

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE  
"BRINDISI VALLONE" DI POTENZA NOMINALE PARI A 29.925 MVA  
E POTENZA INSTALLATA PARI A 33.475,68 MW  
DA REALIZZARSI IN AREA SIN BRINDISI

REGIONE PUGLIA  
PROVINCIA di BRINDISI  
COMUNE di BRINDISI  
Località Masseria Baraccone (Area SIN)

PROGETTO DEFINITIVO  
Id AU 1JAXB41

Tav.:

Titolo:

R03  
agg2

Relazione Tecnica Opere Civili

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

1JAXB41\_DocumentazioneSpecialistica\_03-agg2

Progettazione:

Committente:



Dott. Ing. Fabio CALCARELLA  
Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce  
Mob. +39 340 9243575  
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu



*Fabio Calcarella*

Stern PV 2 S.r.l.



**Stern PV 2 S.r.l.**

Sede Legale: Via Leonardo Da Vinci, 12 - 39100 Bolzano  
email: sternv2srl@pec.it

*Stern PV 2*

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Luglio 2020	Prima emissione	STC	FC	Stern PV 2 S.r.l.
Luglio 2021	Aggiornamento opere di connessione	STC	FC	Stern PV 2 S.r.l.
Novembre 2023	Modifica a seguito richiesta integrazione AdB	STC	FC	Stern PV 2 S.r.l.



## Sommario

1. Generalità .....	2
2. Caratteristiche generali dell'impianto e dell'area oggetto dell'intervento .....	2
2.1. Caratteristiche generali dell'impianto .....	2
2.2. Caratteristiche dell'area .....	2
3. IMPIANTO FOTOVOLTAICO – Generalità .....	3
3.1. Modalità di esecuzione dei lavori e caratteristiche delle opere .....	3
Preparazione del sito .....	3
Realizzazione strade.....	3
Strade perimetrali.....	3
Strade interne e aree di manovra.....	4
Realizzazione recinzione perimetrale e cancelli .....	4
Realizzazione Sistema di videosorveglianza e illuminazione.....	6
Realizzazione Scavi .....	7
Scavi a sezione ristretta.....	8
Scavi a sezione ampia .....	8
Messa in opera delle strutture metalliche di sostegno dei moduli fotovoltaici.....	8
3.2. Cavidotti interni .....	11
3.2.1. Scavi.....	11
3.2.2. Scavi per cavidotti interni BT ed MT .....	11
3.3. Inverter di stringa.....	12
3.4. Cabine di Campo o Trasformazione BT/MT .....	12
3.5. Shelter (gruppi conversione/trasformazione).....	14
3.6. Cabina di Smistamento (CdS).....	14
3.7. Impianto di terra.....	15
4. Linee elettriche esistenti sulle aree dell'Impianto fotovoltaico .....	16
5. Cavidotto esterno di collegamento alla SSE (linea MT).....	16
6. Sottostazione Elettrica Utente .....	16
6.1. Quadro MT.....	18
6.2. Trasformatore MT/AT .....	18
6.3. Apparecchiature AT.....	20
6.4. Rete di terra.....	20
6.5. Protezioni .....	21



## 1. Generalità

La presente relazione ha lo scopo di illustrare gli aspetti tecnici legati alla progettazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare) e di tutte le opere ad esso annesse e necessarie per il collegamento dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale gestita da *TERNA S.p.A.*, ed in particolare per il collegamento alla Stazione Elettrica TERNA 150/380 kV "*Brindisi SUD*". La presente trattazione riguarderà le Opere Civili.

## 2. Caratteristiche generali dell'impianto e dell'area oggetto dell'intervento

### 2.1. Caratteristiche generali dell'impianto

L'impianto avrà una potenza nominale pari a 29.925 kVA e potenza installata pari a 33.475,68 kWp. Sarà costituito da 53.136 pannelli fotovoltaici in silicio monocristallino da 630 W ognuno, raggruppati in 2.214 stringhe e montati su strutture metalliche ad inseguitori solari monoassiali "*Tracker*" aventi asse di rotazione perpendicolare all'asse Est-Ovest.

L'energia prodotta dall'impianto sarà convogliata, dopo la trasformazione da BT in MT, mediante una linea interrata MT a 30 kV (di lunghezza pari a circa 12,2 km), nella Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV (di nuova costruzione), in cui avviene la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la consegna (in AT a 150 kV) alla SE TERNA 150/380 kV "*Brindisi Sud*", tramite la posa di un cavo AT interrato che si attesterà da una parte allo stallo dedicato AT 150 kV della SE TERNA, dall'altro allo stallo posto nella SSE.

### 2.2. Caratteristiche dell'area

L'impianto fotovoltaico propriamente detto è ubicato a Sud-Est dell'abitato di Brindisi. L'area su cui sorgerà l'impianto ha una estensione di circa 397.890 mq.

Le caratteristiche dell'area di impianto sono riportate nelle tabelle seguenti:

<b>Latitudine</b>	<b>Longitudine</b>	<b>Comune</b>
40°34'38.89"N	18° 0'0.52"E	Brindisi

**Tabella A – Ubicazione geografica delle opere**

<b>Estensione (ha)</b>	<b>Potenza (MW)</b>	<b>Rapporto ha / MW</b>	<b>Ubicazione NCT</b>
39,789	33,468	1,19	Foglio 155 (Brindisi)

**Tabella B – Estensione e Potenza installata**



### 3. IMPIANTO FOTOVOLTAICO – Generalità

Come detto, il progetto prevede la realizzazione di un “impianto fotovoltaico” per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare), avente potenza nominale pari a 29.925 kVA e una potenza installata pari a 33.468 kWp, unitamente a tutte le opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale, ovvero:

- 1) linee MT interne di collegamento tra le **Cabine di Campo (CdC)** in configurazione entra-esce;
- 2) linee MT in cavo interrato sino a una **Cabina di Smistamento (CdS)** ubicata all’interno dell’impianto, per la raccolta della potenza proveniente dalle Cabine di Campo;
- 3) linea MT in cavo interrato, dalla Cabina di Smistamento sino ad una Sottostazione Elettrica Utente (SSE) 30/150 kV, che sarà realizzata nei pressi della Stazione Elettrica (SE) TERNA 150/380 kV “*Brindisi Sud*”;
- 4) Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV, in cui avviene la raccolta dell’energia prodotta (in MT a 30 kV), la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la consegna (in AT a 150 kV) alla SE TERNA 150/380 kV “*Brindisi Sud*” tramite la posa di un cavo AT interrato, che si attesterà da una parte allo stallo dedicato AT 150 kV della SE TERNA “*Brindisi Sud*”, dall’altro sullo stallo AT a 150 kV della nuova SSE (avente superficie pari a circa 1.600 m<sup>2</sup>), da realizzarsi in area adiacente alla nuova SSE.

