

Progetto:	Istallazione di pannelli fotovoltaici sopra la copertura della scuola elementare di Mercatale
Committente:	Comune di Sassocorvaro – U.T. – LL.PP.
Ubicazione:	Comune di Sassocorvaro – Foglio 31, Mappale 119 scuola di Mercatale
C.U.P.	I45F09000010004
R.U.P.	Ing. Michele Pompili

## RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA

### 1. Premessa

Il presente progetto riguarda l'istallazione di pannelli fotovoltaici sulle coperture di due fabbricati di proprietà dell'Amministrazione Comunale di Sassocorvaro utili a coprire circa la richiesta di energia elettrica dei rispettivi stabili.

I fabbricati interessati sono la scuola elementare sita nella frazione di Mercatale, in via Leonardo da Vinci, censita al N.C.E.U. al Foglio 31 - Mappale 119. In seguito all'istallazione degli impianti suddetti saranno espletate tutte le procedure necessarie affinché l'Amministrazione possa avvalersi dello scambio di elettricità sul posto, in particolare si installerà una rete wireless che possa permettere il monitoraggio del contatore indicante il differenziale tra l'energia prodotta e quella consumata utile a verificare in tempo reale l'efficienza del sistema istallato e a provvedere tempestivamente alle opere di manutenzione necessarie al funzionamento ottimale dei pannelli.

### 2. Scuola elementare di Mercatale

La scuola di Mercatale è stata recentemente ampliata con la costruzione di un corpo aggiunto caratterizzato da copertura piana dotata di balaustra perimetrale. L'altezza della balaustra è di circa 1 metro, tale da rispettare il requisito di cui al punto 1 dell'allegato del D.M. 19.02.2007; così che l'impianto fotovoltaico è definibile parzialmente integrato. Da una analisi dei consumi annui di elettricità della scuola in oggetto si ricava un fabbisogno di circa 21600 Kwh/anno, il progetto prevede quindi l'istallazione di pannelli fotovoltaici per un **potenza di picco di 17,82 kWp** ottenibile con 66 pannelli che occupano una superficie complessiva di 130 mq. I pannelli saranno posizionati con l'inclinazione ottimale di 30°.

Si riporta di seguito il calcolo dell'irraggiamento medio annuo utilizzato per il dimensionamento dell'impianto:

<b>Calcolo della radiazione solare globale giornaliera media mensile (Rggmm) su superficie inclinata</b>			
Media quinquennale 1995÷1999			
<b>Dati di input:</b>			
<b>Coordinate della località:</b>			
- latitudine: 43°46'54.215"			
- longitudine: 12°29'09.516"			
<b>Orientazione della superficie:</b>			
- azimut solare: 10°00'00"			
- inclinazione: 30			
Modello per il calcolo della frazione della radiazione diffusa rispetto alla globale: UNI 8477/1			
Coefficiente di riflessione del suolo: 0.15			
Mese	Ostacolo	Rggmm su sup.incl.	U.misura
Gennaio	assente	2.63	kWh/m2
Febbraio	assente	3.53	kWh/m2
Marzo	assente	4.58	kWh/m2
Aprile	assente	5.18	kWh/m2
Maggio	assente	5.77	kWh/m2
Giugno	assente	6.02	kWh/m2
Luglio	assente	6.12	kWh/m2
Agosto	assente	5.55	kWh/m2
Settembre	assente	4.83	kWh/m2
Ottobre	assente	3.74	kWh/m2
Novembre	assente	2.65	kWh/m2
Dicembre	assente	2.11	kWh/m2
Radiazione globale annua sulla superficie inclinata (anno convenzionale di 365.25 giorni): 1605 kWh/mq			

Si ricava quindi che l'energia media annua prodotta dall'impianto sopra indicato è la seguente:

$1605 \text{ Kwh/mq} \times 0.80 \times 17.82 \text{ Kwp} = \mathbf{22.880 \text{ Kwh/anno}}$

**Un simile impianto garantirebbe un risparmio di emissione di CO2 all'anno di circa 10,37 t, che, proiettato in 20 anni, conduce ad un risparmio di 207.4 t.**

Sulla copertura in oggetto sarà installata una fontanella che possa servire a pulire i pannelli periodicamente così da assicurarne la massima efficienza.

### 3 Disposizione dei moduli fotovoltaici e descrizione del campo moduli

Come si accennato il valore di targa del campo fotovoltaico dell'impianto è pari a 17,82 kWp ed è ottenuto con l'organizzazione di 66 moduli fotovoltaici policristallino tipo SUNTECH STP270 (270 Wp) o equivalenti atti comunque a garantire una potenza totale di 17,82 Kwp. I pannelli avranno le seguenti caratteristiche geometriche Lunghezza 1956mm X larghezza 992 mm X profondità 50 mm

I moduli saranno installati sulla copertura piana dell'edificio scolastico. Per evitare il mutuo ombreggiamento i pannelli saranno posizionati in file distanti 1,8 mt. Verranno quindi posizionate 5 file di pannelli come da così composti:, 1 fila da 17 pannelli, 1 fila da 16 pannelli, 2 fila da 14 pannelli 1 fila da 5 pannelli.

In tabella sono elencate le caratteristiche tecniche dei moduli

CARATTERISTICHE TECNICHE	SUNTECH STP 270 o equivalente
Tensione a circuito aperto	Voc= 44,5 V.
Tensione alla massima potenza	Vmp=35,00 V
Correnti di corto circuito	Isc=8,2 A
Corrente alla massima potenza	Imp = 7,71 A
Potenza di picco	Wp= 270 Wp
Numero di celle e connessioni	72 (6X12)
Coeff. Di variaz. Corrente	A(ISC)=+0,055%/°C
Coeff. Variaz. Voltaggio	B(Voc)=-0,34%/°C
Coeff. Di variaz. Energia	g(Wp)=-0,47%/°cC
Dimensioni	1956 X 992 X 50
Peso	Kg =27

La struttura dovrà essere composta da cavalletti in acciaio zincato o in acciaio inox e sui quali si fisseranno le staffe e su queste i moduli fotovoltaici tramite “zeta” e “omega” anch'esse in acciaio zincato o inox.

Per mantenere l'impermeabilizzazione del tetto evitando fori dovranno essere fissati quindi a zavorre appoggiate alla copertura stessa. La zavorra potrà essere costituita da cordoli in cemento di adeguato peso. L'altezza massima dei cavalletti è di c.ca 0,8 mt per evitare l'effetto vela che si potrebbe verificare in caso di forte vento..

## 4 DIMENSIONAMENTO E DESCRIZIONE COMPONENTI ELETTRICI

### Lato D.C. (Descrizione e calcoli)

#### Campo Fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico è costituito da tre sub-campi da 22 pannelli cadauno, per un totale di 66 pannelli da 270 Wp (tipo SUNTECH - STP270 , o equivalenti), aventi una potenza complessiva di 17,82 Wp, nelle condizioni d'irraggiamento pari a 1000 W/m<sup>2</sup> e alla temperatura ambiente di 25°C, A.M. 1,5,

condizioni contemplate nelle STC (Standard Test Conditions).

I risultati dei calcoli riportati nella presente relazione di progetto si basano quindi sulle impostazioni dei dati alle suddette STC. I tre sub-campi sono organizzati nel modo seguente:

Sub-campo A: Costituito da due stringhe collegate elettricamente in parallelo, ogni stringa è formata da 11 pannelli STP 270 collegati elettricamente in serie, per una potenza installata di 5940 Wp;

Il controllo e la conversione della potenza elettrica (in regime corrente continua) del sub-campo A è gestito dall'inverter tipo SMA modello Sunny Mini Central SMC 5.000 A-IT o equivalente. I moduli fotovoltaici sono dotati di diodi di by-pass, ogni stringa è dotata di diodo di blocco.

Sub-campo B: Costituito da due stringhe collegate elettricamente in parallelo, ogni stringa è formata da 11 pannelli STP 270 collegati elettricamente in serie, per una potenza installata di 5940 Wp;

Il controllo e la conversione della potenza elettrica (in regime corrente continua) del sub-campo A è gestito dall'inverter tipo SMA modello Sunny Mini Central SMC 5.000 A-IT o equivalente. I moduli fotovoltaici sono dotati di diodi di by-pass, ogni stringa è dotata di diodo di blocco.

Sub-campo C: Costituito da due stringhe collegate elettricamente in parallelo, ogni stringa è formata da 11 pannelli STP 270 collegati elettricamente in serie, per una potenza installata di 5940 Wp;

Il controllo e la conversione della potenza elettrica (in regime corrente continua) del sub-campo A è gestito dall'inverter tipo SMA modello Sunny Mini Central SMC 5.000 A-IT o equivalente. I moduli fotovoltaici sono dotati di diodi di by-pass, ogni stringa è dotata di diodo di blocco.

I tre sub-campi sono gestiti come sistemi IT, cioè con nessun polo attivo connesso a terra.

La tensione ai capi di ogni stringa è funzione delle caratteristiche elettriche dei moduli fotovoltaici utilizzati e dal numero dei moduli collegati in serie. Un altro parametro molto importante è la temperatura dei moduli che influenza la tensione a circuito aperto, e di conseguenza la tensione alla massima potenza, della stringa. L'irraggiamento solare invece influisce sul valore della corrente erogabile dai moduli e quindi la potenza elettrica prodotta istantaneamente dall'impianto.

I valori di tensione a vuoto ( $V_{oc}$ ) di una stringa composta da 11 pannelli SUNTECH STP 270 o equivalenti in serie ad una temperatura di  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  è pari a 547 V. La tensione alla massima potenza ( $V_{mmp}$ ) della stringa ad una temperatura di  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  sarà di 489 V. Il valore di corrente massima di stringa si avrà a temperature massime. Si prevede a titolo cautelativo che la temperatura del pannello possa raggiungere i  $70^{\circ}\text{C}$  e quindi la corrente  $I_{mp}$  massima sarà per ogni pannello fotovoltaico di 7,85 A che per ogni stringa assumerà il valore di 15,71 A che rientra nei parametri di massima corrente di ingresso dell'inverter.

Per il collegamento in serie dei moduli fotovoltaici, considerando il luogo di posa esterno, si opta per un cavo a doppio isolamento di tipo FG7 (O)R 0,6/1 kV.

Si è scelto per la realizzazione dei collegamenti tra i moduli, un cavo unipolare di sezione pari a  $6\text{ mm}^2$ . I moduli adottati nell'impianto in oggetto sono dotati di cavi Multi-Contact (definiti MC-plug), l'utilizzo di queste connessioni favorisce, in fase realizzativa, i collegamenti in serie in modo efficace e rapido, oltre ad avere un'ottima tenuta meccanica della connessione.

### **Quadri di parallelo**

Le tre stringhe di ogni sub-campo saranno collegate in parallelo. I paralleli di sub-campo vengono realizzati all'interno di 3 scatole in lega d'alluminio (una per sub-campo), con grado di protezione IP 66, idonee alla posa esterna.

Per il collegamento dei terminali (definiti poli della stringa) fino ai quadri di parallelo, si utilizzeranno cavi di tipo unipolare a doppio isolamento di tipo FG7 (O)R 0,6/1 kV di sezione pari a  $6\text{ mm}^2$ .

I quadri di parallelo saranno posti al di prossimità del campo fotovoltaico fissati alla struttura di supporto dei moduli; ogni scatola, per le operazioni di manovra e protezione, conterrà i seguenti componenti:

6 Portafusibili sezionabili

Morsetti linea montante (Ingresso/Uscita).

3 Diodi di blocco

Dopo aver realizzato il parallelo elettrico, ogni scatola sarà collegata al quadro di campo e manovra, mediante cavo di discesa a doppio isolamento di tipo FG7 (O)R 0,6/1 kV 3G6 (avente tre conduttori, uno per la polarità positiva del parallelo, uno per la polarità negativa e un cavo in guaina isolante di colore identificativo Giallo-Verde per la connessione delle masse a terra, in tutto saranno tre cavi del tipo menzionato).

I cavi di discesa saranno in posa contenuta in tubo di metallo, si è stimato che il percorso di tali cavi fino al locale "contatori", (dove sarà predisposta la posa a parete del quadro di campo e manovra, degli inverter e del quadro d'interfaccia), sarà pari a circa 50 – 70 metri.

### **Quadro di Campo e Manovra**

I tre cavi di discesa (ovvero riportanti il parallelo elettrico dei tre sub-campi) convergono nel quadro di campo e manovra, nel caso in esame, per la realizzazione del suddetto quadro di campo si opta per un quadro di metallo (di dimensioni 405x650x200 mm), o equivalente, con grado di protezione IP 55, normativa di riferimento: CEI EN 60439-1, CEI EN 50298, CEI 23-48, CEI 23-49. Protezione contro i contatti indiretti: involucro predisposto con morsetto di terra. Resistenza agli urti: IK 10. Temperatura di installazione: Max +60°C, Min -25°C.

Il quadro di campo conterrà, per le operazioni di manovra e protezione, i seguenti componenti:

- Morsetti linea montante (Ingresso/Uscita).
- 3 Interruttori sezionatori a carico bipolare
- 6 Scaricatori di sovratensione

Compito degli scaricatori di sovratensione, adottati sul lato corrente continua, è quello di agire prontamente al propagarsi nei cavi di eventuali forze elettromotrici indotte con caratteristica (8/20), (cioè sono efficaci per fronti ripidi di tensione avente tempo di salita del fronte d'onda pari a 8 microsecondi, e tempo di discesa del fronte d'onda pari a 20 microsecondi), e corrente di cresta di 15 kA, scaricando il picco di sovratensione verso terra.

Saranno in numero pari a 2, uno per ogni cavo attivo del parallelo delle stringhe, in tutto 6 per l'intero impianto.

### **Descrizione tecnica dell'inverter di connessione a rete**

La produzione energetica del campo fotovoltaico è gestita in fase di conversione DC/AC da 3 inverter Tipo Sunny Minicentral SMC 5.000 A-IT o equivalenti uno per ogni sub-campo, mediante il quadro d'interfaccia alla rete sono gestiti in modalità trifase, in conformità alle prescrizioni previste dalla norma CEI 11-20 e dalle

specifiche del Distributore locale (Specifiche ENEL DK 5950), consentendo la loro connessione in parallelo alla rete pubblica.

L'inverter qui descritto potrà essere sostituito con uno **equivalente**.

### **Sunny Minicentral SMC 5.000 A-IT**

#### **Ingresso in CC**

Potenza CC max:	5.750 W
Tensione CC MAX	600V
Intervallo di tensione Fv, MPPT	246V 600V
Corrente d'ingresso max:	26A

<b>Uscita in c.a.</b>	
Potenza nominale in c.ca	5.000 W
Potenza in c.a max	5.500 W
Corrente d'uscita max	26A
Tensione nominale	220-240 V
Frequenza di rete ca /intervallo	50/60 Hz
Allacciamento in ca/ compensazione potenza	monofase/-

#### **Dispositivi di protezione**

Protezione contro l'inversione di polarità	Si
Sezionatore in corrente continua ESS	Si
Resistenza ai corti circuiti	Si
Rilevatore di guasto a terra	Si
Controllo rete	Si
Con separazione galvanica	
/interruttore differenziale integrato	Si

#### **Dati generali**

Dimensioni	larg. 468 X alt 613 X prof. 242
Peso	Kg 62
Intervallo di temperatura esercizio	-25°C +60°C
Consumo	<7w/0,25W
Topologia	NF trasformatore

## **SISTEMA D'INTERFACCIA**

### **Quadro di Interfaccia**

Nel caso in esame, per la realizzazione del suddetto quadro di interfaccia si opta per un quadro di metallo con grado di protezione IP 55, normativa di riferimento: CEI EN 60439-1, CEI EN 50298, CEI 23-48,

CEI 23-49. Protezione contro i contatti indiretti: involucro predisposto con morsetto di terra.

Resistenza agli urti: IK 10. Temperatura di installazione: Max +60°C, Min -25°C.

Il quadro di interfaccia conterrà, per le operazioni di gestione inverter, misura e protezione, i seguenti componenti:

- Morsetti linea montante (Ingresso/Uscita).
- 3 Interruttori automatici magnetotermici bipolare 6 kA, Curva C, In =25 A
- 1 Interruttore automatico magnetotermico bipolare 6 kA, Curva C, In =2 A.
- 1 Interruttore automatico magnetotermico quadripolare 25 kA, Curva C, In = 32 A. Nota: P.I. CEI EN 60898 Icn = 25 kA // CEI EN 60947.2 Icu = 50 kA; Ics =25 kA
- 1 Scaricatore di sovratensione quadripolare per sistema trifase TT-230/400
- 1 Scheda elettronica per monitoraggio dei parametri via ethernet/Wireless

Il sistema d'interfaccia sarà dotato di un sistema elettronico di monitoraggio della rete (EP-3) in conformità alle prescrizioni previste dalla norma CEI 11-20 e dalle specifiche del Distributore locale (Specificazione ENEL DK 5950).

### **Collegamento alla rete elettrica**

L'uscita del sistema d'interfaccia è collegata alla rete di distribuzione mediante un cavo di tipo FG7(O) R 0,6/1 kV 5G6. Il cavo prescelto, avendo stimato una distanza di circa 10 metri, in condizioni di massima erogazione di corrente di fase, comporta una caduta di tensione percentuale massima al di sotto del 2% ed è quindi in accordo con il vincolo del 4% previsto dalla norma 64-8.

Per la connessione a terra delle masse si utilizzerà un cavo di tipo N07V - K con isolante in materiale PVC

### **Sistema di monitoraggio**

L'impianto sarà dotato di sistema di monitoraggio remoto e quindi di wireless e router per l'invio dei dati di raccolta che serviranno a monitorare l'impianto durante tutta la sua fase di vita.