



# IMPIANTO FOTOVOLTAICO GREENHUB 2 S.R.L. E OPERE DI CONNESSIONE

POTENZA IMPIANTO 18,29 MW - COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO)

## Proponente



GREENHUB 2 S.R.L. , MILANO (MI) VIA GORANI 4, CAP 20123

## Progettazione



TECNOSTUDIO S.R.L. Arch. Diego Zanaica

Via Aquileia, 56 - 35035 Mestrino (PD)  
tel.: +39 0499000684 · email: info@tecnostudio-pd.it  
PEC: tecnostudio@legalmail.com

Viale Bianca Maria, 9  
20122 Milano - Italia  
tel: +39 0242441616  
e mail: milano@tecnostudio-pd.it



## Collaboratori



QUATTROE S.R.L. Ing. Luigi De Santi

Via Primo Maggio, 12A - 35035 Mestrino (PD)  
cell.: 340 3309775 email: info@quattroe.eu



## Coordinamento progettuale



SOLAR-IT s.r.l

VIA ILARIA ALPI 4 - 46100 - MANTOVA (MN) - P.IVA: 02627240209 - PEC: solarit@lamiapec.it  
Tel.: +39 04251431056 - email: info@solaritglobal.com

## Titolo Elaborato

### RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI

LIVELLO PROGETTAZIONE	COD. ELABORATO	FILE NAME	DATA	SCALA
DEFINITIVO	PD_REL.7	-	05/08/24	

## Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	05/08/24		FB - GB - SC	EF	DZ



COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO)  
REGIONE EMILIA-ROMAGNA





# RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI

## INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
2.1	Riferimenti normativi .....	3
2.2	Riferimenti legislativi .....	5
3	DEFINIZIONI .....	8
4	DATI DI PROGETTO.....	9
5	DISPOSITIVI DI PROTEZIONE PER COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA.....	12
5.1	DISPOSITIVO DEL GENERATORE (DDG).....	13
5.2	DISPOSITIVO DI INTERFACCIA (DDI) .....	13
5.3	DISPOSITIVO GENERALE (DG).....	13
5.4	DISPOSITIVO DI RINCALZO (DDR) .....	13
5.5	SISTEMA DI PROTEZIONE GENERALE (SPG).....	13
5.6	SISTEMA DI PROTEZIONE DI INTERFACCIA (SPI).....	14
5.7	PROTEZIONE GENERALE (PG).....	15
6	SICUREZZA DELL'IMPIANTO .....	17
6.1	PROTEZIONE DA CORTO CIRCUITI SUL LATO D.C. DELL'IMPIANTO .....	17
6.2	PROTEZIONE DA CONTATTI ACCIDENTALI LATO D.C. ....	17
6.3	PROTEZIONE DA FULMINI LATO D.C. ....	17
6.4	PROTEZIONE SUL LATO C.A. DELL'IMPIANTO .....	17
6.5	IMPIANTO DI MESSA A TERRA.....	18
7	REALIZZAZIONE LINEE ELETTRICHE.....	19
8	LINEA IN CAVO SOTTERRANEO .....	20
9	OPERE DI RETE.....	21
10	SCELTA DEI CAVI .....	22
11	COLLEGAMENTI A TERRA.....	23

## 1 PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di illustrare i criteri progettuali e le principali caratteristiche tecniche relative alla costruzione di un impianto fotovoltaico associato alla proponente Società "Green Hub 2 S.r.l.", Milano (MI), Via Gorani 4, CAP 20123. Tutte le parti di impianto oggetto della presente valutazione saranno realizzate nel territorio del comune di Bentivoglio (BO) con moduli installati su strutture a terra, ovvero su apposite strutture di sostegno direttamente infisse nel terreno senza l'ausilio di elementi in calcestruzzo, sia prefabbricato che gettato in opera. Di seguito si riporta la denominazione e la potenza nominale di picco dell'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione tecnica:

DENOMINAZIONE IMPIANTO	BENTIVOGLIO
POTENZA DI PICCO DC	18,29 MWp
POTENZA NOMINALE DI IMMISSIONE AC	14,78 MW

L'impianto sarà direttamente collegato alla rete pubblica di trasmissione dell'energia elettrica in alta tensione (grid connected) in modalità di cessione pura, ovvero l'energia prodotta dall'impianto non sarà utilizzata in loco ma totalmente immessa in rete al netto dei consumi per l'alimentazione dei servizi ausiliari necessari al corretto funzionamento ed esercizio dell'impianto stesso.

L'energia prodotta dal generatore fotovoltaico sarà disponibile in corrispondenza della cabina di interfaccia ad una tensione nominale di 30 kV e sarà veicolata verso la SSE di Utenza di elevazione 30/150 kV e da questa poi al punto di connessione alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale) secondo le modalità indicate nella Soluzione Tecnica Minima Generale messa a disposizione dal distributore di rete e-distribuzione S.p.A., che prevedere la realizzazione di un nuovo stallo da realizzarsi presso la CP denominata "Bentivoglio". Tale soluzione prevede la realizzazione di uno stallo in AT in CP con modulo Ibrido Y2 150 kV.

