



COMMITTENTE:

ASELLUS S.R.L.
via Mercato, 3, 20121 - Milano (MI)

NOME COMMESSA:

**COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO
AGROVOLTAICO AVENTE POTENZA IN
IMMISSIONE PARI A 15.3 MW E POTENZA
MODULI PARI A 19.97 MW_p CON RELATIVO
COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA
IMPIANTO 03**

STATO DI AVANZAMENTO COMMESSA:

PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE UNICA

CODICE COMMESSA:

HE.18.0019

PROGETTISTA:

**ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO**

dott. ing. **ALBERTO ALBUZZI**
ISCRIZIONE ALBO N. 2435

COLLABORATORE: Ing. Cesare Maestri

CONSULENTI:

Ambiente:

Ing. Angelo Volpe
vico de Dominicis, 9
72100 - Brindisi (BR)

Geologia e geotecnica:

Dott. Geol. Dario Fischetto
corso G. Garibaldi, 27
72100 - Brindisi (BR)

Impatto acustico:

Dott. Geol. Martino Scarafile
C.da Restano n° 45
72014 Cisternino (Br)

Studi pedo-agronomici e faunistici:

Dr. Antonio Frioli
via Mesagne, 7
72028 - Torre Santa Susanna (BR)

Idraulica:

Dott.ssa Geol. Angela Inverì
via L. Ariosto I str. prv., 7
70043 Monopoli (BA)

OGGETTO:

07 STRUTTURE E PANNELLI FV
Calcoli preliminari delle strutture

SCALA:

-

NOME FILE:

6UJG3T7_CalcoliPrelStrutture.pdf

DATA:

APRILE 2021

TAVOLA:

DFV.RE01

N. REV.	DATA	REVISIONE
0	04.2021	Emissione

ELABORATO

C.Maestri

VERIFICATO

responsabile commessa
A.Albuzzi

VALIDATO

direttore tecnico
N.Zuech

Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 15.3MW e potenza moduli pari a 19.97MWp con relativo collegamento alla rete elettrica Impianto 03

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DELLE STRUTTURE

Aprile '21

Heliopolis S.p.a.

Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento ai sensi dell'articolo 2497 del C.C. da parte di Innoval5 S.r.l.
Sede legale: Galleria Passarella, 1 - 20122 Milano - Italy. Sede operativa: via Alto Adige, 160/A - 38121 Trento - Italy
Tel. +39 0461 1732700 - Fax +39 0461 1732799
www.heliopolis.eu - info@heliopolis.eu - PEC: heliopolisspa@pcert.it
Capitale sociale € 2.000.000 i.v. - Cod. fisc., p. Iva e iscr. Registro Imprese di Milano n. 08345510963 - R.E.A. n. MI 2019395



SOMMARIO

1	OGGETTO DEL DOCUMENTO.....	2
2	L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	3
3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	4
3.1	Assetto geologico locale.....	4
3.2	Assetto morfologico.....	4
3.3	Considerazioni conclusive delle indagini geologiche.....	4
3.4	Indicazione per fondazioni sottostazione MT/AT.....	6
4	STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTO=VOLTAICI.....	7
5	CABINE ELETTRICHE.....	12
6	SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA.....	13
7	CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	14
7.1	Considerazioni generali.....	14
7.2	Strutture di sostegno.....	14
8	NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	16
9	NORMATIVA E ZONIZZAZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO PER IL COMUNE DI AVETRANA.....	17
10	CALCOLI PRELIMINARI – ANALISI DEI CARICHI – AZIONI SULLE STRUTTURE.....	20
10.1	Azione sismica.....	20
10.2	Azione del vento.....	20
10.3	Azione della neve.....	23
10.4	Carichi variabili.....	24
10.5	Carichi permanenti strutturali (pesi propri) e non strutturali.....	24
10.6	Caratteristiche del terreno di fondazione.....	24
10.7	Qualità dei materiali.....	25
10.7.1	Strutture di fondazione.....	25
10.7.2	Calcestruzzi ed armature per strutture di fondazione.....	25
10.7.3	Strutture di elevazione in c.a.....	26
11	SPECIFICHE TECNICHE RECINZIONE E CANCELLI.....	27

1 OGGETTO DEL DOCUMENTO

La presente relazione, si riferisce alle modalità di messa in opera delle cabine di trasformazione, delle strutture portamoduli e delle recinzioni, previste nell'ambito della realizzazione di una centrale fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse e necessarie da realizzarsi nell'agro del Comune di Avetrana (TA).

Nel seguito sono raccolte le linee guida generali della progettazione ed in particolare i dati di progetto originali.

Si ritiene opportuno evidenziare come l'opera, rientrante negli "impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili", autorizzata tramite procedimento unico regionale è dichiarata di pubblica utilità, indifferibile ed urgente, ai sensi dell'art. 12 del D. Lgs. 387/2003.

Tutta la progettazione è stata sviluppata utilizzando tecnologie ad oggi disponibili sul mercato europeo; considerando che la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione potranno cambiare le tecnologie e le caratteristiche delle componenti principali (moduli fotovoltaici, inverter, strutture di supporto), ma resteranno invariate le caratteristiche complessive e principali dell'intero impianto in termini di potenza massima di produzione, occupazione del suolo e fabbricati.

2 L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

La presente relazione tecnica tratta del calcolo preliminare delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici costituenti l'impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza di circa 19968,48 kWp da realizzarsi in agro di Avetrana (TA). Il sito occupa terreni privati utilizzati per l'attività agricola di tipo seminativo.

