



REGIONE PUGLIA



COMUNE di FOGGIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di MANFREDONIA



Proponente	 <p>OPDENERGY TAVOLIERE 2 S.R.L. Sede: Rotonda Giuseppe Antonio Torri, n. 9 - 40127 Bologna (BO) Pec: opdenenergy.tavoliere2@legalmail.it P.IVA: 12206080019</p>					
Progettazione Generale Elettrica e Coordinamento	 <p>STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA MEZZINA dott. ing. Antonio Via T. Solis 128 71016 San Severo (FG) Tel. 0882.228072 Fax 0882.243651 e-mail: info@studiomezzina.net</p>	Studio Agronomico	<p>Studio Tecnico Agrario Dott. Agr. Marcello Martino Viale Europa, 42 - 71122 Foggia Tel./Fax 0881.632008 Cell. 337.938268 E-Mail: marcello.martino@tiscali.it</p>			
Studio Paesaggistico e Ambientale	 <p>VEGA sas LANDSCAPE ECOLOGY & URBAN PLANNING <small>Via dell'Industria, 48 - 71121 Foggia - Tel. 0881.756251 - Fax 0881.412324 mail: info@studiovega.org - website: www.studiovega.org</small></p> <p>Arch. Antonio Demaio Tel. 0881.756251 Fax 1784412324 E-Mail: sit.vega@gmail.com</p>	Studio Geologico e Geotecnico	<p>Dott. Nazario Di Lella Tel./Fax 0882.991704 cell. 328 3250902 E-Mail: geol.dilella@gmail.com</p>			
Studio Acustico	<p>STUDIO FALCONE Ingegneria</p> <p>Ing. Antonio Falcone Tel. 0884.534378 Fax. 0884.534378 E-Mail: antonio.falcone@studiofalcone.eu</p>	Studio Strutturale	 <p>STM TECHNICAL SOLUTIONS <small>STRUTTURE - ARRETRATI - MOBILI - SCHEDE - ARRETRATI - LUCE</small></p> <p>Ing. Tommaso Monaco Tel. 0885.429850 Fax 0885.090485 E-Mail: ing.tommaso@studiotecnicomonaco.it</p>			
Studio Archeologico	 <p>ARCHEO LOGICA srl</p> <p>Dott. Vincenzo Ficco Tel. 0881.750334 E-Mail: info@archeologicasrl.com</p>	Studio Naturalistico	<p>Dott. Forestale Luigi Lupo Corso Roma, 110 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it</p>			
Studio Acustico	 <p>STUDIO PROGETTAZIONE ACUSTICA</p> <p>Arch. Marianna Denora Via Savona, 3 - 70022 Altamura (BA) Tel. Fax 080 3147468 Cell. 331 5600322 E-Mail: info@studioprogettazioneacustica.it</p>	Studio Idraulico	<p>Studio di Ingegneria Dott.sa Ing. Antonella Laura Giordano Viale degli Aviatori, 73 - 71121 Foggia (Fg) Tel./Fax 0881.070126 Cell. 346.6330966 E-Mail: lauragiordano.ing@gmail.com</p>			
Opera	<p>Progetto definitivo per la realizzazione dell'Impianto agro-fotovoltaico "TAVOLIERE 2" integrato con potenza di picco pari a 37,362MWp e potenza ai fini della connessione pari a 30MW sito nel comune di FOGGIA, alle località "Posta de Piede - Vigna Croce" nonché delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto nel Comune di Manfredonia (FG).</p>					
Oggetto	Folder: LE6F5X5_CalcoliPreliminari	Sez. F		Nome Elaborato: LE6F5X5_CalcoliPrelStrutture_02.pdf		Codice Elaborato: F02
Descrizione Elaborato: Relazione descrittiva fondazioni e modalità installazione delle strutture a sostegno dei pannelli fotovoltaici e della recinzione						
00	Novembre 2021	Emissione progetto definitivo	Ing. T. Monaco	Ing. Mezzina	OPDE TAVOLIERE 2 s.r.l.	
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione	
Formato:	Scala:	Codice Pratica LE6F5X5	Codice Pratica TERNA		201900197	

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	1
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	1
3	INQUADRAMENTO INTERVENTO.....	2
4	ASPETTI GEOTECNICI	4
5	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEI TRACKER	5
6	DESCRIZIONE TECNICA DEL SISTEMA DI SUPPORTO.....	7
7	RECINZIONI E CANCELLI	10
8	CABINE ELETTRICHE	10
9	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI	13
9.1	CALCESTRUZZO IN OPERA.....	13
9.1.1	PROVE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE	14
9.1.2	CONTROLLO DI TIPO A.....	15
9.2	ACCIAIO D'ARMATURA IN OPERA	15
9.2.1	PROVE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE	15
9.3	ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE IN OPERA.....	16
9.3.1	PROVE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE	16
10	CONCLUSIONI.....	17

1 PREMESSA

Per incarico ricevuto dalla società **OPDENERGY TAVOLIERE 2 S.R.L.**, con sede Legale in Rotonda Giuseppe Antonio Torri, n. 9 - 40127 Bologna (BO), C.F. e P.IVA: 12206080019, il sottoscritto ing. Tommaso Monaco, con studio tecnico in Cerignola - Viale di Levante 139/D, regolarmente iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Foggia al n. 2906, ha provveduto ad effettuare tutto ciò che prescrive la buona regola d'arte per la redazione della presente relazione tecnica finalizzata al dimensionamento preliminare delle strutture civili, facenti parte del parco fotovoltaico in oggetto;

Infatti la società **OPDENERGY TAVOLIERE 2 S.R.L.**, è proponente di un progetto per la realizzazione dell'Impianto agro-fotovoltaico "**TAVOLIERE 2**" integrato con potenza di picco pari a 37,362MWp e potenza ai fini della connessione pari a 30MW, sito nel comune di FOGGIA, alle località "Posta De Piede – Vigna Croce", nonché delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto nel Comune di Manfredonia (FG).

Le opere strutturali civili in oggetto sono costituite da strutture in acciaio come i supporti dei pannelli fotovoltaici, mentre le opere come il basamento delle cabine elettriche, le recinzioni ed i locali e depositi annessi, verranno realizzate in c.a. gettato in opera.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nell'esecuzione del progetto, nel calcolo strutturale, nella modalità di posa in opera si è tenuto conto della normativa di seguito riportata:

NORMATIVA NAZIONALE

Legge 05/11/1971 n.1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;

Legge 02/02/1974 n.64: Ministero dei lavori pubblici - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

Decreto Ministeriale 16/01/1996: Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;

Decreto Ministeriale 09/01/1996: Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;

Decreto Ministeriale 11/03/1988: Ministero dei lavori pubblici - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;

Decreto Ministeriale 11/03/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;

Circolare Ministero LL.PP. 24/09/1988 n.30483: Legge 02/07/1974 – D.M. 11/03/1988 – Istruzioni per l'applicazione;

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18

Circolare Ministero LL.PP. n. 7 del 21 gennaio 2019: Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

3 INQUADRAMENTO INTERVENTO

La proponente OPDENERGY TAVOLIERE 2 ha richiesto e ottenuto da TERNA S.p.A. il preventivo di connessione Codice Pratica n. 201900197, inizialmente da 20MW, con successiva rimodulazione della potenza del 06.10.2020, con medesimo codice pratica, a 30MW, la cui Soluzione Tecnica Minima Generale prevede la connessione “... *in antenna a 150kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150kV di Manfredonia.*” stabilendo altresì la necessità di condivisione dello Stallo in Stazione con altri realizzandi impianti di produzione.

