



Geologo Vito Antonio Miele Viale della Rimembranza, 15 - 83040 Andretta (AV)  
Tel.: 082732590 Mobile: 3494423275  
e-m@il: [geologomiele@libero.it](mailto:geologomiele@libero.it) P.E.C.: [geologomiele@epap.sicurezza postale.it](mailto:geologomiele@epap.sicurezza postale.it)



**Comune di Bisaccia**  
(Provincia di Avellino)



**Comune di Guardia Lombardi**  
(Provincia di Avellino)



INTERVENTO	COMMITTENTE	UBICAZIONE
REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI GUARDIA LOMBARDI (AV)	High Wind s.r.l. Corso Italia, 27 39100 Bolzano	Località "Piani Mattine"

**INDAGINE GEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA  
E DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA**

Data: Novembre 2019	Aggiornamento:
------------------------	----------------

Il Geologo	Dott. Vito Antonio Miele
------------	--------------------------

(Spazio riservato alle autorità competenti per visti o autorizzazioni)





## 1. PREMESSA

Il sottoscritto geologo Miele Vito Antonio con studio professionale in Andretta (AV) alla via V. Veneto n° 6, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con riferimento il n° 1021, ha redatto per la High Wind s.r.l. con sede in Corso Italia n° 27 - 39100 Bolzano, un'indagine geologica, geotecnica, sismica e di compatibilità idrogeologica per la realizzazione di una stazione elettrica 20/150 KV sita in località Cipolletta del Comune di Bisaccia (AV) e per la realizzazione di un parco eolico sito in località Piani Mattine del Comune di Guardia Lombardi (AV). Lo studio è stato eseguito per verificare la compatibilità sismica (prevenzione del rischio sismico) in relazione alla stabilità di insieme dell'area, nel rispetto delle norme tecniche vigenti (art. 14 della L.R. N° 9/83, dell'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 e del D.M. 17/01/2018).

In sintesi, il lavoro può suddividersi in due fasi:

- la prima consiste in una ricerca bibliografica e cartografica, propedeutica al rilevamento geologico;
- la seconda consta di una indagine geognostica finalizzata all'acquisizione di tutti i parametri necessari a caratterizzare l'area sotto il profilo geologico-strutturale, geotecnico, geomorfologico, idrogeologico e sismico.

Nel redigere la medesima relazione è stato effettuato un accurato rilevamento geologico, sono stati ispezionati i fabbricati presenti nell'area, sono stati eseguiti n° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo S1, S2 e S3, in ciascuno dei quali sono stati prelevati due campioni indisturbati, su cui sono state prodotte prove di laboratorio e sono state effettuate tre prove SPT in foro, da cui sono state desunte le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle opere. Inoltre, sono state eseguite n° 3 prove sismiche MASW atte a caratterizzare le aree dal punto di vista sismico. In fase esecutiva sarà necessario approfondire la campagna di indagini.

Al presente lavoro si allegano:

- stralcio planimetrico catastale con l'ubicazione delle opere, dei sondaggi geognostici e delle prove sismiche MASW in scala 1:5.000;





- Aerofotogrammetria con i tracciati per le sezioni geologiche e per le verifiche di stabilità dei versanti in scala 1:5.000;
- sezioni geologiche in scala 1:1.000;
- carta geolitologica in scala 1:5.000;
- carta idrogeologica in scala 1:5.000;
- stralcio del Piano dell'Autorità di Bacino della Puglia e del Piano dell'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno in scala 1:25.000;
- corografia generale in scala 1:25.000;
- allegato fotografico relativo alle indagini eseguite;
- colonne stratigrafiche con i risultati delle prove SPT;
- elaborati delle prove di laboratorio;
- elaborati delle prove sismiche MASW;
- elaborati relativi alle verifiche di stabilità.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'attuale assetto strutturale del territorio della regione Campania è il risultato delle fasi tettoniche mioceniche e plio-quadernarie che hanno modificato il quadro paleogeografico mesozoico costituito da fasce deposizionali, caratterizzate sia da successioni carbonatiche di piattaforma, sia da successioni silicee e argilloso-marnose di mare profondo (bacino).

In Italia Meridionale, nel settore che comprende Campania, Basilicata e Puglia, tale assetto è caratterizzato da tre domini di un sistema orogenico adriatico-vergente: la catena, rappresentata dall'Appennino Campano-Lucano, l'Avanfossa Adriatica Meridionale denominata Fossa Bradanica e l'avampaese rappresentato dalla Regione Apulo- Garganica.

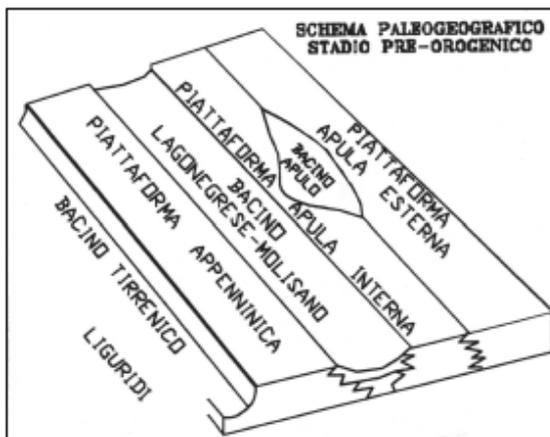
La genesi dell'Appennino Meridionale e quindi le condizioni che hanno portato alla creazione delle formazioni attualmente presenti, viene descritta attraverso diversi modelli che illustrano la paleogeografia dell'articolato bordo della zolla europea e di quella africana.

