



# REGIONE SICILIA PROVINCIA DI CATANIA

COMUNE DI RAMACCA  
COMUNE DI PATERNÒ  
COMUNE DI BELPASSO

## OGGETTO

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO PER UNA POTENZA NOMINALE DI 16,315 MWp  
(13 MW IN IMMISSIONE) INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DA 6,66 MW E RELATIVE  
OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI RAMACCA, PATERNÒ E BELPASSO (CT)

PROGETTO DEFINITIVO

## PROPONENTE

X-ELIO<sup>+</sup>

## TITOLO

RELAZIONE TECNICA SOTTOSTAZIONE  
ELETTRICA DI UTENTE SSE

## PROGETTISTA

Dott. Ing. Girolamo Gorgone

### Collaboratori

Ing. Gioacchino Ruisi

All. Arch. Flavia Termini

Dott. Carmelo Danilo Pileri

Dott. Haritiana Ratsimba

Dott. Giuseppina Brucato

## CODICE ELABORATO

XL\_R\_01\_A\_C

SCALA

n° Rev.	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

## Rif. PROGETTO

N. \_\_\_\_\_

NOME FILE DI STAMPA

SCALA DI STAMPA DA FILE

## Sommarario

1. INTRODUZIONE.....	2
2. INQUADRAMENTO .....	2
2.1 Normativa di riferimento .....	4
3. STAZIONE DI TRASFORMAZIONE 30/150 KV .....	7
3.1 Ubicazione e viabilità d'accesso.....	7
3.2 Descrizione delle opere elettromeccaniche.....	9
3.3 Servizi ausiliari .....	10
3.4 Rete di terra.....	11
3.5 Edificio SSE.....	12
3.6 Opere civili.....	12
3.7 Principali apparecchiature in progetto .....	13
3.8 Collegamenti MT .....	14
3.9 Disposizioni particolari per la posa .....	16
3.10 Modalità di posa .....	19
3.11 Servitù di cavidotto .....	20
3.12 Sistema di telecomunicazione .....	21
3.13 Dimensionamento e verifica del cavo adottato.....	21
3.14 Parametri della linea MT dalla SSE al campo FTV (cabina di raccolta).....	24

## 1. INTRODUZIONE

Il presente documento è relativo alla realizzazione di un impianto di generazione di energia da fonte solare di tipo agro-fotovoltaico per una potenza nominale di picco di 16,315 MW (13 MW in immissione). L'impianto è integrato da un sistema di accumulo da 6,66 MW.

Il progetto interessa i territori comunali di Ramacca (località Lembiso), Paternò e Belpasso, nella provincia di Catania. Nella fattispecie, l'area deputata ad accogliere l'impianto agro-fotovoltaico ricade interamente nel Comune di Ramacca, mentre le opere di connessione interesseranno i comuni di Ramacca, Paternò e Belpasso. Nel territorio di Belpasso sarà infine realizzata la stazione di connessione alla rete elettrica nazionale (RTN).

## 2. INQUADRAMENTO

L'area destinata all'impianto agro-fotovoltaico e il tracciato della connessione alla RTN ricadono nelle tavolette n. 269 II NE e n. 269 II NO della cartografia IGM a scala 1:25000, e nei fogli 633100, 633110 e 633150 della Carta Tecnica Regionale a scala 1:10000.

Dal punto di vista amministrativo l'area per l'impianto agro-fotovoltaico ricade interamente nel comune di Ramacca, mentre il tracciato del cavidotto di connessione alla RTN interessa anche i territori comunali di Paternò e di Belpasso. La stazione RTN ricade nel territorio comunale di Belpasso e dista circa 6 km dall'impianto.

Di seguito si riportano le particelle del catasto del comune di Ramacca sulle quali insiste l'impianto.

Comune	Foglio	Particella
Ramacca (CT)	102	271
		359
		59
		60
		61
		62
		358
		312
		235

L'area disponibile per la realizzazione dell'impianto è pianeggiante, priva di singolarità topografiche, con altitudine media sul livello del mare di 48,4 metri e presenta una forma compatta.

La particella maggiore, la 312 (corrispondente all'87% dell'area disponibile) è separata dalle altre poste a Nord da un canale di bonifica in terra che verrà mantenuto. La superficie complessiva dell'area disponibile per l'impianto è di circa 24 ettari.