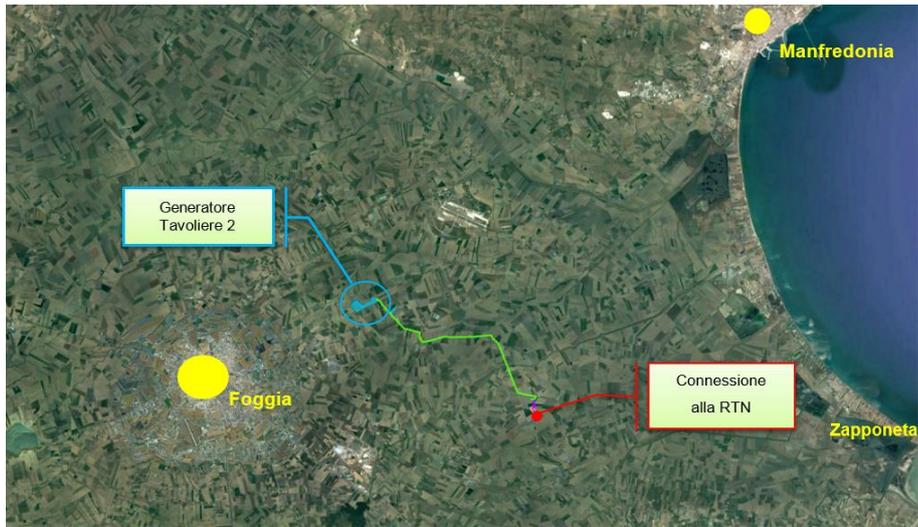
L’impianto oggetto della presente relazione condividerà lo stallo produttore in SE Manfredonia con gli impianti riconducibili alle società MARSEGLIA AMARANTO ENERGIA E SVILUPPO S.r.L., (codice pratica 201900413), OPDENERGY Tavoliere 2 S.r.l., (codice pratica 201900197), HORIZONFIRM S.r.l. (codici pratica 201901116), e PARCO EOLICO SANTA CROCE DEL SANNIO HOUSE S.r.l., (codice pratica 06021664), mediante uno stallo di condivisione affiancato in sottostazione utente. In particolare, i sei impianti costituiranno una connessione del tipo in condominio (o a grappolo) di alta tensione e condivideranno lo stallo cavo di alta tensione ed il cavo interrato AT di collegamento alla SE Manfredonia. Il condominio così costituito sarà connesso ad un unico stallo produttore in SET-RTN TERNA di Manfredonia, che costituirà l’impianto di rete per la connessione. Il layout delle Sottostazioni e dell’area condominiale tra i produttori è stato definito mediante apposito accordo, secondo la rappresentazione planimetrica in appresso riportata:



Inquadramento su ortofoto opere di Rete: in verde, l’elettrodotto dorsale MT 30kV; in arancio, la viabilità di accesso; in Magenta, la SSE Produttore; in viola, l’elettrodotto AT 150kV; riquadrata in rosso, la posizione dello Stallo 150kV assegnato.

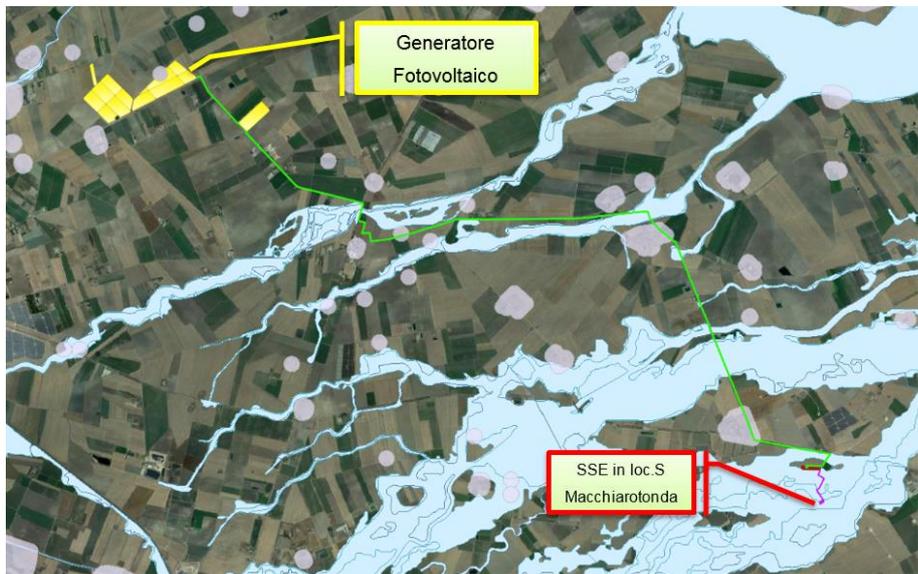
L’area su cui verrà realizzato il progetto è sita nella regione Puglia, in Provincia di Foggia, nei territori comunali di Foggia e di Manfredonia. Le coordinate geografiche baricentriche del sito occupato dal generatore fotovoltaico sono:

Latitudine: 41°29'45.09"N; **Longitudine:** 15°39'5.74"E



Inquadramento di ampio raggio su ortofoto dell'area di intervento, situata all'incirca a circa 10km ad Est di Foggia; a Nord, in celeste, la centrale fotovoltaica; in verde, il percorso dell'elettrodotta dorsale, che si sviluppa per circa 11km prevalentemente lungo rete viaria esistente; a SUD la Sottostazione Produttore, nei pressi della esistente Stazione elettrica di Trasformazione SET-TERNA 380/150kV.

Le aree necessarie alla realizzazione del Generatore Fotovoltaico sono nella disponibilità della Società Proponente grazie ad accordi già stabiliti con le Ditte Proprietarie dei Fondi, per mezzo di contratti preliminari di diritto di superficie. Anche ai fini della connessione alla RTN sono stati già stabiliti accordi di condivisione di stallo con altre società per la connessione alla RTN. Per quanto riguarda tutte le altre opere necessarie alla connessione si attiverà la procedura di apposizione del vincolo preordinato all'esproprio, previa declaratoria di pubblica utilità da parte dell'Ufficio per le Espropriazioni.



Planimetria su ortofoto del Progetto, tra le località "C. Savano – C.se De Martino" e Posta Macchiarotonda. In evidenza la pianificazione sovraordinata interferente, limitata ad aree PAI e segnalazioni archeologiche.

4 ASPETTI GEOTECNICI

L'area d'interesse è ubicata a circa 8,9 Km N-E dal centro abitato di Foggia, in località Posta da Piede – Vigna Croce, mentre la stazione elettrica di consegna è sita in località Macchia Rotonda, circa 16,6 Km est dal centro abitato di Foggia, in agro di Manfredonia. La quota del sito è compresa tra i 40 m. s.l.m. (Campo FTV) e i 25 m s.l.m. (SSE), l'impianto risulta essere suddiviso in due sottocampi produttivi estesi su una superficie complessiva di circa 68 ha.

Cartograficamente l'area è ubicata nella parte centrale della Tavolette IGM 1:25.000 - Tav 164 III NE "Borgo Tavernola" (Campo FTV) e Tav 164 II NO "Borgo Mezzanone (SSE); su cartografia CTR 10.000 ricade nell'elemento n. 408121-409094 (Campo FTV) e n. 409144 (SSE).

