

Premessa

La presente relazione ha lo scopo di illustrare le caratteristiche tecniche di un impianto fotovoltaico **grid-connected** da installarsi sulla copertura a falde di uno stabile per adibito a comunità alloggio e centro di aggregazione sociale di proprietà del comune di Putifigari.

L' impianto avrà caratteristiche conformi a quanto stabilito dal DM 6 agosto 2010 (terzo conto energia) e successivi decreti e delibere AEEG ai fini dell'ottenimento della tariffa incentivante in "conto energia" e per operare in regime di "scambio sul posto".

.

Oggetto dell'intervento

L'oggetto dell'intervento è rappresentato dalla realizzazione di un impianto fotovoltaico per la conversione dell'energia solare in energia elettrica della potenza di 13,20 kWp.

L' impianto sarà collegato alla rete elettrica di distribuzione in BT in corrente alternata trifase 380V 50 Hz.

Dati generali	
Committente	Comune di Putifigari
Località	Putifigari (SS)
Indirizzo	

Caratteristiche geo-morfologiche del sito

La località di installazione dell'impianto è Putifigari (SS) (latitudine 40° 33' 39'') sulla copertura a falde di uno stabile. Le falde interessate dall'intervento hanno orientamento sudest (-45° rispetto al sud) ed inclinazione di 13°.

Nella disposizione dei moduli si è tenuto conto, per evitare significative perdite di produzione per ombreggiamento, della maggiore altezza del corpo di fabbrica centrale dell'edificio rispetto al piano di installazione dei moduli fotovoltaici e della presenza su una falda di una cappa di aspirazione. Nel complesso la morfologia del terreno e dell'ambiente circostante comportano perdite di produzione per ombreggiamento valutate nell'ordine del 7 % annuo.

Caratteristiche generali dell'impianto

L'impianto fotovoltaico in oggetto, classificato come "su edificio", ha una potenza di 13,20 kW_p, i moduli sono in silicio policristallino ed hanno una potenza di da 240 W_p.

L'architettura del campo fotovoltaico è studiata in maniera da ottimizzare le prestazioni dell'inverter per consentirne sempre il funzionamento all'interno delle finestre di MPPT. E' previsto un inverter trifase ed dotato di idoneo dispositivo di controllo della rete (conforme alla prescrizione Enel DK5940 ed.2.2) che effettua la disinserzione automatica dell'impianto fotovoltaico qualora non dovessero sussistere per qualsiasi ragione le condizioni per operare in parallelo alla rete.

Il campo fotovoltaico è collegato al quadro di campo dove sono alloggiati gli interruttori magnetotermici e gli scaricatori di sovratensione. A valle dell' inverter (lato CA) è installato il dispositivo di generatore costituito da un interruttore automatico magnetotermico differenziale. A valle del dispositivo di generatore è collegato il gruppo di misura M2 dell'energia fotovoltaica prodotta; a seguire è presente un sezionatore dal quale parte la linea verso il quadro denominato QGCA situato a bordo lotto; nel QGCA viene realizzato il parallelo con l'impianto elettrico esistente ed è presente, subito a valle del contatore , il dispositivo generale (costituito da un interruttore automatico magnetotermico quadri polare) che, in condizioni di apertura, esclude l'intera rete del cliente produttore dalla rete pubblica.

Caratteristiche tecniche dell'impianto

Campo fotovoltaico

Il campo fotovoltaico è costituito da 55 moduli da 240 Wp in silicio in silicio policristallino; i moduli sono organizzati in tre stringhe denominate FV1, FV2 ed FV3. Le stringhe FV1 ed FV2 sono formate ciascuna da 18 moduli collegati in serie mentre FV3 da 19 moduli sempre collegati in serie. La stringhe sono poi collegate al quadro di campo e da questo all'inverter su tre distinti canali dotato ciascuno di proprio MPPT. Le caratteristiche tecniche/elettriche dei moduli sono di seguito riportate

