



# COMUNE DI FOGGIA



## PROGETTO DEFINITIVO

### - PROGETTO AGRIVOLTAICO - IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO DA PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA

Committente:

**Grupotec Solar Italia 11 S.R.L.**

Via Statuto, 10  
20121 Milano (MI)



**StudioTECNICO**  
**Ing. Marco G Balzano**

Via Cancellotto, 3  
70125 BARI | Italy  
+39 331.6794367  
[www.ingbalzano.com](http://www.ingbalzano.com)



Spazio Riservato agli Enti:

REV	DATA	ESEGUITO	VERIFICA	APPROV	DESCRIZIONE
R0	10/02/2023	IDV	MBG	MBG	Prima Emissione

Numero Commessa:

**SV782**

Data Elaborato:

**10/02/2023**

Revisione:

**R0**

Titolo Elaborato:

**Relazione Calcoli Elettrici**

Progettista:

**ing. Marco G. Balzano**

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n. 9341  
Professionista Antincendio Elenco Ministero degli Interni BA09341101837  
Consulente Tecnico d'Ufficio (CTU) Tribunale Bari

Elaborato:

**P.10**

## Sommario

<b>1. Premessa</b> .....	<b>4</b>
1.1 Generalità .....	4
1.2 Descrizione sintetica dell'iniziativa .....	6
1.3 Contatto .....	6
1.4 Localizzazione .....	8
Area Impianto .....	9
1.5 Oggetto del documento .....	10
<b>2. Calcoli Elettrici</b> .....	<b>11</b>
2.1 Classificazione Impianti .....	11
Tipologia Impianto .....	11
Destinazione d'uso .....	11
Definizione dell'intervento .....	11
Obbligo di progettazione .....	11
2.2 Descrizione Impianti .....	12
2.3 Cavi Elettrici .....	13
Progettazione Delle Canalizzazioni .....	14
Tubazione .....	14
2.4 Rete di Media tensione: Elettrodotto esterno a 30 kV .....	15
Dimensionamento del Cavo .....	17
2.5 Rete di Media tensione: Elettrodotto interno a 30 kV .....	21
Caratteristiche dei Cavi .....	21
2.6 Dimensionamento del cavo .....	24
2.7 Protezione contro le Sovracorrenti .....	29
Protezione contro il Sovraccarico .....	29
Protezione contro il Cortocircuito .....	29
2.8 Posa e disposizione dei cavi .....	31
2.9 Giunzioni, Terminazioni ed Attestazioni .....	34
Giunzione Cavi MT .....	34
Terminazione ed Attestazione Cavi MT .....	35
2.10 Cadute di tensione e perdite di potenza .....	36

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 2 di 63

2.11	Rete di terra.....	38
<b>3.</b>	<b>Misure di Protezione Adottate .....</b>	<b>39</b>
3.1	Scelta delle Protezioni .....	39
3.2	Verifica della Protezione a Cortocircuito delle Condutture .....	39
3.3	Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto .....	40
3.4	Protezione da contatti accidentali lato c.c.....	40
3.5	Protezione sul lato c.a. dell'impianto .....	41
3.6	Prevenzione funzionamento in isola.....	41
3.7	Dispositivi Di Protezione Sul Collegamento Alla Rete Elettrica .....	41
	Dispositivi del generatore.....	42
	Dispositivo di interfaccia.....	42
	Dispositivo generale.....	42
<b>4.</b>	<b>Impianto di Produzione Energia.....</b>	<b>43</b>
4.1	Producibilità Impianto .....	43
4.2	Configurazione Elettrica.....	44
4.3	Moduli Fotovoltaici.....	46
4.4	Inverter.....	50
4.5	Power Center .....	53
4.6	Sistemi Monitoraggio - SCADA.....	54
<b>5.</b>	<b>Definizioni.....</b>	<b>56</b>
<b>6.</b>	<b>Normativa di Riferimento .....</b>	<b>59</b>
6.1	Premessa .....	59
6.2	Legislazione e normativa nazionale in ambito Elettrico.....	59
6.3	Sicurezza elettrica .....	59
6.4	Normativa Fotovoltaica .....	60
6.5	Quadri Elettrici.....	61
6.6	Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti .....	61
6.7	Cavi, cavidotti e accessori.....	62
6.8	Scariche atmosferiche e sovratensioni.....	63

## 1. Premessa

### 1.1 Generalità

La Società **GRUPOTEC SOLAR ITALIA 11 SRL**, con sede in Via Statuto, 10 – 20121 Milano (MI), è soggetto Proponente di una iniziativa finalizzata alla realizzazione e messa in esercizio di un progetto **Agri-fotovoltaico** denominato **“AgroPV – Faranone”**.

L’iniziativa prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico, ossia destinato alla **produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare integrato** da un **progetto agronomico studiato per assicurare la compatibilità con le caratteristiche pedo-agricole e storiche del sito**.

Il progetto, meglio descritto nelle relazioni specialistiche, si prefigge l’obiettivo di **ottimizzare** e utilizzare in modo **efficiente** il territorio, producendo **energia elettrica** pulita e garantendo, allo stesso tempo, una **produzione agronomica**.

Il costo della produzione elettrica, mediante la tecnologia fotovoltaica, è concorrenziale alle fonti fossili, ma con tutti i vantaggi derivanti dall’uso della fonte solare, quali zero emissioni di CO<sub>2</sub>, inquinanti solidi e liquidi, nessuna emissione sonora, ecc.

L’impianto fotovoltaico produrrà energia elettrica utilizzando come energia primaria l’energia dei raggi solari. In particolare, l’impianto trasformerà, grazie all’esposizione alla luce solare dei moduli fotovoltaici realizzati in materiale semiconduttore, una percentuale dell’energia luminosa dei fotoni in energia elettrica sotto forma di corrente continua che, opportunamente trasformata in corrente alternata da apparati elettronici chiamati “inverter”, sarà ceduta alla rete elettrica nazionale.

La tecnologia fotovoltaica presenta molteplici aspetti favorevoli:

1. il sole è risorsa gratuita ed inesauribile;
2. non comporta emissioni inquinanti;
3. non genera inquinamento acustico
4. permette una diversificazione delle fonti energetiche e riduzione del deficit elettrico;
5. presenta una estrema affidabilità sul lungo periodo (vita utile superiore a 30 anni);
6. i costi di manutenzione sono ridotti al minimo;
7. il sistema presenta elevata modularità;
8. si presta a facile integrazione con sistemi di accumulo;
9. consente la delocalizzazione della produzione di energia elettrica.

L’impianto in progetto consente di produrre un significativo quantitativo di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti, senza alcun inquinamento acustico e con un ridotto impatto visivo.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 4 di 63

L'iniziativa si inquadra, altresì, nel piano di realizzazione di impianti per la produzione di energia fotovoltaica che la società intende realizzare nella Regione Puglia per contribuire al soddisfacimento delle esigenze di energia pulita e sviluppo sostenibile che, a partire dal Protocollo Internazionale di Kyoto del 1997 sono state anche dall'Accordo sul Clima delle Nazioni Unite (Parigi, Dicembre 2015) e dal pacchetto di proposte legislative climatico "Fit for 55" a livello internazionale oltre che dal Piano Nazionale Energia e Clima (PNIEC - 2020) e il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR - 2021) a livello nazionale. Tutti gli strumenti di pianificazione concordano nel porre la priorità sulla transizione energetica dalle fonti fossili alle rinnovabili che, oltre a ridurre gli impatti sull'ambiente, contribuiscono a migliorare il tenore di vita delle popolazioni e la distribuzione di reddito nelle regioni più svantaggiate, periferiche o insulari, anche grazie alla creazione di posti di lavoro locali permanenti che consente una maggiore coesione economica e sociale.

In tale contesto nazionale ed internazionale lo sfruttamento dell'energia solare costituisce senza dubbio una valida risposta alle esigenze economiche ed ambientali sopra esposte.

Di rilievo il **Regolamento UE n. 2577/2022** che, al fine di favorire ulteriormente la transizione e l'indipendenza energetica dell'Unione Europea, stabilisce che **gli impianti FER sono ex lege di interesse pubblico prevalente** rispetto ad altri interessi potenzialmente in conflitto.

In ragione delle motivazioni sopra esposte, al fine di favorire la transizione energetica verso **soluzioni ambientalmente sostenibili** la società proponente intende sottoporre all'iter valutativo l'iniziativa agrivoltaica oggetto della presente relazione.

La tipologia di opera prevista rientra nella categoria "impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore ed acqua calda" citata nell'All. IV articolo 2 lettera b) del D.Lgs 152/2006, aggiornato con il D.Lgs 4/2008 vigente dal 13 febbraio 2008.

La progettazione è stata svolta utilizzando le **ultime tecnologie** con i migliori **rendimenti** ad oggi disponibili sul mercato. Considerando che la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione potranno cambiare le tipologie e le caratteristiche delle componenti principali (moduli fotovoltaici, inverter, strutture di supporto), ma resteranno invariate le caratteristiche complessive e principali dell'intero impianto in termini di potenza massima di produzione, occupazione del suolo e fabbricati.

Il progetto agronomico, da realizzare in consociazione con la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica, è stato studiato sin dalle fasi iniziali in base ad un'approfondita analisi con lo scopo di:

- Attivare un progetto capace di favorire la biodiversità e la salvaguardia ambientale;
- Garantire la continuità delle attività colturali condotte sul fondo e preservare il contesto paesaggistico.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 5 di 63

## 1.2 Descrizione sintetica dell'iniziativa

L'iniziativa è da realizzarsi in agro del Comune di **Foggia (FG)**, circa 8,8 km a Nord-Est del centro abitato.

Per ottimizzare la produzione energetica, è stato scelto di realizzare l'impianto fotovoltaico mediante tracker monoassiali, ovvero inseguitori solari azionati da attuatori elettromeccanici capaci di massimizzare la produttività dei moduli fotovoltaici ed evitare il prolungato ombreggiamento del terreno sottostante.

Questa tecnologia elettromeccanica consente di seguire quotidianamente l'esposizione solare Est-Ovest su un asse di rotazione orizzontale Nord-Sud, posizionando così i pannelli sempre con la perfetta angolazione e massimizzando la producibilità e la resa del campo.

Circa le **attività agronomiche** da effettuare in consociazione con la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica, si è condotto uno studio agronomico finalizzato all'analisi pedo-agronomica dei terreni, del potenziale, della vocazione storica del territorio e dell'attività colturale condotta dall'azienda agricola proprietaria del fondo.

Il progetto prevede, oltre alle opere di mitigazione a verde dislocata lungo le fasce perimetrali, un articolato progetto agronomico nelle aree utili interne ed esterne la recinzione oltre alla installazione di un apiario per favorire la biodiversità.

La scelta agronomica ha tenuto conto della tipologia e qualità del terreno/sottosuolo e della disponibilità idrica. Per maggiori dettagli si rimanda alle relazioni specialistiche.

Per quel che concerne l'impianto fotovoltaico, esso avrà una potenza complessiva pari a **64,000 MWn – 76,128 MWp**.

L'impianto sarà composto da inverter trifase, connessi a gruppi a trasformatori BT/MT o BT/AT (per i dettagli si veda lo schema unifilare allegato).

L'impianto sarà collegato in A.T. alla Rete di Trasmissione gestita da Terna S.p.A.

In base alla soluzione di connessione (**STMG TERNA/P20220016743 del 28/02/2022 – CODICE PRATICA 202102331**), l'impianto fotovoltaico sarà collegato alla rete di trasmissione **in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/150 kV denominata "Manfredonia"**.

Le opere, data la loro specificità, sono da intendersi di interesse pubblico, indifferibili ed urgenti ai sensi di quanto affermato dall'art. 1 comma 4 della legge 10/91 e ribadito dall'art. 12 comma 1 del Decreto Legislativo 387/2003, nonché urbanisticamente compatibili con la destinazione agricola dei suoli come sancito dal comma 7 dello stesso articolo del decreto legislativo.

## 1.3 Contatto

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 6 di 63



**StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano**  
Via Canello Rotto, 3 | 70125 BARI | Italy  
[www.ingbalzano.com](http://www.ingbalzano.com) - +39.331.6764367



**Progettista:** Ing. Marco Gennaro Balzano  
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341

Società promotrice: **GRUPOTEC SOLAR ITALIA 11 S.R.L**

Indirizzo: Via Statuto, 10  
20121 MILANO  
PEC: grupotecsolaritalia11srl@legalmail.it  
Mob: +39 331.6794367

Progettista: **SEPTEM S.R.L.**

Direttore Tecnico: **Ing. MARCO G. BALZANO**

Indirizzo: Via Canello Rotto, 03  
70125 BARI (BA)  
Tel. +39 331.6794367  
Email: [studiotecnico@ingbalzano.com](mailto:studiotecnico@ingbalzano.com)  
PEC: [ing.marcobalzano@pec.it](mailto:ing.marcobalzano@pec.it)

STUDIOTECHNICO   
ing.MarcoBALZANO  
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 7 di 63

## 1.4 Localizzazione

L'area contrattualizzata dal proponente, dell'estensione di **127,57 ha**, sarà destinata alla realizzazione dell'impianto in progetto, denominato "**AgroPV-Faranone**", si trova in Puglia nel Comune di **Foggia (FG)**, in località "**Faranone**".

Le **opere di rete**, in ragione della posizione del progetto e della soluzione per la connessione alla RTN individuata da Terna, interesseranno l'agro di Foggia (FG), San Marco in Lamis (FG) e Manfredonia (FG).



Fig. 1-1: Localizzazione area di intervento, in blu la perimetrazione dell'impianto, in verde le aree coltivate esterne alla recinzione e in rosso le aree disponibili

### Coordinate GPS:

Latitudine: 41.507349° N

Longitudine: 15.670701° E

Altezza s.l.m.: 38 m

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 8 di 63

## AREA IMPIANTO

L'area di interesse per le opere di impianto è censita catastalmente nel comune di **Foggia (FG)**, come di seguito specificato:

Comune	Foglio di mappa	Particelle	Classamento	Consistenza (ha)
FOGGIA (FG)	63	1	Seminativo Irriguo/ Seminativo	65,3896
FOGGIA (FG)	63	13	Pascolo	0,0850
FOGGIA (FG)	63	15	Seminativo	2,8048
FOGGIA (FG)	64	5	Seminativo Irriguo	25,7226
FOGGIA (FG)	64	6	Seminativo Irriguo	6,4955
FOGGIA (FG)	66	2	Seminativo/ Seminativo Irriguo	0,6090
FOGGIA (FG)	66	12	Seminativo/ Seminativo Irriguo	0,0771
FOGGIA (FG)	66	14	Seminativo	6,2940
FOGGIA (FG)	66	15	Seminativo	6,8982
FOGGIA (FG)	66	16	Seminativo Irriguo	5,7718
FOGGIA (FG)	66	19	Seminativo	1,8104
FOGGIA (FG)	66	21	Seminativo Irriguo	4,6456
FOGGIA (FG)	66	22	Seminativo Irriguo	0,9644



Fig. 1-2: Localizzazione area di intervento su ortofoto catastrale, in blu la perimetrazione dell'area disponibile

## 1.5 Oggetto del documento

La presente relazione tecnica è conforme a quanto indicato dalla guida CEI 0-2 del settembre 2002, cap. 3.4.