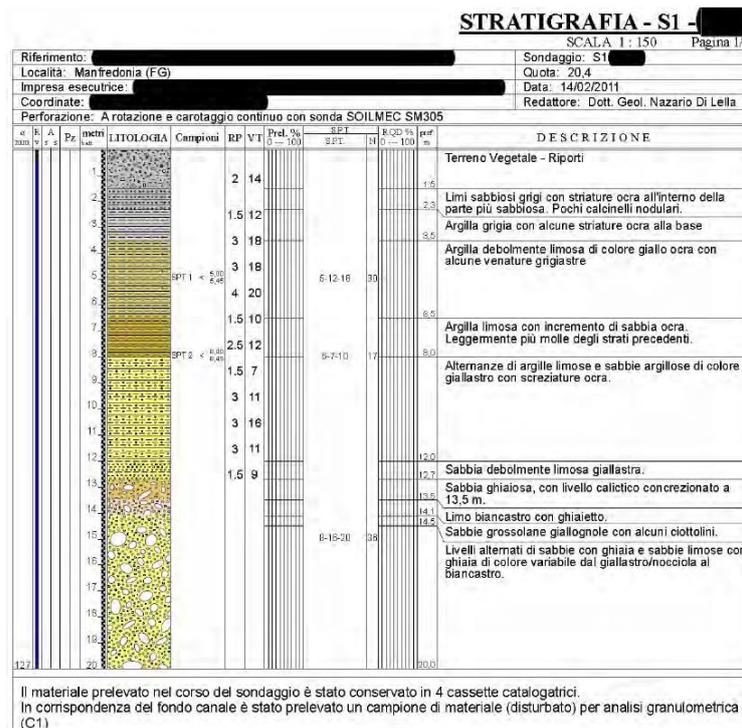
Il territorio presenta una morfologia tipica media pianura foggiana, ed in particolare nella fascia idraulica meridionale (terminale) del T. Candelaro, con ampie spianate che corrono parallele all'asse fluviale, che terminano nella spianata di foce del golfo di Manfredonia, con una serie di canali tributari orientati in direzione prevalente E-W.

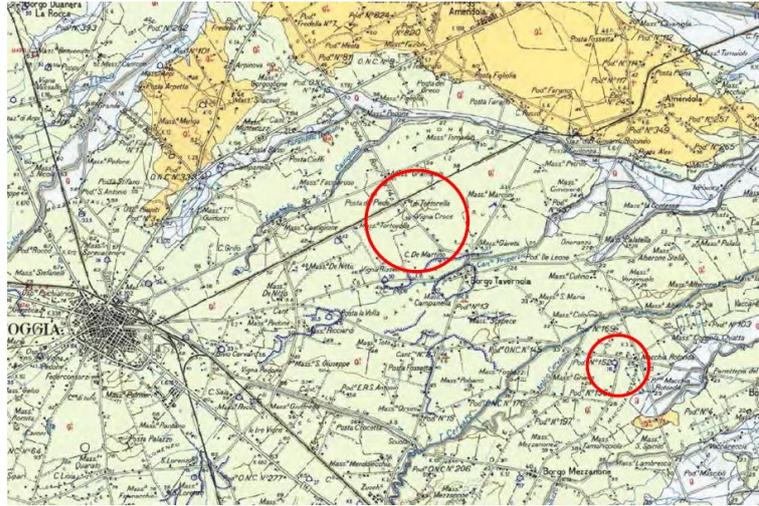
Nell'area in oggetto, non sono presenti forme di dissesto né attive né quiescenti o potenzialmente attivabili; trovandoci su un pianalto di cresta, da qui cominciano a presentarsi piccoli incanalamenti che presentano vergenza in direzione E, strutturandosi poi in reticolo vero e proprio prima di convergere verso il Torrente Candelaro. I litotipi presenti sull'area sono rappresentati da depositi di origine alluvionale (Alluvioni Terrazzate del 3° ordine), mentre in prossimità delle linee d'impluvio si osserva la presenza di alluvioni quaternaria più recenti, in prossimità delle fasce di erosione fluviale attiva.

In base alla cartografia geologica di zona, il sito ricade in area di affioramento dei depositi alluvionali terrazzati del 3° ordine del T. Candelaro, con caratteri litologici di rielaborazione fluviale delle formazioni marine di base rappresentate da una sequenza alternata tra sabbie con livelli di ciottoli arrotondati e limi che vanno dal sabbioso all'argilloso, per passare poi in profondità a litotipi a componente primaria sabbiosa, come si è potuto osservare in occasione di sondaggi meccanici eseguiti nell'area di sottostazione ed in corrispondenza di numerose perforazioni per pozzi di approvvigionamento idrico seguiti in zona.

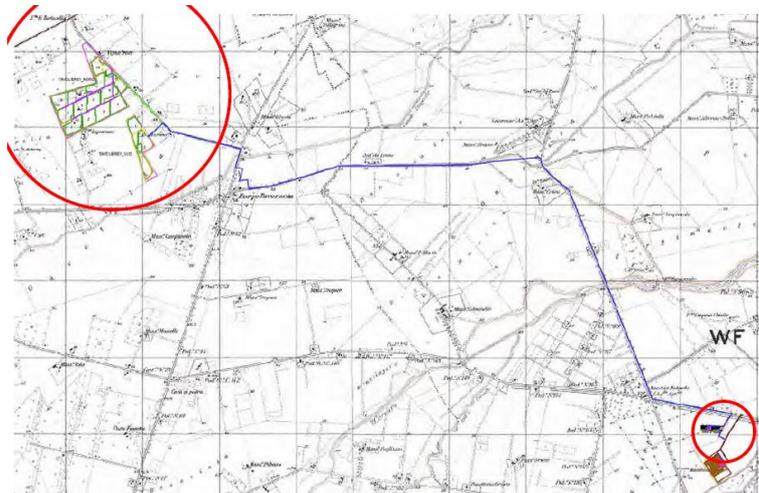
A partire da quote variabili intorno ai 50-80 m. dal p.c., si intercettano poi i litotipi argillosi della sequenza plio-pleistocenica (argille torbiditiche grigio-azzurre) che in questa zona presentano potenze dell'ordine dei 400-500 m (Tesi Di Laurea Geol.

Nazario Di Lella). Secondo le indagini geologiche si ritiene che i terreni dell'area d'intervento siano ascrivibili alla Formazione delle Sabbie fini intervallate a peliti sottilmente stratificati.





Stralicio Carta Geologica d' Italia – scala 1:100.000



Stralicio IGM 1:25.000

5 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEI TRACKER

I moduli fotovoltaici saranno installati su strutture ad inseguimento solare di tipo “monoassiale”.

Gli inseguitori solari monoassiali inseguono le radiazioni luminose ruotando intorno a un unico asse e, in base all’orientamento dell’asse, possono essere distinti in:

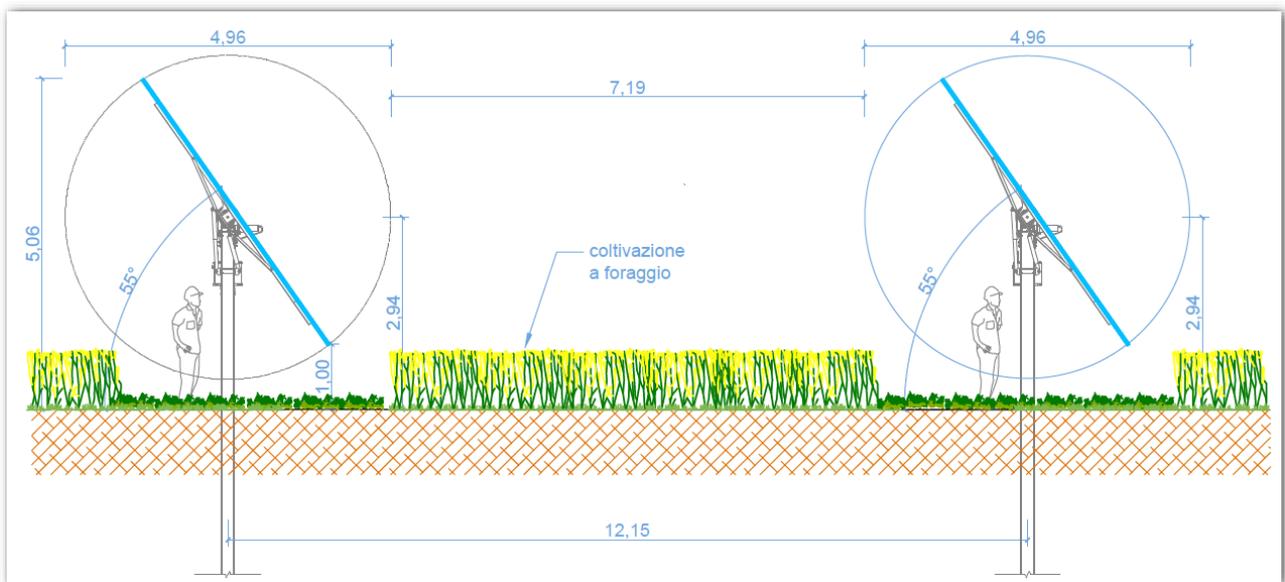
- *Inseguitore Monoassiale di tilt o “bloccaggio”*; la rotazione avviene intorno all’asse est-ovest, coprendo l’angolo di tilt. Di norma la variazione dell’angolo viene eseguita manualmente due volte l’anno.
- *Inseguitore Monoassiale di “rollio”*; insegue il sole nella sua volta celeste durante le ore centrali della giornata, invertendo il movimento nelle ore dell’alba e del tramonto per evitare gli ombreggiamenti.
- *Inseguitore Monoassiale di “azimut”*; la rotazione avviene intorno all’asse verticale collocato perpendicolarmente al suolo.