L’impianto fotovoltaico propriamente detto è ubicato a Sud-Est del Comune di Brindisi.

#### 3.1. Modalità di esecuzione dei lavori e caratteristiche delle opere

##### Preparazione del sito

Sarà necessaria una pulizia propedeutica del terreno dalle graminacee e dalle piante selvatiche preesistenti o qualsiasi altro tipo di coltura arborea.

In generale gli interventi di spianamento e di livellamento, dovendo essere ridotti al minimo, saranno ottimizzati in fase esecutiva e quindi di Direzione Lavori.

##### Realizzazione strade

##### Strade perimetrali

La viabilità interna all’impianto fotovoltaico, come indicato negli elaborati di progetto, sarà costituita da una strada perimetrale interna alla recinzione e da una serie di strade che attraversano trasversalmente le aree di impianto. Avrà una larghezza pari a 6,5 metri. Dal punto di vista strutturale, tale strada consisterà in una massicciata tipo “**MACADAM** “. Si prevede quindi:

- a) scoticamento superficiale per una profondità massima di 20 cm;



- b) posa di strato di base costituito da materiale lapideo proveniente da cave di prestito o scavi di cantiere, per uno spessore di 20 cm – pezzatura 70-100 mm;
- c) posa di uno strato superiore a formare il piano viabile, in misto di cava per uno spessore di 10 – pezzatura 0-20 mm.

In base alla tipologia del terreno di sottofondo riscontrato, potrebbe essere necessario l'utilizzo di telo di geo-tessuto ad ulteriore rinforzo del sottofondo, così da evitare cedimenti al passaggio dei mezzi di servizio, e crescita di erbe infestanti durante la fase di esercizio dell'impianto.

Il materiale di cui ai punti a) e b), potrà essere rinvenuto direttamente in sito durante le fasi di scavo per la posa delle Cabine di Campo. La natura del terreno su cui sorgerà il sito infatti, presente una elevata percentuale a componente rocciosa, costituita in alcune zone oltre che da roccia "sciolta", anche da banchi di roccia affiorante.

Tale materiale potrà quindi essere riutilizzato, previa caratterizzazione, per la costituzione delle fondazioni stradali.

Ciò consentirà di ridurre notevolmente l'apporto di materiale da cave di prestito, riducendo così anche i costi dell'intero progetto.

Le strade perimetrali e quelle interne, seguiranno l'andamento orografico attuale, che di per se risulta pressoché pianeggiante.

### **Strade interne e aree di manovra**

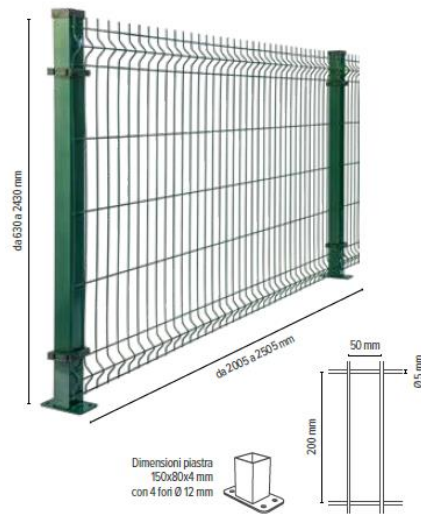
Le strade interne all'impianto e le aree di manovra, saranno tutte di nuova costruzione, con caratteristiche come riportato nel paragrafo precedente.

### **Realizzazione recinzione perimetrale e cancelli**

La recinzione dell'impianto sarà realizzata con pannelli elettrosaldati con maglia 50x200 mm, di lunghezza pari a 2 m ed altezza di 2 m, per assicurare una adeguata protezione dalla corrosione il materiale sarà zincato e rivestito con PVC di colore verde. I pannelli saranno fissati a paletti di acciaio anche essi con colorazione verde. I paletti saranno infissi nel terreno e bloccati da piccoli plinti in cemento (dimensioni di riferimento 40x40x40 cm) completamente annegati nel terreno e coperti con terreno vegetale. Alcuni paletti saranno poi opportunamente controventati.

Alcuni dei moduli elettrosaldati saranno rialzati in modo da lasciare uno spazio verticale di 30 cm circa tra terreno e recinzione, per permettere il movimento interno-esterno (rispetto l'area di impianto) della piccola fauna.

I cancelli saranno realizzati in acciaio zincato anch'essi grigliati e sostenuti da paletti in tubolare di acciaio.



**Fig.2- Tipologico di pannello per recinzione perimetrale**

La recinzione tipo presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- **DIMENSIONI**

- Maglia 50x200 mm;
- Tondo diametro 5 mm;
- Larghezza mm 2000;
- Maglie mm 150 x 50;
- Diametro dei fili verticali mm 5 e orizzontali mm 6.

- **MATERIALE**

- Acciaio S235Jr EN 10025 – zincato secondo la Norma EN 10244-2;

- **RIVESTIMENTO**

- Verniciatura con poliestere;

- **COLORE**

- Verde RAL 6005.

In fase di progettazione esecutiva le caratteristiche della recinzione potrebbero subire modifiche.

L'impianto sarà dotato di un cancello carrabile per ognuno dei 6 lotti di terreni. Il cancello sarà costituito da 2 pilastri in acciaio zincato a sostegno della struttura. I pilastri saranno ancorati ad una



trave di fondazione sulla quale sarà anche posizionato il binario per lo scorrimento dello stesso cancello.

Al di fuori della recinzione sarà installata una siepe perimetrale di altezza pari a quella della stessa recinzione, il cui scopo è quello di mitigare l'impatto visivo. Nei punti in cui è presente vegetazione spontanea esistente, la siepe potrebbe essere non installata.

