



COMUNE DI CERIGNOLA



PROGETTO DEFINITIVO

- PROGETTO AGROVOLTAICO -

IMPIANTO DI PRODUZIONE ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO
FOTOVOLTAICO INTEGRATO DA PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA

Committente:

Green Genius Italy Utility 5 s.r.l.

Corso Giuseppe Garibaldi, 49
20121 Milano (MI)



StudioTECNICO
Ing. Marco G Balzano

Via Canello Rotto, 3
70125 BARI | Italy
+39 331.6794367

www.ingbalzano.com



Spazio Riservato agli Enti:

REV	DATA	ESEGUITO	VERIFICA	APPROV	DESCRIZIONE
R0	23/09/2022	MSS	MBG	MBG	Prima Emissione

Numero Commessa:

SV250

Data Elaborato:

23/09/2022

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

1. Premessa	5
1.1 Generalità	5
1.2 14826.24Descrizione sintetica dell'iniziativa	7
1.3 Contatto.....	9
1.4 Localizzazione	10
Area Impianto.....	11
Area SSEU	12
1.5 Oggetto	13
2. Calcoli Elettrici	14
2.1 Classificazione Impianti.....	14
Tipologia Impianto.....	14
Destinazione d'uso.....	14
Definizione dell'intervento	14
Obbligo di progettazione	14
2.2 Descrizione Impianti.....	15
2.3 Cavi Elettrici.....	16
Progettazione Delle Canalizzazioni.....	17
Tubazione.....	17
2.4 Rete di Media tensione: Elettrodotto esterno a 30 kV	19
Dimensionamento del Cavo	20
2.5 Rete di Media tensione: Elettrodotto interno a 30 kV.....	25
Caratteristiche dei Cavi.....	25
2.6 Protezione contro le Sovracorrenti.....	29
Protezione contro il sovraccarico.....	29
Protezione contro il Cortocircuito	29
2.7 Posa e disposizione dei cavi	30
2.8 Giunzioni, Terminazioni ed Attestazioni.....	32
Giunzione Cavi MT.....	32
Terminazione ed Attestazione Cavi MT.....	33



2.9	Cadute di Tensione e Perdite di Potenza	34
2.10	Connessione in alta tensione:.....	36
2.11	Rete di Terra	38
2.12	Stazione di Trasformazione 30/150 kV (SSEU).....	41
	Caratteristiche dei sistemi elettrici 150kV	43
	Caratteristiche dei sistemi elettrici 30kV.....	44
3.	Misure di Protezione Adottate.....	45
3.1	Scelta delle Protezioni	45
3.2	Verifica della Protezione a Cortocircuito delle Condutture	45
3.3	Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto	46
3.4	Protezione da contatti accidentali lato c.c.....	46
3.5	Protezione da contatti accidentali lato c.c.....	46
3.6	Protezione sul lato c.a. dell'impianto	47
3.7	Prevenzione funzionamento in isola.....	47
3.8	Dispositivi Di Protezione Sul Collegamento Alla Rete Elettrica	47
	Dispositivi del Generatore	48
	Dispositivo di Interfaccia.....	48
	Dispositivo Generale.....	48
3.9	Sistema di Controllo e Protezione AT	49
	Protezione Montante Linea	49
	Protezione Montante Trasformatore	50
	Sistema misure fiscali.....	51
4.	Impianto di Produzione Energia.....	52
4.1	Producibilità Impianto	52
4.2	Configurazione Elettrica.....	52
4.3	Moduli Fotovoltaici.....	54
4.4	Inverter.....	58
4.5	Sistemi Monitoraggio - SCADA.....	61
5.	Definizioni.....	63
6.	Normativa di Riferimento	66



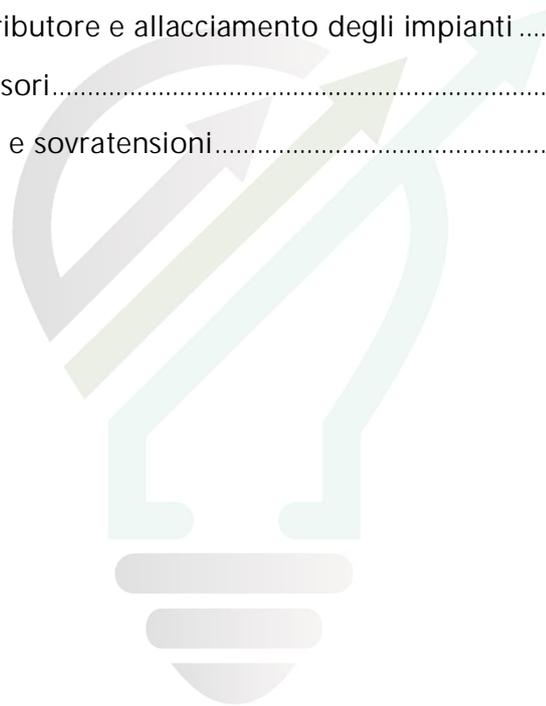
StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano
Via Canello Rotto, 3 | 70125 BARI | Italy
www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



STUDIOTECNICO
ing.MarcoBALZANO
PROF. ING. 311/9341

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

6.1	Premessa	66
6.2	Legislazione e normativa nazionale in ambito Elettrico.....	66
6.3	Sicurezza elettrica	66
6.4	Normativa Fotovoltaica.....	67
6.5	Quadri Elettrici.....	68
6.6	Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti	68
6.7	Cavi, cavidotti e accessori.....	68
6.8	Scariche atmosferiche e sovratensioni.....	69



STUDIOTECNICO 
ing.MarcoBALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 4 di 69



1. Premessa

1.1 Generalità

La Società GREEN GENIUS ITALY UTILITY 5 SRL, con sede in Corso Giuseppe Garibaldi, 49 – 20121 Milano (MI), è soggetto Proponente di una iniziativa finalizzata alla realizzazione e messa in esercizio di un progetto Agrivoltaico denominato “AgroPV – Capacciotti”.

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 agricola.

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 CO₂, 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.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 5 di 69

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 sancite già dal Protocollo Internazionale di Kyoto del 1997, dall'Accordo sul Clima delle Nazioni Unite (Parigi, Dicembre 2015), il Piano Nazionale Energia e Clima (PNIEC - 2020) e il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR - 2021), tutti concordi nel porre la priorità sulla transizione energetica dalle fonti fossili alle rinnovabili. Infatti, le fonti energetiche rinnovabili, oltre a ridurre gli impatti sull'ambiente, contribuiscono anche a migliorare il tenore di vita delle popolazioni e la distribuzione di reddito nelle regioni più svantaggiate, periferiche o insulari, favorendo lo sviluppo interno, contribuendo alla creazione di posti di lavoro locali permanenti, con l'effetto di conseguire 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.

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 agrofotovoltaica 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.

1.214826.24 Descrizione sintetica dell'iniziativa

L'iniziativa è da realizzarsi in agro del Comune di Cerignola (FG) e Ascoli Satriano (FG), circa 16 km a Sud-Ovest del centro abitato di Cerignola e a 12,5 km da Ascoli Satriano.

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.

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.

Per quel che concerne l'impianto fotovoltaico, esso avrà una potenza complessiva pari a 60,000 MWn – 74,880 MWp.

L'impianto comprenderà 300 inverter da 200 kVA @30°.

Gli inverter saranno connessi a gruppi a un trasformatore 800/30.000 V (per i dettagli si veda lo schema unifilare allegato).

Segue un riassunto generale dei dati di impianto:

Potenza nominale:	60.000,00 kWn
Potenza picco:	74.880,00 kWp
Inverter:	300 unità
Strutture:	204 tracker da 2x13 moduli 2298 tracker da 2x26 moduli
Moduli fotovoltaici:	124.800 u. x 600 Wp

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/P20190068230 del 01/10/2021 – CODICE PRATICA 201900770), l'impianto fotovoltaico sarà collegato alla rete di trasmissione in antenna

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 7 di 69

a 150 kV su un futuro stallo 150 kV delle Stazione Elettrica (SE) di Smistamento a 150 kV della RTN denominata "Valle".

