



## **RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA**

**Impianto fotovoltaico da 450 kW con sistema di storage da installarsi sulle coperture del CAAB**

**Ing. Giuseppe Mastropieri**

Via Nino Bixio Scota, 15

40134 – Bologna

C.F. MSTGPP77L08D643U

P.IVA. 02622131205

## Sommario

1. SCOPO DEL DOCUMENTO .....	3
2. DESCRIZIONE PROPOSTA PROGETTUALE .....	3
3. PRODUCIBILITÀ DELL’IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....	5
4. MODULI FOTOVOLTAICI.....	6
5. GRUPPI DI CONVERSIONE .....	7
5.1 Generalità .....	7
5.2 Caratteristiche Tecniche Inverter.....	8
6. STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI .....	9
6.1 Generalità .....	9
7. DATI TECNICI SUI CABLAGGI .....	10
7.1 Connessione tra i moduli .....	10
7.2 Quadri elettrici.....	10
8. CABINA DI TRASFORMAZIONE.....	11
8.1 Quadro di Media Tensione.....	11
8.2 Trasformatore.....	12
9. CABINA DI CONSEGNA .....	13
10. SISTEMA DI ACCUMULO.....	13
11. COLONNINE DI RICARICA .....	14
12. SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM) .....	14
13. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI.....	14
13.1 Generalità .....	14
13.2 Protezione contro i contatti diretti lato corrente alternata .....	14
13.3 Misure di protezione totali .....	15
13.4 Misure di protezioni parziali .....	15
13.5 Misura di protezione aggiuntiva mediante interruttori differenziali.....	16
13.6 Protezione contro i contatti diretti lato corrente continua.....	16

14.	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI .....	16
14.1	Generalità .....	16
14.2	Protezione contro i contatti diretti lato corrente alternata .....	16
14.3	Protezione contro i contatti indiretti lato corrente continua.....	18
15.	CRITERI GENERALI DI ALLACCIAMENTO ALLA RETE ENEL.....	19
15.1	Generalità .....	19
15.2	Interfaccia con la rete elettrica .....	19
16.	IMPIANTO DI MESSA A TERRA (MAT).....	20
17.	PRECAUZIONI PER RIDURRE LA PROPAGAZIONE DELL'INCENDIO.....	20
18.	PREVENZIONE INCENDI E SGANCIO DI EMERGENZA .....	21
19.	VALUTAZIONE RISCHI SCARICHE ATMOSFERICHE .....	21
20.	VERIFICHE TECNICO-FUNZIONALI E DOCUMENTAZIONE TECNICA .....	22
21.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	23

## 1. SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento ha lo scopo di fornire una descrizione tecnica generale del progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza di 449,82 kWp da realizzarsi sulle coperture del CAAB, il Centro Agro-Alimentare di Bologna, con connessione alla rete in Media Tensione (MT).

Ai fini del collegamento dell'impianto alla rete elettrica pubblica si è proceduto ad inoltrare apposita richiesta di connessione ad e-distribuzione S.p.A. ai sensi della Delibera n. 99/08 dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente e s.m.i.. All'emissione del preventivo di connessione da parte di e-distribuzione verranno definite, in rapporto all'assetto attuale della rete, le eventuali opere e gli eventuali oneri di allacciamento ed adempimenti vari che dovessero rendersi necessari ai fini del collegamento dell'impianto. La realizzazione della connessione in parallelo alla rete pubblica, rispetterà le prescrizioni tecniche ed i criteri di allacciamento riportati nella nuova Norma CEI 0-16 - *Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica*. Il presente documento è a corredo della documentazione progettuale definitiva, pertanto dovrà essere interpretato unitamente agli elaborati grafici come planimetrie, schemi e dettagli.

L'impianto fotovoltaico sarà dotato anche di un sistema di accumulo pertanto, parte dell'energia elettrica prodotta sarà consumata in loco, mentre l'esubero potrà in parte essere immagazzinato dal sistema di storage per essere poi utilizzato dalle utenze nelle ore notturne. Il surplus di energia sarà venduto alla rete elettrica, come da normative vigenti.

Infine in un'ottica di riduzione degli sprechi di energia, aumento dell'eco-efficienza e del risparmio e di sviluppo di un sistema di trasporto ecosostenibile si prevede di installare delle colonnine per la ricarica elettrica dei veicoli nell'area parcheggio in modo da essere anche a disposizione dei dettaglianti.

Tale iniziativa è in accordo con gli impegni nazionali e internazionali volti alla riduzione delle concentrazioni di gas ad effetto serra nell'atmosfera. In particolare, con questo intervento si intende utilizzare l'energia solare, in alternativa alle fonti tradizionali di energia, per la produzione di energia elettrica, attraverso la conversione fotovoltaica.

## 2. DESCRIZIONE PROPOSTA PROGETTUALE

L'impianto fotovoltaico sarà connesso in parallelo alla rete elettrica in MT di Enel Distribuzione S.p.A. e opererà in regime di cessione parziale accedendo al sistema del Ritiro Dedicato.

Esso sarà composto da moduli in silicio cristallino e inverter di stringa e sarà dotato di sistema di accumulo (EESS: Electrical Energy Storage System) che permetterà di immagazzinare l'energia elettrica prodotta e non istantaneamente consumata dalle utenze per consentirne l'utilizzo in un momento successivo quando sarà necessaria.

L'impianto fotovoltaico sarà installato su alcune aree della copertura prevalentemente piana della palazzina uffici del CAAB. Con riferimento alle esigenze del cliente e alle aree disponibili individuate, l'impianto è stato dimensionato in

modo tale da costituire un campo fotovoltaico di potenza totale di picco pari a **449,82 kWp**, costituito da 1.666 moduli ciascuno di potenza pari a 270 Wp.

La superficie captante dei moduli sarà di circa 2.772 m<sup>2</sup>.

L'impianto fotovoltaico sarà composto da n.9 sottocampi ognuno dei quali farà capo ad un inverter di stringa di potenza nominale pari a 50 kW. Ognuno dei nove inverter avrà in ingresso un numero di stringhe come riportato nella tabella seguente:

INVERTER	N. STRINGHE	MODULI PER STRINGA	POTENZA PER INVERTER [kW]
1	9	21	51,03
2	9	21	51,03
3	9	21	51,03
4	9	21	51,03
5	9	20	48,6
6	9	20	48,6
7	9	20	48,6
8	9	20	48,6
9	10	19	51,3
<b>POTENZA TOTALE</b>		<b>449,82 kWp</b>	

Tabella 1 – Suddivisione stringhe per inverter

Gli inverter saranno ubicati all'esterno, nell'area compresa tra l'edificio centrale e l'edificio uffici lato nord, posati a parete mediante apposite staffe, come meglio rappresentato nelle Tav. 02 e Tav. 03. Le pareti su cui saranno posati sono le pareti che delimitano l'atrio di ingresso agli uffici e l'edificio del mercato. Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche delle aree della copertura e la distribuzione delle stringhe su di esse, divise per inverter.

