

**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA
FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA CON ACCUMULO
DENOMINATO "SASSARI 02"**

REGIONE SARDEGNA
PROVINCIA di SASSARI
COMUNI di SASSARI e PORTO TORRES

PROGETTO DEFINITIVO

Tav.:

Titolo:

R06a1

**Calcoli preliminari delle strutture -
Relazione art.26 Impianto FV**

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

R06a1_CalcoliPreliminariStrutture_06a1

Progettazione:

Committente:

DOTT. ING. FABIO CALCARELLA

Via Bartolomeo Ravenna, 14 - 73100 Lecce
Mob. +39 340 9243575
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu
P. IVA 04433020759

Whysol-E Sviluppo S.r.l.

Via Meravigli, 3 - 20123 - MILANO
Tel: +39 02 359605
info@whysol.it - whysol-e.sviluppo@legalmail.it
P. IVA 10692360968



Fabio Calcarella

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Marzo 2021	Prima emissione	STC	FC	WHYSOL-E Sviluppo s.r.l.

Sommario

1	Dati relativi all'intervento proposto.....	2
1.1	Premessa.....	2
1.2	Descrizione dell'opera	2
1.3	Informazioni geotecniche.....	4
2	Normativa	5
3	Progetto	7
3.1	Dati di input impianto fotovoltaico.....	7
3.2	Analisi dei carichi.....	9
3.2.1	Azione sismica.....	9
3.2.2	Calcolo delle azioni della neve e del vento.....	9
3.2.3	Peso proprio dei moduli fotovoltaici.....	12
3.3	Descrizione del modello.....	13
3.4	Fondazioni	14
3.5	Carichi agenti sulla testa della colonna	14
3.6	Modello FEM.....	15
3.6.1	Condizioni di carico elementare	15
3.6.2	Combinazioni di carico.....	16
3.7	Materiali	17
3.8	Verifiche strutturali.....	17
4	Conclusioni	19

