

IMPIANTO AGROVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA
DA FONTE SOLARE DENOMINATO "STRECAPRETE" DI POTENZA
NOMINALE PARI A 15,0 MVA E POTENZA INSTALLATA PARI A 16,396 MW

REGIONE BASILICATA
PROVINCIA di POTENZA
COMUNI DI VENOSA e MONTEMILONE

PROGETTO DEFINITIVO

Tav.:	Titolo:
R04a.1	Relazione sulle Strutture ex art. 26, comma 1, lett c DPR 207/2010 - Tracker

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
n.a.	A4	R04a.1_CalcoliPrelStrutture_04a.1

Progettazione:	Committente:
 Dott. Ing. Fabio CALCARELLA Via B. Ravenna, 14 - 73100 Lecce Mob. +39 340 9243575 fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu	Stern PV 5 S.r.l. Largo Michele Novaro 1/A CAP 43121 - PARMA (PR) PEC - sternpv5srl@pec.it
 	

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Novembre 2021	Prima emissione	STC	FC	Stern PV 5 srl

Sommario

1	Dati relativi all'intervento proposto	2
1.1	Premessa	2
1.2	Ubicazione dell'opera	2
1.3	Informazioni geologiche	3
2	Normativa	5
3	Progetto	6
3.1	Dati di input impianto fotovoltaico	6
3.2	Analisi dei carichi	9
3.2.1	Azione sismica	9
3.2.2	Calcolo delle azioni della neve e del vento	10
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	15
3.6	Materiali	16
3.7	Modello FEM	16
3.7.1	Condizioni di carico elementare	16
3.7.2	Combinazioni di carico	17
3.8	Verifiche strutturali	18
4	Conclusioni	19

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 relative alle strutture di sostegno dei moduli dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza nominale di 15 MVA in agro di Venosa (PZ).

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 Ubicazione dell'opera

L'impianto è suddiviso in quattro aree recintate, tre delle quali sono limitrofe tra loro e la quarta, più sud, distante, in linea d'aria, circa 1.500 m.

Le Aree di impianto più a nord (aree A1, A2, B) ricadono nel Comune di Venosa mentre l'area più a sud (Area C) e la SSE Utente nel Comune di Montemilone.



Aree di impianto su Ortofoto

1.3 Informazioni geologiche

L'area oggetto di studio ricade al limite tra il Foglio 187 "Melfi" (Area Sottostazione) ed il Foglio 175 "Cerignola" (Area Impianto) della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000). I caratteri geologico-strutturali a grande scala rientrano nel contesto geodinamico dell'Avanfossa Bradanica, bacino di sedimentazione plio-pleistocenico, compreso tra la catena appenninica meridionale ad ovest, ed il Gargano e le Murge ad est. In particolare, la suddetta area di sedimentazione è definita, ad occidente, da un margine interno, interessato da alti tassi di sedimentazione silicoclastica e costituito dai thrust attivi appenninici, che deformano unità prevalentemente terziarie, già accavallatesi sui depositi autoctoni di avanfossa (Pliocene), e ad oriente, da un margine esterno, caratterizzato, invece, da sedimentazione carbonatica.

Dal punto di vista litostratigrafico, le successioni affioranti nell'area appartengono al ciclo deposizionale della Fossa Bradanica, costituito da successioni silicoclastiche e carbonatiche, in rapporto regressivo e trasgressivo sui Calcari di Altamura e sui Flysch della Catena Appenninica. I termini trasgressivi della successione, dovuti all'annegamento della rampa regionale e all'approfondimento batimetrico del bacino, sono rappresentati da notevoli spessori di sedimenti siltoso-argillosi con livelli sabbiosi (Argille Subappennine), all'interno dei quali si rinvencono isolati corpi ghiaiosi deltizi (Conglomerato di Serra del Cedro) associati a biocalcareni e biocalciruditi intrabacinali e/o da calciruditi (Calcarenite di Gravina).