COPERTURE EDIFICI	AZIMUT	TILT	INVERTER
EDIFICIO CENTRALE	23° SUD-OVEST	2°	– 36 stringhe da 21 moduli (inverter n. 1-2-3-4) – 4 stringhe da 20 moduli (inverter n.8)
EDIF. UFFICI LATO SUD	23° SUD-OVEST	0°	– 16 stringhe da 20 moduli (inverter n. 5-6)
EDIF. UFFICI LATO NORD	23° SUD-OVEST	0°	– 16 stringhe da 20 moduli (inverter n. 6-7-8) – 10 stringhe da 19 moduli (inverter n.9)

Tabella 2 – Suddivisione stringhe sulle coperture

### 3. PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

I dati relativi all'irraggiamento e alla producibilità stimata per l'impianto fotovoltaico sono stati ricavati dal portale WEB PVGIS, portale informativo dell'Unione Europea sull'irraggiamento medio annuo relativo alle principali località europee. Le assunzioni sono state le seguenti:

Caratteristiche del sito:

- *latitudine:* 44°31'6" N
- *longitudine:* 11°24'46" E
- *altitudine:* 40 m s.l.m.
- *Potenza nominale del sistema FV:* 1.0 kW (silicio cristallino)
- *Stime di perdite causata dalla temperatura e irradianza bassa:* 9.4% (temp. esterna locale)
- *Stima di perdite causate da effetti di riflessione:* 3.8%
- *Altre perdite (cavi, inverter, ecc.):* 9.5%
- *Perdite totali del sistema FV:* 21.2%

Sistema fisso: inclinazione=0 gradi, orientamento=0 gradi					
Mese	Ed	Em	Hd	Hm	
Gen	1.04	32.1	1.28	39.6	
Feb	1.98	55.5	2.38	66.8	
Mar	3.09	95.9	3.75	116	
Apr	3.88	117	4.83	145	
Mag	4.85	150	6.15	191	
Giu	5.20	156	6.75	202	
Lug	5.42	168	7.13	221	
Ago	4.53	140	5.97	185	
Set	3.48	104	4.45	133	
Ott	2.19	67.8	2.74	85.0	
Nov	1.23	37.0	1.55	46.6	
Dic	0.96	29.6	1.21	37.6	
Anno	3.16	96.1	4.03	122	
Totale per l'anno		1150		1470	

Con:

- **Ed:** Produzione elettrica media giornaliera dal sistema indicata (kWh)
- **Em:** Produzione elettrica media mensile dal sistema indicata (kWh)
- **Hd:** Media dell'irraggiamento giornaliero al metro quadro ricevuto dai pannelli del sistema (kWh/m<sup>2</sup>)
- **Hm:** Media dell'irraggiamento al metro quadro ricevuto dai pannelli del sistema (kWh/m<sup>2</sup>)

L'energia massima producibile teoricamente in un anno per kWp è quindi pari a:  $E_{\text{anno}} = 1.150$  [kWh/kWp].

Quindi l'energia producibile dall'impianto in oggetto sarà pari a:

$$E_{\text{Tot}} = 450 \text{ kWp} \times 1150 \text{ [kWh/kWp]} = \mathbf{517.500 \text{ kWh}}$$

L'impianto è realizzato per avere una potenza attiva lato corrente alternata, superiore all'80% del valore della potenza nominale del campo stesso, in STC (Standard Test Conditions: radianza solare = 1000 W/ m<sup>2</sup>, temperatura di cella fotovoltaica =25°C, condizioni del cielo = Air Mass 1,5).

## 4. MODULI FOTOVOLTAICI

Il modulo scelto per il generatore fotovoltaico è a tecnologia policristallina tipo Solar Fabrik, serie Premium L poly, o similare, da 270W, di dimensioni (1667x998x35) mm e peso 18,5 kg.

La preferenza progettuale per tale prodotto è scaturita in considerazione di alcuni aspetti preponderanti a seguito riportati.

**Rendimento** Rendimento alto rispetto alle tecnologie a film sottile e potenza maggiore in relazione alla superficie del modulo; minore superficie utilizzata in relazione alla potenza generata.

**Ergonomia** Composto da una cornice in alluminio anodizzato che rende il modulo leggero, facilmente si adatta a diverse esigenze di fissaggio/montaggio grazie alla cornice preforata, senza alterare il funzionamento e le garanzie di resistenza meccanica del modulo.

**Costo contenuto** Costo competitivo in relazione alla potenza e alla superficie totale occupata per l'impianto.

**Impatto visivo** i processi di fabbricazione della tecnologia rendono il modulo gradevole alla vista, caratteristico è l'effetto dei diversi cristalli assemblati. La superficie stessa con finitura in vetro temperato atta ottimizzare la ricezione dei raggi, sfavorisce i sedimenti di sporcizia, totale eliminazione del fenomeno di rifrazione.

Di seguito le principali caratteristiche tecniche:

Electrical data under STC (Standard Test Conditions: 1000 W/m<sup>2</sup>, 25 °C, AM 1.5)

Rated power	P <sub>max</sub>	250 W	255 W	260 W	265 W	270 W	275 W
Sorting limits of performance		0/+5 W	0/+5 W	0/+5 W	0/+5 W	0/+5 W	0/+5 W
Voltage	U <sub>MPP</sub>	29,97 V	30,08 V	30,18 V	30,29 V	30,39 V	30,5 V
Open circuit voltage	U <sub>OC</sub>	37,49 V	37,69 V	37,90 V	38,10 V	38,31 V	38,51 V
Current	I <sub>MPP</sub>	8,35 A	8,48 A	8,62 A	8,75 A	8,88 A	9,02 A
Short-circuit current	I <sub>SC</sub>	8,86 A	8,94 A	9,02 A	9,10 A	9,18 A	9,26 A
Efficiency		15,0 %	15,3 %	15,6 %	15,9 %	16,2 %	16,5 %

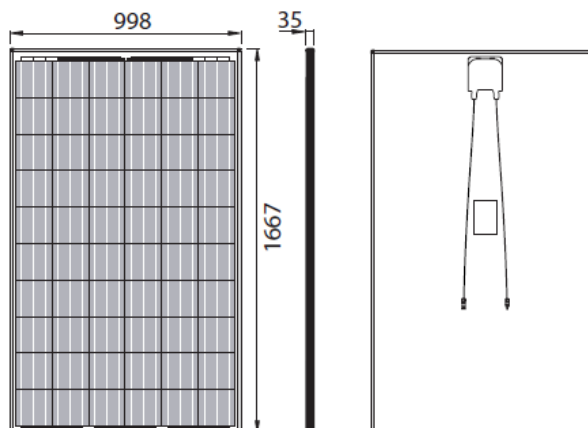
### Temperature data

Power temperature coefficient	T <sub>k</sub> (P <sub>MPP</sub> )	-0,43 %/K
Voltage temperature coefficient	T <sub>k</sub> (U <sub>OC</sub> )	-0,32 %/K
Current temperature coefficient	T <sub>k</sub> (I <sub>SC</sub> )	0,04 %/K

### Further information

Number of cells	60
Max. system voltage	1000 V
Reverse current loading capability	17 A
Front cover	Special hardened low-iron glass with anti-reflex coating, Glare reduced to a minimum
Module connection	TE Solarlok Junction box 3 bypass diodes IP 67 no potting, 2 x approx. 0.95 m solar cable Ø 4 mm <sup>2</sup> , plug connector PV4
Snow load*	Premium L poly innoframe framed: 5400 Pa $\hat{=}$ 550 kg/m <sup>2</sup>

**Premium L poly**  
**Weight:**  
 approx. 18,5 kg



## 5. GRUPPI DI CONVERSIONE

### 5.1 Generalità

Il gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata (o inverter) attua il condizionamento e il controllo della potenza trasferita. Esso deve essere idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. In particolare il gruppo deve essere rispondente alle norme su EMC e alla Direttiva Bassa Tensione (73/23/CEE e successiva modifica 93/68/CEE).

