



CITTA' DI ISPICA

CITTA' DI NOTO

REGIONE SICILIA

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO
"FATTORIA SOLARE GERBI"**
della potenza di 38,096 MW in DC
PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:



REN 173 S.r.l.
Salita di Santa Caterina 2/1
16123 Genova (GE)
P.IVA 02644720993

PROGETTAZIONE:



TÈKNE srl
Via Vincenzo Gioberti, 11 - 76123 ANDRIA
Tel +39 0883 553714 - 552841 - Fax +39 0883 552915
www.gruppotekne.it e-mail: contatti@gruppotekne.it



PROGETTISTA:

Ing. Renato Pertuso
(Direttore Tecnico)

LEGALE RAPPRESENTANTE:

dott. Renato Mansi



TEKNE srl
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
IL PRESIDENTE
Dott. RENATO MANSI

PD

PROGETTO DEFINITIVO

**RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE FONDAZIONI E
CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE**

Tavola: **RE04**

Filename:

TKA748-PD-RE04-Relazione descrittiva delle fondazioni e calcoli
preliminari delle strutture-RO.doc

Data 1°emissione:

Giugno 2023

Redatto:

N.LOMUSCIO

Verificato:

G.PERTOSO

Approvato:

R.PERTUSO

Scala:

Protocollo Tekne:

n° revisione	1			
	2			
	3			
	4			

TKA748

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. ELEMENTI CARATTERIZZANTI L'IMPIANTO	4
3.1. STRUTTURE FOTOVOLTAICHE	4
3.2. RECINZIONE	5
3.3. CABINE ELETTRICHE	7
3.4. SCAVI E RINTERRI	7
3.5. VIABILITÀ INTERNA	8
4. CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO	9
4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE	9
4.2. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	10
4.3. GEOTECNICA DEI TERRENI FONDALI	11
5. CARICHI AGENTI	12
5.1. PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA	12
5.2. AZIONE DEL VENTO	13
5.3. AZIONE DELLA NEVE	18
5.4. COMBINAZIONI DI CARICO	20
5.5. VERIFICHE GEOTECNICHE	21
5.5.1. EQUAZIONE GENERALE DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI	22
5.5.2. VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE	23
5.5.3. VERIFICA A SFILAMENTO DEI PALI	25
5.5.4. VERIFICA AL RIBALTAMENTO DELLE STRUTTURE FOTOVOLTAICHE	25
5.6. STRUTTURE PREFABBRICATE DI SUPPORTO PER CANCELLI DI INGRESSO	27
5.7. STRUTTURE PREFABBRICATE DI SUPPORTO PER LE RECINZIONI PERIMETRALI	28

	DATA		REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	Protocollo TEKNE
	R0	Giugno 2023	N. LOMUSCIO	G. PERTOSO	R. PERTUSO	TKA748
						Filename:
						TKA748-PD-RE04

1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione sono le principali opere civili che dovranno realizzarsi nell'ambito della costruzione dell'**impianto agrovoltaico** (agricoltura + fotovoltaico) "**Fattoria Solare Gerbi**" in località "Contrada Cancaleo" nel Comune di Ispica e in "Contrada Passo Corrado" nel Comune di Noto, proposto dalla società **REN 173 s.r.l.** con sede legale in Salita di Santa Caterina 2/1 - 16123 Genova (GE). In particolare saranno oggetto della seguente relazione le opere riguardanti le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, le recinzioni e le cabine prefabbricate.

La società REN 173 s.r.l. ha disposto di procedere alla progettazione delle opere necessarie per la realizzazione di un impianto agrovoltaico di complessivi 38,096 MWp (DC) come somma delle potenze in condizioni standard dei moduli fotovoltaici.

L'impianto agrovoltaico verrà situato nel Comune di Ispica (RG) al Foglio 81 p.lle 19-44-254-848-849-851-853-856-858-860-862-864-865-3-85-248-26-27-97-98-173-175-250-847-850-852-854-861-863-866-867-868-870-149-8-154-153-155-214 e nel Comune di Noto (SR) al Foglio 423 p.lle 39-40-41-55-127-130-381-382.

L'impianto sarà allacciato alla rete AT di E-Distribuzione con tensione nominale a 150 kV tramite l'inserimento in antenna su un nuovo stallo della Cabina Primaria di Pachino.

L'area in oggetto si trova ad un'altitudine media di m 20 s.l.m. e le coordinate geografiche di riferimento, nel sistema WGS84 sono:

- Latitudine - Ispica: 36° 43' 4.328" N
- Longitudine - Ispica: 14° 58' 43.55" W
- Latitudine – Nord: 36° 43' 0.071" N
- Longitudine – Noto: 15° 0' 53.366" W



Figura 1 - Inquadramento impianto "Fattoria Solare Gerbi"

Tale progetto prevede l'installazione di **58.162** moduli fotovoltaici da 655 Wp che produrranno complessivamente una potenza pari a **38,096 kW**.

La località in cui saranno ubicati i generatori fotovoltaici è stata individuata in base ad un'indagine preliminare che ha tenuto conto di:

- caratteristiche di irraggiamento;
- vincoli paesaggistici, architettonici, archeologici, storici, naturalistici, ecc.

Dal punto di vista urbanistico, l'area di progetto del parco agrovoltaico ricade in Zona E, zona agricola, sia per quanto riguarda la parte ricadente al comune di Ispica e quella ricadente nel comune di Noto.

Le opere civili da realizzare risultano essere compatibili con l'inquadramento urbanistico del territorio; esse, infatti, non comportano una variazione della "destinazione d'uso del territorio" e non necessitano di alcuna "variante allo strumento urbanistico", come da giurisprudenza consolidata. Come è desumibile dagli elaborati del progetto le aree interessate dalla realizzazione del parco fotovoltaico risultano di proprietà privata.

L'ubicazione del parco fotovoltaico e delle infrastrutture necessarie è stata evidenziata sugli stralci planimetrici degli elaborati progettuali.