Con la presente relazione s'intende fornire una sostanziale guida allo sviluppo del progetto esecutivo degli impianti elettrici e speciali, sia in termini di progettazione costruttiva di cantiere che realizzativi in senso stretto

Quanto di seguito indicato ed i documenti allegati, indicano le metodologie di realizzazione degli impianti e le soluzioni essenziali ritenute maggiormente efficaci per gli impianti in oggetto.

Le opere hanno per oggetto la definizione di tutti i materiali e le apparecchiature necessari per la realizzazione degli impianti elettrici, secondo le condizioni, prescrizioni e norme contenute nella seguente relazione e suoi allegati nel rispetto delle normative vigenti in materia, tali da rendere gli impianti completi e funzionanti a regola d'arte.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 10 di 63

## 2. Calcoli Elettrici

### 2.1 Classificazione Impianti

#### TIPOLOGIA IMPIANTO

Con riferimento al D.M. n. 37 del 38 gennaio 2008, negli ambienti oggetto dell'intervento sono previste le seguenti tipologie di impianti:

- *impianti in cui all'art. 1 lettera a): impianti di produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione, utilizzazione dell'energia elettrica, impianti di protezione contro le scariche atmosferiche, nonché gli impianti per l'automazione di porte, cancelli e barriere;*

#### DESTINAZIONE D'USO

Con riferimento agli articoli 1 e 2 del D.P.R. n° 447 del 6 dicembre 1991, "Regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990 in materia di sicurezza degli impianti", che disciplinano il campo di applicazione della legge 46/90 non esiste una classificazione per un terreno agricolo.

#### DEFINIZIONE DELL'INTERVENTO

Con riferimento al D.P.R. n° 447/91, art. 4 comma 1 che definisce i tipi di interventi sugli impianti in:

- **nuova installazione**
- trasformazione
- ampliamento
- manutenzione straordinaria

Si può considerare l'intervento appartenente alla **categoria 1.**

#### OBBLIGO DI PROGETTAZIONE

Per l'intervento in oggetto sussiste l'obbligo della redazione del progetto da parte di un professionista iscritto al relativo albo professionale in virtù dei seguenti punti:

Riferimento al DM 37 del 28/01/2008, art. 5., comma 2, lettera c):

*Impianti elettrici in immobili adibiti ad attività produttive, al commercio, al terziario e ad altri usi, quando le utenze sono alimentate a tensione superiore a 1000V, inclusa la parte in bassa tensione, o quando le utenze sono alimentate in bassa tensione aventi potenza impegnata superiore a 6 kW o qualora la superficie superi i 200 m<sup>2</sup>.*

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 11 di 63

## 2.2 Descrizione Impianti

L'impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica avrà le seguenti caratteristiche generali:

- Impianto di tipo **ad inseguimento monoassiale**;
- pannelli fotovoltaici posizionati su **tracker** infissi nel terreno;
- inverter di stringa;
- cabine di conversione/trasformazione prefabbricate tipo shelter box, complete di vasca fondazione;
- dispositivi di sezionamento e protezioni sia il lato in corrente continua che il lato in corrente alternata e settati in modo che la potenza AC in uscita non superi il valore autorizzato;
- Power Center trasformatore BT/MT per l'elevazione di tensione a **30.000 V** in corrente alternata, così da poter convogliare l'energia prodotta dal campo fotovoltaico verso la stazione elettrica di smistamento per essere ceduta all' *Ente distributore*;
- quadri di media tensione;
- rete elettrica a 30 kV composta delle seguenti sezioni fondamentali:
  - collegamenti tra le varie cabine di conversione e trasformazione costituite da collegamenti del tipo entra-esci;
  - collegamento delle aree del campo fotovoltaico alla sottostazione elettrica MT/AT. Saranno impiegate terne di cavi disposti a trifoglio, tipo ARP1H5(AR)E 18/30 kV o similare per il collegamento tra le aree di produzione e il punto di consegna e per il collegamento tra le varie cabine di conversione e trasformazione.
- sottostazione MT/AT utente, **in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della stazione elettrica (SE) della RTN a 380/150kV denominata "Manfredonia"**.
- rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto fotovoltaico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.

L'evoluzione tecnologica generata dalla possibilità di connettere gli impianti FER a 36 kV potrà favorire l'adozione di soluzioni diverse, come la sostituzione di Power Center a 30 kV in favore di quelli a 36 kV, con evidenti vantaggi in termini di aree occupate e riduzione dei campi elettromagnetici indotti dalla circolazione di minori correnti.

Tali soluzioni saranno comunque tali da non comportare modifiche sostanziali rispetto al progetto presentato.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 12 di 63

## 2.3 Cavi Elettrici

Negli impianti saranno impiegate le seguenti tipologie di cavi in funzione delle condizioni di posa:

- Cavo unipolare in rame isolato in gomma etilenpropilenica qualità G7 sotto guaina di PVC, tipo FG16(O)R 0,6/1 kV, avente caratteristiche di non propagazione dell'incendio, conforme alle Norme CEI 20-22 II e 20-13, da posare prevalentemente in tubazioni interrate;
- Cavo Solare: Cavo unipolare flessibile stagnato per il cablaggio delle stringhe di moduli fotovoltaici del tipo H1Z2Z2-K, Tensione Massima 1.800 V in corrente continua, Temperatura Massima di Esercizio 90°C;
- Cavo unipolare in rame isolato e schermato in gomma etilenpropilenica qualità G7 sotto guaina di PVC, tipo FG16(O)H2R 0,6/1 kV, avente caratteristiche di non propagazione dell'incendio, conforme alle Norme CEI 20-22 II e 20-13, da posare prevalentemente in tubazioni interrate per il cablaggio degli inverter e per la posa delle linee di produzione;
- Cavo unipolare in rame isolato in PVC, tipo FS17, avente caratteristiche di non propagazione dell'incendio, conforme alle Norme CEI 20-22 II e 20-20, da posare in tubazioni isolanti interrate;
- Cavo MT: ARE4H5E, Cavi isolati in XPLE conduttore in Alluminio, Tensione Nominale di Esercizio 12/20 kV - 18/30 kV;
- Cavo di segnale tipo FTP/Fibra ottica;

La scelta delle sezioni dei cavi è stata effettuata in base alla loro portata nominale (calcolata in base ai criteri di unificazione e di dimensionamento riportati nelle Tabelle CEI-UNEL), alle condizioni di posa e di temperatura, al limite ammesso dalle Norme per quanto riguarda le cadute di tensione massime ammissibili (inferiori al 4%) ed alle caratteristiche di intervento delle protezioni secondo quanto previsto dalle vigenti Norme CEI 64-8. La portata delle condutture sarà commisurata alla potenza totale che si prevede di installare.

Le sezioni minime previste da normativa per i conduttori saranno:

- 2,5 mm<sup>2</sup> per le linee di distribuzione F.M.;
- 1,5 mm<sup>2</sup> per le linee di distribuzione luce;
- 0,5 mm<sup>2</sup> per i circuiti di comando e segnalazione.

Nei circuiti trifase i conduttori di neutro potranno avere sezione inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase, con il minimo di 16 mmq purché il carico sia sostanzialmente equilibrato ed il conduttore di neutro sia protetto per un cortocircuito in fondo alla linea; in tutti gli altri casi al conduttore di neutro verrà data la stessa sezione dei conduttori di fase.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 13 di 63

## PROGETTAZIONE DELLE CANALIZZAZIONI

L'integrità dei cavi deve essere garantita da una robusta protezione meccanica supplementare, in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal traffico veicolare (resistenza a schiacciamento) e dagli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza a urto).

Pertanto, la posa del cavo sarà entro tubo di materiale plastico oppure mediante protezione meccanica tipo coppo/cemento.

La profondità minima di posa per le strade di uso pubblico è fissata dal Nuovo Codice della Strada ad 1 m dall'estradosso della protezione; per tutti gli altri suoli e le strade di uso privato valgono i seguenti valori, dal piano di appoggio del cavo, stabiliti dalla norma CEI 11-17:

- 0,6 m (su terreno privato);
- 0,8 m (su terreno pubblico);

Il riempimento delle trincee il ripristino della superficie devono essere effettuati, nella generalità dei casi, ossia in assenza di specifiche prescrizioni imposte dal proprietario del suolo, rispettando i volumi indicati nell'elaborato di progetto.

La presenza dei cavi deve essere rilevabile mediante l'apposito nastro monitor posato a non meno di 0,2 m dall'estradosso del cavo ovvero della protezione.

## TUBAZIONE

La tubazione da utilizzare sarà in polietilene del tipo corrugato del diametro di 160 mm non inferiore a 1,4 volte il diametro del cavo ovvero il diametro circoscritto del fascio di cavi (Norma CEI 11-17)

Durante l'esecuzione dei lavori sarà prestata particolare attenzione ai sottoservizi presenti sul posto (condotte fognarie, idriche, linee elettriche, telefoniche ecc.).

Qualunque interferenza riscontrata durante la posa del cavo, sarà sottopassata.

Saranno alterni ripristinate tutte le pavimentazioni preesistenti fino alla completa ricomposizione dello stato di fatto. A lavoro ultimato tutti i ripristini dovranno trovarsi alla stessa quota del piano preesistente, senza presentare dossi o avvallamenti.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 14 di 63

## 2.4 Rete di Media tensione: Elettrodotto esterno a 30 kV

L'impianto di produzione energetica da fonte rinnovabile di tipo fotovoltaico sarà connesso alla rete di trasmissione con tensione nominale di 30 kV mediante la realizzazione di una **Sottostazione Elettrica Utente** collegata in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/150 kV denominata "Manfredonia"

La rete di media tensione esterna al parco fotovoltaico a 30 kV sarà composta da n° 1 circuito composta da 3 terne con posa completamente interrata.

Il tracciato planimetrico della rete è mostrato nelle tavole allegate.

Nelle tavole allegate vengono anche riportati lo schema unifilare, con indicazione della lunghezza e della sezione corrispondente di ciascuna terna di cavo, e le sezioni tipiche descrittive delle modalità e caratteristiche di posa interrata.

**I cavi di MT saranno del tipo ARE4H5E/ ARG7H1R 18/30 kV o similari.**

Si fa presente che il presente dimensionamento è puramente preliminare. Le sezioni, le tipologie e materiali dei conduttori, nonché le modalità di posa saranno determinati con esattezza in fase di progettazione esecutiva.

La rete a 30 kV sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo **ARE4H5E COMPACT 18/30 kV** (o equivalente) con conduttore in alluminio.

Dato il recente sviluppo della soluzione tecnica a 36 kV, non si esclude la possibilità nella futura fase esecutiva di adottare Power Center a 0,8/36 kV ed elettrodotti eserciti a 36 kV, modifica che si configura come non sostanziale del progetto presentato.

L'intero elettrodotto incaricato di trasportare l'energia prodotta dall'impianto agrofotovoltaico si compone di **un unico tratto di evacuazione su strada/terreno agricolo di circa 9.360m.**

Il tratto di elettrodotto in media tensione, tracciato di colore giallo, è così definito:

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 15 di 63



La tabella che segue mostra la configurazione scelta e le caratteristiche di posa:

TRATTO		N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm <sup>2</sup> )	TENSIONE (V)
CABINA SEZIONAMENTO	S.S.E.U.	3	9.360	Trifoglio Interr. a 1,5 m	ARE4H5E	3 x (3x1x630)	30.000

Le caratteristiche elettriche dei cavi in alluminio scelti sono riportate nella successiva tabella considerando una posa a trifoglio interrata a 1,5 m, temperatura del terreno di 20°C e resistività termica del terreno  $\rho = 1 \frac{^{\circ}\text{C m}}{\text{W}}$ .

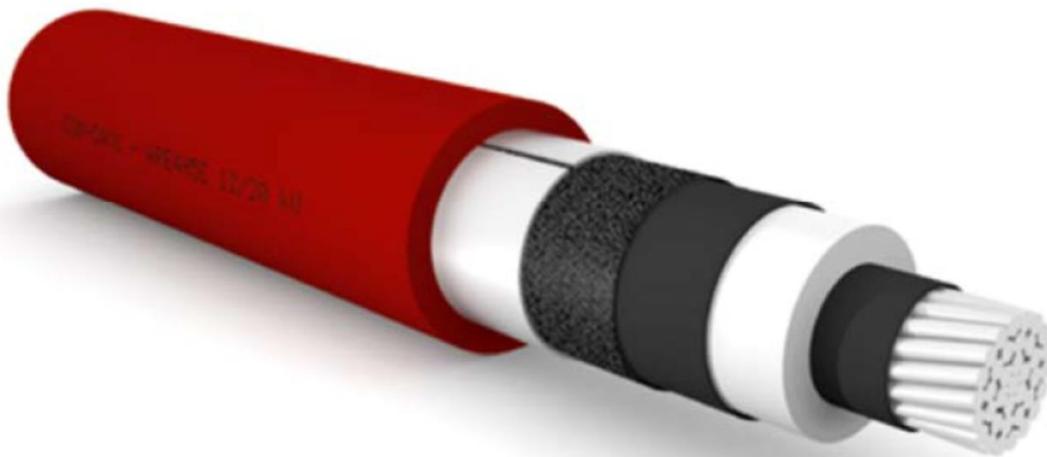
In tali condizioni il valore di portata di corrente nominale del cavo è  $I_0 = 709 \text{ A}$ .

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 16 di 63

## DIMENSIONAMENTO DEL CAVO

I cavi MT utilizzati saranno della tipologia ARE4H5E 18/30 kV in accordo alla norma IEC 60502/CEI 20-13: conduttore unipolare, in corda rigida compatta a fili di alluminio, in accordo alla norma CEI 20-29, classe 2, con strato semiconduttore in mescola estrusa termoindurente, isolante XLPE, semiconduttore estruso saldato, nastro semiconduttivo anti-umidità, schermo a nastro di alluminio laminato, guaina esterna in MDPE, colore rosso.

Il dimensionamento dei conduttori è stato seguito tenendo presente la corrente di impiego  $I_b$  ed imponendo una caduta di tensione totale massima del 4% per ciascuna linea. Inoltre, il dimensionamento è stato effettuato conservativamente tenendo conto che l'impianto dovrà lavorare inseguendo continuamente la massima potenza di immissione, pari a **64 MWn**.



### Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio	
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	open air installation	$p=1$ °C m/W	$p=2$ °C m/W
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm)	(A)	(A)
<b>DATI COSTRUTTIVI - 18/30 kV</b>								
50	8,2	25,5	34	830	450	190	175	134
70	9,7	25,6	34	870	450	235	213	164
95	11,4	26,5	35	950	470	285	255	196
120	12,9	27,4	36	1040	470	328	291	223
150	14	28,1	37	1130	490	370	324	249
185	15,8	29,5	38	1260	510	425	368	283
240	18,2	31,5	41	1480	550	503	426	327
300	20,8	34,7	44	1740	590	581	480	369
400	23,8	37,9	48	2130	650	680	549	422
500	26,7	41	51	2550	690	789	624	479
630	30,5	45,6	56	3130	760	918	709	545

Per la portata effettiva dei cavi invece si è tenuto conto di fattori di correzione che adeguano la portata nominale del cavo alle reali condizioni di esercizio in regime permanente secondo i seguenti effetti:

- Temperatura dell'ambiente esterno diversa da quella di riferimento →  $K_{temp\_amb}$
- Compresenza di più cavi nello stesso scavo e loro relativa distanza dall'asse neutro →  $K_{terne}$
- Profondità di posa della terna di cavi →  $K_{posa}$
- Resistenza termica del terreno →  $K_{resistenza}$

Temperatura dell'ambiente diversa da quella di riferimento		temperature ambiente (°C)								
T. conduttore	Tipo di cavo	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90°C	cavi in terra / buried cables	1,07	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,85	0,8	0,76
90°C	cavi in aria/ in air cables	1,15	1,12	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82
105°C	cavi in terra / buried cables	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84	0,8
105°C	cavi in aria/ in air cables	1,12	1,1	1,06	1,03	1	0,97	0,93	0,89	0,86

profondità di posa (m)			
0,8	1	1,2	1,5
1,02	1	0,98	0,96

Resistenza termica (km/W)			
0,8	1	1,2	1,5
1,08	1	0,93	0,85

- Le resistività termiche del terreno sono intese uniformi:  
r=1,0 K • m/W per terreno o sabbia con normale contenuto di umidità;  
r=1,5 K • m/W per terreno o sabbia scarsamente umidi
- L'eventuale presenza di protezioni meccaniche (quali laterizi e lastre di cemento) che non comportano intercapedini d'aria, non altera le portate

distanza tra cavi o terne	numero di cavi o terne (in orizzontale)				
	cm	2	3	4	6
7		0,84	0,74	0,67	0,6
25		0,86	0,78	0,74	0,69

Pertanto, il valore della portata di corrente a regime che può viaggiare nel cavo in media tensione, tenuto conto degli effetti citati, è stimato in:

$$I_z = I_0 * K_{temp\_amb} * K_{terne} * K_{posa} * K_{resistenza} = 709 \text{ A} * 0,96 * 0,78 * 0,96 * 0,85 = 477,65 \text{ A}$$

STUDIOTECNICO  
ing. Marco BALZANO

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

## ARE4H5E COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV  
Single core 12/20 kV and 18/30 kV



**Norma di riferimento**  
HD 620/IEC 60502-2

### Descrizione del cavo

**Anima**  
Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio  
**Semiconduttivo interno**  
Mescola estrusa  
**Isolante**  
Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8)  
**Semiconduttivo esterno**  
Mescola estrusa  
**Rivestimento protettivo**  
Nastro semiconduttore igroespandente  
**Schermatura**  
Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale  
( $R_{max} 3\Omega/Km$ )  
**Guaina**  
Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)  
**Marcatura**  
PRYSMIAN (\*\*) ARE4H5E <tensione>  
<sezione> <anno>

(\*\*) sigla sito produttivo

Marcatura in rilievo ogni metro  
Marcatura metrica ad inchiostro

### Applicazioni

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

### Accessori idonei

#### Terminali

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132), FMCTXs-630/C (pag. 136)

#### Giunti

ECOSPEED™ (pag. 140)

### Standard

HD 620/IEC 60502-2

### Cable design

**Core**  
Compact stranded aluminium conductor  
**Inner semi-conducting layer**  
Extruded compound  
**Insulation**  
Cross-linked polyethylene compound (type DIX 8)  
**Outer semi-conducting layer**  
Extruded compound  
**Protective layer**  
Semiconductive watertight tape  
**Screen**  
Aluminium tape longitudinally applied  
( $R_{max} 3\Omega/Km$ )  
**Sheath**  
Polyethylene: red colour (DMP 2 type)  
**Marking**  
PRYSMIAN (\*\*) ARE4H5E <rated voltage>  
<cross-section> <year>

(\*\*) production site label

Embossed marking each meter  
Ink-jet meter marking

### Applications

According to the HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

### Suitable accessories

#### Terminations

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132), FMCTXs-630/C (pag. 136)

#### Joints

ECOSPEED™ (pag. 140)



### Condizioni di posa / Laying conditions



Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 20 di 63

## 2.5 Rete di Media tensione: Elettrodotto interno a 30 kV

La rete di media tensione interna al parco fotovoltaico a 30 kV sarà composta da n° 4 circuiti radiali con posa completamente interrata, volta al collegamento elettrico tra le cabine di trasformazione e la cabina di sezionamento.

Nelle tavole allegate vengono anche riportati lo schema unifilare, con indicazione della lunghezza e della sezione corrispondente di ciascuna terna di cavo, e le sezioni tipiche descrittive delle modalità e caratteristiche di posa interrata.

### **I cavi di MT saranno del tipo ARE4H5E/ ARG7H1R 18/30 kV o similari.**

Si fa presente che il presente dimensionamento è puramente preliminare. Le sezioni, le tipologie e materiali dei conduttori, nonché le modalità di posa saranno determinati con esattezza in fase di progettazione esecutiva, così come la sequenza di collegamento tra i vari power center, con possibilità di collegamenti anche in parallelo/radiale/anello.

### CARATTERISTICHE DEI CAVI

La rete a **30 kV** sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo **ARE4H5E COMPACT 18/30 kV** (o equivalente) con conduttore in alluminio.

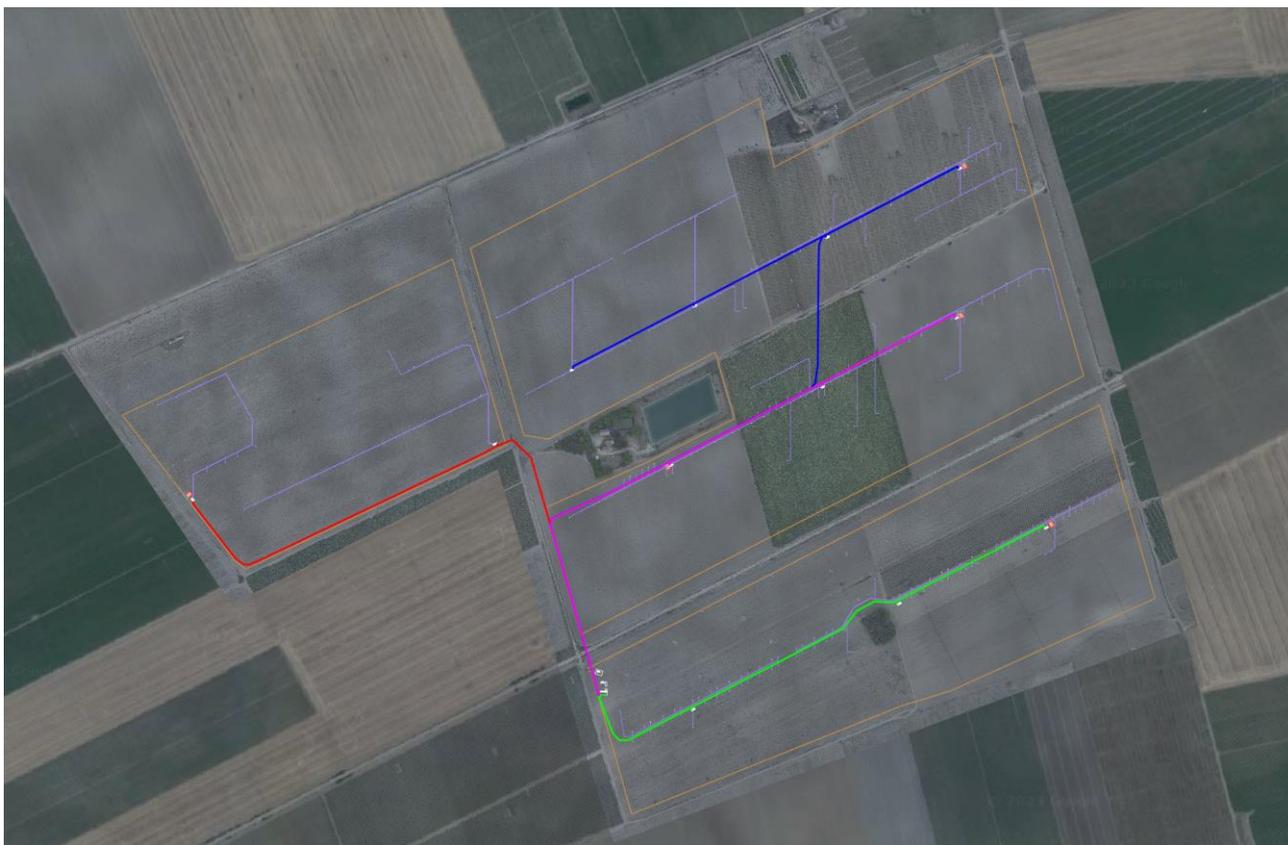
Tali cavi sono costituiti con conduttori di alluminio rivestito da un primo strato di semiconduttore, da un isolante primario in elastomero termoplastico, da un successivo strato di semiconduttore, da uno schermo a nastro di alluminio, da protezione meccanica in materiale polimerico (Air Bag, consentendo la posa direttamente interrata) e guaina in polietilene di colore rosso. Sia il semiconduttore (che ha la funzione di uniformare il campo elettrico) che l'isolante primario sono di tipo estruso.

**Per il collegamento elettrico tra le Power Center e la Cabina di Sezionamento, la rete MT a 30 kV interna al parco fotovoltaico sarà costituita da n° 4 circuiti indipendenti composti ciascuno da 1 terna di cavi interrati con posa a trifoglio.**

Dato il recente sviluppo della soluzione tecnica a 36 kV, non si esclude la possibilità nella futura fase esecutiva di adottare Power Center a 0,8/36 kV ed elettrodotti eserciti a 36 kV, modifica che si configura come non sostanziale del progetto presentato.

**In particolare, il dimensionamento del conduttore è stato eseguito valutando, per ciascun circuito, le tratte più significative al fine di garantire il rispetto delle norme CEI per la totalità dei circuiti previsti.**

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 21 di 63



	Linea BT Inverter - P.C.
	Circuito 1 MT P.C. - Cabina
	Circuito 2 MT P.C. - Cabina
	Circuito 3 MT P.C. - Cabina
	Circuito 4 MT P.C. - Cabina
	Inverter
	Cabina di Trasformazione
	Cabina di Consegna e Cabina Utente



Nello specifico, il tracciato blu in quanto vettorierà 21,6 MW dall'ultima cabina di power center alla cabina di sezionamento per una lunghezza complessiva di 1,056 km mentre, la disposizione dei tracciati prevede il parallelismo tra due terne per una lunghezza di 490,7 metri e il parallelismo con il circuito rosso e magenta diretti verso la cabina di sezionamento per una lunghezza totale pari a 303,7 metri.

Di seguito si riporta la distribuzione MT interna al parco fotovoltaico.

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA



### 1° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA A CAVO	SEZIONE CAVO (mm2)	TENSIONE (V)
LINEA 1 - ROSSA	1	1.092,6	Trifoglio / Interrato a 1,2 m	ARE4H5E	3x1x400	30.000

### 2° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm2)	TENSIONE (V)
LINEA 2 - BLU	1	2.037,2	Trifoglio / Interrato a 1,2 m	ARE4H5E	3x1x400 Collegamento P.C. 3x1x630 Collegamento Cab. Sezionamento	30.000

### 3° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm2)	TENSIONE (V)
LINEA 3 - MAGENTA	1	1084,00	Trifoglio / Interrato a 1,2 m	ARE4H5E	3x1x400	30.000

### 4° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm2)	TENSIONE (V)
LINEA 4 - VERDE	1	903,65	Trifoglio / Interrato a 1,2 m	ARE4H5E	3x1x400 Collegamento P.C. 3x1x630 Collegamento Cab. Sezionamento	30.000

## 2.6 Dimensionamento del cavo

I cavi MT utilizzati saranno della tipologia ARE4H5E 18/30 kV in accordo alla norma IEC 60502/CEI 20-13: conduttore unipolare, in corda rigida compatta a fili di alluminio, in accordo alla norma CEI 20-29, classe 2, con strato semiconduttore in mescola estrusa termoindurente, isolante XLPE, semiconduttore estruso saldato, nastro semiconduttivo anti-umidità, schermo a nastro di alluminio laminato, guaina esterna in MDPE, colore rosso.

Il dimensionamento dei conduttori è stato eseguito tenendo presente la corrente di impiego  $I_0$  ed imponendo una caduta di tensione totale massima del 4% per ciascuna linea. Inoltre, il dimensionamento è stato effettuato conservativamente tenendo conto che l'impianto dovrà lavorare inseguendo continuamente la massima potenza di immissione.

### ARE4HE

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV

Single core 12/20 kV and 18/30 kV



#### Conduttore di alluminio / Aluminium conductor – ARE4H5E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio	
conductor cross-section (mm <sup>2</sup> )	conductor diameter (mm)	diameter over insulation (mm)	nominal outer diameter (mm)	approximate weight (kg/km)	minimum bending radius (mm)	open air installation (mm)	$p=1$ °C m/W (A)	$p=2$ °C m/W (A)

#### DATI COSTRUTTIVI - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	830	450	190	175	134
70	9,7	25,6	34	870	450	235	213	164
95	11,4	26,5	35	950	470	285	255	196
120	12,9	27,4	36	1040	470	328	291	223
150	14	28,1	37	1130	490	370	324	249
185	15,8	29,5	38	1260	510	425	368	283
240	18,2	31,5	41	1480	550	503	426	327
300	20,8	34,7	44	1740	590	581	480	369
400	23,8	37,9	48	2130	650	680	549	422
500	26,7	41	51	2550	690	789	624	479
630	30,5	45,6	56	3130	760	918	709	545

In tali condizioni il valore di portata di corrente nominale del cavo è  $I_0 = 549$  A.