I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura devono essere compatibili con quelli del campo fotovoltaico cui è connesso, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita devono essere compatibili con quelli della rete del distributore alla quale viene connesso. Il convertitore deve, preferibilmente, essere basato su inverter a commutazione forzata (con tecnica PWM) ed essere in grado di operare in modo completamente automatico, inseguendo il punto di massima potenza (MPPT) del campo fotovoltaico. Tra i dati di targa deve figurare la potenza nominale dell'inverter in c.c. e in c.a, nonché quella massima erogabile continuativamente dal convertitore e il campo di temperatura ambiente alla quale tale potenza può essere erogata. Tra i dati di targa dovrebbero figurare inoltre l'efficienza, la distorsione e il fattore di potenza. L'inverter deve essere progettato in modo da evitare, così come nei quadri elettrici, che la condensa si formi nell'involucro IP65; questo in genere è garantito da una corretta progettazione delle distanze fra le schede elettroniche. Un'ultima nota riguarda le possibili interferenze prodotte. I convertitori per fotovoltaico sono, come tutti gli inverter, costruiti con dispositivi a semiconduttore che commutano (si accendono e si spengono) ad alta frequenza (fino a 20kHz); durante queste commutazioni si generano dei transitori veloci di tensione che possono propagarsi ai circuiti elettrici ed alle apparecchiature vicine dando luogo ad interferenze. Le interferenze possono essere condotte (trasmesse dai collegamenti elettrici) o irradiate (trasmesse come onde elettromagnetiche).



Gli inverter devono essere dotati di marcatura CE, ciò vuol dire che si presume che rispettino le norme che limitano queste interferenze ai valori prescritti, senza necessariamente annullarle. Inoltre le verifiche di laboratorio sono eseguite in condizioni standard che non sono necessariamente ripetute sui luoghi di installazione, dove peraltro possono essere presenti dispositivi particolarmente sensibili.

Quindi, per ridurre al minimo le interferenze è bene evitare di installare il convertitore vicino a apparecchi sensibili e seguire le prescrizioni del costruttore, ponendo attenzione alla messa a terra dell'inverter e collegandolo il più a monte possibile nell'impianto dell'utente utilizzando cavidotti separati (sia per l'ingresso dal campo fotovoltaico che per l'uscita in ca).

## 5.2 Caratteristiche Tecniche Inverter

Per l'impianto in oggetto si è previsto di installare n.9 inverter del tipo ABB TRIO-50.0-TL-OUTD versione SY, o similare, completo di wiring box lato DC e lato AC. La wiring box lato DC contiene fusibili a protezione di ogni stringa in ingresso, sezionatore di manovra e scaricatore di sovratensione. La wiring box lato AC contiene il sezionatore e lo scaricatore di sovratensione. Le caratteristiche principali degli inverter previsti sono riportate nella scheda tecnica riportata di seguito.

Dati tecnici e modelli	
Modello	TRIO-50.0-TL-OUTD
Ingresso	
Massima tensione assoluta DC Ingresso ( $V_{maxDC}$ )	1000 V
Tensione di attivazione DC di Ingresso ( $V_{act}$ )	420...700 V (Default 420 V)
Intervallo operativo di tensione DC Ingresso ( $V_{minDC}...V_{maxDC}$ )	0,7x $V_{max}$ ...950 V (min 300 V)
Tensione nominale DC Ingresso ( $V_{DC}$ )	610 Vdc
Potenza nominale DC di Ingresso ( $P_{DC}$ )	52000 W
Numero di MPPT Independenti	1
Intervallo MPPT di tensione DC ( $V_{MPPTmin}...V_{MPPTmax}$ ) a $P_{DC}$	480-800 Vdc
Massima corrente DC Ingresso ( $I_{maxDC}$ )	108 A
Massima corrente di cortocircuito di Ingresso	160 A
Numero di coppie di collegamento DC Ingresso	12 (-5X/-5Y), 16 (-5X)
Tipo di connessione DC	Connettore PV ad Innesito rapido <sup>®</sup> (versione -5X e -5Y) Morsettilera a vite (versione Standard e -5)
<b>Protezioni di Ingresso</b>	
Protezione da Inversione di polarità	Sì, da sorgente limitata In corrente
Protezione da sovratensione di Ingresso - varistore	Sì, 2
Protezione da sovratensione di Ingresso - scaricatore per barra DIN	Tipo 2 (versione -5X) / Tipo 1+2 (versione -5Y)
Controllo di Isolamento	In accordo alla normativa locale
Caratteristiche sezionatore DC (versione con sezionatore DC)	200 A / 1000 V
Caratteristiche fusibili (ove presenti)	15 A / 1000 V
<b>Uscita</b>	
Tipo di connessione AC alla rete	Trifase (3W+PE o 4W+PE)
Potenza nominale AC di uscita ( $P_{out} @ \cos\phi=1$ )	50000 W
Potenza massima AC di uscita ( $P_{max} @ \cos\phi=1$ )	50000 W
Potenza apparente massima ( $S_{max}$ )	50000 VA
Tensione nominale AC di uscita ( $V_{AC}$ )	400 V
Intervallo di tensione AC di uscita	320...480 V <sup>~</sup>
Massima corrente AC di uscita ( $I_{ACmax}$ )	77 A
Contributo alla corrente di corto circuito	92 A
Frequenza nominale di uscita (Hz)	50 Hz / 60 Hz
Intervallo di frequenza di uscita ( $f_{min}...f_{max}$ )	47...53 Hz / 57...63 Hz <sup>~</sup>
Fattore di potenza nominale e intervallo di agglustabilità	> 0.995; 0...1 Induttivo/capacitivo con massima $S_{max}$
Distorsione armonica totale di corrente	<3%
Sezione massima cavo AC consentita	95 mm <sup>2</sup> rame (150 mm <sup>2</sup> alluminio con TRIO-ALUMINUM-KIT)
Tipo di connessioni AC	Morsettilera a vite, pressa cavo PG42
<b>Protezioni di uscita</b>	
Protezione anti-Islanding	In accordo alla normativa locale
Massima protezione da sovracorrente AC	100 A
Protezione da sovratensione di uscita - varistore	Sì, 4
Protezione da sovratensione di uscita - scaricatore per barra DIN (versioni -5X)	4, Tipo 2
<b>Prestazioni operative</b>	
Efficienza massima ( $\eta_{max}$ )	98.3%
Efficienza pesata (EURO/CEC)	98.0% / -
<b>Comunicazione</b>	
Monitoraggio remoto	VSN300 Wifi Logger Card (opz.), VSN700 Data Logger (opz.)
Monitoraggio locale wireless	VSN300 Wifi Logger Card (opz.)
Interfaccia utente	LEDs, Display (opzionale)
Interfaccia comunicazione	2 (RS485)
<b>Ambientali</b>	
Temperatura ambiente	-25...+60°C / -13...14°F con derating 50°C / 140°F
Umidità relativa	4%...100% condensa
Pressione di emissione acustica, tipica	75 dB(A) @ 1 m
Massima altitudine operativa senza derating	2000 m / 6560 ft
<b>Fisici</b>	
Grado di protezione ambientale	IP65 (IP54 per sezione di raffreddamento)
Sistema di raffreddamento	Aria forzata
Dimensioni (H x L x P)	725 mm x 1491 mm x 315 mm / 28.5" x 58.7" x 12.4"
Peso	95 kg / 209 lbs total, 66 kg / 145 lbs modulo di potenza, 15 kg / 33 lbs per wiring box AC (full optional), 14kg / 31 lbs per wiring box DC (full optional)
Sistema di montaggio	Staffe a parete, supporto orizzontale

