

REGIONE
BASILICATA



Provincia
Potenza



COMUNE DI FORENZA (PZ)



**PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN
IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 11 AEROGENERATORI E
DALLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.**

RELAZIONE GEOLOGICA

ELABORATO

A.2

PROPONENTE:

BLUE STONE
renewable I

P.I. 1530401108
Via Vincenzo Bellini,
22 00198 Roma



PROGETTO E SIA:

TECH
SOCIETÀ DI INGEGNERIA &
SERVIZI PER L'INGEGNERIA

Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari - tel. 080 3219948 - fax. 080 2020986

II DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Orazio Tricarico



CONSULENZA:

Dott. Geol. Michele Valerio



EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
0	MARZO 2021	B.B.	A.A. - O.T.	A.A. - O.T.	Progetto definitivo

INDICE

PREMESSA.....	1
1.1 Caratteri morfologici e lineamenti tettonici.....	3
2. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROGEOLOGICHE.....	4
3. CONDIZIONI DI STABILITA' DEL SITO INTERESSATO.....	5
4. MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	6
5. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO DI FONDAZIONE.....	7
5.1 Stima della pericolosità sismica del sito	7
6. CONCLUSIONI	9

PREMESSA

Su incarico ottenuto dalla **ATECH srl**, per conto della Società **BLUE STONE RENEWABLE I S.r.l.**, Committente della proposta progettuale in oggetto, è stato condotto uno studio geologico, geomorfologico e geognostico preliminare, inerente l'area interessata dal progetto di realizzazione di un Parco eolico con relative opere di connessione alla Rete Elettrica, caratterizzato da n° 11 aerogeneratori di potenza complessiva 49,5 MW da realizzarsi nel comune di Forenza (PZ), con relative opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale.

Per l'acquisizione dei dati geologici e geomorfologici è stato eseguito un rilevamento speditivo del sito di progetto e di un suo intorno. Le condizioni geologiche del sottosuolo dell'area oggetto di studio sono state ricostruite facendo ricorso alla presa visione di risultati di indagini dirette ed indirette eseguite in aree limitrofe e sulle medesime formazioni litologiche. Successivamente, così come previsto in base alle *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e alla Circolare esplicativa del 21 gennaio 2019 n° 7 C.S.LL.PP, a cui la presente Relazione fa riferimento, in sede esecutiva verranno eseguite una serie di indagini geognostiche puntuali al di sotto di ogni aerogeneratore per ottenere una conoscenza geologica e geotecnica più dettagliata del sottosuolo interessato.

In base alle informazioni ottenute da tali indagini si sono potuti stabilire gli spessori, le giaciture ed i rapporti stratigrafici delle Formazioni geolitologiche presenti nel sottosuolo della zona in esame.

L'indagine è stata articolata secondo il seguente programma:

- studio della bibliografia tecnico-scientifica esistente;
- rilevamento geo-litologico di superficie;
- analisi morfologica dei luoghi e relative condizioni di stabilità;
- esame dei risultati delle indagini geognostiche;
- esame della categoria sismica del suolo di fondazione;
- modellazione geologica dei terreni di fondazione.

Le risultanze acquisite sono state confrontate sia con i dati della cartografia ufficiale che con la bibliografia esistente del territorio studiato.

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il sito interessato dal progetto ricade in agro del territorio di Forenza ed è compreso nel Foglio 187 "Melfi" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e si sviluppa a quote comprese tra i circa 650 e i 750 metri sul livello medio del mare.

Dal punto di vista geologico-strutturale l'intera area ricade nel settore esterno dell'Appennino Meridionale caratterizzato da monoclinali che si allungano da NNW a SSE ed immergono generalmente a WSW, dislocate da faglie e fratture e sovrapposte attraverso sovrascorrimenti.

Il fronte alloctono Appenninico è costituito di successioni torbiditiche depositatesi nel bacino lagonegrese (Flysch Numidico, Flysch Rosso) e successivamente in quello Irpino (Flysch di Faeto, Formazione di Serra Palazzo), coinvolte successivamente in una serie di fasi tettoniche che hanno determinato l'attuale struttura appenninica.