Il layout dell'impianto è rappresentato nell'elaborato grafico AR05 che costituisce parte integrante del progetto di realizzazione dell'impianto agrivoltaico. Le soluzioni tecniche adottate per le fondazioni del parco fotovoltaico e delle relative recinzioni non prevedono in alcun modo opere in conglomerato cementizio gettato in opera. Tutte le fondazioni saranno costituite da pali in acciaio battuti e/o trivellati, mentre le cabine prefabbricate disporranno di opportune basi di appoggio prefabbricate semplicemente appoggiate sul terreno e protette da uno strato di geotessuto. Ulteriori informazioni relative a strutture e fondazioni sono consultabili negli elaborati ***IE04-Cabine di campo e di raccolta, AR06-Strutture di supporto dei pannelli fotovoltaici e recinzione.***

Complessivamente, il progetto "Impianto Agrovoltaico – Fatoria Solare Gerbi" prevede le seguenti principali caratteristiche, componenti e attività:

- Area contrattualizzata: 87,00 ettari;
- Area recintata: 49,77 ettari;
- Potenza da installare: 38,096 MWp;
- L'area prevista per la realizzazione del nuovo impianto si trova in agro di Ispica e Noto ed è caratterizzata allo stato attuale da terreni prevalentemente a seminativo e a serre per la parte più a sud dell'impianto;
- La connessione alla rete elettrica prevede un allaccio in MT a 30 kV;
- L'area di impianto è ubicata a circa 5,83 km (percorso cavidotto) dalla CP Enel "Pachino" già esistente. La CP Enel "Pachino" già esistente è ubicata in località "C. Nova" nel Comune di Pachino al foglio 13, particella 452.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica delle strutture di fondazione sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel proseguo della presente relazione:

- ✓ **Legge 5 novembre 1971, n.1086** (G.U. 21 dicembre 1971, n.321) – "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- ✓ **Legge 2 febbraio 1974, n.64** (G.U. 21 marzo 1974, n.76) – "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".

- ✓ **D.M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018** (G.U. 20/02/2018 N.42 – Suppl. Ord. n.8) – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione delle norme precedenti, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti normative:

- ✓ **Circolare 21/1/2019 n°7 C.S.LL.PP.** – Istruzioni per l’applicazione dell’”Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 – pubblicato su S.O. n°5 della G.U. 11/2/2019 n°35.
- ✓ **Eurocodice 3** – “Progettazione delle strutture in acciaio” – EN 1993-1-1
- ✓ **Eurocodice 7** – “Progettazione geotecnica” – EN 1997-1

3. ELEMENTI CARATTERIZZANTI L’IMPIANTO

3.1. Strutture fotovoltaiche

L’ancoraggio della struttura di supporto dei pannelli fotovoltaici al terreno sarà affidato ad un sistema di fondazione costituito da pali in acciaio zincato infissi nel terreno tramite battitura, e laddove le condizioni del terreno non lo permettano, si procederà tramite trivellazione. I vantaggi di tale tipologia di fondazione sono molteplici, ovvero:

- ✓ tempi di realizzazione delle fondazioni notevolmente ridotti;
- ✓ totale assenza di scavi e getto di calcestruzzo;
- ✓ ridotto impiego di personale per la posa;
- ✓ reversibilità dell’intervento grazie alla facile rimozione dei pali;
- ✓ possibile riutilizzo e riciclo dei pali;
- ✓ minimo impatto ambientale in riferimento alle componenti del paesaggio e alla contaminazione delle acque del sottosuolo.

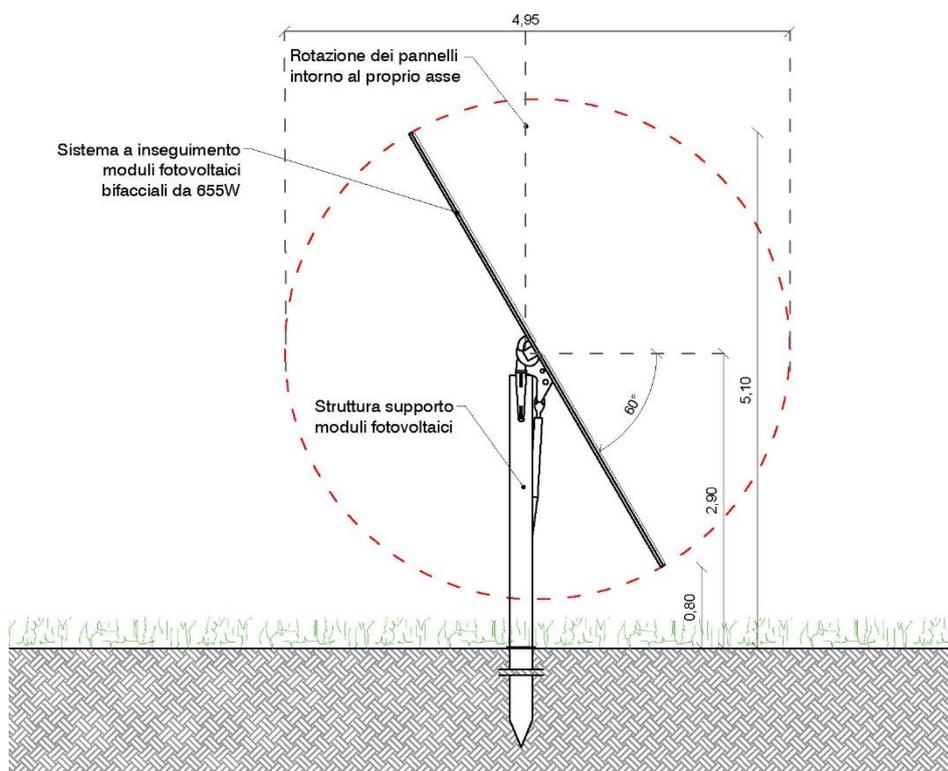


Figura 2 - Particolare delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici

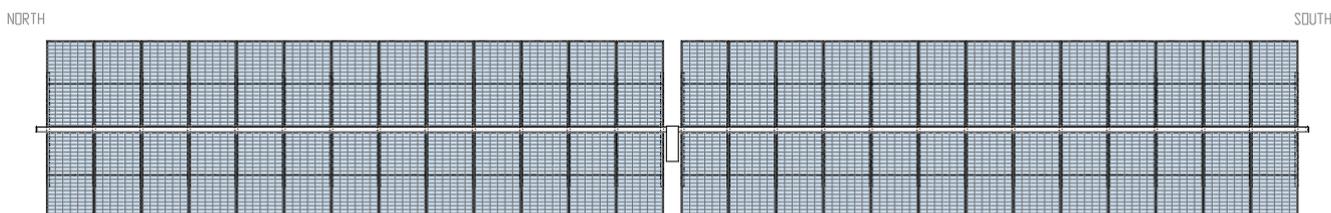


Figura 3 – Tracker – vista frontale e superiore a 0°

3.2. Recinzione

La recinzione sarà costituita da una rete metallica a maglia sciolta con montanti in acciaio zincato a caldo, posizionati perfettamente in linea tra loro secondo le prescrizioni del produttore e ancorati nel terreno attraverso l'infissione degli stessi ad una profondità di 100 cm.

Tale soluzione tecnica adottata per l'ancoraggio al terreno ha il vantaggio di essere rapida, semplice e reversibile, riducendo al minimo l'impatto ambientale e preservando la condizione naturale del terreno. A completamento della recinzione sarà installato un cancello d'ingresso avente le stesse caratteristiche

di quest'ultima e pali laterali realizzati con profili in acciaio zincato a caldo ancorate con appositi tirafondi al plinto prefabbricato di fondazione.