CARATTERISTICHE MODULO FOTOVOLTAICO	
Potenza max in condizioni std* (P_{MAX}) [Wp]	240
Tolleranza [%]	-0/+5
N° celle	60, poly
Rendimento modulo [%]	14,5
Tensione nel punto di potenza max (V_{MPP}) [V]	29,9
Corrente nel punto di potenza max (I_{MPP}) [A]	8,0
Tensione a vuoto (V_{OC}) [V]	37,00
Corrente di corto circuito (I_{SC}) [A]	8,60
Coefficiente di temperatura riferito alla V_{OC} [%/°C]	-0,33
Tensione massima di sistema [V]	1000
Dimensioni (lunghezza x larghezza x spessore) [mm]	1665 x 991 x 38
Peso [kg]	18
condizioni std : Intensità della radiazione 1000 W/m ² , Temperatura della cella: 25°C Spettro solare: AM (massa d'aria) 1,5	

Le caratteristiche tecniche/elettriche del campo fotovoltaico sono di seguito riportate

Potenza impianto FV [kWp]	13,20	
Numero tot moduli FV	55	
Potenza modulo [Wp]	240	
Tecnologia modulo	policristallino	
Superficie moduli fotovoltaici	90,75	
Dati stringhe	FV1, FV2	FV3
N° moduli in serie	18	19
Corrente di stringa alla Pmax [A]	8,00	8,00
Corrente di cortocircuito di stringa [A]	8,60	8,60
Tensione di stringa alla Pmax stc [V]	538,20	568,10
Tensione alla Pmax a 70 °C [V]	407,00	430,00
Tensione a vuoto a -10°C [V]	755,00	730,00

Essendo l'inverter ipotizzato di tipo senza trasformatore non vi è separazione elettrica tra il lato CC e quello CA ed il generatore fotovoltaico viene dunque gestito come **un sistema di tipo TT**. Per ulteriori dettagli si veda il paragrafo "Criteri di sicurezza".

Gruppo di conversione (inverter)

L'inverter utilizzato è del tipo a commutazione forzata, idoneo alla conversione, condizionamento e trasferimento della potenza del generatore fotovoltaico alla rete. $P_{fvm\max}=14700W_p$, $P_{cc,\max}=12900W$, $P_{ca,nom}=12500W$

L' inverter è dotato di tutti i dispositivi di sicurezza richiesti dalle normative, sia lato CC, che lato AC, quali:

- dispositivo per il controllo di isolamento,
- dispositivo di interfaccia di rete conforme alle prescrizioni ENEL DK 5940 ED 2.2

Le caratteristiche tecniche dell'inverter sono di seguito riportate

CARATTERISTICHE INVERTER	
Dati d'ingresso	
Potenza CC max [W]	12900
Tensione CC max [V]	1000
Range di tensione FV, MPPT [V]	250-800
Corrente d'ingresso max [A]	3 x12 A
Numero ingressi cc/ numero MPPT	3/3
Varistori controllati termicamente	si
Monitoraggio della dispersione verso terra	si
Protezione contro l'inversione della polarità	si
Dati d'uscita	
Potenza CA max [W]	12500
Potenza nominale CA [W]	12500
Range Tensione CA [V]	3x230 \pm 20%
Range Frequenza CA [Hz]	50 \pm 5
Fattore di potenza (cos ϕ)	1
Resistenza a i cortocircuiti	si
Grado di rendimento	
Grado di rendimento max [%]	98
Rendimento europeo [%]	>97
Tipo di protezione	
(secondo DIN EN 60529)	IP54
Caratteristiche meccaniche	
Altezza/ Larghezza/profondità	700/525/250
Peso [kg]	35

Verifiche di compatibilità campo fotovoltaico-inverter

L'inverter ed il campo fotovoltaico devono essere correttamente accoppiati in termini di tensioni e correnti al fine di ottenere un corretto funzionamento dell'impianto ed un buon rendimento dello stesso nelle diverse condizioni in cui questo si troverà a lavorare, con particolare riferimento all'influenza che la temperatura delle celle riveste sulla tensione.

