Impianto di produzione di energia elettrica agrivoltaico di potenza nominale pari a 71,05 MWp situato nei Comuni di Troia (FG), Lucera (FG) e Biccari (FG) e relative opere di connessione alla RTN nel Comune di Troia (FG), in provincia di Foggia

RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO RETE MT

Nov. 2023	**00**	**Richiesta A.U.**	**GIORGIO MARIA RESTAINO**	**PATRIZIA RUBERTO**	**DOMENICO ANTONIO NUZZOLO**
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato

Logo Committente e Denominazione Commerciale

iren green generation
Iren Green Generation Tech s.r.l.

ID Documento Committente

H004_FV_BER_00111

Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale

TENPROJECT

sede legale e operativa
San Martino Sannita (BN) Loc. Chianarile snc Area Industriale
sede operativa
Lucera (FG) via A. La Cava 114
P.IVA 01465940623
Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873

Il Progettista
Dott. Ing. Domenico Antonio NUZZOLO

ID Documento Appaltatore

SEZIONE 9
00111_Relazione di calcolo e dimensionamento rete MT

Sommario

1 Premessa 3
2 Documenti e norme di riferimento 4
3 Condizioni ambientali di progetto 5
4 Sistema elettrico 6
4.1 Descrizione generale 6
4.2 Dati di impianto 8
5 Caratteristiche tecniche dei cavi 12
5.1 Caratteristiche elettriche 12
5.2 Tensione di isolamento del cavo 12
5.3 Temperature massime di esercizio e di cortocircuito 12
5.4 Caratteristiche funzionali e costruttive 12
5.4.1 Collegamenti MT impianto fotovoltaico (interno ed esterno) 12
5.4.2 Collegamenti MT impianto fotovoltaico (interno ed esterno) 13
5.4.3 Collegamenti MT interni alla stazione elettrica 13
5.5 Accessori 14
6 Verifiche reti MT 15
6.1 Modalità e criterio di calcolo elettrico 15
6.2 Interpretazione dei risultati 15
6.3 Verifica della portata 15
6.4 Verifica della caduta di tensione 16
7 Risultati di calcolo 17

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

1 Premessa

Il progetto proposto riguarda la realizzazione di un impianto di tipo agrivoltaico di potenza nominale pari a **71,05 MWp** da installarsi in provincia di Foggia, nei territori comunali di Troia, Lucera e Biccari.

Proponente dell'iniziativa è la società Iren Green Generation Tech s.r.l.

L'impianto consta di sedici campi che si sviluppano nella parte settentrionale del territorio di Troia, interessando anche le zone immediatamente limitrofe di Biccari e Lucera. Gli stessi sono collegati a mezzo di un cavidotto MT interrato che si diparte dalla cabina di raccolta presente all'interno del Campo 14 e che arriva fino alla stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV di utenza sita nel comune di Troia.

La viabilità locale garantisce l'accesso anche a mezzi di portata e dimensione superiore agli autoveicoli, ed in particolare l'area nord è servita dalla SP 132 e quindi da una strada locale che si interseca con quest'ultima, mentre l'area sud è servita dalla SP 125, anch'essa collegata ad una strada locale che lambisce le aree di impianto.

I sedici campi sono delimitati da recinzione perimetrale provvisti di cancello di accesso. Sono previste opere di mitigazione, consistenti in una fascia arbustiva perimetrale e di piante arboree nella zona a nord.

L'impianto agrovoltaico è costituito da 116.472 moduli in silicio monocristallino ognuno di potenza pari a 610Wp. Tali moduli sono collegati tra di loro in modo da costituire:

- 380 strutture 1x12 moduli;
- 4.663 strutture 1x24 moduli.

Le strutture sono in acciaio zincato ancorate al terreno. L'impianto è organizzato in gruppi di stringhe collegati alle cabine di campo.

L'energia elettrica viene prodotta da ogni gruppo di moduli fotovoltaici in corrente continua e viene trasmessa agli inverter ubicati nelle cabine di campo, che provvedono alla conversione in corrente alternata.