A tal fine sarà necessaria la realizzazione di una Sottostazione di Trasformazione Utente 30/150 kV da ubicarsi in prossimità della Stazione Elettrica "Valle" utile all'innalzamento della tensione a 150 kV prescritto dall'ente gestore.

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.

Nello specifico della parte agronomica, il progetto prevede la coltivazione nelle interfile di specie arboree e orticole, opportunamente distanziate per consentire un adeguato irraggiamento delle piante arboree e l'agevole lavorazione durante le fasi di manutenzione e raccolta dei frutti, la coltivazione delle aree utili esterne alle recinzioni e l'installazione di un apiario volto a favorire la biodiversità, come da relazioni agronomiche.

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.

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.



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



1.3 Contatto

Società promotrice: GREEN GENIUS ITALY UTILITY 5 S.R.L

Indirizzo: Corso Giuseppe Garibaldi, 49

20121 MILANO

PEC: greengeniustalyutility5@unapec.it

Mob: +39 331.6794367

Progettista: SEPTTEM 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

PEC: ing.marcobalzano@pec.it

STUDIOTECHNICO 
ing.MarcoBALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 9 di 69



1.4 Localizzazione

L'impianto "AgroPV Capacciotti" si trova in Puglia, nel Comune di Cerignola (FG) in località "Capacciotti" e nel Comune di Ascoli Satriano (FG) in località "S. Carlo". L'area contrattualizzata a disposizione del proponente ha una estensione di 283,9612 ha, di cui 125,6260 ha sono da dedicarsi all'iniziativa.

Le opere di rete interessano anche l'agro di Ascoli Satriano (FG) in considerazione della posizione della Stazione Elettrica di Smistamento 30/150 kV denominata "Valle", di cui uno stallo del futuro ampliamento è stato indicato dal gestore come punto di connessione dell'impianto.



Fig. 1-1: Localizzazione area di intervento, in blu la perimetrazione del sito, in giallo il tracciato della connessione

Coordinate GPS:

Latitudine: 41.161910° N

Longitudine: 15.714738° E

Altezza s.l.m.: 265 m

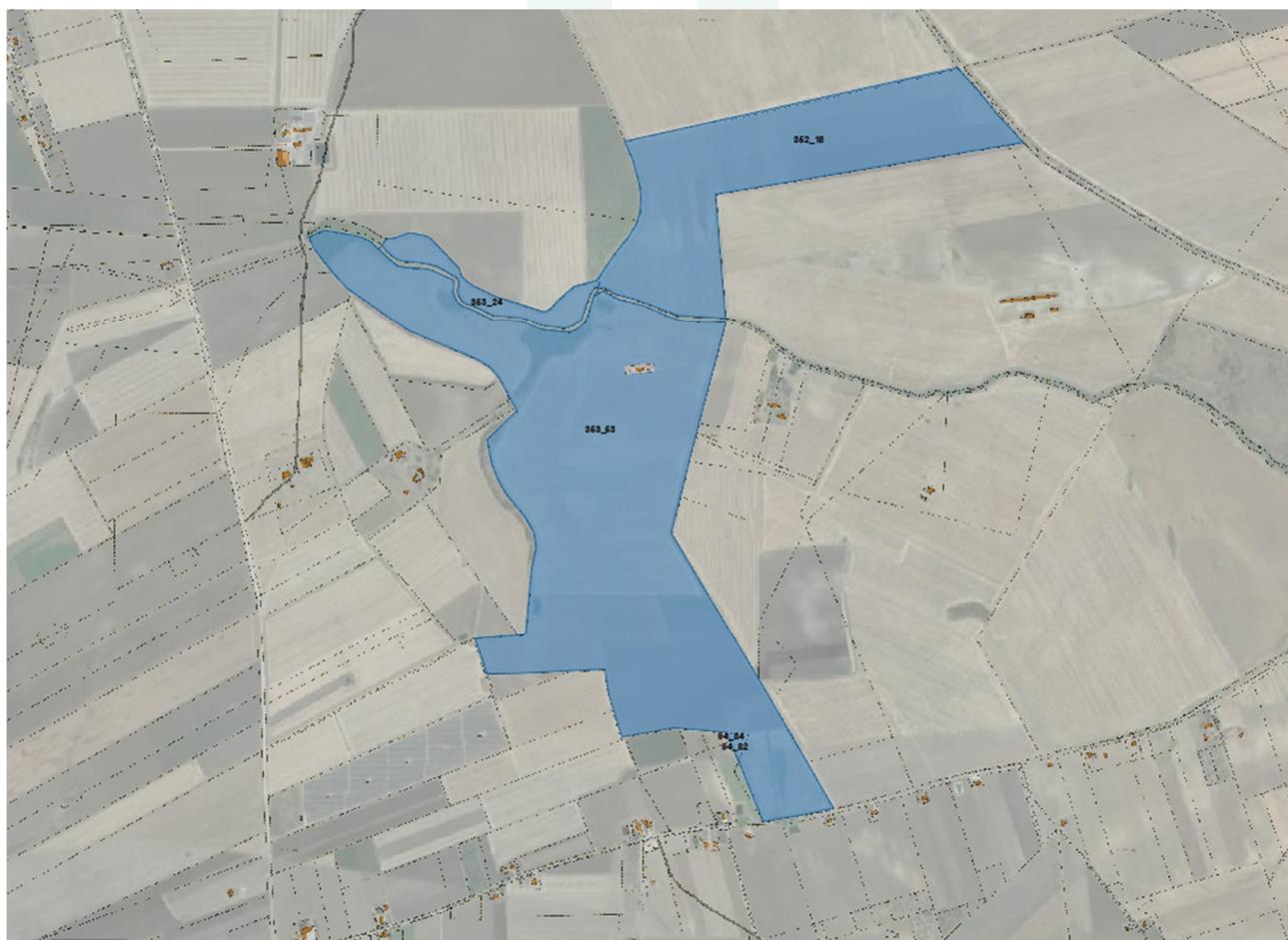
Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 10 di 69



AREA IMPIANTO

L'area di intervento è censita catastalmente nel comune di Cerignola (FG) e Ascoli Satriano (FG) come di seguito specificato:

Proprietà	Comune	Provincia	Foglio di mappa	Particelle	Classamento	Consistenza (ha)
GASPARRI ZEZZA TOMMASO	Cerignola	FG	352	18	SEMINATIVO	35,0788
GASPARRI ZEZZA TOMMASO	Cerignola	FG	353	24	SEMINATIVO	4,205
GASPARRI ZEZZA TOMMASO	Cerignola	FG	353	53	SEMINATIVO	86,0795
GASPARRI ZEZZA TOMMASO	Ascoli Satriano	FG	94	82	SEMINATIVO	0,1799
GASPARRI ZEZZA TOMMASO	Ascoli Satriano	FG	94	84	SEMINATIVO	0,0808



Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 11 di 69

Fig. 1-2: Localizzazione area di intervento su ortofoto catastale, in blu la perimetrazione del sito

AREA SSEU

L'area di intervento è censita catastalmente nel comune di Ascoli Satriano (FG) come di seguito specificato:

Proprietà	Comune	Provincia	Foglio di mappa	Particelle	Classamento	Consistenza (ha)
CAPOBIANCO GIOVANNA	Ascoli Satriano	FG	98	333	SEMINATIVO/ ULIVETO	2,8408



Fig. 1-3: Localizzazione area SSEU su ortofoto catastale, in arancio la perimetrazione dell'Area

1.5 Oggetto

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.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 13 di 69

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 m².