GRANDEZZE CAMPO FOTOVOLTAICO			GRANDEZZE INVERTER		VERIFICA
Tensione a vuoto a -10°C [V]	797,00	<	Tensione CC max [V]	1000	Verificato
Tensione a Pmax a 70°C [V]	407,00	>	Tensione limite inf finestra MPPT [V]	250	Verificato
Tensione alla Pmax stc [V]	568,00	<	Tensione limite sup finestra MPPT [V]	800	Verificato
Corrente di campo alla Pmax [A]	3x8	<	Corrente d'ingresso max [A]	3x12	Verificato

Quadri elettrici

Quadri di campo QCC

Nel quadro di campo avviene il sezionamento e la protezione delle stringhe. All'interno del quadro di campo sono alloggiati:

- *Interruttori Magnetotermici*
- *Scaricatori di sovratensione lato CC*

I dati delle apparecchiature sopra menzionate sono riportati nella tabella sottostante

<i>Apparecchiatura</i>	<i>numero</i>	<i>caratteristiche</i>
<i>Interruttore Magnetotermico</i>	<i>3</i>	<i>Interruttore magneto termico In=10 A Curva B Tensione nominale d'impiego in cc Un= 880V Tensione massima d'esercizio in cc Un= 1000V Categoria di utilizzazione DC21B</i>
<i>Scaricatore di sovratensione lato CC</i>	<i>3</i>	<i>SPD di tipo 2 Multipolare utilizzabile con tensione a vuoto del sistema FV fino a 1000 V cc Corrente nominale/massima di scarica 20/ 40 kA</i>

I dispositivi sopraelencati sono contenuti all'interno di un quadro in resina da 24 moduli per posa a parete con porta trasparente munita di serratura avente grado di protezione IP 65

Quadro di dispositivo di generatore QCA

A valle dell'inverter sul lato AC è posizionato il quadro di dispositivo di generatore.

Tale dispositivo è costituito da un interruttore automatico magnetotermico differenziale di tipo A o di tipo B a seconda che sia presente o meno l'autocertificazione del produttore dell'inverter (prevista dalla norma CEI 64-8/7 art. 712.413.1.1.1.2.) che attesti che il prodotto, per le sue caratteristiche costruttive, non può immettere correnti di guasto continue in rete.

In caso di utilizzo di inverter non dotati di tale autocertificazione il differenziale dovrà tassativamente essere di tipo B.

Dal quadro QCA la linea elettrica esce per attestarsi al gruppo di misura M2 e da questo rientra nel QCA dove sono presenti gli scaricatori di sovratensione ed un sezionatore.

<i>Apparecchiatura</i>	<i>numero</i>	<i>caratteristiche</i>
<i>Interruttore automatico magnetotermico differenziale (dispositivo di generatore)</i>	<i>1</i>	<i>Poli 4 I=25 A Caratteristica di intervento magnetotermico B Differenziale Tipo A DI=300 mA Icn=6 kA</i>
<i>Scaricatore di sovratensione lato AC</i>	<i>1</i>	<i>SPD di tipo 2 3P+N corrente massima di scarica 40 kA</i>
<i>Sezionatore</i>	<i>1</i>	<i>Poli 4 I=32A</i>

I dispositivi sopraelencati sono contenuti all'interno di un quadro in resina da 24 moduli per posa a parete con porta trasparente munita di serratura avente grado di protezione IP 65.

Quadro elettrico generale QGCA

Il QGCA è collocato all'interno di un vano a bordo lotto in prossimità del dispositivo di misura M1 e contiene un interruttore automatico magnetotermico a protezione e sezionamento della linea del fotovoltaico ed il dispositivo generale.

Il Quadro col dispositivo generale è già presente ed al suo interno dovrà soltanto essere installato il magnetotermico a protezione della linea del fotovoltaico proveniente dal QCA e realizzato il parallelo con la linea già esistente di alimentazione dello stabile.

Il dispositivo generale, che in condizioni di aperto esclude l'intera rete del cliente produttore dalla rete pubblica, è costituito dall'interruttore magnetotermico quadripolare abbinato ad un differenziale selettivo già presente nel quadro.

