



COMUNE DI AVETRANA

PROVINCIA DI TARANTO



REGIONE PUGLIA



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 kW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA

Denominazione Impianto:

IMPIANTO AVETRANA 1

Ubicazione:

Comune di Avetrana (TA)
Località Strada Provincia n.145

**ELABORATO
021300_IMP_R**

**RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE CON
VERIFICA AL RIBALTAMENTO**

Cod. Doc.: AVA20_021300_IMP_R



Project - Commissioning - Consulting
Municipiul Bucuresti Sector 1
Str. HRISOVULUI Nr. 2-4, Parter, Camera 1, Bl. 2, Ap. 88
RO41889165

Scala: --

PROGETTO

Data:
15/12/2021

PRELIMINARE

DEFINITIVO

AS BUILT



Richiedente:

AVETRANA S.r.l.
Piazza Walther Von Vogelweide, 8
39100 Bolzano
Provincia di Bolzano
P.IVA 03027960214

Tecnici e Professionisti:

*Ing. Luca Ferracuti Pompa:
Iscritto al n.A344 dell'Albo degli Ingegneri
della Provincia di Fermo*

| Revisione | Data | Descrizione | Redatto | Approvato | Autorizzato |
|-----------|------------|---------------------|---------|-----------|-------------|
| 01 | 17/03/2021 | Progetto Definitivo | F.P.L. | F.P.L. | F.P.L. |
| 02 | 15/12/2021 | Revisione | F.P.L. | F.P.L. | F.P.L. |
| 03 | | | | | |
| 04 | | | | | |

Il Tecnico:

Dott. Ing. Luca Ferracuti Pompa
(Iscritto al n. A344, dell'Albo dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Fermo)



Il Richiedente:

AVETRANA S.r.l.

Piazza Walther Von Vogelweide n.8 - 39100 Bolzano (BZ)
P.iva: 03027960214

| | | |
|---|--|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
|  | <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMOICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO | Pagina 2 di 16 |

SOMMARIO

| | |
|--|----|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 2. DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA DEL SOSTEGNO | 4 |
| 2.1 CARICO VENTO | 4 |
| 2.2 CARICO NEVE | 11 |
| 3. VERIFICA AL RIBALTAMENTO DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE RELATIVE AL CANCELLO DI INGRESSO | 14 |
| 4. VERIFICA AL RIBALTAMENTO DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE RELATIVE ALLE RECINZIONI | 16 |

| | | |
|---|--|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
|  | <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMOICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALAMENTO | Pagina 3 di 16 |

1. PREMESSA

Il presente documento è redatto quale allegato alla documentazione relativa all'istanza per il procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale ministeriale, ai sensi dell'Art. 23 del D. Lgs. 152/06, per la realizzazione in conformità alle vigenti disposizioni di legge di un impianto fotovoltaico di potenza di picco pari a **12.045,60** kWp e potenza massima in immissione pari **41.500,00** kWp da realizzarsi nel Comune di **Avetrana (TA)** in Località Strada Provinciale n.145.

L'impianto sarà del tipo Grid Connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, con allaccio a 150kV alla Rete Elettrica Nazionale.

Il Produttore e Soggetto Responsabile, è la Società **Avetrana S.r.l.**, la quale dispone dell'autorizzazione all'utilizzo dell'area su cui sorgerà l'impianto in oggetto. La denominazione dell'impianto, è "**AVETRANA 1**".

| Dati relativi alla società proponente SOLAR ENERGY QUATTRO S.R.L. | |
|--|--|
| <i>Sede Legale:</i> | <i>Piazza Walther Von Vogelweide, 8 - 39100 Bolzano (BZ)</i> |
| <i>P.IVA e C.F.:</i> | <i>03027960214</i> |
| <i>Numero REA</i> | <i>BZ-225671</i> |
| <i>Legale Rappresentante:</i> | <i>Jorg Menyesch</i> |

L'impianto in oggetto prevede l'installazione di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 600 Wp, su un terreno completamente pianeggiante di estensione totale pari a 13,1917 ettari (area compresa all'interno della Recinzione) ad una quota compresa tra 40 e 54 m slm avente destinazione Agricola ai sensi del Vigente Strumento Urbanistico.

I Moduli Fotovoltaici saranno installati su strutture a inseguimento monoassiale (tracker). Su ogni struttura ad inseguimento potranno essere posati 28, 56 oppure 84 moduli (Le Strutture sono comunque di tipo modulare).

