



REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI PALERMO
COMUNE DI BOLOGNETTA



PROGETTO DEFINITIVO

Descrizione

Impianto agro-fotovoltaico denominato "*Tumminia 2*" ubicato nel comune di Bolognetta (PA), con potenza in immissione pari a 69,00 MW

Titolo elaborato

Relazione tecnica cavi ed impianti elettrici

Codifica interna elaborato

BOL2-SOL-FV-PE-CAL-0001_00

Codice elaborato

n° Tavola

Formato

A4

Scala

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione

Proponente



Solaria Promozione e Sviluppo Fotovoltaico srl

Via Sardegna 38
00187 Roma (RM)
solariapromozionesviluppofotovoltaico@legalmail.com

Progettazione

Il Tecnico

Ing. Francesca Gallo
ORDINE INGEGNERI PROVINCIA COSENZA N.A4627
Settore/i A-a CIVILE AMBIENTALE, A-b INDUSTRIALE, A-c DELL'INFORMAZIONE

Data	n° revisione	Motivo della revisione	Redatto	Controllato	Approvato
17/04/2024	00	Prima emissione	JRG	AL	FG

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	4
2. SOGGETTO PROPONENTE.....	6
3. OGGETTO E SCOPO	7
3.1. Configurazione del generatore fotovoltaico	7
4. normativa di riferimento	8
5. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	12
5.1. Sottocampi elettrici	12
5.2. Elementi dell'impianto fotovoltaico	13
5.2.1. Moduli fotovoltaici	13
5.2.2. Casette di stringa	14
5.2.3. Gruppo di conversione CC/AC_Power Station	14
5.2.4. Sala controllo	16
5.2.5. Cabine magazzino	16
5.2.6. Struttura di sostegno	16
6. PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO E DIMENSIONAMENTO DEI CAVI	18
6.1. Energia prodotta dall'impianto FV	18
6.2. Dimensionamento dei cavi	18
6.2.1. Criteri di calcolo	18
6.3. Cavi solari di stringa DC in BT	19
6.4. Cavi di potenza MT	28
6.4.1. Cavi MT interni all'impianto	28
6.4.2. Cavidotto di consegna	29
6.5. Cavi dati	31

7.	MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA.....	32
7.1.	Protezione elettrica	32
7.2.	Protezione contro le sovracorrenti.....	32
7.3.	Misure di protezione contro i contatti diretti.....	34
7.4.	Misure di protezione contro i contatti indiretti.....	34
7.5.	Misure di sicurezza per trasformatori ad olio	35
7.6.	Sistemi ausiliari	35
7.7.	Impianto di terra.....	36
7.8.	Sistemi di misura dell'energia prodotta	38
7.9.	Sistema di sicurezza e sorveglianza	38
7.10.	Compatibilità elettromagnetica e marcatura CE	39
7.11.	Sistema di monitoraggio e controllo	39
7.12.	Sistema di illuminazione e forza motrice.....	40

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro
<i>Francesca Gallo</i>	<i>Direzione Tecnica</i>
<i>Orazio Scalia</i>	<i>Architetto</i>
<i>Andrea Anselmo Marziano</i>	<i>Geometra</i>
<i>Gabriele Gatto</i>	<i>Architetto</i>
<i>Gianluca Rospì</i>	<i>Ingegnere</i>
<i>Giuseppe Testa</i>	<i>Ingegnere Elettrico</i>
<i>Antonino Lucifora</i>	<i>Ingegnere Elettrico</i>
<i>Giuseppe Sabia</i>	<i>Ingegnere Civile</i>
<i>Cristina Francesca Lo Trovato</i>	<i>Ingegnere Edile</i>
<i>Alessandro Pellegrini</i>	<i>Ingegnere Civile</i>
<i>Marco Andrea De Laurentis</i>	<i>Ingegnere Ambientale</i>
<i>Juan Ruiz Galustià</i>	<i>Ingegnere elettrico</i>

1. PREMESSA

La società **Solaria Promozione e Sviluppo Fotovoltaico S.r.l.** propone di realizzare nel territorio comunale di Bolognetta (PA), un impianto agro - fotovoltaico combinato con l'attività di coltivazione agricola, denominato "Tumminia 2", avente potenza installata complessiva di 81,18 MWp e le necessarie opere di connessione alla RTN, ricadenti anch'esse nello stesso comune.

Le opere progettuali da realizzare posso essere sintetizzate nel modo seguente:

1. *Impianto agrovoltaiico*: con strutture fisse, con una potenza installata di 81,18 MWp, ossia 69,00 MWac in immissione come da STMG, ubicato in un terreno agricolo nel comune di Bolognetta (PA);
2. *Dorsali di collegamento interrato*, in media tensione a 30 kV, per la consegna dell'energia elettrica prodotta dall'impianto alla stazione elettrica di utenza;
3. *Stazione elettrica di utenza 150/30 kV*, da realizzarsi nel Comune di Bolognetta (PA), in condivisione con altro impianto di proprietà della scrivente società denominato "Tumminia1";
4. *Cavidotto AT a 150 kV* di collegamento in antenna tra la stazione elettrica di utenza e la stazione elettrica di Smistamento "Villafrati" avente una lunghezza di 4400 m.

Le opere indicate al punto 1. e al punto 2. costituiscono il **Progetto dell'impianto agrovoltaiico** e il presente documento si configura come la **RELAZIONE TECNICA CAVI ED IMPIANTI ELETTRICI** del medesimo progetto.

Le opere presenti al punto 3. e 4. costituiscono il **Progetto dell'impianto di Utenza** per la connessione.

Il progetto prevede che l'impianto venga realizzato su una superficie complessiva di circa 152,24 ha, compresa la fascia di mitigazione e strada tagliafuoco. Invece la superficie dell'impianto recintata è di circa 100,60 ha.

La società al fine di riqualificare e ottimizzare le aree da un punto di vista agricolo e per esigenze di installazione data la morfologia del sito, ha scelto di adottare una soluzione con strutture fisse, con un pitch tra le strutture di 7,5 m e una distanza inter-fila tra le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici di circa 3,16 m, consentendo la coltivazione tra le strutture e il transito dei mezzi agricoli necessari per la lavorazione agricola.

La soluzione impiantistica che si vuole realizzare rispetta a pieno i limiti imposti dalle "Linee Guida in materia di Impianti Agrovoltaiico", difatti:

- la superficie effettivamente occupata dall'impianto (Area utilizzata) è pari a circa 100,60 ha. Di quest'area d'impianto: 33,29 ha sono occupati dai moduli, 8,77 ha sono occupati dalle opere di progetto (strade interne all'impianto, power station, cabina di consegna, etc...);
- lungo il perimetro dell'impianto si è realizzata una fascia di mitigazione di circa 10 metri e un'ulteriore strada tagliafuoco di circa 5,00 m;
- la superficie agricola coltivabile corrispondente ai restanti 117,05 ha (utilizzando parte del terreno al di sotto dei moduli) sarà seminata a foraggiere e potrà essere oggetto di pascolamento oppure di raccolta e successiva fienagione;
- il rapporto tra la superficie dei moduli e quella agricola rispetta il limite imposto del 40% (LAOR \leq 40%).

Le dorsali in cavo interrato saranno poste, per quanto possibile, lungo le strade pubbliche.

2. SOGGETTO PROPONENTE

La società **Solaria Promozione e Sviluppo Fotovoltaico S.r.l.**, facente parte del **Gruppo Solaria Energia y Medio Ambiente S.A.**, attualmente azienda leader nello sviluppo e nella produzione di energia solare fotovoltaica nel Sud d'Europa; specializzata nell'impiantazione e nello sviluppo della tecnologia solare fotovoltaica basata sull'impiego di contribuire a un futuro migliore e allo sviluppo sostenibile della società. Il modello di business si è evoluto dalla fabbricazione di celle e pannelli fotovoltaici allo sviluppo e alla gestione di impianti di produzione.

Negli ultimi anni la Società è passata dall'essere un gruppo industriale a una società di produzione di energia; quotata in borsa nel mercato spagnolo dal 2007 ed entrata nel selettivo IBEX35 nel 2020.

Attualmente la Società gestisce impianti fotovoltaici in Spagna, Grecia, Italia, Portogallo e Uruguay, con una pipeline di più di 10.000 MW di progetti.

Nel febbraio del 2021, l'azienda ha aumentato i suoi obiettivi di installazione da 6.2 GW entro la fine del 2025 a 18 GW entro la fine del 2030, contemplando un'espansione dell'attività in Europa, soprattutto in Italia, dove prevede di raggiungere 4 GW.

Denominazione	Solaria Promozione e Sviluppo Fotovoltaico S.r.l.
Indirizzo sede legale ed operativa	Via Sardegna, 38_00138, Roma
Codice Fiscale e Partita IVA	15415721008
Rappresentante Legale	Jesus Fernando Rodriguez Madredejos Ortega
Telefono	+39 06 8688 6722
PEC	solariapromozionesviluppofotovoltaicosrl@legalmail.it
Mail	info.italia@solariaenergia.com
Sito Web	www.solariaenergia.com

Tabella 1. Informazioni Società proponente

3. OGGETTO E SCOPO

Il presente documento costituisce la **RELAZIONE TECNICA CAVI ED IMPIANTI ELETTRICI** dell'impianto agrovoltaiico denominato "Tumminia 2" che si intende realizzare nel comune di Bolognetta (PA).

3.1. CONFIGURAZIONE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO

Nel presente paragrafo di riporta la composizione generale del campo fotovoltaico:

- n°22 sottocampi di potenza pari a 3437 kVA (35°C);
- n° 133.084 pannelli fotovoltaici monocristallini di potenza pari a 610 Wp;
- n° 4.753 stringhe costituite da gruppi di 28 moduli;
- Da 13 a 20 stringhe connesse per ogni cassetta di stringa;
- Da 10 a 13 cassette di stringa collegate per inverter;
- n°22 inverter costituiscono il gruppo di conversione DC/AC;
- n°22 trasformatori alloggiati all'interno di cabine TRAF0 (Power station) realizzeranno la trasformazione 0.6/30 kV.

