



Progetto per l'attuazione del P.N.R.R.:  
Missione M2C2 – Energia Rinnovabile

**“LOTTO COSTITUITO DA n° 3 IMPIANTI  
AGRIVOLTAICI IN SINERGIA FRA  
PRODUZIONE ENERGETICA ED  
AGRICOLA NO-FOOD IN AREA SIN“**

Sito in agro di Taranto

Denominazione Progetto: “**ABATERESTA**“

**Potenza elettrica installata: DC 21,97 MW – AC 17,85 MVA**

(Rif. Normativo: D.Lgs 387/2003 – L.R. 25/2012 – D.Lgs 28/2011)

Proponente:

**SKI 10 S.r.l.**

Via Caradosso, 9 - MILANO



del gruppo:

**RELAZIONE TECNICA**  
**IMPIANTO ELETTRICO**

Progettazione a cura:

c.da Lobia, 40 – 72100 BRINDISI  
email [infoerosinvest@gmail.com](mailto:infoerosinvest@gmail.com)  
P.IVA 02227090749

Progettisti:

**Ing. Pietro LICIGNANO**

Iscr. N° 1188 Albo Ingegneri di Lecce  
[licignano.p@gmail.com](mailto:licignano.p@gmail.com)

**Ing. Fernando APOLLONIO**

Iscr. N° 2021 Albo Ingegneri di Lecce  
[fernando.apollonio@gmail.com](mailto:fernando.apollonio@gmail.com)

PREMESSA	3
FINALITA' ED AMBITO DEL PROGETTO	3
RIFERIMENTI NORMATIVI	3
Legislazione	3
Normative tecniche specifiche	5
DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO	6
CARATTERISTICHE GENERALI DELL' IMPIANTO	6
Potenza del generatore	6
Posizionamento del generatore	6
Orientamento dei moduli	7
Posizionamento dei componenti ausiliari	7
SOLUZIONI IMPIANTISTICHE E COMPONENTI UTILIZZATI	8
Sistema in corrente continua	8
Sistema in corrente alternata BT 800 V	8
Sistemi in corrente alternata MT a 20 kV	9
IMPIANTO DI TERRA RELATIVO ALL'IMPIANTO DI PRODUZIONE	10
Collegamenti equipotenziali	11
Impianto di dispersione relativo all'impianto di produzione	11
IMPIANTO DI TERRA RELATIVO ALL'IMPIANTO DI CONNESSIONE	12
PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI	12
Sistema in corrente continua	12
Sistema in corrente alternata in BT a 800 V	13
Sistema in corrente alternata a 20 kV	13
PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI	13
PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE	14
Isolamento e protezione meccanica	14
Sovraccarichi	14
Cortocircuiti	15
Cadute di tensione	15

## **PREMESSA**

### **FINALITA' ED AMBITO DEL PROGETTO**

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione da fonte fotovoltaica di potenza nominale in immissione pari a 17,85 MW, potenza nominale del generatore 21,97 MWp – Ubicato nel Comune di Taranto (TA).

Il Soggetto Responsabile dell'impianto è la società SKI 10 S.r.l., con sede in Via Caradosso n.9 – Milano, che nel seguito verrà indicata come "Richiedente".

Il presente documento riporta le scelte progettuali ed i relativi riferimenti normativi relativi all'impianto elettrico.

### **RIFERIMENTI NORMATIVI**

Gli impianti ed i singoli componenti saranno realizzati a regola d'arte (Decreto Ministeriale 22 gennaio 2008, n. 37). Le caratteristiche degli impianti e dei relativi componenti devono corrispondere alla normativa ed alla legislazione vigente alla data del contratto; tale conformità si intende riferita alle norme tecniche emanate dal C.E.I., dall'U.N.I., nonché nel rispetto della legislazione attualmente in vigore.