L'impianto sarà corredato da n. 4 Power Station, n.1 Cabine di Parallelo (Delivery Cabin) e n. 1 Control Room.

Il progetto prevede l'installazione di 270 tracker (per un totale di 20.076 moduli fotovoltaici) per una potenza complessiva installata di 12,0456 MWp.

| | | |
|-------------------------------|---|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
| COMET ENERGY POWER | <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO | Pagina 4 di 16 |

2. DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA DEL SOSTEGNO

2.1 CARICO VENTO

Gli effetti del carico vento sono stati calcolati assimilando la struttura ad una tettoia a falda singola (C3.3.8.2 delle Istruzioni alle NTC); per tale tipologia di struttura le azioni del vento sono notevolmente superiori rispetto al caso di un edificio semplice, in quanto in questo caso intervengono ulteriori azioni quali raffiche, vortici ecc. le quali sollecitano il palo anche a vibrazioni che potrebbero provocare fenomeni di risonanza dell'elemento. Si ritiene che questo modello sia più aderente alla realtà.

Ubicazione intervento: Avetrana

Coordinate geografiche: 17.754893 N; 40.348016 E

Altitudine sul livello del mare: $a_s = 60$ m

$a_s = 60$ m

Zona geografica: 3



Velocità di riferimento v_R :

$$v_R = v_b * C_r = 27 \text{ m/s} * 1 = 27 \text{ m/s}$$

$$v_R = 27 \text{ m/s}$$

Velocità base di riferimento $v_b = v_{b0} * C_a = 27 \text{ m/s} * 1 = 27 \text{ m/s}$

$$v_b = 27 \text{ m/s}$$

v_{b0} si ricava dalla tab. 3.3.1 e vale:

$$v_{b0} = 27 \text{ m/s}$$

| | | |
|-------------------------------|---|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
| COMET ENERGY POWER | <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO | Pagina 5 di 16 |

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

| Zona | Descrizione | $v_{b,0}$ [m/s] | a_0 [m] | k_s |
|------|---|-----------------|-----------|-------|
| 1 | Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste) | 25 | 1000 | 0,40 |
| 2 | Emilia Romagna | 25 | 750 | 0,45 |
| 3 | Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria) | 27 | 500 | 0,37 |
| 4 | Sicilia e provincia di Reggio Calabria | 28 | 500 | 0,36 |
| 5 | Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena) | 28 | 750 | 0,40 |
| 6 | Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena) | 28 | 500 | 0,36 |
| 7 | Liguria | 28 | 1000 | 0,54 |
| 8 | Provincia di Trieste | 30 | 1500 | 0,50 |
| 9 | Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto | 31 | 500 | 0,32 |

C_a è il coefficiente di altitudine; essendo $a_s < a_0$ il valore di c_a è pari ad 1.

$$C_a = 1$$

C_r è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto T_r

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

Essendo il periodo di ritorno di progetto pari a 50 anni, ne segue $C_r = 1$.

$$C_r = 1$$

La pressione del vento p è data da:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

in cui:

q_r è la pressione cinetica di riferimento (in N/m²)

c_e è il coefficiente di esposizione

c_p è il coefficiente di pressione

c_d è il coefficiente dinamico

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 = \frac{1}{2} * 1.25 \text{ kg/m}^3 * 27^2 \text{ m/s} = 456 \text{ N/m}^2$$

$$q_r = 456 \text{ N/m}^2$$

in cui:

| | | |
|-------------------------------|---|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
| COMET ENERGY POWER | <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO | Pagina 6 di 16 |

ρ è la densità dell'aria ed è assunta pari a 1.25 kg/m^3

$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$

v_r è la velocità di riferimento del vento

c_e viene definito in base alle formule seguenti:

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

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

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

| Categoria di esposizione del sito | K_r | z_0 [m] | z_{\min} [m] |
|-----------------------------------|-------------|-------------|----------------|
| I | 0,17 | 0,01 | 2 |
| II | 0,19 | 0,05 | 4 |
| III | 0,20 | 0,10 | 5 |
| IV | 0,22 | 0,30 | 8 |
| V | 0,23 | 0,70 | 12 |