Per coprire la distanza tra l'impianto e la suddetta SSE di Utenza si prevede di realizzare un elettrodotto interrato idoneo al trasporto di energia in media tensione a 30 kV.

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La legislazione e la normativa di riferimento sono quelle riguardanti la salute e la sicurezza dei lavoratori, l'uso razionale dell'energia nonché quelle relative alla qualità dell'opera. L'elenco sotto riportato non deve intendersi esaustivo ma illustrativo di alcune normative.

### 2.1 Riferimenti normativi

- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici
- CEI 17-13/1 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per Bassa Tensione. Parte 1: Apparecchiature di serie soggette a prove di tipo (AS) ed apparecchiature non di serie parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)
- CEI 20-22 Prova d'incendio su cavi elettrici
- CEI 20-38 Cavi per energia a basso sviluppo di fumi opachi e gas acidi isolati con mescola elastomerica con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) con tensioni nominali  $U_0/U$  non superiori a 0,6/1 kV in c.a.
- CEI 20-38/2;Ab Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. Parte 2 – Tensione nominale  $U_0/U$  superiore a 0,6/1 kV in c.a.
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare

Si sottolinea come, in conformità a quanto prescritto dalla Normativa CEI 23-51, i quadri di distribuzione con corrente nominale maggiore di 32 A (e minore di 125 A), sono sottoposti a verifiche analitiche dei limiti di sovratemperatura, secondo le modalità illustrate dalla stessa CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo"

- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in corrente alternata e a 1.500 V in corrente continua
- CEI 81-3 Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato nei comuni d'Italia, in ordine alfabetico
- CEI 81-10/1 Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali
- CEI 81-10/2 Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio
- CEI 81-10/3 Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- CEI 81-10/4 Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture
- CEI EN 60099-1-2 Scaricatori
- CEI EN 60439-1 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 60439-1-2-3 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione

CEI EN 60445 Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico

CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (codice IP)

CEI EN 60555-1 Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni

CEI EN 60904-1 Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione corrente

CEI EN 60904-2 Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento

CEI EN 60904-3 Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento

CEI EN 61215 Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo

CEI EN 61000-3-2 Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3: Limiti; Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase)

CEI EN 61646 (82-12) Moduli fotovoltaici a film sottile per usi terrestri – Qualifica del progetto e approvazione di tipo;

CEI EN 61724 Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati

CEI EN 61727 Sistemi fotovoltaici (FV) – Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete

CEI EN 61730-2 Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) – Parte 2: Prescrizioni per le prove

IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems strutture

UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici

UNI EN 13501-5:2009 Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 5: Classificazione in base ai risultati delle prove di esposizione dei tetti a un fuoco esterno secondo UNI ENV 1187:2007

Sono inoltre considerate le raccomandazioni contenute all'interno delle seguenti Guide:

CEI 0-16;V2 Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica

CEI 11-25 Correnti di corto circuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti

CEI 11-28	Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione
CEI 64-50	Edilizia ad uso residenziale e terziario. Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione per impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri generali
CEI 64-53;Ab	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. Criteri particolari per edifici ad uso prevalentemente residenziale
CEI 82-25	Guida alla progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di generazione fotovoltaica
CEI 99-4	Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale
Terna	Codice di trasmissione dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete (23/11/2015)
ISO 3684	Segnali di sicurezza, colori

Codice Terna

Tabelle di unificazione UNI – CEI – UNEL

Ogni altra prescrizione, regolamentazione o raccomandazione emanata da eventuali enti, applicabile agli impianti e alle loro parti componenti.

## 2.2 Riferimenti legislativi

Legge 1 marzo 1968, n. 186	Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici
Legge 18 ottobre 1977, n. 791	Attuazione della direttiva europea n. 73/23/CEE - Direttiva Bassa Tensione
D.M. 26 giugno 1984	Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi
L. 9 gennaio 1991, n. 9	Norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali
L. 9 gennaio 1991, n. 10	Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia
d. Lgs. 12 novembre 1996, n. 615	Attuazione della direttiva 89/336/CEE del Consiglio del 03/05/1989 in materia di riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica, modificata ed integrata dalla direttiva 92/31/CEE del Consiglio del 28/04/1992, dalla direttiva 93/68/CEE del Consiglio del

22/07/1993 e dalla direttiva 93/97/CEE del Consiglio del 29/10/1993". D.G.R. 5/1 del 28/01/2016