#### **Legislazione**

- Regio Decreto n. 1775 dell'11/12/1933: "Testo Unico delle disposizioni di Legge sulle acque e impianti elettrici"
- DPR 18 marzo 1965, n. 342: "Norme integrative" – art. 9;
- DPR 24 luglio 1977, n. 616: "Trasferimento e deleghe delle funzioni amministrative dello Stato";
- DL 11 luglio 1992, n. 333: "Amministrazione del patrimonio e contabilità dello Stato" Art. 14 comma 4 bis;
- D.P.R. 8 giugno 2001, n. 327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità";
- D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada";
- Legge Regionale della Regione Puglia n. 3 del 22 febbraio 2005;
- Deliberazione dell'AEEG n. 281/05;
- Decreto Legislativo del 27 dicembre 2004 n. 330;
- Legge Regionale n.25 del 9 ottobre 2008 della Regione Puglia;

- Legge Regionale n.20 del 7 ottobre 2009 della Regione Puglia;
- Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387;
- Procedura semplificata di PAS D.lgs 28/2011;
- TU 380/01 sull'edilizia e s.m.i.
- DPR 151 agosto 2011
- Decreto del Presidente della Repubblica n° 327 del 8 giugno 2001 (L. 11 del 2011 art 34 poi 42 bis)
- Legge 241/1990 sulla Trasparenza degli atti amministrativi e sue modifiche (legge n° 15 del 11/02/05);
- D.Lgs 285/92 codice della strada;
- D Lgs 42/04 codice Urbani, dei beni culturali e del paesaggio;
- D.M. 21/03/88 Approvazione nelle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne.
- D.Lgs. 26/02/2001 n.36 Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
- Leggi e regolamenti regionali vigenti (per la Puglia ad esempio L.R 25 del 16 ottobre 2008, PPTR approvato, NTA ADB Puglia ecc.). Per quanto non espressamente indicato di farà comunque riferimento alle norme e leggi nazionali e regionali in materia di impianti elettrici per la produzione, il trasporto e la distribuzione dell'energia;
- Decreto del 29 maggio 2008 del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- Decreto legislativo 30 aprile 1992 n. 285 e successive modificazioni: "Nuovo Codice della Strada";
- Codice Civile (relativamente alla stipula degli atti di costituzione di servitù: TU 1775/33 e 327/01 per coattive);
- DPCM – Dipartimento delle Aree Urbane 03/03/1999 "Sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici";
- D.P.R. 22 ottobre 2001, n. 462 (regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia d'innstallazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra d'impianti elettrici e d'impianti elettrici pericolosi);

## **Normative tecniche specifiche**

- Norma CEI 11-17 luglio 1997: “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - linee interrate”;
- Norme del Ministero dell’Interno per quanto attiene le disposizioni di sicurezza antincendio;
- Decreto Legislativo 22 febbraio 2001, n. 36: “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- Norma CEI 11-8 dicembre 1989: “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – impianti di terra e successive varianti”;
- Norma CEI 103-6 dicembre 1997: “Protezione delle linee di telecomunicazioni dagli effetti dell’induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto”.
- 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”, modificata ed integrata con la variante V1 del dicembre 2020,
- Norma CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione degli impianti elettrici”;
- Norma CEI 11-46 “Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi – Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo – Criteri generali di e di sicurezza”;
- Norma CEI 11-47 “Impianti tecnologici sotterranei -Criteri generali di posa”;
- Norma CEI 81-10 “Protezione delle strutture contro i fulmini”;
- Norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art.6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo CEI 211-4 Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni elettriche”;
- Norma CEI 103-6 “Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell’induzione”;
- D.Lgs. 81/2008, per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro
- Specifiche Terna Rete Italia: Codice di Rete
- Specifiche E-Distribuzione: Guida per le connessioni alla rete elettrica di E-Distribuzione
- EN 61936-1 (CEI 99-2): Impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.,
- EN 50522 (CEI 99-3): Messa a terra degli impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.;

- Guida CEI 11-37: Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra di impianti utilizzatori in cui siano presenti sistemi di tensione con tensione maggiore di 1 kV;
- Norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua";
- Norma CEI 17-13 "Apparecchiatura assiemate di protezione e manovra per Bassa Tensione";
- Guida CEI 82-25 "Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione";

## DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO

### CARATTERISTICHE GENERALI DELL' IMPIANTO

#### Potenza del generatore

Il generatore è costituito da n° **31.620** moduli fotovoltaici di potenza nominale pari a 695 **Wp**, per una potenza complessiva di **21.975,9 kWp**.