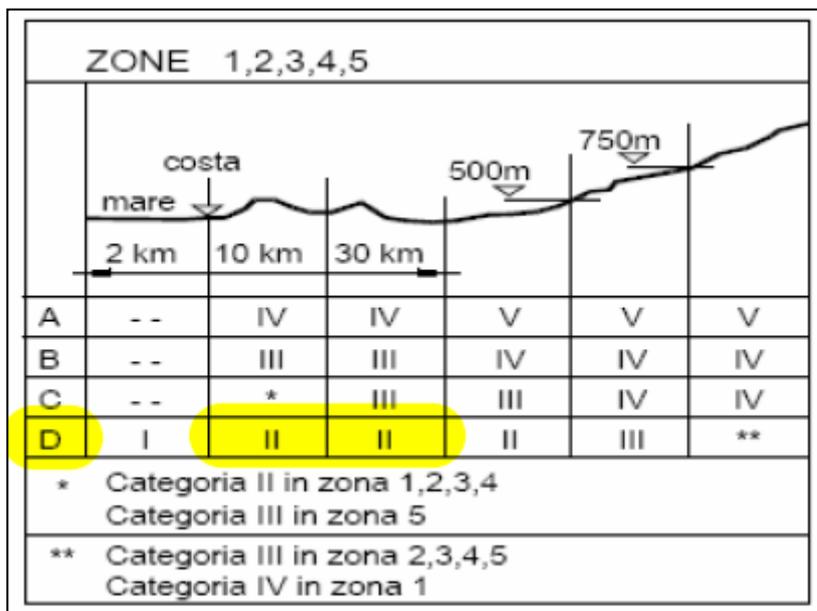
La categoria di esposizione del sito si determina dalle tabelle seguenti: in particolare dalla tab. 3.3.III si individua la classe di rugosità del terreno D, mentre dalla seconda figura si desume che la categoria di esposizione è II, in quanto ci troviamo nella classe di rugosità D e nella zona compresa tra 10 e 30 km dalla costa.

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

| Classe di rugosità del terreno | Descrizione |
|--------------------------------|--|
| A | Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m |
| B | Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive |
| C | Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D |
| D | a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, ...) |

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

| | | |
|-------------------------------|--|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
| COMET ENERGY POWER | PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO | Pagina 7 di 16 |



Il coefficiente di topografia $c_t = 1$

$$c_t = 1$$

Essendo l'altezza sul suolo del punto considerato pari a $z = 4$ metri, si ha:

$$c_e = 0.19^2 * 1 * \ln(4/0.05) * [7 + 1 * \ln(4/0.05)] = 0.0361 * 7.378 * [7 + 7.378] = 1.800$$

$$c_e = 1.800$$

Il coefficiente dinamico c_d è assunto pari a 1

$$c_d = 1$$

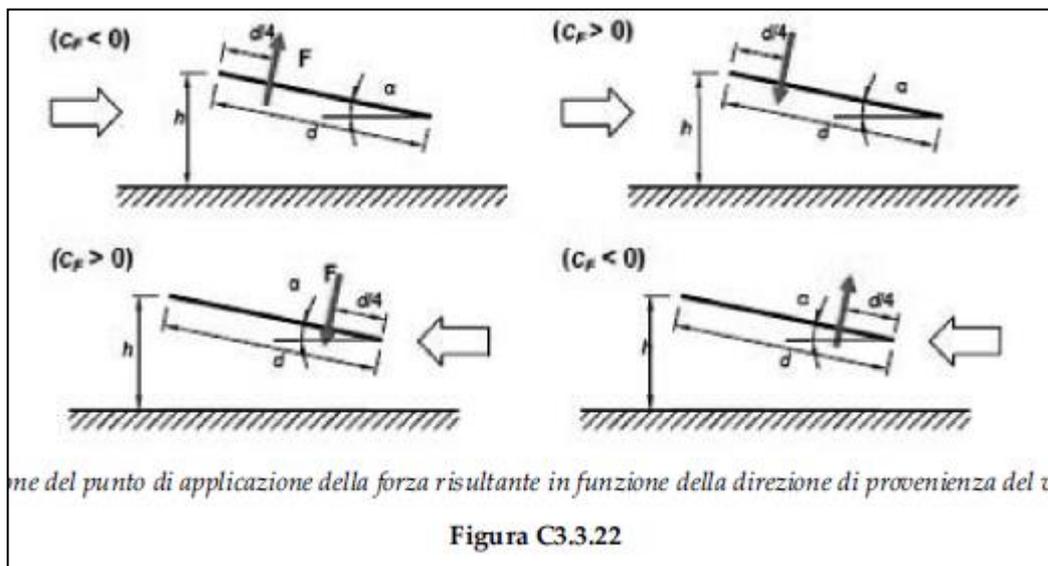
Per quanto riguarda il coefficiente di pressione c_p si assume il pannello fotovoltaico ad una tettoia a falda singola (punto C.3.3.8.2.1); in particolare si assume il valore $\Phi = 0$ corrispondente all'assenza di ostruzioni al di sotto della tettoia.

