

REGIONE TOSCANA

PROVINCIA DI LIVORNO

COMUNE DI PIOMBINO

**OGGETTO:**

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "PIOMBINO" DELLA POTENZA DI 32.062,80 kWp, IN LOCALITA' ALTURETTA E PADULETTO DEL COMUNE DI PIOMBINO (LI) E DELLE RELATIVE OPERE PER LA CONNESSIONE ALLA RETE RTN.

**PROPONENTE:**

ORTA ENERGY 14 Srl  
Viale Luigi Sturzo n. 43  
20154 Milano (MI)  
P.IVA 11898340960

**PROGETTISTA:**

Ing. ALBERTO VILLA  
VIA GIORGIO STEPHENSON N.29  
20157 MILANO  
iscritto all'Ordine degli Ingegneri  
della prov. Como al n. 2482 sez. A

**SVILUPPATORE:**

HQ ENGINEERING ITALIA SRL  
VIA G. STEPHENSON N.29  
20157 MILANO  
P.IVA 06997160962  
Tel. 02 29062210

**PROFESSIONISTI:**

Dott. Fausto Grandi (Agronomo)  
Dott. Ing. Camillo Genesi (Soc. GF Projects Innovation Engineering S.r.l.s. - Ingegneria opere di rete)  
Dott.ssa Gloriana Pace (Archeologo PhD)  
Dott. Geologo Luca Finucci (Geologo)  
Marco Gianfreda (Tecnico Competente in Acustica)  
Dott. Ing. Matteo Tirelli Csillag (Ingegnere opere elettriche e di rete)

**ELABORATO:**

## RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA IMPIANTI ELETTRICI

Elaborato N.	Codice	NOME FILE	DATA	SCALA	
REL.09_REL.ELET	LI01	REL.09_Relazione_Tecnica_descrittiva_Impianti_elettrici	08/01/2024		
REVISIONI					
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	08/01/2024	PRESENTAZIONE VIA	LN	EB	AV

**Comune di Piombino**

**Provincia di Livorno**

**Regione Toscana**

# **Impianto Agrivoltaico “Piombino”**

della potenza di 32.062,80 kW in DC

## **PROGETTO DEFINITIVO**

### **Relazione Tecnica Impianti elettrici**

Dott. Ing. Matteo Tirelli Csillag

Soc. HQ Engineering Italia S.r.l

Dott. Ing. Camillo Genesi

Soc. GF Project Innovation Engineering S.r.l.



## Sommario

1	PREMESSA.....	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	7
3	QUADRO PROGETTUALE .....	8
3.1	DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO.....	8
3.2	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO.....	10
4	CONSISTENZA E TIPOLOGIA DELL'IMPIANTO ELETTRICO .....	12
4.1	DESTINAZIONE DEI LOCALI .....	14
4.2	CLASSIFICAZIONE DEI LOCALI .....	14
5	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO E SCELTA DEI MATERIALI.....	14
5.1	LAYOUT DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	15
5.1.1	MODULI FOTOVOLTAICI.....	18
5.1.2	COMPOSIZIONE DI UNA STRINGA.....	19
5.1.3	COMPOSIZIONE DI UN SOTTO-CAMPO.....	19
5.2	CAVI DI CABLAGGIO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....	20
5.3	QUADRI DI CAMPO.....	22
5.4	SKID.....	24
5.4.1	PARALLELO LATO D.C. ....	25
5.4.2	INVERTER.....	25
5.4.3	TRASFORMATORE M.T./B.T. ....	27
5.4.4	SEZIONATORI M.T. ....	29
6	CAVIDOTTI MT INTERNI AL CAMPO FOTOVOLTAICO .....	31
7	CABINA DI RACCOLTA .....	32
8	SISTEMA DI DISPERSIONE CORRENTI DI TERRA.....	34
9	CARATTERISTICHE GENERALI DI PROGETTO.....	34
9.1	CRITERI PROGETTUALI.....	34

10	DIMENSIONAMENTO DELLE PROTEZIONI DELLE CONDUTTURE DAL SOVRACCARICO E DAL CORTO CIRCUITO.....	35
10.1	CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE .....	36
10.2	CALCOLO DELLA PORTATA CAVI.....	37
10.3	CALCOLI DELLE CORRENTI DI CORTOCIRCUITO.....	38
10.4	DESCRIZIONE MISURE DI SICUREZZA PER LE PERSONE E COSE .....	40
10.4.1	PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI .....	40
10.4.2	PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI.....	40
11	DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA.....	43
11.1	Sottostazione Utente di trasformazione MT/AT .....	43
11.2	Campo Fotovoltaico .....	44
11.2.1	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DISPERDENTE .....	44
11.2.2	DIMENSIONAMENTO DEL CONDUTTORE DI PROTEZIONE .....	48
11.2.3	COLLEGAMENTI EQUIPOTENZIALI.....	49
11.2.4	CAMPO FOTOVOLTAICO .....	50
11.2.5	PROTEZIONE DA SCARICHE AMBIENTALI.....	50
12	LIMITATORI DI SOVRATENSIONE .....	51
13	PROTEZIONE DI INTERACCIA.....	52
14	CAVIDOTTO MT DI COLLEGAMENTO ALLA SSEU .....	52
15	CONNESSIONE DELL'IMPIANTO ALLA RTN DI TERNA SpA .....	57
15.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	57
15.2	CONNESSIONE ALLA RTN IN AT @132 kV .....	59
15.3	SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE UTENTE.....	60
15.4	IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE.....	60
15.5	DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELL'SSEU .....	61
15.6	PRINCIPALI APPARECCHIATURE AT .....	61
15.6.1	TRASFORMATORE DI POTENZA.....	64

15.6.2	INTERRUTTORE 145 kV.....	64
15.6.3	SEZIONATORE ORIZZONTALE 145-170 kV CON LAME DI TERRA .....	65
15.6.4	TRASFORMATORE DI TENSIONE CAPACITIVI .....	65
15.6.5	TRASFORMATORE DI TENSIONE INDUTTIVI.....	65
15.6.6	SOSTEGNI, ISOLATORI, MORSETTI, CONNESSIONI.....	66
15.7	RETE DI TERRA .....	66
15.8	FABBRICATI.....	67
15.8.1	CABINA DI STAZIONE.....	67
15.9	SISTEMA DI PROTEZIONE E CONTROLLO.....	68
15.10	VARIE.....	68
15.11	LIVELLI DI CORTO CIRCUITO.....	69
15.12	RUMORE .....	70
15.13	EFFETTO CORONA E COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA.....	70
15.14	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO .....	70
15.15	DM 15 LUGLIO 2014 – APPROVAZIONE DELLA REGOLA TECNICA DI PREVENZIONE INCENDI PER LA PROGETTAZIONE, L'INSTALLAZIONE DELLE MACCHINE ELETTRICHE FISSE CON PRESENZA DI LIQUIDI ISOLANTI COMBUSTIBILI IN QUALITA' SUPERIORE AD 1 MC.....	71
16	SCelta DEI MATERIALI.....	72
17	PRESCRIZIONI SPECIFICHE DI SICUREZZA E DI MANUTENZIONE .....	73
17.1	DOTAZIONI DI SICUREZZA E MEZZI DI ESTINZIONE.....	74
17.2	TARGHE E AVVISI .....	74
17.3	SISTEMI DI SICUREZZA DEL GRUPPO DI GENERAZIONE .....	75
17.4	MANUTENZIONE.....	75

## 1 PREMESSA

La presente relazione interessa la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare correlata alla coltivazione dei terreni, da realizzarsi nel Comune di Piombino (LI).

Il progetto dell'impianto agrivoltaico "PIOMBINO", ubicato nelle località Alturetta e Paduletto nel Comune di Piombino (LI) e delle relative opere di connessione ricadenti nel medesimo Comune, ha come obiettivo la realizzazione di una centrale fotovoltaica implementata alla produzione agricola.

L'impianto avrà una potenza nominale in immissione AC di 27.390 kW, a fronte di una potenza in DC di 32.062,80 kWp del generatore fotovoltaico (totale dei moduli fotovoltaici, nelle condizioni STC).

Si veda lo schema elettrico unifilare allegato per maggiori dettagli.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto solare fotovoltaico con strutture ad inseguimento monoassiale, della potenza in DC di 32.062,80 kWp, composto da 48.580 moduli bifacciali della potenza di 660W cadauno, che verrà collegato in antenna, alla Stazione Elettrica della RTN di Terna SpA a 132 kV denominata "Populonia" o ad un suo possibile ampliamento, sempre nel Comune di Piombino, previo raccordo in entra-esce dalla linea "Colmata-Suvereto" all'ampliamento della suddetta SE e l'intervento 349-P del Piano di Sviluppo Terna.

In merito al raccordo in entra-esce dalla linea "Colmata – Suvereto" nelle tavole in allegato "TAV.13\_PROG. - Layout SSEU di Trasformazione", si è identificato un possibile tracciato di lunghezza di circa 1,3 km in corso di progettazione all'interno del tavolo tecnico che vede come capofila della progettazione la società San Nicola srl, proponente di un impianto eolico localizzato nell'area di Piombino e Campiglia Marittima. La documentazione progettuale inerente al raccordo sarà quindi integrata a seguito dell'approvazione ("benestare") da parte di Terna.

Nel documento vengono fornite le indicazioni per le parti elettriche, necessarie alla realizzazione dell'impianto in oggetto, costituito da:

- pannelli fotovoltaici,
- strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici di tipo ad inseguimento,
- opere civili, accessorie ed elettriche,
- inverter, cavi in corrente continua, quadri di campo (string box),
- trasformatori elevatori,
- quadri /celle di media tensione, linee in MT
- Sottostazione Utente di trasformazione

I pannelli fotovoltaici saranno collegati tra loro per formare stringhe da 28 pannelli, fissati alle strutture ad inseguimento monoassiale; i cavidotti interrati per linee in bassa tensione (DC), con livello massimo di tensione pari a 1,5 kV, da prevedersi tra le stringhe di pannelli e i quadri di stringa (String Box) e tra i quadri di stringa e gli inverter, inseriti all'interno degli SKID. Gli SKID, ne è previsto uno per ciascuno dei 6 sottocampi in cui si è ipotizzato di suddividere il generatore fotovoltaico, contengono al loro interno gli inverter, il trasformatore, per innalzare la tensione da 690V (BT), tensione caratteristica in uscita dagli inverter alla tensione di 30 kV (MT), livello di tensione previsto per la distribuzione dell'energia tra gli SKID e la cabina di raccolta, sistemata in prossimità del cancello di accesso al sottocampo 2 sul lato nord-est del campo. All'interno degli SKID sono alloggiati anche le celle di Media Tensione tipo da esterno; dalle celle MT verranno derivate le linee MT di raccordo con la cabina di raccolta.

Dalla cabina di raccolta, sempre con linee in MT a 30kV, è previsto il collegamento alla Sottostazione Utente MT/AT, necessaria a collegare l'impianto in studio alla Stazione Elettrica di Terna, denominata Populonia, ad una tensione di 132kV.

L'impianto verrà dunque allacciato alla SE RTN di Populonia, attraverso una nuova linea MT, entro condotta interrata, con sviluppo prevalente su viabilità pubblica, ad eccezione del tratto in corrispondenza del Fiume Cornia, della SS398 e di un tratto che verrà realizzato su terreno agricolo, per tramite di una nuova SSUE di trasformazione, posizionata in prossimità della SE di Populonia. Lo stallo di trasformazione "utente" (SSU) verrà quindi connesso alla rete elettrica nazionale con lo schema di inserimento IS2 (inserimento in stazione adiacente) mediante cavidotto interrato in AT da 240 mm<sup>2</sup> con una lunghezza di circa 800 m, alla Stazione Elettrica di Populonia di TERNA a 132kV che sarà opportunamente equipaggiata al fine di ricevere l'arrivo linea utente.

Il tutto è meglio specificato negli elaborati grafici.

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La realizzazione di tutte le componenti d'impianto, nel loro complesso, avverrà nel pieno rispetto delle leggi e normative tecniche vigenti la cui conoscenza e applicazione sarà data per nota ed accettata dalla Ditta esecutrice degli impianti medesimi.

E' altresì chiaro che la/e Ditta/e realizzatrice sarà tenuta al rispetto ed all'applicazione di eventuali nuove normative o disposizioni di legge che dovessero essere emanate nel corso dei lavori e la cui applicazione sia espressamente richiesta per i lavori in questione, nonché alla realizzazione di eventuali modifiche o sistemazioni degli impianti realizzati sino alla piena loro collaudabilità da parte degli Enti preposti.

Oltre a quanto contenuto nella presente relazione dovranno essere rispettate tutte le Leggi, Norme, Regolamenti e disposizioni vigenti nel merito ed in particolare le norme, riguardanti gli impianti, emanate da Terna SpA, I.S.P.E.S.L., CEI, UNI, UNEL

Si dovranno inoltre applicare, per quanto compatibili con le norme sopra elencate, i documenti tecnici delle società di distribuzione di energia elettrica riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica. Dovranno inoltre essere rispettati gli obblighi derivanti dal recepimento delle Direttive Europee (marchio CE) per quanto in vigore



al momento della consegna dell'apparecchiatura. La rispondenza delle norme sopra citate sarà intesa nel senso più restrittivo e cioè non solo relativamente all'esecuzione dell'impianto, bensì ad ogni singolo componente dell'impianto stesso.

### 3 QUADRO PROGETTUALE

Nel seguito verranno descritte le principali parti che compongono il generatore fotovoltaico e di tutti i sistemi previsti per la raccolta dell'energia e il successivo convogliamento alla Sottostazione utente prevista per elevare la tensione dell'energia prodotta prima dell'immissione sulla RTN di Terna.

Nel capitolo verrà invece descritta in maniera estesa la Stazione di Trasformazione Utente e la modalità di connessione alla SE di Terna, denominata "Populonia".

#### 3.1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO

L'intervento proposto consiste sostanzialmente nella realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra di potenza pari a 32.062,80 kW di picco e nell'allacciamento della centrale fotovoltaica alla rete di trasmissione nazionale di Terna SpA in alta tensione (132 kV) con punto di connessione in cessione totale.

Il sistema prevede la cessione totale dell'energia in rete, con prelievi relativi esclusivamente ai servizi ausiliari di impianto.

La tecnologia scelta per l'impianto in oggetto, prevede una produzione elettrica annua stimata intorno agli 53.647,47 MWh ed un risparmio di energia primaria di origine fossile e di emissioni di CO<sub>2</sub> pari 532.378,10 tonnellate in 30 anni di vita utile. L'impatto ambientale globale che ne consegue risulta essere dunque decisamente positivo.

Volendo ottimizzare al meglio l'utilizzo della superficie occupata, è stato previsto un sistema di movimentazione mono-assiale; tale sistema permette di massimizzare l'irraggiamento solare ai moduli e quindi la loro distribuzione, al fine di ottimizzare la resa anche nelle stagioni invernali.

PARTICOLARE SEZIONE STRUTTURA TRACKER

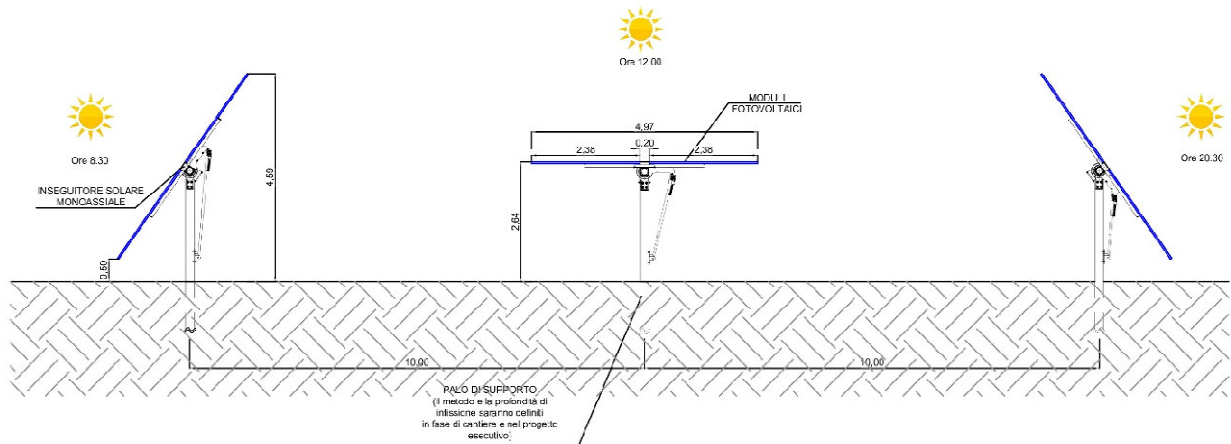


Fig. 1 Sezione inseguitore mono-assiale

È prevista l'installazione dei pannelli sui terreni oggetto dell'intervento, con esposizione N-S (azimut 0°). L'inclinazione dei moduli (tilt) è variabile, mediante una rotazione meccanica intorno all'asse orizzontale, tra la "posizione zero" (pannelli paralleli al terreno), e la posizione con inclinazione di 55°.

Per approfondimenti si faccia riferimento agli allegati grafici relativi al sistema di inseguimento solare.

I pannelli e le attrezzature saranno certificati da Enti Certificatori qualificati e conformi alle normative europee e nazionali di standard di qualità vigenti.

L'impianto fotovoltaico sarà costituito da 48.580 pannelli con potenzialità di 660 Wp, installati su trackers ad inseguimento monoassiale, suddivisi in stringhe aventi ognuna 28 pannelli in serie, occupando nel suo complesso circa 150.600 mq. Il sistema di generazione elettrica sarà costituito complessivamente da 12 inverter trifase aventi tensione massima lato DC pari a 1500V, tensione

nominale lato AC pari a 690V e potenza elettrica nominale di 2300 kVA @35°C, come da scheda tecnica inclusa nella presente relazione.