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 14 di 69

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 e 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 dalle seguenti sezioni fondamentali:
 - collegamenti delle varie cabine di conversione e trasformazione costituite da elettrodotti indipendenti alla cabina di consegna;
- sottostazione MT/AT utente, in antenna a 150 kV su un futuro stallo 150 kV della Stazione Elettrica (SE) di Smistamento a 150 kV della RTN denominata "Valle".
- rete elettrica a 30 kV composta dalle 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.
- rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto fotovoltaico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 15 di 69

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 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 per i conduttori saranno:

- 2,5 mm² per le linee di distribuzione F.M.
- 1,5 mm² per le linee di distribuzione luce
- 0,5 mm² per i circuiti di comando e segnalazione

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 16 di 69

Nei circuiti trifase i conduttori di neutro potranno avere sezione inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase, con il minimo di 16mm² 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.

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.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 17 di 69



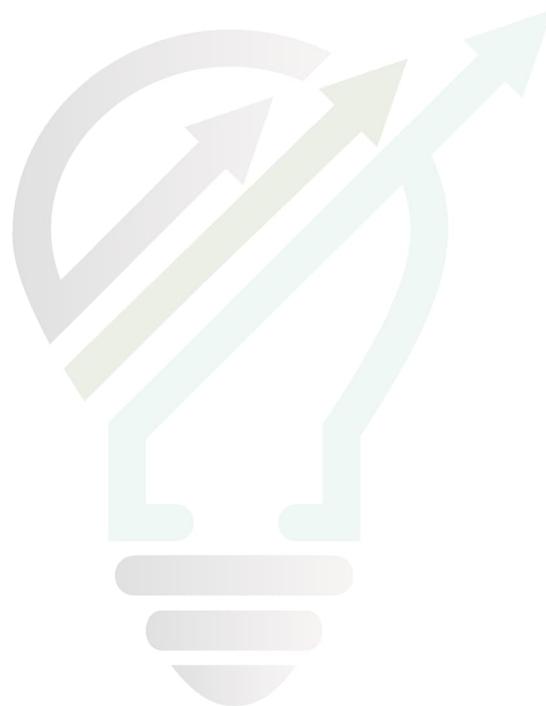
StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano
Via Canello Rotto, 3 | 70125 BARI | Italy
www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



STUDIOTECNICO
ing.MarcoBALZANO
PROV. BARI N. 3139/2019

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

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.



STUDIOTECNICO 
ing.MarcoBALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 18 di 69

2.4 Rete di Media tensione: Elettrodotto esterno a 30 kV

La rete di media tensione esterna al parco fotovoltaico a 30 kV sarà composta da n° 1 circuiti 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.

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 2.900 m.



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



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

TRATTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRDOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm ²)	TENSIONE (V)	
CABINA SEZIONAMENTO	S.S.E.U.	3	2.897,59	Trifoglio Interr. a 1,2 m	ARE4H5E	3x1x630	30000

Le caratteristiche elettriche dei cavi in alluminio scelti sono riportate nella tabella di cui al successivo paragrafo, considerando una posa a trifoglio interrata a 1 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 $I_0 = 709 \text{ A}$.

DIMENSIONAMENTO DEL CAVO

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 20 di 69



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 60 MWn.



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	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	open air installation	$p=1\text{ }^{\circ}\text{C m/W}$	$p=2\text{ }^{\circ}\text{C m/W}$
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm)	(A)	(A)

DATI COSTRUTTIVI - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	580	370	186	175	134
70	9,7	20,8	29	650	380	230	214	164
95	11,4	22,1	30	740	400	280	256	197
120	12,9	23,2	32	840	420	323	291	223
150	14	24,3	33	930	440	365	325	250
185	15,8	26,1	35	1090	470	421	368	283

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 21 di 69

240	18,2	28,5	37	1310	490	500	427	328
300	20,8	31,7	42	1560	550	578	483	371
400	23,8	34,9	45	1930	610	676	551	423
500	26,7	37,8	48	2320	650	787	627	482
630	30,5	42,4	53	2880	700	916	712	547

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

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

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 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:

$$I_z = I_0 * K_{terne} * K_{temp\ amb} * K_{profondità} * K_{resistività} = 709 \text{ A} * 0,78 * 0,96 * 0,96 * 0,85 = 433,21 \text{ A}$$

STUDIOTECHNICO
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

Miscela estrusa

Isolante

Miscela di polietilene reticolato (qualità DIX 8)

Semiconduttivo esterno

Miscela estrusa

Rivestimento protettivo

Nastro semiconduttore igroespandente

Schermatura

Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale (Rmax 3Ω/Km)

Guaina

Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)

Marchatura

PRYSMIAN (**) ARE4H5E <tensione>
<sezione> <anno>

(**) sigla sito produttivo

Marchatura in rilievo ogni metro
Marchatura 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 (Rmax 3Ω/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)

S
ir

ERIA

TEMPERATURA FUNZIONAMENTO / OPERATING TEMPERATURE	TEMPERATURA CORTOCIRCUITO / SHORT-CIRCUIT TEMPERATURE	RIGIDO / RIGID
90°C	250°C	

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.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 24 di 69



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° 3 circuiti radiali con posa completamente interrata.

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 (variabili nel range 150-630 mm²), 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.

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

TRATTO		N. TERNE	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm ²)	TENSIONE (V)
Power Center	Cabina Sezionamento	1	Trifoglio / Interrato a 1 m	ARE4H5E	3x1x500	30.000

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



ARE4H5E

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	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 ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm)	(A)	(A)

DATI COSTRUTTIVI - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	580	370	186	175	134
70	9,7	20,8	29	650	380	230	214	164
95	11,4	22,1	30	740	400	280	256	197
120	12,9	23,2	32	840	420	323	291	223
150	14	24,3	33	930	440	365	325	250
185	15,8	26,1	35	1090	470	421	368	283
240	18,2	28,5	37	1310	490	500	427	328
300	20,8	31,7	42	1560	550	578	483	371
400	23,8	34,9	45	1930	610	676	551	423
500	26,7	37,8	48	2320	650	787	627	482
630	30,5	42,4	53	2880	700	916	712	547

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 $I_0 = 624$ 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:

- 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 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 corretta, tenuto conto degli effetti citati, è stimato in:

$$I_z = I_0 * K_{temp\ amb} * K_{terne} * K_{profondita} * K_{resistivita} = 480\text{ A} * 0,96 * 1 * 1 * 0,85 = 509,18\text{ A}$$

Tenendo, dunque, conto della corrente di progetto (calcolata di 431,9 A nel caso peggiore), il dimensionamento dei cavi risulta correttamente verificato.

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
(Rmax 3Ω/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
(Rmax 3Ω/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

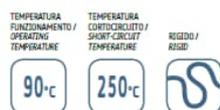
ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTs-400 (pag. 132), FMCTxs-630/C (pag. 136)

Joints

ECOSPEED™ (pag. 140)

ST
ing

NO
INGEGNERIA



Condizioni di posa / Laying conditions



Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 28 di 69

2.6 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:

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

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

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

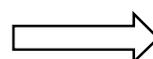
PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO

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

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

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

Punto di installazione del dispositivo di protezione



In partenza alla linea

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 29 di 69

dove:

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

- 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)

2.7 Posa e disposizione dei cavi

Tutte le linee elettriche ed in fibra ottica oggetto della presente committenza saranno posate in cavidotti direttamente. 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; sul cavo 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;*
- *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;*

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 30 di 69

- *inserimento nastro per segnalazione tracciato.*

Ad ogni modo, 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 raggidi curvatura.*
 - *La bobina deve essere posta sull'apposito alza-bobine, 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 e della 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 porta-bobine 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'assestamento 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/mm² di sezione totale per i conduttori in rame e i 50 N/mm² di sezione totale per i conduttori in alluminio.*
- *Raggi di curvatura: Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a quanto descritto nella seguente tabella:*

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 31 di 69

- *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.*

2.8 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.