Lo schema proposto in numerosi lavori da diversi autori dell'Università napoletana, individua un modello paleogeografico con tre piattaforme





carbonatiche neritiche (Campano-Lucana o piattaforma interna, Abruzzese-Campana o piattaforma esterna, e Apula) separate da bacini pelagici (Bacino Silentino, Lagonegrese e Molisano).



Nel Langhiano si verifica una prima fase tettonogenetica, a carattere regionale con componente traslativa, che porta le unità Sicilidi e Liguridi ad accavallarsi sulla piattaforma interna, che a sua volta si accavalla sui depositi del Bacino Lagonegrese.

Si origina, così, il Bacino Irpino (Cocco ed altri, 1972), il cui margine interno occidentale è costituito da falde alloctone di provenienza tirrenica (Unità Sicilidi, Unità Liguridi, Unità Campano-Lucane e Unità di Lagonegro) ed il margine esterno orientale è costituito dalla Piattaforma Abruzzese-Campana o dalla piattaforma Apula caratterizzata esclusivamente da movimenti verticali, generando su di essa una tipica sequenza sedimentaria di “annegamento” (Pescatore ed altri, 1980; Pescatore e Senatore, 1986).

Il Bacino Irpino, quindi, ha le caratteristiche di un’avanfossa e la sua evoluzione ha generato la migrazione del suo asse da SW verso NE con un diacronismo delle facies terrigene; in esso si depositano le Unità Iripine (Flysch di Castelvetere, di Gorgoglione e di Serrapalazzo). Fino al Tortoniano, nel Bacino Irpino, si ha un’attiva sedimentazione, per lo più terrigena con evidente tendenza regressiva. Il Tortoniano-Messiniano segna l’inizio del processo di rifting del Tirreno, producendo un intenso sollevamento del fronte orogenico, ed un incremento della velocità di





spostamento della catena verso il margine passivo, coinvolgendo, così, il Bacino Irpino (Critelli & Le Pera, 1995). Infine, lo schema proposto da Pescatore nel 1989 individua nell'Oligocene-Miocene due ampie piattaforme carbonatiche neritiche, piattaforma Appenninica e Apula, separate da un bacino, Bacino di Lagonegro. Nel Miocene medio, dopo una fase tettonica con accavallamenti obliqui rispetto alle zone paleogeografiche mesozoiche, vengono progressivamente deformate la piattaforma Appenninica e il Bacino di Lagonegro.

Nel Bacino Irpino si distinguono diversi domini paleogeografici:

- bacini tipo “piggy-back” localizzati sulle coltri (Flysch di Gorgoglione);
- bacini di avanfossa in senso stretto ubicati al piede delle coltri (Formazione di Serrapalazzo e Flysch di Castelvetero);
- bacini di avampaese posti in aree non ancora interessate dai movimenti tettonici (Formazione di Faeto).

Pescatore definisce, infine, il Bacino Irpino come “l’avanfossa miocenica della catena appenninica”.

## 2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO COMUNALE

Le aree soggette ad indagine sono ubicate nel Comune di Bisaccia (AV) in località Cipolletta ad una quota di circa 850 metri s.l.m. con pendenze variabili dal 3 al 15% circa e nel Comune di Guardia Lombardi (AV) in località Piani Mattine ad una quota variabile da circa 700 metri s.l.m. a circa 850 metri s.l.m. con pendenze variabili dal 3% circa al 25% circa, si presentano di tipo collinare e sono condizionate dalla natura dei terreni argillosi, limosi e sabbiosi con inclusioni di pezzame litoide di natura marnoso-calcareo.

✚ L'abitato di Bisaccia sorge in gran parte su terreni ascrivibili al ciclo sedimentario del Pliocene, costituito dall'alto verso il basso da:

- conglomerati poligenici di origine deltizio-lacustre, con ciottoli di diametro variabile da pochi centimetri fino a 20 - 30 centimetri derivanti da terreni flyscioidi, subordinatamente da calcari mesozoici ed





eccezionalmente da rocce cristalline; il cemento è argilloso-sabbioso, sabbioso-calcareo e con grado di cementazione variabile;

- sabbie ed arenarie con livelli di conglomerati poligenici e di argille sabbiose;
- argille ed argille sabbiose grigie e giallastre.

L'area a Nord-Ovest dell'abitato, costituita da terreni argillosi, è interessata da una frana che si estende ad una vasta area e con piano di scorrimento profondo.

Ad Ovest dell'abitato si ritrovano, parallelamente alla zona di frana, affioramenti di terreni appartenenti al ciclo sedimentario del Miocene inferiore-medio costituiti dal basso verso l'alto da:

- marne ed argille siltose, marne calcaree rosate e biancastre associate a brecciole calcaree e calcari bianchi;
- molasse, arenarie, argille e marne.

Nel territorio comunale si ritrovano affioramenti di terreni appartenenti alla Formazione della Daunia, caratterizzati da marne, da calcari polverulenti di colore biancastro, da marne bianco-giallastre, da marnoscisti, da argilloscisti, da calcari marnosi giallo-verdastri, da molasse giallastre, da calcareniti e da brecciole calcaree grigio-bluastrae e giallastre.

Inoltre, nel territorio, si ritrovano affioramenti di detriti di falda, talvolta cementati.