Sulla base della simulazione effettuata, tenendo conto dell'irraggiamento medio del sito, è stata valutata una producibilità annua di circa 1.673,00 kWh/kWp.

### 3.2 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

Come anticipato, valutando le superfici disponibili, si è proceduto al dimensionamento dell'impianto come riportato qui nel seguito, per una potenza totale installata di 32.062,80 kWp.

<b>Campo FV "PIOMBINO" – Dati tecnici</b>	<b>Totale</b>
<b>Numero inverter</b>	<b>12</b>
<b>Numero stringhe (da 28 pannelli)</b>	<b>1735</b>
<b>Numero moduli</b>	<b>48.580</b>
<b>Potenza DC (kWp)</b>	<b>32.062,80</b>
<b>Potenza AC immissione (kW)</b>	<b>27.390,00</b>

Tabella 1

Il sistema di generazione elettrica sarà costituito da 12 convertitori statici cc/ca (inverter fotovoltaico) trifase: a ciascuno dei 12 convertitori previsti faranno capo 7 string box o quadri di campo, che hanno il compito di raccogliere un certo numero di stringhe (20, 21, 22, 23, 24 stringhe da 28 pannelli fotovoltaici) per poi convogliare l'energia alla sezione DC degli inverter, attraverso linee di sezione adeguata. Tale scelta progettuale permette di ridurre il numero di cavi da posare. Gli inverter saranno alloggiati all'interno degli SKID, uno per ciascun sottocampo (totale n. 6 SKID)

È stata eseguita una simulazione tecnica, tenuto conto delle previsioni zonali, dell'irraggiamento medio, delle condizioni climatiche del sito, del rendimento degli inverter, dei criteri progettuali,

mirati all'ottenimento della massima efficienza e dell'assetto variabile dell'angolo di tilt consentito dal sistema ( $0^\circ \div 55^\circ$ ). Con la configurazione impiantistica ipotizzata, si prevede una produzione annua di energia stimata in 53.647,47 MWh.

Ulteriori considerazioni in merito alla valenza dell'iniziativa sono riportate nella relazione generale. Come già anticipato, si prevede di utilizzare delle strutture mobili ad "inseguimento" ovvero un sistema di movimentazione mono-assiale (vedere Fig. 1), che permette di massimizzare l'irraggiamento dei moduli, e quindi la loro distribuzione, al fine di ottimizzarne la resa durante l'intera giornata e per ogni giorno dell'anno

Le strutture saranno ancorate al terreno mediante sistema a pali infissi.

In virtù della geometria della struttura scelta (limitata estensione delle tavole costituite da pannelli e caratteristiche del telaio, previsto per l'installazione), al di sotto dei pannelli verrà garantito un sufficiente ricircolo naturale dell'aria, tale da rendere impossibile fenomeni di autocombustione dello strato vegetativo sottostante i moduli, in seguito all'innalzamento della temperatura superficiale; al contempo si garantirà una adeguata ventilazione al di sotto dei pannelli, assicurando una condizione di temperatura ottimale ai fini della loro efficienza e, in virtù della peculiarità del progetto agrivoltaico, la possibilità di coltivare specie arboree come meglio dettagliato nelle relazioni specialistiche. Il tipo di soluzione proposta, relativamente all'ancoraggio dei supporti al terreno prevede, anche durante le fasi di realizzazione, un impatto limitato, in quanto non si rendono necessarie operazioni di movimentazione di terreno.

La distribuzione delle stringhe di pannelli sugli inseguitori, sopra menzionati, sarà tale da assicurare i requisiti delle linee guida per la realizzazione di un impianto agrivoltaico; ci si riferisce in particolare al requisito 1 (superficie agricola coltivata superiore al 70% dell'aria disponibile) e al requisito 2 (superficie coperta dai pannelli inferiore al 40% LAOR).

## 4 CONSISTENZA E TIPOLOGIA DELL'IMPIANTO ELETTRICO

Per la realizzazione dell'impianto verranno utilizzati pannelli fotovoltaici standard da 660 W di picco di tipo bifacciale, con una efficienza di conversione pari a circa 21.2 %, circa.

In fase di esecuzione dell'impianto, durante la fornitura, dovrà essere assicurata una garanzia di vita media dei moduli di 25 anni, con un decadimento complessivo delle prestazioni elettriche contenuto entro il 20%, anche se la vita stimata dell'impianto supera, comunque, i trenta anni.

La produzione energetica annua stimata per l'impianto è di circa 53.65 GWh/anno con un beneficio ambientale di circa 17.746 t/anno, circa, di emissione di CO2 evitata.

Il sistema, realizzato secondo le normative vigenti, produrrà energia elettrica in Alta Tensione a 132 kV.

L'impianto è progettato in maniera modulare con 6 sotto-campi di potenza variabile, 5 della potenza di 5340,72 kW e uno della potenza di 5359,20 kW.

Sottocampo	Numero stringhe	Potenza
SOTTOCAMPO 1	290	5359,20 kW
SOTTOCAMPO 2	289	5340,72 kW
SOTTOCAMPO 3	289	5340,72 kW
SOTTOCAMPO 4	289	5340,72 kW
SOTTOCAMPO 5	289	5340,72 kW
SOTTOCAMPO 6	289	5340,72 kW

Come anticipato le strutture, su cui verranno installati i pannelli, saranno di tipo ad inseguimento solare di tipo monoassiale.

Gli inseguitori verranno disposti lungo la direttrice NORD-SUD e saranno distanziati in modo tale da evitare quanto più possibile il reciproco ombreggiamento durante la giornata. Il distanziamento tra inseguitori dovrà inoltre essere tale da garantire una larghezza dei corridoi tra una fila e quella

adiacente non inferiore a metri 5 ovvero tale da permettere, qualora necessario, il passaggio agevole delle macchine operatrici, che circoleranno nei corridoi tra file adiacenti, per le operazioni previste dalla specifica coltivazione.

La matrice di posa degli inseguitori solari vedrà dunque l'utilizzo di un interasse di 10m (pitch) ed uno spazio libero minimo di 0,5 metri, misurati lungo lo sviluppo longitudinale. Gli inseguitori avranno un moto di rotazione di +/-55° rispetto alla posizione orizzontale raggiungendo una altezza massima pari a 4,5 m circa e minima di circa 0.6 m (vedere Fig. 1 Sezione inseguitore mono-assiale). Gli inseguitori saranno realizzati in profili in acciaio zincato a caldo dopo la lavorazione ed ancorati al terreno attraverso l'infissione al suolo tramite battipalo di profili a "C" o tubolari per una idonea profondità di posa. Si stima, a titolo meramente indicativo, che la profondità di infissione dei pali di fondazione possa essere di circa 2-2,5m in funzione delle locali condizioni del terreno e della necessità di mantenere una buona planarità di posa dell'asse di rotazione della macchina.

Le dimensioni sopra riportate, così come la configurazione e lo sviluppo degli inseguitori saranno oggetto di indagine e definite in maniera compiuta nel momento in cui si affronterà la progettazione esecutiva.

Il campo fotovoltaico converte la radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. L'energia, prodotta dalle stringhe di pannelli di ciascun sottocampo, viene inviata, attraverso i quadri di campo (string box) agli inverter (ne sono previsti due per ciascun sottocampo), che provvedono a trasformare la corrente continua in corrente alternata trifase. L'energia viene quindi innalzata ad un livello di tensione superiore per mezzo di un trasformatore di potenza (BT/MT). Successivamente, attraverso un cavidotto interrato MT, l'energia viene trasportata in un'unica cabina di raccolta, avente dimensioni e capacità tali da raccogliere l'energia prodotta dal parco fotovoltaico. Da qui, si sviluppa una condotta interrata, sempre in MT che giungerà dopo un percorso di circa 7,2 km alla SSEU di trasformazione, posizionata nei pressi della stazione elettrica di proprietà di Terna SpA denominata "Stazione di Populonia". La proponente ha individuato un terreno adiacente alla Stazione, ove potrà essere collocata la Sottostazione Elettrica Utente di

elevazione MT/AT, da dove partirà l'ultimo tratto del tracciato di connessione in AT 132kV per giungere dopo circa 800 m, entro il limite di proprietà di Terna, alla sbarra di linea.

I trasformatori, gli inverter, i dispositivi di protezione e sezionamento e i gruppi di misura saranno alloggiati negli SKID e nella cabina di raccolta.

Il sistema in corrente continua dell'impianto sarà del tipo IT, realizzato isolato (flottante) e di categoria I.

Tale soluzione presenta il vantaggio che un accidentale contatto a terra non dà origine ad un cortocircuito e quindi non interrompe il servizio, pur generando una segnalazione di guasto; a tale scopo è necessario prevedere l'installazione di un controllore continuo di isolamento.

#### **4.1 DESTINAZIONE DEI LOCALI**

Il sito è adibito a centrale di produzione di energia elettrica da fonte solare, con alcuni locali di servizio.

#### **4.2 CLASSIFICAZIONE DEI LOCALI**

L'impianto della centrale è totalmente all'aperto, ad esclusione delle cabine e dei locali di servizio (locale di controllo, depositi ricambi...).

Tutti i locali sono classificati ambienti ordinari.

I locali cabina di raccolta e le unità SKID sono luoghi ordinari, il cui accesso è limitato alle persone autorizzate.

## **5 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO E SCELTA DEI MATERIALI**

L'impianto fotovoltaico di cui la presente progetto, come già detto, avrà una potenza nominale pari a 32.062,80kWp.

Per la realizzazione dell'impianto verranno utilizzati pannelli fotovoltaici standard da 660 W di picco di tipo bifacciale, con una efficienza di conversione pari a circa 21.2 %, circa.

I sottosistemi, realizzati secondo le normative vigenti, produrranno energia elettrica in Media Tensione a 30kV. L'energia prodotta dai diversi sottocampi verrà convogliata, con distribuzione in MT, entro il campo fotovoltaico, verso la cabina di raccolta. L'allaccio alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) è previsto in AT a 132kV e l'innalzamento di tensione avverrà in corrispondenza della SSEU, a ridosso della Stazione Elettrica di Terna SpA, denominata "Populonia" per il tramite degli opportuni dispositivi previsti dal Codice di Rete.

La tipologia costruttiva del sistema prevede l'utilizzo di componenti industriali standard, sia per quanto attiene i pannelli fotovoltaici, sia per tutte le restanti apparecchiature necessarie.

Un sistema di monitoraggio del sistema di generazione, comprendente anche sensori di grandezze ambientali/meteorologiche, fornirà adeguate informazioni sullo stato di funzionamento ed eventuali allarmi che potrebbero manifestarsi.

## 5.1 LAYOUT DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

La distribuzione dei pannelli e relativi inseguitori è stata valutata come descritto puntualmente nella relazione generale. Dal punto di vista elettrico la configurazione ipotizzata dovrà tenere conto di diversi fattori tra questi

- la sicurezza elettrica;
- le caratteristiche d'ingresso dell'inverter;
- il costo dei cablaggi;
- l'efficienza del sistema.

La configurazione dell'impianto fotovoltaico costituito da 48.580 pannelli, le cui caratteristiche sono riportate in allegato alla presente relazione, per una potenza nominale pari a 32.062,80kWp.

Dal punto di vista elettrico, il sistema sarà suddiviso in 1735 stringhe da 28 pannelli in serie, fissati alle strutture ad inseguimento solare.



A loro volta, dette stringhe si attesteranno sui quadri di campo (string box), in grado di ricevere fino a 24 stringhe, nella misura di 14 quadri (circa) per ogni sottocampo, per un totale di 84 string box. Ogni quadro di campo gestirà una potenza DC di circa 443,52 kWp massimo, funzione del numero di stringhe collegate.

Le linee elettriche in DC, in uscita da ciascuno dei 14 string box (numero di string box per ogni sottocampo), si attesteranno sulla morsettiere degli inverter da 2.3 MVA<sub>max</sub>, ciascuno dei quali presenta un numero massimo di 24 ingressi DC utilizzabili ed un solo MPPT.

Gli inverter, n. 2 per ogni sottocampo, saranno alloggiati nello SKID, che contiene anche i quadri di ricezione delle stringhe, i quadri/celle di media tensione e il trasformatore MT/BT.

Technical data and types				
Product Type designation	PVS980-58 2.0 MVA -1818kVA-I	PVS980-58 2.1 MVA -1909kVA-J	PVS980-58 2.2 MVA -2000kVA-K	PVS980-58 2.3 MVA -2091kVA-L
<b>Input (DC)</b>				
Maximum recommended PV power ( $P_{PV, max}$ ) <sup>31</sup>	2909 kWp	3056 kWp	3200 kWp	3346 kWp
Maximum DC current ( $I_{max(DC)}$ )	2400 A	2400 A	2400 A	2400 A
DC voltage range, mpp ( $U_{DC, mpp}$ ) at 35 °C	850 to 1500 V	893 to 1500 V	935 to 1500 V	978 to 1500 V
DC voltage range, mpp ( $U_{DC, mpp}$ ) at 50 °C	850 to 1100 V	893 to 1100 V	935 to 1100 V	978 to 1100 V
Maximum DC voltage ( $U_{max(DC)}$ )	1500 V	1500 V	1500 V	1500 V
Number of MPPT trackers	1	1	1	1
Number of protected DC inputs	8 <sup>2)</sup> to 24 (+/-)	8 <sup>2)</sup> to 24 (+/-)	8 <sup>2)</sup> to 24 (+/-)	8 <sup>2)</sup> to 24 (+/-)
<b>Output (AC)</b>				
Maximum power ( $S_{max(AC)}$ ) <sup>31</sup>	2000 kVA	2100 kVA	2200 kVA	2300 kVA
Nominal power ( $S_{N(AC)}$ ) <sup>31</sup>	1818 kVA	1909 kVA	2000 kVA	2091 kVA
Maximum AC current ( $I_{max(AC)}$ )	1925 A	1925 A	1925 A	1925 A
Nominal AC current ( $I_{N(AC)}$ )	1750 A	1750 A	1750 A	1750 A
Nominal output voltage ( $U_{N(AC)}$ ) <sup>31</sup>	600 V	630 V	660 V	690 V
Output frequency <sup>31</sup>	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Harmonic distortion, current <sup>31</sup>	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%
Distribution network type <sup>31</sup>	TN and IT	TN and IT	TN and IT	TN and IT
<b>Efficiency</b>				
Maximum <sup>31</sup>	98.8%	98.8%	98.8%	98.8%
Euro-eta <sup>31</sup>	98.6%	98.6%	98.6%	98.6%
CEC efficiency <sup>31</sup>	98.0%	98.5%	98.5%	98.5%
<b>Power consumption</b>				
Self consumption in normal operation	≤ 2500 W	≤ 2500 W	≤ 2500 W	≤ 2500 W
Standby operation consumption	235 W	235 W	235 W	235 W
Auxiliary voltage source <sup>32)</sup>	External, 1-phase	External, 1-phase	External, 1-phase	External, 1-phase

Fig. 2 Specifica tecnica Inverter

Gli inverter saranno collegati al trasformatore BT/MT (0,69/33 kV) della potenza di 4.6 MVA, circa. Il primario del trasformatore sarà quindi collegato ai dispositivi di MT (di sezionamento e protezione) alloggiati nei quadri MT per outdoor, facenti sempre parte dello SKID.

Le linee di potenza (MT), in uscita dai trasformatori, opportunamente sezionate e protette, saranno convogliate verso la cabina di raccolta.

Riepilogando l'impianto sarà così formato:

- 48.580 moduli fotovoltaici da 660Wp tipo bifacciale;
- 84 quadri di campo;
- 6 sistemi skid pre-assemblati di conversione DC/AC
- Sezione di parallelo lato C.C.;
- 12 inverter da 2300 kVA max, 2 per ogni sezione (sottocampo);
- 1 trasformatore BT/MT per ogni sezione, da 4,6 MVA con doppio avvolgimento BT;
- 1 sezionatore MT per ogni skid;
- 1 sezionatore MT, previsto in aggiunta al precedente, per gestire un eventuale collegamento di due SKID adiacenti.
- 1 interruttore MT per ogni skid;
- Accessori elettromeccanici/edili per l'ancoraggio ed il cablaggio dei moduli FV;
- Cavi, passerelle, tubazioni;
- Impianto di terra;
- 1 cabina MT di raccolta prefabbricata
- Cavidotto di collegamento in MT, che si svilupperà lungo strada pubblica, ad eccezione del tratto in corrispondenza del Fiume Cornia, della SS398 e di un tratto che verrà realizzato su terreno agricolo, tra il campo agrivoltaico e la SSEU
- Nuova Sottostazione Utente SSEU con relativi organi di misura, sezionamento, protezione e sezione di elevazione di tensione per l'allaccio alla RTN

- Cavidotto di collegamento in AT della SSEU alla Stazione Elettrica denominata "Populonia" di proprietà di Terna SpA lungo viabilità esistente.

### 5.1.1 MODULI FOTOVOLTAICI

Si riporta di seguito la scheda tecnica di riferimento dei moduli fotovoltaici:

Descrizione	Valore	UM
Produttore	Suntech	-
Modello	STP660S-D66/Pmh+	-
Potenza nominale di picco modulo	660	Wp
Corrente di corto circuito I <sub>sc</sub>	18,35	A
Corrente di massima potenza I <sub>mpp</sub>	17,35	A
Tensione alla massima potenza V <sub>mpp</sub>	38,05	V
Coefficiente di temperatura	5,3	mA/°C
	0,050	%/°C
Coeff. Tensione	-0,26	%/°C
Temp. STC	25	°C
Voc	46,05	V
Lunghezza	2384	mm
Larghezza	1303	mm
Spessore	35	mm
Peso	39,9	kg
Massima tensione di sistema	1500	V

### 5.1.2 COMPOSIZIONE DI UNA STRINGA

Per rendere compatibili i valori di tensione e corrente del generatore fotovoltaico con i parametri di funzionamento degli inverter, saranno realizzate delle stringhe di pannelli connessi in serie tra di loro.