Le linee MT in cavo interrato collegano tra loro le cabine di campo, nelle quali sono ubicati i trasformatori MT/BT, e quindi proseguono alla cabina di raccolta prevista all'interno dell'area di impianto ubicata Convegna. Dalla cabina di raccolta si sviluppano tre linee 30 kV interrate per il trasferimento dell'energia alla stazione elettrica di utente 30/150 kV. Da quest'ultima una volta innalzata alla tensione di 150 kV, l'energia viene trasferita mediante un sistema di sbarre alla stazione elettrica esistente 380/150 kV denominata "Troia" di proprietà TERNA S.p.A.

La proposta progettuale presentata è stata sviluppata in modo da ottimizzare al massimo il rapporto tra le opere di progetto e il territorio, limitare al minimo gli impatti ambientali e paesaggistici e garantire la sostenibilità ambientale dell'intervento.

La presente relazione descrive, nel dettaglio, il calcolo e dimensionamento della rete in media tensione.

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

2 Documenti e norme di riferimento

Le norme tecniche e i documenti di riferimento utilizzate per la stesura del progetto esecutivo sono:

- IEC 60502-2: Power cables with extruded insulation and theri accessories for rated voltages from 1 kV (Um=1.2 kV) up to 30 kV (Um=36 kV) – Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV (Um=7.2 kV) up to 30 kV (Um=36 kV) (03/2005);
- CEI EN 60909 (11-25) – Calcolo di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata (12/2001);
- IEC 60287: Electric cables – Calculation of the current rating (12/2006);
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo (10/2011).

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

3 Condizioni ambientali di progetto

- Altezza sul livello del mare < 1000 m;
- Temperatura ambiente -25 +40°C;
- Temperatura media 25°C;
- Umidità relativa 90%;
- Inquinamento leggero;
- Tipo di atmosfera non aggressiva.

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

4 Sistema elettrico

4.1 Descrizione generale

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico di potenza nominale pari a **71,05 MWp** da installarsi in provincia di Foggia, nei territori comunali di Troia, Lucera e Biccari.
L'impianto consta di sedici campi all'interno di ognuno dei quali si prevede l'installazione delle pannellature.
I sedici campi sono collegati alla stazione elettrica di utenza sita nel comune di Troia denominata "Troia", tramite un cavidotto MT interrato che si sviluppa in gran parte su strada esistente. La stazione elettrica di utenza, tramite un sistema di sbarre AT, si collega alla vicina sezione a150 kV della SE RTN 150/380 kV di Troia.
Di fatto un impianto agrovoltaico è una tipologia di impianto fotovoltaico installato su suoli agricoli che consente non solo di produrre energia elettrica da fonte solare, ma anche di continuare la coltivazione delle aree o di prevedere nuove coltivazioni. Si tratta quindi di un impianto fotovoltaico combinato all'attività di coltivazione dei campi.
I pannelli fotovoltaici sono installati su strutture metalliche a inseguimento monoassiale (tracker).
Tali strutture, ancorate al suolo tramite sostegni infissi, consentono la rotazione assiale delle pannellature in modo da avere sempre un'inclinazione ottimale rispetto ai raggi solari incidenti, massimizzando il funzionamento delle celle fotovoltaiche.
La distanza tra le file parallele delle pannellature, disposte con asse in direzione Nord-Sud, oltre ad evitare l'ombreggiamento reciproco tra le strutture, è definita in modo da consentire la coltivazione delle fasce di terreno d'interfila in maniera agevole, garantendo l'accesso ai mezzi agricoli.
Il progetto prevede inoltre, la realizzazione di una fascia arborea di mitigazione posta lungo il perimetro nord dei campi agrovoltaici. L'impianto agrovoltaico di progetto ha una potenza complessiva di picco pari a 71,05 MWp e potenza nominale di immissione in rete pari a 71,00 MW.
Il suddetto impianto è costituito da 116.472 moduli fotovoltaici, suddivisi in campi, sottocampi e stringhe, i quali sono collegati in serie o in parallelo a seconda del livello. Una serie di moduli costituisce una stringa, la quale si collega in parallelo ad altre stringhe per formare il sottocampo, il quale forma con altri sottocampi sempre collegati in parallelo il campo agrovoltaico.
I pannelli saranno montati su strutture ad inseguimento monoassiale (tracker) secondo le seguenti configurazioni:

- Strutture da 1x12 moduli;
- Strutture da 1x24 moduli;

I pannelli fotovoltaici hanno dimensioni 2465 x 1134 mm, incapsulati in una cornice di alluminio anodizzato dello spessore di 35 mm, per un peso totale di 34,6 kg ognuno.
Le strutture di sostegno ipotizzate hanno la caratteristica di poter essere infisse nel terreno senza bisogno di alcun tipo di fondazione in calcestruzzo, compatibilmente alle caratteristiche geotecniche del terreno e alle prove penetrometriche che verranno effettuate in fase esecutiva. Come certificato

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

dal costruttore, le strutture sono in grado di supportare il peso dei moduli anche in presenza di raffiche di vento di elevata velocità, di neve e altri carichi accidentali.
Le strutture che sostengono i moduli fotovoltaici sono posizionate in file parallele opportunamente distanziate in modo da evitare l'ombreggiamento reciproco, consentire le operazioni di pulizia e manutenzione dei pannelli, e avere gli spazi necessari per coltivare agevolmente e con i mezzi agricoli i terreni di interfila.
Il progetto prevede n°4853 array da 24 moduli per una potenza complessiva installata di 71,05 MWp.
L'impianto sarà corredato da 17 cabine di campo, 1 cabina di raccolta, 1 stazione elettrica di utenza 30/150 kV, un cavidotto di utenza interrato da 30 kV e un sistema di sbarre AT per il collegamento alla stazione elettrica esistente 380/150 kV di Troia di proprietà TERNA S.p.A.
Ogni sottocampo è gestito dalla cabina di campo associata e in riferimento allo schema elettrico unifilare di progetto, le stringhe sono denominate con la seguente dicitura:

Ixx - Cyy - Szz

Dove:

- Ixx rappresenta il numero dell'inverter;
- Cyy rappresenta il numero del sottocampo;
- Szz rappresenta il numero della stringa.

Per necessità di disposizione sul sito ed ottimizzazione del layout, l'impianto è stato suddiviso in 17 sottocampi:

- SOTTOCAMPO 1: composta da 6.864 moduli (n.286 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 2: composta da 6.864 moduli (n.286 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 3: composta da 6.864 moduli (n.286 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 4: composta da 6.864 moduli (n.286 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 5 composta da 6.864 moduli (n.286 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 6 composta da 6.864 moduli (n.286 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 7 composta da 6.864 moduli (n.286 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 8 composta da 6.864 moduli (n.286 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 9 composta da 6.840 moduli (n.285 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

- SOTTOCAMPO 10 composta da 6.840 moduli (n.285 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 11 composta da 6.840 moduli (n.285 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 12 composta da 6.840 moduli (n.285 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 13 composta da 6.840 moduli (n.285 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 14 composta da 6.840 moduli (n.285 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 15 composta da 6.840 moduli (n.285 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 16 composta da 6.840 moduli (n.285 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;
- SOTTOCAMPO 17 composta da 6.840 moduli (n.285 stringhe/24 moduli) installati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest;

Durante il giorno l'impianto agrovoltaico converte la radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. Tale corrente è inviata attraverso i quadri di campo e sottocampo agli inverter i quali la trasformano in corrente alternata trifase.
Le uscite c.a. degli inverter di ogni sottocampo si collegano a relativi trasformatori MT/BT che elevano la tensione a 30 kV in particolare le cabine di campo saranno collegate tra di loro mediante un cavidotto MT interrato denominato “cavidotto interno”.
Quest’ultimo giungerà ad una cabina di raccolta a partire dalla quale si svilupperà un cavidotto MT interrato, denominato “cavidotto esterno” per il collegamento dell’impianto alla stazione elettrica di utente 30/150 kV. Da quest'ultima, una volta innalzata alla tensione di 150 kV, l'energia viene trasferita mediante un sistema di sbarre AT alla stazione elettrica esistente 380/150 kV di Troia di proprietà TERNA S.p.A.