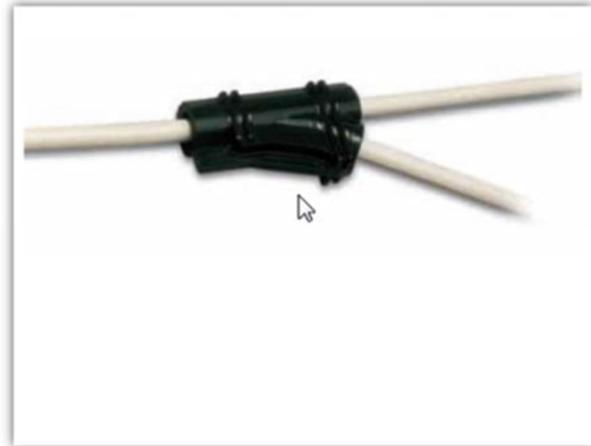
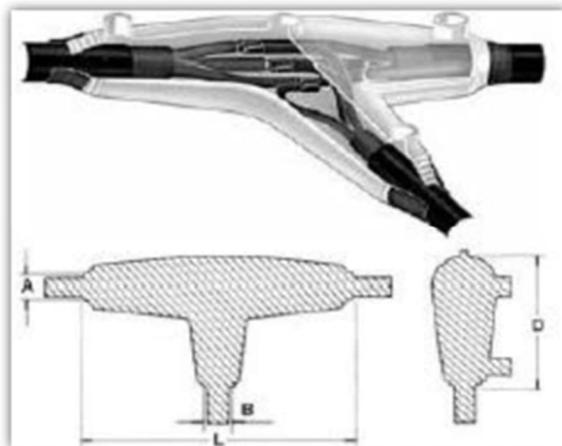
In particolare, occorre:

- *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.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 32 di 69



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, e, di conseguenza, 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*

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 33 di 69

- *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 mm².

2.9 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 φ = 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:

- Caduta di tensione massima nell'elettrodotto MT esterno: $\Delta V = 0,55 \%$
- Caduta di tensione massima nell'elettrodotto MT interno: $\Delta V = 0,91 \%$

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 34 di 69



- Dati Elettrici – Elettrodotto MT esterno

	Distanza (m)	Potenza (kW)	U (V)	I (A)	Configurazione	Nominal Capacity (A)	K_{ta}	k_t	k_p	k_r	N. Circuiti	Iz (A)	DV (%)
Linea EXT	2897,59	60.000	30.000	384,90	4x(3x1x630) mmq	709	0,96	0,74	0,98	0,85	1	442,24	0,55%

- Dati Elettrici - Elettrodotto MT interno circuito 1:

	Distanza (m)	Potenza (kW)	U (V)	I (A)	Configurazione	Nominal Capacity (A)	K_{ta}	k_t	k_p	k_r	N. Circuiti	Iz (A)	DV (%)
Linea INT1	3459,0	16.000	30.000	307,92	3x1x500 mmq	624	0,96	1	1	0,85	1	509,18	0,91%

- Dati Elettrici - Elettrodotto MT interno circuito 2:

	Distanza (m)	Potenza (kW)	U (V)	I (A)	Configurazione	Nominal Capacity (A)	K_{ta}	k_t	k_p	k_r	N. Circuiti	Iz (A)	DV (%)
Linea INT2	1034,74	22.200	30.000	427,24	3x1x500 mmq	624	0,96	1	1	0,85	1	509,18	0,27%

- Dati Elettrici - Elettrodotto MT interno circuito 3:

	Distanza (m)	Potenza (kW)	U (V)	I (A)	Configurazione	Nominal Capacity (A)	K_{ta}	k_t	k_p	k_r	N. Circuiti	Iz (A)	DV (%)
Linea INT3	1347,33	21.800	30.000	419,54	3x1x500 mmq	624	0,96	1	1	0,85	1	509,18	0,35%

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%.

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

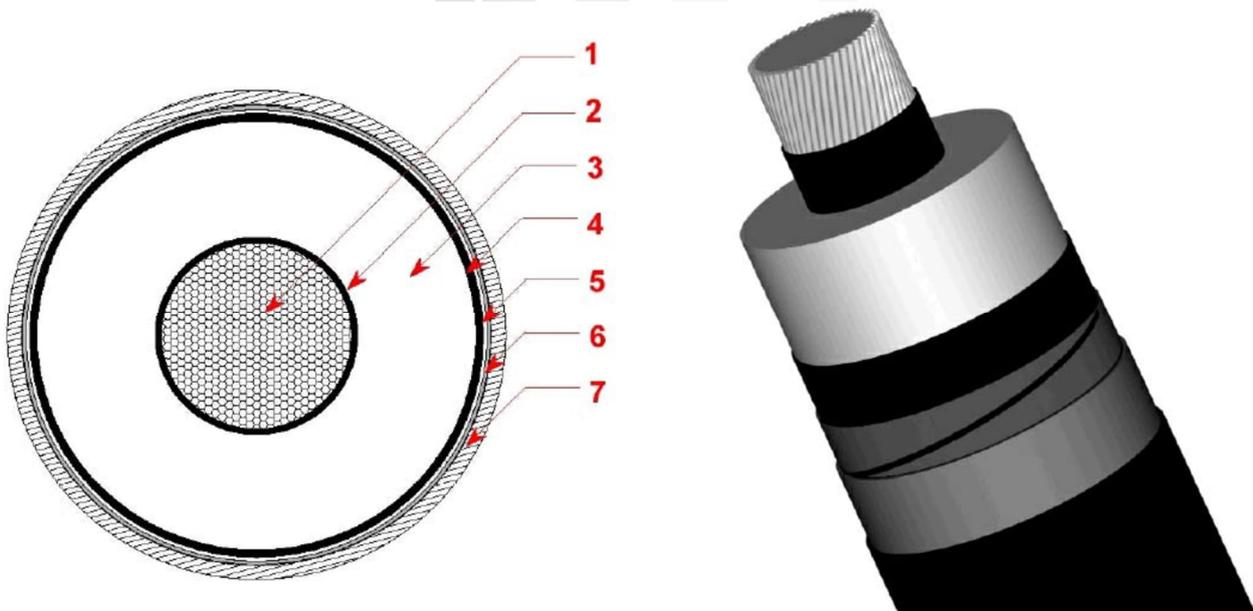


2.10 Connessione in alta tensione:

La connessione tra la sottostazione utente e la stazione Terna avverrà mediante raccordo in cavo 150 kV interrato.

Nella scelta dell'ubicazione della sottostazione utente e quindi del tracciato del raccordo AT si è cercato di ridurre al minimo le eventuali interferenze con altri produttori.

Ciascun cavo d'energia a 150 kV sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 1200 mm² tamponato (1), schermo semiconduttivo sul conduttore (2), isolamento in politenereticolato (XLPE) (3), schermo semiconduttivo sull'isolamento (4), nastri in materiale igroespandente (5), guaina in alluminio longitudinalmente saldata (6), rivestimento in polietene con grafitatura esterna (7).



1	Conduttore compatto di Alluminio
2	Schermo del conduttore (Strato semiconduttivo interno)
3	Isolante
4	Schermo dell'isolante (Strato semiconduttivo esterno)
5	Barriera igroscopica
6	Schermo metallico
7	Guaina esterna termoplastica

ZANO
ZI TECNICI DI INGEGNERIA

Il cavidotto AT interrato avrà le seguenti caratteristiche generali:

- Tensione nominale d'isolamento (U_0/U) kV 87/150
- Tensione massima permanente di esercizio (U_m) kV 170
- Norme di rispondenza IEC 60840
- Sezione 1200 mm² (per potenze fino a 300 MW)
- Conduttore: rame
- Isolante: XLPE
- Schermo in alluminio
- Guaina: PE

La scelta finale deriverà dai calcoli effettuati in fase di progettazione esecutiva.

Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

Il cavo sarà direttamente interrato con posa in piano e racchiuso in uno strato di calcestruzzo magro. Lo scavo sarà poi ripristinato con opportuno rinterro eventualmente eseguito con i materiali di risulta dello scavo stesso.

Il tracciato del cavidotto fino allo stallo AT di arrivo Terna è illustrato nelle tavole allegate.

- trafo AT in olio – interruttore AT: cavo AT in cavidotto interrato in XLPE.

Linea	Potenza trasmessa ²	Portata in servizio nominale	Sezione conduttore	Sezione schermo	Diametro cavo	Portata al limite termico del cavo
	[MW]	[A]	[mm ²]	[mm ²]	[mm]	[A]
Tra Sottostazione 150/30 kV e stazione di smistamento 150 kV	300	1283	3x1x1200	170	95	1315

2.11 Rete di Terra

La rete di terra sarà costituita dai seguenti elementi:

- anello posato attorno a ciascun gruppo di conversione (raggio R=15 m),
- la corda di collegamento tra ciascun anello e la stazione elettrica (posata nella stessa trincea dei cavi di potenza),
- maglia di terra della stazione di trasformazione,
- maglia di terra della stazione di connessione alla rete AT.

Per la sottostazione elettrica, la rete di terra sarà dimensionata in accordo alla Norma CEI 99-3, CEI 11-1/99 e CEI 11/37.

In particolare, si procederà:

- al dimensionamento termico del dispersore e dei conduttori di terra in accordo all'Allegato C della Norma CEI 99-3;
- alla definizione delle caratteristiche geometriche del dispersore, in modo da garantire il rispetto delle tensioni di contatto e di passo secondo la curva di sicurezza di cui all'allegato B della Norma CEI 99-3.

In base alle prescrizioni di TERNA potrà essere necessario anche un collegamento dell'impianto di terra della sottostazione con quello della stazione RTN.

DIMENSIONE TERMICO DEL DISPERSORE

Il dispersore sarà realizzato con corda nuda in rame, la cui sezione può essere determinata con la seguente formula:

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

Dove:

A = sezione minima del conduttore di terra, in mm²

I = corrente del conduttore, in A

t = durata della corrente di guasto, in s

$$K = 226 \frac{A \cdot \sqrt{s}}{mm^2} \quad (\text{rame})$$

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 38 di 69

$b = 234,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

O_i = temperatura iniziale in $^\circ\text{C}$ (20 $^\circ\text{C}$)

O_f = temperatura finale in $^\circ\text{C}$ (300 $^\circ\text{C}$)

Assumendo un tempo $t = 0,5 \text{ s}$ si ottengono i seguenti valori di sezione minima, in funzione del valore di corrente di guasto a terra:

I_g [kA]	S teorica [mm ²]	S scelta [mm ²]
40	145	150

In alternativa, tutte le apparecchiature saranno collegate al dispersore mediante due o quattro corde di rame con sezione di 120 mm².

I conduttori di rame saranno collegati tra loro con dei morsetti a compressione in rame; il collegamento ai sostegni sarà realizzato mediante capocorda e bullone.

TENSIONI DI PASSO E CONTATTO

La definizione della geometria del dispersore al fine di garantire il rispetto dei limiti di tensione di contatto e di passo sarà effettuata in fase di progetto esecutivo, quando saranno noti i valori di resistività del terreno, da determinare con apposita campagna di misure. In via preliminare, sulla base degli standard normalmente adottati e di precedenti esperienze, il dispersore sarà costituito da una maglia in corda di rame nudo da 120 mm², interrata a profondità di circa 0,8 m, che seguirà il perimetro dell'area protetta con maglie interne di lato 4 metri per l'equalizzazione del potenziale. Per aumentare la capacità di dispersione della rete e attenuare le tensioni di passo si prevede anche il ricorso, ai bordi della rete, a dispersori a picchetto, di diametro 25 mm e lunghezza 5 mt, interrati a una profondità di circa 1,6 metri.

In caso di terreno non omogeneo con strati superiori ad elevata resistività si potrà procedere all'installazione di dispersori verticali (picchetti) di lunghezza sufficiente a penetrare negli strati di terreno a resistività più bassa, in modo da ridurre la resistenza di terra dell'intero dispersore. In ogni caso, qualora risultasse la presenza di zone periferiche con tensioni di contatto superiori ai limiti, si procederà all'adozione di uno o più dei cosiddetti provvedimenti "M" di cui all'Allegato E della Norma CEI 99-3.

La messa a terra degli edifici sarà realizzata mediante un anello perimetrale di corda di rame nuda da 125 mm², interrata a profondità di circa 0,8 metri, coadiuvato da dispersori a picchetto in rame di diametro 25 mm lunghezza 1,5 m installati nei vertici dell'anello. Dall'anello partiranno le cime emergenti portate nei vari locali. Alla rete di terra saranno anche collegati i ferri di armatura dell'edificio, delle fondazioni, dei chioschi e dei cunicoli.



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



STUDIOTECHNICO
ing.MarcoBALZANO
0881 310.310

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

L'anello di terra degli edifici sarà collegato alla maglia di terra del sistema ad alta tensione in modo da costituire un impianto di terra comune. La suddetta soluzione costruttiva, unitamente al dimensionamento di dettaglio che verrà eseguito nell'ambito del progetto esecutivo in conformità alle norme CEI 11.1, garantirà il rispetto dei requisiti richiesti dalle stesse norme.

Per il contenimento delle tensioni di passo e di contatto entro i valori limite verranno individuate le aree in cui potrebbe essere necessario adottare provvedimenti particolari (dispersori integrativi, bitumazione, ecc.). I valori delle tensioni di passo e di contatto verranno comunque verificati strumentalmente a costruzione ultimata. La compatibilità elettromagnetica dei sistemi sarà assicurata dall'infittimento delle maglie del dispersore in corrispondenza delle apparecchiature A.T. e dalla presenza di conduttori di terra multipli per gli stessi (in particolare per i trasformatori di misura).

La scelta finale deriverà dai calcoli effettuati in fase di progettazione esecutiva.

All'interno del campo La rete sarà formata da un conduttore nudo in rame da 50 mm² e si assumerà un valore di resistività ρ del terreno pari a 150 Ω m.

STUDIOTECHNICO 
ing.MarcoBALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 40 di 69

2.12 Stazione di Trasformazione 30/150 kV (SSEU)

La realizzazione della stazione di consegna (SSE Utente) è prevista nel comune di Ascoli Satriano (FG), nelle vicinanze della stazione di smistamento a 380/150 kV di Terna denominata "Valle".

Le aree destinate alla realizzazione della SSEU sono oggetto di contratto di Diritto di Superficie con società appartenente al medesimo gruppo del proponente. La Sottostazione Elettrica di Utente (SSEU) sarà di proprietà della Società Proponente.

La stazione elettrica utente sarà dotata di un trasformatore di potenza con relativi edifici tecnici adibiti al controllo e alla misura dell'energia prodotta ed immessa in rete.

La sezione in alta tensione a 150 kV è composta da tre stalli di trasformazione (uno per ciascuna iniziativa) MONTANTE TR e da una terna di sbarre.

