



REGIONE SARDEGNA

PROVINCIA DEL MEDIO CAMPIDANO

COMUNE DI SERRENTI

FORNITURA E POSA DI N.3 IMPIANTI FOTOVOLTAICI NEL COMUNE DI SERRENTI

- Municipio
- Scuola Elementare di via E.D' Arborea
- Scuola Elementare di via Roma

Programma R.A.S. per "Interventi per l'utilizzo delle energie rinnovabili e il risparmio ed efficienza energetica sugli edifici pubblici (art.15 comma 7 Legge Finanziaria 2007)"

CALCOLIE SECUTIVI DEGLI IMPIANTI E DELLE STRUTTURE - PROGETTO DEFINITIVO-ESCUTIVO



COMUNE DI SERRENTI

VIA NAZIONALE N°182 09027 SERRENTI (VS)
Tel.070915191 – Fax.0709159791 WWW.comune.serrenti.ca.it

Premessa

DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEGLI IMPIANTI FOTVOLTAICI

Normativa di riferimento

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle normative vigenti, ed in particolare dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVFF;
- alle prescrizioni e indicazioni della Società Distributrice di energia elettrica;
- alle prescrizioni del gestore della rete;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

L'elenco completo delle norme alla base della progettazione è riportato in Appendice A della Relazione Tecnica.

Procedura di calcolo

Criterio generale di progetto

Il principio progettuale normalmente utilizzato per un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile.

Nella generalità dei casi, il generatore fotovoltaico deve essere esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud e evitando fenomeni di ombreggiamento.

Criterio di stima dell'energia prodotta

L'energia generata dipende:

- dal sito di installazione (latitudine, radiazione solare disponibile, temperatura, riflettanza della superficie antistante i moduli);
- dall'esposizione dei moduli: angolo di inclinazione (Tilt) e angolo di orientazione (Azimut);
- da eventuali ombreggiamenti o insudiciamenti del generatore fotovoltaico;
- dalle caratteristiche dei moduli: potenza nominale, coefficiente di temperatura, perdite per disaccoppiamento o mismatch;
- dalle caratteristiche del BOS (Balance Of System).

Il valore del BOS può essere stimato direttamente oppure come complemento all'unità del totale delle perdite, calcolate mediante la seguente formula:

$$\text{Totale perdite [\%]} = [1 - (1 - a - b) \times (1 - c - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] + g$$

Sono stati assunti i seguenti valori:

a Perdite per riflessione	1,5%
b Perdite per ombreggiamento	0,5%
c Perdite per mismatching	3,5%
d Perdite per effetto della temperatura	7,5%

e Perdite nei circuiti in continua	1,1%
f Perdite negli inverter	3,0%
g Perdite nei circuiti in alternata	1,0%
Totale perdite [%]	17,3%
Da cui si ottiene →	BOS= 82,7%

Critero di verifica elettrica: impianto fotovoltaico moduli, stringhe ed inverter

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-5 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze per i tre impianti.

MUNICIPIO

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (300.16 V) maggiore di Vmppt min. (90.00 V)	VERIFICATO
Vm a -5 °C (414.30 V) minore di Vmppt max. (580.00 V)	VERIFICATO
TENSIONE MASSIMA	
Voc a -5 °C (493.26 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (600.00 V)	VERIFICATO
TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a -5 °C (493.26 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 000.00 V)	VERIFICATO
CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (16.60 A) inferiore alla corrente max. dell'inverter (18.00 A)	VERIFICATO

Scuola elementare di via E.D'Arborea

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (350.18 V) maggiore di Vmppt min. (90.00 V)	VERIFICATO
Vm a -5 °C (483.34 V) minore di Vmppt max. (580.00 V)	VERIFICATO
TENSIONE MASSIMA	
Voc a -5 °C (575.46 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (600.00 V)	VERIFICATO
TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a -5 °C (575.46 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 000.00 V)	VERIFICATO
CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (16.60 A) inferiore alla corrente max. dell'inverter (18.00 A)	VERIFICATO

