

COMUNI DI:
SOLARUSSA
ZERFALIU

PROVINCIA: ORISTANO
REGIONE: SARDEGNA

"FATTORIA SOLARE SOLIU"
AGRIVOLTAICO DI TIPO ELEVATO E AVANZATO

PROGETTO DEFINITIVO

DISCIPLINARE TECNICO

Tipo Elaborato	Codice Elaborato	Data	Scala CAD	Formato	Foglio / di	Scala
REL.	2205_R.12	15/06/2023	-	A4	1/30	-

PROPONENTE

EF AGRI Società Agricola A.R.L.

Via del Brennero, 111
38121- Trento (TN)

SVILUPPO



SET SVILUPPO

SET SVILUPPO s.r.l.

Corso Trieste, 19
00198 - Roma (RM)

PROGETTAZIONE

Ing. Giacomo Greco



Ing. Marco Marsico



Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	15/06/2023	Prima Emissione	Ing. M. Marsico	Ing. G. Greco	Ing. M. Marsico

DISCIPLINARE TECNICO

FATTORIA SOLARE “*SOLIU*”

AGRIVOLTAICO DI TIPO ELEVATO E AVANZATO

di potenza pari a 59,148 MWp

e sistema di accumulo pari a 12,5 MW

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 3
--	---	--------------

SOMMARIO

1.	DATI GENERALI	4
2.	CARATTERISTICHE IMPIANTO FOTOVOLTAICO	5
2.1.	Tracker.....	5
2.2.	Moduli fotovoltaici	6
2.3.	QPS - Quadri parallelo stringhe.....	7
2.4.	Inverter centralizzato	9
2.5.	Power Station.....	10
2.6.	Storage Container	11
2.7.	Storage Inverter	11
2.8.	Storage Power Station	12
2.9.	Cabina di Raccolta	13
2.10.	Cavi di potenza BT e AT	14
2.11.	Cavi di segnale	15
2.12.	Sistemi SCADA	16
2.13.	Cavidotto AT.....	16
2.10.1	Dimensionamento del cavidotto	17
2.10.2	Caratteristiche dei materiali.....	17
3.	SICUREZZA ELETTRICA DI IMPIANTO.....	19
3.1.	Misure di protezione generale.....	19
3.2.	Elementi di un impianto di terra	19
3.3.	Coordinamento dell'impianto di terra con dispositivi di interruzione	20
3.4.	Protezione delle condutture elettriche	22
3.5.	Protezione da sovratensioni per fulminazione indiretta e di manovra.....	22
4.	NORME E SPECIFICHE TECNICHE	23
5.	OPERE CIVILI	27
5.1.	Preparazione del sito	27
5.2.	Strade e recinzione.....	27
5.3.	Infissione dei tracker	27
5.4.	Scavi per fondazioni, posa cavi di impianto e rete di terra	27
5.5.	Scavi e posa cavidotto di collegamento.....	28
5.6.	Sistema di videosorveglianza.....	30

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 4
--	---	--------------

1. DATI GENERALI

Proponente	EF AGRI Società Agricola a r.l.
Progetto	Agrivoltaico: progetto di miglioramento fondiario integrato da strutture fotovoltaiche elevate di potenza nominale pari a 59,148 MWp e completato da un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 12,5 MW
Coordinate geografiche	Latitudine: 39°58'2.43" N Longitudine: 8°41'39.56" E
Comuni Interessati dal progetto	Solarussa (OR) Zerfaliu (OR)
Soluzione di connessione	Codice Pratica Terna: 202204129

Il progetto prevede il miglioramento fondiario di un'area di circa 110,58 Ha, ubicata nel Comune di Solarussa e Zerfaliu (OR), tramite l'implementazione di un piano agronomico integrato con **strutture fotovoltaiche elevate** e ad inseguimento solare monoassiale (c.d. tracker).

L'insieme dei moduli fotovoltaici supportati da queste strutture e opportunamente connessi, determinerà nel complesso una potenza di picco pari a 59,148 MWp.

L'impianto agrivoltaico sarà inoltre corredato da un sistema di accumulo (c.d. storage) in assetto AC Coupling, capace sia di assorbire che di immettere energia verso la Rete Elettrica Nazionale.

Tale sistema è stato previsto all'interno dell'area di impianto, perseguendo obiettivi di funzionalità e di ottimizzazione degli spazi, ed avrà una potenza nominale pari a 12,5 MW.

Le opere di connessione necessarie per il collegamento dell'impianto agrivoltaico e del sistema di accumulo alla RTN sono costituite da un cavidotto interato a 36 kV di circa 4,9 km che collega l'impianto allo stallo arrivo produttore a 36 kV nella nuova SE 220/36 kV denominata Bauladu, da inserire in entra-esce alla linea 220 kV già esistente "Codrongianos-Oristano".

Per le opere di connessione, il cavidotto interrato a 36 kV da collegare in antenna allo stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta SE costituisce opera di utenza, mentre la nuova SE, incluso lo stallo, si configura come "Opere di Rete".

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 5
--	---	--------------

2. CARATTERISTICHE IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Vengono elencati di seguito i principali elementi costituenti l'impianto fotovoltaico:

- Tracker n. 3975, ciascun tracker supporta n.24 moduli;
- Moduli fotovoltaici n. 95.400 per una potenza complessiva pari a 59,148 MWp;
- QPS n. 265;
- Power station n.15, ogni Power Station è collegata ai QPS tramite quadro BT. Ogni Power Station è corredata di inverter, trasformatore BT/AT e di un quadro AT;
- Container batterie da 2,5 MW, n.5 per un totale di 12,5 MW e una capacità di 3 MWh l'uno;
- Storage power station n.5 corredate di inverter, trasformatore BT/AT, quadro AT;
- Cabina di raccolta prefabbricata corredata di arrivi e partenze linee AT e gruppo di misura;
- Rete elettrica interna BT in corrente continua per collegamento tra stringhe e Power Station;
- Rete elettrica interna BT in corrente continua per collegamento tra Storage Container e Storage Power Station;
- Rete elettrica interna trifase AT per collegamento tra Power Station e Cabina di Raccolta;
- Rete elettrica interna trifase AT per collegamento tra Storage Power Station e Cabina di raccolta;
- Cavidotto di collegamento trifase AT esterno da 4,9 km, per collegamento tra Cabina di raccolta e Stazione elettrica Terna;
- Cavi di segnale;
- Sistema di monitoraggio e controllo SCADA;
- Impianto di Terra comprensiva di rete elettrosaldata in corrispondenza delle Power Station e Cabina di raccolta, picchetti, giunzioni e corde di rame nudo.

2.1. Tracker

Al fine di incrementare le ore equivalenti di produzione, l'impianto è progettato utilizzando la tecnologia ad inseguimento solare monoassiale in direzione Est-Ovest mediante l'installazione di tracker monoassiali TRJ di Convert o similari, posti ad un'altezza pari a 3,685 m (altezza a tracking 0°), con una distanza di interasse pari a circa 6,2 m per consentire lo svolgimento dell'attività agricola.

Adottando una tensione di sistema pari a 1500 V nel dimensionamento dell'impianto, su ogni tracker sono collegati 24 moduli su un'unica stringa.

Le strutture si sviluppano in direzione Nord-Sud per una lunghezza pari a 28,645 m e presentano una distanza reciproca pari a 50 cm nella stessa direzione. In direzione Est-Ovest, invece, le strutture sono caratterizzate dalla medesima dimensione del lato lungo del modulo (2,465 m).

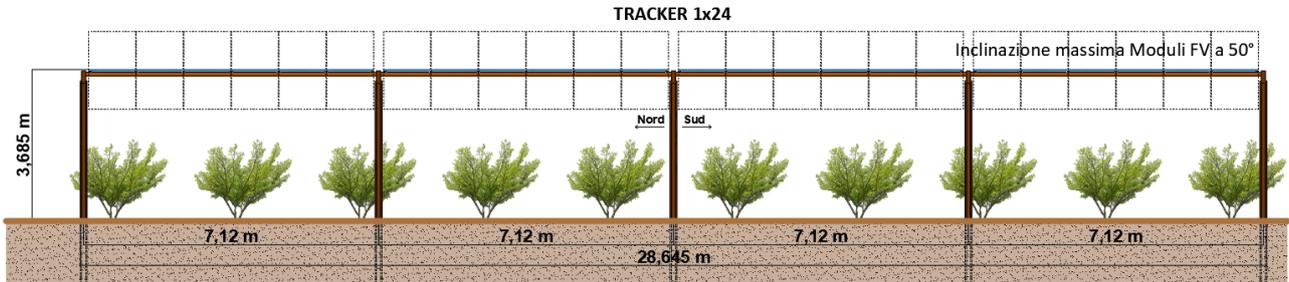


Figura 1: Particolare disposizione moduli su tracker in prospettiva (configurazione 1x24)