D.M. 10 marzo 2005	Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio
D.M. 09 marzo 2007	Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco
D.M. 22 gennaio 2008, n. 37	Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici
D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81	Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
Nota prot. EM 622/867 del 18 febbraio 2011	Procedure in caso di intervento in presenza di pannelli fotovoltaici e sicurezza degli operatori vigili del fuoco
D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151	Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122
Nota DCPREV prot. n. 1324 del 7 febbraio 2012	Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici - Edizione Anno 2012
Nota prot. n. 6334 del 4 maggio 2012	Chiarimenti alla nota prot. DCPREV 1324 del 7 febbraio 2012 "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici - Edizione 2012"
D.M. 3 agosto 2015	Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139
D.M. 3 settembre 2021	Criteri generali di progettazione, realizzazione ed esercizio della sicurezza antincendio per luoghi di lavoro, ai sensi dell'articolo 46, comma 3, lettera a), punti 1 e 2, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81
D.M. 14 ottobre 2022	Modifiche al decreto 26 giugno 1984, concernente «Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi», al decreto del 10 marzo 2005, concernente «Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio» e al decreto 3 agosto 2015 recante «Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai



sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139».

### 3 DEFINIZIONI

Gli impianti fotovoltaici sono sistemi in grado di captare e trasformare l'energia solare in energia elettrica, l'energia viene poi convertita in corrente elettrica alternata per essere poi immessa nella rete, con la quale lavora in regime di cessione totale. Un impianto fotovoltaico è costituito da un insieme di componenti meccanici, elettrici ed elettronici che captano l'energia solare, la trasformano in energia elettrica, sino a renderla disponibile all'immissione in rete. Il rendimento di conversione complessivo di un impianto è il risultato di una serie di rendimenti, che a partire da quello della cella, passando per quello del modulo, del sistema di controllo della potenza e di quello di conversione, ed eventualmente di quello di accumulo, permette di ricavare la percentuale di energia incidente che è possibile trovare all'uscita dell'impianto, sotto forma di energia elettrica, resa alla rete.

## 4 DATI DI PROGETTO

Il sito individuato per la realizzazione dell'impianto si trova nel Comune di Bentivoglio (BO).

I moduli fotovoltaici installati avranno potenza nominale (@STC) pari a 720 W, saranno del tipo bifacciali e installati "a terra" su strutture di tipo tracker mono assiale nord/sud. I moduli ruoteranno attorno all'asse della struttura da est e ovest inseguendo la posizione del Sole all'orizzonte durante l'arco della giornata.

I moduli fotovoltaici scelti per la realizzazione dell'impianto oggetto della presente relazione sono di tipo bifacciale in grado, cioè di captare la radiazione luminosa sia sul fronte che sul retro del modulo, avranno dimensioni pari a 2.384 x 1.303 x 33 mm (H x L x P) e sono composti da 132 celle per faccia (22 x 6) in silicio monocristallino tipo P. Essi saranno fissati su ciascun tracker in modalità 2 x N, ovvero in file composte da due moduli con lato corto parallelo all'asse di rotazione (nord/sud); le strutture utilizzate nel presente progetto saranno essenzialmente di due tipi, individuate in funzione della loro lunghezza: 2 x 13 moduli e 2 x 26 moduli. L'asse centrale di rotazione sarà collegato a pali di sostegno verticali infissi nel terreno senza l'ausilio di opere in calcestruzzo.

I moduli saranno collegati tra di loro in serie a formare stringhe ciascuna delle quali composta da 26 moduli; la lunghezza di stringa è stabilita in funzione delle caratteristiche del sistema fotovoltaico in termini di tensione massima ammissibile e della potenza complessiva. Congiuntamente al collegamento sul convertitore statico le stringhe saranno opportunamente collegate in parallelo a coppia nell'apposita morsettiera del convertitore; il numero di stringhe è stato valutato in funzione delle correnti in gioco.

Per la conversione della corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata fruibile dal sistema di distribuzione nazionale, saranno utilizzate delle stazioni di trasformazione composte dalla combinazione di inverter, trasformatore BT/AT 0,80/36 kV, quadri elettrici oltre agli apparati di gestione, controllo e protezione necessari al corretto funzionamento ordinario dei suddetti apparati. Ciascuna stazione di trasformazione sarà composta da un box tipo container di dimensioni pari a 6,06 x 2,44 x 2,90 m. Il design di impianto prevede l'utilizzo di inverter di tipo string, ovvero unità statiche di conversione della corrente DC/AC caratterizzate da potenze nominali non molto elevate e dotate di 6 MPPT (vedere paragrafo inverter). Ogni inverter, collocato in campo in testa ai tracker (possibilmente sul lato Nord), è collegato, all'interno dell'alloggiamento di ciascuna stazione di trasformazione al trasformatore BT/MT, al quadro di alta tensione e a tutti gli apparati dedicati alla gestione, controllo e protezione necessari al corretto funzionamento ordinario dei suddetti apparati.