L’impianto progettato si avvale di inseguitori monoassiali di rollio **ad asse orizzontale** (la rotazione avviene attorno ad un asse parallelo al suolo, orientato NORD-SUD, con inseguimento EST-OVEST).

La scelta progettuale, in questa fase di progettazione definitiva, è caduta sull’inseguitore monoassiale **SF7** prodotto dalla **Soltec** che consente l’installazione dei moduli fotovoltaici posizionati con il lato maggiore perpendicolare all’asse, consentendo l’installazione in doppia fila ed un guadagno di densità di potenza installata a parità di suolo impegnato.

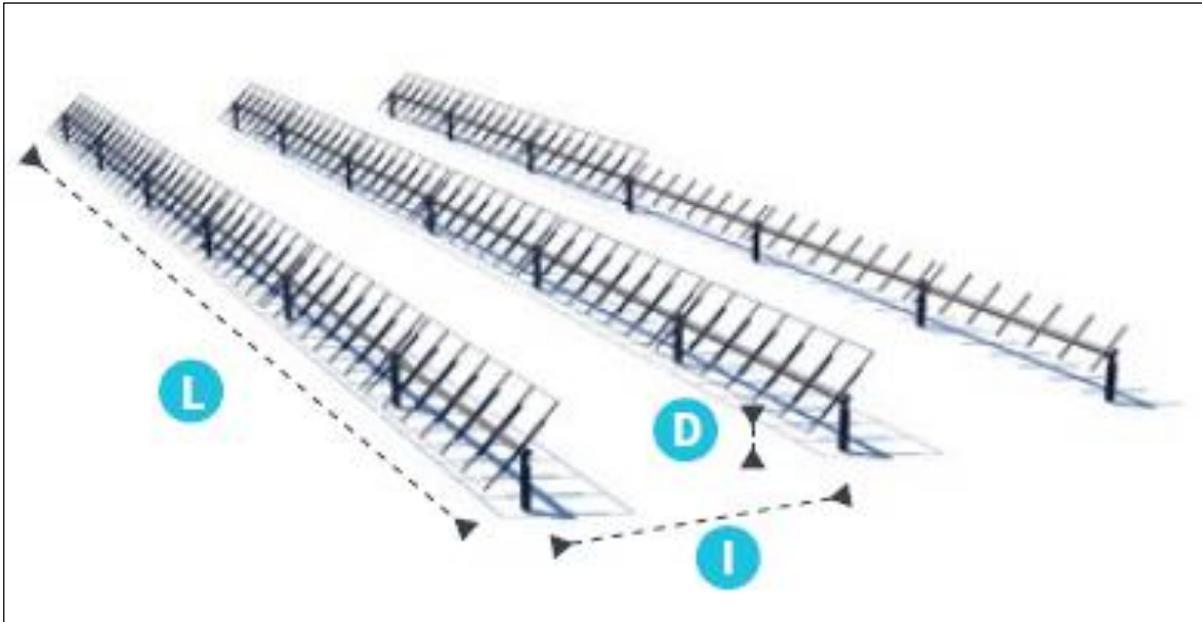


Layout dell'inseguitore SOLTEC, con pannelli montati perpendicolarmente all'asse di rotazione.



Vista frontale tipo del tracker

CONFIGURAZIONE PROGETTUALE		
Interdistanza (I)	[m]	12,15m
Lunghezza blocco inseguimento (L)	[m]	16,25 (strutture da 28 moduli) e 32,10 (strutture da 56 moduli)
Altezza dal terreno (D_{min})	[m]	Min 1,00
Altezza dal terreno (D_{max})	[m]	Max. 5,06m



Configurazione schematica dei tracker

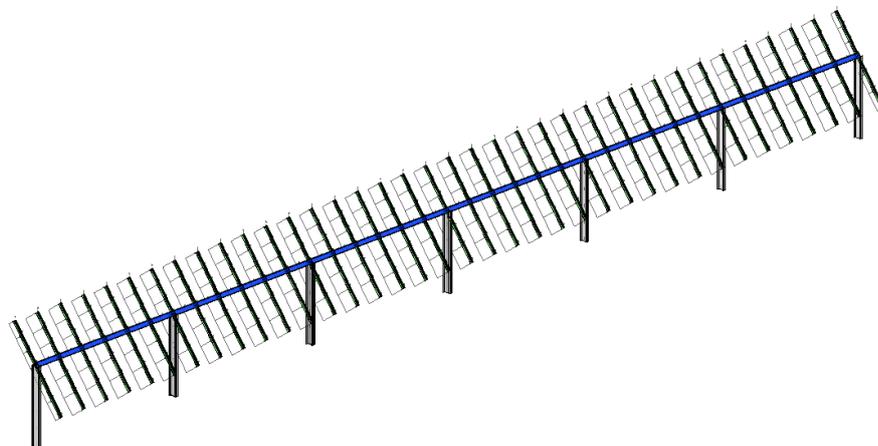
6 DESCRIZIONE TECNICA DEL SISTEMA DI SUPPORTO

La struttura di sostegno a servizio dei pannelli fotovoltaici 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". Le strutture di sostegno prese in esame per il presente documento preliminare sono tipiche dei sistemi tracker monoassiali. 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.

I moduli fotovoltaici previsti nel sito di progetto sono costituiti da pannelli fotovoltaici del tipo **JinkoSolar**, appartenente alla **Serie TIGER PRO**, modello **TR-BIFACIAL**, aventi dimensioni 1122mm x 2385mm predisposti lungo il lato corto su 2 file ed una inclinazione variabile da 0° a 55°, in modo da ottimizzare la produzione di energia elettrica.

Il portale tipico della struttura progettata è costituito da una stringa di lunghezza 16,25 (strutture da 28 moduli) e 32,10 (strutture da 56 moduli) su cui sono montati i moduli fotovoltaici.



Vista assometrica modello strutturale

La struttura presenta una altezza massima da terra di 5,06 m, mentre nella posizione con inclinazione 55° l'altezza da terra del punto più basso della struttura risulta essere di 1,00 m.

La fondazione della struttura di sostegno dei pannelli fotovoltaici sarà costituita da profili in acciaio, costituenti i montanti, infissi nel terreno tale da garantire la stabilità dell'insieme dei pannelli e della struttura a sostegno.

