

## RELAZIONE TECNICA OPERE ARCHITETTONICHE

**Realizzazione di un Parco Agrivoltaico Avanzato  
di potenza nominale pari a 20 MWp  
denominato "MACOMER 2" sito nei  
Comuni di Macomer e Borore (NU)**

**Località "Fustinaga"**

PROPONENTE:



Energia Pulita Italiana 8 s.r.l.

Rev00	Emissione per procedura di VIA	Data ultima elaborazione: 30/12/2022	
Redatto	Formattato	Verificato	Approvato
Ing. Emanuele Canterino	Dott. G. Quadrio	Ing. E. Canterino	ENERLAND ITALIA s.r.l.
Codice Elaborato		Oggetto	
MAC2-PDR04		PROGETTO DEFINITIVO	

TEAM ENERLAND:

*Ing. Emanuele CANTERINO*  
*Dott. Claudio BERTOLLO*  
*Dott. Guglielmo QUADRIO*

*Dott. Agr. Patrick VASTA*  
*Ing. Annamaria PALMISANO*  
*Dott.ssa Ilaria CASTAGNETTI*

GRUPPO DI LAVORO:

*Dott. Geol. Nicola PILI*  
*Dott. Rosario PIGNATELLO*  
*Ing. Fabio Massimo CALDERARO*  
*Ing. Vincenzo BUTTAFUOCO*  
*Dott. Biol. Agnese Elena Maria CARDACI*

*Dott. Agr. Gaetano GIANINO*  
*Ing. Gianluca VICINO*



## INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	1
3.	DESCRIZIONE OPERE ARCHITETTONICHE PRINCIPALI .....	4
3.1	Tracker monoassiali.....	4
3.1.1	Caratteristiche salienti del Tracker.....	5
3.1.2	Specifiche tecniche.....	9
3.1.3	Sistema di controllo SCADA.....	10
3.2	Viabilità .....	10
3.2.1	Strade Sezione Tipo.....	11
3.2.2	Opere idrauliche .....	13
3.3	Cabina di sottocampo.....	15
3.4	Cabina di consegna.....	16
3.5	Cabina di monitoraggio.....	17
3.6	Locale Guardiania .....	17
3.7	Protezione e sicurezza impianto.....	19
3.8	Cavidotto AT.....	21
3.9	Impianti di rete per la connessione.....	22
3.10	Area temporanea di cantiere .....	22
4.	MISURE DI MITIGAZIONE .....	23
5.	CONCLUSIONI .....	24



## 1. INTRODUZIONE

Con la presente relazione si propone la descrizione delle principali soluzioni installative adottate, nonché le caratteristiche funzionali delle opere, relative all'impianto Agri-fotovoltaico della proponente Energia Pulita Italiana 8 s.r.l., da realizzarsi in agro di Nuoro (NU), comuni di Macomer e Borore, in località "Fustinaga".

## 2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento di realizzazione del parco fotovoltaico prevede l'installazione di n° 35.084 pannelli fotovoltaici di potenza nominale unitaria pari a 570 Wp – in condizioni standard<sup>1</sup> - per una potenza di picco complessiva di impianto pari a circa 20 MWp<sup>2</sup>, ed una potenza complessiva in immissione alla RTN pari a 16,5 MW<sup>3</sup>.

Ogni pannello fornisce energia elettrica alla tensione di 800 Vcc, che viene poi trasformata in CA dall'inverter, inviata al trasformatore ed elevata in AT a 36 kV prima del trasporto verso la cabina di consegna. Dalla cabina di consegna l'energia elettrica viene convogliata direttamente verso stazione SE Terna "Macomer 380" 380/150/36 kV, mediante un elettrodotto in AT a 36 kV tramite collegamento in antenna. In merito alla SE Terna, si fa riferimento alla futura Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN da inserire in entra – esci sulla linea esistente RTN a 380 kV "Ittiri-Selargius", di cui al Piano di Sviluppo Terna.

Il progetto quindi prevede l'inserimento, nel tessuto architettonico e paesaggistico tipico dell'area, dei seguenti componenti:

- Moduli fotovoltaici con dimensioni 2278 × 1134 × 30 mm;
- Cavidotti BT per il convogliamento dell'energia prodotta da ogni singola vela che raggruppa n° 28 pannelli cadauna verso gli inverter e poi verso le cabine di trasformazione;

<sup>1</sup> Dove per *condizioni standard*, secondo le norme IEC/EN 60904 hanno stabilito le seguenti condizioni:

- Irraggiamento solare 1000 W/mq
- Temperatura delle celle 25°C
- Distribuzione spettrale AM = 1,5

<sup>2</sup> Dove per *potenza di picco* è da intendersi il dato di potenza nominale presente solo per gli impianti fotovoltaici: essa è definita come la potenza istantanea – espressa in kWp – erogata da un pannello fotovoltaico in determinate *condizioni standard*, cioè con irraggiamento di 1000 W/mq, temperatura ambiente di 25°C, posizione del sole a 1.5 AM (ossia la posizione in cui il sole forma un angolo di 48° con lo zenith).

<sup>3</sup> Per valore della potenza in immissione complessivamente disponibile si intende quella disponibile, dopo gli interventi da effettuare, senza che l'utente sia disconnesso.

- Cavidotti AT interrati interni, eserciti col nuovo standard di tensione a 36 kV, per il convogliamento dell'energia dalle cabine di trasformazione verso la cabina di consegna situata all'ingresso del campo fotovoltaico;
- Cavidotto di vettoriamento dell'energia prodotta dall'intero parco fotovoltaico, dalla cabina di consegna, alla futura SE Terna di Trasformazione denominata "Macomer 380";
- La SE di Trasformazione Terna 380 kV, prevederà stalli eserciti a 36 kV;
- Tutte le opere civili e di servizio per la costruzione e gestione dell'impianto quali:
- Piazzali di accesso alle cabine elettriche;
- Adeguamento della viabilità esterna per raggiungere il sito con i mezzi di trasporto dei componenti;
- Viabilità interna di accesso alle singole cabine sia per le fasi di cantiere che per le fasi di manutenzione;
- Fondazioni delle stringhe (comprese nella struttura dei tracker).

In considerazione della dimensione dell'impianto fotovoltaico proposto e delle favorevoli condizioni orografiche ed ambientali del sito, caratterizzata da superfici libere da vegetazione e prive di centri abitati nelle vicinanze, con un reticolo idrografico limitato, non sono emerse particolari criticità in fase di progettazione.

Nel complesso l'impianto si costituisce di pochi elementi da costruirsi ex-novo, ovvero di nuovi fabbricati. Tra questi la parte principale è costituita dalle stringhe di pannelli fotovoltaici costituiti completamente da elementi prefabbricati con caratteristiche funzionali standard, rispetto ai quali è possibile prevedere poche modifiche dal punto di vista architettonico, e le cui scelte progettuali sono meglio specificate di seguito.

Tutti i componenti dei pannelli e della struttura di sostegno (tracker) sono infatti specificamente progettati e realizzati per garantire il miglior funzionamento del generatore fotovoltaico.

La viabilità di servizio è stata progettata in dipendenza delle esigenze di trasporto dei componenti di impianto.

La dimensione dei piazzali di accesso alle cabine è stata definita in modo da rendere agevole l'ispezione e la manutenzione delle apparecchiature ivi riposte.

Riguardo la profondità di infissione dei pali di fondazione, non è in questo momento possibile stabilirne il valore con precisione, ma si deve rimandare alla fase di progettazione esecutiva, successiva ad indagini geologiche e geotecniche di dettaglio.

Infine, riguardo le opere di rete è prevista la costruzione della Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN da inserire in doppio entra-esce sulla linea RTN a 380 kV "Ittiri – Selargius", di cui al Piano di Sviluppo Terna.

### 3. DESCRIZIONE OPERE ARCHITETTONICHE PRINCIPALI

#### 3.1 Tracker monoassiali

I tracker solari utilizzati per il progetto in esame sono i tracker di tipo mono assiale in direzione nord-sud utilizzati con lo scopo di massimizzare la captazione dell'energia solare e diminuire al contempo i costi legati al funzionamento di un campo fotovoltaico a terra costituito da pannelli di silicio cristallino.

I tracker a singolo asse orizzontale sfruttano dei dispositivi elettromeccanici che permettono di inseguire il sole durante tutto l'arco della giornata da est a ovest su un asse di rotazione orizzontale nord-sud (con angolo di Tilt pari a 0°).