Lungo il vallone Isca e il torrente Calaggio sono affioranti terreni alluvionali recenti ed attuali.

Infine, ampiamente affioranti sono i terreni appartenenti al Complesso Indifferenziato: si tratta di argilloscisti e marnoscisti prevalentemente siltosi, grigio-azzurri e varicolori e con differente grado di costipazione e scistosità; nella parte superiore di tale complesso si ritrovano intercalazioni di interstrati o complessi di strati calcarei, calcareo-marnosi e calcarenitici, di breccie calcaree, di arenarie varie, di molasse, di diaspri e scisti diasprini.

I terreni appartenenti a questo complesso costituiscono anche il substrato dei terreni prima menzionati, hanno notevole spessore e sono generalmente caratterizzati da una generale omogeneità litologica, anche





se nel dettaglio si presentano caotici con rapide variazioni litologiche laterali e verticali.

Nel territorio comunale, a luoghi, in seguito a dislocazioni tettoniche si ritrovano discontinuità litologiche laterali, dove litotipi conglomeratici ed arenacei sono a contatto con litotipi argillosi.

✚ L'abitato di Guardia Lombardi sorge in gran parte su terreni ascrivibili al ciclo sedimentario pliocenico, costituito dal basso verso l'alto:

- da marne e argille siltoso-sabbiose di colore grigio-giallo-rossastro, con intercalazioni sabbiose ed arenacee grigio-giallastre;
- da sabbie, sabbie argillose ed arenarie di colore grigio-giallo-rossastro, in questi terreni si ritrovano intercalazioni di argille, di marne siltoso-sabbiose e di conglomerati poligenici;
- da conglomerati giallo-rosso-brunastri poligenici, di origine deltizio-lacustre, con ciottoli del diametro variabile da qualche cm. a 20-30 cm., derivanti da terreni flyscioidi, subordinatamente da calcari mesozoici ed eccezionalmente da rocce cristalline; il cemento è argilloso-sabbioso, sabbioso-calcareo e con grado di cementazione variabile.

A Nord dell'abitato si ritrovano affioramenti di terreni oligo-miocenici, caratterizzati da molasse per lo più giallastre ad elementi talora calcarei e di conglomerati di trasgressione con elementi di rocce sedimentarie; in questi terreni si ritrovano intercalazioni di argilloscisti, siltiti, marne, calcari marnosi, calcareniti ed arenarie.

A Nord-Est dell'abitato si ritrova un affioramento di terreni oligo-miocenici appartenenti al Complesso delle Calcareniti e Calciruditi, caratterizzati da calcareniti biancastre associate a calcari microdetritici, subceroidi e biancastri, talora, passanti a calcareniti giallastre arenacee, da calciruditi poligeniche biancastre con intercalazioni di argillo-marnoscisti rosso-verdastri, da arenarie calcaree rossastre e rosso-violacee e da calcareniti grigio-brunastre con vene calcitiche rossastre connesse ad argilloscisti rossastri.

Inoltre, nel territorio si ritrovano estesi affioramenti di terreni appartenenti al Complesso Calcareo-Marnoso-Arenaceo di età Oligo-miocenica, caratterizzati da scisti argilloso-marnosi galestrini, talora aciculari e di vario





colore, da marnoscisti, da calcari marnosi rosso-rosati, da marne, da calcari marnosi paesiniformi, a volte con selce, da calcari giallo-brunastri, da calcareniti minute, da molasse giallastre, da arenarie, da scisti microarenaceomicacei finemente fogliettati e, talora, da calciruditi.

A Est e a Nord-Est dell'abitato si ritrovano affioramenti di età recente, caratterizzati da:

- prodotti eluviali commisti a detrito e talora ad elementi piroclastici, terre nere e rosse;
- detriti di falda, talora cementati o associati a materiali residuali e piroclastici.

Infine nel territorio comunale sono ampiamente affioranti terreni appartenenti al Complesso delle Argille Varicolori di età oligocenica, caratterizzati da alternanze di argilloscisti e marnoscisti prevalentemente siltosi, grigio-azzurri, varicolori e con differente grado di scistosità; nella parte superiore di tale complesso si ritrovano intercalazioni di interstrati o complessi di strati calcarei, calcareo-marnosi e calcarenitici, di breccie calcaree, di arenarie varie, di conglomerati, di diaspri e scisti diasprini.

Tale complesso costituisce anche il substrato dei terreni prima menzionati, ha notevole potenza ed è generalmente caratterizzato da una generale omogeneità litologica, anche se nel dettaglio si presenta caotico con rapide variazioni litologiche laterali e verticali.

Dal punto di vista idrogeologico, i terreni presenti nel territorio comunale di Bisaccia e di Guardia Lombardi, essendo costituiti da sedimenti a granulometria eterogenea, hanno caratteristiche di permeabilità diverse e precisamente i calcari, le calcareniti, le calciruditi e le breccie calcaree presentano un'alta permeabilità per fratturazione; i conglomerati, le molasse, le sabbie, i materiali alluvionali, i detriti e le arenarie presentano una media-bassa permeabilità per porosità, le marne sono scarsamente permeabili e, infine, le argille sono impermeabili.

