

# Energia dal Sole



# Energia dal Sole

- L'astronave terra non è un sistema isolato.
- Riceve in continuità dal sole una immensa quantità di energia sotto forma di radiazione elettromagnetica.
  - Luce
  - Calore
- L'Energia solare è abbondante: in meno di un'ora la terra riceve dal sole una quantità di energia pari all'intero consumo umano mondiale di un anno!
- L'energia solare è:
  - abbondante
  - ben distribuita
  - inesauribile

# ■ Energia dal Sole

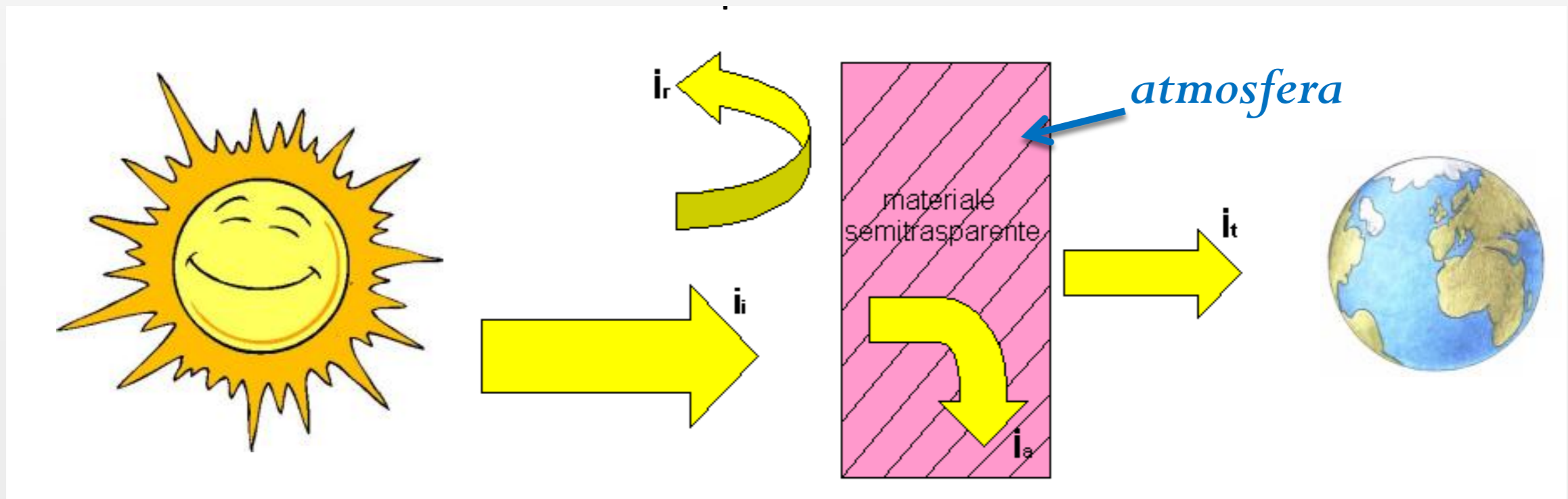
- Nonostante gli innumerevoli pregi ci sono due grossi difetti:
- ha una bassa intensità: la potenza dell'energia solare è di  $170 \text{ W/m}^2$  ma si riduce drasticamente quando la si converte in energia utilizzabile.
- è intermittente: dipende dalle condizioni climatiche e dall'alternanza di giorno e notte.
- non è “trasportabile” se non con opportune trasformazioni!

## ■ Irraggiamento solare

- Definiamo la **costante solare  $G_0$**  come l'energia solare incidente su una superficie unitaria.
- **$G_0 = 1.368 \text{ W/m}^2$**
- La potenza totale irradiata dal sole è  **$P = 4\pi R^2 G_0 = 3,87 \times 10^{26} \text{ W}$**

# ■ Irraggiamento solare

- L'atmosfera però, come ogni corpo, non lascia passare tutta la radiazione che giunge dal Sole. Una parte viene riflessa, viene inviata cioè indietro nello spazio senza che possa giungere al suolo; un'altra parte viene assorbita (e scalda i gas che formano l'atmosfera); una terza parte viene trasmessa, attraversa cioè l'atmosfera come se questa fosse trasparente e arriva al suolo. È solo quest'ultima parte della radiazione solare che noi possiamo utilizzare dalla Terra.



## ■ Irraggiamento solare

- La potenza solare netta in arrivo, a livello del suolo, su una superficie unitaria orientata in direzione si può assumere pari a:

$$\mathbf{G}_n = \mathbf{t}^m \mathbf{G}_0$$

t = coefficiente di trasmissione dell'atmosfera

m = il rapporto tra la lunghezza del percorso effettivo dei raggi e la lunghezza del percorso più breve

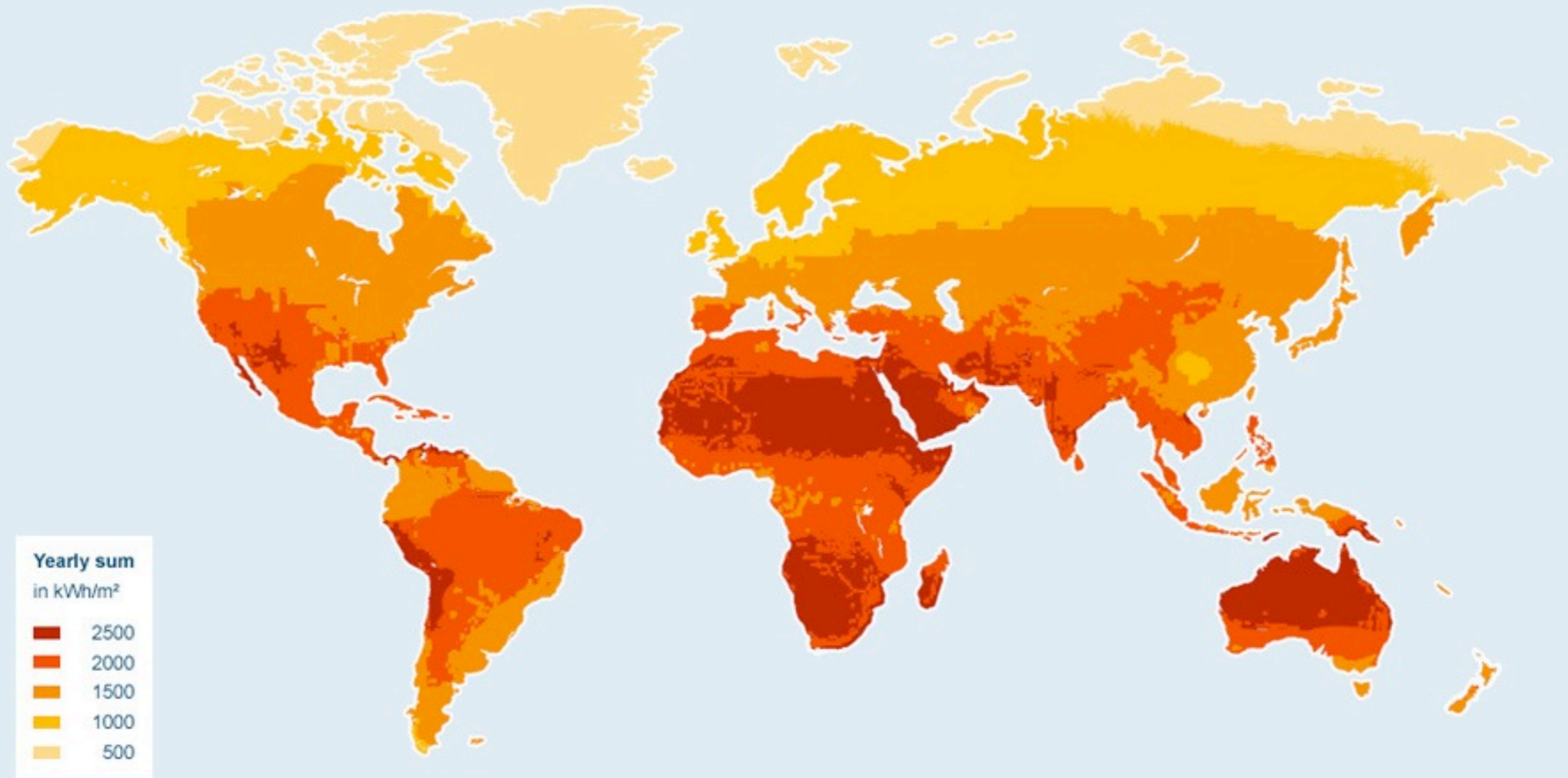
- Definiamo  $\mathbf{G}_i$  come la potenza solare incidente che è uguale a

$$\mathbf{G}_i = \mathbf{G}_n \mathbf{A}_i \cos \theta_i$$

Chiaramente l'orientamento migliore è quello ortogonale ai raggi solari che non può essere mantenuto costante se non con sistemi di "inseguimento solare"

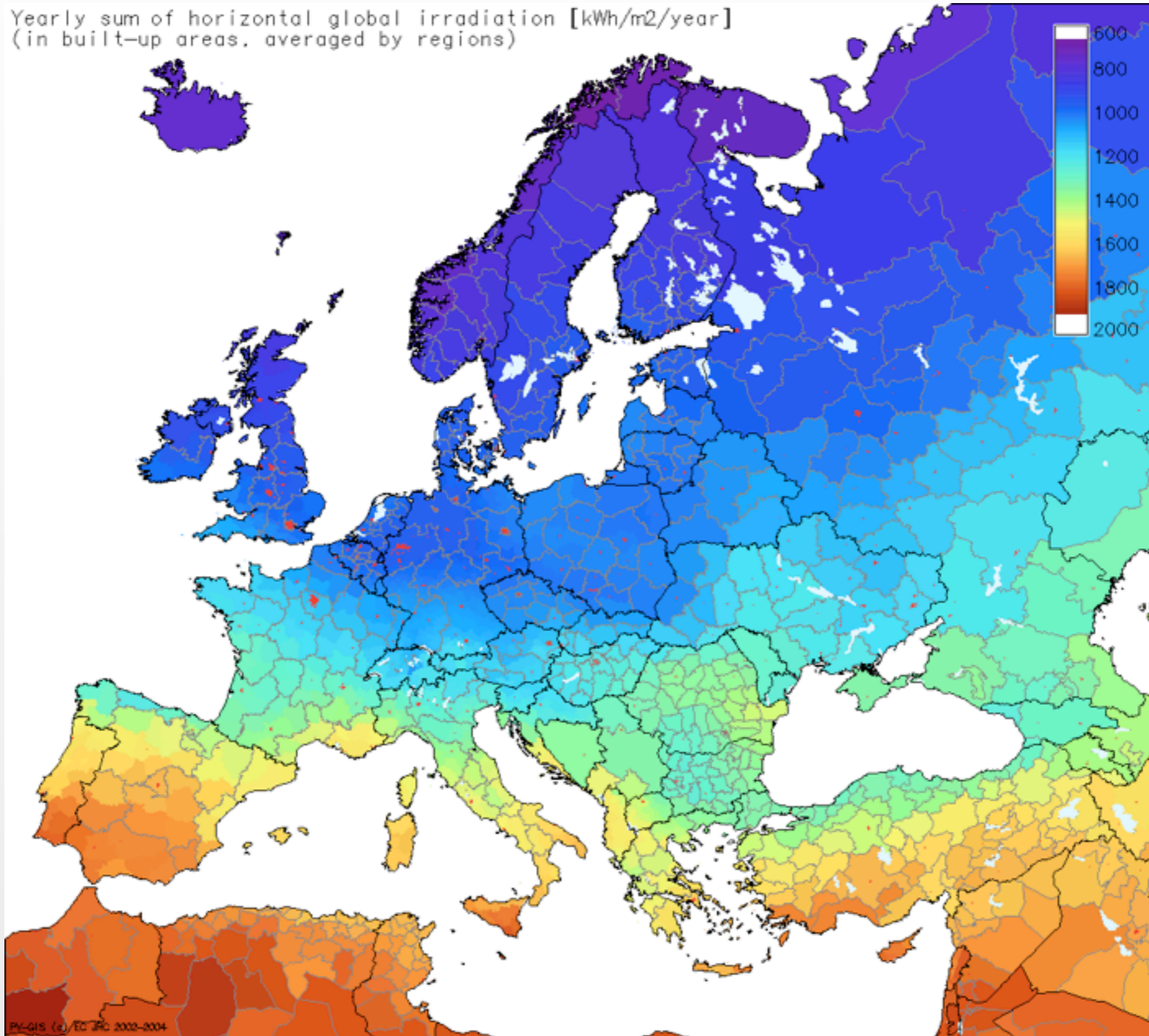
# ■ Irraggiamento solare mondiale

Global irradiance worldwide



Solar radiation map is based on values of Meeonorm ([www.meeonorm.com](http://www.meeonorm.com)). All information is subject to change.