Di seguito sono elencate le apparecchiature contenute nel QGCA

<i>Apparecchiatura</i>	<i>numero</i>	<i>caratteristiche</i>
<i>Interruttore automatico magnetotermico (già presente)</i>	<i>1</i>	<i>4 poli I=125 A</i>
<i>Interruttore automatico magnetotermico</i>	<i>1</i>	<i>4 poli I=25 A Caratteristica di intervento magnetotermico B Icn=6 kA</i>
<i>Morsettiera di parallelo</i>	<i>1</i>	

Cavi elettrici

Dimensionamento dei conduttori

I cavi di energia (230/400 V) saranno adatti a tensione nominale (U_0 / U) non inferiori a 450/750 V (simbolo di designazione 07), non inferiori a 0,6/1 kV per eventuali sezioni di impianto posate in cavidotto di PVC interrato.

I conduttori impiegati nell'esecuzione dell'impianto saranno contraddistinti dalle colorazioni stabilite dalle vigenti norme di unificazione CEI-UNEL 00722-74 E 00712. In particolare il conduttore di neutro sarà di colore blu chiaro e quello di protezione bicolore giallo-verde; i conduttori di fase saranno contraddistinti in modo univoco in tutto l'impianto dai colori nero, grigio o marrone.

La sezione dei cavi lato CC e quella CA vengono determinate in maniera da comportare cadute di tensione < 1%.

LATO CC

Tipo di circuito:	Continua - Impianto fotovoltaico
Tensione di esercizio:	800 V
Massima caduta di tensione:	1 %
Tipo di conduttore:	Unipolare con guaina
Tipo di cavo selezionato:	General Cavi - FG21M21
Lunghezza cavo:	30 m
Temperatura ambiente:	60 °C
Tipo di posa:	Cavi in aria libera in piano a contatto
Disposizione cavi:	Raggruppati a fascio, annegati
Numero conduttori in parallelo:	1
Numero di circuiti per strato:	2
Numero di strati:	1
Tempo di intervento delle protezioni:	0.1 s
Sezione conduttore (S):	4 mm ²
Portata conduttore (*):	55 A
Fattore di correzione k1:	1.00
Fattore di correzione k2:	0.800
Fattore di correzione totale:	0.800
Portata conduttore/i (Iz):	44.000 A
Temperatura di funzionamento:	60.992 °C
Caduta di tensione perc. (T=Tf):	0.314 %
Corrente di impiego (Ib):	8.000 A
Potenza attiva (P):	6.400 KW
Temperatura Max di funzionamento:	90.0 °C
Temperatura Max di cortocircuito:	250.0 °C
Resistenza di fase a 20°C:	135.000 mOhm
Reattanza di fase a 20°C:	4.29 mOhm
Energia specifica passante (I ² t):	0.327 (KA) ² s
Corrente massima di cc:	1.809 KA

(*) Riferimento Tabella UNEL 35024 o costruttore

LATO CA

Tipo di circuito:	Trifase in ca
Tensione di esercizio:	400 V
Frequenza di rete:	50 Hz
Fattore di potenza:	1
Stato del neutro:	Distribuito
Massima caduta di tensione:	1 %
Tipo di conduttore:	Multipolare
Tipo di cavo selezionato:	General Cavi - FG7(O)R 0.6/1 KV
Lunghezza cavo:	2 m
Temperatura ambiente:	30 °C
Tipo di posa:	Cavi in tubo in aria
Numero conduttori in parallelo:	1
Numero di circuiti per strato:	1
Numero di strati:	1
Tempo di intervento delle protezioni:	0.1 s
Sezione conduttore (S):	4 mm ²
Portata conduttore (*):	35 A
Fattore di correzione k1:	1.00
Fattore di correzione k2	1.000
Fattore di correzione totale:	1.000
Portata conduttore/i (Iz):	35.000 A
Temperatura di funzionamento:	47.682 °C
Caduta di tensione perc. (T=Tf):	0.082 %
Corrente di impiego (Ib):	19.000 A
Potenza attiva (P):	13.164 KW
Potenza reattiva (Q):	0.000 KVAR
Potenza apparente (A):	13.164 KVA
Temperatura Max di funzionamento:	90.0 °C
Temperatura Max di cortocircuito:	250.0 °C
Resistenza di fase a 20°C:	9.000 mOhm
Reattanza di fase a 20°C:	0.20 mOhm
Energia specifica passante (I ² t):	0.327 (KA) ² s
Corrente massima di cc:	1.809 KA

