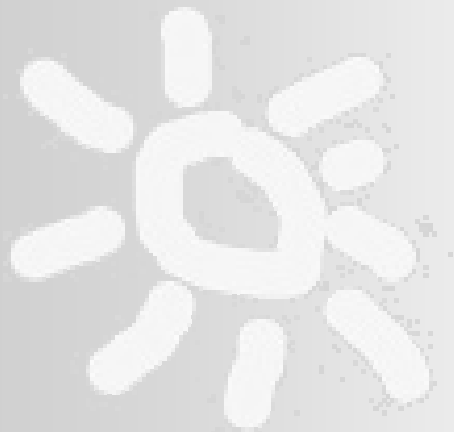


# **TECNOLOGIE E INTERVENTI PER L'EFFICIENZA ENERGETICA**

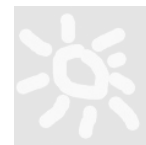
---

---

## **Impianti solari fotovoltaici e termici**







## **IL CONTESTO DI RIFERIMENTO**

Obiettivi dell'UE e dell'Italia nell'uso delle FER (FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI)	1
Calcolo dell'energia solare e orientamento dei pannelli	3

## **DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA**

I componenti	6
Celle e pannelli fotovoltaici	8
Sistema di condizionamento e controllo della potenza	11
Strutture di sostegno	13
Sistemi di protezione elettrica degli impianti e delle persone	16

## **COME VALUTARE LA CONVENIENZA DELLA TECNOLOGIA PER LA PROPRIA ATTIVITA'**

Dimensioni e parametri da considerare	19
---------------------------------------	----

## **IMPIANTI SOLARI TERMICI**

Componenti base della tecnologia	21
Tipologie di funzionamento per il solare termico	26
Valutazione dei costi	28

<b>APPENDICE:</b> Siti Web Utili per approfondire	29
---	----

## IL CONTESTO DI RIFERIMENTO



### OBIETTIVI UE E DELL'ITALIA NELL'USO DELLE FER (FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI)

L'obiettivo, preso dall'Unione Europea, di incrementare la produzione di energia da fonti rinnovabili per coprire almeno il 20% del fabbisogno energetico, nonché il consolidarsi della "distribuzione distribuita" e di "microgenerazione" di energia elettrica, hanno indotto il nostro Paese a introdurre meccanismi incentivanti della produzione di energia da fonti rinnovabili. In particolare, è attivo dal 2005 il Conto Energia per gli impianti fotovoltaici.

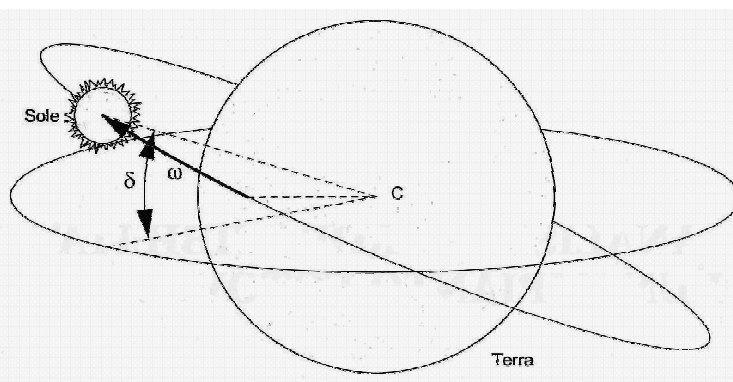
(Vedi guida "Misure per l'Efficienza Energetica")

Il nostro Paese ha come obiettivo installare per il 2016 impianti per una potenza complessiva pari a 3.000 MW, mentre per il 2010 si è posto come obiettivo intermedio una potenza pari a 1.200 MW. Da recenti studi elaborati dal GSE, la potenza efficiente lorda degli impianti solari nel 2007 è aumentata del 4,6% rispetto all'anno precedente, e le previsioni degli esperti confermano tale tasso di crescita anche per il 2008.

La progressiva sostituzione di energia prodotta da fonti di origine fossili con energia prodotta da fonti rinnovabili (solare fotovoltaico e termico, biomassa, eolico ecc) ha un duplice vantaggio. Da un lato consente di alleggerire la bolletta energetica del nostro Paese, attualmente fortemente dipendente dalle oscillazioni del prezzo del petrolio, dall'altra consente di abbattere le emissioni in atmosfera derivanti dall'uso di energia proveniente da fonti fossili.

### L'energia solare

All'interno del sole, a temperature di alcuni milioni di gradi centigradi, avvengono incessantemente reazioni termonucleari di fusione che liberano enormi quantità di energia sottoforma di radiazioni elettromagnetiche. L'energia irradiata dal sole deriva quindi da processi di fusione dell'idrogeno e si propaga in modo simmetrico nello spazio fino a raggiungere la fascia esterna dell'atmosfera terrestre. A causa di fenomeni di assorbimento e diffusione nell'atmosfera, al suolo si registra un valore più basso dell'energia irraggiata.



*Schema di distribuzione dell'energia solare in arrivo, in funzione dell'angolo di vista del sole dalla terra: georeferenziazione dell'impianto solare.*

## **Radiazione solare nello spazio**

**L'Irraggiamento a livello di fotosfera,**  
in qualsiasi parte del globo, è pari a  $63000 \text{ kW/m}^2$  e caratterizzata da una temperatura di  $5779 \text{ K}$

**All'esterno dell'atmosfera,**  
si ha una densità di potenza della radiazione solare pari a  $1367 \text{ W/m}^2$

Il calcolo della radiazione solare al suolo è più complicata nella sua composizione e va calcolata diversamente, infatti essa è composta da 3 componenti, che sono:

1. Radiazione diretta (è la radiazione solare che ha seguito un cammino "lineare" dalla sorgente);
2. Radiazione diffusa (è la radiazione solare che arriva a terra dopo esser stata rifratta dagli strati atmosferici);
3. Componente di albedo (è la percentuale di radiazione solare incidente che viene riflessa verso lo spazio).

La composizione di questi 3 elementi determina la quantità di energia disponibile in ogni luogo. Naturalmente si hanno le interferenze del clima e della composizione o oscuramento artificiale del sito e che modificano l'energia disponibile nell'arco della giornata o del mese o dell'anno.

### **L'energia solare media disponibile in Italia**

La quantità di energia solare che arriva sulla superficie terrestre e che può essere utilizzata sotto forma di energia elettrica all'uscita dall'impianto, è quella "raccolta" dal dispositivo fotovoltaico installato, e dipende dall'irraggiamento del luogo.

L'irraggiamento è, infatti, la quantità di energia solare incidente su una superficie unitaria in un determinato intervallo di tempo, tipicamente un giorno ( $\text{kWh/m}^2/\text{giorno}$ ).

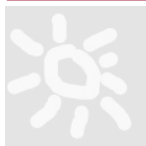
Il valore istantaneo della radiazione solare incidente sull'unità di superficie viene invece denominato radianza ( $\text{kW/m}^2$ ).

In Italia la radianza raggiunge anche un'intensità di circa  $1 \text{ kW/m}^2$  (irraggiamento al suolo in condizioni di giornata serena e Sole a mezzogiorno); questa costituisce la componente di radiazione diretta.

L'irraggiamento è influenzato dalle condizioni climatiche locali (nuvolosità, foschia ecc..) e dipende dalla latitudine del luogo, cresce cioè quanto più ci si avvicina all'equatore.

In Italia, l'irraggiamento medio annuale fornisce una energia utile che varia dai  $3,6 \text{ kWh/m}^2/\text{giorno}$  della pianura padana ai  $4,7 \text{ kWh/m}^2/\text{giorno}$  del centro Sud e ai  $5,4 \text{ kWh/m}^2/\text{giorno}$  della Sicilia.

Il progettista, o l'impresa che vuole acquisire un impianto fotovoltaico dovrà dunque calcolare, l'energia potenziale disponibile sul sito dove sarà collocato l'impianto.



## STIMA DELL'ENERGIA SOLARE DISPONIBILE E ORIENTAMENTO DEI PANNELLI

Per progettare un impianto che sfrutti l'energia solare, è necessario calcolare alcuni dati fra cui la stima dell'energia solare disponibile in loco, e l'orientamento dei pannelli solari. Questi calcoli (dell'energia solare disponibile e di come posizionare i pannelli) sono effettuati con algoritmi specifici e servono per ottenere il massimo rendimento dal sistema; possono essere affidati ad una ditta di progettazione, ma possono anche esseri svolti direttamente dall'impresa o dal cittadino interessato, attraverso l'uso dei dati già disponibili nel sito dell'Atlante Solare ENEA: <http://www.solaritaly.enea.it/>.

I risultati dipendono dalla climatizzazione del sito e dalla sua posizione georeferenziata. Dal sito dell'ENEA si possono quindi ricavare le radiazioni globali (ovvero la somma della componente diretta e diffusa) giornaliere medie mensili su superfici posizionate in modo differente (orientamento sul piano azimutale e sui piani orizzontale e verticale), rispetto al suolo.

Nel sito si trovano, tra le altre, le seguenti informazioni:

### Archivio on line (in allestimento)

#### Calcoli

#### Radiazione solare globale giornaliera media mensile su superficie orizzontale

Il calcolo è effettuato per la località della quale l'utente indica le coordinate geografiche.

E' possibile richiedere il calcolo per un solo mese oppure il profilo per tutti e dodici i mesi dell'anno.

I dati sono estratti dalle mappe ricavate dall'ENEA, che esprimono la  $R_{gmm}$  su piano orizzontale con una risoluzione spaziale di 2.5 km x 2.5 km circa. Tali mappe sono stimate a partire dalle immagini satellitari di copertura nuvolosa acquisite dall'ente europeo [EUMETSAT](#).

La radiazione globale sul piano orizzontale è data dalla somma delle due frazioni diretta e diffusa.

#### Radiazione solare globale giornaliera media mensile su superficie inclinata

Il calcolo è effettuato in corrispondenza di una località assegnata e con riferimento ad una superficie di orientazione nota; coordinate geografiche della località ed angoli che definiscono l'orientazione della superficie ricevente sono scelti dall'utente.

E' possibile richiedere il calcolo per un solo mese oppure il profilo per tutti e dodici i mesi dell'anno.

E' possibile tener conto dell'eventuale presenza di ostacoli (ombreggiamenti dovuti a manufatti vicini, configurazioni particolari del suolo ecc.) che intercettano i raggi *diretti* sole-superficie;

#### Radiazione solare globale giornaliera media mensile su superficie normale

Il calcolo è effettuato per la località della quale l'utente indica le coordinate geografiche. E' possibile richiedere il calcolo per un solo mese oppure il profilo per tutti e dodici i mesi dell'anno. I dati sono estratti dalle mappe ricavate dall'ENEA, che esprimono la  $R_{gmm}$  su piano orizzontale con una risoluzione spaziale di 2.5 km x 2.5 km circa. Tali mappe sono stimate a partire dalle immagini satellitari di copertura nuvolosa acquisite dall'ente europeo [EUMETSAT](#);

#### Radiazione solare diretta giornaliera media mensile (in allestimento)

#### Previsioni

**Previsioni della radiazione solare diretta al suolo presso il centro ENEA Casaccia di Roma.**

In questa pagina sono fornite le previsioni di quattro grandezze:

DNI (Direct Normal Irradiation) indica il valor medio - relativo all'arco diurno - della radiazione solare diretta al suolo sul piano ortogonale alla direzione dei raggi solari (il valore extra-atmosferico in ciascuno dei tre giorni considerati è circa: 1348 W/m<sup>2</sup>)

DNI giornaliera indica l'energia solare diretta normale cumulativa per la giornata in esame espressa in Wh/m<sup>2</sup> (il valore extra-atmosferico in ciascuno dei tre giorni considerati è circa: 16967 Wh/m<sup>2</sup>)

Variabilità indica l'andamento temporale della radiazione solare nel giorno considerato

Meteo rappresenta la copertura nuvolosa prevista ;

**Previsioni della radiazione solare diretta al suolo presso l'impianto Enel di Priolo Gargallo**  
In questa pagina sono fornite le previsioni di quattro grandezze:

DNI (Direct Normal Irradiation) indica il valor medio - relativo all'arco diurno - della radiazione solare diretta al suolo sul piano ortogonale alla direzione dei raggi solari (il valore extra-atmosferico in ciascuno dei tre giorni considerati è circa: 1348 W/m<sup>2</sup>)

DNI giornaliera indica l'energia solare diretta normale cumulativa per la giornata in esame espressa in Wh/m<sup>2</sup> (il valore extra-atmosferico in ciascuno dei tre giorni considerati è circa: 16967 Wh/m<sup>2</sup>)

Variabilità indica l'andamento temporale della radiazione solare nel giorno considerato

Meteo rappresenta la copertura nuvolosa prevista );

Tutti i dati sono gratuiti e disponibili all'accesso.

### Esempio di utilizzo del sito

#### Dati di input

Latitudine: 42°44'40"; longitudine: 11°51'56"- Modello per il calcolo della frazione della radiazione diffusa rispetto alla globale: ENEA-SOLTERM- Unità di misura: kWh/m<sup>2</sup>

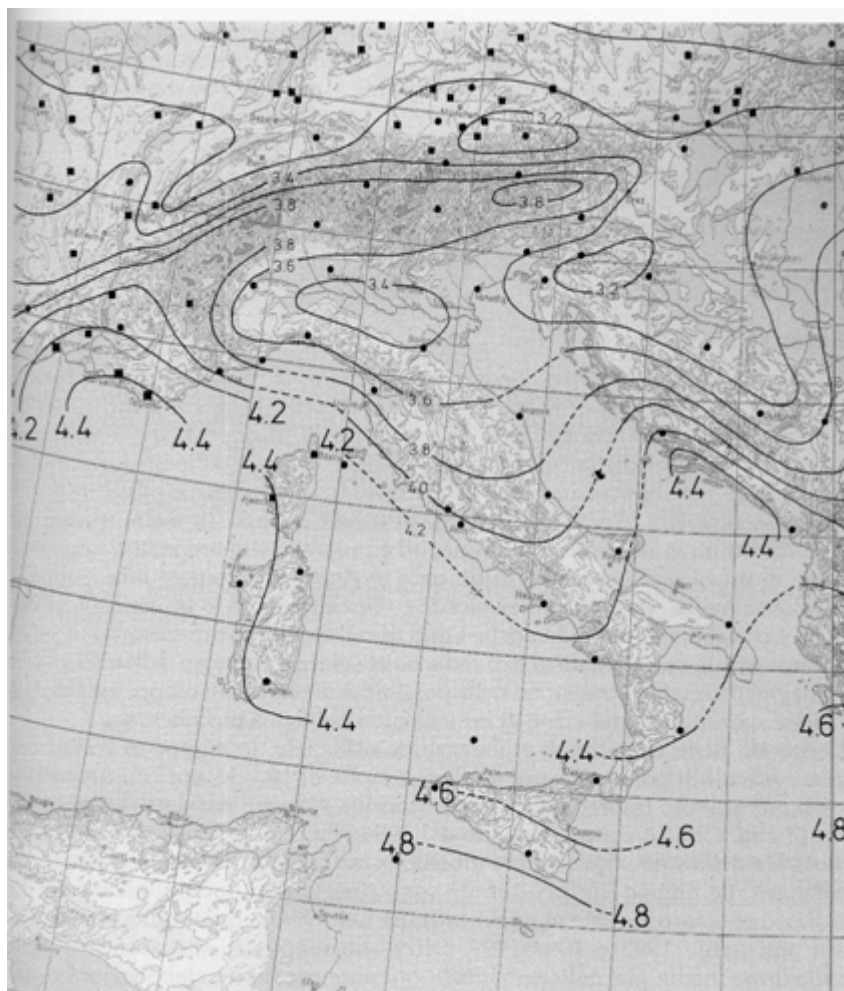
Usando l'algoritmo inserito nel sito, e calcolando per tutti i mesi dell'anno,

si trova (senza ostacoli) una radiazione globale annua sulla superficie orizzontale: 1483 kWh/m<sup>2</sup>

Dall'applicazione si ottiene anche la seguente tabella che indica l'energia (espressa in kWh/m<sup>2</sup>) media per ogni mese dell'anno, incidente su un pannello orientato verso SUD e montato con un'inclinazione di 30° rispetto al piano orizzontale.

<b>Mese</b>	<b>Ostacolo</b>	<b>Rgmm su sup.incl.</b>	<b>Errore</b>	
Gennaio	assente	1.86	kWh/m <sup>2</sup>	-
Febbraio	assente	2.60	kWh/m <sup>2</sup>	-
Marzo	assente	3.86	kWh/m <sup>2</sup>	-
Aprile	assente	4.81	kWh/m <sup>2</sup>	-
Maggio	assente	6.06	kWh/m <sup>2</sup>	-
Giugno	assente	6.51	kWh/m <sup>2</sup>	-
Luglio	assente	6.44	kWh/m <sup>2</sup>	-
Agosto	assente	5.54	kWh/m <sup>2</sup>	-
Settembre	assente	4.29	kWh/m <sup>2</sup>	-
Ottobre	assente	3.00	kWh/m <sup>2</sup>	-
Novembre	assente	2.07	kWh/m <sup>2</sup>	-
Dicembre	assente	1.51	kWh/m <sup>2</sup>	-

### Esempio di mappa di radiazione solare dell'Italia



Linee di distribuzione dell'irraggiamento solare (valore medio annuo) disponibile sul territorio italiano, calcolate con algoritmi tipo quelli che si trovano sul sito ENEA.

## DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA

### I COMPONENTI



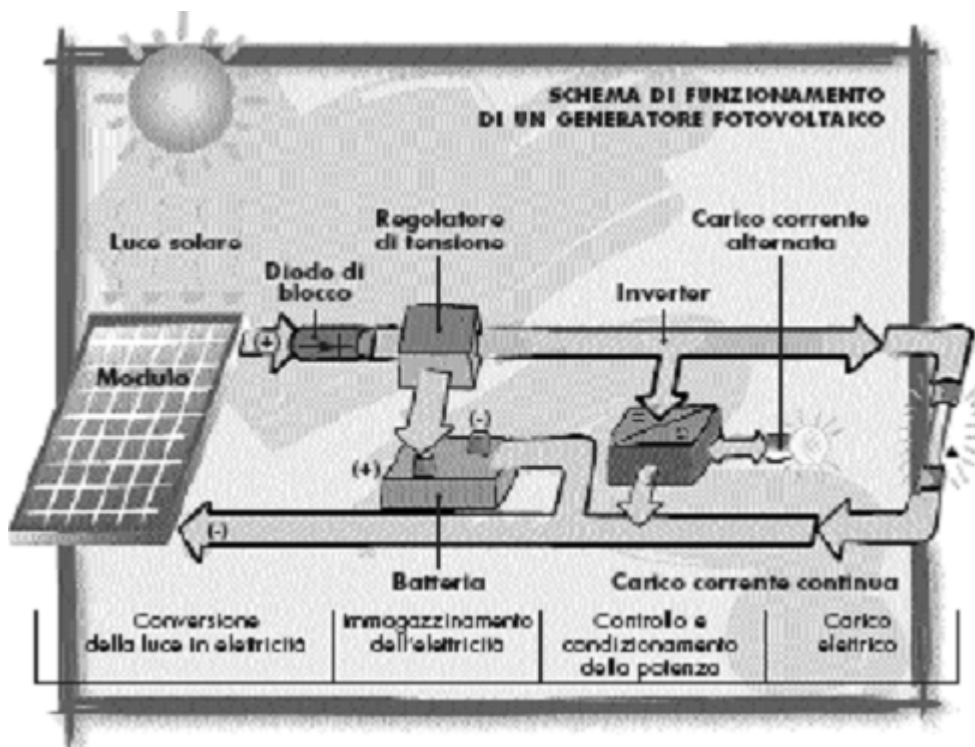
La conversione della radiazione solare in energia elettrica avviene sfruttando le caratteristiche del materiale semiconduttore nella cella fotovoltaica.

La tecnologia fotovoltaica consente di trasformare, direttamente e istantaneamente, l'energia solare in energia elettrica e non richiede aggiunte di altri combustibili.

Essa sfrutta il cosiddetto "effetto fotoelettrico", cioè la capacità che hanno alcuni semiconduttori, opportunamente trattati, "drogati", di generare elettricità se esposti alla radiazione luminosa.

Un impianto fotovoltaico è essenzialmente costituito da:

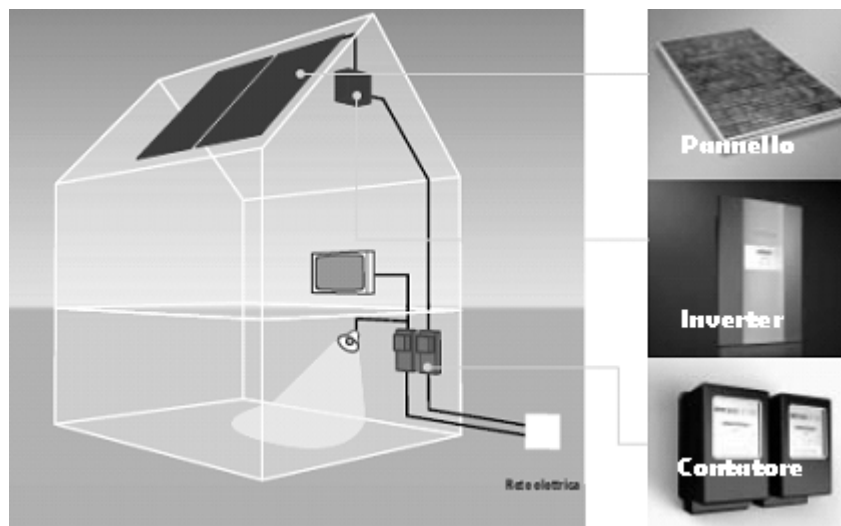
- un "generatore", o cella fotovoltaica che unita ad altre configura i pannelli solari propriamente detti
- un "sistema di condizionamento e controllo della potenza" (inverter)
- un eventuale "accumulatore" di energia, la batteria,
- una struttura di sostegno,
- un eventuale sistema di sicurezza per la protezione dell'impianto e delle persone.



Schema di impianto e del suo funzionamento—Fonte ENEA

**DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA**  
**I COMPONENTI**

---



Schema di impianto e dei suoi componenti

## CELLE E PANNELLI FOTOVOLTAICI



La maggior parte delle **celle fotovoltaiche** presenti in commercio è costituita da semiconduttori in silicio.

Le principali caratteristiche delle celle più comuni sul mercato sono:

### **Silicio monocristallino:**

quota di mercato: 30%

caratteristiche principali: identico al materiale usato in elettronica, questo implica un costo elevato, ma presenta un grado di maggior purezza e quindi migliori prestazioni in termini di efficienza (in particolare modo in presenza di radiazione diretta); tuttavia sono soggetti a maggiore stress termico, quindi necessitano di più attenzione nel controllo della temperatura di funzionamento; sono riconoscibili alla vista per la colorazione nera uniforme;

rendimento medio: tra il 14 e il 19% della radiazione incidente;

vita media: oltre i 25 anni.

### **Silicio policristallino:**

quota di mercato: 60%;

caratteristiche principali: ottenuto dal riciclaggio del materiale per l'elettronica. Particolarmente utile in applicazioni impiantistiche con stringenti necessità di conformazioni ad alta integrazione architettonica: le celle di silicio policristallino richiedono, infatti, minore cura nella progettazione del supporto e si adattano meglio a tutte le superfici; sono riconoscibili alla vista per la colorazione blu non uniforme;

rendimento medio: tra l'11 e il 14%.

vita media: oltre i 25 anni.

### **Film sottili:**

quota di mercato: 4%

caratteristiche principali: costi elevati, ma basso impatto visivo e alta integrazione architettonica con possibilità di posa in opera su superfici non lineari; costi molto elevati in caso di supporto vitreo;

rendimento medio: tra l'8% ed il 14%;

vita media: circa 20 anni.

### **Silicio amorfo:**

quota di mercato: 5%

caratteristiche principali: è l'elemento della tecnologia fotovoltaica di nuova generazione alternativa al silicio cristallino. Il vantaggio principale è nel risparmio del silicio, e quindi costi ridotti e l'ottenimento di soluzioni non permesse dalla tecnologia cristallina

(come superfici traslucide e moduli flessibili);  
rendimento medio: tra il 5 ed il 7% (con un decadimento consistente anche se indipendente dalle variazioni di temperatura)  
vita media: 10 anni.

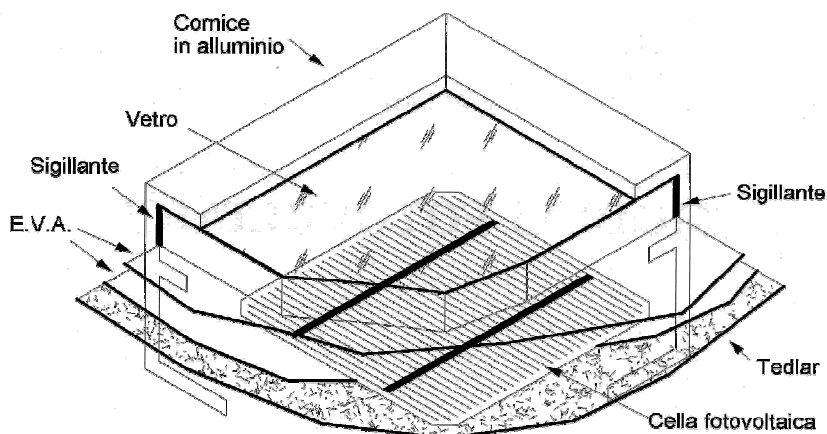
### **Celle ibride:**

quota di mercato: < 1%;

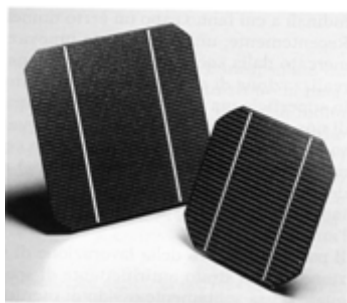
caratteristiche principali: le celle ibride sono ottenute attraverso la deposizione dell'amorfo su un substrato di cristallino ad alto rendimento. I pannelli ibridi amorfi non sono ancora disponibili su larga scala sul mercato italiano, ma alcune case già le pubblicizzano. Per valutarne le prestazioni e le problematiche su larga scala si dovrà attendere un loro ampio impiego, presumibilmente a partire dall'inizio 2009;

rendimento medio: > del 22%;

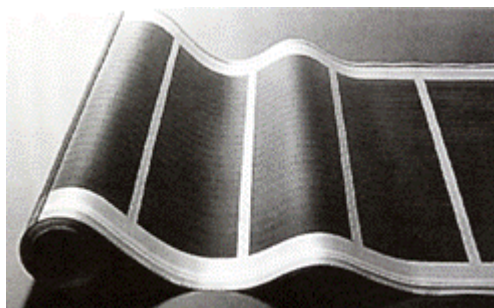
vita media: circa 20 anni.



**Struttura di un pannello fotovoltaico assemblato**



**Celle policristalline su supporto rigido**



**Celle amorphe, su strato flessibile: questi dispositivi si stanno affermando sul mercato, propongono metodologie di installazione più duttili, ma rimangono ancora meno efficienti e con costi più elevati, anche se in diminuzione**

Celle solari di qualsiasi tipo connesse in serie/parallelo e incapsulate tra un foglio di plastica e una lastra di vetro temperato costituiscono i moduli commerciali. I moduli possono essere usati singolarmente o collegati in serie e parallelo così da formare stringhe e campi fotovoltaici.

I sistemi fotovoltaici si dividono in due grandi categorie a seconda delle finalità di ricoprire il 100% del fabbisogno energetico in condizioni di isolamento (sistemi isolati) oppure prevedendo un rapporto di interscambio con la rete distributiva (sistemi connessi in rete). Questi ultimi detti anche grid connected producono energia elettrica per l'utenza e cedono la quantità prodotta in eccesso alla rete. Si distinguono dai sistemi isolati per l'assenza dell'accumulo e per la presenza necessaria dell'inverter. Il flusso di energia è bidirezionale. Sono presenti quindi più contatori.

### Fotovoltaico: le nuove tecnologie

Le innovazioni principali per la realizzazione delle celle riguardano studi rivolti all'individuazione di materiali sostitutivi al silicio, ad esempio:

**Silicio microsferico:** (ad oggi con rendimenti pari a circa il 10%);

**Eterogiunzione:** vi è deposizione superiore e inferiore di silicio amorfo su substrato di silicio monocristallino. Efficienza del 16.5% e maggiore stabilità alle variazioni di temperatura;

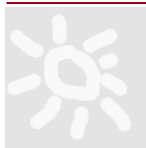
**Dye Solar Cells:** sono utilizzate tecnologie organiche ma affinché si possa passare dalla fase prototipale a quella industriale bisogna continuare ad aumentare le efficienze, i tempi di vita e pannelli di grande area;

**CTs (CdTe/CdS):** Telloruro di Cadmio;

**CIS/CIGS:** CIS Seleniuro di rame indio e CIGS seleniuro di rame, indio e gallio sono ottenuti da processi di coevaporazione di rame, gallio indio e selenio e la selenizzazione di rame indio in atmosfera di H<sub>2</sub>Se. Le efficienze che si ottengono sono pari al 19.5% per celle CIGS e 16.5% CdTe e nei moduli 11.5% CIGS e 9% CdTe per via della maggiore scalabilità;

**Celle multi giunzioni III-V:** consistono in più strati di semiconduttori sovrapposti per cogliere le diverse gamme di lunghezza d'onda della luce del sole e utilizzate normalmente, a causa dei loro elevati costi di produzione, specialmente nelle applicazioni aeronautiche e spaziali. A tal fine, la luce del sole è stata concentrata la luce solare fino a 2mila volte la sua intensità normale su una superficie di pochi millimetri quadrati della cella, costituita di fosforo di indio-gallio (GaInP), arseniuro di indio-gallio (GaInAs) e germanio (Ge). È stato recentemente raggiunto un rendimento di oltre il 37%. Utilizzate finora in campo aerospaziale.

Nota bene: le nuove e innovative tecnologie appena elencate non sono ancora disponibili per l'uso commerciale, sono, infatti, nella fase di studio prototipale.



## SISTEMA DI CONDIZIONAMENTO E CONTROLLO DELLA POTENZA

Il sistema di **condizionamento e controllo della potenza** è costituito da:

- un *inverter*, che trasforma la corrente continua, prodotta dai moduli, in corrente alternata;
- un trasformatore
- da un sistema di rifasamento e filtraggio che garantisce la qualità della potenza in uscita.

Trasformatore e sistema di filtraggio sono normalmente inseriti all'interno dell'inverter. Pertanto parlando di "inverter" si ricomprenderà l'intero sistema di condizionamento e controllo della potenza.

I primi inverter erano di tipo meccanico, ed avevano il difetto di richiedere una manutenzione eccessiva rispetto al tempo di vita dell'impianto nel suo complesso. Questo aumentava i tempi di payback, e imponeva una ispezione ripetuta dell'inverter per evitare perdite di potenza improvvise, con interruzione conseguente dell'energia erogata dall'impianto.

Oggi sono disponibili sul mercato inverter elettronici, con tempi di vita garantiti per 10 anni, e funzionamento a ridotte perdite di trasformazione.

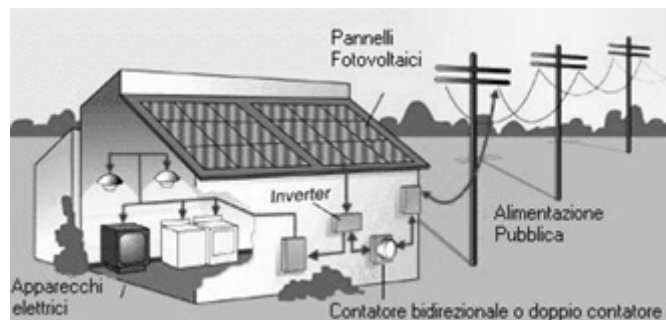
Il progettista dovrà cercare di inserire nell'impianto un inverter di potenza di trasformazione leggermente superiore alla potenza effettivamente trasformata, in modo da ottimizzare il punto di lavoro dell'inverter, evitando di sottoporlo a sovraccarichi che ne potrebbero compromettere il buon funzionamento.

Un altro accorgimento che il progettista deve usare è quello di duplicare gli inverter, ove possibile, in modo da non sottoporre questa parte dell'impianto ad un eccessivo stress, e senza un insostenibile incremento dei costi per il proprietario dell'impianto. Gli inverter, infatti, incidono per circa un 10% rispetto al costo dei pannelli. Pertanto una progettazione attenta deve riuscire a limitare la numerosità degli inverter al minimo per garantire un buon rapporto tra "robustezza" dell'impianto e costi.

La duplicazione degli inverter, infatti riduce proporzionalmente la potenza di esercizio di ciascun inverter installato, in modo che a fronte di guasto di uno di essi, almeno una parte della potenza sia comunque sempre disponibile, anche nei periodi di manutenzione di uno o più degli inverter installati.



**Esempio di inverter trasferibile.**  
Questo dispositivo montato su rotelle può facilmente essere trasferito da un impianto ad un altro o tra parti dello stesso impianto



Gli inverter per sistemi greeed contec sono i più complessi tra quelli sul mercato e consentono di gestire la energia prodotta in sistemi collegati alla rete



## STRUTTURE DI SOSTEGNO

In genere le **strutture di sostegno** sorreggono piani di moduli fissi rivolti verso Sud con una inclinazione prestabilita dal progettista per ottimizzare la captazione dell'energia in funzione del sito di installazione. Alcuni studi ritengono che l'inclinazione ottimale, ovvero quella che garantisce l'angolo di incidenza migliore per la radiazione solare, sia analoga ai gradi di latitudine del sito in cui si trova l'impianto.

La soluzione ottimale si avrebbe con un inseguimento del sole su entrambi gli assi (giornaliero est-ovest e stagionale rotazione rispetto al piano orizzontale), ma i costi di acquisto e manutenzione del sistema di posizionamento impongono comunque di analizzare strutture fisse o ad un solo asse di rotazione, perché l'efficienza dei pannelli consente comunque di avere ottime performance.

Le strutture ad inseguimento hanno infatti il vantaggio di seguire la posizione del sole, con aumento della radiazione complessiva, ma hanno anche lo svantaggio di avere necessità di una manutenzione maggiore legata alla maggiore complessità della struttura. I sistemi ad inseguimento, in più rispetto a quelli fissi, sono dotati infatti anche dei seguenti elementi:

- sistema di comando,
- sistema di monitoraggio,
- sistema di controllo del vento,
- alimentazione di riserva (per controllo comando e monitoraggio).

Ciascun elemento, quindi, è soggetto a manutenzione e a rotture.

I pannelli ad inseguimento possono essere *deger tracker* (ovvero con un solo asse di rotazione est-ovest) o *deger toptracker* (ovvero con due assi di rotazione est-ovest e alto-basso).

Come detto il progettista dovrà disegnare la struttura di sostegno in funzione del mantenimento delle corrette temperature di funzionamento dei pannelli. Infatti il pannello al di sopra dei 35°C di temperatura perde in efficienza.

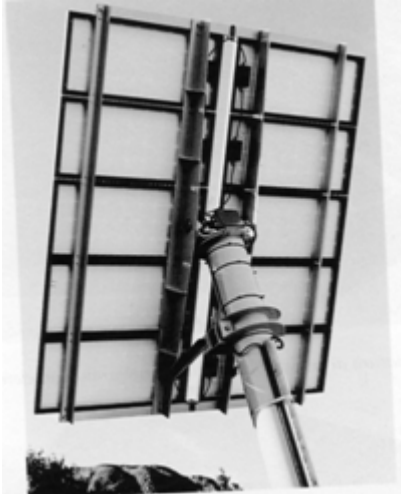
La temperatura è certamente determinata dal riscaldamento solare, ma è attenuata dalle correnti d'aria circolanti intorno al pannello, che non dovrà essere incollato sopra superfici continue, ma collocato ad una certa distanza, (tipicamente non inferiore a 10-15 cm), dalla superficie sottostante, per consentire i flussi d'aria necessari al raffreddamento. La ventosità e le percentuali di nuvolosità sono quindi altri parametri che influenzano la progettazione della struttura di sostegno.



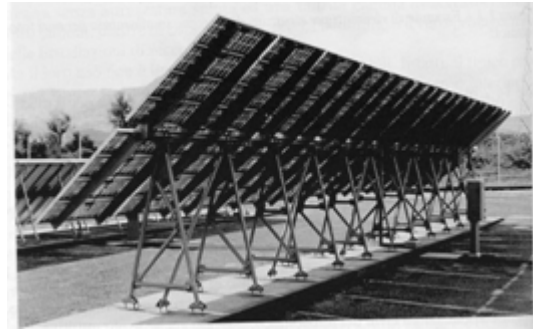
Pannelli fissi con sostegni a tralicci.



Pannelli fissi con sostegni a grata piana.



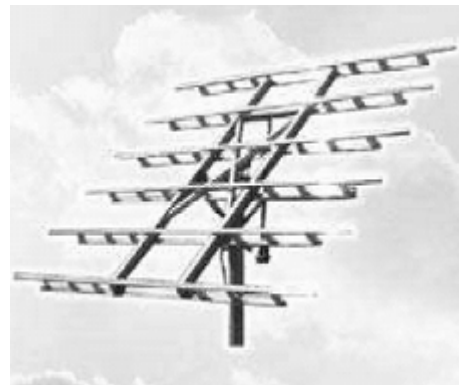
Esempio di struttura a palo



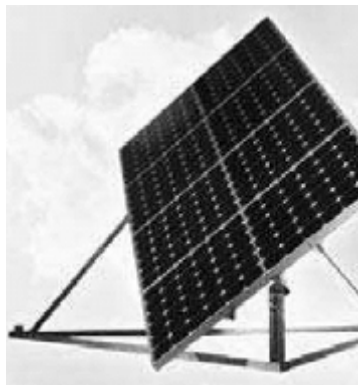
Esempio di struttura a stringhe



Esempio di struttura a cavalletto



Esempio di pannello a inseguimento  
DEGER TRACKER, un solo asse



Esempio di pannello a inseguimento  
DEGER TOPTRACKER, a due assi

**DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA**  
**STRUTTURE DI SOSTEGNO**

---

<b>specifiche</b>	<b>misure</b>
angolo di rotazione elevazione	15° - 90°
superficie modulo	3m <sup>2</sup> -60 m <sup>2</sup>
lunghezza palo	4m-6m
azionamento alto-basso (solo nei due assi)	integrato e senza manutenzione
azionamento est-ovest (due assi ed un asse)	integrato e senza manutenzione

**Tabella indicatori di pannelli a inseguimento**

Come si vede dalla tabella ogni progettista dovrà comparare i parametri del sistema di rotazione nelle sue varie componenti con le caratteristiche del sito. Ad esempio se il vento nella giornata subisce rotazioni (cambi di direzione) superiori a 90°, l'uso del pannello rotante sarà solo parzialmente utile.

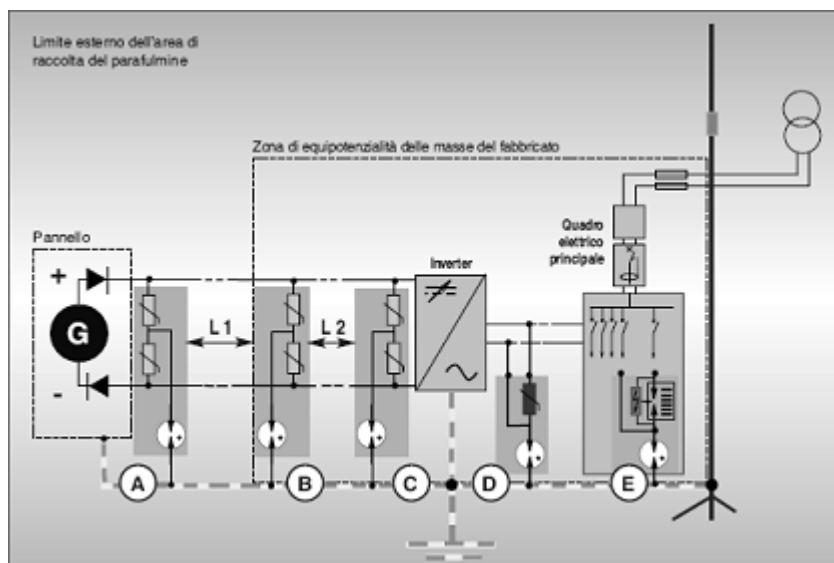
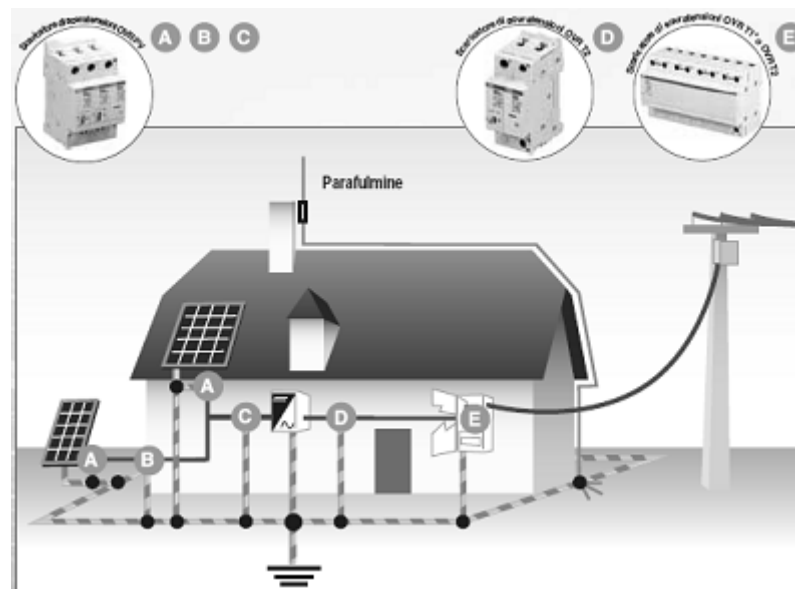
Analogamente se si vuole una altezza da terra superiore 6 m per motivi di intercettazione del vento, sarà per ora complicato trovare sul mercato impianti a basso costo con questa caratteristica, in quanto dovrà essere progettato un palo personalizzato, con caratteristiche di robustezza alle vibrazioni ed al vento sufficiente.

## SISTEMI DI PROTEZIONE ELETTRICA DEGLI IMPIANTI E DELLE PERSONE







La necessità di un **sistema di protezione elettrica** nasce dal fatto che gli impianti fotovoltaici sono posti all'esterno e pertanto risultano sensibili alle scariche elettriche atmosferiche dirette (fulmini) o indirette che generano sovratensioni. E' pertanto da applicare la normativa CEI 62305-1/4 per le protezioni contro i fulmini.

L'impianto di protezione esterno contro i fulmini è protetto attraverso LPS, Lightning protection system, ed è costituito da captatori, calate e dispersori. Per la protezione da sovratensione sono utilizzati gli SPD, surge protection device, di classe I (spinterometri), classe II e III (varistori).



## DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA

### SISTEMI DI PROTEZIONE ELETTRICA DEGLI IMPIANTI E DELLE PERSONE

Selezione degli SPD per l'intero sistema			
Ubicazione dell'SPD	Funzione	Raccomandazioni	Osservazioni
	Protezione di ciascun pannello solare (cella + connessioni)	Raccomandata se la distanza L1 è maggiore di 10 m o se sussiste il rischio di accoppiamento induttivo	La connessione al pannello deve essere più corta e rettilinea possibile. Se l'ambiente lo richiede, l'SPD deve essere installato in un involucro con grado IP adeguato.
	Protezione della linea c.c. principale (all'ingresso del fabbricato)	Sempre raccomandata	Il collegamento alla barra equipotenziale deve essere il più corto e rettilineo possibile.
	Protezione fine dell'ingresso dell'inverter, lato c.c.	Raccomandata se la distanza L2 è superiore a 10 m	Il collegamento alla barra equipotenziale e alla massa dell'inverter sul lato c.c. deve essere più corto e rettilineo possibile
	Protezione fine dell'uscita dell'inverter lato c.a.	Sempre raccomandata	Il collegamento alla barra equipotenziale e alla massa dell'inverter sul lato c.a. deve essere più corto e rettilineo possibile.
	Protezione principale presso il punto di consegna dell'energia	Sempre raccomandata	Il collegamento alla barra equipotenziale deve essere più corto e rettilineo possibile.

Ogni scaricatore di sovratensioni contiene almeno un componente non lineare (quale un varistore o uno spinterometro):

- Durante il funzionamento normale (cioè in assenza di sovratensioni), lo scaricatore non ha alcuna influenza sul sistema al quale è applicato. L'SPD agisce come un circuito aperto e mantiene l'isolamento tra il conduttore attivo e la terra.
- Quando si verifica una sovratensione lo scaricatore di sovratensioni riduce la sua impedenza in alcuni nanosecondi e devia verso terra la corrente impulsiva. L'SPD si comporta come un circuito chiuso, la sovratensione viene cortocircuitata e limitata ad un valore ammissibile per l'apparecchiatura elettrica situata a valle.
- Una volta cessata la sovratensione impulsiva, l'SPD recupera la sua impedenza originaria e torna alla condizione di circuito aperto.

### SPD basati su spinterometri

Gli SPD a commutazione (o "ad innesco") sono caratterizzati da un'impedenza elevata nel momento in cui non è presente alcuna sovratensione (nessun flusso di corrente li attraversa). In risposta ad una sovratensione, l'impedenza cade repentinamente a 0,1 - 1  $\Omega$ , tipicamente in 100 ns.

Questi dispositivi possiedono una caratteristica tensione/corrente non lineare.

A livello costruttivo gli spinterometri consistono di due elettrodi, il primo collegato ad una fase ed il secondo alla terra.

### **SPD a varistori**

I varistori sono resistori con impedenza comandata dalla tensione, dotati di una caratteristica “U in funzione di I” continua ma non lineare. Gli SPD basati sui varistori, detti anche a limitazione di tensione, sono caratterizzati da un’impedenza elevata nel momento in cui non è presente alcuna sovratensione;

fluisce sempre attraverso di essi una piccola quantità di corrente, detta corrente continuativa I<sub>c</sub>. Al manifestarsi di una sovratensione, l’impedenza del varistore (normalmente al di sopra di 1 MΩ ) cade bruscamente nel giro di alcuni nanosecondi al di sotto di 1 Ω.

Tra i sistemi di protezione “passiva” si include un piano di manutenzione preventiva. La **manutenzione preventiva** dei sistemi fotovoltaici è consigliata con cadenza annuale e può essere effettuata anche da personale non esperto in tecnologie fotovoltaiche purché sia addestrato ad operare su circuiti elettrici applicando le norme di sicurezza.

La manutenzione sui singoli moduli fotovoltaici consiste in ispezione visiva (sui possibili danneggiamenti dei vetri o del materiale di isolamento interno o sporcizia del vetro) e controllo di cassetta di terminazione.

La procedura standard di manutenzione dei pannelli fotovoltaici prevede la seguente sequenza di operazioni:

#### Moduli fotovoltaici:

- ispezione visiva (danneggiamenti vetri o isolamento)
- controllo cassetta di terminazione (umidità, stato dei contatti elettrici, diodi by-pass, serraggio dei morsetti)

#### Stringhe fotovoltaiche:

- controllo delle grandezze elettriche

#### Struttura di sostegno:

- serraggio connessioni meccaniche imbullonate

#### Quadri elettrici:

- ispezione visiva
- controllo protezioni elettriche
- controllo organi di manovra
- controllo cablaggi elettrici

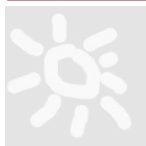
#### Batterie di accumulatori:

- ispezione visiva
- controllo densità e tensioni
- rabbocco acqua distillata

#### Convertitore statico:

- ispezione visiva

# COME VALUTARE LA CONVENIENZA DELLA TECNOLOGIA PER LA PROPRIA ATTIVITA'



## DIMENSIONI E PARAMETRI DA CONSIDERARE

La dimensione dell'impianto sarà funzione dell'energia richiesta. Questa determinerà, la potenza da installare, il numero di moduli necessari, il costo del sistema e il costo del kilowattora elettrico generato. Per confrontare i costi tra l'energia prodotta tra la fonte solare e quella tradizionale, bisognerebbe parlare di "valore" dell'energia piuttosto che di costo: il kWh prodotto con la fonte fotovoltaica non ha la stessa qualità di quello prodotto con le fonti convenzionali. La produzione di elettricità da impianti termoelettrici tradizionali, infatti, è gravata da un costo nascosto che viene pagato, spesso inconsapevolmente, dalla collettività. Bisogna infatti tener conto dei danni sociali e ambientali che le forme tradizionali di generazione energetica comportano, che sono difficilmente monetizzabili, ma che meritano una più adeguata considerazione.

I costi di un impianto fotovoltaico sono fortemente dipendenti anche dal tipo di applicazione e di installazione, vista la sempre crescente domanda anche questi aspetti sono in continuo cambiamento .

I parametri fondamentali per valutare la taglia ed il costo di un impianto fotovoltaico per le proprie esigenze possono essere riassunti come segue:

- l'energia consumata in un anno dall'impresa (kWh)
- l'energia media prodotta in un anno (kWh) per ciascun pannello fotovoltaico installato (ovvero i kWh prodotti per ciascun kW di picco<sup>1</sup> installato, indicato come kWp).

L'importante è effettuare il calcolo per l'energia necessaria e non sulla potenza necessaria e tenendo sempre presente che, in generale, il sistema fotovoltaico sarà ad integrazione dell'energia proveniente dalla rete. Questo per evitare costosi ed inutili sovradimensionamenti dell'impianto.

Ad esempio consideriamo un'impresa che ha un consumo annuale pari a 2.500 kWh.

In base alla tabella seguente si ricava che è necessario installare un impianto di 2kWp (ottenuto dividendo il consumo annuale, 2.500 kWh, per l'energia utile per kWp installato per un pannello nel centro italia, 1350 kWh/kWp). Per ottenere 1 kWp di picco sono necessari circa 8 m<sup>2</sup> quindi, per 2 kWp sono necessari circa 16 m<sup>2</sup>, pari a 32 pannelli.

Il costo dell'impianto così dimensionato sarà di circa 14.000 Euro. Si è stimato un costo di 7.000 euro per kWp; questi costi possono variare in base alla tipologia di pannello impiegato ed alle spese di installazione (mano d'opera e componenti).

1 - il kW di picco è la potenza massima prodotta dal pannello solare in presenza della massima radiazione solare possibile, ottenibile quindi solo in certi orari dell'anno.

**COME VALUTARE LA CONVENIENZA DELLA TECNOLOGIA PER LA PROPRIA ATTIVITA'**  
**DIMENSIONI E PARAMETRI DA CONSIDERARE**

<b>Capacità produttiva di un impianto fotovoltaico</b>			
Localizzazione impianto	Moduli in silicio monocristallino	Moduli in silicio policristallino	<b>Energia utile</b> per 1 kWp installato
	kWh/m <sup>2</sup> anno	kWh/m <sup>2</sup> anno	kWh/kWp anno
Nord	150	130	1080
Centro	190	<b>160</b>	<b>1350</b>
Sud	210	180	1500

nb: un pannello occupa un'area di circa 0,5 m<sup>2</sup> , quindi per avere un impianto di 1 m<sup>2</sup> sono necessari 2 pannelli.

### Emissioni di CO<sub>2</sub>

Uno dei vantaggi dei pannelli fotovoltaici è che nella produzione di energia si evita di co-produrre anidride carbonica.

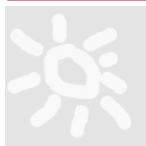
Data una Vita utile del sistema di circa 30 anni, si ha la seguente procedura di calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> evitate per 1 kWp di modulo nel periodo di vita utile (30 anni) dell'impianto:

- mediamente  $1437(\text{kWh}_{\text{el}}/\text{kW}_{\text{p}}) \cdot 30$  (anni)=43110 kWh per ogni kWp installato.
- per ottenere un kWh elettrico occorre bruciare 0.25 kg di combustibili fossili.

Di conseguenza: 1 kWp di fotovoltaico produrrà, in un anno, energia equivalente a quella che si otterrebbe Bruciando  $43110 \cdot 0.25 = 10777$  kg  $\approx$  11 t di combustibile fossile

	Elettricità prodotta mediamente in 1 anno in cc (kW <sub>el</sub> /kWp	Fattore del mix elettrico (kgCO <sub>2</sub> /kW <sub>el</sub> in 1	Emissioni CO <sub>2</sub> evitate in 1 anno	Vita utile impianto	Emissioni CO <sub>2</sub> evitate nella vita utile dell'impianto
Nord	1372.4	0.531 kg	728.74	30 anni	21862.33 kg
Centro	1737.4	0.531 kg	922.56	30 anni	27676.78 kg
Sud	1963.7	0.531 kg	1042.72	30 anni	31281.745 kg

# IMPIANTI SOLARI TERMICI



## COMPONENTI BASE DELLA TECNOLOGIA

I sistemi solari termici basano la propria capacità di convertire l'energia solare in energia termica mediante lo sfruttamento dell'effetto serra, analogamente alla maggior parte dei sistemi passivi. Nel solare termico la funzione di accumulo e trasporto del calore viene assolto da un fluido termovettore circolante tra i pannelli e il serbatoio di accumulo vero e proprio, I componenti principali comuni a tutte le tipologie di impianto solare termico sono i seguenti:

1. Collettori solari.
2. Serbatoio di accumulo.
3. Circuito primario distributivo.
4. Centralina di controllo e dispositivi di integrazione termico.



### Collettori solari

Il collettore solare è la parte dell'impianto direttamente esposta alla radiazione solare, alla quale viene demandato la conversione energetica. La ricerca tecnologica ha portato allo sviluppo di diverse tipologie di collettori, caratterizzate da livelli di rendimento e condizioni di impiego differenti:

**Pannelli solari vetriati non selettivi** - Collettori di prima generazione, composti da una camera isolata ricavata tra un vetro temperato direttamente esposto al sole e una scocca posteriore coibentata. All'interno è inserito un assorbitore metallico annerito, allo scopo di sfruttare al meglio la selettività del vetro nel campo dell'infrarosso, aumentando l'efficienza.

Nel caso che il fluido termovettore sia un liquido, l'assorbitore è sagomato in modo da avvolgerne le tubazioni e favorire così lo scambio di calore. Per i collettori ad aria, l'assorbitore è alettato, in modo da aumentare la superficie di contatto.

Nel caso di pannelli ad acqua, in genere la temperatura massima raggiungibile in condizioni meteorologiche ottimali in estate è di circa 70°C, mentre in inverno si riduce a circa 40°C.

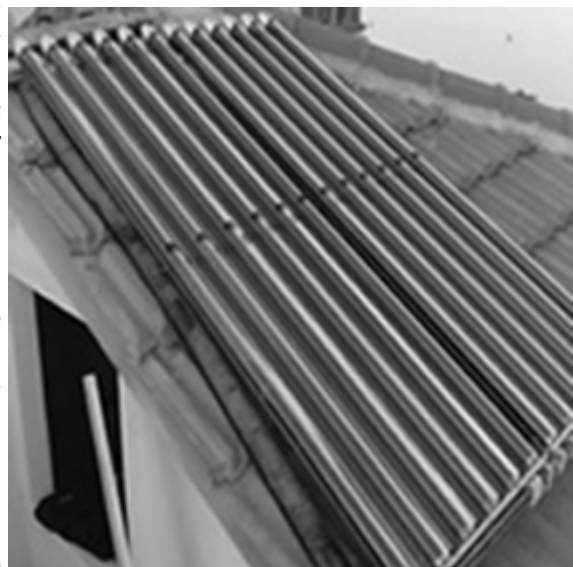
Il tempo di esposizione necessario per il raggiungimento di tali temperature varia a seconda della stagione e del rapporto di dimensioni tra superficie di captazione e capacità dell'accumulo, ed è comunque dell'ordine di diverse ore. Questo tipo di pannello rappresenta la soluzione più economica e attualmente più diffusa per le installazioni destinate a coprire il fabbisogno domestico annuale, in particolare in quelle aree geografiche in cui vi sia abbondanza di radiazione diretta anche nei mesi invernali e condizioni climatiche abbastanza miti.

**Pannelli solari vetrati selettivi** – Rappresentano l'evoluzione dei pannelli tradizionali ai quali viene aggiunto un trattamento della superficie dell'assorbitore, con prodotti in grado di ridurre le perdite per riflessione, con conseguente aumento dell'efficienza del pannello. Il costo di questi pannelli è più elevato ma garantiscono rendimenti del 10% superiori rispetto al pannello tradizionale, grazie a un miglioramento delle prestazioni nei mesi invernali. Il loro impiego è indicato per l'uso annuale, anche in condizioni climatiche meno favorevoli.

**Pannelli solari sottovuoto** - Sono pannelli di nuova generazione, in cui la tecnologia più evoluta delle grandi centrali elioterme è stata ridimensionata e applicata per la realizzazione di un prodotto attualmente molto efficiente sul mercato. Sono composti da una serie di tubi nel quale singoli assorbitori e tubazioni sono isolati mediante il vuoto. Le elevate prestazioni di questo tipo di isolamento consentono un'efficienza complessiva non raggiungibile con i collettori prima descritti (possono essere superati i 100°C di temperatura), anche in condizioni climatiche severe (prevalenza di cielo coperto e temperature rigide).

Una caratteristica interessante ai fini dell'integrazione in architettura è la possibilità di posa di questi pannelli anche con un orientamento perfettamente orizzontale dei tubi, a formare parapetti di terrazzi e balconi. Il costo è notevolmente elevato e può superare di molto la spesa di acquisto dei collettori piani. L'opportunità economica di scelta di questi dispositivi va quindi attentamente valutata, e risulta sicuramente conveniente in condizioni climatiche sfavorevoli, in applicazioni in ambito industriale ove siano richieste elevate temperature o dove vi sia scarsità di aree per l'esposizione disponibile, che imponga quindi l'adozione di sistemi in grado di garantire la copertura del fabbisogno con ridotte superfici di captazione.

Alcuni tra i più recenti modelli di collettore sottovuoto consentono di incrementare la produttività attraverso la possibilità di regolare la posizione dell'assorbitore presente nel tubo grazie ad una sua possibilità di rotazione massima sul proprio asse di 20° - 25°. Questo consente di ottimizzare le condizioni di funzionamento del collettore anche nel caso in cui l'inclinazione e l'orientamento del piano di posa non siano ottimali.



Pannello solare sotto vuoto

**Collettori solari vetrati semisferici** — Sono collettori di nuova generazione aventi componenti analoghi ai pannelli vetrati piani ma configurati e ottimizzati a comporre una configurazione finale semisferica. Questa particolare configurazione del dispositivo consente, a parità di superficie di base del collettore, di avere una superficie captante esposta e livelli di produttività media sensibilmente superiori rispetto ai modelli piani. Rispetto ai modelli piani inoltre presentano una maggiore resistenza meccanica all'azione degli agenti atmosferici, in particolare alla grandine, e una minore tendenza alla ritenzione dello sporco sulla superficie del vetro.

Sono soggetti a limitazioni applicativi in quei contesti edilizi in cui si richieda un ridotto impatto estetico.

**Pannelli con serbatoio d'accumulo integrato** - In questo tipo di dispositivo l'assorbitore di calore e il serbatoio di accumulo sono costituiti da un unico oggetto direttamente esposto alla radiazione solare.

L'acqua dalla superficie esposta trasferisce il calore verso l'interno grazie ai moti convettivi, favorendone una distribuzione uniforme che minimizza le stratificazioni. Questi pannelli sono di facile trasportabilità e installazione (possono essere in molti casi forniti in kit completi per il montaggio fai da te) e relativamente economici. Il loro ambito di applicabilità è comunque nella maggior parte dei casi limitato all'utenza estiva o per climi caratterizzati da inverni miti, perché la collocazione esterna dell'accumulo può comportare rischio di gelo invernale o comunque un abbassamento consistente delle prestazioni. Per questi pannelli quindi non è possibile la previsione di una integrazione stabile nella struttura architettonica in quanto sono piuttosto ingombranti e devono comunque poter essere riposti nel periodo invernale.

**Pannelli solari ad aria** - Sono pannelli solari simili per forma e funzionamento ai collettori piani in cui il fluido termovettore utilizzato è l'aria. In questo caso l'assorbitore è una semplice piastra metallica alettata in prossimità della quale viene fatta scorrere aria proveniente dall'esterno, da immettere dopo la fase di riscaldamento negli ambienti tramite aperture superiori. Questi collettori presentano sicuramente minori problematiche di carattere costruttivo e manutentivo (assenza di perdite o incrostazioni calcaree nei circuiti, nessun problema di gelo invernale), ma hanno anche rendimenti assai minori, legati alla scarsa efficienza dell'aria come fluido termoconvettore.

**Pannelli solari scoperti** - Sono costituiti da un semplice fascio tubiero e realizzati in materiale plastico (polipropilene, neoprene o PVC). Il principio di funzionamento è quindi ridotto all'irraggiamento diretto e l'assorbimento è favorito solo dal colore nero dei pannelli. La totale assenza di protezione legata al vetro e allo strato coibente retrostante limita l'uso di questi pannelli alle utenze stagionali anche nei mesi estivi: infatti consentono temperature massime di circa 40°C.

I vantaggi di questi pannelli sono legati al costo notevolmente più basso rispetto agli altri collettori solari e alla semplicità d'uso e di configurazione dell'impianto. Essi vengono percorsi direttamente dall'acqua da riscaldare che può quindi eventualmente essere utilizzata senza necessità di accumulo. Nel caso di pannelli scoperti in polipropilene, la pressione massima di circolazione dell'acqua può essere di 6 atmosfere, consentendo rendimenti più elevati e una gamma abbastanza ampia di applicazioni (stabilimenti balneari, camping, strutture turistiche estive) rispetto ai collettori in PVC e neoprene, in cui la pressione massima consentita è di 1 atmosfera e l'uso pressoché limitato al riscaldamento delle piscine.

scoperte.

### **Serbatoio di accumulo**

Il serbatoio di accumulo è un contenitore di forma cilindrica nel quale avviene lo scambio di calore tra il fluido termovettore e l'acqua da riscaldare. Nel caso di impianti a circolazione forzata, l'acqua non può circolare direttamente nei collettori solari in quanto le condizioni di esercizio dell'impianto ne richiedono trattamenti idonei (decalcificazione per la riduzione del rischio di depositi calcarei, additivi antigelo nei climi soggetti a gelate invernale o finalizzati a migliorare la capacità termica del fluido). Il serbatoio quindi ospita due circuiti idraulici distinti, uno relativo alla circolazione del fluido nel circuito solare e il secondo per l'acqua dell'impianto di utilizzazione finale.

Il serbatoio può avere configurazioni diverse, a seconda che l'impianto sia destinato a produrre acqua calda per il solo riscaldamento o anche per usi sanitari. In quest'ultimo caso l'accumulo per l'acqua sanitaria (boiler solare), di dimensioni ridotte, è immerso nella parte superiore del volume, destinato al fabbisogno termico. In questo modo la naturale stratificazione termica dell'acqua permette al boiler di trattenere calore senza un proprio elemento scambiatore. Nella parte più bassa del serbatoio sono collocate due serpentine, che riscaldano gli strati d'acqua più freddi e migliorano il rendimento complessivo del sistema, una alimentata direttamente dal circuito solare, l'altra collegata al dispositivo di integrazione tradizionale. Se il serbatoio è destinato solo all'acqua di alimentazione dell'impianto di riscaldamento, la sua struttura è semplificata in quanto viene meno il boiler solare. In entrambi i casi l'accumulo è completato da uno spesso rivestimento esterno coibente, o da un'intercapedine ricavata con il raddoppio dell'involucro.

La dimensione del serbatoio dipende dalla superficie dei collettori solari a cui è asservito. In linea di massima per ogni metro quadrato di pannello solare piano deve corrispondere un volume del serbatoio di 60-70 litri.

Invece per i serbatoi degli impianti a circolazione naturale, la loro collocazione in copertura impone il posizionamento orizzontale e volumi limitati.

### **Circuito primario distributivo**

Il circuito distributivo tra collettori solari ed accumulo è realizzato con tubazioni in materiale plastico dello stesso tipo di quello utilizzato per gli impianti tradizionali, ai quali viene applicato esternamente una protezione coibente in schiume espanse o lana di roccia. Per minimizzare le dispersioni termiche è consigliabile ridurre la percorrenza esterna del circuito e collocare il serbatoio di accumulo il più vicino possibile ai collettori in modo da limitare la lunghezza delle tubazioni.

### **Centralina di controllo e dispositivi di integrazione termica**

Il circuito solare è supportato da una centralina per il monitoraggio del sistema e la sua gestione automatizzata. Il sistema è completato solitamente da una o più pompe di circolazione che alimentano il moto del fluido termovettore.

La gestione del funzionamento nel suo complesso è demandata alla centralina, che attraverso una rete di termostati collocati nell'accumulo e nei punti significativi del circuito (es. punti di mandata e ritorno dei singoli componenti) è in grado di rilevare le temperature di esercizio e, confrontandole con eventuali soglie predefinite, definire autonomamente

eventuali azioni correttive. Il termostato dell'accumulo viene impostato per una temperatura critica compresa tra i 40- 50°C al di sotto della quale viene azionata la circolazione del fluido termovettore attraverso i collettori solari. Nel caso il relativo sensore comunichi che questi non possano contribuire per le condizioni esterne sfavorevoli, subentra il contributo esterno, ad opera di eventuali caldaie o resistenze elettriche.

I vantaggi legati ad una gestione automatizzata sono evidenti. In primo luogo l'utente è sollevato dall'onere di dover prestare attenzione in prima persona alle condizioni di funzionamento del sistema, con le relative difficoltà legate alla scarsa dimestichezza con dispositivi impiantistici così complessi. Inoltre l'automazione garantisce una risposta tempestiva del sistema stesso all'alterazione delle condizioni ottimali anche in caso di assenza degli utenti, minimizzando il rischio di dispersioni imputabili a correzioni tardive.

## TIPOLOGIE DI FUNZIONAMENTO PER IL SOLARE TERMICO



**Sistemi a circolazione naturale** - La circolazione del fluido verso l'accumulo termovettore avviene in seguito all'instaurarsi di moti convettivi naturali dovuti al processo di riscaldamento all'interno di collettori solari. Il liquido riscaldato, a minore densità, tende a salire lungo il collettore e a fuoriuscire verso l'accumulo collocato a una quota superiore, mentre contemporaneamente la parte di fluido che ha già ceduto calore attraverso lo scambiatore, più densa e pesante tende a scendere verso il punto di captazione inferiore del collettore, chiudendo il ciclo di funzionamento.

I vantaggi legati a questo sistema sono rappresentati dalla semplicità del circuito, che non necessita di pompa di circolazione né centraline di controllo, e quindi dai ridotti costi di installazione (sono spesso forniti in kit monoblocco completi di accumulo e pannelli integrati in un unico dispositivo) e di interventi di manutenzione. In questo tipo di impianti è quindi ridotto il rischio di guasti e scongiurata l'eventuale inversione del ciclo di funzionamento. Nel caso delle utenze stagionali inoltre il sistema può essere ulteriormente semplificato mediante l'adozione dell'acqua da riscaldare come fluido termovettore. La particolare configurazione di questi sistemi, che impone la collocazione del serbatoio di accumulo superiormente rispetto ai pannelli solari, rende piuttosto limitato il ventaglio di soluzioni applicabili per l'integrazione nel costruito, compromessa nel suo esito estetico dall'ingombrante sagoma dell'accumulo, che in genere rimane visibile sul piano di copertura. La loro adozione è quindi relegata agli interventi nei quali la forma dell'edificio consente una scarsa visibilità del dispositivo (es. collocazione su tetti piani di edifici medio-alti) o le condizioni contingenti non permettano diversa collocazione interna dell'accumulo, come nel caso di interventi sull'esistente.

Dal punto di vista prestazionale, la posizione esterna dell'accumulo favorisce le dispersioni di energia e la sua disposizione orizzontale non permette di sfruttare le stratificazioni termiche utili, che si instaurano invece naturalmente nei serbatoi verticali. Spesso inoltre la capienza degli accumuli è limitata dalla elevata rigidità delle configurazioni disponibili, soprattutto nel caso dei sistemi monoblocco, in cui la capienza massima prevista per l'accumulo è di circa 300 litri.

**Sistemi a circolazione forzata** - La circolazione del fluido termovettore è mantenuta da una pompa controllata dalla centralina elettronica, che la attiva se la temperatura dell'acqua nel serbatoio è inferiore a quella del fluido nei pannelli. Attraverso la serpentina avviene il trasferimento del calore dal fluido all'acqua contenuta nel serbatoio. Se l'apporto energetico fornito dal circuito solare è insufficiente (cattivo tempo o nelle ore notturne), oppure si verifica un elevato consumo di acqua calda, la temperatura nella parte superiore dell'accumulatore scende e la centralina elettronica comanda l'inserimento del sistema di riscaldamento ausiliario (attraverso la serpentina posta più in alto). Il dispositivo integrativo ad alimentazione tradizionale può essere a combustibile (di solito a gas, a gasolio o a legna) oppure elettrico (con resistenza elettrica).

I vantaggi di questo tipo di impianto sono rappresentati dalla possibilità di scegliere liberamente le modalità più opportune di integrazione nell'edificio, grazie all'assenza di condizioni vincolanti per il posizionamento reciproco dei collettori e del serbatoio, che può quindi essere sistemato in ambienti protetti da sollecitazioni termiche e ambientali

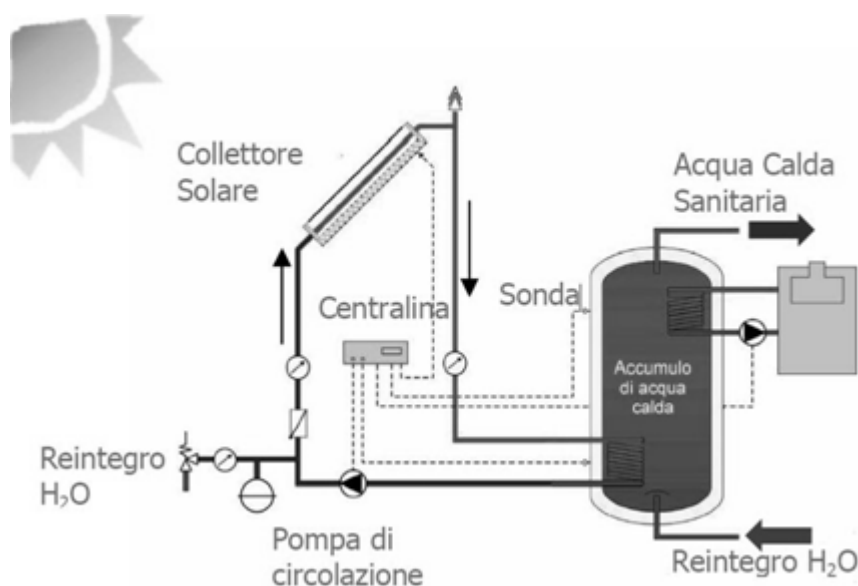
## IMPIANTI SOLARI TERMICI

### TIPOLOGIE DI FUNZIONAMENTO PER IL SOLARE TERMICO

esterne. In queste configurazioni l'accumulo non è soggetto a limitazioni dimensionali predefinite.

La maggiore velocità di circolazione del fluido termovettore consente inoltre una maggiore efficienza del sistema in termini di trasporto del calore. D'altra parte i sistemi a circolazione forzata sono più complessi e quindi costosi sia per la realizzazione (componentistica e mano d'opera specializzata) sia per le successive cure manutentive.

Essi hanno bisogno di energia per l'alimentazione delle pompe di circolazione, anche se minima rispetto al guadagno conseguibile dal sistema. Questo apporto è difficilmente soddisfatto dall'apporto di altre fonti rinnovabili (es. fotovoltaico), dal momento che anche queste sono dipendenti dalla presenza della radiazione solare e quindi non possono garantire il proprio contributo in condizioni sfavorevoli.



Gli impianti solari termici, con le tecnologie viste precedentemente, sono ormai collaudati ed hanno prestazioni più che soddisfacenti, sia sotto il profilo dei costi, che della manutenzione.

A differenza degli impianti fotovoltaici il mercato è ormai saturo di tecnologie ad alte prestazioni, e non si prevedono ulteriori innovazioni tecnologiche particolarmente significative.

Infatti le esperienze e le applicazioni già effettuate su larga scala di impianti solari termici portano alle seguenti affermazioni:

Il solare termico è pronto per altre applicazioni nei paesi dove la penetrazione sul mercato è già iniziata ed ha condotto ad utilizzazioni di massa;

Nuovi progetti stanno portando a ulteriore innovazione e riduzione dei costi.

**VALUTAZIONE DEI COSTI**

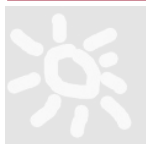

Nella tabella seguente è possibile confrontare gli ingombri e i costi fra i diversi sistemi a circolazione naturale e forzata per uso civile. E' necessario precisare che le valutazioni, in particolare quella dei costi sono da considerarsi indicative, vista la variabilità del mercato nel campo del solare termico.

<b>Tipologia sistema</b>	<b>Sistemi a circolazione forzata</b>		<b>Sistemi a circolazione naturale</b>	
N. di utenti	2	Da 3 a 5	2	Da 3 a 5
Serbatoio	Alto 1.5 m e largo 0.65 m	Alto 2 m e largo 0.75 m	Alto 0.6 m e largo 1.3 m orizzontale	Alto 0.6 m e largo 2 m orizzontale
Collettori	1 ad alta efficienza (ingombro:1.25x2 m)	2 ad alta efficienza (ingombro:2.7x2 m)	1 (ingombro:1x2 m)	2 (ingombro:2x2 m)
Altre apparecchiature	1 centralina 1 gruppo idraulico completo di pompa di circolazione	1 centralina 1 gruppo idraulico completo di pompa di circolazione	1 traliccio in acciaio zincato per installazione su tetto	1 traliccio in acciaio zincato per installazione su tetto
Contributo energetico permesso dal sistema	70 – 80%	70 – 80%	50 – 60%	50 – 60%
Costo dei materiali (IVA 10% esclusa)	2944 €	4184 €	1550 €	2428 €
Costo orientativo dell' installazione e di altri materiali accessori (IVA 10% esclusa)	517 – 775 €	517 – 1033 €	413 – 620 €	517 – 775 €

## APPENDICE

---

---



### SITI WEB UTILI PER APPROFONDIRE

[www.innovazione.dintec.it](http://www.innovazione.dintec.it)

<http://www.enea.it/>

<http://enerweb.casaccia.enea.it/enearegioni/UserFiles/OSSERVATORIO/Sito/osservatorio.htm>

<http://www.fire-italia.it/>

[http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Energia\\_rinnovabile/](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Energia_rinnovabile/)

<http://www.energie-rinnovabili.org/>

