



Comune di Villacidro
Provincia del Sud Sardegna
Regione Sardegna



PROGETTO INTEGRATO DI PRODUZIONE ENERGETICA E AGRICOLA "VILLACIDRO" POTENZA AC 12 MW

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE

Edpr Sardegna S.r.l.
Via Roberto Lepetit 8/10
20124 - Milano



OGGETTO

D1 - ELABORATI DESCRITTIVI GENERALI

CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE E VERIFICHE GEOTECNICHE

TIMBRI E FIRME



**STUDIO ROSSO
INGEGNERI ASSOCIATI**

VIA ROSOLINO PILO N. 11 - 10143 - TORINO
VIA IS MAGLIAS N. 178 - 09122 - CAGLIARI
TEL. +39 011 43 77 242
studiorosso@legalmail.it
info@sria.it
www.sria.it

dott. ing. Roberto SESENNA
Ordine degli Ingegneri Provincia di Torino
Posizione n.8530J
Cod. Fisc. SSN RRT 75B12 C665C

dott. ing. Giorgio Efisio DEMURTAS
Ordine degli Ingegneri Provincia di Cagliari
Posizione n.5500
Cod. Fisc. DMR GGF 75L27 E441L

dott. ing. Rigo MOLINARI
Ordine degli Ingegneri Provincia di Messina
Posizione n. 31B
Cod. Fisc. MLN RGI 82T28 F206O

CONSULENZA

Coordinatore e responsabile delle attività:



Studio Gioed

VIA IS MIRRIONIS N. 178 - 09121 - CAGLIARI

Dott. ing. Giorgio Efisio DEMURTAS

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE
DATA	AGO2022
COD. LAVORO	528/SR22
TIPOL. LAVORO	D
SETTORE	G
N. ATTIVITA'	01
TIPOL. ELAB.	RC
TIPOL. DOC.	E
ID ELABORATO	2
VERSIONE	0

REDATTO

ing. Mirko TONDI

CONTROLLATO

ing. Roberto SESENNA

APPROVATO

Dott. ing. Giorgio Efisio DEMURTAS

ELABORATO

D1.2



INDICE

1. PREMESSA	2
2. CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'INTERVENTO	3
2.1 DATI DI PROGETTO	3
2.2 OPERE PREVISTE NEL PROGETTO DEL PARCO AGROVOLTAICO	3
2.3 OPERE DI CONNESSIONE	4
3. ELEMENTI STRUTTURALI	6
3.1 GENERATORE FOTOVOLTAICO	6
3.2 STRUTTURA DI SUPPORTO	7
3.3 CABINE ELETTRICHE	11
4. VERIFICHE PRELIMINARI	14
4.1 NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	14
4.2 ZONIZZAZIONE SISMICA	15
4.3 AZIONE DEL VENTO	15
4.4 AZIONE DELLA NEVE	15
4.5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO	15
4.5.1 <i>Assetto litostratigrafico locale</i>	16
4.5.2 <i>Modello geologico e caratteristiche litotecniche dei terreni di fondazione</i>	16
4.6 VERIFICA A RIBALTAMENTO DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI	18
4.6.1 <i>Coefficienti imposti per le verifiche ai sensi delle NTC 2018</i>	18
4.6.2 <i>Verifica al ribaltamento e sollevamento</i>	19



1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione dei calcoli preliminari delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici del progetto integrato di produzione energetica e agricola, ubicato nel territorio comunale di Villacidro.

L'impianto agrivoltaico denominato “Villacidro” è progettato per produrre energia elettrica da fonte solare fotovoltaica in collegamento alla rete MT di E-distribuzione (impianto grid – connected). L'impianto sarà costituito da due sezioni, Villacidro 1 e Villacidro 2 con due soluzioni tecniche di connessioni differenti. Entrambe le sezioni saranno a loro volta suddivise in due sottocampi.

Per Villacidro 1 (TICA 308432187) la soluzione tecnica elaborata, vista la potenza di connessione richiesta (5,99 MW), prevede l'allacciamento alla rete di Distribuzione tramite la realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in antenna da cabina primaria AT/MT “VILLACIDRO”. Per Villacidro 2 (TICA 310910166) la soluzione tecnica elaborata, vista la potenza di connessione richiesta (5,99 MW), prevede l'allacciamento alla rete di Distribuzione tramite la realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in antenna da cabina primaria AT/MT “VILLACIDRO”.

L'impianto agrivoltaico verrà realizzato nel comune di Villacidro (SU), in un terreno censito al catasto al foglio 111, particelle, 808, 213, 214 e al foglio 112, particelle, 21, 6, ed avente superficie totale di circa 220.000 mq. Esso, schematicamente, sarà costituito dal generatore fotovoltaico installato a terra a mezzo di strutture in acciaio zincato del tipo tracker monoassiale (strutture di sostegno motorizzate che permettono ai moduli di ruotare lungo l'asse nord-sud, in modo da mantenere la perpendicolarità al sole incidente, rispetto alla direzione ovest-est).



2. CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'INTERVENTO

2.1 DATI DI PROGETTO

L'intervento consiste della progettazione e realizzazione di un impianto agrovoltaiico collegato alla rete elettrica in media tensione, da installare su terreno agricolo con strutture del tipo tracker tali da ottimizzare la captazione dell'energia solare disponibile. Nella seguente tabella sono riassunti i dati generali del progetto.