L'energia elettrica così trasformata sarà convogliata mediante cavidotto interrato a 30 kV alla stazione elettrica di utenza 150/30 kV per poi essere trasportata alla stazione di smistamenti Terna "Villafrati" tramite cavidotto interrato 150 kV.

Si rimanda al dettaglio dell'elaborato *BOL2-SOL-FV-EL-LAY-0001_00* "Layout di impianto diviso in sottocampi".

4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 0-13: Protezione contro i contatti elettrici-Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature;
- CEI 0-16: Regole tecnica di riferimento per la connessione degli utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 99-2: (Ex CEI 11-1) Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- CEI 11-17 Impianti di produzione trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica- Linee in cavo;
- CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- CEI 11-25 (EN 60909-0): “Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata, Parte 0: Calcolo delle correnti”;
- CEI 11-35: Guida all’esecuzione delle cabine elettriche d’utente;
- CEI 11-37 “Guida per l’esecuzione degli impianti di terra di impianti utilizzatori in cui siano presenti sistemi con tensione maggiore di 1 kV”;
- CEI 13-45: Sistemi di misura dell’energia elettrica;
- CEI 14-13/14 Trasformatori trifase per distribuzione a raffreddamento naturale in olio, di potenza 50-2500 kVA;
- CEI 17-5: Apparecchiature in bassa tensione parte 2: interruttori automatici;
- CEI 17-11: Apparecchiature in bassa tensione parte 3: interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra sezionatori e unità combinate con fusibili;
- CEI 17-13: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra in BT;
- CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1-30 kV;
- CEI 20-14: Cavi isolati in PVC per tensioni nominali da 1-3 kV;
- CEI 20-20: Guida per l’uso di cavi a BT;
- CEI 20-40: Guida per l’uso dei cavi 0,6/1 kV;
- CEI 23-3-1: Interruttori automatici per la protezione da sovracorrenti e similari;
- CEI 23-46: Sistemi di canalizzazione per cavi - Sistemi di tubi;
- CEI 23-49: Involucri per apparecchi per installazioni fisse per uso domestico e similare. Parte 2: Prescrizioni particolari per involucro destinati a contenere dispositivi di protezione ed apparecchi che nell'uso ordinario dissipano una potenza non trascurabile;
- CEI 23-80: Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche;

- CEI 23-81: Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche - prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori;
- CEI 32-1: Fusibili a tensione non superiore a 1000 V per corrente alternata e a 1500 V per corrente continua - parte 1 prescrizioni generali;
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1.500V in corrente continua;
- CEI EN 60076-11: “Trasformatori di potenza - Parte 11: trasformatori di tipo a secco” ;
- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI EN 60904-1(CEI 82-1): Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;
- CEI EN 60904-2 (CEI 82-2): Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;
- CEI EN 60904-3 (CEI 82-3): Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;
- CEI EN 61727 (CEI 82-9): Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;
- CEI EN 61277 - CEI: 82-17 Sistemi fotovoltaici (FV) di uso terrestre per la generazione di energia elettrica Generalità e guida;
- CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 61829 - Schiere di moduli fotovoltaici (FV) in silicio cristallino-Misura sul campo delle caratteristiche I-V;
- CEI EN 61646 (82-12): Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- CEI EN 60439: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT);
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
- CEI EN 60076-1/5: Trasformatori di potenza;

- CEI EN 50618 - CEI: 20-91 “Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerica senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici” In alternativa potranno essere usati cavi PV 1-F approvati TUV 2 Pfg 1169/08.2007 con marchio CE;
- CEI EN 50539-11 - CEI: 37-16 Limitatori di sovratensioni di bassa tensione - Limitatori di sovratensioni di bassa tensione per applicazioni specifiche inclusa la c.c. Parte 11: Prescrizioni e prove per SPD per applicazioni negli impianti fotovoltaici;
- CEI EN 60904-2/8 - CEI: 82-2 Dispositivi fotovoltaici;
- CEI EN 61730-1/A11 - CEI: 82-27 Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici;
- CEI EN 62109-1 - CEI: 82-37 Sicurezza degli apparati di conversione di potenza utilizzati in impianti fotovoltaici di potenza Parte 1: Prescrizioni generali;
- CEI 50524 - CEI: 82-34 Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici;
- CEI EN 62040: Sistemi statici di continuità (UPS);
- CEI EN 61000: Compatibilità elettromagnetica;
- CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini; serie composta da:
 - CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1): Principi generali;
 - CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2): Valutazione del rischio;
 - CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3): Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone;
- CEI EN 50530/A1 - CEI: 82-35; V1 Rendimento global e degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;
- CEI EN 62446 - CEI:82-38 Sistemi fotovoltaici collegati alla rete elettrica - Prescrizioni minime per la documentazione del sistema, le prove di accettazione e prescrizioni per la verifica ispettiva;
- CEI EN 61853-1 - CEI:82-43 Misura delle prestazioni e dell'energia nominale erogata da moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Misura delle prestazioni e della potenza nominale erogata da moduli fotovoltaici (FV) in funzione dell'irraggiamento e della temperatura;
- CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- CEI EN 62109-2 - CEI: 82-44 Sicurezza dei convertitori di potenza utilizzati negli impianti fotovoltaici;
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- CEI IEC 62271-200 Organi di manovra e apparecchiature di controllo in involucro metallico da 1 kV a 52 kV compreso;

- CEI EN 62271-106 interruttore di manovra-sezionatori;
- CEI EN 62271-103 sezionatori e sezionatori di terra.

5. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

5.1. SOTTOCAMPI ELETTRICI

Il campo fotovoltaico in oggetto verrà realizzato su sette aree distinte. I sottocampi in cui l'impianto è stato diviso sono n.22, così denominati: Sottocampo 1 (CT-01), Sottocampo 2 (CT-02)... fino al Sottocampo 22 (CT-22), come riportato nell'elaborato *BOL2-SOL-FV-EL-LAY-0001_00* "Layout di impianto diviso in sottocampi".

Dal punto di vista elettrico ogni area sarà suddivisa in sottocampi, di seguito descritti in dettaglio:

Sottocampo	No. Stringa	No. Moduli	Potenza (kWp)	No. Cassetta Stringa	Relazione Tensione (kV)	Potenza di inverter (kVA) (35°C)
CT01	194	5432	3313,52	11	0,6/30	3437
CT02	194	5432	3313,52	11	0,6/30	3437
CT03	200	5600	3416,00	10	0,6/30	3437
CT04	200	5600	3416,00	10	0,6/30	3437
CT05	192	5376	3279,36	12	0,6/30	3437
CT06	194	5432	3313,52	11	0,6/30	3437
CT07	237	6636	4047,96	12	0,6/30	3437
CT08	240	6720	4099,20	12	0,6/30	3437
CT09	231	6468	3945,48	13	0,6/30	3437
CT10	228	6384	3894,24	12	0,6/30	3437
CT11	221	6188	3774,68	13	0,6/30	3437
CT12	205	5740	3501,40	12	0,6/30	3437
CT13	232	6496	3962,56	12	0,6/30	3437
CT14	226	6328	3860,08	12	0,6/30	3437
CT15	224	6272	3825,92	12	0,6/30	3437
CT16	230	6440	3928,40	13	0,6/30	3437
CT17	230	6440	3928,40	13	0,6/30	3437
CT18	235	6580	4013,80	12	0,6/30	3437
CT19	220	6160	3757,60	11	0,6/30	3437
CT20	217	6076	3706,36	11	0,6/30	3437
CT21	202	5656	3450,16	12	0,6/30	3437
CT22	201	5628	3433,08	13	0,6/30	3437
TOTALE	4753	133084	81181,24	260	-	75614,00

5.2. ELEMENTI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Gli elementi del sistema fotovoltaico in progetto sono:

- moduli fotovoltaici e stringhe;
- cassette di stringa;
- gruppo di conversione CC/AC_Power Station;
- cabine utente;
- control room;
- strutture di supporto dei moduli (fisse).

Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato al momento dell'acquisto dei componenti, potrà esserne scelta una diversa tipologia.

Tale scelta sarà comunque effettuata tenendo conto sia della potenza massima installabile e sia che vengano garantite ottime prestazioni di durata e di producibilità dell'impianto FV.

5.2.1. Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici sono del tipo in silicio monocristallino ad alta efficienza (0,4 % di degrado annuo in 25 anni) e con potenza nominale di 610 Wp. Questa soluzione permette di ridurre le aree occupate dall'impianto ottimizzando l'occupazione del suolo.

Per ottimizzare la coltivazione e limitare ombreggiamenti reciproci tra le strutture e i moduli si è deciso di impostare una distanza di interfila tra le strutture di 3,16 metri.

La tipologia di modulo specifica sarà definita in fase esecutiva, di seguito si riportano le caratteristiche preliminari dei moduli utilizzati per il dimensionamento dell'impianto del tipo Trina Solar Vertex N TSM-NEG19RC.20 585-610W series o similare:

Grandezza	Valore
Potenza nominale	610 Wp
Efficienza nominale	22.6%
Tensione in uscita a vuoto	49.00 V
Corrente di corto circuito	15.86 A
Tensione di uscita a Pmax	40.08 V
Corrente nominale a Pmax	14.96 A
Dimensioni	2382*1134*30 mm

Tabella 2. Caratteristiche preliminare del modulo fotovoltaico

Per ulteriori dettagli si rimanda all'allegato *BOL2-SOL-FV-GD-ESP-0001_00* "Scheda tecnica del modulo fotovoltaico".

Nella parte posteriore di ogni modulo sono collocate le scatole di giunzione per il collegamento dei moduli al resto dell'impianto. Tali scatole, che hanno grado di protezione meccanica IP55, sono dotate di diodi di by-pass per evitare il flusso di corrente in direzione inversa (ad esempio in caso di ombreggiamento dei moduli) e conseguenti fenomeni di hotspot che potrebbero danneggiare i moduli stessi.

I moduli sono marcati CE e sono certificati in classe di isolamento II e rispondenti alla norma CEI 82-25.

I moduli fotovoltaici sono collegati in serie tra di loro tramite i connettori di tipo maschio-femmina (tipo MC4 e/o MC3) presenti nelle scatole di giunzione, andando a formare delle stringhe, ognuno costituita da 28 moduli. L'impianto fotovoltaico è costituito da n. 4753 stringhe, per un totale di 133.084 moduli.