1 Dati relativi all'intervento proposto

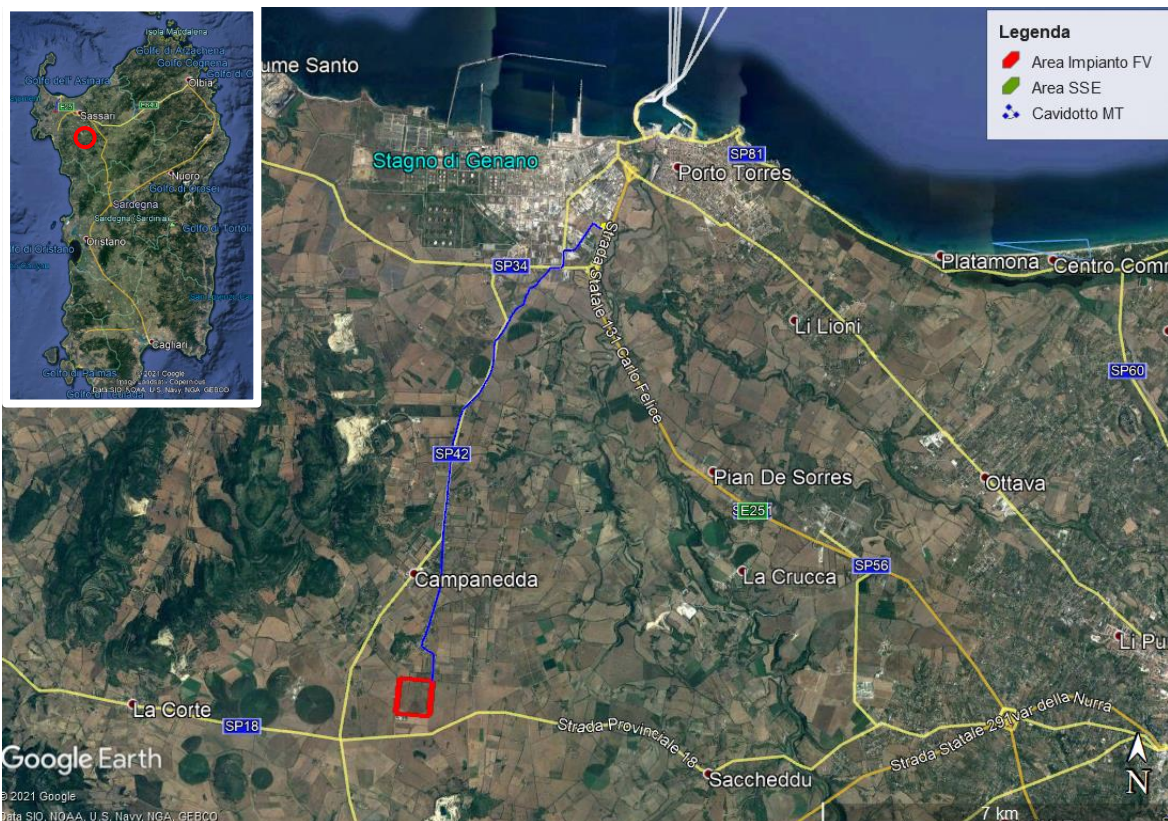
1.1 Premessa

La presente relazione è redatta allo scopo di descrivere il progetto preliminare e la verifica delle opere strutturali di fondazione e in elevazione necessarie alla realizzazione dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza nominale di 30 MW con annesso Sistema di Accumulo dell'energia prodotta (SdA), avente potenza nominale pari a 90 MW in agro di Sassari (SS) con opere di connessione ricadenti anche nel comune di Porto Torres (SS). 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 Descrizione dell'opera

Il progetto dell'impianto fotovoltaico denominato "Sassari 02" interessa un unico lotto ubicato tra la SP18 e la SP42 ad una distanza minima di circa 10,6 km a Sud-Ovest dall'abitato di Porto Torres (SS) e a circa 12 km a Ovest dall'abitato di Sassari, in località "Piano de Monte Casteddu".

Le aree di impianto sono pianeggianti ed hanno altezza sul livello del mare pari a 70 m circa, attualmente investite a seminativo.



