

IMPIANTO AGRI-NATURALISTICO-VOLTAICO (ANaV) CERIGNOLA SAN GIOVANNI IN FONTE

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI FOGGIA
COMUNE di CERIGNOLA

Progetto per la realizzazione dell'impianto (ANaV) per la produzione di energia elettrica da fonte solare della potenza complessiva di 99,42 MW, sito nel comune di Cerignola, località "San Giovanni in Fonte" e relative opere di connessione nei comuni di Stornarella, Orta Nova e Stornara (FG)

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato:

Titolo:

Rel.
11a.1

Relazione sulle Strutture ex art. 26,
comma 1, lett c DPR 207/2010 -
Impianto ANaV

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

Y1CRT40_CalcoliPrelStrutture_11a.1

Progettazione:

Committente:



Università degli Studi di Firenze
Dr. Enrico Palchetti
Piazzale delle Cascine, 18 - 50121 Firenze
Centralino +39 055 2755800
enrico.palchetti@unifi.it - dagri@pec.unifi.it



Industrial service S.r.l.
Via Aliano, 25 - 71042 Bolzano (BZ) - Italia
Tel. 0885 542 07 74
info@industrial-service.it

TOZZIgreen

TOZZI GREEN S.p.a.
Via Brigata Ebraica, 50 - 48123 Mezzano (RA)
Tel 0544 525311 Fax 0544 525319
info@tozzigreen.com - tozzi.re@legalmail.it
www.tozzigreen.com

ALIA

ALIA SOCIETA' SEMPLICE
Prof. Arch. Giovanni Campeol
Piazza delle Istituzioni, 22 - 31100 Treviso
Tel. 0422 235343
alia@aliavalutazioni.it - aliasocieta@pec.it



Studio Tecnico Calcarella
Dott. ing. Fabio Calcarella
Via Bartolomeo Ravenna, 14 - 73100 Lecce
Mob. 340 9243575
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu

Consulenza Scientifica:

Politecnico di Bari
Dip. Meccanica Matematica e Management
Prof. Ing. Riccardo Amirante
via Orabona 4 - 70126 Bari
amirante@poliba.it



SE.ARCH. S.r.l.

SE.ARCH - S.r.l.
Dott. Stefano Di Stefano
Via del Vigneto, 21 - 39100 Bolzano (BZ) - Italia
serviziarcheologia@pec.it

| Data | Motivo della revisione: | Redatto: | Controllato: | Approvato: |
|------------|-------------------------|----------|--------------|-------------|
| Marzo 2021 | Prima emissione | STC | FC | Tozzi Green |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Sommario

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Dati relativi all'intervento proposto..... | 2 |
| 1.1 | Premessa..... | 2 |
| 1.2 | Inquadramento geografico..... | 2 |
| 1.3 | Informazioni geotecniche..... | 3 |
| 2 | Normativa | 4 |
| 3 | Progetto | 6 |
| 3.1 | Dati di input impianto fotovoltaico..... | 6 |
| 3.2 | Analisi dei carichi..... | 8 |
| 3.2.1 | Azione sismica..... | 8 |
| 3.2.2 | Calcolo delle azioni della neve e del vento..... | 8 |
| 3.2.3 | Peso proprio dei moduli fotovoltaici..... | 13 |
| 3.3 | Descrizione del modello..... | 14 |
| 3.4 | Fondazioni | 15 |
| 3.5 | Carichi agenti sulla testa della colonna | 16 |
| 3.6 | Modello FEM..... | 16 |
| 3.6.1 | Condizioni di carico elementare | 17 |
| 3.6.2 | Combinazioni di carico..... | 17 |
| 3.7 | Materiali | 18 |
| 3.8 | Verifiche strutturali..... | 18 |
| 4 | Conclusioni | 20 |

1 Dati relativi all'intervento proposto

1.1 Premessa

La presente relazione è redatta allo scopo di descrivere il progetto preliminare e la verifica delle opere strutturali di fondazione e in elevazione necessarie alla realizzazione di un impianto Agro-Naturalistico-Voltaico (A.Na.V.) da realizzare nel territorio comunale di Cerignola (FG), in località San Giovanni in Fonte.

Si precisa preliminarmente che i carichi riguardanti il peso delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici sono determinati sulla base dell'esperienza di casi simili già realizzati; in fase esecutiva le analisi dovranno tener conto delle attrezzature che effettivamente saranno installate (modello degli inseguitori solari e relative azioni passive [peso] e attive [movimento]).

1.2 Inquadramento geografico

L'area interessata dalla realizzazione dell'impianto si trova a circa 6,0 km a Sud-Ovest dell'abitato di Cerignola (FG).

La quota topografica dell'area interessata dall'impianto è compresa tra 155 e 160 metri s.l.m..

L'area d'indagine è stata individuata dalle seguenti coordinate geografiche espresse come punto centrale all'impianto agrovoltaico:

- Latitudine: 41 ° 14' 00" N
- Longitudine: 15° 14 25" E

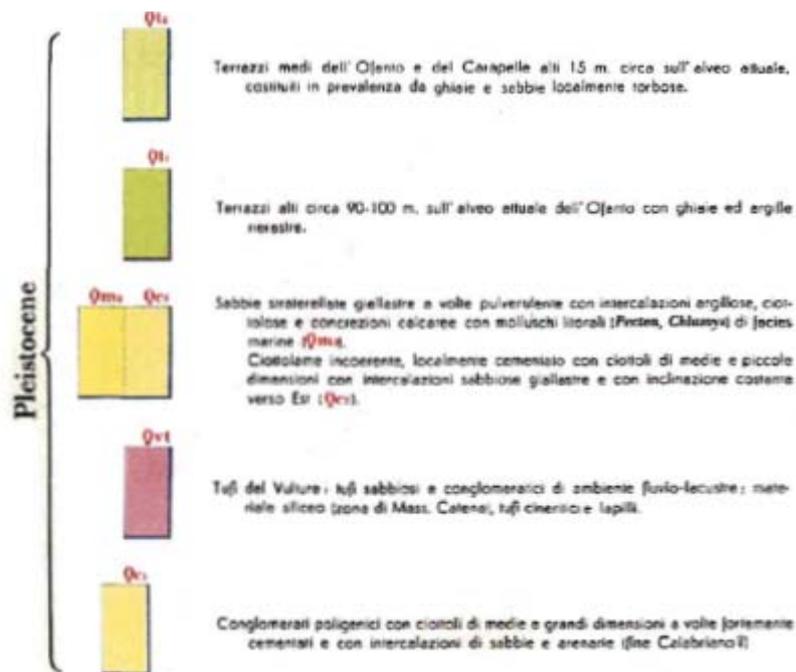
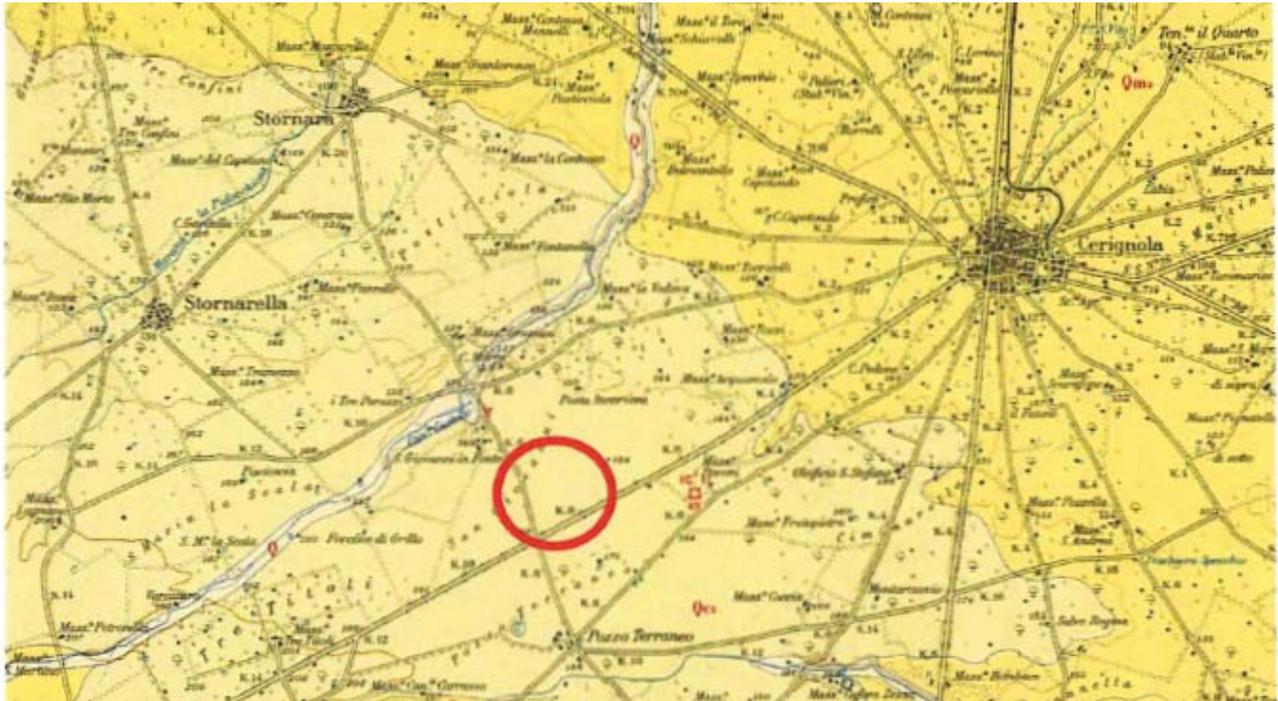


Area di Intervento

1.3 Informazioni geotecniche

Negli elaborati di progetto costituiti dalla relazione geologica, redatta dal dott. Geol. Marcello De Donatis, e geotecnica e sismica, parte integrante della presente relazione sulle strutture e di calcolo, sono riportate tutte le informazioni inerenti alla caratterizzazione geotecnica ed alla capacità portante dei terreni di fondazione.

Si riporta di seguito lo schema riassuntivo dei terreni di fondazione nell'area in oggetto.



Stralcio della Carta Geologica d'Italia – Foglio 175Cerignola

2 **Normativa**

La presente relazione è stata redatta conformemente a quanto previsto dalla normativa vigente in materia di norme sulle costruzioni, ed in dettaglio:

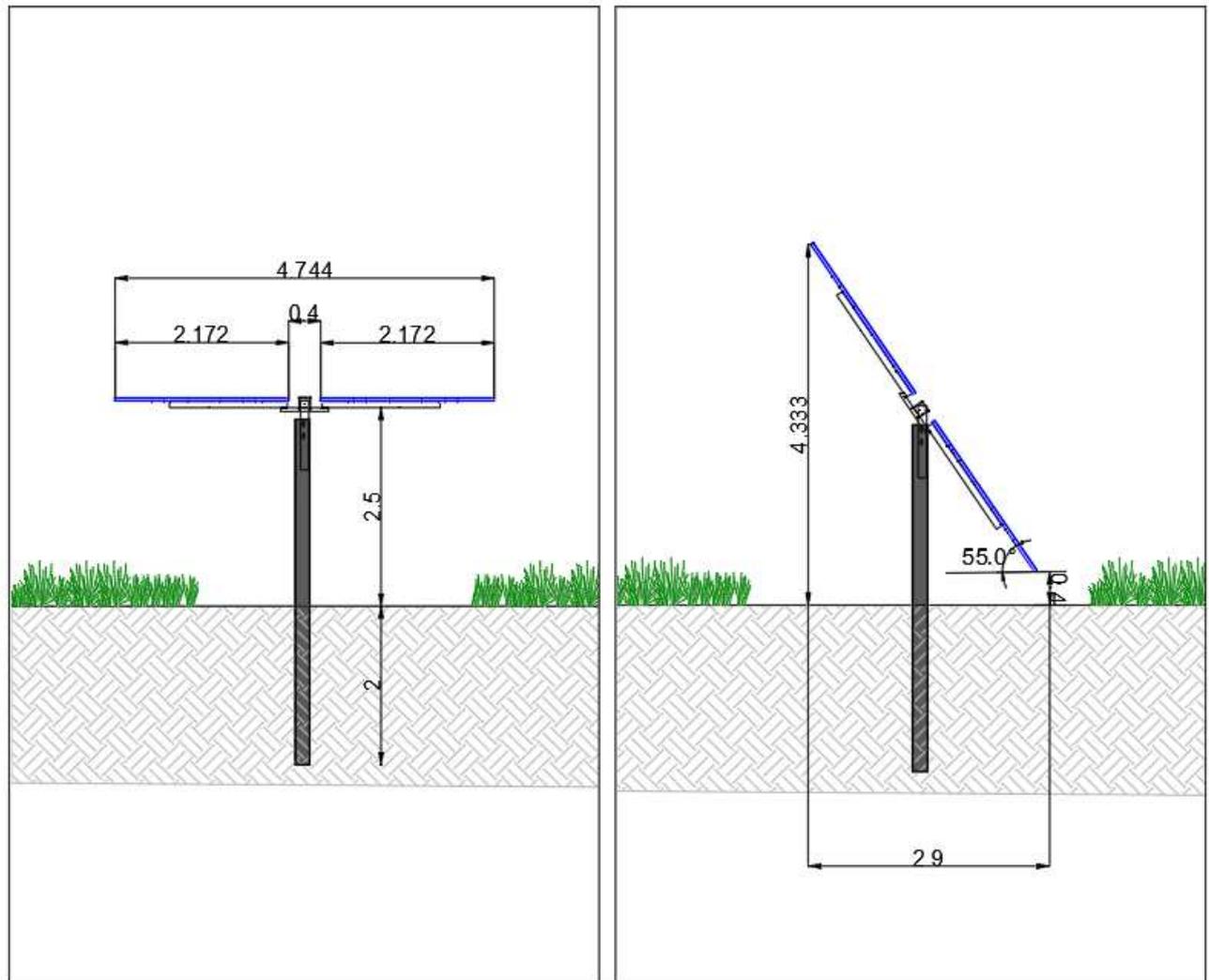
1. D.M. 17.01.2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni 2008
2. Circolare n. 7/C.S.LL.PP. del 12/02/2019
3. Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
4. Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 14 febbraio 1974, n.11951 - “Applicazione delle norme sul cemento armato”.
5. Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 25 gennaio 1975, n.13229 - “L’impiego di materiali con elevate caratteristiche di resistenza per cemento armato normale e precompresso.
6. C.N.R. - UNI 10011-97 - “Costruzioni di acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”.
7. OPCM 3274 D.D. 20/03/2003 e s.m.i. – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, e successive modifiche e integrazioni (OPCM 3431 03/05/05).
8. D.M.LL.PP. 20 novembre 1987 – “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento”.
9. Circ. Min.LL.PP. n.11951 del 14 febbraio 1992 - Circolare illustrativa della legge n. 1086.
10. D.M. 14 febbraio 1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche.
11. Circ. Min.LL.PP. n.37406 del 24 giugno 1993 – Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 14 febbraio 1992.
12. D.M. 9 gennaio 1996 – Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
13. Circ. Min. LL.PP. 15.10.1996 n.252 aa.gg./s.t.c. - Istruzioni per l'applicazione delle «*Norme tecniche per il calcolo e l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche*» di cui al D.M. 09.01.1996.
14. D.M. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi
15. Circ. Min.LL.PP. n.156AA.GG./S.T.C. del 4 luglio 1996 – Istruzioni per l'applicazione delle “*Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi*” di cui al D.M. 16.01.1996.

16. D.M. 16 gennaio 1996 - Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche
17. Circ. Min. LL.PP. 10.04.1997, n. 65 - Istruzioni per l'applicazione delle "*Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche*" di cui al d.m. 16.01.1996
18. Eurocodice 1 - Basi di calcolo ed azioni sulle strutture
19. Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
20. Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio
21. Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo
22. Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno
23. Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura
24. Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica
25. Eurocodice 8 -Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture

3 Progetto

3.1 Dati di input impianto fotovoltaico

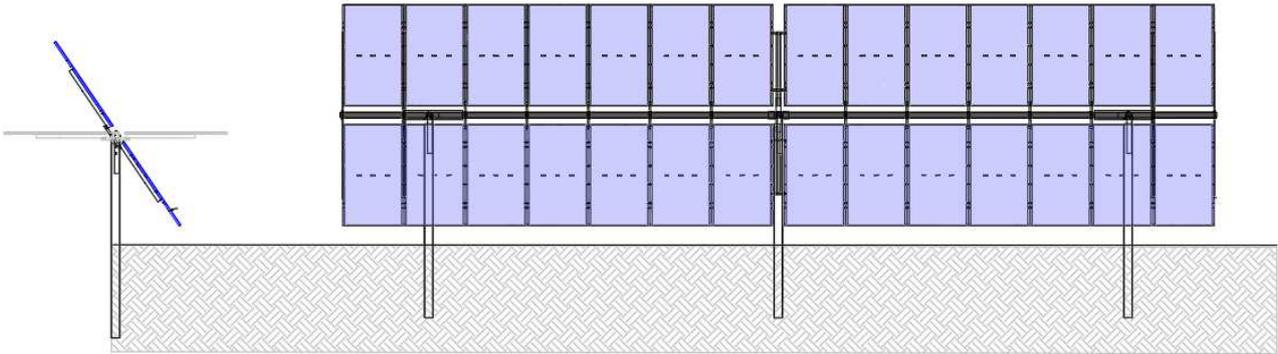
Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da inseguitori (tracker) monoassiali, ovvero strutture di sostegno mobili che nell'arco della giornata "inseguono" il movimento del sole orientando i moduli fotovoltaici su di essi installati da est a ovest, con range di rotazione completo del tracker da est a ovest è pari a 110° ($-55^\circ/+55^\circ$), come indicato in figura.