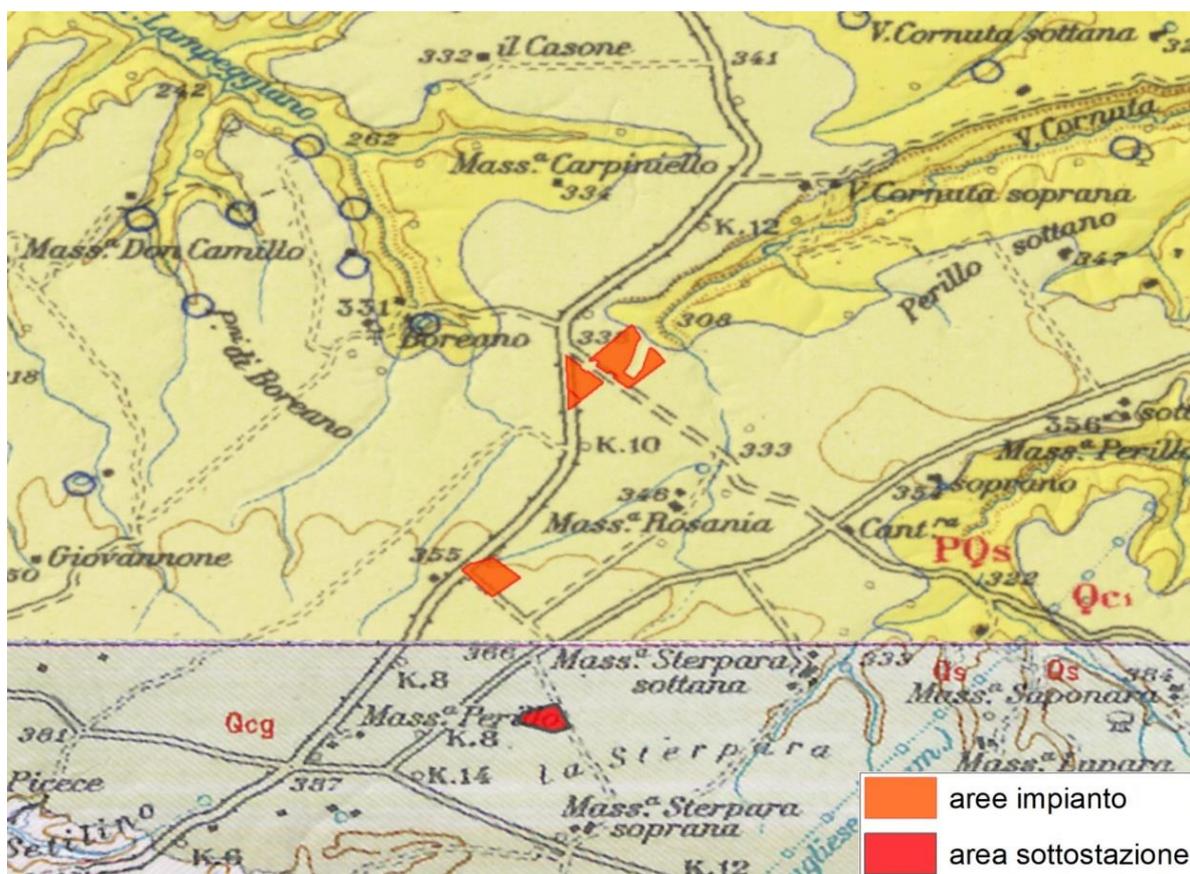
I termini regressivi, legati alla successiva fase di emersione dell'avanfossa, sono costituiti, invece, da unità sabbiose e conglomeratiche silicoclastiche e/o miste, di colmamento, che rappresentano la parte alta del ciclo sedimentario bradanico e poggiano stratigraficamente sulle Argille Subappennine con passaggio graduale e rapido o con contatto erosivo (Sabbie di Monte Marano, Calcareniti di Monte Castiglione, Sabbie dello Staturo e Conglomerato di Irsina).

Alla scala sito-specifica si rileva che in corrispondenza delle Aree di Impianto il substrato geologico è rappresentato da conglomerati poligenici con ciottoli di medie e grandi dimensioni, talvolta fortemente cementatati e con intercalazioni di sabbie e arenarie (Pleistocene inferiore), mentre, in corrispondenza del Sito di Sottostazione il substrato è composto di conglomerati poligenici, perlopiù incoerenti o debolmente cementati con intercalazioni di lenti sabbiose (Pleistocene – Calabriano).

Dal punto di vista geologico-strutturale, l'area può essere inquadrata, a scala regionale, nell'ambito del sistema orogenico appenninico, costituito essenzialmente di tre domini: la Catena, rappresentata dall'Appennino Campano-Lucano, l'Avanfossa e l'Avampaese, rappresentato dalla regione Apulo-Garganica.