Il parco fotovoltaico in progetto è ubicato a circa 3,3 km in linea d'aria dalla stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di Erchie. La superficie disponibile per l'impianto è di 324.470 m², mentre la superficie netta occupata dai 3 sottocampi è circa 290.387 m². Nella zona a Sud in corrispondenza del sottocampo 3/b sono presenti due manufatti da demolire per la realizzazione dell'impianto, mentre è previsto lo spostamento della linea BT di e-distribuzione che attraversa l'area d'impianto nella zona Nord-Ovest.

Nel catasto terreni del comune di Avetrana, l'area d'intervento è individuata dai seguenti identificativi catastali:

- Foglio 20, Particelle 4, 5, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 32, 33, 34, 35.

Il sito nel suo complesso si trova a una distanza di circa 6,7 km in linea d'aria dal centro di Avetrana (TA), che si trova a Sud-Ovest dell'impianto ed a circa 7 km in linea d'aria dal centro di Erchie (BR).

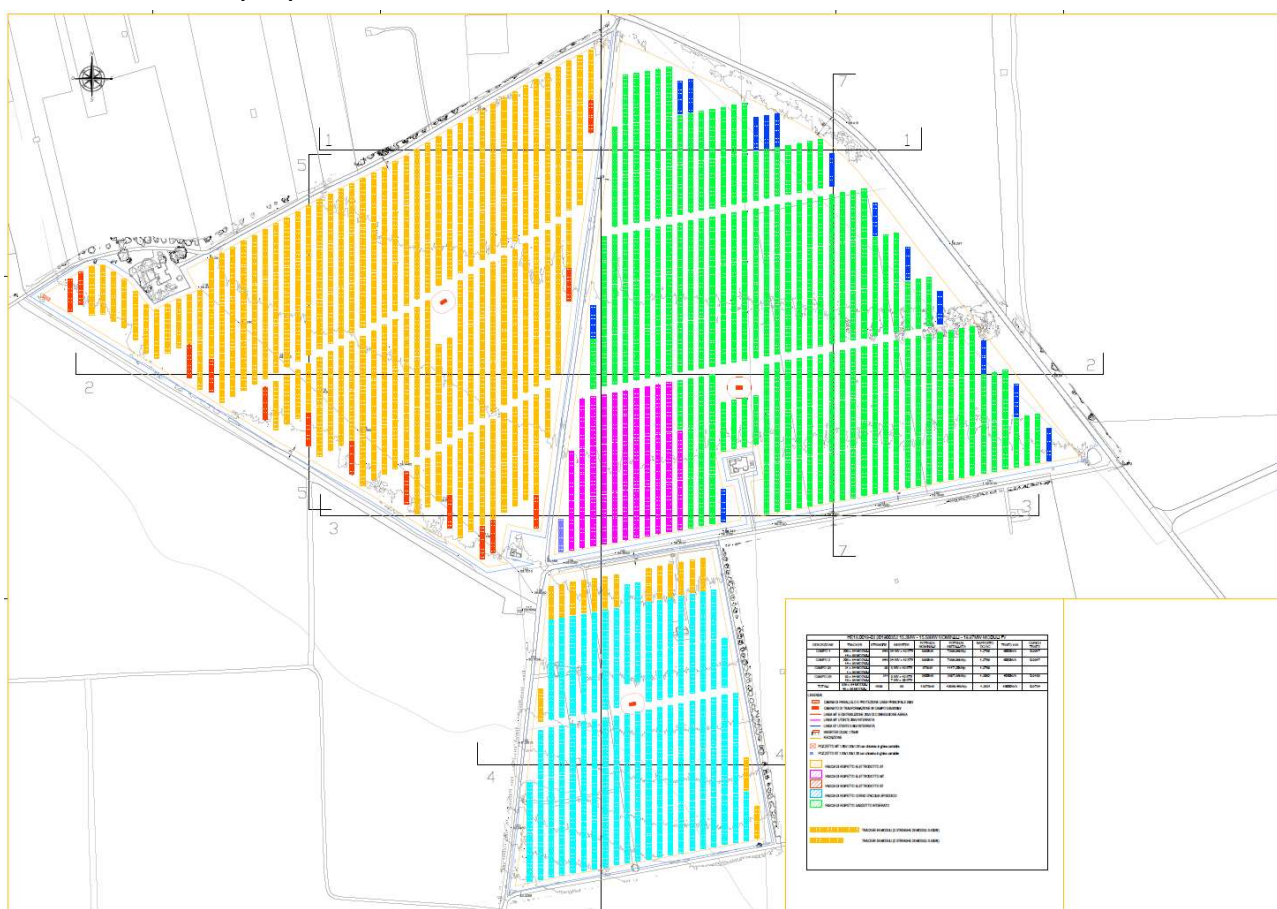


Figura 1: layout dell'impianto

3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

3.1 Assetto geologico locale

L'area oggetto di interesse progettuale, al di sotto di una più o meno spessa copertura vegetale di terreno alterato, è caratterizzata dalla presenza in affioramento dei "depositi marini terrazzati, formazione costituita dall'alternanza di livelli sabbiosi e di calcare organogeno.

3.2 Assetto morfologico

Dal punto di vista morfologico l'area oggetto dell'intervento progettuale, ubicata ad una quota topografica di circa 30,00 m s.l.m.m., si presenta generalmente pianeggiante e caratterizzata da deboli pendenze 0,5 ÷ 1,5 % molto lievi e poco apprezzabili.