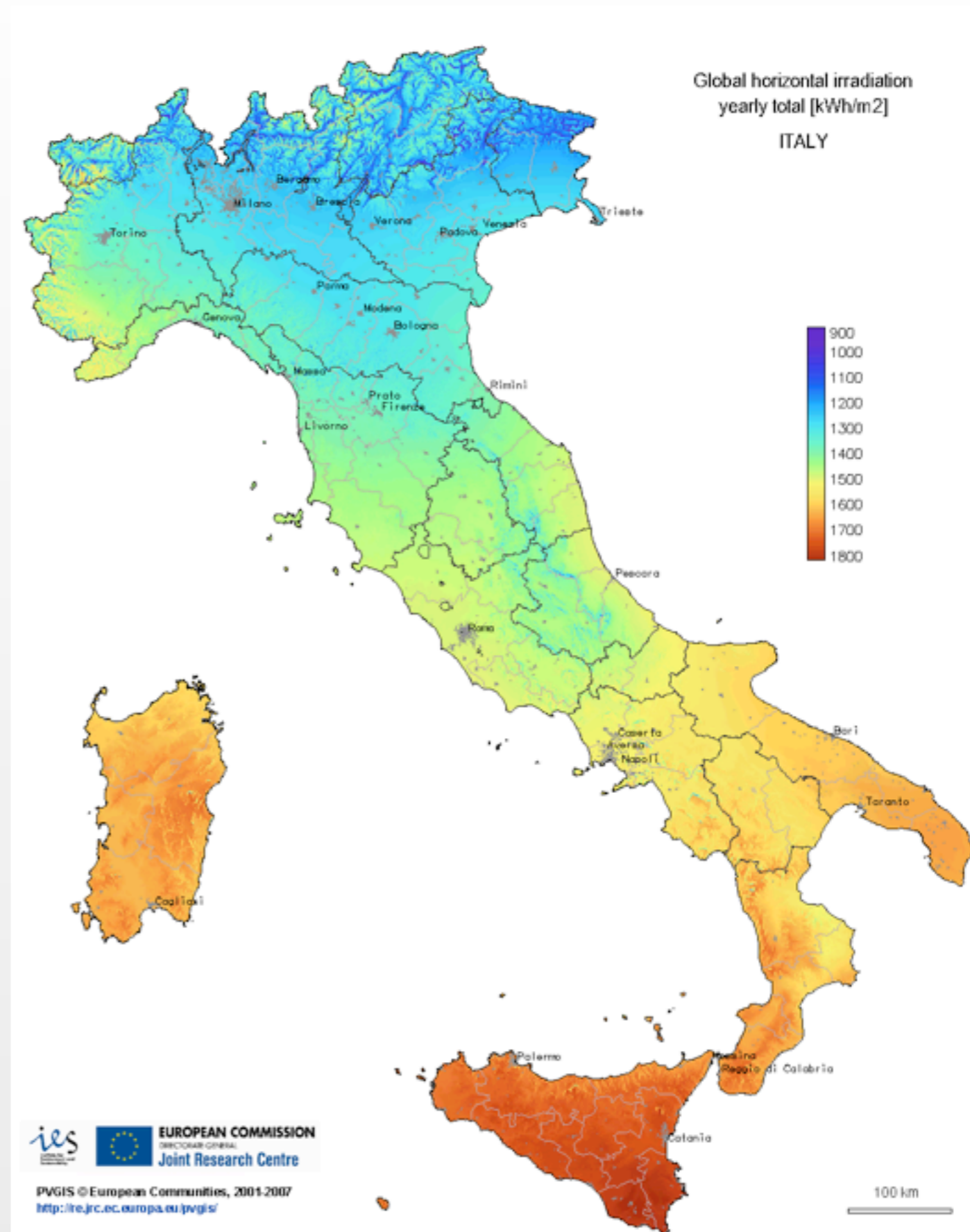
# ■ Irraggiamento solare in Europa





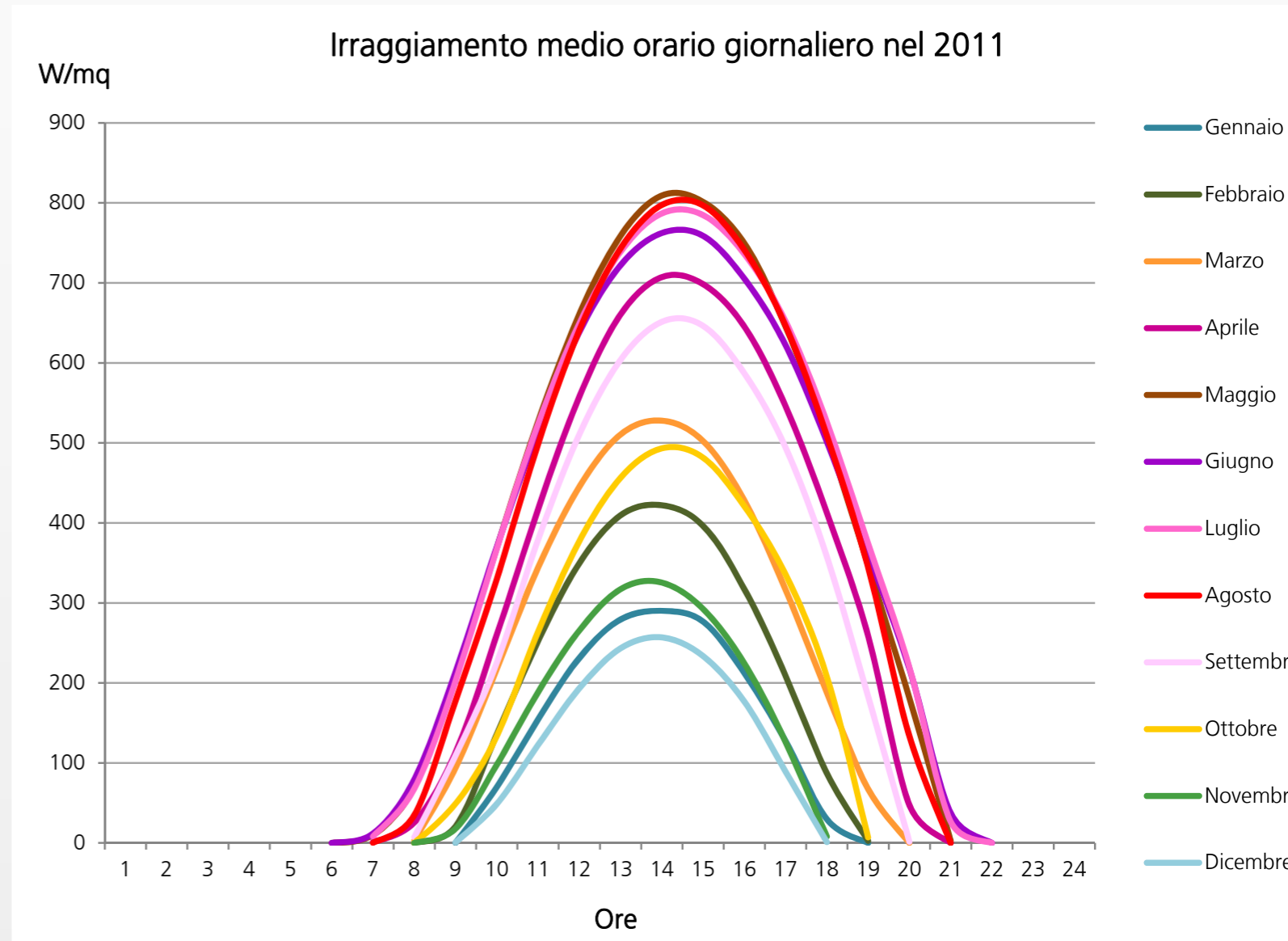
# ■ Irraggiamento solare in Italia

- L'anno 2011 è risultato, soprattutto al Nord, come uno dei più caldi del secolo. La primavera, l'estate e l'autunno hanno registrato temperature superiori alla media stagionale. Le precipitazioni hanno subito, invece, un decremento significativo, presentando sia al Nord sia al Sud, eventi localmente forti e di breve durata. In calo anche le nebbie sulle pianure del Nord e del Centro, sostituite da foschie molto meno dense ed annuvolamenti irregolari. Di ciò ha beneficiato l'irraggiamento solare soprattutto nei mesi primaverili ed invernali.



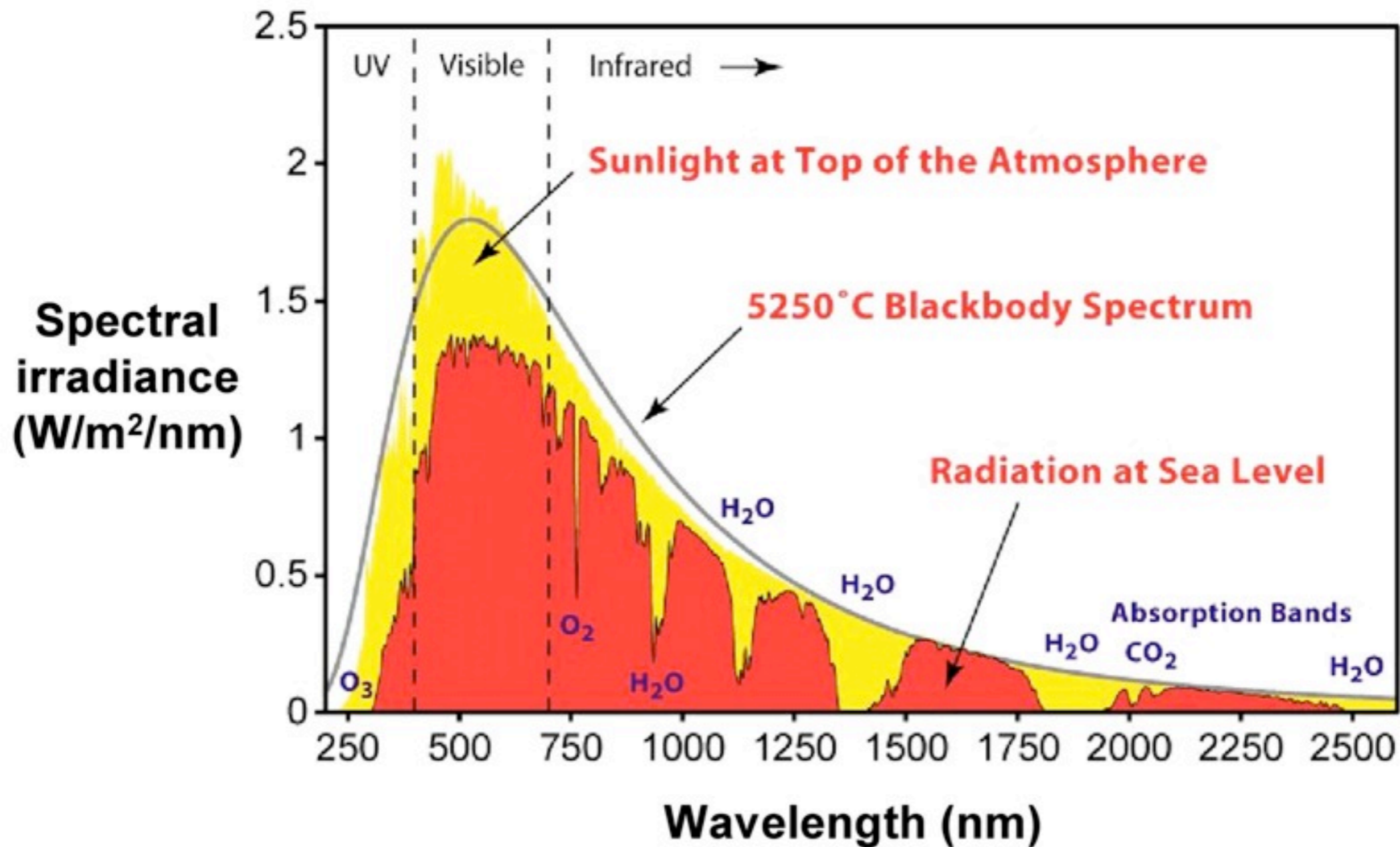
# Irraggiamento solare in Italia

- Nel 2011 l'irraggiamento medio orario giornaliero mostra che dicembre continua a presentarsi come mese con il minore irraggiamento. Contrariamente agli anni precedenti, il mese di maggio raggiunge le punte più elevate (valore medio max 809 W/mq), superando i mesi normalmente più soleggiati (giugno-luglio). Il valore massimo di ore di luce giornaliera si è registrato nel mese di giugno, il valore minimo nel mese di dicembre.



# ■ Spettro della radiazione solare

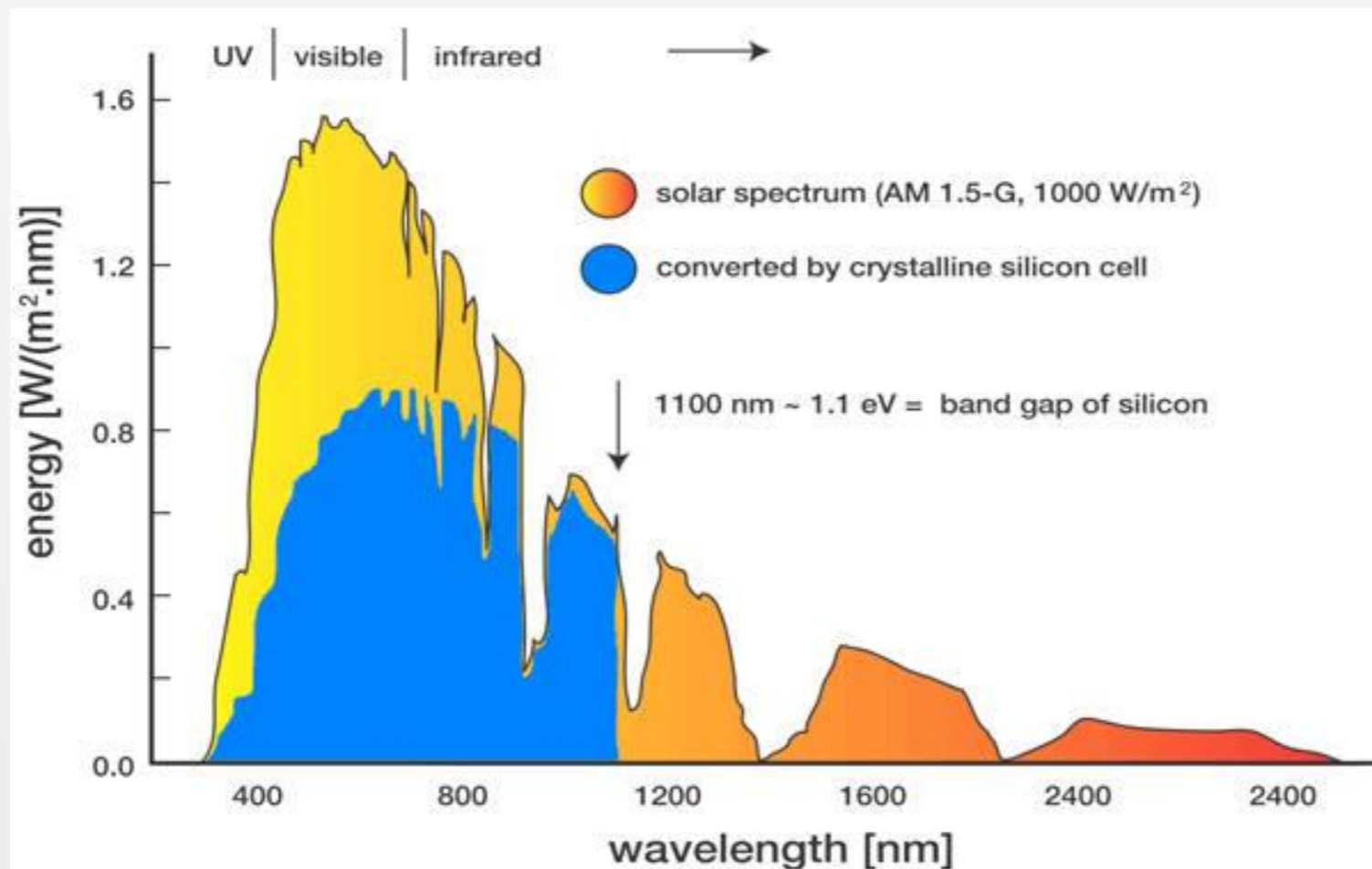
- Lo spettro della radiazione solare è un diagramma che ci permette di vedere quali frequenze (lunghezze d'onda) sono presenti nella radiazione solare e quanta energia portano.