L'attuale tettonica regionale può essere, dunque, interpretata come il risultato dei vari stati tensionali, riconducibili alle fasi di messa in posto della Catena, che si sono susseguiti a partire dall'Oligocene Superiore-Miocene inferiore, causando il progressivo accavallamento, da ovest verso est, di unità

mesozoico-paleogeniche e di unità sinorogeniche di Avanfossa.



Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000 (Fogli 175 'Cerignola' e 187 'Melfi')

2 Normativa

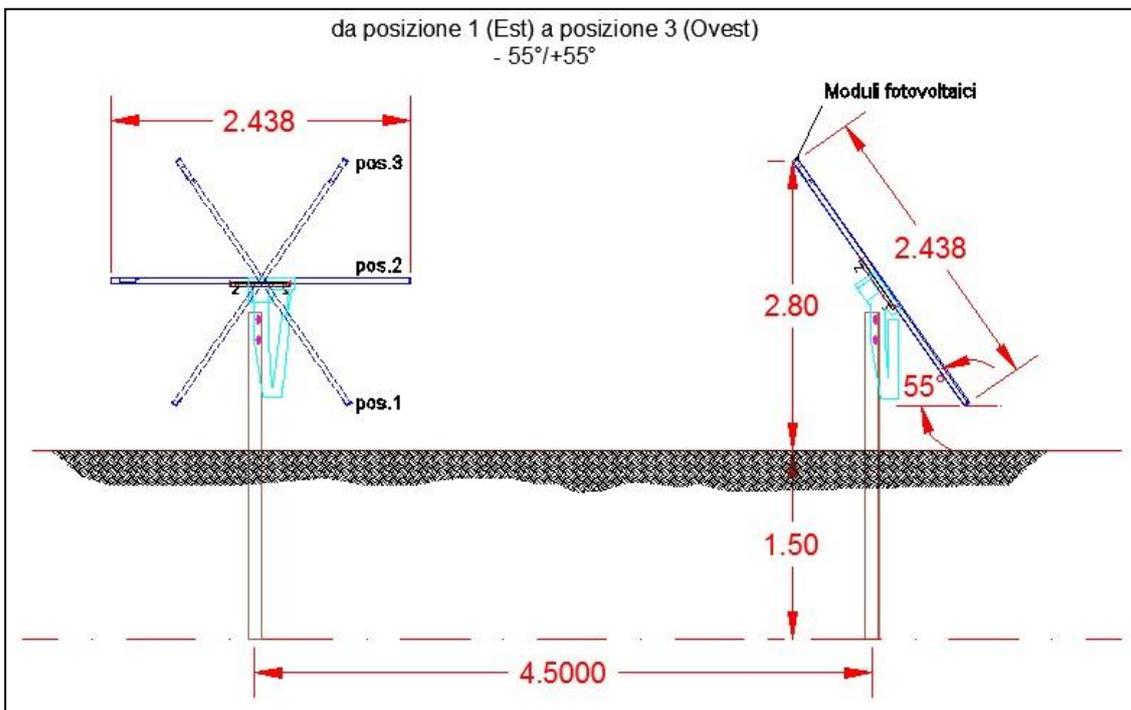
La presente relazione è stata redatta conformemente a quanto previsto dalla normativa vigente in materia di norme sulle costruzioni, ed in dettaglio:

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

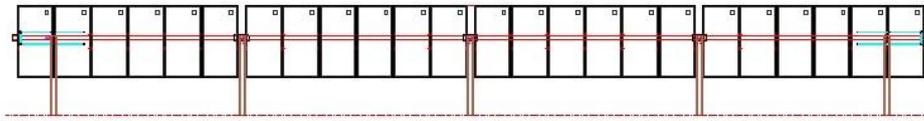
Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da inseguitori (tracker) monoassiali, ovvero strutture di sostegno mobili che nell'arco della giornata "inseguono" il movimento del sole orientando i moduli fotovoltaici su di essi installati da est a ovest, con range di rotazione completo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



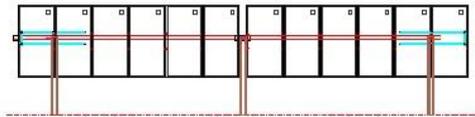
I moduli fotovoltaici, di dimensioni pari a 2.470 mm x 1.133 mm, spessore di 35 mm e peso pari a 31.0 kg, saranno installati sull'inseguitore su una sola fila con configurazione portrait (verticale rispetto l'asse di rotazione del tracker).

Il numero dei moduli posizionati su un inseguitore è variabile. Nell'impianto in progetto avremo inseguitori da 24 moduli.