4.2 Dati di impianto

In seguito 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) 31.5 kA
- Corrente massima di corto circuito monofase (lato AT-RTN) 20 kA

GENERATORI STATICI (INVERTER) POWER STATION DA 1 A 4

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

- Tensione nominale 0.6 kV
- Potenza nominale 4200 kW
- Corrente di corto circuito 8400 A

GENERATORI STATICI (INVERTER) POWER STATION DA 5 A 8

- Tensione nominale 0.6 kV
- Potenza nominale 4200 kW
- Corrente di corto circuito 8400 A

GENERATORI STATICI (INVERTER) POWER STATION DA 9 A 12

- Tensione nominale 0.6 kV
- Potenza nominale 4200 kW
- Corrente di corto circuito 8400 A

GENERATORI STATICI (INVERTER) POWER STATION DA 9 A 15

- Tensione nominale 0.6 kV
- Potenza nominale 4200 kW
- Corrente di corto circuito 8400 A

GENERATORI STATICI (INVERTER) POWER STATION DA 16 A 17

- Tensione nominale 0.6 kV
- Potenza nominale 4000 kW
- Corrente di corto circuito 8400 A

TRASFORMATORI MT/BT POWER STATION DA 1 A 4

- Potenza nominale 4200 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.6 kV
- Tensione di c.to c.to 8.3 %
- Collegamento Dyn11

TRASFORMATORI MT/BT POWER STATION DA 5 A 8

- Potenza nominale 4200 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.6 kV
- Tensione di c.to c.to 8.3 %
- Collegamento Dyn11

TRASFORMATORI MT/BT POWER STATION DA 9 A 12

- Potenza nominale 4200 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.6 kV
- Tensione di c.to c.to 8.3 %

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

- Collegamento Dyn11

TRASFORMATORI MT/BT POWER STATION DA 9 A 15

- Potenza nominale 4200 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.6 kV
- Tensione di c.to c.to 8.3 %
- Collegamento Dyn11

TRASFORMATORI MT/BT POWER STATION DA 16 A 17

- Potenza nominale 4000 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.6 kV
- Tensione di c.to c.to 8.3 %
- Collegamento Dyn11

TRASFORMATORE MT/AT

- Potenza nominale 45 MVA
- Rapporto nominale 150 ± 12x1.25% / 31 kV
- Tensione di c.to c.to 14 %
- Perdite nel ferro 31 kW
- Collegamento YNd11
- Isolamento olio minerale
- Raffreddamento ONAN-ONAF

TRASFORMATORE SA

- Potenza nominale 100 kVA
- Rapporto nominale 30 ± 2x2.5% / 0.4 kV
- Tensione di c.to c.to 4 %
- Collegamento Dyn11
- Isolamento olio minerale
- Raffreddamento ONAN

COLLEGAMENTI MT

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche geometriche dei collegamenti dei cavi MT oggetto del calcolo.

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

COLLEGAMENTI IMPIANTO AGROVOLTAICO (INTERNO ED ESTERNO)		SEZIONE CONDUTTORE [mm²]	MATERIALE CONDUTTORE	LUNGHEZZA [m]
GRUPPO1	CAB.1-CAB.2	**185**	Al	727
	CAB.2-CAB.3	**240**	Al	672
	CAB.3-CAB.4	**300**	Al	1695
	CAB.4-CABR	**400**	Al	1877
GRUPPO 2	CAB.5-CAB.6	**185**	Al	390
	CAB.6-CAB.7	**240**	Al	560
	CAB.7-CAB.8	**300**	Al	390
	CAB.8-CABR	**400**	Al	3450
GRUPPO 3	CAB.9-CAB.10	**185**	Al	310
	CAB.10-CAB.11	**240**	Al	1090
	CAB.11-CAB.12	**240**	Al	920
	CAB12-CABR	**300**	Al	1480
GRUPPO 4	CAB.13-CAB.14	**185**	Al	20
	CAB.14-CAB.15	**240**	Al	270
	CAB.15-CAB.16	**240**	Al	220
	CAB.16-CAB.17	**300**	Al	560
	CAB.17-CABR	**400**	Al	730
	CABR-SE	**500**	Al	7200
	CABR-SE	**500**	Al	7200
	CABR-SE	**500**	Al	7200

Le caratteristiche tecniche dei cavi utilizzati per i calcoli sono ricavate dai data-sheet del costruttore PRYSMIAN, ad essi si rimanda per ulteriori approfondimenti.