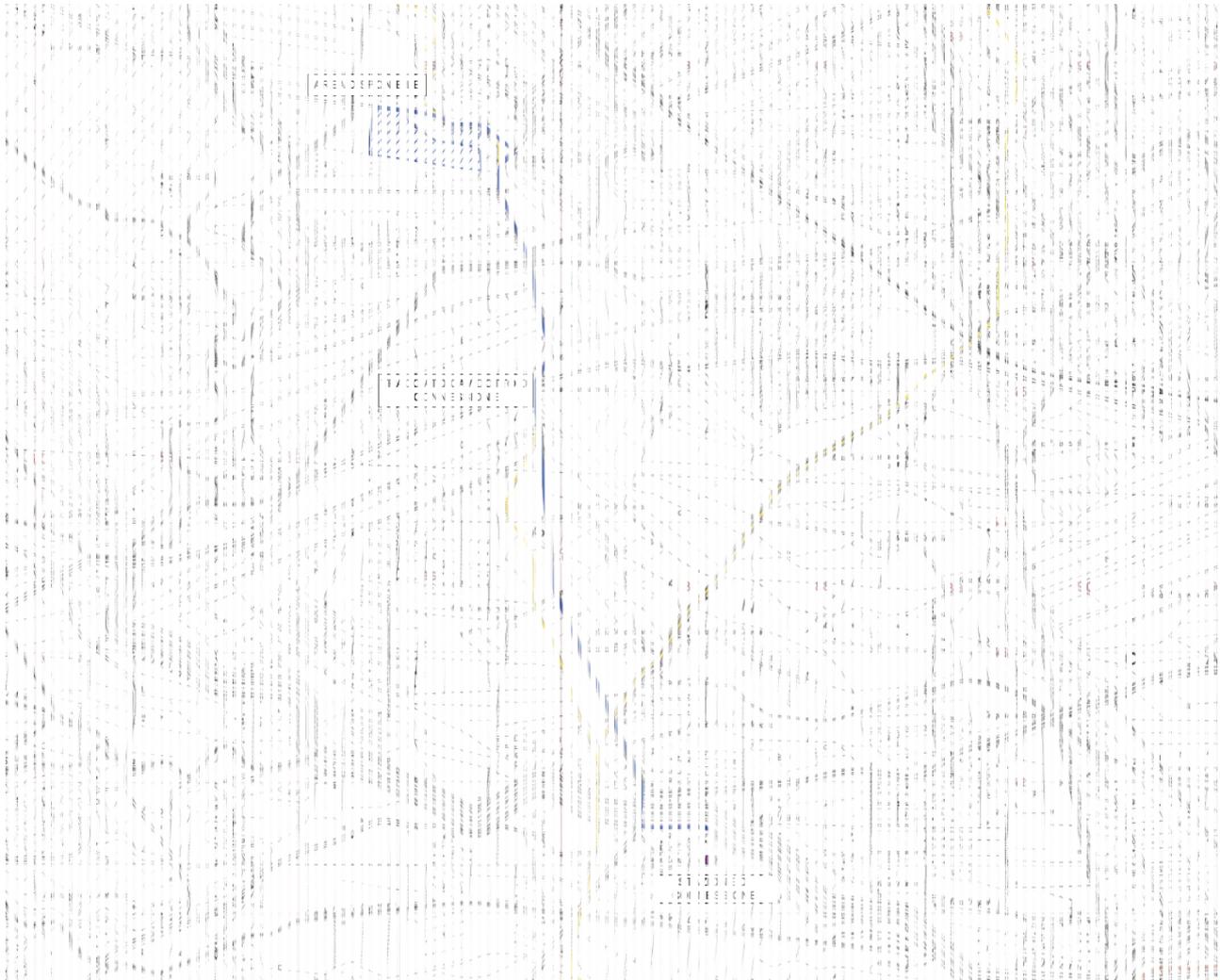
Le particelle interessate dalla stazione utente nel Comune di Belpasso sono:

Comune	Foglio	Particella
Belpasso (CT)	103	366
		367
		368

Le particelle interessate dalla stazione RTN e relative opere di raccordo sono:

Comune	Foglio	Particella
Belpasso (CT)	103	366
		367
		368

Le particelle interessate da segmenti di cavidotto interrato correnti lungo tratti di strada non accatastati sono riportate in dettaglio nel Piano particellare allegato al Progetto definitivo.



*Inquadramento territoriale dell'intervento*

## 2.1 Normativa di riferimento

Per la realizzazione del presente progetto si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa:

- D.Lgs. 387/2003;
- D.Lgs. 28/2011;
- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";

- Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59";
- Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- Norma CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- Norma CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici;
- Norma CEI EN 50110-1-2 Esercizio degli impianti elettrici;
- Norma CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Norma CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- Norma CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- Norma CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- Norma CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- Norma CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- Norma CEI EN 60721-3-3 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60721-3-4 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60068-3-3 Prove climatiche e meccaniche fondamentali Parte 3: Guida – Metodi di prova sismica per apparecchiature;
- Norma CEI 64-2 Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione;
- Norma CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua;

- Norma CEI EN 62271-100 Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- Norma CEI EN 62271-102 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione;
- Norma CEI EN 61009-1 Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari;
- Norma CEI EN 60898-1 Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari;
- Norma CEI 33-2 Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi;
- Norma CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V;
- Norma CEI EN 60044-1 Trasformatori di corrente;
- Norma CEI EN 60044-2 Trasformatori di tensione induttivi;
- Norma CEI EN 60044-5 Trasformatori di tensione capacitivi;
- Norma CEI 57-2 Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata;
- Norma CEI 57-3 Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate;
- Norma CEI EN 60076-1 Trasformatori di potenza;
- Norma CEI EN 60137 Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1 kV;
- Norma CEI EN 60099-4 Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata;
- Norma CEI EN 60099-5 Scaricatori – Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione;
- Norma CEI EN 60507 Prove di contaminazione artificiale degli isolatori per alta tensione in sistemi a corrente alternata;
- Norma CEI EN 60694 Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione;
- Norma CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)
- Norma CEI EN 60168 Prove di isolatori per interno ed esterno di ceramica e di vetro per impianti con tensione nominale superiore a 1000 V;

- Norma CEI EN 60383-1 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 1 Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata;
- Norma CEI EN 60383-2 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 2 Catene di isolatori e equipaggiamenti completi per reti in corrente alternata;
- Norme CEI EN 61284 Linee aeree – Prescrizioni e prove per la morsetteria;
- Norma CEI EN 61000-6-2 Immunità per gli ambienti industriali;
- Norma CEI EN 61000-6-4 Emissione per gli ambienti industriali;
- Norma CEI-UNEL 35027: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV;
- Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata;
- Guida Terna. INSIX1016 Criteri di coordinamento dell'isolamento nelle reti AT;
- Guida Terna DRRPX04042 Criteri generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV;
- Guida Terna DRRPX02003 Criteri di automazione delle stazioni elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV;
- Guida Terna DRRPX03048 Specifica funzionale per sistema di monitoraggio delle reti elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV.