Tracker da 24 moduli. N° 5 pali di sostegno



Tracker da 12 moduli. N° 3 pali di sostegno



Pertanto, dal punto di vista dimensionale, sarà realizzata la seguente configurazione:

- Tracker da 24 moduli
 - o Lunghezza complessiva 27,25 m
 - o N. campi / pali di sostegno 4 / 5
 - o Interasse pali di sostegno 6,81 m
- Tracker da 12 moduli
 - o Lunghezza complessiva 13,60 m
 - o N. campi / pali di sostegno 2 / 3
 - o Interasse pali di sostegno 5,70 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 1,5 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.



Palo del tracker infisso nel terreno

3.2 Analisi dei carichi

3.2.1 Azione sismica

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

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]
32558	15.807	40.961	0.921
32559	15.874	40.960	4.688
32337	15.875	41.010	7.227
32336	15.809	41.011	5.592

Coordinate geografiche [riferimento WGS84]

Località:

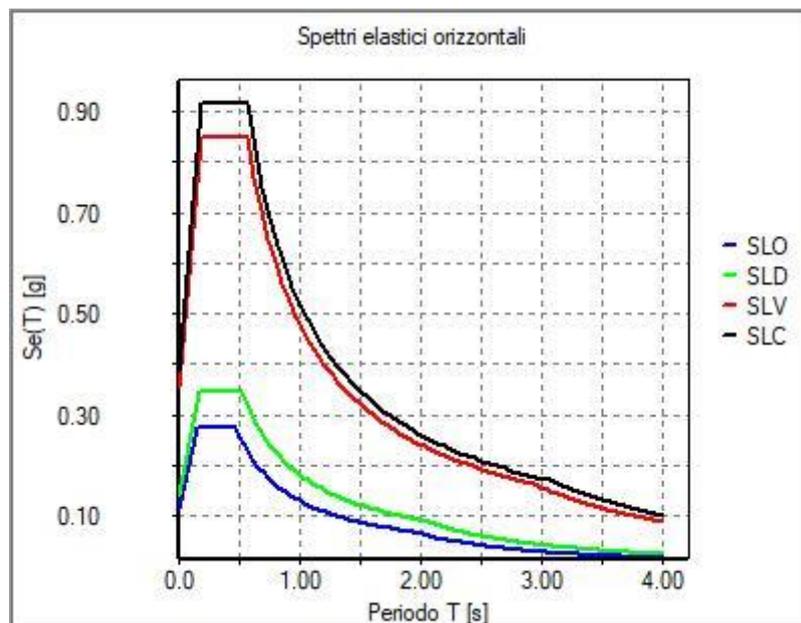
Longitudine: Latitudine:

Parametri per le forme spettrali

	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c
SLO	81	120	0.0922	2.484	0.349
SLD	63	201	0.1167	2.460	0.400
SLV	10	1898	0.3257	2.398	0.436
SLC	5	2475	0.3665	2.375	0.439

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza
<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="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

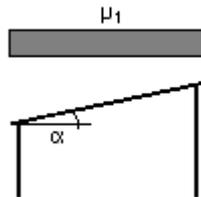
Zona Neve = III

- Periodo di ritorno, $T_r = 50$ anni
- $C_{tr} = 1$ per $T_r = 50$ anni
- C_e (coeff. di esposizione al vento) = 1,00
- Valore caratteristico del carico al suolo = $q_{sk} C_e C_{tr} = 89$ daN/mq

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 55,0^\circ$

- $\mu_1 = 0,13 \Rightarrow Q_1 = 12$ 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, $A_s = 415$ 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 500 m di altitudine

($K_r = 0,19$; $Z_o = 0,05$ 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, $C_e = 1,80$
- Coefficiente di esposizione topografica, $C_t = 1,00$
- Altezza dell'edificio, $h = 2,80$ m

Pressione del vento, $p = q_b C_e C_p C_d = 82$ daN/mq

Si considera una fascia sopravvento di 0,52 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: +535 <daN>
- perpendicolare al colmo negativo: -759 <daN>