Nello specifico, saranno formate delle stringhe, composte da 28 pannelli connessi in serie per mezzo delle cavetterie e connettori tipo Multi-Contact, in dotazione ai pannelli stessi. All'estremità delle stringhe i cavi si attesteranno nelle morsettiere dedicate, ubicate nei quadri di campo (adeguate prolunghe, realizzate con cavi tipo H1Z2Z2-K, opportunamente connettorizzate, saranno previste per raccordare ciascuna stringa al corrispondente quadro di campo).

I valori di tensione e corrente tipici ai capi di una stringa da 28 moduli sono di seguito illustrati:

Descrizione	Valore	UM
Temperatura minima di cella - Tmin	-5	°C
Temperatura massima di cella - Tmax	60	°C
Delta Voc del modulo @Tmin	3,55	V/modulo
n.ro moduli per stringa	28	nr
Delta Voc di stringa @Tmin	97	V/stringa
Tensione Voc nominale di stringa @STC	1289,4	V
Massima tensione Voc @Tmin	1386	V
Efficienza	21,2%	

### 5.1.3 COMPOSIZIONE DI UN SOTTO-CAMPO

Un sottocampo è realizzato ponendo più stringhe connesse in parallelo tra loro; la funzione del raggruppamento delle stringhe in sub-campi, è quella di ridurre drasticamente la quantità di conduttori provenienti dalle stringhe e diretti alla sezione DC degli inverter. Grazie a questa scelta, la tensione all'uscita del parallelo delle stringhe sarà sempre la stessa delle serie di moduli; mentre

la corrente incrementerà in maniera proporzionale al numero di stringhe collegate in parallelo tra loro.

Si riporta la configurazione elettrica della String Box da 24 stringhe, configurazione con il massimo numero di stringhe in parallelo previste per questo campo fotovoltaico:

SB24	Valore	U.M.
Tensione Voc @Tmin	1386	V
Tensione Vmpt @Tmax	920	V
Corrente Impt @STC	416,4	A
Potenza DCp @STC	443520	Wp

Ciascun sottocampo sarà composto da un numero medio di quadri di stringa pari a 14 e l'energia in DC, in uscita, verrà convogliata con cavi di opportuna sezione all'ingresso della sezione di conversione DC/AC all'interno dello SKID (MT).

## 5.2 CAVI DI CABLAGGIO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

I cablaggi, relativi alle varie sezioni dei sistemi, saranno effettuati in accordo alle normative vigenti. I tratti di linea relativi alla formazione delle stringhe, fino ai quadri di campo, saranno realizzati prevedendo l'impiego di cavo unipolare tipo H1Z2Z2-K o equivalente, con doppio isolamento, massima tensione di esercizio 1.2/1.8kV, idoneo per posa all'esterno e resistente all'ultravioletto, in modo da garantire una lunga durata all'impianto, ed evitare eventuali perdite di isolamento lato DC, conduttore in rame di sezioni tali da contenere la CDT a valori  $\leq 2\%$ .

I cavi da predisporre tra i quadri di campo e gli inverter saranno sempre di tipo solare H1Z2Z2-K, in formazione 2x1x120 mmq, fino a 2x1x150 mmq, nei casi in cui il numero di stringhe fosse particolarmente elevato e sempre configurati in modo tale da contenere la CDT in valori  $\leq 2\%$ .

I cavi da predisporre tra le sezioni di conversione e tra queste e la cabina di raccolta saranno di tipo RG7H1(O)R o equivalente, unipolare o tripolare, con tensione di isolamento minima 18/30 kV, con guaina esterna in PVC di qualità Rz e conduttori in rame di sezioni tali da contenere la CDT in valori < 2%. In alternativa potranno essere utilizzate delle terne di corde singole ad elica visibile di tipo RE4H1RX 18/30kV di pari caratteristiche.

La scelta delle sezioni dei cavi sarà effettuata in base alla loro portata nominale (calcolata in conformità ai criteri di unificazione e di dimensionamento riportati nelle Tabelle CEI-UNEL), alle diverse condizioni di posa e di temperatura, al limite ammesso dalle Norme per quanto attiene le cadute di tensione massime ammissibili (inferiori al 4%), alla massima corrente di corto circuito ammissibile in funzione delle proprietà del cavo (tipo di conduttore e isolante) ed alle caratteristiche di intervento delle protezioni, secondo quanto previsto dalle vigenti Norme CEI 64-8. La portata delle condutture sarà commisurata alla potenza totale che si prevede di installare.

Nei circuiti trifase (3F+N) i conduttori di neutro potranno avere sezione inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase, con il minimo di 16mm, purché il carico sia sostanzialmente equilibrato ed il conduttore di neutro sia protetto per un cortocircuito in fondo alla linea; in tutti gli altri casi al conduttore di neutro verrà data la stessa sezione dei conduttori di fase.

I cavi unipolari e le anime dei cavi multipolari saranno contraddistinti mediante le seguenti colorazioni (CEI UNEL 00722, CENELEC HD 308 52):

- -nero, grigio e marrone (conduttori di fase);
- -blu chiaro (conduttore di neutro);
- -bicolore giallo-verde (conduttori di terra, di protezione o equipotenziali).
- I cavi utilizzati dovranno avere tensione nominale adeguata alla tensione del circuito servito.

Le condutture non dovranno essere causa di innesco o di propagazione d'incendio: si prevede, a tal fine, l'utilizzo di cavi, tubi protettivi e canali aventi caratteristiche di non propagazione della fiamma nelle condizioni di posa. Tutti i cavi appartenenti ad uno stesso circuito seguiranno lo stesso percorso e saranno, quindi, infilati nella stessa canalizzazione; cavi di circuiti a tensioni diverse,

saranno tendenzialmente inseriti in tubazioni separate, e faranno capo a scatole di derivazione distinte. Qualora i cavi facessero capo alle stesse scatole, queste dovranno essere provviste di idonei diaframmi di segregazione. I cavi che seguono lo stesso percorso ed, in special modo, quelli posati nelle stesse tubazioni, verranno chiaramente contraddistinti mediante opportuni contrassegni applicati alle estremità. Il collegamento dei cavi in partenza dai quadri e le derivazioni degli stessi cavi all'interno delle cassette di derivazione saranno effettuate mediante appositi morsetti. I cavi non trasmetteranno nessuna sollecitazione meccanica ai morsetti delle cassette, delle scatole, delle prese a spina, degli interruttori e degli apparecchi utilizzatori.

I terminali dei cavi da inserire nei morsetti e nelle apparecchiature in genere, saranno muniti di capicorda, oppure saranno stagnati. I cavi saranno sempre protetti contro la possibilità di danneggiamenti meccanici fino ad un'altezza di 1 m dal piano di campagna.

### 5.3 QUADRI DI CAMPO

I quadri di campo (String Box) sono i componenti dell'impianto dove si attestano le stringhe che compongono i sub campi, e presso i quali avviene il parallelo delle stesse. Ciascuno di essi sarà capace di supportare fino ad un massimo di 24 stringhe in ingresso.

Gli string box consentono di realizzare, in uscita, il parallelo di tutte stringhe di moduli FV ad essi collegate. Ogni cassetta è equipaggiata con protezioni SPD a varistori contro le sovratensioni; il sezionatore in uscita ed i portafusibili in ingresso permettono di isolare il singolo sotto-campo FV o le singole stringhe dal resto dell'impianto, consentendo agli operatori di lavorare in piena sicurezza. Essi saranno realizzati all'interno di un contenitore standard in poliestere, con grado di protezione minimo IP 65, corredati di accessori di staffaggio adatti per consentire l'installazione sui montanti verticali delle strutture di supporto dei pannelli fotovoltaici oppure su apposite strutture verticali, predisposte allo scopo e opportunamente posizionate per evitare inefficienti ombreggiamenti.

Il transito delle linee avverrà attraverso dei pressacavo opportunamente dimensionati (cavi in uscita, verso lo SKID) o attraverso connettori tipo MC4 (stringhe in ingresso), che saranno installati nella parte inferiore dei quadri.

Le dimensioni dei quadri saranno congrue a contenere i seguenti componenti:

- -n° 2 morsettiera di potenza o barratura (una per ciascuna polarità), alla quale si attesteranno le linee provenienti dalle stringhe di pannelli
- -n° 1 morsettiera di segnale presso la quale faranno capo i conduttori diretti alla Unità di Monitoraggio
- le protezioni delle linee in ingresso (stringhe); mediante fusibili con relativi porta fusibili, previsti per entrambe le polarità (+ e -) di ciascuna stringa in ingresso.
- la protezione da sovratensioni per mezzo di opportuni scaricatori da sovratensioni.
- un sezionatore azionabile sottocarico, per sezionare la linea in uscita dalla String box

Inoltre, all'interno del quadro, potranno essere alloggiati i dispositivi elettronici previsti per il monitoraggio delle stringhe e in grado di dialogare con l'Unità di Monitoraggio attraverso una porta seriale RS485 o altro sistema equipollente.



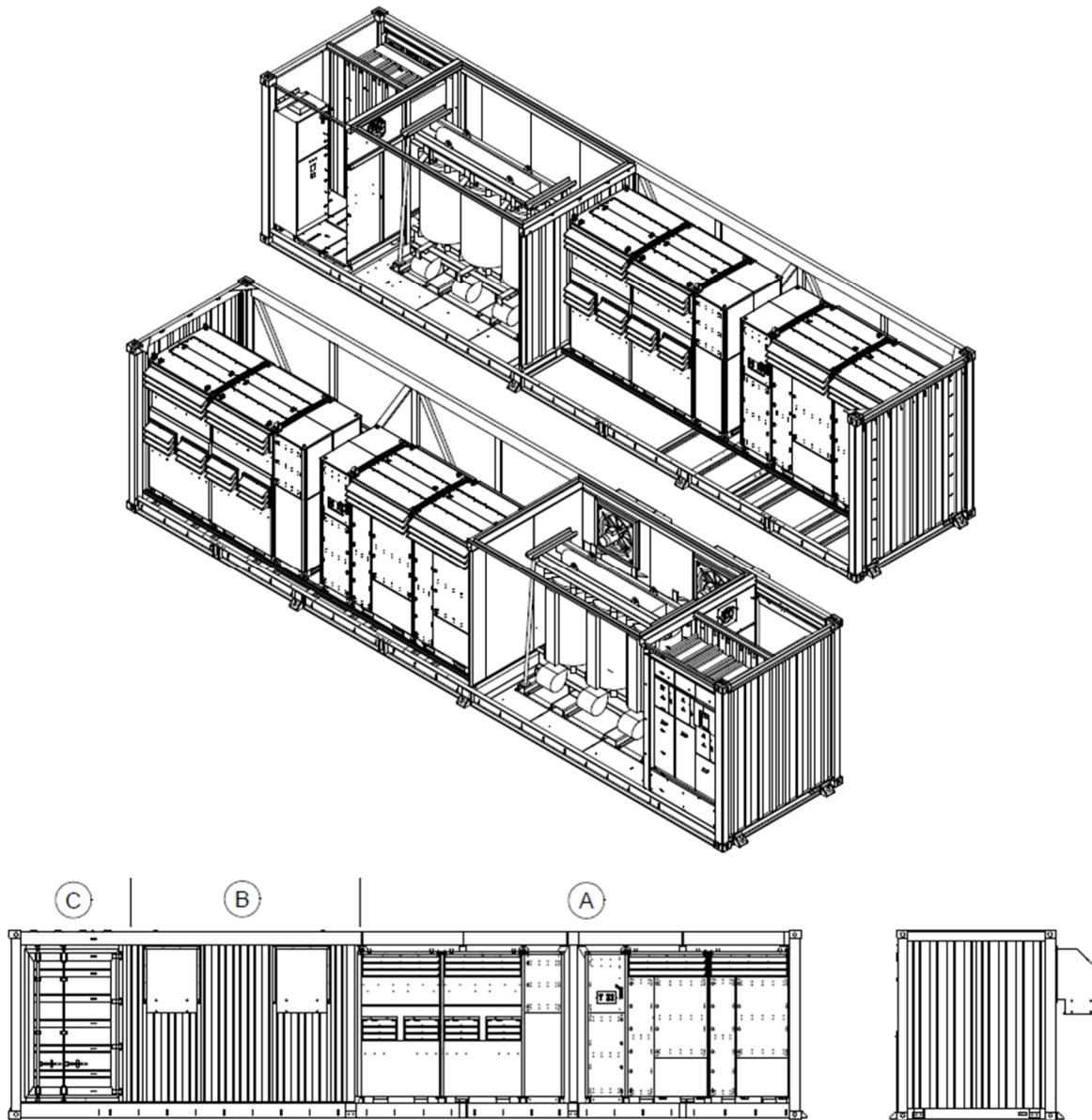
**5.4 SKID**

Fig. 3 –SKID Layout

## ■ Compartments

Sec.	Description
A	Inverter section
B	Transformer enclosure
C	Low-voltage enclosure
D	Medium-voltage enclosure

### 5.4.1 PARALLELO LATO D.C.

La funzione di parallelo dei cavi provenienti dalle String Box è realizzata direttamente dalla sezione DC degli inverter, alloggiati nello SKID di ciascun sotto-campo. Gli inverter sono in grado di ricevere da 8 a 24 stringhe in ingresso

Le dimensioni saranno sufficienti a contenere:

- una morsettiera di adeguata sezione, adatta ad accogliere i conduttori provenienti dalle string box, la linea in uscita diretta all'inverter, comprensiva, inoltre, di morsetto equipotenziale;
- il cablaggio interno al quadro, sarà eseguito a mezzo di barre in rame isolate; le derivazioni e le connessioni flessibili saranno realizzate con barre flessibili, oppure con cavo tipo appropriato, il tutto di sezione congrua allo scopo.

### 5.4.2 INVERTER

L' inverter, o convertitore, è la macchina adibita alla conversione dell'energia in corrente continua, prodotta dal generatore FV, in energia in corrente alternata; questa conversione è propedeutica all'immissione in rete dell'energia prodotta.

Saranno forniti complessivamente 12 inverter (2 per ciascuno dei 6 SKID previsti) aventi le seguenti caratteristiche:

Descrizione	Valore	U.M.
Tipologia	Inverter centrale	-
Produttore	FIMER/ABB	-
Modello	<b>PVS980-58 2.3 MVA</b>	-

Taglia	2300kW@45°C	-
Tensione minima MPP	978	V
Tensione minima per Pnom	978	V
Corrente di entrata massima	2400	A
Tensione MPP massima	1100	V
Tensione FV max assoluta	1500	V
Potenza di soglia	-	W
Tensione di uscita	690	V
Potenza AC nominale	2091	kW
Potenza AC massima	2300	kW
Corrente AC nominale	1750	A
Corrente AC massima	1925	A
Potenza FV nominale	3178,56	kWp
Potenza FV massima	3346	kWp
Corrente FV massima	2400	A
Efficienza EURO	98,7	%

Gli inverter saranno realizzati in contenitori con grado di protezione minimo IP 54 per utilizzo outdoor, comprendenti le logiche di comando, di protezione e di autodiagnostica, in grado di funzionare con umidità 0%-100% e da -20°C fino a +50°C.

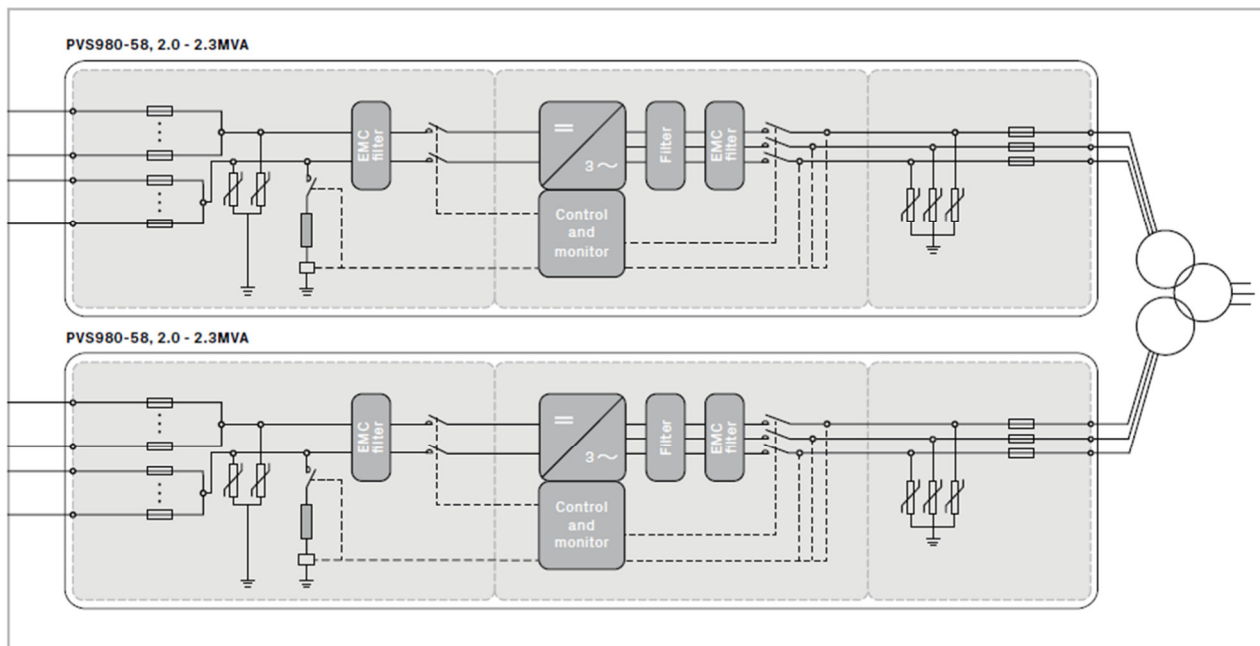


Fig. 4 – Inverter centralizzato diagramma a blocchi (configurazione SKID)

Saranno protetti contro il funzionamento ad isola; ovvero, al mancare della tensione di rete, si scollegheranno automaticamente dalla rete stessa, rimanendo in attesa del ripristino delle normali condizioni operative, prima di procedere nuovamente ed in modo automatico alla riconnessione. Inoltre, saranno corredati ognuno di un proprio dispositivo di inseguimento del punto di massima potenza MPPT (Maximum Point Power Tracking) per ottimizzare il funzionamento del sistema al variare delle condizioni operative ed ambientali, in modo da immettere in rete sempre la massima energia che il generatore FV può erogare istantaneamente.

