

resa del pannello

curve di efficienza

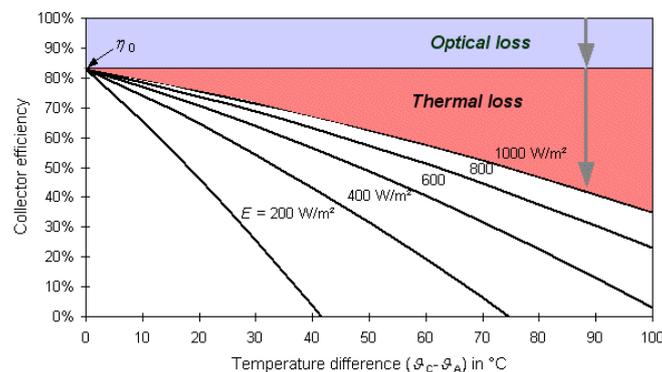
$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{\theta_m - \theta_a}{G} - a_2 \cdot G \left[\frac{\theta_m - \theta_a}{G} \right]^2$$

θ_m temperatura media nel pannello

θ_a temperatura dell'aria

η_0 efficienza a vuoto

a_1, a_2 coefficienti del pannello



IAM incidence angle modifier

- i dati sono forniti per incidenza normale η_0
- la radiazione solare non è normalmente normale alla superficie
- si introduce il parametro K_θ o IAM

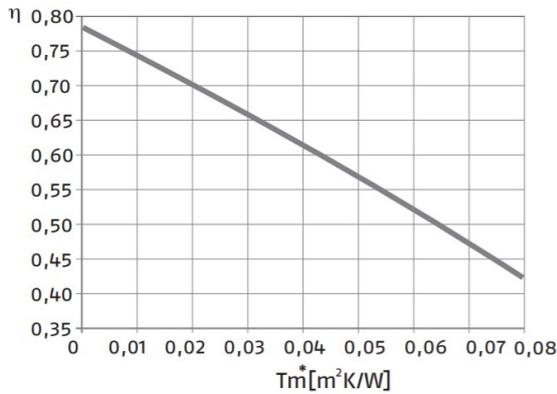
$$K_{\theta,b} = \frac{\eta_0(\theta)}{\eta_0(0^\circ)}$$
$$K_{\theta,d} = \int_0^{\pi/2} K(\theta) \cdot \sin(2\theta) \cdot d\theta$$

flusso utile

$$\Phi_u = A \cdot \left[\eta_0 (K_{\theta,b} G_{b,T} + K_{\theta,d} G_{d,T}) - a_1 \cdot (\theta_m - \theta_a) - a_2 \cdot (\theta_m - \theta_a)^2 \right]$$

Pannello Piano

CURVA DI EFFICIENZA



La curva di potenza nominale è riferita a 800 W/m² mentre la potenza di picco viene calcolata da normativa con un irraggiamento di 1000 W/m²

Descrizione	U/M	
Rendimento ottico all'assorbitore (η_0) (*)	%	0,781
Coefficiente di dispersione termica dell'assorbitore (a_1) (*)	W/(m ² K)	4,98
Coefficiente di dispersione termica dell'assorbitore (a_2) (*)	W/(m ² K)	0,0005
IAM (50°) (*)	-	0,87
Rendimento del collettore (η_{col}) (**)	%	0,579

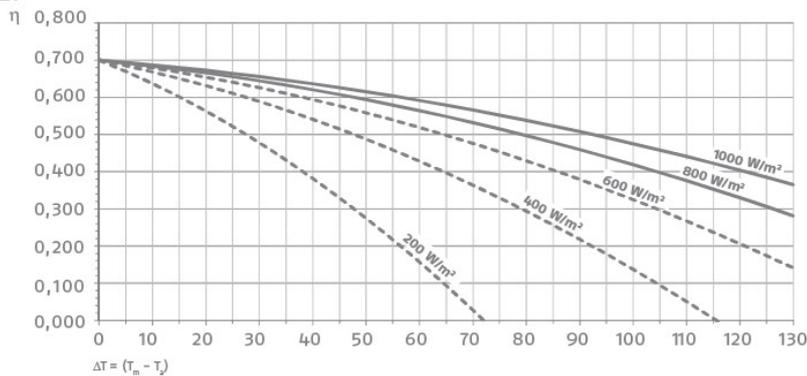
(*) Valore riferito all'area di apertura. Test secondo EN 12975 riferito a miscela acqua-glicole al 33,3%, portata di 160 l/h e irraggiamento $G = 800 \text{ W/m}^2$.
 $T_m = (T_{coll_ingresso} + T_{coll_uscita})/2$
 $T^*m = (T_m - T_{ambiente})/G$

(**) Calcolato ad una differenza di temperatura di 40K tra il collettore solare e l'aria ambiente circostante, con un irraggiamento solare globale, riferito all'area di apertura, di 1000 W/m².