Inquadramento generale su Ortofoto



Inquadramento su Ortofoto

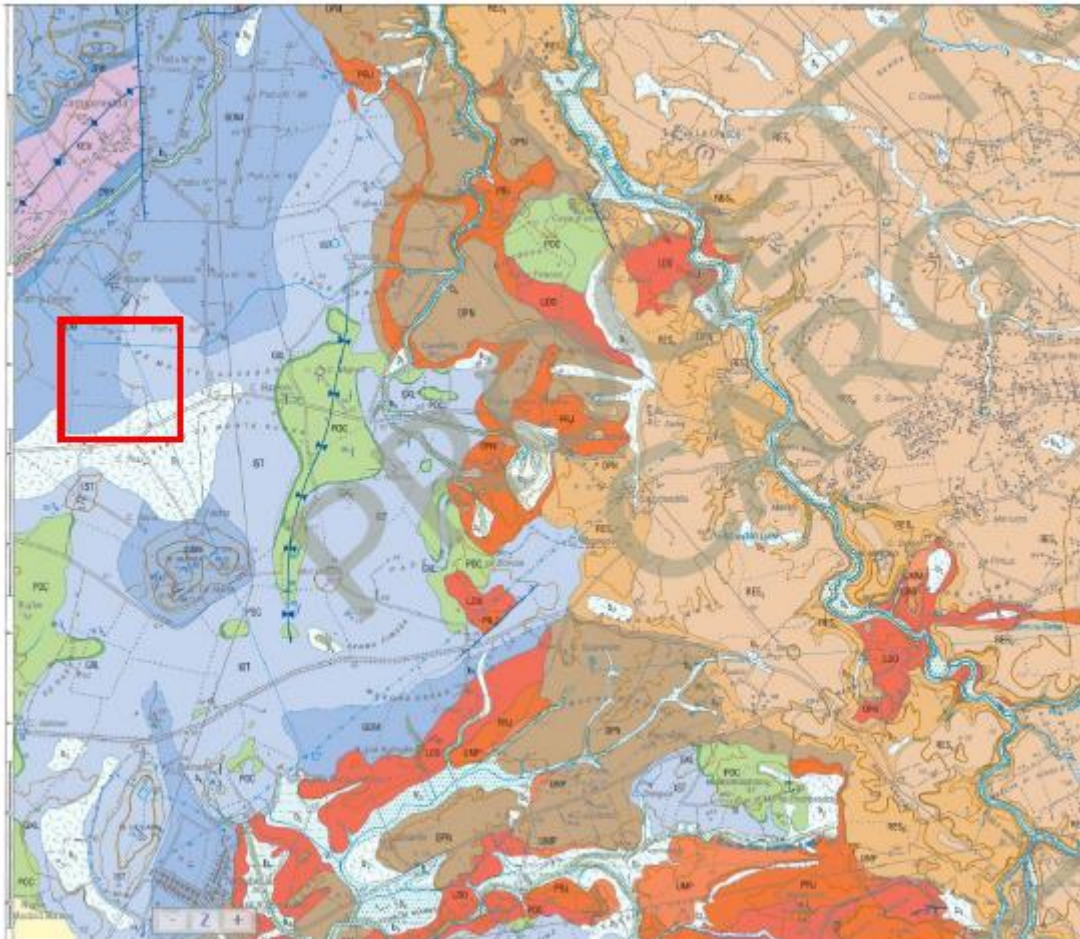


Particolare Layout di Impianto

1.3 Informazioni geotecniche

Negli elaborati di progetto costituiti dalla relazione geologica, redatta dal Dott. Geol. Gianluca Selleri, 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.

Nello specifico, il sito di progetto si trova sul fianco di una struttura anticlinale (Anticlinale di Campanedda), con inclinazione degli strati di circa 20° ed asse NE-SW, dove, spostandosi da NW verso SE, è possibile osservare in affioramento l'intera successione della Nurra ed il basamento su cui poggia (localmente rappresentato dal KEUPER. Questa formazione è costituita da argilliti gessose da rossastre a verdastre talora fortemente piegate, con cristalli idiomorfi di quarzo, e dolomie cariate cui seguono dolomie grigie e subordinati calcari dolomitici con livelli intraclastici. L'unità in Sardegna è riferita al Ladinico.



Stralcio del Foglio n. 459 "Sassari" – Progetto CARG

2 **Normativa**

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

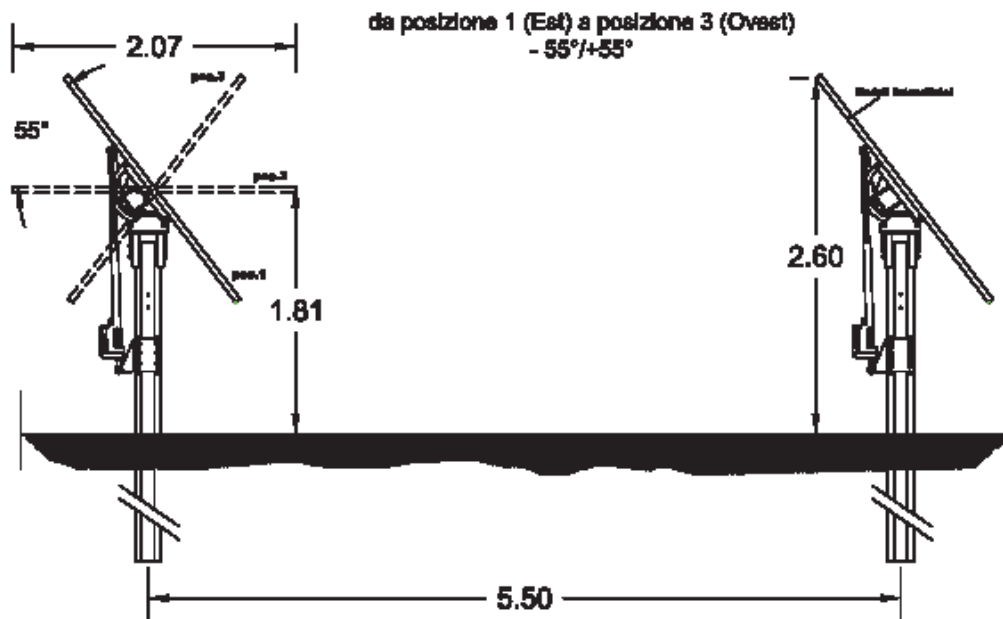
1. D.M. 17.01.2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni 2008
2. Circolare n. 7/C.S.LL.PP. del 12/02/2019
3. Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
4. Circolare Ministero 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