Quest'ultime saranno collegati ad uno stallo con protezioni e linea di partenza linea in cavo, con apparati di misura e protezione (TV e TA) MONTANTE LINEA

Lo stallo trasformatore MT/AT MONTANTE TRAFIO sarà composto da:

Q.tà	Descrizione
1	Sezionatore tripolare a tre isolatori per polo e a doppia apertura laterale completo di una terna di lame di messa a terra – tipo S3CT / TCBT – 170 kV (BIL 650/750 kVp) – 1250 A – 31,5 kA – comando a motore per sezionatore di linea e manuale per le lame di messa a terra – Isolatori tipo LJ 1002/5
1	Interruttore tripolare isolamento in gas SF6 – comando a molla per auto-richiusura tripolare con 2 circuiti di apertura a lancio di tensione, 1 circuito d'apertura a mancanza di tensione e 1 circuito di chiusura – tipo 3AP1 FG 170 – 170 kV – 1250 A – 31,5 kA
3	Trasformatore di corrente unipolare per misura e protezioni – isolamento in olio – tipo IOSK 170 – con 4 secondari di cui 1 certificato UTF – 100 / 5–5–5–5 A – 31,5 kA 10 VA / 0,2S – 10 VA / 0,2 – 10 VA / 5P20 – 10 VA / 5P20
3	Trasformatore di tensione induttivo unipolare per misura fiscale – isolamento in olio – tipo VEOT 170 – con 1 secondario certificato UTF – 150: 3 / 0,1: 3 kV – 20 VA / 0,2
3	Scaricatore di sovratensione unipolare ad ossido metallico adatto per la protezione da sovratensioni di origine atmosferica o di manovra in reti a 150 kV tipo 3EL2 138-2PQ32-4ZZ2 – completo di base isolante e contascariche Um 170 kV – Ur 138 kV – MCOV 110 kV – 10 kA – Classe 3

1	Trasformatore di Potenza – isolamento in olio minerale – raffreddamento ONAN/ONAF TR1 = 60/75 MVA 150±12x1,25% / 31 kV – YNd11
---	--

Lo stallo linea MONTANTE LINEA sarà composto da:

Q.tà	Descrizione
3	Trasformatore di tensione capacitivo unipolare per misure e protezione – isolamento in olio – tipo TCVT 170 – con 3 secondari – 150: 3 / 0,1: 3–0,1:3 kV – 10 VA / 0,2 – 10 VA / 3P – 10 VA / 3P
3	Trasformatore di corrente unipolare per misura e protezioni – isolamento in olio – tipo IOSK 170 – con 4 secondari di cui 1 certificato UTF – 100 / 5–5–5–5 A – 31,5 kA 10 VA / 0,2S – 10 VA / 0,2 – 10 VA / 5P20 – 10 VA / 5P20
1	Interruttore tripolare isolamento in gas SF6 – comando a molla per auto–richiusura tripolare con 2 circuiti di apertura a lancio di tensione, 1 circuito d’apertura a mancanza di tensione e 1 circuito di chiusura – tipo 3AP1 FG 170 – 170 kV – 1250 A – 31,5 kA
1	Sezionatore tripolare a tre isolatori per polo e a doppia apertura laterale completo di una terna di lame di messa a terra – tipo S3CT / TCBT – 170 kV (BIL 650/750 kVp) – 1250 A – 31,5 kA – comando a motore per sezionatore di linea e manuale per le lame di messa a terra – Isolatori tipo LJ 1002/5
3	Scaricatore di sovratensione unipolare ad ossido metallico adatto per la protezione da sovratensioni di origine atmosferica o di manovra in reti a 150 kV tipo 3EL2 138-2PQ32-4ZZ2 – completo di base isolante e contascariche Um 170 kV – Ur 138 kV – MCOV 110 kV – 10 kA – Classe 3
3	Isolatori rompi-tratta tipo IEC C6-650

All'interno dell'area recintata della sottostazione elettrica sarà ubicato un fabbricato suddiviso in vari locali che a seconda dell'utilizzo ospiteranno i quadri MT, gli impianti BT e di controllo, gli apparecchi di misura, il magazzino, i servizi igienici, ecc.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione tecnica validata da TERNA.



CARATTERISTICHE DEI SISTEMI ELETTRICI 150KV

<i>Tensione di esercizio</i>	150 kV
<i>Tensione massima</i>	170 kV
<i>Frequenza</i>	50 Hz
<i>Tensioni di tenuta:</i>	
- a frequenza industriale verso massa	275 kV eff.
- a frequenza industriale sul sezionamento	315 kV eff.
- ad impulso atmosferico verso massa	650 kV picco
<i>Corrente ammissibile di breve durata</i>	31,5 kA x 1sec
<i>Valore di cresta della corrente ammissibile di breve durata</i>	80 kA
<i>Corrente di guasto monofase a terra</i>	10 kA (da confermare a cura Terna)
<i>Tempo di eliminazione del guasto</i>	0,5 sec (da confermare a cura Terna)
<i>Stato del neutro</i>	efficacemente a terra
<i>Linea di fuga minima apparecchiature</i>	25mm/kV

La scelta dei livelli d'isolamento è in armonia con quanto previsto dai criteri adottati da Enel/Terna.



CARATTERISTICHE DEI SISTEMI ELETTRICI 30KV

<i>Tensione di esercizio</i>	30 kV
<i>Tensione massima</i>	36 kV
<i>Frequenza</i>	50 Hz
<i>Tensioni di tenuta:</i>	
- a frequenza industriale	50 kV eff.
- ad impulso atmosferico	170 kV picco
<i>Corrente ammissibile di breve durata</i>	16 kA x 1sec
<i>Stato del neutro</i>	isolato

La scelta dei livelli d'isolamento è in armonia con quanto previsto dai criteri adottati da Enel/Terna.

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, ed in particolare:

- 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 Conduitture

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.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 45 di 69

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.

3.4 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.

3.5 Protezione da contatti accidentali lato c.c.

Un campo fotovoltaico correttamente collegato a massa, non altera in alcun modo l'indice ceraunico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine. I

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 46 di 69

moduli fotovoltaici sono in alto grado insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece 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.

3.6 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.

3.7 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.

3.8 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.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 47 di 69

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.

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 48 di 69

3.9 Sistema di Controllo e Protezione AT

PROTEZIONE MONTANTE LINEA

È previsto la predisposizione di un relè.

Questa unità sarà provvista di display grafico/mimico per il controllo e il monitoraggio locale dello stallo AT e avrà per questa funzione almeno 67 DI, 63 DO, 8 uscite a relè, 1 contatto di stato, ingressi analogici: 8 da TA, 8 da TV.

Il relè integrerà le seguenti funzioni di protezione:

50/51	<i>massima corrente, di fase;</i>
50N/51N	<i>massima corrente, di terra;</i>
59N/64	<i>massima tensione omopolare</i>
27/59	<i>minima/massima tensione (anche in derivata temporale d/dt)</i>
81 </>	<i>minima/massima frequenza (anche in derivata temporale d/dt)</i>

Relè di protezione differenziale Questa unità sarà provvista di display alfanumerico e di almeno 24 DI, 20 DO, 12 uscite a relè veloce (tempo di chiusura 5 ms), 1 contatto di stato.

In relè integrerà le seguenti funzioni di protezione:

87L	<i>minima impedenza /protezione differenziale di linea</i>
Scatto	<i>Uni- e tri- polare;</i>
79	<i>auto richiusura automatica;</i>
68/68T	<i>anti-pendolamento;</i>
27/59	<i>minima/massima tensione (anche in derivata temporale d/dt)</i>
81 </>	<i>minima/massima frequenza (anche in derivata temporale d/dt)</i>
50/51	<i>massima corrente, di fase;</i>
50N/51N	<i>massima corrente, di terra;</i>
67/67N	<i>massima corrente direzionale, di fase e di terra</i>

PROTEZIONE MONTANTE TRASFORMATORE

BCU, Bay Control Unit tipo SIPROTEC 7SJ85 con funzioni di protezione integrate. Questa unità sarà provvista di display grafico/mimico per il controllo e il monitoraggio locale dello stallo AT e avrà per questa funzione almeno 67 DI, 63 DO, 8 uscite a relè, 1 contatto di stato, ingressi analogici: 8 da TA, 8 da TV.