Luogo di installazione:	Comune di Villacidro – Provincia di Sud Sardegna
Denominazione impianto:	VILLACIDRO
Potenza nominale totale (kW):	11.9888,00
Potenza nominale Sezione 1 (kW):	5.999,00 (TICA 308432187)
Potenza nominale Sezione 2 (kW):	5.999,00 (TICA 310910166)
Potenza di picco (kWp):	13.487,50
Tipo strutture di sostegno:	Tracker monoassiale
Inclinazione piano dei moduli:	Variabile
Angolo di azimuth ° (0°Sud – 90°Est):	0° Sud
Angolo di tilt °:	Variabile
Rete di collegamento:	Media tensione 15 kV E-Distribuzione
Gestore della rete:	E-Distribuzione SpA
Latitudine-longitudine (UTM 32 S)	482333.05 E 4370984.37 N

2.2 OPERE PREVISTE NEL PROGETTO DEL PARCO AGROVOLTAICO

Nel suo complesso l'impianto prevede:

- n°21.580 moduli fotovoltaici il Jollywood JWHD120N da 625 Wp;
- n°830 strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici;
- n°56 Inverter SUNGROW 250 (28 per sezione);
- n°56 quadri elettrici di sezionamento linee CC e parallelo stringhe (28 per sezione);
- n°4 quadri elettrici di parallelo inverter;
- n°4 cabine di trasformazione con relativo trasformatore MT/BT (prefabbricata e aerata) completa di:
 - n° 1 quadro di media tensione;



- n° 1 trasformatore MT/BT da 3.150 kVA;
 - n° 1 trasformatore per servizi ausiliari
 - n° 1 quadro generale servizi ausiliari
 - n° 1 UPS per energia di continuità impianti di sicurezza
 - n° 1 UPS per energia di continuità ausiliari quadro MT
 - n° 2 apparati di estrazione aria;
- n°2 cabina di smistamento;
 - n°2 cabina di consegna del produttore;
 - n°2 sistema di monitoraggio delle prestazioni di impianto;
 - n°2 sistema antincendio per ogni cabina;
 - n°2 sistema di videosorveglianza;
 - Cavi di potenza e di segnali per il collegamento fra i componenti forniti;
 - Scomparti elettrici di MT per collegamento, protezione e misura;
 - Accessori di montaggio e posa (cavidotti, canaline passerelle, ecc.);
 - Sistema di messa a terra;
 - Impianto di illuminazione;
 - Recinzione d'impianto.

2.3 OPERE DI CONNESSIONE

Le soluzioni tecniche di connessione, come scritto precedentemente, prevederanno:

- Villacidro 1 (sezione 1):
 - Realizzazione di fabbricato cabina così come da specifica DG 2061 Ed 9 con tetto a due falde e copertura in coppi;
 - Costruzione di nuova tratta di LINEA a 15 KV IN CAVO INTERRATO in AL isolato in XLPE tipo cordato ad elica visibile in formazione 3x240mm², di lunghezza pari a circa 4.172 m, (2.516 m su asfalto e 1.656 m su terreno) ;
 - Posa di Fibra ottica di lunghezza pari a 4,172 m;
 - Sistemazione ultimi 350 m di strada con tout-venant per accesso cabina di consegna.



- Villacidro 2 (sezione 2):
 - Realizzazione di fabbricato cabina così come da specifica DG 2061 Ed 9 con tetto a due falde e copertura in coppi;
 - Costruzione di nuova tratta di LINEA a 15 KV IN CAVO INTERRATO in AL isolato in XLPE tipo cordato ad elica visibile in formazione 3x240mm², di lunghezza pari a circa 3.903 m, (2.516 m su asfalto e 1.387 m su terreno) ;
 - Posa di Fibra ottica di lunghezza pari a 3.903 m;

Andranno inoltre effettuati interventi sulla rete esistente così come meglio dettagliato nella STMG (interruttore MT in CP).



3. ELEMENTI STRUTTURALI

3.1 GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico sarà formato dalla connessione di moduli fotovoltaici che trasformano l'energia solare incidente direttamente in energia elettrica.

La scelta del tipo di modulo fotovoltaico da utilizzare per un progetto di un impianto di potenza è da porsi in relazione principalmente ad una serie di aspetti tecnici:

- Superficie disponibile all'installazione: infatti le differenti densità di potenza dei moduli fotovoltaici commerciali comportano, a pari area occupata, l'installazione di potenze totali differenti. Questo dato è legato soprattutto alle diverse tecnologie disponibili sul mercato;
- Caratteristiche climatiche locali: lo spettro luminoso, le escursioni termiche, la latitudine, l'ambiente circostante sono elementi da considerare nella scelta della tecnologia da utilizzare per ogni progetto d'impianto.
- Valutazioni accurate nella risposta energetica dei moduli fotovoltaici alle condizioni climatiche sono la base progettuale delle soluzioni tecniche.

È bene precisare che le seguenti indicazioni di modello e fornitura (così come le altre individuate per i diversi componenti) sono da intendersi come indicative, in considerazione del fatto che saranno ammissibili soluzioni alternative purché equivalenti e/o migliorative di quanto già previsto. In tutti i casi, i materiali e le apparecchiature montate in opera saranno scelti tra quelle delle primarie società costruttrici a livello mondiale.

Dalle valutazioni effettuate sul sito di installazione in merito ai dati solari e di temperatura nel corso dell'anno, si propone l'uso della tecnologia cristallina. In virtù di ciò sono stati selezionati moduli a doppio vetro che hanno la capacità di convertire la luce incidente dal lato posteriore insieme al lato anteriore in elettricità,

fornendo una maggiore potenza di uscita, con un coefficiente di temperatura inferiore, minore perdita di ombreggiatura e migliore tolleranza di carico meccanico. Il tipo di modulo proposto è progettato appositamente per applicazioni di impianti di grande taglia collegati alla rete elettrica ed è composto da celle in silicio monocristallino ad alta efficienza completo di cornice in alluminio anodizzato.

Il modulo proposto è il Jollywood JWHD120N da 625 Wp.

Le caratteristiche tecniche del modulo fotovoltaico proposto sono raccolte nell'allegato A ed illustrate brevemente nel seguito:



Modulo	Jolywood JWHD156N 625 Wp
Potenza (Wp)	625 Wp
Corrente di cortocircuito	14,25 A
Tensione a vuoto (Voc)	55,3 V
Corrente ad MPP (Imp)	13,5 A
Tensione ad MPP (Vmp)	46,3 V

Come descritto precedentemente, il progetto del generatore agrivoltaico vede l'installazione di 21.580 moduli fotovoltaici rispettivamente diviso in due sezioni che saranno ulteriormente divise in due sottocampi indipendenti facenti capo ciascuno a 14 inverter del tipo di stringa per un totale di 28 per sezione.

Ogni sottocampo sarà collegato ad una cabina di trasformazione per il passaggio dalla corrente continua ad alternata. I cavi in uscita dalle cabine di trasformazione saranno convogliati in una cabina di smistamento per il collegamento alla cabina di consegna utente, alla cabina di consegna del distributore e all'elettrodotto di connessione che convoglierà l'energia prodotta alla cabina MT della sottostazione AT/MT Villacidro.