## **Realizzazione Sistema di videosorveglianza e illuminazione**

### **Video sorveglianza**

L'accesso all'area recintata sarà sorvegliato automaticamente da un sistema di Sistema integrato Anti-intrusione composto da:

- N. 180 telecamere TVCC tipo fisso Day-Night, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR, ogni 40 m circa così suddivisi:

Queste saranno installate su pali in acciaio zincato di altezza pari a m 3,50 ed ancorati su opportuno pozzetto di fondazione porta palo e cavi;

- cavo *alfa* con anime magnetiche, collegato a sensori microfonici, aggraffato alle recinzioni a media altezza, e collegato alla centralina d'allarme in cabina;
- barriere a microonde sistemate in prossimità della muratura di cabina e del cancello di ingresso;
- N.1 badge di sicurezza a tastierino, per accesso alla cabina;
- N.1 centralina di sicurezza integrata installata in cabina.

I sistemi appena elencati funzioneranno in modo integrato.

Il cavo *alfa* sarà in grado di rilevare le vibrazioni trasmesse alla recinzione esterna in caso di tentativo di scavalco o danneggiamento.

Le barriere a microonde rileveranno l'accesso in caso di scavalco o effrazione nelle aree del cancello e/o della cabina. Le telecamere saranno in grado di registrare oggetti in movimento all'interno del campo, anche di notte; la centralina manterrà in memoria le registrazioni.

I badges impediranno l'accesso alla cabina elettrica e alla centralina di controllo ai non autorizzati.

Al rilevamento di un'intrusione, da parte di qualsiasi sensore in campo, la centralina di controllo, alla quale saranno collegati tutti i sopradetti sistemi, invierà una chiamata alla più vicina stazione di polizia e al responsabile di impianto tramite un combinatore telefonico automatico e trasmissione via antenna *gsm*.

### **Illuminazione**

L'impianto di illuminazione sarà costituito da 2 sistemi:



- Illuminazione perimetrale
- Illuminazione esterno cabina

Tali sistemi sono di seguito brevemente descritti.

#### Illuminazione perimetrale

- Tipo lampada: Proiettori LED, Pn = 250W
- Tipo armatura: proiettore direzionabile
- Numero lampade: 360;
- Numero palificazioni: 180;
- Funzione: illuminazione stradale notturna e anti-intrusione;
- Distanza tra i pali: circa 40 m.

#### Illuminazione esterno cabine

- Tipo lampade: Proiettori LED - 40W;
- Tipo armatura: corpo Al pressofuso, forma ogivale;
- Numero lampade: 4;
- Modalità di posa: sostegno su tubolare ricurvo aggraffato alla parete. Posizione agli angoli di cabina;
- Funzione: illuminazione piazzole per manovre e sosta.

Il suo funzionamento sarà esclusivamente legato alla sicurezza dell'impianto. Ciò significa che qualora dovesse verificarsi un'intrusione durante le ore notturne, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori a led, installati sugli stessi pali montanti le telecamere dell'impianto di videosorveglianza. Quindi sarà a funzionamento discontinuo ed eccezionale. Inoltre la direzione di proiezione del raggio luminoso, sarà verso il basso, senza quindi oltrepassare la linea dell'orizzonte o proiettare la luce verso l'altro.

Da quanto appena esposto si può evincere che detto impianto di illuminazione è conforme a quanto riportato all'art.6 della L.R. N.15/05 "Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico", ed in particolare al comma 1, lettere a), b), e) ed f).

### **Realizzazione Scavi**

Saranno realizzati scavi a sezione ristretta e scavi a sezione ampia. Gli scavi a sezione ristretta saranno realizzati per la posa dei cavidotti interni nonché per la realizzazione della linea interrata MT per il collegamento tra l'impianto fotovoltaico e la SSE Utente 30/150 kV (che sarà realizzata in





prossimità della SE TERNA “*Brindisi Sud*”). Al fine di posare correttamente i cavi, le modalità di esecuzione saranno quelle previste dalla normativa vigente *CEI 11-17 “Norme per gli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo” § 4.3 “Condizioni ambientali di posa”*.

Gli scavi a sezione ampia saranno realizzati invece per la posa delle Cabine di Campo, della Cabina di Smistamento e per la realizzazione della SSE Utente 30/150 kV.

### **Scavi a sezione ristretta**

Gli scavi a sezione ristretta (*trincee*) necessari per la realizzazione della rete elettrica BT ed MT di impianto e per la realizzazione del cavidotto MT di collegamento tra la CdS e la SSE Utente, avranno ampiezza variabile in relazione al numero di cavi (BT o MT) che dovranno essere posati al loro interno, quindi variabili da un minimo di 40 cm fino ad un massimo di 70 cm e profondità di 1,2 m.

Gli scavi, effettuati con mezzi meccanici, saranno realizzati evitando scoscendimenti, franamenti, ed in modo tale che le acque scorrenti alla superficie del terreno non abbiano a riversarsi nei cavi. I materiali rinvenuti dagli scavi a sezione ristretta, realizzati per la posa dei cavi, saranno momentaneamente depositati in prossimità degli scavi stessi o in altri siti individuati nel cantiere. Successivamente lo stesso materiale sarà riutilizzato per il rinterro.

Quanto in eccesso sarà trasportato a rifiuto in discarica autorizzata secondo quanto anche riportato nella “*Relazione sul riutilizzo di terre e rocce da scavo*”.

### **Scavi a sezione ampia**

Gli scavi a sezione ampia saranno realizzati per consentire la posa delle Cabine di Campo, della Cabina di Smistamento e delle strutture da realizzare nelle nuova SSE Utente. Avranno larghezza e profondità tali da poter contenere:

- Platea di fondazione in c.a. per il sostegno della cabina;
- Vasca di fondazione prefabbricata della Cabina;
- Anello della rete di terra della cabina.

Il riempimento dello scavo, dopo la posa del manufatto prefabbricato, sarà effettuato con lo stesso materiale di risulta dello scavo.

