

COMUNE DI CASTELLANETA

(Provincia di Taranto)

Realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp, denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"

Proponente

PIVEXO 6 S.r.l.

PIVEXO 6 S.R.L.
Via Stazione snc - 74011 Castellaneta (TA) ,
Tel +39 0998441860, Fax +39 0998445168,
P.IVA 03358000739, REA TA-210853,
mail: pivexo6@pec.it

Sviluppatore

 **Greenergy**

GREENERGY SRL
Via Stazione snc - 74011 Castellaneta (TA)
Tel +39 0998441860, Fax +39 0998445168
P.IVA 02599060734, REA TA-157230
www.greenergy.it, mailinfo@greenergy.it

Elaborato RELAZIONE DI VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Data
02/05/2024

Codice Progetto

Nome File MPGHVQ4_CalcoliPreIStrutture_03

Revisione

Foglio

Scala

GREEN GP - 16

Codice Elaborato

P_17

00

A4

-

| Rev. | Descrizione | Data | Redatto | Verificato | Approvato |
|------|-----------------|------------|----------------------|-----------------------|-----------------|
| 00 | Prima emissione | 02/05/2024 | Ing. Vito De Carolis | Ing. Giuseppe Mancini | Pivexo 6 S.r.l. |

INDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA | 2 |
| 2 | VERIFICA A RIBALTAMENTO SOTTO L'AZIONE DEL VENTO | 7 |
| 3 | CONCLUSIONI | 13 |

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la *“Verifica al ribaltamento strutture di sostegno sotto l’azione del vento”* relativo al progetto di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare tramite conversione fotovoltaica, della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato *“Romanazzi”* in zona agricola del Comune di Castellaneta in località Papatonno e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione necessarie per la cessione dell’energia prodotta.

L’impianto agrivoltaico sarà collegato tramite cavidotto interrato in Media Tensione (MT) alla Stazione di Elevazione Utenza 30/150 kV la quale a sua volta verrà collegata in antenna a 150 kV su di una futura Stazione Elettrica di Smistamento a 150 kV della RTN da inserire in entra-esce alla direttrice a 150kV denominata *“Pisticci – Taranto N2”*, previa realizzazione di:

- Nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150kV da collegare in entra-esce alle linee a 150 kV della RTN *“Pisticci – Taranto N2”* e *“Ginosa-Matera”*;
- Potenziamento/Rifacimento della linea a 150 kV della RTN *“Ginosa – Matera”* nel tratto compreso tra la nuova SE succitata e la SE RTN a 380/150 kV di Matera;
- Potenziamento/Rifacimento della direttrice a 150 kV della RTN *“Ginosa – Palagiano”*.

La PIVEXO 6 s.r.l. con sede in via Stazione s.n.c. – 74011 Castellaneta (TA), intende sviluppare il progetto di un impianto agrivoltaico su di un terreno con destinazione agricola (destinazione di PUG prevalente – contesto rurale), l'area catastale in disponibilità è di circa 68,54 Ha, distinto in Catasto al Foglio 101 Particelle 1, 26, 55, 56, 57, 58, 228. La stazione di elevazione e la stazione elettrica verranno realizzate su di un terreno distinto in Catasto al Foglio 101 Particella 126 e Foglio 110 Particella 197.

La PIVEXO 6 S.r.l. ha affidato alla scrivente Società Greenergy S.r.l., sita in Castellaneta (TA) alla via Peucezia snc, l'incarico di redigere la *“Verifica al ribaltamento strutture di sostegno sotto l'azione del vento”*.

La Società PIVEXO 6 srl, intende sviluppare il progetto di un impianto agrivoltaico su di un terreno con destinazione agricola (destinazione di PUG prevalente – contesto rurale), l'area catastale in disponibilità è di circa 68,54 Ha, mentre l'area recintata è di circa 60,39 Ha.

Dalla foto aerea (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) di seguito riportata si evince l'ubicazione dell'impianto fotovoltaico e le sue opere di connessione.