3.2 STRUTTURA DI SUPPORTO

Le funzioni principali della struttura di sostegno del generatore fotovoltaico consistono nel fissaggio sicuro dell'insieme dei moduli da installare, nella adeguata esposizione ai raggi solari compatibilmente con la soluzione di posa. Le peculiarità delle strutture di sostegno selezionate sono:

- Riduzione dei tempi di montaggio;
- Facilità di montaggio e smontaggio dei moduli fotovoltaici;
- Meccanizzazione della posa;
- Ottimizzazione dei pesi;
- Miglioramento della trasportabilità in sito.

Per il presente progetto si utilizzerà una **struttura in acciaio zincato del tipo tracker**. Esse saranno quindi motorizzate, e permetteranno ai moduli di ruotare lungo l'asse nord-sud, in modo da mantenere la perpendicolarità al sole incidente, rispetto alla direzione ovest-est.

Le caratteristiche generali della struttura progettata per l'impianto in oggetto sono:

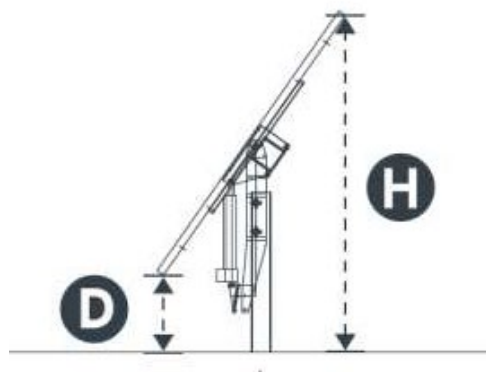
- Materiale: Acciaio zincato
- Tipo di struttura: infissa nel terreno senza fondazioni
- Inclinazione sull'orizzontale (tilt): Variabile
- Esposizione (azimuth): 0° S

Le strutture di sostegno sono collegate alla terra di impianto per assicurare la protezione contro le sovratensioni indotte da fenomeni atmosferici.

Il portale tipico della struttura progettata è costituito dalla stringa di **26 moduli montati con una disposizione per ospitare 1 fila di moduli per contenere l'altezza complessiva massima dell'installazione (H).**

Sulla base dei calcoli preliminari effettuati tale altezza è di circa **2,9 m nel caso di pannello orizzontale**, mentre l'altezza dal suolo minima (D) sarà di **2,1 m nel caso di pannello inclinato.**

In alcuni casi verrà utilizzata la configurazione costituita da 13 moduli (1/2 stringa).



L'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole anche sotto ai moduli fotovoltaici. Si configura dunque una condizione nella quale coesiste un duplice utilizzo del suolo, ed una integrazione massima tra l'impianto fotovoltaico e la coltura; in particolare i moduli fotovoltaici svolgono una funzione sinergica alla coltura, che si può esplicitare nella prestazione di protezione della coltura (da eccessivo soleggiamento, grandine, precipitazioni oltremodo violente, etc.) compiuta dai moduli fotovoltaici. In questa condizione la superficie occupata dalle colture e quella del sistema agrivoltaico coincidono, fatti salvi gli elementi costruttivi dell'impianto che poggiano a terra e che inibiscono l'attività in zone molto limitate e circoscritte del suolo.

La configurazione del sistema agrivoltaico risponde quindi ai requisiti del punto 2.5 REQUISITO C delle "Linee Guida in Materia di Impianti Agrivoltaici": l'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra. Inoltre si configura come **agrivoltaico avanzato, "TIPO 1)"** dove l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole anche sotto ai moduli fotovoltaici, configurandosi in questo modo "una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo, ed una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e la coltura, e cioè i moduli fotovoltaici svolgono una funzione sinergica alla coltura, che si può esplicitare nella prestazione di protezione della coltura".

Infatti l'altezza minima prevista (D) nel caso di attività colturali per consentire l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione sarà pari a 2,1 m. Come detto precedentemente la configurazione è da 26 moduli e sarà costituita da una colonna centrale dove è installato l'attuatore elettrico con il motore, due colonne intermedie e due colonne esterne. Tutte le colonne saranno provviste di sistema di ancoraggio per la struttura orizzontale completa di accessori di fissaggio. Con questo tipo di **configurazione**, oltre ad altri elementi che di seguito si analizzeranno, gli impianti sono identificabili come impianti agrivoltaici avanzati "TIPO 1)" che rispondono al REQUISITO C delle sopramenzionate Linee Guida ministeriali.

Tutte le colonne saranno provviste di sistema di ancoraggio per la struttura orizzontale completa di accessori di fissaggio.

La struttura di sostegno deve essere in grado di:

- reggere il peso proprio (dei pannelli e delle relative strutture di sostegno)
- carico neve
- azione del vento
- azioni sismiche

Il fissaggio al suolo della struttura porta-moduli avviene mediante l'utilizzo di un sistema di ancoraggio al suolo denominato "T-Block". Si presenta come una grossa vite autofilettante che penetra nel terreno fino ad una profondità di 2,0 m.