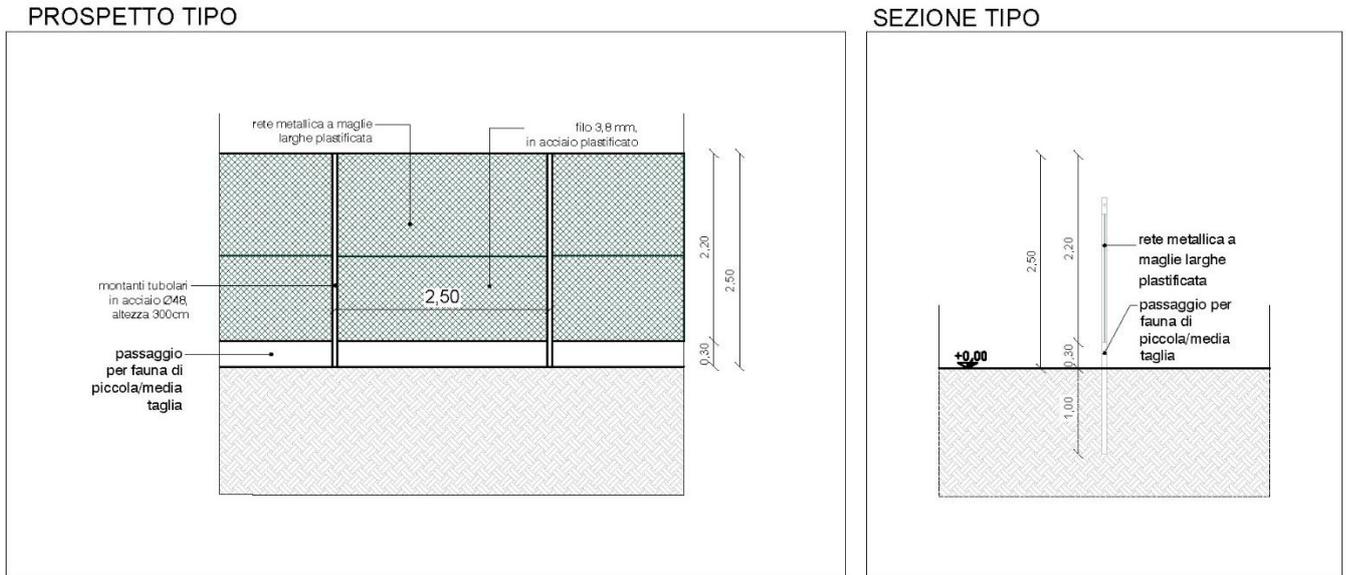


Figura 4 - Particolare delle recinzioni

VISTA FRONTALE RECINZIONE E CANCELLO DI INGRESSO

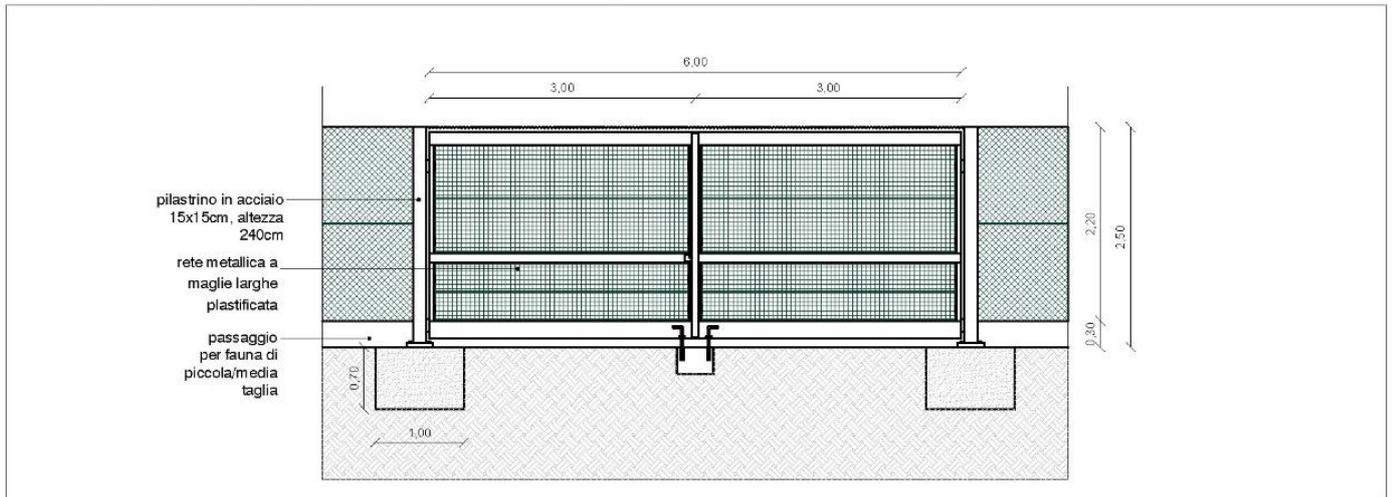


Figura 5 - Particolare del cancello di ingresso all'area di impianto

3.3. Cabine elettriche

All'interno della recinzione dell'impianto troveranno ubicazione le seguenti cabine elettriche: 3 *Cabina di Raccolta*, 5 *Cabine dei Servizi Ausiliari* e 13 *Cabine di campo Trasformatore*.

Le cabine contenenti i trasformatori di campo, dedicate all'alloggiamento delle apparecchiature elettriche, saranno costituite da **monoblocchi prefabbricati** con struttura monolitica autoportante. Le pareti del monoblocco avranno uno spessore minimo di 8 cm. La conformazione del tetto sarà tale da assicurare un normale deflusso delle acque meteoriche, per tale motivo non sono previsti tubi di gronda all'esterno e/o all'interno del monoblocco. Le dimensioni specifiche delle fondazioni di ciascuna cabina sono riportate all'interno della tavola *IE04 – Cabine di campo e raccolta*.

Si precisa che le cabine elettriche saranno trasportate in loco e successivamente posizionate su una vasca di fondazione prefabbricata della tipologia illustrata nella figura sottostante senza alcun tipo di getti di calcestruzzo in opera. I prefabbricati saranno alloggiati nel terreno, previo scavo di fondazione di circa 1 metro sul quale verrà steso uno strato di geo tessuto e un letto di misto granulare stabilizzato per uno spessore di circa cm 10 che assolverà ad una funzione livellante. Tutte le dimensioni delle cabine sono state progettate in funzione agli ingombri delle apparecchiature previste e dei necessari spazi di manovra e di sicurezza.

3.4. Scavi e rinterrati

Come già descritto, il progetto non prevede in generale scavi di fondazione in quanto le strutture da posizionare seguiranno l'andamento morfologico del terreno. Gli unici scavi previsti, che coinvolgono solamente lo strato vegetale del terreno, sino alla profondità massima di 1,00 metro, saranno:

- ✓ Scavi per la posa delle vasche prefabbricate di fondazione delle cabine;
- ✓ Scavi per la posa di condutture di ogni tipo.