(*) Riferimento Tabella UNEL 35024 o costruttore

Tipo di circuito: Trifase in ca
 Tensione di esercizio: 400 V
 Frequenza di rete: 50 Hz
 Fattore di potenza: 1
 Stato del neutro: Non Distribuito
 Massima caduta di tensione: 1 %
 Tipo di conduttore: Multipolare
 Tipo di cavo selezionato: General Cavi - FG7(O)R 0.6/1 KV
 Lunghezza cavo: 50 m
 Temperatura ambiente: 30 °C
 Tipo di posa: Cavi multipolari in tubo interrato
 Resistività del terreno: 1.5 °K*m/W
 Distanza tra i circuiti: 0 m
 Numero conduttori in parallelo: 1
 Numero di circuiti per strato: 1
 Numero di strati: 1
 Tempo di intervento delle protezioni: 0.1 s
 Sezione conduttore (S): 10 mm²
 Portata conduttore (*): 50 A
 Fattore di correzione k1: 0.93
 Fattore di correzione k2: 1.000
 Fattore di correzione kf: 1

STRATO 1

Profondità della posa: 0.5 m
 Fattore di correzione K3: 1.020
 Fattore di correzione K4: 1.160
 Fattore di correzione totale: 1.100
 Portata conduttore/i (Iz): 55.0 A
 Temperatura di funzionamento: 37.16°C
 Caduta di tensione perc. T=Tf: 0.79 %

Corrente di impiego (Ib): 19.000 A
 Potenza attiva (P): 13.164 KW
 Potenza reattiva (Q): 0.000 KVAR
 Potenza apparente (A): 13.164 KVA
 Temperatura Max di funzionamento: 90.0 °C
 Temperatura Max di cortocircuito: 250.0 °C
 Resistenza di fase a 20°C: 90.000 mOhm
 Reattanza di fase a 20°C: 4.30 mOhm
 Energia specifica passante (I²t): 2.045 (KA)²s
 Corrente massima di cc: 4.522 KA

(*) Riferimento Tabella C pag 6 - Supplemento TNE 02/2002

Tratto	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Tipo di cavo
Stringhe- quadro di campo	30	4	Radox solarkabel 600/1000V
Quadro di campo- inverter	1	4	FG7OR
Inverter- gruppo di misura M2	1	4	FG7OR
Gruppo di misura M2 -QGCA - M1	50	10	FG7OR
Collegamenti di terra		6-16	H07RN-F / N07VK

Tubi protettivi e canali

Tutti i conduttori saranno protetti e salvaguardati meccanicamente, mediante condotti passacavo, alloggiati in tracce o ancorate mediante staffe alle pareti per i tratti nell'edificio.

Il tracciato dei condotti passacavo avrà un andamento rettilineo orizzontale (con minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa) o verticale; le curve saranno effettuate con raccordi o con piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi. Ad ogni brusca deviazione resa necessaria dalla struttura muraria dei locali ed ad ogni derivazione da linea principale e secondaria, il condotto verrà interrotto mediante cassette di derivazione; eventuali giunzioni dei conduttori dovranno essere eseguite all'interno delle cassette di derivazione mediante l'impiego di opportuni morsetti o morsettiere. Il tutto è previsto in ottemperanza alle norme CEI 23-32. La sezione occupata dai cavi sarà tale da risultare inferiore alla metà di quella interna disponibile dell'intera canalizzazione

Criteri di sicurezza

Protezione contro i contatti diretti

La protezione dai contatti diretti ha lo scopo di proteggere l'uomo dagli effetti di contatti diretti con parti elettricamente attive, in tensione nel normale regime di esercizio (ad es un morsetto collegato o un conduttore scoperto) In questo caso la protezione è costituita dall'isolamento principale delle parti attive per componenti come i cavi (CEI 64-8/4) e da involucri o barriere per quadri elettrici, strumentazione, apparecchiature (inverter) e moduli fotovoltaici tali da assicurare il grado di protezione IP XXB (B = impedisce l'accesso con un dito) per superfici verticali e IP XXD (impedisce l'accesso con un filo impugnato) per superfici orizzontali.