## ■ Radiazione utile

- solo una parte della radiazione che arriva al suolo può essere convertita in energia elettrica (Effetto fotoelettrico). In particolare le componenti della radiazione sfruttabili devono avere energia superiore ad 1,1 eV (ovvero lunghezza d'onda inferiore a 1100 nanometri)

□



## Solare termico

- Il modo più semplice ed intuitivo per sfruttare l'energia del sole è impiegarla per scaldare un fluido, come l'acqua di un impianto domestico. Questa tecnologia ha già raggiunto un buon grado di maturità, permette di avere buoni rendimenti di conversione (anche oltre il 60%) per riscaldamenti dell'acqua con  $\Delta T$  fino a 40-60 gradi.
- La realizzazione è semplice, l'impianto poco costoso, il beneficio immediato.
- Spesso si integra lo scaldabagno con un boiler elettrico
- Per 1 famiglia occorre una superficie di 2-5 m<sup>2</sup> sul tetto
- Serbatoio 100/200 litri

# ■ Solare termico

## □ Funzionamento

- Un pannello solare termico (o collettore solare) è composto da un radiatore in grado di assorbire il calore dei raggi solari e trasferirlo al serbatoio di acqua. La circolazione dell'acqua dal serbatoio al rubinetto domestico è realizzata mediante circolazione naturale o forzata, in quest'ultimo caso il pannello solare integra una pompa idraulica con alimentazione elettrica.

In Italia godiamo di un'insolazione media di 1500 kWh/m<sup>2</sup> ogni anno. Anche ipotizzando un rendimento medio dei pannelli solari termici, 160.000 mq di pannelli solari installati in una qualsiasi regione italiana farebbero risparmiare in bolletta circa 8 milioni di metri cubi di metano altrimenti utilizzati per alimentare le caldaie a gas o circa 80 Gwh di energia elettrica degli scaldabagno elettrici.

## Solare termico

### **Efficienza e tempi**

- Un pannello solare termico impiega circa 10 ore per riscaldare l'acqua del serbatoio. Il periodo di tempo necessario è fortemente variabile in base all'esposizione solare, alla stagione, alle condizioni meteorologiche e alla latitudine. Quando il cielo è coperto e in inverno il rendimento dei pannelli solari cala dagli 80° ai 40°. Nelle ore notturne è soltanto possibile utilizzare l'acqua riscaldata precedentemente nelle ore del giorno. Una volta esaurita occorrerà attendere di nuovo il sorgere del giorno e le ore necessarie per riscaldare nuovamente l'acqua. Per queste ragioni è spesso abbinato il pannello solare termico a una caldaia a gas.

## Solare termico

- Quanto deve essere grande**
- Il numero dei pannelli solari termici determinato dalle esigenze dell'utenza e dal clima del luogo. Un pannello termico della dimensione di un metro quadro riesce a soddisfare in media 80-130 litri d'acqua calda al giorno alla temperatura media di 40°. Il consumo medio di acqua calda per persone è di circa 30-50 litri al giorno, pertanto un metro quadro di pannello dovrebbe soddisfare le esigenze d'acqua calda di 1-2 persone.



## Solare termico

- In caso di maltempo?**
- Le principali domande di chi si interessa per la prima volta ai pannelli solari termici termici sono del tipo: "e quando piove? quando è nuvoloso? di notte?". La tecnologia ha superato da tempo questi handicap. L'acqua sanitaria riscaldata viene mantenuta in serbatoi coibentati per garantire un'autonomia per molte ore. Non si spiegherebbe altrimenti perché molti paesi europei con un livello di insolazione molto inferiore all'Italia abbiano già investito nei pannelli solari termici ...molto più del nostro paese del sole! I collettori termici, sono diventati una realtà di tutti i giorni in Germania e in Austria dove la superficie occupata dai pannelli solari termici molto più grande di quella occupata attualmente in Italia.

## Solare termico

- E la caldaia?**
- I pannelli solari termici non sono un sostituto della caldaia ma un sistema complementare per ridurre il consumo di gas necessario per il riscaldamento dell'acqua sanitaria. Anche in presenza di pannelli solari termici molto spesso sono installate una caldaia a gas o uno scaldabagno elettrico. In molti casi è possibile collegare in serie il pannello solare e la caldaia in modo da far lavorare di meno quest'ultima e risparmiare sul consumo di gas. Quest'ultima soluzione garantisce la produzione d'acqua calda in qualsiasi momento e di fronteggiare qualsiasi situazione d'emergenza.

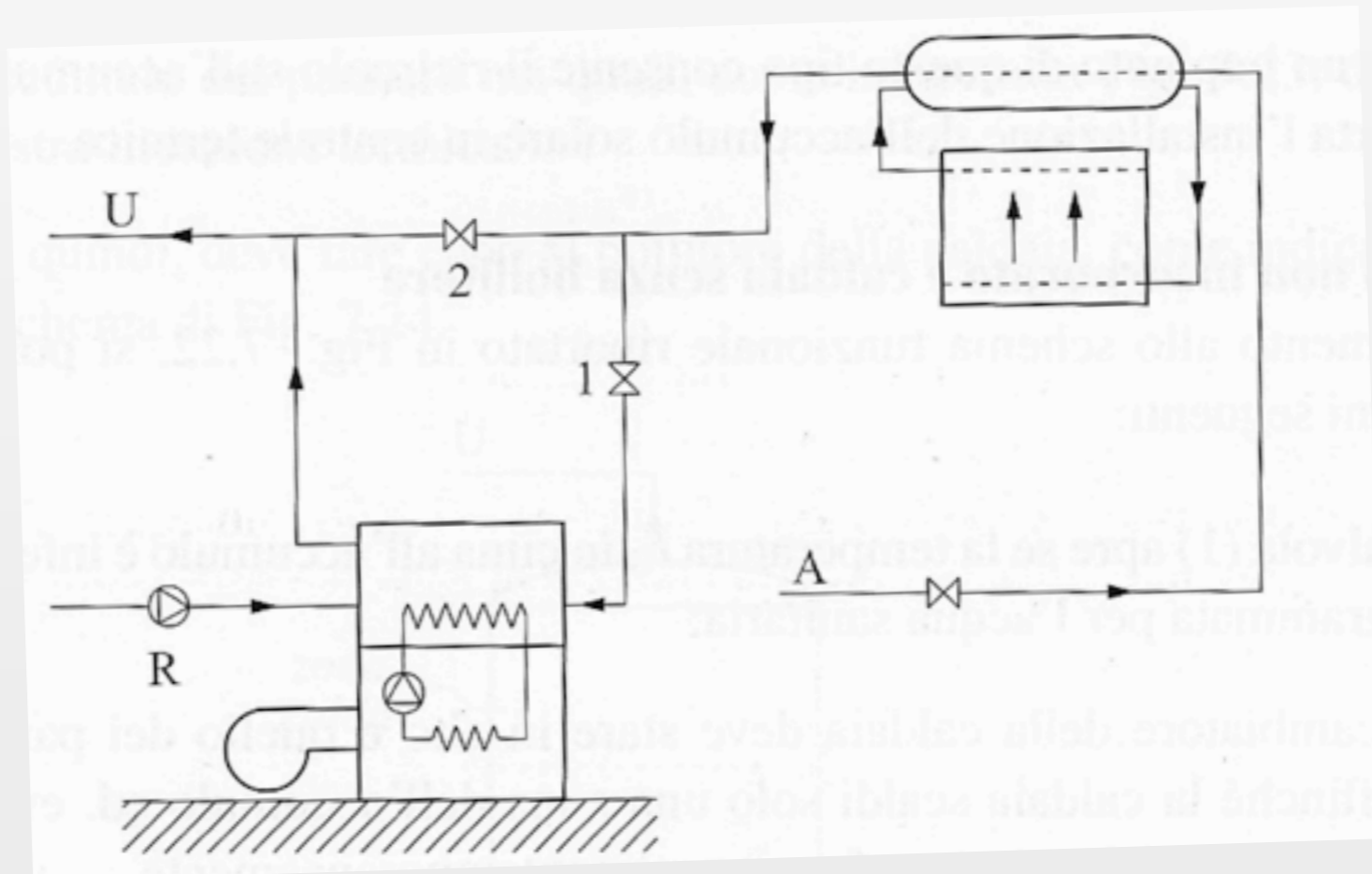
## ■ Solare termico

- Serbatoio di accumulo incorporato
- Questo tipo di sistemi sono privi di apparecchiature elettriche e di controllo e basano il loro funzionamento sul fenomeno naturale della circolazione dell'acqua calda.
- L'accumulo si trova in una posizione più elevata rispetto alla piastra captante.
- L'acqua che si scalda nel pannello si scalda e sale; una volta in contatto con l'accumulo aumenta



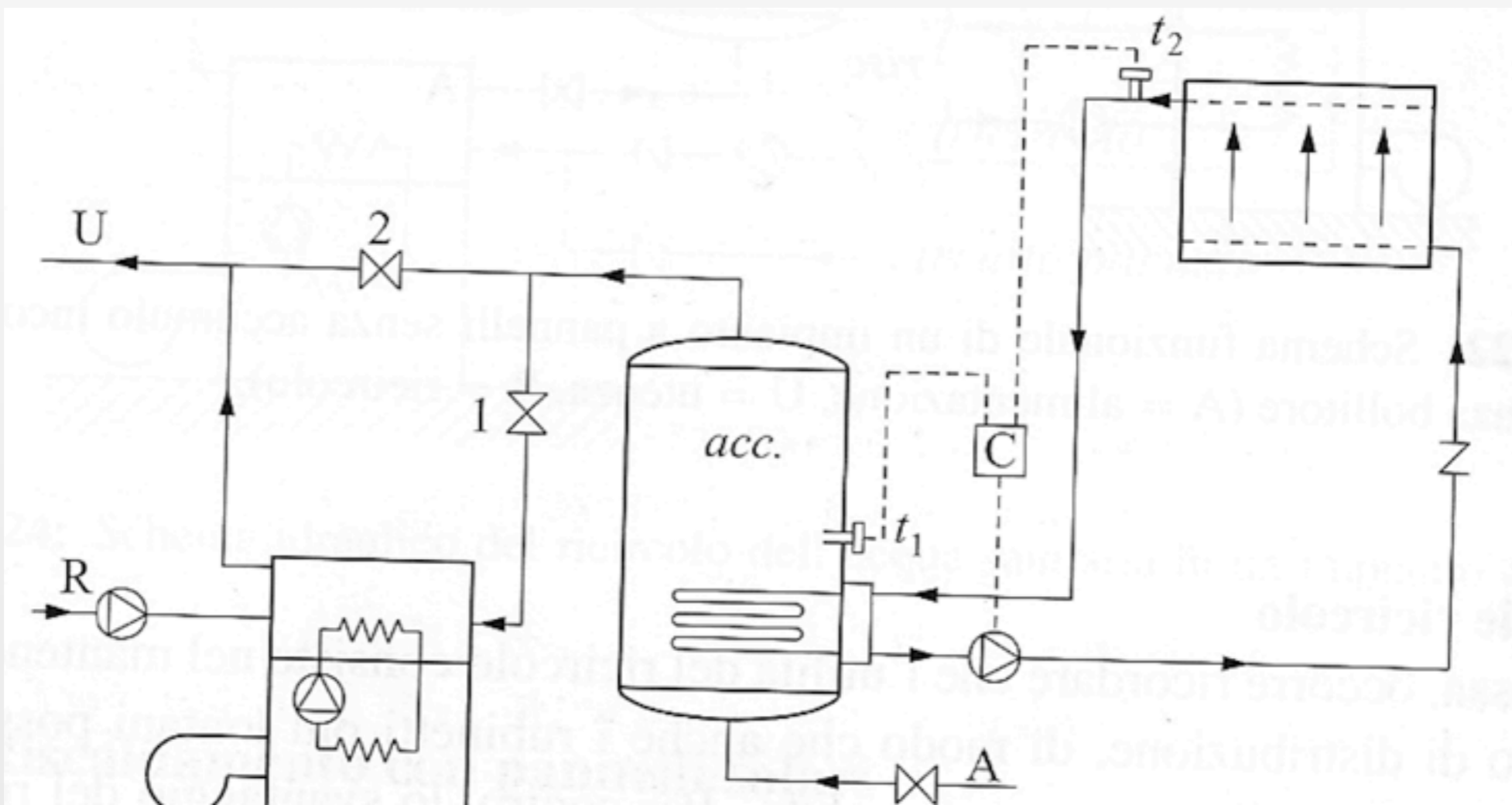
## ■ Solare termico

- Accumulo incorporato e caldaia con bollitore
- In inverno, l'impianto a pannelli funziona da preriscaldatore per il bollitore della caldaia.
- d'estate è possibile spegnere la caldaia e produrre acqua calda con i soli pannelli
- eventuale ricircolo nel bollitore