Per la portata effettiva dei cavi invece si è tenuto conto di fattori di correzione che adeguano la portata nominale del cavo alle reali condizioni di esercizio in regime permanente secondo i seguenti effetti:

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 24 di 63

- Temperatura dell'ambiente esterno diversa da quella di riferimento →  $K_{temp\_amb}$
- Compresenza di più cavi nello stesso scavo e loro relativa distanza dall'asse neutro →  $K_{terne}$
- Profondità di posa della terna di cavi →  $K_{posa}$
- Resistenza termica del terreno →  $K_{resistenza}$

Temperatura dell'ambiente diversa da quella di riferimento										
T. conduttore	Tipo di cavo	temperature ambiente (°C)								
		10	15	20	25	30	35	40	45	50
90°C	cavi in terra / buried cables	1,07	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,85	0,8	0,76
90°C	cavi in aria/ in air cables	1,15	1,12	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82
105°C	cavi in terra / buried cables	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84	0,8
105°C	cavi in aria/ in air cables	1,12	1,1	1,06	1,03	1	0,97	0,93	0,89	0,86

profondità di posa (m)				
0,8	1	1,2	1,5	
1,02	1	0,98	0,96	

Resistenza termica (km/W)				
0,8	1	1,2	1,5	
1,08	1	0,93	0,85	

- Le resistività termiche del terreno sono intese uniformi:  
 $r=1,0 \text{ K} \cdot \text{m/W}$  per terreno o sabbia con normale contenuto di umidità;  
 $r=1,5 \text{ K} \cdot \text{m/W}$  per terreno o sabbia scarsamente umidi
- L'eventuale presenza di protezioni meccaniche (quali laterizi e lastre di cemento) che non comportano intercapedini d'aria, non altera le portate

distanza tra cavi o terne cm	numero di cavi o terne (in orizzontale)			
	2	3	4	6
7	0,84	0,74	0,67	0,6
25	0,86	0,78	0,74	0,69

Di seguito sono analizzate le portate per le differenti casistiche presenti all'interno del progetto in termini di compresenza di una o più terne nello stesso scavo:

### Simulazione con Cavo da 400mmq

1) I<sub>regime</sub> (per fase singola terna) =

$$I_0 * K_{temp\_amb} * K_{terne} * K_{posa} * K_{resistenza} = 549 * 0,96 * 1 * 0,98 * 0,85 = \mathbf{439,02 \text{ A}}$$

È stata inoltre valutata la portata del cavo nelle condizioni anzidette lungo i tratti in cui risultano presenti 2 circuiti paralleli all'interno dello stesso scavo:

2) I<sub>regime</sub> (per fase con doppia terna nello stesso scavo) =

$$I_0 * K_{temp\_amb} * K_{terne} * K_{posa} * K_{resistenza} = 549 * 0,96 * 0,86 * 0,98 * 0,85 = \mathbf{377,56 \text{ A}}$$

È stata infine valutata la portata del cavo lungo i tratti in cui risultano presenti 3 circuiti paralleli all'interno dello stesso scavo:

3) I<sub>regime</sub> (per fase con tripla terna nello stesso scavo) =

$$I_0 * K_{temp\_amb} * K_{terne} * K_{posa} * K_{resistenza} = 549 * 0,96 * 0,78 * 0,98 * 0,85 = \mathbf{342,44 \text{ A}}$$

### Simulazione con Cavo da 630mmq

1) I<sub>regime</sub> (per fase singola terna) =

$$I_0 * K_{temp\_amb} * K_{terne} * K_{posa} * K_{resistenza} = 709 * 0,96 * 1 * 0,98 * 0,85 = \mathbf{566,97 \text{ A}}$$

È stata inoltre valutata la portata del cavo nelle condizioni anzidette lungo i tratti in cui risultano presenti 2 circuiti paralleli all'interno dello stesso scavo:

2) I<sub>regime</sub> (per fase con doppia terna nello stesso scavo) =

$$I_0 * K_{temp\_amb} * K_{terne} * K_{posa} * K_{resistenza} = 709 * 0,96 * 0,86 * 0,98 * 0,85 = \mathbf{487,59 \text{ A}}$$

È stata infine valutata la portata del cavo lungo i tratti in cui risultano presenti 3 circuiti paralleli all'interno dello stesso scavo:

3) I<sub>regime</sub> (per fase con tripla terna nello stesso scavo) =

$$I_0 * K_{temp\_amb} * K_{terne} * K_{posa} * K_{resistenza} = 709 * 0,96 * 0,78 * 0,98 * 0,85 = \mathbf{442,24 \text{ A}}$$

Sono state dunque calcolate le correnti circolanti nei 4 circuiti in funzione delle potenze nominali dei Power Center, poi confrontate con le portate dei cavi per le sezioni e condizioni al contorno analizzate.

<b>Circuito 1</b>	<b>Rosso</b>	<b><math>I_n = 153,96 \text{ A}</math></b>	<b><math>\varnothing = 400 \text{ mmq}</math></b>	
<b>Circuito 2</b>	<b>Blu</b>	<b><math>I_n = 415,69 \text{ A}</math></b>	<b><math>\varnothing 1 = 400 \text{ mmq}</math></b>	<b><math>\varnothing 2 = 630 \text{ mmq}</math></b>
<b>Circuito 3</b>	<b>Magenta</b>	<b><math>I_n = 315,62 \text{ A}</math></b>	<b><math>\varnothing = 400 \text{ mmq}</math></b>	
<b>Circuito 4</b>	<b>Verde</b>	<b><math>I_n = 346,41 \text{ A}</math></b>	<b><math>\varnothing 1 = 400 \text{ mmq}</math></b>	<b><math>\varnothing 2 = 630 \text{ mmq}</math></b>

$\varnothing 1$  = collegamento tra power center

$\varnothing 2$  = collegamento cabina di sezionamento

## ARE4H5E COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV  
Single core 12/20 kV and 18/30 kV



Norma di riferimento  
HD 620/IEC 60502-2

### Descrizione del cavo

#### Anima

Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio

#### Semiconduttivo interno

Mescola estrusa

#### Isolante

Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8)

#### Semiconduttivo esterno

Mescola estrusa

#### Rivestimento protettivo

Nastro semiconduttore igroespandente

#### Schermatura

Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale  
( $R_{max} 3\Omega/Km$ )

#### Guaina

Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)

#### Marcatura

PRYSMIAN (\*\*) ARE4H5E <tensione>

<sezione> <anno>

(\*\*) sigla sito produttivo

Marcatura in rilievo ogni metro

Marcatura metrica ad inchiostro

### Applicazioni

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

### Accessori idonei

#### Terminali

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128),

FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132),

FMCTXs-630/C (pag. 136)

#### Giunti

ECOSPEED™ (pag. 140)

### Standard

HD 620/IEC 60502-2

### Cable design

#### Core

Compact stranded aluminium conductor

Inner semi-conducting layer

Extruded compound

#### Insulation

Cross-linked polyethylene compound (type DIX 8)

Outer semi-conducting layer

Extruded compound

#### Protective layer

Semiconductive watertight tape

#### Screen

Aluminium tape longitudinally applied

( $R_{max} 3\Omega/Km$ )

#### Sheath

Polyethylene: red colour (DMP 2 type)

#### Marking

PRYSMIAN (\*\*) ARE4H5E <rated voltage>

<cross-section> <year>

(\*\*) production site label

Embossed marking each meter

Ink-jet meter marking

### Applications

According to the HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

### Suitable accessories

#### Terminations

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128),

FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132),

FMCTXs-630/C (pag. 136)

#### Joints

ECOSPEED™ (pag. 140)



TEMPERATURA  
FUNZIONAMENTO /  
OPERATING  
TEMPERATURE

90°C

TEMPERATURA  
CORTOCIRCUITO /  
SHORT-CIRCUIT  
TEMPERATURE

250°C

RIGIDO /  
RIGID



### Condizioni di posa / Laying conditions

TEMPERATURA  
MIN. DI POSA -25°C /  
MINIMUM  
INSTALLATION  
TEMPERATURE -25°C



CANALE  
INTERRATO /  
BURIED  
TROUGH



TUBO INTERRATO /  
BURIED DUCT



ARIA LIBERA /  
OPEN AIR



INTERRATO CON  
PROTEZIONE /  
BURIED WITH  
PROTECTION



Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 28 di 63

## 2.7 Protezione contro le Sovracorrenti

Tale dimensionamento tiene conto del coordinamento tra le caratteristiche della linea e degli interruttori per la protezione delle condutture contro il sovraccarico e il cortocircuito; a tale scopo occorre pertanto considerare anche la  $I_n$  e la caratteristica  $I^2 \cdot t$  dell'interruttore posto a monte per la protezione di ogni linea.

Per ciascuna delle linee si è verificato quanto descritto nei due punti seguenti:

### PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO

Per ogni linea sono state verificate le seguenti relazioni:

$$I_{b(f)} \leq I_{r(f)} \leq I_{z(f)} \quad I_{b(n)} \leq I_{r(n)} \leq I_{z(n)}$$

$$I_{r(f)} * (I_f / I_n) \leq 1,45 * I_{z(f)} \quad I_{r(n)} * (I_f / I_n) \leq 1,45 * I_{z(n)}$$

essendo:

$I_b$  = corrente di servizio per conduttore di fase (F) o di neutro (N)

$I_n$  = corrente nominale dell'interruttore di protezione della linea

$I_r$  = corrente di regolazione termica per lo sganciatore su polo di fase (F) o neutro (N)

$I_z$  = portata del conduttore di fase (F) o di neutro (N)

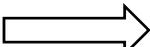
$I_f / I_n$  = rapporto tra la corrente minima di funzionamento dell'interruttore e la sua corrente nominale

### PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO

$$I^2 * t_{(1)} \leq K_f^2 * S_f^2$$

$$I^2 * t_{(2)} \leq K_n^2 * S_n^2$$

$$I_{cn} \leq I_{cc,max}$$

Punto di installazione del dispositivo di protezione.  In partenza alla linea

dove:

$I^2 \cdot t$  = energia specifica lasciata passare dall'interruttore per:

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 29 di 63

- 1) Su sganciatore di fase alla corrente di cortocircuito massima (trifase) ai morsetti
- 2) Su sganciatore adibito a protezione del neutro alla corrente di cortocircuito fase-neutro ai morsetti

$K$  = coefficiente che tiene conto del tipo di materiale del conduttore e del tipo del suo isolante, per il conduttore di fase (F) o neutro (N)

$S$  = sezione del conduttore di fase (F) o neutro (N)

$I_{cn}$  = potere di interruzione nominale del dispositivo di interruzione

$I_{cc,max}$  = corrente di cortocircuito massima sulla linea (trifase ai morsetti per sistema trifase e fase-neutro ai morsetti per sistemi monofase)

## 2.8 Posa e disposizione dei cavi

Tutte le linee elettriche ed in fibra ottica oggetto della presente committenza saranno posate direttamente in cavidotti. Il tracciato dei cavidotti è riportato nel documento di progetto.

I cavi elettrici saranno posati in uno scavo avente profondità dal piano stradale compresa tra 1 e 1,2 m circa, con larghezza variabile a seconda della formazione.

Il cavo verrà adagiato su un letto di sabbia di spessore pari a 0,10 m e sarà ricoperto da un ulteriore strato di sabbia di spessore minimo pari a 0,30 m. Tale cassonetto ospiterà anche la fibra ottica direttamente posata in terreno e sullo stesso sarà posato un tegolino in plastica per la protezione meccanica.

Infine, ad una distanza di circa 0,20 m dal cavo di fibra, verrà posizionato il nastro segnalatore. Successivamente lo scavo verrà ripristinato secondo le condizioni iniziali.



La posa dei conduttori si articolerà quindi essenzialmente nelle seguenti attività:

- *scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità indicata nel documento di progetto;*

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 31 di 63

- *posa dei conduttori e/o fibre ottiche. Particolare attenzione dovrà essere fatta per l'interramento della corda di rame che costituisce il dispersore di terra dell'impianto; infatti, questa dovrà essere interrata in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 0,20 m nelle posizioni indicate dal documento di progetto;*
- *rinterro parziale con sabbia vagliata;*
- *posa dei tegoli protettivi;*
- *rinterro con terreno di scavo;*
- *inserimento nastro per segnalazione tracciato.*

Comunque, la posa dovrà essere eseguita a regola d'arte nel rispetto delle normative vigenti.

Nella posa dei cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte come di seguito indicati:

- **Tracciato delle linee:** *Il tracciato delle linee di media tensione dovrà seguire il più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto. In particolare, il tracciato dovrà essere il più breve possibile e parallelo al fronte dei fabbricati dove presenti.*
- **Posa diretta in trincea:** *La posa del cavo può essere effettuato secondo i due modi seguenti:*
  - *A bobina fissa: da adottare quando il percorso in trincea a cielo aperto è intercalato con percorsi in tubazioni e quando il percorso è prevalentemente rettilineo o con ampi raggi di curvatura.*
  - *La bobina deve essere posta sull'apposito alzabobine, con l'asse di rotazione perpendicolare all'asse mediano della trincea e in modo che si svolga dal basso. Sul fondo della trincea devono essere collocati, ad intervalli variabili in dipendenza del diametro edella rigidità del cavo, i rulli di scorrimento. Tale distanza non deve comunque superare i 3 metri.*
  - *A bobina mobile: da adottare quando il percorso si svolge tutto in trincea a cielo aperto. Il cavo deve essere steso percorrendo con il carro portabobine il bordo della trincea e quindi calato manualmente nello scavo. L'asse del cavo posato nella trincea deve scostarsi dall'asse della stessa di qualche centimetro a destra e a sinistra seguendo una linea sinuosa, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'asestamento del terreno.*
- **Temperatura di posa:** *Per tutto il tempo di installazione dei cavi la temperatura degli stessi non deve essere inferiore a 0°C.*
- **Sforzi di tiro per la posa:** *Durante le operazioni di posa gli sforzi di tiro che devono essere applicati ai cavi non devono superare i 60 N/mm<sup>2</sup> di sezione totale per i conduttori in rame e i 50 N/mm<sup>2</sup> di sezione totale per i conduttori in alluminio.*

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 32 di 63

- **Raggi di curvatura:** *Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a quanto descritto nella seguente tabella:*
- **Messa a terra degli schermi metallici:** *Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo dovrà essere messo a terra da entrambe le estremità della linea. è vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.*

Sezione del cavo	3x1x50	3x1x70	3x1x95	3x1x120	3x1x150	3x1x185	3x1x240	
Cavo avvolto ad elica	81	87	91	94	98	102	108	
Sezione del cavo	1x120	1x150	1x185	1x240	1x300	1x400	1x500	1x630
Cavo unipolare	63	65	68	72	75	80	85	91

## 2.9 Giunzioni, Terminazioni ed Attestazioni

### GIUNZIONE CAVI MT

Per le tratte non coperte interamente dalle pezzature di cavo MT disponibile, si dovrà provvedere alla giunzione di due spezzoni.

Convenzionalmente si definisce "giunzione" la giunzione tripolare dei tre conduttori di fase più schermo; pertanto, ogni giunzione si intende costituita da tre terminali unipolari (connettore di interconnessione) e tre corredi per terminazione unipolare.