Protezione contro i contatti indiretti

La protezione dai contatti indiretti ha lo scopo di garantire la sicurezza dell'uomo nel caso di contatto con parti conduttrici di componenti che nel normale regime di funzionamento non sono in tensione ma che a valle di un guasto d'isolamento elettrico possono assumere potenziale non nullo. In accordo con la Norma CEI 64-8, la protezione è assicurata mediante l'utilizzo di componenti elettrici in classe II e di componenti in Classe I abbinati ad un sistema di interruzione automatica dell'alimentazione.

Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione

*Gestendo il generatore come un sistema TT (tipico con utilizzo di **inverter senza trasformatore di isolamento**) tutte le masse protette contro i contatti indiretti devono essere collegate allo stesso impianto di terra. Il collegamento delle masse con il PE va coordinato con un dispositivo di protezione dai contatti indiretti sensibile anche alla componente continua della corrente potenzialmente indotta da guasti su componenti circuitali dell'inverter, oltre che alla corrente alternata di dispersione verso terra in caso di guasto. Tale dispositivo è rappresentato da un interruttore automatico differenziale di tipo B. Nel caso in cui la ditta produttrice dell'inverter certifichi che per le sue caratteristiche intrinseche il convertitore in qualsiasi modalità di funzionamento o di guasto non immette componenti continue in rete oltre il limite fissato dalla normativa, sarà sufficiente l'utilizzo di un interruttore differenziale di tipo A. Nella scelta della sensibilità del differenziale bisogna considerare che nel normale funzionamento un inverter senza trasformatore genera delle correnti differenziali continue che, seppur di modesta entità, potrebbero portare ad un intervento indesiderato di un interruttore troppo sensibile. Ad ogni modo deve essere sempre soddisfatta la relazione*

$R_A * I_A \leq 50$ dove:

- R_A è la somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse in Ohm
- I_A è la corrente che provoca il funzionamento del dispositivo automatico di protezione in Ampere che, nel caso di dispositivo di protezione a corrente differenziale, coincide con la corrente nominale differenziale I_{dn}

Nella fattispecie avendo utilizzato un interruttore automatico differenziale con $I_d = 0,3$ A si ottiene che la resistenza R_A dovrà essere $< 166 \Omega$.

L'impianto di terra a cui verranno connesse le masse del generatore fotovoltaico corrisponde all'impianto di terra attualmente esistente asservito all'edificio in oggetto. A seguito dell'installazione dell'impianto fotovoltaico si dovrà verificare con prove visive e strumentali che l'impianto di terra, oltre ad essere in ottime condizioni, abbia una resistenza inferiore al valore sopra calcolato.

Protezione mediante componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente

Dovranno essere installati alcuni componenti caratterizzati doppio isolamento. In particolare saranno di Classe II:

- *tutti gli involucri dei componenti in materiale plastico a vista*
- *le condutture realizzate in cavo RADOX ed FG7OR indipendentemente dal tipo di posa*
- *i moduli fotovoltaici*

Protezione contro le sovracorrenti

Sul lato AC la protezione delle linee contro le sovracorrenti è realizzata tramite un interruttore di tipo automatico magnetotermico con curva B, in modo che lo stesso dispositivo assicuri sia la protezione contro sovraccarico che contro cortocircuito (Norma CEI 64-8/4)

La norma CEI 64-8 prescrive che

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_F \leq 1,45 I_Z$$

dove I_B = corrente di impiego [A]

I_N = corrente nominale del dispositivo di protezione [A]

I_Z = portata massima del conduttore [A]

I_F = corrente convenzionale di funzionamento [A]

Nella fattispecie per i tratti inverter - gruppo di misura M2- sezionatore si ha

$I_B = 19 A$ (massima corrente erogabile dall'inverter)

$I_n = 25 A$ (interruttore automatico magnetotermico del dispositivo di generatore collocato nel quadro QCA a valle dell'inverter).