I moduli fotovoltaici, di dimensioni pari a 2.172 x 1.303 mm, spessore di 35 mm e peso pari a 30,9 kg, saranno installati sull'inseguitore su due file con configurazione portrait (verticale rispetto l'asse di rotazione del tracker).

Nell'impianto in progetto avremo inseguitori da 28 moduli.

Vista in prospettiva



La configurazione del tracker da 28 moduli è la seguente:

- Lunghezza complessiva 18,7 m
- N. campi / pali di sostegno 2 / 3
- Interasse pali di sostegno 7,5 m

Da un punto di vista strutturale il tracker è realizzato in acciaio da costruzione in conformità agli Eurocodici, con maggior parte dei componenti zincati a caldo. I tracker possono resistere fino a velocità del vento di 55 km/h, ed avviano la procedura di sicurezza (ruotando fin all'angolo di sicurezza) quando le raffiche di vento hanno velocità superiore a 50 km/h.

Per quanto attiene le fondazioni i tracker saranno fissati al terreno tramite pali infissi direttamente "battuti" nel terreno. La profondità standard di infissione è di 2 m, tuttavia in fase esecutiva in base alle caratteristiche del terreno ed ai calcoli strutturali tale valore potrebbe subire modifiche che tuttavia si prevede siano non eccessive. La scelta di questo tipo di inseguitore evita l'utilizzo di cemento e minimizza i movimenti terra per la loro installazione.



3.2 Analisi dei carichi

3.2.1 Azione sismica

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Legend (Intensity):

- < 0.025
- 0.025-0.050
- 0.050-0.075
- 0.075-0.100
- 0.100-0.125
- 0.125-0.150
- 0.150-0.175
- 0.175-0.200
- 0.200-0.225
- 0.225-0.250
- 0.250-0.275
- 0.275-0.300
- 0.300-0.350
- 0.350-0.400
- 0.400-0.450
- 0.450-0.500
- 0.500-0.600
- 0.600-0.700

p.e. 10% in 50 anni

Nota: per il calcolo dei parametri sismici
1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu
Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N [con N = 1,2,3,4,5]

| Vertici della maglia elementare INGV [riferimento WGS84] | | | |
|--|-------------|------------|---------------|
| Id nodo | Longitudine | Latitudine | Distanza [km] |
| 31227 | 15.885 | 41.260 | 1.170 |
| 31228 | 15.951 | 41.258 | 4.465 |
| 31006 | 15.953 | 41.308 | 6.690 |
| 31005 | 15.887 | 41.310 | 5.180 |

| Coordinate geografiche [riferimento WGS84] | | | |
|--|----------------|-------------|---------|
| Località: | CERIGNOLA (FG) | | |
| Longitudine: | 15.8980 | Latitudine: | 41.2640 |
| RSL | | | |

| Parametri per le forme spettrali | | | | | |
|----------------------------------|------|-----|--------|-------|-------|
| | Pver | Tr | ag [g] | Fo | T*c |
| SLO | 81 | 30 | 0.0427 | 2.533 | 0.280 |
| SLD | 63 | 50 | 0.0557 | 2.546 | 0.300 |
| SLV | 10 | 475 | 0.1672 | 2.495 | 0.399 |
| SLC | 5 | 975 | 0.2332 | 2.427 | 0.414 |

| Periodo di riferimento per l' azione sismica | | | |
|--|---------------------|-------------------|----------------------|
| Vita Vn [anni] | Coefficiente uso Cu | Periodo Vr [anni] | Livello di sicurezza |
| 50 | 1 | 50 | 100 |

3.2.2 Calcolo delle azioni della neve e del vento

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 - **NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**

Cap. 3 - **AZIONI SULLE COSTRUZIONI** - Par. 3.3 e 3.4

3.2.2.1 Neve

Zona Neve = III

- Periodo di ritorno, $Tr = 50$ anni
- $Ctr = 1$ per $Tr = 50$ anni
- Ce (coeff. di esposizione al vento) = 0,90
- Valore caratteristico del carico al suolo = $q_{sk} C_e C_{tr} = 90$ daN/mq

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 0^\circ$

Copertura piana $W = 4.7$ m, $L = 18.7$ m $\Rightarrow L_c = 8.2$, $C_{ef} = 1.000$

- $\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 72$ daN/mq (*carico provocato dalla neve sulle coperture*)

3.2.2.2 Vento

Zona vento = 3

- Velocità base della zona, $V_{b.o} = 27$ m/s (Tab. 3.3.I)
- Altitudine base della zona, $A_o = 500$ m (Tab. 3.3.I)
- Altitudine del sito, $A_s = 120$ m
- Velocità di riferimento, $V_b = 27,00$ m/s ($V_b = V_{b.o}$ per $A_s \leq A_o$)
- Periodo di ritorno, $T_r = 50$ anni
- $C_r = 1$ per $T_r = 50$ anni

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto, $V_r = V_b C_r = 27,00$ m/s

Classe di rugosità del terreno: D

[Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,..)]

Esposizione: Cat. II - Entroterra fino a 30 km dal mare

($K_r = 0,19$; $Z_o = 0,05$ m; $Z_{min} = 4$ m)

Pressione cinetica di riferimento, $q_b = 46$ daN/mq

- Coefficiente di forma, $C_p = 1,00$
- Coefficiente dinamico, $C_d = 1,00$
- Coefficiente di esposizione, $C_e = 1,85$
- Coefficiente di esposizione topografica, $C_t = 1,00$
- Altezza dell'edificio, $h = 4,33$ m

Pressione del vento, $p = q_b C_e C_p C_d = 84$ daN/mq

Si considera una fascia sopravvento di 0,55 m e sottovento le zone restanti.