Nei materiali calcarei, nei conglomerati, nelle molasse, nelle arenarie e nelle sabbie vi è una limitata circolazione idrica sotterranea, per cui si hanno varie sorgenti di piccola entità ai margini degli affioramenti dove questi litotipi vengono a contatto con i termini argillosi e marnosi; nelle argille e





nelle marni la circolazione idrica sotterranea è assente o ridotta e limitata ad accumuli temporanei, locali e superficiali, connessi esclusivamente ad eventi pluviali.

### 3. CARATTERISTICHE SISMOLOGICHE

La classificazione sismica delle aree in oggetto ai sensi del D. M. 17 gennaio 2018 è intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_s > 800$  m/s) e la stima della sua pericolosità viene definita mediante un approccio sito dipendente.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dello stato limite considerato, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito oggetto di studio. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1 del D.M. 17 gennaio 2018, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4 del D.M. 17 gennaio 2018.

Per la caratterizzazione sismica delle aree su cui dovrà essere costruita la stazione elettrica 20/150 KV e su cui dovrà essere realizzato il parco eolico, al fine di stabilire le relative categorie di suolo, il calcolo delle  $V_s$  non è sempre relativo a 30 m. Per strati con  $V_s \geq 800$  m/s posti a profondità inferiore ai 30 m, si considera solo tale profondità e la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s). 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  $H=30$  e considerando le proprietà sismiche degli strati di terreno fino a tale profondità.





Il parametro  $V_{s,eq}$  è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} [m/s]$$

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto (Ordinanza n. 3274, modificata dal D.M. 17/01/2018), sono stati definite 5 categorie di sottosuolo di fondazione ( da tabella 3.2.II della Norma):

### 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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 pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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.
<b>E</b>	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.





I coefficienti stratigrafici e i coefficienti funzione della categoria di sottosuolo (da tabella 3.2. IV della Norma):

**tabella 3.2. IV – Espressioni di Ss e di Cc**

Categoria sottosuolo	Ss	Cc
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F \circ \frac{a_g}{\sigma} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F \circ \frac{a_g}{\sigma} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F \circ \frac{a_g}{\sigma} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F \circ \frac{a_g}{\sigma} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Le categorie topografiche e i coefficienti di amplificazione topografica (da tabella 3.2.III e tabella 3.2.V della Norma):

**tabella 3.2.III – Categorie topografiche**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superfici pianeggianti, Pendii e rilievi con inclinazione media $i < 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$





**tabella 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Considerando le sismostratigrafie ricavate dalle indagini sismiche MASW eseguite, i calcoli effettuati hanno determinato i seguenti valori:

MASW (1.1) - (0,00 – 1,00 metri) = 140,000 m/s

MASW (1.2) - (1,00 – 12,00 metri) = 400,000 m/s

MASW (1.3) - (12,00 – 30,00 metri) = 700,000 m/s

**V<sub>S30(1)</sub> = V<sub>s,eq(1)</sub> = 497,04 m/s.**

MASW (2.1) - (0,00 – 3,70 metri) = 180,000 m/s

MASW (2.2) - (3,70 – 27,70 metri) = 450,000 m/s

MASW (2.3) - (27,70 – 30,00 metri) = 652,000 m/s

**V<sub>S30(2)</sub> = V<sub>s,eq(2)</sub> = 387,51 m/s.**

MASW (3.1) - (0,00 – 6,00 metri) = 240,000 m/s

MASW (3.2) - (6,00 – 27,00 metri) = 480,000 m/s

MASW (3.3) - (27,00 – 30,00 metri) = 600,000 m/s

**V<sub>S30(3)</sub> = V<sub>s,eq(3)</sub> = 406,78 m/s.**

Nel caso in esame, come si evince dalle sismostratigrafie, non vi è la presenza di strati con  $V_s \geq 800$  m/s all'interno del modello di velocità ottenuto per il sito in esame fino ad una profondità di 30 metri. Per questo





motivo il calcolo delle  $V_{s,eq}$  viene fatto considerando i primi 30 m al di sotto del piano fondale e le  $V_{s,eq}$  sono definite dalle  $VS_{30}$  così come prevede l'attuale normativa.

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite, i siti indagati, sia quello che ospiterà la stazione elettrica che quelli che ospiteranno gli aerogeneratori e le opere accessorie del parco eolico, appartengono tutti alla categoria **B** di sottosuolo, così definita: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s, a cui corrispondono i coefficienti di amplificazione  $S_s$  e  $C_c$  (che si possono calcolare con le espressioni in tabella 3.2. IV una volta scelto lo stato limite da considerare per la costruzione), e considerando che le inclinazioni dei pendii sono tutte minori di  $15^\circ$  la categoria topografica è T1 (tabella 3.2.III) a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $ST = 1,0$  (tabella 3.2.V).

#### **4. CARATTERISTICHE, MORFOLOGICHE, GEOLITOLOGICHE E DI STABILITA'.**

L'area in esame su cui dovrà essere realizzata la stazione elettrica 20/150 KV è situata in località Cipolletta del Comune di Bisaccia (AV), ad una quota di circa 850 metri s.l.m., si presenta di tipo collinare, con pendenze del 3 - 15% circa. Questa morfologia conferisce ai terreni della formazione geologica della zona di intervento un assetto stabile, quindi non si notano evidenti fenomeni di dissesto in atto né crepacciature del suolo e fenomeni di subsidenza, per cui si riconosce ad essa un equilibrio geostatico accettabile.

Dall'analisi della carta del rischio dell'Autorità di Bacino della Puglia nel cui ambito ricade la maggior parte del territorio comunale di Bisaccia, si evince che l'area interessata dalle opere ricade in area non vincolata.