Come mostrato negli elaborati di progetto si è proceduto considerando uno "schema tipo", che presenta caratteristiche tecnico costruttive analoghe a quelle desumibili dai prodotti commerciali più comunemente utilizzati per impianti FV simili a quello in oggetto, considerando come azione dimensionante quella indotta dal vento, considerato l'entità fortemente superiore a quella della neve.

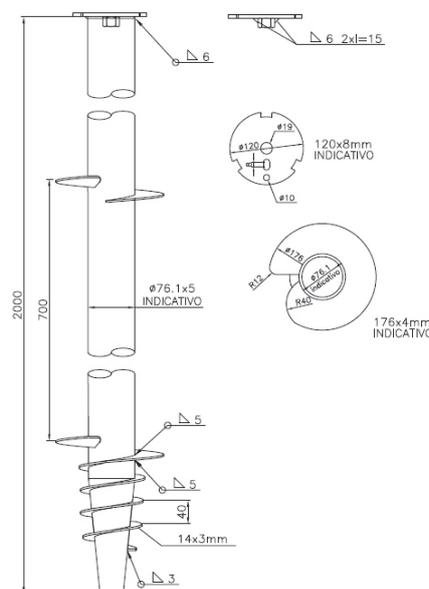
La struttura di sostegno dei pannelli è costituita dai seguenti profilati riportati in Tabella 1:

Elemento	Sezione	Materiale
Montanti	IPE 200 [montanti esterni]	Acciaio Fe360
	IPE 220 [montanti centrali]	
Traversi	Tubi rettangolari 150x150x8 [dimensioni in mm]	Acciaio Fe360
Elementi di sostegno pannelli	Sagomati omega 80x40x25x3 [dimensioni in mm]	Acciaio Fe360

Dati geometrici profili in acciaio struttura di sostegno pannelli

In tale fase tutte le strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici e di conseguenza i pali di fondazione, sono state pre-dimensionate sulla base di un tipologico che in fase di esecuzione potrà essere migliorato al fine di ottenere il massimo rendimento dell'impianto fotovoltaico.

Tra le possibili alternative vi è quella legata alla tipologia di fondazione per le strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici. Data la natura del terreno una possibile soluzione può essere quella di utilizzare pali a vite [o screw piles], i quali permetterebbero profondità di infissione minori. L'utilizzo di tale tipologia costruttiva dovrà però essere valutata in fase esecutiva a seguito di prove in sito e solo dopo aver eseguito gli spianamenti.



Gli screw piles (o pali a vite) sono pali prefabbricati in acciaio dotati di una o più eliche, disponibili in varie geometrie e configurazioni, che vengono avvitati nel terreno per mezzo di semplici apparecchiature che possono essere facilmente montate sulle più comuni macchine operatrici. Ciò implica la quasi totale assenza di un cantiere per la realizzazione della fondazione, aspetto fondamentale quando ci si trova ad operare in ambiti rurali difficilmente raggiungibili, ed una estrema rapidità di esecuzione.

Tale tipologia di palo è adeguata per resistere sia a sforzi di compressione che di trazione, e perciò consente alla fondazione di sopportare anche momenti ribaltanti. Data inoltre la possibilità di rimuovere e riutilizzare tali elementi, gli screw piles si ritengono convenienti per le fondazioni di impianti leggeri quali quelli a terra, posti in opera in tempi brevi e dotati di una certa vita operativa.

Si riporta di seguito un esempio di fondazione con palo a vite, avente profondità di infissione pari a 2 m.

In fase esecutiva, a seguito di prove geotecniche, sarà possibile eventualmente definire una diversa tipologia di fondazione profonda, per mezzo di pali a semplice infissione.

Mantenendo le caratteristiche del terreno alla base del dimensionamento dei pali infissi [cautelative rispetto alle condizioni in sito, in quanto variabili a seconda dell'area di intervento nel sito in progetto], considerano pali a vite aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

- lunghezza della spira h_s : 70 cm
- lunghezza del fusto h_f : 140 cm
- diametro esterno del fusto D_f : 7,6 cm [spessore fusto 5 mm]
- diametro della spira D_s : 17,6 cm
- lunghezza totale del palo: 210 cm

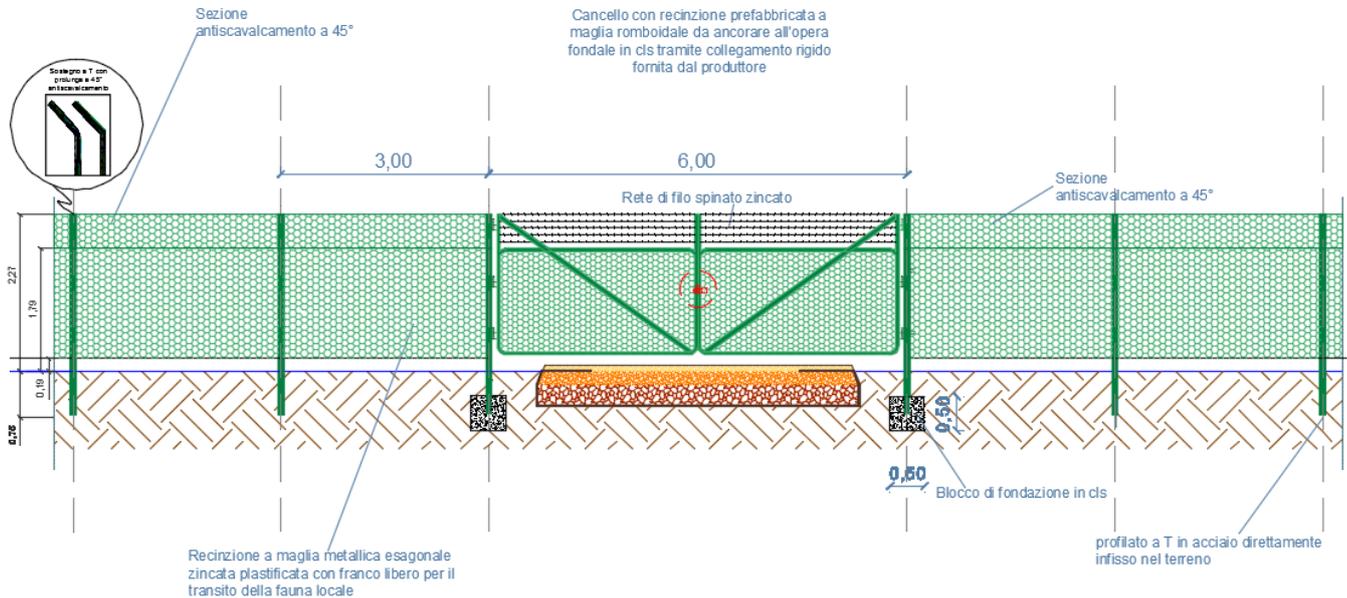
si ottengono i seguenti valori di capacità portante del palo:

- portata laterale della spira $Q_2 = 252,10$ kg
- portata laterale del palo $Q_3 = 117,70$ kg
- portata limite alla punta del palo $Q_1 = 648,00$ kg
- portata complessiva del palo $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 648,00$ kg + $252,10$ kg + $117,70$ kg = $1018,60$ kg

valore superiore al massimo carico applicato in testa al palo pari a 920 kg [coefficiente di sicurezza pari a 1,11].

7 RECINZIONI E CANCELLI

Le recinzioni dell'impianto fotovoltaico, come risulta dagli elaborati progettuali, saranno del tipo a maglia metallica plastificata di altezza pari a 2,27 m su pali metallici a "T", adeguatamente protetti contro la corrosione (vernici epossidiche e/o zincatura) direttamente infissi nel terreno.