### 5.4.3 TRASFORMATORE M.T./B.T.

Allo scopo di adattare la potenza elettrica condizionata degli inverters alla tensione di rete prevista per convogliare l'energia dagli SKID dei sotto-campi alla cabina di raccolta e quindi alla sottostazione elettrica di conversione MT/AT di distribuzione, in accordo con le normative vigenti, la suddetta potenza sarà elevata alla tensione di 30 KV.

Per ottenere quanto sopra riportato, saranno utilizzati degli appositi trasformatori/elevatori di capacità sufficiente allo scopo.

Il trasformatore sarà tipo in resina o del tipo in olio (in questa eventualità dovrà essere prevista una vasca di raccolta di emergenza, integrata nella struttura dello SKID).

Dovranno essere presenti i seguenti accessori:

- Commutatore a vuoto sopra il coperchio per regolazione della tensione primaria del  $\pm 2 \times 2,5\%$
- n°3 isolatori in porcellana lato MT (DIN 42 531)
- n°3 isolatori in porcellana lato BT + n°1 isolatore in porcellana per il neutro (DIN 42530)
- n°1 targa caratteristiche IEC 60076
- Golfari di sollevamento
- n°2 morsetti di terra
- Pozzetto/i termometrico/i (DIN 42 554)

La classe di isolamento dei trasformatori sarà congrua allo scopo; l'efficienza dei trasformatori sarà elevata al fine di contenere le perdite al di sotto del 3%.

I trasformatori saranno inseriti in posizione centrale rispetto allo skid pre-cablato.

Si riportano i dati di targa indicativi del trasformatore presumibilmente utilizzabile nella sezione di conversione:

Trasformatore da 4600 KVA<sub>max</sub> in resina (AF) doppio avvolgimento

La tensione di ingresso sarà 690 VAC 3Ph, in uscita 33 KV 3PH

Gruppo: Dy11y11

Frequenza: 50 Hz.

#### 5.4.4 SEZIONATORI M.T.

Sul lato primario del trasformatore (MT), di ciascuno SKID, è previsto un sistema completamente sigillato in contenitore in acciaio inossidabile contenente tutte le parti previste per il sezionamento e la protezione del trasformatore e delle linee MT da sovraccarichi e cortocircuiti.

Il contenitore in acciaio sigillato, isolato in SF6, con condizioni atmosferiche costanti, garantisce un elevato livello di affidabilità, nonché la sicurezza del personale e un sistema praticamente esente da manutenzione.

Ciascun trasformatore sarà corredato, sul lato MT, di un proprio organo di interruzione e sezionamento, capace di proteggere il trasformatore e le linee in MT ad esso afferenti da eventuali sovraccarichi e corto circuiti.

Interruttori e sezionatori saranno dotati di opportuni interblocchi meccanici di sicurezza che impediranno eventuali manovre inopportune.

La carpenteria dei diversi moduli MT è simile tra loro, differiscono per il solo equipaggiamento interno. Nella fattispecie sono previste le seguenti configurazioni: DeV, CV e CCV, dove:

- C - Cable switch
- V - Vacuum circuit breaker
- De - Direct cable connection with earthing

La cella trasformatore MT "V" sarà caratterizzata da

- una sbarra 630A
- derivazione 630A
- 1 sezionatore tripolare + 1 sezionatore di terra
- 1 interruttore automatico in vuoto completo di relè
- TA e TO

La cella di linea "C" sarà caratterizzata da:

- una sbarra 630A

- derivazione 630A
- 1 sezionatore tripolare + 1 sezionatore di terra

Tutte le celle saranno dotate di interruttori automatici MT o sezionatori, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo e trasformatori di protezione. Gli interruttori MT (con azionamento anche motorizzato) forniranno, tramite relé indiretto, la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi, dai guasti a terra.

Saranno, inoltre, previsti ove richiesto i necessari TV e TA adibiti a misure di tensione e potenza, che saranno rese disponibili al sistema di supervisione.

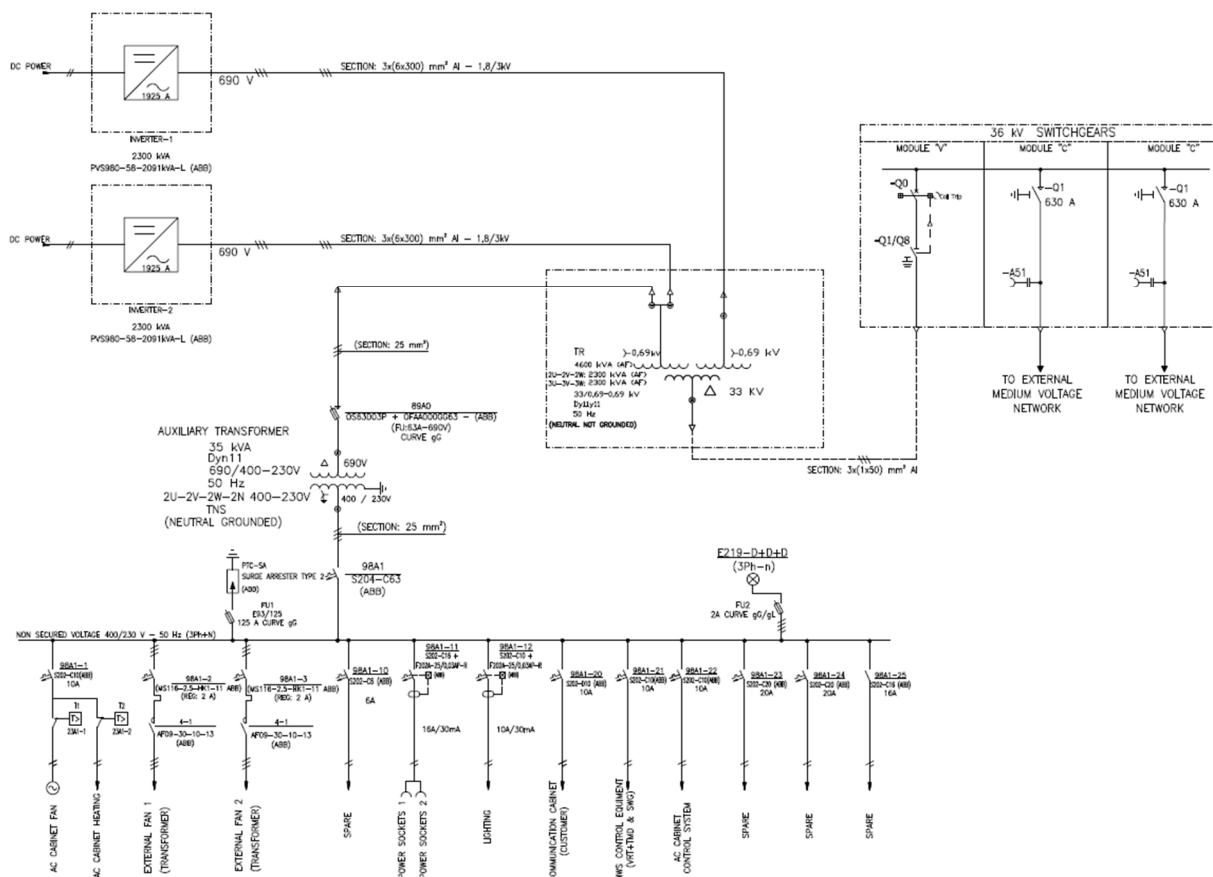
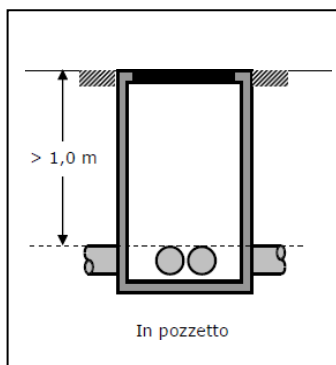


Fig. 5 – schema unifilare tipico dello SKID

## 6 CAVIDOTTI MT INTERNI AL CAMPO FOTOVOLTAICO

Le linee MT all'interno del campo verranno inserite nei cavidotti che collegano le sezioni di conversione dei sotto-campi (6 SKID previsti) tra loro, ove previsto e con la cabina di raccolta, secondo le sezioni di posa, esplicitate negli elaborati grafici. La posa dei cavi avrà luogo direttamente contro terra con protezione meccanica o entro tubi corrugati di adeguata sezione e resistenza meccanica allo schiacciamento, preferibilmente senza giunzioni. Il cambio di direzione dei cavi MT dovrà essere realizzato prevedendo curvature ampie, senza interessare eventuali pozzetti di ispezione a meno che non si tratti di pozzetti di ampie dimensioni.

Di norma la profondità di posa dei cavi MT con o senza corrugato è di circa 1,0 m che in sede di transito entro pozzetto si traduce nella seguente:



Come anticipato, lungo tutto lo sviluppo delle linee MT dovrà essere prevista una protezione meccanica mediante copelle o prevedendo l'inserimento dei cavi all'interno di tubi corrugati; dovrà inoltre essere previsto il nastro di segnalazione, da posare almeno 20 cm sopra l'estradosso della protezione.

E' ammessa la posa di linee BT e MT entro la stessa trincea, secondo le sezioni di posa esplicitate negli elaborati grafici. In questo caso i cavi delle linee MT verranno posati per prima e, sopra questi, il secondo strato di corrugati con le linee BT. Si riporta allo scopo una immagine illustrativa:



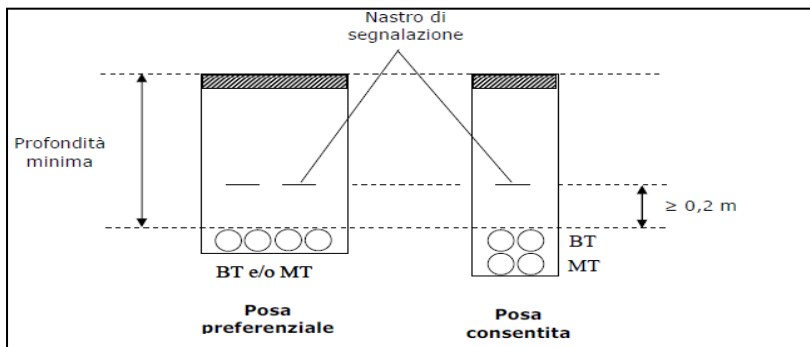


Fig. 6 Tipologie di posa possibili

I cambi di direzione, la necessità di realizzare delle spire di abbondanza e di punti di ispezione ed intervento in caso di manutenzione possono comportare la necessità di predisporre una pluralità di pozzetti in cls nell'area di intervento, lungo lo sviluppo delle linee, per ottenere una gestione più sicura ed efficiente del percorso cavi.

Il layout preciso riportante il numero e la distribuzione dei pozzetti sarà oggetto della progettazione esecutiva

## 7 CABINA DI RACCOLTA

Tutta la componentistica indicata nei paragrafi precedenti (quadri di stringa, inverter, trasformatori MT/BT, quadri MT), all'interno del campo fotovoltaico, sono alloggiati negli SKID in configurazione outdoor, dislocati in posizioni baricentrica rispetto ai generatori cui sono asserviti per bilanciare le perdite.

L'ulteriore componentistica dovrà essere installata in seno a dei manufatti prefabbricati in calcestruzzo. Ci si riferisce in particolare alla Cabina di Raccolta e alla Stazione Utente di trasformazione.

La Cabina di Raccolta, posizionata all'interno del campo fotovoltaico, sistemata in prossimità del cancello di accesso al sottocampo 2, sul lato nord-est del campo, rappresenta il punto di partenza del tracciato di connessione in MT, che si svilupperà principalmente lungo la viabilità pubblica,

coprendo una distanza di circa 7,2 km, fino alla Sottostazione Utente di trasformazione MT/AT in prossimità della Stazione Elettrica denominata "Populonia" di Terna SpA.

La Sottostazione Utente di trasformazione, sarà collocata proprio alla fine del tracciato di connessione in MT, in prossimità del confine di proprietà di Terna SpA ove sorge la Stazione Elettrica RTN di Populonia. La Sottostazione Utente di Trasformazione sarà collegata alla SE RTN Populonia attraverso un cavidotto in AT che sarà realizzato su strada pubblica per una lunghezza di circa 800m.

La cabina di raccolta sarà del tipo prefabbricato in cemento armato con copertura piana o a leggero spiovente, con fondazione a platea e vascone con ingressi stagni dei cavi energia e telesegnalazione. Saranno munite delle apposite porte, di grate di aerazione, poste in posizione incrociata, estrattori, azionati da termostati opportunamente settati per scongiurare sovra temperature, non consone con un duraturo e stabile funzionamento delle apparecchiature elettromeccaniche previste all'interno del manufatto.

La cabina di raccolta sarà dotata di un impianto di messa a terra; il dispersore sarà realizzato mediante la posa di una treccia di rame nudo di sezione pari a 35/50 mmq lungo tutto il perimetro della cabina ad una distanza di c.a. 1 metro dal perimetro ed ad una profondità non inferiore a 0,5 m, integrato con un opportuno numero di picchetti di terra della lunghezza di 1,5m circa infissi sotto il livello di campagna a circa 80 cm entro pozzetti di ispezione. Al dispersore, così realizzato, si collegherà la rete metallica di armamento della platea di fondazione.

Per il raccordo tra le varie parti del dispersore si prevede l'impiego di idonei morsetti in bronzo fosforoso.

Il dispersore, realizzato per la cabina di raccolta, come sopra descritto, verrà collegato al collettore di terra, da prevedersi all'interno della cabina, ed al quale verranno collegate tutte le masse presenti, mediante i conduttori equipotenziale con sezione calcolata; sempre al collettore verranno collegati i conduttori di protezione, anche questi con sezione calcolata.

## 8 SISTEMA DI DISPERSIONE CORRENTI DI TERRA

Il generatore fotovoltaico sarà dotato di un sistema di dispersione, al fine di ottenere:

- la messa a terra delle strutture metalliche (tracker), installate in grande quantità, a sostegno dei pannelli fotovoltaici;
- la messa a terra delle carcasse dei quadri elettrici e degli scaricatori di sovratensione;
- la messa a terra del centro-stella dei trasformatori MT/BT.
- la messa a terra delle strutture degli skid

Come già ricordato, i pannelli fotovoltaici non necessitano di messa a terra, in quanto realizzati con isolamento in classe II; il sistema elettrico, per questa parte di impianto sarà tipo "floating".

Il campo fotovoltaico, sarà, dunque, gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno costituite dalla serie di singoli pannelli fotovoltaici, singolarmente sezionabili.

Al comune impianto di terra, come meglio raffigurato negli elaborati grafici specifici, verranno collegati l'impianto di dispersione della cabina di raccolta, così come descritto al paragrafo precedente e l'impianto di dispersione da predisporre per ciascun SKID.

In conformità alle indicazioni del costruttore dello SKID il dispersore di terra da predisporre dovrà essere realizzato con una corda di rame nudo con sezione pari a 95 mmq, posato ad una profondità non inferiore a 0,5 mt e ad un metro dal perimetro esterno della struttura.

Le strutture degli SKID verranno collegate ai relativi impianti di dispersione di terra in corrispondenza dei collettori o punti di collegamento, come indicato dal costruttore dello SKID stesso.

## 9 CARATTERISTICHE GENERALI DI PROGETTO

### 9.1 CRITERI PROGETTUALI

L'impianto elettrico in progetto, in relazione al paragrafo 22.1 delle norme CEI 64-8/2, è classificabile come:

- sistema di terza categoria (tensione nominale superiore a 30000 V) in sotto stazione AT/MT nel punto di connessione con la rete di distribuzione TERNA esercita a 132 kV,
- come sistema di seconda categoria (tensione nominale oltre i 1000 Volt se in corrente alternata o 1500 volt in corrente continua, fino a 30.000 Volt compresi) sulla rete in media tensione a 30 kV distribuita all'interno del campo agrivoltaico e sul collegamento del campo alla SSEU
- come sistema di prima categoria (tensione da oltre 50 Volt fino a 1000 Volt compresi a corrente alternata o da 120 Volt a 1500 Volt in corrente continua) sulla rete in bassa tensione, ed è così costituito:
  - insieme dei pannelli fotovoltaici organizzati in stringhe da 28 pannelli in serie, collegati alle string box e ai gruppi di conversione DC/AC (inverter) fino ai trasformatori BT/MT inseriti all'interno degli SKID.

L'impianto avrà una potenza nominale in immissione AC di 27.390 kW, a fronte di una potenza in DC di 32.062,80 kWp del generatore fotovoltaico (totale dei moduli fotovoltaici, nelle condizioni STC) come desumibile dallo schema elettrico e dalle planimetrie allegate.

## 10 DIMENSIONAMENTO DELLE PROTEZIONI DELLE CONDUTTURE DAL SOVRACCARICO E DAL CORTO CIRCUITO

La protezione delle condutture dai sovraccarichi e dai corto circuiti deve essere realizzata secondo quanto indicato (o prescritto) dalla Norma CEI 64-8 sezione 433, sezione 434 e sezione 435 articolo 435.1.

In particolare, sono soddisfatte le seguenti condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad I_f \leq 1,45 I_z$$

dove:

- $I_b$  = corrente di impiego del circuito
- $I_z$  = portata in regime permanente della conduttura

- $I_n$  = corrente nominale del dispositivo di protezione
- $I_f$  = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale.

La protezione è assicurata da protezioni magnetotermiche e magnetotermiche differenziali.