Entrambe le tipologie di scavo saranno realizzate a sezione obbligata con l'ausilio di mezzi meccanici e raggiungeranno il piano di posa dei manufatti/cavidotti, superandoli di circa 10 cm. Lungo il percorso dei cavidotti saranno posizionati pozzetti prefabbricati rompitratta in cls prefabbricato. Per i rinterrati si utilizzerà una piccola quantità di sabbia e la restante parte dei rinterrati sarà realizzata con il materiale di risulta dello scavo. Le tubazioni di scolo e i fossi scoperti pubblici o privati che fossero eventualmente incontrati negli scavi saranno conservati all'uso previ accordi con i singoli enti o proprietari. Per la

realizzazione degli scavi saranno adottate tutte le precauzioni necessarie per ottemperare alle normative vigenti sulla sicurezza delle cose e delle persone. Inoltre, saranno adottati tutti gli accorgimenti per evitare di intralciare il traffico veicolare, sia con il cantiere in sé che con i materiali di risulta.

3.5. Viabilità interna

All'interno dell'area interessata dall'impianto verranno realizzati dei percorsi carrabili per consentire una viabilità agevole per gli spostamenti all'interno dell'impianto, per l'accesso ai quadri di parallelo e alle strutture dei moduli fotovoltaici nonché per l'accesso alle cabine e ai vani tecnici. Le infrastrutture viarie saranno realizzate, ai fini di un corretto inserimento ambientale, in massicciata tipo "MacAdam". La rete viaria sarà realizzata rimuovendo lo strato di terreno vegetale, provvedendo alla successiva stesura di geotessuto. Successivamente si provvederà alla posa di materiale arido di riempimento ed uno strato di misto granulare stabilizzato di cava. Di fondamentale importanza è la creazione dello strato di base, che è la parte della sovrastruttura stradale con prevalente resistenza alle azioni flessionali. La sezione stradale della nuova viabilità sarà realizzata prevedendo una larghezza minima di circa 3,5 m. Per quanto concerne le acque meteoriche è prevista una pendenza trasversale della sede stradale del 2% per tutte le tipologie di sezioni tipo definite: questa è rivolta verso i lembi esterni della medesima sede per allontanare le acque meteoriche e farle confluire nel terreno laterale in cui verranno realizzate cunette per lo scorrimento delle acque meteoriche.

4. CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

Prima di procedere al predimensionamento dei pali di fondazione che sosterranno le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici e all'individuazione dei pesi propri e dei carichi agenti (vento, neve, azioni sismiche) su di essa, è necessario caratterizzare l'area di intervento, al fine di utilizzare correttamente tutti i parametri e i coefficienti previsti dalla normativa.

4.1. *Inquadramento geologico e geomorfologico generale*

L'area in studio ricade nel settore sud-orientale della Sicilia in corrispondenza del settore meridionale del plateau ibleo.

L'area iblea secondo la letteratura geologica più recente insieme a quella maltese e pugliese, costituisce parte delle propaggini settentrionali della "Placca Africana", che nell'area mediterranea e quindi in Sicilia, già all'altezza della Piana di Catania continua attualmente e scontrarsi con la Placca Europea.

Nell'area sono presenti in affioramento calcareniti e calciruditi sino a calcari conchigliari e calcari brecciati, passanti verso il basso e lateralmente a marne calcaree giallastre. Queste ricoprono in disconformità stratigrafica delle marne giallastre e dei calcari marnosi pulverulenti.

Le caratteristiche morfologiche che si riscontrano nell'area, sono evidentemente in relazione alla natura litologica delle formazioni affioranti ed al particolare assetto strutturale.

L'area si presenta leggermente ondulata con quote massime che non superano i 38 m s.l.m. e digrada verso la linea di costa meridionale con deboli valori di pendenza. L'idrografia locale nel complesso rivela una fase di maturità. La costa è quasi esclusivamente sabbiosa ed è contraddistinta dalla presenza della depressione del Pantano Longarini, che stagionalmente assume un carattere paludoso.

L'aspetto strutturale dei terreni della zona è estremamente semplice; sempre modesti sono i valori di pendenza che presentano le varie forme. La regione, dal Cretacico al Miocene, non è stata interessata da energetiche azioni plicative, ma soltanto da movimenti epirogenetici indicati dalle numerose lacune che interessano la serie stratigrafica.

4.2. Caratterizzazione sismica del sito

Riguardo alla stratigrafia sito-specifica, si è fatto riferimento a una perforazione per la ricerca di acqua sita nel comune di Noto non molto distante dai siti d'interesse

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	2,50	2,50		TERRENO AGRARIO E DI RIPORTO CON CAMICIA METALLICA
2	2,50	88,00	85,50	PLIOCENE	MARNE E CALCARI MARNOSI BIANCASTRI, PERMEABILI PER POROSITA' E COSTITUENTI ACQUIFERO SUPERFICIALE LIBERO.
3	88,00	193,00	105,00	SERRAVALLIANO-TORTONIANO	MARNE ARGILLOSE GRIGO - AZZURRE DELLA FORMAZIONE TELLARO, IMPERMEABILI.
4	193,00	220,00	27,00	LANGHIANO	ALTERNANZA CALCARENITICO - MARNOSA E LIVELLO A BANCHI DEL MEMBRO IRMINIO DELLA FORMAZIONE RAGUSA, A PERMEABILITA' SECONDARIA (PER FRATTURAZIONE DEGLI STRATI).

In virtù del D.M. 17/01/2018 T.U., al fine di definire le azioni sismiche di progetto bisogna innanzitutto classificare le formazioni insistenti nel sito. Le categorie lito-stratigrafiche sono state divise in 5 classi (A-B-C-D-E) definite dal valore della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio. Il valore delle $V_{s,eq}$ è stato calcolato con la seguente relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

h_i , spessore dell'iesimo strato;

$V_{s,i}$, velocità delle onde di taglio nell'iesimo strato;

N , numero di strati;

H , profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

I valori delle velocità di cui si ha conoscenza, scaturite dall'indagine sismica tipo MASW, oscillano tra 390/650 m/sec facendo classificare i terreni interessati dagli impianti nella CATEGORIA B:

B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $360 \text{ m/sec} < VS_{eq} < 800 \text{ m/sec}$

Per quanto riguarda la categoria topografica si dovrà fare riferimento alla categoria

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

I parametri di spettro, per coordinate geografiche, per classe d'uso delle opere (classe II) e vita nominale di 50 anni, sono:

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascun S

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.038	2.550	0.268
SLD	50	0.051	2.521	0.291
SLV	475	0.172	2.498	0.350
SLC	975	0.248	2.410	0.362

4.3. Geotecnica dei terreni fondali

I valori delle caratteristiche fisico meccaniche dei litotipi presenti all'interno dei vari lotti, sono state attinti, come valori medi, da dati di letteratura, che dovranno tuttavia eventualmente essere verificati con indagini puntuali e relative prove di laboratorio:

- **Parametri geotecnici Calcareniti giallastre:**

Coesione $C = 0,10 \text{ Kg/cm}^2$

Angolo d'attrito interno $\phi = 35^\circ$

Peso volumico apparente $\gamma = 2.00 \text{ t/m}^3$;

- **Parametri geotecnici Calcari marnosi:**

Coesione $C = 0,20 \text{ Kg/cm}^2$

Angolo d'attrito interno $\phi = 24^\circ$

Peso volumico apparente $\gamma = 1.95 \text{ t/m}^3$

- **Parametri geotecnici Marne e calcari marnosi:**

Coesione $C = 0,25 \text{ Kg/cm}^2$

Angolo d'attrito interno $\phi = 25^\circ$

Peso volumico apparente $\gamma = 1.95 \text{ t/m}^3$

- **Parametri geotecnici Alternanza di calcareniti e marne:**

Coesione $C = 0,21 \text{ Kg/cm}^2$

Angolo d'attrito interno $\phi = 44^\circ$

Peso volumico apparente $\gamma = 2.15 \text{ t/m}^3$

L'ancoraggio delle strutture di supporto dei pannelli fotovoltaici al terreno, sarà affidato ad un sistema di fondazione costituito da pali in acciaio zincato infissi nel terreno tramite battitura, laddove le condizioni del terreno non lo permettano si procederà tramite trivellazione. Questa evenienza potrà essere verificata tramite indagini penetrometriche (CPT e/o SPT) che oltre a fornire i parametri geotecnici puntuali del terreno risultano essere logisticamente molto speditive.

5. CARICHI AGENTI

Sulla base della caratterizzazione dell'area di interesse è possibile procedere all'individuazione dei carichi agenti sulla struttura e delle relative combinazioni utili per l'analisi strutturale.

Di seguito sono dettagliate le azioni del vento e della neve. Le sollecitazioni indotte dal sisma risultano inferiori a quelle dovute al vento; pertanto, l'azione sismica può essere trascurata.

5.1. *Peso proprio della struttura*

La struttura considerata ai fini della generazione del modello strutturale è costituita da un sistema TRACKER di dimensioni in pianta pari a 4,918 x 17,059 metri, composto da 52 moduli fotovoltaici ancorati ad un unico telaio in acciaio a sezione scatolare 50x70mm mediante staffaggi in alluminio. Il telaio, a sviluppo rettangolare di sezione 110x110mm, sarà a sua volta collegato al sistema basculante. I pali di fondazione battuti, in acciaio, costituiranno l'ancoraggio e la fondazione al suolo delle vele. La superficie occupata dalla singola struttura è pari a 170,2 mq.

Il peso proprio del modello, espresso in termini di incidenza a metro quadro, risulta essere pari a **31,07 Kg/mq (0,304 KN/mq)**, e si articola nel seguente modo:

- ✓ 52 moduli fotovoltaici da 655W, dimensioni 2384x1303x35 mm, peso singolo modulo 39,40 Kg. Peso complessivo pari a 2048,80 kg. *Incidenza a metro quadro pari a 12,04 Kg/mq;*
- ✓ *Accessori vari di montaggio, di peso complessivo pari a 43,50 kg. Incidenza a metro quadro pari a 0,26 Kg/mq*
- ✓ 28 traversi in alluminio sezione 40x40x2mm con funzione di supporto per ancoraggio moduli fotovoltaici alla sottostruttura. *Incidenza a metro quadro pari a 0,39 Kg/mq;*
- ✓ 1 trave basculante realizzata con profili scatolari in acciaio 100x100 mm, peso specifico 9,00 kg/m. *Incidenza a metro quadro pari a 1,85 Kg/mq;*
- ✓ 11 pilastri in profili HEB180 (Cfr. Tav. AR06-Strutture di supporto) predimensionati in 2000x180x180mm, spessore 10,00 mm. Peso singolo palo pari a 102,40 Kg peso complessivo pari a 1126,40 Kg. Incidenza a metro quadro pari a 6,62 Kg/mq;
- ✓ 11 pali di fondazione battuti in profili HEB180 (Cfr. Tav. AR06-Strutture di supporto) predimensionati in 3000x180x180mm, spessore 10,00 mm. Peso singolo palo pari a 153,60 Kg peso complessivo pari a 1689,60 Kg. Incidenza a metro quadro pari a 9,93 Kg/mq.

5.2. Azione del vento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

La **velocità base di riferimento** v_b è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno $TR = 50$ anni. In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, v_b è data dall'espressione:

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

Dove

$V_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare;

c_a è il coefficiente di altitudine ($c_a = 1$ in quanto $a_s \leq a_0$)

Dall'analisi del posizionamento geografico è possibile stabilire che il sito è posizionato in **Zona 4**, a cui corrispondono i parametri di velocità ed altezza di riferimento riportati di seguito:

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

Figura 6 - parametri di macrozonazione eolica

Pertanto, la velocità base di riferimento risulta essere pari a $V_b = 28 \text{ m/s}$.

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

$$V_r = V_b \cdot C_r$$

Dove

v_b è la velocità base di riferimento;

c_r è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto T_R .

In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, il coefficiente di ritorno è fornito dalla seguente relazione:

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

Considerando un $T_R = 50$ anni, cui corrisponde $c_r = 1$, la velocità di riferimento è uguale alla velocità base di riferimento:

$$V_r = V_b = 28 \text{ m/s.}$$

▪ **Azioni statiche equivalenti**

Le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione.

L'azione del vento sui singoli elementi che compongono la costruzione va determinata considerando la combinazione più gravosa delle pressioni agenti sulle due facce di ogni elemento.

Nel caso di costruzioni di grande estensione, si deve inoltre tenere conto delle azioni tangenti esercitate dal vento. L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando come direzione del vento quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione.

La **pressione del vento** è data dall'espressione:

$$P = q_r c_e c_p c_d$$

Dove:

q_r è la pressione cinetica di riferimento;

c_e è il coefficiente di esposizione;

c_p è il coefficiente di pressione;

c_d è il coefficiente dinamico.

La **pressione cinetica di riferimento** q_r è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho V_r^2$$

Dove

V_r è la velocità di riferimento del vento;

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a $1,25 \text{ kg/m}^3$.

Per un tempo di ritorno pari a $T_R = 50$ anni e per un'altitudine s.l.m. del sito pari a 20m, la velocità di riferimento V_r è pari alla velocità base di riferimento, ovvero pari a 27 m/s; pertanto, la pressione cinetica di riferimento **$q_r = 490 \text{ N/m}^2$** .

Il **coefficiente di esposizione** c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito dove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche esso è dato dalla formula:

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

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

Considerando un'altezza s.l.m. di 20 m, l'area d'interesse appartiene alla **classe di rugosità D** e **categoria di esposizione II**:

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 innevate 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).