Si assumono i seguenti prospetti di riferimento.

Tabella C3.3.XV - Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda (α in $^\circ$).

| | | |
|-----------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Valori positivi | Tutti i valori di φ | $c_F = +0,2 + \alpha/30$ |
| Valori negativi | $\varphi = 0$ | $c_F = -0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30$ |
| | $\varphi = 1$ | $c_F = -1,4$ |

| | | |
|-------------------------------|--|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
| COMET ENERGY POWER | PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO | Pagina 8 di 16 |



Supponendo $\alpha = 60^\circ$ si ha:

Vento da sinistra o da destra $c_f < 0$:

$$c_f = -0.5 - 1.3 \cdot \alpha / 30 = -0.5 - 1.3 \cdot 60 / 30 = -0.5 - 1.3 \cdot 2 = -0.5 - 2.6 = -3.1$$

Vento da sinistra o da destra $c_f > 0$:

$$c_f = +0.2 + \alpha / 30 = +0.2 + 60 / 30 = +0.2 + 2 = +2.2$$

$$c_f = -3.1$$

$$c_f = +2.2$$

La forza agente sul pannello per unità di superficie, posizionata a distanza $d/4$ dal bordo e diretta ortogonalmente al pannello vale:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 456 \text{ N/m}^2 \cdot 1.80 \cdot (-3.1) \cdot 1 = -2.544 \text{ N/m}^2$$

se negativo, ossia se tende a sollevare il pannello, mentre

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 456 \text{ N/m}^2 \cdot 1.80 \cdot (+2.2) \cdot 1 = +1.806 \text{ N/m}^2$$

se positivo, ossia se tende a schiacciare il pannello.

Dalla geometria del progetto risulta che ciascun sostegno assorbe la spinta di una superficie di pannelli pari a:

$$S = 4.21 \cdot 6.40 = 26.94 \text{ m}^2$$

$$S = 26.94 \text{ m}^2$$

Si analizzano le quattro condizioni.

Condizione 1:

$$C_f = -3.1; S = 26.94 \text{ m}^2; F_1 = -2544 \text{ N/m}^2 \cdot 26.94 \text{ m}^2 \cdot 3.1 = -212.458 \text{ N}$$

| | | |
|-------------------------------|--|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
| COMET ENERGY POWER | PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO | Pagina 9 di 16 |

Condizione 2:

$$C_f = +2.2; S = 26.94 \text{ m}^2; F_2 = +1806 \text{ N/m}^2 * 26.94 \text{ m}^2 * 2.2 = +107.038 \text{ N}$$

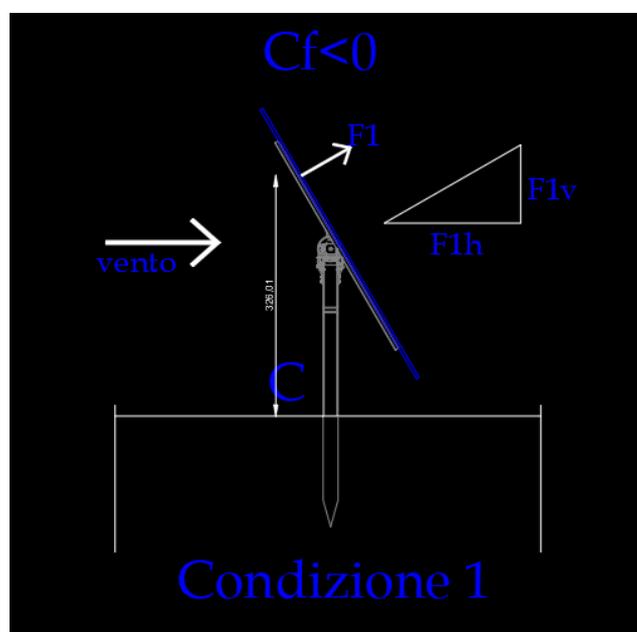
Condizione 3:

$$C_f = +2.2; S = 26.94 \text{ m}^2; F_3 = +1806 \text{ N/m}^2 * 26.94 \text{ m}^2 * 2.2 = +107.038 \text{ N}$$

Condizione 4:

$$C_f = -3.1; S = 26.94 \text{ m}^2; F_4 = -2544 \text{ N/m}^2 * 26.94 \text{ m}^2 * 3.1 = -212.458 \text{ N}$$

La condizione peggiore ai fini della verifica del palo, sia a flessione che alla stabilità all'inflessione, è la n. 1.