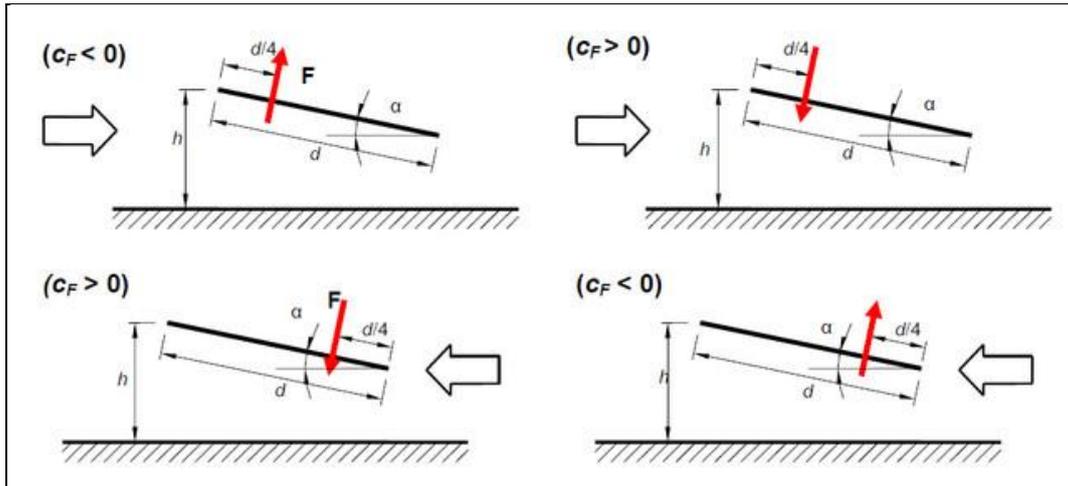
Coefficienti di forza C_f :

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

Forza risultante:

- vento parallelo al colmo positivo: +53 <daN>
- vento parallelo al colmo negativo: -132 <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

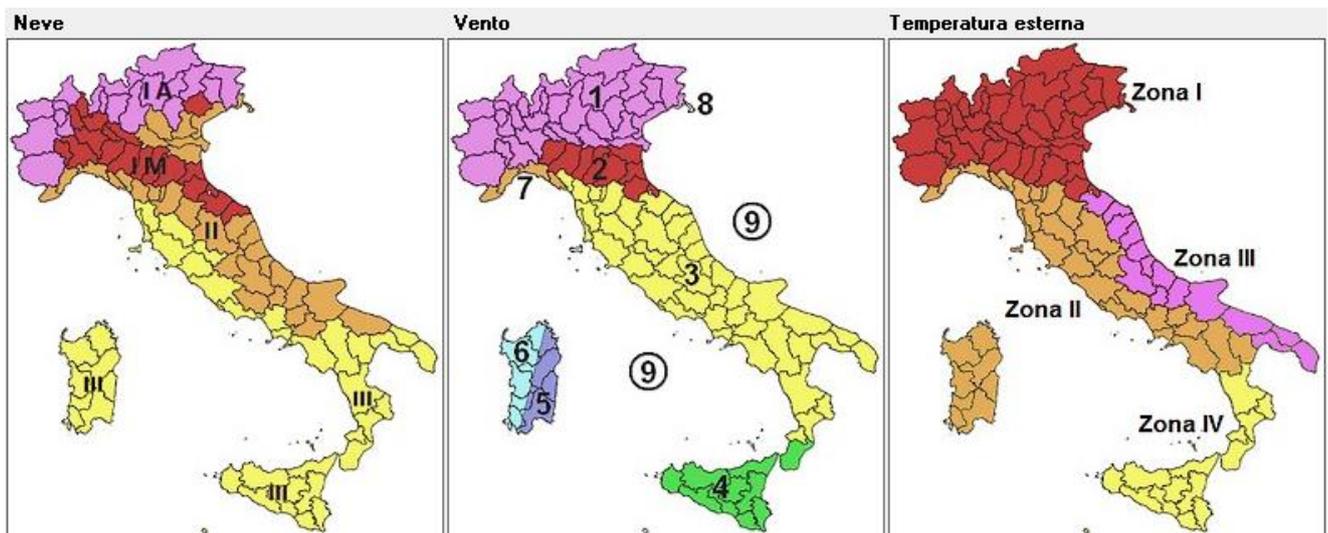
Nel nostro caso, risultando il sostegno dei pannelli posizionato al centro del lato “d” risulta ininfluente la direzione dell’azione del vento ed influisce solo l’entità della forza “F”. Pertanto la combinazione peggiore si registra nel caso del valore della forza $F = - 759 \text{ daN}$.

