | | | | | | | | -7.90m |
| 9.50 | 3.50 | | Gneiss anfibolitici con fratture verticali/subverticali ossidate, apertura <1mm, con tracce d'acqua. | | c.c. 101mm T2 diam. | | | 40 | | | | | | | -9.40m | |
| 13.00 | 2.00 | | Ammasso roccioso gneissico-anfibolitico da discreto a buono, ingregro, con sporadiche fratture subverticali (80°), apertura <1mm, debolmente alterate. | | | | | 70-75 | | | | | | | -13.90 | -13.80m |
| 16.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |

## 6.2 SONDAGGIO S3

**GEOLOGO MARCO VILLA**

via Frassati, 9
Borgo San Dalmazzo (CN)
mvilla@libero.it
48/7269334

### RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

SONDAGGIO **S3**

Torre Eolica n.3

Committente: WIND ALTERNATIVE ENERGY s.r.l.
Cantiere: Parco eolico Naso di Gatto - Monte Negino
Località: Comuni di Savona e Albissola Superiore
Inziio/fine perforazione: 8/7/2015 - 9/7/2015
Coordinate e quota p.c.: 44°21'57,72 N - 8°25'24,4" E ; 683m s.l.m.
Profondità sondaggio: -17.30m da piano campagna

| Profondità da p.c. [m] | Potenza dello strto [m] | Sezione stratigrafica: | Descrizione litologica | Falda | Metodo e diam. perforazione | Diametro rivestimento | Percentuale carotaggio | RQD % | Piezometro | Inclinometro | S.P.T. | Pocket penetrometer | Pocket vane test | Campioni indisturbati | Compressioni monoassiali | Point Load |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 3.00 | | Terreno di riporto: sabbia fine sciolta grigio-ocra con ciottoli, trovanti lapidei e laterizi. | Non rilevata | c.c. 101mm T1 vidiam | 127 mm | 80% | | | | | | | | | |
| 3.00 | 2.00 | | Ortogneiss metagranitoidi blu-versastri intensamente fratturati, alternati a clasti rocciosi intensamente alterati. | | carotaggio continuo 101mm T2 vidiam | | 30% | 5 | | | | | | | | |
| 5.00 | 3.00 | | Ortogneiss metagranitoidi poco alterati, con fratture aperte <1mm, ossidate, prive di matrice, asciutte. | | | | 70% | 10-15 | | | | | | | -5.00m | -6.70m |
| 8.00 | 2.00 | | Ortogneiss metagranitidi a grana grossolana intensamente fratturati, degradati fino a passare a pietrisco. | | | | 30% | 2 | | | | | | | | |
| 10.00 | 2.50 | | Ortogneiss metagranitidi poco alterati, scarsamente fratturati, con fratture subverticali aperte, scarsamente alterate, prive di matrice. | | | | 90% | 50-60 | | | | | | | | -10.50m |
| 12.50 | 4.70 | | Ammasso roccioso sano, sporadiche fratture subverticali di apertura inferiore a 1mm, alterazione molto contenuta. | | c.c. 101mm T2 diam. | | | 60-70 | | | | | | | | |
| 17.30 | | | | | | | | | | | | | | | | |