### 3. STAZIONE DI TRASFORMAZIONE 30/150 KV

#### 3.1 Ubicazione e viabilità d'accesso

Il parco fotovoltaico in progetto convoglierà l'energia prodotta verso una nuova Sottostazione Elettrica di Utente (SSEU) 30/150 kV, da ubicarsi presso il Comune di Ramacca (CT), nelle immediate vicinanze della Stazione elettrica (SE) Terna 150 kV esistente, connessa alla rete di trasmissione nazionale.

Nel comune di Belpasso le particelle interessate dalla stazione utente sono:

Comune	Foglio	Particella
Belpasso (CT)	103	366
		367
		368

Le particelle interessate dalla stazione RTN e relative opere di raccordo sono:

Comune	Foglio	Particella
Belpasso (CT)	103	366
		367
		368

La stazione si trova nelle immediate vicinanze della Stazione elettrica (SE) Terna 150 kV esistente, connessa alla rete di trasmissione nazionale, alla quale sarà collegata con un sistema di sbarre aeree in derivazione, come illustrato nella seguente immagine.



*(Elettromeccaniche SSE)*

L'accesso alla Stazione avverrà tramite la SP74 imboccando una strada interpodereale che costeggia la sponda destra del fiume Dittaino in direzione Est.

Utilizzando lo svincolo asfaltato già esistente su tale strada, la “Stazione” potrà essere raggiunta tramite una esistente regia trazzera il cui adattamento è già stato realizzato nella costruzione della stazione Terna.

Considerata l'attuale accessibilità della stazione, potrebbe essere necessario l'adeguamento della strada che dalla provinciale lungo il fiume Dittaino giunge alla stazione.

### 3.2 Descrizione delle opere elettromeccaniche

Nella sua configurazione di progetto, la sottostazione elettrica di utente prevede un collegamento alla limitrofa stazione Terna attraverso il sistema di sbarre.

Presso la SSEU verrà realizzato un nuovo impianto AT di utente, così composto:

- n. 1 sezionatore;
- n. 3 interruttori;
- n. 3 TA;
- n. 3 TV capacitivi;
- n. 3 TV induttivi;
- n. 1 terne di scaricatori AT;
- n. 1 terna di isolatori portanti (opzionali)
- n. 1 trasformatore AT/MT 150/30 kV della potenza di 15 MVA.

L'impianto della SSE sarà completato dalla sezione MT/BT, la quale sarà composta da:

1. Quadro MT generale 30kV completo di:
  - Scomparto di arrivo con interruttore di manovra e sezionatore di terra;
  - Scomparto di protezione linea MT in uscita verso trafo;
  - Scomparto di protezione linea MT in uscita verso il campo;
  - Scomparto di protezione trafo ausiliari;
2. Trasformatore MT/BT servizi ausiliari da 100 kVA 30/0,4 Kv
3. Quadri servizi ausiliari

4. Quadri misuratori fiscali

5. Sistema di monitoraggio e controllo

Con il presente progetto si prevede la sola realizzazione dello stallo denominato “Stallo TR1”, a servizio del parco fotovoltaico “LEMBISO”.

Si noti che la configurazione elettrica della sottostazione è tale da consentire un possibile futuro ampliamento della stazione, con l’inserimento di un ulteriore trasformatore “TR2”, grazie alla predisposizione delle opere civili per le ulteriori apparecchiature che si renderanno necessarie.

Per quanto riguarda il possibile futuro ampliamento, lo schema unifilare prevede 2 possibili soluzioni:

- Parallelo in AT fra l’impianto oggetto della presente relazione e l’ampliamento futuro: ogni impianto sarà dotato di una propria sezione MT, di un sistema di misura indipendente e di un trasformatore dedicato. I 2 impianti verranno ricongiunti nella sezione AT, sul sistema di sbarre prima dell’immissione dell’energia prodotta da entrambi nel punto di connessione alla RTN;
- Parallelo in MT fra l’impianto oggetto della presente relazione e l’ampliamento futuro: allo scopo è stata prevista la linea ‘Riserva’ (vedasi schema unifilare) che si attesta sulla sbarra MT, prima della trasformazione 30/150 kV, dotata di apposita apparecchiatura di misura dell’energia prodotta dal futuro ampliamento.

### 3.3 Servizi ausiliari

I servizi ausiliari necessari presso la SSE saranno alimentati tramite trasformatori MT/BT 30/0,4 kV, in derivazione dai quadri generali MT.

Al fine di garantire la massima continuità di servizio e il riarmo delle apparecchiature, è prevista l’installazione di un generatore ausiliario.

Da tali trasformatori/generatori verrà alimentato il quadro QSA, al quale saranno collegate tutte le utenze in c.a. in bassa tensione, quali:

- Ausiliari sezione MT;
- Ausiliari sezione AT;
- Illuminazione aree esterne;

- Circuiti prese e circuiti illuminazione edificio SSE;
- Motori e pompe;
- Raddrizzatore BT;
- Sistema di monitoraggio;
- Altre utenze minori.

Dal quadro QSA verrà derivata l'alimentazione dei circuiti di protezione e comando, alimentati a 110 Vcc mediante un banco di batterie, alimentate dal raddrizzatore.

### 3.4 Rete di terra

Presso la sottostazione verrà realizzato un sistema di terra dimensionato secondo le norme CEI EN 50522 (CEI 99-3) e CEI EN 61936-1 (CEI 99-2), nonché alle prescrizioni Terna, considerando una corrente di corto circuito monofase pari a 31,5 kA e un tempo di eliminazione del guasto a terra pari a 0,5 s.

L'impianto di terra consisterà in un dispersore di terra in corda di rame nudo della sezione di 63 mm<sup>2</sup>, interrato alla profondità di circa 70 cm dal piano di calpestio, che seguirà l'intero perimetro della SSE, e da una maglia interna di lato massimo pari a 4,5 m.