Dai rilievi di superficie eseguiti si evince come l'area in oggetto non mostri evidenze strutturali che lascino intendere alla presenza di aree di instabilità morfologica e/o possibili forme dovute a fenomeni carsici di qualche interesse (cavità, ...).

3.3 Considerazioni conclusive delle indagini geologiche

Dalle indagini geologiche di supporto alla presente progettazione definitiva si può dedurre che:

- L'area interessata dalle opere in progetto non ricade, neanche parzialmente:
 - o In aree identificate e perimetrate a pericolosità idraulica;
 - o In aree identificate e perimetrate a pericolosità geomorfologica;
 - o In aree identificate e perimetrate a rischio idraulico o geomorfologico;
- L'area interessata dalle opere in progetto **non** ricade a meno di 150 m da tratti di reticolo idrografici, alveo in modellamento attivo ed aree golenali;
- L'area interessata dalle opere in progetto, risultando in parte attraversata da un corso d'acqua episodico, **ricade a meno di 150 m dall'asta fluviale di un corso d'acqua episodico** nell'ambito dell'area identificata quale **alveo in modellamento attivo** (definito all'art. 36 delle Norme Tecniche di Attuazione come "*porzioni dell'alveo interessato dal deflusso concentrato delle acque, ancorchè non continuativo, legato a fenomeni di piena con frequenza stagionale*"), **area golenale** (definito all'art. 36 delle Norme Tecniche di Attuazione come "*porzione di territorio soggetta ad essere allagata in seguito ad un evento di piena. Può essere caratterizzata da una probabilità di inondazione in funzione del tempo di ritorno considerato*") e **fascia di pertinenza fluviale** (definito all'art. 36 delle Norme Tecniche di Attuazione come "*porzione di territorio contermina all'area golenale*");
- Sulla base del valore della velocità equivalente $V_{S,eq}$ di propagazione delle onde di taglio ricavata dall'**analisi sismica** in sito è possibile classificare il sottosuolo di fondazione di tipo **C** ($V_{S,eq} = 322,00$ m/s);
- Le condizioni topografiche dell'area indagata fanno sì che la stessa rientri nella categoria T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ";

- L'area oggetto di studio è sismicamente classificata come zona 4, i parametri e coefficienti sismici locali sono sintetizzati nelle tabelle seguenti:

PARAMETRI SISMICI

STATO LIMITE	Probabilità di superamento (%)	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	81	30	0,013	2,332	0,152
SLD	63	50	0,018	2,287	0,200
SLV	10	475	0,045	2,505	0,451
SLC	5	975	0,056	2,589	0,518

SLO = Stato Limite di Operatività – SLD = Stato Limite di Danno – SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita – SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso – T_R = Tempo di ritorno – a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno – F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale – T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

COEFFICIENTI SISMICI

STATO LIMITE	S_s [-]	C_c [-]	S_T [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,960	1,000	0,004	0,002	0,197	0,180
SLD	1,500	1,790	1,000	0,005	0,002	0,268	0,180
SLV	1,500	1,370	1,000	0,012	0,006	0,665	0,180
SLC	1,500	1,300	1,000	0,015	0,008	0,819	0,180

SLO = Stato Limite di Operatività – SLD = Stato Limite di Danno – SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita – SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso – T_R = Tempo di ritorno – a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno – F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale – T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

- I principali parametri fisico-meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, idonei ad ospitare le opere in progetto, sono sintetizzati nella tabella seguente:

LITOLOGIA ORIZZONTALE	PROFONDITA' dal P.C. [m]	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
SABBIE DEBOLMENTE LOMOSE CON ARGILLA (ORIZZONTE 2)	0,80	Coesione /C)	=	0,0 kg/cm ²
		Angolo di attrito	[Sower 1961]	30,00 °
		Modulo Elastico (di Young)	[Schultze-Mensenbach]	91,80 kg/cm ²
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	72,12 kg/cm ²
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCOADDENSATO
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Meyerhof 1951]	1,45 t/m ³
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,90 t/m ³
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	[Navfac 1971-1982]	1,59
		Falda superficiale dal p.c.		NON RILEVATA

In conclusione, al fine di garantire la buona tenuta statica delle opere in oggetto ed evitare il verificarsi di cedimenti differenziali del terreno di fondazione non compatibili con la capacità di resistenza delle strutture in elevazione, si può ipotizzare la realizzazione di fondazioni dirette attestate a profondità superiore ai 0,40 m dal p.c. adottando i parametri geotecnici di cui alla tabella precedente, considerando una categoria sismica di **sottosuolo di tipo C**.

3.4 Indicazione per fondazioni sottostazione MT/AT

Le fondazioni saranno del tipo platea armata, ubicate ad una profondità minima di m 1,0 di profondità dall'attuale piano campagna.

Nella fase di Studio Geologico esecutivo si eseguiranno dettagliate indagini geologiche, con la esecuzione di sondaggi meccanici spinti almeno fino a 10 metri, con prelievo di campioni indisturbati e prove geotecniche di laboratorio.