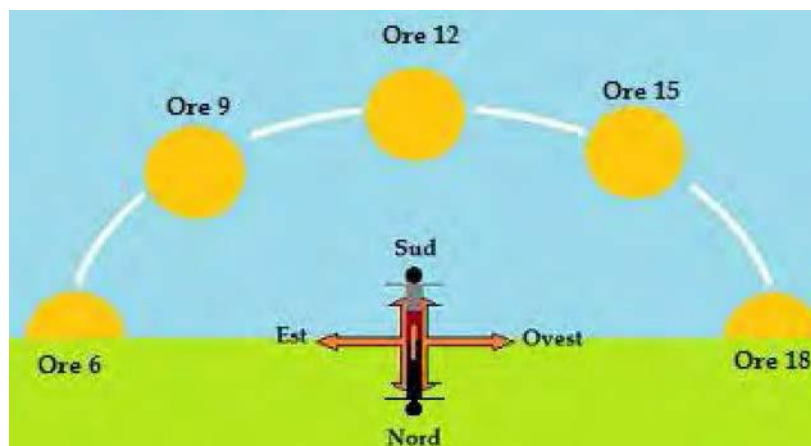


FIGURA 1: VARIAZIONE DELLA POSIZIONE DEL TRACKER IN FUNZIONE DELLA POSIZIONE DEL SOLE

La tecnologia di backtracking permette di limitare il fenomeno di ombreggiamento che si può verificare tra più stringhe adiacenti limitando così la produzione; ossia nel momento in cui il sole è basso all'orizzonte, il che si verifica all'alba e al tramonto, vi può essere un ombreggiamento vicendevole limitando la produzione potenziale dell'impianto. Il sistema di backtracking (Figura 2) permette dunque di ruotare l'apertura di array lontano da sole eliminando l'effetto spiacevole appena descritto. Tale tecnologia consente dunque di:

- limitare la superficie al suolo occupata;
- aumentare la captazione ovvero la produzione di energia di un valore pari a 15-35%.

Le caratteristiche principali del tracker sono così riassumibili:

- completamente bilanciato e modulare, non necessita infatti di personale specializzato per l'installazione-assemblaggio e per la manutenzione;
- facile da installare con pannello di controllo auto-configurante: il GPS integrato individua sempre il sito geografico corretto grazie al tracking solare automatico;
- piano sferico autolubrificante per compensare inesattezze ed errori nell'installazione della struttura meccanica;
- motore a CA unico con doppio anello antipolvere;
- basso consumo elettrico.

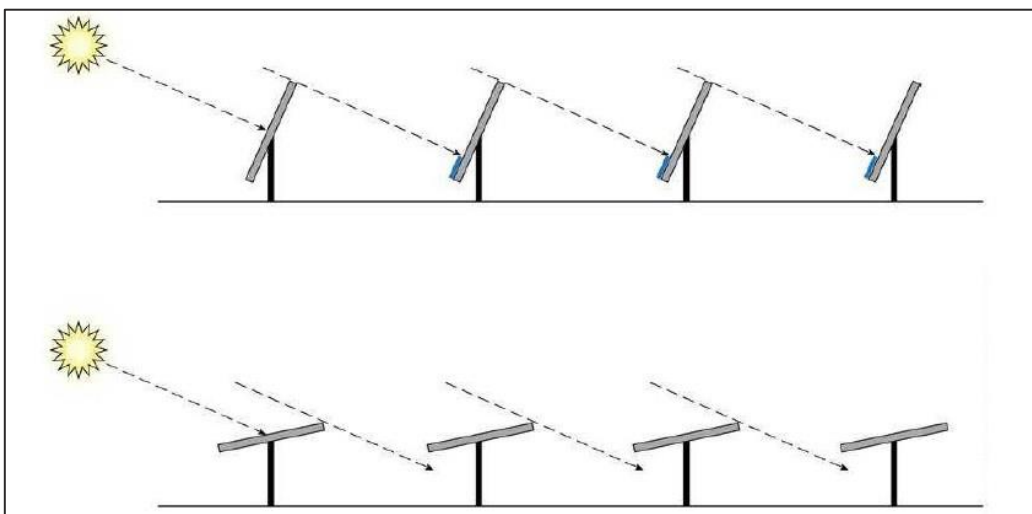


FIGURA 2: MECCANISMO DI BACKTRACKING

### 3.1.1 Caratteristiche salienti del Tracker

La struttura del tracker è completamente adattabile a:

- dimensione dei pannelli;
- condizioni geotecniche del sito specifico;
- spazio disponibile per l'installazione.

#### DIMENSIONI

La struttura di riferimento della tipologia 1Vx28 è composta da 28 pannelli alloggiati e disposti secondo una serie da 28, in modo tale da formare una stringa con potenza complessiva di circa 15,96 kWp. Le dimensioni di tale tipologia installativa presenta una larghezza di 2,278 metri, considerando gli oltre 20 cm di ingombri centrali costituenti la struttura tracker, per una lunghezza di 32,77 metri. Inoltre, in tale parco, è presente la soluzione della tipologia 1Vx56, composta da 56 pannelli.



Quest'ultima permetterà una migliore copertura della superficie di sviluppo dell'impianto. Le soluzioni appena citate le prevedono:

- componenti meccaniche della struttura in acciaio;
- componenti di movimento;
- distanza tra i tracker (I) o pitch, che si attesterà intorno ai 6,6 m in base alla morfologia del terreno ed alle esigenze installative esecutive;
- altezza media del tracker: 2,24 m. Il valore (D) sarà di circa 1,32 m, il valore (H) di circa 3,20 m considerando un'inclinazione massima del pannello di 55°;
- peso delle fondazioni: circa 800 kg. Da definire in modo accurato nella fase esecutiva.

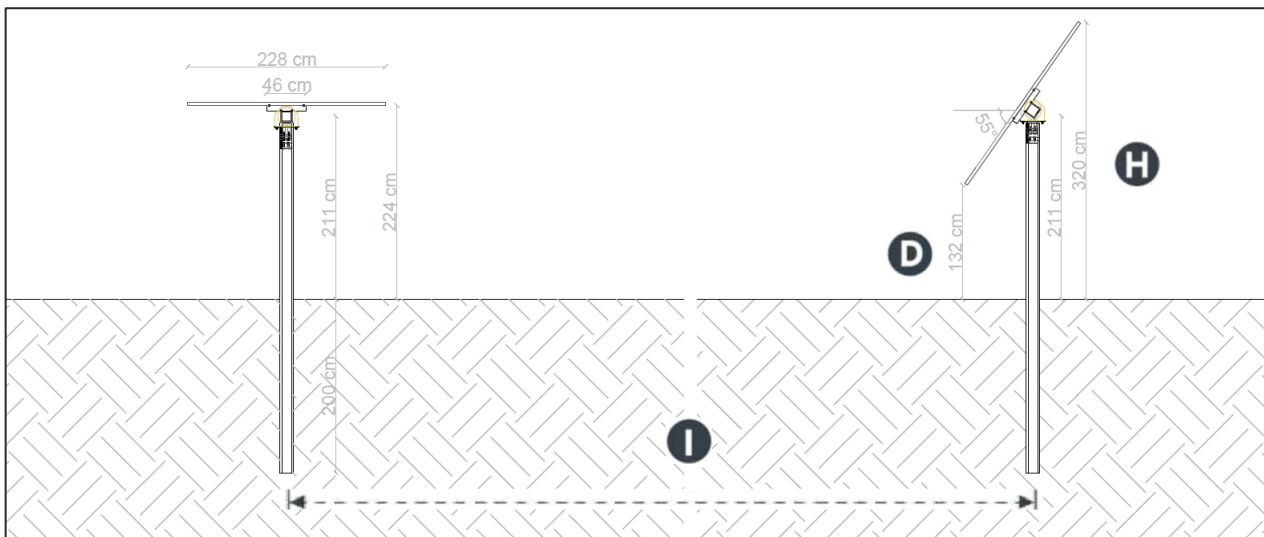


FIGURA 3: DEFINIZIONE DELLE DIMENSIONI DEI TRACKER

### DURABILITA' COMPONENTI IN ACCIAIO

Considerando che l'impianto abbia una vita nominale di circa 25 - 30 anni nell'ipotesi più sfavorevoli di un ambiente classificato come corrosivo si prevede l'uso di pali di fondazione zincati a caldo secondo normativa EN ISO 1461:2009; le altre parti saranno zincate o pre-zincate a caldo.