SEZIONE TRASVERSALI DI DUE FILE DI PANNELLI FOTOVOLTAICI scala 1:50

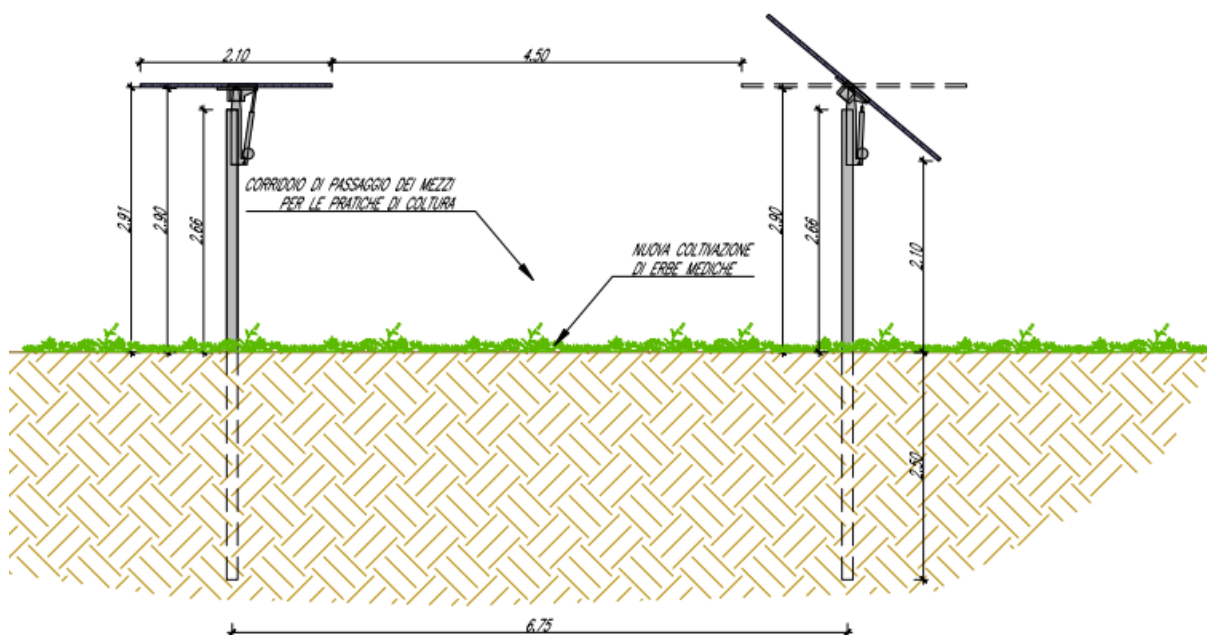


Figura 1 - Sezione trasversale e dettaglio della mobilità dei pannelli fotovoltaici.

Il T-Block viene piantato nel terreno, grazie ad un apposito macchinario, nel punto desiderato costituendo un punto di ancoraggio fermo capace di contrastare il momento di ribaltamento e l'azione di scivolamento indotta dalla sollecitazione del vento posteriore.

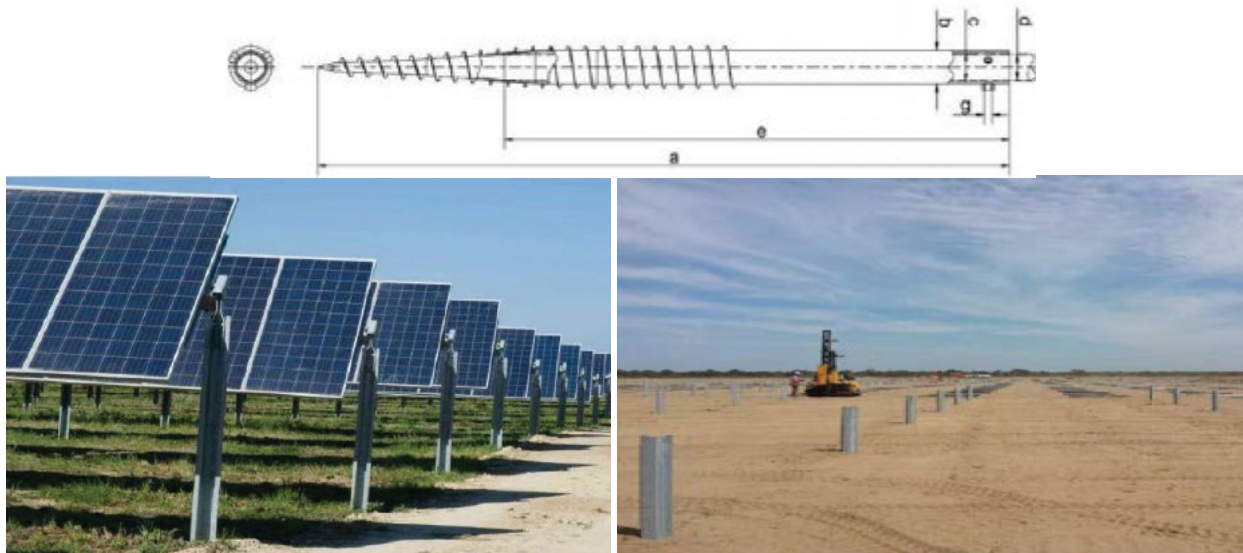


Figura 2 – Struttura del pannello fotovoltaico e fase di infissione della struttura di fondazione.

I pali infissi di supporto alla struttura non richiedono alcuna fondazione in cemento. Al fine di massimizzare la superficie di contatto con il terreno il palo scelto è un profilo omega di acciaio, la cui profondità di infissione dipende dal tipo di suolo. Il kit costituente i componenti delle teste dei pali può essere installato direttamente sui pali di fondazione infissi senza saldatura sul posto. Questa soluzione riduce i tempi di costruzione.

Gli errori di installazione dei pali di fondazione vengono recuperati dalle teste dei pali, dai cuscinetti sferici e dai tubi di torsione. La soluzione TRJ ha un componente che fornisce sia movimento di rotazione che regolazione dell'allineamento della posizione. Questo è possibile grazie a un cuscinetto a strisciamento sferico (simile ai componenti utilizzati nei sistemi di attuazione industriale) incorporato in un "sandwich" che si connette ai pilastri di fondazione ed alle traverse principali.

Considerando la classificazione dell'ambiente corrosivo e considerando una vita di progetto minima di 25 anni, i pali della fondazione saranno zincati a caldo secondo EN ISO 1461: 2009, altre parti saranno zincate a caldo o pregalvanizzate (Sendzmir) in base alle specifiche del progetto.

L'installazione dei pali infissi potrebbe presentare alcuni errori di posizionamento, specialmente quando il palo è infisso per più di un metro nel suolo. La testa del palo è dotata di fori scanalati per viti che consentono una posizione di montaggio tale da compensare l'errore di posizionamento del palo, ripristinando così l'inclinazione Est - Ovest. Gli snodi sferici, invece, consentono il recupero dell'inclinazione Nord - Sud. Infine, la connessione alle traverse con morsetti riduce la distanza tra i montanti e non richiedono fori aggiuntivi nelle travi stesse.

In merito ai suddetti errori sono previste le seguenti tolleranze:



- 20 mm di errore in altezza.