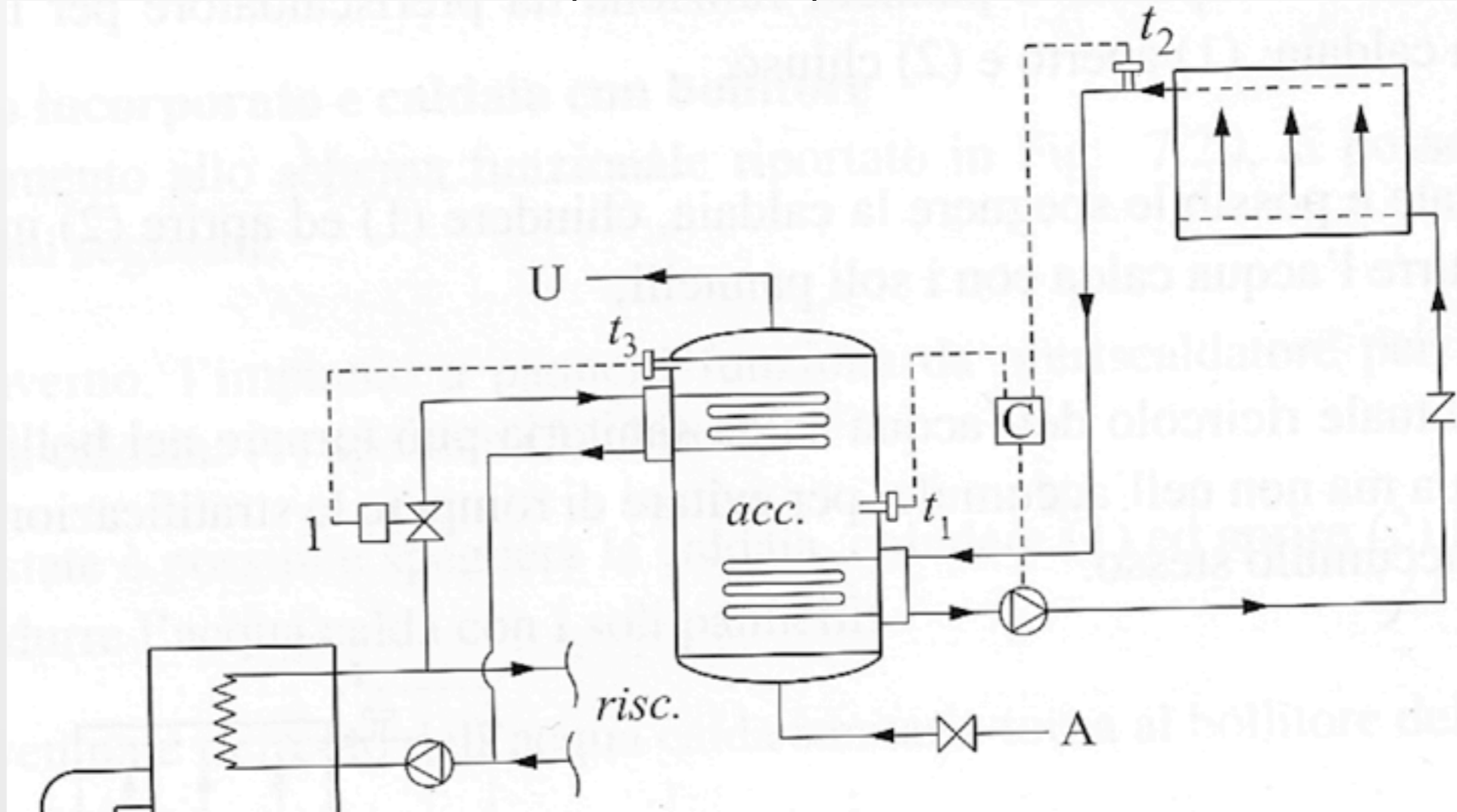
# ■ Solare termico

- Accumulo non incorporato e caldaia con bollitore
- La centralina di regolazione (C) consente la partenza della pompa solo se  $t_2 > t_1$
- La valvola di non ritorno impedisce circolazioni inverse
- In inverno, l'impianto a pannelli funziona da preriscaldatore per il bollitore della caldaia.
- d'estate è possibile spegnere la caldaia e produrre acqua calda con i soli pannelli
- eventuale ricircolo nel bollitore



# ■ Solare termico

- Accumulo non incorporato e caldaia senza bollitore
- La valvola apre se  $t_3$  in cima all'accumulo è inferiore a quella programmata per l'acqua sanitaria
- Lo scambiatore della caldaia deve stare più in alto e quello dei pannelli in basso affinché la caldaia scaldi solo una zona dell'accumulo ed, eventualmente, pannelli e caldaia possano funzionare contemporaneamente.
- Non è previsto un eventuale ricircolo per non rompere la stratificazione termica del bollitore.

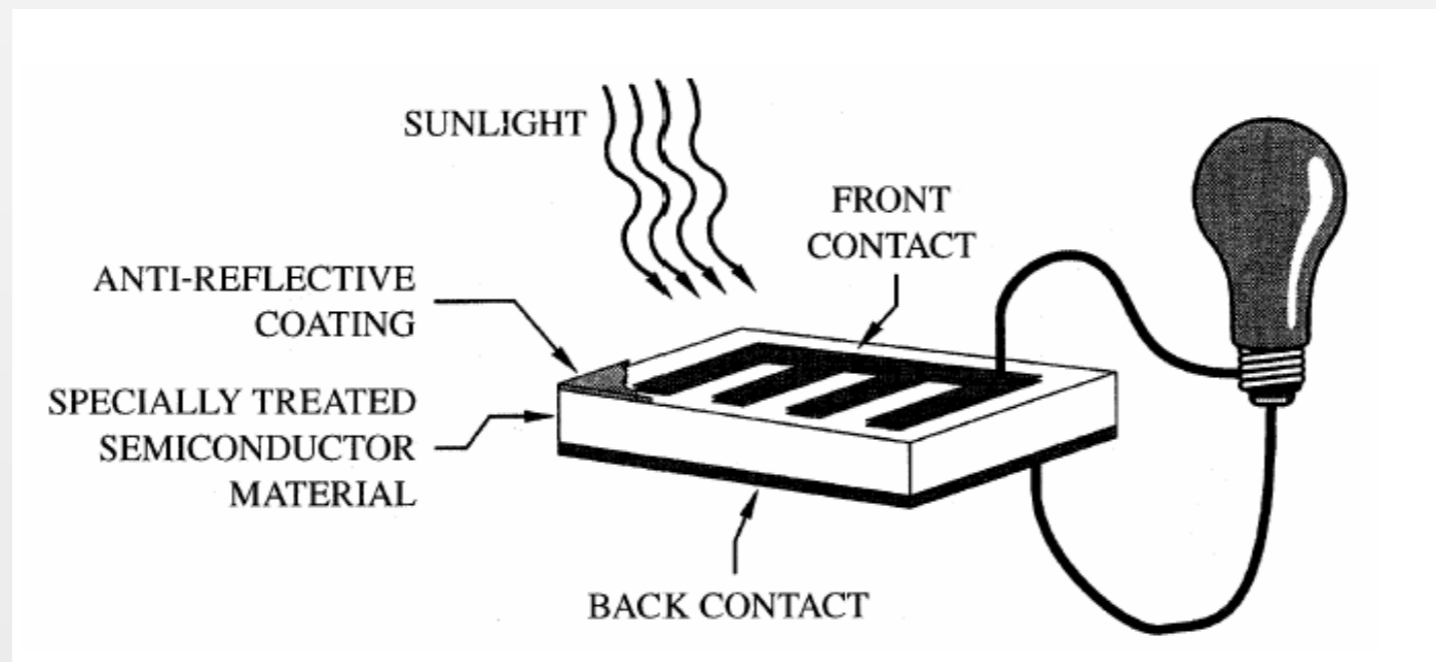


## ■ Fotovoltaico ed effetto fotoelettrico

- La tecnologia fotovoltaica permette di convertire l'energia della radiazione solare in energia elettrica. Come sappiamo, la radiazione solare può essere considerata come un fascio di onde elettromagnetiche ognuna delle quali trasporta una certa energia ed oscilla con una certa frequenza, o come un flusso di fotoni, particelle elementari con massa nulla che viaggiano alla velocità della luce e portano con sé pacchetti di energia.

# ■ Effetto fotovoltaico

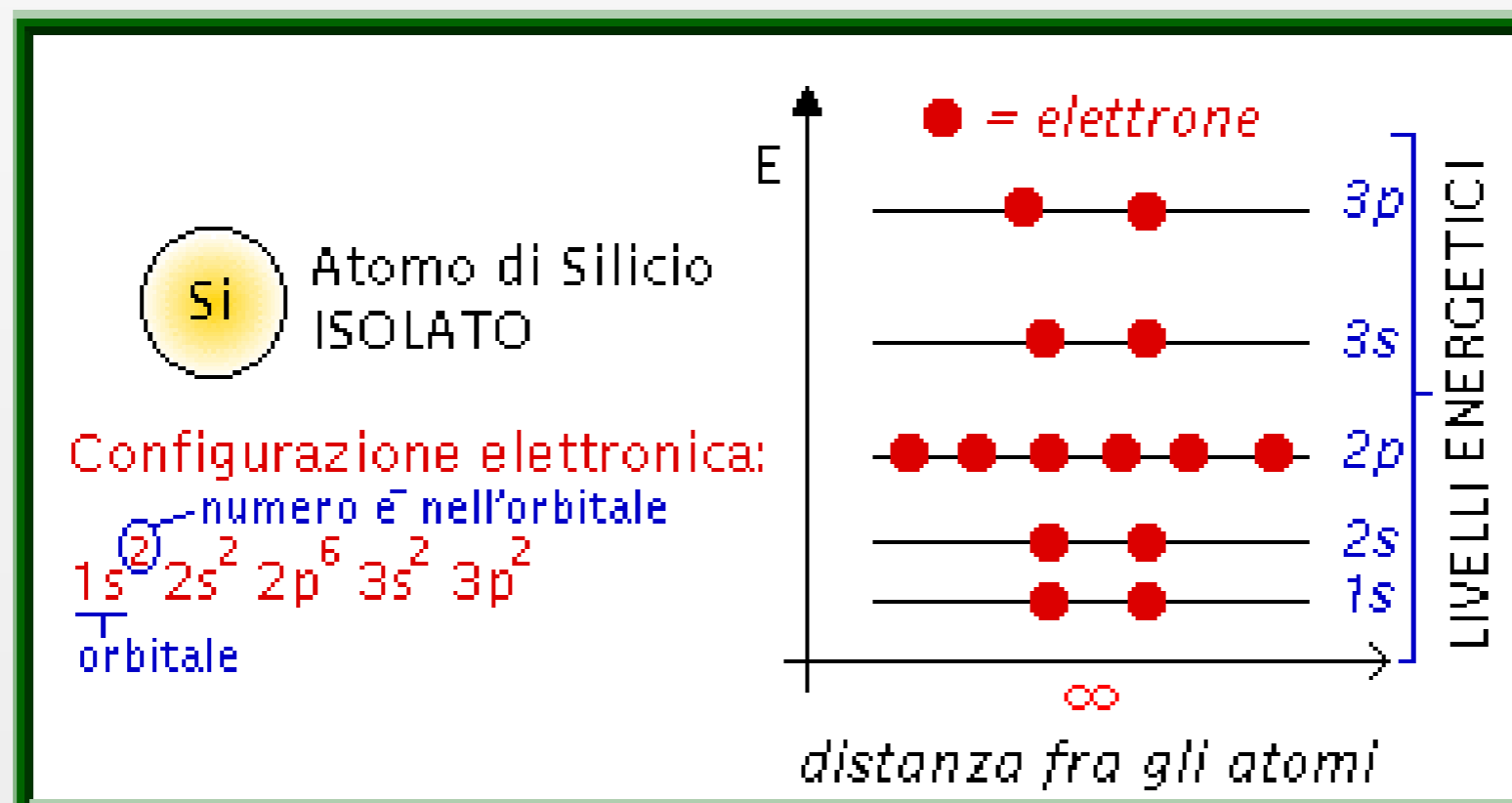
- La radiazione solare (fotoni di diversa energia) investe una cella fotovoltaica
- La parte di radiazione assorbita cede energia agli elettroni della cella (di materiale semiconduttore, generalmente silicio)
- Gli elettroni sono liberi di lasciare la loro posizione e si rendono disponibili per la conduzione
- Le posizioni lasciate libere (lacune) costituiscono una corrente di cariche positive opposta a quella di cariche negative costituita dagli elettroni





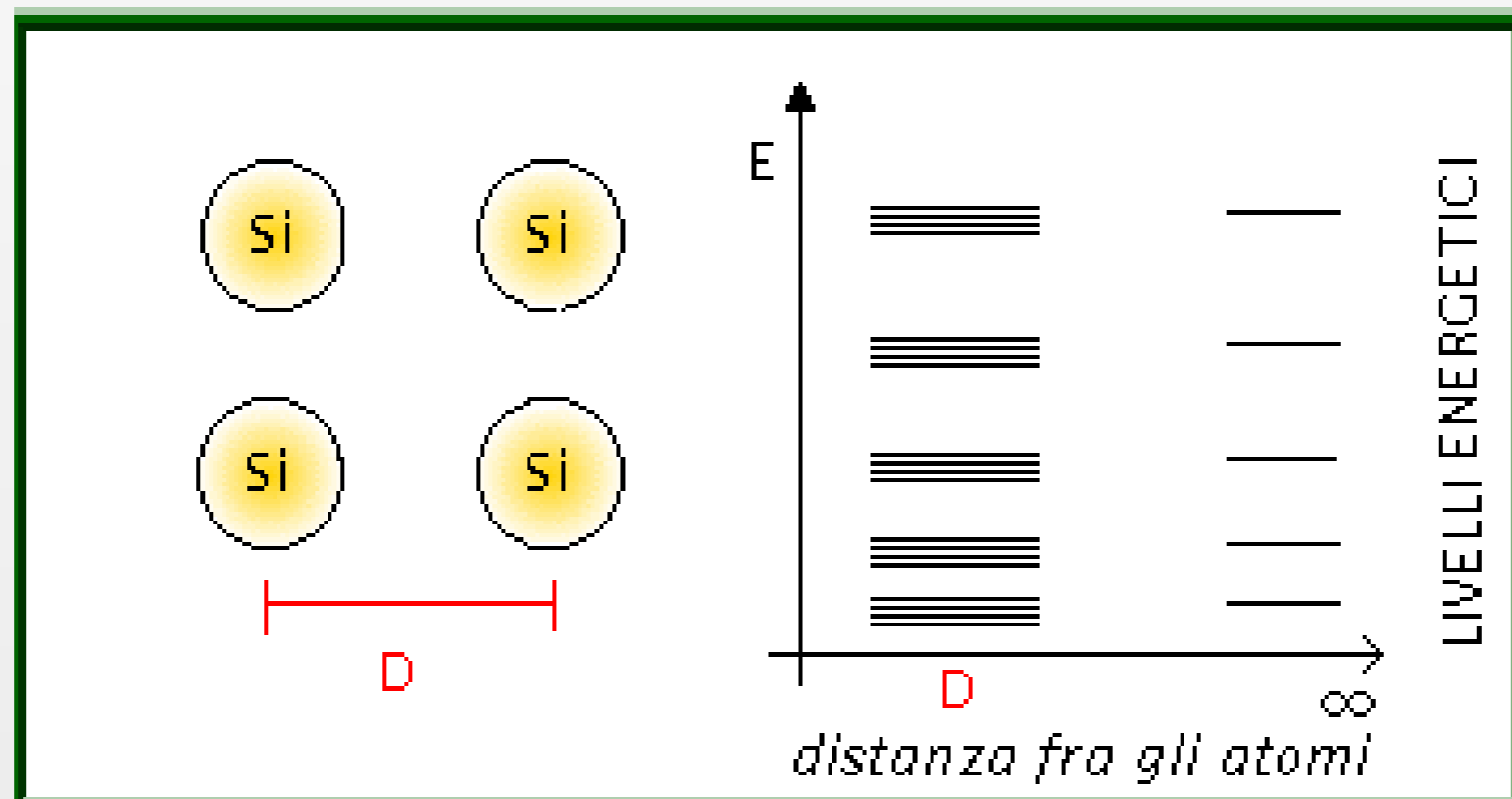
# Proprietà elettroniche del Silicio

- Nella struttura cristallina ogni atomo di Silicio (Si) possiede 14 elettroni, quattro dei quali sono elettroni di valenza che possono partecipare all'interazione con altri atomi sia di Silicio sia di altri elementi;



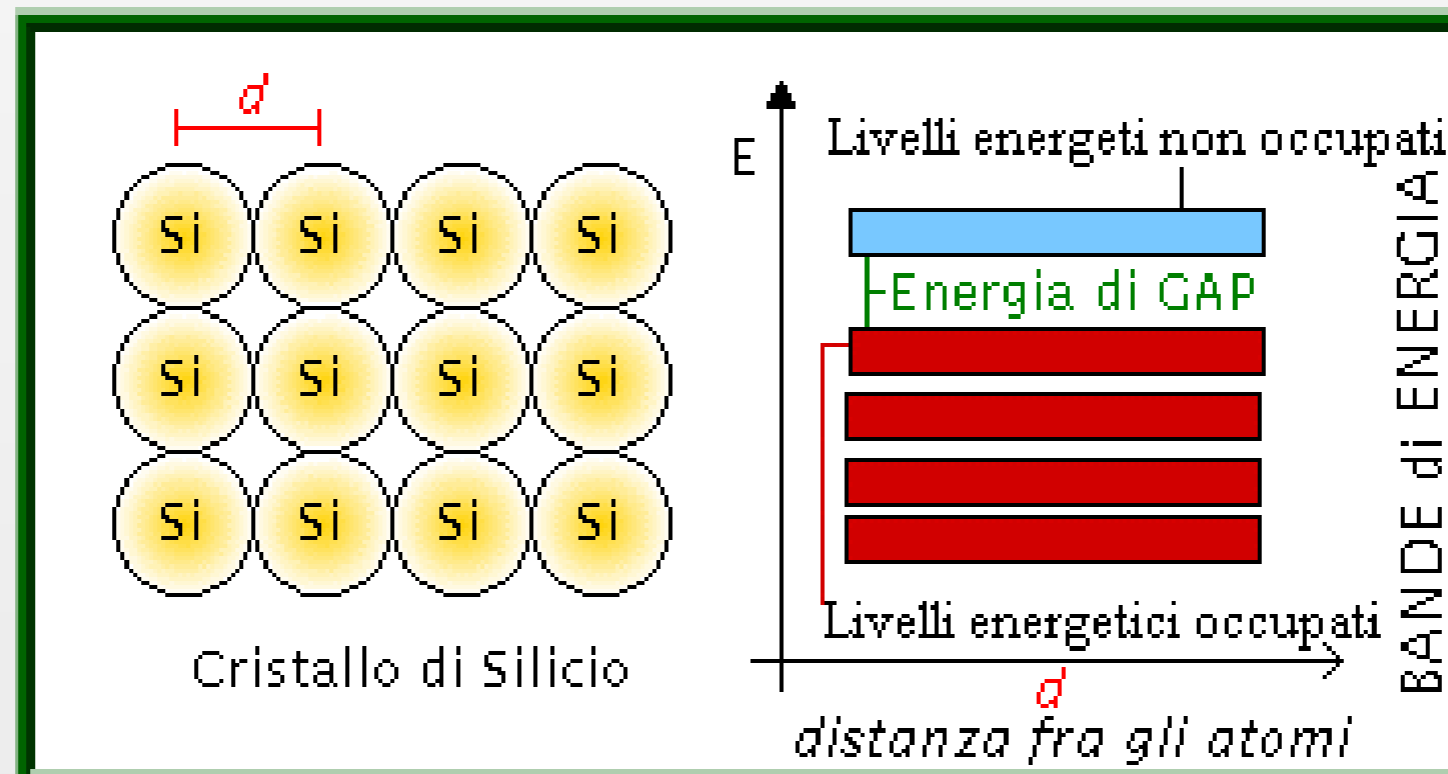
## ■ Proprietà elettroniche del Silicio

- Se si avvicinano 4 atomi di Silicio, gli elettroni di valenza sono i primi a risentire della presenza gli uni degli altri e i livelli energetici, che nel caso isolato erano uguali, ora sono diversi tanto da formare bande di energia il cui numero è pari al numero dei livelli che aveva il singolo atomo isolato



# ■ Proprietà elettroniche del Silicio

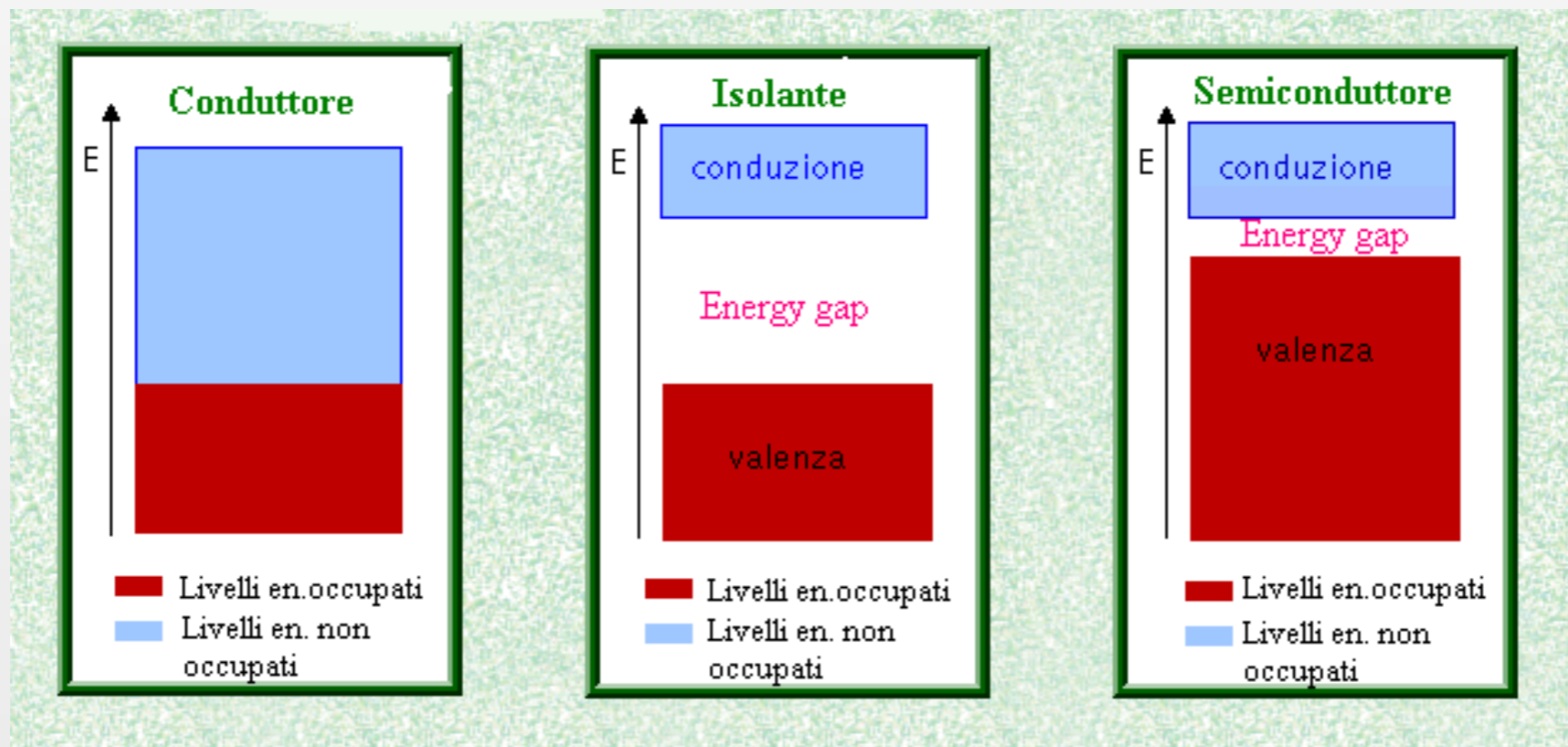
- Aumentando il numero degli atomi aumenta lo spessore della banda, infatti in ogni banda ci sono tanti livelli energetici quanti sono gli atomi vicini che interagiscono.
- Nei semiconduttori, come il Silicio, e negli isolanti, tra l'ultimo livello occupato e il primo non occupato esiste un salto di energia non permessa: questa si chiama energia di separazione o più conosciuta col termine inglese energy gap.



# ■ Proprietà elettroniche del Silicio

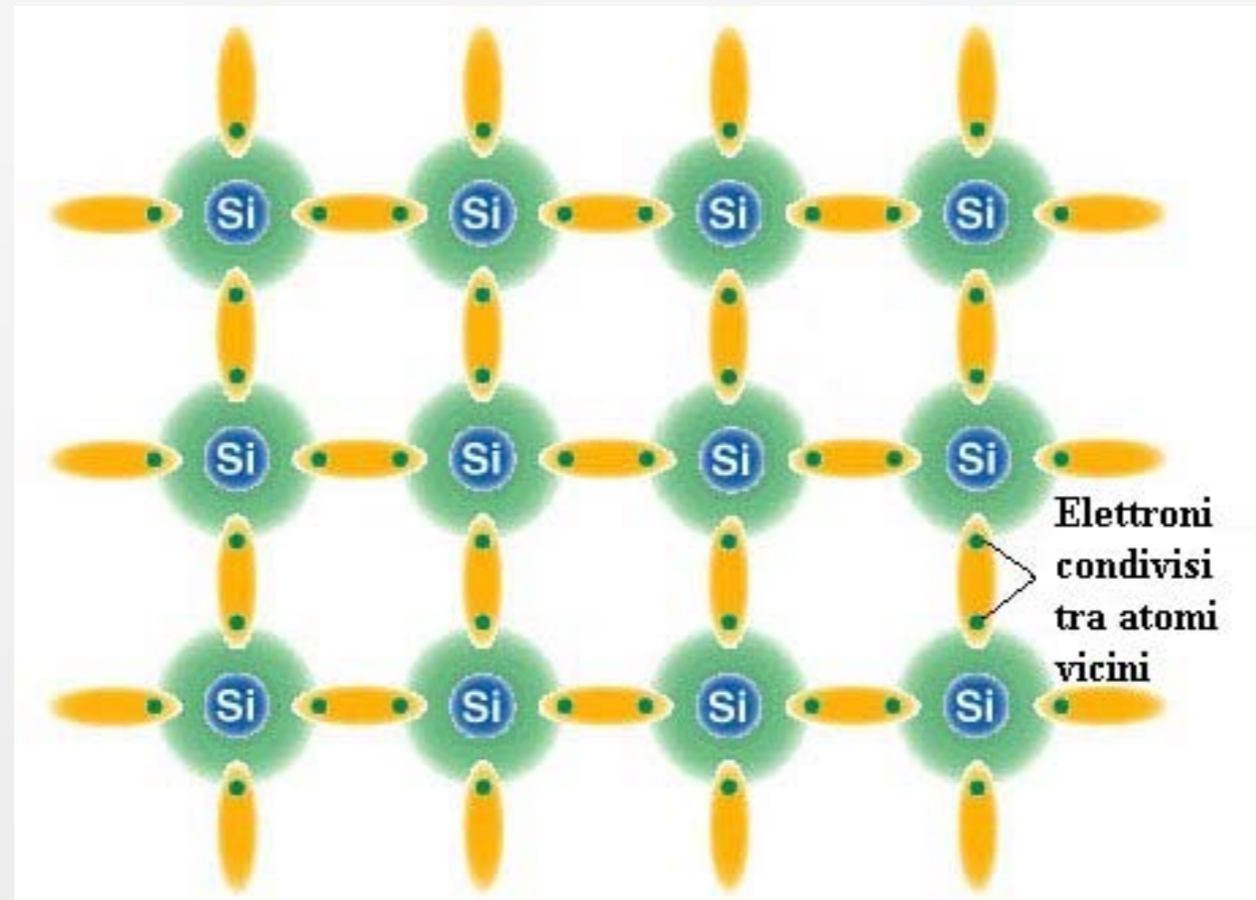
- L'ultima banda in cui si trovano gli elettroni si chiama banda di valenza, la prima in cui non ci sono elettroni banda di conduzione.

Il valore dell'energy gap (compresa tra qualche decimo e una decina di eV a seconda del materiale) e il modo in cui le bande vengono riempite dagli elettroni caratterizzano in maniera distintiva il comportamento di un materiale in fase solida. Possiamo allora distinguere un conduttore da un isolante o da un semiconduttore



## ■ Proprietà elettroniche del Silicio

- In un monocristallo di Silicio ogni atomo è legato in modo covalente ad altri quattro atomi: due atomi affiancati di un cristallo hanno in comune una coppia di elettroni, uno dei quali appartenente ad un atomo e l'altro a quello vicino



## ■ Proprietà elettroniche del Silicio

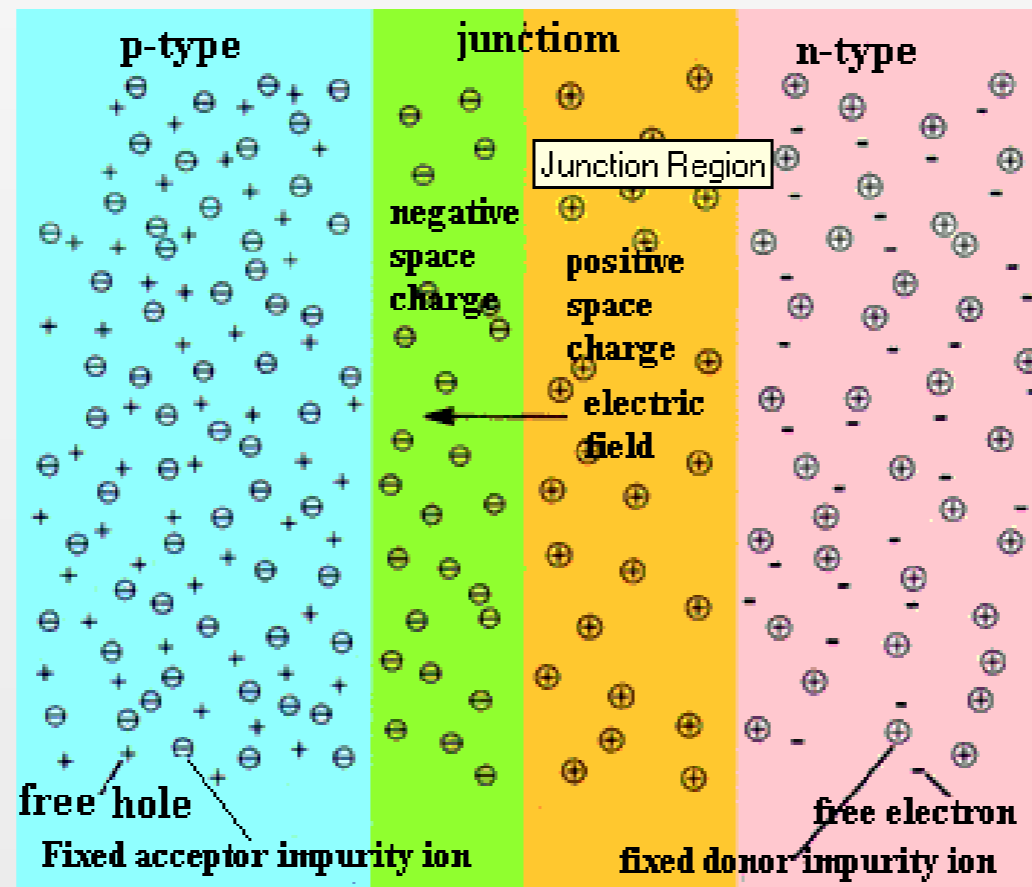
- Questo legame elettrostatico, molto forte, può essere spezzato con una quantità di energia (per l'atomo di Silicio è di 1,08 eV) che permette all'elettrone di liberarsi dal legame covalente con l'atomo, di superare la banda proibita (energy gap) e di passare quindi dalla banda di valenza alla banda di conduzione dove è libero di spostarsi contribuendo così al flusso di elettricità.
- Quando passa nella banda di conduzione l'elettrone si lascia dietro una buca chiamata lacuna, che viene facilmente occupata da un elettrone vicino.
- Un flusso luminoso di fotoni che investe il reticolo cristallino del Silicio, ha proprio la capacità di liberare un certo numero di elettroni al quale corrisponde un ugual numero di lacune; nel processo di ricombinazione ogni elettrone libero in prossimità di una lacuna la può occupare.

## ■ Proprietà elettroniche del Silicio

- Per sfruttare l'elettricità è necessario creare un moto coerente di elettroni (e di lacune), ovvero una corrente, mediante un campo elettrico all'interno della cella.
- Il campo si realizza con particolari trattamenti fisici e chimici creando uno strato di atomi fissi caricati positivamente in una parte del semiconduttore ed uno strato di atomi caricati negativamente nell'altra. Per fare ciò è necessario introdurre nel Silicio una piccola quantità di atomi appartenenti al terzo o al quinto gruppo del sistema periodico in modo da ottenere due strutture differenti, una con un numero di elettroni insufficiente, l'altra con un numero di elettroni eccessivo.
- Questo trattamento viene detto drogaggio e la quantità delle impurità introdotte è dell'ordine di una parte per milione. Generalmente si utilizzano il **Boro** (terzo gruppo) ed il **Fosforo** (quinto gruppo) per ottenere rispettivamente una struttura di tipo p (con un eccesso di lacune) ed una di tipo n (con un eccesso di elettroni).

# ■ Proprietà elettroniche del Silicio

- Ponendo a contatto i due tipi di strutture, la cui zona di separazione è chiamata giunzione p-n tra i due strati si attiva un flusso elettronico dalla zona n alla zona p dovuto alla differente concentrazione dei due tipi di carica libera (elettroni e lacune); le lacune, che attraversano la giunzione dalla zona di tipo p, si ricombinano con alcuni elettroni nella zona n e, viceversa, alcuni elettroni attraversando la giunzione dalla zona di tipo n, si ricombinano con alcune lacune nella zona p.





## ■ Proprietà elettroniche del Silicio

- Illuminando la giunzione p-n si generano delle coppie elettrone- lacuna in entrambe le zone n e p.

Il campo elettrico separa gli elettroni in eccesso generati dall'assorbimento della luce, dalle rispettive lacune spingendoli in direzioni opposte ( gli elettroni verso la zona n e le lacune verso la zona p ). Una volta attraversato il campo gli elettroni liberi non tornano più indietro, perché il campo, agendo come un diodo, impedisce loro di invertire la marcia.

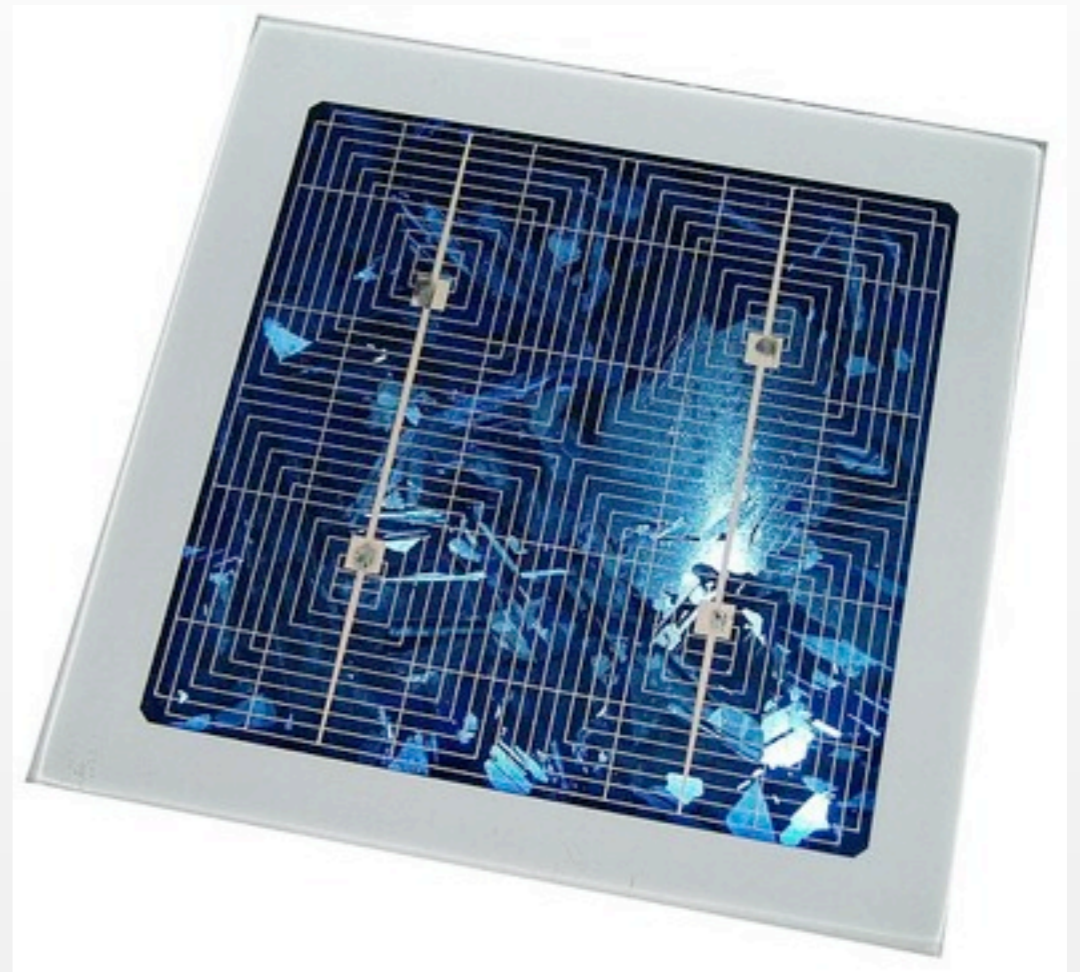
- Se si connette la giunzione p-n con un conduttore, nel circuito esterno si otterrà un flusso di elettroni che parte dallo strato n, a potenziale maggiore, verso lo strato p, a potenziale minore. Fino a quando la cella resta esposta alla luce, l'elettricità fluisce con regolarità sotto forma di corrente continua.

# ■ Proprietà elettroniche del Silicio

- Di tutta l'energia che investe la cella solare sotto forma di radiazione luminosa, solo una parte viene convertita in energia elettrica disponibile ai suoi morsetti. L'efficienza di conversione per celle fotovoltaiche al Silicio monocristallino è in genere compresa tra il 13% e il 17%, mentre applicazioni speciali in laboratorio hanno raggiunto valori del 32,5%.
- I motivi di tale bassa efficienza sono molteplici e possono essere raggruppati in quattro categorie:
- riflessione: non tutti i fotoni che incidono su una cella penetrano al suo interno, dato che in parte vengono riflessi dalla superficie della cella e in parte incidono sulla griglia metallica dei contatti;
- fotoni troppo o poco energetici: per rompere il legame tra elettrone e nucleo occorre una certa energia, e non tutti i fotoni incidenti possiedono energia sufficiente.
- ricombinazione: non tutte le coppie elettrone-lacuna generate vengono raccolte dal campo elettrico di giunzione e inviate al carico esterno, dato che nel percorso dal punto di generazione verso la giunzione possono incontrare cariche di segno opposto e quindi ricombinarsi;
- resistenze parassite: le cariche generate e raccolte nella zona di svuotamento devono essere inviate all'esterno. L'operazione di raccolta viene effettuata dai contatti metallici, posti sul fronte e sul retro della cella. Anche se durante la fabbricazione viene effettuato un processo di lega tra Silicio e Alluminio dei contatti, resta una certa resistenza all'interfaccia, che provoca una dissipazione che riduce la potenza trasferita al carico. Nel caso di celle al Silicio policristallino, l'efficienza è ulteriormente diminuita a causa della resistenza che gli elettroni incontrano ai confini tra un grano e l'altro e, ancor più nel caso di celle al Silicio amorfo, per la resistenza dovuta all'orientamento casuale dei singoli atomi.

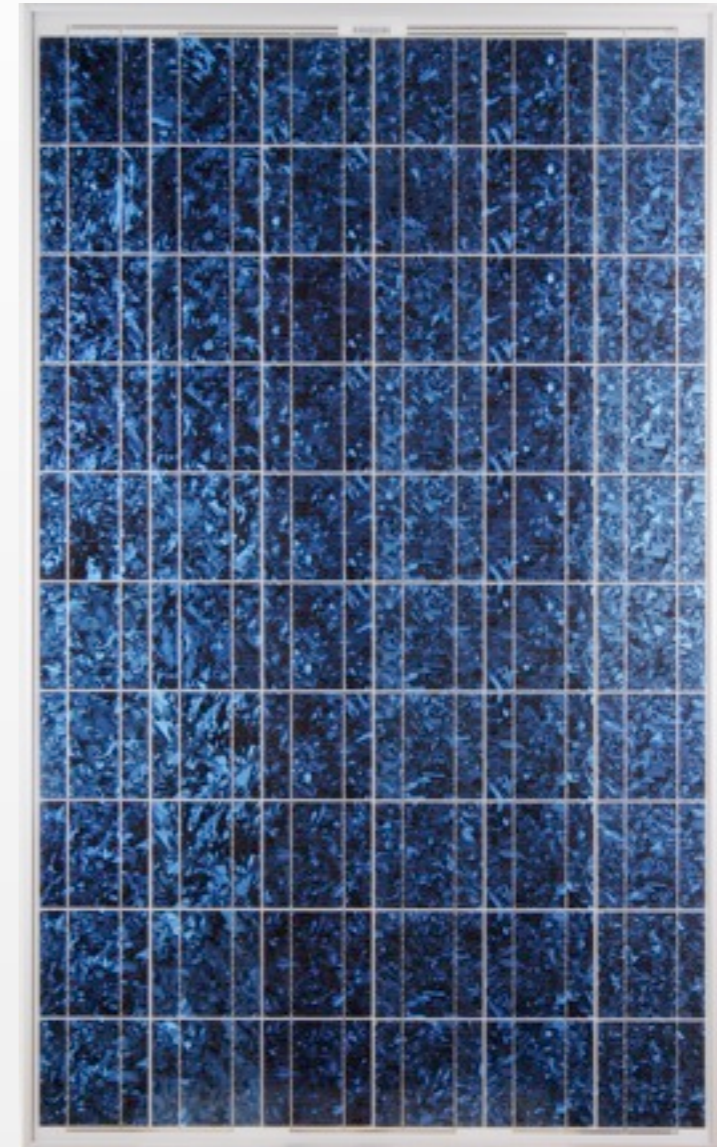
## ■ Cella fotovoltaica

- La tipica cella fotovoltaica è costituita da un sottile wafer, di spessore di 0,25÷0,35 mm circa, di silicio mono o policristallino, opportunamente drogato.
- Essa è generalmente di forma quadrata e di superficie pari a circa 100 cm<sup>2</sup> e produce - nelle condizioni di soleggiamento standard (1 kW/m<sup>2</sup>) e a 25°C – una corrente di 3 A, con una tensione di 0,5 V, quindi una potenza di 1,5 Watt.



## ■ Cella fotovoltaica

- I moduli in commercio attualmente più diffusi (con superficie attorno a 0,5- 0,7 m<sup>2</sup>), che utilizzano celle al silicio mono- e poli- cristallino, prevedono tipicamente 36 celle collegate elettricamente in serie. Il modulo così costituito ha una potenza che va dai 50 agli 80 Wp, a seconda del tipo e dell'efficienza delle celle, e tensione di lavoro di circa 17 Volt con corrente di circa 3 - 4 A. I moduli comunemente usati nelle applicazioni commerciali hanno un rendimento complessivo del 12-13%.



# Impianti fotovoltaici

## Impianti isolati (stand-alone)

- nei quali l'energia prodotta alimenta direttamente un carico elettrico e, per la parte in eccedenza, viene generalmente accumulata in apposite batterie di accumulatori, che la renderanno disponibile all'utenza nelle ore in cui manca l'insolazione.

## Impianti connessi ad una rete elettrica di distribuzione (grid-connected)

- l'energia viene convertita in corrente elettrica alternata per alimentare il carico-utente e/o immessa nella rete, con la quale lavora in regime di interscambio.

# Impianti fotovoltaici

## **Generatore**

- Insieme di moduli fotovoltaici
- Potenza: numero totale moduli
- Tensione: numero di moduli in serie
- Struttura meccanica
- Sostenere, ancorare e orientare i moduli; Dimensionamento sul doppio dell'intensità massima del vento registrata negli ultimi due anni

## **Sistema di condizionamento della potenza**

### Impianti isolati

- Adatta le caratteristiche del generatore PV all'utenza (V, I, d.c., a.c., ecc.)
- Gestisce l'accumulo di energia

### Impianti collegati alla rete

- Converte la corrente continua in alternata
- Adatta il generatore PV alla rete
- Controlla la qualità della corrente immessa in rete

# Impianti fotovoltaici

- Regolatore di Tensione
- Limita la corrente di carica per proteggere le batterie da fenomeni di surriscaldamento;
- Disconnette le batterie se il voltaggio scende al di sotto o al di sopra di un valore soglia (tipicamente 10.6 V e 14 V)
- Stabilizza la tensione con cui sono alimentate le batterie
- Reindirizza la potenza in esubero su altri carichi (riscaldamento acqua, forni elettrici, ecc.) per evitare sovraccarichi sulle batterie

# ■ Fotovoltaico ed Architettura

- L'inserimento dei moduli fotovoltaici nei tetti e nelle facciate risponde alla natura distribuita della fonte solare.
- Il variegato mondo della casistica dell'integrazione fotovoltaica può essere suddiviso in due categorie, quella dell'integrazione negli edifici e quella nelle infrastrutture urbane.
- Fra le tipologie integrate negli edifici si evidenziano le coperture (piane, inclinate, curve, a risega), le facciate (verticali, inclinate, a risega) i frangisole (fissi, mobili), i lucernai, gli elementi di rivestimento e le balaustre.
- Le principali tipologie integrate nelle infrastrutture urbane riguardano le pensiline (per auto, o di attesa) le grandi coperture, le tettoie, i tabelloni informativi e le barriere antirumore.



## ■ Fotovoltaico nel mondo

- Nel 2011 sono stati installati 67,4 GW nel mondo che producono circa 60 miliardi di kWh di energia elettrica ogni anno.
- In termini di potenza cumulativa installata, l'Unione Europea mantiene la leadership con 64,7 GW installati. Ciò rappresenta circa il 75% della potenza mondiale. Seguono il Giappone (4,7 GW) e gli USA (4,2 GW). La Cina ha raggiunto una potenza totale di 2,9 GW, con 2 GW installati solo nel 2011, divenendo il primo paese extra-europeo e il terzo al mondo, dopo Italia e Germania, in termini di nuova potenza installata nel 2011.

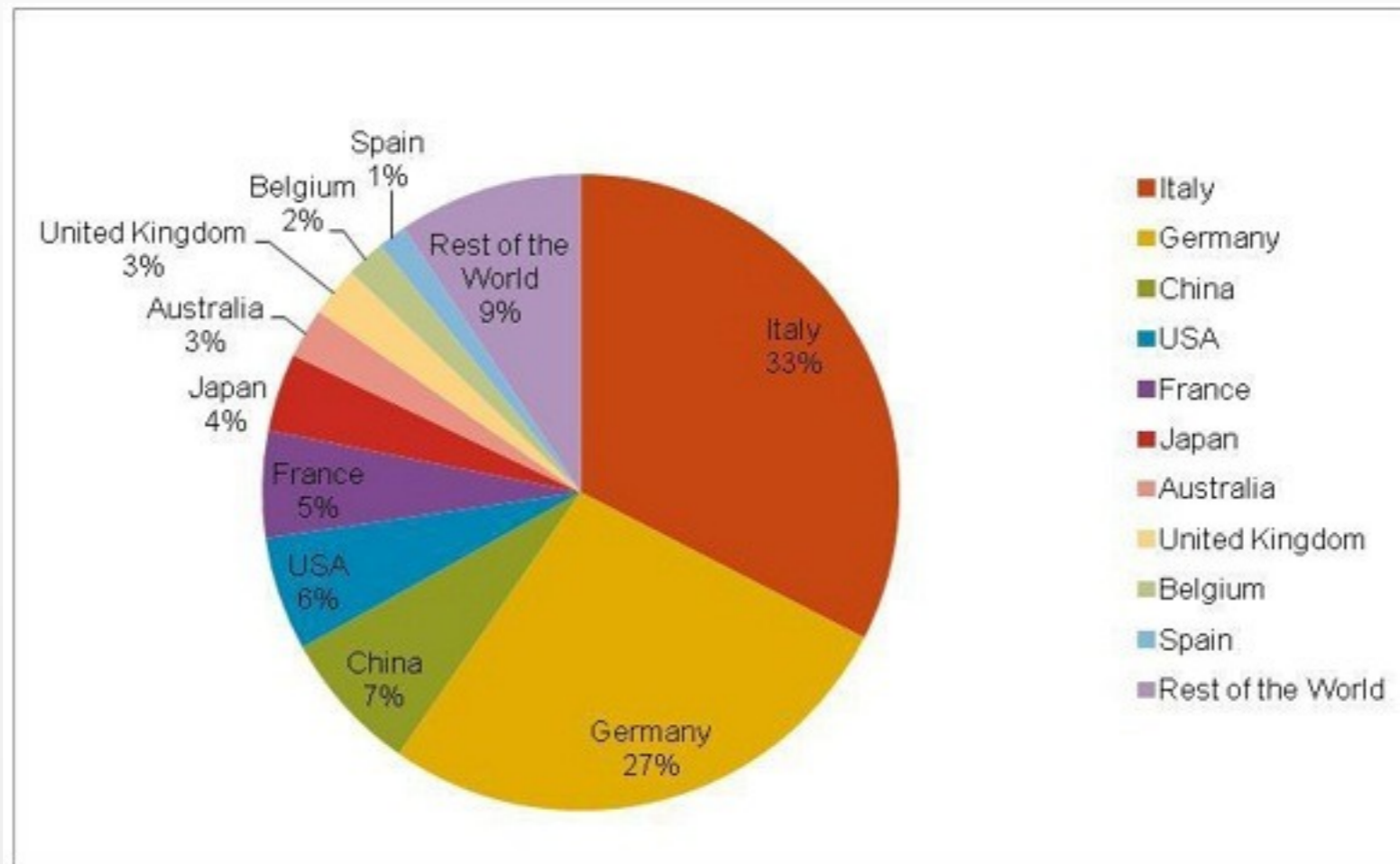
# Fotovoltaico nel mondo

## Dati per Nazione 2011

	Country	2011 Newly connected capacity (MW)	2011 Cumulative installed capacity (MW)
1	Italy	9,000	12,500
2	Germany	7,500	24,700
3	China	2,000	2,900
4	USA	1,600	4,200
5	France	1,500	2,500
6	Japan	1,100	4,700
7	Australia	700	1,200
8	United Kingdom	700	750
9	Belgium	550	1,500
10	Spain	400	4,200
11	Greece	350	550
	Slovakia	350	500
13	Canada	300	500
	India	300	450
15	Ukraine	140	140
	Rest of the World	1,160	6,060
	<b>Total</b>	<b>27,650</b>	<b>67,350</b>