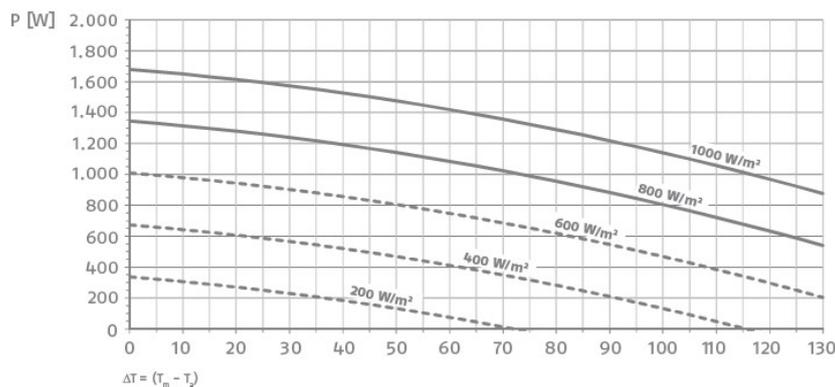
Pannello a Tubi

CSV 25 R

CURVA DI EFFICIENZA



CURVA DI POTENZA RESA



- La specifica tecnica UNI/TS 11300-4 propone un metodo di calcolo dei pannelli solari basato sul metodo F-Chart
- si applica a pannelli per produzione ACS, riscaldamento o combinati

metodo di calcolo

- 1 Calcolo fabbisogno applicato all'impianto e calcolo rapporti P_H e P_W
- 2 Calcolo dei fattori adimensionali X e Y ;
- 3 Calcolo dell'energia solare prodotta mensilmente
- 4 Calcolo fabbisogno ausiliari
- 5 Calcolo perdite termiche
- 6 Calcolo delle perdite recuperabili

Riscaldamento e ACS

Calcolo frazioni riscaldamento e ACS

$$P_H = \frac{Q_{H,gn,out}}{Q_{H,gn,out} + Q_{W,gn,out}}$$
$$P_W = \frac{Q_{W,gn,out}}{Q_{H,gn,out} + Q_{W,gn,out}}$$

Le frazioni P_H e P_W vengono utilizzate per

- ripartire la superficie dei collettori
- ripartire il volume dell'accumulo se unico per i due servizi

$$Q_{sol,out,mese} = (aY + bX + cY^2 + dX^2 + eY^3 + fX^3) \times Q_{gn,out,mese} \quad [\text{kWH}]$$

$Q_{gn,out,mese}$ fabbisogno mensile applicato all'impianto

X, Y fattori adimensionali

Coefficienti di correlazione	Tipo di sistema	
	Sistema collegato ad accumulo	Sistema diretto (riscaldamento a pannelli)
a	1,029	0,863
b	-0,065	-0,147
c	-0,245	-0,263
d	0,0018	0,008
e	0,0215	0,029
f	0	0,025

Fattore adimensionale X

Riscaldamento

$$X_H = \frac{A \times p_H \times \eta_{loop} \times \Delta T \times f_{st} \times t_m}{Q_{H,gn,out,mese} \times 10^3}$$

ACS

$$X_W = \frac{A \times p_W \times \eta_{loop} \times \Delta T \times f_{st} \times t_m}{Q_{W,gn,out,mese} \times 10^3}$$

A area di captazione

U_{loop} coefficiente di perdita del circuito collettore solare

η_{loop} rendimento del circuito se non sono forniti dati $\eta_{loop}=0,8$

ΔT differenza temperatura di riferimento

f_{st} correzione per accumulo

t_m periodo di calcolo

Riscaldamento e ACS

$$Y_H = \frac{A \times IAM \times \eta_0 \times \eta_{loop} \times I_m \times t_m}{Q_{gn,out,mese} \times 10^3}$$

A area di captazione

IAM modificatore dell'angolo di incidenza

η_{loop} rendimento del circuito se non sono forniti dati $\eta_{loop}=0,8$

η_0 rendimento del collettore a perdite nulle

I_m irradianza solare sul piano sel collettore [E/m^2]

t_m periodo di calcolo

$Q_{gn,out,mese}$ fabbisogno applicato all'impianto, per sistemi combinati deve essere distinto per le relative quote

fabbisogno di energia elettrica ausiliari

sistemi a circolazione forzata

$$Q_{sol,aux,m} = W_{aux,nom} \times t_{aux,m} / 1000 \text{ kWh}$$

$W_{aux,nom}$ potenza nominale circolatori $W_{aux,nom} = 50 + 5 \times A$ [W] se non fornita