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

5 Caratteristiche tecniche dei cavi

Scopo del presente paragrafo è quello di fornire le caratteristiche tecniche ed elettriche dei cavi che verranno utilizzati per il collegamento in media tensione.

5.1 Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche elettriche principali del sistema elettrico in media tensione sono:

- Sistema elettrico 3 fasi – c.a.
- Frequenza 50 Hz
- Tensione nominale 30 kV
- Tensione massima 36 kV
- Categoria sistema B

5.2 Tensione di isolamento del cavo

Dalla tab. 4.1.4 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema la tensione di isolamento U0 corrispondente è 18 kV.

5.3 Temperature massime di esercizio e di cortocircuito

Dalla tab. 4.2.2.a della norma CEI 11-17 per cavi con isolamento estruso in polietilene reticolato ed in gomma ad alto modulo la massima temperatura di esercizio è di 90°C mentre quella di cortocircuito è di 250°C.

5.4 Caratteristiche funzionali e costruttive

5.4.1 Collegamenti MT impianto fotovoltaico (interno ed esterno)

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrate, per il collegamento di potenza tra le cabine di campo e la cabina raccolta e quest'ultima con la stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV, sono adatti a posa interrata, con conduttore in Al, isolamento XLPE, schermo in tubo Al, guaina in PE.
I cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con U0/U=18/30 kV e tensione massima Um=36 kV, sigla di designazione ARE4H5E.
La stessa tipologia di cavi è utilizzata per i collegamenti MT tra quadri e trafo SA, tra quadri e trasformatore AT/MT all'interno della stazione elettrica di trasformazione.

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

5.4.2 Collegamenti MT impianto fotovoltaico (interno ed esterno)

Il cavidotto MT che interessa il collegamento tra la cabine di campo e la cabina di raccolta e quest'ultima con la stazione elettrica di trasformazione, seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, sarà costituito da cavi unipolari direttamente interrati, ovvero modalità di posa tipo M, ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali e o fluviali richieste dagli enti concessori, per i quali sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi unipolari in tubo interrato, modalità di posa N, mediante l'uso della tecnica con trivellazione orizzontale controllata. La posa verrà eseguita ad una profondità di 1.20 m in uno scavo di profondità 1.30-1.50 m (la seconda profondità è da considerarsi in terreno agricolo) e larghezza alla base variabile in base al numero di conduttori presenti. La sequenza di posa dei vari materiali, partendo dal fondo dello scavo, sarà la seguente.

- Strato di sabbia di 10 cm;
- Cavi posati a trifoglio di sezione 95, 185, 300, 400, 630 direttamente sullo strato di sabbia;
- Posa della lastra di protezione supplementare;
- Ulteriore strato di sabbia per complessivi 30 cm;
- Posa del tubo in PEHD del diametro esterno di 63 mm per inserimento di una linea in cavo di telecomunicazione (Fibra Ottica);
- Riempimento con il materiale di risulta dello scavo di 60÷90 cm;
- Nastro segnalatore (a non meno di 20 cm dai cavi);
- Riempimento finale con il materiale di risulta dello scavo e ripristino del manto stradale ove necessario, secondo le indicazioni riportate nelle concessioni degli enti proprietari.

Lungo tutto lo scavo dei collegamenti tra le cabine di campo sarà posata una corda in rame nudo di sezione 50 mm2 per la messa a terra dell'impianto.

5.4.3 Collegamenti MT interni alla stazione elettrica

Le linee in media tensione che interessano il collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore di potenza MT/AT seguiranno le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, saranno costituite da terne di cavi unipolari (ad elica visibile) posate ciascuna in tubo di polietilene ad alta densità, inglobati in calcestruzzo, ovvero modalità di posa tipo O.1 (manufatti gettati in opera). La posa verrà eseguita ad una profondità di 0.50 m in uno scavo di profondità 0.60 m e larghezza alla base variabile in base al numero di tubi presenti. La medesima modalità di posa verrà eseguita per i cavi di collegamento in media tensione tra i 4 Container PCS HC ISO ed il quadro MT.
La linea in media tensione che interessa il collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore dei servizi ausiliari di stazione seguirà la modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, costituita da una terna di cavi unipolari posate su passerella porta-cavi o in cunicolo areato/chiuso, ovvero modalità di posa tipo F oppure P.1/P.2 all'interno del locale utente della stazione elettrica di trasformazione.