5.2.2. *Cassette di stringa*

Le diverse stringhe sono raggruppate e connesse in parallelo alle cassette di stringa o string boxes (quadri di parallelo DC), a loro volta collegate agli inverter di stringa tramite cavi solari DC. Le string boxes sono installate all'esterno, in prossimità della struttura fotovoltaica, e il loro involucro garantirà lunga durata e massima sicurezza. Le string boxes hanno n.20 ingressi di stringa e sono dotati di n.2 uscite per i cavi per ciascun polo e consentono la connessione di cavi DC fino a massimo 6 mmq (opzionale fino a 10 mmq) e in uscita fino ad un massimo di 400 mmq, per maggiori informazioni si rimanda alla scheda tecnica in allegato *BOL2-SOL-FV-GD-ESP-0002_00* "Scheda tecnica cassetta di stringa".

Il numero totale di cassette di stringa che si prevede di installare è pari a 260 totali, queste saranno distribuite e installate fisicamente sul campo in prossimità della struttura di supporto dei moduli fotovoltaici mediante appositi ancoraggi e staffaggi in acciaio zincato, immorsati nel terreno.

5.2.3. *Gruppo di conversione CC/AC_Power Station*

Ogni gruppo di conversione è costituito da uno o più inverter e da un trasformatore MT/BT. I gruppi di conversione hanno la funzione di convertire la potenza elettrica generata dal campo fotovoltaico da corrente continua ad alternata alla frequenza di rete, mentre il trasformatore provvedere ad innalzare la tensione al livello della rete interna dell'impianto, nel nostro caso a 30 kV.

I componenti del gruppo di conversione sono selezionati sulla base delle seguenti caratteristiche principali:

- conformità alle normative europee di sicurezza;
- funzionamento automatico, e quindi semplicità di uso e di installazione;

- sfruttamento ottimale del campo fotovoltaico con la funzione MPPT (maximum power point tracking) integrata;
- elevato rendimento globale;
- massima sicurezza, con il trasformatore di isolamento a frequenza di rete integrato;
- forma d'onda in uscita perfettamente sinusoidale.

Nell'impianto in oggetto, si ipotizza di avere una potenza di circa 3437 kVA (35°C) per sottocampo, per un totale di n.22 sottocampi, per una maggiore chiarezza si rimanda alla scheda tecnica del sistema inverter/trasformatore *BOL2-SOL-FV-GD-ESP-0003_00* "Scheda tecnica inverter /trasformatore centralizzato".

Qualora la potenza prodotta sia maggiore rispetto a quella richiesta in connessione, a livello di inverter ci sarà una limitazione in modo da non superare i MW in immissione rispetto a quanto prescritto nella STMG.

5.2.3.1. Trasformatore MT/BT

Il trasformatore elevatore è di tipo a secco o isolato in olio. In quest'ultimo caso è prevista una vasca di raccolta dell'olio in acciaio inox, adeguatamente dimensionata.

Il trasformatore è corredato dei relativi dispositivi di protezione elettromeccanica, quali sensori di temperatura, relè Buchholtz., ecc. La scheda tecnica di riferimento è riportata all'allegato *BOL2-SOL-FV-GD-ESP-0003_00* "Scheda tecnica inverter/trasformatore centralizzato".

5.2.3.2. Compartimento MT

All'interno del gruppo di conversione, nel comparto MT, è installato il Quadro MT, composto da 2 o 3 scomparti, a seconda che avvenga un'entra-esce verso un'altra Power Station o meno (Cella MT arrivo, partenza e trasformatore).

5.2.3.3. Compartimento BT

All'interno del gruppo di conversione, nel comparto BT, sono installate le seguenti apparecchiature di bassa tensione:

- quadro BT per alimentazioni ausiliarie (FM, illuminazione, ausiliari quadri, etc);
- pannello contatori per la misura dell'energia attiva prodotta a valle della sezione inverter;
- UPS per alimentazioni ausiliarie degli inverter e delle apparecchiature di monitoraggio d'impianto alloggiato nella cabina inverter;
- trasformatore di tensione per i servizi ausiliari.

5.2.4. Sala controllo

In prossimità dell'ingresso all'area di impianto, in una zona di raccolta posta a Sud, verrà realizzato in opera un edificio delle dimensioni circa di 29,5*7,5 m e un'altezza pari a 4,50 m, denominato "sala controllo" adibita ai servizi di monitoraggio e controllo dell'intero campo fotovoltaico, al cui interno ritroviamo tre locali:

- una sala operativa impianto fotovoltaico;
- una sala di controllo e celle dove è installata una postazione locale per il controllo di tutti i parametri provenienti dall'impianto fotovoltaico, dalle stazioni meteo, dai trackers e dall'impianto antintrusione/TVCC;
- un locale magazzino.

Si rimanda il dettaglio della Pianta, sezioni e relativi impianti tecnici dell'edificio sala controllo nell'elaborato *BOL2-SOL-FV-CI-DWG-0006_01* "Particolare costruttivi: cabinati ed edifici tecnici".

5.2.5. Cabine magazzino/locale tecnico

Sempre nella zona di raccolta in prossimità dell'ingresso all'area di impianto, verranno installati n.2 container prefabbricati accoppiati delle dimensioni di 12,20*4,90 m e un'altezza pari a 3,30 m destinati a locale magazzino per lo stoccaggio del materiale di consumo dell'impianto fotovoltaico. Verrà inoltre realizzato in opera un massetto in CLS armato di circa 20 cm per garantire la corretta posa dei n.2 container.

Si rimanda il dettaglio della pianta, sezioni e relativi impianti tecnici dell'edificio magazzino nell'elaborato *BOL2-SOL-FV-CI-DWG-0006_00* "Particolare costruttivi: cabinati ed edifici tecnici".

5.2.6. Struttura di sostegno

Le strutture di sostegno su cui verranno installati i moduli sono di tipo fisso, disposte in direzione Est-Ovest su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (distanza interfila di circa 3,16 m) per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti.

Le strutture di supporto sono costituite da:

- pali di fondazione in acciaio zincato a caldo, ancorati al terreno e immorsati con delle macchine battipalo, per cui non necessitano di nessuna fondazione;
- la struttura metallica fissa bipalo, su cui verranno montati i moduli, è realizzata con acciaio zincato a caldo su cui sono posizionate due file di moduli (n.28 moduli in totale).

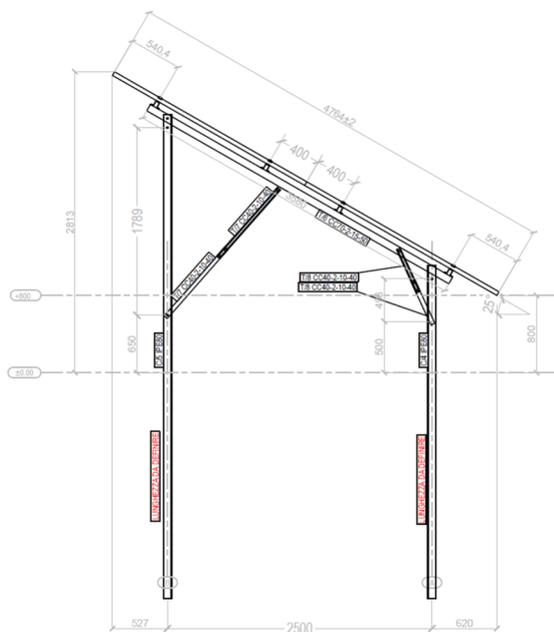


Figura 1 Esempio di struttura di sostegno bipalo

Il dimensionamento delle strutture è realizzato per sopportare il peso dei moduli, considerando il carico neve e vento della zona di installazione.

Si rimanda il dettaglio della struttura di sostegno nell'elaborato *BOL2-SOL-FV-CI-DWG-0001_00* "Particolari costruttivi: Struttura fissa".

6. PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO E DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

6.1. ENERGIA PRODOTTA DALL'IMPIANTO FV

La produzione di energia elettrica annua dell'impianto fotovoltaico, risultato della simulazione, risulta essere pari a circa 127 [GWh/a] mentre le ore di funzionamento equivalenti sono circa 1.568 [kWh/kWp/anno], come riportato nell'elaborato *BOL2-SOL-FV-PE-CAL-0002_01* "Calcolo della produzione energetica dell'impianto (PVSystem)".

6.2. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

Il dimensionamento dei cavi costituenti il nostro impianto verrà riportato suddividendoli per la forma della corrente (AC/DC) e del livello di tensione a cui si trovano (BT/MT/AT).

6.2.1. Criteri di calcolo

I cavi sono stati dimensionati seguendo le norme specifiche di riferimento. In particolare, la sezione dei cavi è stata scelta considerando i seguenti aspetti:

- portata nominale;
- massima caduta di tensione ammissibile;
- tenuta al cortocircuito;
- tipologia di posa (trifoglio);
- condizioni ambientali.

6.2.1.1. Calcolo della portata

$$I_z = I_0 K_1 K_2 K_3 K_4$$

I coefficienti di declassamento della portata in funzione delle condizioni di posa e delle condizioni ambientali risultano essere i seguenti:

- K1 (profondità di posa): 0.96;
- K2 (temperatura del suolo): 1;
- K3 (resistività termica del terreno): 1;
- K4 (vicinanza di due terne nello scavo): 1;
- I₀ (portata di corrente del cavo).

6.2.1.2. Massima caduta di tensione

$$\Delta V\% = \frac{100\sqrt{3}IL}{V_n} (r_l \cos\varphi + x_l \sin\varphi)$$

- I (corrente che scorre nel cavo);
- L (lunghezza del cavo);
- V_n (tensione nominale del cavo);
- r_l (resistenza chilometrica);
- x_l (reattanza chilometrica).

6.2.1.3. Massima perdita di potenza

$$\Delta P\% = \frac{100\rho LP}{SV^2 \cos^2\varphi}$$

- ρ (resistività del cavo);
- L (lunghezza del cavo);
- P (potenza che transita nel cavo);
- S (sezione del cavo);
- V (tensione nominale del cavo).