Il sistema di terra sarà integrato dalla presenza di dispersori verticali lungo il perimetro della SSE, in prossimità dei trasformatori AT/MT.

Il sistema di terra verrà collegato con l'impianto di terra presso l'edificio SSE, nonché potrà essere collegato anche con l'impianto di terra della limitrofa SE Terna, attraverso collegamenti sconnettibili in pozzetti ispezionabili. In tal modo l'impianto di terra costituirà un sistema di terra unico, con i benefici che ne derivano in termini di capacità di dispersione e incremento del livello di sicurezza.

Il collegamento fra la rete di terra e le apparecchiature di AT saranno effettuati in corda di rame nudo da 125 mm<sup>2</sup>.

Le connessioni fra i conduttori in rame avverranno mediante morsetti a compressione in rame, mentre il collegamento fra i conduttori e i sostegni metallici delle apparecchiature avverrà mediante capicorda e bulloni di fissaggio.

Al fine di garantire il rispetto delle tensioni limite entro i valori individuati dalla norma, in sede di progettazione esecutiva verranno individuate le aree da integrare con sistemi di dispersione ausiliaria, o sulle quali adottare provvedimenti particolari.

A seguito della realizzazione dell'opera, i valori di tensione di contatto saranno comunque oggetto di verifica strumentale.

Al fine di migliorare la sicurezza contro le tensioni di contatto in caso di guasto a terra, in corrispondenza delle apparecchiature AT (ove si potrebbe avere la maggiore probabilità di presenza di personale) verrà realizzato un infittimento della maglia del dispersore, così pure verranno installati conduttori di terra suppletivi per il collegamento delle apparecchiature.

L'impianto di terra proteggerà sia il lato AT che il lato MT della SSE.

L'impianto di terra del campo fotovoltaico e della cabina di raccolta viene trattato in altro elaborato.

### 3.5 Edificio SSE

Presso la sottostazione verrà realizzato un edificio destinato a locali tecnici e uffici, avente un ingombro in pianta di 2,50 x 4,88 m + 7,80 x 4,88 m + 10,45 x 4,88 m + 250 x 4,88 m, presso i quali verranno ubicati i quadri MT, i trasformatori MT/BT, nonché i quadri ausiliari.

L'edificio è articolato in più locali interni, adibiti a:

- Locale quadri MT;
- Locale gruppo elettrogeno;
- Locale quadri BT;
- Locale misure;
- Locale uffici e servizi.

L'edificio sarà completo di tutti gli impianti elettrici civili interni (illuminazione e prese).

### 3.6 Opere civili

Di seguito le principali opere civili previste in progetto:

- Scavo di sbancamento per una profondità di 80 cm da piano di calpestio finale;

- Eventuali opere strutturali necessarie alla *site preparation* (palificate e/o gabbionate);
- Realizzazione della rete di terra;
- Realizzazione della rete idraulica di smaltimento acque bianche;
- Realizzazione fondazioni in c.a. per apparecchiature AT;
- Sistemazione delle aree sottostanti le apparecchiature AT con area inghiaata;
- Realizzazione di sottofondo stradale per lo spessore complessivo di 0,50 cm;
- Finitura aree con conglomerato bituminoso, con strato binder (7 cm) e strato usura (3 cm);
- Realizzazione dell'impianto di illuminazione esterna, con l'installazione di corpi illuminanti LED su pali tronco conici a stelo dritto lungo il perimetro;
- Realizzazione muro perimetrale, del tipo chiuso con pannelli prefabbricati in calcestruzzo e paletti in cls, infissi su fondazione in c.a., per una altezza complessiva fuori terra pari a 2,50 m;
- Realizzazione di un ingresso pedonale (larghezza 0,9 m) e di un carrabile (larghezza 7 m), lungo il muro perimetrale;
- Realizzazione rampa di accesso da pubblica viabilità sino al cancello di ingresso presso la SSE.

### 3.7 Principali apparecchiature in progetto

Nel seguito del paragrafo si elencano le caratteristiche delle principali apparecchiature AT costituenti la sezione 150 kV della SSE in progetto. Tutte le apparecchiature saranno rispondenti alle Norme tecniche CEI citate al cap. 1 e alle prescrizioni Terna.

Le caratteristiche elettriche della sezione AT sono le seguenti:

#### Dati di impianto

Si riportano i dati relativi ai vari componenti dell'impianto.

#### RETE MT - AT

- Sistema trifase
- Frequenza 50 Hz

- Tensione nominale (lato MT) 30 kV
- Tensione nominale (lato AT) 150 kV
- Corrente massima di corto circuito trifase (lato AT-RTN)<sup>1</sup> 31.5 kA
- Corrente massima di corto circuito monofase (lato AT-RTN)<sup>1</sup> 40 kA

### TRASFORMATORE SA

- Potenza nominale 100Kva
- Rapporto nominale Kv  $30 \pm 2 \times 2.5\% / 0.4$
- Tensione di c.to c.to 4%
- Collegamento Dyn11
- Isolamento olio minerale
- Raffreddamento AN

Nota 1: dati da TERNA

### 3.8 Collegamenti MT

La progettazione dell'elettrodotto in cavo che collega la SSE Utente al Parco fotovoltaico (cabina di raccolta) con una lunghezza di circa 6 km, è stata eseguita in accordo ai parametri elettrici specificati nel seguito; in particolare la scelta del cavo è stata eseguita in relazione alla tensione di impiego ed alle condizioni di carico previste ed in relazione alla tipologia di posa ipotizzata. La rete MT è stata prevista con esercizio a neutro isolato.