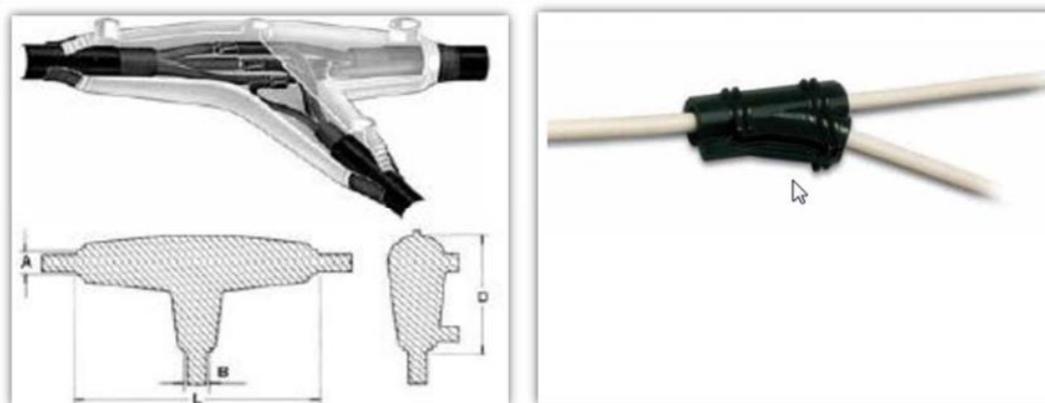
Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante l'utilizzo di connettori del tipo dritto, a compressione, adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti. Le giunzioni dovranno essere effettuate in accordo alla norma CEI 20-62 seconda edizione e alle indicazioni riportate dal Costruttore dei Giunti. L'esecuzione delle giunzioni deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione.

In particolare, occorre:

- *prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità*
- *non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale*
- *utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione*

Ad operazione conclusa devono essere applicate sul giunto delle targhe identificatrici per ciascun giunto in modo da poter individuare l'Appaltatore, l'Esecutore, la data e le modalità di esecuzione. Ciascun giunto sarà segnalato esternamente mediante un cippo di segnalazione.

Esempio di giunzione dei cavi eseguiti nei pozzetti mediante giunti a resina colata.



## TERMINAZIONE ED ATTESTAZIONE CAVI MT

Convenzionalmente si definiscono "terminazioni" e "attestazioni" la terminazione ed attestazione tripolare dei tre conduttori di fase più schermo.

Tutti i cavi Mt posati in impianto dovranno essere terminati da entrambe le estremità. I terminali adatti ai tipi di cavi adottati verranno forniti in conto lavorazione dalla ditta appaltatrice incaricata dei lavori. L'esecuzione delle terminazioni deve essere eseguita esclusivamente da personale specializzato seguendo scrupolosamente le istruzioni fornite dalle ditte costruttrici in merito sia alle modalità sia alle attrezzature necessarie.

Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno delle celle dei quadri, l'Appaltatore deve realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capocorda a compressione completo di relativa bulloneria per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto.

Ogni terminazione deve essere dotata di una targa di riconoscimento in PVC atta a identificare: appaltatore, esecutore, data e modalità di esecuzione nonché l'indicazione della fase (R, S o T).

La maggior parte dei cavi per l'impianto di media tensione a 30 kV saranno in alluminio di tipo unipolare schermati armati; quindi, oltre alla messa a terra dello schermo sopra detto, si dovrà prevedere anche la messa a terra dell'armatura del cavo.

Tale armatura, che rimane esterna rispetto al terminale, sarà messa a terra in uno dei seguenti modi:

- *tramite la saldatura delle due bande di alluminio della codetta del cavo di rame*
- *tramite una fascetta (di acciaio inossidabile o di rame) che stringa all'armatura la codetta di un cavo di rame*
  - *tramite morsetti a compressione in rame (previo attorcigliamento delle bande di alluminio componenti l'armatura ed unione della codetta del cavo di rame)*

La messa a terra dovrà essere effettuata da entrambe le parti del cavo. Tale messa a terra sarà connessa insieme alla messa a terra dello schermo. Il cavo di rame per la messa a terra sia dell'armatura che dello schermo deve avere una sezione di 35 mm<sup>2</sup>.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 35 di 63

## 2.10 Cadute di tensione e perdite di potenza

Il dimensionamento delle sezioni dei conduttori principali è stato effettuato in base al criterio della portata di corrente, procedendo poi al calcolo di verifica della massima caduta di tensione ammissibile, considerando condizioni di posa sfavorevoli ed utilizzando le formule sotto riportate per il calcolo:

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * L * (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{U} * 100$$

dove:

I = corrente di impiego (espressa in Ampere)

L = lunghezza della linea

R = resistenza della linea

X = reattanza della linea

$\cos \varphi$  = fattore di potenza del carico

V = tensione concatenata per linea trifase

Il dimensionamento è stato effettuato in modo tale che nelle peggiori condizioni di esercizio la caduta di tensione complessiva tra gli estremi della serie MT, ovvero tra le sbarre MT della cabina di consegna dell'impianto fotovoltaico e le cabine di trasformazione dei sottocampi non superi in ogni caso il 4% della tensione nominale d'impianto, come analiticamente dimostrato nelle tabelle che seguono:

- Dati Elettrici – Elettrodotto MT esterno:

	Potenza (kW)	U (V)	I (A)	Configurazione	Nominal Capacity (A)	Kta	kt	kp	kr	N. Circuiti	Iz (A)	DV (%)
Linea esterna	64.000	30.000	1.231,7	3x(3x1x630) mmq	709	0,96	0,78	0,96	0,85	1	442,24	1,77%

- Dati Elettrici – Elettrodotto MT interno Linea 1:

	Potenza (kW)	U (V)	I (A)	Configurazione	Nominal Capacity (A)	Kta	kt	kp	kr	N. Circuiti	Iz (A)	DV (%)
Linea 1	8.000	30.000	153,96	3x1x400 mmq	549	0,96	1	1	0,85	1	439,02	0,30%

- Dati Elettrici - Elettrodotto MT interno Linea 2:

	Potenza (kW)	U (V)	I (A)	Configurazione	Nominal Capacity (A)	Kta	kt	kp	kr	N. Circuiti	Iz (A)	DV (%)
Linea 2	21.600	30.000	415,69	3x1x630 mmq	709,00	0,96	1	1	0,85	1	566,97	0,48%

- Dati Elettrici - Elettrodotto MT interno Linea 3:

	Potenza (kW)	U (V)	I (A)	Configurazione	Nominal Capacity (A)	Kta	kt	kp	kr	N. Circuiti	Iz (A)	DV (%)
Linea 3	16.400	30.000	315,62	3x1x400 mmq	549	0,96	1	1	0,85	1	439,02	0,30%

- Dati Elettrici - Elettrodotto MT interno Linea 4:

	Potenza (kW)	U (V)	I (A)	Configurazione	Nominal Capacity (A)	Kta	kt	kp	kr	N. Circuiti	Iz (A)	DV (%)
Linea 4	18.000	30.000	346,41	3x1x630 mmq + 3x1x630 mmq	549	0,96	1	1	0,85	1	439,02	0,25%

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Nota: in fase di progettazione esecutiva si potrà valutare l'opportunità di realizzare un collegamento dei gruppi di conversione ad anello piuttosto della soluzione radiale qui descritta.

Come si evince dalle tabelle e dallo schema di distribuzione MT, il carico sarà ripartito e dunque, in sede di progettazione esecutiva, si farà in modo che la caduta di tensione non supererà il valore massimo del 4%.

## 2.11 Rete di terra

Il dispersore di terra sarà unico e costituito da una corda in rame nudo da 35 mm<sup>2</sup> e 50 mm<sup>2</sup> interrata a circa 0,5 m di profondità lungo il perimetro esterno della cabina di trasformazione e lungo il campo fotovoltaico, integrata da picchetti infissi nel terreno entro pozzetti ispezionabili.

Fanno parte integrante del sistema di dispersione le reti in acciaio annegate nel pavimento del locale trasformazione elettrica per rendere detto locale equipotenziale.

I locali tecnici saranno dotati di un proprio collettore di terra principale, costituito da una barratura in rame fissata a parete, cui faranno capo i seguenti conduttori:

- il conduttore di terra proveniente dal dispersore;
- il conduttore di terra proveniente dai ferri di armatura (qualora fossero presenti);
- il centro-stella (neutro) del trasformatore;
- il p.e. destinato al collegamento della carcassa del trasformatore;
- i conduttori destinati al collegamento dei chiusini dei cunicoli portacavi (qualora fossero presenti);
- il nodo di terra dei quadri elettrici.

Dal nodo di terra principale saranno poi derivati tutti i conduttori di protezione ed equipotenziali destinati al collegamento dei quadri di distribuzione e quindi di tutte le masse estranee all'impianto.

Ad ogni quadro elettrico sarà associato un nodo di terra costituito da una barra in rame.

L'impianto di terra risulterà realizzato in conformità al Cap. 54 delle Norme CEI 64-8/5 e ad esso saranno collegate:

- le masse metalliche di tutte le apparecchiature elettriche;
- le masse metalliche estranee accessibili;
- i poli di terra delle prese a spina.

Tutti i conduttori di protezione ed equipotenziali presenti nell'impianto saranno identificati con guaina isolante di colore giallo-verde e saranno in parte contenuti all'interno dei cavi multipolari impiegati per l'alimentazione delle varie utenze, in parte costituiranno delle dorsali comuni a più circuiti.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 38 di 63

## 3. Misure di Protezione Adottate

### 3.1 Scelta delle Protezioni

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali del conduttore e di guasto.

In particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo la quale si dimensiona la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dell'utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dell'utenze;
- taratura di intervento della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione con i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea ( $I_{magmax}$ );

### 3.2 Verifica della Protezione a Cortocircuito delle Conduzze

Secondo la norma 64-8 par. 434.3 "caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 S^2$$

Ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione fra le curve.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 39 di 63

### 3.3 Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto

Le prestazioni dell'impianto a regime protezione dai corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto. Gli impianti FV sono realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di un determinato numero moduli FV, a loro volta realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di celle FV inglobate e sigillate in un unico pannello d'insieme.

Pertanto gli impianti FV di qualsiasi dimensione conservano le caratteristiche elettriche della singola cella, semplicemente a livelli di tensione e corrente superiori, a seconda del numero di celle connesse in serie (per ottenere tensioni maggiori) oppure in parallelo (per ottenere correnti maggiori).

Negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito dell'impianto non può superare la somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe.

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.

Protezione da contatti accidentali lato c.c.

Le tensioni continue sono particolarmente pericolose per la vita. Il contatto accidentale con una tensione superiore ai 400 V c.c., che è la tensione tipica delle stringhe, può avere conseguenze letali.

Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico lato corrente continua è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante di terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantita dalla presenza del trasformatore BT/MT. In tal modo perché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa.

Per prevenire tale eventualità gli inverter sono muniti di un opportuno dispositivo di rilevazione degli squilibri verso massa, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

### 3.4 Protezione da contatti accidentali lato c.c.

Un campo fotovoltaico correttamente collegato a massa, non altera in alcun modo l'indice ceuranico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine. I moduli fotovoltaici sono in alto grado insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 40 di 63

possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche di condizionamento della potenza.

Per ridurre i danni dovuti ad eventuali sovratensioni i quadri di parallelo stringhe/Inverter sono muniti di varistori su entrambe le polarità dei cavi di uscita.

In caso di sovratensioni i varistori collegano una o entrambe le polarità dei cavi a massa e provocano l'immediato spegnimento gli inverter e l'emissione di una segnalazione di allarme.

### 3.5 Protezione sul lato c.a. dell'impianto

La limitazione delle correnti del campo fotovoltaico comporta analogia limitazione anche nelle correnti in uscita dagli inverter. Corti circuiti sul lato alternata dell'impianto sono tuttavia pericolosi perché possono provocare ritorni da rete di intensità non limitata.

Per l'interruttore MT in SF6 è equipaggiato con una protezione generale di massima corrente e una protezione contro i guasti a terra.

### 3.6 Prevenzione funzionamento in isola

In accordo a quanto prescritto dalla normativa italiana sarà previsto, incorporato nell'inverter, un dispositivo per prevenire il funzionamento in isola dell'impianto.

### 3.7 Dispositivi Di Protezione Sul Collegamento Alla Rete Elettrica

La protezione del sistema di generazione nei confronti sia della rete auto produttore che della rete pubblica, è realizzata in conformità a quanto prescritto dalla norma CEI 11-20, con riferimento anche a quanto prescritto dalla norma CEI 0-16. Eventuali modifiche all'architettura finale del sistema di connessione, protezione e regolazione saranno concordate come richiesto dalla Delibera 188/05 dell'Autorità dell'energia ed il gas.

L'impianto risulta equipaggiato con sistema di protezione che si articola su tre livelli:

- dispositivi del generatore;
- dispositivo di interfaccia;
- dispositivo generale.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 41 di 63

---

## Dispositivi del generatore

Ciascun inverter è protetto in uscita da un interruttore automatico con sganciatore di apertura collegato al pannello del dispositivo di interfaccia in modo da agire di rincalzo al dispositivo di interfaccia stesso. L'inverter è anche dotato di dispositivi contro le sovratensioni generate in condizioni anomale lato c.a.

---

## Dispositivo di interfaccia

Il dispositivo di interfaccia determina il distacco del sistema dalla rete per guasti o funzionamenti anomali della rete pubblica, o per apertura intenzionale del dispositivo della rete pubblica (es. manutenzione); questo allo scopo di evitare il funzionamento in isola dell'impianto, sarà assicurato l'intervento coordinato del dispositivo di interfaccia con quelli del generatore e della rete pubblica, per guasti o funzionamenti anomali durante il funzionamento in parallelo con la rete.

Le protezioni di interfaccia sono costituite da relè di massima e minima frequenza, relè di massima e minima tensione, relè di massima tensione omopolare, e sono inserite in un pannello polivalente conforme alla norma CEI 11-20 e alla specifica ENEL.

---

## Dispositivo generale

Il dispositivo generale (DG) ha la funzione di salvaguardare il funzionamento della rete nei confronti di guasti nel sistema di generazione elettrica; il DG deve assicurare le funzioni di sezionamento, comando e interruzione, ed è costituito da un interruttore in SF6 con sganciatore di apertura, predisposto per essere controllato da una protezione generale di massima corrente di fase e una di massima corrente omopolare.

## 4. Impianto di Produzione Energia

### 4.1 Producibilità Impianto

I calcoli di producibilità sono riportati nell'elaborato tecnico dedicato.

È stato utilizzato il software PVSyst e il database Meteonorm come informazioni meteorologiche.

In sintesi, l'energia prodotta risulta circa **135.490,567** MWh/anno e la produzione specifica è pari a circa **1.780** (KWh/KWp) /anno. In base ai parametri impostati per le relative perdite d'impianto, i componenti scelti (moduli e inverter) e alle condizioni meteorologiche del sito in esame risulta un indice di rendimento (performance ratio PR) del **88,50%** circa.