Figura 7 - Classi di rugosità del terreno

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

Figura 8 - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Con la struttura in condizioni di riposo (moduli in posizione orizzontale) i pannelli fotovoltaici avranno un'altezza dal piano campagna pari a **$z=2,90m$** (struttura in condizioni di riposo); pertanto, il coefficiente di esposizione è pari a **$c_e = 1,80$** .

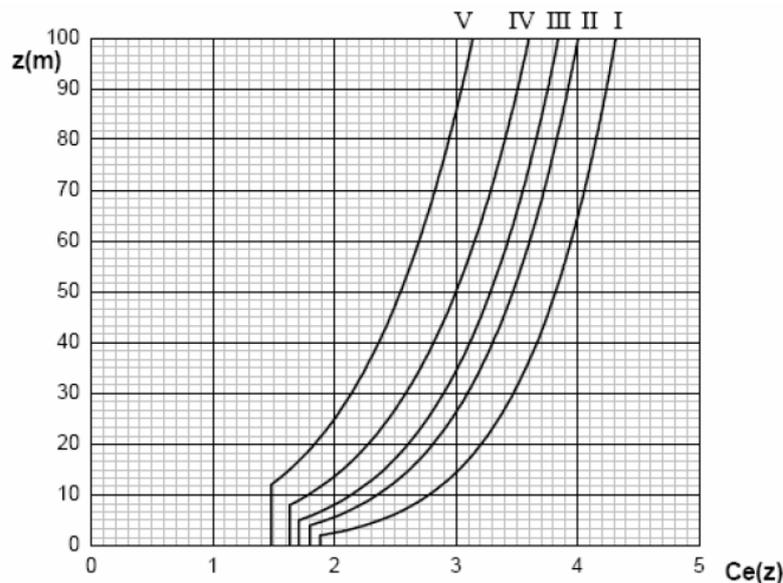


Figura 9 - Andamento del coefficiente di esposizione c_e in funzione dell'altezza sul suolo

Il **coefficiente di pressione c_p** dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Nello specifico, considerando l'inclinazione del pannello oscillante tra $\alpha = \pm 60^\circ$, è stato assunto **$c_p = 1,6$** .

Il **coefficiente dinamico c_d** tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Esso

può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Da quanto sopra esposto, scaturiscono i seguenti parametri utili al calcolo della pressione del vento e dell'azione statica equivalente:

Pressione del vento		
Descrizione	u.m.	q.tà
q_r - pressione cinetica di riferimento	N/m ²	490,00
ρ	kg/m ³	1,25
c_e - coefficiente di esposizione	-	1,80
z - struttura in condizioni di riposo	m	2,90
z _{min}	m	4,00
z ₀	m	0,05
K _r	-	0,19
c_p - coefficiente di pressione	-	1,60
C_d - coefficiente dinamico	-	1,00
p - pressione del vento	kN/m²	1,411

5.3. Azione della neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

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

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.

In accordo con le NTC 2018, considerando un'altitudine sul livello del mare pari a **a_s = 20 m**, il valore di riferimento del carico della neve al suolo è dato dalla seguente relazione:

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:

$$\begin{aligned}
 & q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2 & a_s \leq 200 \text{ m} \\
 & q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 & a_s > 200 \text{ m}
 \end{aligned}
 \tag{3.4.5}$$

Figura 10 - Valore di riferimento del carico della neve al suolo

Pertanto, q_{sk} è pari a $0,60 \text{ kN/m}^2$.

Considerando un'inclinazione del pannello da 0° a 60° , il coefficiente di forma μ_i è assunto pari a $0,80$ (condizione più gravosa):

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

Figura 11 - Valori del coefficiente di forma

Il coefficiente di esposizione C_E tiene conto delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera ed è stato assunto pari a $1,00$:

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

Figura 12 - Valori di C_E per diverse classi di esposizione

Il coefficiente termico tiene conto della riduzione del carico della neve, a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente dipende dalle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere posto $C_t = 1$.

Da quanto sopra esposto, scaturiscono i seguenti parametri utili al calcolo del carico neve:

Carico della neve sulle coperture		
Descrizione	u.m.	q.tà
q_{sk} - valore di riferimento carico neve al suolo	kN/m ²	0,60
a_s - altitudine s.l.m.	m	20,00
μ_i - coefficiente di forma della copertura	-	0,80
C_E - coefficiente di esposizione	-	1,00
C_t - coefficiente termico	-	1,00
q_s - carico neve	kN/m ²	0,48

5.4. Combinazioni di carico

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni sono state effettuate con l'Approccio 2, come definito al §2.6.1 del DM 2018, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella Tab. 6.2.1 del D.M. 2018.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Figura 13 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella Tab. 6.2.II del DM 2018.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_r	γ_r	1,0	1,0

Figura 14 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

I valori di riferimento del terreno sono stati verificati tramite i coefficienti della colonna R3 pali infissi definiti nella Tab.6.4.II del DM 2018:

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Figura 15 - Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

5.5. Verifiche geotecniche

Le fondazioni delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici saranno costituite da pali in acciaio di profilo HEB 180.

L'avanzamento del terreno alla profondità desiderata avviene attraverso un processo di battitura del palo. In accordo con le NTC 2018, le verifiche sono state effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3); sono state considerate le caratteristiche meccaniche dei terreni riportate nella Relazione Geologica.

5.5.1. Equazione generale della capacità portante dei pali

Il calcolo della capacità portante dei pali segue la trattazione teorica del carico limite di una fondazione superficiale. Ai fini del calcolo, il carico limite di un palo Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote: la resistenza alla punta P_{lim} e la resistenza laterale S_{lim} :

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

Dove:

P_{lim} è la resistenza alla punta che nel caso in esame è stata posta pari a zero in quanto la superficie alla punta del palo è approssimabile a zero;

$$S_{lim} = s * \text{perimetro} * L \quad \bullet$$

$$s = \mu * k * \sigma'_{v_o} \quad \bullet$$

I coefficienti μ e k sono stati definiti dalla tabella seguente:

Tipo di palo	k (S)	k (D)	μ
Batt. profilato	0.7	1.0	0.36
Batt. tubo acc. chiuso	1.0	2.0	0.36
Batt. Cls prefabbricato	1.0	2.0	$\tan(0.75\varphi')$
Batt. Cls gettato	1.0	3.0	$\tan(\varphi')$
Trivellato	0.5	0.4	$\tan(\varphi')$
Elica continua	0.7	0.9	$\tan(\varphi')$

Figura 16 - Valori di k e μ in funzione del tipo di palo e del terreno

Da quanto sopra esposto, scaturiscono i seguenti parametri utili al calcolo del carico limite Q_{lim} :

CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI		
Descrizione	u.m.	q.tà
Q_{lim} - carico limite palo	kN	25,65
P_{lim} - resistenza alla punta	kN	0,00
S_{lim} - resistenza laterale	kN	25,65
s	kN/m ²	14,74
μ	-	0,36
k	-	0,70
Y terreno	kN/m ³	19,50
z - profondità infissione	m	3,00
P - perimetro	m	0,58
σ'	kN/m ³	58,50

Pertanto, il carico limite del palo Q_{lim} è pari a:

$$Q_{lim} = S_{lim} = 25,65 \text{ kN}$$

5.5.2. Verifica a carico limite verticale

Le forze agenti sulla struttura di fondazione sono di seguito riportate.