6.3. **CAVI SOLARI DI STRINGA DC IN BT**

I cavi per impianti fotovoltaici devono avere determinate caratteristiche, descritte nella norma CEI 20-91, questi cavi hanno la particolarità di essere cavi elettrici in grado di sopportare per la durata di vita dell'impianto stesso, severe condizioni ambientali in termini di elevata temperatura, precipitazioni atmosferiche e radiazioni ultraviolette.

I cavi solari di stringa collegano le varie stringhe (gruppi di 28 moduli collegati in serie) alle cassette di stringa di campo, tali conduttori hanno una sezione variabile in funzione della lunghezza del collegamento per limitarne le perdite. L'alloggiamento di questi cavi avviene all'interno del profilato della struttura e interrato per brevi tratti (tra inizio vela e inverter).

Tali conduttori saranno del tipo H1Z2Z2-K o equivalenti (rame o alluminio) indicati per interconnessioni dei vari elementi dell'impianto fotovoltaico, si tratta di cavi unipolari flessibili con tensione nominale 1500 V c.c. per impianti fotovoltaici con isolanti e guaina in mescola reticolata a basso contenuto di alogeni testati per durare più di 25 anni.

Essi sono adatti per l'installazione fissa all'esterno ed all'interno, senza protezione o entro tubazioni in vista o incassate oppure in sistemi chiusi similari, sono resistenti all'ozono secondo EN50396, ai raggi UV secondo HD605/A1. Inoltre, sono testati per durare nel tempo secondo la EN 60216.

Le condizioni di posa sono:

- temperatura minima di installazione e maneggio: -40°C;
- massimo sforzo di tiro: 15 N/mm²;
- raggio minimo di curvatura per diametro del cavo D (in mm): 4D.

Il collegamento delle stringhe all'inverter di campo verrà realizzato dapprima connettendo le stringhe alle cassette di stringa presenti all'interno dei sottocampi e successivamente si collegheranno queste cassette di stringa all'inverter.

Si riporta di seguito il dimensionamento tra le cassette di stringa (CS) e le cabine di campo (CT).

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mm ²)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)	
CT-01	CS.01-01	18	0,215	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,63	0,85	
	CS.01-02	18	0,073	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,21	0,29	
	CS.01-03	18	0,144	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,42	0,57	
	CS.01-04	18	0,082	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,24	0,32	
	CS.01-05	18	0,026	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,08	0,10	
	CS.01-06	18	0,233	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,69	0,92	
	CS.01-07	18	0,148	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,44	0,58	
	CS.01-08	18	0,167	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,49	0,66	
	CS.01-09	18	0,082	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,24	0,32	
	CS.01-10	18	0,196	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,58	0,77	
	CS.01-11	14	0,212	239,12	209,44	240	341	0,082	0,0836	0,49	0,65	
TOTALE		194	1,578	3313,52							0,27	0,36

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mm ²)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-02	CS.02-01	18	0,168	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,49	0,66
	CS.02-02	18	0,084	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,25	0,33
	CS.02-03	18	0,035	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,10	0,14
	CS.02-04	18	0,111	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,33	0,44
	CS.02-05	18	0,057	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,17	0,22
	CS.02-06	18	0,161	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,47	0,63
	CS.02-07	18	0,218	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,64	0,86
	CS.02-08	18	0,093	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,27	0,37
	CS.02-09	18	0,233	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,69	0,92
	CS.02-10	18	0,233	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,69	0,92
	CS.02-11	14	0,169	239,12	209,44	240	341	0,082	0,0836	0,39	0,52

	TOTALE	194	1,562	3313,52			0,26	0,35
--	--------	-----	-------	---------	--	--	------	------

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-03	CS.03-01	20	0,126	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,41	0,55
	CS.03-02	20	0,103	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,34	0,45
	CS.03-03	20	0,152	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,50	0,67
	CS.03-04	20	0,14	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,46	0,61
	CS.03-05	20	0,098	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,32	0,43
	CS.03-06	20	0,049	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,16	0,21
	CS.03-07	20	0,048	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,16	0,21
	CS.03-08	20	0,036	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,12	0,16
	CS.03-09	20	0,125	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,41	0,55
	CS.03-10	20	0,116	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,38	0,51
	TOTALE	200	0,993	3416							0,19

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-04	CS.04-01	20	0,106	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,35	0,46
	CS.04-02	20	0,055	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,18	0,24
	CS.04-03	20	0,034	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,11	0,15
	CS.04-04	20	0,195	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,64	0,85
	CS.04-05	20	0,215	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,70	0,94
	CS.04-06	20	0,15	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,49	0,66
	CS.04-07	20	0,064	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,21	0,28
	CS.04-08	20	0,081	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,26	0,35
	CS.04-09	20	0,158	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,52	0,69
	CS.04-10	20	0,12	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,39	0,53
	TOTALE	200	1,178	3416							0,23

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-05	CS.05-01	16	0,14	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,37	0,49
	CS.05-02	16	0,241	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,63	0,84
	CS.05-03	16	0,034	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,09	0,12
	CS.05-04	16	0,133	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,35	0,47
	CS.05-05	16	0,101	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,26	0,35
	CS.05-06	16	0,222	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,58	0,78
	CS.05-07	16	0,183	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,48	0,64
	CS.05-08	16	0,156	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,41	0,55
	CS.05-09	16	0,179	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,47	0,63
	CS.05-10	16	0,204	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,53	0,72
	CS.05-11	16	0,152	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,40	0,53
	CS.05-12	16	0,164	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,43	0,57

TOTALE	192	1,909	3279,36						0,29	0,39
--------	-----	-------	---------	--	--	--	--	--	------	------

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-06	CS.06-01	18	0,257	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,76	1,01
	CS.06-02	18	0,132	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,39	0,52
	CS.06-03	18	0,176	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,52	0,69
	CS.06-04	18	0,069	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,20	0,27
	CS.06-05	18	0,28	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,82	1,10
	CS.06-06	18	0,276	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,81	1,09
	CS.06-07	18	0,244	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,72	0,96
	CS.06-08	18	0,214	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,63	0,84
	CS.06-09	18	0,078	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,23	0,31
	CS.06-10	18	0,089	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,26	0,35
	CS.06-11	14	0,258	239,12	209,44	240	341	0,082	0,0836	0,59	0,79
TOTALE		194	2,073	3313,52						0,35	0,47

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-07	CS.07-01	20	0,135	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,44	0,59
	CS.07-02	20	0,101	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,33	0,44
	CS.07-03	20	0,106	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,35	0,46
	CS.07-04	20	0,109	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,36	0,48
	CS.07-05	20	0,027	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,09	0,12
	CS.07-06	20	0,129	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,42	0,57
	CS.07-07	20	0,101	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,33	0,44
	CS.07-08	20	0,058	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,19	0,25
	CS.07-09	20	0,043	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,14	0,19
	CS.07-10	20	0,143	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,47	0,63
	CS.07-11	18	0,055	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,16	0,22
	CS.07-12	19	0,118	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,37	0,49
TOTALE		237	1,125	4047,96						0,21	0,29

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-08	CS.08-01	20	0,046	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,15	0,20
	CS.08-02	20	0,053	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,17	0,23
	CS.08-03	20	0,06	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,20	0,26
	CS.08-04	20	0,096	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,31	0,42
	CS.08-05	20	0,041	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,13	0,18
	CS.08-06	20	0,127	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,42	0,56
	CS.08-07	20	0,111	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,36	0,49
	CS.08-08	20	0,098	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,32	0,43
	CS.08-09	20	0,129	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,42	0,57

	CS.08-10	20	0,116	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,38	0,51
	CS.08-11	20	0,02	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,07	0,09
	CS.08-12	20	0,041	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,13	0,18
	TOTALE	240	0,938	4099,2						0,18	0,24

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-09	CS.09-01	18	0,26	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,77	1,03
	CS.09-02	18	0,244	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,72	0,96
	CS.09-03	18	0,235	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,69	0,93
	CS.09-04	18	0,294	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,87	1,16
	CS.09-05	18	0,302	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,89	1,19
	CS.09-06	18	0,298	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,88	1,18
	CS.09-07	18	0,283	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,83	1,12
	CS.09-08	18	0,297	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,87	1,17
	CS.09-09	18	0,282	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,83	1,11
	CS.09-10	18	0,028	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,08	0,11
	CS.09-11	18	0,08	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,24	0,32
	CS.09-12	18	0,044	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,13	0,17
	CS.09-13	15	0,07	256,2	224,4	240	341	0,082	0,0836	0,17	0,23
TOTALE	231	2,717	3945,48						0,47	0,63	

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-10	CS.10-01	19	0,294	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,91	1,22
	CS.10-02	19	0,175	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,54	0,73
	CS.10-03	19	0,308	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,96	1,28
	CS.10-04	19	0,19	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,59	0,79
	CS.10-05	19	0,07	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,22	0,29
	CS.10-06	19	0,174	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,54	0,72
	CS.10-07	19	0,021	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,07	0,09
	CS.10-08	19	0,244	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,76	1,02
	CS.10-09	19	0,317	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,99	1,32
	CS.10-10	19	0,075	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,23	0,31
	CS.10-11	19	0,308	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,96	1,28
	CS.10-12	19	0,311	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,97	1,29
TOTALE	228	2,487	3894,24						0,45	0,61	

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-11	CS.11-01	17	0,219	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,61	0,82
	CS.11-02	17	0,197	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,55	0,73
	CS.11-03	17	0,123	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,34	0,46
	CS.11-04	17	0,279	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,78	1,04

	CS.11-05	17	0,215	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,60	0,80
	CS.11-06	17	0,315	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,88	1,17
	CS.11-07	17	0,316	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,88	1,18
	CS.11-08	17	0,217	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,60	0,81
	CS.11-09	17	0,2	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,56	0,74
	CS.11-10	17	0,294	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,82	1,09
	CS.11-11	17	0,13	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,36	0,48
	CS.11-12	17	0,173	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,48	0,64
	TOTALE	204	2,678	3484,32							0,44

	STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)	
CT-12	CS.12-01	17	0,073	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,20	0,27
	CS.12-02	17	0,232	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,65	0,86
	CS.12-03	17	0,134	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,37	0,50
	CS.12-04	17	0,119	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,33	0,44
	CS.12-05	17	0,193	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,54	0,72
	CS.12-06	17	0,103	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,29	0,38
	CS.12-07	17	0,026	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,07	0,10
	CS.12-08	17	0,065	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,18	0,24
	CS.12-09	17	0,028	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,08	0,10
	CS.12-10	17	0,03	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,08	0,11
	CS.12-11	17	0,145	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,40	0,54
	CS.12-12	18	0,036	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,11	0,14
TOTALE	205	1,184	3501,4							0,19	0,26

	STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)	
CT-13	CS.13-01	19	0,078	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,24	0,32
	CS.13-02	19	0,062	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,19	0,26
	CS.13-03	19	0,145	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,45	0,60
	CS.13-04	19	0,158	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,49	0,66
	CS.13-05	19	0,032	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,10	0,13
	CS.13-06	19	0,035	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,11	0,15
	CS.13-07	19	0,166	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,52	0,69
	CS.13-08	19	0,197	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,61	0,82
	CS.13-09	20	0,226	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,74	0,99
	CS.13-10	20	0,029	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,09	0,13
	CS.13-11	20	0,222	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,73	0,97
	CS.13-12	20	0,044	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,14	0,19
TOTALE	232	1,394	3962,56							0,26	0,35

STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
----------	--------	--------	--------	---------	-------	--------------	-------------	-------	--------

CT-14	CS.14-01	19	0,07	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,22	0,29
	CS.14-02	19	0,145	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,45	0,60
	CS.14-03	19	0,071	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,22	0,30
	CS.14-04	19	0,171	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,53	0,71
	CS.14-05	19	0,247	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,77	1,03
	CS.14-06	19	0,059	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,18	0,25
	CS.14-07	19	0,149	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,46	0,62
	CS.14-08	19	0,14	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,44	0,58
	CS.14-09	19	0,251	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,78	1,04
	CS.14-10	19	0,047	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,15	0,20
	CS.14-11	18	0,249	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,73	0,98
	CS.14-12	18	0,102	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,30	0,40
TOTALE	226	1,701	3860,08						0,31	0,41	

	STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)	
CT-15	CS.15-01	20	0,201	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,66	0,88
	CS.15-02	20	0,088	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,29	0,39
	CS.15-03	20	0,192	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,63	0,84
	CS.15-04	20	0,18	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,59	0,79
	CS.15-05	20	0,095	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,31	0,42
	CS.15-06	20	0,13	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,43	0,57
	CS.15-07	20	0,117	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,38	0,51
	CS.15-08	20	0,254	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,83	1,11
	CS.15-09	20	0,047	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,15	0,21
	CS.15-10	20	0,09	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,29	0,39
	CS.15-11	16	0,167	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,44	0,59
	CS.15-12	16	0,07	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,18	0,25
TOTALE	232	1,631	3962,56						0,30	0,41	

	STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)	
CT-16	CS.16-01	18	0,077	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,23	0,30
	CS.16-02	18	0,155	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,46	0,61
	CS.16-03	18	0,129	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,38	0,51
	CS.16-04	18	0,221	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,65	0,87
	CS.16-05	18	0,191	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,56	0,75
	CS.16-06	18	0,067	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,20	0,26
	CS.16-07	18	0,094	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,28	0,37
	CS.16-08	18	0,155	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,46	0,61
	CS.16-09	18	0,158	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,47	0,62
	CS.16-10	18	0,088	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,26	0,35
	CS.16-11	18	0,051	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,15	0,20

	CS.16-12	18	0,088	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,26	0,35
	CS.16-13	14	0,051	239,12	209,44	240	341	0,082	0,0836	0,12	0,16
	TOTALE	230	1,525	3928,4						0,26	0,35

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-17	CS.17-01	18	0,047	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,14	0,19
	CS.17-02	18	0,126	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,37	0,50
	CS.17-03	18	0,153	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,45	0,60
	CS.17-04	18	0,151	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,44	0,60
	CS.17-05	18	0,236	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,69	0,93
	CS.17-06	18	0,078	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,23	0,31
	CS.17-07	18	0,132	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,39	0,52
	CS.17-08	18	0,098	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,29	0,39
	CS.17-09	18	0,226	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,67	0,89
	CS.17-10	18	0,265	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,78	1,05
	CS.17-11	18	0,112	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,33	0,44
	CS.17-12	18	0,187	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,55	0,74
	CS.17-13	14	0,088	239,12	209,44	240	341	0,082	0,0836	0,20	0,27
TOTALE	230	1,899	3928,4							0,33	0,44

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-18	CS.18-01	20	0,066	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,22	0,29
	CS.18-02	20	0,206	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,67	0,90
	CS.18-03	20	0,11	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,36	0,48
	CS.18-04	20	0,265	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,87	1,16
	CS.18-05	20	0,28	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,92	1,23
	CS.18-06	20	0,074	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,24	0,32
	CS.18-07	20	0,143	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,47	0,63
	CS.18-08	20	0,137	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,45	0,60
	CS.18-09	20	0,162	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,53	0,71
	CS.18-10	20	0,187	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,61	0,82
	CS.18-11	20	0,028	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,09	0,12
	CS.18-12	15	0,075	256,2	224,4	240	341	0,082	0,0836	0,18	0,25
TOTALE	235	1,733	4013,8							0,33	0,44

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-19	CS.19-01	20	0,117	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,38	0,51
	CS.19-02	20	0,13	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,43	0,57
	CS.19-03	20	0,036	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,12	0,16
	CS.19-04	20	0,054	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,18	0,24
	CS.19-05	20	0,12	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,39	0,53

	CS.19-06	20	0,029	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,09	0,13
	CS.19-07	20	0,138	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,45	0,60
	CS.19-08	20	0,135	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,44	0,59
	CS.19-09	20	0,032	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,10	0,14
	CS.19-10	20	0,03	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,10	0,13
	CS.19-11	20	0,116	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,38	0,51
	TOTALE	220	0,937	3757,6							0,18

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-20	CS.20-01	20	0,031	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,10	0,14
	CS.20-02	20	0,185	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,61	0,81
	CS.20-03	20	0,067	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,22	0,29
	CS.20-04	20	0,025	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,08	0,11
	CS.20-05	20	0,036	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,12	0,16
	CS.20-06	20	0,228	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,75	1,00
	CS.20-07	20	0,21	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,69	0,92
	CS.20-08	20	0,182	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,60	0,80
	CS.20-09	20	0,066	341,6	299,2	240	341	0,082	0,0836	0,22	0,29
	CS.20-10	19	0,121	324,52	284,24	240	341	0,082	0,0836	0,38	0,50
	CS.20-11	18	0,123	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	0,36	0,49
TOTALE	217	1,274	3706,36							0,24	0,32

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-21	CS.21-01	17	0,586	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	1,63	2,18
	CS.21-02	17	0,598	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	1,66	2,23
	CS.21-03	17	0,593	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	1,65	2,21
	CS.21-04	17	0,581	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	1,62	2,16
	CS.21-05	17	0,4	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	1,11	1,49
	CS.21-06	17	0,414	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	1,15	1,54
	CS.21-07	17	0,39	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	1,08	1,45
	CS.21-08	17	0,387	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	1,08	1,44
	CS.21-09	17	0,057	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,16	0,21
	CS.21-10	17	0,051	290,36	254,32	240	341	0,082	0,0836	0,14	0,19
	CS.21-11	16	0,056	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,15	0,20
	CS.21-12	16	0,038	273,28	239,36	240	341	0,082	0,0836	0,10	0,13
TOTALE	202	4,151	3450,16							0,68	0,91

		STRINGHE	L (km)	P (kW)	Ib (A)	s (mmq)	Iz(A)	r20°C (Ω/km)	rT°C (Ω/km)	ΔV(%)	ΔP (%)
CT-22	CS.22-01	15	0,616	256,2	224,4	240	341	0,082	0,0836	1,51	2,02
	CS.22-02	15	0,619	256,2	224,4	240	341	0,082	0,0836	1,52	2,03
	CS.22-03	15	0,617	256,2	224,4	240	341	0,082	0,0836	1,51	2,03

CS.22-04	15	0,613	256,2	224,4	240	341	0,082	0,0836	1,50	2,01
CS.22-05	15	0,616	256,2	224,4	240	341	0,082	0,0836	1,51	2,02
CS.22-06	15	0,573	256,2	224,4	240	341	0,082	0,0836	1,41	1,88
CS.22-07	15	0,576	256,2	224,4	240	341	0,082	0,0836	1,41	1,89
CS.22-08	15	0,575	256,2	224,4	240	341	0,082	0,0836	1,41	1,89
CS.22-09	15	0,591	256,2	224,4	240	341	0,082	0,0836	1,45	1,94
CS.22-10	15	0,598	256,2	224,4	240	341	0,082	0,0836	1,47	1,97
CS.22-11	15	0,6	256,2	224,4	240	341	0,082	0,0836	1,47	1,97
CS.22-12	18	0,576	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	1,70	2,27
CS.22-13	18	0,578	307,44	269,28	240	341	0,082	0,0836	1,70	2,28
TOTALE	201	7,748	3433,08						1,15	1,54

Per maggiori dettagli sullo sviluppo dei cavidotti in BT e alla suddivisione in sottocampi si rimanda agli elaborati *BOL2-SOL-FV-EL-LAY-0001_00* "Layout di impianto diviso in sottocampi" e *BOL2-SOL-FV-EL-LAY-0002_00* "Layout di impianto con opere elettriche BT e MT".

6.4. CAVI DI POTENZA MT

I cavi di potenza MT costituiranno sia il collegamento interno all'impianto, tra Power station e Cabina Utente, sia il collegamento tramite cavidotto interrato fino alla Stazione elettrica di utente.

6.4.1. Cavi MT interni all'impianto

Il collegamento tra le cabine MT/BT, presenti all'interno degli inverter centralizzati, e il quadro MT della cabina utente si effettua tramite cavi di potenza MT ed hanno una sezione variabile tra 240 mmq e 630 mmq.