I dispositivi di protezione risponderanno ai due seguenti requisiti fondamentali:

- avere un potere di interruzione almeno pari alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione ( $I_{ccmax} \leq p.d.i.$ );
- avere un tempo di intervento inferiore a quello che porterebbe la temperatura dei conduttori oltre il limite ammissibile.

e la condizione:

$$\sqrt{t} = K * S/I$$

dove:

- $t$  = durata in secondi
- $S$  = sezione del conduttore in  $mm^2$
- $I$  = corrente effettiva di cortocircuito in ampere espressa in valore efficace
- $K$  = coefficiente in funzione del tipo di cavo utilizzato ( $K=143$  cavi in EPR,  $K=115$  cavi in PVC,  $K=135$  cavi isolati in gomma naturale o butilica)

ovvero con approssimazione:

$$(I^2t) < K^2S^2$$

è soddisfatta utilizzando i dispositivi attualmente presenti in commercio (interruttori automatici limitatori e fusibili).

## 10.1 CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE

La caduta di tensione è stata calcolata secondo la seguente formula:

$$dU = K * (R \cos \varphi + X \sin \varphi) * I * L$$

dove:

- K è uguale a:
  - 2 per linee monofase (230V)
  - 1.73 per linee trifase (400V)
- R e X sono espresse in  $\Omega/m$
- I è coincidente con la corrente  $I_b$
- L (m) = lunghezza della linea.

## 10.2 CALCOLO DELLA PORTATA CAVI

Le portate dei cavi in regime permanente, relative alle condutture previste e descritte nel seguito, sono state verificate secondo le Tabelle CEI-UNEL 35024/1, per posa in aria, CEI-UNEL 35026, per posa interrata, e le tabelle CEI UNEL 35027 per i cavi di MT, applicando ai valori individuati, dei coefficienti di riduzione, che dipendono dalle specifiche condizioni di posa e dalla temperatura ambiente.

**Caduta di tensione:** si ammette una caduta di tensione massima non superiore al 2% tra il quadro generale e gli utilizzatori.

Si riportano i criteri di verifica dei dispositivi di protezione e del coordinamento delle protezioni:

- Tutti i circuiti derivati dal quadro generale sono protetti da interruttori magnetotermici o magnetotermici differenziali.
- Tutti i circuiti secondari, derivati dai quadretti di distribuzione, sono protetti da interruttori magnetotermici e differenziali.
- Le correnti nominali dei dispositivi di protezione sono state scelte in base alle caratteristiche delle condutture sottese (sezione delle linee e tipo di posa) secondo le relazioni di coordinamento indicate dal capitolo 43, in particolare l'articolo 433.2, della norma CEI 64.8.
- Le curve d'intervento delle protezioni magnetotermiche dei circuiti terminali sono tutte di tipo C e D o interruttori aperti o scatolati, con sganciatore regolabile, con caratteristica di

intervento (tempo-corrente) regolata in funzione delle proprietà del carico e relativa linea di alimentazione.

- Il potere d'interruzione dei dispositivi è stato scelto di valore non inferiore alla corrente di corto circuito nel punto d'installazione.
- Le prese sono protette da interruttori automatici con corrente nominale non superiore a quella delle prese.

### 10.3 CALCOLI DELLE CORRENTI DI CORTOCIRCUITO

Nei vari punti dell'impianto le correnti di cortocircuito sono calcolate considerando le impedenze delle condutture, in accordo a quanto prescritto dalla norma CEI 11-25 e dalla guida CEI 11-28.

Le correnti di cortocircuito, lato DC, risultano trascurabili in quanto, di regola, nelle condizioni peggiori le correnti di corto circuito, generate sulle linee DC, sono di qualche ampere superiore alla corrente nominale di stringa.

Lato AC, gli inverter sono autolimitati ad erogare la corrente di picco nominale.

Il calcolo delle correnti di corto circuito nelle varie sezioni di impianto è propedeutico alle verifiche riportate qui nel seguito:

#### Verifica del potere di chiusura in cortocircuito

(Norme CEI EN 60947-2)

$$I_P \leq I_{CM}$$

dove:

$I_P$  = è il valore di cresta della corrente di cortocircuito (massimo valore possibile della corrente presunta di cortocircuito)

$I_{CM}$  = è il valore del potere di chiusura nominale in cortocircuito

#### **Valore di cresta $I_P$ della corrente di cortocircuito**

Il valore di cresta  $I_P$  è dato dalla norma CEI 11-28 - Art. 9.1.2 da:

$$I_P = K_{CR} \times \sqrt{2} \times I_K''$$

dove:

$I_k^{II}$  è la corrente simmetrica iniziale di cortocircuito

$K_{CR}$  è il coefficiente correttivo ricavabile dalla seguente formula:  $K_{CR} = 1,02 + 0,98 e^{-3 \cdot R_{cc} / X_{cc}}$

Il valore di  $I_p$  può tuttavia essere limitato da apparecchiature installate a monte che abbiano una caratteristica di limitazione del picco (valore letto dall'archivio apparecchiature).

Il valore di  $I_{CM}$  è dato dalla norma CEI 11-28 - Art. 9.1.1 da:

$$I_{CM} = I_{CU} * n$$

dove:

$I_{CU}$  è il valore del potere di interruzione estremo in cortocircuito

$n$  è un coefficiente da utilizzare in funzione della tabella normativa di seguito riportata.

Estratto dalla Tabella 2 – Rapporto  $n$  tra potere di chiusura e potere di interruzione in cortocircuito e fattore di potenza relativo (interruttori per corrente alternata):

Potere di interruzione in cortocircuito kA valore efficace	Fattore di potenza	Valore minimo del fattore $n$ $n = \frac{\text{potere di chiusura in cortocircuito}}{\text{potere di interruzione in corto circuito}}$
$4,5 < I \leq 6$	0,7	1,5
$6 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2,0
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,2

### Verifica dei condotti sbarre

(Norme CEI EN 60439-1 e CEI EN 60439-2)

$$I_p \leq I_{PK}$$

$$I^2 t \leq I_{CW}^2$$

### Valore di cresta $I_p$ della corrente di cortocircuito

Il valore di cresta  $I_p$  è dato dalla norma CEI 11-28 - Art. 9.1.2 da:

$$I_p = K_{CR} \times \sqrt{2} \times I_k^{II}$$

dove:



$I_k''$  è la corrente simmetrica iniziale di cortocircuito

$K_{CR}$  = è il coefficiente correttivo ricavabile dalla seguente formula:  $K_{CR} = 1,02 + 0,98 e^{-3 \cdot R_{cc}/X_{cc}}$

#### Verifica della tenuta del condotto sbarre

$$I^2t \leq I_{cw}^2$$

dove:

$I^2t$  = valore dell'energia specifica passante letto sulla curva  $I^2t$  della protezione in corrispondenza delle correnti di corto circuito

$I_{cw}^2$  = corrente ammissibile di breve durata (1s) sopportata dal condotto sbarre

### **10.4 DESCRIZIONE MISURE DI SICUREZZA PER LE PERSONE E COSE**

Nel presente progetto, come peraltro previsto dalle disposizioni normative e legislative vigenti, è stata posta particolare attenzione alla protezione delle persone nei confronti dei contatti diretti e indiretti ed alla protezione delle cose nei confronti delle sovracorrenti e delle sovratensioni.

#### **10.4.1 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI**

La struttura in oggetto è alimentata in media tensione a **30 kV**. Sia la protezione del sistema di IIa categoria sia quella per il sistema di I categoria andrà realizzata mediante isolamento delle parti attive (ad es. cavi ecc.), o mediante involucri e barriere di adeguata resistenza meccanica, rimovibili solo mediante l'impiego di attrezzo e costruiti in modo tale da realizzare in ogni caso un grado di protezione non inferiore a IPXXB (ad es. apparecchiature di comando, protezione e manovra, morsettiere, apparecchi utilizzatori ecc.). Le prescrizioni di cui sopra sono di carattere generale; localmente, ove necessario è possibile l'adozione di specifiche soluzioni, di volta in volta esaurientemente dettagliate.

#### **10.4.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI**

##### Impianto AT e MT.

Protezione realizzata mediante opportuno dimensionamento dell'impianto disperdente e mediante verifica delle tensioni di contatto e di passo, laddove necessario.

Il dispersore di terra degli impianto in AT/MT deve essere dimensionato in modo che la sua resistenza di terra RE sia di valore tale che, in relazione al coordinamento con i dispositivi di protezioni di AT/MT (tempi di intervento in funzione del valore della corrente di guasto) per guasti verso massa nel sistema AT/MT, le tensioni di contatto UT siano contenute entro i limiti della curva di sicurezza (tensioni di contatto ammissibili UTP, in funzione della durata del guasto (tF) riportata nella Norma CEI 99-3.

In particolare è necessario verificare che la tensione totale di terra UE risulti inferiore al valore di UTP.

$$U_E = R_E \times I_E \leq U_{TP}$$

$I_E$  = Corrente di terra. Nel calcolo pratico viene fatta coincidere con la corrente di guasto a terra

$I_F$  = Il valore di  $I_F$  deve essere richiesto all'Ente distributore.

#### Impianto BT.

La protezione contro i contatti indiretti potrà essere assicurata tramite interruzione automatica dell'alimentazione per mezzo di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti o per mezzo di interruttori differenziali, con riferimento alle specifiche prescrizioni della Norma CEI 64-8 (sistemi TN/TT/IT).

Essendo l'impianto in oggetto di I<sup>a</sup> categoria, alimentato da un proprio impianto di II<sup>a</sup> categoria (secondo classificazione CEI 64-8 art. 22.1), in base all'art. 413.1.3 della sopraccitata normativa si è attuata la protezione contro i contatti indiretti prevista per il sistema TN.

Le caratteristiche dei dispositivi di protezione e le impedenze dei circuiti devono essere tali che, se si presenta un guasto di impedenza trascurabile in qualsiasi parte dell'impianto tra un conduttore di fase ed un conduttore di protezione o una massa, l'interruzione automatica dell'alimentazione avvenga entro i tempi specificati, soddisfacendo la seguente condizione:

**$Z_s * I_a \leq U_o$** 

dove:

- **U<sub>o</sub>** è la tensione nominale in c.a., valore efficace tra fase e terra;
- **Z<sub>s</sub>** è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;
- **I<sub>a</sub>** è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro un tempo definito, nella fattispecie 0,4 s per i circuiti terminali e 5 s per i circuiti di distribuzione (nelle condizioni specificate all'art. 413.1.3.5) oppure, in alcune condizioni specifiche, entro un tempo convenzionale non superiore a 5 s; se si usa un interruttore differenziale I<sub>a</sub> è la corrente differenziale nominale I<sub>d</sub>.

Data la natura dei locali e salvo specifiche deroghe, opportunamente evidenziate nella presente relazione tecnica, si ritiene appropriata l'adozione del valore di U<sub>o</sub>=50 V; conseguentemente il dimensionamento dell'impianto di terra e distributivo dovrà coordinarsi con tale dato di progetto.

**Componenti di classe II**

In alternativa al coordinamento fra impianto di messa a terra e dispositivi di protezione attiva, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata adottando macchine e apparecchi con isolamento doppio o rinforzato per costruzione o installazione: apparecchi di Classe II. In uno stesso impianto questo tipo di protezione può coesistere con la protezione mediante messa a terra. È vietato collegare intenzionalmente a terra le parti metalliche accessibili delle macchine, degli apparecchi e delle altre parti dell'impianto di Classe II.

## 11 DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA

### 11.1 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE DI TRASFORMAZIONE MT/AT

In alta tensione (sistemi di III categoria) l'impianto di terra deve essere realizzato in modo da limitare le tensioni di contatto e di passo a valori inferiori a quelli stabiliti dalle norme, in dipendenza del tempo di intervento del dispositivo di protezione.

Poiché le tensioni di contatto e di passo dipendono sia dalla tensione totale di terra del dispersore, sia dai potenziali che si stabiliscono sulla superficie del terreno, l'efficacia dell'impianto di terra è tanto più elevata quanto minore è la resistenza di terra del dispersore e quanto più esso è in grado di realizzare una elevata equipotenzialità sulla superficie del terreno.

Il dispersore deve, perciò, avere una geometria tale da assicurare un andamento del potenziale sulla superficie del terreno il più possibile uniforme ed una sufficiente equipotenzialità fra massa e terreno circostante. Quindi l'impianto di terra nella sua completezza per la protezione dai contatti indiretti per sistemi di seconda e terza categoria deve mantenere tensioni di contatto e di passo nei limiti dettati dalla normativa CEI EN 50522 e CEI EN 61936-1. Tali valori sono legati alla resistenza di terra che presenta l'impianto disperdente e la corrente di guasto messa in gioco dall'impianto elettrico di alimentazione.

In questo caso il dispersore dell'impianto di terra e tutti i collegamenti relativi saranno realizzati al fine di essere dimensionati termicamente per una corrente di guasto di 31,5 kA per 0,5 secondi. Nella fase di sviluppo del progetto esecutivo sarà correttamente dimensionata la geometria dell'impianto di terra oltre a identificare le zone in cui effettuare l'adozione dei provvedimenti particolari (dispersori integrativi, bitumazione, ecc.) indicati dalla normativa di riferimento per contenere le tensioni di contatto e di passo nei limiti previsti.

L'impianto di terra sarà poi completamente verificato strumentalmente quando realizzato.

## **11.2 CAMPO FOTOVOLTAICO**

### **11.2.1 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DISPERDENTE**

Nel sistema TN, quale è quello in oggetto, la rete magliata serve a fronteggiare un eventuale guasto a terra lato MT. Inoltre, per effetto delle connessioni equipotenziali, parte del guasto lato BT si richiude anche attraverso la maglia di terra, oltre che attraverso il conduttore di protezione; avendo quest'ultimo una sezione calcolata per condurre l'intera corrente di guasto (e conseguente bassa impedenza), si ritiene verificata la maglia di terra anche a tale evento.

#### **11.2.1.1 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI TERRA E DEI DISPERSORI, CON RIFERIMENTO ALLE SOLLECITAZIONI TERMICHE**

Il dimensionamento secondo questa metodologia verrà effettuato in una fase successiva della progettazione esecutiva, quando saranno valutate in maniera puntuale le correnti di guasto e i tempi di estinzione degli stessi.

#### **11.2.1.2 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI TERRA E DEI DISPERSORI IN RIFERIMENTO ALLA RESISTENZA MECCANICA ED ALLA CORROSIONE**

### **CONDUTTORI DI TERRA**

Tenuto conto della resistenza meccanica e della stabilità alla corrosione, le sezioni minime sono:

- rame 16 mm<sup>2</sup>
- alluminio 35 mm<sup>2</sup>
- acciaio (con idonea protezione) 50 mm<sup>2</sup>

### **DISPERSORI**

I dispersori, essendo direttamente a contatto con il terreno, devono essere costruiti con materiali in grado di sopportare la corrosione dovuta ad aggressivi chimici o biologici, formazioni di coppia elettrolitica, elettrolisi ecc.

Essi devono inoltre resistere alle sollecitazioni meccaniche durante la loro installazione ed a quelle che si verificano durante il servizio ordinario.

Si possono impiegare, come elementi del dispersore, anche le armature di acciaio annegate in fondazioni in calcestruzzo, pali d'acciaio od altri dispersori di fatto.

Essendo praticamente impossibile calcolare le sezioni minime caso per caso, la normativa tecnica fissa delle dimensioni minime dei dispersori per garantire la resistenza meccanica ed alla corrosione.

Detti valori minimi sono riportati nella seguente tabella (Allegato C Norma CEI EN 50522):

MATERIALE		Tipo di Dispersore	Dimensione minima				
			Corpo			Rivestimento/guaina	
			Diametro (mm)	Sezione trasversale (mm <sup>2</sup> )	Spessore (mm)	Valori singoli (μm)	Valori medi (μm)
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina (2)		90	3	63	70
		Profilato (esclusi i piatti)		90	3	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	Con guaina di piombo (1)	Tondo per dispersore orizzontale	8			1000	
	Con guaina diramata estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2000	
Con guaina diramata elettrolitica	Barra tonda per picchetto	14,2			90	100	
Rame	Nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore verticale		25 (3)			
		Corda	1,8 (*)	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 (*)	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina di piombo (1)	Corda	1,8 (*)	25		1000	
		Filo tondo		25		1000	

(\*) per cavetti singoli

- non idoneo per posa diretta in calcestruzzo
- piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati
- in condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm<sup>2</sup>
- 

### 11.2.1.3 ELEMENTI DELL'IMPIANTO DISPERDENTE

Gli elementi costituenti l'impianto disperdente sono rappresentati da:

- conduttore cordato a treccia in rame – sezione utile 25 mm<sup>2</sup> (la sezione di progetto, pari a 35 mm<sup>2</sup> è determinata da considerazioni di natura meccanica legate alla modalità di posa), diametro del filo elementare 1.8 mm – in posa a 0.5 ÷ 1 m di profondità dal piano finale di calpestio; ripristino scavo con materiale omogeneo alla sezione di posa;
- picchetti di acciaio zincato in profilato a croce L = 1,5 m – spessore 5 mm, dimensione trasversale 50 mm;
- derivazioni in conduttore cordato a treccia in rame alla rete elettrosaldada di fondo (di particolare importanza in corrispondenza dei locali interessati dalle installazioni di II categoria come locali trasformatori, celle di arrivo, partenza e manovra MT, sito di installazione del generatore ecc.) e connessione a mezzo appositi morsetti e/o come da Norme CEI: laddove si abbia la sovrapposizione di più reti è raccomandabile l'interconnessione equipotenziale delle stesse per mezzo di saldatura ad arco e/o appositi morsetti a pettine;
- derivazioni in conduttore cordato a treccia in rame ai ferri di fondazione ed alle strutture metalliche in notevole contatto col terreno e connessione – interconnessione a mezzo appositi morsetti e/o come da Norme CEI;
- derivazioni in conduttore isolato di sezione calcolata (vedere anche oltre) per il conduttore di terra e collegamento ad idoneo collettore di terra in posa a parete. Le



attestazioni dei conduttori a tale elemento dovranno essere identificabili per mezzo di apposite targhette.