Dettaglio recinzione e cancello nei punti di accesso

I paletti in acciaio a "T" da 40 saranno posati ad interasse di mt. 3.00 con tre fili tenditori, con sezione antiscavalamento inclinata a 45°. L'accesso avverrà tramite passaggio carraio di larghezza pari a 6.00 m realizzato con elementi a maglia plastificata con sovrastante rete di filo spinato zincato sarà posato in opera su idonei basamenti in calcestruzzo.

Assimilando recinzioni e cancelli a strutture a mensola incastrate al terreno (per i cancelli lo schema vale per i pilastri terminali), si considera che le tensioni sulla mensola vengono determinate dalla spinta orizzontale con conseguente generazione di una matrice di sollecitazione alla base. Con tale schema statico è possibile stimare i momenti di ribaltamento dei montanti e conseguentemente determinare la profondità di infissione della recinzione in ragione dell'effettiva modalità di posa. Per i cancelli allo stesso modo si dimensiona il basamento in calcestruzzo delle colonne.

Il calcolo esatto è rinviato alla fase esecutiva di progettazione con riferimento alle definitive caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati. Per le caratteristiche geometriche si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

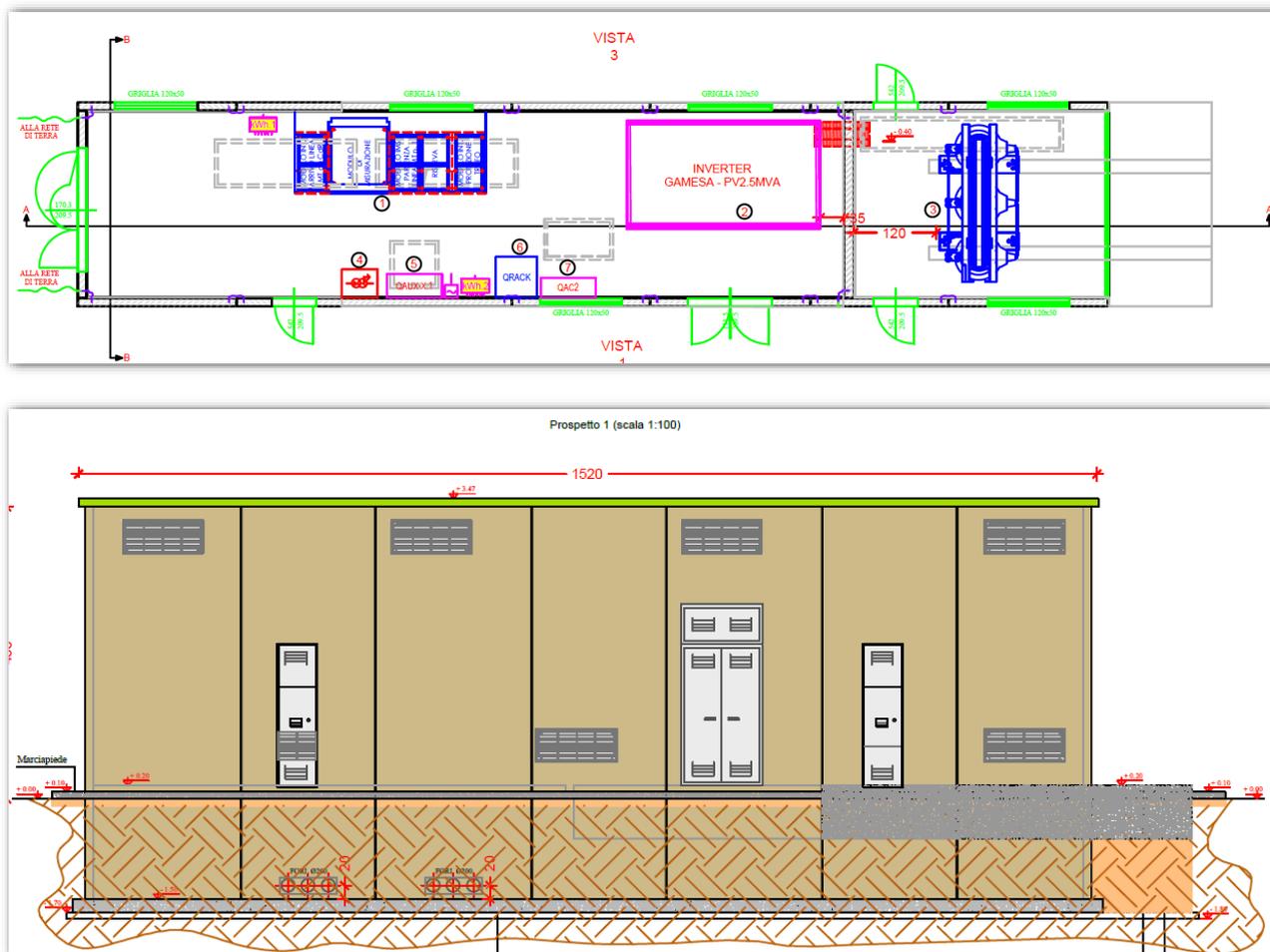
8 CABINE ELETTRICHE

Le cabine saranno manufatti di tipo prefabbricato, tutti della medesima taglia e caratteristiche costruttive generali.

All'interno di ogni cabina Master e SLAVE, come detto, sarà presente:

- un locale "conversione";
- un locale trasformatore;
- un locale quadri, dove saranno installati:
 1. quadri MT, con due moduli Interruttore di Manovra Sezionatore sottocarico (I.M.S) per la configurazione in serie delle cabine elettriche, un modulo Interruttore SF6 con sezionatore e partenza cavo posto a protezione e sezionamento del trasformatore stesso.

2. Quadri bT, costituiti da quadro elettrico servizio ausiliari per l'alimentazione dei servizi ausiliari e per tutte le utenze delle cabine, per l'alimentazione del gruppo di continuità monofase da 6kVA, posto a protezione dei circuiti ausiliari di sicurezza di cabina, quadro contatore di produzione; quadro contatore servizi ausiliari



Pianta, prospetto e sezioni cabina MASTER e SLAVE (dimensioni principali 15,00 x 3,00 x 4,50h)

Dal punto di vista costruttivo, i locali saranno realizzati con struttura portante a pannelli prefabbricati, trattati internamente ed esternamente con intonaco murale plastico formulato con resine speciali e pigmenti di quarzo ad elevato potere coprente ed elevata resistenza agli agenti esterni anche per ambienti marini, montani ed industriali con atmosfera altamente inquinata.

I pannelli prefabbricati saranno poggiati su una platea in c.a. semi interrata a sua volta poggiata su una superficie in magrone livellante in calcestruzzo magro. Su apposite mensole degli elementi verticali, al di sotto del vano Quadri MT, poggerà il solaio costituente il pavimento, anch'esso prefabbricato, di spessore 12 cm calcolato per sopportare un carico uniformemente distribuito non inferiore a 400 kg/m².

In tal modo resterà realizzata una vasca sottostante il pavimento, idonea ad accogliere il passaggio dei cavi elettrici MT e bT.

Il tetto sarà impermeabilizzato con guaina bituminosa a caldo di spessore atto a garantire un coefficiente medio di trasmissione termica di 3.1 W/Cm².

Il manufatto sarà completo di porte, griglie e finestre.

Il manufatto avrà dimensioni in pianta complessive pari a 15,00m x 3,00m e altezza di 4,50m (altezza riferita al piano di campagna).