Bisogna comunque precisare che ai fini della connessione, la potenza complessiva è limitata a 17.850 kW, pari alla somma delle potenze erogabili dai n.90 inverter.

L'impianto complessivo risulta suddiviso in n. 3 lotti aventi le seguenti caratteristiche:

- Lotto A, costituito da n° 10.410 moduli fotovoltaici, per una potenza complessiva di 7.234,95 kWp, potenza ai fini della connessione 5.950 kW;
- Lotto B, costituito da n° 10.530 moduli fotovoltaici, per una potenza complessiva di 7.318,35 kWp, potenza ai fini della connessione 5.950 kW;
- Lotto C, costituito da n° 10.680 moduli fotovoltaici, per una potenza complessiva di 7.423 kWp, potenza ai fini della connessione 5.950 kW;

Il modulo fotovoltaico scelto è di marca Jollywood JW-H132N, avente le seguenti caratteristiche:

Pmax	Voc	Vn	In	Icc	Coeff. Temp. Voc
[Wp]	[V]	[V]	[A]	[A]	[%/K]
695	47	39,4	17,66	18,76	-0,26

#### Posizionamento del generatore

Tale impianto è costituito da un generatore fotovoltaico con annesse apparecchiature di trasformazione dell'energia, di collegamento in rete e di protezione.

I moduli fotovoltaici sono posizionati su particolari strutture metalliche, denominate “tracker”, le quali permettono la variazione continua dell'inclinazione del modulo rispetto al piano orizzontale, in modo da realizzare un inseguimento solare monoassiale (est-ovest).

Pertanto la struttura del generatore fotovoltaico avrà le seguenti caratteristiche:

- Tipologia d'impianto: ad inseguitori (Tracker)
- N° e Tipologia di Tracker: n° 482 Tracker da 60 moduli, n° 90 Tracker da 30 moduli,
- Distanza fra le file di pannelli in orizzontale: 4,20 m
- Distanza fra gli assi dei sostegni dei Tracker (pitch): 9,00 m
- Inclinazione zenitale: da 43° a -43°
- Recinzione e Telesorveglianza: potenziamento all'interno della recinzione esistente

### **Orientamento dei moduli**

Trattandosi di un impianto ad inseguimento monoassiale, l'orientamento dei moduli varia da inclinazione 43° verso Est a 43° verso Ovest, il tutto regolato da una apposita centralina che ottimizza la produzione dell'impianto.

### **Posizionamento dei componenti ausiliari**

Oltre alle strutture relative al generatore fotovoltaico, la presente prevede le seguenti strutture:

- n. 6 manufatti prefabbricati in cemento vibrocompresso di dimensioni (5,75 m x 2,50 m x 2,70 m), destinati a contenere i quadri MT, ed i Trasformatori di ognuna delle cabine MT/BT;
- n. 6 manufatti prefabbricati in cemento vibrocompresso di dimensioni (5,75 m x 2,50 m x 2,70 m), destinati a contenere i Quadri BT ed i servizi ausiliari di ognuna delle cabine MT/BT;
- n. 1 manufatto prefabbricato in cemento vibrocompresso di dimensioni (7,50 m x 2,50 m x 2,70 m), destinati a contenere i servizi ausiliari per la gestione e supervisione degli impianti;
- n. 3 manufatti prefabbricati in cemento vibrocompresso di dimensioni (7,50 m x 2,50 m x 2,70 m), destinato a contenere le Cabine di Consegna Vano Utente e Misure per ognuno degli altrettanti lotti;

- n. 3 manufatto prefabbricati in cemento vibrocompresso di dimensioni (6,75 m x 2,50 m x 2,70 m), destinato a contenere le Cabine di Consegna Vano Gestore di Rete Locale per ognuno degli altrettanti lotti;

Tali locali sono costituiti da Cabine prefabbricate appoggiate su vasche di fondazione che hanno altresì la funzione di contenimento delle condutture elettriche.