## 6. STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI

### 6.1 Generalità

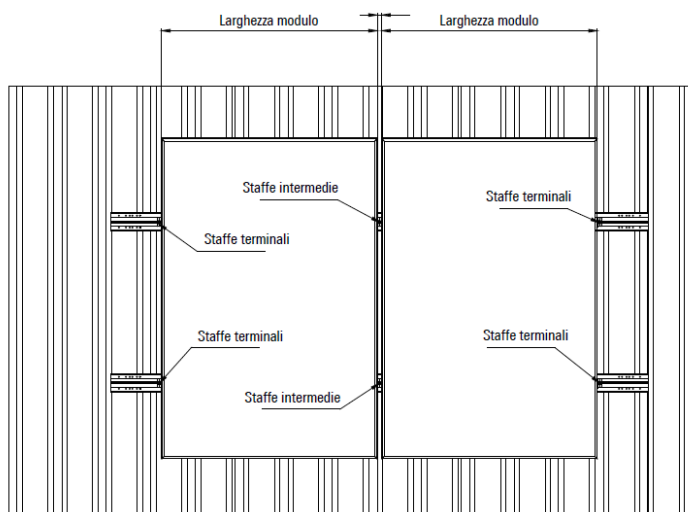
Le aree su cui saranno installati i moduli fotovoltaici sono di due tipi, la copertura dell'edificio centrale, leggermente inclinata rispetto all'orizzonte di circa 2 gradi e la copertura delle due palazzine uffici, completamente piana.

Sulla copertura esistente sarà applicata una lamiera grecata alla quale verranno ancorati i profilati. I moduli saranno fissati ai profilati a mezzo di idonee piastre e bulloni.

La struttura di appoggio sarà realizzata in modo tale che i moduli fotovoltaici risultino complanari al piano della copertura e sarà in grado di reggere il peso proprio più il peso dei moduli e di resistere alle due principali sollecitazioni costituite dal carico neve e dall'azione del vento agente sul piano dei moduli che stabiliscono le norme all'uopo applicabili.

Dal calcolo strutturale, effettuato sulla base del progetto strutturale dell'edificio, è stato possibile verificare che il peso proprio dell'impianto non rappresenta per il solaio di copertura un aggravio tale da comprometterne la tenuta. La copertura, dunque, risulta idonea ad alloggiare il nuovo impianto fotovoltaico. Tale condizione dovrà comunque essere nuovamente verificata in fase di progettazione esecutiva sulla base degli specifici materiali e modalità di posa in opera adottati.

La lamiera grecata e i profilati di fissaggio dei moduli fotovoltaici saranno ancorati alla copertura dell'edificio in modo da non compromettere le caratteristiche di impermeabilità della stessa. Le verifiche locali e globali delle strutture interessate dall'intervento e le tavole esecutive contenenti i dettagli tecnici inerenti le metodologie di impermeabilizzazione, di ancoraggio, e quant'altro occorra per una corretta posa in opera della nuova copertura dovranno far parte integrante della progettazione esecutiva dell'opera.



I profilati saranno del tipo WURTH, modello FMP, o similare, in alluminio EN – AW 6063 con trattamento termico T6, idoneo per fissaggio su tetti in lamiera, di altezza 25mm e base piana con ali laterali per fissaggio simmetrico alla struttura. Il profilato deve avere guida centrale per il fissaggio con viti testa a martello o con sistema a scatto.

La graffa centrale sarà del tipo WURTH, modello Easy Click, o similare, in alluminio per il fissaggio di moduli fotovoltaici con cornice di spessore da

30mm a 51mm, con sistema di aggancio a scatto esterno su profilati. Tutta la minuteria deve essere in acciaio inox A2. La graffa deve avere vite antifurto.

La graffa terminale sarà del tipo WURTH, modello Easy Click, o similare, in alluminio adatta al fissaggio di moduli fotovoltaici con cornice di spessore da 30mm a 50mm, con sistema di aggancio a scorrimento su profilati. Tutta la minuteria deve essere in acciaio inox A2. La graffa deve avere vite antifurto.

## 7. DATI TECNICI SUI CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC.
- Tipo FG21 se in esterno o FG7 se in cavidotti su percorsi interrati.
- Tipo N07V-K se all'interno di cavidotti di edifici.

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

### 7.1 Connessione tra i moduli

I pannelli fotovoltaici sono generalmente già dotati di scatola di giunzione stagna e non apribile; in uscita dalla scatola sono collegati i cavi di lunghezza opportuna, terminati con spine di tipo MULTI-CONTACT. I collegamenti elettrici della singola stringa saranno realizzati utilizzando questi stessi cavi, già in dotazione ai pannelli fotovoltaici. I cavi tra i moduli a formare le stringhe saranno posati opportunamente e fissati alla struttura tramite fascette.

### 7.2 Quadri elettrici

Quadro di campo lato corrente continua: non si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore poiché ogni inverter è dotato di wiring box lato DC che assolve tutte le funzioni di protezione e sezionamento previste lato DC.

Quadro di parallelo lato corrente alternata: si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata a valle dei convertitori statici per la protezione, la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter.

## 8. CABINA DI TRASFORMAZIONE

La cabina di trasformazione sarà a struttura monoblocco del tipo TCT modello 573, o similare, composta da un unico vano che conterrà il quadro generale in BT, il trasformatore elevatore di tensione BT/MT e gli organi di comando e protezione MT contenuti negli appositi scomparti, come rappresentato negli elaborati grafici allegati alla presente.

Il quadro generale BT conterrà la protezione di interfaccia (CEI 0-16), quella di rinalzo e le protezioni delle linee che alimenteranno le utenze del produttore. All'interno della cabina di trasformazione è prevista anche l'installazione dei gruppi di misura dell'energia prodotta (M2) e dell'energia scambiata dal sistema di accumulo (M3).

Si precisa che il quadro generale BT, ubicato nella cabina di trasformazione, è stato dimensionato per contenere anche le protezioni delle utenze del CAAB che in futuro saranno collegate al nuovo punto di connessione, ma tali opere non sono comprese tra quelle oggetto del bando.

La cabina prevista è di tipo prefabbricato, pertanto non necessita di fondazioni in cemento. La cabina è dotata di impianto di illuminazione ordinario e di emergenza, forza motrice, alimentate da apposito quadro BT installato in loco, nonché di accessori normalmente richiesti dalle normative vigenti (schema del quadro, cartelli comportamentali, tappeti isolanti 20kV, guanti di protezione 20kV, estintore ecc.). Il sostegno dei circuiti ausiliari dei quadri per la sicurezza e per il funzionamento continuativo dei sistemi di protezione elettrica avverrà da gruppi di continuità (UPS) installati in loco.