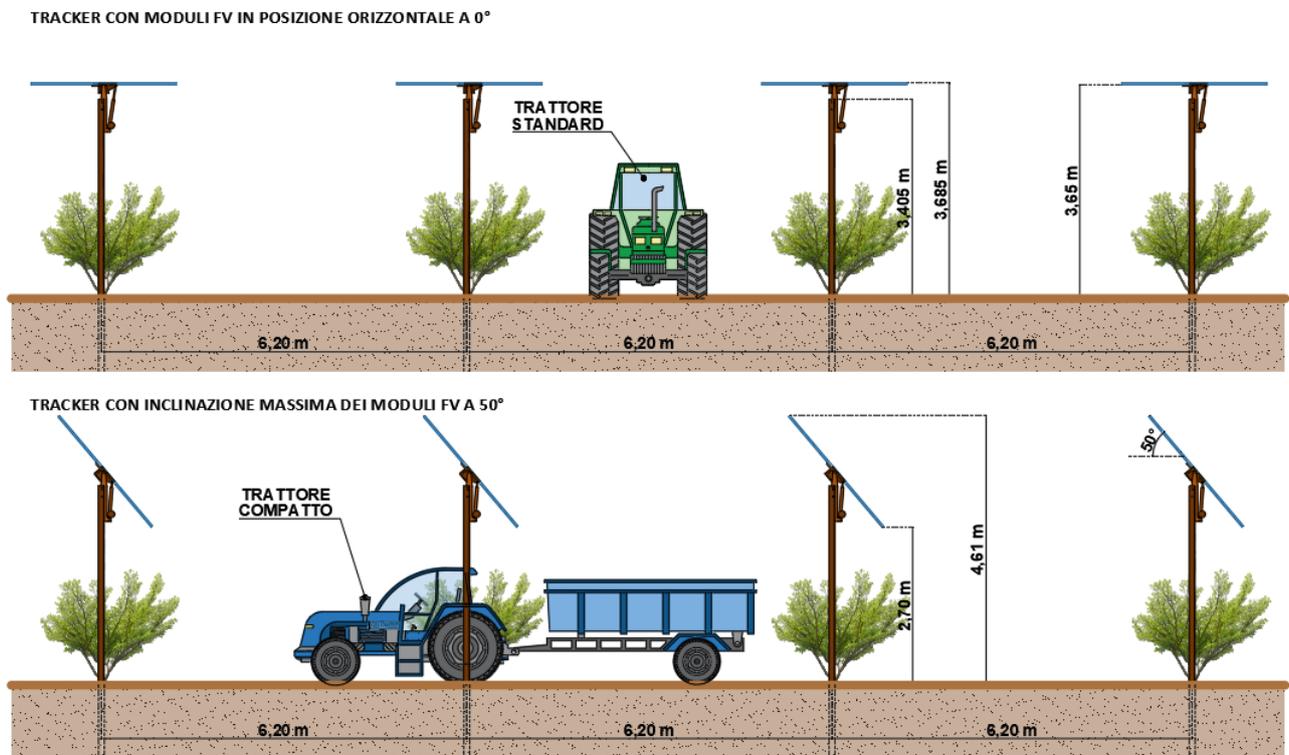


Figura 2: Particolare disposizione moduli su tracker: evidenza altezze dal suolo

2.2. Moduli fotovoltaici

Per l'opera di progetto è stato scelto un modulo in silicio monocristallino, bifacciale e caratterizzato da tecnologia Half-Cell, del tipo JA SOLAR JAM78D40 600-625/GB o similari, dalla potenza nominale di 620 W. Il modulo è caratterizzato da 156 celle (6x26) ed è dotato di cavetti di connessione muniti di connettori MC4 ad innesto rapido, al fine di garantire la massima sicurezza degli operatori e facilità di installazione.

I componenti elettrici e meccanici che lo caratterizzano sono conformi alle normative tecniche e sono tali da garantire elevate performance.

Si riporta di seguito la scheda tecnica del modulo fotovoltaico sopraccitato.

SMA STRING-COMBINER



Figura 4: QPS SMA DC-CMB-U15-16

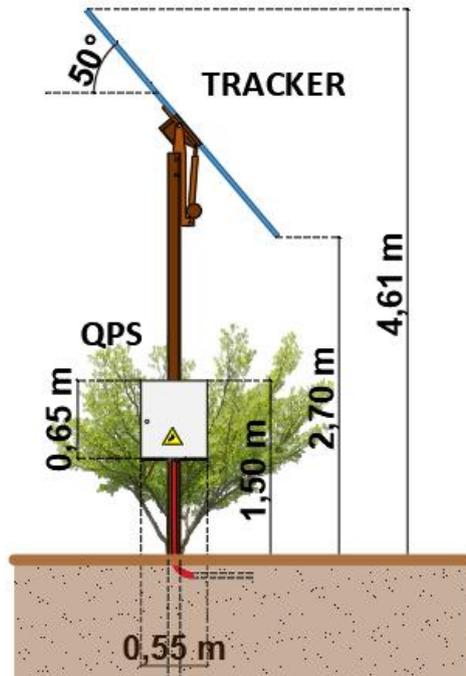


Figura 5: Particolare posizionamento QPS su tracker

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 9
--	---	--------------

2.4. Inverter centralizzato

Per la conversione DC/AC dell'impianto, si è optato per inverter centralizzati del tipo SMA Sunny Central UP o similari, da installare all'interno delle Power Station.

Per gli inverter in proposta è stata prevista una regolazione SW tale da determinare una potenza AC di 4200 kVA con una tensione nominale di uscita di 630 V o di 4400 kVA con una tensione nominale di uscita di 660 V in base alle esigenze sui singoli Sottocampi.

Il gruppo di conversione così concepito presenta un range MPPT in ingresso pari a 921-1325 V per le Power Station da 4200 kVA e 962-1325 V per le Power Station da 4400 kVA, compatibile con tensioni di sistema a 1500 V e con il numero di moduli per stringa scelto.

Gli inverter selezionati, prevedono un massimo di 24 ingressi protetti su entrambi i poli da fusibili e pertanto sono in grado di raccogliere tutte le linee DC provenienti dai QPS.



Figura 6: Inverter SMA Sunny Central UP

2.5. Power Station

Le Power Station rappresentano il punto di raccolta dei singoli sottocampi e il punto in cui avviene l'elevazione della tensione BT di uscita degli inverter ad un livello di tensione pari a 36kV.

Il progetto prevede n.15 Power Station di SMA o similari, tutte costituite da un inverter centralizzato connesso ad un trasformatore BT/AT con isolamento in olio, dotato di adeguata vasca di raccolta. Lo stesso sarà a sua volta collegato ad un quadro di alta tensione (o HV Switchgear), dotato di adeguati organi di sezionamento, protezione e manovra per l'interconnessione del trasformatore e dei cavi AT alle altre Power Station o alla Cabina di Raccolta dell'impianto. Le Power Station e i loro componenti saranno corredati da opportune tecnologie per il controllo e la gestione dei parametri, come ad esempio la sensoristica per il monitoraggio della temperatura e la rilevazione di sovratensioni e sovracorrenti.

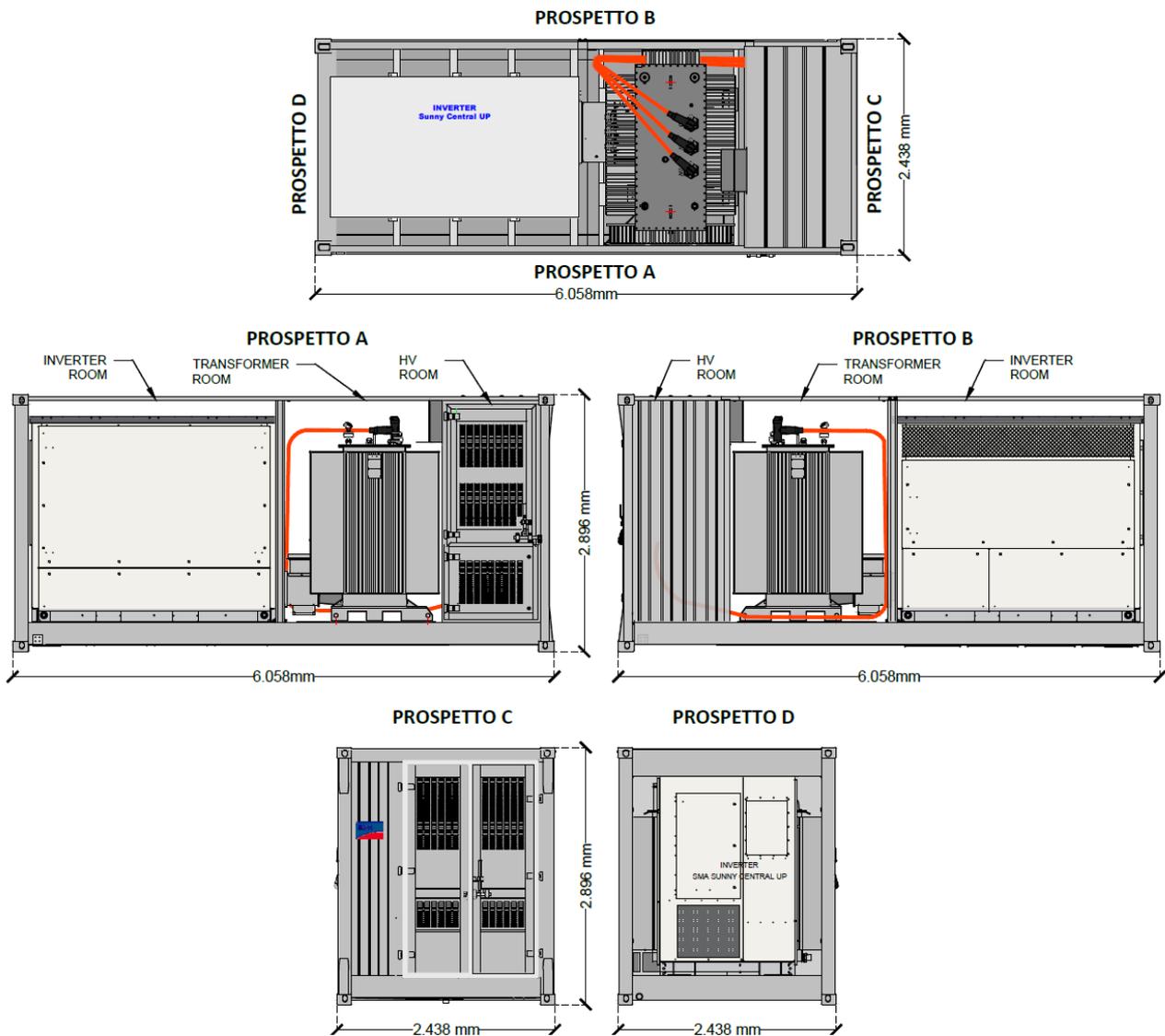


Figura 7: Pianta e Prospetti di dettaglio della Power Station di campo

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 11
--	---	---------------

2.6. Storage Container

L'organizzazione delle batterie agli ioni di litio è del tipo modulare all'interno di Container (c.d. Storage Container). Più batterie formano un modulo, più moduli in serie formano un rack e più rack in parallelo compongono il container. Le batterie sono gestite da un sistema di monitoraggio e controllo di carica e scarica delle batterie (c.d. BMS) e da un convertitore di potenza che permette l'immissione della corrente continua nelle linee DC in entrata o uscita dal container.