## DESCRIZIONE ANALITICA DELL'INTERVENTO

### SOLUZIONI IMPIANTISTICHE E COMPONENTI UTILIZZATI

#### Sistema in corrente continua

Il sistema in corrente continua è esercito a neutro isolato (sistema IT), in virtù di una maggiore continuità di servizio del sistema.

Il generatore è costituito da n° **31.620** moduli fotovoltaici di potenza nominale pari a 695 **Wp**, per una potenza complessiva di **21.975,9 kWp**.

Il campo fotovoltaico è suddiviso in n. 8 sub-campi, raggruppati in n.3 lotti, aventi le seguenti caratteristiche:

Subcampo	Trk30	Trk60	Moduli	Potenza	Stringhe	Inverter	Potenza AC	Sovraccarico
[id]	[n]	[n]	[n]	[kWp]		[n]	[kVA]	[kWp/kVA]
1A	6	42	2700	1.877	90	8	1600	17%
2A	12	80	5160	3.586	172	15	3000	20%
3A	7	22	1530	1.063	51	4	800	33%
4A	10	12	1020	709	34	3	600	18%
Lotto A	35	156	10410	7234,95	347	30	5950	22%
1B	22	73	5040	3.503	168	14	2800	25%
2B	4	80	4920	3.419	164	14	2800	22%
3B	1	9	570	396	19	2	400	-1%
Lotto B	27	162	10530	7318,35	351	30	5950	23%
1C (Lotto C)	28	164	10680	7.423	356	30	5950	25%
					-			
Totale	90	482	31620	21975,9	1.054	90	17850	23%

#### Sistema in corrente alternata BT 800 V

Il sistema in corrente alternata in BT ha una tensione nominale di 800 V, parte dal secondario di ognuno dei trasformatori MT/BT, per andare ad essere gestito dal relativo



quadro BT. Da tali quadro vengono alimentati direttamente gli inverter che si trovano all'esterno, in prossimità dei tracker contenenti le stringhe ad essi collegati, al fine di ottimizzare i collegamenti elettrici.

Poiché è previsto l'atterramento del centro stella del trasformatore MT/BT, il sistema sarà di tipo TN-S di I categoria.

Ogni inverter può erogare una potenza nominale di 200 kW (dati risultanti dalla documentazione del costruttore).

### **Sistemi in corrente alternata MT a 20 kV**

Trattandosi di n.3 lotti di impianto abbiamo altrettanti sistemi in corrente alternata MT a 20 kV, i quali partono ognuno dal punto di consegna della relativa Cabina lato Distributore. L'impianto elettrico parte dalla cabina di consegna, in cui il Gestore di Rete Locale (E-Distribuzione) fornisce l'accesso alla sua rete con le seguenti caratteristiche:

- Tensione concatenata di alimentazione del lato AT 20 kV (dichiarazione del Distributore);
- Tensione di riferimento per l'isolamento dei componenti 24 kV (norma CEI 11-1 tab.4-1);
- Stato del neutro: collegato a terra con bobina risonante (dichiarazione del Distributore);
- Corrente di primo guasto a terra sulla rete MT: 50 A (dichiarazione del Distributore);
- Durata del primo guasto a terra: >> 10 s (dichiarazione del Distributore);

Pertanto, il livello massimo di tensione è pari a 20 kV per cui il sistema di tensioni è di II categoria, mentre il sistema di atterramento del neutro è di tipo IT (neutro isolato).

Si pone in evidenza che lo stato del neutro sopra riportato è presunto ed in fase di verifica tali dati dovranno essere richiesti ad Enel Distribuzione S.p.A..