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

5.5 Accessori

Le terminazioni e le giunzioni per i cavi di energia devono risultare idonee a sopportare le sollecitazioni elettriche, termiche e meccaniche previste durante l'esercizio dei cavi in condizioni ordinarie ed anomale (sovracorrenti e sovratensioni).
La tensione di designazione U degli accessori deve essere almeno uguale alla tensione nominale del sistema al quale sono destinati, ovvero 30 kV. I componenti e i manufatti adottati per la protezione meccanica supplementare devono essere progettati per sopportare, in relazione alla profondità di posa, le prevedibili sollecitazioni determinate dai carichi statici, dal traffico veicolare o da attrezzi manuali di scavo, secondo quanto previsto nella norma CEI 11-17.
I percorsi interrati dei cavi devono essere segnalati, in modo tale da rendere evidente la loro presenza in caso di ulteriori scavi, mediante l'utilizzo di nastri monitori posati nel terreno a non meno di 0.2 m al di sopra dei cavi, secondo quanto prescritto dalla norma CEI 11-17: 2011-10. I nastri monitori dovranno riportare la dicitura "Attenzione Cavi Energia in Media Tensione".

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

6 Verifiche reti MT

6.1 Modalità e criterio di calcolo elettrico

Nel seguito si illustrano i risultati di calcolo, atti a verificare che le scelte operate sulle sezioni dei cavi della rete dell'impianto fotovoltaico, in accordo alla normativa vigente.
Il calcolo delle correnti a regime, delle cadute di tensione, delle perdite e le correnti di corti circuito ai nodi è effettuato con il software Neplan ®, mediante un calcolo di load flow (con metodo Newton Raphson), in accordo alla Norma IEC 60909/2001 (CEI 11-25).
Il processo di calcolo è iterativo, se uno dei vincoli imposti non è rispettato si maggiora la sezione dei cavi, e si risolve di nuovo il problema.
Questa operazione sarà realizzata tante volte fino a quando tutti i vincoli sono stati rispettati. I criteri di verifica sono i seguenti:

- Verifica della portata nei diversi tratti, alla reale condizione di posa;
- Verifica delle perdite complessive delle linee in MT (limite totale = 4%);
- Verifica della caduta di tensione delle linee MT per i collegamenti tra le cabine di campo (limite = 1%);
- Verifica della caduta di tensione delle linee MT per il collegamento tra il gruppo di cabina di campo e la cabina di raccolta (limite = 4%);
- Verifica della caduta di tensione delle linee MT per il collegamento tra la cabina di raccolta e la stazione elettrica di trasformazione (limite = 4%);

Le condizioni di calcolo sono le seguenti:

- Potenza di ciascuna tratta corrispondente alla potenza nominale dei gruppi di generazione (cabina di campo);
- Tensione nominale 30 kV;
- Resistenza dei cavi riportata alla massima temperatura operativa (90 °C);

6.2 Interpretazione dei risultati

Nelle tabelle che seguono sono riassunti i risultati di calcolo del load flow.
Nelle colonne viene indicato con la sigla N l'elemento nodo in bassa tensione, con la sigla M l'elemento nodo in media tensione, con la sigla A l'elemento generatore, con la sigla TR l'elemento trasformatore e con la sigla L l'elemento Linea.