Geolitologicamente la zona in esame, come si rileva dalla cartografia geologica, dal rilevamento geologico in sito e dall'esame delle carote





relative al sondaggio S1 a carotaggio continuo eseguito nell'area di intervento, è costituita da terreni appartenenti al Complesso delle Argille Varicolori del ciclo sedimentario Oligo-miocenico, caratterizzati dall'alto verso il basso da:

- ✚ una copertura di terreno vegetale, avente uno spessore di circa 1,50 metri;
- ✚ uno strato di argille limo-sabbiose di colore giallastro mediamente compatte con inclusioni di pezzame litoide marnoso-calcareo, avente uno spessore di circa 4,70 metri;
- ✚ uno strato di argille grigie e grigio-azzurre di media e alta consistenza, avente uno spessore di circa 23,80 metri.

L'area in esame su cui dovranno essere realizzate le strutture fondali che ospiteranno gli aerogeneratori WGT01, WTG02, WTG03 e WTG04 relativi al parco eolico in oggetto è situata in località Piani Mattine del Comune di Guardia Lombardi (AV), ad una quota variabile da circa 835 metri s.l.m. a circa 855 metri s.l.m., si presenta di tipo collinare, con pendenze del 3 - 15% circa. Questa morfologia conferisce ai terreni della formazione geologica delle zone di intervento un assetto stabile, quindi non si notano evidenti fenomeni di dissesto in atto né crepacciature del suolo e fenomeni di subsidenza, per cui si riconosce ad essa un equilibrio geostatico accettabile.

Dall'analisi delle carte del rischio dell'Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano-Volturno nel cui ambito ricade una parte del territorio comunale di Guardia Lombardi (AV), si evince che le zone interessate dalle opere (aerogeneratori WGT01, WTG02, WTG03 e WTG04) ricadono in aree non vincolate.

Geolitologicamente la zona in esame, come si rileva dalla cartografia geologica, dal rilevamento geologico in sito e dall'esame delle carote relative al sondaggio S3 a carotaggio continuo eseguito nell'area di intervento, è costituita da terreni appartenenti ad una copertura di prodotti eluviali commisti a detriti e, talora, ad elementi piroclastici di età olocenica e al Complesso delle Argille Varicolori del ciclo sedimentario Oligo-miocenico, caratterizzati dall'alto verso il basso da:



- ✚ una copertura di terreno vegetale, avente uno spessore di circa 0,60 metri;
- ✚ uno strato di argille limo-sabbiose di colore giallastro, mediamente compatte con inclusioni di pezzame litoide marnoso-caleario, avente uno spessore di circa 8,40 metri;
- ✚ uno strato di argille grigie e grigio-azzurre di media e alta consistenza, avente uno spessore di circa 21,00 metri.



L'area in esame su cui dovranno essere realizzate le strutture fondali che ospiteranno gli aerogeneratori WGT05, WGT06, WGT07 e WGT08 relativi al parco eolico in oggetto è situata in località Piani Mattine del Comune di Guardia Lombardi (AV), ad una quota variabile da circa 700 metri s.l.m. a circa 810 metri s.l.m., si presenta di tipo collinare, con pendenze del 9 - 25% circa. Questa morfologia conferisce ai terreni della formazione geologica delle zone di intervento un assetto stabile, quindi non si notano evidenti fenomeni di dissesto in atto né crepacciature del suolo e fenomeni di subsidenza, per cui si riconosce ad essa un equilibrio geostatico accettabile.

Dall'analisi delle carte del rischio dell'Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano-Volturno nel cui ambito ricade una parte del territorio comunale di Guardia Lombardi (AV), si evince che le zone interessate dalle opere che ospiteranno gli aerogeneratori WGT05, WGT07, WGT08, ricadono in "Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11-3-88 - C1" (*N.B. Nelle aree a contorno delle frane, quando non è indicato l'ambito morfologico significativo di riferimento, l'area di possibile ampliamento deve essere estesa fino allo spartiacque principale e/o secondario, già riportati nella carta geomorfologica*) e la zona che ospiterà l'aerogeneratore WGT06, ricade per una parte in "Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11-3-88 - C1" (*N.B. Nelle aree a contorno delle frane, quando non è indicato l'ambito morfologico significativo di riferimento, l'area di possibile ampliamento deve essere estesa fino allo spartiacque principale e/o secondario, già riportati nella carta geomorfologica*) e per una parte in "AREA DI MEDIA





ATTENZIONE - A2'' (Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana quiescente a massima intensità attesa media).

Geolitologicamente la zona in esame, come si rileva dalla cartografia geologica, dal rilevamento geologico in sito e dall'esame delle carote relative al sondaggio S2 a carotaggio continuo eseguito nell'area di intervento, è costituita da terreni appartenenti al Complesso Calcereo-Marnoso-Arenaceo del ciclo sedimentario miocenico, caratterizzati dall'alto verso il basso da:

- ✚ una copertura di terreno vegetale, avente uno spessore di circa 1,10 metri;
- ✚ uno strato di argille limo-sabbiose di colore giallastro mediamente compatte con inclusioni di pezzame litoide marnoso-calcareo, avente uno spessore di circa 7,90 metri;
- ✚ uno strato di argille grigie e grigio-azzurre di media e alta consistenza, avente uno spessore di circa 21,00 metri.