Le caratteristiche della cabina di Consegna sono le seguenti, conformemente alla norma CEI 0-16:

- Collegamento del circuito M.T. del trasformatore: triangolo;
- Potere di interruzione minimo del Dispositivo Generale 12,5 kA;
- Dispositivo di protezione generale Interruttore Automatico, associato a Relè di Protezione da Sovraccarico, Sovracorrente con ritardo intenzionale, sovracorrente istantanea;

- Linea di alimentazione in MT realizzata in cavo di lunghezza inferiore a 20 m di sezione nominale 95 mm<sup>2</sup>, isolamento nominale 20/12 kV

Per ognuno dei n.3 Lotti, a valle di ognuna delle Cabine di Consegna sono alimentate n. 2 Cabine di Trasformazione MT/BT aventi le seguenti caratteristiche:

- Presenza di un solo trasformatore di potenza nominale da 3150 kVA;
- Numero di inverter collegati: 15;

### **Sistema di conversione**

Il sistema di conversione dell'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici è costituito da n. 90 inverter, aventi le seguenti caratteristiche:

- Marca: Huawei;
- Modello: SUN2000-215KTL-H3;
- Potenza nominale in uscita (AC): 200 kW;
- Tensione massima in ingresso: 1500 V;
- Range di tensione MPPT: 500-1500 V;
- Numero di ingressi: 15 suddivisi in 3 MPPT separati;
- Massima corrente per ingresso MPPT: 100 A;

Considerato l'elevato numero di ingressi disponibili sull'inverter non risultano necessari Quadri di Campo per il parallelo stringhe, in quanto queste vengono portate direttamente o al massimo in coppia agli ingressi dell'inverter.

## **IMPIANTO DI TERRA RELATIVO ALL'IMPIANTO DI PRODUZIONE**

### **Conduttori di protezione**

Tutte le linee saranno dotate di conduttore di protezione di sezione pari a quanto segue:

- alla massima sezione dei conduttori di fase della linea, per sezioni fino a 16 mmq;
- a 16 mmq per sezioni della fase che vanno da 16 a 35 mmq;
- alla metà della massima sezione dei conduttori di fase, per sezioni maggiori di 35 mmq;

Tutti i conduttori di protezione devono confluire al nodo equipotenziale posto nel relativo quadro di zona o nelle sue vicinanze.

## **Collegamenti equipotenziali**

Il nodo equipotenziale principale è posizionato in prossimità del Quadro Generale BT di ognuna delle Cabine di Trasformazione CTX.Y.

Tutti i nodi equipotenziali presenti nei vari locali tecnici dovranno essere collegati al nodo equipotenziale principale attraverso un conduttore in rame rivestito di sezione pari a 35 mmq.

Tutte le masse e le masse estranee dovranno essere collegate a terra con collegamenti equipotenziali, rispettando le sezioni previste negli allegati elaborati grafici.

Per quanto riguarda le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, si precisa che il collegamento a terra va fatto in almeno un punto della stessa, collegando tra loro le strutture negli eventuali tratti di discontinuità.

Particolare attenzione deve essere posta nel collegamento a terra dei Quadri di Parallelo di secondo livello, in quanto tale collegamento garantisce l'efficienza dei soppressori di sovratensione in essi contenuti.

Questo vale anche per eventuali le tubazioni e canalizzazioni metalliche entranti nei vari locali.

Ogni collegamento equipotenziale, dove non diversamente specificato, dovrà avvenire in uno dei seguenti modi:

- tramite un conduttore in rame provvisto di protezione meccanica di sezione non inferiore a 2,5 mm<sup>2</sup>;
- tramite un conduttore in rame senza protezione meccanica di sezione non inferiore a 4 mm<sup>2</sup>.

Nel caso un conduttore equipotenziale svolgesse anche le funzioni di conduttore di protezione, valgono anche le relative sezioni minime sopra riportate.

## **Impianto di dispersione relativo all'impianto di produzione**

L'impianto di dispersione sarà costituito dai seguenti elementi:

- Un anello semplice in corda di rame nudo da 35 mmq, interrato ad una profondità di 0,5 m attorno ai manufatti adibiti a Cabina di Trasformazione MT/BT e Quadri BT e Ausiliari, integrata da n. 4 picchetti in acciaio zincato di lunghezza 1,5 m;
- Una corda di rame nudo di sezione 35 mmq corrente lungo i cavidotti interrati principali, interrata ad una profondità di 50 cm (la stessa quota dei cavidotti).

L'impianto di dispersione così realizzato dovrà essere sottoposto a verifica strumentale in campo per accertare la sua idoneità per la protezione dai contatti indiretti di cui al paragrafo successivo.