In relè integrerà le seguenti funzioni di protezione:

50/51	<i>massima corrente, di fase;</i>
50N/51N	<i>massima corrente, di terra;</i>
59N/64	<i>massima tensione omopolare</i>
27/59	<i>minima/massima tensione (anche in derivata temporale d/dt)</i>
81 </>	<i>minima/massima frequenza (anche in derivata temporale d/dt)</i>
90	<i>regolare automatico di tensione</i>

BPU, Bay Control Unit tipo SIPROTEC5 7UT85 con funzioni di protezione integrate. Questa unità sarà provvista di display grafico/mimico per il controllo e il monitoraggio locale dello stallo AT e avrà per questa funzione almeno 33 DI, 36DO, 8 uscite a relè, 1 contatto di stato, ingressi analogici: 12 da TA, 4 da TV.

In relè integrerà le seguenti funzioni di protezione:

87T	<i>protezione differenziale;</i>
50/51	<i>massima corrente di fase</i>
50N/51N	<i>massima corrente di terra;</i>
51N/64	<i>massima corrente di dispersione verso terra</i>
49	<i>protezione termica per la protezione di macchine o di trasformatori (sovraccarico)</i>

SISTEMA MISURE FISCALI

Il sistema di misura dell'energia prodotta è collocato in uscita dal trasformatore elevatore ed è in grado di rilevare e registrare, per ciascuna ora, l'energia elettrica immessa in rete nel punto di consegna. Il dispositivo è conforme alle disposizioni dell'autorità dell'energia elettrica e gas e alle norme CEI, in particolare sarà dotato di sistemi meccanici di sigillatura che garantiscano da manomissioni o alterazioni dei dati di misura. Il sistema di misura è idoneo a consentire la tele lettura dell'energia elettrica prodotta da parte del distributore.

Per il sistema di misura fiscale dell'energia prodotta dal parco FV sarà previsto un armadio dedicato (fondo chiuso da piastre asportabili per ingresso cavi, accessibilità dal fronte), nel quale saranno montati e cablati per ciascun montante di trasformazione (n.3):

Lato 150 kV

n. 2 contatore statico multifunzione totalizzatore bidirezionale tipo CEWE QWP3750 o equivalente classe 0,2 ad uso GRTN/Terna, completo di:

- Modem GSM con antenna per la tele-lettura a distanza.
- Alimentatore per modem.
- Morsettiera di prova.
- Morsettiera di appoggio.
- Software AIMS per programmazione e lettura contatore.
- Certificazione di verifica / taratura fiscale UTF.

Lato 30 kV

n. 1 contatore statico multifunzione totalizzatore bidirezionale tipo CEWE QWP3750 o equivalente classe 0,2 ad uso GRTN/Terna, completo di:

- Modem GSM con antenna per la tele-lettura a distanza.
- Alimentatore per modem.
- Morsettiera di prova.
- Morsettiera di appoggio.
- Software AIMS per programmazione e lettura contatore.
- Certificazione di verifica / taratura fiscale UTF.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 51 di 69

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, avvalendosi del database Meteonorm per le informazioni meteorologiche.

In sintesi, l'energia prodotta risulta circa 130 GWh/anno e la produzione specifica è pari a circa 1.739 MWh/MWp/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 93,32% circa.

4.2 Configurazione Elettrica

L'impianto avrà una potenza complessiva pari a 60,00 MWn – 74,88 MWp.

L'impianto comprenderà 300 inverter da 200 kVA @30°C.

Gli inverter saranno connessi a gruppi a un trasformatore 800/30.000 V (*per i dettagli si veda lo schema unifilare allegato*).

Segue un riassunto genarle dei dati di impianto:

Potenza nominale:	60.000,00 kWn
Potenza picco:	74.880,00 kWp
Inverters:	300 x HUAWEI SUN215-KTL
Strutture:	2.298 tracker da 2x26 moduli 204 tracker da 2x13 moduli
Moduli fotovoltaici:	124.800 u. x 600 Wp

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

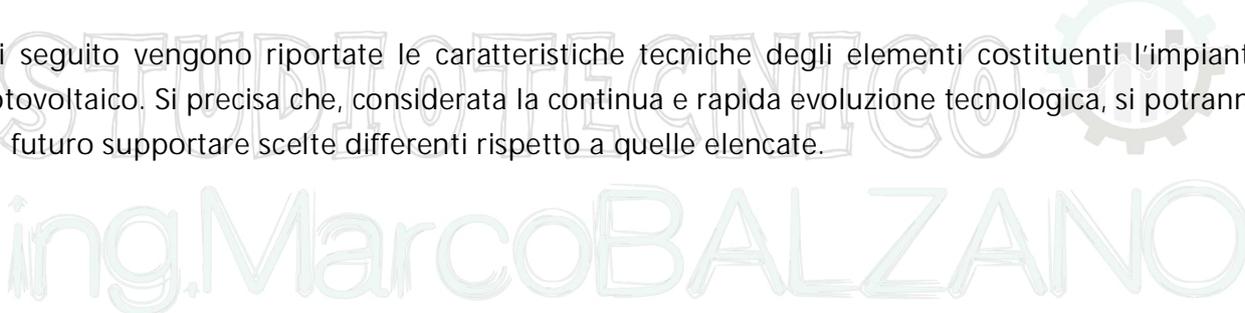
- V_m = tensione alla massima potenza, delle stringhe fotovoltaiche
- $V_{inv \text{ MPPT} \min}$ = tensione minima per la ricerca del punto di massima potenza, da parte dell'inverter
- $V_{inv \text{ MPPT} \max}$ = tensione massima per la ricerca del punto di massima potenza, da parte dell'inverter
- V_{oc} = tensione di circuito aperto, delle stringhe fotovoltaiche
- $V_{inv \max}$ = 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.

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 costituita da n. 4 circuiti indipendenti.

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.



 ing. Marco BALZANO

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 53 di 69

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 156 celle, indicativamente della potenza di 600 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 2.465 x 35 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_{cc} Potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico con precisione migliore del $\pm 2\%$;
- P_{nom} Potenza nominale del generatore fotovoltaico;
- I Irraggiamento in W/m^2 misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm 3\%$;
- I_{stc} 1000 W/m^2 , è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;
- P_{ca} potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, con precisione migliore del $\pm 2\%$.

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.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 54 di 69

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.

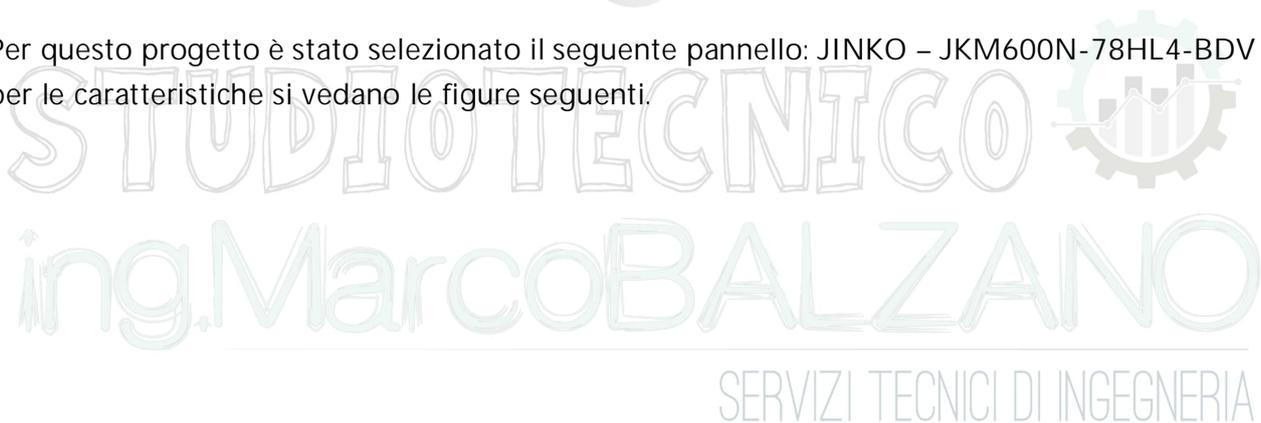
Grazie alla robusta cornice metallica in alluminio anodizzato, capace di sostenere il peso e le dimensioni del modulo, e grazie alla parte frontale costituita da vetro temprato antiriflesso con basso contenuto di ferro, i pannelli soddisfano le restrittive norme di qualità a cui sono sottoposti, riuscendo 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 – JKM600N-78HL4-BDV e per le caratteristiche si vedano le figure seguenti.



Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 55 di 69



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



www.jinkosolar.com



Tiger Neo N-type 78HL4-BDV 590-610 Watt

BIFACIAL MODULE WITH
DUAL GLASS

N-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

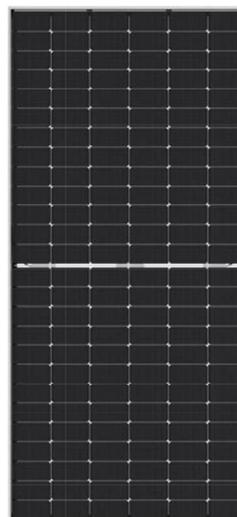
IEC61215(2016), IEC61730(2016)

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).



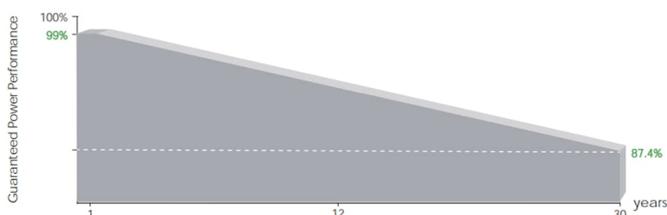
Higher Power Output

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



POSITIVE QUALITY™
Continuous Quality Assurance

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 56 di 69



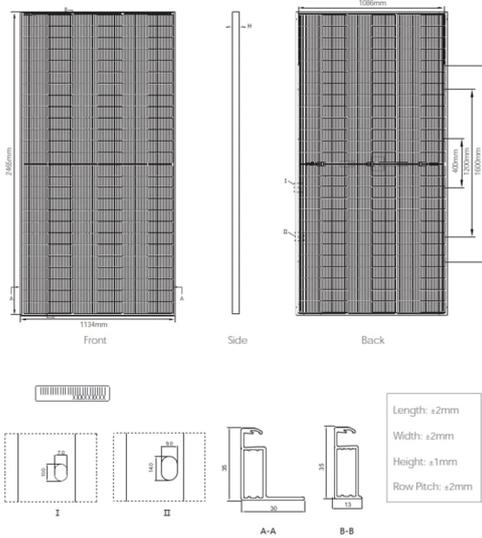
StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano
Via Cancellotto, 3 | 70125 BARI | Italy
www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



STUDIOTECHNICO
ingMarcoBALZANO
391 31 93 67

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

Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2x78)
Dimensions	2465x1134x35mm (97.05x44.65x1.38 inch)
Weight	34.6kg (76.28 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 ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 496pcs/ 40'HQ Container

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM590N-78HL4-BDV		JKM595N-78HL4-BDV		JKM600N-78HL4-BDV		JKM605N-78HL4-BDV		JKM610N-78HL4-BDV	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax)	590Wp	444Wp	595Wp	447Wp	600Wp	451Wp	605Wp	455Wp	610Wp	459Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	44.91V	41.89V	45.08V	42.00V	45.25V	42.12V	45.42V	42.23V	45.60V	42.35V
Maximum Power Current (Imp)	13.14A	10.59A	13.20A	10.65A	13.26A	10.71A	13.32A	10.77A	13.38A	10.83A
Open-circuit Voltage (Voc)	54.76V	52.02V	54.90V	52.15V	55.03V	52.27V	55.17V	52.41V	55.31V	52.54V
Short-circuit Current (Isc)	13.71A	11.07A	13.79A	11.13A	13.87A	11.20A	13.95A	11.26A	14.03A	11.33A
Module Efficiency STC (%)	21.11%		21.29%		21.46%		21.64%		21.82%	
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	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.046%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	80±5%									

BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

		JKM590N-78HL4-BDV	JKM595N-78HL4-BDV	JKM600N-78HL4-BDV	JKM605N-78HL4-BDV	JKM610N-78HL4-BDV
5%	Maximum Power (Pmax)	620Wp	625Wp	630Wp	635Wp	641Wp
	Module Efficiency STC (%)	22.16%	22.35%	22.54%	22.73%	22.91%
15%	Maximum Power (Pmax)	679Wp	684Wp	690Wp	696Wp	702Wp
	Module Efficiency STC (%)	24.27%	24.48%	24.68%	24.89%	25.10%
25%	Maximum Power (Pmax)	738Wp	744Wp	750Wp	756Wp	763Wp
	Module Efficiency STC (%)	26.38%	26.61%	26.83%	27.05%	27.28%

*STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 📱 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5
NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 📱 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s

©2021 Jinko Solar Co., Ltd. All rights reserved.

Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

JKM590-610N-78HL4-BDV-F1-EN (IEC 2016)

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 57 di 69

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 200 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 totale 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 un'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:

SUN2000-215KTL-H0 Smart String Inverter



9
MPP Trackers



99.0%
Max. Efficiency



String-level
Management



Smart I-V Curve
Diagnosis Supported



MBUS
Supported



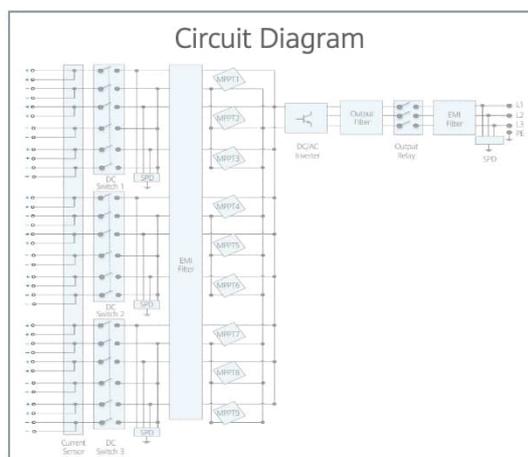
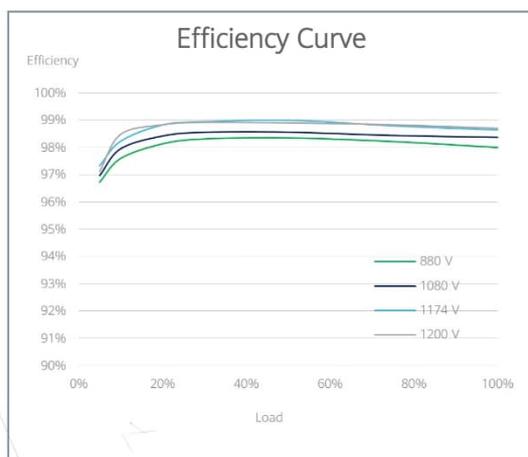
Fuse Free
Design



Surge Arresters for
DC & AC



IP66
Protection



SOLAR.HUAWEI.COM

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 59 di 69

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

4.5 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 ed 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

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 61 di 69

Attuazione comandi organi MT inviati da utente tramite HMI dello SCADA

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 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 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 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 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

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 63 di 69

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).

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

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 64 di 69



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



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/m²), 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/m², 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).

STUDIOTECNICO 
ing. MarcoBALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 65 di 69

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'Ispektorato 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

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

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
- ✓ 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

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 66 di 69

- ✓ 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
- ✓ 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

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 67 di 69

- ✓ 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.

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
- ✓ 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 la 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

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 68 di 69

- ✓ 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
- ✓ 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

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev.	
SV250-P.10	Relazione Calcoli Elettrici	23/09/2022	R0	Pagina 69 di 69