Coefficienti di forza C_f :

- perpendicolare al colmo positivo: +2.03

- perpendicolare al colmo negativo: -2.88

Forza risultante:

- perpendicolare al colmo positivo: +586.00 daN
- perpendicolare al colmo negativo: -831.00 daN

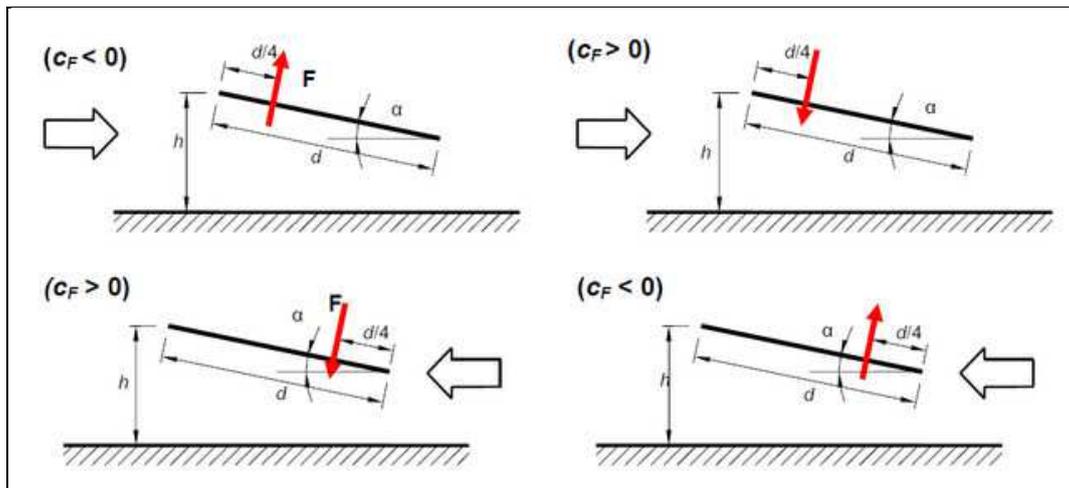
Coefficienti di forza C_f :

- vento parallelo al colmo positivo: +0.20
- vento parallelo al colmo negativo: -0.50

Forza risultante:

- vento parallelo al colmo positivo: +57.00 daN
- vento parallelo al colmo negativo: -144.00 daN

L'azione del vento si applicherà per intero alla prima fila di pannelli fotovoltaici per il dimensionamento dei supporti di fondazione.



Tettoie a semplice falda

posizione del punto di applicazione della forza risultante in funzione della direzione di provenienza del vento e della direzione della forza

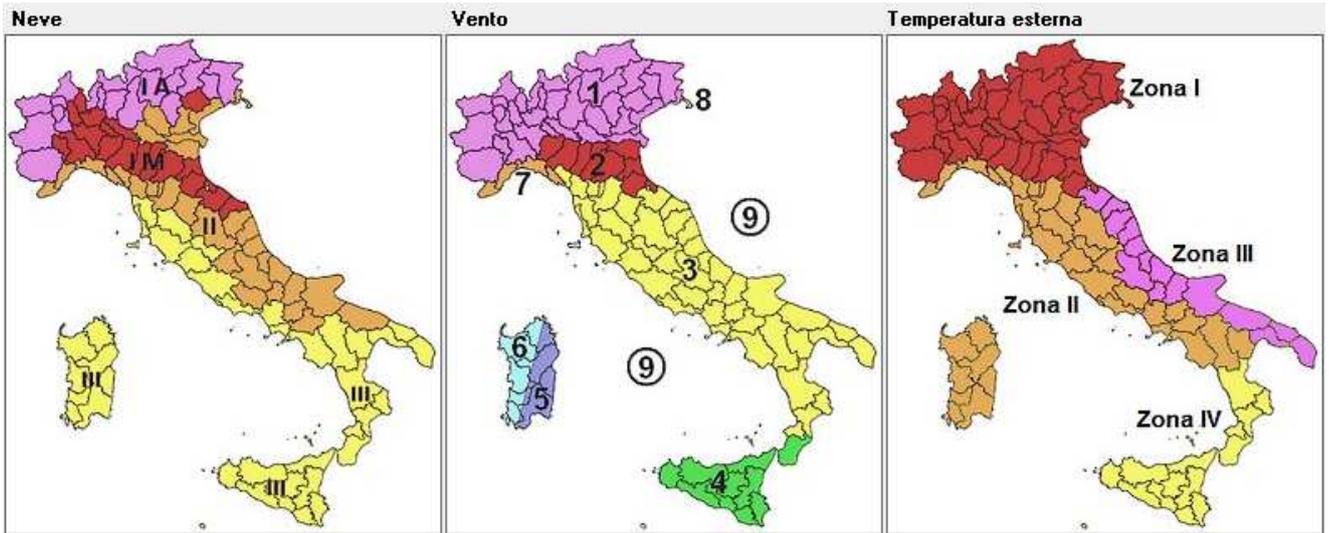
Nel nostro caso, risultando il sostegno dei pannelli posizionato al centro del lato "d" risulta ininfluente la direzione dell'azione del vento ed influisce solo l'entità della forza "F". Pertanto la combinazione peggiore si registra nel caso del valore della forza $F = - 831,00$ daN.

