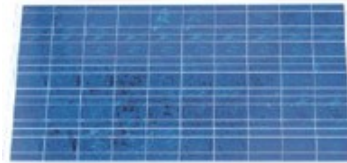


Impianto solare termico e fotovoltaico

Per coprire il fabbisogno energetico di un caseificio



Impianto solare termico

Calcolo dell'irraggiamento

L'irraggiamento sul piano del pannello viene calcolato sulla base dei dati di irraggiamento riportati nelle tabelle della norma UNI 10394 sotto forma di "radiazione diretta su un piano orizzontale, H_{0DR} " e "radiazione diffusa sul piano orizzontale, H_{0DF} " giornaliera mese per mese.

Tramite i fattori di inclinazione (che dipendono dall'inclinazione del pannello e dalle caratteristiche di riflettività dell'ambiente circostante) si calcola l'insolazione media giornaliera sul piano del pannello (MJ / m^2 giorno).

β è l'angolo di inclinazione del pannello rispetto al piano orizzontale e vale 45° .

L è la latitudine del luogo dell'installazione e vale $39,13^\circ$.

| | |
|---|--|
| $R_{DR} =$ da tabella UNI | Fattore di inclinazione per la radiazione diretta. Dipende da L, δ, h, β, a_w e si trova già calcolato nella tabelle UNI in funzione dell'angolo $L - \beta$ |
| $R_{RF} = \rho \frac{1 - \cos(\beta)}{2}$ | Fattore di inclinazione per la radiazione riflessa. ρ è il coefficiente di riflessione della superficie orizzontale antistante il pannello. Vale 0 per una superficie scura e 0.75 per la neve. Quando $\beta=0$ R_{RF} vale zero, perché essendo il pannello parallelo al terreno non gli può arrivare radiazione riflessa dal terreno. |
| $R_{DF} = \frac{1 + \cos(\beta)}{2}$ | Fattore di inclinazione per la radiazione diffusa. Vale 1 quando il pannello è parallelo a terra, cioè tutta la radiazione diffusa sul piano orizzontale (H_{0DF}) viene captata. Vale 0.5 quando il pannello è verticale. |

$$H = H_{0DR} \cdot R_{DR} + H_{0DF} \cdot R_{DF} + (H_{0DR} + H_{0DF}) \cdot R_{RF}$$

Calcolo del rendimento del pannello

Il rendimento del pannello solare termico peggiora al crescere della differenza fra la temperatura media della piastra assorbitrice e l'ambiente esterno. Pertanto il rendimento non è costante, e può essere valutato tramite un'equazione fornita dal costruttore del pannello. In questo caso vale:

$$\eta = 0.85 - 5 \frac{T_P - T_A}{G} \qquad T_R = \frac{T_P - T_A}{G}$$

T_P è la temperatura media della piastra, e verosimilmente è la media delle temperature di ingresso e uscita del fluido dal collettore solare.

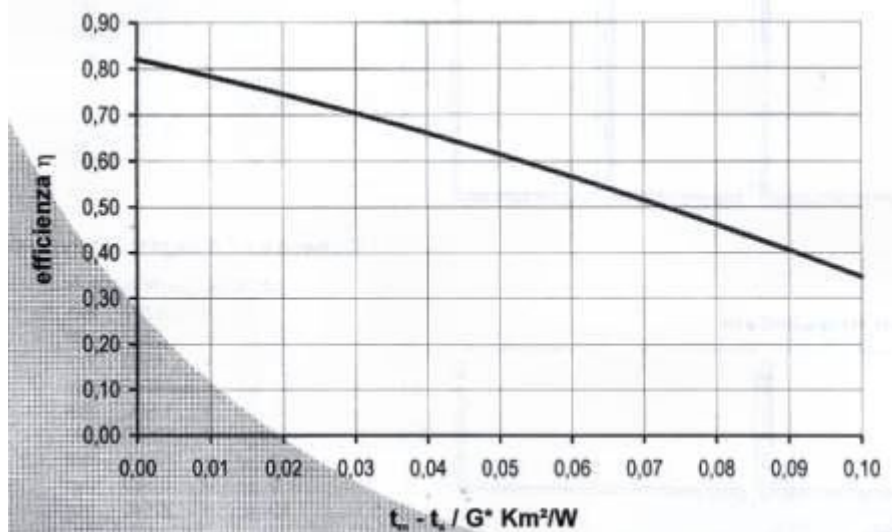
T_A è la temperatura media esterna, indicata nelle tabelle dei dati climatici (UNI10349).

G è la radiazione media giornaliera (W/m^2), ottenuta dividendo l'energia media giornaliera per la durata media del giorno. La durata media del giorno è indicata nelle stesse tabelle UNI.

T_R viene chiamata temperatura ridotta.

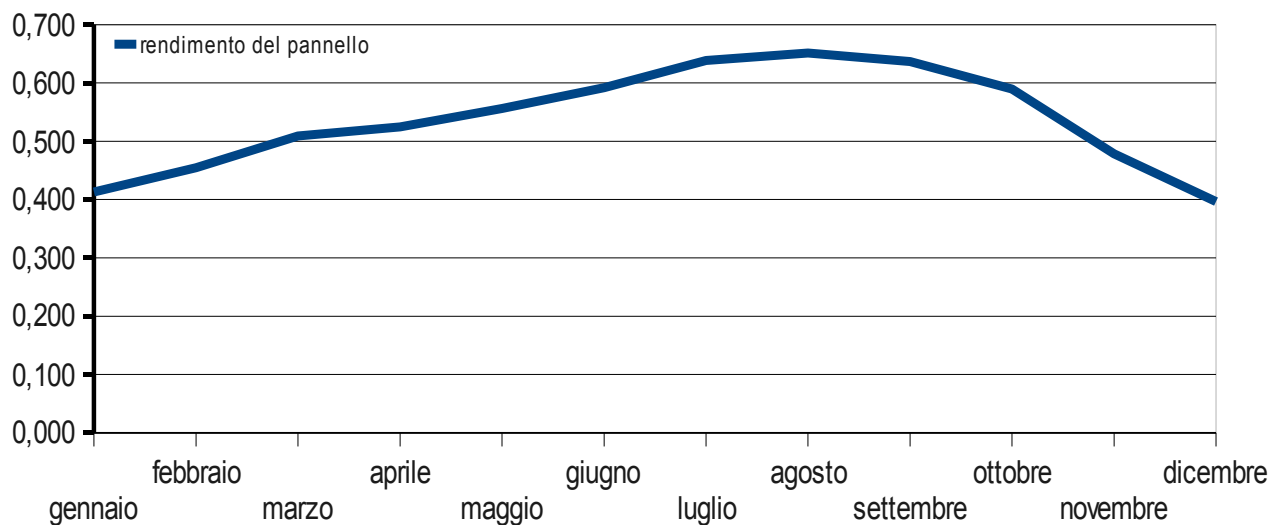
Il valore dei coefficienti dell'equazione del rendimento si trovano sperimentalmente con l'uso di un piranometro che misuri l'irraggiamento G , e tre termometri che misurino la temperatura del fluido in ingresso e in uscita, e quella dell'aria. Conoscendo la superficie del pannello e l'irraggiamento si calcola l'irraggiamento entrante, mentre conoscendo le temperature e la portata dell'acqua si calcola la potenza (termica) uscente. Facendone il rapporto si calcola η .

Per diverse condizioni di prova si riportano graficamente i risultati in un piano cartesiano con il rendimento in ordinata e la temperatura ridotta in ascissa. In fine si ricavano i coefficienti dell'equazione del rendimento (che è l'equazione di una retta con pendenza negativa).



EN12976-2 / ISO9806-1 - Test methods for solar collectors

Il pannello utilizzato è del tipo selettivo, ovvero il rivestimento dell'assorbitore presenta un alto coefficiente di assorbività per le lunghezze d'onda del visibile e un basso valore del coefficiente di emissività per le lunghezze d'onda della radiazione infrarossa. L'impiego superfici selettive comporta la riduzione delle perdite con conseguente incremento dell'efficienza.