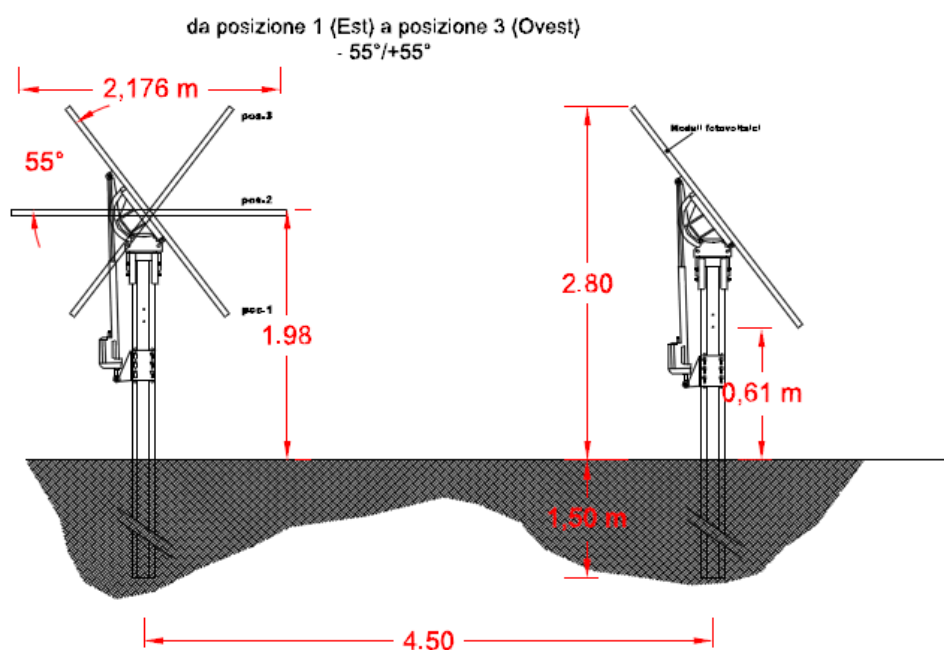
### **Messa in opera delle strutture metalliche di sostegno dei moduli fotovoltaici**

Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da inseguitori solari monoassiali “*Tracker*”.

I moduli fotovoltaici saranno installati su una unica fila in configurazione *portrait* (verticale) rispetto all'asse di rotazione del tracker. Le dimensioni principali del tracker sono riportate in figura.

Ciascun tracker monofila si muove in maniera indipendente rispetto agli altri poiché ognuno è dotato di un proprio motore. L'asse di rotazione (asse principale del tracker) è per quanto più possibile orientato nella direzione nord-sud. Nel caso in progetto l'azimut è di  $0^\circ$ , quindi l'asse di rotazione del tracker è perpendicolare all'asse est-ovest.

Il *range* di rotazione completo del tracker è pari a  $110^\circ$  ( $-55^\circ/+55^\circ$ ), come indicato nelle figure seguenti.



**Fig. 3 - Dimensioni principali del tracker**

La movimentazione dei *tracker* nell'impianto fotovoltaico è controllata da un software che include un algoritmo di backtracking per evitare ombre reciproche tra file adiacenti. Quando l'altezza del sole è bassa, i pannelli ruotano dalla loro posizione ideale di inseguimento per evitare l'ombreggiamento reciproco, che ridurrebbe la potenza elettrica delle stringhe. L'inclinazione non ideale riduce la radiazione solare disponibile ai pannelli fotovoltaici, ma aumenta l'output complessivo dell'impianto, in quanto globalmente le stringhe fotovoltaiche sono esposte in maniera più uniforme all'irraggiamento solare.

Da un punto di vista strutturale il tracker è realizzato in acciaio da costruzione in conformità all'Eurocodici, con maggior parte dei componenti zincati a caldo. I tracker possono resistere fino a velocità del vento di 55 km/h, ed avviano la procedura di sicurezza (ruotando fin all'angolo di sicurezza) quando le raffiche di vento hanno velocità superiore a 50 km/h. L'angolo di sicurezza non

è zero (posizione orizzontale) ma un angolo diverso da zero, per evitare instabilità dinamica ovvero particolari oscillazioni che potrebbero danneggiare i moduli ed il tracker stesso.

Per quanto attiene le fondazioni i tracker saranno fissati al terreno tramite pali infissi direttamente “*battuti*” nel terreno. La profondità standard di infissione è di 1,5 m, tuttavia in fase esecutiva in base alle caratteristiche del terreno ed ai calcoli strutturali tale valore potrebbe subire anche modifiche non trascurabili. La scelta di questo tipo di inseguitore, evita l'utilizzo di cemento e minimizza i movimenti terra per la loro installazione.



**Fig. 5 - Palo del tracker infisso nel terreno**



**Fig. 6 – esempio file di Tracker**

Nell'impianto in oggetto saranno utilizzati tracker come specificato nella tabella seguente:

Tracker	Pot. Mod. (W)	N° moduli	Pot. Tracker (kWp)
<i>Tracker 26 mod</i>	505	26	13,13
<i>Tracker 13 mod</i>	505	13	6,56

**Tabella C – caratteristiche prestazionali delle stringhe**

### 3.2. Cavidotti interni

In linea generale, per cavidotto si intende il tubo interrato (o l'insieme di tubi) destinato ad ospitare i cavi di media e/o bassa tensione, compreso il regolare ricoprimento della trincea di posa (reinterro) gli elementi di segnalazione e/o protezione (nastro monitore, cassette di protezione o Manufatti in cls) e le eventuali opere accessorie (quali pozzetti di posa/ispezione, chiusini, ecc.).

Nel caso particolare del presente progetto, si farà uso di cavi in alluminio del tipo Air-Bag, che non necessitano di posa in tubazione. Saranno realizzati nelle modalità previste dalla normativa vigente *CEI 11-17 "Norme per gli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo" § 4.3 "Condizioni ambientali di posa"*.

#### 3.2.1. Scavi

Come detto, gli scavi per la posa dei cavidotti, sia quelli interni sia quello esterno, saranno a sezione ristretta, con larghezza variabile da 40 a 70 cm, a seconda del numero di cavi da posare al loro interno. Avranno una profondità variabile da 1.00 m nel caso dei collegamenti BT (vie cavi di collegamento tra gli inverter e da questi alle Cabine di Campo) a 1.20 nel caso dei collegamenti MT (vie cavi in entra-esci tra le Cabine di Campo e la Cabina di Smistamento e tra la Cabina di Smistamento e la Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV), in ottemperanza a quanto stabilito dalla *CEI 11-17 "Norme per gli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo"*.