4 STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTO-VOLTAICI

Le innumerevoli applicazioni del fotovoltaico fanno sì che le strutture di supporto e sostegno dei moduli siano, per geometria e concezione, personalizzate per ogni singolo progetto. Qualunque sia la struttura di sostegno prescelta, quest'ultima deve essere in grado di reggere il proprio peso nonché di resistere alle sollecitazioni esercitate da fattori esterni quali:

- la neve, per esempio, può comportare sollecitazioni di carico dovute all'accumulo sulla superficie dei moduli;
- la pressione dovuta all'azione del vento agente sul piano dei moduli che si traduce in quel fenomeno chiamato "effetto vela".
- il sisma, da valutare in funzione della zonizzazione sismica e di effetti locali quali la tipologia di terreno di fondazione;
- le variazioni di temperatura, che può comportare dilatazioni della struttura e generare coazioni interne.

Da non sottovalutare per esempio, nella scelta dei materiali, è anche l'eventualità della presenza di azioni corrosive sulle parti metalliche della struttura che ne pregiudicherebbero la stabilità nel tempo.

Le tecnologie più comunemente utilizzate per la realizzazione dei moduli fotovoltaici sono:

- Silicio monocristallino (Fig. 02), in cui ogni cella è realizzata a partire da un wafer la cui struttura cristallina è omogenea (monocristallo), opportunamente drogato in modo da realizzare una giunzione p-n;
- Silicio policristallino (Fig. 03), in cui il wafer non è strutturalmente omogeneo ma organizzato in grani localmente ordinati (policristallo);
- Film sottile (Fig. 04), dove in genere la materia attiva può essere ottenuta in forma di gas con il vantaggio di poter essere depositata in strati dello spessore di pochi micron su una grande varietà di superfici di appoggio.



Figura 2: Pannello in silicio monocristallino

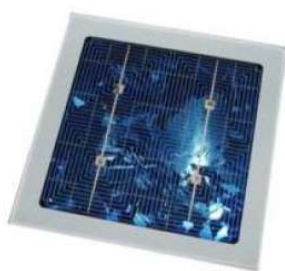


Figura 3: Pannello in silicio policristallino



Figura 4: Pannello in film sottile

La tecnologia scelta, nel presente progetto, è il pannello in silicio monocristallino.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018 e la CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le

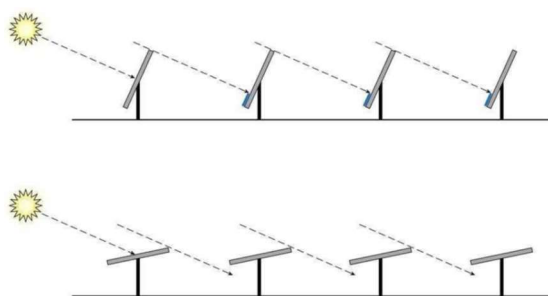
costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 stabiliscono i criteri per i carichi permanenti, carico d'esercizio, sovraccarico neve e azioni termiche.

Le strutture di sostegno prese in esame per il presente documento preliminare sono tipiche dei sistemi tracker monoassiali.

La struttura di sostegno del tipo mobile ad inseguitore solare monoassiale, o tracker, utilizza dispositivi elettromeccanici, che gli consentono di seguire il sole durante tutto il giorno da Est a Ovest sull'asse di rotazione orizzontale Nord-Sud (inclinazione 0 °). I layout di campo con inseguitori monoasse orizzontali sono molto flessibili. La semplice geometria permette di mantenere tutti gli assi di rotazione paralleli l'uno all'altro in modo da posizionare opportunamente i tracker l'uno rispetto all'altro. Il modello di inseguitore solare scelto per il progetto in premessa è il TRJHT30PDP della ditta Convert.



Figura 5: Inseguitore solare portamoduli TRACKER



Il sistema di backtracking controlla e garantisce che una serie di pannelli non oscuri gli altri pannelli adiacenti. Quando l'angolo di elevazione del Sole è basso nel cielo, all'inizio o alla fine della giornata, l'ombreggiatura automatica tra le righe del tracker può ridurre l'output del sistema.

La struttura del tracker TRJ è completamente adattabile alle dimensioni del pannello fotovoltaico, alle condizioni geotecniche del sito ed alla quantità di spazio di installazione disponibile. È caratterizzata dai seguenti parametri:

- la distanza tra i tracker (I) è impostata in base alle specifiche del progetto in modo che, nella situazione di massima inclinazione dell'inseguitore, l'ombra di una fila non lambisca la fila adiacente;
- l'altezza minima da terra (D) è 0,5 m;
- ogni struttura completa, comprensiva dei pali di fondazione, pesa circa 600 kg



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 rit 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 pali nella struttura del tracker:

- ± 20 mm di errore in direzione Nord – Sud
- ± 20 mm di errore in direzione Est – Ovest
- $\pm 2^\circ$ di errore in inclinazione, rispetto all'ideale linea verticale (questo errore estende la tolleranza totale quando si aggiunge al precedente; si veda punto b.)
- $\pm 5^\circ$ 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.

I limiti di velocità del vento sono:

- Resistenza al vento fino a 72 km / h valida per qualsiasi posizione di lavoro ($\pm 60^\circ$)

- 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
- Tempo di andare da 60 ° a 0 ° di inclinazione: 100 sec.

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.

5 CABINE ELETTRICHE

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. o messe in opera in cemento ciclopico o cemento armato con maglie elettrosaldate, 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.



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 elettrosaldata 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.

6 SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA

Per l'esecuzione del progetto sono necessarie le seguenti opere civili:

- recinzione dell'area della sottostazione con pannelli di rete metallica galvanizzata, di altezza pari a 2,00 m, su fondazioni in calcestruzzo.
- strutture di fondazione degli apparati elettromeccanici costituite da travi, platee e plinti in cemento armato;
- reti di cavidotti interrati;
- pavimentazioni dei piazzali con bitume per le parti carrabili e inghiaiate per le restanti;
- fabbricato per gli apparati di protezione, sezionamento e controllo.