Dal punto esatto del palo che conduce al punto di allineamento ideale considerando l'altro palo nella struttura del tracker:

- 20 mm di errore in direzione Nord - Sud;
- 20 mm di errore in direzione Est - Ovest;
- 2° di errore in inclinazione, rispetto all'ideale linea verticale (questo errore estende la tolleranza totale quando si aggiunge al precedente; si veda punto b.);
- 5° di errore in rotazione, rispetto all'ideale linea verticale che allinea tutte le flange degli altri pali nell'intera struttura del tracker.

In conformità con i vincoli ambientali più rigorosi, questa soluzione elimina la necessità di fondazioni in calcestruzzo, che riduce anche i tempi di costruzione. Si valuterà l'azione del vento, i cui limiti di velocità sono:

- Resistenza al vento fino a 72 km / h valida per qualsiasi posizione di lavoro;
- Resistenza al vento fino a 120 km / h in posizione riposta nel caso di posizionamento automatico di 15° per superfici più piccole;
- Velocità del vento per attivare il meccanismo di difesa: 60 km / h.

Tutti i valori relativi alla resistenza al vento o al meccanismo di difesa devono essere considerati come valori minimi. I valori di impostazione effettivi saranno conformi alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

Tutti i componenti e le strutture saranno progettati in fase esecutiva per le condizioni ambientali specifiche dei siti in base alle normative locali e in base alle richieste tecniche inclusa l'ipotesi progettuale del carico del vento.

3.3 CABINE ELETTRICHE

Nel progetto saranno previste cabine monolitiche auto-portanti in cemento armato trasportabili su camion in un unico blocco già assemblate ed allestite delle apparecchiature elettromeccaniche di serie (non dei componenti che vengono alloggiati in campo). Si appoggia a basamenti di tipo prefabbricato e sono totalmente recuperabili. Sono realizzate in calcestruzzo vibrato confezionato con cemento ad alta resistenza adeguatamente armato con pareti internamente ed esternamente trattate con un rivestimento murale plastico idrorepellente costituito da resine sintetiche pregiate, polvere di quarzo, ossidi coloranti ed additivi che garantiscono il perfetto ancoraggio sulla parete, inalterabilità del colore e stabilità agli sbalzi di temperatura. L'elemento di copertura è provvisto di un manto impermeabilizzante costituito da una guaina bituminosa elastomerica, applicata a caldo, con spessore minimo di 3 mm. ricoperta da scaglie di ardesia con funzione protettiva e riflettente dei raggi solari.

L'armatura interna del prefabbricato totalmente collegata elettricamente, crea una vera gabbia di Faraday tale da proteggere tutto il sistema da sovratensioni atmosferiche limitando inoltre, a valori trascurabili, gli effetti



delle tensioni di passo e di contatto. L'armatura metallica è costituita da acciaio e rete elettrosaldato tipo Feb 44k c. (kg/cmq. > 2600). Le caratteristiche di resistenza della cabina ne rendono idonea la posa anche in zone sismiche di 1^Categoria (S = 12) fino ad una altitudine di 1.500 m. s.l.m. secondo le prescrizioni previste dal D.M. LL.PP. 16/01/1996. La struttura, secondo quanto disposto dall'Art. 9 della Legge 05.11.1971 e dal punto 1.4.1 del D.M. LL.PP. 03.12.1987, è realizzata in SERIE DICHIARATA e la documentazione depositata presso il Ministero dei Lavori Pubblici. Conformità a Leggi, D.M., Norme CEI, disposizioni ENEL.

Cabina di trasformazione (n.4)

La cabina di trasformazione avrà una struttura idonea ad ospitare e proteggere:

La ricezione cavi provenienti dagli inverter;

Il trasformatore elevatore BT/MT completo di accessori;

Gli scomparti MT di protezione trasformatore e risalita sbarre e misure;

Il quadro servizi ausiliari per l'alimentazione in bassa tensione ed in corrente continua del sistema di acquisizione dati, servizi interni (illuminazione, antincendio ecc.), ausiliari inverter, alimentazione elettrica di emergenza (UPS) per i servizi essenziali d'impianto in caso di fuori servizio della rete di collegamento

L'ubicazione delle cabine sarà baricentrica rispetto al layout dei 2 sottocampi in cui sarà suddiviso il generatore fotovoltaico.

Cabina di smistamento (n.2)

La cabina di smistamento avrà una struttura idonea ad ospitare e proteggere:

- La ricezione cavi provenienti dalle cabine di trasformazione con le protezioni;
- Lo scomparto di partenza verso la cabina di consegna.
- Lo scomparto del trasformatore SSAA

L'ubicazione della cabina di smistamento risulterà nelle vicinanze della cabina di consegna utente.

Cabina di consegna utente (n.1)

Essa ospiterà:

- Lo scomparto di misura con i trasformatori di tensione e corrente in MT e di i contatori per la misura dell'energia prodotta;
- Lo scomparto con la protezione generale e la protezione di interfaccia;
- Lo scomparto di partenza verso la cabina di consegna;
- Locale di misura.

Cabina di consegna Enel

La cabina prefabbricata di consegna dell'energia elettrica sarà situata all'arrivo della rete ENEL in campo lungo il confine perimetrale ed ospiterà:

- Lo scomparto di ricezione dei cavi con le relative protezioni di media tensione;
- Lo scomparto di partenza con le relative protezioni;

Le cabine elettriche saranno del tipo prefabbricato in cemento armato vibrato o messe in opera con pannelli prefabbricati, comprensive di vasca di fondazione prefabbricata in c.a.v., con porta di accesso e griglie di aereazione in vetroresina, impianto elettrico di illuminazione, copertura impermeabilizzata con guaina bituminosa e rete di messa a terra interna ed esterna.



Figura 3 –Struttura di fondazione prefabbricata delle cabine elettriche.

Il manufatto dovrà presentare una notevole rigidità strutturale ed una grande resistenza agli agenti esterni atmosferici che lo renderanno adatto all'uso anche in ambienti con atmosfera inquinata ed aggressiva.

L'armatura interna della cabina sarà totalmente collegata elettricamente, dovrà creare una vera gabbia di Faraday tale da proteggere tutto il sistema da sovratensioni atmosferiche limitando inoltre, a valori trascurabili, gli effetti delle tensioni di passo e di contatto.