## **IMPIANTO DI TERRA RELATIVO ALL'IMPIANTO DI CONNESSIONE**

L'impianto di dispersione sarà costituito dai seguenti elementi:

- Un anello semplice in corda di rame nudo da 35 mmq, interrato ad una profondità di 0,5 m attorno ai manufatti adibiti a Cabina di Consegna, integrata da n. 4 picchetti in acciaio zincato di lunghezza 1,5 m:
- Una corda di rame nudo di sezione 35 mmq corrente lungo i cavidotti interrati principali, interrata ad una profondità di 50 cm (la stessa quota dei cavidotti).

L'impianto di dispersione così realizzato dovrà essere sottoposto a verifica strumentale in campo per accertare la sua idoneità per la protezione dai contatti indiretti di cui al paragrafo successivo.

L'impianto di dispersione, attraverso un conduttore di terra, farà capo ad un collettore principale, attraverso il quale verranno collegate a terra tutte le masse presenti nel locale, nonché tutti gli schermi dei cavi entranti ed uscenti, salvo diversa indicazione del Distributore.

## **PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI**

### **Sistema in corrente continua**

Il sistema è di tipo IT di I categoria, con una corrente di primo guasto a terra trascurabile, per cui in base alla norma CEI 64-8/4 non è prevista l'interruzione automatica dell'alimentazione in caso di primo guasto a terra, ma la rilevazione del guasto per mezzo di un controllo di isolamento integrato nell'inverter. Tutte le masse saranno connesse al conduttore di protezione, il quale farà capo all'impianto di terra già esistente di cui si dovrà verificare l'efficienza.

In particolare dovrà essere verificata la seguente relazione:

$$R_T \times I_d \leq 50V$$

dove si intende con  $R_T$  la resistenza di atterramento delle masse e con  $I_d$  la corrente di primo guasto a terra.

### **Sistema in corrente alternata in BT a 800 V**

Per i tratti di linea che dal Quadro Generale (QGBT) vanno ai singoli inverter, la protezione è assicurata mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione per mezzo di interruttori magnetotermici con corrente nominale pari a 160 A, ed intervento magnetico pari a  $I_m = 800$  A.

Difatti, il sistema è di tipo TN di I categoria e per rispondere alla norma CEI 64-8 parte 4 paragrafo 413.1.3.3, dovrà essere verificata l'efficienza dell'impianto di terra ed in particolare dovrà essere verificata la seguente relazione:

$$Z_s \times I_m \leq 156 V$$

dove si intende con  $Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto, con  $I_m$  la corrente di intervento magnetico del dispositivo di protezione, che corrisponde alla corrente di intervento entro 0,4 s, mentre 156 V rappresenta la tensione verso della del sistema.

### **Sistema in corrente alternata a 20 kV**

Per la valutazione delle tensioni di contatto, allo scopo di tenere correttamente conto delle resistenze di contatto aggiuntive, sarà utilizzato il metodo di calcolo riportato nell'Allegato A alla norma CEI EN 50522 (CEI 99-3).

Nel calcolo sono stati considerati i seguenti valori dei parametri in gioco:

- Limite di corrente nel corpo umano  $I_b = 267$  mA;
- Fattore cardiaco HF = 1 relativo al contatto mano-piedi;
- Fattore corporeo BF = 0.75 relativo al contatto mano-piedi;
- Impedenza del corpo  $Z_T = 1000$  ohm;
- Resistenza aggiuntiva della mano  $R_H = 0$  ohm (non considerata);
- Resistenza aggiuntiva dei piedi  $R_{F1} = 1000$  ohm, relativa a scarpe vecchie ed umide;
- Resistività del terreno prossimo alla superficie  $S = 2000$  relativa ad asfalto con idoneo sottofondo in pietrisco;

Dai calcoli eseguiti, è risultato un valore della tensione di contatto a vuoto  $U_{vTp} = 237,5$  V, per cui la massima resistenza di terra ammissibile è pari a 4.75 ohm.