Per quanto riguarda la *verifica a flessione del palo*, supponendo che la struttura di sostegno possa cernierizzarsi alla base del terreno, si calcola il momento massimo rispetto al punto C. Scomponendo la forza F1 nelle due direzioni orizzontale e verticale si ha:

$$F_{1v} = 212458 \text{ N} * \sin 30^\circ = 106.229 \text{ N}$$

$$F_{1h} = 212458 \text{ N} * \cos 30^\circ = 183.994 \text{ N}$$

Il momento massimo al punto C vale:

$$M_{\max} = F_{1h} * h = 183994 \text{ N} * 3.26 \text{ m} = 599820 \text{ Nm} = 59.982.000 \text{ Ncm}$$

Assunto un profilato in acciaio HEA320 ne segue la seguente verifica:

Momento flettente di progetto:

$$M_{ed} = 59.982.000 \text{ Ncm}$$

Resistenza di progetto a flessione della sezione retta:

| | | |
|---|---|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
|  | <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO | Pagina 10 di 16 |

$$M_{c,Rd} = W_{pl} * f_{yk} / \gamma_{M0} = 1479 \text{ cm}^3 * 450 \text{ N/mm}^2 / 1.05 = 63385714 \text{ Ncm}$$

Tale valore è superiore a M_{ed} , per cui la sezione risulta verificata.

Per quanto riguarda la verifica allo sfilamento si calcola che l'azione verticale massima agente sul sostegno sia pari alla componente verticale dell'azione del vento, ossia:

$$F_{1h} = 183.994 \text{ N}$$

A tale valore va detratto il peso proprio dei pannelli, il quale, assumendo il peso del pannello pari a 110 N/m^2 , è pari a:

$$P_{pan} = 110 \text{ N/m}^2 * 26.94 \text{ m}^2 = 2963 \text{ N}$$

L'azione di sfilamento del sostegno vale:

$$\mathbf{V = 183.994 - 2.963 = 181.031 \text{ N}}$$

| | | |
|-------------------------------|---|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
| COMET ENERGY POWER | <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO | Pagina 11 di 16 |

2.2 CARICO NEVE

Si calcola il sostegno considerando le azioni dovute al carico neve.

A vantaggio della sicurezza si considera il pannello disposto in posizione orizzontale, in modo da ricevere il massimo carico neve.

Il carico neve è dato dall'espressione:

$$q_s = q_{sk} * \mu_i * C_E * C_t$$

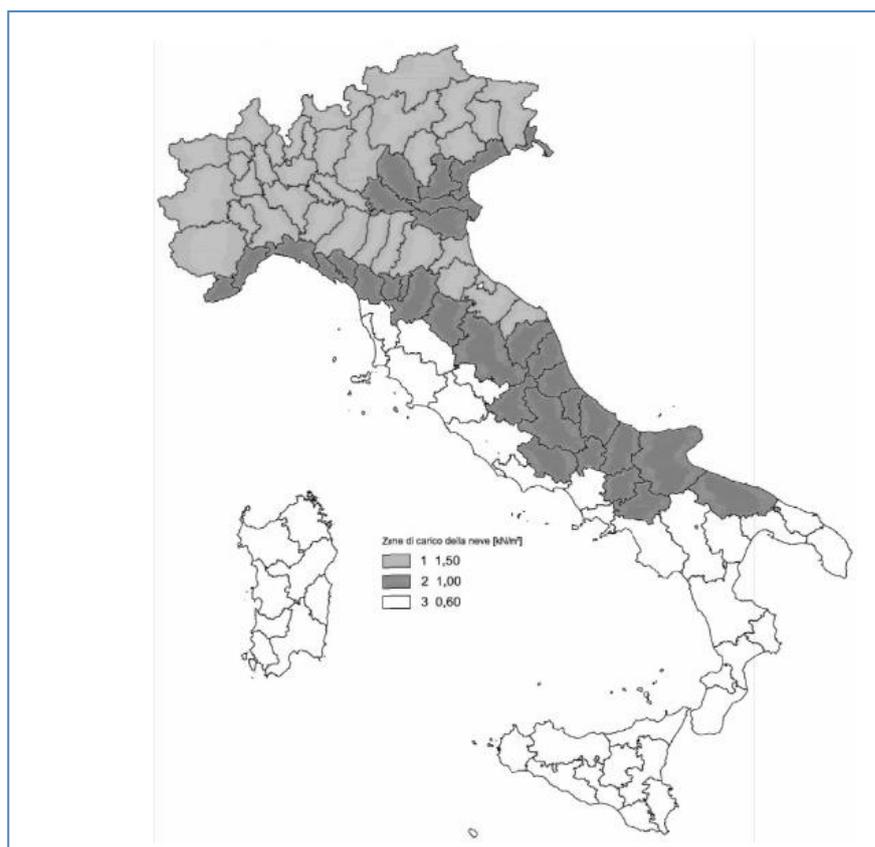
dove:

q_{sk} è il valore di riferimento del carico della neve al suolo

μ_i è il coefficiente di forma della copertura

C_E è il coefficiente di esposizione

C_t è il coefficiente termico



Poiché il sito si trova nella zona 3 e a quota 40 metri s.l.m., il carico neve al suolo è pari a:

$$q_{sk} = 0.60 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{sk} = 0.60 \text{ KN/m}^2$$

| | | |
|-------------------------------|---|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
| COMET ENERGY POWER | <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO | Pagina 12 di 16 |

Zona III

Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo:

$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$$

$$a_s \leq 200 \text{ m}$$

[3.4.5]

$$q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$$

$$a_s > 200 \text{ m}$$

Il coefficiente di forma μ_i della copertura, secondo quanto indicato dalla tab. 3.4.II, vale:

$$\mu_i = 0.8$$

$$\mu_i = 0.8$$

Tab. 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

| Coefficiente di forma | $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ | $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ | $\alpha \geq 60^\circ$ |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| μ_i | 0,8 | $0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$ | 0,0 |

Il coefficiente di esposizione C_E è assunto pari a 1

$$C_E = 1$$

Tab. 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di esposizione

| Topografia | Descrizione | C_E |
|-------------------|--|-------|
| Battuta dai venti | Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti | 0,9 |
| Normale | Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi | 1,0 |
| Riparata | Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti | 1,1 |

Il coefficiente termico C_t è assunto pari a 1

$$C_t = 1$$

Ne segue che:

$$q_s = q_{sk} * \mu_i * C_E * C_t = 0.60 \text{ KN/m}^2 * 0.8 * 1 * 1 = 0.48 \text{ KN/m}^2$$

$$q_s = 0.48 \text{ KN/m}^2$$

Considerato che a ciascun sostegno compete una superficie dei pannelli pari a 26.94 m², ne segue un carico verticale pari a:

$$Q = 0.48 \text{ KN/m}^2 * 26.94 \text{ m}^2 = 12.93 \text{ KN}, \text{ ossia } 1293 \text{ kg}, \text{ a cui va aggiunto il peso proprio dei pannelli, pari a } 296 \text{ kg}.$$

| | | |
|---|---|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
|  | <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | <i>RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO</i> | Pagina 13 di 16 |

Tale sollecitazione, in condizioni statiche, induce uno sforzo assiale sull'elemento di sostegno; avendo adottato un profilato HEA320 avente sezione pari a 124.4 cm², la tensione massima di compressione su tale elemento vale:

$$s = Q/A = (1293 + 296) \text{ kg} / 124.4 \text{ cm}^2 = 12.8 \text{ kg/cm}^2$$

Tale tensione è molto inferiore a quella limite del profilato, e consente di evitare ogni altra verifica di stabilità.