L'inquadramento geologico-strutturale della porzione di territorio lucano in studio si inserisce all'interno di una situazione geologica articolata e di notevole complessità quale è l'Appennino Meridionale. L'attuale configurazione è il risultato di una continua evoluzione paleogeografica e di movimenti tettonici che hanno deformato e disarticolato le unità tettoniche preesistenti modificandone ulteriormente la geometria dei rapporti.

L'area in studio è ubicata ai margini del bacino sedimentario esterno individuabile con la Fossa Bradanica. L'aspetto stratigrafico e geologico-strutturale d'insieme si rinviene interamente nei sedimenti marini e continentali, a carattere regressivo, che hanno riempito la depressione dell'Avampaese adriatico.

Le formazioni geologiche inquadrate nello schema strutturale dell'Appennino Lucano, affioranti nell'area interessata dal progetto possono essere ascritte: alla formazione conosciuta in letteratura come Flysch di Faeto (Miocene Medio – Superiore), appartenente alle Unità Iripine; alla Formazione di Serra Palazzo (Miocene Medio – Superiore), al Flysch Numidico (Miocene Inferiore – Medio) e al Flysch Rosso (Cretaceo Superiore – Aquitaniano) .

Il Flysch di Faeto è costituito da alternanze di calcari, calcari marnosi, marne e argille chiare laminate. Gli strati calcarei, a grana fine, presentano spessori da pochi cm fino a 50 cm,

mentre quelli marnosi e argillosi hanno spessori che non superano i 20 cm. Essi si presentano molto fratturati e con giacitura variabile in conseguenza delle vicissitudini tettoniche subite.

La formazione di Serra Palazzo affiora lungo il versante occidentale del Monte Caruso: si tratta di una successione costituita da strati di arenarie quarzoso-feldspatiche, di spessore da pochi decimetri a qualche metro che si alternano a strati marnosi grigio-chiari e calcareo-marnosi, con spessori decimetrici, e strati argillosi grigio-verdi finemente laminati e argilloso-marnosi, di spessori variabili da qualche decimetro a un metro.

Lungo il versante occidentale del Monte Armenia affiora il Flysch Numidico, successione rappresentata da strati di quarzarenite di colore grigio e giallo ocre, composti da granuli arrotondati ben cementati, alternati a livelli argillosi grigio-verdi. Gli strati di quarzarenite hanno spessori variabili da 1 metro ad oltre 5 metri, mentre gli strati argillosi in fitta alternanza con livelli limoso sabbiosi possono raggiungere spessori di 50 cm. La successione arenaceo-pelitica si presenta in strati molto fratturati con giacitura variabile, indice di una notevole tettonizzazione dell'area.

Dal punto di vista geologico, i litotipi su cui insiste l'area oggetto di indagine sono caratterizzati, per tutti gli aerogeneratori da sedimenti arenitico quarzosi con alternanze di marne, calcari marnosi e scisti argillosi.

1.1 Caratteri morfologici e lineamenti tettonici

Da un punto di vista geomorfologico, il territorio comunale di Forenza ricade nelle competenze dell'Autorità di Bacino della Basilicata ed in particolare nel Bacino Idrografico del Fiume Bradano.

L'area presenta una morfologia che rispecchia sostanzialmente la geologia e la struttura di questo settore dell'appennino lucano ed, in parte, l'azione degli agenti esogeni morfogenetici.

I rilievi e le valli sono allineati nella stessa direzione (NW-SE circa) delle coltri alloctone, mentre le aste torrentizie minori, impostate probabilmente lungo discontinuità tettoniche, incidono i rilievi in direzione perpendicolare alla direzione appenninica. In corrispondenza dell'area, il versante è privo di linee di drenaggio delle acque superficiali; in caso di piogge, l'erosione incontrollata delle acque di ruscellamento tende a formare solchi e

rivoli sulla superficie. Il suddetto versante, inoltre, è caratterizzato da una morfologia che riflette le caratteristiche litologiche della successione stratigrafica affiorante. Lungo i pendii ripidi si rinvencono le calcareniti, lungo i pendii a morfologia concava a pendenze più blande, sono presenti i sedimenti fini. Il versante è solcato da incisioni ad andamento N-S circa, perpendicolare alla direzione della valle principale.