6.3 Verifica della portata

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:

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

$$I z = I0 \times k1 \times k2 \times k3 \times k4$$

dove:
I0 = portata in condizioni nominali dei conduttori con isolante polimerico, E4 e G7, ed è ricavata dai datasheet del costruttore;
k1 = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da quella di riferimento;
k2 = coefficiente di correzione che tiene conto del numero di circuiti affiancati (più cavi o più tubi);
k3 = coefficiente di correzione per resistività termica del terreno diversa da quella di riferimento k4 = coefficiente di correzione per profondità di posa diversa da quella di riferimento;
Il valore di I0 ricavato dalle tabelle del fornitore ed è riferito alle seguenti condizioni:

- temperatura del terreno 20°C;
- profondità di posa 0,8 m;
- resistività termica del terreno ad 1,0 K*m/W o 2,0 K*m/W.

Per la temperatura del terreno è mantenuto il valore di riferimento di 20 °C.
La distanza tra cavi è stata considerata pari a 7 cm qualora nello scavo siano presenti due cavi o 25 cm per 3 cavi, per più circuiti affiancati le tabelle del costruttore prevedono i seguenti coefficienti di abbattimento della portata:

Distanza tra i cavi o terne	**Numero di cavi o terne (in orizzontale)**	
	2	**3**
7 cm	0.84	\
25 cm	\	0.78

In assenza di informazioni specifiche sulle caratteristiche termiche del terreno, variabili sulla base di diversi fattori (composizione, umidità, ecc…), è stata considerata una resistività termica pari a 2 °C*m/W per tutti i collegamenti. 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…).
È stata infine considerata una profondità di posa media pari a 1,2 m.

6.4 Verifica della caduta di tensione

Il calcolo della caduta di tensione è atto a stabilire il valore totale per l'intero cavidotto a partire dai gruppi fino alla stazione elettrica di trasformazione

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

7 Risultati di calcolo

Nella tabella seguente sono riportati i risultati di calcolo relativi alla portata effettiva, alla caduta di tensione ed alla tenuta al cortocircuito di ciascuna tratta in media tensione costituente la rete dell'impianto fotovoltaico.

node 1	node 2	mat	n	sec [mm²]	lungh [m]	ΔUn [%]
Cabina campo 1	Cabina campo 2	Al	1	185	727	0.072
Cabina campo 2	Cabina campo 3	Al	1	240	672	0.109
Cabina campo 3	Cabina campo 4	Al	1	300	1695	0.394
Cabina campo 5	Cabina campo 6	Al	1	185	390	0.039
Cabina campo 6	Cabina campo 7	Al	1	240	560	0.091
Cabina campo 7	Cabina campo 8	Al	1	300	390	0.082
Cabina campo 9	Cabina campo 10	Al	1	185	310	0.031
Cabina campo 10	Cabina campo 11	Al	1	240	1090	0.177
Cabina campo 11	Cabina campo 12	Al	1	240	920	0.224
Cabina campo 13	Cabina campo 14	Al	1	185	20	0.002
Cabina campo 14	Cabina campo 15	Al	1	240	270	0.044
Cabina campo 15	Cabina campo 16	Al	1	240	220	0.054
Cabina campo 16	Cabina campo 17	Al	1	300	560	0.157
Cabina di campo 4	Cabina di raccolta	Al	1	400	1877	0.446
Cabina di campo 8	Cabina di raccolta	Al	1	400	3450	0.820
Cabina di campo 12	Cabina di raccolta	Al	1	300	1480	0.414
Cabina di campo 17	Cabina di raccolta	Al	1	400	730	0.215
Cabina di raccolta	NT1	Al	3	500	7200	2.090

Come si evince dalla tabella il valore della C.d.T. relativa alle linee MT di ogni collegamento tra le cabine di campo è inferiore al 1% previsto. Il valore della C.d.T. relative alle linee MT del collegamento tra le cabine di campo e la cabina di raccolta e quest'ultima con la stazione elettrica di trasformazione è inferiore al 4% previsto nei criteri di verifica descritti nel paragrafo 6.1 (0,31%).
Come si evince dalla tabella, il valore delle perdite totali delle linee MT è pari a 0,31%, inferiore al 4% previsto.
I risultati dei calcoli di cui sopra dimostrano la correttezza delle scelte operate sulle sezioni dei cavi per l'impianto in progetto.

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.

<u>Si fa presente che il calcolo delle perdite sopra esposto non tiene conto delle perdite intrinseche dell'impianto fotovoltaico.</u>

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate.
Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.