### PALI DI FONDAZIONE

I pali di fondazione non necessitano delle fondazioni in calcestruzzo, infatti, sono costituiti da profili a vite in acciaio per massimizzare la superficie di contatto con il suolo. Il tipo di profilo ad elica e l'avvitamento generato all'interfaccia palo-terreno non necessitano di importanti lavori di scavo. Mediante tale tecnologia non si genera molto materiale di risulta, non si asportano quantità elevate di terreno e non si impiegano sostanze a base di betonite e quindi l'impatto ambientale di tali opere risulta

essere il minimo possibile. Resta inteso che eventuali cambi di configurazione strutturale possano essere adottati a valle di analisi e considerazioni oggetto del futuro progetto esecutivo

TECHNICAL SPECIFICATIONS	
<b>Type of tracking system</b>	Horizontal Single Axis Tracker with balanced structure, North-South axis alignment and East-West tracking with independent rows and backtracking
<b>Type of control</b>	Control based on an astronomical clock algorithm; self-configuring; without irradiation sensors
<b>Maximum tracking error</b>	± 2°
<b>Control System Architecture</b>	1 control board each 10 rows with integrated GPS and anemometer for wind safety - control in closed loop with encoder
<b>PV - Module Type</b>	Structure adaptable to available PV modules types on market: Monofacial and Bifacial (Thin Film, Framed and Frameless)
<b>Configurations</b>	- 1 module in portrait - 2 modules in landscape - 2 modules in portrait
<b>Rotation angle</b>	Up to 120° (+60°)
<b>Motors</b>	Linear actuator with induction AC motor (oil-free trasmission) with integrated encoder
<b>Power Supply</b>	- AC power supply from auxiliary services - Selfpowered by PV string (with patented backup solution without batteries) - Smartpower by distributed inverters
<b>Monitoring and data stream</b>	Real-time communication or remote mode communication via ModBus
<b>Communication</b>	Communication between SCADA and control board: Wired (RS485) or Wireless (LoRa)
<b>Maximum wind speed</b>	In compliance with local codes
<b>Operation temperature range</b>	Standard Range -10°C / +50°C ; Extended Range Available
<b>Foundation</b>	Compatible with all widespread types: Driven Piles, Predrilled and concrete backfilled, Concrete Ballasts
<b>Electrical Grounding</b>	Selfgrounding system
<b>Materials</b>	Galvanized steel or Weathering Steel (CorTen) in compliance with site environmental conditions
<b>Occupation factors</b>	Totally configurable based on project specifications
<b>Availability</b>	> 99%
<b>Warranty</b>	10 years for structural components; 5 years for motors and electronic components (Extended warranty available)

INSTALLATION TOLERANCES	
<b>ASSEMBLY ERROR RECOVERY</b>	
<b>Height</b>	± 20mm
<b>Misalignment North/South</b>	± 45mm
<b>Misalignment East/West</b>	± 45mm
<b>Inclination</b>	± 2°
<b>Twisting</b>	± 5°
<b>Maximum Land Slope</b>	15% North-South; Unlimited East-West









CERTIFICATE  
2545 ISO 14001  
2546 BS OHSAS 18001







Código de Producto  
Proveedor (CPE)-INTI  
AA-4-001-6523-A



BNDDES CFI Code n° 34831610



ARGENTINA



BRAZIL

FIGURA 4: DATASHEET TIPOLOGIA TRACKER PREVISTA

### REGOLAZIONE E RECUPERO ERRORI

Mentre la regolazione della posizione avviene in vicinanza ai pali di fondazione, la rotazione avviene nella parte alta della struttura. Il tracker adottato ha una sola soluzione che permette di regolare sia il movimento di rotazione che la correzione in allineamento della posizione. Tale accortezza

è possibile grazie ad uno snodo sferico incorporato che connette i pali di fondazione alle componenti principali e che consente il recupero dell'inclinazione nord-sud.

### GPS INTEGRATO

Il GPS integrato nella struttura permette l'acquisizione automatica della posizione, la data e l'ora; tali informazioni assieme agli algoritmi elaborati da un orologio astronomico sono sufficienti per tracciare in maniera corretta la posizione del sole.

Eventuali malfunzionamenti sono segnalati con un indicatore luminoso o tramite comunicazione wireless. Il sistema è dotato di comandi manuali e control pad.

### ANEMOMETRO

L'anemometro viene installato per consentire il controllo della velocità del vento; quello in dotazione del tracker ha tre coppette con dimensione 125 x 117 mm.

### RESISTENZA AL VENTO

La resistenza al vento è offerta fino ad un valore di velocità di:

- 72 km/h valore valido per qualsiasi posizione ( $\pm 55^\circ$ );
- 120 km/h nel caso della posizione a  $15^\circ$  che automaticamente viene predisposta per occupare meno spazio possibile.

Il meccanismo di difesa si attiva con una velocità del vento di 60 km/h.

Il tempo che occorre per passare da un angolo di  $55^\circ$  a  $0^\circ$  (tilt) è circa pari a 100 sec.

### MOTORE

Un motore a CA con attuatore lineare viene predisposto su ciascuna struttura ottenendo così un'affidabilità maggiore rispetto a quella che si avrebbe con un motore commerciale a CC: l'alimentazione del motore viene infatti fornita direttamente dalla potenza dell'impianto fotovoltaico (Figura 5) attraverso le stringhe elettriche e può alimentare il motore anche nel caso di assenza di sole e di notte.

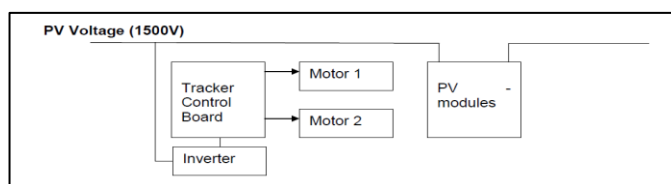


FIGURA 5: ALIMENTAZIONE DEL MOTORE DEI TRACKER DIRETTAMENTE DAL CAMPO FV

### 3.1.2 Specifiche tecniche

Le strutture sono guidate da motore elettrico in CA per cui sono disponibili due tensioni di alimentazione: 230 V, monofase a 50 Hz o un'opzionale di 240 V, 60 Hz; il controllo del motore è temporizzato di modo da prevenire l'usura.

Segue tabella riassuntiva con le caratteristiche del tracker da adottare.

Tipologia di Tracker	Monoassiale, 0° - Tilt
Angolo di Tracking	±55°
Tipologia di controllo	Orologio astronomico (nessun sensore necessario)
Errore di tracking (consentito)	±2° (0.030% di perdita di potenza con errore max)
Architettura del sistema di controllo	Operazione su 10 tracker con un solo pannello elettronico con GPS annesso per l'acquisizione dei parametri dall'orologio astronomico (posizione del sole; data e ora)
Motore	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Temporizzato (minimizzazione usura);</li> <li>▪ 5.6 kWh/anno di consumo di potenza.</li> </ul>
Pannello di controllo (per 10 motori)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 kWh/anno di consumo di potenza;</li> <li>▪ interfaccia di diagnostica RS232 con software su PC;</li> <li>▪ avviso anomalie tramite contatto privo di tensione;</li> <li>▪ Anemometro (ritorno in posizione orizzontale in caso di eventi di forte vento);</li> <li>▪ Trasmettitore wireless integrato.</li> </ul>
Max consumo elettrico	<0.016 kWh/giorno (per tracker)

TABELLA 1: CARATTERISTICHE DEL TRACKER DA ADOTTARE

### 3.1.3 Sistema di controllo SCADA

Il sistema di controllo dei tracker è concesso a mezzo del programma di controllo PV SUPERVISOR sviluppato da Convert per monitorare da remoto in tempo reale la comunicazione con i tracker installati nell'impianto FV.

Il sistema è in grado di comunicare:

- Eventuali malfunzionamenti o allarmi;
- Comandi remoti per ciascun tracker.

## 3.2 Viabilità

Si è scelto di posizionare il campo fotovoltaico a ridosso o in vicinanza di strade esistenti, con un layout tale da minimizzare i movimenti di terra. L'utilizzo delle strade esistenti consente di ridurre al minimo l'impatto ambientale dell'opera, limitando al minimo la realizzazione di strade ex-novo.