Figura 1: Vista ortofoto dell'area oggetto dell'intervento

Nel caso specifico, il luogo prescelto per l'intervento in esame, infatti, risulta essere economicamente sfruttabile in quanto area di tipo agricola, urbanisticamente coerente con l'attività svolta, con conseguenti minori impatti a causa della ridotta visibilità rispetto ad impianti posizionati in aree diverse, dall'altro la zona risulta non essere interessata da vincoli ambientali insostenibili. La potenza dell'impianto agrivoltaico progettato è pari a 40 MW; esso risulta composto nella sua interezza da 64.792 moduli fotovoltaici da 720 W, montati su strutture fisse, che sviluppano una potenza di 46,65 MWp.

Le tipologie di struttura che si andranno ad utilizzare risultano appositamente progettate e infisse nel terreno in assenza di opere in cemento armato. Le modalità di installazione prevedono la realizzazione di un impianto poggiato sul terreno, ascrivibile alla categoria altri impianti fotovoltaici. Non si prevede la realizzazione di particolari volumetrie, fatte salve quelle associate ai poli tecnici, inverter e cabine del tipo outdoor, indispensabili per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico. Al termine della sua vita utile, l'impianto dovrà essere smesso e il soggetto esercente provvederà al ripristino dello stato dei luoghi, come disposto dall'art. 12 comma 4 del D. Lgs. n. 387 del 29 dicembre 2003.

L'intervento proposto:

- Consente la produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- Utilizza fonti rinnovabili eco-compatibili;
- Consente il risparmio di combustibile fossile;
- Non produce nessun rifiuto o scarto di lavorazione;
- Non è fonte di inquinamento acustico;
- Non è fonte di inquinamento atmosferico;
- Utilizza viabilità di accesso già esistente;
- Comporta l'esecuzione di opere edili di dimensioni modeste che non determinano in alcun modo una significativa trasformazione del territorio, relativamente alle fondazioni superficiali, delle undici cabine e inverter.

Prima di entrare nel merito della descrizione delle motivazioni dell'opera, del contesto in cui si inserisce e delle relazioni ambientali determinate dalla sua realizzazione, si riportano alcune informazioni che riguardano l'iter normativo:

- Il progetto necessita di Autorizzazione Unica per la realizzazione ed esercizio dell'impianto, così come disciplinato dall'Art. 12 del D. Lgs. 387/03 e dal D.M. 30 settembre 2010;
- Il Progetto è compreso tra le tipologie di intervento riportate nell'Allegato II alla Parte Seconda, comma 2 del D. Lgs. n. 152 del 03/04/2006 – "Impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW", pertanto rientra tra le categorie di progetti da sottoporre alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale di competenza statale in base a quanto definito dall'Art. 31, comma 6 del recente Decreto-Legge n. 77 del 2021;
- Il Progetto, inoltre, essendo sottoposto alla Valutazione di Impatto Ambientale di tipo statale, è presentato all'interno di un Provvedimento Unico comprensivo delle autorizzazioni ambientali (P.U.A.) tra quelle elencate al comma 2 dell'Art. 27 del D. Lgs. 152 del 03/04/2006.

Alcuni contenuti, previsti nella normativa, come facenti parte del presente studio sono approfonditi in appositi elaborati ai quali si rimanderà nel proseguo della trattazione. In questo contesto la normativa prevede un livello di progettazione definitiva.

2 VERIFICA A RIBALTAMENTO SOTTO L'AZIONE DEL VENTO

In riferimento a quanto indicato nell'elaborato *P_15 Relazione preliminare di calcolo delle strutture*, si effettua una ulteriore verifica in merito al ribaltamento della struttura a causa dell'azione del vento secondo le indicazioni delle *Norme Tecniche per le Costruzioni 2018*.