Scuola elementare di via Roma

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (350.18 V) maggiore di Vmppt min. (90.00 V)	VERIFICATO
Vm a -5 °C (483.34 V) minore di Vmppt max. (580.00 V)	VERIFICATO
TENSIONE MASSIMA	
Voc a -5 °C (575.46 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (600.00 V)	VERIFICATO
TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a -5 °C (575.46 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 000.00 V)	VERIFICATO
CORRENTE MASSIMA	

Critero di verifica elettrica: Impianti elettrici

Le verifiche dei cavi e relative protezioni usate sia in c.c. che alternate sono riportate del dettaglio nella relazione tecnica a cui si rimanda.

DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE

DESCRIZIONE DELL'OPERA E COLLOCAZIONE NEL TERRITORIO

La presente relazione riguarda il dimensionamento delle strutture del solaio in acciaio porta pannelli sandwich coibentati con incorporate le guide porta moduli fotovoltaici, da realizzare nel tetto piano del municipio del comune di Serrenti.

La struttura della copertura è in acciaio con telai (pilastri e travi) e correnti in acciaio scotolato zincato a caldo. 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 + neve + peso moduli + peso strutture e zavorre.

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.
- Legge 5 novembre 1971 N. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Circolare Ministero dei lavori Pubblici 14 Febbraio 1974, N.11951 - "Applicazione delle norme sul cemento armato".
- Circolare Ministero dei lavori Pubblici 25 Gennaio 1975, N.13229 - "L'impiego di materiali con elevate caratteristiche di resistenza per cemento armato normale e precompresso.
- C.N.R. - UNI 10011-97 - "Costruzioni di acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".
- OPCM 3274 d.d. 20/03/2003 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", e successive modifiche e integrazioni (OPCM 3431 03/05/05).
- Norma CNR 10025-98 - "Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo".
- Norma CNR 10016-2000 - "Strutture composte da acciaio e calcestruzzo istruzioni per l'impiego nelle costruzioni".
- Norme tecniche per le Costruzioni - D.M. 14/9/2005
- Norme di cui è consentita l'applicazione ai sensi dell'art.1 del D.M.LL.PP. 9 gennaio 1996:
- UNI EN 1990: 2004 - Eurocodice 1 - Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI ENV 1991-1-1: 2004; -1-2; 1-3; 1.5 ; UNI ENV 1991-2-4: 1997 - Azioni sulla struttura.
- Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo.
- UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.
- Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio.
- UNI ENV 1993-1-1 - Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici - "Linee Guida sul calcestruzzo strutturale" - Dicembre 1996.

Circ. MIN.LL.PP. N.11951 del 14 febbraio 1992 - Circolare illustrativa della legge N. 1086.

D.M. 14 febbraio 1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche.

Circ. MIN.LL.PP. N.37406 del 24 giugno 1993 – Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 14 febbraio 1992.

D.M. 9 gennaio 1996 – Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

Circ. Min. LL.PP. 15.10.1996 n.252 AA.GG./S.T.C. - Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo e l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al D.M. 09.01.1996.

CARICHI E SOVRACCARICHI

Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

D.M. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

Circ. MIN.LL.PP. N.156 AA.GG./STC del 4 luglio 1996 – 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 D.M. 16 gennaio 1996.

D.M. 16.1.1996 - Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche

Circ. Min. LL.PP. 10.4.1997, n. 65 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16 gennaio 1996

CARICHI DA NEVE

La formula per il carico neve è

$$Q_s = \mu_i \cdot Q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t$$

dove

Q_s è il carico di neve [kN/m²]

μ_i è il coefficiente di forma =0,8 per pannelli inclinati di 30°

Q_{sk} è il valore di riferimento del carico di neve al suolo [kN/ m²]=0,6 per Serrenti che ricade in zona 3

C_e è il coefficiente di esposizione=1 zona normale

C_t è il coefficiente termico =1

Da cui

$$Q_s = (0,6 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1) = 0,48 \text{ [kN/m}^2\text{]} = 48 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

CARICHI DA VENTO

Provincia: Cagliari, zona: 5, altitudine: 114 m s.l.m.