$t_{aux,m}$ numero di ore di funzionamento

$$t_{aux,W,m} = \frac{2000 \times I_{sol} \times P_W}{\sum I_{sol}}$$

$$t_{aux,H,m} = \frac{2000 \times I_{sol} \times N_{g,H,mese} \times P_H}{\sum I_{sol} \times N_{g,H,mese}}$$

Perdite

- le perdite si calcolano su base mensile, considero
- accumulo ACS
- accumulo riscaldamento
- perdite di distribuzione tra sottoistema solare termico e ausiliario di integrazione

Recuperi

- perdite recuperabili da accumulo in ambiente
- perdite recuperabili dal circuito di collegamento tra serbatoio e riscaldatore ausiliario
- energia recuperabile da ausiliari elettrici su circuito di distribuzione

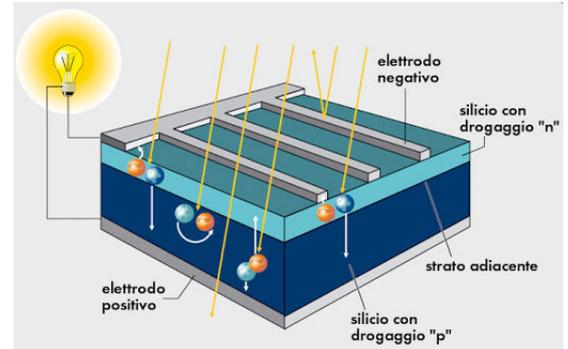
Caratteristiche dei collettori solari

Tipologia del collettore	η_0	a_1 [W/(m ² K)]	a_2 [W/(m ² K)]	IAM
Collettori a tubi sottovuoto con assorbitore piano	0,90	1,8	0,008	0,97
Collettori a tubi sottovuoto con assorbitore circolare	0,90	1,8	0,008	1,00
Collettori piani vetrati	0,78	3,5	0,015	0,94
Collettori non vetrati	0,76	15	0	1,00

Fotovoltaico

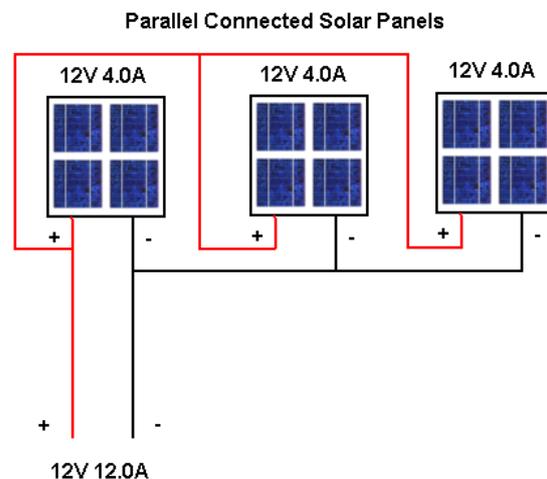
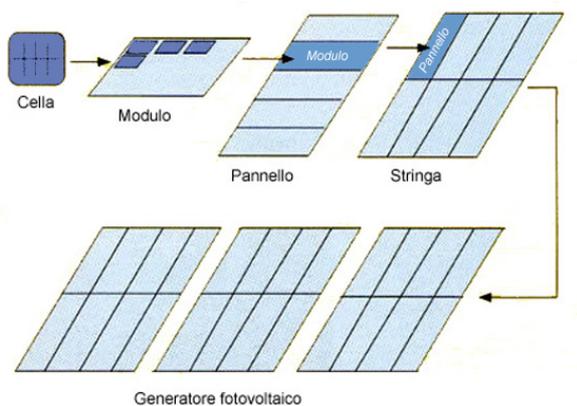
Effetto fotovoltaico

- la radiazione elettromagnetica cede energia agli elettroni esterni
- con energia sufficiente l'elettrone è libero
- l'assenza di elettrone nell'atomo è chiamata lacuna
- si utilizzano semiconduttori drogati con atomi di altri elementi
- struttura *p* eccesso di lacune
- strutture *n* eccesso di elettroni



Fotovoltaico

componenti e connessioni



Energia prodotta mensilmente

$$E_{el,pv,out} = \frac{E_{pv} \times W_{pv} \times f_{pv}}{I_{ref}}$$

E_{pv} irradianza solare mensile incidente

W_{pv} potenza di picco

f_{pv} fattore di efficienza del sistema

I_{ref} irradianza solare di riferimento 1 kWh/m²

Grado di ventilazione dei moduli fotovoltaici	f_{pv}
Moduli non ventilati	0,70
Moduli moderatamente ventilati	0,75
Moduli molto ventilati o con ventilazione forzata	0,80