L'armatura metallica sarà costituita da acciaio e rete elettrosaldato tipo B450C. Le pareti esterne dovranno essere trattate con un rivestimento murale plastico idrorepellente costituito da resine sintetiche pregiate, polvere di quarzo, ossidi coloranti ed additivi che garantiscono il perfetto ancoraggio sul manufatto, inalterabilità del colore e stabilità agli sbalzi di temperatura.

Per quanto riguarda le opere di fondazione si realizzerà uno strato stabilizzato costituito da misto granulare ottenuto dalla selezione di ghiaie alluvionali di natura mineralogica prevalentemente calcarea, con aggiunta eventuale di pietrisco. Questo strato sarà posizionato previa costipazione dello strato di terreno su cui insisteranno le cabine.



4. VERIFICHE PRELIMINARI

4.1 NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Il progetto delle strutture in esame è stato elaborato con le prescrizioni della normativa tecnica vigente nel nostro Paese, e con le indicazioni contenute in pubblicazioni specializzate.

Si richiamano, in particolare, i seguenti testi normativi:

- D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2018);
- Circ. Min. Infrast. Trasporti n.617 dd. 02.02.2009 "Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche" di cui al D.M. 14.01.2008;
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;
- O.P.C.M. n. 3431 del 03/05/2005 - Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- D.G.R. n. 260 del 07/03/2005 "L.R. 20/00 - O.P.C.M. 3274/03 Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e relativi adempimenti Recepimento O.P.C.M. n. 3379/04 Prolungamento del periodo temporale stabilito con il 7° disposto della deliberazione G.R. n. 153/04";
- D.G.R. n. 597 del 27/04/2004 "L.R. 20/00 - O.P.C.M. 3274/03 - Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e relativi adempimenti - Recepimento O.P.C.M. n. 3333/04 e conseguente rettifica della deliberazione G.R. n. 153/04";
- D.G.R. n. 153 del 02/03/2004 - L.R. 20/00. O.P.C.M. 3274/03. Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti.
- Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi;
- D.M. 16/01/1996 - Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi, e relativa Circolare Ministeriale n. 156 del 04/07/1996;
- Lg. n. 64 del 02/02/1974 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- Lg. n. 1086 del 05/11/1971 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Allegato alla Lg. n. 1684 del 25/11/1962 - Elenco dei Comuni e frazioni e parti di Comune nei quali è obbligatoria l'osservanza delle norme tecniche di edilizia per le località sismiche della 1° e della 2° categoria.



4.2 ZONIZZAZIONE SISMICA

Con l'ordinanza n° 3274 del 20/03/2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, modificata dall'OPCM n° 3431 del 03/05/2005 sono approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", nonché le connesse "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici", "Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti" e le "Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni". Secondo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani il territorio di Villacidro rientra nelle "Zone sismiche 4".

4.3 AZIONE DEL VENTO

Per l'azione del vento sono state prese in considerazione quelle delle NTC 2018 ossia:

1. Tipologia di struttura: Strutture isolate
2. Zona di riferimento: Zona 6 Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)

Si assumono i seguenti parametri:

- coefficiente di esposizione: In mancanza di analisi specifiche, la categoria di esposizione è assegnata in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno nelle fasce entro i 40 km dalla costa delle zone 1, 2, 3, 4, 5 e 6, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito;
- Rugosità del terreno: Classe D (Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi, ...))

4.4 AZIONE DELLA NEVE

Zona	Zona III
Classe topografica	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi
Ce	1
Ct	1
Tr	50
qsk	0.6671 [kN/m ²]

4.5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO

L'analisi geotecnica necessaria a definire le caratteristiche e i parametri meccanici dei terreni direttamente interessati dalla posa dei pannelli fotovoltaici, è stata effettuata sulla base di studi e indagini geognostiche eseguiti in prossimità dell'area attuale di studio, e da dati bibliografici pubblicati per litologie simili.



La raccolta bibliografica, unitamente ai risultati del rilievo diretto in campagna e alle indagini geognostiche dirette in litologie simili, ha permesso di ipotizzare un modello geotecnico del terreno in esame, che ha portato all'individuazione di unità geotecniche considerate omogenee, in riferimento alla costituzione litostratigrafica e granulometrica dei terreni, e alle condizioni idrogeologiche dell'area. La valutazione e i parametri geotecnici qui proposti, che rappresentano una valutazione di massima, dovranno essere verificati puntualmente nelle successive fasi progettuali, attraverso indagini geognostiche dirette e indirette, necessarie a verificare la situazione litostratigrafica locale e a determinare i parametri geotecnici dei terreni direttamente interessati dalla posa delle opere di fondazione, per le verifiche geotecniche di progetto.

4.5.1 Assetto litostratigrafico locale

Sulla base di precedenti studi, come detto effettuati nei pressi dell'area in esame e dai rilievi diretti eseguiti in situ, il sottosuolo interessato dalle opere in progetto è costituito, al di sotto di un debole strato di suolo pedogenizzato superficiale (0,40 - 0,50 m) da depositi alluvionali terrazzati, composti prevalentemente da livelli di sabbie e ghiaie ciottolose, da moderatamente addensati ad addensati, la cui genesi è da ricondursi all'attività fluviale con fasi più o meno intense di trasporto e deposizione, che determinano un'ampia variabilità tessiturale dei sedimenti sia in senso orizzontale che verticale, in cui si intercalano livelli di sabbie da ghiaiose a limose consistenti.

4.5.2 Modello geologico e caratteristiche litotecniche dei terreni di fondazione

Di seguito vengono riportate le unità litologiche ritenute più significative ai fini progettuali, e per ciascuna vengono indicati i parametri geotecnici, ritenuti cautelativi, necessari per i calcoli di verifica geotecnica, desunti da studi precedenti effettuati nelle stesse litologie in aree limitrofe al sito di indagine e per confronto con dati di bibliografia.

- **Alluvioni sabbioso ghiaiose**

Tali litologie si presentano da moderatamente a molto addensate, con elevata resistenza all'infissione.