Tutte le opere strutturali saranno dimensionate e verificate rispetto alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) 2018.

7 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

7.1 Considerazioni generali

L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione avrà le seguenti caratteristiche:

- potenza installata lato DC: circa 19,97 MWp;
- potenza dei singoli moduli. 420 Wp;
- n. 3 cabine di raccolta e di consegna.

7.2 Strutture di sostegno

Delle tre tipologie di strutture di sostegno portamoduli, descritte al capitolo 2 della presente relazione, quella scelta per l'impianto fotovoltaico in progetto è la tipologia ad inseguitore solare monoassiale, definito TRACKER.

La configurazione elettrica delle stringhe sarà raggiunta usando le seguenti composizioni:

Struttura 2Px42 moduli fotovoltaici

- Dimensione 45,174 m x 4,222 m x 4,176 m (Hmax);
- Componenti meccanici della struttura in acciaio:
 - 7 pali di lunghezza pari a circa 3,8 m, comprensiva della porzione infissa nel suolo (la cui dimensione effettiva sarà calcolata in sede di progettazione esecutiva)
 - 6 tubolari quadrati, le cui dimensioni variano in funzione della tipologia del terreno e della velocità del vento (che saranno calcolate in sede di progettazione esecutiva)
 - Supporto del profilo Omega e ancoraggio del pannello
- Componenti detentori del movimento:
 - 7 teste dei pali (2 sui pali estremi, 5 sui pali intermedi e 1 di supporto al motore sul palo centrale)
 - Quadro comandi elettronico per il movimento (1 quadro può servire 10 strutture)
 - Motori (CA elettrico lineare - mandrino - attuatore).

Struttura 2Px28 moduli fotovoltaici

- Dimensione 30,482 m x 4,222 m x 4,176 m (Hmax);
- Componenti meccanici della struttura in acciaio:
 - 5 pali di lunghezza pari a circa 3,8 m, comprensiva della porzione infissa nel suolo (la cui dimensione effettiva sarà calcolata in sede di progettazione esecutiva)

- 4 tubolari quadrati, le cui dimensioni variano in funzione della tipologia terreno e della velocità del vento (che saranno calcolate in sede di progettazione esecutiva)
- Supporto del profilo Omega e ancoraggio del pannello
- Componenti detentori del movimento:
 - 5 teste dei pali (2 sui pali estremi e 1 di supporto al motore sul palo centrale)
 - Quadro comandi elettronico per il movimento (1 quadro può servire 10 strutture)
 - Motori (CA elettrico lineare - mandrino - attuatore).

8 NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Il progetto delle strutture costituenti la centrale 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. Infrastr. 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 1ª e della 2ª categoria;

9 NORMATIVA E ZONIZZAZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO PER IL COMUNE DI AVETRANA

Sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 (suppl.) del 08.05.2003 è stata pubblicata l'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, 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". Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Zona 1 – È la zona più pericolosa. La probabilità che capiti un forte terremoto è alta
Zona 2 - In questa zona forti terremoti sono possibili
Zona 3 - In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2
Zona 4 - È la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa

La citata O.P.C.M ha, fra l'altro, sancito che la potestà regionale di individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche ricadenti nel territorio regionale doveva essere esercitata sulla base dei criteri approvati e contenuti nell'Allegato 1 all'O.P.C.M.

La Regione Puglia, in applicazione del citato O.P.C.M. n. 3274, con deliberazione della G.R. n. 153 del 02 marzo 2004, stabiliva fra l'altro di:

- provvedere alla prima, ancorché temporanea, riclassificazione sismica del territorio regionale pugliese, così come individuata nell'Allegato 1 alla presente deliberazione per farne parte integrante, riservandosi di provvedere definitivamente alla predetta riclassificazione sismica, successivamente all'intervenuta elaborazione della nuova mappa nazionale del rischio sismico a cura della competente Amministrazione statale;
- stabilire che, sino ad eventuale diversa determinazione, non sussiste l'obbligo della progettazione antisismica per gli edifici e le opere da realizzare sul territorio regionale pugliese, classificato in zona sismica 4;
- di introdurre l'obbligo della progettazione antisismica, in conformità alle norme tecniche previste per la zona sismica 3, per i nuovi edifici ed opere infrastrutturali, individuati quali strategici e rilevanti ai fini della protezione civile e dell'eventuale

collasso degli stessi, da realizzare nel territorio regionale pugliese classificato in zona sismica 4.

Le novità introdotte con l'ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (Ingv, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'O.P.C.M. n. 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519/2006, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0,25$
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$
4	$a_g \leq 0,05$