Ogni unità presenta una potenza pari a 2,5 MW e una capacità pari a 3 MWh, caratteristiche che la rendono adatta per la modalità Fast Reserve, cioè l'immissione in rete della potenza nominale per un tempo di almeno 15 minuti.

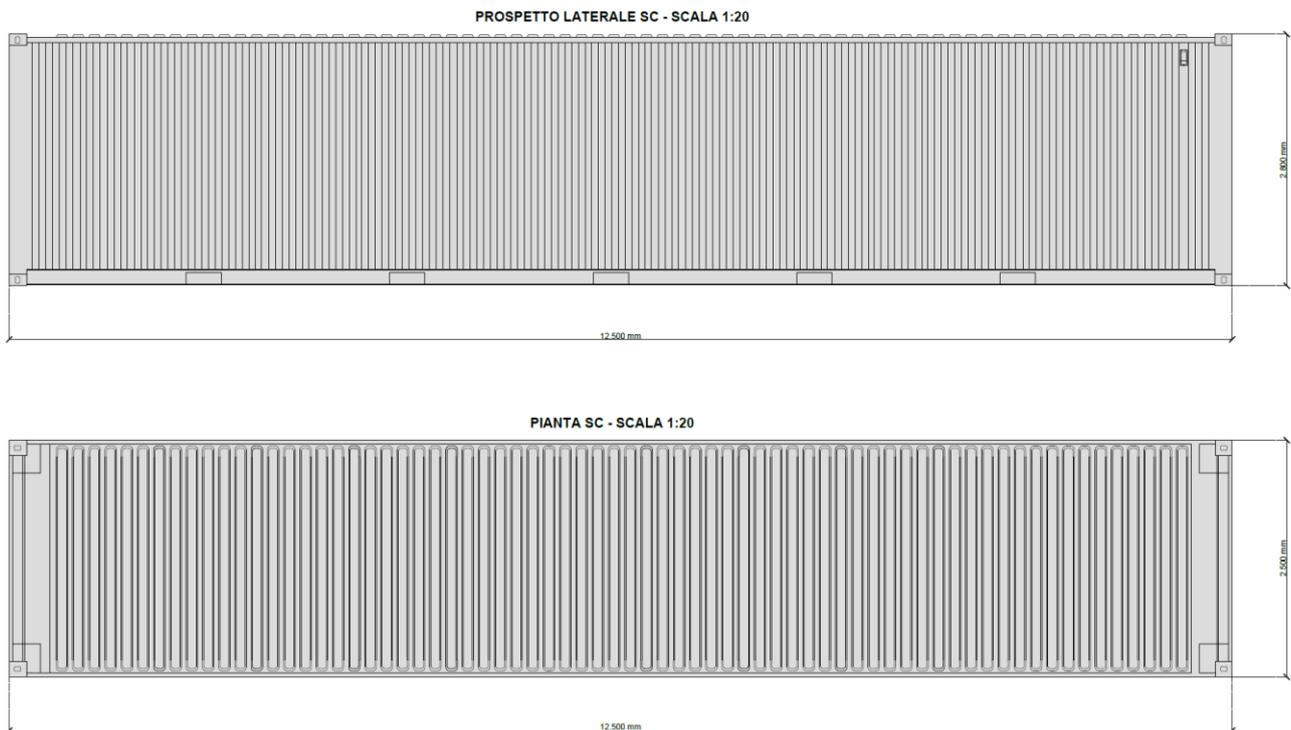


Figura 8: Pianta e Prospetto dello Storage Container

2.7. Storage Inverter

Ciascun Storage Container sarà connesso ad un inverter centralizzato (c.d. Storage Inverter) del tipo SMA SCS2900 o similari. L'inverter ha una potenza di 2,94 MVA ed è quindi in grado di erogare tutta la potenza proveniente dalle batterie, risultando idoneo alla modalità Fast Reserve. Lo Storage Inverter è caratterizzato da un range DC compreso tra 760 V e 1100 V e una tensione AC pari a 520 V. Lo stesso è altresì equipaggiato con i dispositivi di protezione SPD per le sovratensioni e gli interruttori automatici per le sovracorrenti, sia dal lato DC che dal lato AC.

2.8. Storage Power Station

Gli Storage Inverter sono collocati all'interno delle rispettive Storage Power Station, che contengono tutti i dispositivi per la conversione tra corrente continua e corrente alternata e l'elevazione di tensione BT/AT. Nello specifico, in maniera simile alle Power Station del campo agrivoltaico, gli ingressi dello Storage Inverter sono dotati dei dispositivi necessari alla protezione delle linee provenienti dallo Storage Container, alla misura dei parametri elettrici e al corretto funzionamento degli ausiliari. Quest'ultimo è collegato ad un trasformatore con isolamento in olio per l'elevazione della tensione BT/AT con opportuna vasca di raccolta. Quest'ultimo è a sua volta connesso ad un quadro elettrico di alta tensione (o High Voltage Switchgear), il quale è dotato di adeguati organi di sezionamento, protezione e dal quale si articoleranno le linee di interconnessione tra le varie Storage Power Station, fino al raggiungimento della Cabina di Raccolta.

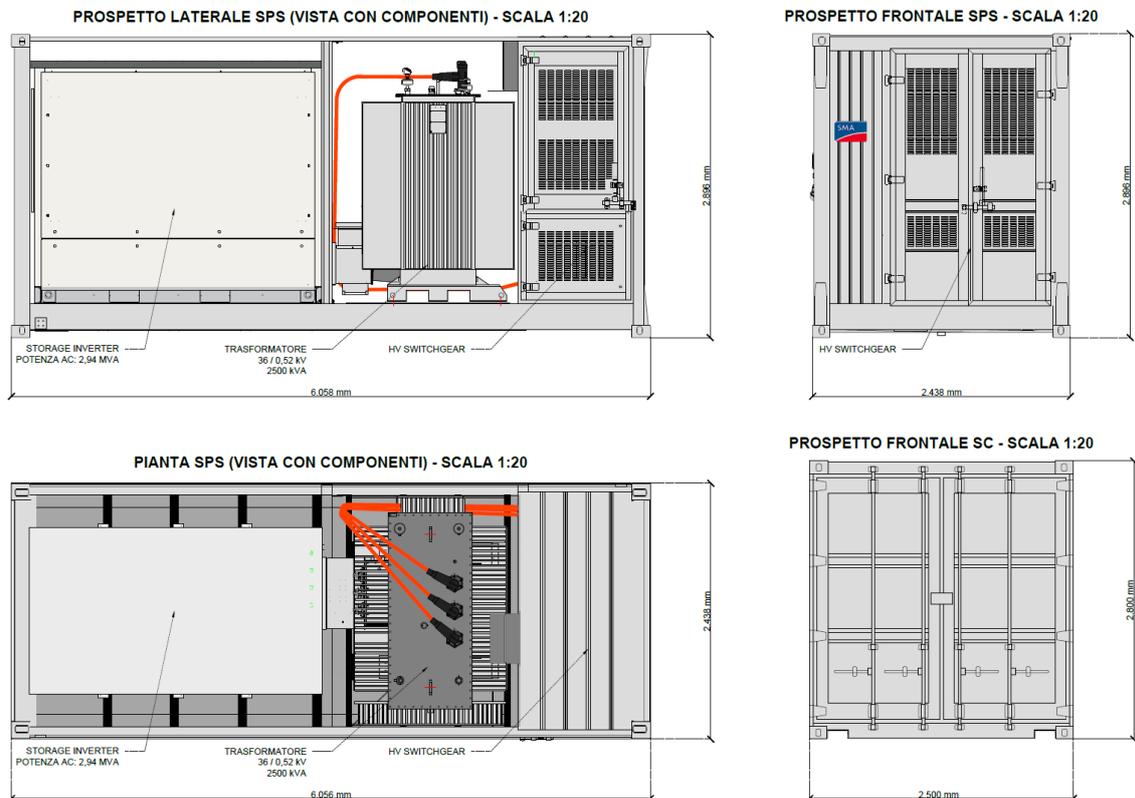


Figura 9: Pianta e Prospetto dello Storage Power Station con Storage Inverter

2.9. Cabina di Raccolta

I Sottocampi dell'impianto agrivoltaico e il Sistema di Accumulo, dimensionati come sopra descritto, faranno capo ad un'unica Cabina di Raccolta.