### 8.1 Quadro di Media Tensione

Il Quadro di Media Tensione sarà completamente assemblato in fabbrica e certificato, conforme alle IEC 62271-200 e sarà del tipo Schneider Electric, sistema SM6. Il sistema SM6 è composto da unità di tipo modulare compatte ad isolamento in aria, equipaggiate con apparecchiature di interruzione e sezionamento isolate in SF6.

Esso avrà le seguenti caratteristiche elettriche:

- Tensione di esercizio: 20kV
- Tensione Nominale: 24kV
- Tensione di Isolamento a f.i. 50Hz 1': 50kV
- Corrente Nominale: 630A
- Corrente di breve durata: 12,5kA
- Corrente limite dinamica: 40kA

Il quadro sarà realizzato dai seguenti moduli:

- N° 1 Scomparto M.T. tipo Schneider Electric, GAM2, "Unità di arrivo", larghezza 375 mm, o similare.
- N° 1 Scomparto M.T. tipo Schneider Electric, DM1-P, "Unità interruttore con sezionatore e partenza cavo", larghezza 750 mm., o similare, contenente le seguenti apparecchiature:
  - interruttore isolato in SF6
  - sezionatore e sezionatore di terra a monte dell'interruttore
  - sezionatore di messa a terra a valle dell'interruttore
  - sistema di sbarre trifase
  - comando interruttore tipo RI
  - comando sezionatore tipo CS
  - indicatore di presenza tensione per 36 kV
  - 2/3 trasformatori di corrente o in alternativa n° 3 trasformatori tipo LPCT
  - contatti ausiliari sull'interruttore
  - blocco a chiave sul sezionatore di linea in posizione di chiuso
  - blocco a chiave sui sezionatori di messa a terra in posizione di chiuso
  - blocco a chiave sull'interruttore in posizione di aperto
  - cella BT 100 mm per 24 kV
  - resistenza anticondensa 150 W per 36 kV
  - LSC2A
  - sistema di protezione e controllo con funzioni 50-51 e funzione omopolare 51N tipo SEPAM 40 S41 della Schneider Electric rispondente alla norma CEI 0-16, composto da: cassetto portastrumenti b.t., relè di protezione, n°3 trasformatori amperometrici, n°1 trasformatore toroidale chiuso;
  - N° 3 trasformatori voltmetrici fase terra 20000:√3/100:3/100: √3 per rilievo tensione omopolare;

Il sistema comprenderà un gruppo di continuità tipo APC Smart-UPS RT 1000VA rack 2U o equivalente, con le seguenti caratteristiche: potenza di uscita 700 Watt/1000 VA; potenza configurabile max 700 Watt/1000 VA; tensione di uscita nominale 230V.

## 8.2 Trasformatore

Si prevede l'installazione di un trasformatore da 500 kVA in resina che avrà le seguenti caratteristiche tecniche:

- Potenza nominale serv. cont.           KVA 500
- Tensione nominale primaria           V 20.000 +- 2x2,5%
- Tensione secondaria a vuoto         V 400
- Frequenza                                 Hz 50

- Collegamento primario                      triangolo
- Collegamento secondario                  stella+N
- Gruppo vettoriale                            Dyn11
- Tensione di c.to cto                        % 6

## 9. CABINA DI CONSEGNA

La cabina di consegna dell'energia in MT sarà del tipo prefabbricato conforme alla DG 2092 di Enel. Essa sarà composta da due locali:

- Locale misure, contenente i contatori dell'energia scambiata
- Locale del distributore di energia, contenente le apparecchiature MT di proprietà del distributore stesso.

La cabina sarà dotata di impianto di illuminazione ordinario e di emergenza, forza motrice per tutti i locali, alimentati da apposito quadro BT installato in loco, nonché di accessori normalmente richiesti dalle normative vigenti (schema del quadro, cartelli comportamentali, tappeti isolanti 20kV, guanti di protezione 20kV, estintore ecc.).

## 10. SISTEMA DI ACCUMULO

Il sistema di accumulo sarà ubicato a terra in area esterna e precisamente nei pressi delle cabine elettriche (si vedano gli elaborati grafici allegati). Trattasi infatti di un sistema di tipo "outdoor", adatto ad installazioni all'aperto con grado di protezione IP67. Il sistema di accumulo previsto è del tipo con collegamento lato corrente alternata, a monte del contatore di produzione M2, definito sistema di accumulo lato post produzione. Esso funzionerà in modo che i carichi dell'utente saranno alimentati in via prioritaria dall'impianto fotovoltaico, in subordine dal sistema di accumulo e come ultima possibilità prelevando energia dalla rete.

Il sistema di accumulo previsto, del tipo Powerpack prodotto da Tesla, o similare, è un sistema modulare composto da batterie ricaricabili agli ioni di litio, da un sistema di conversione di potenza bidirezionale e un controller di livello in grado di svolgere un'ampia gamma di applicazioni.

Il sistema di accumulo avrà le caratteristiche di seguito elencate:

- Potenza    50 kW (AC)
- Tensione CA                                        Trifase 380-480 V
- Capacità di energia                            210 kWh (AC)
- Dimensioni:
  - POWERPACK: L x P x H (1308 x 822 x 2185) mm, Peso 1622 kg
  - INVERTER INDUSTRIALE: L x P x H (1014 x 1254 x 2192) mm, Peso 1200 kg

## 11. COLONNINE DI RICARICA

È prevista l'installazione di n.3 colonnine di ricarica compatibili con tutte le auto elettriche presenti e future. Esse saranno conformi al Modo 3 della normativa internazionale IEC 61851-1. La norma prevede un'elettronica di controllo che utilizza un sistema di comunicazione "universale" tra la stazione ed il veicolo attraverso un circuito PWM (Pulse Width Modulation), necessario per garantire la sicurezza del processo di ricarica, sia per le persone che per evitare danneggiamenti del pacco batterie del veicolo.

Per la ricarica dei veicoli elettrici in corrente alternata AC sono previste quattro tipologie di connettori di ricarica:

- TIPO 1 si trova solo Lato Veicolo.
- TIPO 2 si trova sia Lato Veicolo sia Lato Colonnina.
- TIPO 3A e il TIPO 3C sono connettori solo Lato Colonnina.

Le colonnine previste nel progetto saranno dotate ognuna di 2 prese:

- una di tipo T3A da 3,7 kW (per scooter e piccoli autoveicoli) con tempo di ricarica di 5 ore;
- l'altra di tipo T2 da 22 kW (per auto) a tempo di ricarica di 1 ora.

Le colonnine saranno alimentate dall'impianto fotovoltaico e andranno quindi a massimizzare l'autoconsumo.

## 12. SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio del sistema, permette di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le caratteristiche tecniche (Tensione, corrente, potenza etc.) di ciascun inverter. È possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

Tramite il sensore di irraggiamento e temperatura, determina la resa prevista dell'impianto e la confronta alla resa effettiva registrata dall'inverter.