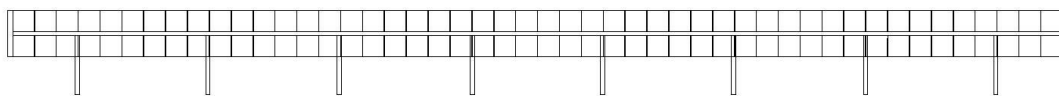
Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da inseguitori (tracker) monoassiali, ovvero strutture di sostegno mobili che nell'arco della giornata "inseguono" il movimento del sole orientando i moduli fotovoltaici su di essi installati da est a ovest, con range di rotazione completo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



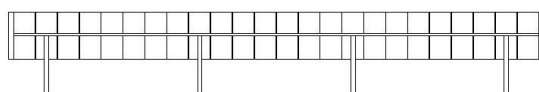
I moduli fotovoltaici, di dimensioni pari a 2.385×1.122 m, spessore di 35 mm e peso pari a 30,3 kg, saranno installati sull'inseguitore su una sola fila con configurazione portrait (verticale rispetto l'asse di rotazione del tracker).

Il numero dei moduli posizionati su un inseguitore è variabile. Nell'impianto in progetto avremo inseguitori da 24 e 48 moduli.

Tracker da 48 moduli. N° 8 pali di sostegno



Tracker da 24 moduli. N° 4 pali di sostegno



Pertanto, dal punto di vista dimensionale, saranno realizzate due configurazioni:

- Tracker da 24 moduli
 - o Lunghezza complessiva 27,90 m
 - o N. campi / pali di sostegno 3 / 4
 - o Interasse pali di sostegno 7,14 m
- Tracker da 48 moduli
 - o Lunghezza complessiva 55,30 m
 - o N. campi / pali di sostegno 7 / 8
 - o Interasse pali di sostegno 6,10 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.