Si sottolinea che l'elemento di sostegno dovrà essere verificato nei confronti alla capacità portante del terreno considerando un'azione verticale pari a 1.589 kg.

| | | |
|-------------------------------|---|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
| COMET ENERGY POWER | <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO | Pagina 14 di 16 |

3. VERIFICA AL RIBALTAMENTO DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE RELATIVE AL CANCELLO DI INGRESSO

A differenza delle recinzioni perimetrali, i cui pali saranno infissi a regola d'arte nel terreno ad una profondità di 100 cm circa, i cancelli di ingresso all'impianto fotovoltaico saranno invece posati mediante tirafondi imbullonati ad appositi plinti di fondazione in calcestruzzo armato prefabbricato in ottemperanza alle prescrizioni in materia di salvaguardia dell'ambiente (Vedi Figura 3.1)

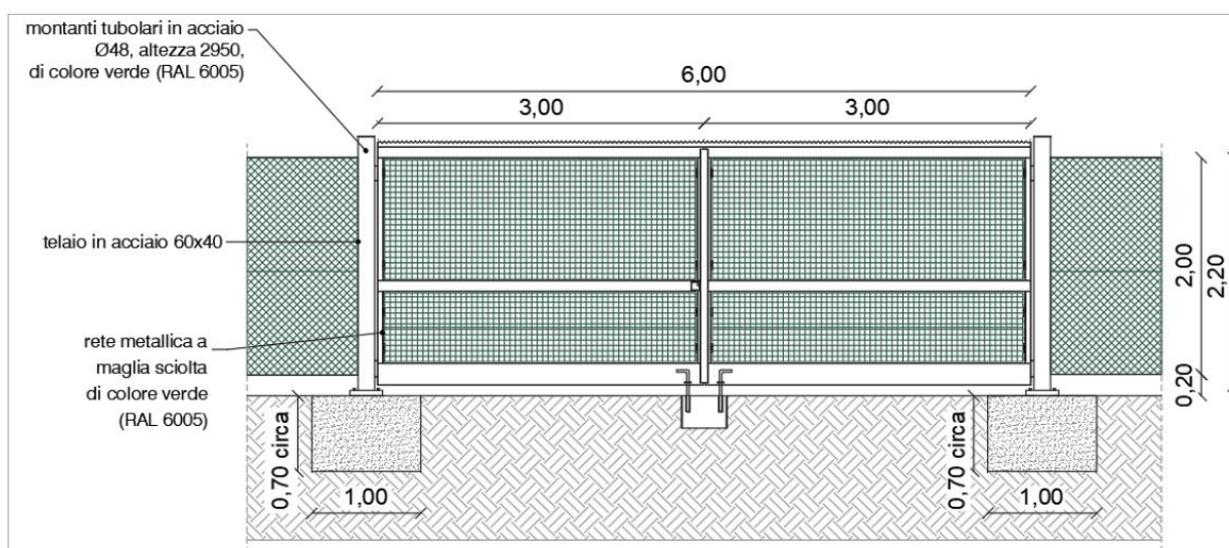


Figura 3.1

Al fine di garantire la massima sicurezza e staticità della realizzazione, è stata approntata una apposita verifica al ribaltamento, in modo da pre-dimensionare il plinto di fondazione per i cancelli di ingresso al parco fotovoltaico.

È evidente che l'azione dominante che porterebbe al collasso per ribaltamento del sistema recinzione-cancello è legata all'azione del vento, per cui sono stati considerati favorevoli i pesi dei componenti della struttura metallica ivi compreso il pilastro di fondazione, mentre è stata considerata sfavorevole l'azione del vento applicata alla superficie di competenza del pilastro in acciaio.

Come si evince dalle tabelle di sintesi dei calcoli effettuati, la struttura risulta verificata al ribaltamento grazie alla relazione " $M_{stab(Tot)} > M_{rib(Tot)}$ " già comprensiva dei coefficienti previsti dalla normativa, in particolare $M_{stab}(10,06 \text{ KNm}) > M_{Rib}(6,64 \text{ KNm})$

| | | |
|-------------------------------|---|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
| COMET ENERGY POWER | <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO | Pagina 15 di 16 |

VERIFICA AL RIBALTAMENTO CANCELLI DI INGRESSO

Carichi favorevoli

Peso complessivo struttura

| Descrizione | u.m. | q.tà | Peso unitario (Kg) | Peso complessivo (Kg) |
|-----------------------------------|------|------|--------------------|-----------------------|
| Cancello | m | 8,00 | 60,00 | 480,00 |
| Accessori vari | mq | 8,00 | 0,20 | 1,60 |
| Pilastro in acciaio | cad. | 1,00 | 47,50 | 47,50 |
| Fondazione | cad. | 1,00 | 1750,00 | 1750,00 |
| PESO TOTALE STRUTTURA (Kg) | | | | 2279,10 |
| PESO TOTALE STRUTTURA (KN) | | | | 22,35 |
| braccio della forza (m) | | | | 0,500 |
| momento favorevole (KNm) | | | | 11,18 |
| coefficiente di riduzione | | | | 0,9 |
| Momento Ptot*a/2 | | | | 10,06 |
| Momento favorevole (KNm) | | | | 10,06 |