3.2.2.3 Temperatura dell'aria esterna

Zona: III

T min = -8.84° [NTC 3.5.5]

T max = 41.96° [NTC 3.5.6]



3.2.3 *Peso proprio dei moduli fotovoltaici*

Nella figura di seguito si riporta stralcio della scheda tecnica dei moduli fotovoltaici, che riporta, tra i *mechanical data*, il peso degli stessi, pari a 30,9 daN

MECHANICAL DATA

| | |
|----------------------|---|
| Solar Cells | Monocrystalline |
| No. of cells | 120 cells |
| Module Dimensions | 2172×1303×35 mm (85.51×51.30×1.38 inches) |
| Weight | 30.9 kg (68.1 lb) |
| Glass | 3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass |
| Encapsulant material | EVA |
| Backsheet | White |
| Frame | 35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy |
| J-Box | IP 68 rated |
| Cables | Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Landscape: 1400/1400 mm(55.12/55.12 inches) |
| Connector | MC4 EVO2/ TS4* |

Scheda tecnica modulo fotovoltaico (stralcio)

3.3 Descrizione del modello

Considerata la lunghezza complessiva dell'allineamento di pannelli fotovoltaici che rappresentano la configurazione tipica del tracker, si può assimilare la trave di sostegno ad una trave continua. Vista inoltre la tipologia di connessione tra la trave e il pilastrino, tale nodo può essere assimilato ad un appoggio semplice.



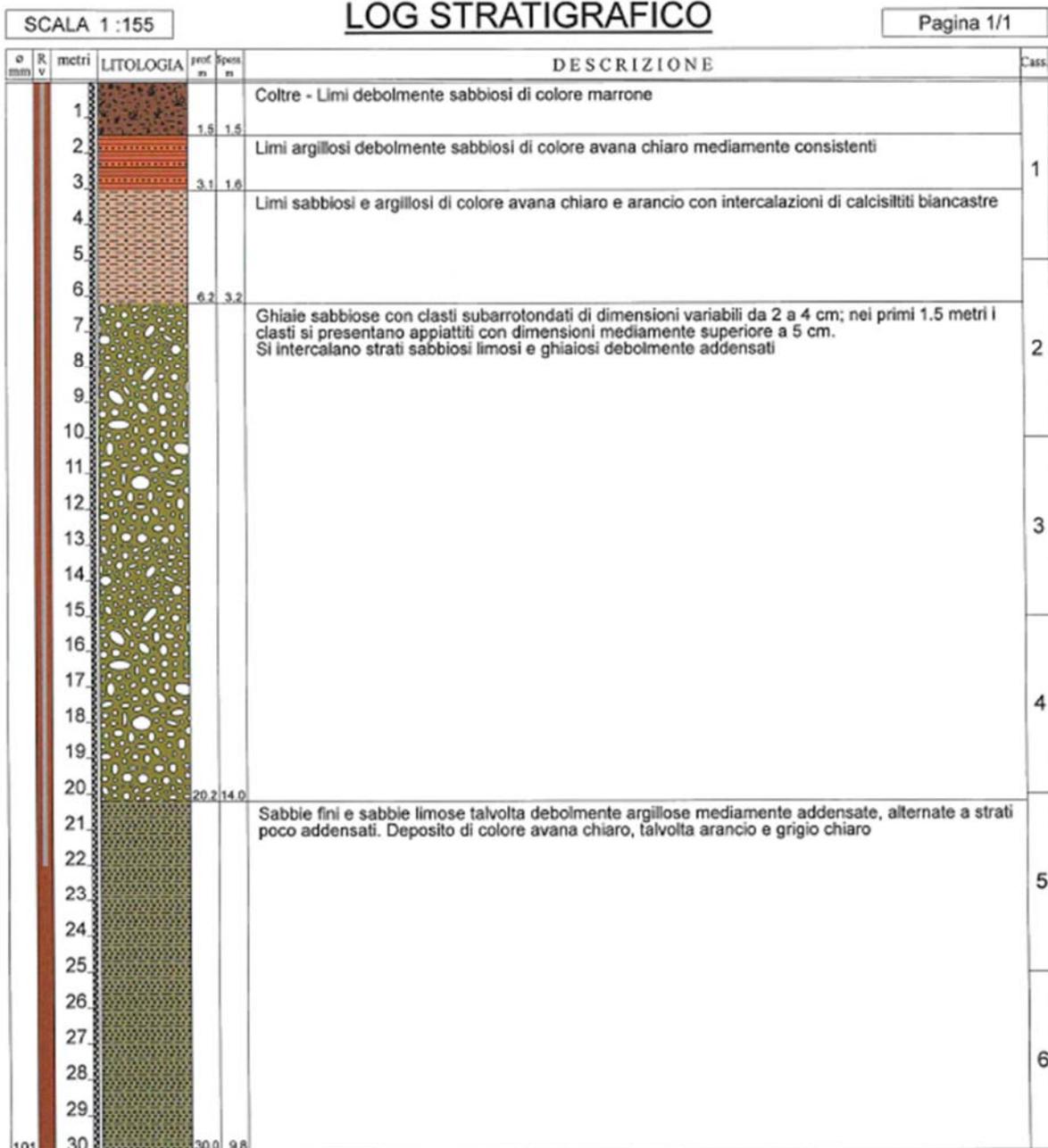
Schema nodo trave-pilastrino

Come previsto dalle specifiche tecniche del sistema ad inseguimento solare considerato, le colonne a cui sarà fissata la trave continua rappresenta anche l'elemento di fondazione. nel caso specifico, visto il tassativo divieto, da parte delle norme vigenti, di utilizzo di qualsiasi tipo di conglomerato cementizio per la realizzazione della fondazione, le colonne saranno infisse nel terreno di fondazione, mediante battitura diretta nel terreno.