In tale configurazione, in caso di guasto a terra, la corrente di guasto in media tensione è dell'ordine di  $I_g = U / 0,2 L$

Ove  $U$  è la tensione di esercizio in kV;

$L$  è la lunghezza complessiva dei cavi MT in km.

Nel nostro caso, ipotizzando una estensione della rete MT di 6 km per la linea dalla SSE alla cabina di raccolta e di altri 6 km per la rete di distribuzione dalla cabina di raccolta alle stazioni di conversione:  $I_g = 72$  A. (da verificare in fase di realizzazione la effettiva estensione dell'impianto MT).

Le protezioni di terra devono essere in grado di rilevare tale guasto ed intervenire nei tempi previsti in accordo con la curva tempi-tensione di contatto massima di cui alle norme CEI 99-2 e 99-3.

Si prevede una taratura delle protezioni per guasto a terra di 2A e tempi di intervento non superiori a 0,5 sec.

Di seguito sono riportate le caratteristiche tecniche del cavo:

- ✓ Tipo di cavo ARG7H1R 18/30 3x1x630 mmq;
- ✓ Tensione nominale  $U_0$  18 Kv;
- ✓ Tensione nominale  $U$  30 Kv;
- ✓ Tensione di prova 40 Kv;
- ✓ Tensione massima  $U_m$  36 Kv;
- ✓ Temperatura massima di esercizio  $+90^\circ\text{C}$ ;
- ✓ Temperatura massima di corto circuito  $+250^\circ\text{C}$ ;
- ✓ Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)  $-15^\circ\text{C}$ ;
- ✓ Temperatura minima di installazione e maneggio  $0^\circ\text{C}$ .

I cavi saranno interrati ed installati in una trincea della profondità di circa 1,20 metri, con disposizione delle fasi che potrà essere a trifoglio o in piano, come rappresentato nella Tavola allegata.

Nello stesso scavo, sarà posata la fibra ottica e la treccia di terra di rame nudo da 35 mmq.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica potrà essere corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento "mortar", e saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, e, ove necessario, anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore non inferiore a 6 cm.

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

Qualora si rendesse necessario l'attraversamento di ponti e viadotti il cavo sarà alloggiato in apposite canalette ancorate alle stesse strutture o come meglio si riterrà opportuno, sempre in osservanza delle prescrizioni e norme vigenti.

In corrispondenza dell'attraversamento di acquedotti, eventuali canali o altre linee elettriche o di telecomunicazione, l'installazione potrà essere realizzata con il sistema dello spingitubo o della perforazione teleguidata o come si riterrà più opportuno.

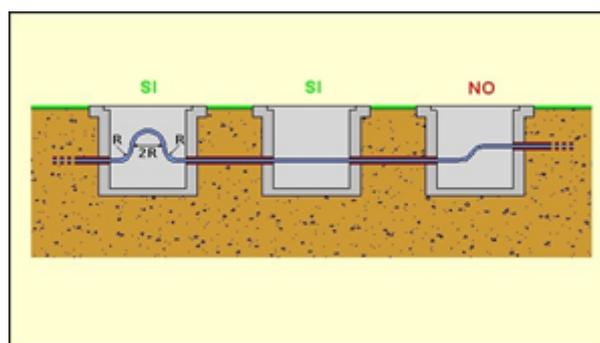
Il cavidotto sarà realizzato con scavo a sezione obbligata con mezzo meccanico.

Per quanto possibile si cercherà di utilizzare percorsi rettilinei o con cambiamenti di direzione di ampio raggio. Lo scavo avrà dimensioni medie di larghezza 600 mm per una profondità minima di 1500 mm. Il fondo dello scavo sarà sistemato con sabbia fine dove sarà posato il cavo e protetto con coppone adatto a questo impiego. Il riempimento potrà riutilizzare il materiale di scavo. In ogni caso lo scavo riporterà in superficie le stesse condizioni esistenti prima dell'utilizzo: prato, terra compattata o asfalto.

Per il collegamento, oggetto del presente lavoro, essendo la distanza di collegamento 1300m il cavo sarà posato in 4 pezzature, ciascuna da 500m, con l'impiego di appositi giunti.

Il tracciato effettivo sarà reso disponibile dalla D.L. prima di effettuare i lavori. Per le operazioni di posa rispettare quanto riportato nelle immagini sotto indicate:

Di seguito una rappresentazione della corretta posa del cavo



### 3.9 Disposizioni particolari per la posa

Di seguito vengono indicate le prescrizioni da rispettare al verificarsi dei casi trattati.

#### Incrocio tra cavi di energia e cavi di telecomunicazioni

Il cavo di energia, di regola, deve essere posato inferiormente al cavo di telecomunicazione; la distanza tra due cavi non deve essere inferiore a 0,30 m.

Deve essere realizzata sul cavo superiore, una protezione per una lunghezza non inferiore ad 1m disposta simmetricamente rispetto all'altro cavo.

Tali dispositivi di protezione devono essere costituiti da involucri preferibilmente di acciaio zincato a caldo, sono ammessi involucri protettivi in PVC pesanti aventi caratteristiche meccaniche adeguate all'impiego.

#### Parallelismo tra cavi

Nei percorsi paralleli i cavi di energia e i cavi di telecomunicazione devono essere posati alla maggiore distanza possibile. Al limite minimo la distanza da rispettare deve essere non inferiore a 0,30 m misurata sulla proiezione dei cavi su un piano orizzontale.