#### 3.2.2. Scavi per cavidotti interni BT ed MT

I cavidotti interni BT di collegamento dagli Inverter di campo alle Cabine di Campo, saranno posizionati parallelamente alle strutture o perpendicolarmente ad esse, ma in modo tale da minimizzare i movimenti di materia; quindi sono stati scelti i percorsi più "economici".



Avranno una profondità massima di 1,00 m ed un pozzetto prefabbricato in cemento di opportune dimensioni sarà posizionato nelle vicinanze di ogni Inverter, per raccogliere i cavi BT fungendo così da rompitratta.

I cavidotti interni MT di collegamento in entra-esce dalle **Cabine di Campo**, e da queste alla **Cabina di Smistamento (Cds)**, avranno una profondità minima di 1,20 m dal piano campagna ed una larghezza variabile a seconda del numero di terne di cavi da posare al loro interno.

Allo stesso modo sarà realizzato il cavidotto MT di collegamento tra la Cabina di Smistamento e la SSE Utente 30/150 kV.

### **3.3. Inverter di stringa.**

In prossimità degli inseguitori saranno installati degli inverter di campo o di stringa, ovvero inverter contenuti all'interno di quadri da esterno con grado di protezione IP 65 e IP 54 per la sezione di raffreddamento, che avviene con aria forzata. Saranno tipicamente installati "In testa" agli inseguitori. Gli inverter provvederanno alla conversione della corrente continua proveniente dalle stringhe di moduli in corrente alternata, che poi sarà trasmessa, tramite apposite linee in cavo, al relativo quadro BT della Cabina di Campo.

Nel caso in esame è prevista l'installazione di 133 Inverter da 225 kVA.

Con una potenza nominale pari a 29.925 kVA, ad ogni inverter afferiranno un massimo di 21 stringhe. Ogni stringa ha una potenza pari a 15,12 kWp (630 Wp x 24 moduli), per una potenza massima in ingresso, lato DC di ogni Inverter, pari a massimo 317,52 kW.

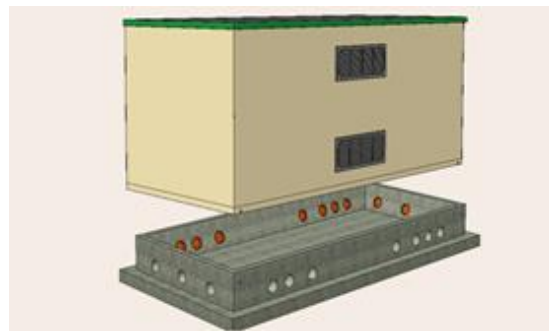
### **3.4. Cabine di Campo o Trasformazione BT/MT**

In linea generale le cabine elettriche svolgono la funzione di edifici tecnici adibiti a locali per la posa dei quadri, degli inverter, del trasformatore, delle apparecchiature di telecontrollo, di consegna e misura.

Nel particolare caso oggetto della presente relazione, le *Cabine di Trasformazione* saranno a struttura monoblocco del tipo prefabbricato. Ciascuna sarà composta da n°2 vani atti a contenere le apparecchiature elettriche: il quadro generale in BT, il trasformatore elevatore di tensione BT/MT, il Quadro MT per l'arrivo e la partenza delle linee in cavo e gli organi di comando e protezione MT contenuti negli appositi scomparti, come rappresentato negli elaborati grafici costituenti il progetto. La cabina, come accennato, sarà a struttura prefabbricata (tuttavia in fase di progettazione esecutiva si potrà optare per una struttura gettata in opera), che pertanto non necessita di fondazioni in cemento, fatta eccezione per la base di supporto della cabina stessa che sarà costituita da una platea in cemento dello spessore di 30 cm ed armata con rete elettrosaldata 20x20  $\phi$  10.



La cabina sarà dotata di impianto di illuminazione ordinario e di emergenza, forza motrice, alimentate da apposito quadro BT installato in loco, nonché di accessori normalmente richiesti dalle normative vigenti (schema del quadro, cartelli comportamentali, tappeti isolanti 30 kV, guanti di protezione 30 kV, estintore ecc.). Il sostegno dei circuiti ausiliari dei quadri per la sicurezza e per il funzionamento continuativo dei sistemi di protezione elettrica avverrà da gruppi di continuità (UPS) installati in loco.



**figura 7 – Tipico Cabina di Trasformazione prefabbricata monoblocco**

In linea generale, il box viene realizzato ad elementi componibili (il che consente anche in fase esecutiva di modificare le dimensioni della Cabina prevista, semplicemente accoppiando altri elementi ma sempre rimanendo nella sagoma volumetrica del presente progetto) prefabbricati in cemento armato vibrato, materiale a bassa infiammabilità (come previsto dalla norma CEI 11-1 al punto 6.5.2 e CEI 17-63 al punto 5.5) e prodotto in modo tale da garantire pareti interne lisce e senza nervature e una superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali come indicato nelle tavole allegate.

Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione degli elementi costituenti il box viene additivato con idonei fluidificanti-impermeabilizzanti al fine di ottenere adeguata protezione contro le infiltrazioni d'acqua per capillarità secondo quanto previsto dalla norma CEI 11-1 al punto 6.5.2.1.

Le dimensioni e le armature metalliche delle pareti sono sovrabbondanti rispetto a quelle occorrenti per la stabilità della struttura in opera, in quanto le sollecitazioni indotte nei vari elementi durante le diverse fasi di sollevamento e di posa in opera sono superiori a quelle che si generano durante l'esercizio.

Come appena detto, nelle cabine è prevista una fondazione prefabbricata in c.a.v. interrata, costituita da una o più vasche in c.a. unite e di dimensioni uguali a quelle esterne del box e di altezza variabile da 60 cm fino a 100 cm a seconda della tipologia impiegata.

Per l'entrata e l'uscita dei cavi vengono predisposti nella parete della vasca dei fori a frattura prestabilita, idonei ad accogliere le tubazioni in PVC contenenti i cavi; gli stessi fori appositamente



flangiati possono ospitare dei passa cavi a tenuta stagna; entrambe le soluzioni garantiscono comunque un grado di protezione contro le infiltrazioni anche in presenza di falde acquifere.