I cavi di potenza MT sono direttamente interrati e saranno del tipo ARE4H1R 18/30 kV o equivalenti (rame o alluminio) indicati per interconnessioni dei vari elementi degli impianti fotovoltaici. Essi sono adatti per l'installazione fissa da interno o da esterno, senza protezione o entro tubazioni in vista o incassate oppure in sistemi chiusi similari, sono resistenti all'ozono secondo EN50396, ai raggi UV secondo HD605/A1. Inoltre, sono testati per durare nel tempo secondo la EN60216.

Le condizioni di posa sono:

- temperatura minima di installazione e maneggio: -40°C;
- massimo sforzo di tiro: 15 N/mmq;
- raggio minimo di curvatura per diametro del cavo D (in mm): 6D.

Per maggiori dettagli sullo sviluppo dei cavidotti in MT si rimanda all'elaborato *BOL2-SOL-FV-EL-LAY-0002_00* "Layout di impianto con opere elettriche BT e MT".

Si riporta di seguito il dimensionamento tra le cabine di campo CT e la cabina di consegna.

	SEQUENZA	TENSIONE (KV)	POTENZA APPARENTE (KVA)	INTENSIDAD (A)	Cos(fi)	Lunghezza totale (m)	Sezione (mm2)	Temperatura del cavo (°C)	Resistenza del cavo a 20°C (ohm/km)	Resistenza del cavo Temperatura di servizio (ohm/km)	Reattanza (Ohm/km)	Caduta di tensione (V)	Caduta di tensione (%)	CADUTA DI TENSIONE TOTALE (%)	PERDITE DI POTENZA (w)	PERDITE DI POTENZA (%)	PERDITE DI POTENZA TOTALE (%)
LINEA MT-01	CT02-CT01	30	3.314	76,52	0,95	53	240	28,66	0,125	0,129	0,109	1,11	0,00%	0,51%	115	0,00%	0,43%
	CT01-CT03	30	6.627	153,04	0,95	348	240	39,65	0,125	0,135	0,109	14,98	0,05%		3138	0,05%	
	CT03-CT04	30	10.043	231,93	0,95	14	630	36,98	0,047	0,050	0,093	0,44	0,00%		109	0,00%	
	CT04-CT05	30	13.459	310,82	0,95	439	630	46,52	0,047	0,052	0,093	18,56	0,06%		6295	0,05%	
	CT05-CT06	30	16.738	386,56	0,95	14	630	67,00	0,047	0,056	0,093	0,78	0,00%		339	0,00%	
	CT06-SET	30	20.052	463,08	0,95	1706	630	85,27	0,047	0,059	0,093	116,88	0,39%		61881	0,32%	
LINEA MT-02	CT21-CT22	30	3.450	79,68	0,95	285	240	28,97	0,125	0,130	0,109	6,19	0,02%	0,55%	669	0,02%	0,49%
	CT22-CT09	30	6.883	158,96	0,95	889	240	40,81	0,125	0,135	0,109	39,83	0,13%		8672	0,13%	
	CT09-CT10	30	10.829	250,08	0,95	41	630	39	0,047	0,051	0,093	1,36	0,00%		366	0,00%	
	CT10-CT08	30	14.723	340,01	0,95	531	630	51	0,047	0,053	0,093	24,76	0,08%		9236	0,07%	
	CT08-CT07	30	18.822	434,68	0,95	43	630	79,15	0,047	0,058	0,093	2,72	0,01%		1343	0,01%	
	CT07-SET	30	22.870	528,16	0,95	1116	630	103,40	0,047	0,063	0,093	90,53	0,30%		55705	0,26%	
LINEA MT-03	CT15-CT16	30	3.826	88,36	0,95	20	240	30	0,125	0,130	0,109	0,48	0,00%	0,18%	57	0,00%	0,16%
	CT16-CT14	30	7.754	179,08	0,95	327	240	45	0,125	0,138	0,109	16,73	0,06%		4118	0,06%	
	CT14-CT13	30	11.614	268,22	0,95	42	630	41,34	0,047	0,051	0,093	1,51	0,01%		439	0,00%	
	CT13-CT12	30	15.577	359,73	0,95	358	630	53,82	0,047	0,053	0,093	17,80	0,06%		7053	0,05%	
	CT12-CT11	30	19.078	440,60	0,95	40	630	81	0,047	0,058	0,093	2,59	0,01%		1297	0,01%	
	CT11-SET	30	22.853	527,77	0,95	175	630	103,28	0,047	0,063	0,093	14,21	0,05%		8734	0,04%	
LINEA MT-04	CT20-CT19	30	3.706	85,59	0,95	20	240	29,67	0,125	0,130	0,109	0,46	0,00%	0,30%	54	0,00%	0,26%
	CT19-CT18	30	7.464	172,37	0,95	365	240	43,58	0,125	0,137	0,109	17,90	0,06%		4235	0,06%	
	CT18-CT17	30	11.478	265,07	0,95	41	630	45,14	0,047	0,052	0,093	1,48	0,00%		427	0,00%	
	CT17-SET	30	15.406	355,79	0,95	1429	630	60,58	0,047	0,055	0,093	71,30	0,24%		28184	0,19%	

	SEQUENZA	Lunghezza totale (m)	Sezione (mm2)	Temperatura terreno (°C)	Resistività della terra (KΩm/W)	Profondità di installazione	I amm.cavo (A)	I max amm.cavo (A)	I linea (A)	COMPROBACIO N I linea < I max amm.
LINEA MT-01	CT02-CT01	53	240	20	1,5	0,8	367	322,37	76,52	CONFORME
	CT01-CT03	348	240	20	1,5	0,8	367	322,37	153,04	CONFORME
	CT03-CT04	14	630	20	1,5	0,8	615	540,21	231,93	CONFORME
	CT04-CT05	439	630	20	1,5	0,8	615	540,21	310,82	CONFORME
	CT05-CT06	14	630	20	1,5	0,8	615	480,92	386,56	CONFORME
	CT06-SET	1706	630	20	1,5	0,8	615	480,92	463,08	CONFORME
LINEA MT-02	CT21-CT22	285	240	20	1,5	0,8	367	322,37	79,68	CONFORME
	CT22-CT09	889	240	20	1,5	0,8	367	322,37	158,96	CONFORME
	CT09-CT10	41	630	20	1,5	0,8	615	540,21	250,08	CONFORME
	CT10-CT08	531	630	20	1,5	0,8	615	540,21	340,01	CONFORME
	CT08-CT07	43	630	20	1,5	0,8	615	534,96	434,68	CONFORME
	CT07-SET	1116	630	20	1,5	0,8	615	540,21	528,16	CONFORME
LINEA MT-03	CT15-CT16	20	240	20	1,5	0,8	367	319,24	88,36	CONFORME
	CT16-CT14	327	240	20	1,5	0,8	367	322,37	179,08	CONFORME
	CT14-CT13	42	630	20	1,5	0,8	615	534,96	268,22	CONFORME
	CT13-CT12	358	630	20	1,5	0,8	615	540,21	359,73	CONFORME
	CT12-CT11	40	630	20	1,5	0,8	615	534,96	440,60	CONFORME
	CT11-SET	175	630	20	1,5	0,8	615	540,21	527,77	CONFORME
LINEA MT-04	CT20-CT19	20	240	20	1,5	0,8	367	319,24	85,59	CONFORME
	CT19-CT18	365	240	20	1,5	0,8	367	322,37	172,37	CONFORME
	CT18-CT17	41	630	20	1,5	0,8	615	476,25	265,07	CONFORME
	CT17-SET	1429	630	20	1,5	0,8	615	480,92	355,79	CONFORME

Figura 2. Suddivisione linee media tensione

6.4.2. Cavidotto di consegna

I cavidotti interrati di collegamento tra le diverse cabine di trasformazione (CT) e la Stazione elettrica di utente avranno una lunghezza variabile indicata nelle figure di cui sopra. Allo stesso modo, le sezioni dei conduttori variano da 240 mmq a 630 mmq.

Il successivo collegamento a 150 kV tra la stazione elettrica di utenza e la stazione elettrica RTN denominata "Villafrati" rappresenta l'impianto di utenza per la connessione. Tali impianti di connessione sono meglio descritti nelle relazioni specialistiche del Progetto definitivo dell'impianto di Utenza.

La posa dei cavi è prevista ad una profondità di circa 1,30 metro riferito al centro del cavo, in formazione a trifoglio. Per maggiori dettagli sulla posa dei cavi si rimanda all'elaborato *BOL2-SOL-FV-CI-DWG-0007_00* "Particolari costruttivi: Planimetria risoluzione delle interferenze area impianto su base CTR con sezioni tipo elettrodotti interrati BT e MT".

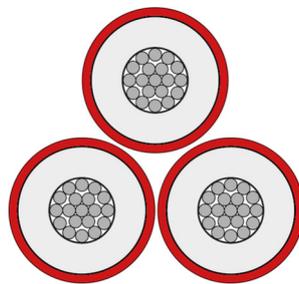


Figura 3. Formazione cavo tripolare ad elice visibile (trifoglio)

Ai sensi della Norma CEI 11-17, l'integrità dei cavi sarà garantita da una robusta protezione meccanica supplementare, in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti da sollecitazioni esterne.

Per ottemperare a tale prescrizione normativa, verranno utilizzati lastre/tegole di protezione in materiale termoplastico (PEAD o PEHD: polietilene ad alta densità molecolare).

La presenza dei cavi sarà rilevabile mediante stesura di apposito nastro monitore, posato a non meno di 0,2 m dall'estradosso del cavo ovvero dalla relativa protezione.

Tipo	Cavo unipolare ad elica visibile
Materiale conduttore	Alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
Materiale isolante	Polietilene reticolato XLPE senza piombo
Schermo metallico	Fili di rame rosso, con nastro di rame in controspirale

Guaina esterna PE	Mescola a base di PVC, qualità ST2, colore rosso
Tensione nominale U_0/U	18/30 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Sezione	240/630 mmq

Tabella 3 Caratteristiche cavidotto

Le sezioni scelte per i cavi, oltre a rispettare i limiti imposti dalle portate, sono tali da garantire cadute di tensione ampiamente nei limiti determinati dalle regolazioni di tensione consentite nei trasformatori MT/BT ed una perdita complessiva di potenza inferiore al 4%.