$V_{bo}=28$, $a_0=750$, $K_a=0,015$

La pressione del vento è data dall'espressione: $P = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$

dove

q_b è la pressione cinetica di riferimento [N/m²] = $(\rho \cdot v_{bo}^2 / 2) = 588$ [N/m²]

ρ è la densità dell'aria assunta pari a 1,25 kg/m³

C_e è il coefficiente di esposizione

Altezza della costruzione: 8 m, oltre 30 km dalla costa

Classe di rugosità del terreno: B, categoria di esposizione del sito: IV, $z_{min}=8$ m, $K_r=0,22$, $Z_0=0,30$ $z_{min}=8$ m.

$C_e(z_{min} = 8 \text{ m}) = 1,65$

C_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento.

$C_{p1}=1,1$ per schiera investita posteriormente (la schiera è inclinata di 155°)

$C_{p2}=0,8$ per schiera investita frontalmente (la schiera è inclinata di 25°)

c_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali =1

Nella fattispecie i dati necessari al calcolo e verifica sono:

1) Schiera investita posteriormente dal vento

Si ha: $p1 = 490 * 1,65 * 1,1 * 1 = 970,2 \text{ [N/m}^2\text{]}$

2) Schiera investita frontalmente dal vento

Si ha: $p2 = 490 * 1,65 * 0,8 * 1 = 646,8 \text{ [N/m}^2\text{]}$

Nelle tabella seguente si riportano i risultati della verifiche.

SERRENTI febbraio 2011

Il Progettista

Ing. Giovanni Musio

VERIFICA STRUTTURE IMPIANTO FV PER COPERTURA IN ACCIAIO MUNICIPIO SERRENTI -

ANALISI CARICHI											
CARICO NEVE											
	Qsk valore di riferim. - Serrenti zona 3	mi - coeff forma	Ce coeff esposizione	Ct coeff termico	Qs Carico neve N/m2				carico neve pannello (Kg/mq)		
	0,6	0,8	1	1	480				48,98		
CARICO VENTO											
	Vb (m/s)	qb (N/mq)	Ct-Cd	cp pannelli	cp struttura	H (altezza pannello) esposto al vento (m)	ce(z) =Cezmin	pressione pannello (N/mq)	pressione pannello (Kg/mq)		
	28	490	1	0,8	0,8	0,30	1,65	92,97	9,49		
PESO PANNELLI + MODULI PV + GUIDE								N/mq	peso proprio (Kg/mq)		
								421,4	43,00		
SOVRACCARICO ACCIDENTALE MANUTENZ.								N/mq	Kg/mq		
								980	60,00		
Qtotale								1582,367	161,47		
TRAVI CORRENTI ORIZZONTALI											
interasse (m)								1	1		
q (N/mq)								N/mq	1582,367	161,47	kg/mq
l (m)	luce										
								2,48	2,45		
M=q ² l ² /10 (N*m)								N*m	973,2	96,92	kg*m
sigma ammiss								N/mm2	160	16,33	kg/mm2
W min	M/sigma										
								cm3	6,08	5,94	< 7,5 cm3 scatolato

										usato 60x30x3 mm	
			TRAVI TELAIO								
	interasse (m)							2,45	2,45		
	q (N/mq)						N/mq	3876,80	395,59	kg/mq	
	l (m)							2	2		
	M=q ² l/10 (N*m)						N*m	1550,7	158,24	kg/m	
	sigma ammiss	N/mm ²					N/mm ²	160	16,33	kg/mm ²	
	W min	M/sigma					cm ³	9,69	9,69	<11,7 cm ³ scatolato usato 80x30x3 mm	
			PILASTRI								
	N=Ql/2	197,7958	kg								
	sigma fe	17,66034	kg/cm ²	0,66 kg/mm ²	<< 16,33 kg/mm ²					scatolato usato 70x70x3 mm	