La parte di viabilità già esistente, in base alle specifiche condizioni, sarà oggetto di manutenzione straordinaria al fine di adattarla alle caratteristiche di portanza necessarie al transito dei mezzi di cantiere e di trasporto. Dove dovessero mancare tali caratteristiche, si provvederà all'adeguamento tramite ricarica, come descritto in seguito. Per la progettazione della pista di cantiere sono state considerate le prescrizioni previste per il trasporto ed il montaggio dei pannelli fotovoltaici e relative strutture: visti gli ingombri delle componenti, è infatti indispensabile che le strade presentino una larghezza minima atta all'esecuzione in sicurezza dei trasporti. Le piste di cantiere saranno utilizzate in fase di esercizio come strade di accesso al campo per consentire la regolare manutenzione ed il monitoraggio periodico di stringhe e cabine elettriche.

In fase di cantiere saranno utilizzati, per quanto possibile, i materiali provenienti dalle attività di escavazione. Lo strato in misto stabilizzato sarà opportunamente compattato con rullo pesante o vibrante mediante cilindratura a strati sino al raggiungimento di un idoneo livello di compattazione.

Si considera di realizzare un cassonetto di stabilizzato misto con cunetta laterale di scolo e drenaggio delle acque meteoriche. È stata prevista una pendenza longitudinale del 2% per favorire il drenaggio delle acque meteoriche.

Le strade esterne al parco seguono la viabilità esistente e permettono di raggiungere i fondi destinati ad ospitare il campo ma sono ad oggi utilizzati dai braccianti locali e dagli stessi proprietari terrieri che in molti casi non risiedono nella zona.

Dunque, vista la situazione riscontrata in sito, si prevede:

- l'adeguamento e la ristrutturazione parziale (pulizia e ripristino del manto stradale) delle strade vicinali e comunali esistenti (in particolar modo se sterrate);
- la costruzione della nuova viabilità di accesso al campo.
- In relazione alla pendenza ed alla copertura vegetale del terreno, si prevede un intervento di preparazione del fondo stradale e stesura del manto della carreggiata, per i nuovi percorsi, secondo le caratteristiche di seguito riportate, che sono anche da utilizzarsi per la realizzazione delle varianti e per la ristrutturazione dei percorsi esistenti.
- Caratteristiche tecniche dei percorsi interni:
- Larghezza della carreggiata: 5 m;
- Manto stradale sterrato con strato compattato di almeno 30 cm;
- Materiale suddiviso in 2/3 di pietrisco a pezzatura grossa ed 1/3 di pietrisco a pezzatura fine.
- Una volta terminati i lavori di costruzione degli impianti, attenta cura sarà posta alla sistemazione ambientale dei siti.

### 3.2.1 Strade Sezione Tipo

La sezione tipologica richiesta per il tipo di opere a realizzarsi prevede una larghezza netta di 5,00 m, oltre, ove necessario, le due cunette laterali da 0,50 m.

L'area interessata dallo sviluppo del parco Agrivoltaico è servita da strade sterrate di dimensioni non adeguate al transito dei mezzi, che pertanto necessitano di un adeguamento delle dimensioni (dimensioni riportate nel capoverso precedente). Inoltre, dovranno essere realizzate alcune strade interne per poter accedere alle varie cabine interne all'impianto fotovoltaico e per la futura manutenzione dell'impianto stesso.

Per la sovrastruttura è stata prevista la messa in opera di due strati previa stesura di geotessuto, ove necessario, come elemento di separazione avente grammatura pari a 200 g/mq:

- fondazione, realizzata con misto frantumato di cava con pezzature comprese tra i 0,2 e 20 cm ed uno spessore minimo di 30 cm. Tale spessore sarà funzione delle caratteristiche geotecniche del terreno sottostante e realizzato soprattutto in funzione dei carichi transitabili lungo la viabilità;
- superficiale di "usura", costituita da misto granulare stabilizzato con legante naturale dello spessore di 20 cm.

- Di seguito (Figura 6) si riportano le sezioni tipo della pavimentazione stradale necessarie nei tratti di strade da realizzare e ove fosse necessario da adeguare, all'interno dell'area d'impianto.
- Per evitare interferenze con il sistema idrico superficiale, sarà messo in opera un opportuno sistema di drenaggio delle acque. Ove necessario le acque verranno convogliate in apposite canalizzazioni, in particolare nei tratti in maggiore pendenza mediante canalette (deviatori) trasversalmente alla sede stradale e fossi di guardia a protezione del corpo stradale.

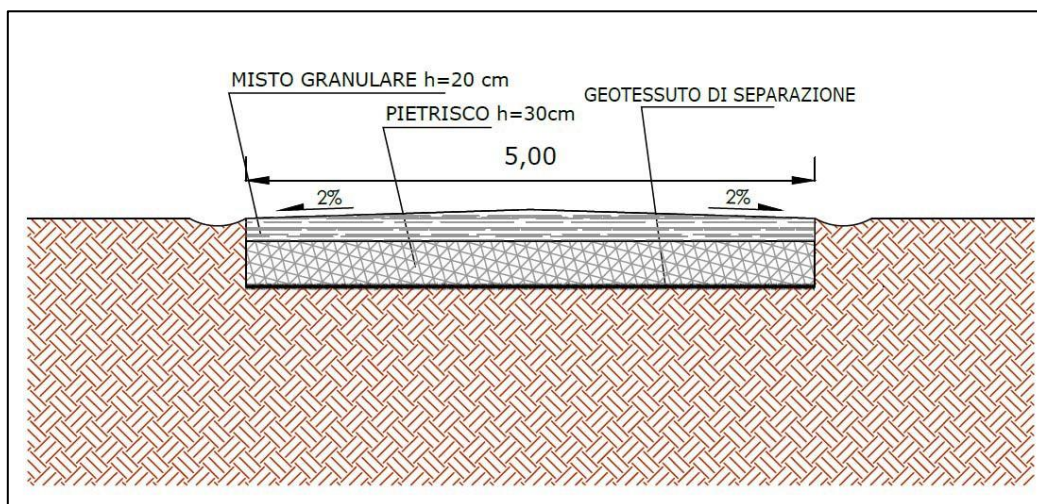


FIGURA 6: VIABILITÀ INTERNA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

In ogni caso i volumi e/o gli spazi residui, a opera eseguita, saranno rinterrati con i materiali provenienti dagli scavi e profilati in modo tale da favorire il naturale deflusso superficiale delle acque.

Operativamente le fasi esecutive saranno le seguenti:

- scavo di sbancamento per ampliamento stradina esistente, e apertura di nuovi tratti, per la formazione del cassonetto previa l'eventuale rimozione di ceppaie e la regolarizzazione del fondo. Essendo il terreno interessato dall'impianto quasi pianeggiante gli scavi per la realizzazione della viabilità di servizio saranno minimi e volti alla sola realizzazione del cassonetto;
- compattazione del fondo degli scavi ai fini della realizzazione della sovrastruttura stradale;
- posa in opera di geotessuto con funzione di separazione;
- costituzione del cassonetto con idonee materie appartenenti alle classi A1 ed A3 (sarà redatto apposito piano di riutilizzo delle terre e rocce da scavo), per strati di spessore di



30 cm circa, rullati e compattati fino ad ottenere un modulo di deformazione con la prova di carico su piastra non inferiore a 300 kg/cm<sup>2</sup>; la densità in sito dovrà essere non inferiore al 95% della densità AASHTO Modificata.

I terreni prescritti, appartenenti alle classi sopracitate (v. Classificazione CNR UNI 10'006) sono tipicamente costituiti da ghiaie e sabbie, con valori dell'angolo di attrito interno superiore a 40°. La compattazione richiesta porta a ritenere che il peso di volume dei terreni di riporto possa risultare compreso fra 1,8-1,9 t/m<sup>3</sup>.