#### Incroci tra cavi di energia e tubazioni metalliche interrate

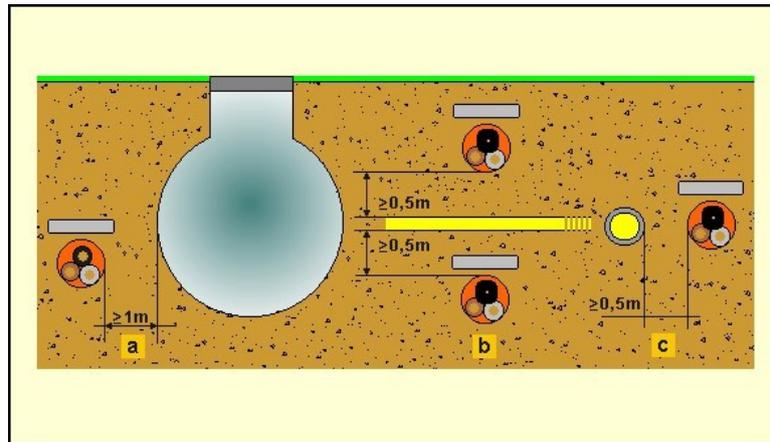
L'incrocio fra cavi di energia e le tubazioni metalliche adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi (acquedotti, gasdotti) non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati. La distanza non deve essere inferiore a 0,5m.

#### Parallelismo tra cavi di energia e tubazioni metalliche

Nei percorsi paralleli i cavi di energia e le tubazioni metalliche devono essere posati alla maggiore distanza possibile. Al limite minimo la distanza da rispettare deve essere non inferiore a 0,30m misurata sulla proiezione dei cavi su un piano orizzontale.

#### Serbatoi di liquidi e gas infiammabili

Le superfici esterne dei cavi di energia interrati non devono distare meno di 1m dalla superficie esterna di serbatoi.



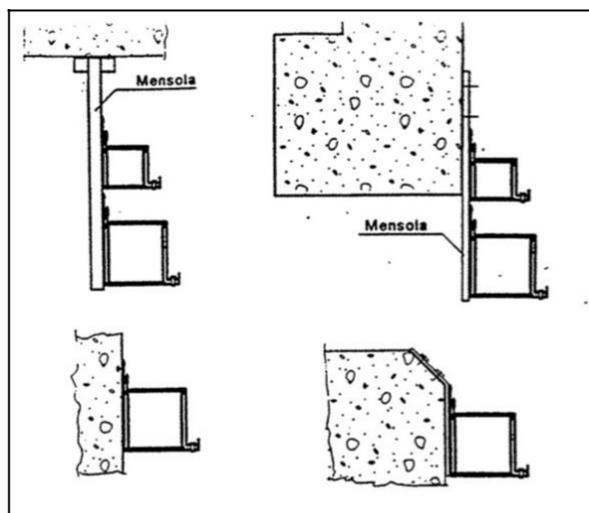
Incroci tra cavi di energia e tubazioni di gas con densità non superiore a 0,8 non drenante con pressione massima di esercizio > 5BAR

Nei casi di sopra e sottopasso tra canalizzazioni per cavi elettrici e tubazioni non drenante, la distanza in senso verticale fra le due superfici affacciate deve essere  $\geq 1,50\text{m}$ .

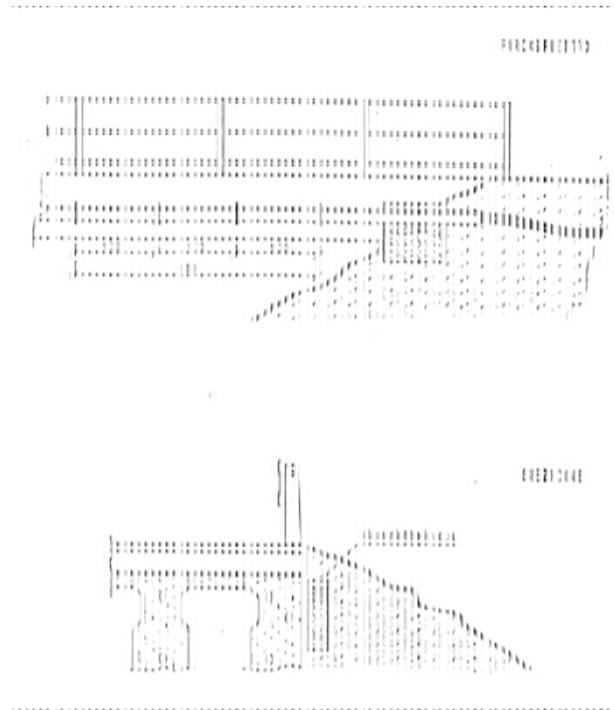
In ogni caso deve essere evitato il contatto metallico tra le superfici affacciate.

Parallelismi tra cavi di energia e tubazioni di gas con densità non superiore a 0,8 non drenante con pressione massima di esercizio > 5BAR

La distanza minima tra le due superfici affacciate non deve essere inferiore alla profondità di interramento della condotta del gas, salvo l'impiego di diaframmi continui di separazione nei tipi sopra indicati.



*Tipi di ancoraggio di canalette in acciaio per cavi*



*Schema tipico di attraversamento viadotto*

### 3.10 Modalità di posa

Per realizzare l'intero elettrodotto sono state previste pezzature di cavo di lunghezza unitaria pari a circa 500 m, unite da apposite giunzioni. Tali giunzioni, necessarie su ogni conduttore di fase, saranno realizzate all'interno di apposite camere giunti realizzate in accordo al tipico schematizzato nella figura sotto indicata.

All'interno delle camere saranno posizionati i giunti terminali dei cavi e le scatole di messa a terra schermo, con scaricatori. Nelle fosse giunti saranno anche posate le scatole per i collegamenti equipotenziali degli schermi.

Le guaine metalliche dei cavi delle diverse pezzature verranno connesse e trasposte per mezzo di un sistema "Cross-Bonding". Alla fine di ogni trasposizione completa (ogni tre pezzature), le guaine verranno collegate a terra.