L'area su cui agiscono le sollecitazioni è pari all'area del singolo pannello fotovoltaico (A_P), circa 3.11m².

VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE		
AP - area pannello	m ²	3,11
P.P_{pannello}	kN	0,386
P.P_{UPN160}	kN	0,28
p - pressione del vento	kN/m ²	1,411
q _s - carico neve	kN/m ²	0,48
P_{neve}	kN	1,49
P_{vento}	kN	4,39
Y _{G1}	-	1,30
Y _{G2}	-	1,50
Y _{Qi}	-	1,50
Q_{es} - carico di esercizio	kN	9,77

Le varie forze agenti sono state combinate tra di loro utilizzando i coefficienti parziali per le azioni ed i coefficienti di combinazione riportati nelle NTC 2018.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Figura 17 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

$$Q_{es} = (\gamma_{G1} * P \cdot P_{UPN160}) + (\gamma_{G2} * P \cdot P_{pan}) + (\gamma_{Qi} * P_{neve}) + (\gamma_{Qi} * P_{vento})$$

Dove:

- γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;
- γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Quindi il carico di esercizio è risultato pari a:

$$Q_{es} = 9,77 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta essendo il rapporto tra $\frac{Q_{lim}}{Q_{es}} \geq \gamma_S$

Dove:

$\gamma_S = 1.15$ è il coefficiente laterale in compressione funzione del tipo di palo;

$$\frac{Q_{lim}}{Q_{es}} = 2,63 \geq 1.15$$

5.5.3. Verifica a sfilamento dei pali

Per la verifica a sfilamento del palo di fondazione è stata considerata l'azione del vento pari a **1.312kN/m²** che agisce sulla parte della struttura sottovento, in quanto risulta essere la più elevata. A vantaggio di sicurezza è stata considerata la risultante verticale agente alla superficie di azione del vento.

La combinazione di carico utilizzata è la seguente:

$$Q_{es} = (P \cdot P_{UPN160} + P \cdot P_{pan}) + (\gamma_{Qi} * P_{vento})$$

Pertanto, la **Q_{es}** risulta pari a **- 5.92 kN**.

A vantaggio di sicurezza viene amplificato solo il carico vento.

Essendo $S_{lim} = 25,65 \text{ kN}$ si ha un rapporto pari a $S_{lim}/Q_{es} = |4,33|$

Il rapporto tra S_{lim} e Q_{es} risulta maggiore di $\gamma_{st} = 1.25$, ovvero il coefficiente laterale di trazione. **Pertanto, la verifica a sfilamento risulta soddisfatta.**

5.5.4. Verifica al ribaltamento delle strutture fotovoltaiche

La verifica al ribaltamento dovuta all'azione del vento è stata condotta secondo le prescrizioni dettate dalle NTC2018, impiegando i coefficienti relativi allo stato limite di corpo rigido (EQU). Sono stati considerati come carichi stabilizzanti, generatori di altrettanti momenti stabilizzanti:

- il peso proprio delle strutture fotovoltaiche omnicomprensive di moduli, elementi strutturali e pali di fondazione;
- l'azione del terreno sui pali di fondazione, nelle sue componenti tangenziali e orizzontali in opposizione al movimento rotazionale della struttura

È stato invece considerato come carico sfavorevole l'azione del vento, calcolato secondo le prescrizioni NTC2018 e s.m.i. Sono inoltre stati applicati i coefficienti di riduzione e di amplificazione dei carichi così come riportati nelle tabelle:

VERIFICA AL RIBALTAMENTO STRUTTURE FOTOVOLTAICHE

Descrizione	u.m.	q.tà	Peso unitario [kg]	Peso complessivo [kg]
Moduli CanadiaSolar 655	cad.		52,00	39,40
Accessori vari	mq		145,00	0,30
Traversi in alluminio	ml		88,48	0,75
Trave basculante	ml		34,91	9,00
Pilastrini	ml		11,00	102,40
Pali di fondazione	ml		11,00	153,60
			Peso totale struttura [kg]	5288,85
			Peso totale struttura [KN]	51,83
			Superficie complessiva della struttura [mq]	170,20
			Superficie di competenza sul singolo pilastro [mq]	15,47
			Incidenza a mq peso struttura [KN/mq]	0,30
			Peso sul singolo pilastro [KN]	4,71
			Braccio della forza [m]	0,10
			Momento favorevole [KN m]	0,47
			Coefficiente	0,90
			Momento risultante [KN m]	0,42

Azione terreno su palo				
Lunghezza inserimento palo	Larghezza palo	Sup. laterale palo	Y terreno [KN/mc]	Forza risultante [KN]
3	0,2	0,6	19,5	52,65
			Braccio della forza	2
			Momento favorevole [KN m]	105,30
			Coefficiente	0,9
			Momento risultante [KN m]	94,77
			Momento stabilizzante totale [KN m]	95,19

Azione del vento		
Pressione a mq [KN/mq]	Superficie [mq]	Pressione telaio [KN]
1,4112	170,2	21,84
		Braccio della forza sfavorevole [m]
		2,40
		Momento sfavorevole [KN m]
		52,40
		Coefficiente
		1,5
		Momento ribaltante [KN m]
		78,61

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 $M_{stab} (95,19 \text{ kNm}) > M_{rib} (78,61 \text{ kNm})$.

5.6. Strutture prefabbricate di supporto per cancelli 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 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.

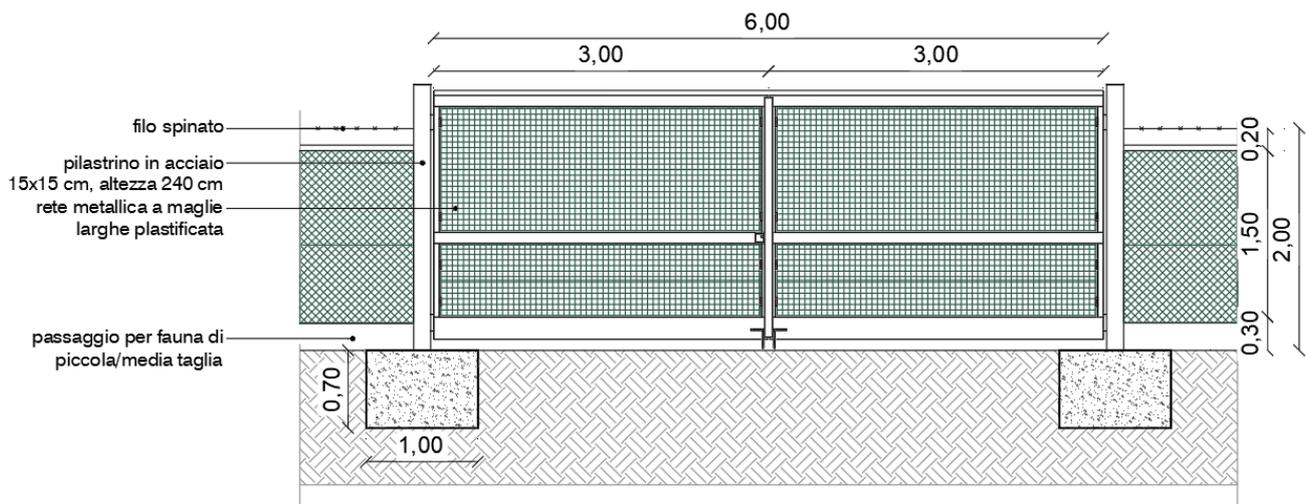


Figura 18 - Particolare cancello di ingresso all'area di impianto

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 all'impianto.