## 5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Dall'esame dei risultati delle prove di laboratorio effettuate sui campioni indisturbati prelevati nel sondaggio a carotaggio continuo S1 e delle prove SPT in foro, eseguiti nell'area su cui dovrà essere realizzata la stazione elettrica 20/150 KV situata in località Cipolletta del Comune di Bisaccia (AV), sono stati desunti i seguenti valori dei parametri geotecnici:

- da 0,00 metri – a circa 1,50 metri - terreno vegetale, con scarse caratteristiche geotecniche, non idoneo ad ospitare le strutture fondali;

Angolo di attrito interno di picco $\phi$	16°
Peso naturale del terreno $\gamma$	1700 Kg/m <sup>3</sup>
Peso naturale del terreno saturo $\gamma_{\text{sat}}$	1850 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione drenata C	0,16 Kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson $\nu$	0,35



- da circa 1,50 metri – a circa 6,20 metri - argille limo-sabbiose di colore giallastro mediamente compatte con inclusioni di pezzame litoide marnoso-calcareo

Angolo di attrito interno di picco $\phi$	24°
Peso naturale del terreno $\gamma$	1934 Kg/m <sup>3</sup>
Peso naturale del terreno saturo $\gamma_{\text{sat}}$	1976 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione drenata C	0,37 Kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata $C_u$	1,80 Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo Edometrico M con $\delta = 100$ KPa	4,021 Mpa
Coefficiente di Poisson $\nu$	0,30



da circa 6,20 metri – a circa 30,00 metri - argille grigie e grigio-azzurre di media e alta consistenza

Angolo di attrito interno di picco $\phi$	23°
Peso naturale del terreno $\gamma$	1937 Kg/m <sup>3</sup>
Peso naturale del terreno saturo $\gamma_{\text{sat}}$	2121 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione drenata C	0,50 Kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata $C_u$	2,65 Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo Edometrico M con $\delta = 100$ KPa	9,034 Mpa
Coefficiente di Poisson $\nu$	0,25

Dall'esame dei risultati delle prove di laboratorio effettuate sui campioni indisturbati prelevati nel sondaggio a carotaggio continuo S3 e delle prove SPT in foro, eseguiti nell'area in esame su cui dovranno essere realizzate le strutture fondali che ospiteranno gli aerogeneratori WGT01, WTG02, WTG03 e WTG04 relativi al parco eolico in oggetto, situata in località Piani Mattine del Comune di Guardia Lombardi (AV), sono stati desunti i seguenti valori dei parametri geotecnici:



- da 0,00 metri – a circa 0,60 metri - terreno vegetale, con scarse caratteristiche geotecniche, non idoneo ad ospitare le strutture fondali;

Angolo di attrito interno di picco $\phi$	16°
Peso naturale del terreno $\gamma$	1700 Kg/m <sup>3</sup>
Peso naturale del terreno saturo $\gamma_{sat}$	1850 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione drenata C	0,16 Kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson $\nu$	0,40



- da circa 0,60 metri – a circa 9,00 metri - argille limo-sabbiose di colore giallastro mediamente compatte con inclusioni di pezzame litoide marnoso-calcareo

Angolo di attrito interno di picco $\phi$	24°
Peso naturale del terreno $\gamma$	2008 Kg/m <sup>3</sup>
Peso naturale del terreno saturo $\gamma_{sat}$	2022 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione drenata C	0,20 Kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata $C_u$	0,90 Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo Edometrico M con $\delta = 100$ KPa	4,196 Mpa
Coefficiente di Poisson $\nu$	0,35

- da circa 9,00 metri – a circa 30,00 metri - argille grigie e grigio-azzurre di media e alta consistenza

Angolo di attrito interno di picco $\phi$	25°
Peso naturale del terreno $\gamma$	2107 Kg/m <sup>3</sup>
Peso naturale del terreno saturo $\gamma_{sat}$	2129 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione drenata C	0,45 Kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata $C_u$	1,73 Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo Edometrico M con $\delta = 100$ KPa	5,334 Mpa



Coefficiente di Poisson $\nu$	0,30
-------------------------------	------

Dall'esame dei risultati delle prove di laboratorio effettuate sui campioni indisturbati prelevati nel sondaggio a carotaggio continuo S2 e dalle prove SPT in foro, eseguiti nell'area in esame su cui dovranno essere realizzate le strutture fondali che ospiteranno gli aerogeneratori WTG05, WTG06, WTG07 e WTG08 relativi al parco eolico in oggetto, situata in località Piani Mattine del Comune di Guardia Lombardi (AV), sono stati desunti i seguenti valori dei parametri geotecnici:



- da 0,00 metri – a circa 0,60 metri - terreno vegetale, con scarse caratteristiche geotecniche, non idoneo ad ospitare le strutture fondali

Angolo di attrito interno di picco $\phi$	16°
Peso naturale del terreno $\gamma$	1700 Kg/m <sup>3</sup>
Peso naturale del terreno saturo $\gamma_{\text{sat}}$	1850 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione drenata C	0,16 Kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson $\nu$	0,40

- da circa 0,60 metri – a circa 9,00 metri - argille limo-sabbiose di colore giallastro mediamente compatte con inclusioni di pezzame litoide marnoso-calcareo