3.4 Fondazioni

Come rilevato nella relazione geologica del presente progetto, i terreni dell'area presentano una stratigrafia con uno strato superficiale di circa 100 cm costituito da terreno vegetale ed una frazione sottostante classificabile come limi, ghiaie e sabbie.

| | |
|---|------------------|
| Località: San Giovanni in Fonte, Cerignola (Fg) | Sondaggio: S1 |
| Riferimento: Realizzazione agrovoltico | Data: 12/01/2021 |
| Coordinate: 41°13'48.31"N, 15°48'42.59"E | Quota: 158 m slm |
| Perforazione: Sondaggio geognostico a carotaggio Continuo | |



3.5 Carichi agenti sulla testa della colonna

Carico sulla trave continua

| | | |
|------------------------|----------------------|---------------------------|
| Vento su ogni pannello | | 831,00 daN/m |
| Neve | | 338,4 daN/m |
| Peso pannelli | 30,9 daN x 28 = | 865,2 daN |
| | 865,2 daN / 18,7 m = | 46,26 daN/m |
| Peso trave | | 10,8 daN/m |
| | | (scatolare 220x220x10 mm) |

Carichi sulla testa della colonna

| | | |
|--------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Vento | 831,00 daN x 28 pannelli = | 23.268,00 daN |
| Momento testa palo | 23.268,00 daN x 0,545 m = | 12.681,06 daN m |
| | | inclinazione del pannello 55° |
| Neve | 338,4 daN/m x 18,7 m = | 6.328,08 daN |
| Peso pannelli | 46,26 daN/m x 18,7 m = | 865,06 daN |
| Peso trave | 10,8 daN/m x 18,7 m = | 201,96 daN |

3.6 Modello FEM

Le analisi numeriche da cui sono stati dedotti i valori delle sollecitazioni di progetto di seguito riportate sono il risultato dell'analisi svolta con l'ausilio del software di modellazione e verifica "**Pro_SAP**" della 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., con i moduli aggiuntivi PRO_SAP Modulo Geotecnico, PRO_CAD nodi acciaio e PRO_MST". Tutti i dettagli delle verifiche sono riportati nell'allegato tabulato di calcolo.

il modello di calcolo riproduce le ipotesi progettuali rappresentate da:

- una fondazione indiretta (palo battuto) in terreno di fondazione di lunghezza totale pari a 2,00 m;
- la sezione del profilo in acciaio considerata in questa fase progettuale è:
 - profilo sagomato a caldo, ad omega;
 - il terreno vegetale (coltre di circa 1,00 m) è considerata ai fini della resistenza della fondazione.

3.6.1 Condizioni di carico elementare

Azione dei carichi applicata sulla testa del palo.

Tipo carico concentrato nodale

| Id | Tipo | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz |
|----|--------------------------------------|-----|-----|-----|--------|--------|--------|
| | | daN | daN | daN | daN cm | daN cm | daN cm |
| 3 | Momento in testa al palo-CN:My=35.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 35.00 | 0.0 |

Tipo carico distribuito globale su trave

| Id | Tipo | Pos. | fx | fy | fz | mx | my | mz |
|----|--|------|--------|--------|--------|-----|-----|-----|
| | | cm | daN/cm | daN/cm | daN/cm | daN | daN | daN |
| 1 | Peso moduli-DG:Fzi=-0.60 Fzf=-0.60 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.60 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.60 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | Vento su moduli-DG:Fyi=13.00 Fyf=13.00 | 0.0 | 0.0 | 13.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | 0.0 | 0.0 | 13.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

3.6.2 Combinazioni di carico

| Cmb | CDC 1/15... | CDC 2/16... | CDC 3/17... | CDC 4/18... | CDC 5/19... | CDC 6/20... | CDC 7/21... | CDC 8/22... | CDC 9/23... | CDC 10/24... | CDC 11/25... | CDC 12/26... | CDC 13/27... | CDC 14/28... |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 1.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.30 | 1.50 | | | |
| 2 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 1.50 | | | |
| 3 | 1.00 | -1.00 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 4 | 1.00 | -1.00 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 5 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 6 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 7 | 1.00 | -1.00 | 0.0 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 8 | 1.00 | -1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 9 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 10 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 11 | 1.00 | 0.0 | -1.00 | -0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 12 | 1.00 | 0.0 | -1.00 | 0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 13 | 1.00 | 0.0 | 1.00 | -0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 14 | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 15 | 1.00 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 16 | 1.00 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 17 | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 18 | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 19 | 1.00 | -0.30 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 20 | 1.00 | -0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 21 | 1.00 | 0.30 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 22 | 1.00 | 0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 23 | 1.00 | 0.0 | -0.30 | -1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 24 | 1.00 | 0.0 | -0.30 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 25 | 1.00 | 0.0 | 0.30 | -1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 26 | 1.00 | 0.0 | 0.30 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 27 | 1.00 | -0.30 | 0.0 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 28 | 1.00 | -0.30 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 29 | 1.00 | 0.30 | 0.0 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 30 | 1.00 | 0.30 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 31 | 1.00 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 32 | 1.00 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 33 | 1.00 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 34 | 1.00 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 35 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 36 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |

| Cmb | CDC 1/15... | CDC 2/16... | CDC 3/17... | CDC 4/18... | CDC 5/19... | CDC 6/20... | CDC 7/21... | CDC 8/22... | CDC 9/23... | CDC 10/24... | CDC 11/25... | CDC 12/26... | CDC 13/27... | CDC 14/28... |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 37 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 38 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 39 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | 0.0 | -0.30 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 40 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.30 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 41 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | -0.30 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 42 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.30 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 43 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.00 | -0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 44 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.00 | 0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 45 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | -0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 46 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 47 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | -0.30 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 48 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | 0.30 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 49 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | -0.30 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 50 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 0.30 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 51 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 52 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 53 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | -1.00 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 54 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 55 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.30 | -1.00 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 56 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.30 | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 57 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.30 | -1.00 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 58 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.30 | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 59 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | 0.0 | -1.00 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 60 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 61 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | 0.0 | -1.00 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 62 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 63 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | -1.00 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 64 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.30 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 65 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | -1.00 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 66 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.30 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | | | |
| 67 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | | | |

3.7 Materiali

I materiali previsti per la realizzazione della struttura di fondazione sono:

- Acciaio S235J0.

3.8 Verifiche strutturali

Le verifiche della fondazione su palo battuto sono riportate nell'allegata relazione di calcolo e verifica.

Risultando il palo battuto e il terreno che lo accoglie verificato, la struttura risulta verificata a ribaltamento.