In riferimento ai dissesti, nell'area interessata dal progetto non si rilevano fenomeni franosi in atto o quiescenti ne elementi tali da far ritenere la zona instabile o potenzialmente franosa.

2. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROGEOLOGICHE

L'area di interesse ricade nel Bacino idrografico del Fiume Bradano, uno dei maggiori della Basilicata, con superficie di 2735 km², ed è il più a nord di tutti quelli lucani.

È separato da quello del Basento dai Monti Li Foi (1355 m s.l.m.), dal Monte Cupolicchio (1097 m s.l.m.) e percorre una serie di vette man mano degradanti verso la pianura fino a sfociare nel Mar Ionio. In sponda sinistra lo spartiacque passa per Serre Carriere (1047 m s.l.m.) fino al colle Renara (794 m s.l.m.), prosegue poi verso le alture delle Murge sul Monte Caccia (680 m s.l.m.) per proseguire verso la pianura alluvionale e terminare in mare. Presenta una pendenza media del 7% e nella zona del Medio Bradano si ritrovano i sottobacini del Bilioso, del Basentello, del Gravina e del Fiumicello. In questa zona la pendenza si riduce e, all'altezza di Irsina, la portata media diviene più consistente. In corrispondenza della diga di San Giuliano (Basso Bradano) l'alveo si immette in una profonda fossa calcarea detta "gravina", per poi riacquistare nuovamente la sua fisionomia fino alla foce.

Le formazioni geologiche prevalenti nella parte alta del bacino sono scisti argillosi, argille scagliose, arenarie eoceniche poco permeabili. Nel medio e basso bacino prevalgono le argille plioceniche impermeabili, mentre verso il litorale ionico sono presenti formazioni alluvionali, di epoca recente e discreta permeabilità.

La circolazione delle acque di precipitazione è, come la morfologia, condizionata dalla natura dei terreni affioranti. In corrispondenza degli affioramenti argillosi, impermeabili, le

acque piovane non riescono a permeare a grande profondità per cui danno luogo ad un reticolo di fossi a sviluppo calanchivo ed attività limitata ai periodi piovosi.

Dai dati di letteratura si evince che i terreni affioranti nell'area oggetto di studio sono stati raggruppati in cinque complessi idrogeologici caratterizzati da permeabilità decrescente e da specifica posizione strutturale. In particolare gli unici acquiferi di un certo interesse idrogeologico sono quelli caratterizzati da successioni arenacee, sabbiose e conglomeratiche, dotate di permeabilità primaria per porosità e secondaria per fratturazione. La relativa omogeneità litologica e la posizione strutturale di tale complesso, consentono di ipotizzare la presenza di una unica falda, nell'ambito del singolo acquifero.

I terreni costituenti l'area in esame sono caratterizzati da forti eterogeneità all'interno dei singoli strati. Tali strati, inoltre, mostrano anche marcate discontinuità laterali dovute sia al susseguirsi di eventi tettonici che ad interruzioni di tipo deposizionali. Risulta pertanto alquanto complicato descrivere lo schema idrico sotterraneo.

Per quanto riguarda il deflusso idrico superficiale, sempre la presenza di terreni poco permeabili determina una buona aliquota di ruscellamento, tuttavia l'esigua estensione dei versanti comporta una scarsa gerarchizzazione, ad andamento rettilineo, della rete idrografica con basso indice di drenaggio.

3. CONDIZIONI DI STABILITA' DEL SITO INTERESSATO

L'Autorità di Bacino della Basilicata, con approvazione in prima stesura del 05/12/2001, ha provveduto alla redazione del P.A.I. (Piano di bacino stralcio per l'Assetto Idrogeologico), nel quale vengono perimetrate le aree a pericolosità/rischio idraulico e geomorfologico.