$I_Z = 35 A$ (cavo 4X4 FG7OR con posa dei cavi in tubo in aria, vedi paragrafo dimensionamento dei conduttori)

Anche il cavo 4x10 FG7OR del tratto di linea compreso tra il QCA ed il QGCA avendo una $I_z = 50 A$ risulta verificato (vedi paragrafo dimensionamento dei conduttori)

Dispositivi di misura dell'energia prodotta, immessa ed assorbita

La misura dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico avviene tramite il gruppo di misura M2 installato dal gestore contraente (Enel). È inoltre presente il gruppo di misura bidirezionale M1 (posizionato all'interno di una nicchia sul muro di recinzione) che misura sia l'energia assorbita dalla rete che quella immessa. Anche la responsabilità per l'installazione e la manutenzione del gruppo di misura M1 è a carico dell'Enel

Struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici

La struttura di sostegno sarà realizzata mediante profilati di alluminio, staffe di acciaio inox, bulloneria e ferramenta appositamente studiate per installazione di tipo "retrofit" su copertura in latero-cemento e coppi. Esistendo in commercio tipologie di strutture equivalenti come funzione ma differenti nella geometria dei profili e delle staffe di supporto, queste vengono solitamente dimensionate dagli stessi fornitori.

Ad ogni modo la struttura dovrà essere calcolata per resistere alle seguenti sollecitazioni di carico:

- *Carichi permanenti (peso strutture e peso moduli)*
- *Sovraccarichi (spinta vento, carico neve)*

Per verificare i vari elementi della struttura, il sovraccarico sulla superficie di appoggio nonché l'ancoraggio alla superficie di appoggio si dovrà utilizzare la combinazione più sfavorevole delle anzidette condizioni di carico e cioè:

vento stabilizzante + neve + peso moduli + peso strutture.

Risorsa solare e stima dell'energia producibile

Risorsa solare

La radiazione solare incidente sul campo fotovoltaico orientato con azimuth -45° e tilt di 13° è di $1748 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$ (dati UNI 10349).

Mese	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	anno
energia irraggiata sul piano dei moduli (kWh/mq)	70,47	87,99	132,19	162,96	206,30	216,61	238,11	210,09	165,56	122,89	74,05	60,90	1748,12
energia persa per ombreggiamento (kWh/mq)	11,43	9,74	10,03	9,67	9,87	10,24	11,56	2,08	13,06	13,54	10,97	10,56	122,75
perdita in percentuale	16,2%	11,1%	7,6%	5,9%	4,8%	4,7%	4,9%	1,0%	7,9%	11,0%	14,8%	17,3%	7,0%
energia utile (kWh/mq)	59,04	78,25	122,16	153,29	196,43	206,37	226,55	208,01	152,50	109,35	63,08	50,34	1625,37

Stima dell'energia producibile

Per stimare l'energia producibile dall'impianto bisogna considerare, oltre alla radiazione solare incidente sul campo fotovoltaico ed il rendimento dei moduli, tutta una serie di perdite dovute a diversi fattori quali:

- maggiori temperature di lavoro delle celle rispetto alle condizioni standard
- polvere sulla superficie dei moduli
- piccole differenze di prestazioni tra moduli e/o stringhe (mismatching)
- perdite del sistema di conversione
- perdite nei cavi e nei cablaggi

Tutte queste perdite possono essere inglobate in un unico rendimento, detto di B.O.S. (Balance of system), valutato nell'ordine dell' 81%

L'energia producibile su base annua dal sistema fotovoltaico è quindi data da:

$$E [\text{kWh/anno}] = (I \times A \times K_{\text{ombre}} \times \eta_{\text{moduli}} \times \eta_{\text{BOS}})$$

Dove :

- I = irraggiamento medio annuo = 1748 kWh/m^2 ,
- A = superficie dei moduli = $90,75 \text{ m}^2$
- K_{ombre} = Fattore di riduzione delle ombre = 93%.
- η_{moduli} = rendimento di conversione dei moduli = 14,5%
- η_{BOS} = rendimento del B.O.S. = 81 %

Pertanto si ottiene:

$$E = (1748 \times 90,75 \times 0,93 \times 0,145 \times 0,81) = 17327 \text{ kWh/anno}$$

Il valore di 17327 kWh/anno è la stima dell'energia che il sistema fotovoltaico produrrà il primo anno, se non vi saranno interruzioni nel servizio.