Angolo di attrito interno di picco $\phi$	26°
Peso naturale del terreno $\gamma$	1908 Kg/m <sup>3</sup>
Peso naturale del terreno saturo $\gamma_{\text{sat}}$	1957 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione drenata C	0,28 Kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata $C_u$	0,99 Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo Edometrico M con $\delta = 100$ KPa	5,413 Mpa
Coefficiente di Poisson $\nu$	0,35



da circa 9,00 metri – a circa 30,00 metri - argille grigie e gesso-azzurre di media e alta consistenza



Angolo di attrito interno di picco $\phi$	25°
Peso naturale del terreno $\gamma$	2107 Kg/m <sup>3</sup>
Peso naturale del terreno saturo $\gamma_{\text{sat}}$	2151 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione drenata C	0,39 Kg/cm <sup>2</sup>
Coesione non drenata $C_u$	3,66 Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo Edometrico M con $\delta = 100$ KPa	3,102 Mpa
Coefficiente di Poisson $\nu$	0,30

## 6. VERIFICA DI STABILITA'

Nella redazione della seguente indagine geologica sono state eseguite delle verifiche di stabilità del pendio nel rispetto delle NTC 2018; le verifiche di stabilità sono state eseguite in corrispondenza di tutte le opere da realizzare, una per ogni opera (stazione elettrica 20/150 KV e aerogeneratori di progetto), esse sono state eseguite sia in assenza che in presenza di carichi. Per la verifica di stabilità è stato utilizzato il metodo di Bishop (1955) che presuppone superfici di scorrimento circolari e che prende in considerazione numerosi fattori tra i quali:

- caratteristiche morfologiche;
- caratteristiche geologiche e proprietà fisico-meccaniche dei terreni costituenti il pendio;
- caratteristiche e circolazione delle acque sotterranee, pressioni interstiziali e nelle discontinuità dei terreni costituenti l'area;
- peso proprio ed azione di eventuali sovraccarichi applicati sul pendio (costruzione delle opere previste in progetto);
- caratterizzazione sismica della zona;
- fattori ambientali.

Sono state ipotizzate superfici di scorrimento, con posizione e forma di





presumibile distacco, lungo le direzioni di massima pendenza del versante dell'area soggetta a verifica di stabilità.

I calcoli effettuati, hanno dato, sia in assenza che in presenza di carichi, **valori superiori a 1,2, il quale** rappresenta il valore minimo che garantisce la stabilità del pendio.

In conclusione, quindi, l'area in esame è da considerarsi stabile sia prima che dopo la realizzazione degli interventi.

## **7. IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA**

Nella presente relazione saranno esaminate le problematiche idrologiche, idrogeologiche e gli interventi da proporre per realizzazione di una stazione elettrica 20/150 KV sita in località Cipolletta del Comune di Bisaccia (AV) e per la realizzazione di un parco eolico sito in località Piani Mattine del Comune di Guardia Lombardi (AV).

Idrologicamente, le aree in esame sono interessate da piogge concentrate nel periodo autunno-inverno, ridotte in primavera e scarse o quasi assenti in estate. Nella zona strettamente interessata dall'intervento, le acque superficiali presentano un reticolo idrografico (che si sviluppa sulle aree prospicienti limitrofe) riconducibile al tipo dendritico; esse solitamente presentano un'attività idraulica alquanto rilevante solo in concomitanza con eventi idrometeorici pronunciati e prolungati, altrimenti sono sede di scorrimento irrilevante e/o quasi nullo.

Per quel che concerne invece la circolazione idrica sotterranea, gli eventuali percorsi idrici ed i valori di permeabilità risultano essere funzione delle formazioni presenti e quindi delle frazioni granulometriche rappresentative. Comunque, a livello indicativo, in riferimento a quanto descritto nel paragrafo inerente l'inquadramento geologico, sulla base della successione stratigrafica dei terreni strettamente sottostanti in sito, per le condizioni morfologiche e per l'eterogeneità granulometrica, i terreni in esame presentano caratteristiche di permeabilità diverse e precisamente i calcari, le calcareniti e le breccie calcaree presentano un'alta permeabilità per fratturazione ( $K > 10^{-2}$  cm/sec.), i conglomerati, le arenarie, le sabbie, le





molasse e i materiali alluvionali presentano un grado di permeabilità medio-basso per porosità ( $K = 10^{-3} - 10^{-5}$  cm/sec.), ed infine le argille e le marne presentano un grado di permeabilità scarso o addirittura nullo ( $K < 10^{-7}$  cm/sec.).

Nei materiali calcarei, nelle molasse, nelle sabbie, nei conglomerati e nelle arenarie vi è una limitata circolazione idrica sotterranea, per cui si hanno varie sorgenti di piccola entità situate ai margini degli affioramenti dove questi litotipi vengono a contatto con termini argillosi e marnosi; nelle argille la circolazione idrica sotterranea è assente o ridotta e limitata ad accumuli temporanei, locali e superficiali, connessi esclusivamente ad eventi pluviali.

Le aree interessate dalla realizzazione delle opere, a causa della presenza della componente argillosa e marnosa, presenta una rete idrografica sotterranea poco sviluppata. Inoltre, vi è la presenza di accumuli di acque superficiali ed episupeficiali dovuti ad eventi pluviali, per cui si prescrive la regimentazione delle acque attraverso la realizzazione di opportune opere idrauliche: per la costruzione della stazione elettrica si prescrive la realizzazione di un efficace drenaggio perimetrale alle opere che si approfondisce fino e non oltre il piano di posa delle fondazioni, avente come recapito finale il sottostante vallone Pozzo Mandrone; per la costruzione del parco eolico, si prescrive la realizzazione di efficaci drenaggi perimetrali alle piazzole che ospiteranno gli aerogeneratori e alle cabine di trasformazione, confluenti nelle zanelle che si estendono lungo le strade di accesso e di servizio; le acque provenienti da tali opere drenanti dovranno avere come recapito finale gli impluvi naturali presenti o dovranno essere smaltite sui versanti in modo laminare.