## 4.2 Configurazione Elettrica

L'impianto avrà una potenza complessiva pari a **64,000 MWn – 76,128 MWp**.

L'impianto sarà composto da inverter trifase, connessi a gruppi a trasformatori BT/MT o BT/AT (per i dettagli si veda lo schema unifilare allegato).

Segue un riassunto genarle dei dati di impianto:

<b>Potenza nominale:</b>	<b>64.000 kW</b>
<b>Potenza picco:</b>	<b>76.128,00 kWp</b>
<b>Inverters:</b>	<b>320 x HUAWEI 215</b>
<b>Strutture:</b>	<b>1.621 trackers monoassiali – 2 portrait</b>
<b>Moduli fotovoltaici:</b>	<b>124.800 u. x 610 Wp</b>

I moduli saranno raggruppati in stringhe da **26** pannelli connessi in serie.

Le stringhe saranno poi connesse in parallelo in modo da rispettare i limiti di corrente e di tensione dell'inverter.

In corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici risultino essere verificate tutte le seguenti disuguaglianze:

$$V_{m \min} \geq V_{inv \text{ MPPT} \min}$$

$$V_{m \max} \leq V_{inv \text{ MPPT} \max}$$

$$V_{oc \max} < V_{inv \max}$$

dove

- **V<sub>m</sub>** = tensione alla massima potenza, delle stringhe fotovoltaiche
- **V<sub>inv MPPT min</sub>** = tensione minima per la ricerca del punto di massima potenza, da parte dell'inverter
- **V<sub>inv MPPTmax</sub>** = tensione massima per la ricerca del punto di massima potenza, da parte dell'inverter
- **V<sub>oc</sub>** = tensione di circuito aperto, delle stringhe fotovoltaiche
- **V<sub>inv max</sub>** = tensione massima in c.c. ammissibile ai morsetti dell'inverter

In tutti i casi, le condizioni di verifica risultano rispettate e pertanto si può concludere che vi è compatibilità tra le stringhe di moduli fotovoltaici e il tipo di inverter adottato.

<b>Rif. Elaborato:</b>	<b>Elaborato:</b>	<b>Data</b>	<b>Rev</b>	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 44 di 63



**StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano**  
Via Canello Rotto, 3 | 70125 BARI | Italy  
[www.ingbalzano.com](http://www.ingbalzano.com) - +39.331.6764367

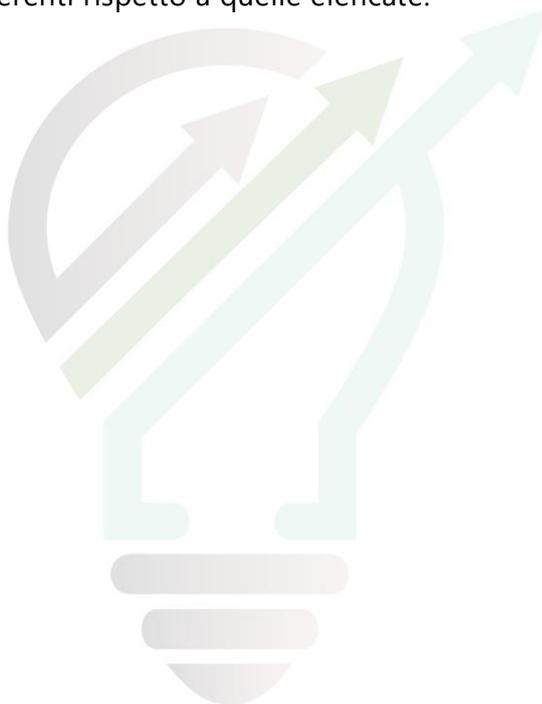


**Progettista:** Ing. Marco Gennaro Balzano  
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341

L'uscita in AC di ciascun inverter verrà collegata a un power center comprensivo di trasformatore BT/MT.

La distribuzione in MT sarà di tipo "radiale" e sarà costituito da tre circuiti separati.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche tecniche degli elementi costituenti l'impianto fotovoltaico. Si precisa che, considerata la continua e rapida evoluzione tecnologica, si potranno in futuro supportare scelte differenti rispetto a quelle elencate.



STUDIOTECNICO   
ing. MarcoBALZANO

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 45 di 63

### 4.3 Moduli Fotovoltaici

I moduli fotovoltaici selezionati per la progettazione dell'impianto, saranno di prima marca e ultima generazione. La tipologia sarà di tipo consolidato, silicio cristallino a **72 celle**, indicativamente della potenza di **610 Wp**, dotati di scatola di giunzione (Junction Box) installata sul lato posteriore del modulo, con cavetti di connessione muniti di connettori ad innesto rapido, al fine di garantire la massima sicurezza per gli operatori e rapidità in fase di installazione. I componenti elettrici e meccanici installati saranno conformi alle normative tecniche e tali da garantire le performance complessive d'impianto.

Ogni Modulo sarà dotato di una scatola di Giunzione con caratteristiche IP68 con relativi Diodi di By-Pass. I moduli presentano dimensioni pari **1.134 x 2.335 x 30 mm** e risultano dotati di una cornice in alluminio anodizzato e sono dotati di certificazione di rispondenza alle normative IEC 61215, IEC 61730, UL1703.

Come riportato nell'allegato 1 del Decreto Ministeriale del 19 febbraio 2007 tutti i componenti dell'impianto, oltre ad essere provati e verificati in laboratori accreditati in conformità alle norme UNI CEI EN ISO/IEC 17025, devono osservare le seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0.85P_{nom} \cdot \frac{I}{I_{stc}}$$

$$P_{ca} > 0.9P_{cc}$$

Dove:

- **P<sub>cc</sub>** Potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico con precisione migliore del ±2%;
- **P<sub>nom</sub>** Potenza nominale del generatore fotovoltaico;
- **I** Irraggiamento in W/m<sup>2</sup> misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del ±3%;
- **I<sub>stc</sub>** 1000 W/m<sup>2</sup>, è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;
- **P<sub>ca</sub>** Potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, con precisione migliore del ±2%.

In particolare, verranno adottati criteri di selezione dei moduli per garantire la migliore uniformità delle loro prestazioni elettriche e quindi ottimizzare il rendimento delle stringhe.

Verranno inoltre utilizzati componenti selezionati e cavi di sezioni adeguate a ridurre le perdite sul lato in corrente continua.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 46 di 63



StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano  
Via Canello Rotto, 3 | 70125 BARI | Italy  
www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



Progettista: Ing. Marco Gennaro Balzano  
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341

I moduli fotovoltaici sono elementi di generazione elettrica. Essi saranno connessi in serie e/o parallelo, a seconda della tensione nominale richiesta. I pannelli sono costituiti da un numero ben definito di celle fotovoltaiche protette da un vetro e incapsulate in un materiale plastico. Il tutto racchiuso dentro una cornice metallica, che in alcuni casi non è presente (glass-glass).

Le cellule fotovoltaiche sono costituite di silicio. Questo materiale permette che il pannello produca energia dal mattino alla sera, sfruttando tutta l'energia messa a disposizione dal sole. Uno strato antiriflesso incluso nel trattamento della cella assicura uniformità di colore, rendendo il pannello esteticamente più apprezzabile.

Grazie alla robusta cornice metallica in alluminio anodizzato, capace di sostenere il peso e le dimensioni del modulo, e grazie alla parte frontale costituita da vetro temprato antiriflesso con basso contenuto di ferro, i pannelli soddisfano le restrittive norme di qualità a cui sono sottoposti, riuscendo a adattarsi alle condizioni ambientali di installazione per tutta la vita utile del pannello.

La scatola di derivazione contiene le connessioni per polo positivo e negativo e include 2 diodi che permettono di ridurre le perdite di energia dovute a ombreggiamento parziale dei moduli, proteggendo inoltre elettricamente il modulo durante il verificarsi di questa situazione.

Grazie alla loro robustezza, non hanno problemi ad adattarsi a condizioni ambientali avverse e, come precedentemente affermato, hanno una vita utile superiore ai 30 anni.

I pannelli saranno connessi all'impianto di terra secondo la normativa vigente.

Per questo progetto è stato selezionato il seguente pannello: **JINKO Tiger Neo – JKM610N-72HL4R-BDV** e per le caratteristiche si vedano le figure seguenti.

STUDIO TECNICO   
ing. Marco BALZANO  
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 47 di 63



**StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano**  
 Via Canello Rotto, 3 | 70125 BARI | Italy  
 www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



**Progettista:** Ing. Marco Gennaro Balzano  
 Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341

www.jinkosolar.com



# Tiger Neo N-type 72HL4R-BDV 585-610 Watt

BIFACIAL MODULE WITH DUAL GLASS

## N-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

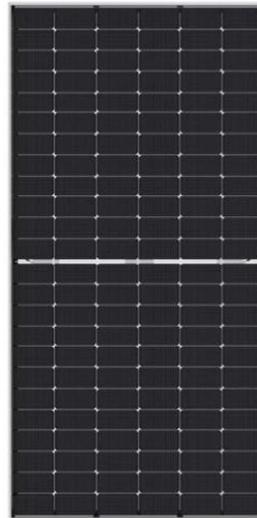
IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018

Occupational health and safety management systems



## Key Features



### SMBB Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



### Hot 2.0 Technology

The N-type module with Hot 2.0 technology has better reliability and lower LID/LETID.



### PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



### Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



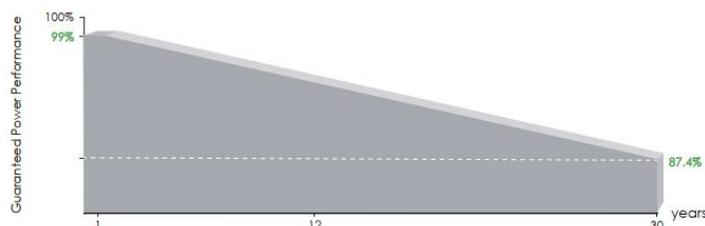
### Higher Power Output

Module power increases 5-25% generally, bringing significantly lower LCOE and higher IRR.



POSITIVE QUALITY™  
 Certified Quality Assessment

## LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



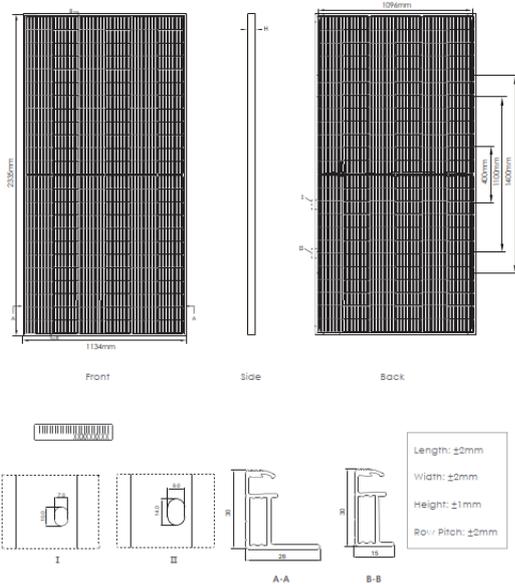
12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 48 di 63

## Engineering Drawings



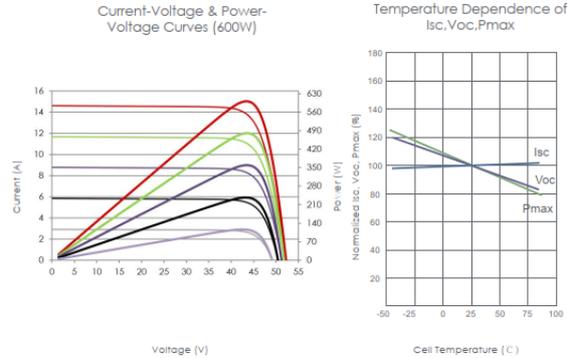
\*This tolerance range applies only to the four-angle distance of the module as indicated above.

## Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

36pcs/pallets, 72pcs/stack, 720pcs/ 40'HQ Container

## Electrical Performance & Temperature Dependence



## Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	144 (2x72)
Dimensions	2335x1134x30mm (91.93x44.65x1.18 inch)
Weight	33 kg (72.75 lbs)
Front Glass	2.0mm, Anti-Reflection Coating
Back Glass	2.0mm, Heat Strengthened Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm <sup>2</sup> (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

## SPECIFICATIONS

Module Type	JKM585N-72HL4R-BDV		JKM590N-72HL4R-BDV		JKM595N-72HL4R-BDV		JKM600N-72HL4R-BDV		JKM605N-72HL4R-BDV		JKM610N-72HL4R-BDV	
	STC	NOCT										
Maximum Power (Pmax)	585Wp	440Wp	590Wp	444Wp	595Wp	447Wp	600Wp	451Wp	605Wp	455Wp	610Wp	459Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.74V	40.03V	42.88V	40.15V	43.03V	40.27V	43.17V	40.39V	43.31V	40.59V	43.45V	40.74V
Maximum Power Current (Imp)	13.69A	10.99A	13.76A	11.05A	13.83A	11.11A	13.90A	11.17A	13.97A	11.21A	14.04A	11.26A
Open-circuit Voltage (Voc)	51.67V	49.08V	51.86V	49.26V	52.06V	49.45V	52.25V	49.63V	52.44V	49.81V	52.63V	49.99V
Short-circuit Current (Isc)	14.43A	11.65A	14.49A	11.70A	14.55A	11.75A	14.61A	11.80A	14.67A	11.84A	14.73A	11.89A
Module Efficiency STC (%)	22.09%		22.28%		22.47%		22.66%		22.85%		23.04%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C											
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)											
Maximum series fuse rating	30A											
Power tolerance	0~+3%											
Temperature coefficients of Pmax	-0.29%/°C											
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C											
Temperature coefficients of Isc	0.045%/°C											
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C											
Refer. Bifacial Factor	80±5%											

## BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

		JKM585N-72HL4R-BDV		JKM590N-72HL4R-BDV		JKM595N-72HL4R-BDV		JKM600N-72HL4R-BDV		JKM605N-72HL4R-BDV		JKM610N-72HL4R-BDV	
		5%	15%	5%	15%	5%	15%	5%	15%	5%	15%	5%	15%
5%	Maximum Power (Pmax)	614Wp	620Wp	625Wp	630Wp	635Wp	641Wp						
	Module Efficiency STC (%)	23.20%	23.40%	23.59%	23.79%	23.99%	24.19%						
15%	Maximum Power (Pmax)	673Wp	679Wp	684Wp	690Wp	696Wp	702Wp						
	Module Efficiency STC (%)	25.41%	25.62%	25.84%	26.06%	26.28%	26.49%						
25%	Maximum Power (Pmax)	731Wp	738Wp	744Wp	750Wp	756Wp	763Wp						
	Module Efficiency STC (%)	27.62%	27.85%	28.09%	28.32%	28.56%	28.80%						

\*STC:  Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>

 Cell Temperature 25°C

 AM=1.5

NOCT:  Irradiance 800W/m<sup>2</sup>

 Ambient Temperature 20°C

 AM=1.5

 Wind Speed 1m/s

## 4.4 Inverter

L'inverter è una parte fondamentale dell'installazione. Esso permette la conversione dell'energia in corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici.