Il conduttore in rame nudo, che realizza il dispersore di sito, come illustrato nello specifico elaborato grafico, avrà una sezione di 50 mm<sup>2</sup>, che si ritiene la più opportuna dal punto di vista della resistenza meccanica alle sollecitazioni ed alla corrosione; data la presunta maggior resistività degli strati profondi del terreno, si intende limitare l'utilizzo di dispersori verticali al minimo necessario, privilegiando i dispersori orizzontali che offrono maggiori vantaggi sotto il profilo dell'equipotenzialità.

### 11.2.2 DIMENSIONAMENTO DEL CONDUTTORE DI PROTEZIONE

Nel sistema TN-S il conduttore di protezione è separato dal conduttore di neutro e serve a condurre la corrente di un eventuale guasto a terra lato BT verso il punto neutro dell'impianto (centro stella del trasformatore) realizzando un corto circuito e determinando l'intervento delle protezioni. La sezione è calcolata per ogni tratta utilizzando - per sezioni superiori a 35 mm<sup>2</sup> - la formula seguente.

La sezione del conduttore di protezione non sarà inferiore al valore determinato con la seguente formula

$$S_p = \sqrt{I^2 t} / K$$

dove:

$S_p$  = sezione del conduttore di protezione (mm<sup>2</sup>)

- $I$  = valore efficace della corrente di guasto che percorre il conduttore di protezione per un guasto franco a massa (A);
- $T$  = tempo di interruzione del dispositivo di protezione (s);
- $K$  = fattore il cui valore per i casi più comuni è dato nelle tabelle VI, VII, VIII e IX delle norme C.E.I. 64-8, e che per gli altri casi può essere calcolato come indicato nell'Appendice H delle stesse norme.

La sezione dei conduttori di protezione può essere anche determinata facendo riferimento alla tabella che segue: in questo caso, non è, in generale, necessaria la verifica attraverso l'applicazione della formula precedente. Se dall'applicazione della tabella risultasse una sezione non unificata, sarà adottata la sezione unificata immediatamente superiore al valore calcolato.

$S \leq 16$	$SP = S$
$16 \leq S \leq 35$	$SP = 16$
$S > 35$	$SP = S/2$

dove:

S = sezione dei conduttori di fase dell'impianto (mmq);

SP = sezione minima del corrispondente conduttore di protezione (mmq).

I valori della tabella precedente sono validi soltanto se il conduttore di protezione è costituito dello stesso materiale del conduttore di fase. In caso contrario, la sezione del conduttore di protezione deve essere determinata in modo da avere conduttanza equivalente. Se i conduttori di protezione non fanno parte della stessa condotta dei conduttori di fase la loro sezione non sarà inferiore a 6 mmq. Quando un unico conduttore di protezione deve servire più circuiti utilizzatori, questo dev'essere dimensionato in relazione alla sezione del conduttore di fase di sezione più elevata.

### 11.2.3 COLLEGAMENTI EQUIPOTENZIALI

Si raccomanda l'esecuzione di efficaci collegamenti equipotenziali principali laddove necessari (masse estranee entranti nell'edificio/impianto). Le minime sezioni previste dalla norma (metà della sezione PE con un minimo di 6 mm<sup>2</sup> ed un massimo di 25 mm<sup>2</sup>) saranno ragionevolmente aumentate nel caso di particolari e prevedibili sollecitazioni di natura meccanica e/o di altra natura. Localmente, ove necessario, si prevedano i collegamenti equipotenziali supplementari, come previsto dalle Norme CEI.

### Conduttori equipotenziali

La normativa raccomanda che il dimensionamento dei conduttori equipotenziali sia in linea con le sezioni minime dei conduttori di terra.

#### **11.2.4 CAMPO FOTOVOLTAICO**

Il campo fotovoltaico (inteso come l'insieme delle stringhe di pannelli, fino ai quadretti di campo e per estensione fino all'ingresso DC degli inverter) è gestito come sistema **IT**, ovvero con nessun polo connesso a terra.

Dovrà essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; la struttura di sostegno sarà collegata all'impianto di terra generale, comune all'intero impianto.

Gli inverter adottati effettuano una verifica della resistenza di isolamento, lato DC e, in caso di anomalia bloccano l'inverter.

#### **11.2.5 PROTEZIONE DA SCARICHE AMBIENTALI**

Una valutazione specifica del rischio fulminazione, ai sensi della norma EN 62305-2 (CEI 81-10/2), non è stata svolta in assenza di specifica richiesta da parte della committenza.

Secondo la norma citata si possono fare le seguenti considerazioni preliminari:

La presenza di elementi metallici di limitata sporgenza e di impianti elettrici, praticamente ad altezza suolo, non aumenta la probabilità di fulminazione del sistema in studio.

Le valutazioni di natura economica (R4), volte ad accertare la convenienza dell'adozione delle misure di protezione, non sono state condotte per quanto in premessa; sono comunque state previste le opportune protezioni specifiche contro le sovratensioni (lato d.c. e lato a.c.) a salvaguardia delle installazioni di progetto (cfr. capitolo 12).

Per la perdita di vite umane (R1) verosimilmente il rischio complessivo R non è maggiore di quello tollerato Ra in quanto escludendo sporadiche manutenzioni effettuate rigorosamente

in condizioni atmosferiche favorevoli è esclusa la presenza di persone in situ; adottare idonee misure di protezione per ridurre questo rischio non è quindi necessario.

Valutazioni più accurate, se richieste, dovranno essere svolte nelle successive fasi progettuali.

## 12 LIMITATORI DI SOVRATENSIONE

Le sovratensioni alle quali si intende prestare particolare attenzione sono quelle di modo comune, ovvero quelle che si manifestano tra le parti attive e la terra (F-PE, N-PE, POS-PE, NEG-PE); tali sovratensioni si possono manifestare a causa dell'innalzamento del potenziale dei conduttori attivi per una fulminazione esterna alla struttura.

Il criterio di scelta degli SPD è basato su una protezione a più livelli che comprende una protezione primaria, una protezione di secondo livello, tale da limitare la tensione residua a 2,5 kV / 1,5 kV ed una protezione fine (diretta) per gli apparati che tollerano tensioni massime inferiori a 1,5 kV:

- protezione dei circuiti di potenza BT (ingresso linea dei quadri generali) mediante limitatori ad alta energia di scarica (Corrente nominale 100 kA con fronte d'onda 10/350 s);
- protezione dei circuiti di potenza quadri di secondo livello mediante limitatori che avranno il compito di limitare le sovratensioni a 2,5 kV / 1,5 kV (corrente nominale 20 kA con forma d'onda 8/20 s).
- SPD in corrispondenza degli ingressi di tutti quadri elettrici e gli inverter;
- SPD per la specifica protezione di: apparati linee dati, apparati sensibili, linee dati, linee di segnale.

In prossimità delle apparecchiature più sensibili (apparati elettronici con tensione di tenuta pari od inferiore 1,5 kV), è dunque opportuna l'installazione di limitatori di sovratensione per la soppressione dell'impulso passante e/o dell'impulso dovuto alla concatenazione del campo elettromagnetico sulla spira formata dalle linee di alimentazione.

I limitatori di sovratensione sono da prevedersi nelle immediate vicinanze delle apparecchiature elettroniche sensibili sia sulle linee di alimentazione (energia) sia sulle linee di segnale.

E' previsto l'utilizzo di inverter muniti di scaricatori di sovratensione a bordo macchina sia lato DC sia lato AC.

### 13 PROTEZIONE DI INTERACCIA

La protezione di interfaccia per connessione sarà posta sul lato MT in corrispondenza della Cabina di Raccolta. La eventuale mancanza rete o la presenza di parametri di rete non idonei saranno evidenziati anche dai sistemi di monitoraggio degli inverter i quali provvederanno al loro distacco automatico e alla loro inserzione una volta ripristinato il guasto. A titolo precauzionale potrebbe essere messo in collegamento tramite fibra ottica e coordinato con la SPI anche il relè di comando dell'interruttore motorizzato estraibile posto nella SSEU. In questo modo la disconnessione dell'intero campo fotovoltaico in condizione di anomalia di rete diventerebbe subitanea.

### 14 CAVIDOTTO MT DI COLLEGAMENTO ALLA SSEU

Il collegamento tra l'area di intervento (zona impianto FV) e la SSEU, si svilupperà, principalmente, lungo la viabilità pubblica e verrà realizzato attraverso un cavidotto interrato in tripla terna di cavo MT, posato in formazione a trifoglio entro tubi corrugati in polietilene, come illustrato nelle sezioni di posa (si veda la tavola "TAV.20\_PROG. – Sezioni").

Il cavo impiegato sarà di tipo RG26H1M16 18/30kV unipolare in rame 3x1x300 in tripla terna.

La portata della linea in relazione alla modalità di posa sopra descritta sarà di c.a. 883 A. La massima corrente attesa si attesterà a circa 578,7 A quindi la condotta vede un coefficiente di sicurezza di poco inferiore a 1.5 circa che in questa fase della progettazione è correttamente cautelativo.

La sezione di posa raccomandata prevede uno scavo di profondità nominale pari a circa 1,5 m, secondo lo schema di posa descritto nel seguito.

I cavi di potenza saranno posati entro scavi a cielo aperto a sezione ristretta (Scavi a trincea), alloggiati entro tubi in PE, conformi alla Norma CEI EN 50086-2-4 della serie pesante e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico.

Tutti i tubi verranno sistemati in terreno di riporto, la cui resistività termica verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata; la sabbia riempirà la sezione di scavo per uno spessore non inferiore a 10 cm al di sopra dell'estradosso del tubo di protezione.

Nello stesso scavo sarà posato un cavo con fibre ottiche per trasmissione dati, alloggiato entro tubo corrugato in PE diam. 50-63 mm.

La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto.

Altre soluzioni di posa particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera oppure in canaline o tubazioni zancate a strutture esistenti potranno essere adottate per attraversamenti specifici.

In corrispondenza degli attraversamenti di canali, corsi d'acqua, svincoli stradali, ferrovia o di altro servizio, che non consenta l'interruzione del traffico (o del servizio a cui a cui la infrastruttura è destinata), la posa potrà essere realizzata con il sistema della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), che non comporta alcun tipo di interferenza con le strutture superiori esistenti, che verranno, dunque, attraversate in sottopasso.

Ove necessario ed in accordo con l'ente proprietario potranno essere valutate altre metodologie di attraversamento, già menzionate, quali:

- Posa in canaline o tubazioni zancate a parete di viadotti o ponti esistenti
- Posa su strutture reticolari adiacenti a viadotti o ponti esistenti
- La scelta più opportuna verrà fatta in una fase successiva della progettazione dell'opera.

Gli attraversamenti delle opere interferenti saranno in ogni caso eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17 (salvo diverse indicazioni imposte dall'ente proprietario o gestore dell'infrastruttura).

Alcune note operative relative alla tecnica della trivellazione orizzontale controllata (TOC).

Questo tipo di perforazione consiste essenzialmente nella realizzazione di un cavidotto sotterraneo mediante il radiocontrollo del suo andamento plano-altimetrico. Il controllo della perforazione è reso possibile dall'utilizzo di una sonda radio montata in cima alla punta di perforazione, questa sonda dialogando con l'unità operativa esterna permette di controllare e correggere in tempo reale gli eventuali errori. Le operazioni di trivellazione si sintetizzano nelle tre fasi operative:

- Realizzazione del foro pilota
- Allargamento del foro pilota
- Posa del tubo camicia

La terza ed ultima fase che in genere, su terreni morbidi e/o incoerenti, avviene contemporaneamente a quella di "alesaggio", è l'infilaggio del tubo camicia all'interno del foro alesato. La tubazione camicia, generalmente in PEAD, se di diametro superiore ai 110 mm, viene saldata a caldo preventivamente, e ancorata ad uno strumento di collegamento del tubo camicia all'asta di rotazione. Questo strumento, chiamato anche "girella", evita durante il tiro del tubo camicia che esso ruoti all'interno del foro insieme alle aste di perforazione.

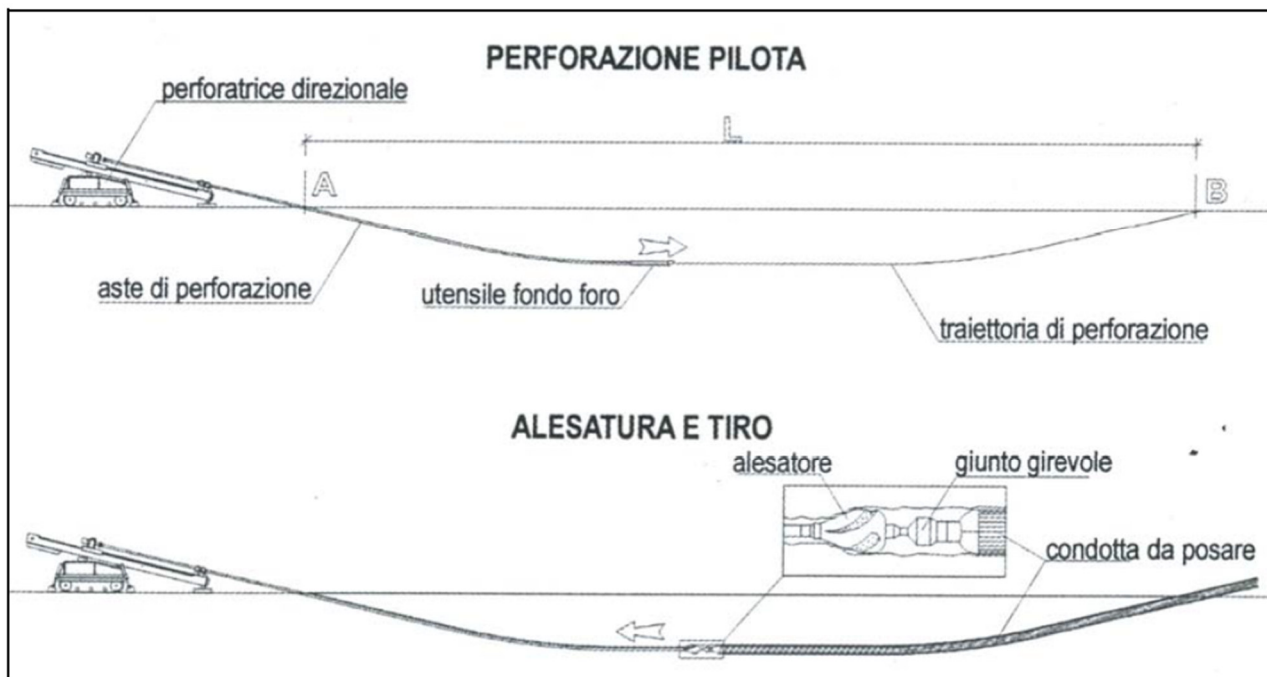


Fig. 7 Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)

Si raccomanda si seguire le prescrizioni geometriche di intersezione che si evincono dalle disposizioni Terna spa come di seguito indicato.

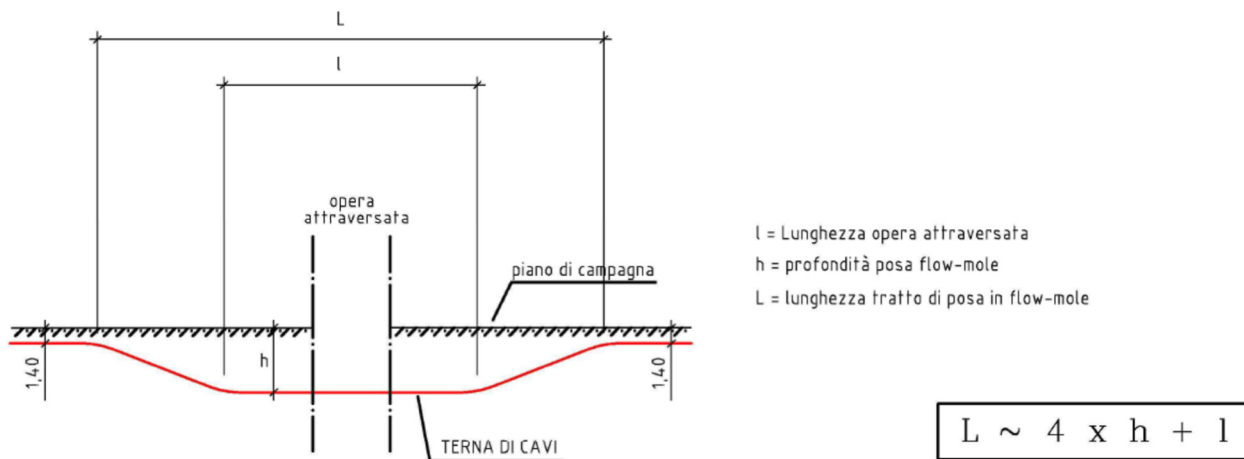


Fig. 8 – Prescrizioni geometriche (TERNA)



Il percorso, previsto per la connessione dell'impianto in studio (cabina di raccolta) con la sottostazione utente di trasformazione (SSEU), si sviluppa per circa 7,2 km e, prevedibilmente, sarà necessario predisporre un certo numero di buche giunti col fine di giuntare le pezzature di cavo, secondo normativa ed in funzione della lunghezza delle pezzature di cavo.

La buca giunti è un vano che prevede un incremento della profondità di scavo e si allarga rispetto alla normale trincea del cavidotto. In essa hanno luogo gli interscambi, gli eventuali loop e i giunti stagni. La localizzazione puntuale delle buche giunti avverrà in fase di progettazione esecutiva. Si riporta nel seguito uno schema tipico di buca giunti.