## 13. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

### 13.1 Generalità

Si ha un contatto diretto quando una parte del corpo umano viene a contatto con una parte dell'impianto elettrico normalmente in tensione (conduttori, morsetti, ecc.).

### 13.2 Protezione contro i contatti diretti lato corrente alternata

Si attua la protezione contro i contatti diretti ponendo in essere tutte quelle misure e accorgimenti idonei a proteggere le persone dal contatto con le parti attive di un circuito elettrico.

La protezione può essere parziale o totale.

La scelta tra la protezione parziale o totale dipende dalle condizioni d'uso e d'esercizio dell'impianto (può essere parziale solo dove l'accessibilità ai locali è riservata a persone addestrate).

La Norma CEI 64-8 prevede inoltre quale misura addizionale di protezione contro i contatti diretti l'impiego di dispositivi a corrente differenziale.

### 13.3 Misure di protezione totali

Sono destinate alla protezione di personale non addestrato e si ottengono mediante:

1. Isolamento delle parti attive. Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:
  - parti attive ricoperte completamente con isolamento che può essere rimosso solo a mezzo di distruzione;
  - gli altri componenti elettrici devono essere provvisti di isolamento resistente alle azioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere soggetto nell'esercizio.
2. Involucri o barriere. Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:
  - parti attive contenute entro involucri o dietro barriere con grado di protezione almeno IP2X o IPXXB;
  - superfici orizzontali delle barriere o involucri a portata di mano, con grado di protezione almeno IP4X o IPXXD;
  - involucri o barriere saldamente fissati in modo da garantire, nelle condizioni di servizio prevedibili, la protezione nel tempo;
  - barriere o involucri devono poter essere rimossi o aperti solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo speciale;
  - il ripristino dell'alimentazione deve essere possibile solo dopo sostituzione o richiusura delle barriere o degli involucri.

### 13.4 Misure di protezioni parziali

Sono destinate unicamente a personale addestrato; si attuano mediante ostacoli o distanziamento.

Impediscono il contatto non intenzionale con le parti attive. Nella pratica sono misure applicate solo nelle officine elettriche. Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni.

1. Ostacoli. Devono impedire:
  - l'avvicinamento non intenzionale del corpo a parti attive;
  - il contatto non intenzionale con parti attive durante lavori sotto tensione nel funzionamento ordinario.
  - Gli ostacoli possono essere rimossi senza una chiave o un attrezzo speciale, ma devono essere fissati in modo da impedirne la rimozione accidentale.
2. Distanziamento. Deve avvenire:
  - Il distanziamento delle parti simultaneamente accessibili deve essere tale che esse non risultino a portata di mano.
  - La zona a portata di mano inizia dall'ostacolo (per es. parapetti o rete grigliata) che abbia un grado di protezione < IPXXB.



### 13.5 Misura di protezione aggiuntiva mediante interruttori differenziali

La protezione con interruttori differenziali con  $I_{dn} = 300 \text{ mA}$ , pur eliminando gran parte dei rischi dovuti ai contatti diretti, non è riconosciuta quale elemento unico di protezione completa e richiede comunque l'abbinamento con una delle misure di protezione di cui ai precedenti paragrafi.

### 13.6 Protezione contro i contatti diretti lato corrente continua

La protezione contro i contatti diretti deve essere realizzata utilizzando componenti con livello e classe di isolamento adeguati alla specifica applicazione, secondo quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8. Anche l'installazione dei componenti e i relativi cablaggi devono essere effettuati in ottemperanza alle prescrizioni di detta norma.

Si ricorda, a questo proposito, che le misure di protezione contro i contatti diretti, in bassa tensione, possono essere tali da evitare qualsiasi rischio elettrico (protezione totale) oppure no (protezione parziale). Le prime vengono realizzate per proteggere le persone prive di conoscenze dei fenomeni e dei rischi elettrici associati: cioè quelle che nella Norma CEI 11 27 vengono definite Persone Comuni (PEC) e che non eseguono lavori elettrici se non a determinate condizioni; le altre protezioni vengono attuate per le Persone Esperte (PES) o Persone Avvertite (PAV) anch'esse definite nella norma succitata, le quali sono in possesso di adeguate conoscenze dei fenomeni elettrici e vengono appositamente addestrate per eseguire i lavori elettrici.

## 14. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

### 14.1 Generalità

Si attua la protezione contro i contatti diretti ponendo in essere tutte quelle misure e accorgimenti idonei a proteggere le persone dal contatto con le parti attive di un circuito elettrico.

La protezione può essere parziale o totale.

La scelta tra la protezione parziale o totale dipende dalle condizioni d'uso e d'esercizio dell'impianto (può essere parziale solo dove l'accessibilità ai locali è riservata a persone addestrate).

La Norma CEI 64-8 prevede inoltre quale misura aggiuntiva di protezione contro i contatti diretti l'impiego di dispositivi a corrente differenziale.

### 14.2 Protezione contro i contatti diretti lato corrente alternata

Per la protezione contro i contatti indiretti lato corrente alternata potranno essere adottate le seguenti misure.

a) Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione

Tale protezione è realizzata mediante l'impiego di interruttori differenziali coordinati con l'impianto di terra in modo da garantire una tensione di contatto presunta non superiore a 50 V per gli ambienti ordinari e 25 V per gli ambienti speciali. Deve essere soddisfatta la seguente relazione:  $R_a \cdot I_a < 50 \text{ V}$  dove:

- $R_a$  = resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione;
- $I_a$  = corrente che provoca il funzionamento automatico dei dispositivi di protezione.

b) Protezione mediante l'impiego di apparecchiature aventi componenti di classe II o isolamento equivalente.

Il doppio isolamento è ottenuto aggiungendo all'isolamento principale o fondamentale (il normale isolamento delle parti attive) un secondo isolamento chiamato supplementare.

È altresì ammesso dalle Norme la realizzazione di un unico isolamento purché le caratteristiche elettriche e meccaniche non siano inferiori a quelle realizzate con il doppio isolamento; in questo caso l'isolamento è chiamato isolamento rinforzato.

Il tipo di protezione offerto dal doppio isolamento consiste nel diminuire fortemente la probabilità di guasti perché, in caso di cedimento dell'isolamento principale, rimane la protezione dell'isolamento supplementare.

Un'apparecchiatura elettrica dotata di doppio isolamento o di isolamento rinforzato è classificata di classe II.

Gli apparecchi elettrici vengono suddivisi dalle Norme CEI in quattro classi, in base al tipo di protezione offerta contro i contatti indiretti. In particolare:

- Classe 0: apparecchio dotato di isolamento principale e sprovvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.
- Classe I: apparecchio dotato di isolamento principale e provvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.
- Classe II: apparecchio dotato di doppio isolamento o di isolamento rinforzato e sprovvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.
- Classe III: apparecchio destinato ad essere alimentato a bassissima tensione di sicurezza.
- L'isolamento può essere ridotto e non deve essere in alcun modo collegato a terra o al conduttore di protezione di altri circuiti.

c) Protezione mediante separazione elettrica.

Questo tipo di protezione evita correnti pericolose nel caso di contatto con masse che possono andare in tensione a causa di un guasto all'isolamento principale del circuito.