Il collegamento tra le due parti di produzione, ovvero impianto agrivoltaico e Storage, e la Cabina di Raccolta avverrà mediante cavi (N)A2XS(F)2Y 20,8/36 kV.

La Cabina è stata progettata in seguito alla valutazione dei componenti a corredo della stessa e delle loro taglie, tenendo conto dell'organizzazione dei 4 anelli AT previsti in progetto (3 per il campo e 1 per lo storage), dell'entità delle correnti in gioco e delle altre grandezze elettriche che caratterizzano l'impianto.

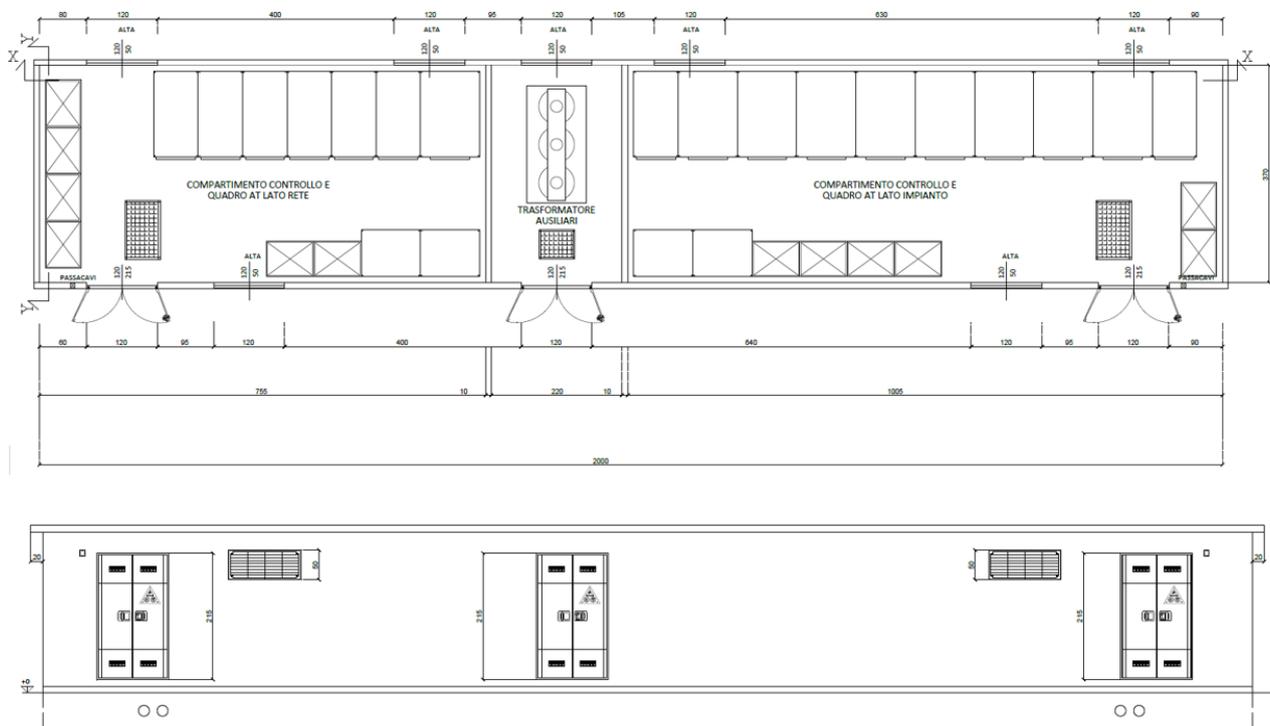


Figura 10: Pianta, Prospetti e Sezioni Cabina di Raccolta

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 14
--	---	---------------

2.10. Cavi di potenza BT e AT

Gli impianti saranno caratterizzati da linee elettriche con conduttori idonei per le varie sezioni, ovvero in bassa tensione e corrente continua (BT DC) o in alta tensione e corrente alternata (AT AC).

L'esperienza costruttiva ha consentito l'individuazione di tipologie di cavi (formazione, sezione del conduttore, isolante, guaina protettiva, ecc.) che garantiscono, in accordo alle condizioni di posa, una vita utile del cavo più longeva di quella dell'impianto.

Per la sezione di impianto in corrente continua è previsto il cablaggio del generatore fotovoltaico mediante cavi di stringa del tipo FG21M21 o simili, equipaggiati con connettori MC4 IP65, in posa libera fissata al retro delle strutture di sostegno, eventualmente canalizzate e interrate.

Le stringhe così collegate arriveranno ai QPS.

I QPS saranno a loro volta collegati agli inverter tramite cavi del tipo FG16R16 o simili in posa prevalentemente interrata in tubo protettivo corrugato flessibile a doppia parete in PVC, con resistenza allo schiacciamento 450N e diametro esterno opportuno.

Ogni linea di collegamento QPS-inverter avrà il suo tubo protettivo dedicato e, dove possibile, più linee condivideranno lo stesso scavo.

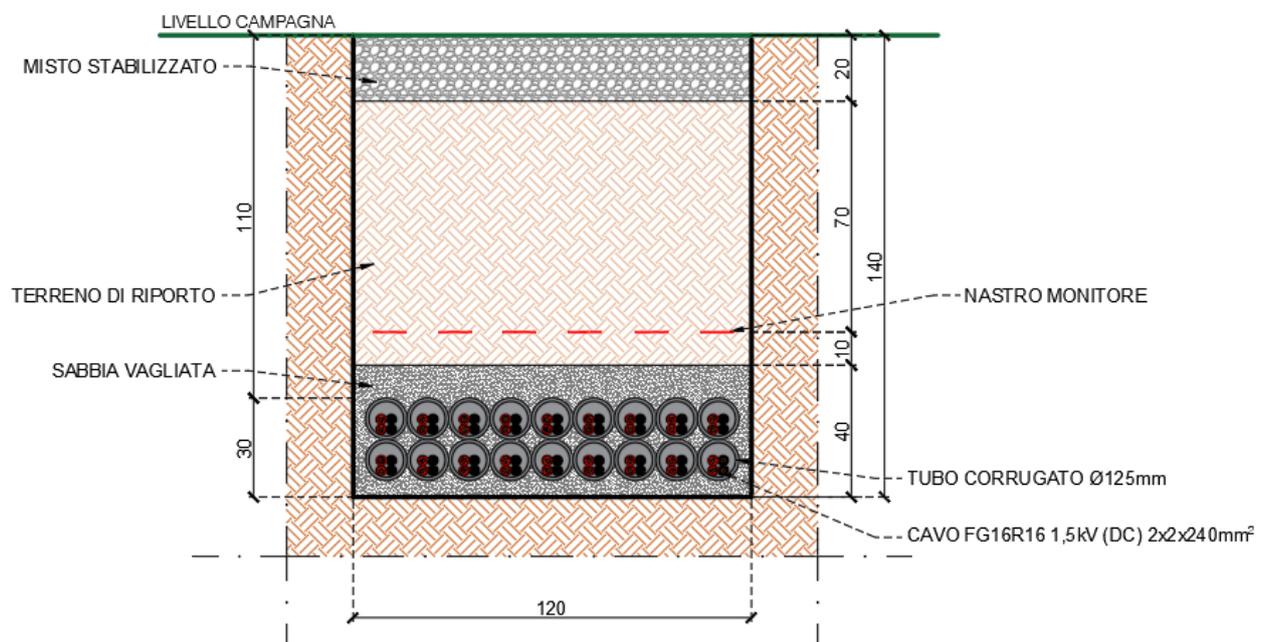


Figura 11: Sezione di scavo cavidotto BT DC

Le linee AT dalle singole Power Station fino alla Cabina di Raccolta, verranno anch'esse interrate, prevedendo opportuno tegolo per la protezione meccanica dei cavi. Si precisa in questo senso che, laddove all'interno del medesimo cavidotto correranno più linee AT, le stesse saranno distanziate di 25 cm dal centro del conduttore.