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 delle componenti della struttura metallica ivi compreso il plinto di fondazione, mentre è stata considerata sfavorevole l'azione del vento applicata alla superficie di competenza del pilastro in acciaio.

VERIFICA AL RIBALTAMENTO CANCELLI DI INGRESSO				
Peso complessivo struttura				
Descrizione	u.m.	q.tà	Peso unitario [kg]	Peso complessivo [kg]
Cancello	m	6,00	60,00	360,00
Accessori vari	mq	6,00	0,20	1,20
Pilastro in acciaio	cad.	2,00	47,50	95,00
Fondazione	cad.	2,00	1750,00	3500,00
Peso totale struttura [kg]				3956,20
Peso totale struttura [KN]				38,77
Braccio della forza [m]				0,50
Momento favorevole [KN m]				19,39
Coefficiente di riduzione				0,9
Momento risultante [KN m]				17,45

Azione terreno su palo				
Altezza plinto	Larghezza plinto	Sup. laterale plinto	Y terreno [KN/mc]	Forza risultante [KN]
0,7	1	0,7	19,5	9,56
Braccio della forza				0,23
Momento favorevole [KN m]				2,20
Coefficiente di riduzione				0,9
Momento risultante [KN m]				1,98
Momento stabilizzante totale [KN m]				19,42

Azione del vento		
Pressione a mq [KN/mq]	Superficie [mq]	Pressione telaio [KN]
1,4112	2	2,82
Braccio della forza sfavorevole [m]		2,00
Momento sfavorevole [KN m]		5,64
coefficiente		1,5
Momento ribaltante [KN m]		8,47

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 $M_{stab} (19,42 \text{ kNm}) > M_{Rib} (8,47 \text{ kNm})$

5.7. Strutture prefabbricate di supporto per le recinzioni perimetrali

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, ammorsata 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.

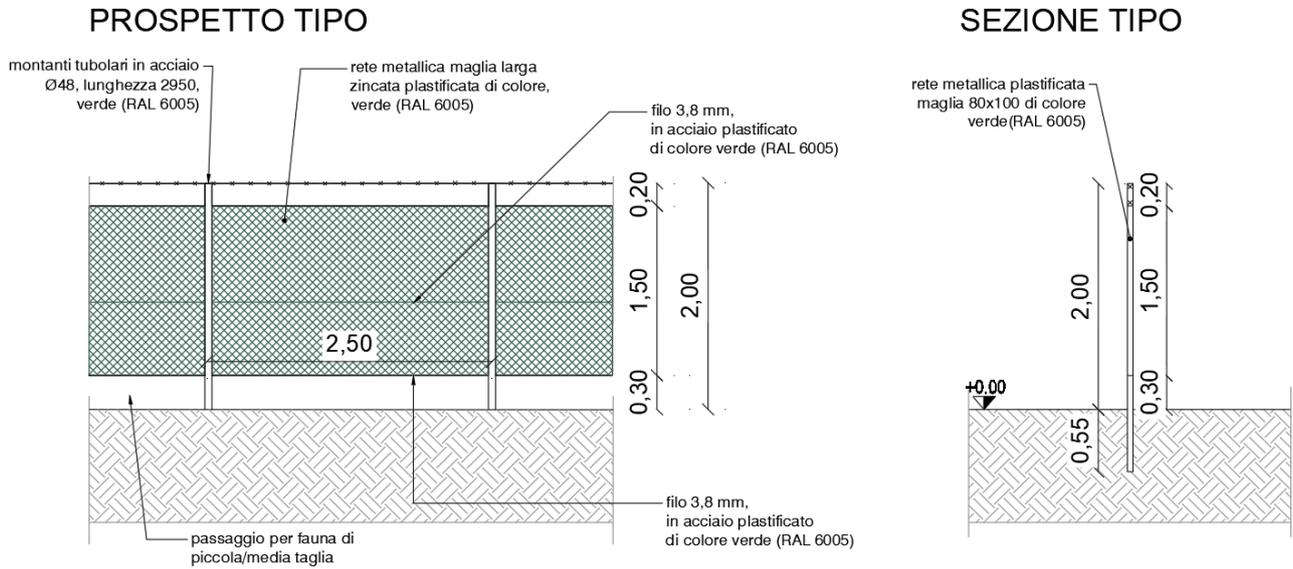


Figura 19 - Particolare delle recinzioni

VERIFICA AL RIBALTAMENTO RECINZIONI

Peso complessivo struttura					
Descrizione	u.m.	q.tà	Peso unitario [kg]	Peso complessivo [kg]	
Recinzioni	m	2,50	8,00	20,00	
Accessori vari	mq	2,00	0,20	0,40	
Pilastro in acciaio infisso	cad.	2,00	5,00	10,00	
Peso totale struttura [kg]				30,40	
Peso totale struttura [KN]				0,3	
Braccio della forza [m]				0,04	
Momento favorevole [KN m]				0,012	
Coefficiente di riduzione				0,9	
Momento risultante [KN m]				0,01	
Azione terreno su palo					
Lunghezza inserimento palo	Larghezza palo	Sup. laterale palo	Y terreno [KN/mc]	Forza risultante [KN]	
1	0,08	0,08	19,5	1,56	
Braccio della forza				0,66	
Momento favorevole [KN m]				1,0296	
Coefficiente di riduzione				0,9	
Momento risultante [KN m]				0,93	
Momento stabilizzante totale [KN m]				0,94	
Azione del vento					
Pressione a mq [KN/mq]	Superficie [mq]		Pressione telaio [KN]		
1,41	0,3		0,42336		
Braccio della forza sfavorevole [m]				1,05	
Momento sfavorevole [KN m]				0,444528	
coefficiente				1,5	
Momento ribaltante [KN m]				0,67	

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 $M_{stab} (0,94 KNm) > M_{Rib} (0,67 KNm)$.

Il tecnico

Ing. Renato Pertuso