L'impianto fotovoltaico sarà completato dall'installazione di una cabina di interfaccia con una control room, denominata *SW Station*, ubicata in corrispondenza del punto di accesso al campo, in zona facilmente accessibile sia per motivi funzionali che di sicurezza. La cabina di interfaccia sarà realizzata con un manufatto in cemento armato vibrato (c.a.v.) di dimensioni 16,45 x 4,00 x 3,00 m.

Lo spazio all'interno del manufatto sarà organizzato in modo tale da avere un locale per il sezionamento e la protezione dei circuiti di media tensione (collocamento del quadro generale di media tensione), un locale dedicato all'installazione del trasformatore di spillamento MT/BT da 100 kVA dedicato all'alimentazione di tutti i servizi a corredo dell'impianto fotovoltaico e necessari alla gestione del sistema, una control room dove tra l'altro saranno posizionati il quadro generale di bassa tensione e l'armadio rack e, infine, un locale ufficio/deposito.

Il quadro di media tensione collocato all'interno della cabina di interfaccia è l'apparato dove saranno attestate tutte le linee MT provenienti dalle stazioni di trasformazione in campo e rappresenta il punto di interfaccia dell'impianto con la RTN, su di esso sarà infatti attestata anche la linea di collegamento in uscita dal campo verso la Sotto Stazione Elettrica di Utenza e saranno collocate tutte le protezioni indicate dalle vigenti normative tecniche per la connessione come il Sistema di Protezione Generale (SPG) e il Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI).

La control room, invece, è il locale all'interno del quale saranno collocati i principali apparati ausiliari che consentono la corretta gestione ed esercizio dell'impianto come quelli per la trasmissione dati, per il sistema antintrusione e la videosorveglianza.

L'impianto fotovoltaico sarà altresì dotato di un sistema di telecontrollo (SCADA) attraverso il quale sarà possibile monitorare in tempo reale i principali parametri elettrici sia lato impianto che lato rete ed acquisire i dati di misurazione meteorologici eseguiti dalla meteo station in campo (piranometri, anemometri, ecc.). Tutti i dati acquisiti renderanno possibile la valutazione e il controllo delle prestazioni dell'intero sistema. L'impianto di supervisione consentirà anche di eseguire da remoto la modifica del set point di lavoro dei parametri elettrici in rispetto delle richieste del distributore di rete e-distribuzione S.p.A..

Il sistema di illuminazione e videosorveglianza prevede l'installazione dei componenti in campo su pali in acciaio zincato fissati al suolo con pozzetto di fondazione in calcestruzzo dedicato. I pali avranno una altezza di circa 3 m, saranno dislocati ogni circa 40 metri lungo la recinzione perimetrale e su di essi saranno montati corpi illuminanti (che si attiveranno in caso di allarme/intrusione) e le videocamere del sistema di sorveglianza. I cavi di collegamento del sistema saranno alloggiati nello scavo perimetrale eventualmente sfruttando quello già previsto per il passaggio dei cavidotti di ciascun impianto fotovoltaico. Nell'esercizio ordinario degli impianti non sono previsti consumi di energia elettrica, eccezion fatta per il sistema di illuminazione e di videosorveglianza che avranno una loro linea di alimentazione elettrica tradizionale; è prevista l'installazione di un trasformatore di spollamento di potenza pari a 100 kVA per il funzionamento di tutti i sistemi ausiliari.

L'energia prodotta dal generatore fotovoltaico sarà disponibile in corrispondenza della cabina di interfaccia ad una tensione nominale di 30 kV e sarà veicolata verso la SSE di Utenza di elevazione 30/150 kV e da questa poi al punto di connessione alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale) secondo le modalità indicate nella Soluzione Tecnica Minima Generale messa a disposizione dal distributore di rete e-distribuzione S.p.A. L'impianto dovrà quindi essere connesso alla RTN in alta tensione a 150 kV e l'elevazione della tensione di esercizio 30/150 kV avverrà nella nuova SSE di Utenza come da STMG. Per coprire la distanza tra l'impianto e la suddetta SSE di Utenza si prevede di realizzare un elettrodotto interrato con la posa di una terna di cavi idonei al trasporto di energia in media tensione a 30 kV.

Tutti i cavi, ad eccezione dei cavi stringa (collegamento moduli-inverter), saranno posati in trincea ovvero direttamente interrati senza l'ausilio di cavidotti o protezioni meccaniche. In tal caso la profondità di posa dei cavi sarà di 50 cm per illuminazione perimetrale, di 80 cm per i cavi di bassa tensione e 100 cm per quelli di media tensione, tutti saranno opportunamente segnalati mediante la posa di nastro ad una distanza di circa 30 cm verso il piano campagna. Come accennato, fanno eccezione alla posa direttamente interrata in trincea i soli cavi stringa che collegano ciascuna stringa all'inverter di riferimento.