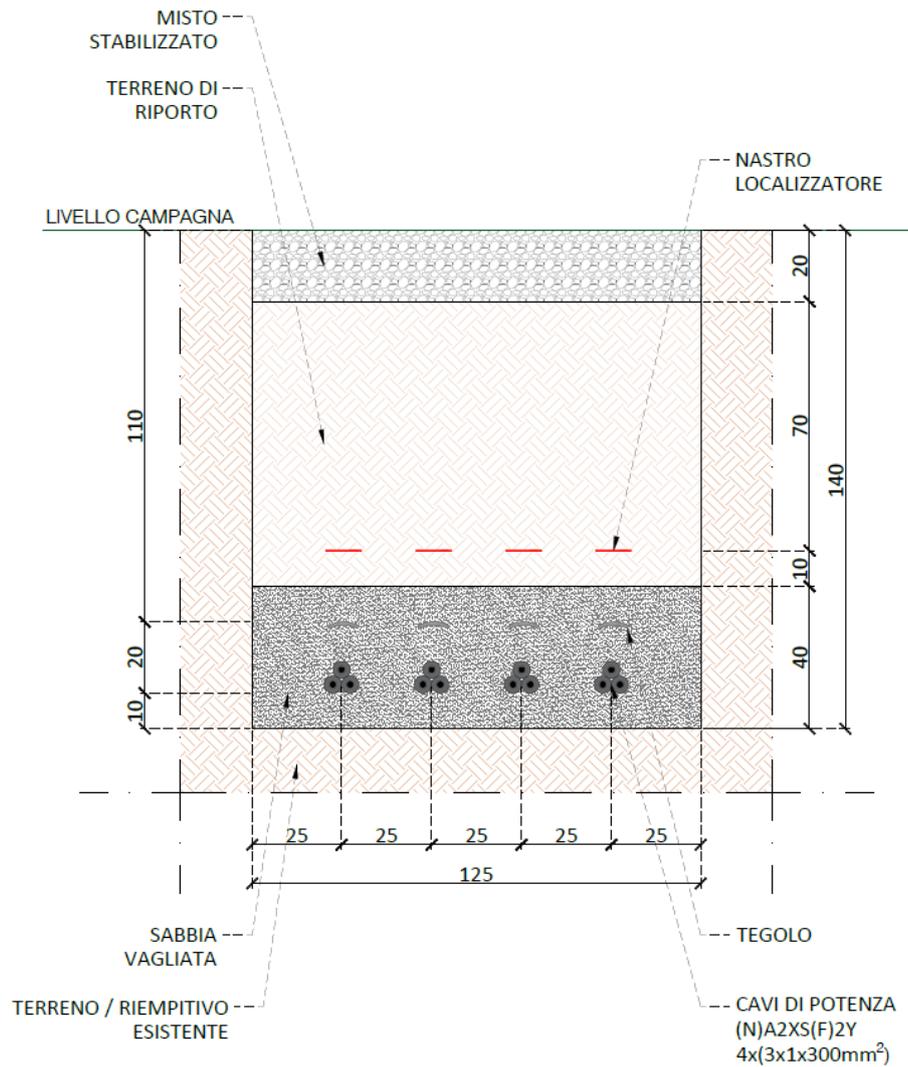


Figura 12: Sezione di scavo cavidotto AT AC

2.11. Cavi di segnale

Oltre alle linee di potenza si citano quelle di segnale, ovvero tutte le linee necessarie alla connessione dei dispositivi di monitoraggio e di security, per i quali sono previsti cavi in fibra ottica e cavi in rame multipolari twistati e non. Tali linee avranno una condizione di posa opportuna, sulla base della loro funzione (ad esempio le linee che acquisiscono i segnali dai vari dispositivi di security diffusi nel campo saranno interrate entro tubi protettivi, mentre quelle dei dispositivi di monitoraggio presenti in cabina saranno posate entro passerelle, tubi rigidi o flessibili, ecc.).

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 16
--	---	---------------

2.12. Sistemi SCADA

Sarà installato un sistema di monitoraggio e controllo basato su architettura SCADA-RTU, al fine di garantire una resa ottimale dell'impianto Agrivoltaico in tutte le situazioni. Il sistema consentirà infatti di ricevere ed elaborare diverse informazioni tra cui:

- stato della rete;
- energia immagazzinata e fornita dallo storage;
- produzione dal campo solare;
- produzione dagli apparati di conversione;
- produzione e scambio dai sistemi di misura;
- dati climatici e ambientali dalle stazioni di rilevamento meteo;
- dati relativi al tracking;
- allarmi da tutti gli interruttori e sistemi di protezione;
- parametri agricoli del campo Agrivoltaico

2.13. Cavidotto AT

La progettazione riportata di seguito è stata realizzata nel rispetto delle specifiche tecniche di connessione di centrali fotovoltaiche di tipo 2, descritte al paragrafo 6.1.2. dell'allegato A68 al codice di rete Terna.

Secondo quanto riportato nell'allegato A68 la linea di collegamento a 36 kV dell'impianto di Utente alla stazione RTN, se realizzata in cavo, deve essere connessa ad una singola cella 36 kV con un numero di terne in parallelo non superiore a 2. In caso di potenze di impianto non trasportabili con 2 terne di cavi, si dovranno utilizzare due celle distinte sulla medesima sezione 36 kV della SE Terna. La linea di collegamento a 36 kV dell'impianto di Utente alla stazione RTN deve essere dotata di vettori ridondati in Fibra Ottica fra gli estremi con coppie di fibre disponibili e indipendenti utilizzabili per:

- telemisure e telesegnali da scambiare con Terna;
- scambio dei segnali associati alla regolazione locale della tensione;
- segnali di telescatto associati al sistema di protezione dei reattori shunt di linea eventualmente presenti;
- eventuali segnali logici e/o analogici richiesti dai sistemi di protezione;
- segnali per il sistema di Difesa, che permette il controllo in emergenza del sistema elettrico.

Le condutture e le apparecchiature devono essere dimensionate per una tenuta alla corrente di cortocircuito ≥ 20 kA per 1,0 s.

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 17
--	---	---------------

Il livello di isolamento richiesto per tutte le apparecchiature è pari a $U_r=40,5$ kV, valore previsto dalla norma CEI EN 62271-1 e tale da rispettare la massima tensione di esercizio garantita da Terna pari a +10% della V_n .

2.10.1 Dimensionamento del cavidotto

Il cavidotto che collega l'impianto agrivoltaico alla SE 220/36 kV, è costituito per un primo tratto da quattro terne di cavi in parallelo per una lunghezza 4,92 km e per un secondo tratto adiacente alla stazione da due terne di lunghezza 50 m. Il cavidotto ha una lunghezza complessiva di circa 4,97 km.

La massima potenza in transito sarà di 75,91 MVA mentre la tensione di esercizio è di 36 kV.

Nel primo tratto le quattro terne saranno formate da cavi unipolari in alluminio, solamente nell'ultimo tratto di circa 50 m a ridosso della SE 220/36 kV, denominata Bauladu, il cavidotto sarà composto da due terne di cavo ma in rame.

2.10.2 Caratteristiche dei materiali

Le terne saranno formate da cavi unipolari in alluminio del tipo (N)A2X5(F)2Y 20,8/36 kV, ciascuno della sezione di 630 mmq.

Si riportano di seguito i dati elettrici di progetto utilizzati per il dimensionamento del cavidotto e le caratteristiche tecniche del cavo commerciale selezionato.

- Tensione nominale U_0/U : 20,8/36 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -35°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Resistenza elettrica massima dello schermo: 3 Ω /km
- Temperatura minima di posa: 0 °C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 870 mm
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm² di sezione del conduttore elettrico

Il cavo si presenta come in figura sotto:

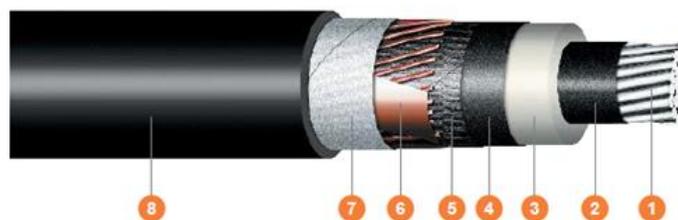


Figura 13: Cavo AT (conduttore in alluminio)

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 18
--	---	---------------

1. Conduttore in alluminio
2. Strato semiconduttivo interno
3. Isolante in polietilene reticolato (XLPE)
4. Strato semiconduttivo esterno
5. Nastro di rivestimento protettivo
6. Schermatura in filo di rame e nastro di rame
7. Nastro idrorepellente
8. Guaina esterna in polietilene (PE)

Nell'ultimo tratto di circa 50 m in ingresso all'ampliamento a 36 kV della SE 220/36 kV Bauladu, il cavidotto sarà composto da sole due terne di cavo, sempre di sezione 630 mmq ma in rame del tipo N2XS(FL)2Y 20,8/36 kV.

Di seguito le caratteristiche del cavo in rame:

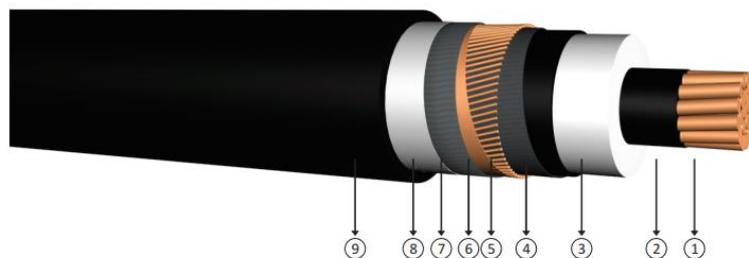


Figura 14: Cavo AT (conduttore in rame)

Quanto descritto sopra si rende necessario per trasportare la corrente in transito in due delle quattro terne costituenti la tratta principale del cavidotto, tramite due giunzioni "Y", da installarsi nell'ultimo giunto localizzato nell'area pozzetti esterna all'ampliamento 36 kV della SE 220/36 kV Bauladu.

In figura sotto viene rappresentata la sezione tipo del giunto previsto:

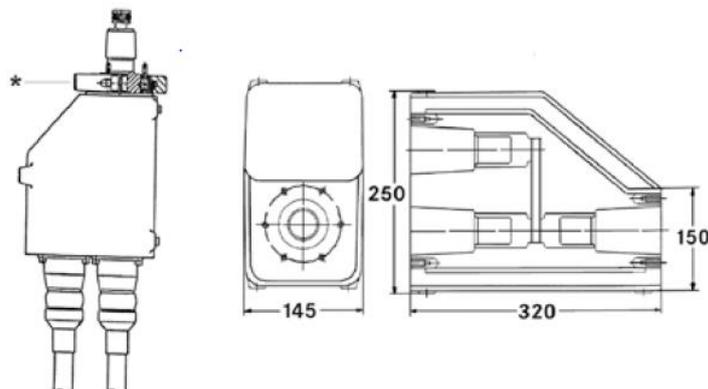


Figura 15: Sezione tipo del giunto a Y previsto

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 19
--	---	---------------

I cavi e gli elementi sopra descritti sono adatti per applicazioni a tensione nominale 20,8/36 kV e sono conformi alla normativa vigente in materia. Dopo la posa, i cavi andranno sottoposti a collaudo per verificare l'insorgere di eventuali difettosità, grossolani errori di confezionamento dei giunti e terminali e/o danneggiamenti avvenuti durante i lavori, al fine di garantire la perfetta regola d'arte.