## 8. CONCLUSIONI

La relazione geologica avente lo scopo di verificare l'edificabilità dell'area in esame (fatti salvi tutti i vincoli dettati dagli strumenti urbanistici adottati dai vari enti preposti), ha messo in evidenza condizioni favorevoli.





In adempimento alle prescrizioni dettate dal Piano Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia e dell'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno (PAI), finalizzate al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica per ridurre gli attuali livelli di pericolosità e consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, è stato eseguito un accurato studio geologico, idrogeologico, geomorfologico, sismico e geotecnico dell'area di intervento.

Dallo studio e dall'analisi della cartografia allegata del Piano Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino della Puglia risulta che l'area interessata dalla costruzione della stazione elettrica 20/150 KV sita in località Cipolletta del Comune di Bisaccia (AV), ricade in area non vincolata.

Dallo studio e dall'analisi della cartografia allegata del Piano Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano-Volturno risulta che le aree interessate dalla costruzione degli aerogeneratori, delle cabine elettriche e delle opere accessorie quali strade di accesso e di servizio e cavidotti siti in località Piani Mattine del Comune di Guardia Lombardi (AV), ricadono in parte in aree non vincolate e in parte in "Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11-3-88 - C1" (*N.B. Nelle aree a contorno delle frane, quando non è indicato l'ambito morfologico significativo di riferimento, l'area di possibile ampliamento deve essere estesa fino allo spartiacque principale e/o secondario, già riportati nella carta geomorfologica*); infine una parte della base dell'aerogeneratore WTG05 ricade in "AREA DI MEDIA ATTENZIONE - A2" (*Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana quiescente a massima intensità attesa media*).

Viste le caratteristiche stratigrafiche, morfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dell'area in esame, al fine di mitigare il rischio nelle aree vincolate e di assicurare la stabilità delle opere anche nelle aree non vincolate, per la costruzione della stazione elettrica e delle cabine di trasformazione si prescrive la realizzazione di fondazioni superficiali attestate al di sotto del terreno vegetale e del terreno alterato, per la





costruzione delle opere che ospiteranno gli aerogeneratori si prescrive la realizzazione di fondazioni profonde (pali). Infine per la realizzazione delle strade di accesso e di servizio e i cavidotti, è necessario ridurre il tempo di esposizione agli agenti atmosferici degli scavi e la compattazione del materiale di riempimento al fine di evitare fenomeni di erosione.

Le aree interessate dalla realizzazione delle opere, a causa della presenza della componente argillosa e marnosa presenta una rete idrografica sotterranea poco sviluppata. Inoltre, vi è la presenza di accumuli di acque superficiali ed episupeficiali dovuti ad eventi pluviali, per cui si prescrive la regimentazione delle acque attraverso la realizzazione di opportune opere idrauliche: per la costruzione della stazione elettrica si prescrive la realizzazione di un efficace drenaggio perimetrale alle opere che si approfondisce fino e non oltre il piano di posa delle fondazioni, avente come recapito finale il sottostante vallone Pozzo Mandrone; per la costruzione del parco eolico, si prescrive la realizzazione di efficaci drenaggi perimetrali alle piazzole che ospiteranno gli aerogeneratori e alle cabine di trasformazione, confluenti nelle zanelle che si estendono lungo le strade di accesso e di servizio; le acque provenienti da tali opere drenanti dovranno avere come recapito finale gli impluvi naturali presenti o dovranno essere smaltite sui versanti in modo laminare.

Per fronti di scavo di altezza superiore a 1,00 metri, è necessaria la realizzazione di opportune opere di contenimento.

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto (Ordinanza n. 3274, modificata dal D.M. 17/01/2018), sono state definite cinque categorie di sottosuolo di fondazione.

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite, i siti indagati appartengono tutti alla categoria **B** di sottosuolo, così definita: “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”, a cui corrispondono i coefficienti di amplificazione  $S_s$  e  $C_c$  (che si possono calcolare con le espressioni in tabella 3.2. IV una volta scelto lo stato limite da considerare per la costruzione), e considerato che





l'inclinazione media dei pendii sono tutte minori di 15° la categoria topografica è T1 (tabella 3.2.III) a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $ST = 1,0$  (tabella 3.2.V).

Rispettando le prescrizioni di cui sopra, le opere di progetto risultano compatibili con le prescrizioni delle Norme Tecniche di attuazione del PAI dell'Autorità di Bacino della Puglia e dell'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno, poiché non vanno ad alterare le condizioni di stabilità delle aree, come si evince anche dalle verifiche di stabilità del versante eseguite ed allegate alla presente relazione.

E' necessaria l'intervento del geologo nelle fasi successive e la sua presenza al momento degli interventi, si invita quindi a comunicare l'inizio dei lavori per fornire tutta la consulenza necessaria in tale fase e valutare eventuali problematiche non prevedibili in questa fase.

Si resta a disposizione per eventuali chiarimenti.