Carico sfavorevole

| qr | ce | cp | cd | Pv in N |
|---------|-----|-----|----|-----------|
| 455,625 | 1,8 | 1,5 | 1 | 1230,1875 |

| qr | r | vr | vr |
|---------|-----|------|----|
| 455,625 | 0,5 | 1,25 | 27 |

Azione del vento

| Pressione a mq (KN/mq) | Superficie (mq) | Pressione complessiva (KN) | Superf. Competenza telaio (mq) | Pressione competenza telaio (KN/mq) |
|---------------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1,230 | 2,00 | 2,46 | 2,00 | 2,46 |
| braccio della forza sfavorevole | | | | 1,80 |
| momento sfavorevole (KNm) | | | | 4,43 |
| coefficiente | | | | 1,50 |
| Momento Ribalt. (KNm) | | | | 6,64 |

| | | |
|-------------------------------|---|---------------------|
| ELABORATO.: 021300_IMP_R | COMUNE di AVETRANA PROVINCIA di TARANTO | Rev.: 02/21 |
| COMET ENERGY POWER | <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA | Data: 15/12/2021 |
| | RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE CON VERIFICA AL RIBALTAMENTO | Pagina 16 di 16 |

4. VERIFICA AL RIBALTAMENTO DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE RELATIVE ALLE RECINZIONI

Le recinzioni perimetrali saranno realizzate in rete metallica plastificata a maglia regolare 5x5cm, i cui pali saranno infissi a regola d'arte nel terreno ad una profondità di 100 cm circa, ammortata con trefoli in acciaio alla palificata perimetrale costituita da tubolari in acciaio zincato del diametro di 8,00 cm, il tutto senza alcun getto di calcestruzzo, in piena ottemperanza alle prescrizioni in materia di salvaguardia dell'ambiente.

VERIFICA AL RIBALTAMENTO RECINZIONI

Carichi favorevoli

Peso complessivo struttura

| Descrizione | u.m. | q.tà | Peso unitario (Kg) | Peso complessivo (Kg) |
|-----------------------------------|------|------|--------------------|-----------------------|
| Recinzioni | m | 2,00 | 8,00 | 16,00 |
| Accessori vari | mq | 2,00 | 0,20 | 0,40 |
| Pilastro in acciaio infisso | cad. | 2,00 | 5,00 | 10,00 |
| PESO TOTALE STRUTTURA (Kg) | | | | 26,40 |
| PESO TOTALE STRUTTURA (KN) | | | | 0,26 |
| braccio della forza (m) | | | | 0,050 |
| momento favorevole (KNm) | | | | 0,01 |
| coefficiente di riduzione | | | | 0,9 |
| Momento Ptot*a/2 | | | | 0,01 |
| Momento favorevole (KNm) | | | | 0,01 |

Azione terreno su palo

| Altezza palo | Larghezza palo | Sup. Palo | Y terreno | Forza risultante (KN/mq) |
|---------------------------------|----------------|-----------|-----------|--------------------------|
| 1 | 0,08 | 0,08 | 16,00 | 1,28 |
| coefficiente di riduzione | | | | 0,9 |
| Momento Y*a*h3 | | | | 1,15 |
| Momento favorevole (KNm) | | | | 1,16 |

Azione del vento

| Pressione a mq (KN/mq) | Superficie (mq) | Pressione complessiva (KN) | Superf. Competenza telaio (mq) | Pressione competenza telaio (KN/mq) |
|---------------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1,230 | 0,32 | 0,39 | 0,32 | 0,39 |
| braccio della forza sfavorevole | | | | 1,80 |
| momento sfavorevole (KNm) | | | | 0,71 |
| coefficiente | | | | 1,50 |
| Momento Ribalt. (KNm) | | | | 1,06 |

Montegiorgio li 15.12.2021

In Fede
Il Tecnico
(Dott. Ing. Luca Ferracuti Pompa)