Classificazione generale	Terreni granulari incoerenti						Terreni fini coesivi				
	(passante al vaglio n.200 ≤ 35%)						(passante al vaglio n.200 ≤ 35%)				
Classificazione di gruppo	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7	
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7			A7-5	A7-6
Granulometria:											
pass. vaglio n.10 (2mm)	≤ 50										
pass. vaglio n.40 (0.12mm)	≤ 30	≤ 50	≤ 50								
pass. vaglio n.200 (0.074mm)	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Plasticità (*):											
limite di liquidità WL (%)			--	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40
indice di plasticità IP (%)	≤ 6	≤ 6	--	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	≤ WVL-30 > WVL-30
indici di gruppo I	0	0	0	0		≤ 4					
	ghiaie con sabbie		sabbie	ghiaie sabbie limose	o deb. argillose			limi		argille	
(*) : della frazione passante al vaglio n.40											

Tabella 1 - UNI 10006 Classificazione delle Terre

TABELLA 2: CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

### 3.2.2 Opere idrauliche

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alla regimentazione delle acque meteoriche, occorre premettere che la natura delle opere sopra descritte, da un lato, e le condizioni geologiche generali del sito, dall'altro, non richiedono un vero e proprio sistema di smaltimento delle acque piovane. Nell'esercizio dell'impianto, in condizioni di normale piovosità non sono da temere fenomeni di erosione superficiale incontrollata sia per il fatto che tutte le aree rese permanentemente transitabili (strade e piazzole di servizio in corrispondenza delle cabine) non sono asfaltate sia perché l'area interessata dall'impianto è relativamente pianeggiante.

Inoltre, a protezione delle stesse infrastrutture sono previste delle semplici cunette di guardia in corrispondenza degli impluvi, e verrà realizzato un tombino di attraversamento in corrispondenza dell'accesso all'impianto dalla strada comunale in modo da permettere il regolare deflusso delle acque



nell'impiuvio attraversato. Nel progetto esecutivo sarà dettagliata l'ubicazione e descritta con maggior dettaglio la tipologia delle opere idrauliche da realizzare i cui tipici sono di seguito riportati.

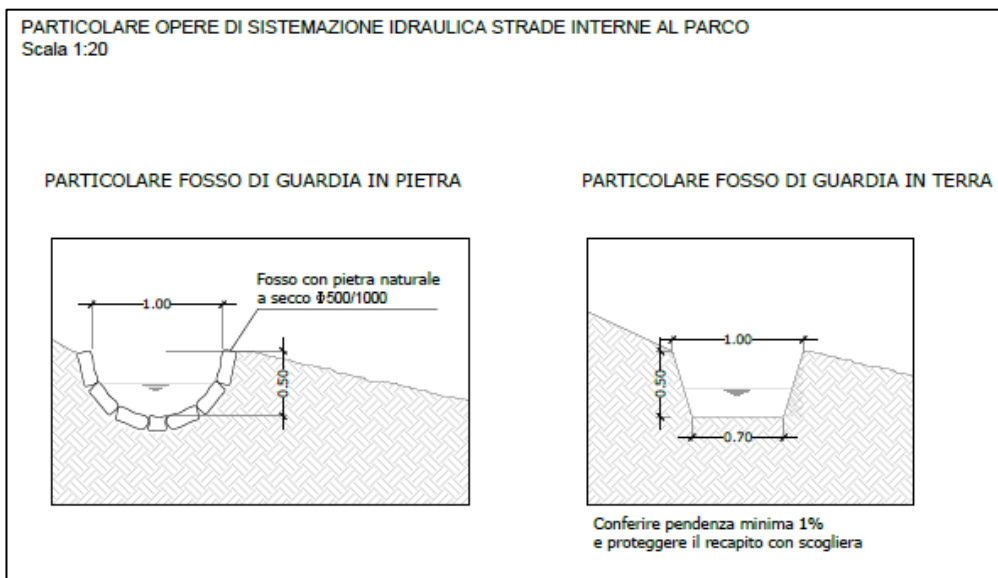
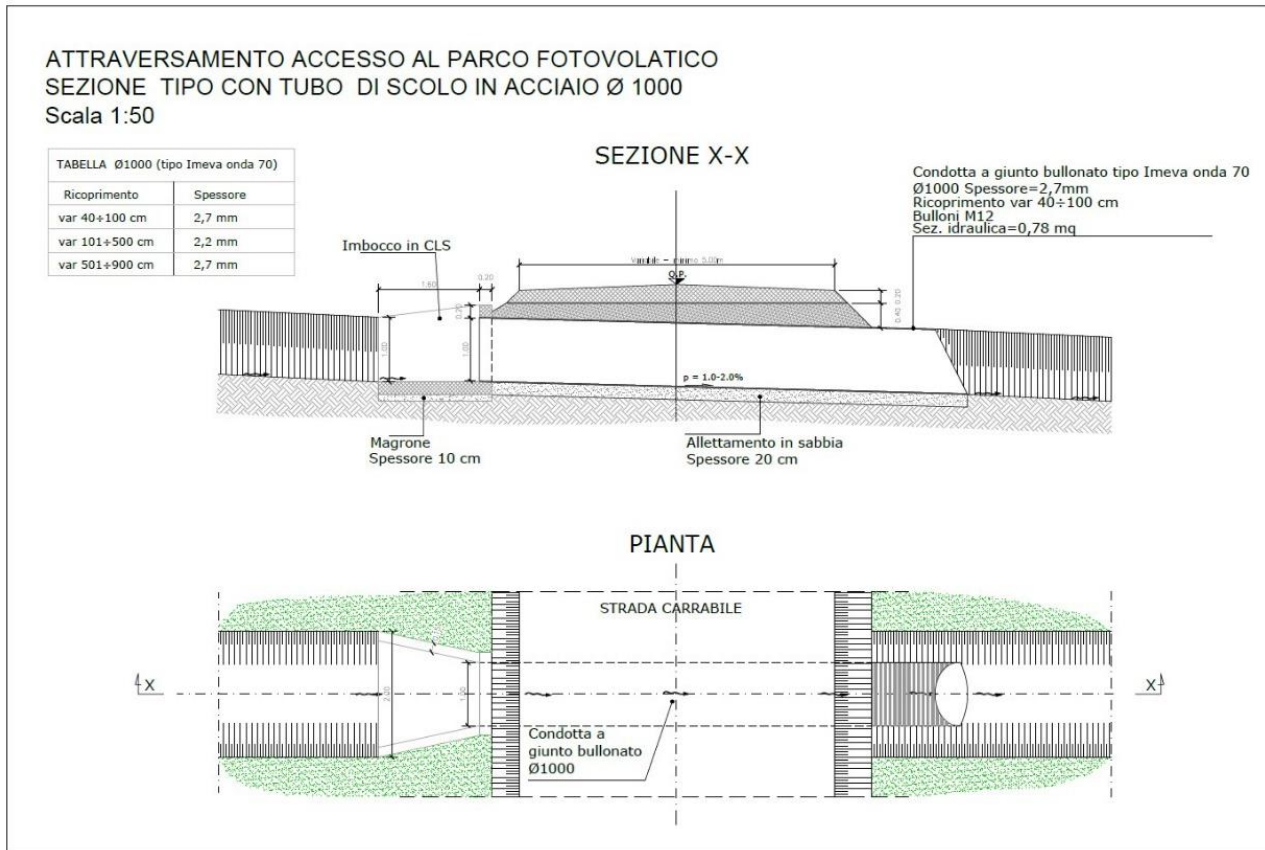


FIGURA 7

### 3.3 Cabina di sottocampo

La cabina di campo è adibita all'allocazione di una serie di apparecchiature elettriche responsabili della trasformazione e della successiva elevazione di tensione dell'energia elettrica da 800 V a 36 kV; nel dettaglio vi sono:

- quadri elettrici di parallelo inverter per il raggiungimento della potenza nominale di cabina e per la protezione con fusibile di ogni singolo arrivo;
- trasformatori di cabina necessari alla elevazione della tensione dai valori di uscita degli inverter al valore di tensione di distribuzione;
- quadri in AT per la protezione e il trasporto dell'energia d'impianto fino alla stazione SE Terna denominata "Macomer 380";
- armadi servizi ausiliari per alimentare i servizi di cabina; i servizi ausiliari dell'impianto sono derivati da un trasformatore dedicato connesso alla linea di trasmissione AT a 36 kV interna al campo; in caso di necessità può essere richiesta, ad E-Distribuzione, una connessione in prelievo in BT;
- armadi di misura dell'energia elettrica prodotta e armadi di controllo contenenti tutti le apparecchiature in grado di monitorare le sezioni di impianto.

L'alimentazione del sistema di controllo è provvista di gruppi di continuità (UPS) dedicati.

Per esigenze di conformazione orografica e per semplificazione nell'installazione dei cavi di cablaggio il campo fotovoltaico viene suddiviso in sotto-campi o sezioni ognuno dei quali avrà la propria cabina o box di campo.