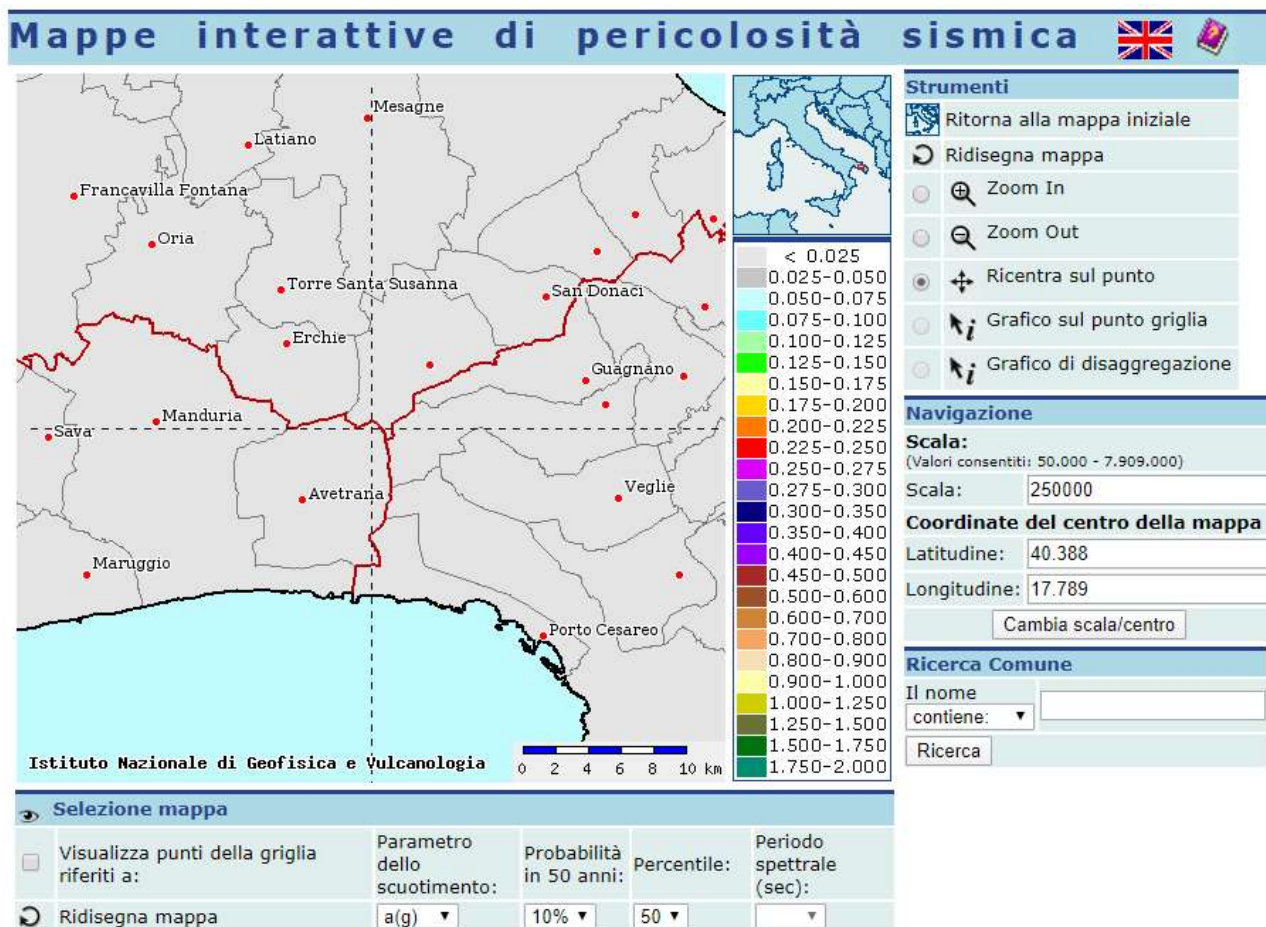
Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D M. 14 gennaio 2008), hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

L'entrata in vigore della revisione della norma NTC2008 nel 2018 con il Decreto 17 gennaio 2018, segna inoltre il definitivo abbandono della metodologia delle Tensioni Ammissibili a favore del metodo semiprobabilistico agli Stati Limite, eliminando definitivamente i riferimenti alle zone sismiche.

Si riporta di seguito il valore dell'accelerazione di picco su suolo rigido per il sito in esame.



10 CALCOLI PRELIMINARI – ANALISI DEI CARICHI – AZIONI SULLE STRUTTURE

10.1 Azione sismica

Per l'azione sismica si veda il precedente capitolo 5.

10.2 Azione del vento

L'azione del vento è calcolata in conformità a quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni [cap. 3.3]. In particolare, è stata valutata l'entità dell'azione del vento gravante sulle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, nella ipotesi di struttura isolata:

Zona 3 [Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)]



Classe di rugosità del terreno D [Aree prive di ostacoli]

Nelle fasce entro i 40km dalla costa delle zone 1,2,3,4,5 e 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

a_s (altitudine sul livello del mare della costruzione):	150	[m]
Distanza dalla costa	21	[km]
T_R (Tempo di ritorno):	50	[anni]
Categoria di esposizione	II	

Calcolo della velocità di riferimento del vento

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s	C_a
3	27	500	0,37	1,000

$$v_b = v_{b,0} * c_a$$

$c_a = 1$ per $a_s \leq a_0$
 $c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m

v_b (velocità base di riferimento) 27,00 m/s

$$v_r = v_b * c_r$$

c_r coefficiente di ritorno

1,00

v_r (velocità di riferimento) 27,02 m/s

Pressione cinetica di riferimento

q_r (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

$$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

Pressione cinetica di riferimento q_r 456,29 [N/m²]

Calcolo dei coefficienti

- Coefficiente dinamico $c_d=1,00$
- Coefficiente topografico $c_t=1,00$
- Coefficiente di esposizione

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

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

k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
0,19	0,05	4,00

Coefficiente di esposizione minimo	$c_{e,\min}$	1,80	$z < 4,00$
Coefficiente di esposizione alla gronda	$c_{e,\text{gronda}}$	1,80	$z = 3,00$
Coefficiente di esposizione al colmo	$c_{e,\text{colmo}}$	1,80	$z = 3,00$