3. SICUREZZA ELETTRICA DI IMPIANTO

3.1. Misure di protezione generale

Dovranno essere protette contro i contatti indiretti tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori, normalmente non in tensione ma che, per cedimento dell'isolamento principale o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione (masse). Pertanto tutte le masse metalliche accessibili esistenti nell'area di impianto dovranno essere collegate ad un impianto di terra.

3.2. Elementi di un impianto di terra

Per ogni apparecchiatura contenente impianti elettrici dovrà essere opportunamente previsto, in sede di costruzione, un proprio impianto di messa a terra.

Tale impianto dovrà essere realizzato in modo da poter effettuare le verifiche periodiche di efficienza e comprende:

- il dispersore (o i dispersori) di terra, costituito da uno o più elementi metallici posti in intimo contatto con il terreno e che realizza il collegamento elettrico con la terra (norma CEI 64-8/5);
- il conduttore di terra, non in intimo contatto con il terreno destinato a collegare i dispersori fra di loro e al collettore (o nodo) principale di terra. I conduttori parzialmente interrati e non isolati dal terreno dovranno essere considerati a tutti gli effetti dispersori per la parte interrata e conduttori di terra per la parte non interrata o comunque isolata dal terreno (norma CEI 64-8/5);
- il conduttore di protezione, parte del collettore di terra, arriverà in ogni impianto e dovrà essere collegato a tutte le prese a spina o direttamente alle masse di tutti gli apparecchi da proteggere, compresi gli apparecchi di illuminazione con parti metalliche comunque accessibili. Nei sistemi TT (cioè nei sistemi in cui le masse sono collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema elettrico) il conduttore di neutro non potrà essere utilizzato come conduttore di protezione;
- il collettore (o nodo) principale di terra nel quale confluiranno i conduttori di terra, di protezione, di equipotenzialità ed eventualmente di neutro, in caso di sistemi TN, in cui il

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 20
--	---	---------------

conduttore di neutro avrà anche la funzione di conduttore di protezione (norma CEI 64-8/5);

- il conduttore equipotenziale, avente lo scopo di assicurare l'equipotenzialità fra le masse e/o le masse estranee ovvero le parti conduttrici, non facenti parte dell'impianto elettrico, suscettibili di introdurre il potenziale di terra (norma CEI 64-8/5).

3.3. Coordinamento dell'impianto di terra con dispositivi di interruzione

Il coordinamento fra impianto di messa a terra e interruttori differenziali prevede quanto riportato di seguito. Questo tipo di protezione richiede l'installazione di un impianto di terra coordinato con relè differenziale che assicuri l'apertura dei circuiti da proteggere non appena eventuali correnti di guasto creino situazioni di pericolo.

I parametri da considerare per il dimensionamento degli impianti di terra sono i seguenti:

- valore della corrente di guasto a terra;
- durata del guasto a terra;
- caratteristiche del suolo (resistività).

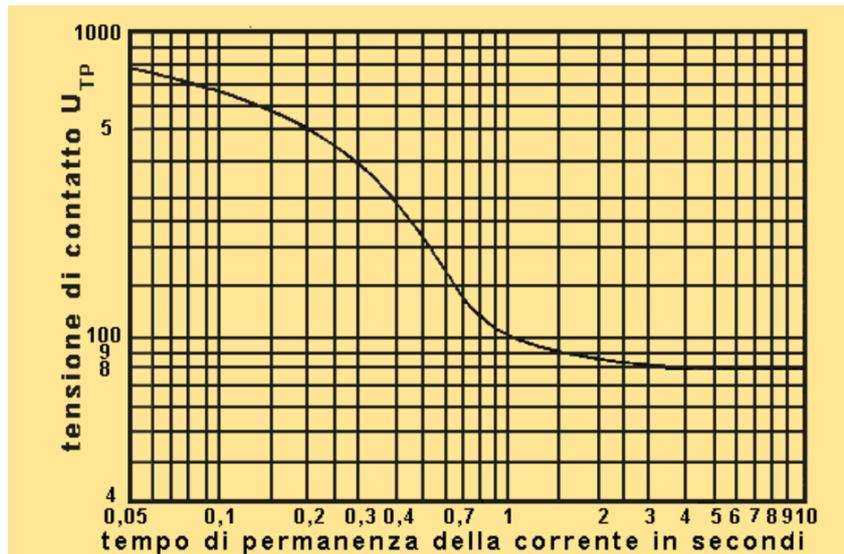
Il principale indicatore per la verifica dell'adeguatezza dell'impianto di terra è la curva di sicurezza delle tensioni di contatto ammissibili U_{TP} che, in funzione del tempo di eliminazione del guasto T_f è calcolata mediante la formula seguente:

$$U_{TP}(T_F) = I_B(T_F) * \frac{1}{H_F} * Z_T(U_T) * B_F$$

Dove:

- $I_b(T_f)$: corrente (percorso mano sinistra-piedi), che determina una probabilità di fibrillazione ventricolare $\leq 5\%$;
- $Z_t(U_t)$: impedenza del corpo umano (percorso mano-mano, superfici di contatto estese in condizioni di asciutto) con probabilità $\leq 50\%$ della popolazione di essere superata;
- B_f : fattore corporeo che determina il valore di $Z_t(U_t)$ in relazione al diverso percorso della corrente (0,75 percorso mano-piedi, 0,5 percorso mani-piedi);
- H_f : fattore di percorso, per alcuni percorsi della corrente (1,0 mano sinistra sinistra-piede(i) piede(i), 0,4 mano sinistra-mano destra, 0,8 mano destra-piede(i), 0,04 piede destro-piede sinistro);

La curva di sicurezza delle tensioni di contatto ammissibili U_{TP} per correnti di durata limitata, in funzione del tempo di eliminazione del guasto T_f è mostrata nel grafico sottostante:



- La norma prevede che per guasti con durata notevolmente superiore a 10s si può usare una U_{tp} pari a 80V. Inoltre, la stessa norma, in materia di tensione di passo ammissibile U_{sp}, stabilisce che se un impianto è idoneo alla verifica U_{tp}, sarà idoneo anche per U_{sp}.

L'impianto disperdente di terra deve essere dimensionato e costruito in modo tale da garantire tensioni di contatto in tutti i punti dell'impianto dovute ad un guasto a terra non superiori i valori della tensione di contatto ammissibile U_{tp} in relazione alla durata del guasto.

Per la determinazione della resistenza di terra R_e è necessaria la conoscenza della corrente di terra I_e. Si considera che la tensione di terra U_e risulti sempre minore o uguale alla tensione di contatto ammissibile.

Quindi, se:

$$U_e \leq U_{tp}$$

ed essendo:

$$U_e = R_e * I_e$$

Allora:

$$R_e < U_{tp} / I_e$$

Se non è noto il valore della corrente di terra si fa riferimento al valore della corrente convenzionale di guasto a terra I_{fc}.

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 22
--	---	---------------

3.4. Protezione delle condutture elettriche

I conduttori che costituiscono gli impianti dovranno essere protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi o da corto circuiti. La protezione contro i sovraccarichi dovrà essere effettuata in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8/1 ÷ 7.

In particolare i conduttori dovranno essere scelti in modo che la loro portata (I_z) sia superiore o almeno uguale alla corrente di impiego (I_b) (valore di corrente calcolato in funzione della massima potenza da trasmettere in regime permanente). Gli interruttori automatici magnetotermici da installare a loro protezione dovranno avere una corrente nominale (I_n) compresa fra la corrente di impiego del conduttore (I_b) e la sua portata nominale (I_z) ed una corrente convenzionale di intervento (I_f) minore o uguale a 1,45 volte la portata (I_z).

In tutti i casi dovranno essere soddisfatte le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \text{ ed } I_f \leq 1,45 * I_z$$

Gli interruttori automatici magnetotermici dovranno interrompere le correnti di corto circuito che possano verificarsi nell'impianto in tempi sufficientemente brevi per garantire che nel conduttore protetto non si raggiungano temperature pericolose secondo la relazione:

$$I_{cc}^2 * t \leq K^2 * S^2$$

Dove:

- I_{cc} è la corrente di cortocircuito
- t è il tempo di intervento dell'interruttore
- K è un coefficiente che dipende dal tipo di isolamento del cavo
- S è la sezione del cavo

3.5. Protezione da sovratensioni per fulminazione indiretta e di manovra

Al fine di proteggere l'impianto e le apparecchiature elettriche ed elettroniche ad esso collegate, contro le sovratensioni di origine atmosferica (fulminazione indiretta) e le sovratensioni transitorie di manovra e limitare scatti intempestivi degli interruttori differenziali, all'inizio dell'impianto dovrà essere installato un limitatore di sovratensioni denominato SPD (Surge Protection Device) in conformità alla normativa tecnica vigente.

Per la protezione di particolari utenze molto sensibili alle sovratensioni, quali ad esempio computer video terminali, centraline elettroniche in genere e dispositivi elettronici a memoria programmabile, le prese di corrente dedicate alla loro inserzione nell'impianto dovranno essere alimentate attraverso un dispositivo limitatore di sovratensione in aggiunta al dispositivo di cui al punto sopra.