### **PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI**

La protezione è assicurata dall'utilizzo di involucri e dall'isolamento delle parti attive.

In particolare:

- tutte le condutture avranno grado di protezione minimo IP4X;
- tutte i conduttori privi di protezione meccanica dovranno avere isolamento doppio o rinforzato;

- tutti gli involucri, compreso il quadro elettrico avrà grado di protezione minimo IP 44;

## **PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE**

Tutti i dati relativi alle condutture utilizzate ed al coordinamento con le rispettive protezioni sono riportati nelle tabelle di calcolo in calce agli allegati Schemi Unifilari dei Quadri Elettrici.

### **Isolamento e protezione meccanica**

Tutte le linee elettriche saranno realizzate con conduttori in rame isolato in PVC autoestinguente e non propagante l'incendio, ad eccezione delle linee interrate che saranno realizzate con conduttori in rame isolato in gomma ad alto modulo per il collegamento delle stringhe.

La protezione meccanica delle condutture dovrà avvenire in uno dei seguenti modi:

- tramite tubazioni in PVC autoestinguente rigido posato a vista;
- tramite tubazione in PVC autoestinguente flessibile posato sotto traccia;
- tramite tubazione in PVC autoestinguente flessibile di tipo pesante interrato ad una profondità minima di 50 cm per i sistemi BT e di 1 m per i sistemi MT.

Sono previste altresì cassette di derivazione e transito in PVC auto estinguente.

Per garantire la completa sfilabilità dei conduttori il coefficiente di riempimento delle tubazioni dovrà essere inferiore al 60 %.

Il colore utilizzato per i conduttori deve essere conforme alla normativa vigente.

### **Sovraccarichi**

La protezione dai sovraccarichi è garantita per tutte le linee da interruttori magnetotermici i cui parametri soddisfano le seguenti relazioni:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_f < 1,45 I_z$$

dove con  $I_n$  è indicata la corrente nominale dell'interruttore, con  $I_b$  la corrente di impiego della conduttura, con  $I_z$  la portata della linea e con  $I_f$  la corrente di funzionamento dell'interruttore.

Sul sistema a Corrente Alternata (AC) la protezione dai sovraccarichi è realizzata, per ogni linea, tramite l'intervento del relativo interruttore magnetotermico di protezione.

Sul sistema a Corrente Continua (DC), la corrente di impiego è molto vicina alla corrente di corto circuito, per cui non risulta possibile l'individuazione né del sovraccarico né del corto circuito, per cui la protezione è assicurata dal fatto che il cavo è in grado di sopportare anche la corrente massima ipotizzabile (corto circuito).

### **Cortocircuiti**

Per la sezione in corrente continua le correnti di corto circuito sono paragonabili a quelle di lavoro, per cui risulta difficile riconoscerle con un dispositivo di protezione. Pertanto è risultato più conveniente dimensionare il cavo in modo da resistere a tali correnti.

Per la sezione in corrente alternata, la protezione dai cortocircuiti è assicurata dagli stessi interruttori che proteggono le condutture da i sovraccarichi.

In particolare è stato verificato che la corrente di cortocircuito massima a monte della linea è inferiore al potere di interruzione del rispettivo interruttore per cui la stessa risulta protetta dalle correnti massime di cortocircuito.

Per la protezione dalle correnti minime di corto circuito, questa è automaticamente assicurata in quanto i dispositivi di protezione utilizzati sono idonei alla protezione dai sovraccarichi, come peraltro evidenziato dal commento alla norma CEI 64/8 paragrafo 533.3.

Le scelte operate, oltre a permettere di soddisfare i requisiti previsti dalla normativa vigente, permettono all'impianto di avere una buona performance e quindi una maggiore produttività.

### **Cadute di tensione**

In ognuno dei n. 3 sistemi elettrici individuati, le cadute di tensione massime sono inferiori al 4 % previsto dalla normativa.

Nello specifico, le scelte progettuali operate vanno oltre il soddisfacimento dei requisiti previsti dalla normativa vigente, prevedendo circa l'1% di caduta per ognuno dei sistemi, in modo da permettere all'impianto di avere una buona performance e quindi una maggiore produttività.