

REGIONE VENETO



**COMUNE DI
PONTECCHIO
POLESINE**

Provincia di Rovigo

PROGETTO ESECUTIVO

**REALIZZAZIONE DI UNA "STRUTTURA MULTIFUNZIONE" DI SERVIZIO
ADIACENTE ALL'ITINERARIO CICLOTURISTICO I3 E
QUALIFICAZIONE PERCORSO (ristoro)**

Committente:

COMUNE DI PONTECCHIO POLESINE (RO)

Oggetto:

RELAZIONE TECNICA IMPIANTO
FOTOVOLTAICO

Elab:

RF

Ufficio Tecnico Comunale

Responsabile Area Tecnica:

Dott. COLOMBO DANIELE

Progettista:

Arch. TRENTINI GIANLUCA

Revisione

Descrizione

Data

Emissione/Verifica

Approvazione

3

2

1

0

Prima emissione

Ottobre 2018

INDICE

| | |
|--|----------|
| 1. GENERALITÀ | 2 |
| 1.1 PREMESSA | 2 |
| 1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 2 |
| 2. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA – DATI TECNICI DI PROGETTO | 3 |
| 2.1 SITO DI INSTALLAZIONE | 3 |
| 2.2 DATI DELL'IRRAGGIAMENTO SOLARE | 3 |
| 2.3 IL GENERATORE FOTOVOLTAICO | 3 |
| 2.4 SISTEMA DI CONVERSIONE | 4 |
| 2.5 FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA | 6 |
| 2.6 PRESTAZIONI DEL SISTEMA | 6 |
| 2.7 ASSETTI DI ESERCIZIO | 7 |
| 2.8 PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI | 8 |
| 2.9 PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO | 8 |
| 2.10 QUADRI ELETTRICI | 8 |
| 2.11 MISURATORE DI ENERGIA | 9 |
| 2.12 INTERRUTTORE GENERALE | 9 |
| 2.13 CAVI ELETTRICI E CABLAGGIO | 9 |
| 2.14 CADUTE DI TENSIONE | 10 |
| 2.15 MESSA A TERRA | 10 |
| 2.16 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO GLI EFFETTI DELLE SCARICHE ATMOSFERICHE | 10 |

1. GENERALITÀ

1.1 PREMESSA

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale pari a **3,36** kWp, da realizzarsi sulla copertura di un edificio pubblico di nuova costruzione, adibito ad attività di ristoro a servizio dell'area di verde attrezzato, di proprietà del Comune di Pontecchio Polesine, sito in via San Pietro Martire nel comune di Pontecchio Polesine (RO).

Per il dimensionamento a rispondenza normativa si sono adottati i seguenti parametri: con $P =$ a superficie coperta fabbricato

$P = 134/50 = 2,68 \times 1,1 (+10\% \text{ comma 6 dell'all. 3 al D.Lgs. 28/11}) \times 1,1 (+10\% \text{ decreto criteri ambientali minimi}) = 3,2428 \text{ kWp}$, compresi in quanto adottato.

L'impianto funzionerà in parallelo alla rete di distribuzione dell'energia elettrica di bassa tensione; l'energia prodotta verrà scambiata con la rete di distribuzione elettrica.

1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'impianto rispetterà integralmente, qualora pertinenti, le prescrizioni tecniche di cui alla vigente normativa in materia.

Si richiamano in particolare:

- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e bassa tensione;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
- 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 0-21: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;

Inoltre sono state prese in considerazione le seguenti norme:

- D.Lgs. 28/11, per il rispetto del dimensionamento minimo dell'impianto;
- ° D.Lgs. 50/2016, Codice dei contratti pubblici;
- ° D.Lgs 56/2017, Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50
- D.Lgs. 81/08, per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- D.M. 37/08 per la sicurezza elettrica.

2. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA – DATI TECNICI DI PROGETTO

2.1 SITO DI INSTALLAZIONE

L'impianto verrà realizzato nel comune di Pontecchio Polesine; il sito di installazione è caratterizzato dalle seguenti coordinate geografiche:

| | |
|-----------------------|-----------|
| Latitudine | 45°01'15" |
| Longitudine | 11°48'25" |
| Altitudine (m) | 3 |

L'impianto verrà installato sulla copertura di un edificio con orientamento di 10° Est e inclinazione pari a 6° rispetto all'orizzontale.

L'impianto fotovoltaico verrà connesso ad una rete in bassa tensione trifase (400 V).

2.2 DATI DELL'IRRAGGIAMENTO SOLARE

Come per qualsiasi impianto ad energia rinnovabile, la fonte primaria risulta aleatoria e quindi solo statisticamente prevedibile. Per avere riferimenti oggettivi sui calcoli di prestazione del sistema, si fa riferimento a pubblicazioni ufficiali che raccolgono le elaborazioni di dati acquisiti sul lungo periodo fornendo così medie statistiche raccolte in tabelle di anni – tipo.

La tavola dei dati climatici (secondo norma UNI 10349) della località di riferimento è la seguente:

| | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic | Unità m. |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|
| Rad. Diffusa | 2.3 | 3.5 | 5.1 | 6.7 | 7.6 | 7.8 | 7.0 | 6.5 | 5.4 | 4.0 | 2.6 | 2.1 | MJ/mq/g |
| Rad. Diretta | 1.8 | 4.0 | 6.6 | 9.9 | 13.9 | 16.6 | 18.4 | 14.8 | 9.8 | 5.5 | 2.2 | 1.7 | MJ/mq/g |
| Rad. Globale | 4.1 | 7.5 | 11.7 | 16.6 | 21.5 | 24.4 | 25.4 | 21.3 | 15.2 | 9.5 | 4.8 | 3.8 | MJ/mq/g |

Da questi dati è stata calcolata la quantità di energia mensile captata dal piano dei moduli orientati con azimuth di 10° Est ad un'inclinazione di 6° (KWh/mq/mese):

| GEN | FEB | MAR | APR | MAG | GIU | LUG | AGO | SET | OTT | NOV | DIC |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 55,77 | 74,03 | 116,86 | 158,75 | 199,53 | 202,81 | 225,23 | 195,33 | 147,44 | 108,51 | 63,11 | 48,45 |

Si ottiene che il totale annuo è pari a: 1.595,82 kWh/mq/anno.

2.3 IL GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico avrà una potenza nominale complessiva di 3,36 kWp e sarà composto da moduli con celle in silicio cristallino, aventi indicativamente le seguenti caratteristiche, misurate a STC (STC = Standard test condition: AM = 1,5; E = 1 kW/m²; T = 25°C):

| | |
|--|-----------|
| Potenza nominale (W) | 240 |
| Numero di celle | 60 |
| Dimensione celle (mm) | 156 x 156 |
| Tensione al punto di max potenza (Vmp) (Vc.c.) | 30,4 |
| Corrente al punto di massima potenza (Imp) (A) | 7,90 |
| Tensione a circuito aperto (Voc) (Vc.c.) | 37,2 |
| Corrente in corto circuito (Isc) (A) | 8,57 |
| Variazione termica tensione a circuito aperto (%/°C) | -0,329 |
| Variazione termica corrente di corto circuito (%/°C) | 0,038 |
| Lunghezza (mm) | 1662 |
| Larghezza (mm) | 990 |
| Spessore (mm) | 46 |

Per ottenere la potenzialità di impianto richiesta è dunque necessario utilizzare 14 moduli.

Il generatore fotovoltaico sarà composto da una stringa di moduli connessi in serie con le seguenti caratteristiche:

| | |
|--|--------|
| Numero moduli in serie | 14 |
| Potenza nominale (W) | 3.360 |
| Tensione al punto di max potenza (Vmp) (Vc.c.) | 425,6 |
| Corrente al punto di massima potenza (Imp) (A) | 7,90 |
| Tensione a circuito aperto (Voc) (Vc.c.) | 520,8 |
| Corrente di corto circuito (Isc) (A) | 8,57 |
| Tensione a circuito aperto a -10°C (Vc.c.) | 580,77 |
| Tensione al punto di max potenza a 70°C (Vc.c.) | 362,59 |
| Corrente al punto di massima potenza a -10°C (A) | 7,79 |
| Corrente di corto circuito a 70°C (A) | 8,72 |

2.4 SISTEMA DI CONVERSIONE

Il convertitore statico DC/AC sarà un inverter a commutazione forzata che, funzionando in parallelo con la rete di e-distribuzione le fornirà l'energia generata dal generatore fotovoltaico, inseguendo il punto di massima potenza.

Verrà utilizzato un inverter caratterizzato indicativamente dai seguenti parametri funzionali:

| | |
|--|-----------------------------|
| Massima tensione in ingresso (V) | 600 |
| Intervallo tensione di funzionamento (V) | 0,7xVstart – 580 (min 90 V) |
| N° MPPT indipendenti | 2 |
| Potenza nom. ingresso (kW) | 3,5 |
| Potenza nominale in uscita (kW) | 3,3 |
| Potenza massima in uscita (kW) | 3,3 |
| Fasi/Tensione (V) in uscita | 1 x 230 |
| Corrente max di uscita (A) | 20 |
| Corrente di corto circuito in uscita (A) | 14,5 |
| Frequenza uscita (Hz) | 50 |
| Fattore di potenza nominale | >0,995 |
| Efficienza massima | 97% |
| Euro Efficienza | 96,5% |
| Temperatura operativa (°C) | -25 + 60 |

Per la verifica del corretto accoppiamento stringhe inverter si ottiene:

| | | |
|---|------------------------------|------|
| Potenza massima in ingresso | $3.360 \leq 3.500 \text{ W}$ | → OK |
| Tensione a circuito aperto massima | $580,77 \leq 600 \text{ V}$ | → OK |
| Tensione al punto di max potenza minima | $362,59 \geq 90 \text{ V}$ | → OK |
| Corrente di corto circuito massima | $8,72 \leq 25 \text{ A}$ | → OK |

L'inverter sarà conforme alla norma CEI 0-21 in quanto avrà incorporato al suo interno un dispositivo di interfaccia in grado di assicurare i seguenti parametri di intervento:

| Tipo di protezione | Taratura | Tempo di intervento |
|---------------------------|-----------------|----------------------------|
| Massima tensione 59.S1 | 253 V | ≤3 s |
| Massima tensione 59.S2 | 264,5 V | 0,12 s |
| Minima tensione 27.S1 | 195,5 V | 0,4 s |
| Minima tensione 27.S2 | 92 V | 0,2 s |
| Massima frequenza 81>.S2 | 51,5 Hz | 0,1 s |
| Minima frequenza 81<.S2 | 47,5 Hz | 0,1 s |
| Comando locale | BASSO | |

2.5 FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA

Il sistema avrà funzionamento completamente automatico e non richiede ausilio per il regolare esercizio.

Durante le prime ore della giornata, quando è raggiunta una soglia minima di irraggiamento sul piano dei moduli, il sistema inizierà automaticamente ad inseguire il punto di massima potenza del campo fotovoltaico, modificando tensione e corrente (lato continua) per estrarre la massima potenza dai campi fotovoltaici.

Tale operazione continuerà sino a quando le condizioni climatiche e di esposizione ai raggi solari sono sufficienti a innescare l'effetto fotovoltaico, e cioè, in genere, fino al tramonto.

2.6 PRESTAZIONI DEL SISTEMA

Potenza di picco dell'impianto (P_{tot})

Si definisce potenza totale di picco P_{tot} (W_p) dell'impianto la somma delle potenze dei singoli moduli che lo compongono, misurate in condizioni standard (radiazione 1 kW/m^2 , 25°C):

$$P_{tot} = P_{mod} \times N_{mod} = 240 \times 14 = 3.360 \text{ W}_p$$

Potenza nominale verso la rete elettrica (P_{ca})

Indica la massima potenza che il sistema può immettere in rete; i rendimenti seguenti esprimono le perdite che si hanno tra i moduli fotovoltaici e la rete elettrica di collegamento:

Perdite C.C.

| | |
|---|------------|
| Perdite per scostamento dalle condizioni di targa (temperatura) | 5% |
| Perdite per riflessione | 3% |
| Perdite per mismatching tra moduli | 3% |
| Perdite per sporcamento dei moduli | 1% |
| Perdite nei cavi e nei quadri elettrici | 2% |
| Rendimento di sistema C.C. $\eta_{c.c.}$ | 86% |

Perdite C.A.

| | |
|--|------------|
| Perdite sistema di conversione | 4% |
| Perdite nei cavi e nei quadri elettrici | 2% |
| Rendimento di sistema C.A. $\eta_{c.a.}$ | 94% |

$$\eta_{sist} = \eta_{c.c.} \times \eta_{c.a.} = 0,86 \times 0,94 = 0,81$$

$$P_{ca} = P_{tot} \times \eta_{sist} = 3.360 \times 0,81 = 2.721,6 \text{ W}_p$$

Energia elettrica producibile

Indica l'energia che si stima il sistema sia in grado di produrre con le ipotesi di rendimento e i dati di irraggiamento disponibili.

Per la valutazione occorre stimare i rendimenti e perdite seguenti:

| Voce | Sigla | Valore |
|--|----------------------|--------|
| Rendimento nominale dei moduli fotovoltaici | η_{mod} | 14,62% |
| Perdite di sistema | η_{sist} | 81% |
| Da cui: $\eta_g = \eta_{\text{mod}} \times \eta_{\text{sist}} = 11,84\%$ | | |

La superficie totale dei moduli risulta:

$$1,652 \times 0,994 \times 14 = 22,99 \text{ m}^2$$

da cui la stima dell'energia producibile in ogni mese dell'anno dal sistema risulta:

| Mese | Irragg. medio mensile (kWh/m ²) | Superficie generatore (m ²) | Rendimento η_g | Energia producibile (kWh) |
|------------|--|---|------------------------|---------------------------------|
| Gen | 55,77 | 22,99 | 11,84% | 151,81 |
| Feb | 74,03 | 22,99 | 11,84% | 201,51 |
| Mar | 116,86 | 22,99 | 11,84% | 318,09 |
| Apr | 158,75 | 22,99 | 11,84% | 432,12 |
| Mag | 199,53 | 22,99 | 11,84% | 543,12 |
| Giu | 202,81 | 22,99 | 11,84% | 552,05 |
| Lug | 225,23 | 22,99 | 11,84% | 613,08 |
| Ago | 195,33 | 22,99 | 11,84% | 531,69 |
| Set | 147,44 | 22,99 | 11,84% | 401,33 |
| Ott | 108,51 | 22,99 | 11,84% | 295,37 |
| Nov | 63,11 | 22,99 | 11,84% | 171,79 |
| Dic | 48,45 | 22,99 | 11,84% | 131,88 |
| Tot | 1.595,82 | | | 4.343,85 |

2.7 ASSETTI DI ESERCIZIO

Assetto 1

Dispositivo generale e di interfaccia chiusi: i carichi dell'impianto sono alimentati dalla rete di e-distribuzione e dal generatore fotovoltaico;

Assetto 2

Dispositivo generale chiuso e dispositivo di interfaccia aperto: i carichi dell'impianto sono alimentati solamente dalla rete di e-distribuzione (caso di evento anomalo sul generatore fotovoltaico o di mancata produzione);

Assetto 3

Dispositivo generale e di interfaccia aperti: i carichi dell'impianto non sono alimentati (caso di mancanza di alimentazione sulla rete di e-distribuzione).

2.8 PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

L'impianto fotovoltaico è caratterizzato dall'occupazione di un'area che risulta proporzionale alla potenza installata; quando la taglia sale e l'area occupata diventa significativa, i sistemi sono particolarmente esposti agli effetti delle fulminazioni, soprattutto di quelle indirette.

Nel caso di fulminazioni indirette, i moduli fotovoltaici possono essere sottoposti a tensioni indotte localizzate tra conduttori e terra (modo comune) o tra due conduttori (modo differenziale): a queste tensioni sono associate correnti transitorie che circolano nei corrispondenti circuiti.

Affinché agli effetti della sovratensione non provochino danni è bene adottare scaricatori di sovratensione per ogni polarità verso terra nel punto più vicino alle stringhe; nella pratica si usa installare gli scaricatori subito in ingresso al quadro elettrico dove si effettua il parallelo delle stringhe garantendo il loro collegamento a terra con un morsetto giallo/verde dedicato.

2.9 PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il cortocircuito è assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limita la corrente nominale.

Nel calcolo della portata dei cavi in regime permanente si è già tenuto conto di tali valori, attribuibili a I_N e I_z , in tale modo pertanto anche la protezione contro il cortocircuito è assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter.

L'interruttore magnetotermico/differenziale posto a valle dell'inverter agisce da ricalzo all'azione del dispositivo di protezione interno all'inverter stesso.

2.10 QUADRI ELETTRICI

Quadro in corrente continua

È prevista l'installazione di un quadro in corrente continua il quale svolgerà funzioni di protezione dei componenti dell'impianto fotovoltaico e più precisamente svolgerà i seguenti compiti:

- sezionamento delle stringhe per le normali operazioni di manutenzione,

- protezione delle stringhe da sovratensioni indotte da fulminazione,
- protezione delle stringhe da sovracorrenti,
- protezione del sistema di conversione prima del collegamento di cavi di stringa polarizzati.

Quadro in corrente alternata

All'interno di tale quadro saranno presenti i componenti elettromeccanici necessari per la corretta consegna dell'energia proveniente dai sistemi di conversione.

2.11 MISURATORE DI ENERGIA

Oltre al misuratore di energia presente sull'inverter, verrà installato, in posizione indicata dal gestore di rete, un idoneo contatore di energia per la quantificazione dell'energia prodotta dall'impianto.

2.12 INTERRUTTORE GENERALE

Tra il punto di connessione dell'impianto fotovoltaico all'impianto elettrico delle utenze ed il contatore di fornitura dell'energia elettrica è presente un interruttore magnetotermico-differenziale, il quale funge da dispositivo generale DG (escluso dall'intervento).

2.13 CAVI ELETTRICI E CABLAGGIO

La sezione dei cavi per i vari collegamenti sarà tale da assicurare una durata di vita utile soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio.

La verifica per sovraccarico viene eseguita utilizzando le relazioni:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad \text{e} \quad I_f \leq 1,45 * I_Z$$

dove:

- I_B è la corrente di impiego del circuito
- I_N è la corrente nominale del dispositivo di protezione
- I_Z è la portata in regime permanente della conduttura
- I_f è la corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

2.14 CADUTE DI TENSIONE

La somma delle cadute complessive di tensione non supererà il 2%.

2.15 MESSA A TERRA

L'impianto fotovoltaico si configura come un sistema IT.

L'impianto di messa a terra dovrà prevedere la connessione delle masse metalliche introdotte con il nuovo impianto direttamente al collettore di terra attraverso cavo di sezione idonea e conforme all'art. 543 della Norma CEI 64-8.

Il conduttore di protezione (gialloverde) avrà sezione uguale alla corrispondente sezione di fase quando questa è minore o uguale a 16 mm² e sezione pari alla metà della sezione di fase, con un minimo di 16 mm², quando questa è maggiore di 16 mm².

2.16 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO GLI EFFETTI DELLE SCARICHE ATMOSFERICHE

Fulminazione diretta

L'impianto fotovoltaico non influisce, in modo apprezzabile, sulla forma o volumetria dell'edificio sul quale è installato e pertanto non aumenta la probabilità di fulminazione diretta sul sito.

Fulminazione indiretta

L'abbattersi di scariche atmosferiche in prossimità dell'impianto può provocare il concatenamento del flusso magnetico associato alla corrente di fulmine con i circuiti dell'impianto fotovoltaico, così da provocare sovratensioni in grado di mettere fuori uso i componenti tra cui, in particolare, gli inverter.

I terminali di ciascuna stringa fotovoltaica e i morsetti lato continua degli inverter saranno pertanto protetti internamente con scaricatori di sovratensione.

Rovigo, 26.10.2018

Arch.Trentini Gianluca