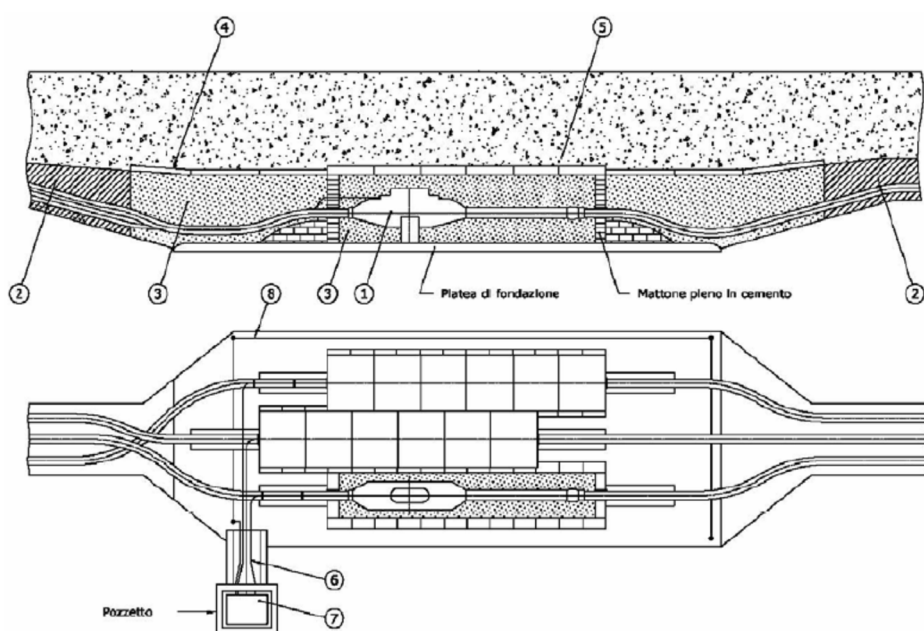


Fig. 9 Tipico layout buca giunti

Rif. DESCRIZIONE DEI MATERIALI

- 1 Giunti unipolari sezionati
- 2 Cemento magro
- 3 Sabbia a bassa resistività termica
- 4 Lastra protezione cavi
- 5 Lastra protezione giunti
- 6 Cavo concentrico
- 7 Cassetta sezionamento guaine
- 8 Collegamento a terra guaine metallica

## 15 CONNESSIONE DELL'IMPIANTO ALLA RTN DI TERNA SpA

Nelle presenti sezioni sono affrontate le opere elettromeccaniche necessarie per la connessione dell'impianto agrivoltaico, denominato "Piombino", alla RTN di Terna SpA con particolare riferimento alle opere necessarie per realizzare la Sottostazione di Trasformazione Utente da prevedersi in prossimità della SE "Populonia" di Terna.

### 15.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito sono riportati i principali riferimenti normativi applicati nella progettazione dell'impianto o comunque di supporto:

- Decreto Legislativo 16 marzo 1999, n. 79/99: "Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica";
- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. 281 del 19 dicembre 2005: "Condizioni per l'erogazione del servizio di connessione alle reti elettriche con tensione nominale superiore ad 1 kV i cui gestori hanno obbligo di connessione di terzi";
- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. 168 del 30 dicembre 2003: "Condizioni per l'erogazione del pubblico servizio di dispacciamento dell'energia elettrica sul territorio nazionale e per l'approvvigionamento delle relative risorse su base di merito economico, ai sensi degli articoli 3 e 5 del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79" e relativo Allegato A modificato con ultima deliberazione n.20/06;
- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. 39 del 28 febbraio 2001: "Approvazione delle regole tecniche adottate dal Gestore della rete di trasmissione nazionale ai sensi dell'articolo 3, comma 6, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79";
- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. 333 del 21 dicembre 2007: "Testo integrato della regolazione della qualità dei servizi di distribuzione, misura e vendita dell'energia elettrica" – TIQE;

- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. 348 del 29 dicembre 2007: "Testo integrato delle disposizioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas per l'erogazione dei servizi di trasmissione, distribuzione e misura dell'energia elettrica per il periodo di regolazione 2008-2011 e disposizioni in materia di condizioni economiche per l'erogazione del servizio di connessione" e relativi allegati: Allegato A, di seguito TIT, Allegato B, di seguito TIC;
- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas ARG/elt 99/08 del 23 luglio 2008: "Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo integrato delle connessioni attive – TICA)";
- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas ARG/elt 179/08 del 11 dicembre 2008: "Modifiche e integrazioni alle deliberazioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas ARG/elt 99/08 e n. 281/05 in materia di condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica";
- Norma CEI 0-16 "Regole Tecniche di Connessione (RTC) per Utenti attivi ed Utenti passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica";
- DLgs n. 81 del 09/04/2008 TESTO UNICO SULLA SICUREZZA per la Prevenzione degli Infortuni sul Lavoro;
- DM n. 37 del 22/01/2008 Norme per la sicurezza degli impianti;
- Dlg 791/77 "Attuazione della direttiva 73/23/CEE riguardanti le garanzie di sicurezza del materiale elettrico";
- Legge n° 186 del 01/03/68;
- DPR 462/01;
- Direttiva CEE 93/68 "Direttiva Bassa Tensione";
- Direttiva 2004/108/CE, CEI EN 50293 "Compatibilità Elettromagnetica";

- Norma CEI 64-8: “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata a 1500 V in corrente continua;
- CEI 17-44 Ed. 3a 2000 (CEI EN 60947-1) CEI 17-44;V1 2002 (CEI EN 60947-1/A1) CEI 17-44; V2 2002 (CEI EN 60947-1/A2) “Apparecchiature a bassa tensione - Parte 1: Regole generali”;
- CEI 70-1 Ed. 2a 1997 (CEI EN 60529) CEI 70-1;V1 2000 (CEI EN 60529/A1) “Grado di protezione degli involucri (Codice IP)”;
- CEI EN 60439-1 “Normativa dei quadri per bassa tensione”;
- CEI 20-22 II, 20-35, 20-37 I, 23-48, 23-49, 23-16, 23-5;
- CEI 23-51 “Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare”;
- CENELEC EUROPEAN “Norme del Comitato Elettrotecnico Europeo”;
- CEI – UNEL 35011 “Sistema di codifica dei cavi”;
- CEI 214-9 “Requisiti di progettazione, installazione e manutenzione”;
- Norma CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo”;
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati Climatici;
- UNI 8477/1 Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia Valutazione dell’energia raggiante ricevuta;
- Legge 46/1990, DPR 447/91 (regolamento attuazione L.46/90) per la sicurezza elettrica;
- Per le strutture di sostegno: DM MLP 12/2/82.

L’elenco normativo è riportato soltanto a titolo di promemoria informativo; esso non è esaustivo per cui eventuali leggi o norme applicabili, anche se non citate, verranno comunque applicate.

## 15.2 CONNESSIONE ALLA RTN IN AT @132 kV

Per la connessione alla RTN è stata richiesto ed accettato il preventivo di connessione rilasciato da **Terna** (Codice Pratica: **202301593**) elaborato secondo le seguenti condizioni:

- Potenza in immissione richiesta (art. 1.1,x del TICA): **27.390 kW**
- Potenza nominale dell'impianto di produzione: **32.062,80 kW**
- Potenza richiesta in prelievo: 100 kW
- Potenza ai fini della connessione in AT (art. 1.1,z del TICA): **27.390 kW**

I seguenti dati sono relativi al punto di connessione dell'impianto in oggetto alla rete AT con tensione nominale pari a 132 kV ed identificato con il codice di rintracciabilità della richiesta **202301593**.

### 15.3 SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE UTENTE

La sottostazione di trasformazione utente, riceve l'energia proveniente dal parco fotovoltaico e la eleva alla tensione di 132kV.

La sottostazione utente sarà costituita da due sezioni, in funzione dei livelli di tensione: la parte di media tensione, contenuta all'interno delle cabine di stazione e la parte di alta tensione, costituita dalle apparecchiature elettriche con isolamento in aria, ubicate nell'area esterna della stazione utente. La cabina di stazione sarà costituita dai locali contenenti i quadri di MT con lo scomparto di arrivo/partenza linea dall'impianto fotovoltaico, dallo scomparto per alimentare il trasformatore BT/MT dei servizi ausiliari di cabina, dagli scomparti misure e protezioni MT e dallo scomparto MT per il collegamento al trasformatore MT/AT, necessario per il collegamento alla RTN.

### 15.4 IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE

Lo stallo di trasformazione "utente" verrà connesso alla rete elettrica nazionale con lo schema di inserimento IS2 (inserimento in stazione adiacente) mediante cavidotto interrato in AT da 240 mm<sup>2</sup>, alla SE di Populonia di TERNA a 132kV che sarà opportunamente equipaggiata al fine di ricevere l'arrivo linea utente.

## 15.5 DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELL'SSEU

La stazione di trasformazione è essenzialmente costituita da uno stallo trasformatore elevatore.

Lo stallo trasformatore è costituito principalmente dalle seguenti apparecchiature:

- Trasformatore elevatore 30/132 kV da 32/40 MVA, ONAN/ONAF;
- Scaricatori di sovratensione per reti a 132 kV con sostegno;
- Trasformatori di corrente e di tensione con sostegni, per misure e protezioni,
- Armadio di smistamento in prossimità dei TA e TV;
- Interruttore tripolare 145 kV;
- Sezionatore tripolare verticale 145-170 kV con lame di terra.
- Scaricatore di sovratensione;
- Terminali per cavi AT.

L'impianto viene completato dalla sezione MT/BT, la quale risulterà composta da:

- Quadri MT a 30 kV, completi di:
  - o Scomparti di sezionamento;
  - o Scomparti misure;
  - o Scomparti protezione generale;
  - o Comparto trasformatore ausiliari;
- Trasformatore MT/BT servizi ausiliari 30/0,4 kV da 100 kVA;
- Quadri servizi ausiliari;
- Quadri misuratori fiscali;
- Sistema di monitoraggio e controllo.

## 15.6 PRINCIPALI APPARECCHIATURE AT

Le caratteristiche principali (dati nominali e vincoli di ingombro) delle apparecchiature AT risultano conformi da quanto previsto dall'allegato A3 del Codice di Rete redatto da TERNA "Requisiti e caratteristiche di riferimento delle Stazioni RTN".

Gli interruttori sono del tipo in esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>), per installazione all'esterno, conformi alla Norma CEI 17-1 (1998). Essi sono comandabili sia localmente (prova), sia a distanza (servizio). L'armadio di comando è dotato di un commutatore di scelta servizio a chiave, a due posizioni (servizio/prova) e di pulsanti di comando chiusura/apertura (manovre unipolari).

I sezionatori, del tipo per installazione all'esterno, sono provvisti di meccanismi di manovra a motore e manuali e sono conformi alla Norma CEI EN 60129. Essi sono previsti con comando tripolare ed armadio di comando unico. Oltre all'armadio di comando, è previsto un armadio di interfaccia con il sistema di protezione e controllo e SA della stazione (comandi, segnali e alimentazioni) che contiene un commutatore di scelta servizio. In caso di sezionatori combinati con sezionatori di terra, sono previsti armadi separati per ciascun apparecchio. Il commutatore di scelta servizio può assumere le tre posizioni Servizio/Prova/Manuale che abilitano rispettivamente i comandi remoti, quelli a mezzo di pulsanti locali e le operazioni manuali tramite manovella. Tutti i comandi sono condizionati da un consenso elettrico di "liceità manovra" proveniente dall'esterno. I sezionatori combinati con sezionatori di terra sono dotati di un dispositivo di interblocco meccanico diretto che consente la manovra del sezionatore di terra solo con sezionatore aperto e di eseguire le manovre del sezionatore solo con sezionatore di terra aperto.

I trasformatori di corrente, del tipo per installazione all'aperto, sono conformi alla Norma CEI 38-1 (1998). Essi possono essere del tipo con isolamento in carta-olio o del tipo con isolamento in SF<sub>6</sub>.

I TA in SF<sub>6</sub> soddisfano le disposizioni del DM 10/9/81, relative alla "Disciplina dei contenitori a pressione di gas con membrane miste di materiale isolante e materiale metallico e contenenti parti attive di apparecchiature elettriche"; è prevista una valvola di sicurezza per le sovrappressioni interne ed un manodensostato per il controllo della pressione: allarme (necessità di rabbocco) e blocco (messa fuori servizio del TA in corrispondenza alla densità minima a cui è garantito il livello di isolamento nominale).

I TA con isolamento in carta-olio sono provvisti di dispositivo di compensazione delle variazioni del volume dell'olio isolante in tutto il campo di temperatura prescritto, che impedisce il contatto

dell'olio con l'atmosfera e l'insorgere di sovrappressioni o depressioni all'interno del trasformatore stesso.

Gli isolatori sono in porcellana di colore bruno rispondenti alle Norme CEI 36-8 (1998).

I trasformatori di tensione di tipo capacitivo, per installazione all'esterno, sono conformi alle Norme CEI 38-2 (1998). Il dielettrico è costituito da carta o da carta e polipropilene. Il liquido impregnante è biodegradabile e compatibile con l'ambiente. Il divisore capacitivo è sigillato e provvisto al suo interno di dispositivo di compensazione delle variazioni di volume del liquido isolante. Gli isolatori delle singole unità capacitive sono in un solo pezzo, in porcellana di colore bruno rispondenti alle Norme CEI 36-8 (1998).

Il dispositivo di accoppiamento e gli organi di sbarramento consentono l'iniezione nella linea elettrica di segnali dall'apparato ad onde convogliate senza indurre rischi per il personale e per gli stessi apparati e con le minime perdite di potenza possibili. L'organo di sbarramento da installare è completo di dispositivi di protezione e di dispositivi di accordo ed è dimensionato per le correnti nominali in regime permanente e di breve durata definite. L'organo di sbarramento è installato su trasformatore di tensione, mentre il dispositivo di accoppiamento è installato in una cassetta montata sul sostegno del TVC, completa di sezionatore di messa a terra e scaricatore.

Tutte le apparecchiature saranno rispondenti alle Norme tecniche CEI citate e alle prescrizioni Terna. Le caratteristiche elettriche della sezione AT saranno le seguenti:

- Tensione di esercizio: 132 kV;
- Tensione massima di sistema: 145 kV;
- Frequenza: 50 Hz;
- Tensione di tenuta alla frequenza industriale:
  - o Fase-fase e fase-terra: 325 kV;
  - o Sulla distanza di isolamento: 375 kV;
- Tensione di tenuta ad impulso (1.2-50µs):
  - o Fase-fase e fase-terra: 750 kV;
  - o Sulla distanza di isolamento: 860 kV;



- Corrente nominale sulle sbarre: 2000 A;
- Corrente nominale di stallo: 1250 A;
- Corrente di corto circuito: 31,5 kA.

### 15.6.1 TRASFORMATORE DI POTENZA

- Rapporto di trasformazione AT/MT: 132+/-10x1,25% / 30 kV;
- Potenza di targa: 32/40 MVA;
- Tipo di raffreddamento: ONAN/ONAF;
- Gruppo vettoriale: YNd11 (stella/triangolo con neutro esterno lato 132 kV previsto per collegamento a terra);
- Tensione di cortocircuito:  $V_{cc}=13\%$ ;
- Tipo di commutatore: sotto carico;
- Tipo di regolazione della tensione: sull'avvolgimento 132 kV;
- Tipo di isolamento degli avvolgimenti AT e MT: uniforme;
- Tensione massima avvolgimento AT: 145 kV;
- Tensione massima avvolgimento MT: 36 kV.

### 15.6.2 INTERRUTTORE 145 kV

- Tensione nominale: 145 kV;
- Livello di isolamento nominale o Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico: 750 kV;
- Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale: 325 kV;
- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Corrente nominale: 2000 A;
- Durata nominale di corto circuito: 1 s;
- Tensioni nominali di alimentazione dei circuiti ausiliari: o Corrente continua: 110 V;

- Corrente alternata monofase/trifase: 230/400 V;

### **15.6.3 SEZIONATORE ORIZZONTALE 145-170 kV CON LAME DI TERRA**

- Salinità di tenuta a 98 kV: 56 kg/m<sup>3</sup>;
- Tensione nominale: 145 kV;
- Corrente nominale: 2000 A;
- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Corrente nominale di breve durata: o Valore efficace: 31,5 kA;
- Valore di crescita: 100 kA;
- Durata ammissibile della corrente di breve durata: 1 s;
- Tensione di prova ad impulso atmosferico: o Verso massa: 650 kV;
- Sul sezionamento: 750 kV;
- Tensione di prova a frequenza di esercizio: o Verso massa: 275 kV:
  - Sul sezionamento: 315 kV;
- Tensioni nominali di alimentazione: o motore: 110 Vcc:
  - circuiti di comando ed ausiliari: 110 Vcc;
  - resistenza di riscaldamento: 230 Vca;
- Tempo di apertura/chiusura: < 15 s.

### **15.6.4 TRASFORMATORE DI TENSIONE CAPACITIVI**

- Rapporto di trasformazione nominale 132.000:RADQ(3) / 100:RADQ(3) V;
- Rapporto di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s: 1,5;

### **15.6.5 TRSASFORMATORE DI TENSIONE INDUTTIVI**

- Tensione nominale: 132.000:RADQ(3) / 100:RADQ(3) V;
- Rapporto di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s: 1,5.

### 15.6.6 SOSTEGNI, ISOLATORI, MORSETTI, CONNESSIONI

I sostegni dei componenti e delle apparecchiature di stazione sono di tipo tubolare. Il tipo tubolare viene utilizzato per la realizzazione dei sostegni delle apparecchiature AT, delle sbarre e degli isolatori per i collegamenti ad alta tensione. Tutti i sostegni sono rispondenti alle seguenti Norme e Decreti:

- Norme CEI 7-6 e 11-4
- Norme UNI 3740 e 7091
- Norme UNI EN 10025 e 10045/1
- Norma CNR UNI 10011
- DM 1086 del 05/11/71

Gli isolatori utilizzati per le sbarre, per i sezionatori (isolatori portanti e di manovra) e per le colonne portanti sono realizzati in porcellana e sono conformi alle Norme CEI 36-12 e CEI EN 60168. L'altezza degli isolatori è pari a 1500 mm, la lunghezza della linea di fuga è pari a 2300 o 3350 mm in funzione della salinità di tenuta (rispettivamente 14 o 56 g/l).