L'accesso alla vasca avviene tramite una botola ricavata nel pavimento interno del box; sotto le apparecchiature vengono predisposti nel pavimento dei fori per permettere il cablaggio delle stesse.

Come già detto, il posizionamento delle Cabine di Campo e della Cabina di Smistamento prevede la realizzazione di uno scavo a sezione ampia di profondità che varia dai 65 cm ai 100 cm a seconda delle dimensioni della cabina. Lo sbancamento sarà eseguito per un'area di 1 m oltre l'ingombro massimo della cabina in tutti i lati, questo per consentire la realizzazione dell'impianto di terra esterno secondo quanto previsto dalle specifiche Enel DG10061 ed. V, che a sua volta sarà collegato all'anello perimetrale di terra dell'impianto.

Il materiale di risulta dello scavo, sarà destinato al riutilizzo o al conferimento in idonea discarica.

Nel particolare caso del presente progetto è prevista l'installazione di n°12 Cabine di Campo di ingombro massimo pari a (L, H, p) 15,00 x 3,50 x 4,00 m, dove troveranno alloggiamento gli armadi MT costituenti le celle di arrivo e partenza delle linee MT in configurazione entra-esce e di n°1 Cabina di Smistamento di ingombro massimo pari a (L, H, p) 15,00 x 3,50 x 4,00 m.

### **3.5. Shelter (gruppi conversione/trasformazione)**

Come detto, il progetto prevede l'installazione di Inverter di stringa posizionati in prossimità delle strutture. Tuttavia in fase esecutiva si potrà decidere di installare in prossimità di ciascuna Cabina di Campo, degli *Shelter* prefabbricati e preassemblati dal fornitore, dotati quindi di fabbrica al loro interno di Inverter e Trasformatore MT/BT (gruppo conversione-trasformazione). In questo caso, in luogo degli inverter di stringa, saranno installati dei Quadri di parallelo stringa per la raccolta dell'energia prodotta in c.c. dai gruppi di moduli ed il convogliamento della stessa ai suddetti Shelter.

### **3.6. Cabina di Smistamento (CdS)**

La Cabina di Smistamento raccoglie l'energia prodotta dai sottocampi dell'impianto (già convogliata all'interno delle Cabine di Campo). Dalla **CdS**, sempre tramite una linea in cavo interrato a 30 kV (della lunghezza di circa 12,2 km), l'energia verrà convogliata alla Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV, in cui avviene la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la consegna (in AT a 150 kV) alla SE TERNA 150/380 kV "*Brindisi Sud*", tramite cavo interrato AT.

All'interno del locale troverà alloggiamento l'armadio di media tensione costituito da:

- N. 3 scomparti per l'arrivo delle linee dalle **Cabine di Campo**, costituiti da sezionatori motorizzati isolati in aria, con involucro metallico 36 kV;



- N. 2 scomparti partenza linea con sezionatore di terra (risalita cavi con involucro metallico 36 kV) per la partenza verso la Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV.

All'interno degli scomparti arrivo linee "IM", sono installati gli interruttori 3x630 A – 24 kV isolato in SF6 DG all'interno di scomparto metallico, su cui agiscono:

- la protezione generale PG del tipo SEPAM S41 con protezioni 50/51, 50N/51N, 67N;
- la protezione di interfaccia PI del tipo THYTRONIC NV 10P, con protezioni 27, 59, 81S max, 81s min, 59 Vo.

### 3.7. Impianto di terra

L'impianto di terra dell'Impianto fotovoltaico sarà costituito da:

- un anello perimetrale in corda nuda di rame 50 mmq, posata ad una quota non inferiore a 0,50 m da piano di campagna;
- un anello perimetrale in corda nuda di rame 50 mmq posizionato sul perimetro di ciascuna cabina di Trasformazione, della Cabina di Smistamento e della Cabina di Consegna, collegato poi all'anello perimetrale di cui al punto precedente;
- una rete di corda di rame 50 mm<sup>2</sup> per il collegamento a terra delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici nonché degli inverter. La corda di rame sarà posata sul fondo dello scavo della rete interna e delle vie cavi BT, quindi seguirà il suo stesso schema;
- una corda di rame nudo da 50 mmq, posata nel cavidotto esterno MT, per il collegamento di terra dalla Cabina di Smistamento alla SSE Utente.

Quanto sopra riportato è dettagliatamente descritto negli elaborati grafici di progetto concernenti la rete di terra dell'impianto fotovoltaico.

La realizzazione dell'impianto di terra dei fabbricati Cabine di Campo e Cabina di Smistamento (CdS) consisterà nelle seguenti attività:

- Installazione di collettori di terra in piatto di rame 60x6 mm sulle pareti;
- Esecuzione delle derivazioni di messa a terra delle masse metalliche fisse verso i collettori, con piatto di rame 40 x 3 mm;
- Connessioni di continuità elettrica delle carpenterie mobili, con conduttori flessibili di sezione:
  - 50 mmq per la messa a terra dei pannelli mobili (ante di celle ed armadi);
  - 70 mmq per la messa a terra delle parti mobili tipo aste di manovra.
- Posa e collegamento, con doppio cavo in rame da 70mmq, alla rete di terra del fabbricato che sarà, a sua volta, così costituita:





- anello perimetrale di forma rettangolare in corda di rame nudo di sezione 50 mmq a 7 fili elementari posata a quota -0,65 m, con sviluppo totale  $L_P$  del conduttore perimetrale pari a:  
 $L_P = 45 \text{ m}$
- n. 4 dispersori puntuali a picchetto in profilato di acciaio, di lunghezza pari a 1,5 m, posizionati in prossimità dei vertici dell'anello. In alternativa potranno essere utilizzati n. 4 dispersori a piastra in acciaio zincato di lato pari a 0,6 m.

L'installazione dei collettori di terra e delle derivazioni alle masse metalliche dovrà essere opportunamente distanziata dalla parete mediante interposizione di distanziali in resina autoestinguenta, ed il fissaggio a parete dovrà essere eseguito con viti in acciaio e tasselli in PVC. Le sbarre in rame dell'impianto di terra interno ai fabbricati dovranno essere verniciate sulle parti a vista, in GIALLO con strisce VERDI, oppure con il simbolo di terra (verniciato o prestampato, ben adesivo e resistente).