- Coefficiente di forma

(1) parete sopravento	c_p
	0,40
(2) copertura sopravento	c_p
	-0,80
(3) copertura sottovento	c_p
	-0,80
(4) parete sottovento	c_p
	-0,80

Calcolo della pressione del vento

Combinazione più sfavorevole per pareti e copertura:

Valori massimi della pressione per ogni elemento

p (pressione del vento) = $q_f \cdot c_d \cdot c_t \cdot c_e \cdot c_p$

c_d (coefficiente dinamico) c_t (coefficiente topografico) c_e (coefficiente di esposizione)

c_p (coefficiente di forma)

	p [kN/m ²]	c_d	c_t	c_e	c_p	P [kN/m ²]
(1) par. sopravent.	0,456	1,00	1,00	1,801	0,40	0,33
(2) cop. sopravent.	0,456	1,00	1,00	1,801	-0,80	-0,66
(3) cop. Sottovent.	0,456	1,00	1,00	1,801	-0,80	-0,66
(4) par. sottovent.	0,456	1,00	1,00	1,801	-0,80	-0,66

Pressione del vento in direzione tangenziale q_{\tan} 8,22 [N/m²]

10.3 Azione della neve

L'azione della neve è calcolata in conformità a quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni [cap. 3.4].

Definizione dei dati: Comune di Avetrana, zona III, 59 m s.l.m.

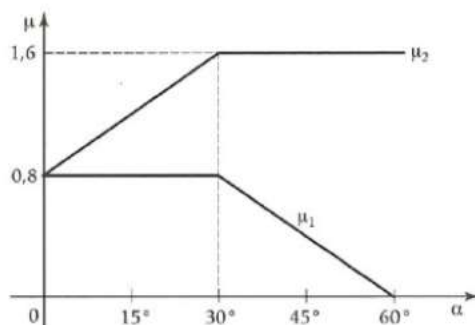
<p>Zona III Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo</p>	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$ $a_s > 200 \text{ m}$
--	---



Calcolo del carico neve al suolo: $q_{sk} = 0,60 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

Calcolo dei coefficienti

- **Classe di topografia [normale]** $c_e=1,00$
- **Coefficiente termico** $c_t=1,00$
- **Coefficiente di forma**



$\mu_1 (\alpha_1)$	0,80
$\mu_1 (\alpha_2)$	0,80
$\mu_2 (\alpha)$	0,80

	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60$
$\mu_1 (\alpha)$	0,80	$0,8(60-\alpha)/30$	0,00
$\mu_2 (\alpha)$	$0,8+0,8 \alpha/30$	1,60	0,00

10.4 Carichi variabili

Gli orizzontamenti delle cabine potranno presentare, in funzione delle tipologie di destinazioni d'uso, i seguenti carichi variabili:

B1. Uffici non aperti al pubblico	$q_R = 2,00$	[kN/m ²]
H1. Coperture e sottotetti accessibili per la sola manutenzione:	$q_R = 0,50$	[kN/m ²]

10.5 Carichi permanenti strutturali (pesi propri) e non strutturali

I sovraccarichi permanenti adottati sono i seguenti:

- solai di copertura piani non praticabili: $g = 1,5$ kN/m²;
- solai intermedi praticabili: $g = 2,5$ kN/m².

Le murature e i parapetti portati genereranno i seguenti sovraccarichi sulle strutture portanti: muratura esterna di tamponamento in laterizio forato ($s=30$ cm): 460 daN/m².

10.6 Caratteristiche del terreno di fondazione

Per la completa caratterizzazione del terreno di fondazione si rimanda alla relazione geologica.

Nella descrizione del terreno di fondazione redatta dal geologo, dott. Dario Fischetto, si rileva che il piano di sedime è caratterizzato da limo sabbioso con presenza di trovanti e livelli di natura arenacea.

Pertanto, è stata ipotizzata, in via del tutto cautelativa, la seguente tipologia di terreno di fondazione:

facies costituita da argille sabbiose:

- γ (peso di volume) = 1950 g/cm³;
- ϕ (angolo di attrito interno) = 20°-24°;
- c' (coesione drenata) = 0,15 – 0,20 Kg/cm².

Per il calcolo della portanza della fondazione in corrispondenza di terreni costituiti da argille sabbiose è stata utilizzata la seguente formula di Terzaghi:

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

Dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cdot \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0,75 \cdot \pi - \phi/2) \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

Nel caso in esame, applicando la suddetta formula, si ottiene una resistenza ultima pari a circa **2,5 kg/cm²**.

Pertanto, imponendo un coefficiente di sicurezza pari a 3, in via del tutto cautelativa, è stata assunta una tensione ammissibile massima del terreno di fondazione pari a circa:

$$q_{amm} = 0,5 \text{ kg/cm}^2$$

10.7 Qualità dei materiali

10.7.1 Strutture di fondazione

Le strutture di fondazione sono dirette, del tipo a platea.

Il piano di imposta delle strutture di fondazione sarà regolarizzato e bonificato preliminarmente mediante uno strato di calcestruzzo magro, spesso almeno 15 cm, di resistenza caratteristica non inferiore a R_{ck} 15 N/mm².