3.2.2.3 Temperatura dell’aria esterna

Zona: II

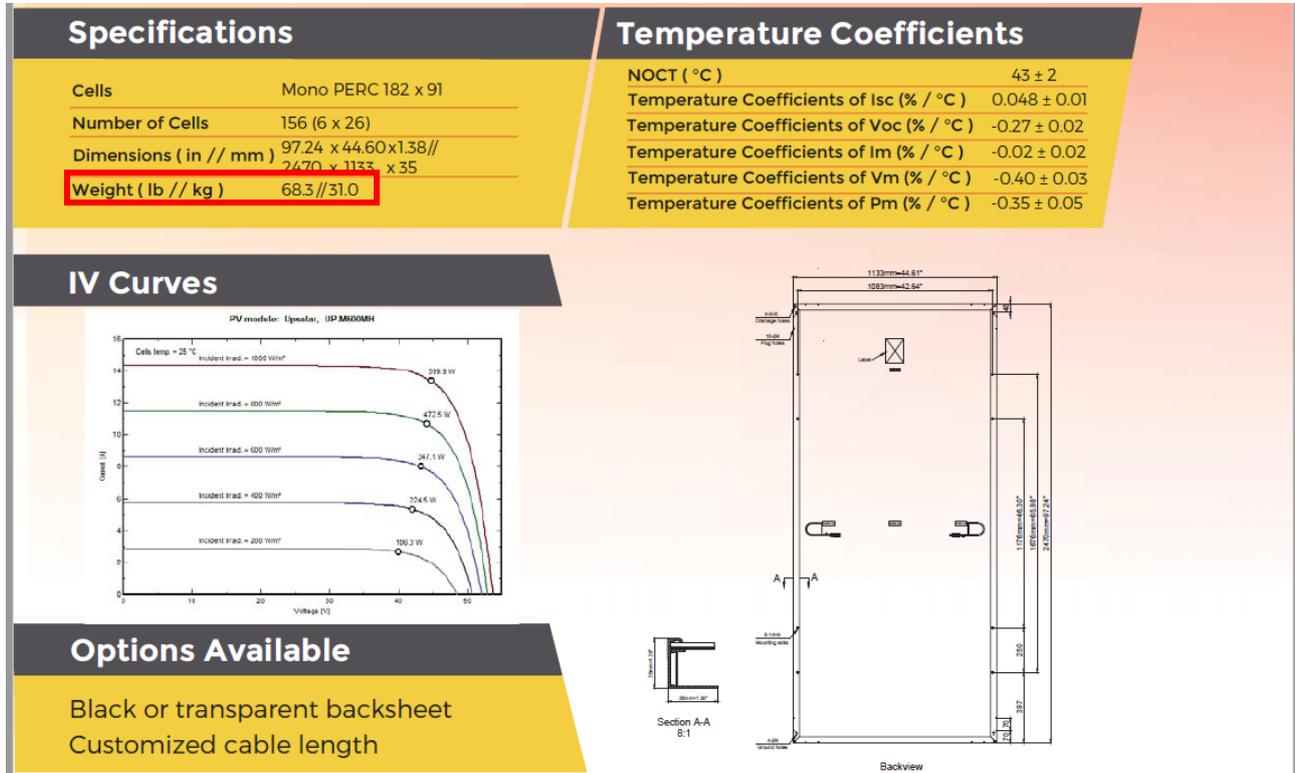
$T_{\min} = -10.49^\circ$ [NTC 3.5.5]

$T_{\max} = 41.17^\circ$ [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 le specifiche, il peso degli stessi, pari a 31 kg.



Scheda tecnica modulo fotovoltaico (stralcio)

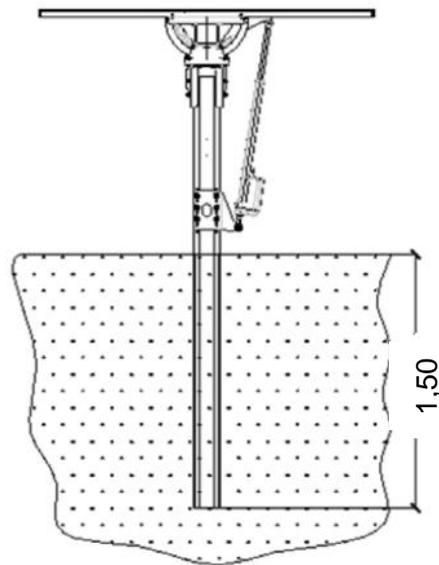
3.3 Descrizione del modello

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 pilastro, 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.



Tipologia infissione

3.4 Fondazioni

Come detto le fondazioni sono costituite da paletti battuti direttamente nel terreno. Dal punto di vista litostratigrafico, le successioni affioranti nell'area appartengono al ciclo deposizionale della Fossa Bradanica, costituito da successioni silicoclastiche e carbonatiche, in rapporto regressivo e trasgressivo sui Calcari di Altamura e sui Flysch della Catena Appenninica.

In ogni caso, esperienze pregresse hanno dimostrato che, anche se il carattere del terreno fosse roccioso, è possibile realizzare la fondazione delle strutture mediante la "battitura diretta dei pali" nel terreno.

Nei casi in cui tale attività dovesse risultare impossibile, ipotesi plausibile vista la natura del terreno, si prevede che:

- si realizzino dei preforni, di adeguato diametro, riempiti poi con graniglia di roccia, a secco (ovvero senza l'ausilio di aggreganti o cementi di alcun tipo), della stessa natura del terreno di fondazione;
- si proceda con la battitura del palo nel preforno colmo di graniglia.

3.5 Carichi agenti sulla testa della colonna

Carico sulla trave continua

Vento su ogni pannello		759,00 daN/m
Neve su ogni pannello	2,470 m x 12,00 daN/m ² =	29,64 daN/m
Peso pannelli	31,00 daN x 24 =	744,00 daN

744,00 daN / 27,50 m = 27,05 daN/m

Peso trave 10,8 daN/m
(scatolare 120x120x3 mm)

Carichi sulla testa della colonna

Vento 759,00 daN x 24 pannelli = 4.189,05 daN

Momento testa palo 4.189,05 daN x 0,52 m = 2.178,30 daN m
inclinazione del pannello 55°

Neve 29,64 daN/m x 27,50 m = 815,10 daN;

Peso pannelli 27,05 daN/m x 27,50 m = 744,00 daN

Peso trave 10,8 daN/m x 27,50 m = 297,00 daN

3.6 Materiali

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

- Acciaio S235J0.

3.7 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.. 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 1,50 m;
- la sezione del profilo in acciaio considerata in questa fase progettuale è un profilo sagomato a caldo, cavo, quadrato 220x220x8 mm.

3.7.1 Condizioni di carico elementare

Azione dei carichi applicata sulla testa del palo.

CCE	Commento	Tipo CCE	Sic.	Var.	Peso	C. A.	Dir.	Tipo	s	Mx	My	Mz	Jpx	Jpy	Jpz
1	peso proprio	1 D.M. 18 Permanenti	a sfavore		<input checked="" type="checkbox"/>	P			1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
2	pannelli	1 D.M. 18 Permanenti	a sfavore		<input type="checkbox"/>				1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
3	vento	11 D.M. 18 Variabili	a sfavore	ambigua	<input type="checkbox"/>		0	Massimizzata	1.00						
4	neve	12 D.M. 18 Variabili N	a sfavore	di base	<input type="checkbox"/>				1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0

3.7.2 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					
2	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
3	1.00	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
4	1.00	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
5	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
6	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
7	1.00	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0					
8	1.00	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0					
9	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0					
10	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0					
11	1.00	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
12	1.00	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
13	1.00	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
14	1.00	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
15	1.00	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0					
16	1.00	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0					
17	1.00	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0					
18	1.00	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0					
19	1.00	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
20	1.00	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
21	1.00	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
22	1.00	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
23	1.00	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
24	1.00	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
25	1.00	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
26	1.00	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
27	1.00	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0					
28	1.00	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0					
29	1.00	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0					
30	1.00	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0					
31	1.00	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0					
32	1.00	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0					
33	1.00	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0					
34	1.00	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0					
35	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0					
36	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0					
37	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0					
38	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0					
39	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30					
40	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30					
41	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30					
42	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30					
43	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0					
44	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0					
45	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0					
46	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0					
47	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30					
48	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30					
49	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30					
50	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30					
51	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	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					
53	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	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					
55	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0					
56	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0					
57	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0					
58	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0					
59	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00					
60	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00					
61	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00					
62	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00					
63	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00					
64	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00					
65	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00					
66	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00					

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...
67	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
68	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
69	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
70	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					