La temperatura media della piastra dipende dalle condizioni di irraggiamento del pannello e di prelievo di acqua calda dal boiler. Non conoscendo gli orari di prelievo dell'acqua calda dal boiler e le condizioni di irraggiamento orario è difficile stabilire a priori quale sarà la temperatura media della piastra. Nel calcolo la si immagina pari a 50°C.

Dimensionamento dell'impianto:

Attualmente la produzione di acqua calda avviene tramite una caldaia a gasolio e viene a costare 20900 € all'anno. L'obiettivo è trovare la soluzione tecnica economicamente più vantaggiosa ai fini della riduzione dei costi di esercizio del caseificio.

Il fabbisogno energetico giornaliero viene calcolato a partire dalla quantità di acqua calda a 55°C ipotizzando pari a 15°C la temperatura dell'acqua proveniente dall'acquedotto.

Per un'idea di massima viene calcolato, mese per mese, quale è la superficie di pannelli solari termici sufficiente a coprire interamente il fabbisogno giornaliero.

$$S_c = \frac{E}{\eta_c \cdot E_s}$$

E è l'energia termica

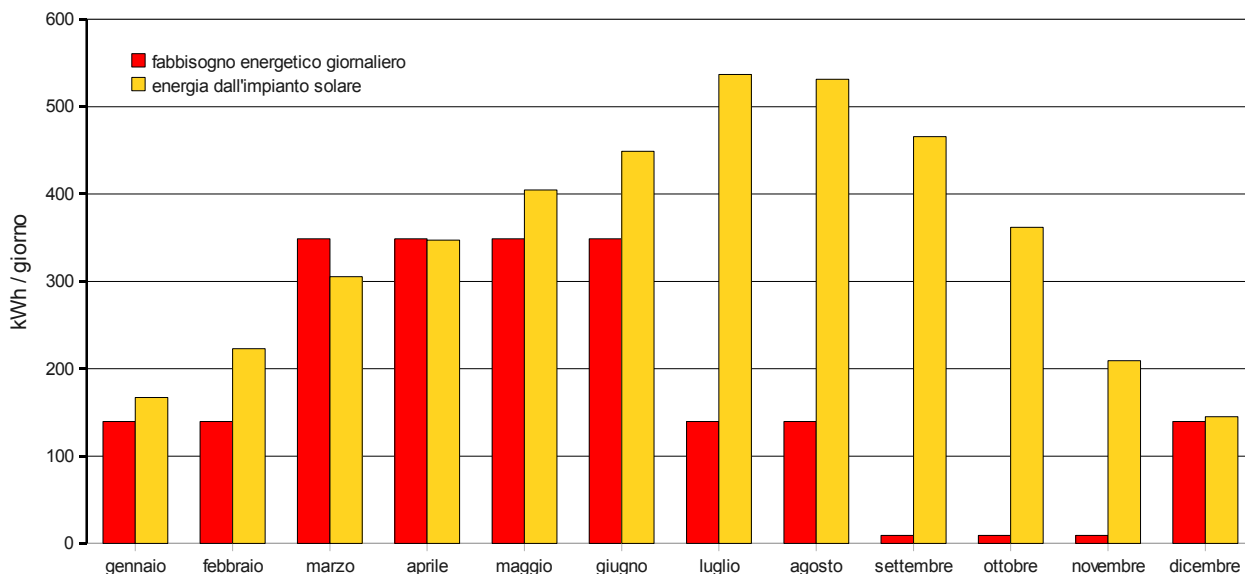
E_s è l'energia solare disponibile

S_c è la superficie di collettori solari

La superficie viene assegnata manualmente (unica per tutti i mesi, ovviamente). In base a questa superficie viene calcolata l'energia solare ricevuta giornalmente e viene confrontata con il fabbisogno giornaliero.

$$E = S_c \cdot E_s \cdot \eta_c$$

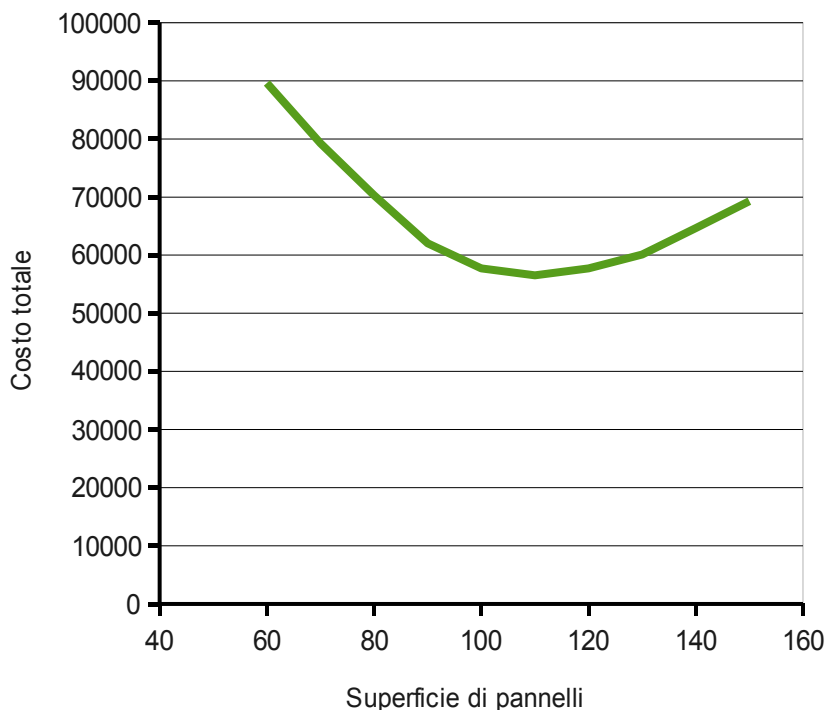
Dimensionare l'impianto solare pari alla superficie massima così ottenuta garantirebbe una copertura solare del 100% in tutti i mesi dell'anno. Se si dimensiona l'impianto con una superficie inferiore occorrerà, in alcuni mesi, integrare una parte dell'energia termica con la caldaia a gasolio. Il costo dell'integrazione a gasolio viene calcolato mese per mese e risulta essere zero nei mesi dove non è necessaria l'integrazione.



Il volume di accumulo viene calcolato sulla base della superficie scelta ipotizzando 50 litri/m² di pannello. Un volume eccessivo rende il boiler molto inerziale e potrebbe non riuscire a raggiungere la temperatura voluta nemmeno a fine giornata. Il consumo di energia termica del caseificio avviene verosimilmente nelle ore diurne, quindi è contemporaneo alla produzione di calore da parte dei pannelli solari.

Il costo dell'impianto solare in opera, valutato con una breve indagine su alcuni siti internet, è di 462 €/m² di pannello IVA inclusa, e comprende, oltre al pannello, tutti gli altri componenti (tubi, raccordi, bollitore, antigelo, struttura di fissaggio).

Il costo totale per 20 anni di esercizio viene calcolato sommando il costo dell'impianto solare e il costo del gasolio per l'integrazione. La superficie viene poi scelta cercando il minimo costo totale.



La superficie ottimale, per le assunzioni fatte, risulta essere di 144 m².

Il costo complessivo di tale impianto è di 52668 €.

Il costo di esercizio annuale è di 228 €, contro i 20900 € senza impianto solare.

L'investimento viene realizzato senza prestito bancario.

Viene utilizzata la detrazione del 55% dell'investimento in 3 anni dall'IRPEF (9655.8 €/anno per i primi 3 anni)

Il flusso di cassa diventa positivo fin dal secondo anno.