Come già detto nella precedente relazione di calcolo, il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

Per le costruzioni usuali, come quella in esame, tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti, costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, che compongono la costruzione.

| Zona | Vb,0 | a0 | ks |
|------|--------|-------|------|
| 3 | 27 m/s | 500 m | 0,37 |

Tabella 1: valori dei parametri in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC 2018)

| Categoria di esposizione | K | zo (m) | zmin (m) |
|--------------------------|------|--------|----------|
| II | 0,19 | 0,10 | 5 |

Tabella 2: Parametri per la definizione dei coefficienti di esposizione (NTC 2018)

Per la realizzazione si considerano le seguenti informazioni relative all'ubicazione dell'impianto relative al sistema di infissione con **HEA140**, a cui si rimanda alle relative relazioni illustrative dei criteri e delle modalità di calcolo.

| | |
|-----------------------------|---------------------|
| Altitudine (a_s): | 65 m s.l.m. |
| Distanza dalla costa: | terra - entro 30 Km |
| Classe di rugosità terreno: | D |
| Altezza manufatto (h): | 4,50 m |

il tempo di ritorno ove non specificato diversamente si assumerà pari a 50 anni a cui corrisponde il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto T_R .

La **velocità base di riferimento** (V_b), è il valore medio su 10 min, a 10 m di altezza dal suolo pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno $T_R = 50$ anni.

$$V_b = V_{b,0} \times C_a$$

$$C_a = 1 \text{ per } a_s \leq a_0$$

$$C_a = 1 + K_s \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \text{ per } a_s > a_0$$

$V_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata dalla *Tabella 2* in funzione della zona in cui sorge la costruzione:

C_a è il coefficiente di altitudine

Pertanto,

$$a_s \leq a_0 \rightarrow C_a = 1 \rightarrow V_b = V_{b,0} \rightarrow V_b = 27 \text{ m/s}$$

La velocità di riferimento (V_r) è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto T_R . Tale velocità è definita dalla seguente relazione:

$$V_r = V_b \times C_r$$

V_b velocità base di riferimento, definita in precedenza

C_r è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto T_R , fornito dalla relazione

$$C_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \times \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

Considerato,

$$T_R = 50 \text{ anni} \rightarrow C_r = 1,00$$

Pertanto,

$$V_r = V_b(T_R) \Rightarrow 27. \text{ m/s}$$

Si considerano i seguenti coefficienti:

Coefficiente dinamico: $C_d = 1.00$

Coefficiente di forma: $C_p = 1.2$

Coefficiente di topografia: $C_t = 1.00$

Coefficiente di esposizione:

dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografica del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln^2(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

Pertanto,

$$z < z_{min} \rightarrow c_e(z) = 1.93$$

Le azioni del vento si traducono in pressioni (positive) e depressioni (negative) agenti normalmente alla superficie degli elementi che compongono la costruzione. La pressione del vento agente su un singolo elemento è data dall'espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d = 105,49 \frac{\text{daN}}{\text{mq}} = 107,57 \text{ kg/mq}$$

Dove,

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_r^2 \quad \text{è la pressione cinetica di riferimento;}$$

$$\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{è la densità dell'aria.}$$

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse dell'oggetto di modellazione e/o diretto nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni dei suoi elementi.

Trattandosi di un impianto agrivoltaico costituito da strutture (montanti) infisse nel terreno, la classica verifica a ribaltamento utilizzata per sistemi zavorrati, sarà sostituita da una più coerente **Verifica a Sfilamento degli elementi infissi nel terreno.**

Pertanto, per il calcolo delle forze resistenti, non essendo la struttura zavorrata, ma infissa nel terreno, si considera la forza T, come già indicato nella precedente relazione di calcolo, nella verifica a sfilaggio dei montanti.

Dalla campagna geognostica è stato possibile ricostruire il modello geologico dell'area in studio. Dalle analisi condotte dal geologo, si individuano due unità geotecniche "A" e

“B” che sono quelle direttamente interessate dalle sollecitazioni dei manufatti in progetto. Per maggiori dettagli e approfondimenti, si rimanda alla relazione specialistica geologica.

Al fine di definire la resistenza allo sfilamento, si confronta la forza dovuta al vento a sfilamento dei montati e la forza reagente dovuta all’attrito tra terreno e montante con il metodo proposto da Das e Seeley (1982).

A vantaggio di sicurezza, nei calcoli delle verifiche verranno considerati i campioni di terreno che hanno restituito i parametri geotecnici più bassi.