L'apparecchiatura selezionata sarà un inverter trifase da **215 kVA** nominali, di marca **HUAWEI** o similare. Gli inverter verranno posizionati in maniera tale da ridurre le perdite e le sezioni dei cavi nei tratti in continua.

L'inverter selezionato assicura il massimo rendimento nelle condizioni di installazione e la riduzione di fermate inattese.

L'inverter sarà dotato di un sistema multi-MPPT per un complessivo di **9**.

La potenza in uscita dall'inverter si riduce lievemente fino ad arrivare a 50°C, grazie al sovradimensionamento degli IGBT, al disegno meccanico e al sistema di ventilazione. A partire da 50 °C si ha un "derating".

La gestione e il supporto di rete è un'altra funzione molto importante di cui è dotato l'inverter. Per questo è dotato di interfaccia di controllo di potenza (PCI) capace di seguire le istruzioni che provengono dall'operatore di rete.

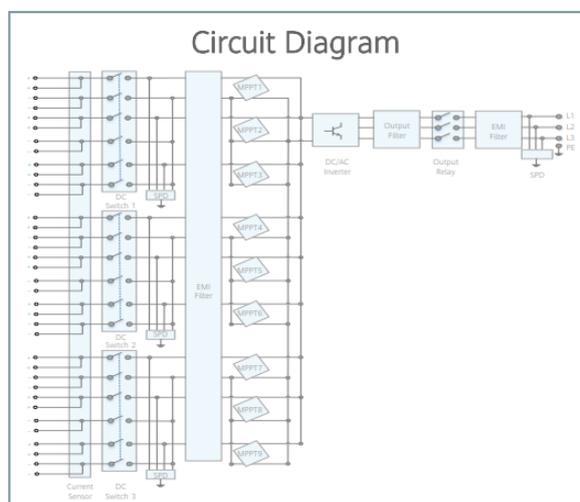
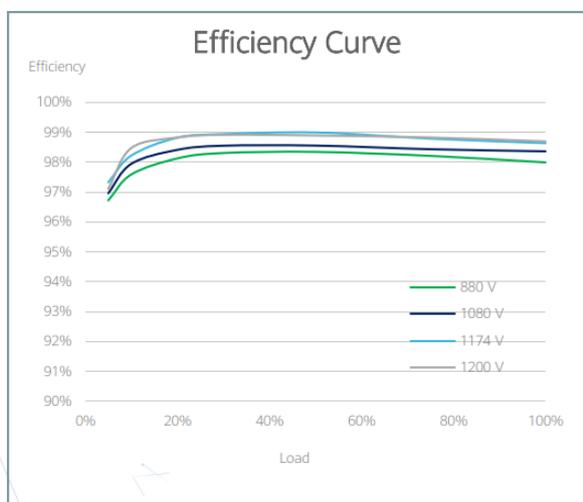
L'inverter è capace di regolare la potenza attiva in funzione della frequenza di rete, in conformità con la normativa vigente. In caso di buchi di tensione o guasti in rete, l'inverter avrà la possibilità di immettere potenza reattiva per contribuire alla stabilità della rete stessa.

La parte elettronica dell'inverter rimarrà completamente isolata dall'esterno, realizzando così una protezione massima senza l'ausilio di filtri antipolvere.

Di seguito sono riportate le caratteristiche dell'inverter selezionato:

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 50 di 63

## SUN2000-215KTL-H0 Smart String Inverter





**StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano**  
Via Cannello Rotto, 3 | 70125 BARI | Italy  
[www.ingbalzano.com](http://www.ingbalzano.com) - +39.331.6764367



**Progettista:** Ing. Marco Gennaro Balzano  
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341

## SUN2000-215KTL-H0 Technical Specifications

Efficiency		
Max. Efficiency		≥99.00%
European Efficiency		≥98.60%
Input		
Max. Input Voltage		1,500 V
Max. Current per MPPT		30 A
Max. Short Circuit Current per MPPT		50 A
Start Voltage		550 V
MPPT Operating Voltage Range		500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage		1,080 V
Number of Inputs		18
Number of MPP Trackers		9
Output		
Nominal AC Active Power		200,000 W
Max. AC Apparent Power		215,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)		215,000 W
Nominal Output Voltage		800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency		50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current		144.4 A
Max. Output Current		155.2 A
Adjustable Power Factor Range		0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion		< 1%
Protection		
Input-side Disconnection Device		Yes
Anti-islanding Protection		Yes
AC Overcurrent Protection		Yes
DC Reverse-polarity Protection		Yes
PV-array String Fault Monitoring		Yes
DC Surge Arrester		Type II
AC Surge Arrester		Type II
DC Insulation Resistance Detection		Yes
Residual Current Monitoring Unit		Yes
Communication		
Display		LED Indicators, WLAN + APP
USB		Yes
MBUS		Yes
RS485		Yes
General		
Dimensions (W x H x D)		1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)		≤86 kg (189.6 lb.)
Operating Temperature Range		-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method		Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating		4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity		0 ~ 100%
DC Connector		Staubli MC4 EVO2
AC Connector		Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree		IP66
Topology		Transformerless

<b>Rif. Elaborato:</b> SV782-P.10	<b>Elaborato:</b> Relazione Calcoli Elettrici	<b>Data</b> 04/04/2023	<b>Rev</b> R0	<b>Pagina 52 di 63</b>
--------------------------------------	--	---------------------------	------------------	------------------------

## 4.5 Power Center

Le **Power Station** (o Cabine di Campo) hanno la duplice funzione di servire da collettore per eseguire il parallelo dei vari inverter e di elevare la tensione da bassa (BT) a media (MT).

Le cabine saranno costituite da elementi prefabbricati suddivisi in più scomparti e saranno progettate per massimizzare robustezza meccanica e durabilità. Le pareti e il tetto saranno tali da garantire impermeabilità all'acqua, il locale avrà le dimensioni indicative riportate e sarà posato su di un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni, come da elaborati grafici di dettaglio.

All'interno del sistema saranno presenti:

- Quadro di parallelo in bassa tensione per la protezione dell'interconnessione tra inverter e trasformatore;
- Trasformatore BT/MT;
- Interruttori di media tensione;
- Quadri dei servizi ausiliari;
- Sistema di dissipazione del calore;
- Impianto elettrico completo di cabina (cavi alimentazione, illuminazione, prese elettriche, messa a terra della rete, etc.);
- Dotazioni di sicurezza;
- UPS per servizi ausiliari;
- Sistema centralizzato di comunicazione con interfacce.

Sia all'interno delle Power Station che nella cabina primaria MT di campo saranno presenti dei quadri MT e BT necessari al trasporto dell'energia prodotta nonché per l'alimentazione dei carichi ausiliari dell'impianto.

Ogni cabina elettrica viene fornita completa di impianto elettrico di illuminazione, impianto di terra interno, kit di dispositivi di protezione individuale.

L'accesso alle cabine elettriche di trasformazione avviene tramite viabilità interna.

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 53 di 63

## 4.6 Sistemi Monitoraggio - SCADA

Il sistema di controllo dell'impianto avviene tramite due tipologie di controllo: controllo locale e controllo remoto.

a) Controllo locale: monitoraggi tramite PC centrale, posto in prossimità dell'impianto, tramite software apposito in grado di monitorare e controllare gli inverter;

b) Controllo remoto: gestione a distanza dell'impianto tramite modem GPRS con scheda di rete Data-Logger montata a bordo degli inverter.

Il controllo in remoto avviene da centrale (servizio assistenza) con medesimo software del controllo locale.

Il sistema di telecontrollo che consentirà la piena e completa gestione dell'impianto fotovoltaico in progetto.

Il sistema consentirà l'acquisizione di tutti i principali parametri elettrici provenienti dal campo, quali:

- tensioni e correnti di stringa
- tensioni e correnti parallelo CC
- stato scaricatori/interruttori CC
- tensioni e correnti in ingresso/uscita agli inverter
- tensioni e correnti in ingresso/uscita ai trasformatori MT/BT
- stato interruttori quadri BT e quadri MT
- principali grandezze elettriche (potenza attiva, reattiva, cosfi, etc.)
- principali grandezze fisiche (temperature di esercizio, etc.)

Il nucleo del sistema SCADA è costituito dalla coppia di PLC ridondanti installati nel quadro QPLC in MTR. Il PLC è una piattaforma aperta configurabile per mezzo del software di programmazione e copre le seguenti funzionalità:

### Collezione dati:

- dagli organi MT mediante input digitali cablati presenti in MTR
- stati dei servizi ausiliari
- raccolta misure e eventi dai relay di protezione di MTR tramite porte seriali RS485 collegati al converter seriale-ethernet per mezzo del software installato sul PC Embedded
- raccolta dati da organi MT in MTR per mezzo dell'IO distribuito
- raccolta dati da campo FV per mezzo delle RTU installate nelle powerstation, via Modbus TCP:
- raccolta dati da stazione monitoraggio ambientale

**Attuazione comandi** organi MT inviati da utente tramite HMI dello SCADA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 54 di 63

**Regolazione dei valori di potenza attiva e reattiva**, inseguendo, tramite controlli a retroazione (PID) logici, i setpoint impostati dall'utente dall'HMI dello SCADA o provenienti da sistemi terzi tramite appositi canali di comunicazione che saranno specificati nel seguito della realizzazione

### Elaborazione condizioni di allarme

- Aperture per guasto di organi MT;
- Avviamenti e scatti dei relais di protezione;
- Notifiche da sistema antintrusione cabine e perimetrale;
- Notifiche da sistema antincendio cabine;
- Inverter in avaria;
- String box in avaria;
- Mancanza di comunicazione con dispositivi sulla rete (LAN Monitoring);
- Fault da switch managed;
- Aperture interruttori servizi ausiliari;
- Mancata risposta o risposta intempestiva dei loop di regolazione potenza (PPC).

## 5. Definizioni

### Angolo di inclinazione (o di Tilt)

Angolo di inclinazione del piano del dispositivo fotovoltaico rispetto al piano orizzontale (da IEC/TS 61836).

### Angolo di orientazione (o di azimut)

L'angolo di orientazione del piano del dispositivo fotovoltaico rispetto al meridiano corrispondente. In pratica, esso misura lo scostamento del piano rispetto all'orientazione verso SUD (per i siti nell'emisfero terrestre settentrionale) o verso NORD (per i siti nell'emisfero meridionale). Valori positivi dell'angolo di azimut indicano un orientamento verso ovest e valori negativi indicano un orientamento verso est (CEI EN 61194).

### BOS (Balance Of System o Resto del sistema)

Insieme di tutti i componenti di un impianto fotovoltaico, esclusi i moduli fotovoltaici.

### Generatore o Campo fotovoltaico

Insieme di tutte le schiere di moduli fotovoltaici in un sistema dato (CEI EN 61277).

### Cella fotovoltaica

Dispositivo fotovoltaico fondamentale che genera elettricità quando viene esposto alla radiazione solare (CEI EN 60904-3). Si tratta sostanzialmente di un diodo con grande superficie di giunzione, che esposto alla radiazione solare si comporta come un generatore di corrente, di valore proporzionale alla radiazione incidente su di esso.

### Condizioni di Prova Standard (STC)

Comprendono le seguenti condizioni di prova normalizzate (CEI EN 60904-3):

- Temperatura di cella:  $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .
- Irraggiamento:  $1000\text{ W/m}^2$ , con distribuzione spettrale di riferimento (massa d'aria AM 1,5).

### Condizioni nominali

Sono le condizioni di prova dei moduli fotovoltaici, piani o a concentrazione solare, nelle quali sono rilevate le prestazioni dei moduli stessi, secondo protocolli definiti dalle pertinenti norme CEI (Comitato elettrotecnico italiano) e indicati nella Guida CEI 82- 25 e successivi aggiornamenti.

### Dispositivo del generatore

Dispositivo installato a valle dei terminali di ciascun generatore dell'impianto di produzione (CEI 11 -20).

### Dispositivo di interfaccia

Dispositivo installato nel punto di collegamento della rete di utente in isola alla restante parte di rete del produttore, sul quale agiscono le protezioni d'interfaccia (CEI 11-20); esso separa l'impianto di produzione dalla rete di utente non in isola e quindi dalla rete del Distributore; esso comprende un organo di interruzione, sul quale agisce la protezione di interfaccia.

### Dispositivo generale

Dispositivo installato all'origine della rete del produttore e cioè immediatamente a valle del punto di consegna dell'energia elettrica dalla rete pubblica (CEI 11-20).

### Effetto fotovoltaico

Fenomeno di conversione diretta della radiazione elettromagnetica (generalmente nel campo della luce visibile e, in particolare, della radiazione solare) in energia elettrica mediante formazione di coppie elettrone-lacuna all'interno di semiconduttori, le quali determinano la creazione di una differenza di potenziale e la conseguente circolazione di corrente se collegate ad un circuito esterno.

### Efficienza nominale di un generatore fotovoltaico

Rapporto fra la potenza nominale del generatore e l'irraggiamento solare incidente sull'area totale dei moduli, in STC; detta efficienza può essere approssimativamente ottenuta mediante rapporto tra la potenza nominale del generatore stesso (espressa in kWp) e la relativa superficie (espressa in  $\text{m}^2$ ), intesa come somma dell'area dei moduli.

### Efficienza nominale di un modulo fotovoltaico

Rapporto fra la potenza nominale del modulo fotovoltaico e il prodotto dell'irraggiamento solare standard ( $1000\text{ W/m}^2$ ) per la superficie complessiva del modulo, inclusa la sua cornice.

### Efficienza operativa media di un generatore fotovoltaico

Rapporto tra l'energia elettrica prodotta in c.c. dal generatore fotovoltaico e l'energia solare incidente sull'area totale

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 56 di 63

dei moduli, in un determinato intervallo di tempo.

#### **Efficienza operativa media di un impianto fotovoltaico**

Rapporto tra l'energia elettrica prodotta in c.a. dall'impianto fotovoltaico e l'energia solare incidente sull'area totale dei moduli, in un determinato intervallo di tempo.

#### **Energia elettrica prodotta da un impianto fotovoltaico**

L'energia elettrica (espressa in kWh) misurata all'uscita dal gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, resa disponibile alle utenze elettriche e/o immessa nella rete del distributore.

#### **Gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata (o Inverter)**

Apparecchiatura, tipicamente statica, impiegata per la conversione in corrente alternata della corrente continua prodotta dal generatore fotovoltaico.

#### **Impianto (o Sistema) fotovoltaico**

Impianto di produzione di energia elettrica, mediante l'effetto fotovoltaico; esso è composto dall'insieme di moduli fotovoltaici (Campo fotovoltaico) e dagli altri componenti (BOS), tali da consentire di produrre energia elettrica e fornirla alle utenze elettriche e/o di immetterla nella rete del distributore.