Normativa di riferimento

<i>Norma</i>	<i>Titolo</i>
ENEL	<i>Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione Dic.2009 ed 1.1</i>
CEI 11-20	<i>Impianti di produzione di energia e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria</i>
CEI 64-8	<i>Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua</i>
UNI 10349	<i>Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. dati climatici</i>
CEI EN 60904-1	<i>Dispositivi fotovoltaici parte 1: misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione corrente</i>
CEI EN 60904-2	<i>Dispositivi fotovoltaici parte 2: prescrizione per le celle solari di riferimento</i>
CEI EN 60904-3	<i>Dispositivi fotovoltaici parte 3: principi di misura per sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre ed irraggiamento spettrale di riferimento</i>
CEI EN 61727	<i>Sistemi fotovoltaici (FV)- caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla rete</i>
CEI EN 61215	<i>Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto ed omologazione del tipo</i>
CEI EN 61724	<i>Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati</i>
IEC 60364-7-712	<i>Electrical installations of buildings- Part 7-712: requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) supply system</i>
CEI 20-19	<i>Cavi isolati in gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V</i>
CEI 20-20	<i>Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V</i>
CEI EN 60439-3 CEI 17-13/3	<i>Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT)- parte 3: prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso. Quadri di distribuzione (ASD)</i>
CEI EN 60529	<i>Gradi di protezione degli involucri (codice IP)</i>
CEI EN 60099-1 CEI 37-1	<i>Scaricatori- parte 1 scaricatori e resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata</i>
CEI 81-10 V1	<i>Protezione contro i fulmini</i>
CEI 81-10/2	<i>Protezione contro i fulmini . Parte 2: valutazione del rischio</i>
CEI 81-10/3	<i>Protezione contro i fulmini. Parte 3 Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone</i>
CEI 81-3	<i>Valori medi del numero di fulmini a terra per anno per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico</i>
CEI 82 - 25	<i>Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegate alle reti di media e bassa tensione</i>
CEI 0-2	<i>Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici</i>
CEI EN 60555-1	<i>Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – parte 1: definizioni</i>
CEI EN 61000-3-2	<i>Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-2 : limiti- limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso < 16 A per fase)</i>
CEI EN 60445	<i>Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo macchina, marcatura ed identificazione: identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico</i>

<i>Norma</i>	<i>Titolo</i>
<i>CEI EN 60947-2</i>	<i>Apparecchiature a bassa tensione Parte 2: Interruttori automatici</i>
<i>CEI EN 60947-3</i>	<i>Apparecchiatura a bassa tensione Parte 3: Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e unità combinate con fusibili</i>
<i>D.M. 16 Gennaio 1996 e</i>	<i>Norme tecniche relative ai “criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi”</i>
<i>CIRCOLARE MIN. LL.PP. N: 156 DEL 04/07/1996</i>	<i>Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996</i>
<i>D.M.06/08/2010</i>	<i>Incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare</i>
<i>Delibera AEEG 90/07</i>	<i>Attuazione del decreto del Ministro dello Sviluppo Economico, di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del mare 19 febbraio 2007, ai fini dell'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante impianti fotovoltaici.</i>
<i>Delibera AEEG 161/08</i>	<i>Modificazione della deliberazione dell’Autorità per l’energia elettrica e il gas 13 aprile 2007, n. 90/07, in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici.</i>
<i>Delibera AEEG 89/07</i>	<i>Condizioni tecnico economiche per la connessione di impianti di produzione di energia elettrica alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi a tensione nominale minore o uguale a 1 kV</i>
<i>CIRCOLARE AGENZIA DELLE ENTRATE N.46/E</i>	<i>Articolo 7, comma 2, del D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 – Disciplina fiscale degli incentivi per gli impianti fotovoltaici.</i>
<i>CIRCOLARE AGENZIA DELLE ENTRATE N.32/E</i>	<i>Imprenditori agricoli - produzione e cessione di energia elettrica e calorica da fonti rinnovabili agroforestali e fotovoltaiche nonché di carburanti e di prodotti chimici derivanti prevalentemente da prodotti del fondo: aspetti fiscali Articolo 1, comma 423, della legge 23 dicembre 2005, n. 266 e successive Modificazioni.</i>