Oltre a quelli interni al campo fotovoltaico, sarà realizzato il collegamento in alta tensione con la SE. Questi collegamenti, esterni all'area di impianto, saranno realizzati per quanto possibile sulla viabilità comunale, statale e rurale esistente; i cavi saranno direttamente interrati in trincea ad una profondità di posa minima di 120 cm. Anche in questo caso la segnalazione della presenza dell'elettrodotto interrato sarà resa obbligatoria.

L'esercizio ordinario dell'impianto fotovoltaico non richiede ausilio o presenza di personale addetto, tranne per le eventuali operazioni di riparazione in caso di guasto o per le operazioni di manutenzione ordinarie e straordinarie.

## 5 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE PER COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA

Gli impianti fotovoltaici sono sistemi in grado di captare e trasformare l'energia solare in energia elettrica, connessi alla rete elettrica di distribuzione (grid-connected): l'energia viene convertita in corrente elettrica alternata per alimentare il carico-utente e/o immessa in rete, con la quale lavora in regime di cessione totale. 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 0-16. Gli impianti risultano equipaggiati con sistemi di protezione che si articolano su tre livelli:

**Dispositivi del generatore (DDG):** Apparecchiatura di manovra e protezione la cui apertura (comandata da un apposito sistema di protezione) determina la separazione del gruppo di generazione;

**Dispositivo di interfaccia (DDI):** Una (o più) apparecchiature di manovra la cui apertura (comandata da un apposito sistema di protezione) assicura la separazione dell'impianto di produzione dalla rete, consentendo all'impianto di produzione stesso l'eventuale funzionamento in isola sui carichi privilegiati;

**Dispositivo generale (DG):** Apparecchiatura di protezione, manovra e sezionamento la cui apertura (comandata dal Sistema di Protezione Generale) assicura la separazione dell'intero impianto dell'Utente dalla rete del Distributore. Nel caso di impianto che presenti un'unica linea di alimentazione (immediatamente a valle del cavo di collegamento) il DG è unico.

**Dispositivo di rialzo (DDR):** Apparecchiatura con idonea capacità di manovra, apertura e sezionamento, la cui apertura separa la rete del Distributore dai gruppi di generazione del produttore nel caso di intervento delle Protezioni di Interfaccia e di mancata apertura del DDI. Il DDR è richiesto nei casi precisati dalla presente norma ed è asservito al Sistema di Protezione di Interfaccia e a una logica di controllo della corretta apertura dello stesso. Il produttore deve prevedere all'interno del proprio impianto uno o più DDR in modo da potere effettuare il ricalzo alla mancata apertura di tutti i DDI presenti. Il DDR può coincidere con il Dispositivo Generale (in tal caso viene indicato con la sigla DGDDR), con il Dispositivo Di Generatore (in tal caso viene indicato con la sigla DDG-DDR) o con un altro dispositivo interposto tra i due (in tal caso viene indicato con la sigla DDR). Non può invece mai coincidere con il DDI.

**Sistema di Protezione Generale (SPG):** Sistema di protezione associato al Dispositivo Generale, composto da:

Trasformatori/trasduttori di corrente con le relative connessioni al relè di protezione;

Relè di protezione generale (PG) con relativa alimentazione;

Circuiti di apertura dell'interruttore.

**Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI):** Sistema di protezione associato al Dispositivo Di Interfaccia, composto da:

Trasformatori/trasduttori di tensione, con le relative connessioni al relè di protezione;

Relè di protezione di interfaccia (PI) con relativa alimentazione;

Circuiti di apertura dell'interruttore (DDI).

**Protezione Generale (PG):** Insieme di protezioni utilizzate per la rilevazione di guasti interni all'impianto dell'utente. La PG è richiesta a tutti gli impianti di utente e agisce sul DG, con la finalità di provocare la separazione dell'impianto dell'utente dalla rete del Distributore in caso di guasti interni all'impianto stesso, in modo selettivo con le protezioni presenti sulla rete di distribuzione.

## 5.1 DISPOSITIVO DEL GENERATORE (DDG)

Ciascuna stazione di trasformazione è protetta da un interruttore automatico con sganciatore di apertura collegato al pannello del dispositivo di interfaccia. Gli inverter sono anche dotati di dispositivi contro le sovratensioni generate in condizioni anomale lato corrente alternata.

## 5.2 DISPOSITIVO DI INTERFACCIA (DDI)

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 0-16.

## 5.3 DISPOSITIVO GENERALE (DG)

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.

## 5.4 DISPOSITIVO DI RINCALZO (DDR)

Il dispositivo di rincalzo è richiesto per la sicurezza dell'esercizio della rete. Per impianti attivi con potenze superiori a 400 kW è necessario prevedere un rincalzo alla mancata apertura del dispositivo d'interfaccia. Il rincalzo consiste nel riportare il comando di scatto, emesso dalla protezione di interfaccia, ad un altro dispositivo di interruzione. Esso è costituito da un circuito, condizionato dalla posizione di chiuso del dispositivo di interfaccia, che agisce sul dispositivo generale, con ritardo non eccedente 1 s. Il temporizzatore viene attivato dal circuito di scatto della protezione di interfaccia. Il ripristino del dispositivo di rincalzo deve avvenire solo manualmente. La soluzione prescelta deve essere comunque approvata dal Distributore.