- Peso di volume naturale $PUV = 21,00 \div 22,00 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume saturo $PUV' = 11,00 \div 12,00 \text{ kN/m}^3$
- Coesione $c = 0$
- Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 34-36^\circ$
- Modulo elastico $Eel = 270-300 \text{ N/cm}^2$

- **Alluvioni ghiaiose in matrice sabbioso limosa**

Esse sono rappresentate da ghiaie con elementi clastici poligenici di dimensioni da pluricentrici a pluridecimetri fino a blocchi, immersi in matrice sabbioso limosa, a tratti debolmente ferrettizzata e argillificata. Presentano una elevata resistenza all'infissione.



- Peso di volume naturale $P_{UV} = 21,50 \div 23,50$ kN/m³
- Peso di volume saturo $P_{UV}' = 11,50 \div 13,50$ kN/m³
- Coesione drenata $c = 0,05-0,30$ daN/cm²
- Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 33-35^\circ$
- Modulo elastico $E_{el} = 200-300$ N/cm²

- **Alluvioni sabbioso limose**

Tali litologie afferiscono a sabbie da fini a molto fini, moderatamente addensate, con matrice fine limosa in percentuale del 30%.

- Peso di volume naturale $P_{UV} = 20,00 \div 21,00$ kN/m³
- Peso di volume saturo $P_{UV}' = 10,00 \div 11,00$ kN/m³
- Coesione drenata $c = 0,20-0,30$ daN/cm²
- Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 32-34^\circ$
- Modulo elastico $E_{el} = 150-180$ N/cm²

Le condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera e le condizioni topografiche concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Gli effetti stratigrafici sono legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno. Gli effetti topografici sono invece legati alla configurazione topografica del piano campagna ed alla possibile focalizzazione delle onde sismiche in punti particolari (pendii, creste).

Nella presente progettazione l'effetto della risposta sismica locale è stato valutato individuando la categoria di sottosuolo di riferimento corrispondente alla situazione in sito e considerando le condizioni topografiche locali (NTC18 e NTC08 §3.2.2). Per la valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica SS la caratterizzazione geotecnica condotta nel volume significativo consente di identificare il sottosuolo prevalente nella categoria B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti. Si riporta per completezza la corrispondente descrizione indicata nella norma (NTC18 e NTC08 Tab. 3.2.II).

Categoria suolo 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 di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Nella fase progettuale esecutiva, si dovrà procedere alla caratterizzazione sismica tramite prove MASW.



4.6 VERIFICA A RIBALTAMENTO DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI

4.6.1 Coefficienti imposti per le verifiche ai sensi delle NTC 2018

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1 tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II delle NTC 2018 per le azioni e i parametri geotecnici, e nella Tab. 6.8.I delle NTC 2018 per le resistenze globali.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI delle NTC 2018.

Nelle verifiche nei confronti di SLU di tipo strutturale, il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

I coefficienti parziali per le azioni e per i parametri geotecnici previsti dal D.M. 17 gennaio 2018 sono riportati nelle tabelle che seguono.

Tabella 1 (6.2.I NTC'18) - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G1}	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{G1}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Tabella 2 (6.2.II NTC'18) - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

Parametro	Grandezza	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	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	γ_{γ}	1.0	1.0

La verifica al ribaltamento della struttura deve essere condotta con riferimento ai coefficienti imposti dallo stato limite EQU (condizione di equilibrio di corpo rigido della struttura), mentre la verifica alla capacità portante del terreno di fondazione può essere condotta in riferimento allo stato limite GEO che, come disciplinato nella Circolare del 21/01/2019, n. 7 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" – cap. C2.6.1:



“Lo stato limite di resistenza del terreno, GEO, deve essere preso a riferimento per il dimensionamento geotecnico delle opere di fondazione e di sostegno e, più in generale, delle strutture che interagiscono direttamente con il terreno, oltre che per le verifiche delle opere di terra (rilevati, argini, ...), degli scavi e di stabilità globale dell'insieme terreno-struttura. Tra gli stati limite GEO sono da considerare anche meccanismi di rottura che coinvolgano la struttura o parte di essa (è il caso, ad esempio, della resistenza a carico limite sotto forze trasversali dei pali di fondazione)”.

Lo stato limite di ribaltamento, nel caso specifico in esame, prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della tabella 6.2.I delle NTC'18.

4.6.2 Verifica al ribaltamento e sollevamento

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse dell'oggetto di modellazione e/o diretto nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni dei suoi elementi.

Pertanto, come dato per il calcolo dell'azione del vento si considera una pressione P nella condizione più sfavorevole, ortogonale alla struttura:

Altitudine: $a_s = 85$ m s.l.m.

Distanza dalla costa: terra - entro 40 Km

Classe di rugosità terreno: D

Altezza manufatto: $h = 2.85$ m

Periodo di ritorno: $TR = 50.0$ anni $\Rightarrow TR = 0.75 \{1 - 0.2 \ln[-\ln(1 - 1/TR)]\}^{0.5} = 1.00$

Velocità di riferimento del vento: $V_b = V_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$

$V_b = V_{b,0} + K_a (a_s - a_0)$ per $a_s > a_0$

$V_b = 28$ m/s

$V_b(TR) = R V_b = 28.020$ m/s

Coefficiente dinamico: $C_d = 1.00$

Coefficiente di forma: $C_p = 0.80$

Coefficiente di attrito: $C_f = 0.01$

Coefficiente di topografia: $C_t = 1.00$

Coefficiente di esposizione: $C_e(z) = K_2 C_t \ln(z/z_0) [7 + C_t \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$

$C_e(z) = C_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

$C_e(z) = 1.8005$



Le azioni del vento si traducono in pressioni (positive) e depressioni (negative) agenti normalmente alla superficie degli elementi che compongono la costruzione.

La pressione agente sui pannelli è data dall'espressione:

$$p = q_b C_e C_p C_d = 705,8 \text{ Pa}$$

dove:

$q_b = 1/2 \rho v_b^2$ è la pressione cinetica di riferimento;

$\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3$ è la densità dell'aria.