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 23
--	---	---------------

4. NORME E SPECIFICHE TECNICHE

Le opere in argomento sopra esposte, se non diversamente precisato nelle Prescrizioni o nelle Specifiche Tecniche del Gestore di rete in esse richiamate, saranno in ogni modo progettate, costruite e collaudate in osservanza di norme CEI, IEC, CENELEC, ISO, UNI in vigore al momento della accettazione, con particolare attenzione a quanto previsto in materia di compatibilità elettromagnetica.

Vengono di seguito elencati come esempio, alcuni riferimenti normativi relativi ad apparecchiature e componenti d'impianto.

- Norma **CEI 0-21** Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- Norma **CEI 0-16** Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- Norma **CEI 64-08** impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- Norma **CEI 11-27** "Lavori su impianti elettrici";
- Norma **CEI EN 61936-1** "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. - Prescrizioni comuni";
- Norma **CEI EN 50522** "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.";
- Norma **CEI EN 50341-2-13** "Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1 kV in c.a. - Aspetti Normativi Nazionali (NNA) per l'Italia";
- Norma **CEI 11-17; V1** "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo";
- Norma **CEI EN 62271-100** "Interruttori a corrente alternata ad alta tensione";
- Norma **CEI EN 62271-102** "Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione";
- Norma **CEI EN 60896-22** "Batterie stazionarie al piombo - Tipi regolate con valvole - Prescrizioni";
- Norma **CEI EN 60332-1-1** "Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni d'incendio - Prova per la propagazione verticale della fiamma su un singolo conduttore o cavo isolato - Apparecchiatura";
- Norma **CEI 20-37-0** "Metodi di prova comuni per cavi in condizione di incendio - Prove sui gas emessi durante la combustione dei materiali prelevati dai cavi - Generalità e scopo";

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 24
--	---	---------------

- Norma **CEI EN 61009-1** "Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari";
- Norma **CEI EN 60358-1** "Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi - Norme generali";
- Norma **CEI 36-12** "Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V";
- Norma **CEI EN 61869-1** "Trasformatori di misura - Prescrizioni generali";
- Norma **CEI EN 61869-2** "Trasformatori di misura - Prescrizioni aggiuntive per trasformatori di corrente";
- Norma **CEI EN 61896-3** "Trasformatori di misura - Prescrizioni aggiuntive per trasformatori di tensione induttivi";
- Norma **CEI EN 61896-5** "Trasformatori di misura - Prescrizioni aggiuntive per trasformatori di tensione capacitivi";
- Norma **CEI 57-2** "Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata";
- Norma **CEI 57-3; V1** "Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate";
- Norma **CEI 64-2** "Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione";
- Norma **CEI 64-8; V5** "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua";
- Norma **CEI 79-2; V2** "Impianti antieffrazione, antintrusione, antifurto e antiaggressione - Norme particolari per le apparecchiature";
- Norma **CEI 79-3** "Impianti antieffrazione, antintrusione, antifurto e antiaggressione - Norme particolari per gli impianti";
- Norma **CEI EN 60839-11-1** "Sistemi di allarme e di sicurezza elettronica - Sistemi elettronici di controllo d'accesso - Requisiti per il sistema e i componenti";
- Norma **CEI EN 60335-2-103** "Norme particolari per attuatori per cancelli, porte e finestre motorizzati";
- Norma **CEI EN 60076-1** "Trasformatori di potenza";
- Norma **CEI EN 60076-2** "Trasformatori di potenza - Sovratemperature in trasformatori immersi in liquidi";
- Norma **CEI EN 60137** "Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1 kV";
- Norma **CEI EN IEC 60721-3-3** "Classificazioni delle condizioni ambientali";
- Norma **CEI EN IEC 60721-3-4** "Classificazioni delle condizioni ambientali";
- Norma **CEI EN IEC 60068-3-3** "Prove climatiche e meccaniche fondamentali Parte 3: Guida - Metodi di prova sismica per apparecchiature";

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 25
--	---	---------------

- Norma **CEI EN 60099-4** "Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata";
- Norma **CEI EN 60099-5** "Scaricatori – Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione";
- Norma **CEI EN 50110-1 e 2** "Esercizio degli impianti elettrici";
- Norma **CEI 7-6** "Norme per il controllo della zincatura a caldo per immersione su elementi di materiale ferroso destinati a linee e impianti elettrici";
- Norma **UNI EN ISO 2178** "Misurazione dello spessore del rivestimento";
- Norma **UNI EN ISO 2064** "Rivestimenti metallici ed altri rivestimenti inorganici. Definizioni e convenzioni relative alla misura dello spessore";
- Norma **CEI EN 60507** "Prove di contaminazione artificiale degli isolatori per alta tensione in sistemi a corrente alternata";
- Norma **CEI EN 62271-1** "Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione";
- Norma **CEI EN 60947-7-2** "Morsetti componibili per conduttori di protezione in rame";
- Norma **CEI EN 60529** "Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)";
- Norma **CEI EN 60168** "Prove di isolatori per interno ed esterno di ceramica e di vetro per impianti con tensione nominale superiore a 1000 V";
- Norma **CEI EN 60383-1** "Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 1 Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata";
- Norma **CEI EN 60383-2** "Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 2 Catene di isolatori e equipaggiamenti completi per reti in corrente alternata";
- Norme **CEI EN 61284** "Linee aeree – Prescrizioni e prove per la morsetteria";
- Norme **UNI EN 54-1** "Componenti di sistemi di rilevazione automatica di incendio";
- Norme **UNI 9795** "Sistemi automatici di rilevazione e di segnalazione manuale d'incendio";
- Norma **CEI EN 61000-6-2** "Immunità per gli ambienti industriali";
- Norma **CEI EN 61000-6-4** "Emissione per gli ambienti industriali";
- Norma **CEI EN 50182** "Conduttori per linee aeree - Conduttori a fili circolari cordati in strati concentrici";
- Norma **CEI EN 61284** "Linee aeree - Prescrizioni e prove per la morsetteria";
- Norma **CEI EN 60383-1; V1** "Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata - Definizioni, metodi di prova e criteri di accettazione";
- Norma **CEI EN 60305** "Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V - Elementi di isolatori di vetro e di ceramica per sistemi in corrente alternata - Caratteristiche

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 26
--	---	---------------

degli elementi di isolatori a cappa e perno - Caratteristiche di elementi di catene di isolatori a cappa e perno”;

- Norma **CEI 11-60** “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne”;
 - Norma **CEI 211-4** “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
 - Norma **CEI 211-6**, “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana”;
 - Norma **CEI 103-6** “Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell’induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto”;
 - Norma **CEI 106-11** “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Linee elettriche aeree e in cavo”;
 - Codice di rete emesso da Terna.
-

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 27
--	---	---------------

5. OPERE CIVILI

Vengono descritti di seguito i lavori civili necessari alla realizzazione dell'opera.

5.1. Preparazione del sito

Il terreno che ospiterà le opere di progetto verrà preparato in modo tale da permettere l'installazione delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici e di tutte le apparecchiature necessarie all'esercizio dell'impianto. Nello specifico verrà effettuato scotico del terreno superficiale con successiva rippatura e livellamento.

5.2. Strade e recinzione

Contestualmente ai lavori di preparazione del sito verrà realizzata la viabilità interna e perimetrale del sito. Le strade saranno della larghezza di 6 metri e il fondo stradale verrà realizzato con ghiaietto e misto stabilizzato. Sempre in questa fase saranno installati la recinzione perimetrale e i cancelli di accesso al sito.

5.3. Infissione dei tracker

I tracker verranno infissi a terra per mezzo di macchine battipalo, non si prevedono opere di fondazione per il sostegno degli stessi. Rispetto alle tradizionali fondazioni in cemento armato tale sistema risulta essere meno invasivo e permette una maggiore facilità di rimozione al momento della dismissione dell'impianto.

5.4. Scavi per fondazioni, posa cavi di impianto e rete di terra

A valle delle operazioni di preparazione del sito sarà possibile iniziare gli scavi per le fondazioni delle apparecchiature, per il passaggio dei cavi BT/AT e per la posa della rete di terra.

Come descritto precedentemente, a servizio dell'impianto Agrivoltaico sono previste apparecchiature preassemblate e cabine prefabbricate. All'interno del campo sarà quindi necessario prevedere il fissaggio delle suddette apparecchiature elettriche a basamenti in calcestruzzo armato. Gli scavi previsti saranno della profondità di circa 40 cm per le platee delle power station e degli storage container. Per la cabina di raccolta invece si prevede uno scavo di 75 cm, all'interno del quale verrà alloggiata la vasca prefabbricata a corredo della cabina stessa, a sua volta la vasca poggerà su uno strato di magrone dello spessore di 10 cm.

Per la posa dei cavi BT e AT di impianto saranno previste differenti sezioni di scavo, in funzione del numero di cavi interessati dalla singola sezione. La sezione tipo, partendo dal fondo dello scavo a risalire fino a livello campagna, prevede quanto descritto di seguito:

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 28
--	---	---------------

- Strato in sabbia vagliata all'interno del quale saranno posati i cavi elettrici, contenuti all'interno di tubi corrugati o a diretto contatto con la sabbia stessa
- Per i cavi AT, qualora questi vengano posati a diretto contatto con la sabbia vagliata, sarà predisposta opportuna protezione meccanica (tegolo di protezione)
- Strato di terreno di riporto all'interno del quale verrà annegato del nastro monitore a identificare la presenza dei cavi
- Strato di misto stabilizzato fino a livello campagna

La larghezza dello scavo è funzione del numero di cavi interessati dal singolo tratto.