#### **Impianto (o Sistema) fotovoltaico collegato alla rete del distributore**

Impianto fotovoltaico in grado di funzionare (ossia di fornire energia elettrica) quando è collegato alla rete del distributore.

#### **Inseguitore della massima potenza (MPPT)**

Dispositivo di comando dell'inverter tale da far operare il generatore fotovoltaico nel punto di massima potenza. Esso può essere realizzato anche con un convertitore statico separato dall'inverter, specie negli impianti non collegati ad un sistema in c.a.

#### **Energia radiante**

Energia emessa, trasportata o ricevuta in forma di onde elettromagnetiche.

#### **Irradiazione**

Rapporto tra l'energia radiante che incide su una superficie e l'area della medesima superficie.

#### **Irraggiamento solare**

Intensità della radiazione elettromagnetica solare incidente su una superficie di area unitaria. Tale intensità è pari all'integrale della potenza associata a ciascun valore di frequenza dello spettro solare (CEI EN 60904-3).

#### **Modulo fotovoltaico**

Il più piccolo insieme di celle fotovoltaiche interconnesse e protette dall'ambiente circostante (CEI EN 60904-3). Modulo fotovoltaico in c.a.

#### **Pannello fotovoltaico**

Gruppo di moduli fissati insieme, preassemblati e cablati, destinati a fungere da unità installabili (CEI EN 61277).

#### **Perdite per mismatch (o per disaccoppiamento)**

Differenza fra la potenza totale dei dispositivi fotovoltaici connessi in serie o in parallelo e la somma delle potenze di ciascun dispositivo, misurate separatamente nelle stesse condizioni. Deriva dalla differenza fra le caratteristiche tensione corrente dei singoli dispositivi e viene misurata in W o in percentuale rispetto alla somma delle potenze (da IEC/TS 61836).

#### **Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un generatore fotovoltaico**

Potenza elettrica (espressa in Wp), determinata dalla somma delle singole potenze nominali (o massime o di picco o di targa) di ciascun modulo costituente il generatore fotovoltaico, misurate in Condizioni di Prova Standard (STC).

Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un impianto fotovoltaico

Per prassi consolidata, coincide con la potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) del suo generatore fotovoltaico.

#### **Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un modulo fotovoltaico**

Potenza elettrica (espressa in Wp) del modulo, misurata in Condizioni di Prova Standard (STC).

#### **Potenza effettiva di un generatore fotovoltaico**

Potenza di picco del generatore fotovoltaico (espressa in Wp), misurata ai morsetti in corrente continua dello stesso e riportata alle Condizioni di Prova Standard (STC) secondo definite procedure (CEI EN 61829).

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 57 di 63



StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano  
Via Cancellotto, 3 | 70125 BARI | Italy  
www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



Progettista: Ing. Marco Gennaro Balzano  
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341

### **Potenza prodotta da un impianto fotovoltaico**

Potenza di un impianto fotovoltaico (espressa in kW) misurata all'uscita dal gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, resa disponibile alle utenze elettriche e/o immessa nella rete del distributore.

### **Produzione netta di un impianto**

Produzione lorda diminuita dell'energia elettrica assorbita dai servizi ausiliari di centrale, delle perdite nei trasformatori principali e delle perdite di linea fino al punto di consegna dell'energia alla rete elettrica.

### **Produzione lorda di un impianto**

Per impianti connessi a reti elettriche in media o alta tensione, l'energia elettrica misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata in bassa tensione, prima che essa sia resa disponibile alle eventuali utenze elettriche del soggetto responsabile e prima che sia effettuata la trasformazione in media o alta tensione per l'immissione nella rete elettrica; per impianti connessi a reti elettriche in bassa tensione, l'energia elettrica misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, ivi incluso l'eventuale trasformatore di isolamento o adattamento, prima che essa sia resa disponibile alle eventuali utenze elettriche del soggetto responsabile e immessa nella rete elettrica.

### **Punto di connessione**

Punto della rete elettrica, come definito dalla deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas ARG/elt 99/08 e sue successive modifiche e integrazioni.

### **Radiazione solare**

Integrale dell'irraggiamento solare (espresso in kWh/m<sup>2</sup>), su un periodo di tempo specificato (CEI EN 60904-3).

### **Soggetto responsabile**

Il soggetto responsabile è la persona fisica o giuridica responsabile della realizzazione e dell'esercizio dell'impianto fotovoltaico.

### **Sottosistema fotovoltaico**

Parte del sistema o impianto fotovoltaico; esso è costituito da un gruppo di conversione c.c./c.a. e da tutte le stringhe fotovoltaiche che fanno capo ad esso.

### **Stringa fotovoltaica**

Insieme di moduli fotovoltaici collegati elettricamente in serie per ottenere la tensione d'uscita desiderata.

Temperatura nominale di lavoro di una cella fotovoltaica (NOCT) Temperatura media di equilibrio di una cella solare all'interno di un modulo posto in particolari condizioni ambientali (irraggiamento: 800 W/m<sup>2</sup>, temperatura ambiente: 20 °C, velocità del vento: 1 m/s), elettricamente a circuito aperto ed installato su un telaio in modo tale che a mezzogiorno solare i raggi incidano normalmente sulla sua superficie esposta (CEI EN 60904-3).

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 58 di 63

## 6. Normativa di Riferimento

### 6.1 Premessa

La progettazione degli impianti oggetto della presente relazione è in accordo alle vigenti disposizioni di legge vigenti in materia, norme tecniche CEI e regolamentazioni con particolare riferimento a quanto di seguito riportato. Le suddette dovranno essere osservate anche in fase di esecuzione dei lavori, infatti, gli impianti dovranno essere realizzati a regola d'arte, secondo i criteri della buona tecnica professionale, con l'impiego di componenti e materiali di qualità e dovranno essere conformi, in generale:

- alle prescrizioni dei Vigili del fuoco;
- alle prescrizioni ed indicazioni del Distributore dell'energia elettrica;
- alle prescrizioni ed indicazioni del Distributore del servizio telefonico;
- alle norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- alle norme e raccomandazioni dell'Ispettorato del Lavoro e dell'ISPESL;
- alle prescrizioni fornite dal committente.

Il rispetto delle norme indicate è inteso nel senso più restrittivo, sarà cioè rispondente alle norme non solo la realizzazione dell'impianto ma anche ogni singolo componente dell'impianto.

Dovranno essere inoltre rispettate tutte le leggi in materia fiscale ed in materia di edilizia e realizzazione di strutture.

Nel caso di emissione di nuove normative l'impresa esecutrice dovrà adeguarsi a quest'ultime.

### 6.2 Legislazione e normativa nazionale in ambito Elettrico

- ✓ **D. Lgs 9 Aprile 2008 n. 81 e s.m.i.** (Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 Agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro).
- ✓ **CEI EN 50110-1** (Esercizio degli impianti elettrici)
- ✓ **CEI 11-27** (Lavori su impianti elettrici)
- ✓ **CEI 0-10** (Guida alla manutenzione degli impianti elettrici)
- ✓ **CEI UNI EN ISO/IEC 17025**: Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
- ✓ **CEI EN 60445 (CEI 16-2)** Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione – Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori

### 6.3 Sicurezza elettrica

- ✓ **CEI 0-16** Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica
- ✓ **CEI 11-27** Lavori su impianti elettrici
- ✓ **CEI 64-8** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 59 di 63

- ✓ **CEI 64-8/7 (Sez.712)** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 7: Ambienti ed applicazioni Particolari
- ✓ **CEI 64-12** Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- ✓ **CEI 64-14** Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori
- ✓ **IEC/TS 60479-1** Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects
- ✓ **IEC 60364-7-712** Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems
- ✓ **CEI 64-57** Edilizia ad uso residenziale e terziario - Guida per l'integrazione degli impianti
- ✓ elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Impianti di piccola produzione distribuita.
- ✓ **CEI EN 61140 (CEI 0-13)** Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature

## 6.4 Normativa Fotovoltaica

- ✓ **ANSI/UL 1703:2002** Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels
- ✓ **IEC/TS 61836** Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols
- ✓ **CEI 82-25** "Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione"
- ✓ **CEI EN 50438 (CEI 311-1)** Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione
- ✓ **CEI EN 50461 (CEI 82-26)** Celle solari - Fogli informativi e dati di prodotto per celle solari al silicio cristallino
- ✓ **CEI EN 50521 (82-31)** Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove
- ✓ **CEI EN 60891 (CEI 82-5)** Caratteristiche I-V di dispositivi fotovoltaici in Silicio cristallino – Procedure di riporto dei valori misurati in funzione di temperatura e irraggiamento
- ✓ **CEI EN 60904-1 (CEI 82-1)** Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione
- ✓ **CEI EN 60904-2 (CEI 82-2)** Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizione per i dispositivi solari di riferimento
- ✓ **CEI EN 60904-3 (CEI 82-3)** Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura dei sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento
- ✓ **CEI EN 60904-4 (82-32)** Dispositivi fotovoltaici - Parte 4: Dispositivi solari di riferimento - Procedura per stabilire la tracciabilità della taratura
- ✓ **CEI EN 60904-5 (82-10)** Dispositivi fotovoltaici - Parte 5 Determinazione della temperatura equivalente di cella (ETC) dei dispositivi solari fotovoltaici (PV) attraverso il metodo della tensione a circuito aperto
- ✓ **CEI EN 60904-7 (82-13)** Dispositivi fotovoltaici - Parte 7 Calcolo della correzione dell'errore di disadattamento fra le risposte spettrali nelle misure di dispositivi fotovoltaici
- ✓ **CEI EN 60904-8 (82-19)** Dispositivi fotovoltaici - Parte 8: Misura della risposta spettrale di un dispositivo fotovoltaico
- ✓ **CEI EN 60904-9 (82-29)** Dispositivi fotovoltaici - Parte 9: Requisiti prestazionali dei simulatori solari
- ✓ **CEI EN 60068-2-21 (91-40) 2006** Prove ambientali - Parte 2-21 Prove - Prova U: Robustezza dei terminali e dell'interconnessione dei componenti sulla scheda
- ✓ **CEI EN 61173 (CEI 82-4)** Protezione contro le sovratensioni dei sistemi fotovoltaici (FV) per la produzione di energia – Guida
- ✓ **CEI EN 61215 (CEI 82-8)** Moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 60 di 63

- ✓ **CEI EN 61646 (CEI 82-12)** Moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo
- ✓ **CEI EN 61277 (CEI 82-17)** Sistemi fotovoltaici (FV) di uso terrestre per la generazione di energia elettrica – Generalità e guida
- ✓ **CEI EN 61345 (CEI 82-14)** Prova all'UV dei moduli fotovoltaici (FV)
- ✓ **CEI EN 61683 (CEI 82-20)** Sistemi fotovoltaici - Condizionatori di potenza - Procedura per misurare l'efficienza
- ✓ **CEI EN 61701 (CEI 82-18)** Prova di corrosione da nebbia salina dei moduli fotovoltaici (FV)
- ✓ **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 61727 (CEI 82-9)** Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla rete
- ✓ **CEI EN 61730-1 (CEI 82-27)** Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Prescrizioni per la costruzione
- ✓ **CEI EN 61730-2 (CEI 82-28)** Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 2: Prescrizioni per le prove
- ✓ **UNI 10349** Per il dimensionamento del generatore fotovoltaico
- ✓ **CEI EN 61829 (CEI 82-16)** Schiere di moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino – Misura sul campo delle caratteristiche I-V
- ✓ **CEI EN 62093 (CEI 82-24)** Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali
- ✓ **NORME UNI/ISO** per le strutture metalliche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici e per le opere civili
- ✓ **CEI EN 62108 (82-30)** Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) – Qualifica del progetto e approvazione di tipo
- ✓

## 6.5 Quadri Elettrici

- ✓ **CEI EN 61439-1 (CEI 17- 13/1)** Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);
- ✓ **CEI EN 61439-3 (CEI 17- 13/3)** Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso – Quadri di distribuzione ASD;
- ✓ **CEI 23-51** Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

## 6.6 Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti

- ✓ **CEI 11-1** Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- ✓ **CEI 11-17** Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione 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 11-20, V1** Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria – Variante

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 61 di 63

- ✓ **CEI 11-20, V2** Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati alle reti di I e II categoria – Allegato C - Prove per la verifica delle funzioni di interfaccia con la rete elettrica per i micro generatori
- ✓ **CEI EN 50110-1 (CEI 11-48)** Esercizio degli impianti elettrici
- ✓ **CEI EN 50160 (CEI 8-9)** Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica
- ✓ **CEI 99-3** per le sezioni ME ed AT e per il collegamento alla rete pubblica
- ✓ **CEI 81-10** normativa per le parte elettrica convenzionale
- ✓ **CEI 0-16** Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica
- ✓ **CEI 0-21** Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica

## 6.7 Cavi, cavidotti e accessori

- ✓ CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV
- ✓ CEI 20-14 Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 kV a 3 kV
- ✓ CEI-UNEL 35024-1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
- ✓ CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata
- ✓ CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione
- ✓ CEI 20-65 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente
- ✓ CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
- ✓ CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
- ✓ CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici
- ✓ CEI EN 50086-1 (CEI 23-39) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 1: Prescrizioni generali
- ✓ CEI EN 50086-2-4 (CEI 23-46) Sistemi di canalizzazione per cavi - Sistemi di tubi
- ✓ Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati
- ✓ CEI EN 50262 (CEI 20-57) Pressacavo metrici per installazioni elettriche
- ✓ CEI EN 60423 (CEI 23-26) Tubi per installazioni elettriche – Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori
- ✓ CEI EN 61386-1 (CEI 23-80) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 1: Prescrizioni generali
- ✓ CEI EN 61386-21 (CEI 23-81) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 21: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori
- ✓ CEI EN 61386-22 (CEI 23-82) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 22: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	04/04/2023	R0	Pagina 62 di 63

- ✓ CEI EN 61386-23 (CEI 23-
- ✓ 83) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche
- ✓ Parte 23: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori

## 6.8 Scariche atmosferiche e sovratensioni

- ✓ CEI EN 50164-1 (CEI 81-5) Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC) – Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione
- ✓ CEI EN 61643-11 (CEI 37-
- ✓ 8) Limitatori di sovratensioni di bassa tensione – Parte 11: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione – Prescrizioni e prove
- ✓ CEI EN 62305-1 (CEI 81- 10/1) Protezione contro i fulmini – Parte 1: Principi generali
- ✓ CEI EN 62305-2 (CEI 81- 10/2) Protezione contro i fulmini – Parte 2: Valutazione del rischio
- ✓ CEI EN 62305-3 (CEI 81- 10/3) Protezione contro i fulmini – Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- ✓ CEI EN 62305-4 (CEI 81- 10/4) Protezione contro i fulmini – Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture