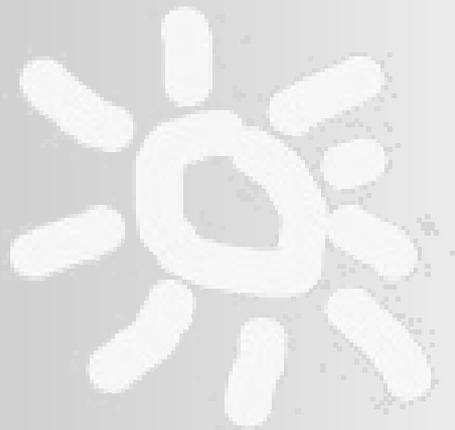


# **TECNOLOGIE E INTERVENTI PER L'EFFICIENZA ENERGETICA**

---

---

## **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.

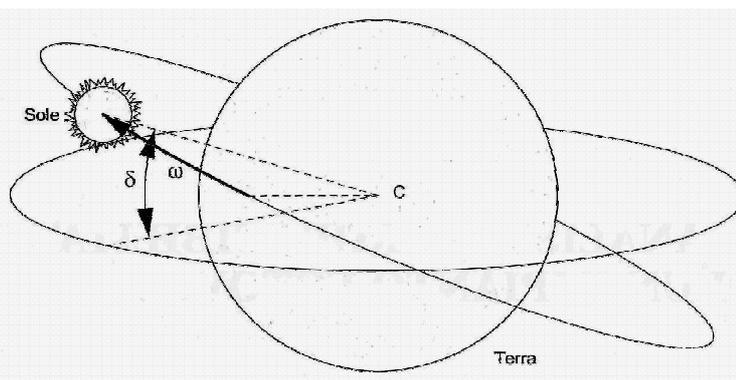
(Vedi guida "Misure per l'Efficienza Energetica")

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>

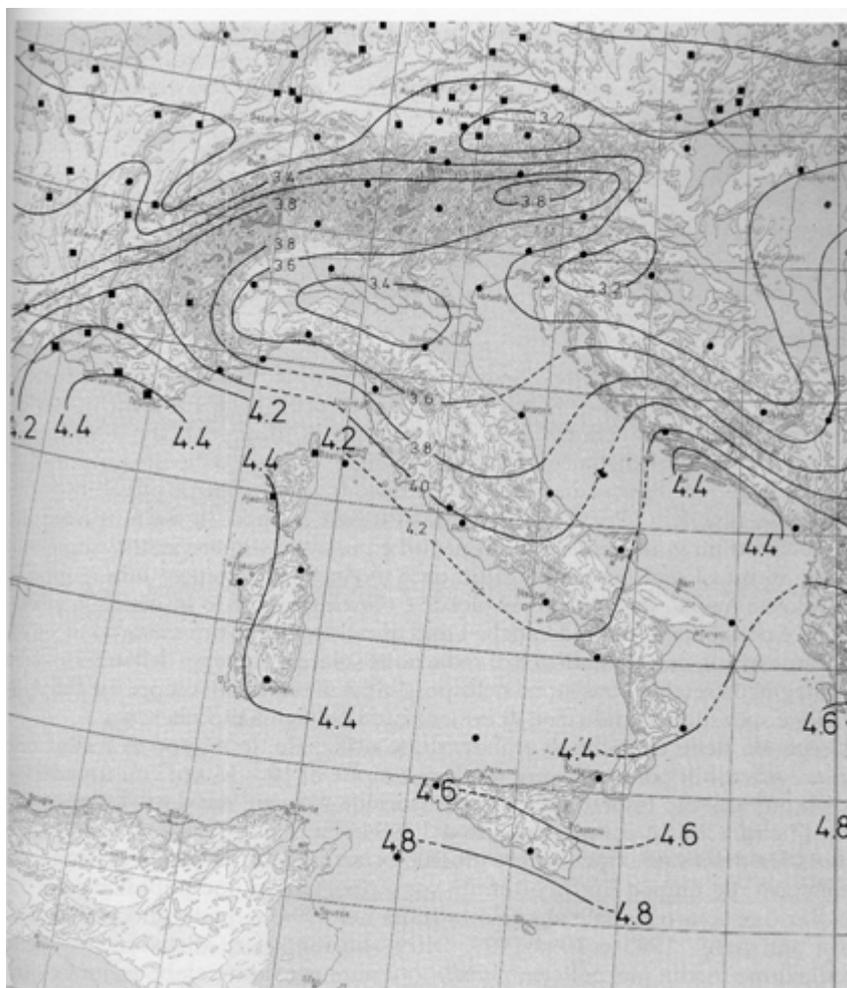
Usando l'algoritmo inserito nel sito, e calcolando per tutti i mesi dell'anno,

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



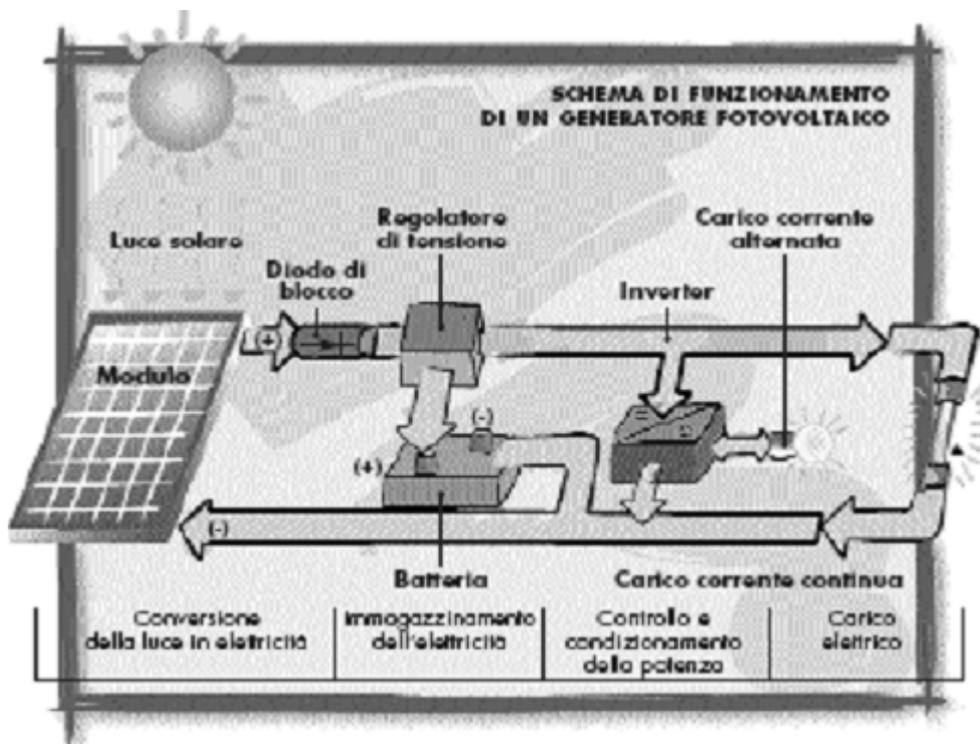
La conversione della radiazione solare in energia elettrica avviene sfruttando le caratteristiche del materiale semiconduttore nella cella fotovoltaica.

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:

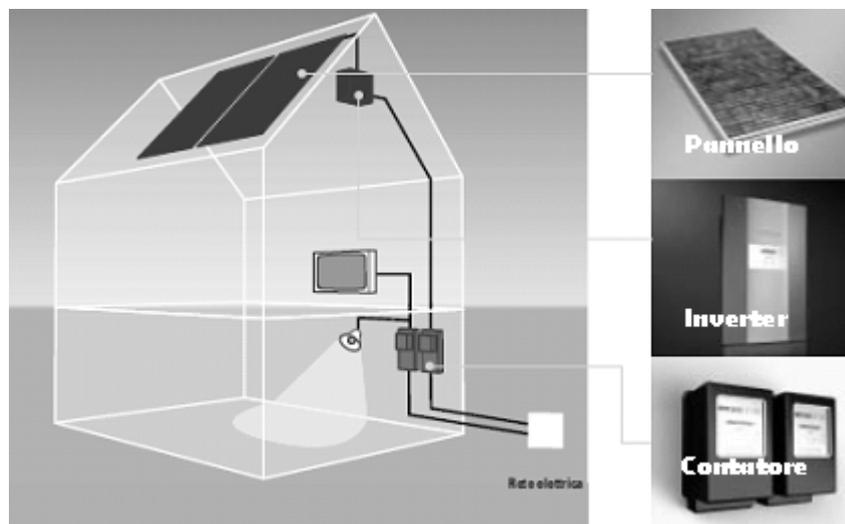
- un "generatore", o cella fotovoltaica che unita ad altre configura i pannelli solari propriamente detti
- un "sistema di condizionamento e controllo della potenza" (inverter)
- un eventuale "accumulatore" di energia, la batteria,
- una struttura di sostegno,
- un eventuale sistema di sicurezza per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

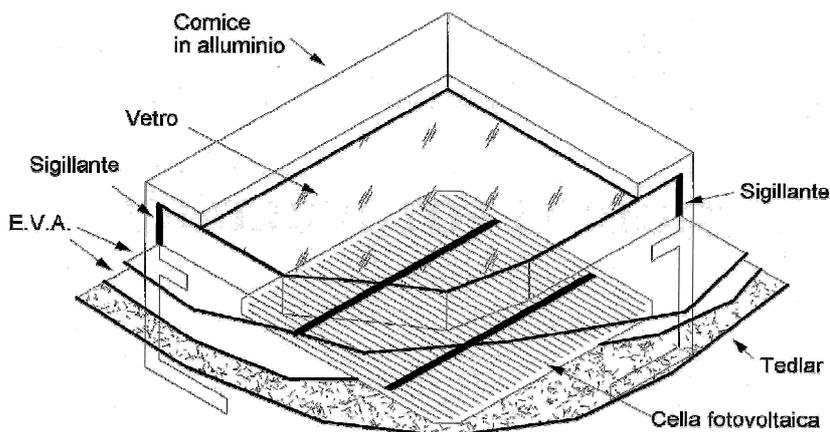
### **Celle ibride:**

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%;

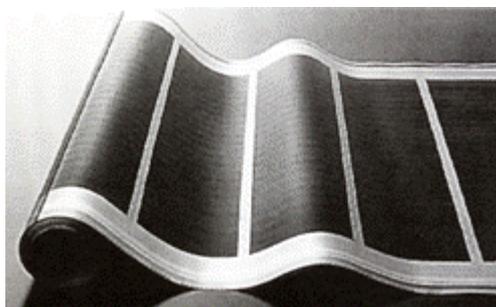
vita media: circa 20 anni.



**Struttura di un pannello fotovoltaico assemblato**



**Celle policristalline su supporto rigido**



**Celle amorfe, 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 fosfuro 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.

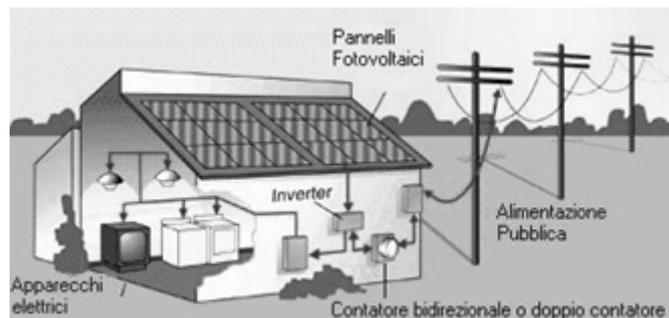
Il progettista dovrà cercare di inserire nell'impianto un inverter di potenza di trasformazione leggermente superiore alla potenza effettivamente trasformata, in modo da ottimizzare il punto di lavoro dell'inverter, evitando di sottoporlo a sovraccarichi che ne potrebbero compromettere il buon funzionamento.

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.



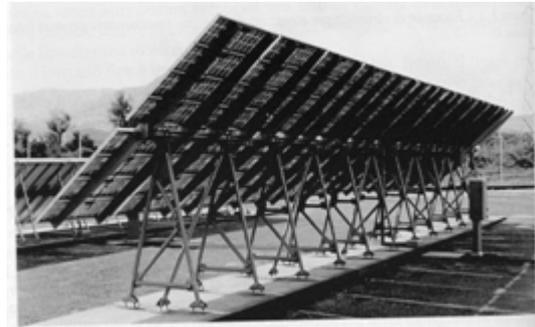
Pannelli fissi con sostegni a tralicci.



Pannelli fissi con sostegni a grata piana.



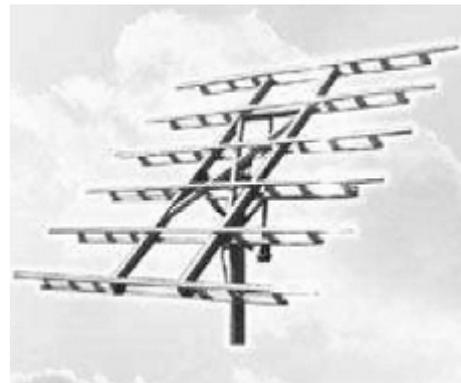
Esempio di struttura a palo



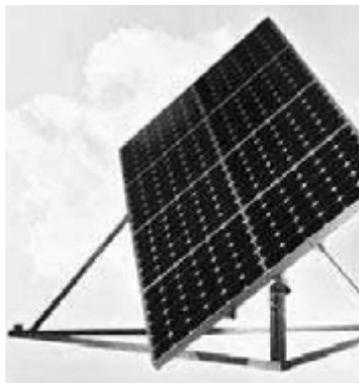
Esempio di struttura a stringhe



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.