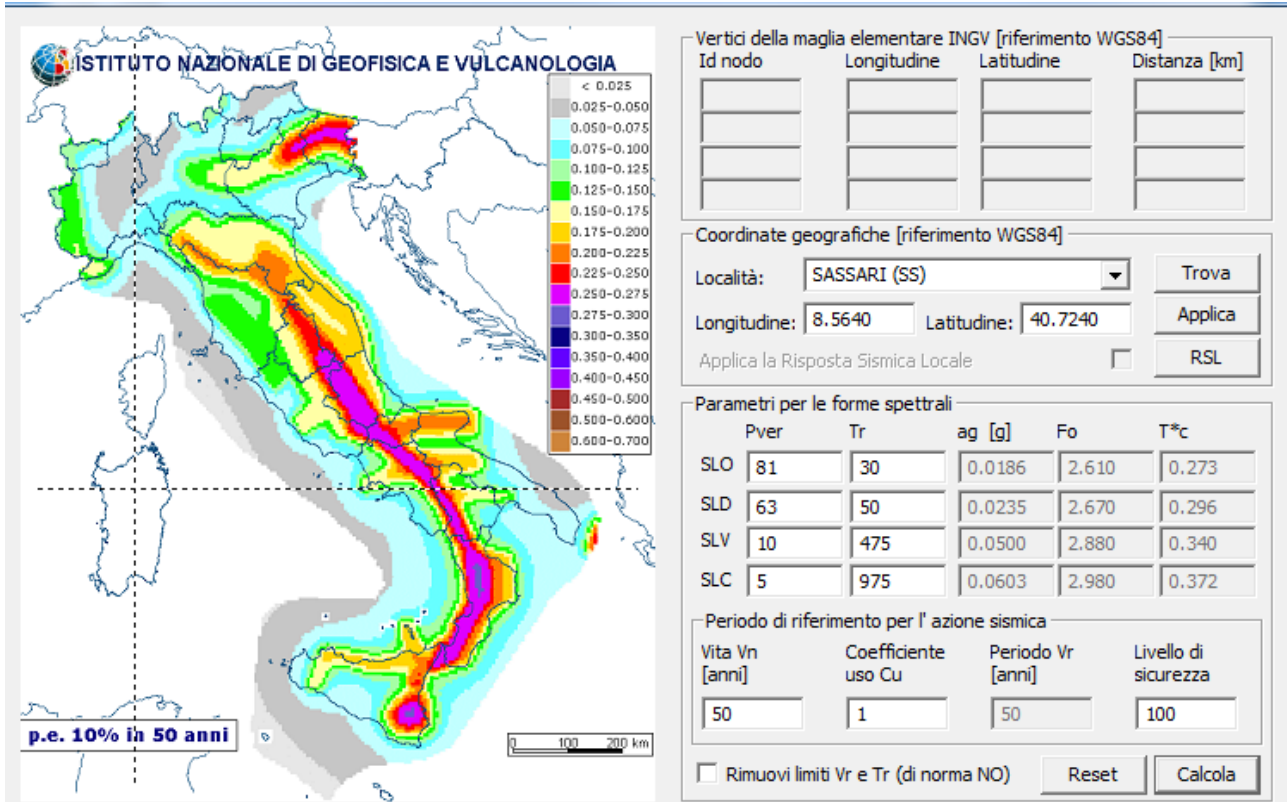
Per quanto attiene le fondazioni i tracker saranno fissati al terreno tramite pali infissi direttamente "battuti" nel terreno. La profondità standard di infissione è di 1,5 m, tuttavia in fase esecutiva in base alle caratteristiche del terreno ed ai calcoli strutturali tale valore potrebbe subire modifiche 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



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 = $qsk Ce Ctr = 66$ daN/mq

Copertura ad una falda:

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

- $\mu_1 = 0,13 \Rightarrow Q1 = 9$ daN/mq (carico provocato dalla neve sulle coperture)

3.2.2.2 Vento

Zona vento = 6

- Velocità base della zona, $V_{b.o} = 28 \text{ m/s}$ (Tab. 3.3.I)
- Altitudine base della zona, $A_o = 500 \text{ m}$ (Tab. 3.3.I)
- Altitudine del sito, $A_s = 317 \text{ m}$
- Velocità di riferimento, $V_b = 28,00 \text{ m/s}$ ($V_b = V_{b.o}$ per $A_s \leq A_o$)
- Periodo di ritorno, $T_r = 50 \text{ anni}$
- $C_r = 1$ per $T_r = 50 \text{ anni}$

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto, $V_r = V_b C_r = 28,00 \text{ m/s}$

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

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

Pressione cinetica di riferimento, $q_b = 49 \text{ daN/mq}$

- 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, $h = 2,00 \text{ m}$

Pressione del vento, $p = q_b C_e C_p C_d = 88 \text{ daN/mq}$

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: +540.00 daN
- perpendicolare al colmo negativo: -765.00 daN

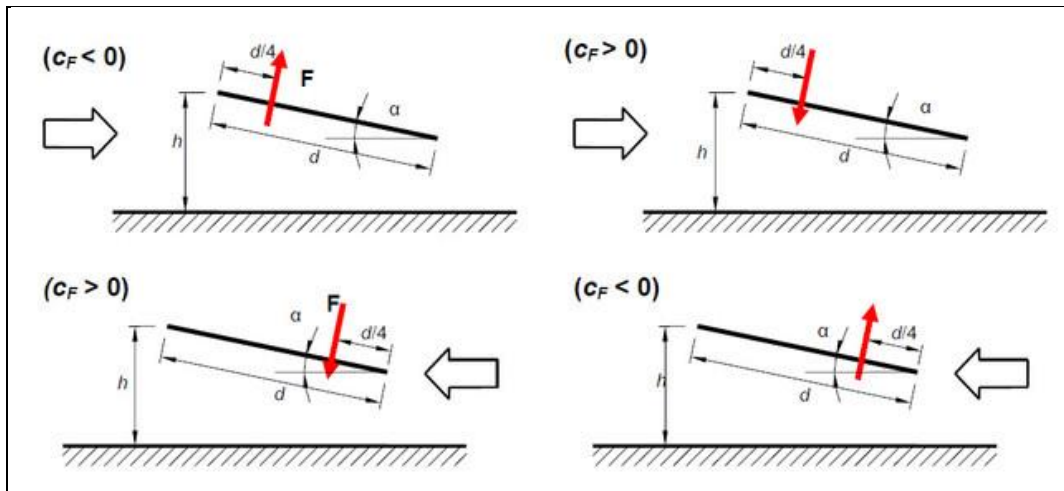
Coefficienti di forza C_f :

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

Forza risultante:

- vento parallelo al colmo positivo: +53.00 daN
- vento parallelo al colmo negativo: -133.00 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

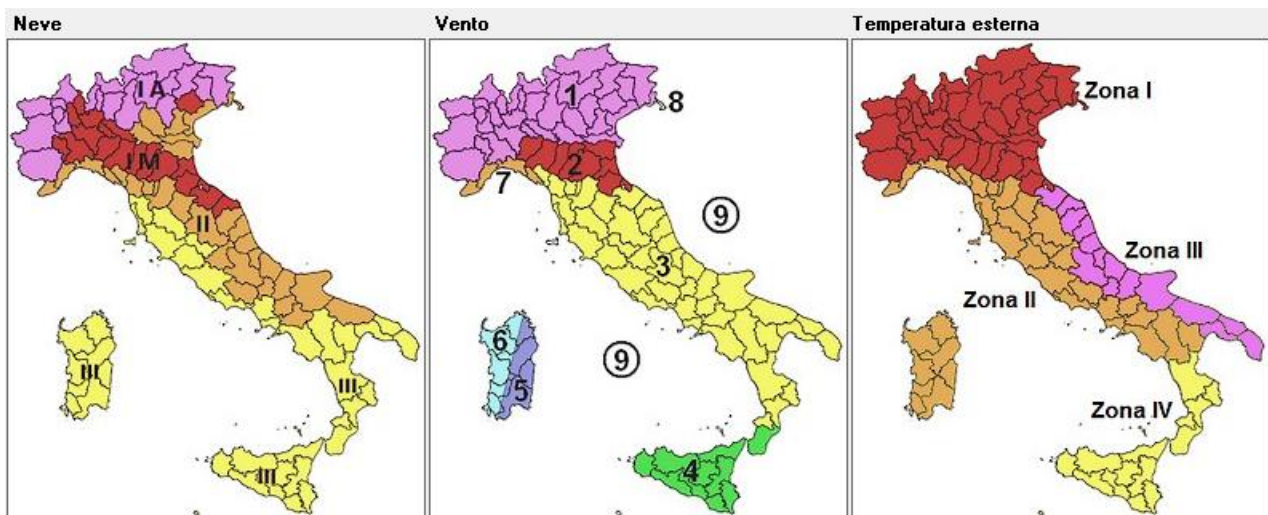
Nel nostro caso, risultando il sostegno dei pannelli posizionato al centro del lato "d" risulta ininfluente la direzione dell'azione del vento ed influisce solo l'entità della forza "F". Pertanto la combinazione peggiore si registra nel caso del valore della forza $F = -765,00$ daN.

3.2.2.3 Temperatura dell'aria esterna

Zona: III

$T_{min} = -9.90^\circ$ [NTC 3.5.5]

$T_{max} = 41.37^\circ$ [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 i *mechanical data*, il peso degli stessi, pari a 30,3 daN

Mechanical Characteristics	
Cell Type	P type Mono-crystalline
No.of cells	156 (2×78)
Dimensions	2385×1122×35mm (93.90×44.17×1.38 inch)
Weight	30.3 kg (66.8 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

Scheda tecnica modulo fotovoltaico (stralcio)

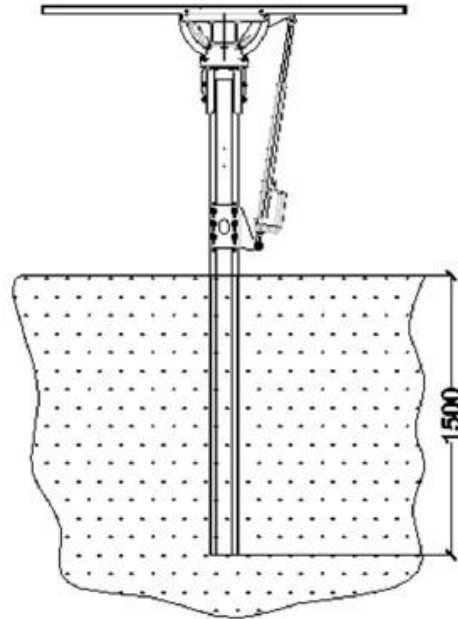
3.3 Descrizione del modello

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.



Tipologia infissione

3.4 Fondazioni

Come rilevato nella relazione geologica del presente progetto, la formazione affiorante nell'area è costituita da argilliti gessose da rossastre a verdastre talora fortemente piegate, con cristalli idiomorfi di quarzo, e dolomie cariate cui seguono dolomie grigie e subordinati calcari dolomitici con livelli intraclastici.

Esperienze pregresse hanno dimostrato che, nonostante il carattere roccioso della calcarenite, 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		765,00 daN/m
Neve	$2,182 \text{ m} \times 9,00 \text{ daN/m}^2 =$	19,638 daN/m
Peso pannelli	$30,3 \text{ daN} \times 7 =$	212,10 daN

	182,70 daN / 7,14 m =	25,59 daN/m
Peso trave		10,8 daN/m (scatolare 120x120x3 mm)
Carichi sulla testa della colonna		
Vento	765,00 daN x 7 pannelli =	5.355,00 daN 3.071,50 daN lungo z 4.386,56 daN lungo x
Momento testa palo	5.355,00 daN x 0,545 m =	2.918,475 daN m inclinazione del pannello 55°
Neve	19,638 daN/m x 7,14 m =	140,21 daN
Peso pannelli	29,70 daN/m x 7,14 m =	182,71 daN
Peso trave	10,8 daN/m x 7,14 m =	77,11 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" - versione Agosto 2020. 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:
 - profilo sagomato a caldo, cavo, quadrato 220x220x8 mm;
 - il terreno vegetale (coltre di circa 0,50 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 fotovoltaici-DG:Fzi=-0.30 Fzf=-0.30	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0
2	Pressione massima del vento-DG:Fyi=0.10 Fyf=0.10	0.0	0.0	0.10	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.10	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	0.0	0.0	0.0	0.0	1.30
2	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
3	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	1.30
4	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	1.00
5	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	1.30
6	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	1.00
7	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.90	0.0	0.0	1.30
8	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.90	0.0	0.0	1.00
9	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	0.0	0.0	1.30
10	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	0.0	0.0	1.00
11	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.90	0.0	1.30
12	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.90	0.0	1.00
13	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	0.0	1.30
14	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	0.0	1.00
15	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.90	1.30
16	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.90	1.00
17	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	1.30
18	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	1.00
19	1.00	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
20	1.00	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
21	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
22	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
23	1.00	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
24	1.00	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
25	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
26	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
27	1.00	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
28	1.00	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
29	1.00	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
30	1.00	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
31	1.00	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
32	1.00	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
33	1.00	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
34	1.00	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
35	1.00	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
36	1.00	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
37	1.00	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
38	1.00	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
39	1.00	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
40	1.00	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
41	1.00	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
42	1.00	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
43	1.00	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
44	1.00	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
45	1.00	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
46	1.00	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
47	1.00	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
48	1.00	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
49	1.00	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
50	1.00	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
51	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
52	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
53	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
54	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	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...
55	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
56	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	1.00
57	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	1.00
58	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	1.00
59	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
60	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
61	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
62	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
63	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	1.00
64	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	1.00
65	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	1.00
66	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	1.00
67	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
68	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
69	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
70	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
71	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
72	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
73	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
74	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
75	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	1.00
76	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00
77	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	1.00
78	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00
79	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	1.00
80	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00
81	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	1.00
82	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00
83	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
84	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
85	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	1.00
86	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.60	0.0	0.0	1.00
87	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.60	0.0	1.00
88	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00
89	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.60	1.00
90	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00
91	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.60	1.00
92	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00
93	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
94	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.20	0.0	0.0	1.00
95	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.20	0.0	1.00
96	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.20	1.00
97	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
98	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00

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 D 20.00	1	1	0.0	0.0	0.0	-29.61	0.0	0.0	0.0
		1	2	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	19	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	51	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	83	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	84	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	93	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
3	Palo in acciaio infisso nel terreno-PALO D 20.00	1	1	0.0	0.0	0.0	-29.61	0.0	0.0	0.0
		1	2	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	19	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	51	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	83	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	84	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	93	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
5	Palo in acciaio infisso nel terreno-PALO D 20.00	1	1	0.0	0.0	0.0	-29.61	0.0	0.0	0.0
		1	2	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	19	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	51	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	83	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	84	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	93	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
7	Palo in acciaio infisso nel terreno-PALO D 20.00	1	1	0.0	0.0	0.0	-29.61	0.0	0.0	0.0
		1	2	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	19	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	51	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	83	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	84	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	93	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
9	Palo in acciaio infisso nel terreno-PALO D 20.00	1	1	0.0	0.0	0.0	-29.61	0.0	0.0	0.0
		1	2	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	19	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	51	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	83	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	84	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	93	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
11	Palo in acciaio infisso nel terreno-PALO D 20.00	1	1	0.0	0.0	0.0	-29.61	0.0	0.0	0.0
		1	2	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	19	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	51	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	83	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	84	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	93	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
13	Palo in acciaio infisso nel terreno-PALO D 20.00	1	1	0.0	0.0	0.0	-29.61	0.0	0.0	0.0
		1	2	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	19	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	51	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	83	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	84	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	93	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
15	Palo in acciaio infisso nel terreno-PALO D 20.00	1	1	0.0	0.0	0.0	-29.61	0.0	0.0	0.0
		1	2	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	19	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	51	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	83	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	84	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
		1	93	0.0	0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0
Nodo					Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
					0.0	0.0	-29.61	0.0	0.0	0.0
					0.0	0.0	-22.78	0.0	0.0	0.0

Trave	M3 mx/mn	M2 mx/mn	D 2 / D 3	Q 2 / Q 3	N	V 2	V 3	T
	-2.690e+04	-6526.88	-0.57	-389.46	-2.36	-194.73	-47.25	0.0
	1.022e+04	2480.63	0.57	0.0	2.36	194.73	47.25	0.0

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.