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è:

$$p_f = q_b C_e C_f = 8.82 \text{ Pa}$$

Le strutture di sostegno dell'impianto sono semplicemente infisse, pertanto nel calcolo delle azioni resistenti al ribaltamento si considera solo la azione "S" dovuta alla spinta passiva orizzontale esercitata dal terreno sui supporti lunghezza assunta preliminarmente pari a $L = 2,0 \text{ m}$ e larghezza $b = 0,20 \text{ m}$, che si oppone alla rotazione del montante infisso, e che risulta pari a:

$$S = \frac{1}{2} * L^2 * k_p = \frac{1}{2} * L^2 * (1 + \sin\phi / 1 - \sin\phi) * \rho_T * b =$$

$$S = \frac{1}{2} * 2^2 * (1 + \sin 32 / 1 - \sin 32) * 20.000 * 0,20 = 1/2 * 2^2 * (1,530 / 0,470) * 20.000 * 0,20 = 26.042 \text{ N}$$

Dove l'angolo di resistenza al taglio ϕ è assunto, sulla base dei dati disponibili, pari a 32° e il peso specifico del terreno è pari a 20 kN/m^3 .

Mentre l'azione del vento è pari a:

$$F = A_v Q v$$

Dove:

A_v : Area effettiva verticale pannelli fotovoltaici riferita ad un singolo montante

Qv : Forza del vento distribuita su un metro quadro

Per la **verifica al ribaltamento**, la pressione del vento indicata in Pascal, viene convertita in N, e si considera cautelativamente per il calcolo l'area del pannello di competenza del singolo montante centrale, pari a $7,25 \text{ m}$ di lunghezza (interasse tra montanti) x $1,50 \text{ m}$ (proiezione verticale del pannello con inclinazione massima); Pertanto:

$$F = 705,8 \text{ Pa} * (7,25 \text{ m} * 1,50 \text{ m}) = 7.675 \text{ N}$$



Considerando i coefficienti moltiplicativi indicati nelle tabelle delle NTC per le verifiche a ribaltamento SLU, il valore per il coefficiente moltiplicativo EQU, per le azioni sfavorevoli è pari a 1,1. Il valore del coefficiente moltiplicativo EQU, per le azioni favorevoli è invece pari a 0,9.

La verifica al ribaltamento, viene condotta considerando il punto di rotazione in corrispondenza del piano campagna e pertanto i momenti agenti risultano applicati a 1,26 m da terra, altezza della cerniera di ancoraggio del pannello:

$$M_{\text{ribaltante}} = 7.675 * 2,66 * 1,1 = 22.459 \text{ Nm}$$

I momenti stabilizzanti sono invece applicati a 2/3 della profondità di infissione:

$$M_{\text{stabilizzante}} = 26.042 * 2/3 * 2 * 0,9 = 31.250 \text{ Nm}$$

$$\underline{M_s/M_r = 1,39}$$

Quindi la verifica a ribaltamento risulta ampiamente soddisfatta.

Si riporta inoltre la verifica a sollevamento.

Le strutture di sostegno dell'impianto in trazione sono semplicemente infisse pertanto nel calcolo delle azioni resistenti allo sfilamento si considera solo la azione "T" dovuta all'attrito tra il terreno e il palo infisso, assunto di lunghezza pari a 2,0 m

La resistenza dell'ancoraggio alle interfacce (terreno - acciaio) è verificata mediante la seguente relazione (modello di Bustamante e Doix, modificato con i coefficienti parziali di sicurezza imposti dalle NTC18) :

$$T = A * q_s / (\gamma * \xi)$$

dove q_s è la resistenza all'interfaccia terreno-acciaio, assunta da letteratura cautelativamente pari a 200 kPa e L la lunghezza di ancoraggio, γ coefficiente di sicurezza parziale pari a 1,25 e $\xi = 1,8$ coefficiente riduttivo:

$$\underline{T_R} = (4 * 0,20 * 2,0) * 200.000 / 1,25 / 1,8 = \underline{142.222 \text{ N}}$$

Mentre l'azione del vento è pari a

$$F = A_v Q v$$



Dove:

A_v : Area proiettata orizzontalmente dei pannelli fotovoltaici riferita ad un singolo montante

Q_v : Forza del vento distribuita su un metro quadro

Per la verifica al sollevamento, la pressione del vento indicata in Pascal, viene convertita in N, considerando cautelativamente l'area del pannello di competenza del singolo montante centrale, pari a 7,25 m di lunghezza (interasse tra montanti) per la sua proiezione orizzontale, nell'ipotesi che raffiche di vento possano assumere direzione verticale, sollevando il pannello posto in orizzontale, per effetto vela; Pertanto:

$$F = 705,8 \text{ Pa} * (7,25 \text{ m} * 2,10 \text{ m}) = \mathbf{10.746 \text{ N}}$$

Considerando i coefficienti moltiplicativi indicati nelle tabelle delle NTC per le verifiche a sollevamento SLU, il valore per il coefficiente moltiplicativo EQU, per le azioni permanenti sfavorevoli è pari a 1,1. Il valore del coefficiente moltiplicativo EQU, per le azioni favorevoli è invece pari a 0,9.

Pertanto si avrebbe:

$$\text{Forza stabilizzante per attrito: } T_R = 142.222 * 0,9 = \mathbf{128.000 \text{ N}}$$

$$\text{Forza di sollevamento del pannello: } F_d = 10.746 * 1,1 = \mathbf{11.820 \text{ N}}$$

Pertanto si ha che:

$$T_R \gg F_d$$

Quindi la verifica a sollevamento per raffiche di vento risulta ampiamente soddisfatta.

Si precisa che le verifiche di stabilità dovranno essere approfondite e ricalcolate nella fase progettuale esecutiva, considerando parametri geotecnici derivanti da specifiche indagini in situ.

Nel caso in cui non fossero garantiti i fattori di sicurezza minimi, occorrerà prevedere dei preforni per l'infissione dei pali di supporto dei pannelli, di diametro adeguato, all'interno dei quali inserire i supporti metallici, e dovranno essere riempiti di boiaccia cementizia, per aumentare le azioni resistenti ai momenti ribaltati.

Si suggerisce, eventualmente ed in via cautelativa, di supporre **un ancoraggio con infissione pari a 2,50 m** al fine di tenere in conto di eventuali divergenze dei parametri geotecnici specifici rispetto a quanto previsto (comunque cautelativamente) nel presente calcolo.

Qualora invece, a seguito delle indagini in situ geotecniche, i parametri geotecnici risultassero migliori rispetto a quelli assunti nelle verifiche preliminari, le lunghezze di infissione, previa verifica di stabilità, potranno essere ridotte senza mai diminuire oltre i 2 m di profondità minima.