Terreno Coesivo - $C_u = 15 \text{ KPa}$

$$T = A_1 \alpha C_u$$

Dove

T: resistenza allo sfilamento

A: Area laterale del montante **HEA 140**

α : Fattore di adesione, uguale a $\alpha = 0,9 - 0,0625 C_u$ se $C_u \leq 0,8 \text{ Kg/cm}^2$

C_u : Coesione non drenata del terreno

$$F = A_2 Q_v$$

Dove

A_2 : Area pannello fotovoltaico che corrisponde ad un singolo montante

Q_v : Forza del vento distribuita su un metro quadro

Di seguito otteniamo i seguenti valori:

$$T = 79,44 \text{ cm}^2/\text{cm} \times 200 \text{ cm} \times 0,8906 \times 0,15 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{20822,05 \text{ N}}$$

$$F = (1,30 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times 3) \times 107,57 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{9877,25 \text{ N}}$$

Considerando i coefficienti parziali moltiplicativi indicati nelle tabella 6.2.1 delle NTC per le verifiche a ribaltamento SLU, si usano:

$EQU = 1.5$ per le azioni variabili Q sfavorevoli

$EQU = 0.8$ per le azioni permanenti G2 favorevoli

Pertanto tenuto conto dei coefficienti parziali:

$$\mathbf{T * 0.8 > F * 1.5 \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}}$$

Inoltre, se si considera che alla resistenza a sfilamento così calcolata si aggiungono il peso del palo la verifica risulta ulteriormente verificata.

Si è considerato il seguente schema per la verifica a sfilamento:

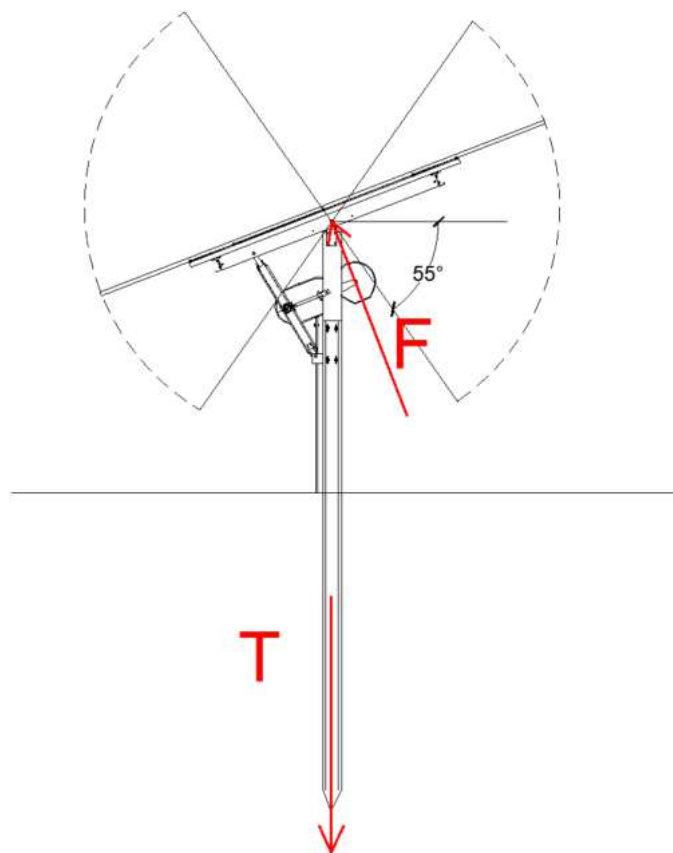


Figura 2: Schema delle forze applicate alla struttura per la verifica a sfilamento

3 CONCLUSIONI

La verifica a ribaltamento risulta ampiamente soddisfatta.

Si precisa, altresì, che la verifica si ritiene ampiamente soddisfatta in quanto le caratteristiche delle unità geologiche identificate a maggiore profondità risultano avere caratteri geotecnici più elevati dell'unità geologica verificata. Pertanto, la verifica risulta evidentemente soddisfatta anche per profondità maggiori.