10.7.2 Calcestruzzi ed armature per strutture di fondazione

È stato previsto l'uso di cemento Pozzolánico, tipo CEM IV/B 32.5, allo scopo prevenire i modesti rischi di aggressione da parte dei terreni e delle acque di infiltrazione; la classe 32.5 consente, inoltre, di ridurre gli effetti negativi del ritiro e di assicurare, come implicita conseguenza della classe di resistenza imposta da esigenze statiche, un rapporto acqua/cemento assai ridotto, con grande vantaggio per la qualità e durabilità delle opere. Le caratteristiche prestazionali meccaniche e qualitative di composizione, prescritte per i calcestruzzi relativi alle fondazioni, sono le seguenti:

Calcestruzzo per strutture di fondazione

Classe di resistenza:	C25/30
Classe di esposizione:	XC2
Max rapporto a/c:	0.60
Tipo e classe di cemento:	CEM IV/B 32.5 R (Pozzolánico/UNI-ENV 197/1)
Dosaggio min. di cemento:	300 Kg/m ³
Dimensione max aggregati:	30 mm
Classe di consistenza:	S4 (UNI EN 206/1)

Inerti costituiti da ghiaia e sabbia pulita costituiti da elementi non gelivi e non friabili e privi di sostanze organiche, limose o argillose, del tipo calcareo-dolomitico nel rispetto dei fusi granulometrici.

Acqua: limpida, priva di sali (in particolare solfati e cloruri) e non aggressiva.

Acciaio

Gli acciai prescritti per la realizzazione delle strutture di fondazione in c.a. hanno le seguenti caratteristiche prestazionali e qualitative:

- acciaio tipo B450C;
- nervato ad "alta aderenza" (EN 10080);
- saldabile ($C \leq 0.24\%$; $C_{eq} \leq 0.52\%$).

10.7.3 Strutture di elevazione in c.a.

Le strutture di elevazione in c.a. sono costituite da pilastri e travi in c.a.

Gli impalcati sono costituiti da solai con fondello in calcestruzzo e nervature parallele semiprefabbricate a traliccio.

Calcestruzzi per strutture di elevazione

I calcestruzzi per le strutture di elevazione saranno confezionati con cemento Portland al calcare classe "32.5 R" al fine di ridurre gli effetti negativi del ritiro e di assicurare, come implicita conseguenza della classe di resistenza imposta da esigenze statiche, un rapporto acqua/cemento assai ridotto, con grande vantaggio per la qualità e durabilità delle opere.

Le prescrizioni relative alla "resistenza", nonché quelle necessarie per garantire la qualità e durabilità dei manufatti, sono le seguenti:

Classe di resistenza:	C30/37
Classe di esposizione:	XC3
Max rapporto a/c:	0.55
Tipo e classe di cemento:	CEM II/A-L 32.5 R (Portland al calcare / UNI-ENV 197/1)
Dosaggio min. di cemento:	320 Kg/m ³
Dimensione max aggregati:	20 mm
Classe di consistenza:	S4 (UNI EN 206/1)

Inerti costituiti da ghiaia e sabbia pulita costituiti da elementi non gelivi e non friabili e privi di sostanze organiche, limose o argillose, del tipo calcareo-dolomitico nel rispetto dei fusi granulometrici.

Acqua: limpida, priva di sali (in particolare solfati e cloruri) e non aggressiva.

Acciaio per strutture di elevazione

Gli acciai prescritti per la realizzazione delle strutture in elevazione in c.a. hanno le seguenti caratteristiche prestazionali e qualitative:

- acciaio tipo Fe B 450 C;
- nervato ad "alta aderenza" (EN 10080);
- saldabile ($C \leq 0.24\%$; $C_{eq} \leq 0.52\%$).

Per quanto concerne reti e tralicci di acciaio elettrosaldati, si fa espresso riferimento al punto 11.3.2.5 del D.M. 17 gennaio 2018.

11 SPECIFICHE TECNICHE RECINZIONE E CANCELLI

Il progetto prevede la realizzazione di una recinzione che delimiterà le aree di installazione dell'impianto fotovoltaico.

Essa sarà della seguente tipologia:

- pali in acciaio zincato, infissi nel terreno e collegati tra loro attraverso morsetti doppi;
- rete a maglia sciolta, fissata ai pali mediante tensori di acciaio.

I pali sono particolarmente resistenti tali da evitare la torsione del palo in caso di sollecitazioni e forzature. Tale tipologia di recinzione garantisce un basso impatto e quindi un'integrità ambientale. La recinzione avrà un'altezza di 2,00 m.

I cancelli d'ingresso saranno realizzati in acciaio zincato, sorretti da pilastri in scatolare metallico e da basamento completamente interrato. Il posizionamento e le dimensioni saranno tali da permettere un agevole ingresso dei mezzi pesanti impiegati in fase di realizzazione e manutenzione. Tutto il sistema di recinzione sarà direttamente infisso nel terreno senza la realizzazione di alcun basamento in calcestruzzo.

Eventualmente sarà valutata la possibilità di stabilizzare l'infissione dei pali metallici con gettata di calcestruzzo.



Heliopolis S.p.A.

Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento ai sensi dell'articolo 2497 del C.C. da parte di Innoval5 S.r.l.

Sede legale: Galleria Passarella, 1 - 20122 Milano - Italy. Sede operativa: via Alto Adige, 160/A - 38121 Trento - Italy
Tel. +39 0461 1732700 - Fax +39 0461 1732799 - www.heliopolis.eu - info@heliopolis.eu - PEC: heliopolisspa@pcert.it
Capitale sociale € 2.000.000 i.v. - Cod. fisc., p. Iva e iscr. Registro Imprese di Milano n. 08345510963 - R.E.A. n. MI 2019395