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	Micropali in acciaio-PALO D 20.00	1	1	0.0	-2.61	1.83	-281.86	0.0	0.0	34.75			
			2	0.0	-2.00	1.41	-216.82	0.0	0.0	26.73			
			28	0.0	-2.61	0.77	-158.31	0.0	0.0	35.16			
			29	0.0	-1.40	2.04	-275.33	0.0	0.0	18.30			
			30	0.0	-2.61	0.77	-158.31	0.0	0.0	35.16			
			60	0.0	-2.25	1.15	-193.36	0.0	0.0	30.11			
			61	0.0	-1.76	1.66	-240.28	0.0	0.0	23.35			
			62	0.0	-2.25	1.15	-193.36	0.0	0.0	30.11			
			67	0.0	-2.00	1.41	-216.82	0.0	0.0	26.73			
			68	0.0	-2.00	1.41	-216.82	0.0	0.0	26.73			
			69	0.0	-2.00	1.41	-216.82	0.0	0.0	26.73			
			70	0.0	-2.00	1.41	-216.82	0.0	0.0	26.73			
3	Micropali in acciaio-PALO D 20.00	1	1	0.0	0.07	3.19	-415.36	0.0	0.0	-0.94			
			2	0.0	0.06	2.46	-319.51	0.0	0.0	-0.72			
			27	0.0	0.17	3.15	-395.68	0.0	0.0	-2.34			
			30	0.0	-0.06	1.76	-243.34	0.0	0.0	0.90			
			59	0.0	0.10	2.74	-350.04	0.0	0.0	-1.37			
			62	0.0	8.50e-03	2.18	-288.97	0.0	0.0	-0.07			
			67	0.0	0.06	2.46	-319.51	0.0	0.0	-0.72			
			68	0.0	0.06	2.46	-319.51	0.0	0.0	-0.72			
			69	0.0	0.06	2.46	-319.51	0.0	0.0	-0.72			
			70	0.0	0.06	2.46	-319.51	0.0	0.0	-0.72			
			5	Micropali in acciaio-PALO D 20.00	1	1	0.0	0.0	0.0	-29.40	0.0	0.0	0.0
						2	0.0	0.0	0.0	-22.62	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0				0.0	-22.62	0.0	0.0	0.0			
35	0.0	0.0				0.0	-22.62	0.0	0.0	0.0			
67	0.0	0.0				0.0	-22.62	0.0	0.0	0.0			
68	0.0	0.0				0.0	-22.62	0.0	0.0	0.0			
69	0.0	0.0				0.0	-22.62	0.0	0.0	0.0			
70	0.0	0.0				0.0	-22.62	0.0	0.0	0.0			
7	Micropali in acciaio-PALO D 20.00	1	1	0.0	-0.07	3.19	-415.34	0.0	0.0	0.93			
			2	0.0	-0.06	2.46	-319.49	0.0	0.0	0.71			
			20	0.0	0.06	1.76	-243.30	0.0	0.0	-0.91			
			21	0.0	-0.17	3.15	-395.69	0.0	0.0	2.34			
			52	0.0	-8.11e-03	2.18	-288.95	0.0	0.0	0.07			
			53	0.0	-0.10	2.74	-350.04	0.0	0.0	1.36			
			67	0.0	-0.06	2.46	-319.49	0.0	0.0	0.71			
			68	0.0	-0.06	2.46	-319.49	0.0	0.0	0.71			
			69	0.0	-0.06	2.46	-319.49	0.0	0.0	0.71			
			70	0.0	-0.06	2.46	-319.49	0.0	0.0	0.71			
9	Micropali in acciaio-PALO D 20.00	1	1	0.0	2.61	1.83	-281.88	0.0	0.0	-34.73			
			2	0.0	2.00	1.41	-216.83	0.0	0.0	-26.72			
			19	0.0	1.40	2.04	-275.32	0.0	0.0	-18.29			
			20	0.0	2.61	0.77	-158.33	0.0	0.0	-35.15			
			22	0.0	2.61	0.77	-158.33	0.0	0.0	-35.15			
			51	0.0	1.76	1.66	-240.28	0.0	0.0	-23.34			
			52	0.0	2.25	1.15	-193.38	0.0	0.0	-30.10			

Nodo	Tipo	Palo	Cmb	Quota	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		1	54	0.0	2.25	1.15	-193.38	0.0	0.0	-30.10
		1	67	0.0	2.00	1.41	-216.83	0.0	0.0	-26.72
		1	68	0.0	2.00	1.41	-216.83	0.0	0.0	-26.72
		1	69	0.0	2.00	1.41	-216.83	0.0	0.0	-26.72
		1	70	0.0	2.00	1.41	-216.83	0.0	0.0	-26.72
Nodo					Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
					-2.61	0.0	-415.36	0.0	0.0	-35.15
					2.61	3.19	-22.62	0.0	0.0	35.16

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.