Nella tabella si riporta la verifica dell'asta in acciaio che emerge dalla fondazione battuta.

| Nodo | Tipo | Palo | Cmb | Quota | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz |
|------|--|------|-----|-------|---------|-----------|----------|------------|------------|-----------|
| | | | | cm | daN | daN | daN | daN cm | daN cm | daN cm |
| 1 | Palo in acciaio infisso nel terreno-PALO D1 20.00 | 1 | 1 | 0.0 | -96.19 | 1.097e+04 | -1012.12 | 2.882e+06 | 3686.60 | 3.278e+05 |
| | | 1 | 2 | 0.0 | -73.99 | 1.097e+04 | -778.56 | 2.882e+06 | 2835.85 | 3.278e+05 |
| | | 1 | 3 | 0.0 | 119.35 | 45.05 | -689.63 | 1.268e+04 | 2.114e+04 | 1610.91 |
| | | 1 | 4 | 0.0 | 119.35 | 45.05 | -689.63 | -1.268e+04 | 2.114e+04 | -1610.91 |
| | | 1 | 5 | 0.0 | -267.34 | 45.05 | -867.48 | 1.268e+04 | -1.547e+04 | 1610.91 |
| | | 1 | 27 | 0.0 | -15.99 | 347.01 | -751.88 | 8.058e+04 | 8326.28 | -8354.44 |
| | | 1 | 36 | 0.0 | 1.60 | -15.91 | -743.80 | -4471.48 | 9991.78 | -570.84 |
| | | 1 | 37 | 0.0 | -149.59 | 15.91 | -813.31 | 4471.48 | -4320.09 | 570.84 |

| Nodo | Tipo | Palo | Cmb | Quota | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz |
|-------------|---|------|-----|-------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| | | 1 | 59 | 0.0 | -51.32 | 122.06 | -768.13 | 2.834e+04 | 4982.63 | -2946.28 |
| | | 1 | 67 | 0.0 | -73.99 | 0.0 | -778.56 | 0.0 | 2835.85 | 0.0 |
| 3 | Palo in acciaio infisso nel terreno-PALO D 20.00 | 1 | 1 | 0.0 | 0.0 | 1.471e+04 | -1389.87 | 3.400e+06 | 0.0 | 0.0 |
| | | 1 | 2 | 0.0 | 0.0 | 1.471e+04 | -1069.13 | 3.400e+06 | 0.0 | 0.0 |
| | | 1 | 3 | 0.0 | 268.65 | 76.54 | -1069.13 | 1.864e+04 | 1.545e+04 | 1871.09 |
| | | 1 | 19 | 0.0 | 80.59 | 255.13 | -1069.13 | 6.214e+04 | 4634.58 | 6236.98 |
| | | 1 | 20 | 0.0 | 80.59 | -255.13 | -1069.13 | -6.214e+04 | 4634.58 | -6236.98 |
| | | 1 | 27 | 0.0 | 80.59 | 255.13 | -1069.13 | 6.214e+04 | 4634.58 | -6236.98 |
| | | 1 | 35 | 0.0 | 105.04 | 26.93 | -1069.13 | 6558.61 | 6040.42 | 659.25 |
| | | 1 | 51 | 0.0 | 31.51 | 89.77 | -1069.13 | 2.186e+04 | 1812.13 | 2197.50 |
| | | 1 | 52 | 0.0 | 31.51 | -89.77 | -1069.13 | -2.186e+04 | 1812.13 | -2197.50 |
| | | 1 | 59 | 0.0 | 31.51 | 89.77 | -1069.13 | 2.186e+04 | 1812.13 | -2197.50 |
| | | 1 | 67 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1069.13 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | Palo in acciaio infisso nel terreno-PALO D 20.00 | 1 | 1 | 0.0 | 96.19 | 1.097e+04 | -1012.12 | 2.882e+06 | -3686.60 | -3.278e+05 |
| | | 1 | 2 | 0.0 | 73.99 | 1.097e+04 | -778.56 | 2.882e+06 | -2835.85 | -3.278e+05 |
| | | 1 | 5 | 0.0 | -119.35 | 104.10 | -689.63 | 2.417e+04 | -2.114e+04 | 2506.33 |
| | | 1 | 7 | 0.0 | 267.34 | 45.05 | -867.48 | 1.268e+04 | 1.547e+04 | -1610.91 |
| | | 1 | 10 | 0.0 | -119.35 | -45.05 | -689.63 | -1.268e+04 | -2.114e+04 | 1610.91 |
| | | 1 | 19 | 0.0 | 132.00 | 347.01 | -805.23 | 8.058e+04 | 2654.59 | 8354.44 |
| | | 1 | 37 | 0.0 | -1.60 | 36.62 | -743.80 | 8502.71 | -9991.78 | 883.88 |
| | | 1 | 39 | 0.0 | 149.59 | 15.91 | -813.31 | 4471.48 | 4320.09 | -570.84 |
| | | 1 | 42 | 0.0 | -1.60 | -15.91 | -743.80 | -4471.48 | -9991.78 | 570.84 |
| | | 1 | 51 | 0.0 | 96.67 | 122.06 | -788.98 | 2.834e+04 | -689.06 | 2946.28 |
| | | 1 | 67 | 0.0 | 73.99 | 0.0 | -778.56 | 0.0 | -2835.85 | 0.0 |
| Nodo | | | | | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz |
| | | | | | -267.34 | -255.13 | -1389.87 | -6.214e+04 | -2.114e+04 | -3.278e+05 |
| | | | | | 268.65 | 1.471e+04 | -689.63 | 3.400e+06 | 2.114e+04 | 3.278e+05 |

4 Conclusioni

Dall'analisi dei risultati ottenuti risulta che le verifiche condotte con il D.M. 17.01.2018 sono a favore di sicurezza e soddisfano ogni prescrizione della normativa vigente, pertanto la struttura così progettata è atta a sopportare i carichi di progetto sopra menzionati.

Per le verifiche dettagliate degli elementi strutturali oggetto della presente relazione si rimanda alla relazione di calcolo e verifica.