Il P.A.I., redatto ai sensi dell'art.65 del D.Lgs 152/2006, a valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico e idrogeologico del territorio compreso nell'Autorità di Bacino della Basilicata.

Il sito di progetto non rientra in alcuna fascia di pertinenza fluviale, né in aree a pericolosità idraulica/geomorfologica, né in aree a rischio, come si evince dalla carta del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatta dall'AdB.

Nelle aree che non rientrano nelle perimetrazioni del P.A.I. sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica/geomorfologica in relazione alla natura dell'intervento, poc'anzi citata ed al contesto territoriale.

Pertanto l'intervento proposto risulta del tutto compatibile con le prescrizioni previste dalle N.T.A. del P.A.I. (Piano di bacino stralcio per l'Assetto Idrogeologico).

4. MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Dal rilevamento geologico di superficie caratterizzati dalla visione di affioramenti naturali e dai dati provenienti dalle indagini geognostiche di riferimento, si è potuta ricostruire la successione lito-stratigrafica che è possibile estendere a tutta l'area di indagine la quale è rappresentata da arenarie quarzose, di spessore da pochi decimetri a qualche metro che si alternano a strati marnosi grigio-chiari e calcareo-marnosi, con spessori decimetrici, e strati argillosi grigio-verdi finemente laminati e argilloso-marnosi, di spessori variabili da qualche decimetro a un metro.

Dal punto di vista morfologico l'area di indagine mostra un aspetto del rilievo principalmente collinare; i rilievi e le valli caratterizzanti l'area di studio sono allineati nella direzione NW-SE circa, mentre i reticoli idrici minori del Bradano e del Torrente Fiumarella corrono in direzione perpendicolare ad essi, probabilmente impostati su lineamenti tettonici di faglia.

Nell'area interessata dal progetto non si rilevano fenomeni franosi in atto o quiescenti ne elementi tali da far ritenere la zona instabile o potenzialmente franosa.

5. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO DI FONDAZIONE

Secondo il D.M. del 17 gennaio 2018, per la definizione delle azioni sismiche di progetto secondo l'approccio semplificato riconducibile alle cinque categorie di sottosuolo, si fa riferimento alla cosiddetta **V_{s,eq}** valutato dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = H / (\sum_{i=1}^N (h_i / V_{s,i}))$$

dove:

h_i = spessore dell'*i*-esimo strato

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato

N = numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia e terreno molto rigido, caratterizzato da V_S non inferiore a 800 m/s.

Sulla base delle indagini sismiche effettuate in aree limitrofe a quella di studio e sulle stesse formazioni litologiche, sono stati riscontrati valori delle V_{seq} tali da attribuire il suolo su cui ricadrà l'opera in progetto alla **CATEGORIA "C"**, che, in base alla nuova definizione fornita dal D.M. del 17 gennaio 2018, rientra nella classificazione di *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e dei valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s"*.

Si precisa che tali dati derivano comunque da indagini di tipo puntuale e che di contro, le formazioni litologiche interessate, sono caratterizzate da un'estrema variabilità litologica.

Pertanto, in fase esecutiva, si dovranno effettuare opportune indagini in situ ove dovrà essere verificata la corrispondenza ad ogni categoria sismica.

5.1 Stima della pericolosità sismica del sito

La pericolosità sismica di un sito, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche; essa deve essere descritta in modo da renderla

compatibile con le **NTC** e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle **NTC**, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (*reticolo di riferimento*) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un *intervallo di riferimento* compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;

Per le categorie di sottosuolo di fondazione (**categoria C** per il sito in esame) definite dal D.M. 17/01/2018 al comma 3. 2. 2, i coefficienti **Ss** e **Cc** possono essere calcolati in funzione dei valori di **F₀** e **Tc**, relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tabella 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Inoltre, poiché l'area in esame presenta pendenze nulle, si attribuisce ad essa la Categoria topografica T1 e pertanto il coefficiente da considerare vale 1,0.