## 5.5 SISTEMA DI PROTEZIONE GENERALE (SPG)

Il sistema di protezione generale SPG deve essere in grado di funzionare correttamente in tutto il campo di variabilità delle correnti e delle tensioni che si possono determinare nelle condizioni di guasto per le quali è stato previsto. Il SPG deve provvedere a isolare in modo definitivo e selettivo

la sola parte guasta dell'impianto di Utente solo in caso di guasti interni, compatibilmente con lo schema di connessione adottato, senza coinvolgere parti di rete o altri Utenti direttamente o indirettamente connessi. Il SPG non deve intervenire in caso di guasto sulla rete del Distributore. Le protezioni del SPG (Protezione Generale, PG nel seguito) devono agire sull'interruttore generale (ovvero sugli interruttori attestati sulla sbarra Utente, in caso di omissione del DG).

## 5.6 SISTEMA DI PROTEZIONE DI INTERFACCIA (SPI)

Il sistema di protezione di interfaccia (SPI), agendo sul DDI, separa l'impianto di produzione dalla rete di distribuzione evitando che:

- In caso di mancanza della tensione di rete, l'Utente possa alimentare la rete stessa creando situazioni di esercizio in isola non intenzionale;
- In caso di guasto sulla linea MT cui è connesso, l'Utente sostenga il guasto;
- In caso di richiusure automatiche o manuali di interruttori della rete di distribuzione, il generatore convenzionale possa trovarsi in condizioni tali da provocare il danneggiamento dell'albero del generatore stesso.

In particolari situazioni di carico della rete di distribuzione, l'intervento del SPI e la conseguente apertura del DDI potrebbero non avvenire in caso di mancanza dell'alimentazione o di guasti sulla rete. Pertanto, l'Utente attivo deve mettere in atto tutti gli accorgimenti necessari alla salvaguardia dei propri impianti che devono resistere alle sollecitazioni meccaniche causate dalle coppie elettrodinamiche conseguenti alla richiusura automatica rapida degli interruttori di linea in CP o lungo linea.

Per consentire un rapido distacco degli impianti dalla rete in presenza di disturbi su di essa, il sistema di protezione di interfaccia (SPI) previsto per la generalità degli impianti avrà un secondo insieme di regolazioni nello stesso relè, con le seguenti soglie di intervento e temporizzazioni più sensibili:

Minima tensione (27): 85 %	temporizzazione: 0,2 s
Massima tensione (59): 110 %	temporizzazione: 0,1 s
Minima frequenza (81<): 49,8 Hz	temporizzazione: 0,15 s
Minima frequenza (81>): 50,2 Hz	temporizzazione: 0,15 s

Il Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI) associato al DDI prevede relè di frequenza (anche con sblocco voltmetrico), di tensione, e di tensione residua. La protezione d'interfaccia dell'impianto di produzione deve operare in maniera opportuna contemperando le esigenze locali con quelle di sistema attraverso una opportuna funzione di sblocco voltmetrico, volto alla rilevazione di una condizione di guasto sulla rete MT.

Devono quindi essere previste le seguenti protezioni:

- Massima tensione (59, con due soglie);
- Minima tensione (27, con due soglie);
- Massima tensione residua lato mt (59 v0, ritardata);

- Massima frequenza ( $81 > .s1$ , con sblocco voltmetrico);
- Minima frequenza ( $81 < .s1$ , con sblocco voltmetrico);
- Massima frequenza ( $81 > .s2$ , ritardata);
- Minima frequenza ( $81 < .s2$ , ritardata).

La funzione di sblocco voltmetrico è basata sulle funzioni:

Massima tensione residua ( $59V_0$ , sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive  $81 > .S1$  e  $81 < .S1$ );

Massima tensione di sequenza inversa ( $59V_i$ , sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive  $81 > .S1$  e  $81 < .S1$ );

Minima tensione di sequenza diretta ( $27V_d$ , sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive  $81 > .S1$  e  $81 < .S1$ ).

Il SPI deve inoltre avere capacità di ricevere segnali su protocollo serie CEI EN 61850 finalizzati alla gestione del comando di tele-scatto. Per gli impianti definiti nel par. 8.8.6.5, il comando di tele-distacco può anche essere attivato tramite sistema GSM/GPRS (come definito in Allegato M) ed utilizzato al fine di evitare l'isola indesiderata dovuta a manovra intenzionale del Distributore (ad esempio apertura interruttore di Cabina Primaria). Il protocollo IEC 61850 deve essere certificato di livello A da ente esterno CEI UNI EN ISO/IEC 17065 o CEI UNI EN ISO/IEC 17025, relativamente alle funzioni necessarie alla predetta gestione del comando di tele-scatto.