#### 4. Linee elettriche esistenti sulle aree dell'Impianto fotovoltaico

Le aree di progetto, interferiscono con alcune linee elettriche BT, MT, per le quali si richiederà ad Enel Distribuzione, spostamento / interrimento. Per i dettagli si rimanda alla specifica Relazione *"Progetto di risoluzione interferenze aree di Impianto con linee elettriche esistenti"*.

#### 5. Cavidotto esterno di collegamento alla SSE (linea MT)

La linea interrata MT a 30 kV sarà realizzata per connettere l'impianto (dalla CdS) alla Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV, che sarà realizzata in prossimità della SE TERNA 150/380 kV *"Brindisi Sud"*. Il cavidotto sarà realizzato, per quanto possibile, al lato di strade esistenti, cercando di invadere il meno possibile i terreni privati.

#### 6. Sottostazione Elettrica Utente

L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico viene raccolta nella **CdS** e convogliata verso una nuova *Sottostazione Elettrica Utente* (tramite linea interrata MT a 30 kV), dove è effettuata la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la consegna dell'energia. La SSE sarà realizzata in prossimità del punto di connessione, e farà parte di un complesso di più Sottostazioni (3 in totale) che condivideranno lo Stallo assegnato da Terna all'interno della Stazione Elettrica *"Brindisi Sud"*. Nello specifico nell'area condivisa dai vari Produttori, sarà realizzato uno Sistema di Sbarre AT a



150 kV, che consentirà il collegamento degli stessi. A sua volta il Sistema di Sbarre sarà collegato in cavo ad Alta Tensione (150 kV) allo stallo dedicato nella SE TERNA "Brindisi Sud".

Il cavo avrà le seguenti principali caratteristiche tecniche:

- Conduttore: Alluminio
- Isolamento: XLPE
- Guaina: Alluminio termofuso
- Diametro conduttore 48,9 mmq
- Sezione del conduttore: 1600 mmq
- Spessore del semiconduttore interno: 2 mm
- Spessore medio isolante: 15,8 mm
- Spessore del semiconduttore esterno: 1,3 mm
- Spessore guaina metallica (circa): 0,6 mm
- Spessore guaina: 4 mm
- Diametro esterno nominale: 100 mm
- Sezione schermo: 180 mmq
- Peso approssimativo: 10 kg/m
- Massima tensione di funzionamento: 170 kV
- Messa a terra degli schermi – posa a trifoglio o posa in piano: assenza di circolazioni
- Portata di corrente posa a trifoglio, cavi interrati a 30°C: 970 A
- Portata di corrente posa in piano, cavi interrati a 30°C: 1050 A
- Massima elettrica del conduttore a 20°C in c.c.: 0,019 Ohm/km
- Capacità nominale: 0,3 microF/km
- Corrente ammissibile di corto circuito: 20 kA
- Tensione operativa 150 kV

La terna di cavi sarà posata all'interno di una trincea avente profondità di 1,5 m. I cavi saranno posati su letto di sabbia e completamente annegati essi stessi nella sabbia.

Data la brevità del percorso non sono previsti giunti intermedi.

I terminali saranno realizzati con schermi messi a terra da entrambi i lati (SSE e SE Terna)

Si prevede che la SSE occupi complessivamente una superficie di 1.200 m<sup>2</sup> circa, per l'installazione del trasformatore, dello stallo AT e dell'edificio locali tecnici.

L'area sarà recintata perimetralmente con recinzione realizzata con moduli in cls prefabbricati "a pettine" di altezza pari a 2,5 m circa. L'area sarà dotata di ingresso carrabile e pedonale.

I componenti elettrici principali della SSE Utente sono:



- il quadro MT
- il trasformatore MT/AT – 30/150 kV
- le apparecchiature AT di protezione e controllo.

### 6.1. Quadro MT

Sarà installato in apposito locale nell'ambito dell'edificio facente parte della SSE Utente, si compone di:

- interruttore Linea 1 – dalla CdS (impianto fotovoltaico);
- interruttore Linea 2 – dalla CdS (impianto fotovoltaico);
- protezione trasformatore ausiliari;
- interruttore generale;
- sezionatore;
- arrivo linea da trasformatore MT/AT (150/30 kV);
- scomparto misure / TV sbarra.

Si tratta di un quadro MT 36 kV di tipo protetto (più una risalita sbarre). Per quanto riguarda il trasformatore dei Servizi Ausiliari (SA) è prevista l'installazione un trasformatore da 100 kVA.

Il quadro sarà in esecuzione da interno, di tipo protetto, realizzato in lamiera d'acciaio con spessore minimo 2 mm, saldata, ripiegata e rinforzata opportunamente, sarà completo di sbarre principali e di derivazione dimensionate secondo i carichi e le correnti di corto circuito.

Ciascuno scomparto sarà composto dalle seguenti celle segregate tra loro:

- cella interruttore MT, allacciamento cavi e sezionatore di terra con porta esterna di accesso cernierata;
- cella sbarre omnibus (comune per tutto il quadro);
- cella per circuiti ausiliari BT con porta esterna di accesso cernierata.

Nei quadri saranno inseriti tutti gli interblocchi necessari per prevenire errate manovre, che possano compromettere l'efficienza delle apparecchiature e la sicurezza del personale addetto all'esercizio dell'impianto.

A valle del trasformatore ausiliari sarà installato un quadro BT utilizzato per l'alimentazione di tutte le utenze BT della SSE Utente.

### 6.2. Trasformatore MT/AT

Per la trasformazione di tensione 30/150 kV sarà utilizzato un trasformatore trifase con avvolgimenti immersi in olio, da esterno, di potenza nominale pari a 40/50 MVA, munito di variatore di rapporto



sotto carico (150+/- 10 x 1,25%), con neutro ad isolamento pieno verso terra, gruppo vettoriale YNd11, esercito con il centro stella lato AT non collegato a terra, ma comunque accessibile e predisposto al collegamento futuro se necessario e/o richiesto.