Gli schermi metallici intorno ai conduttori di fase dei cavi con isolamento estruso forniscono una via di circolazione a bassa impedenza alle correnti di guasto in caso di cedimento dell'isolamento.

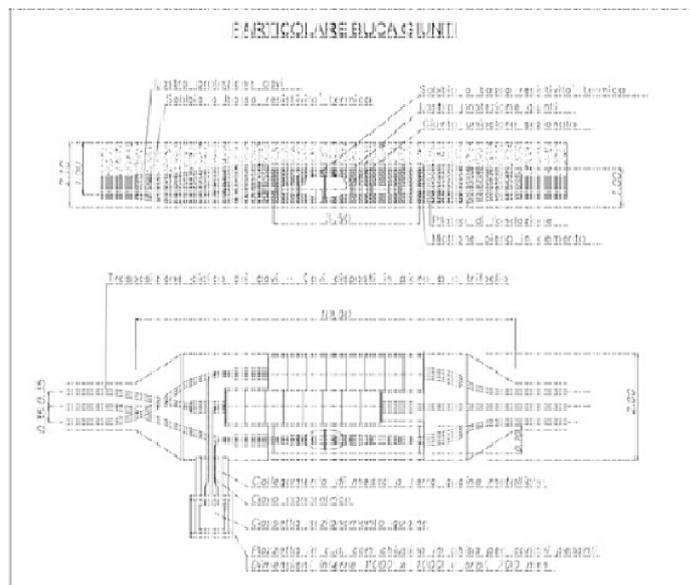
Pertanto, tali schermi saranno dimensionati in modo da sostenere le massime correnti di corto circuito che si possono presentare.

In fase di progetto esecutivo sarà valutata inoltre la necessità o meno di inserire scaricatori in linea per proteggere il cavo.

I cavi verranno posati in piano.

La profondità di posa dei cavi sarà su tre livelli da 800mm a 1400, più o meno costante su tutto il percorso tranne nei tratti di incrocio con altri servizi, che verranno in genere sottopassati, e nel caso di attraversamenti stradali, ferroviari e di fiumi.

I cavi saranno ricoperti con cemento magro e con terra di controllate caratteristiche termiche. Negli attraversamenti stradali, per i quali è prevista la posa complanare, i cavi saranno infilati in apposite tubazioni in PVC rigido a interasse di 0,35 m con riempimento in bentonite inglobati in massetto di calcestruzzo e con terra di controllate caratteristiche termiche.



(Particolare buca giunti)

### 3.11 Servitù di cavidotto

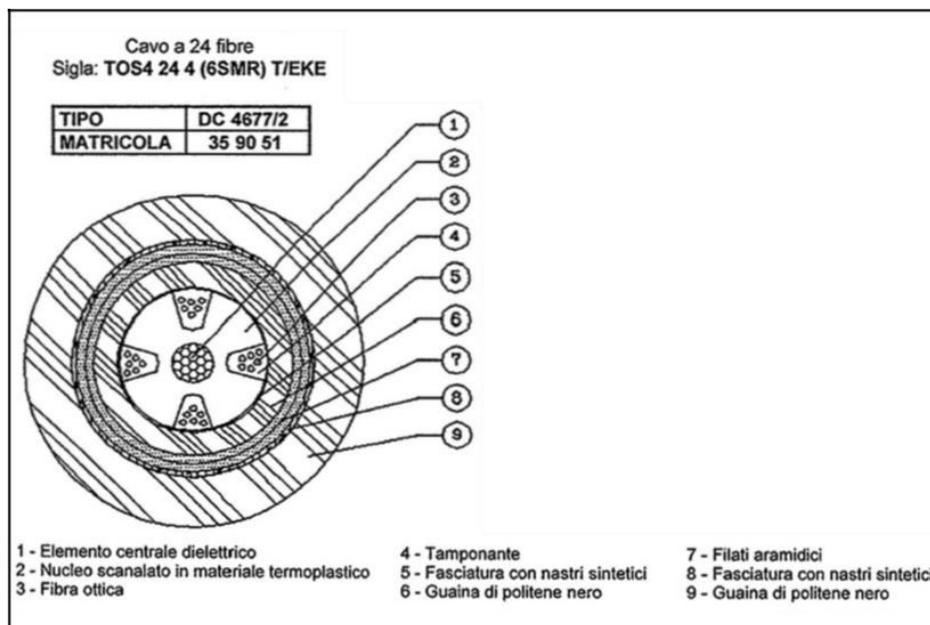
L'ampiezza convenzionale della fascia asservita o di asservimento per la tipologia in argomento è di 2m complessivi.

### 3.12 Sistema di telecomunicazione

Per la trasmissione dati per il sistema di protezione, comando e controllo dell'impianto, sarà realizzato un sistema di telecomunicazione tra le stazioni terminali dei collegamenti.

All'interno del cavidotto verrà inoltre posato un cavo per la trasmissione dei dati al sistema.

La trasmissione dati sarà di tipo ottico, esterna al cavo. La scelta di realizzare una rete in fibra ottica permette di avere a disposizione un mezzo di comunicazione esente da disturbi, con isolamento galvanico ed avere una banda larga di comunicazione anche per lunghe distanze.



### 3.13 Dimensionamento e verifica del cavo adottato

Un cavo è costituito dai seguenti elementi (non sempre tutti contemporaneamente presenti):

- Conduttore: parte metallica destinata a condurre la corrente, in alluminio;
- Isolante: strato di dielettrico che circonda il conduttore;
- Riempitivo: materiale in fibra tessile destinato a riempire gli interstizi nei cavi a più anime;
- Schermo protettivo: elemento con funzione di protezione meccanica o di schermo elettrico costituito da una guaina metallica o da una armatura o da una fasciatura;

- e) Guaina: rivestimento tubolare che ricopre le anime al fine di proteggerle;
- f) Filo di identificazione IMQ o HAR.