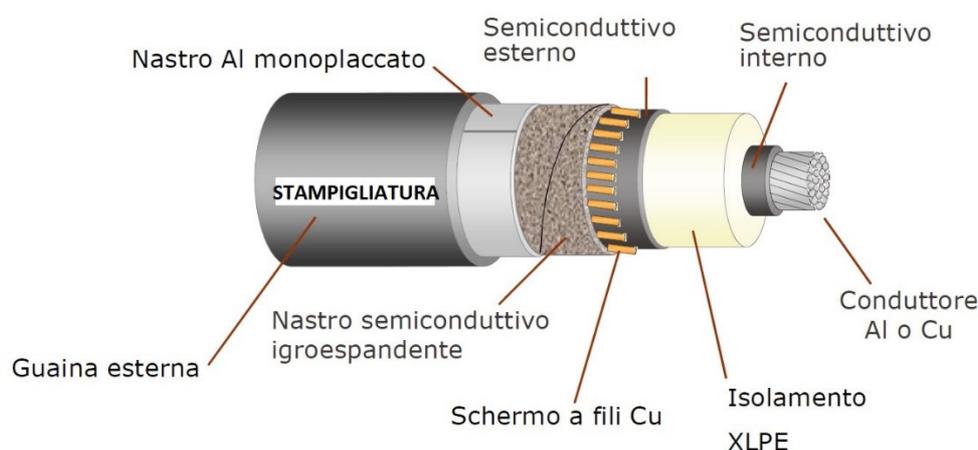


Figura 4. Composizione cavo

6.5. CAVI DATI

Questi cavi costituiscono i cavi di trasmissione dati riguardanti i diversi sistemi presenti all'interno del nostro impianto (fotovoltaico, trackers, stazioni meteo, antintrusione, videosorveglianza, contatori, apparecchiature elettriche, sistemi di sicurezza, connessione verso l'esterno, etc...)

Le tipologie di cavo possono essere:

- cavo RS485 per tratte di cavo di lunghezza limitata;
- cavo in F.O., per tratti più lunghi.

7. MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA

7.1. *PROTEZIONE ELETTRICA*

Per la parte di rete in corrente continua, in caso di cortocircuito la rete è limitata a valori di poco superiori alla corrente dei moduli fotovoltaici, a causa della caratteristica corrente /tensione dei moduli stessi. Tali valori sono dichiarati dal costruttore. A protezione dei circuiti sono installati, in ogni cassetta di giunzione dei sottocampi, fusibili opportunamente dimensionati.

Nella parte in corrente alternata la protezione è realizzata da un dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter stesso. L'interruttore posto sul lato AC dell'inverter serve da ricalzo al dispositivo posto nel gruppo di conversione.

7.2. *PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI*

I cavi in corrente continua dell'impianto fotovoltaico sono stati scelti con una portata maggiore della massima corrente che li può interessare nelle condizioni più severe, cioè:

$$I_z \geq 1.25 * I_{sc}$$

perciò non occorre proteggere i cavi contro il sovraccarico. Le seguenti indicazioni sono di massima e verranno definite in fase di progetto esecutivo in accordo con i fornitori.

Per quanto riguarda la protezione dal corto circuito, i cavi dell'impianto fotovoltaico possono essere interessati da una corrente di corto circuito in caso di:

- guasto tra due poli del sistema c.c.;
- guasto a terra nel sistema con punto a terra;
- doppio guasto a terra nei sistemi isolati da terra.

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il corto circuito è assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limita la corrente di corto circuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale di corto circuito. In generale, negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito dell'impianto non può superare la somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe, ed essendo le stringhe composte da una serie di generatori di corrente (i moduli fotovoltaici) la loro corrente di corto circuito è di poco superiore alla corrente nel punto di massima potenza.

Nella parte di circuito a valle degli inverter, la protezione dalle sovracorrenti è assicurata dall'interruttore magnetotermico e dai fusibili. Questi ultimi dovranno avere una tensione nominale in c.c. maggiore della massima tensione del generatore fotovoltaico pari, ad esempio, a $1,25 * U_0$ (a favore della sicurezza). Inoltre, il fusibile deve

avere una corrente nominale I_n , almeno uguale a $1,25 \cdot I_{sc}$ del modulo fotovoltaico, per evitare interventi intempestivi e non superiore a quella indicata dal costruttore per proteggere il modulo. Il fusibile ha lo scopo di proteggere il cavo dal cortocircuito intervenendo in maniera tale da limitare l'energia specifica passante ad un valore sopportabile dal cavo stesso, per un tempo limitato.

I fusibili verranno scelti in base alla seguente condizione:

$$I_b \leq I_n \leq 0.9 \cdot I_z$$

in cui, I_b è il valore di corrente che percorre i cavi e I_z è la portata del conduttore.

Per quanto riguarda invece i dispositivi di manovra e sezionamento, (il cui compito è quello di interrompere, portare e stabilire le correnti nel servizio ordinario e di stabilire ma non interrompere correnti di corto circuito) sono installati nel quadro elettrico in BT di ogni cabina di trasformazione con una $I_n \geq 100$ [A] ed una tensione nominale V_n maggiore di 1500 [V].

Nel circuito in corrente alternata in bassa tensione, la protezione dal corto circuito è assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter stesso. Potrà essere previsto un ulteriore interruttore MT posto a valle del trasformatore BT/MT, in cabina utente che agisce da ricalzo all'azione del dispositivo di protezione interno all'inverter.

Tale protezione sarà costituita da relè che dovranno prevedere le seguenti funzioni:

- 27 minima tensione (tempo dipendente);
- 81 < minima frequenza (tempo dipendente);
- 81 > massima frequenza (tempo dipendente);
- 59 massima tensione (tempo dipendente);
- 81V relè a sblocco voltmetrico;
- 59INV massima tensione di sequenza inversa;
- 59DIR minima tensione di sequenza diretta.

Tali relè saranno inoltre alimentati da opportuni trasformatori TA e TV.

I cavi in MT a 30 kV di connessione in serie tra i gruppi di cabine di trasformazione BT/MT con il rispettivo quadro in MT in cabina utente avranno una portata superiore alla massima corrente che il trasformatore è in grado di fornire. Tali cavi, dunque, non sono soggetti a sovraccarico. È previsto un quadro in MT di interruzione e sezionamento a valle di ciascun trasformatore BT/MT.

7.3. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

La protezione dei contatti diretti è assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- Installazione di prodotti con marcatura CE (secondo la direttiva CEE 73/23);
- Utilizzo di componenti con adeguata protezione meccanica (IP);
- Collegamenti elettrici effettuati mediante cavi rivestiti con guaine esterne protettive, con adeguato livello di isolamento e alloggiati in condotti portacavi idonei in modo da renderli non direttamente accessibili (quando non interrati).

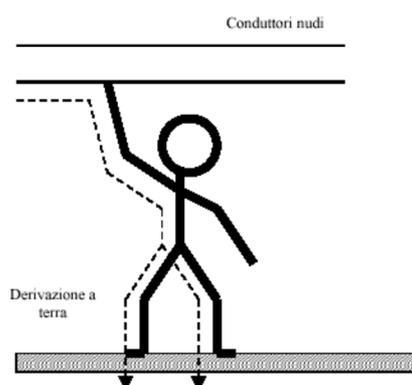


Figura 5. Esempio di contatto diretto

7.4. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Le masse delle apparecchiature elettriche situate all'interno delle varie cabine, sono collegate all'impianto di terra principale dell'impianto.

Per i generatori fotovoltaici viene adottato il doppio isolamento (apparecchiature di classe II). Tale soluzione consente, secondo la normativa CEI 64-8, di non prevedere il collegamento a terra dei moduli e delle strutture che non sono classificabili come masse.

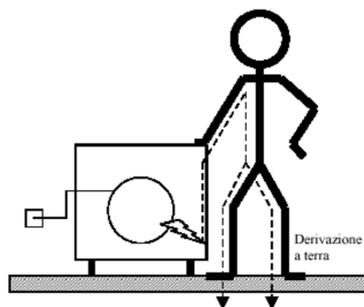


Figura 6 Esempio di contatto indiretto

7.5. MISURE DI SICUREZZA PER TRASFORMATORI AD OLIO

I trasformatori elevatori delle singole unità di conversione possono avere isolamento ad olio minerale.

In questo caso vengono prese tutte le precauzioni necessarie ad evitare lo spargimento del fluido in caso di perdite dal cassone: nella fondazione del trasformatore viene installata una vasca in acciaio inox, con capacità sufficiente ad alloggiare l'intero volume d'olio della macchina.

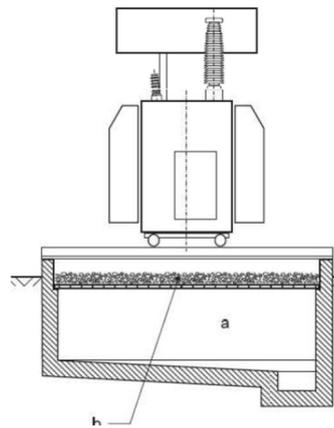


Figura 7. Esempio di vasca di raccolta

7.6. SISTEMI AUSILIARI

Lo schema di connessione prevede un unico punto tramite il quale l'impianto scambia con la rete sia l'energia immessa dal generatore FV che quella prelevata dai SA.

I servizi ausiliari del campo FV sono suddivisi in:

- servizi non privilegiati alimentati a 400 V in AC trifase tramite trasformatori MT/BT di potenza nominale pari a 1,5 kVA, posizionati nelle cabine di trasformazione ed 1 trasformatore MT/BT da 100 kVA in cabina utente;
- servizi privilegiati alimentati a 110 V cc tramite un sistema costituito da raddrizzatore, batterie tampone da 50 o 100 Ah e sistema fotovoltaico dedicato di compensazione, costituito da 4 moduli fotovoltaici con potenza complessiva compresa pari a 1,5 kW.

Per utenze "privilegiate" si intendono le seguenti:

- Sistema di protezione;
- Motore di carica molla dell'interruttore di interfaccia;
- Illuminazione di sicurezza.

Per l'alimentazione dei servizi ausiliari si prevede di installare un trasformatore con le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale: 10 kVA;
- Tensione primaria $0.8 \pm 2 * 2.5\%$ kV
- Tensione secondaria: 0.4 kV;
- Frequenza: 50 Hz;
- Tipologia di isolamento: in resina;
- Raffreddamento AN;
- Gruppo Dyn11;
- Tensione di corto circuito 4%.