Nelle cabine di trasformazione dovrà essere sempre presente il corredo antinfortunistico completo composto almeno dai seguenti accessori:

1. pedana isolante a 26 kV oppure tappeto isolante a 36 kV posto a terra davanti al quadro MT;
2. guanti isolanti a 36 kV e relativo porta guanti;
3. schema dell'impianto di cabina del lato MT e bT;
4. cartello indicativo della tensione (sulla porta ed internamente alla cabina);
5. cartello monitore di avviso di pericolo con simbolo del teschio (all'interno della cabina);
6. cartello monitore indicante il divieto di ingresso alle persone non autorizzate (sulla porta di accesso);
7. cartello di soccorso per colpiti da corrente elettrica;
8. cartello monitore con indicazione di lavori in corso (da tenere a disposizione per eventuali lavori).

Infine, nel Sottopiantino NORD, sarà realizzato un locale da adibire ad uso magazzino, per lo stivaggio di materiali di ricambio e di mezzi per la manutenzione dell'impianto. Tale manufatto sarà realizzato, alla stregua delle cabine con struttura portante in pannelli prefabbricati trattati internamente ed esternamente con intonaco murale plastico formulato con resine speciali e pigmenti di quarzo ad elevato potere coprente ed elevata resistenza agli agenti esterni anche per ambienti marini, montani ed industriali con atmosfera altamente inquinata.

I pannelli prefabbricati saranno poggiati su una platea in c.a. semi interrata a sua volta poggiata su una superficie in magrone livellante in calcestruzzo magro. Il solaio, anch'esso realizzato con elementi prefabbricati, sarà protetto dalle intemperie tramite un'adeguato strato di calcestruzzo isolante e sovrastante impermeabilizzazione. Le dimensioni del manufatto saranno 22,00 x 8,00 x 4,50h)



Prospetto anteriore (in alto) e laterale (in basso) del locale magazzino

9 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

9.1 CALCESTRUZZO IN OPERA

Il calcestruzzo utilizzato in opera sarà di diversa fattura a seconda dei casi di utilizzo dello stesso, infatti verrà utilizzato cls ordinario di classe C25/30 per la realizzazione dei pali di fondazione a servizio degli aereogeneratori, nonché di tutte le strutture facenti parte la sotto - stazione. Mentre per la piastra di base, su cui sarà innestata la torre eolica, verrà utilizzato un cls di classe C30/37. Per il piedistallo di alloggiamento della torre, verrà utilizzato un cls di classe C45/55.

Il calcestruzzo ordinario utilizzato in opera sarà di tipo normale avente massa volumica, dopo essiccazione a 105 °C, compresa fra 2000 e 2600 kg/mc.

Dovrà essere garantita, unitamente alla resistenza, la durabilità delle strutture in conglomerato cementizio. Pertanto, nel caso di calcestruzzi a "prestazione garantita" (UNI EN 206-1), dovranno essere rispettate anche le prescrizioni relative alla composizione ed alle caratteristiche del conglomerato fresco ed indurito, nonché quant'altro esplicitamente o implicitamente contenuto nella documentazione tecnica di progetto.

Per i soli calcestruzzi di sottofondazione (indicati anche come "magroni"), è possibile produrre miscele a dosaggio con $R_{ck} > 15$ N/mm².

I materiali impiegati per il confezionamento del calcestruzzo sono: aggregato di inerti (sabbia e ghiaia o pietrisco), pasta di cemento (cemento e acqua) ed eventuali additivi.

Tali materiali dovranno rispettare quanto indicato nelle normative di riferimento sopra elencate.

- **Aggregati di inerti** - Si utilizzeranno aggregati di massa volumica normale compresa fra 2000 e 3000 kg/mc. Gli inerti in genere dovranno corrispondere ai requisiti prescritti dalla normativa vigente e dalle UNI EN 12620. Dovrà essere attentamente analizzata la possibilità di insorgenza di reazioni tipo "ASR" (alcali silice), prendendo tutti i provvedimenti e le precauzioni indicate nella UNI EN 206-1, nella UNI 8520/22:2002 e nella UNI 8981-8:1999.
- **Cementi** - I cementi devono rispettare le norme, le indicazioni, le caratteristiche e le prescrizioni contenute nella UNI EN 197/01 e nelle normative Legge 26/05/1965 n. 595 e DM 03/06/1968 "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi".
- **Acqua** - L'acqua di impasto dovrà ottemperare alle prescrizioni della UNI EN 1008:2003 o presentare, in alternativa, un tenore di sali disciolti minore dello 0.2% in peso. Per le acque non provenienti dai normali impianti di distribuzione di acqua potabile, si dovrà stabilirne l'idoneità mediante gli esami necessari per rilevare la presenza di sostanze con influenza negativa sui fenomeni di presa e indurimento del calcestruzzo, nonché sulla durabilità. L'acqua dovrà essere comunque limpida, incolore, inodore e sotto agitazione non dovrà dare luogo a formazione di schiume persistenti.
- **Additivi** - Gli additivi dovranno corrispondere alle prescrizioni delle UNI 7110:1972, UNI EN 934-2:2002, UNI 10765:1999, UNI EN 480-8:1998, UNI EN 480-10:1998. Gli additivi eventualmente utilizzati dovranno migliorare e potenziare le caratteristiche finali dei manufatti ed essere impiegati secondo le precise prescrizioni del produttore che dimostrerà, con prove di un Laboratorio Ufficiale da sottoporre al giudizio del Direttore dei Lavori, di rispondere ai requisiti richiesti ed alle disposizioni vigenti.
- **Calcestruzzo** - Il calcestruzzo potrà essere confezionato con processo industrializzato in uno stabilimento esterno o in cantiere secondo quanto indicato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018 al paragrafo 11.2 e nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004;

Calcestruzzo Ordinario C 25/30

Si indicano le seguenti caratteristiche del calcestruzzo in funzione delle caratteristiche statiche e di esposizione ambientale richieste:

- classe di resistenza C25/30
- Rck ≥ 30 MPA
- classe di esposizione XC2
- rapporto a/c max 0,60
- dosaggio minimo cemento 300 Kg/mc
- classe di consistenza S4
- diametro massimo aggregato 25 mm
- copri ferro C = 50 mm

Caratteristiche meccaniche di progetto del calcestruzzo Classe NTC 2018 (EC2 - UNI EN 206-1:2006) C25/30

CARATTERISTICHE MATERIALI DA COSTRUZIONE								
DATI GENERALI DI PROGETTO				GRANDEZZE CARATTERISTICHE				
CLASSE CLS	C25/30	MPa	Resistenza trazione caratteristica CLS	f_{ctk}	1,80	MPa		
ACCIAIO	B450	C	Resistenza compressione cilindrica caratteristica	f_{ck}	25	MPa		
CLASSE ESPOSIZIONE	XC2		Resistenza compressione cubica caratteristica	Rck	30	MPa		
COEFFICIENTI DI SICUREZZA				Tensione caratteristica di rottura ACCIAIO	f_{yk}	540,00 MPa		
Coefficiente tempo	α_{cc}	0,85	Tensione caratteristica di snervamento ACCIAIO	f_{yk}	450,00	MPa		
Coefficiente sicurezza	γ_c	1,5	Tensione caratteristica aderenza CLS-ACCIAIO	f_{bk}	4,04	MPa		
Coefficiente Poisson	ν	0,2	CARATTERISTICHE CALCESTRUZZO					
Coefficiente sicurezza	γ_s	1,15	Deformazione ultima	ϵ_{cu}	0,35	%		
Coefficiente barre	η	1	Snervamento (parabola-rettangolo)	ϵ_{c2}	0,20	%		
LUNGHEZZA ANCORAGGIO FERRI				Snervamento (lineare-costante)	ϵ_{c3}	0,18	%	
Lmin. Ancoraggio ferri	l_d	36,323202	Φ	Snervamento (stress block)	ϵ_{c4}	0,07	%	
COPRIFERRI				Deformazione ultima a trazione	ϵ_{ctu}	0,00	%	
Aggressività ambiente	ordinario		Modulo elastico medio a compressione	E_{cm}	31476	MPa		
Classe min. CLS	C_{MIN}	25	30	MPa	Modulo elastico a trazione	E_{ct}	31476	MPa
Classe riferimento CLS C_o	35	45	MPa	Resistenza compressione cilindrica media	f_{cm}	33,00	MPa	
Tolleranze posa ferri	10		mm	Resistenza compressione	f_{cd}	14,17	MPa	
Copri ferro per piastre	d_p'	30	mm	Resistenza compressione solette ($s < 50$ mm)		11,33	MPa	
Copri ferro	d'	35	mm	Resistenza trazione media	f_{ctm}	2,56	MPa	
CARATTERISTICHE ACCIAIO				Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm}	3,08	MPa	
Snervamento	E_{yd}	0,19	%	Resistenza a trazione	f_{ctd}	1,20	MPa	
Modulo elastico	E_s	210000	MPa					
Resistenza di calcolo	f_{yd}	391,30	MPa					
Tensione aderenza	f_{bd}	2,69	MPa					