La morsettiera AT di stazione è conforme alle Norme CEI EN 61284 e comprende tutti i pezzi adottati per le connessioni delle sbarre, per le connessioni tra le apparecchiature e per quelle tra le apparecchiature e le sbarre, nonché quelli necessari per gli amarri di linea. La morsettiera è dimensionata per le correnti di breve durata definite.

### 15.7 RETE DI TERRA

La rete di terra della stazione interesserà l'area recintata dell'impianto (cfr par. 11).

Il dispersore dell'impianto ed i collegamenti dello stesso alle apparecchiature, saranno realizzati secondo l'unificazione TERNA per le stazioni a 132 kV e quindi dimensionati termicamente per una corrente di guasto di 31,5 kA per 0,5 sec.

Il dispersore sarà costituito da una maglia realizzata in corda di rame da 63 mm<sup>2</sup> interrata ad una profondità di circa 0,8 m composta da maglie regolari di lato adeguato.

Il lato della maglia sarà scelto in modo da limitare le tensioni di passo e di contatto a valori non pericolosi, secondo quanto previsto dalla norma CEI 99-2.

Nei punti sottoposti ad un maggiore gradiente di potenziale le dimensioni delle maglie saranno opportunamente infittite, come pure saranno infittite le maglie nella zona apparecchiature per limitare i problemi di compatibilità elettromagnetica.

Tutte le apparecchiature saranno collegate al dispersore mediante due o quattro corde di rame con sezione di 120 mm<sup>2</sup>.

Al fine di contenere i gradienti in prossimità dei bordi dell'impianto di terra, le maglie periferiche presenteranno dimensioni opportunamente ridotte e bordi arrotondati.

I ferri di armatura dei cementi armati delle fondazioni, come pure gli elementi strutturali metallici saranno collegati alla maglia di terra della stazione

## 15.8 FABBRICATI

All'interno della Sottostazione Elettrica Utente di Trasformazione sarà presente la cabina di stazione avente le seguenti caratteristiche generali:

### 15.8.1 CABINA DI STAZIONE

Destinata a contenere i quadri di comando e controllo della stazione, gli apparati di tele-operazione e i vettori, gli uffici ed i servizi per il personale di manutenzione, sarà formato da un corpo di dimensioni in pianta 25,00 x 6,00 m ed altezza fuori terra di 3,50 m.

La costruzione dell'edificio è prefabbricata con struttura in c.a. La copertura a tetto piano, opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi realizzati in alluminio anodizzato naturale.

Particolare cura è osservata ai fini dell'isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla Legge n. 373 del 04/04/1975 e successivi aggiornamenti nonché alla Legge n. 10 del 09/01/1991 e successivi regolamenti di attuazione.

Tale edificio conterrà seguenti locali:

- locale quadri MT @ 30 kV;
- locale trasformatore servizi ausiliari TSA1;
- locale BT con all'interno:
- locale batterie;
- locale misure.

## 15.9 SISTEMA DI PROTEZIONE E CONTROLLO

Il sistema scelto per la protezione, il comando e controllo dell'impianto apparterrà ad una generazione di apparecchiature in tecnologia digitale, aventi l'obiettivo di integrare le funzioni di acquisizione dati, controllo locale e remoto, protezione ed automazione. Esso sarà conforme all'allegato A68 del Codice di Rete redatto da TERNA "Centrali Fotovoltaiche Condizioni generali di connessione alle reti AT Sistemi di protezione regolazione e controllo".

Per le apparecchiature periferiche di protezione e controllo sono previsti dei chioschi prefabbricati posizionati nelle immediate vicinanze dei TA e degli interruttori.

## 15.10 VARIE

Le fondazioni delle varie apparecchiature saranno realizzate in conglomerato cementizio armato.

Le aree interessate dalle apparecchiature elettriche saranno sistemate con finitura a ghiaietto, mentre le strade e piazzali di servizio destinati alla circolazione interna, saranno pavimentati con binder e tappetino di usura in conglomerato bituminoso e delimitati da cordoli in calcestruzzo prefabbricato.

Per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche, sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale che convoglierà la totalità delle acque raccolte in due distinte vasche di prima pioggia per essere successivamente conferite ad un corpo ricettore compatibile con la normativa in materia di tutela delle acque.

Per l'ingresso alla stazione, sarà previsto un cancello carrabile largo 7,00 metri ed un cancello pedonale, ambedue inseriti fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato.

La recinzione perimetrale sarà costituita da manufatti prefabbricati in cls.

Per l'illuminazione esterna della Sottostazione SSEU sono previste n. 2 torri faro a corona mobile equipaggiate con proiettori orientabili.

### 15.11 LIVELLI DI CORTO CIRCUITO

Il livello di corto circuito trifase per il dimensionamento della stazione (potere interruzione interruttori, corrente di breve durata dei sezionatori e TA, caratteristiche meccaniche degli isolatori portanti, sbarre e collegamenti e dimensionamento termico della rete di terra dell'impianto) è di 31,5 kA.

Le correnti di regime previste sono:

Per le sbarre: 1250 A

Per gli stalli: 2000 A

Le correnti limite di funzionamento previste sono:

- Linea e arrivo gruppo: 1250 A
- Sbarre: 2000 A
- Corrente di c.to c.to di progetto: 31,5 kA
- Frequenza: 50 Hz

Con tali valori si possono coprire tutte le esigenze locali della rete previste da TERNA

## 15.12 RUMORE

Nella stazione è previsto esclusivamente macchinario statico che costituisce quindi una modesta sorgente di rumore. In ogni caso, la stazione viene realizzata in ottemperanza alla legge 26.10.95 n. 447, al DPCM 01.03.91 ed in modo da contenere il rumore prodotto al di sotto dei limiti previsti dal DPCM 14.11.97.

## 15.13 EFFETTO CORONA E COMPATIBILITA' ELETTRICITÀ

Vengono rispettate le raccomandazioni riportate nella Norma CEI 99-2.

## 15.14 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

E' previsto un unico livello di isolamento esterno di 650 kVcr a impulso atmosferico e di 275 kV a f. i. con distanze minime di isolamento in aria fase-terra e fase-fase di 130 cm. Per gli isolamenti interni sono previsti due livelli di isolamento, 750 kVcr a impulso atmosferico e 325 kV a f.i.. La protezione dell'isolamento delle apparecchiature degli stalli linea, ad interruttore aperto, è assicurata da spinterometri, montati sulle catene di amarro delle linee, caratterizzati da una tensione di scarica 50% ad impulso atmosferico pari a 560 kVcr. I calcoli delle frecce e delle sollecitazioni dei conduttori di energia, dei sostegni e delle relative fondazioni, le distanze di rispetto dei conduttori e dei sostegni sono rispondenti alla legge n° 339 del 28/6/1986 ed alle norme contenute nei Decreti del Ministero dei LL.PP. del 21/3/1988 e del 16/1/1991; per quanto concerne le distanze tra conduttori di energia e fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporti tempi di permanenza prolungati, queste sono conformi al dettato del DPCM 23/4/1992 ed al decreto attuativo della Legge n. 36 del 22 febbraio 2001.

## **15.15 DM 15 LUGLIO 2014 – APPROVAZIONE DELLA REGOLA TECNICA DI PREVENZIONE INCENDI PER LA PROGETTAZIONE, L'INSTALLAZIONE DELLE MACCHINE ELETTRICHE FISSE CON PRESENZA DI LIQUIDI UISOLANTI COMBSTIBILI IN QUALITA' SUPERIORE AD 1 MC.**

Le disposizioni contenute nel presente decreto si applicano per la progettazione, la costruzione e l'esercizio di macchine elettriche fisse con la presenza di liquidi isolanti combustibili in quantità superiori ad 1 m<sup>3</sup>.

Si precisa che la Sottostazione Elettrica Utente di trasformazione rientra tra le attività soggette al controllo dei Vigili del Fuoco secondo il DM 15 luglio 2014 per la presenza del trasformatore di alta tensione isolato in olio minerale (combustibile).

L'attività in questione è la "Attività 48.1.B : Macchine elettriche fisse con presenza di liquidi isolanti combustibili in quantitativi superiori 1 mc".

Il trasformatore previsto avrà un contenuto di olio inferiore al limite di 20.000 litri, quindi in accordo al DM 15 luglio 2014 dovranno essere rispettate tutte le prescrizioni relative a macchine elettriche fisse con installazione all'aperto in aree urbanizzate (tipo B1).

Per quanto riguarda il sistema di estinzione incendi verrà considerata una rete idranti all'aperto in accordo alla UNI107779 con capacità di protezione ordinaria, alimentata da acquedotto pubblico.

In questo caso sarà prevista una copertura con idranti UNI45 aventi una porta pari a 120l/min e pressione residua 0.2MPa con funzionamento contemporaneo previsto di n. 2 idranti.

Sarà necessario verificare la presenza, all'interno di una distanza di 500m dal punto d'installazione della SSEU, di n. 1 idrante derivato da rete pubblica UNI70 per il rifornimento dei mezzi dei V.V.F. in grado di erogare una portata di 300l/min.

Qualora l'idrante non sia presente, sarà necessario derivarlo dalla rete idranti della SSEU, in questo caso il funzionamento dell'idrante per rifornimento V.V.F. dovrà essere contemporaneo al funzionamento dei n. 2 idranti UNI45. In questo caso, qualora l'acquedotto pubblico non abbia caratteristiche adeguate (in termini di portata, pressione e continuità di esercizio) ad alimentare il



sistema descritto, sarà necessario progettare l'installazione di un adeguato gruppo di pompaggio completo di riserva idrica in conformità alla norma UNI12845.

15Le condutture interrate, saranno collocate, se possibile, su tracciati viari esistenti sia comunali che consorziali o di ANAS, ad esclusione dei tratti di attraversamento del Fiume Cornia, della Strada SS398 e di un piccolo tratto di terreno privato, il tutto identificato meglio nelle tavole.

Nella condotta inerente la parte di MT, ossia tra la cabina di raccolta e la nostra SSEU, avremo 3 tubazioni con all'interno dei tubi corrugati in polietilene con dei cavi di tipo RG26H1M16 18/30kV unipolari 3x1x300 in tripla terna. In merito al tratto di cavo in AT si precisa che verrà utilizzato un cavo da 240 mmq che permetterà la connessione dalla SSEU fino allo stallo di Terna presente nella SE denominata Populonia, punto di allaccio alla rete.

Si precisa che a valle delle varie autorizzazioni verrà redatta da Terna la Soluzione Tecnica Minima di Dettaglio con la soluzione definitiva dell'allaccio.

Da un confronto con il Consorzio Strade del Comune di Piombino si sono identificate nella cartografia sotto quelle di loro competenza.

## 16 SCELTA DEI MATERIALI

La tipologia dei pannelli FV e degli inverter utilizzati per l'impianto è stata concordata con il Committente secondo logiche legate alla disponibilità tecnica e temporale, oltre che per ragioni puramente commerciali.

Nella relazione tecnica sono riportate le schede tecniche dei pannelli e degli inverter previsti.

Gli impianti da impiegarsi nel progetto in oggetto dovranno essere realizzati con materiali/componenti di fornitori primari, dotati di Marchio di Qualità, di marchiatura o di autocertificazione del Costruttore, attestanti la costruzione a regola d'arte secondo la Normativa tecnica e la Legislazione vigente applicabile.

Tutti i materiali, impiegati nella realizzazione dei lavori, dovranno essere conformi alle prescrizioni indicate nella presente specifica tecnica, nelle norme CEI, alle dimensioni unificate secondo le tabelle UNEL e provvisti del marchio IMQ (quando ammessi al regime del marchio).

Tutti i materiali/componenti, rientranti nel campo di applicazione delle Direttive 73/23/CEE ("Bassa Tensione") e 89/336/CEE ("Compatibilità Elettromagnetica") e successive modifiche/aggiornamenti, saranno conformi ai requisiti essenziali in esse contenute e saranno contrassegnati dalla marcatura CE.

Essi dovranno essere adatti all'ambiente nel quale saranno installati ed in relazione al tipo di esercizio; inoltre dovranno essere di nuova costruzione, scelti per qualità e provenienza da case costruttrici di chiara fama e fra quanto di meglio il mercato sia in grado di fornire. Dovranno altresì possedere caratteristiche tali da resistere ad azioni e sollecitazioni meccaniche, corrosive, dovute all'umidità, irraggiamento solare e temperature per le quali si prevede che possano essere esposti durante l'esercizio.

## 17 PRESCRIZIONI SPECIFICHE DI SICUREZZA E DI MANUTENZIONE

Essendo l'impianto di tipo ordinario, non sono previste particolari disposizioni di sicurezza, operative e di manutenzione, conseguenti alle scelte progettuali.

Più in generale si raccomanda l'esecuzione delle verifiche iniziali ad impianto completato, ed una normale attività di manutenzione durante la vita dell'impianto stesso, con particolare riguardo agli aspetti inerenti alla sicurezza.

Qui nel seguito si riprendono alcuni concetti base, che verranno ampliati nelle future fasi progettuali.

Le cabine elettriche (locale consegna, trasformatori, sala quadri ecc.), dovranno essere dotate, all'atto della messa in servizio di:

- dispositivi che permettano di eseguire la manutenzione e l'esercizio in condizioni di sicurezza;
- adeguati mezzi di estinzione;
- avvisi, targhe e cartelli monitori.

Specifiche e più dettagliate prescrizioni relative all'autorizzazione all'esercizio, alla manutenzione ed alla sicurezza sono valutate dalla committenza in funzione delle reali esigenze produttive in ogni caso in conformità alle indicazioni del responsabile della sicurezza – se previsto – ed alla normativa di legge applicabile.

### **17.1 DOTAZIONI DI SICUREZZA E MEZZI DI ESTINZIONE**

Nel locale, dove possono essere effettuate manovre sull'impianto di II categoria, devono essere rese disponibili le dotazioni di sicurezza necessarie nel rispetto delle normative vigenti. Salvo specifiche esigenze di produzione, da evidenziarsi a cura della proprietà e/o dell'amministrazione, si ritiene adeguata la dotazione di base di pedana isolante, guanti isolanti, maniglia a braccio per le operazioni previste sugli interruttori di manovra.

Mezzi di estinzione di tipo e quantità adeguate devono essere disposti in luoghi adeguatamente chiusi, possibilmente nei pressi delle porte di accesso e facilmente accessibili dall'esterno.

### **17.2 TARGHE E AVVISI**

Le cabine dovranno essere dotate di targhe, avvisi e cartelli segnalatori di pericolo come segue: all'esterno delle cabine e su ciascuna porta d'accesso: un cartello segnalatore di pericolo e di divieto d'accesso. Tale cartello deve contenere l'identificazione della cabina; sulla porta d'accesso, all'interno ed all'esterno della cabina: una targa con le istruzioni di primo soccorso alle vittime di incidenti elettrici; all'interno della cabina dev'essere riportato lo schema elettrico dell'impianto come da art. 6.1.04 della Norma CEI 11-1.

Un cartello segnalatore di pericolo triangolare deve essere disposto:

- per le cabine a giorno: sulle pareti esterne dei muri o tramezzi contigui ai locali di uso generale;
- per le cabine equipaggiate con apparecchiatura di II categoria con involucro metallico: su tutti i pannelli smontabili mediante utensili e che permettono l'accesso a parti in tensione.

Quando la cabina prevede batterie di condensatori, le porte delle celle corrispondenti devono essere munite di una targa che segnali la presenza degli stessi. I segnali, le targhe, i cartelli posti all'esterno devono essere realizzati con caratteri indelebili su supporto che garantisca un'adequata resistenza agli agenti atmosferici.

### **17.3 SISTEMI DI SICUREZZA DEL GRUPPO DI GENERAZIONE**

Dovranno essere realizzati tutti gli interblocchi di sicurezza, i trascinamenti fra gli interruttori, gli interblocchi meccanici e quant'altro necessario al corretto funzionamento dei dispositivi di sicurezza. Saranno installate apparecchiature multifunzione che svolgeranno tutte le funzioni prescritte dalla più recente normativa CEI 0-16 e dalle più recenti Guide di TERNA SpA alle connessioni di impianti di produzione per la protezione di interfaccia (PI), come meglio esplicitato nella relazione relativa alla Sotto Stazione di trasformazione MT/AT

Le caratteristiche delle protezioni sui dispositivi generale e di interfaccia sono riportate negli schemi allegati.

### **17.4 MANUTENZIONE**

La tipologia di impianto fotovoltaico, considerato nella presente relazione, non prevede attività di manutenzione periodica di particolare entità.

Per prevenire il calo di efficienza dell'impianto, dovuto al deposito di polvere sulla superficie dei moduli che ne ridurrebbe la capacità di captazione dell'irraggiamento solare, la committenza potrà provvedere a sua discrezione ad eseguire periodicamente dei lavaggi con acqua corrente.

Si sottolinea come questi lavaggi non prevedano l'impiego di additivi o detergenti, ed inoltre la frequenza con cui verranno eseguiti dipenderà dalle condizioni ambientali effettivamente presenti.

Si prevede, in aggiunta, una attività periodica di manutenzione dell'impianto e del sito.

Periodicamente si provvederà alla falciatura dell'erba sotto i moduli stessi ed alla coltivazione di piante erbacee tra le file di moduli. In questo modo, oltre a garantire una adeguata pulizia del sito e la possibilità di transito degli operatori per la manutenzione, si garantirà una adeguata ventilazione al di sotto dei moduli assicurando una condizione di temperatura ottimale ai fini della loro efficienza.

Un piano di manutenzione dettagliato verrà predisposto nelle successive fasi progettuali.