A ciascuna cabina di campo convogliano le linee in BT provenienti dagli inverter responsabili della trasformazione dell'energia elettrica prodotta in CC in CA per il successivo invio ai trasformatori. A ciascun inverter fanno capo n° 17 stringhe, su ciascuna delle quali sono allocati n°28 pannelli fotovoltaici per una potenza complessiva pari a max 271,3 kWp, valore raggiungibile solo in casi particolari (ovvero nelle condizioni di picco) ed una potenza di conversione dell'inverter di 250,0 kW. Generalmente gli inverter vengono posizionati su strutture infisse nel terreno con copertura realizzata in legno, in modo da ridurre gli effetti termici dovuti ad irraggiamento diretto nelle ore più calde, garantendo la ventilazione naturale di cui sono già dotati. Vengono inoltre predisposti in coppia per avere un risparmio sui costi (numero ridotto di cavidotti da installare) e per facilitare e velocizzare le operazioni di manutenzione (in quanto la vicinanza di due inverter e la condizione di funzionamento

similare, permetteranno un rapido riscontro dei parametri di funzionamento delle due macchine ed una individuazione delle anomalie).

L'energia in CA così ottenuta dagli inverter, attraverso linee in BT, viene convogliata verso il quadro posizionato all'interno della cabina elettrica di campo.

All'interno di ciascuna cabina di campo si trovano n°2 trasformatori della potenza di 2500 kVA.

A ciascun trasformatore, installato su platea in cemento all'interno della cabina, viene generalmente installata la protezione sia sul lato BT a 800 V che sull'uscita in AT a 36 kV. Le cabine di campo BT/AT sono realizzate con l'assemblaggio di monoblocchi consistenti in container ossia strutture in c.a.p. e fondazioni anch'esse prefabbricate (in calcestruzzo vibrato confezionato con cemento ad alta resistenza su geo-tessuto); per il montaggio degli stessi si prevedono le seguenti fasi:

- scavo e costipazione del terreno fino ad una profondità di 30 cm rispetto alla quota finita;
- getto di una soletta in c.a. con rete elettrosaldata spianata e lisciata in modo da garantire una base in piano idonea al montaggio dei monoblocchi;
- rinterro lungo il perimetro con il terreno (sabbia e/o ghiaia) proveniente dagli sbancamenti.

L'utilizzo di strutture di copertura si rende necessario per:

- mimetizzare visivamente la presenza delle apparecchiature elettriche;
- risparmiare sui costi necessari per il raffrescamento qualora le apparecchiature non fossero riparate dalla radiazione solare diretta, specie nella stagione estiva.

Per dettagli ed ulteriori aspetti tecnico-installativi si rimanda la visualizzazione del documento denominato "MAC2-PDT10\_Opere architettoniche - cabine".

### **3.4 Cabina di consegna**

La cabina di consegna viene allestita generalmente all'ingresso del campo fotovoltaico per convogliare l'energia prodotta dallo stesso e proveniente dalle varie cabine di campo di modo da facilitare poi il collegamento, mediante unico cavidotto interrato in AT, esercito a 36 kV, alla futura stazione SE Terna 380/150/36 kV denominata "Macomer 380".

Il cavedio ospita in ingresso i cavi provenienti dalla cabina di trasformazione e in uscita quelli che si dirigono verso la stazione Terna 380/150/36 kV.

All'interno della stessa sono allocati anche le celle di AT, il trasformatore AT/BT ausiliari, l'UPS, il rack dati, la centralina antintrusione, gli apparati di supporto e controllo dell'impianto di generazione ed il QGBT ausiliari e il locale misure con i contatori dell'energia scambiata.

Le cabine di consegna sono realizzate mediante l'assemblaggio di prefabbricati in stabilimento completi di fondazioni del tipo vasca, anch'esse prefabbricate.

Le fasi di montaggio previste per l'assemblaggio sono le stesse descritte per le cabine di campo al paragrafo "Cabine di campo".

Per dettagli ed ulteriori aspetti tecnico-installativi si rimanda la visualizzazione del documento denominato "MAC2-PDT10\_Opere architettoniche - cabine".

### 3.5 Cabina di monitoraggio

Nella zona baricentrica del parco Agri-voltaico si presente una cabina al cui interno personale tecnico specializzato e addestrato monitora da remoto l'impianto e tutta la componentistica sottoponibile a telemetria e li aiuta a migliorare le performance operative e ridurre i costi di manutenzione grazie alle tecnologie digitali e alle competenze specifiche di settore.

Tale sala di monitoraggio e controllo determina un modello operativo che consente agli operatori del settore generazione di energia di aumentare la redditività grazie a migliori performance degli asset e più efficienti metodi di gestione della manutenzione. Le tecnologie installate in tale sala rendono gli impianti anche più sicuri grazie a soluzioni di cyber security all'avanguardia per le reti OT (operation technology). La digitalizzazione mette oggi a disposizione una maggiore quantità di dati che i sistemi di elaborazione calcolano per ottimizzare l'impianto gestito. Essi raccolgono e analizzano le informazioni, identificando aree di miglioramento e gestendole con la giusta priorità.

### 3.6 Locale Guardiania

In corrispondenza dell'ingresso dell'impianto fotovoltaico, nei pressi del locale utente e consegna sarà ubicato il locale guardiania nel cui interno troveranno posto i sistemi di monitoraggio e controllo dell'impianto.

Esso è costituito da un locale principale dove saranno presenti le varie apparecchiature di monitoraggio e controllo e da un antibagno e bagno.

Sara realizzato ad elementi componibili prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato o a struttura monoblocco. Il locale guardiania sarà dotato di una vasca a tenuta di 2,5 mc per quanto riguarda la gestione degli scarichi civili, vista la presenza occasionale di personale per le operazioni di controllo; l'approvvigionamento idrico avverrà attraverso il collegamento la posa in opera di un serbatoio per acqua sanitaria da 1 mc con autoclave.

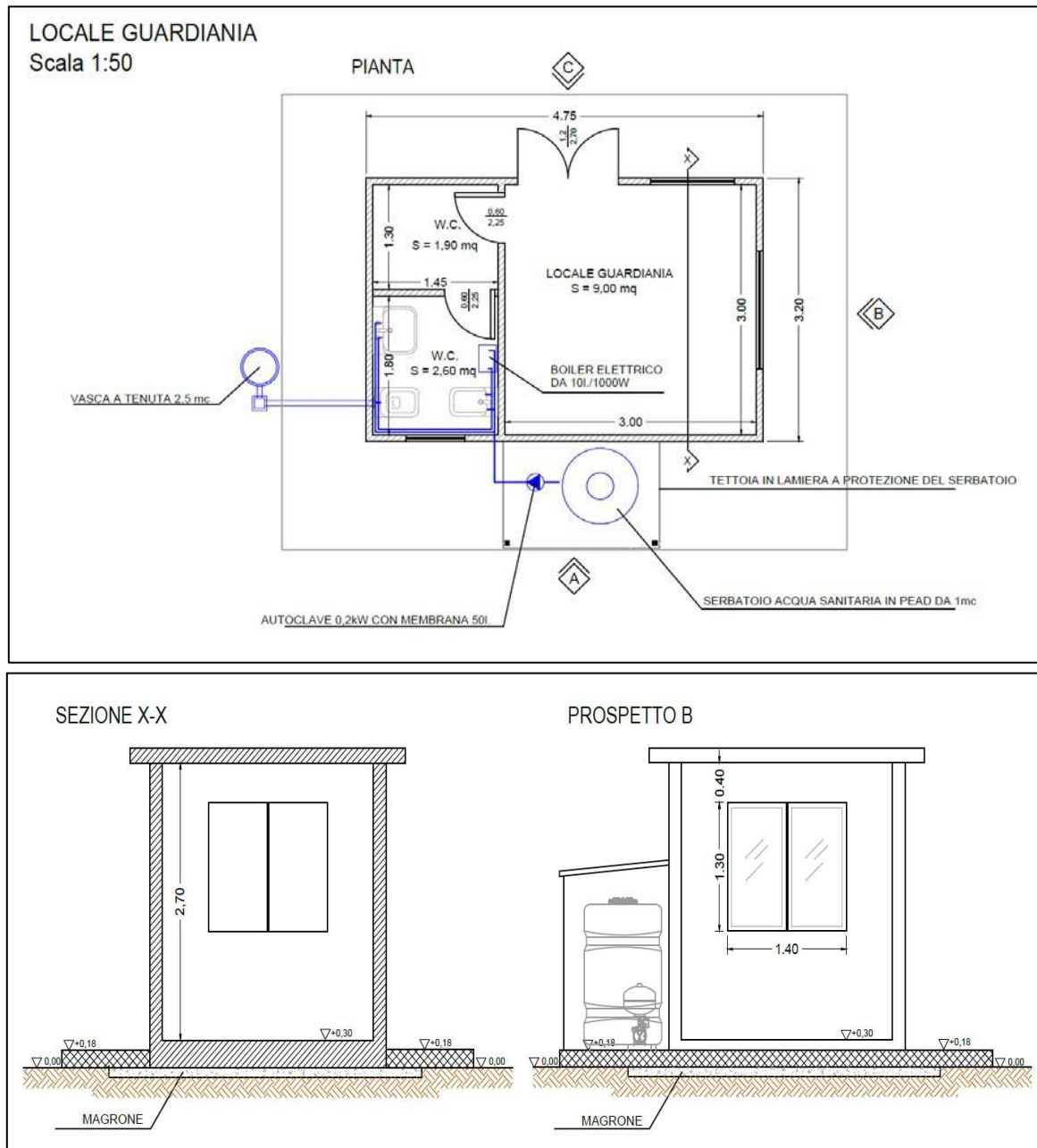


FIGURA 8: LOCALE DI GUARDIANIA

### 3.7 Protezione e sicurezza impianto

Al fine di poter garantire la sicurezza e l'efficienza dell'impianto fotovoltaico, si rende l'area accessibile solo al personale autorizzato, attraverso la realizzazione di una recinzione. La rete metallica prevista per la recinzione delle aree di impianto è costituita da una rete grigliata in acciaio zincato alta 2,5 metri con dimensioni della maglia di 10x10 cm, nella parte superiore, e 20x10 cm, nella parte inferiore. Nella parte inferiore è previsto il sollevamento di circa 30 cm dal piano di calpestio della rete metallica al fine di consentire il passaggio di mammiferi, rettili e anfibi, oltre che di numerosi elementi della micro e meso-fauna. La rete sarà sostenuta da tubi in acciaio, di diametro 60 mm, infissi nel terreno ad una distanza di circa 3 metri l'uno dall'altro. Sia la rete metallica che i tubi in acciaio sono previsti di colore verde. L'opera a fine esercizio verrà smantellata e sarà ripristinato lo stato dei luoghi originario.

Inoltre, è predisposto un sistema di videosorveglianza, costituito da un insieme di telecamere a circuito chiuso con funzionamento a 360° gradi ed in notturna, lungo l'intero perimetro dell'area di progetto.

La messa in sicurezza e la manutenzione dell'impianto fotovoltaico sono assicurati anche dalla disposizione di un impianto d'illuminazione, costituito da un insieme di pali aventi un'altezza pari a 7,5 metri fuori terra e dotate di lampade a led da 50 W cut-off.

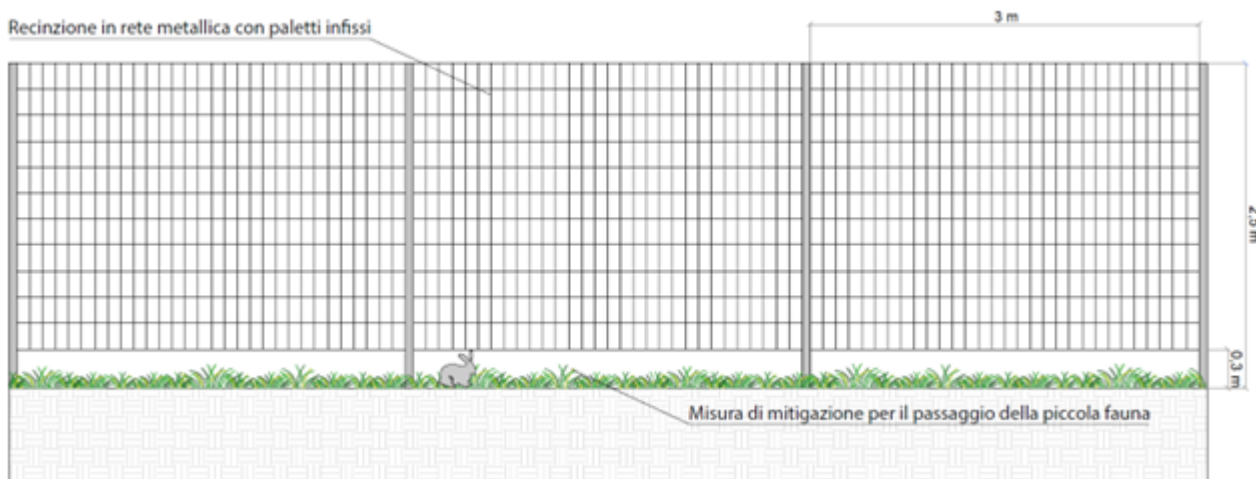


FIGURA 9: RECINZIONE TIPO

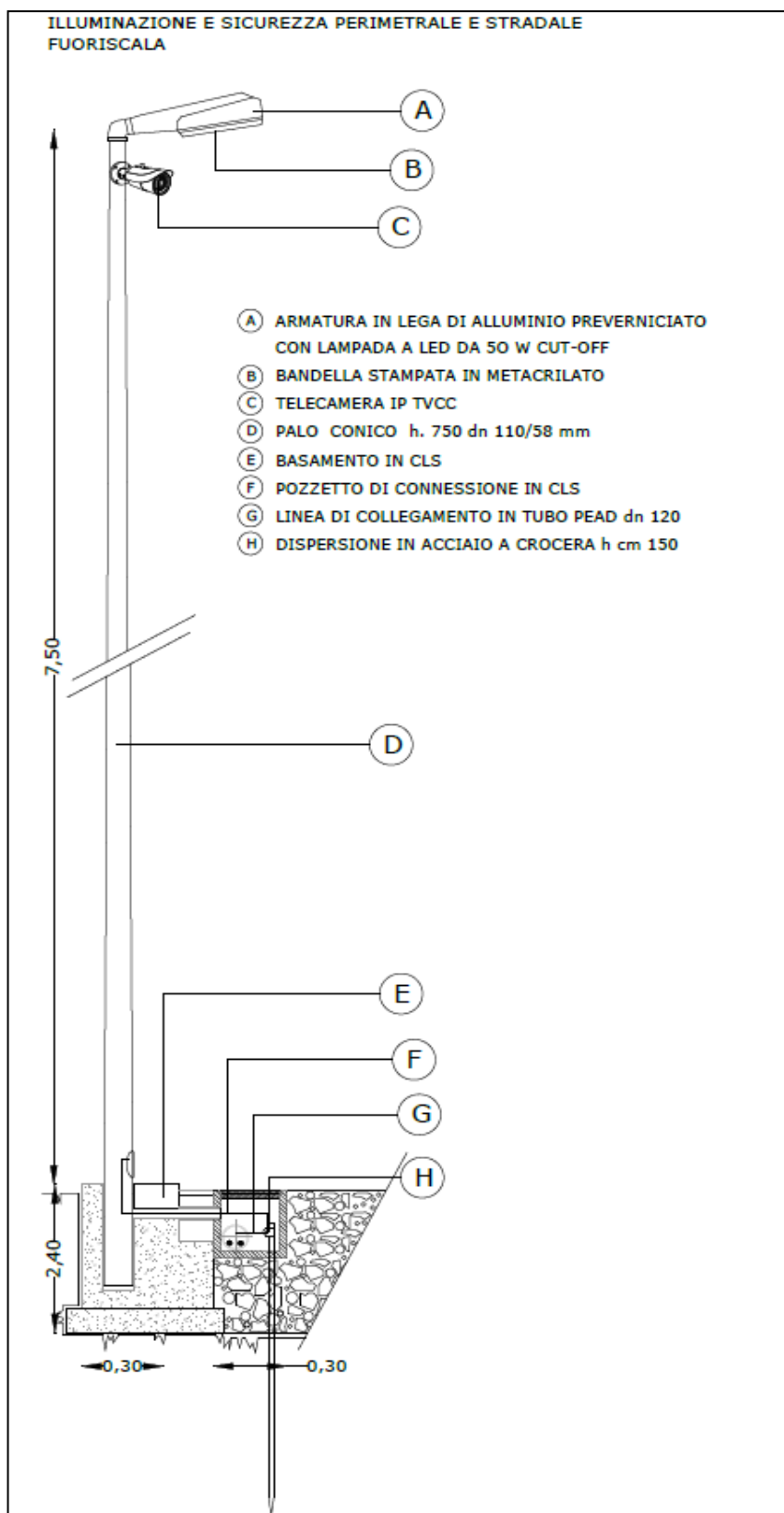


FIGURA 10



### 3.8 Cavidotto AT

Il tracciato del cavidotto di collegamento tra la cabina di consegna (posta all'ingresso del campo fotovoltaico) ed il punto di consegna dell'energia è definito in base ai seguenti criteri:

- seguire il tracciato delle strade;
- ridurre le interferenze con altre infrastrutture esistenti e con aree vincolate o a rischio;
- minimizzare la lunghezza.

Nel definire le caratteristiche di posa (sezione, materiali ecc...) ci si attiene alla normativa di settore ed alle richieste che generalmente vengono avanzate degli enti gestori delle strade. Qui di seguito si propongono delle soluzioni installative.

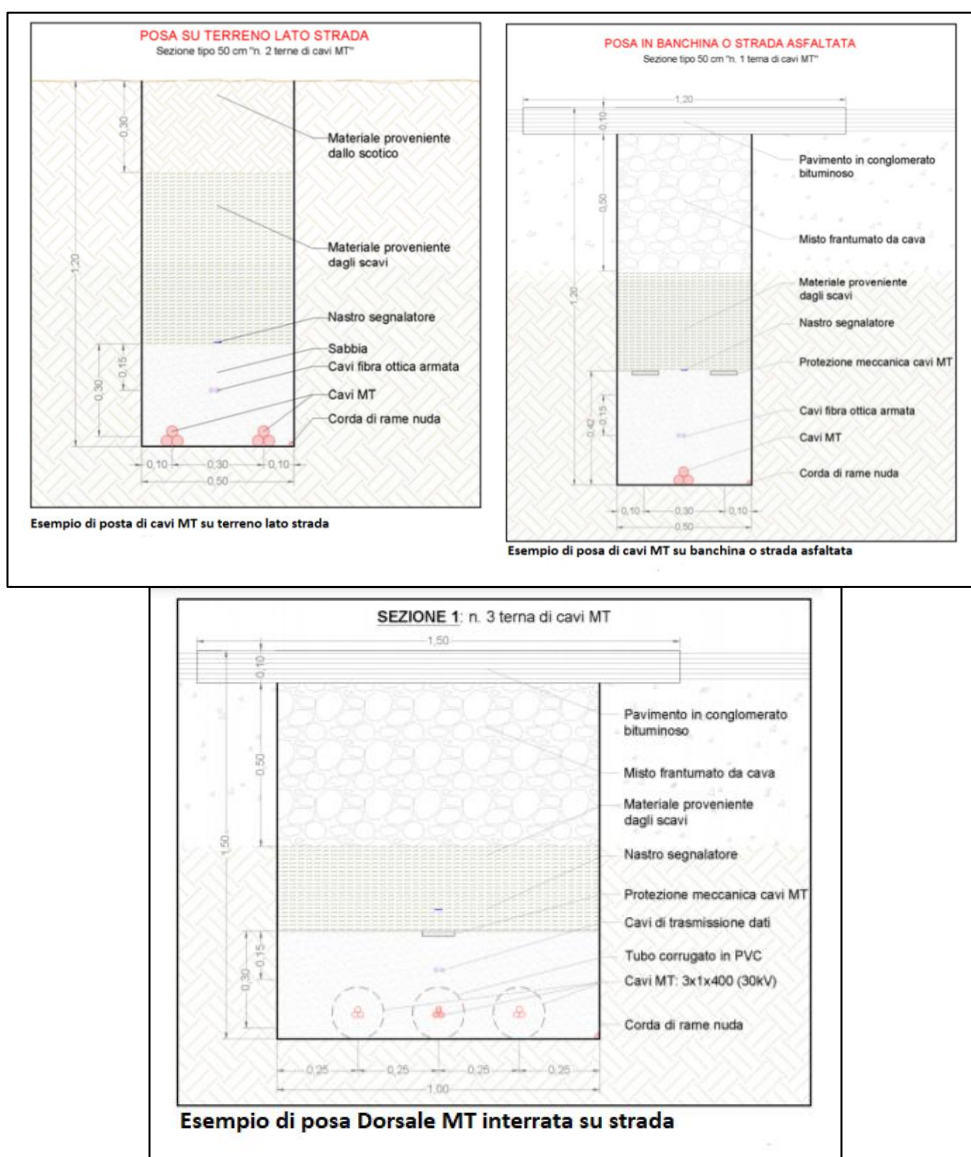


FIGURA 11: ESEMPI POSA CAVI



### 3.9 Impianti di rete per la connessione

Con il riesame della STMG, aderendo al nuovo standard di connessione a 36 kV, si prevede che l'impianto venga collegato tramite collegamento in antenna a 36 kV, sulla futura Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN denominata "Macomer380" da inserire in entra-esce alla esistente linea esercita a RTN a 380 kV denominata "Ittiri-Selargius.

### 3.10 Area temporanea di cantiere

In fase di cantiere è prevista l'esecuzione di un'area per l'alloggio dei mezzi e delle baracche degli operai e della direzione lavori. Benché si tratti di un'opera temporanea, da rimuovere al termine dei lavori, si è cercato di collocarla in area il più possibile pianeggiante ed adiacente alla viabilità esistente. La collocazione è baricentrica rispetto all'area del parco, di modo da ridurre i costi di trasporto interni, sia nel corso dei lavori stessi che nella fase posteriore a questi ultimi.

## 4. MISURE DI MITIGAZIONE

Le misure di mitigazione hanno lo scopo di ridurre e/o eliminare gli effetti negativi dell'intervento antropico sottoposto, sia in fase stessa di progettazione che durante la fase di realizzazione (fase di cantiere) e - se opportunamente applicate - limitano la portata degli impatti e la necessità di eventuali successive opere di compensazione.

Sono state adottate pertanto le seguenti misure mitigative:

- collocazione dei pannelli fotovoltaici seguendo le linee naturali del passaggio e le infrastrutture esistenti;
- interrare i cavidotti ed evitare la realizzazione di strutture accessorie all'interno del parco;
- utilizzare vegetazione autoctona, mantenere in ordine e pulito il sito, scegliere colori in grado di ridurre l'impatto visivo e mantenere un'armonia dimensionale tra generatori ed ambiente circostante;
- minimizzare gli sbancamenti per evitare erosione del suolo, minimizzare la realizzazione di strade di accesso e piazzole;
- utilizzare una recinzione perimetrale di colore verde e/o procedere alla piantumazione di specie floristiche autoctone per nascondere il parco fotovoltaico dalle immediate vicinanze;
- le operazioni di costruzione non verranno effettuate durante il periodo più significativo per la nidificazione e riproduzione della fauna e dell'avifauna, saranno svolte solo nelle ore diurne, in tempi il più possibile ristretti e con mezzi che non determinino impatti acustici significativi;
- le opere di cantiere saranno minime e provvisorie, smantellate subito dopo la realizzazione dell'impianto;
- sarà evitata l'occupazione temporanea o permanente di suolo destinato a colture agricole di pregio;
- ove possibile il suolo vegetale, prima dell'avvio dei lavori, verrà prelevato e gestito in cumuli di dimensioni adeguate ad evitare fenomeni degenerativi e posto a dimora una volta effettuati i lavori;
- di norma non saranno abbattuti alberi di nessuna specie.
- Le scelte assunte in sede progettuale, con riferimento al tipo di pannelli fotovoltaici ed alla loro posizione, così come l'ubicazione delle opere accessorie e soprattutto della

viabilità da utilizzare, costituiscono già una modalità attraverso la quale si evitano o si riducono gli impatti sul paesaggio inteso, da una parte, come insieme degli elementi strutturali e caratterizzanti, e dall'altra considerato per gli aspetti della sua percezione.

## 5. CONCLUSIONI

Il presente documento descrive le principali soluzioni adottate, descrivendo le caratteristiche funzionali delle opere e scelte progettuali, in relazione al parco fotovoltaico proposto. Si evince come le scelte effettuate siano mirate alla riduzione degli impatti, riuscendo al contempo a garantire elevati standard tecnici e qualità.