Calcolo irraggiamento sul piano del pannello e rendimento del pannello

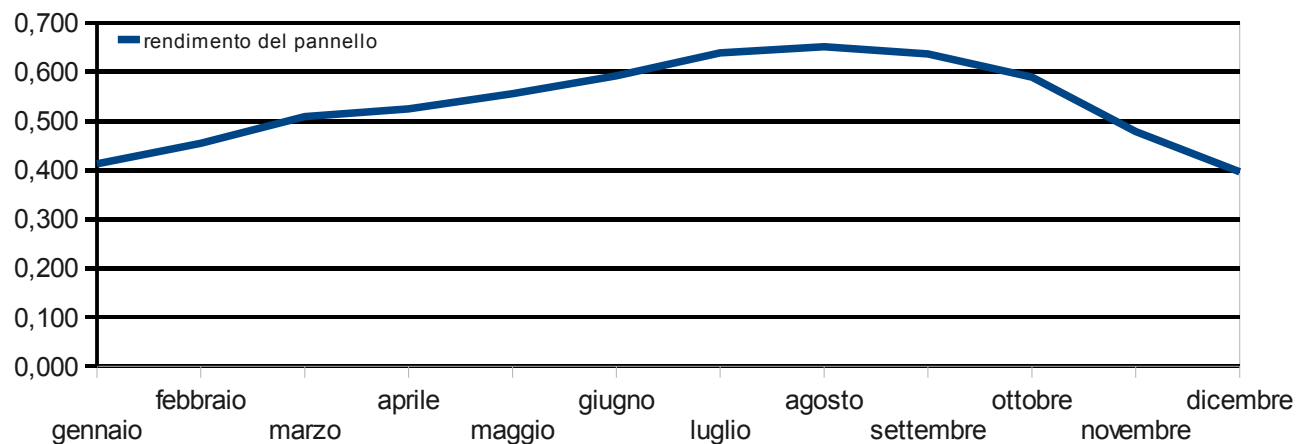
| | Insolazione media giornaliera sul piano orizzontale | | fattori di inclinazione | | | Insolazione media giornaliera sul piano del pannello | | numero di ore di luce al giorno | radiazione media giornaliera | Temperatura media esterna | rendimento del pannello |
|------------------|---|---------------------|-------------------------|--------|--------|--|----------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| simbolo: | Diretta (H0dr) | Diffusa (H0df) | Rdr (beta=45°) | Rdf | Rrf | H | | | G | Ta | η |
| unità di misura: | MJ/m ² d | MJ/m ² d | | | | MJ/m ² d | kWh/m ² d | ore | W/m ² | °C | |
| gennaio | 3,9 | 3,1 | 2,3500 | 0,7627 | 0,1780 | 12,78 | 3,55 | 9,6 | 369,66 | 9,6 | 0,413 |
| febbraio | 5,8 | 4,1 | 1,8300 | 0,7627 | 0,1780 | 15,5 | 4,31 | 10,7 | 402,47 | 10,2 | 0,454 |
| marzo | 8,9 | 5,4 | 1,3800 | 0,7627 | 0,1780 | 18,95 | 5,26 | 11,9 | 442,25 | 12,3 | 0,509 |
| aprile | 12 | 6,8 | 1,0300 | 0,7627 | 0,1780 | 20,89 | 5,8 | 13,3 | 436,35 | 14,5 | 0,525 |
| maggio | 15,9 | 7,4 | 0,8300 | 0,7627 | 0,1780 | 22,99 | 6,39 | 14,4 | 443,45 | 17,4 | 0,556 |
| giugno | 18,2 | 7,5 | 0,7500 | 0,7627 | 0,1780 | 23,94 | 6,65 | 15 | 443,42 | 21,4 | 0,592 |
| luglio | 21,3 | 6,3 | 0,7900 | 0,7627 | 0,1780 | 26,54 | 7,37 | 14,7 | 501,6 | 23,5 | 0,639 |
| agosto | 17,9 | 6,1 | 0,9400 | 0,7627 | 0,1780 | 25,75 | 7,15 | 13,7 | 522,11 | 24,1 | 0,652 |
| settembre | 12,8 | 5,4 | 1,2300 | 0,7627 | 0,1780 | 23,1 | 6,42 | 12,5 | 513,38 | 22,6 | 0,637 |
| ottobre | 8,3 | 4,3 | 1,6700 | 0,7627 | 0,1780 | 19,38 | 5,38 | 11,2 | 480,74 | 18,7 | 0,590 |
| novembre | 4,5 | 3,3 | 2,2000 | 0,7627 | 0,1780 | 13,81 | 3,83 | 10 | 383,48 | 14,4 | 0,479 |
| dicembre | 3,3 | 2,8 | 2,5300 | 0,7627 | 0,1780 | 11,57 | 3,21 | 9,3 | 345,59 | 10,8 | 0,396 |
| media: | | | | | | 19,6 | 5,44 | | 440,37 | | 0,54 |
| somma: | | | | | | | | | | | |

| | |
|-----------------------|------|
| Angolo β | 45° |
| coeff. di riflessione | 0,75 |
| temp acqua fredda | 15°C |

| | |
|----------------|------|
| neve | 0,75 |
| acqua | 0,07 |
| asfalto | 0,1 |
| calcestruzzo | 0,22 |
| pietrisco | 0,2 |
| edifici scuri | 0,27 |
| edifici chiari | 0,75 |

Rendimento pannello 0,85-5*Tr

Tpiastra= 50°C

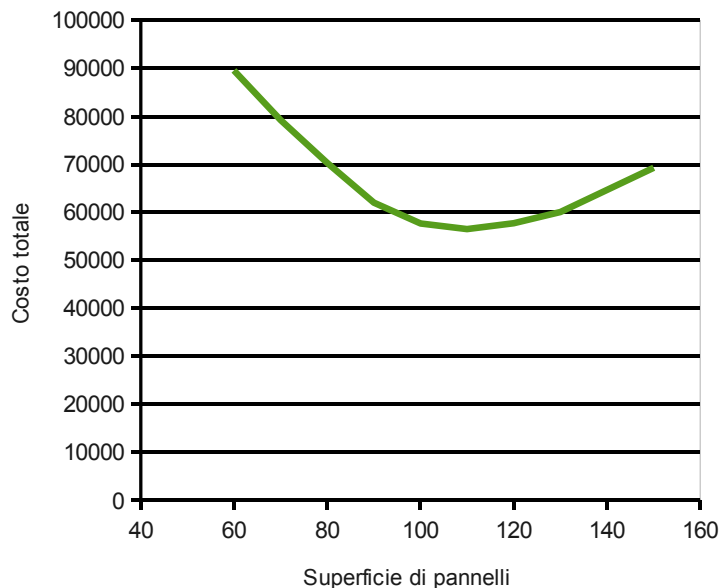


Valutazione tecnico/economica

| | isolazione media giornaliera sul piano del pannello | numero di ore di luce al giorno | rendimento del pannello | fabbisogno in litri/giorno a 55°C | fabbisogno energetico giornaliero | superficie che copre il fabbisogno mensile | energia dall'impianto solare | energia integrata con caldaia a gasolio | costo gasolio integrazione | costo gasolio (senza imp. solare) | risparmio di gasolio |
|-------------------------|---|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------|---|----------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| simbolo: | G(45°) | | η | Er | | Sc | Es | Eg | CGI | | RDG |
| unità di misura: | kWh/m ² d | ore | | litri/giorno | kWh/giorno | m ² | kWh/giorno | kWh/giorno | €/giorno | €/giorno | €/giorno |
| gennaio | 3,55 | 9,6 | 0,413 | 3000 | 139,53 | 95,24 | 167,01 | 0 | 0 | 27,16 | 27,16 |
| febbraio | 4,31 | 10,7 | 0,454 | 3000 | 139,53 | 71,3 | 223,1 | 0 | 0 | 36,28 | 36,28 |
| marzo | 5,26 | 11,9 | 0,509 | 7500 | 348,83 | 130,22 | 305,38 | 43,45 | 7,07 | 49,66 | 42,59 |
| aprile | 5,8 | 13,3 | 0,525 | 7500 | 348,83 | 114,58 | 347,06 | 1,78 | 0,29 | 56,43 | 56,14 |
| maggio | 6,39 | 14,4 | 0,556 | 7500 | 348,83 | 98,26 | 404,7 | 0 | 0 | 65,81 | 65,81 |
| giugno | 6,65 | 15 | 0,592 | 7500 | 348,83 | 88,59 | 448,89 | 0 | 0 | 72,99 | 72,99 |
| luglio | 7,37 | 14,7 | 0,639 | 3000 | 139,53 | 29,63 | 536,86 | 0 | 0 | 87,29 | 87,29 |
| agosto | 7,15 | 13,7 | 0,652 | 3000 | 139,53 | 29,94 | 531,31 | 0 | 0 | 86,39 | 86,39 |
| settembre | 6,42 | 12,5 | 0,637 | 200 | 9,3 | 2,28 | 465,65 | 0 | 0 | 75,72 | 75,72 |
| ottobre | 5,38 | 11,2 | 0,590 | 200 | 9,3 | 2,93 | 361,88 | 0 | 0 | 58,84 | 58,84 |
| novembre | 3,83 | 10 | 0,479 | 200 | 9,3 | 5,07 | 209,25 | 0 | 0 | 34,03 | 34,03 |
| dicembre | 3,21 | 9,3 | 0,396 | 3000 | 139,53 | 109,56 | 145,19 | 0 | 0 | 23,61 | 23,61 |
| media: | 5,44 | | 0,54 | | 176,74 | | | | | | |
| somma (annuale): | | | | | 65748,11 | | | 227,96 | 20900 | 20672,03 | |

| | |
|---|----------------------|
| Angolo β = | 45° |
| coeff. Rifless= | 0,75 |
| temp acqua fredda | 15°C |
| Tpiastra= | 50°C |
| Rendimento pannello= | 0,85-5*Tr |
| η caldaia | 0,9 |
| prezzo gasolio | 1,4 €/l |
| Hi gasolio | 42000 kJ/kg |
| ro gasolio | 0,82 kg/l |
| costo energia gasolio | 0,16 €/kwh |
| Volume accumulo | 5700 litri |
| Superficie pannelli calcolata sulla media annuale | 60,49 m ² |
| Superficie pannelli (da inserire a mano) | 114 m ² |
| costo sp imp solare (tot) | 462 €/m ² |
| costo imp solare (CIS) | 52668 € |
| costo gasolio integrazione (20 anni) (20*CGI) | 4559,3 € |
| Costo totale (CIS+20*CGI) | 57227 € |
| Costo con solo caldaia a gasolio (20 anni) | 418000 € |
| tempo di rientro: (CIS/RDG) | 2,55 anni |

| Superficie | costo totale |
|------------|--------------|
| 60 | 89620 |
| 70 | 79252 |
| 80 | 70310 |
| 90 | 62045 |
| 100 | 57710 |
| 110 | 56521 |
| 120 | 57731 |
| 130 | 60109 |
| 140 | 64680 |
| 150 | 69300 |

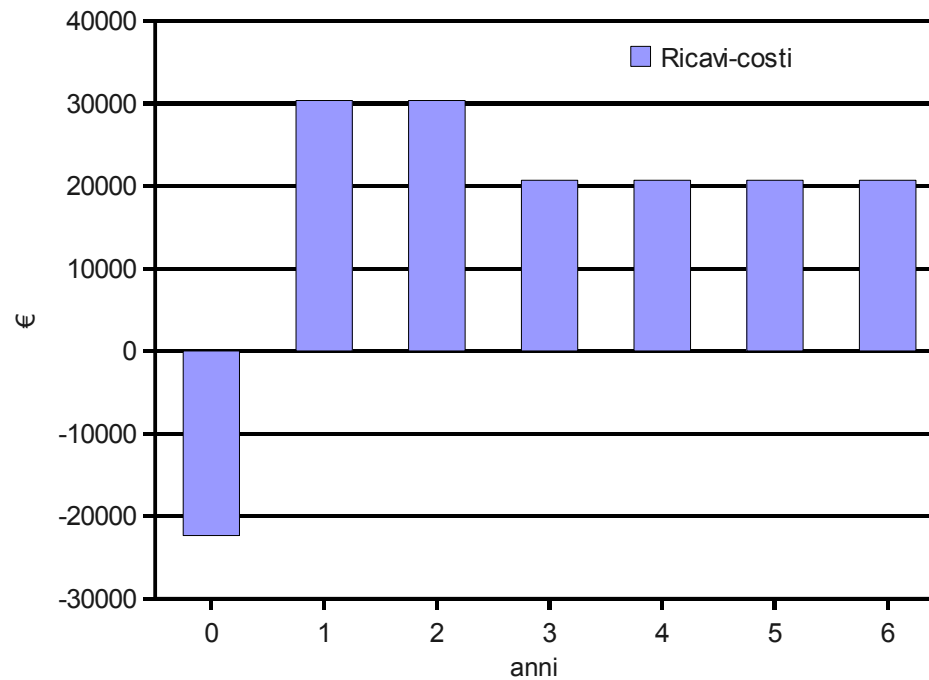


Flussi di cassa

| anni | Costi | | Ricavi | | Ricavi-costi | VAN |
|------|----------|--------------------|-------------------------------|------------------|--------------|-----------|
| | iniziali | Costi di esercizio | Risparmio su acquisto gasolio | Detrazione IRPEF | R-C | |
| 0 | 52668 | 227,96 | 20900 | 9655,8 | -22340,17 | -22340,17 |
| 1 | 0 | 227,96 | 20900 | 9655,8 | 30327,83 | 28883,65 |
| 2 | 0 | 227,96 | 20900 | 9655,8 | 30327,83 | 27508,24 |
| 3 | 0 | 227,96 | 20900 | 0 | 20672,03 | 17857,28 |
| 4 | 0 | 227,96 | 20900 | 0 | 20672,03 | 17006,93 |
| 5 | 0 | 227,96 | 20900 | 0 | 20672,03 | 16197,08 |
| 6 | 0 | 227,96 | 20900 | 0 | 20672,03 | 15425,79 |

somma 100538,8

Tasso di attualizzazione
5,00%



Impianto fotovoltaico

- Valutazione della produzione di energia

I pannelli sono inclinati di 35° rispetto al terreno e sono rivolti a sud. Con questa configurazione, per la località di Oristano, è stato calcolato tramite il software PVGIS l'irraggiamento medio mensile sul piano dei pannelli (espresso in kWh/m² mese).

L'energia elettrica producibile, oltre che ovviamente dall'irraggiamento, dipende dal rendimento complessivo dell'impianto. Questo è funzione delle varie perdite che si manifestano nei vari componenti dell'impianto (inverter, cavi, celle fotovoltaiche).

In particolare il rendimento peggiora con le alte temperature delle celle. Per valutare la perdita di prestazioni di un modulo occorre calcolare la temperatura di lavoro delle celle:

$$T_C = T_A + (218 + 832 \cdot K) \cdot \frac{NOCT - 20}{800}$$

T_A è la temperatura media mensile dell'aria, secondo le tabelle UNI10349.

K è l'indice di serenità medio mensile, secondo le stesse tabelle.

NOCT è la temperatura nominale operativa della cella. Per il pannello fotovoltaico scelto (Mitsubishi PV-UD180MF5 180Wp) vale 47,5°C. Viene misurata sperimentalmente dal costruttore facendo operare il pannello a circuito aperto (dunque con rendimento nullo) con irraggiamento solare di 800 W/m², temperatura dell'aria di 20 °C e velocità del vento di 1 m/s.

Il rendimento del pannello fotovoltaico è riferito alle condizioni STC (Standard Test Condition) ovvero irraggiamento di 1000 W/m² con distribuzione spettrale AM1,5, temperatura della cella di 25 °C.

Conoscendo la potenza nominale e le misure del modulo si può calcolare il suo rendimento come:

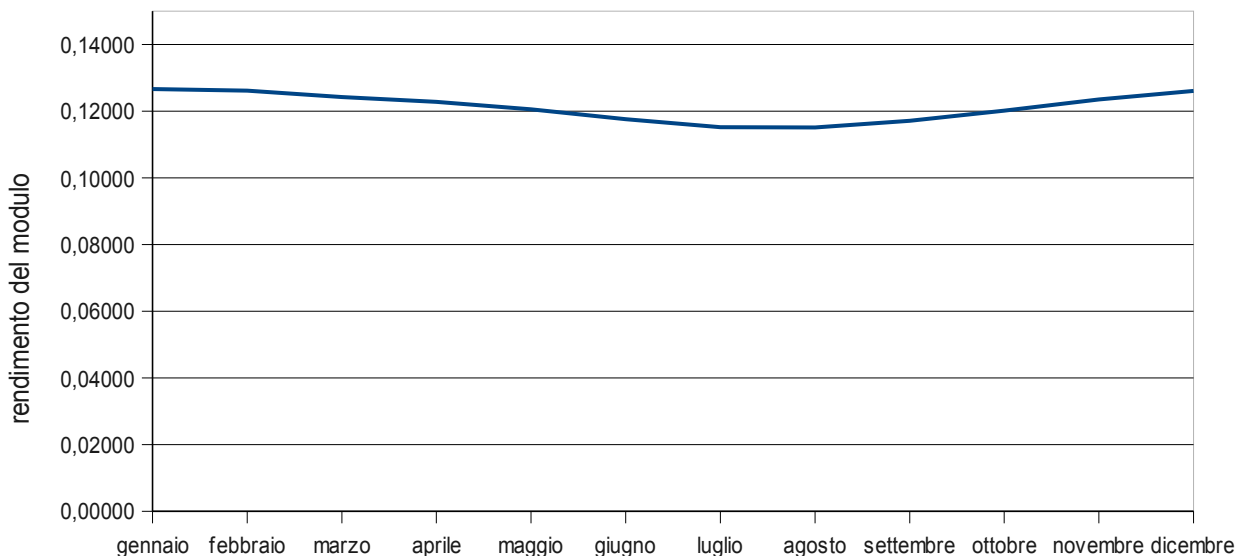
$$\eta_{M,RIF} = \frac{P_e}{1000 \cdot L \cdot H}$$

P_e è la potenza elettrica di targa del modulo

L e H sono le misure del modulo

1000 sono i W/m² delle STC

Come già accennato il rendimento diminuisce col crescere della temperatura delle celle.



Viene calcolato mese per mese, secondo le varie T_c mensili ottenute precedentemente.

$$\eta_M = \eta_{M,RIF} \cdot [1 - \beta \cdot (T_C - T_{RIF})]$$

β è il coefficiente di temperatura della cella, ed è bene sia piccolo.

Il rendimento complessivo dell'impianto si può ora come

$$\eta_i = \eta_M \cdot \eta_{BOS}$$

η_{BOS} esprime tutte le altre perdite (cavi, inverter, interruttori, mismatching).

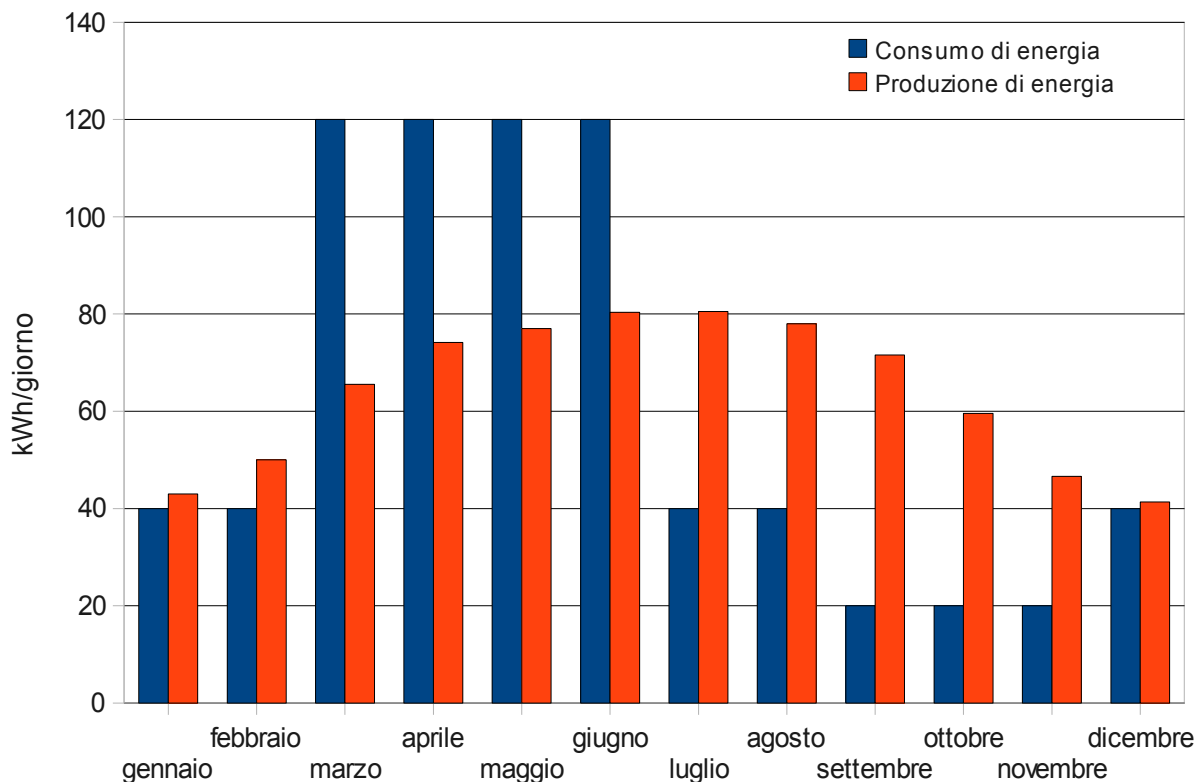
L'energia prodotta prodotta mensilmente si calcola come prodotto del rendimento dell'impianto per l'energia solare mensile E_{sm} . Sommando fra loro le produzioni mensili si ottiene la produzione annuale. In questo caso 1443 kWh all'anno a kW installato.

- Calcolo della potenza da installare per coprire il fabbisogno annuale

L'impianto sarà connesso alla rete elettrica con il servizio di "conto energia" e "scambio sul posto" dell'energia e coprirà interamente il consumo di energia.

Noto il fabbisogno di energia (22940 kWh) e la producibilità dell'impianto (1443 kWh/kW) è immediato calcolare la potenza di picco richiesta facendone il rapporto. Si è scelta poi una potenza superiore, multipla della potenza del pannello utilizzato.

90 moduli da 180 W di picco, per un totale di 16.2 kW.



Valutazione della produzione di energia per un impianto da 1 kWp

| | Irraggiamento solare medio giornaliero su 1 metroquadro di pannello | Irraggiamento solare medio mensile su 1 metroquadro di pannello | Temperatura media esterna mensile | Indice di serenità medio mensile | nominal operation cell temperature | Temperatura cella | rendimento di riferimento del modulo | Rendimento del modulo | Rendimento impianto ($\eta_m \cdot \eta_{bos}$) | Energia prodotta da 1 kWp |
|---------------------------|---|---|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|-----------------------|---|---------------------------|
| Simbolo: | Esd ($\beta=35^\circ$) | Esm ($\beta=35^\circ$) | Ta | K | NOCT | Tc | | η_m | η_i | Eesp |
| unità di misura: | kWh/m ² giorno | kWh/m ² mese | °C | | °C | °C | | | | kWh/mese |
| gennaio | 3,21 | 99,4 | 9,6 | 0,477 | 47,5 | 30,77 | 0,13 | 0,12661 | 0,10762 | 82,18 |
| febbraio | 3,75 | 105 | 10,2 | 0,483 | 47,5 | 31,54 | 0,13 | 0,12616 | 0,10723 | 86,5 |
| marzo | 4,99 | 155 | 12,3 | 0,526 | 47,5 | 34,87 | 0,13 | 0,12420 | 0,10557 | 125,7 |
| aprile | 5,71 | 171 | 14,5 | 0,535 | 47,5 | 37,33 | 0,13 | 0,12276 | 0,10434 | 137,07 |
| maggio | 6,04 | 187 | 17,4 | 0,567 | 47,5 | 41,14 | 0,13 | 0,12051 | 0,10244 | 147,15 |
| giugno | 6,46 | 194 | 21,4 | 0,600 | 47,5 | 46,09 | 0,13 | 0,11761 | 0,09997 | 148,98 |
| luglio | 6,61 | 205 | 23,5 | 0,672 | 47,5 | 50,25 | 0,13 | 0,11516 | 0,09789 | 154,16 |
| agosto | 6,41 | 199 | 24,1 | 0,657 | 47,5 | 50,42 | 0,13 | 0,11506 | 0,09780 | 149,52 |
| settembre | 5,78 | 173 | 22,6 | 0,591 | 47,5 | 47,03 | 0,13 | 0,11705 | 0,09950 | 132,23 |
| ottobre | 4,69 | 145 | 18,7 | 0,545 | 47,5 | 41,82 | 0,13 | 0,12012 | 0,10210 | 113,73 |
| novembre | 3,57 | 107 | 14,4 | 0,494 | 47,5 | 36,06 | 0,13 | 0,12350 | 0,10498 | 86,29 |
| dicembre | 3,1 | 96,2 | 10,8 | 0,467 | 47,5 | 31,68 | 0,13 | 0,12607 | 0,10716 | 79,19 |
| media annuale: | 5,03 | 153 | | 0,55 | | | | 0,12124 | 0,10305 | |
| Totale per l'anno: | | 1840 | | | | | | | | 1442,7 kWh |

| | |
|------------------------|--------------------------------|
| Angolo $\beta=$ | 35° |
| Coefficiente beta | 0,00452 /°C |
| Costo sp tutto incluso | 4991 €/kW |
| η_{bos} | 0,85 |
| altezza | 1,658 |
| larghezza | 0,834 |
| potenza | 0,180 kW |
| superficie sp | 7,68 m ² /kW |

- Valutazione economica

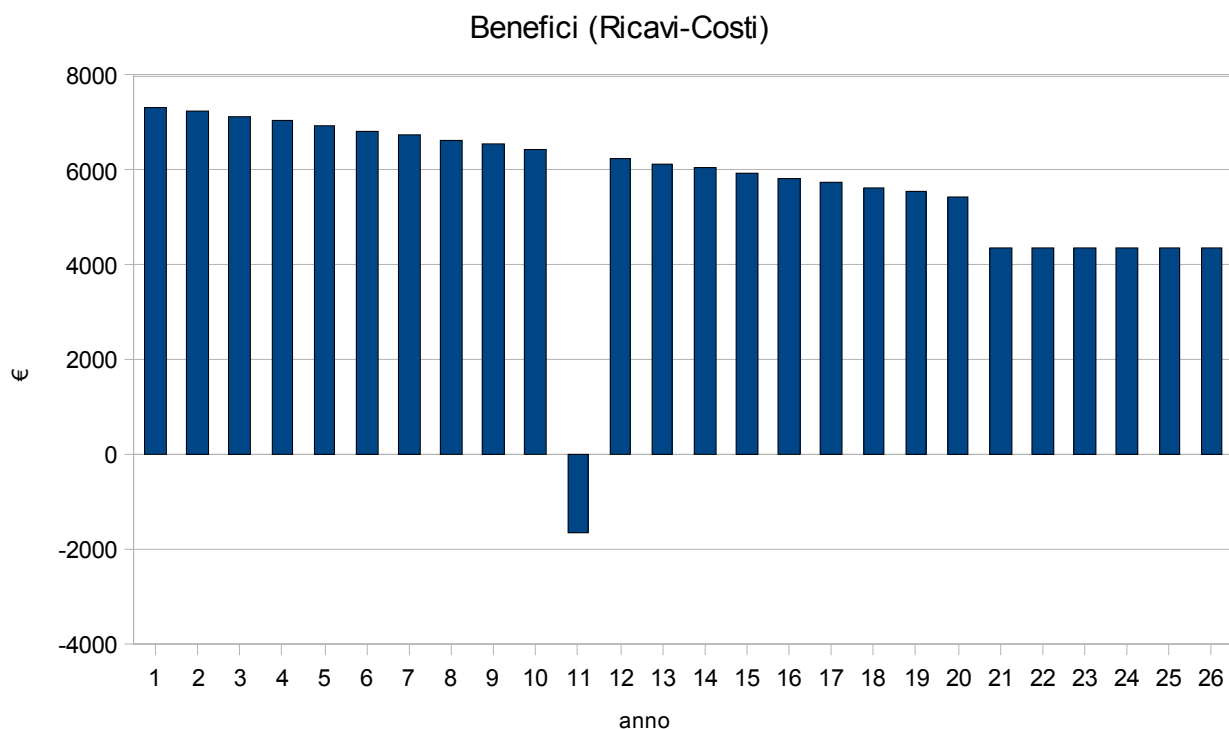
L'impianto verrà interamente finanziato da un mutuo bancario.

Nelle tabelle seguenti vengono mostrate diverse alternative di finanziamento, caratterizzate da durate diverse (10 anni, 15 anni, 20 anni). Il VAN è lo stesso per tutte le soluzioni perché si è fissato il tasso di interesse uguale al tasso di attualizzazione.

Ai fini della massimizzazione del VAN:

- se il tasso di attualizzazione è minore del tasso di interesse conviene un finanziamento breve.
- se il tasso di attualizzazione è maggiore del tasso di interesse conviene un finanziamento a 20 anni.

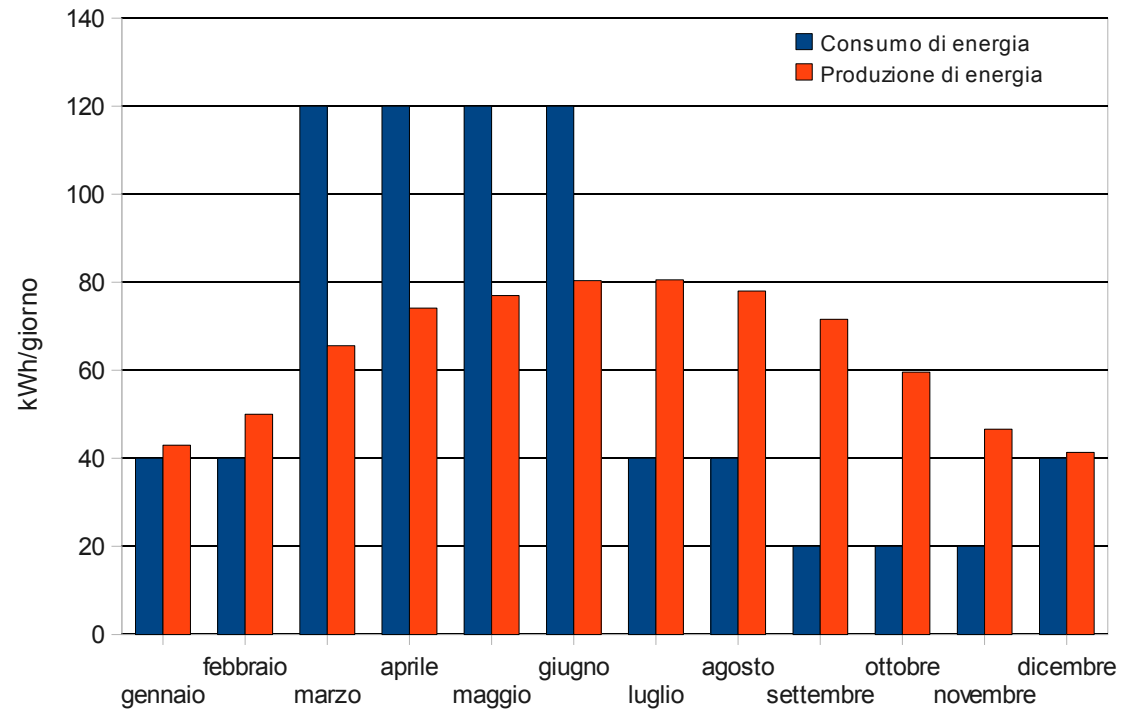
Si predilige la soluzione di finanziamento a 20 anni, con rata costante di 7014,1 € (calcolata come la somma delle rate con interesse sul capitale residuo diviso la durata del finanziamento) per avere da subito flussi di cassa positivi alti, che possono essere reinvestiti. Il beneficio diminuisce col passare del tempo perché si è ipotizzata una perdita del rendimento dell'impianto dovuta all'invecchiamento dei componenti. È prevista la sostituzione degli inverter all'undicesimo anno.



Calcolo della potenza da installare per coprire il fabbisogno annuale

| simbolo | Consumo di energia | Produzione di energia |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| Unità di misura | kWh/giorno | kWh/giorno |
| gennaio | 40 | 42,99 |
| febbraio | 40 | 50,04 |
| marzo | 120 | 65,56 |
| aprile | 120 | 74,15 |
| maggio | 120 | 77 |
| giugno | 120 | 80,37 |
| luglio | 40 | 80,53 |
| agosto | 40 | 78,02 |
| settembre | 20 | 71,57 |
| ottobre | 20 | 59,59 |
| novembre | 20 | 46,64 |
| dicembre | 40 | 41,34 |
| media: | | |
| totale annuale | 22940 | 23801,77 |

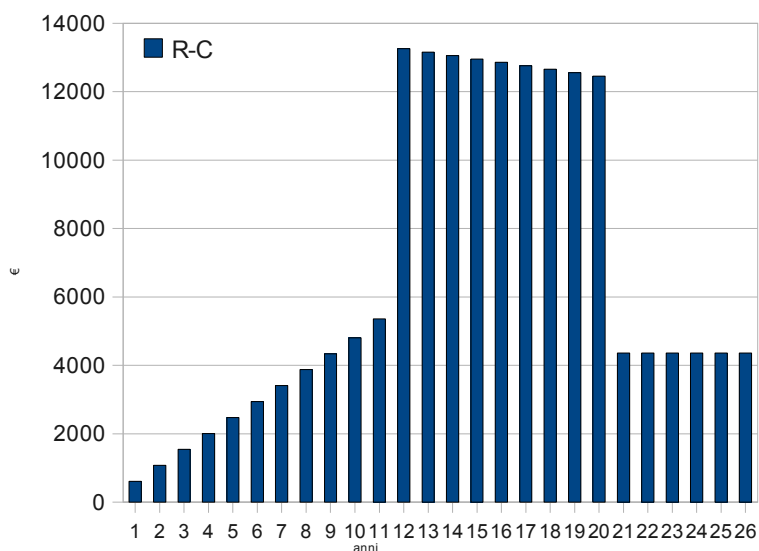
| | |
|-----------------------|----------------------|
| Costo bolletta | 4250€ |
| Costo dell'energia | 0,19€/kWh |
| Potenza richiesta | 15,9kW |
| Numero moduli da 180W | 90 |
| Potenza installata | 16,2kW |
| Superficie pannelli | 124,45m ² |
| Costo dell'impianto | 80854,2€ |
| Tempo di rientro | 19,02 |



Analisi Economica (10 anni)

| | energia prodotta | incentivo GSE | Risparmio sull'acquisto dell'energia | Rata mutuo | Manutenzione straordinaria | R-C | VAN |
|--------------|------------------|---------------|--------------------------------------|------------------|----------------------------|----------|-----------------|
| 1 | 23801,77 | 9996,74 | 4358,6 | 13745,21 | | 610,13 | 610,13 |
| 2 | 23563,75 | 9896,78 | 4358,6 | 13179,23 | | 1076,14 | 1005,74 |
| 3 | 23325,73 | 9796,81 | 4358,6 | 12613,26 | | 1542,15 | 1346,98 |
| 4 | 23087,71 | 9696,84 | 4358,6 | 12047,28 | | 2008,16 | 1639,26 |
| 5 | 22849,7 | 9596,87 | 4358,6 | 11481,3 | | 2474,18 | 1887,54 |
| 6 | 22611,68 | 9496,91 | 4358,6 | 10915,32 | | 2940,19 | 2096,31 |
| 7 | 22373,66 | 9396,94 | 4358,6 | 10349,34 | | 3406,2 | 2269,7 |
| 8 | 22135,64 | 9296,97 | 4358,6 | 9783,36 | | 3872,21 | 2411,42 |
| 9 | 21897,63 | 9197 | 4358,6 | 9217,38 | | 4338,22 | 2524,89 |
| 10 | 21659,61 | 9097,04 | 4358,6 | 8651,4 | | 4804,24 | 2613,19 |
| 11 | 21421,59 | 8997,07 | 4358,6 | | 8000 | 5355,67 | 2722,55 |
| 12 | 21183,57 | 8897,1 | 4358,6 | | | 13255,7 | 6297,69 |
| 13 | 20945,56 | 8797,13 | 4358,6 | | | 13155,73 | 5841,3 |
| 14 | 20707,54 | 8697,17 | 4358,6 | | | 13055,77 | 5417,68 |
| 15 | 20469,52 | 8597,2 | 4358,6 | | | 12955,8 | 5024,48 |
| 16 | 20231,5 | 8497,23 | 4358,6 | | | 12855,83 | 4659,54 |
| 17 | 19993,48 | 8397,26 | 4358,6 | | | 12755,86 | 4320,85 |
| 18 | 19755,47 | 8297,3 | 4358,6 | | | 12655,9 | 4006,53 |
| 19 | 19517,45 | 8197,33 | 4358,6 | | | 12555,93 | 3714,85 |
| 20 | 19279,43 | 8097,36 | 4358,6 | | | 12455,96 | 3444,18 |
| 21 | 19041,41 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 1126,35 |
| 22 | 18803,4 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 1052,66 |
| 23 | 18565,38 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 983,79 |
| 24 | 18327,36 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 919,43 |
| 25 | 18089,34 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 859,28 |
| 26 | 17851,33 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 803,07 |
| Somma | | | | 111983,07 | | | 69599,38 |

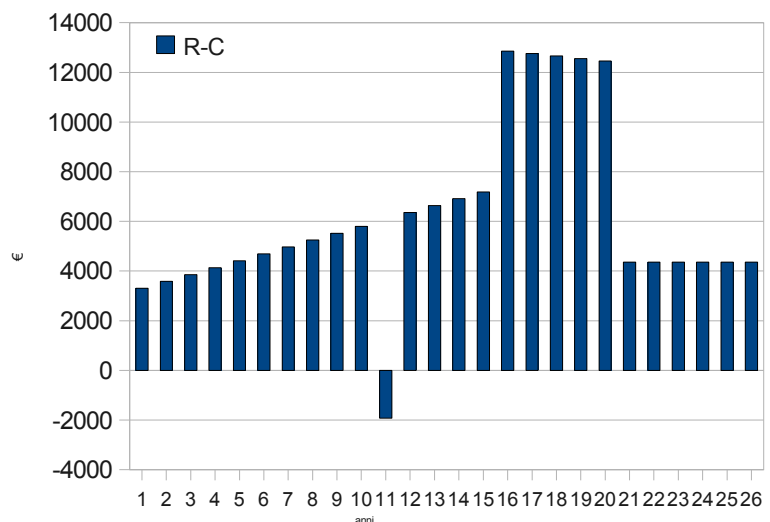
| | | |
|--------------------------------------|----------|-------|
| durata finanziamento | 10 | anni |
| Incentivo per parzialmente integrato | 0,42 | €/kWh |
| Costo dell'energia | 0,19 | €/kWh |
| Perdita di efficienza annuale | 0,01 | anno |
| Tasso di interesse | 7,00% | |
| tasso di attualizzazione | 7,00% | |
| VAN | 69599,38 | |



Analisi Economica (15 anni)

| | energia prodotta | incentivo GSE | Risparmio sull'acquisto dell'energia | Rata mutuo | Manutenzione straordinaria | R-C | VAN |
|--------------|------------------|---------------|--------------------------------------|------------------|----------------------------|----------|-----------------|
| 1 | 23801,77 | 9996,74 | 4358,6 | 11050,07 | | 3305,27 | 3305,27 |
| 2 | 23563,75 | 9896,78 | 4358,6 | 10672,75 | | 3582,62 | 3348,24 |
| 3 | 23325,73 | 9796,81 | 4358,6 | 10295,43 | | 3859,97 | 3371,45 |
| 4 | 23087,71 | 9696,84 | 4358,6 | 9918,12 | | 4137,33 | 3377,29 |
| 5 | 22849,7 | 9596,87 | 4358,6 | 9540,8 | | 4414,68 | 3367,94 |
| 6 | 22611,68 | 9496,91 | 4358,6 | 9163,48 | | 4692,03 | 3345,35 |
| 7 | 22373,66 | 9396,94 | 4358,6 | 8786,16 | | 4969,38 | 3311,31 |
| 8 | 22135,64 | 9296,97 | 4358,6 | 8408,84 | | 5246,73 | 3267,4 |
| 9 | 21897,63 | 9197 | 4358,6 | 8031,52 | | 5524,09 | 3215,07 |
| 10 | 21659,61 | 9097,04 | 4358,6 | 7654,2 | | 5801,44 | 3155,6 |
| 11 | 21421,59 | 8997,07 | 4358,6 | 7276,88 | 8000 | -1921,21 | -976,65 |
| 12 | 21183,57 | 8897,1 | 4358,6 | 6899,56 | | 6356,14 | 3019,76 |
| 13 | 20945,56 | 8797,13 | 4358,6 | 6522,24 | | 6633,49 | 2945,35 |
| 14 | 20707,54 | 8697,17 | 4358,6 | 6144,92 | | 6910,85 | 2867,76 |
| 15 | 20469,52 | 8597,2 | 4358,6 | 5767,6 | | 7188,2 | 2787,71 |
| 16 | 20231,5 | 8497,23 | 4358,6 | | | 12855,83 | 4659,54 |
| 17 | 19993,48 | 8397,26 | 4358,6 | | | 12755,86 | 4320,85 |
| 18 | 19755,47 | 8297,3 | 4358,6 | | | 12655,9 | 4006,53 |
| 19 | 19517,45 | 8197,33 | 4358,6 | | | 12555,93 | 3714,85 |
| 20 | 19279,43 | 8097,36 | 4358,6 | | | 12455,96 | 3444,18 |
| 21 | 19041,41 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 1126,35 |
| 22 | 18803,4 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 1052,66 |
| 23 | 18565,38 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 983,79 |
| 24 | 18327,36 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 919,43 |
| 25 | 18089,34 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 859,28 |
| 26 | 17851,33 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 803,07 |
| Somma | | | | 126132,55 | | | 69599,38 |

| | |
|--------------------------------------|-----------------|
| Durata finanziamento | 15 anni |
| Incentivo per parzialmente integrato | 0,42 €/kWh |
| Costo dell'energia | 0,19 €/kWh |
| Perdita di efficienza annuale | 0,01 anno |
| Tasso di interesse | 7,00% |
| tasso di attualizzazione | 7,00% |
| VAN | 69599,38 |



Analisi Economica (20 anni)

| | energia prodotta | incentivo GSE | Risparmio sull'acquisto dell'energia | Rata mutuo | Manutenzione straordinaria | R-C | VAN |
|--------------|------------------|---------------|--------------------------------------|------------------|----------------------------|----------|-----------------|
| 1 | 23801,77 | 9996,74 | 4358,6 | 9702,5 | | 4652,84 | 4652,84 |
| 2 | 23563,75 | 9896,78 | 4358,6 | 9419,51 | | 4835,86 | 4519,5 |
| 3 | 23325,73 | 9796,81 | 4358,6 | 9136,52 | | 5018,88 | 4383,69 |
| 4 | 23087,71 | 9696,84 | 4358,6 | 8853,53 | | 5201,91 | 4246,3 |
| 5 | 22849,7 | 9596,87 | 4358,6 | 8570,55 | | 5384,93 | 4108,14 |
| 6 | 22611,68 | 9496,91 | 4358,6 | 8287,56 | | 5567,95 | 3969,87 |
| 7 | 22373,66 | 9396,94 | 4358,6 | 8004,57 | | 5750,97 | 3832,12 |
| 8 | 22135,64 | 9296,97 | 4358,6 | 7721,58 | | 5933,99 | 3695,39 |
| 9 | 21897,63 | 9197 | 4358,6 | 7438,59 | | 6117,02 | 3560,16 |
| 10 | 21659,61 | 9097,04 | 4358,6 | 7155,6 | | 6300,04 | 3426,8 |
| 11 | 21421,59 | 8997,07 | 4358,6 | 6872,61 | 8000 | -1516,94 | -771,13 |
| 12 | 21183,57 | 8897,1 | 4358,6 | 6589,62 | | 6666,08 | 3167,01 |
| 13 | 20945,56 | 8797,13 | 4358,6 | 6306,63 | | 6849,11 | 3041,08 |
| 14 | 20707,54 | 8697,17 | 4358,6 | 6023,64 | | 7032,13 | 2918,08 |
| 15 | 20469,52 | 8597,2 | 4358,6 | 5740,65 | | 7215,15 | 2798,16 |
| 16 | 20231,5 | 8497,23 | 4358,6 | 5457,66 | | 7398,17 | 2681,44 |
| 17 | 19993,48 | 8397,26 | 4358,6 | 5174,67 | | 7581,19 | 2568,01 |
| 18 | 19755,47 | 8297,3 | 4358,6 | 4891,68 | | 7764,22 | 2457,95 |
| 19 | 19517,45 | 8197,33 | 4358,6 | 4608,69 | | 7947,24 | 2351,3 |
| 20 | 19279,43 | 8097,36 | 4358,6 | 4325,7 | | 8130,26 | 2248,09 |
| 21 | 19041,41 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 1126,35 |
| 22 | 18803,4 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 1052,66 |
| 23 | 18565,38 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 983,79 |
| 24 | 18327,36 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 919,43 |
| 25 | 18089,34 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 859,28 |
| 26 | 17851,33 | 0 | 4358,6 | | | 4358,6 | 803,07 |
| Somma | | | | 140282,04 | | | 69599,38 |

| | |
|--------------------------------------|-----------------|
| Durata finanziamento | 20 anni |
| Incentivo per parzialmente integrato | 0,42 €/kWh |
| Costo dell'energia | 0,19 €/kWh |
| Perdita di efficienza annuale | 0,01 anno |
| Tasso di interesse | 7,00% |
| tasso di attualizzazione | 7,00% |
| VAN | 69599,38 |