Di seguito vengono inseriti i dati utili allo studio della pericolosità sismica del sito:

Denominazione parametro sismico	Valore di input
Vita nominale	30
Classe d'uso	I
Categoria di sottosuolo	C
Categoria topografica	T1
Coordinate geografiche	Latitudine: 40.8211
	Longitudine: 15.8514

Per determinare, in via del tutto teorica e approssimativa, i valori di F_0 , T^*c e A_g utili alla definizione dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali, sempre secondo le Norme tecniche del D.M. 17/01/2018, le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_r , ricavato per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_u .

Nel caso in esame, come detto, si è fatto quindi riferimento ad una **Vita Nominale di 30 anni** e ad un coefficiente di **Classe d'uso I** che ha valore pari ad **0,7**.

Pertanto i valori delle forme spettrali da considerarsi sono i seguenti (da Geostru Parametri sismici):

Stati limite

Classe Edificio
I. Presenza occasionale di persone, edifici agricoli...

Vita Nominale 30

Interpolazione Media ponderata

CU = 0.7

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.045	2.424	0.283
Danno (SLD)	35	0.048	2.438	0.294
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.124	2.579	0.436
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.162	2.617	0.472

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 35

6. CONCLUSIONI

Il programma di studi e le indagini eseguite in sito, hanno consentito di caratterizzare sotto il profilo geologico, stratigrafico-strutturale e geotecnico il sottosuolo dell'area d'interesse, nonché i terreni di fondazione che saranno interessati dal parco eolico costituito da 11 aerogeneratori, ricadente in agro del comune di Forenza (PZ).

Il rilevamento geomorfologico di superficie effettuato alla scala su tutta l'area interessata dal progetto del parco eolico, ha evidenziato che essa si presenta sostanzialmente stabile, con poche forme di dissesto localizzate, generalmente di lieve entità.

I risultati delle indagini geognostiche prese in riferimento, estendibili in tutta la zona interessata dal parco eolico, insistendo nel suo complesso sulle stesse formazioni geolitologiche, hanno permesso di ricostruire la successione litostratigrafica del sottosuolo, che può essere sintetizzata, correlando i risultati ottenuti, con la presenza di arenarie quarzose, di spessore da pochi decimetri a qualche metro che si alternano a strati marnosi grigio-chiari e calcareo-marnosi, con spessori decimetrici, e strati argillosi grigio-verdi finemente laminati e argilloso-marnosi, di spessori variabili da qualche decimetro a un metro.

Le caratteristiche fisico - meccaniche generali di tali litologie risultano essere da discrete a buone.

Dalle indagini sismiche prese in riferimento, si è riscontrato un valore sperimentale medio delle $V_{s,eq}$ tale da poter attribuire il suolo su cui ricadrà l'opera in progetto alla **CATEGORIA "C"** Si sottolinea come l'opportuna verifica alla corrispondenza ad ogni categoria sismica dovrà essere effettuata tramite opportune indagini in situ in fase esecutiva..

Dalla consultazione della cartografia PAI redatta dall'Autorità di Bacino della Basilicata, sulle aree interessate dall'opera in progetto non vi sono segnalazioni di alcun tipo di Rischio Idrogeologico, né di Frana né di Inondazione.

Pur tenendo in considerazione quanto scaturisce dal presente lavoro non si potrà prescindere, in fase esecutiva, al fine di per ottenere una conoscenza più dettagliata del sottosuolo interessato, in primis dall'effettuare opportune indagini geognostiche in situ (carotaggi) in corrispondenza di ogni aerogeneratore, oltre che dall'effettuare ulteriori sopralluoghi e controlli, per poter elaborare una progettazione esecutiva dell'opera nel rispetto delle NTC 2018.

Non essendo stati riscontrati impedimenti riguardo eventuali amplificazioni sismiche dovute alla presenza di falde superficiali, di elementi tettonici attivi nelle immediate vicinanze del sito in esame, ed ancora l'assenza di fenomeni erosivi degni di rilievo e di problemi di instabilità quali frane e smottamenti, si esprime parere favorevole alla realizzazione dell'opera di progetto.

Tanto dovevasi in ottemperanza all'incarico ricevuto.

Palo del Colle, marzo 2021

Il Geologo

Dott. Michele Valerio