Le prescrizioni da rispettare affinché la protezione sia assicurata sono quelle indicate nella Norma CEI 64 8 (Articoli da 413.5.1.1 fino a 413.5.1.6) ed anche da:

- quanto indicato, sempre dalla stessa Norma al punto 413.5.2, se il circuito separato alimenta un solo componente elettrico;
- quanto indicato al punto 413.5.3, se il circuito separato alimenta più di un componente elettrico.

- Si raccomanda inoltre che il prodotto della tensione nominale, in volt, del circuito separato, per la lunghezza della conduttura elettrica in metri, non superi il valore di 100.000; la lunghezza della conduttura non deve inoltre essere > 500 m.

d) Protezione mediante bassissima tensione di sicurezza

Un sistema elettrico è a bassissima tensione se soddisfa le condizioni imposte dall'articolo 411.1.1 della Norma CEI 64-8; in particolare:

- la tensione nominale non supera 50 V, valore efficace in c.a., e 120 V in c.c. non ondulata;
- l'alimentazione proviene da una sorgente SELV o PELV;
- sono soddisfatte le condizioni di installazione specificatamente previste per questo tipo di circuiti elettrici.

SELV e PELV sono acronimi di Safety Extra Low Voltage e Protective Extra Low Voltage, e caratterizzano ciascuna specifici requisiti che devono possedere i sistemi a bassissima tensione.

Un circuito SELV ha le seguenti caratteristiche:

- È alimentato da una sorgente autonoma o da una sorgente di sicurezza. Sono sorgenti autonome le pile, gli accumulatori, i gruppi elettrogeni. Sono considerate sorgenti di sicurezza le alimentazioni ottenute attraverso un trasformatore di sicurezza.
- Non ha punti a terra. È vietato collegare a terra sia le masse sia le parti attive del circuito SELV.
- Deve essere separato da altri sistemi elettrici. La separazione del sistema SELV da altri circuiti deve essere garantita per tutti i componenti; a tal fine i conduttori del circuito SELV o vengono posti in canaline separate o sono muniti di una guaina isolante supplementare.

Un circuito PELV possiede gli stessi requisiti di un sistema SELV ad eccezione del divieto di avere punti a terra; infatti nei circuiti PELV almeno un punto è sempre collegato a terra.

### 14.3 Protezione contro i contatti indiretti lato corrente continua

Le masse di tutte le apparecchiature devono essere collegate a terra, mediante il conduttore di protezione. Sul lato c.a. in bassa tensione, il sistema deve essere protetto mediante un dispositivo di interruzione differenziale di valore adeguato ad evitare l'insorgenza di potenziali pericolosi sulle masse, secondo quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8. Si precisa che, nel caso di generatori fotovoltaici costituenti sistemi elettrici in bassa tensione con moduli dotati solo di isolamento principale, è necessario mettere a terra le cornici metalliche dei moduli fotovoltaici, le quali in questo caso sono da considerare masse. Tuttavia è da notare come tale misura sia in grado di proteggere dal contatto indiretto solo contro tali parti metalliche, ma non dà nessuna garanzia contro il contatto diretto sul retro del modulo: un punto ove è possibile avere un cedimento dell'isolamento principale.

Una strada diversa e risolutiva ai fini di garantire la sicurezza contro il contatto indiretto può essere quella di introdurre involucri o barriere che impediscano contatti diretti con le parti munite solo di isolamento principale.

Nel caso invece in cui i moduli siano dotati di isolamento supplementare o rinforzato (Classe II), le norme prevedono che le cornici, se metalliche, non vengano messe a terra. Questa situazione può creare una difficoltà applicativa nel caso in cui le strutture di sostegno dei moduli, se metalliche, siano o debbano essere messe a terra, giacché se da un lato viene richiesto di isolare le cornici dei moduli dalla struttura (magari, introducendo involucri o barriere che ne impediscano il contatto elettrico), dall'altro l'esperienza acquisita in ambito internazionale nella gestione di impianti fotovoltaici consiglia di rendere equipotenziali le cornici dei moduli con la struttura. Quest'ultima soluzione infatti garantirebbe la sicurezza contro il contatto indiretto nel corso della vita utile dell'impianto fotovoltaico (superiore a 25 anni), nei casi nei quali non si possa escludere a priori l'eventualità che l'isolamento possa decadere nel tempo, specie nel caso di moduli installati in località vicino al mare.

L'equipotenzialità delle cornici dei moduli con la struttura di sostegno dei medesimi può essere ottenuta, previa opportuna valutazione del progettista, mediante il normale fissaggio meccanico dei moduli sulla struttura.

## 15. CRITERI GENERALI DI ALLACCIAMENTO ALLA RETE ENEL

### 15.1 Generalità

Il funzionamento di un impianto di produzione in parallelo alla rete ENEL è subordinato a precise condizioni tra le quali hanno particolare rilevanza le seguenti:

- il regime di parallelo non deve causare perturbazioni al servizio sulla rete ENEL, in caso contrario il collegamento con la rete ENEL stessa si dovrà interrompere immediatamente ed automaticamente; pertanto, ogniqualvolta l'impianto del Cliente Produttore è sede di guasto o causa di perturbazioni si dovrà sconnettere senza provocare l'intervento delle protezioni installate sulla rete ENEL;
- il regime di parallelo dovrà altresì interrompersi immediatamente ed automaticamente ogniqualvolta manchi l'alimentazione della rete da parte ENEL o i valori di tensione e frequenza della rete stessa non siano compresi entro i valori consentiti;
- in caso di mancanza tensione o di valori di tensione e frequenza sulla rete ENEL non compresi nel campo consentito, l'impianto di produzione non deve entrare nè permanere in servizio sulla rete stessa.

Le suddette prescrizioni hanno lo scopo di garantire l'incolumità del personale chiamato ad operare sulla rete in caso di lavori e di consentire l'erogazione dell'energia elettrica al Cliente Produttore secondo gli standard contrattuali e di qualità previsti da leggi e normative vigenti, nonché il regolare esercizio della rete ENEL.

### 15.2 Interfaccia con la rete elettrica

Per motivi di sicurezza, per il collegamento in parallelo alla rete pubblica l'impianto sarà provvisto di protezioni che ne impediscano il funzionamento in isola elettrica, conforme alla normativa CEI 0-21 e CEI 0-16.

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

- *Dispositivo del generatore.* L'inverter è internamente protetto contro il cortocircuito ed il sovraccarico. Il riconoscimento della presenza di guasti interni provoca l'immediato distacco dell'inverter dalla rete elettrica.
- *Dispositivo di interfaccia.* Il dispositivo di interfaccia deve provocare il distacco dell'intero sistema di generazione in caso di guasto sulla rete elettrica. La protezione offerta dal dispositivo di interfaccia impedisce, tra l'altro, che l'inverter continui a funzionare, con particolari configurazioni di carico, anche nel caso di black-out esterno.
- *Dispositivo di rinalzo.* È un'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.
- *Dispositivo generale.* Il dispositivo generale ha la funzione di salvaguardare il funzionamento della rete nei confronti di guasti di generazione elettrica. Per i piccoli impianti come quello oggetto della presente relazione tecnica è sufficiente la protezione contro il corto circuito e il sovraccarico.

## 16. IMPIANTO DI MESSA A TERRA (MAT)

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di protezioni contro le sovratensioni per mezzo di scaricatori di sovratensione di classe II.

È prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua solo nel caso di impianti monofase.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Le cornici dei moduli fotovoltaici saranno rese equipotenziali con la struttura metallica di sostegno mediante una corretta imbullonatura (utilizzo di rondelle a punta che rimuovono lo strato passivato sulle cornici) e collegate a terra attraverso un conduttore di protezione di opportuna sezione.

## 17. PRECAUZIONI PER RIDURRE LA PROPAGAZIONE DELL'INCENDIO

Quando una conduttura attraversa elementi costruttivi di edifici (pavimenti, pareti ecc.) aventi caratteristiche specifiche di resistenza al fuoco, le aperture che restano dopo il passaggio delle condutture devono essere otturate in accordo con il grado di resistenza all'incendio prescritto per il rispettivo elemento costruttivo dell'edificio prima dell'attraversamento.

Le condutture, quali tubi protettivi circolari e non circolari o canali, devono essere otturate sia internamente sia esternamente con elementi sia hanno una resistenza al fuoco almeno pari al grado di resistenza richiesto all'elemento costruttivo.

Questi riempitivi, detti barriere tagliafiamma, devono essere tali da non danneggiare, meccanicamente, termicamente o chimicamente le condutture con cui sono a contatto.

Inoltre devono permettere gli spostamenti relativi delle condutture dovute a fenomeni termici senza ridurre la qualità dell'otturazione; devono avere stabilità meccanica adeguata per sopportare le sollecitazioni che si possono produrre in seguito a danneggiamenti dei supporti delle condutture causati da un incendio e devono avere caratteristiche di resistenza contro le influenze esterne, come richieste alle condutture.

Devono essere previste tali barriere nei tratti di attraversamento della passerella/tubazioni porta cavi fra compartimenti differenti.

## 18. PREVENZIONE INCENDI E SGANCIO DI EMERGENZA

L'Appaltatore dovrà realizzare le opere nel pieno rispetto e secondo i requisiti previsti dalla "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici - Edizione Anno 2012" (VVF Nota DCPREV prot n. 1324 del 7 febbraio 2012) e relativi chiarimenti (VVF Nota DCPREV prot. n. 6334 del 4 maggio 2012), provvedendo pertanto a fornire e installare tutto quanto ivi previsto (cartellonistica, segnaletica di sicurezza, dispositivi di sezionamento di emergenza, ecc.).

Secondo le prescrizioni della circolare VV.F. n. 1324 del 07/02/2012, è opportuno prevedere un dispositivo di comando di emergenza, ubicato in posizione opportunamente segnalata ed accessibile, che determini il sezionamento dell'impianto fotovoltaico. Il comando di emergenza deve mettere fuori tensione tutti i circuiti (non di sicurezza) all'interno del compartimento antincendio, compresi quelli alimentati dal generatore fotovoltaico.

In questa fase di progettazione si è previsto un comando di emergenza all'esterno della cabina BT/MT che agisce sull'interruttore generale in MT e che quindi toglie tensione anche agli inverter lato a.c.. Gli inverter e il lato c.c. dell'impianto sono stati considerati fuori da eventuali compartimenti antincendio pertanto non è stato previsto un comando di emergenza che agisca sul lato c.c.

In fase esecutiva si dovrà verificare tale condizione e nel caso in cui non dovesse essere verificata si dovrà prevedere un comando di emergenza che intervenga sui cavi in ingresso all'eventuale compartimento antincendio. Si dovrà inoltre verificare l'eventuale presenza di servizi di sicurezza che dovranno rimanere in tensione anche dopo aver azionato il pulsante di emergenza.

## 19. VALUTAZIONE RISCHI SCARICHE ATMOSFERICHE

In fase di progettazione si è proceduto alla valutazione dei rischi dovuti al fulmine, secondo quanto previsto dalle Norme 81-10. Le strutture risultano autoprotette contro le fulminazioni, secondo quanto previsto dalla Norma CEI EN CEI EN 62305-2 "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio - febbraio 2013".

## 20. VERIFICHE TECNICO-FUNZIONALI E DOCUMENTAZIONE TECNICA

Le verifiche tecnico-funzionali sull'impianto consistono in un esame a vista e in un esame strumentale. L'esame a vista ha il fine di controllare che l'impianto sia stato realizzato secondo le norme CEI. In particolare deve accertare che i componenti siano conformi alle prescrizioni delle relative norme, scelti e messi in opera correttamente e non danneggiati visibilmente.

L'esame strumentale consisterà nel controllo dei seguenti punti:

- continuità elettrica e le connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;
- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- condizione:  $P_{cc} > 0,85 P_{nom} I / ISTC$ , dove:
  - $P_{cc}$  è la potenza (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del 2%,
  - $P_{nom}$  è la potenza nominale (in kW) del generatore fotovoltaico;
  - $I$  è l'irraggiamento (in W/mq) misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del 3%;
  - ISTC, pari a 1000 W/mq, è l'irraggiamento in condizioni standard;
- condizione:  $P_{ca} > 0,9 P_{cc}$ , dove:
- $P_{ca}$  è la potenza attiva (in kW) misurata all'uscita del gruppo di conversione, con precisione migliore del 2%;
- la condizione:  $P_{ca} > 0,75 P_{nom} I / ISTC$ .

Al termine dei lavori saranno emessi e rilasciati i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi manutentivi;
- progetto esecutivo in versione "come costruito", corredato di schede tecniche dei materiali installati;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi del Decreto 22 gennaio 2008 n. 37, articolo 2, lettera a e ss.mm.ii.;
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate
- Documentazione di valutazione del rischio incendio, da presentare ai VVFF a corredo di apposita SCIA

## 21. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Si riportano di seguito le principali norme che regolano l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti fotovoltaici, precisando che restano valide le normative comuni a tutti gli 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 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
- 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 61000-3-12: Compatibilità elettromagnetica (EMC). Parte 3-12: Limiti – Limiti per le correnti armoniche prodotte da apparecchiature collegate alla rete pubblica a bassa tensione aventi correnti di ingresso >16 A e <=75 A per fase.
- CEI EN 61727: Sistemi fotovoltaici (FV) – Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete.
- 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 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili-Parte 1: Definizioni.
- 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 60099-1-2: Scaricatori.
- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato.
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.
- CEI 0-3: Guida per la compilazione della documentazione per la legge n. 46/1990.
- UNI 8477: Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta.



- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.
- CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati; IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems.
- CEI EN 62305-1: Protezione contro I fulmini. Parte 1: Principi generali.
- CEI EN 62305-2: Protezione contro I fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio.
- CEI EN 62305-3: Protezione contro I fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.
- CEI EN 62305-4: Protezione contro I fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.

Qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si applicano le norme più recenti.

La ditta esecutrice è tenuta all'osservanza delle leggi vigenti in materia di sicurezza del lavoro, alla valutazione dei rischi presenti e all'adozione di tutte le misure necessarie per garantire la sicurezza dei lavoratori, con particolare attenzione ai lavori in quota e ai lavori elettrici.

Le principali leggi di riferimento sono:

- D.Lgs 81/2008 Testo unico in materia di salute e sicurezza sul luogo di lavoro.

La ditta esecutrice durante l'installazione dovrà privilegiare le soluzioni tecnico/impiantistiche che riducano al minimo i rischi, in accordo con il committente.