Indicando con  $I_z$  la portata massima di corrente trasportata dal cavo ricavata dalle tabelle del Costruttore, in funzione al sistema di posa, detta portata deve essere correlata ai parametri sotto indicati.

La portata dei cavi in regime permanente viene determinata in accordo alla norma IEC 60502-2, tenendo conto del declassamento dovuto alla temperatura, profondità e tipologia di posa.

In particolare è utilizzata la formula seguente:

$$I_z = I_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4$$

Dove:

$I_0$  = portata in condizioni nominali dei conduttori con isolante polimerico, E4 e G7, ed è ricavata dai datasheet del costruttore;

$k_1$  = coefficiente di correzione che tiene conto del numero di circuiti affiancati (più cavi o più tubi);

$k_2$  = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da quella di riferimento;

$k_3$  = coefficiente di correzione per profondità di posa diversa da quella di riferimento;

$k_4$  = coefficiente di correzione per resistività termica del terreno diversa da quella di riferimento:

Il valore di  $I_0$  ricavato dalle tabelle è riferito alle seguenti condizioni:

- Temperatura del terreno 20°C;
- Profondità di posa 1.20 m;
- Resistività termica del terreno 2 K\*m/W.

In assenza di informazioni specifiche sulle caratteristiche termiche del terreno, variabili sulla base di diversi fattori (composizione, umidità, ecc...), è stato considerato una resistività termica pari a 2 K\*m/W. Tale valore risulta essere cautelativo e rappresenta una media tra i valori di resistività dei materiali costituenti il letto di posa (sabbia, materiale di risulta, ecc...).

Per la temperatura è mantenuto il valore di riferimento di 20 °C. La portata ( $I_z$ ) si modifica in funzione dei parametri:

$K_6$  = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da 20°;

$K_7$ = coefficiente di riduzione di portata di un cavo installato in tubo da solo o in vicinanza di altri cavi;

$K_8$ = coefficiente di riduzione di portata in funzione della profondità di interramento;

$K_9$ = coefficiente di riduzione di portata quando la resistività termica del terreno è diversa da 1,5.

La  $I_z$  diventa:  $I_z \times K_t = I_z \times (K_6 \times K_7 \times K_8 \times K_9)$  (tutti i valori di  $K...$  sono indicate in apposite tabelle).

### Caduta di Tensione

Seconda la Tabella A: NF C 15100 la caduta di tensione massima per alimentazione da stazioni ad alta tensione non deve superare l'8%.

### Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = P / K \cdot V_n \cdot \cos \phi$$

$K$  = radice di tre;  $V_n$  = Livello di tensione;  $\cos \phi$  = fattore di Potenza del carico

### Cadute di tensione

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale.

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$cdt(I_b) = k I_b L / 1000 (R \cos \phi + X \sin \phi) \cdot 100 / V_n$$

I parametri  $R_{cavo}$  e  $X_{cavo}$  sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 80°C, mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in  $\Omega/km$ . La  $cdt(I_b)$  è la caduta di tensione alla corrente  $I_b$  e calcolata analogamente alla  $cdt(I_b)$ .

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico. In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$a) I_b \leq I_n \leq I_z, \quad b) I_f \leq 1,45 I_z$$

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente  $I_b$ , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

### 3.14 Parametri della linea MT dalla SSE al campo FTV (cabina di raccolta)

Le linee in MT presenti nel campo risultano essere variabili per carico e lunghezza.

La potenza massima prevista in immissione è di 13 MW, e la lunghezza risulta essere di 6 km.

Le caratteristiche della linea saranno le seguenti:

- Tensione di esercizio                      30kV
- Carico nominale trasportato:    13 MW
- Corrente carico max                      250 A
- Cavo in alluminio ARG7H1R 3x1x630 mmq
- Portata cavo interrato                      700 A
- AV %    < 1%
- Fattore di potenza                              1

La linea sarà protetta alla partenza con dispositivi automatici posti nella Stazione MT di Utenza dotati di: protezione di massima corrente, direzionale di terra e di massima tensione residua sugli interruttori di partenza linea ed arrivo linea.

Per ciascuna unità funzionale di arrivo linea dal campo, un relè di protezione multifunzione a microprocessore tipo THYTRONIC NA60 o equivalente, con le seguenti funzioni di protezione:

- protezione di massima corrente trifase ad una soglia di intervento a tempo dipendente (51), contro il sovraccarico della linea in cavo;
- protezione di massima corrente trifase ad una soglia di intervento a tempo indipendente (50), contro i corto circuiti polifasi sulla linea. Tale protezione risulta intrinsecamente direzionale se viene tarata con soglia di intervento minore del contributo della RTN al corto circuito sulla linea proveniente dal campo e maggiore del contributo dei gruppi di conversione;
- protezione direzionale di terra ad una soglia di intervento a tempo indipendente (67N) codirezionalità di intervento in uscita dal quadro verso il campo. La protezione sarà in grado di intervenire su un guasto a terra lungo la linea.

Le protezioni di massima corrente 51-50 effettuano la misura trifase delle correnti da una terna di sensori di misura posti a valle dell'interruttore installato nelle unità funzionali del quadro MT di sottostazione, mentre la protezione direzionale di terra 67N effettua la misura della corrente residua mediante toroide sulla linea in partenza dal quadro; la protezione direzionale di terra 67N effettua inoltre la misura della tensione residua mediante i TV inseriti nel quadro stesso. Per intervento della protezione 51 o 50 o 67N viene comandata l'apertura dell'interruttore dell'unità funzionale specifica (52L/01 e 52L/02).