9.1.1 PROVE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

Secondo quanto indicato dalle attuali norme "Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare." (D.M. 17/01/2018, cap. 11.2.4. e 11.2.5).

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A di cui al § 11.2.5.1
- controllo di tipo B di cui al § 11.2.5.2

Nelle strutture in oggetto si prevedono quantitativi di miscela omogenea non superiori ai 1500 mc, pertanto si prescrive il **controllo di tipo A:**

"Il controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m³. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi (ossia due provini), ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m³ di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m³ massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Nelle costruzioni con meno di 100 m³ di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero." (NTC 2018 § 11.2.5.1)

9.1.2 CONTROLLO DI TIPO A

- $R_1 \geq R_{ck}-3,5$;
- $R_m \geq R_{ck}+3,5$;
- n° prelievi = 3 (2 provini a prelievo)

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore dei lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc. La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo e sulla identificazione dei provini facendo riferimento ai relativi verbali di prelievo.

9.2 ACCIAIO D'ARMATURA IN OPERA

L'acciaio da utilizzare deve provenire da uno stabilimento qualificato e deve essere controllato in stabilimento secondo le procedure descritte dalle norme tecniche (NTC 2018 paragrafo 11.3). Deve quindi essere sempre marchiato ed accompagnato dalla relativa documentazione, in particolare:

- dichiarazione di conformità CE o attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale riportanti un timbro in originale e almeno la data di spedizione ed il destinatario;
- documento di trasporto che indichi lo stabilimento di provenienza, le dimensioni, il tipo, la quantità ed il destinatario.

Nel caso di acciaio lavorato in centri di trasformazione questi ultimi sono tenuti ad effettuare i controlli previsti nelle Norme Tecniche e ad accompagnare la fornitura in cantiere con:

- Documento di trasporto con dichiarazione degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- Attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal direttore tecnico del centro di trasformazione, con indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata.

Classe NTC 2018 B450C barre di armatura

- Resistenza caratteristica di rottura: $f_{tk} > 540,0$ MPa
- Resistenza caratteristica di snervamento: $f_{yk} > 450,0$ MPa
- Coefficiente di sicurezza dell'acciaio $\gamma_s = 1,15$
- Tensione di calcolo a snervamento $f_{yd} = 391,3$ MPa
- Modulo di elasticità di progetto $E_s = 206000$ MPa
- Deformazione a snervamento dell'acciaio $f_{yd} = 0,0019$
- Rapporti di sovra resistenza $1.15 < (f_t/f_y)_k < 1.35$ $(f_y/f_{y, nom})_k < 1.25$
- Allungamento $(A_{gt}) > 6$ %
- Saldabilità e tenore di Carbonio secondo quanto indicato nelle NTC 2018

9.2.1 PROVE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

Nel caso degli acciai da calcestruzzo armato i controlli di accettazione in cantiere devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, in ragione di 3 spezzoni, marchiat, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente:

CARATTERISTICA	VALORE LIMITE	NOTE
fy minimo	425 MPa	(450-25) MPa
fy massimo	572 MPa	[450 x (1,25+0,02)] MPa
Agt minimo	> 6%	per acciai B450C
Agt minimo	> 2%	per acciai B450A
Rottura/snervamento	$1,13 < ft/fy < 1,37$	per acciai B450C
Rottura/snervamento	$ft/fy > 1,03$	per acciai B450A
Piegamento / raddrizzamento	assenza di cricche	per tutti

9.3 ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE IN OPERA

Classe NTC 2018 S355

CLASSE ACCIAIO		S355
fyd (t<40mm)	kg/cmq	3550
fyd (t>40mm)	kg/cmq	2150
ft (t<40mm)	kg/cmq	5100
ft (t>40mm)	kg/cmq	4700

Classe NTC 2018 8.8 (BULLONI)

CLASSE ACCIAIO		8.8
fub (t<40mm)	kg/cmq	8000
fyb (t>40mm)	kg/cmq	6400

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati e controllati secondo le procedure di cui al DM 17/01/2018.

Qualora la fornitura in cantiere provenga da un centro di trasformazione, i documenti di accompagnamento devono riportare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di trasformazione.

9.3.1 PROVE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

I controlli in cantiere sono obbligatori e devono essere eseguiti effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30t. Qualora la fornitura provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato che sia in possesso di tutti i requisiti previsti dal D.M 17/01/2018, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento i controlli di cui sopra. Il prelievo dei campioni in tal caso viene effettuato dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

Per la fornitura di acciaio da carpenteria i documenti da far pervenire alla Direzione Lavori e gli adempimenti da parte dell'impresa sono riportati nel seguito.

- Documenti di trasporto (d.d.t.) di spedizione del materiale dallo stabilimento di produzione al centro di trasformazione (l'officina) e da questo al cantiere;
- Attestazione di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del Produttore del materiale. Su tale attestato devono apparire sia gli estremi del d.d.t. di spedizione del

materiale dallo stabilimento di produzione al centro di trasformazione, sia gli estremi del d.d.t. di spedizione del materiale dal centro di trasformazione in cantiere.

- Dichiarazione del centro di trasformazione degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciata dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- Attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata.

10 CONCLUSIONI

Vista la natura dell'opera le azioni significative per il pre-dimensionamento delle strutture di sostegno degli inseguitori solari sono rappresentate dalla distribuzione dei carichi derivanti dalle azioni del vento. Altre azioni minori e certamente non dimensionanti, sono rappresentate dal peso proprio delle strutture, dal carico da neve e dalle azioni dinamiche indotte dalle sollecitazioni sismiche.

Le sollecitazioni derivanti da dette azioni risultano secondarie all'analisi strutturale rispetto alle azioni dinamiche indotte dal vento, visto soprattutto la trascurabile massa dei moduli che ricopre un ruolo determinante nelle verifiche statiche e dinamiche da sisma. Inoltre, vista la posizione dell'area di intervento i carichi da neve risultano marginali.

Per ciò che riguarda le restanti componenti minori quali container, cabinet, recinzioni, cancelli e pali di illuminazione, **trattandosi di elementi standard si rimanda alla fase di progettazione esecutiva per le specifiche verifiche della sicurezza strutturale essendo comunque valutata, in via preliminare, la compatibilità strutturale delle opere in progetto.**

Rinviando alla progettazione esecutiva la verifica strutturale delle opere secondo i dettami delle NTC2018, considerando quindi l'analisi dei carichi rigorosa e la combinazione delle azioni sui vari elementi strutturali, dalle verifiche svolte è evidente la piena compatibilità dell'opera per come pre-dimensionata, sotto l'aspetto statico e dinamico.

Cerignola, Novembre 2021

Il Tecnico
dott. ing. Tommaso Monaco