Le principali caratteristiche elettriche del trasformatore sono riportate nella scheda seguente:

Potenza nominale (ONAN/ONAF)	MVA	<b>40/50</b>		
Frequenza	Hz	50		
Rapporto di trasformazione a vuoto	kV	<b>150 ± 12 x 1,25% / 31</b>		
Collegamenti		Stella con neutro / Triangolo		
Gruppo vettoriale		<b>YNd11</b>		
<b>Caratteristiche elettriche riferite alla potenza</b>		<b>40 MVA</b>	<b>50 MVA</b>	
perdite a vuoto a Vn nominale	kW	<b>21,6</b>	<b>21,6</b>	
perdite nel rame a 75°C, rapporto nominale	kW	<b>166,5</b>	<b>260,2</b>	
tensione di c.c. a 75°C, rapporto nominale	%	<b>12,0</b>	<b>15,0</b>	
<b>Indice di Efficienza di Picco PEI<sup>1</sup></b>	%	<b>99,7001</b>		
<b>Sovratemperature:</b>				
temperatura max. ambiente	°C	40		
sovratemperatura max. olio	K	60		
sovratemperatura media avvolgimenti	K	65		
<b>Tensioni di prova:</b>		<b>AT</b>	<b>Neutro</b>	<b>MT</b>
tipo di isolamento		Uniforme		Uniforme
impulso 1,2 / 50 □sec	kV	650	650	170
tensione indotta	kV	300	-	Consequente
tensione applicata	kV	275	275	70
<b>Terminali esterni:</b>				
posizione isolatori sul lato cassa		Lungo	Corto	Corto
tipo		Condensatore		Ceramico
quantità	n°	3	1	3
tensione nominale	kV	170	170	36
corrente nominale	A	800	800	1.250
<b>Pesi e dimensioni preliminari:</b>				
Peso Olio	Kg	16.500		
Peso Parte estraibile	Kg	33.000		
Peso Totale	kg	61.400		
Lunghezza	mm	7.450		
Larghezza	mm	4.050		
Altezza	mm	4.550		

<sup>1</sup>secondo Regolamento (UE) n. 548/201 della Commissione Europea – Fase 1



### 6.3. Apparecchiature AT

Le apparecchiature AT, dello stallo utente, saranno collegate tra di loro tramite conduttori rigidi o flessibili in alluminio.

A partire dal trasformatore, la disposizione elettromeccanica delle apparecchiature AT sarà la seguente:

1. Scaricatori di sovratensione tensione – n. 3
2. Trasformatori di corrente in SF6 (TA di misura e protezione) – n. 3
3. Interruttore tripolare in SF6
4. Trasformatori di tensione induttivi (TVI) – n. 3
5. Sezionatore a doppia apertura con lame di terra
6. Colonnino per sostegno cavi AT – n. 3

Dai sostegni a colonnino si arriva alla sezione con sbarre a 150 per la condivisione dello stallo di consegna alla RTN, con altri produttori. Da questa poi partirà la linea in cavo interrato a 150 kV, che si attesterà nel nodo della RTN su cui avverrà la connessione.

Per tutte le apparecchiature AT saranno considerati i seguenti dati di progetto:

#### *Condizioni ambientali*

Tipo di installazione	Esterna 2
Zona sismica	ZONA 4
Elevazione del sito	< 1000 m.s.l.
Massima temperatura ambiente di progetto	40°C
Minima temperatura ambiente di progetto	-10°C
Umidità relativa progettuale di riferimento	max 95 %, media 90 %
Grado di inquinamento	Atmosfera non polluta

### 6.4. Rete di terra

La rete di terra della SSE utente sarà estesa a tutta l'area recintata e all'area delle sbarre AT per la condivisione. L'impianto sarà costituito essenzialmente da una maglia realizzata con corda di rame nuda di sezione 50/63mmq, posta ad intimo contatto con il terreno ad una profondità di circa 80 cm dal piano campagna. Le maglie saranno quadrate, regolari e il dimensionamento del lato della maglia dipenderà dalla corrente di guasto a terra che sarà comunicata da TERNA prima della realizzazione dell'impianto e sarà tale da limitare le tensioni di passo e contatto a valori non pericolosi così come



previsto dalla Norma CEI 11-1. La maglia sarà infittita in corrispondenza delle apparecchiature AT ed in generale nei punti con maggiore gradiente di potenziale. Inoltre, la maglia sarà collegata ai ferri di armatura dei plinti di fondazione delle apparecchiature e del locale tecnico in più punti. Il collegamento ai ferri dei plinti è consentito dalla norma e non provoca alcun tipo di danno (corrosione) ai ferri di armatura stessi. Tutte le apparecchiature saranno collegate al dispersore mediante due o quattro corde di rame (sezione tipica 125 mmq). Prima dell'installazione dell'impianto di terra sarà effettuata una misura della resistività del terreno e, una volta realizzata la rete di terra, sarà effettuata una misura di verifica per testare una eventuale necessità di irrobustimento della rete di terra stessa con l'adozione di accorgimenti specifici (picchetti aggiuntivi, aumento della magliatura).

### **6.5. Protezioni**

Come previsto dal Codice di Rete pubblicato l'Utente produttore dovrà stipulare prima dell'entrata in esercizio dell'impianto un Regolamento di Esercizio che conterrà la regolamentazione tecnica di dettaglio del collegamento del proprio impianto alla Rete AT, nonché dei rapporti di tutti i soggetti interessati al collegamento stesso.

Il coordinamento e la definizione delle tarature delle protezioni sarà definita di concerto con TERNA. Il Produttore sarà responsabile dei valori di taratura forniti e imposti da TERNA, ed in ogni caso varrà il principio che qualunque guasto e/o anomalia dell'impianto di produzione, che potrebbe avere ripercussioni pericolose sulla rete AT, dovrà provocare automaticamente l'esclusione della sezione di impianto guasto, nel minimo tempo compatibile con gli automatismi di impianto. Inoltre, in caso di cortocircuito sulla Rete AT i generatori del Produttore dovranno trovarsi predisposti con i loro sistemi di protezione in modo da separarsi dalla rete nei modi e nei tempi previsti dai piani di taratura.

Lo stato delle protezioni sarà periodicamente monitorato dal Produttore, allo scopo di garantire il corretto funzionamento delle apparecchiature.