Esso sarà posizionato all'interno delle Power station e, in conformità alla norma CEI 99-2, sarà rinchiuso all'interno di una griglia metallica IP>1XB con altezza minima 1.8 mt, avente lo scopo di impedire i contatti diretti.

In tale cabina sarà inoltre installato un quadro d'alimentazione BT [quadro SA], grado di protezione minimo IP30, per la distribuzione in corrente alternata, contenente tutte le apparecchiature di protezione e sezionamento dell'impianto in BT relativo ai servizi ausiliari.

La taglia finale e le caratteristiche del TRAF0 AUX saranno rivalutate in fase esecutiva sulla base dell'elenco finale dei carichi che effettivamente dovranno essere alimentati.

7.7. IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra sarà progettato e realizzato secondo la normativa vigente a valle della comunicazione della corrente di guasto fornita dal distributore di energia elettrica.

Esso verrà realizzato all'interno dell'impianto fotovoltaico, per ragioni di equipotenzialità, sarà unico sia per la bassa che per la media tensione.

Nella figura seguente viene rappresentato uno schema generale di collegamento a terra delle masse a monte del trasformatore.

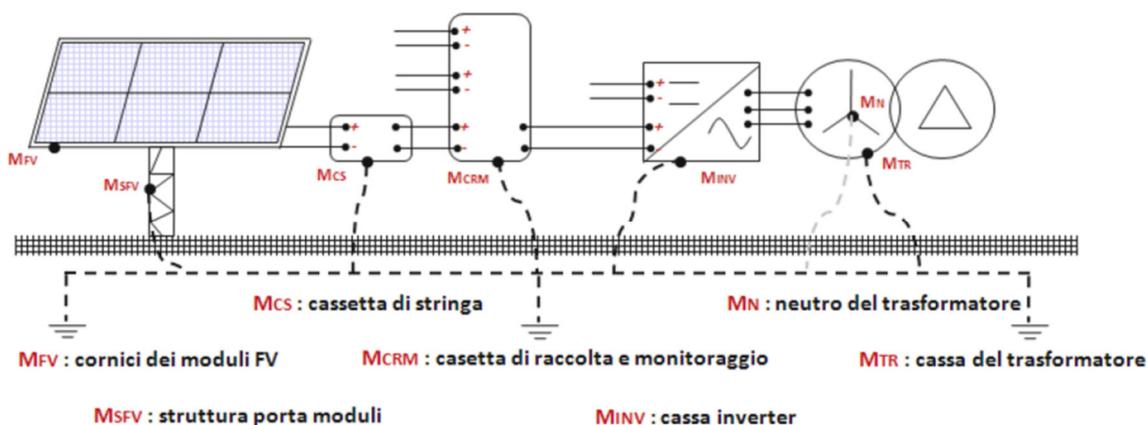


Figura 8. Schema della messa a terra a monte del trasformatore

L'impianto di terra sarà progettato tenendo conto anche delle caratteristiche elettriche del terreno e del tempo di intervento delle protezioni per guasto a terra, nel rispetto delle normative CEI e antinfortunistiche e tale da soddisfare le seguenti prescrizioni:

- avere sufficiente resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;
- essere in grado di sopportare, da un punto di vista termico, le più elevate correnti di guasto prevedibili;
- evitare danni a elementi elettrici ed ai beni;
- garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano sugli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto a terra.

Il dispersore intenzionale del parco fotovoltaico avrà una struttura orizzontale e verrà realizzato da uno o più anelli con nastro in acciaio zincato a caldo di dimensioni minime 30x30 mm, collegati tra loro (anello di terra primario), ai quali saranno collegati i pali d'infissione delle strutture porta modulo che diventeranno dispersori di fatto.

Ugualmente saranno collegati all'anello di terra primario:

- la rete di recinzione, il cancello d'ingresso e i plinti di fondazione;
- l'anello di terra di ogni struttura metallica tracker e fissi;
- l'anello di terra della cabina utente;
- l'anello metallico della control room;
- l'anello metallico delle cabine inverter-trasformazione.

In fase di dimensionamento, dell'impianto di terra, dovranno essere presi in considerazione del valore della corrente di guasto a terra, della durata del guasto a terra e della caratteristica del terreno.

Per il dimensionamento dei conduttori di protezione si rimanda alla progettazione esecutiva, in questa fase possiamo affermare con buona approssimazione che le sezioni dei PE sono pari alla metà della rispettiva sezione di fase.

7.8. SISTEMI DI MISURA DELL'ENERGIA PRODOTTA

Nell'impianto saranno previste apparecchiature di misura necessarie alla contabilizzazione dell'energia prodotta, scambiata con la rete e assorbita dai servizi ausiliari. In particolare, le misure dell'energia saranno attuate in modo indipendente:

- sistema di misura dell'energia prodotta dall'impianto, posizionato in uscita dagli inverter (contatore di energia prodotta);
- misure per la contabilizzazione della energia immessa in rete;
- misure UTF destinate alla contabilizzazione della energia utilizzata in impianto e non direttamente connessa alla funzionalità di impianto.

I sistemi di misura dovranno essere conformi a tutte le disposizioni dell'autorità dell'energia elettrica e gas e alle norme CEI, in particolare saranno dotati di sistemi di sigillatura che garantiscano da manomissioni o alterazioni dei dati di misura. Inoltre, saranno idonei a consentire la telelettura dell'energia elettrica prodotta da parte del distributore.

7.9. SISTEMA DI SICUREZZA E SORVEGLIANZA

L'impianto di videosorveglianza è dimensionato per coprire il perimetro recintato dell'intera area di impianto.

Il sistema è di tipo integrato ed utilizza:

- telecamere per vigilare l'area della recinzione, accoppiate a lampade a luce infrarossa per assicurare una buona visibilità notturna;
- telecamere, tipo DOME, nei punti strategici e in corrispondenza delle cabine/power station;
- cavo microfonico su recinzione o in alternativa barriere a microonde installare lungo il perimetro, per rivelare eventuali effrazioni;
- rilevatori volumetrici da esterno in corrispondenza degli accessi (cancelli di ingresso) e delle cabine e da interno nelle cabine e/o container;
- sistema di illuminazione vicino alle cabine, con LED o luce alogena ad alta efficienza, da utilizzare come deterrente. Nel caso sia rilevata un'intrusione l'illuminazione relativa a quella cabina viene attivata.

È quindi possibile rilevare le seguenti situazioni:

- sottrazione di oggetti;

- passaggio di persone;
- scavalco o intrusione in aree definite;
- segnalazione di perdita segnale video, oscuramento, sfocatura e perdita dell'inquadratura.

L'impianto è dotato di sistema di controllo e monitoraggio centralizzato tale da permettere la visualizzazione in ogni istante delle immagini registrate, attualmente anche da remoto.

L'archiviazione dei dati avviene mediante salvataggio su Hard Disk o Server.

7.10. COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA E MARCATURA CE

Tutte le apparecchiature dovranno essere progettate e costruite in ottemperanza a quanto prescritto dalla Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", in termini di sicurezza e di esposizione umana ai campi elettromagnetici.

Le apparecchiature elettriche ed elettroniche (in particolare i relè di protezione ed i dispositivi multifunzione a microprocessore), gli apparecchi e i sottosistemi dovranno essere conformi ai requisiti delle Direttive Europee n. 89/336/CEE "Direttiva EMC" e successive modifiche ed in accordo alla direttiva n° 93/68/CEE nonché a quanto prescritto dalla Norma CEI 210. Tutti i componenti, apparecchi, sottosistemi e sistemi dovranno avere marcatura "CE" e dovranno essere in accordo alle prescrizioni contenute nelle Norme di riferimento. In particolare, per i sistemi di controllo e protezione, ed in generale per gli impianti ausiliari, sarà adottato un adeguato sistema di protezione, per ridurre la penetrazione del campo magnetico nelle apparecchiature e realizzare l'equipotenzialità elettrica fra ciascun apparecchio e l'impianto di terra. Dovranno essere tenuti in considerazione ulteriori e più specifici criteri di installazione desunti dalle norme di riferimento.

7.11. SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

Il sistema di monitoraggio e controllo è costituito da una serie di sensori atti a rilevare, in tempo reale, i parametri ambientali, elettrici e del sistema antintrusione /TVCC dell'impianto ed un sistema di acquisizione ed elaborazione dei dati centralizzato (SAD - Sistema Acquisizione Dati), in accordo alla norma CEI EN 61724.

I dati raccolti ed elaborati servono a valutare le prestazioni dell'impianto, la sicurezza dell'impianto e a monitorare la rete elettrica.

I sensori sono installati direttamente in campo, nelle stazioni meteorologiche (costituite da termometro, barometro, piranometro/albedometro, anemometro), string box o nelle cabine e misurano:

- irraggiamento solare;

- temperatura ambiente;
- temperatura dei moduli;
- tensione e corrente in uscita all'unità di generazione;
- potenza attiva e corrente in uscita dall'unità di conversione;
- tensione, potenza attiva ed energia scambiata al punto di consegna;
- stato interruttori generali MT e BT.

7.12. SISTEMA DI ILLUMINAZIONE E FORZA MOTRICE

In tutti i gruppi di conversione, nella cabina ausiliaria e nella cabina locale tecnico/sala controllo sono previsti i seguenti servizi minimi:

- illuminazione interna tale da garantire almeno un livello di illuminazione medio di 100 lux;
- illuminazione di emergenza interna mediante lampade con batteria incorporata, tipo Beghelli;
- illuminazione esterna della zona dinanzi alla porta d'ingresso, realizzata con proiettore accoppiato con sensore di presenza ad infrarossi;
- impianto di forza motrice costituito da una presa industriale P+N+T 16A-230V e una o più prese bivalente 10/16 A StdITA/TED.

Lungo tutta la recinzione dell'impianto saranno collocati punti di illuminazione e su alcuni di essi verranno collocate le telecamere di videosorveglianza, inoltre in corrispondenza degli accessi (cancelli di ingresso) saranno installati proiettori aggiuntivi, sempre con sensore di presenza ad infrarossi.