È possibile che PI e PG siano un unico apparecchio e/o, se distinte, che utilizzino TV in comune. Le prove cui sottoporre l'apparecchiatura, in questo caso, dovranno essere relative, sia alle funzioni di PG, che di PI. DG e DDI possono essere coincidenti e/o distinti. Per le funzioni di PI lo scatto deve avvenire obbligatoriamente tramite bobina a mancanza di tensione. La tensione ausiliaria impiegata, per alimentazione di PI e PG, dei circuiti di apertura (a lancio di corrente e/o a mancanza di tensione), di eventuale data logger non integrati in PG, deve essere la medesima. Nel caso PG e PI coincidano, la durata dell'alimentazione ausiliaria deve essere quella attualmente indicata nella presente norma, nel caso la PI sia una protezione a sé stante, l'alimentazione ausiliaria deve consentire il funzionamento della PI per un tempo opportuno.

## 5.7 PROTEZIONE GENERALE (PG)

La regolazione della protezione generale dipende dalle caratteristiche dell'impianto dell'Utente e della rete di alimentazione. I valori di regolazione della protezione generale devono essere impostati dall'Utente sulla base di quanto comunicato dal Distributore d'intesa col Gestore; stante la specificità degli impianti AT, le regolazioni delle protezioni devono essere indicate caso per caso, secondo criteri di selettività. Le caratteristiche funzionali e le regolazioni delle protezioni elettriche, concordate o già impostate sulle protezioni stesse, non possono essere modificate dall'Utente senza il preventivo assenso del Distributore. L'Utente è tenuto ad adeguare le protezioni, installate sui propri impianti, che possano a qualsiasi titolo interferire con il corretto funzionamento della rete, qualora siano caratterizzate da prestazioni, stimate in base alla documentazione o verificate, insufficienti a soddisfare le prescrizioni della norma CEI 0-16. La regolazione della protezione generale dipende dalle caratteristiche dell'impianto dell'Utente e della rete di alimentazione. I valori di regolazione della



protezione generale devono essere impostati dall'Utente sulla base di quanto comunicato dal Distributore, è prevista la possibilità di concordare con il Distributore regolazioni differenti, compatibilmente con le necessità di esercizio e con le caratteristiche della rete di distribuzione.

## 6 SICUREZZA DELL'IMPIANTO

### 6.1 PROTEZIONE DA CORTO CIRCUITI SUL LATO D.C. DELL'IMPIANTO

Gli impianti FV sono realizzati attraverso il collegamento in serie di un determinato numero di 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 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.

### 6.2 PROTEZIONE DA CONTATTI ACCIDENTALI LATO D.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/AT. 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.

### 6.3 PROTEZIONE DA FULMINI LATO D.C.

Un campo fotovoltaico correttamente collegato a massa, non altera in alcun modo l'indice ceuranico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine. I moduli fotovoltaici sono in alto grado insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche di condizionamento della potenza. Per ridurre i danni dovuti ad eventuali sovratensioni i quadri di parallelo stringhe 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.

### 6.4 PROTEZIONE SUL LATO C.A. DELL'IMPIANTO

La limitazione delle correnti del campo fotovoltaico comporta analoga 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.

## 6.5 IMPIANTO DI MESSA A TERRA

Si provvederà alla posa diretta interrata di una corda di rame nudo della sezione minima pari a 25 mm<sup>2</sup> che andrà a collegare tutte le masse e masse estranee presenti in campo e tutti i componenti dell'impianto che necessitano di questo collegamento, inoltre, vista la vastità del campo, si provvederà altresì a realizzare tramite il medesimo collegamento un sistema equipotenziale in grado di evitare l'introduzione nel sistema di potenziali pericolosi sia per gli apparati che per il personale. Al sistema di messa a terra saranno anche collegati tutti gli apparati esistenti come quelli del sistema di supervisione (SCADA), dell'illuminazione perimetrale etc., mentre non saranno ad esso collegati i componenti di classe II e le masse estranee aventi valori di resistenza verso terra maggiori dei limiti imposti da normativa tecnica. Le corde nude di rame saranno riportate all'interno delle stazioni di trasformazione dove è presente un collettore di terra al quale sarà attestato anche il dispersore lato MT, collegato ad anello, anch'esso realizzato tramite corda di rame nudo di sezione minima pari a 35 mm<sup>2</sup>.