5.5. Scavi e posa cavidotto di collegamento

La larghezza dello scavo è di circa 1,45 m, mentre la quota di posa delle terne di cavi sarà pari a circa 1,50 metri di profondità per la terna inferiore e 1,20 m per la terna superiore. La distanza tra l'asse delle terne, disposte a trifoglio, sarà pari a 40 cm. Nel medesimo scavo verrà posata la fibra ottica armata, al fine di garantire la comunicazione tra il sistema di protezione dell'impianto Agrivoltaico e il sistema di protezione installato nel fabbricato 36kV di Terna.

Le terne saranno posate in un letto di sabbia e lo scavo sarà ricoperto con terreno vegetale di riporto.

Oltre alla segnalazione in superficie della presenza del cavidotto mediante opportuni ceppi di segnalazione, verrà anche posizionato un nastro monitore al di sopra dei cavi al fine di segnalarne preventivamente la presenza in caso di esecuzione di scavi.

I cavi saranno ulteriormente protetti tramite la posa di tegoli di protezione.

In corrispondenza di ogni giunto verrà realizzato un pozzetto di ispezione.

Per tutta la lunghezza del tracciato, lo scavo ospiterà 5 terne AT, di cui 4 da 630 mmq relative all'impianto in progetto e 1 terna relativa ad un impianto limitrofo.

Si riportano di seguito, a titolo di esempio, due sezioni di scavo tipo rappresentative di quanto descritto precedentemente. La prima sezione è relativa al tratto a monte della giunzione a Y descritta nel paragrafo precedente, la seconda a valle.

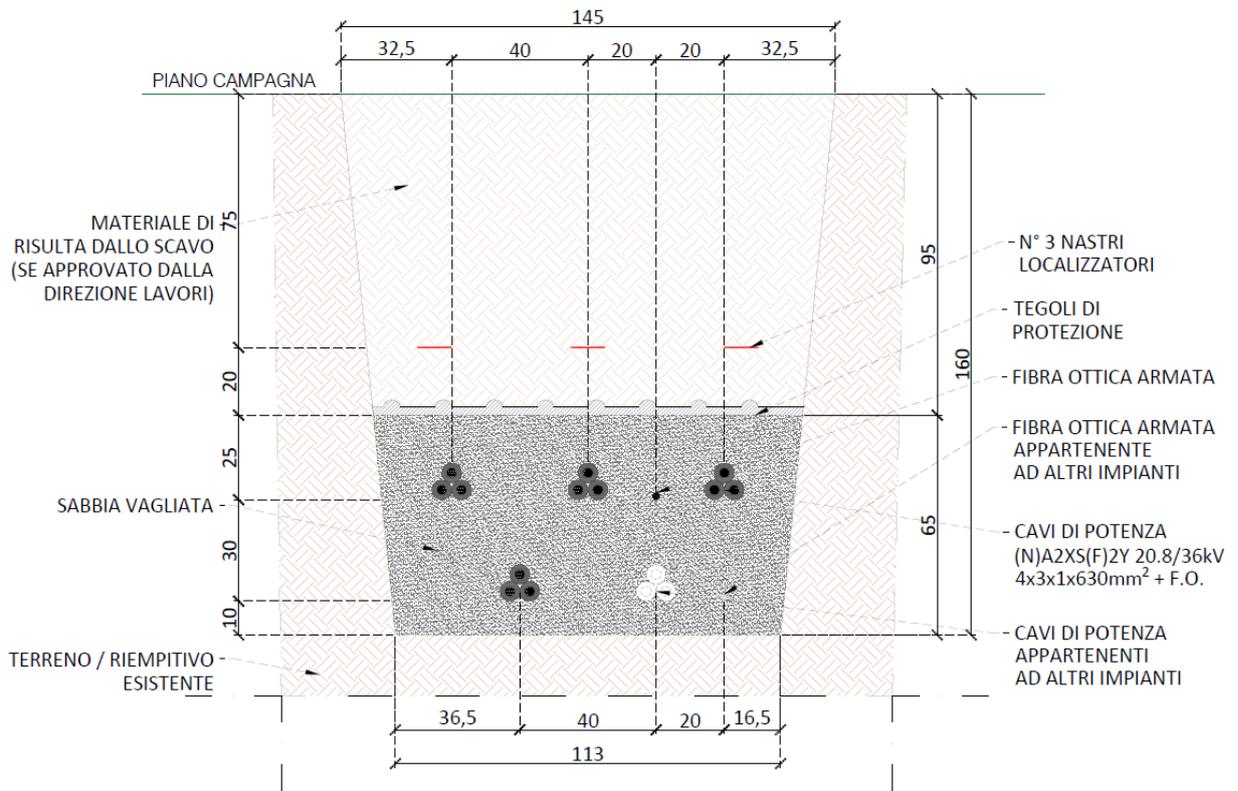


Figura 16: Sezione tipica di scavo tratto in condivisione con altri cavidotti

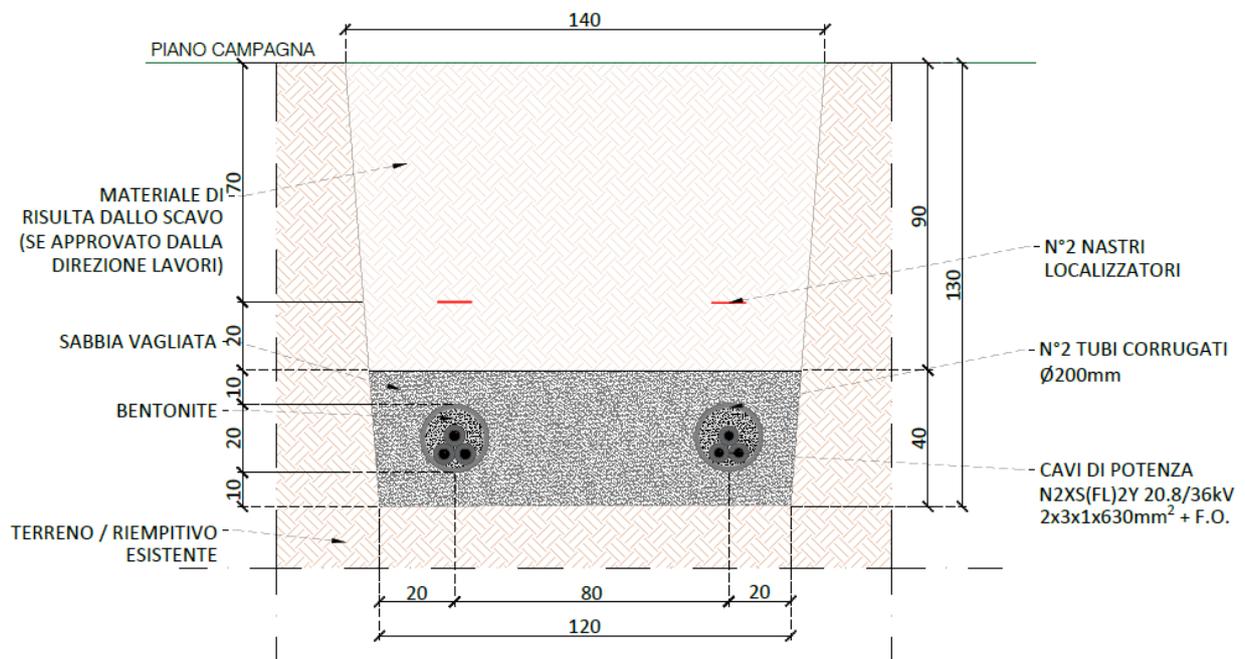


Figura 17: Sezione tipica di scavo tratto terminale per collegamento in stazione elettrica

Progetto: Fattoria Solare "Soliu" EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Disciplinare Tecnico	Pagina: 30
--	---	---------------

Le fasi lavorative necessarie alla realizzazione degli elettrodotti in cavo interrato sono:

- scavo in trincea;
- posa cavi;
- rinterri trincea;
- esecuzione giunzioni e terminali;
- rinterro buche di giunzione.

Lo scavo della trincea avverrà tramite escavatore a benna stretta con tratti pari all'incirca alla pezzatura dei cavi da posare. Agli estremi di queste tratte verranno realizzate le buche per i giunti, mentre il terreno scavato verrà posato, durante la fase di posa dei cavi, al fianco dello scavo stesso. Una volta completata la posa, il medesimo terreno verrà riutilizzato per ricoprire lo scavo.

Lo scavo, per tutto il periodo nel quale sarà aperto, verrà opportunamente delimitato da recinzione. Una volta creato il letto di posa verranno posizionati i rulli sui quali far scorrere il cavo, mentre alle estremità verranno posti un argano per il tiro e le bobine. Una volta realizzati i giunti, all'interno delle apposite buche, ospitanti le selle di supporto protette da cassonetti di muratura, le buche stesse verranno riempite con sabbia vagliata e materiale di riporto.

5.6. Sistema di videosorveglianza

Il sito sarà dotato di un sistema di sicurezza e antintrusione con lo scopo di preservare l'integrità dell'impianto contro atti criminosi mediante deterrenza e monitoraggio delle aree interessate. Il sistema di sorveglianza/deterrenza potrà utilizzare sia sistemi di antintrusione perimetrale cablati in fibra ottica sulla recinzione e sia sistemi di rilevazione video mediante telecamere digitali a doppia tecnologia ad alta risoluzione che consentiranno di monitorare in tempo reale il perimetro e le aree di maggior interesse impiantistico. I sistemi video saranno posti sui pali di illuminazione che si trovano lungo il perimetro. Il sistema di video sorveglianza avrà il compito di garantire al servizio di vigilanza locale gli strumenti necessari per effettuare un'analisi immediata degli eventi a seguito di allarme generato dal sistema perimetrale e per eventuali azioni da intraprendere.