## 7 REALIZZAZIONE LINEE ELETTRICHE

La società GREEN HUB 2 S.r.l. con sede in Milano in via Gorani 4 deve provvedere alla realizzazione della linea in cavo cordato interrata a 30 kV originaria nel Comune di Bentivoglio, (BO) e sviluppo lungo viabilità pubblica fino ad arrivare e alla SSE di Utenza di elevazione 30/150 kV e da questa poi al punto di connessione alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale) secondo le modalità indicate nella Soluzione Tecnica Minima Generale messa a disposizione dal distributore di rete e-distribuzione S.p.A., che prevedere la realizzazione di un nuovo stallo da realizzarsi presso la CP denominata "Bentivoglio". Tale soluzione prevede la realizzazione di uno stallo in AT in CP con modulo Ibrido Y2 150 kV.

La società GREEN HUB 2 S.r.l. con sede in Milano in via Gorani 4, deve provvedere alla realizzazione delle linee in cavo cordato interrato:

- 30 kV originario nel Comune di Bentivoglio (BO) e sviluppo lungo viabilità pubblica fino ad arrivare alla Sotto Stazione Elettrica di Utenza;
- 150 kV originario nel Comune di Bentivoglio (BO) e sviluppo lungo viabilità pubblica fino ad arrivare alla Stazione Elettrica denominata "CP Bentivoglio".

così come previsto dalla STNG, al fine di collegare l'impianto di generazione da fonte solare denominato BENTIVOGLIO all'allaccio alla rete del distributore e-distribuzione S.p.A..

Tale realizzazione comporta l'interessamento delle seguenti pubbliche amministrazioni: Comune di Bentivoglio.

## 8 LINEA IN CAVO SOTTERRANEO

La linea in progetto è da realizzarsi quanto più possibile a lato della viabilità statale, comunale e rurale esistente; i cavi saranno direttamente interrati in trincea ad una profondità di posa minima di 120 cm sia per il cavo MT che per il cavo AT. La partenza della linea è prevista dalla cabina di interfaccia su quadro MT a 30 kV, ubicato in prossimità dell'ingresso al campo fotovoltaico, per confluire alla stazione elettrica.

Tale linea risulta necessaria al fine di realizzare il collegamento tra la stazione di trasformazione e il campo fotovoltaico. La linea in oggetto, oltre ad essere adeguatamente dimensionata per la portata di corrente, sarà dimensionata anche in base alla limitazione della caduta di tensione entro valori accettabili. Per realizzare la linea in oggetto saranno utilizzati cavi con conduttore in alluminio e materiale isolante in gomma ad alto modulo, dotato di schermo a nastri di rame su ogni anima e protezione esterna con isolamento solido estruso in gomma etilenpropilenica HEPR o polietilene reticolato XLPE di colore rosso. Il percorso sarà realizzato principalmente a bordo strada, i cavi verranno posati in un letto di sabbia e successivamente protetti da un "tegolo" prefabbricato. Detto "tegolo" verrà a sua volta ricoperto con terreno di riempimento compattato. Il percorso del cavo sarà inoltre segnalato (in caso di attività di scavo successive alla posa stessa) da una rete di plastica forata di colore rosso-arancione e da un nastro di segnalazione in PVC opportunamente interrati. I cavidotti di collegamento elettrico tra l'impianto fotovoltaico fino alla stazione MT/AT viaggiano interrati ad una profondità minima di 100 cm. La realizzazione dei cavidotti interrati così come prospettato, permette il rispetto dei valori imposti dalla normativa (DPCM del 08/07/2003: Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".) sia in termini di intensità del campo elettrico che di induzione magnetica.

## 9 OPERE DI RETE

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento della SSE di Utenza alla centrale della Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Si precisa che in caso di conclusione favorevole dell'iter autorizzativo, l'Autorizzazione Unica rilasciata dalle competenti Amministrazioni, riportante l'autorizzazione alla costruzione ed esercizio dell'impianto, delle opere di connessione e delle opere di rete, sarà volturata per quanto riguarda la parte relativa alla costruzione ed esercizio degli impianti di rete, dalla Green Hub 2 S.r.l. al gestore di rete (e-distribuzione S.p.A.), in quanto le opere di rete saranno di proprietà di quest'ultimo e saranno eserciti dal gestore medesimo.

Per i dettagli sulle opere di rete si rimanda a documentazione specialistica.

## 10 SCELTA DEI CAVI

Il parco fotovoltaico in progetto convoglierà l'energia prodotta verso la Stazione Elettrica, attraverso un elettrodotto interrato costituito cavi in formazione  $2 \times 3 \times 630 \text{ mm}^2$ . Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, saranno del tipo schermato, con conduttore in alluminio, con formazione a trifoglio, o equivalente. Il tracciato dell'elettrodotto ricade prevalentemente su viabilità pubblica esistente, per la quale verrà inoltrata apposita istanza di concessione per la posa e l'esercizio degli elettrodotti. La portata dei cavi, nelle normali condizioni di esercizio, non supera la portata al limite termico stabilita dalle norme CEI.



## 11 COLLEGAMENTI A TERRA

Gli schermi dei cavi MT saranno messi a terra ad entrambe le estremità, in corrispondenza delle terminazioni.