# Fotovoltaico nel Mondo

## Dati per Nazione 2011



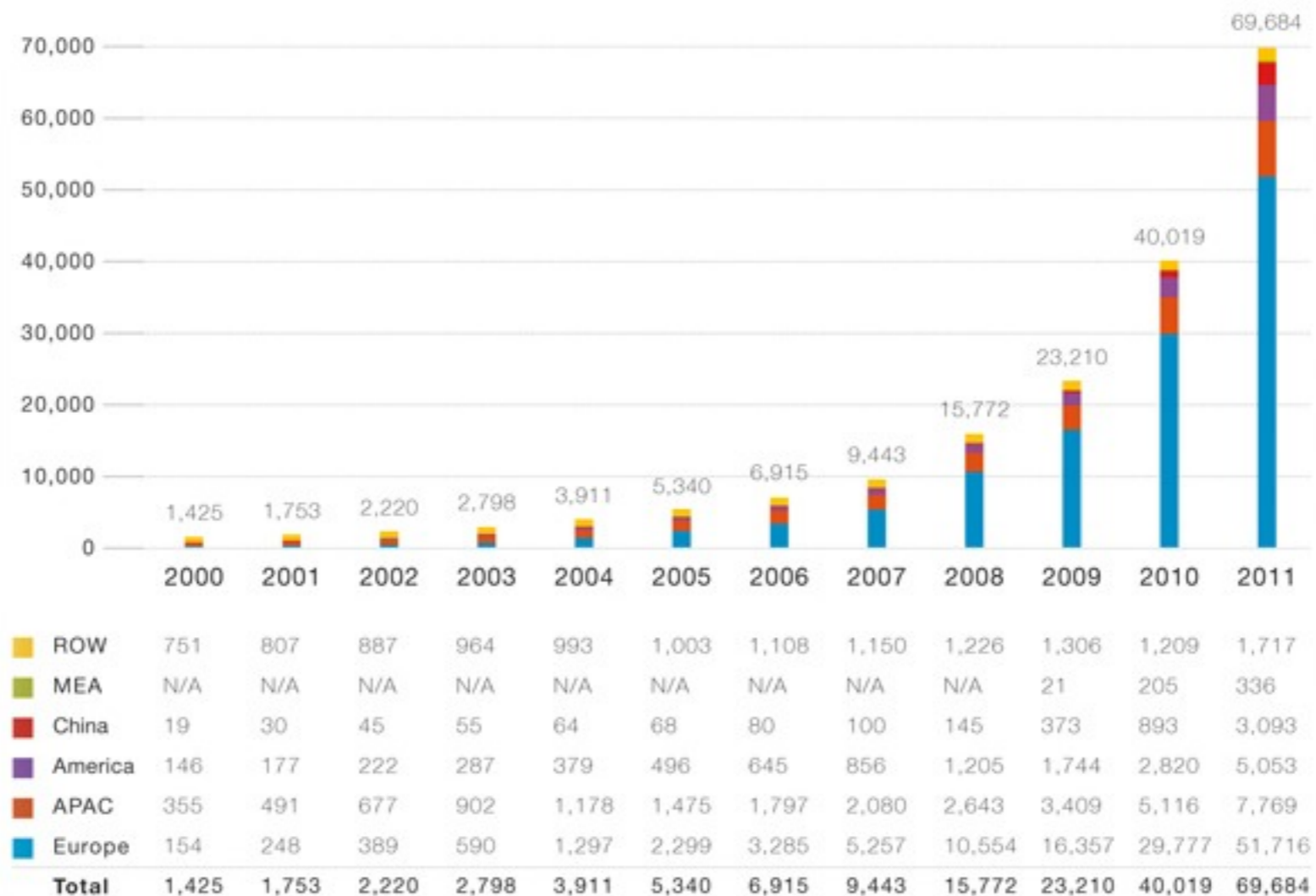
# Fotovoltaico nel Mondo

- La Cina si classifica al primo posto nel 2011, con quasi 2 GW di nuovi impianti installati e connessi alla rete, grazie alla nuova politica di incentivi a livello locale. Gli USA hanno visto una rapida crescita, con 1,6 GW di nuove connessioni, quasi il doppio del 2010.
- A seguire, in Giappone sono stati connessi più di 1 GW di impianti, che beneficiano del nuovo piano di incentivi. Nell'area Asia-Pacifico, le prestazioni dell'Australia sono significative, con circa 700 MW di nuove installazioni nel 2011, mentre in India sono stati installati 300 MW.
- Contributi considerevoli provengono anche da tre mercati differenti nel mondo: 300 MW dal Canada, 140 MW dall'Ucraina (da due grandi impianti) e 130 MW dall'Israele.
- Nel 2010, l'80% degli impianti connessi era situato in Europa, mentre nel 2011, la percentuale è diminuita al 75%.

# Fotovoltaico nel mondo

- Dieci anni di Storia
- ASIA PACIFIC (APAC) / Middle East-Africa Region (MEA) / Rest of the World (ROW)

Figure 1 - Evolution of global cumulative installed capacity 2000-2011 (MW)



# Fotovoltaico in Europa

- Il mercato europeo è il più grande al mondo. Con quasi 21 GW installati nel 2011, la potenza totale installata in Europa è salita a 50 GW.
- A guidare l'Europa sono i tre paesi Italia, Germania e Francia.
- Per la prima volta la Germania viene superata dall'Italia, che connette 9 GW di nuovi impianti nel 2011, a differenza dei 2,3 GW del 2010. Un'importante parte delle nuove connessioni sono parte di una corsa all'installazione di fine 2010 per rientrare nel decreto Salva-Alcoa.
- In Germania, la forza dell'ultimo trimestre ha spinto il mercato a crescere sino a 7,5 GW. Il 2011 era iniziato lentamente a causa del cattivo tempo e della gran parte di impianti di piccole dimensioni, dovuti agli incentivi ridotti. A marzo le installazioni sono aumentate fino a raggiungere 600 MW nei mesi di giugno e luglio, quando, al contrario di quanto previsto, non vi è stato alcun abbassamento degli incentivi.
- La Francia, al terzo posto, ha connesso 1,5 GW di nuovi impianti, in gran parte risultanti da installazioni realizzate nel 2010.
- Il Regno Unito ha visto uno sviluppo sorprendente nel 2011, con una crescita senza precedenti di 700 MW.
- Altri mercati chiave europei sono Belgio (550 MW), Spagna (400 MW), Slovacchia (350 MW) e Grecia (350 MW).

## ■ Fotovoltaico in Europa

- La Repubblica Ceca, invece, dopo due anni di installazioni che raggiungevano i 2 GW, è scomparsa dalla mappa fotovoltaica, con meno di 10 MW di impianti fotovoltaici, a causa di una forte opposizione da parte dei maggiori stakeholders.
- Altri paesi europei con potenziali di crescita sono l'Austria, con 100 MW e la Bulgaria con circa 80 MW installati nel 2011.
- In Europa, sono diversi i meccanismi di incentivazione fotovoltaica, visibili nella mappa sottostante. Nei 27 Paesi dell'Unione Europea, le tariffe incentivanti sono applicate in 21 Paesi compresa l'Italia (feed-in tariff o feed-in premium).
- Polonia, Romania e Belgio incentivano la produzione fotovoltaica con i Certificati Verdi, mentre Finlandia, Svezia e Danimarca utilizzano altri strumenti di incentivazione (sussidi d'investimento, esenzione da tasse ecc.)

# Fotovoltaico in Italia

- Il Decreto che ha dato inizio a questo sistema di incentivazione è datato 28 luglio 2005.
- La prima fase (1° Conto Energia) è stata caratterizzata principalmente da due gravi limiti: una potenza massima ammissibile all'incentivazione di 85 MWp/anno e un'eccessiva burocratizzazione, che ha anche prodotto situazioni di speculazione specialmente per gli impianti FV di grande taglia.
- Nonostante ciò, i risultati ottenuti sono stati significativi del grande interesse delle aziende e dei cittadini verso questa nuova tecnologia, tanto che le domande ricevute sono state nettamente superiori alle aspettative e, soprattutto, alla potenza massima incentivabile.
- Successivamente il regime di incentivazione è stato aggiornato dal decreto n. 90 del 19 febbraio 2007 nelle regole del 2° C.E., il cui maggior successo è stato l'abbattimento del limite annuale precedentemente fissato a 85 MWp di potenza installabile.
- Finalmente anche in Italia si sono imposte condizioni più favorevoli per un importante sviluppo del mercato fotovoltaico, soprattutto perché non limitate al breve periodo.
- L'avvento del 3° Conto Energia (DM 06/08/2010) ha poi dato continuità al meccanismo di incentivazione specificando anche alcuni aspetti dell'iter burocratico per la gestione della richieste, a vantaggio dei titolari dell'investimento.



# Fotovoltaico in Italia

- Il FV in Italia sta registrando una diffusione vertiginosa. Al 19 gennaio 2012 è stata superata la soglia dei 12 GWp installati: per l'esattezza 12,7 GWp sviluppati da 326.255 impianti.
- Con l'entrata in vigore del decreto 5 maggio 2011 le incentivazioni al FV sono normate dal 4° C.E. Con le nuove disposizioni, si intende continuare a sostenere la crescita del mercato fotovoltaico, seppure secondo un nuovo regime di riduzione progressiva delle tariffe incentivanti.
- La competitività del fotovoltaico, ormai prossimo alla grid parity, sempre più marcata rispetto alle fonti tradizionali consente di accogliere senza timori per la prosperità futura del settore anche il limite di spesa complessivo previsto dal provvedimento (6-7 mld per il periodo 2011-16 che corrispondono comunque a circa 23 GWp incentivabili).
- La crescita del mercato FV è stata negli ultimi tempi molto forte. Soltanto durante il 2010 il fotovoltaico Italiano è cresciuto del 215% in termini di numerosità degli impianti (84.777 impianti realizzati) e del 324% in termini di potenza installata (2,4 GW). Per i dati 2011 dovremo aspettare ancora qualche settimana affinché vengano ufficializzati i dati raccolti. La progressione che conferma i passi da gigante realizzati è evidenziata dal prospetto che segue:

# Fotovoltaico in Italia


## Dal Primo al Quarto Conto Energia

Fotovoltaico installato	MWp	Numero Impianti
1° C.E. - Sistemi FV in esercizio (2005-2006)	163,88	5.374
2° C.E. - Sistemi FV in esercizio (2007-31/06/2011)	6596,85	200.877
3° C.E. - Sistemi FV in esercizio (01/11-05/11)	1582,97	37.625
4° C.E. - Sistemi FV in esercizio (al 19/01/2012)	4202,49	78.836

# Fotovoltaico in Italia

## Dato regionale

Regione	Fotovoltaico Installato
Puglia	2.176,4 MWp con 22.706 impianti
Lombardia	1.314,8 MWp con 48.186 impianti
Emilia Romagna	1.259 MWp con 30.716 impianti
Veneto	1.157,4 MWp con 44.712 impianti
Piemonte	1.068,2 MWp con 23.900 impianti
Lazio	859,1 MWp con 17.659 impianti
Sicilia	856,1 MWp con 19.462 impianti
Marche	787,7 MWp con 1

-  **Raggiunta e superata la soglia di 12 GWP installati, il fotovoltaico nel 2011 dovrebbe andare a coprire il 3% della domanda elettrica in Italia, con la prospettiva di crescere ancora nel 2012 per soddisfare il 5,5% dei consumi elettrici.**

# ■ Il mercato e la produzione dell'industria fotovoltaica

- La produzione del fotovoltaico è tendenzialmente cresciuta più velocemente in Asia, in particolare in Cina, negli ultimi anni. Data la piccola dimensione del mercato fotovoltaico asiatico, i moduli prodotti in questi Paesi vengono esportati principalmente in Europa.
- Circa solo la metà della tecnologia richiesta per un impianto fotovoltaico è prodotta “a valle” e vicino al consumatore. Con la previsione di una crescita del mercato al di fuori dell'Unione Europea, questo divario tra domanda e offerta dovrebbe probabilmente restringersi nei prossimi anni.
- Il grafico sottostante mostra l'evoluzione nel mondo dell'offerta (production) e della domanda (market) di moduli negli ultimi dieci anni.

# Il mercato e la produzione dell'industria fotovoltaica

## Evoluzione del mercato e produzione nell'industria fotovoltaica

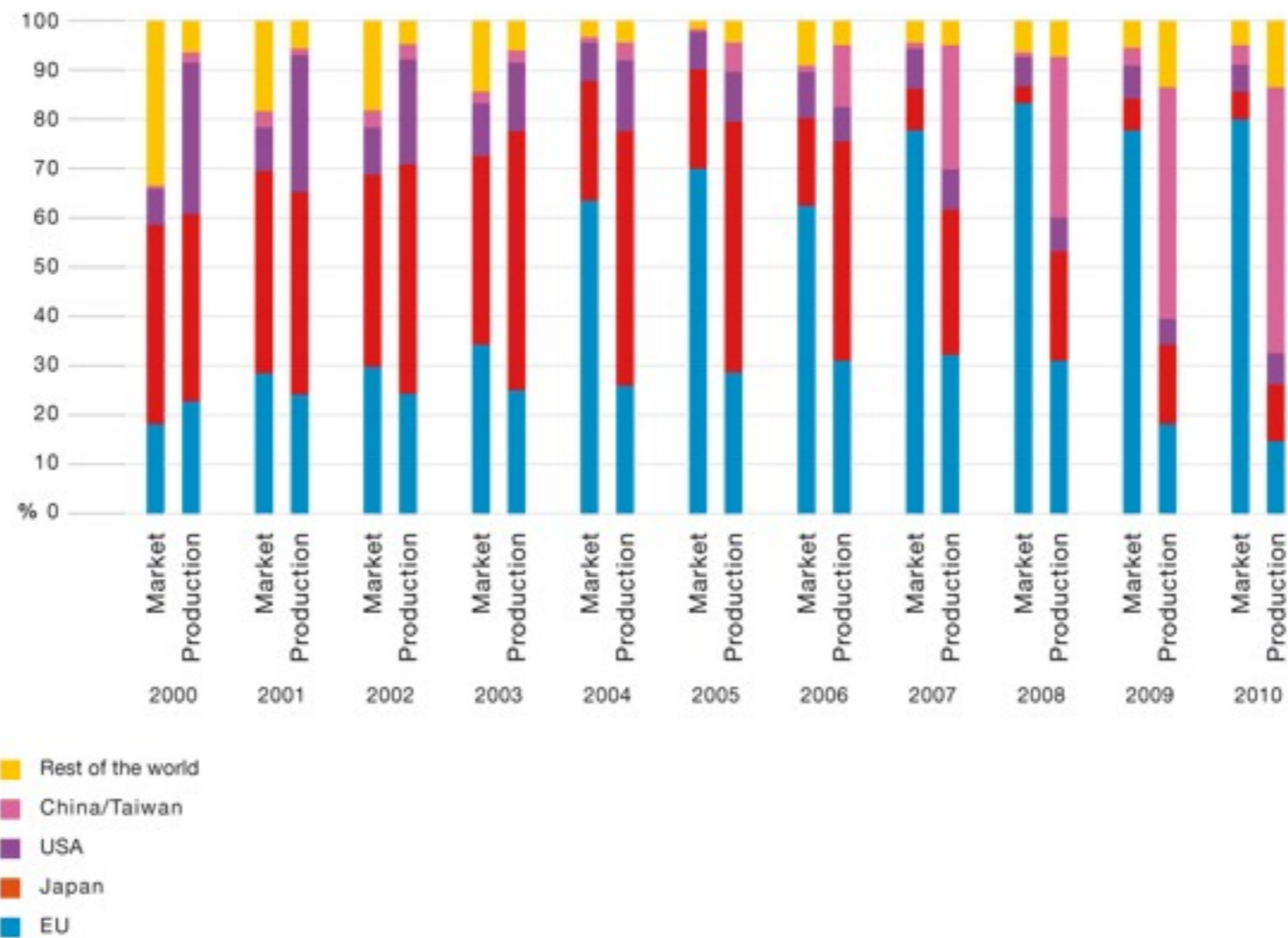


Figure 31 - Market vs production

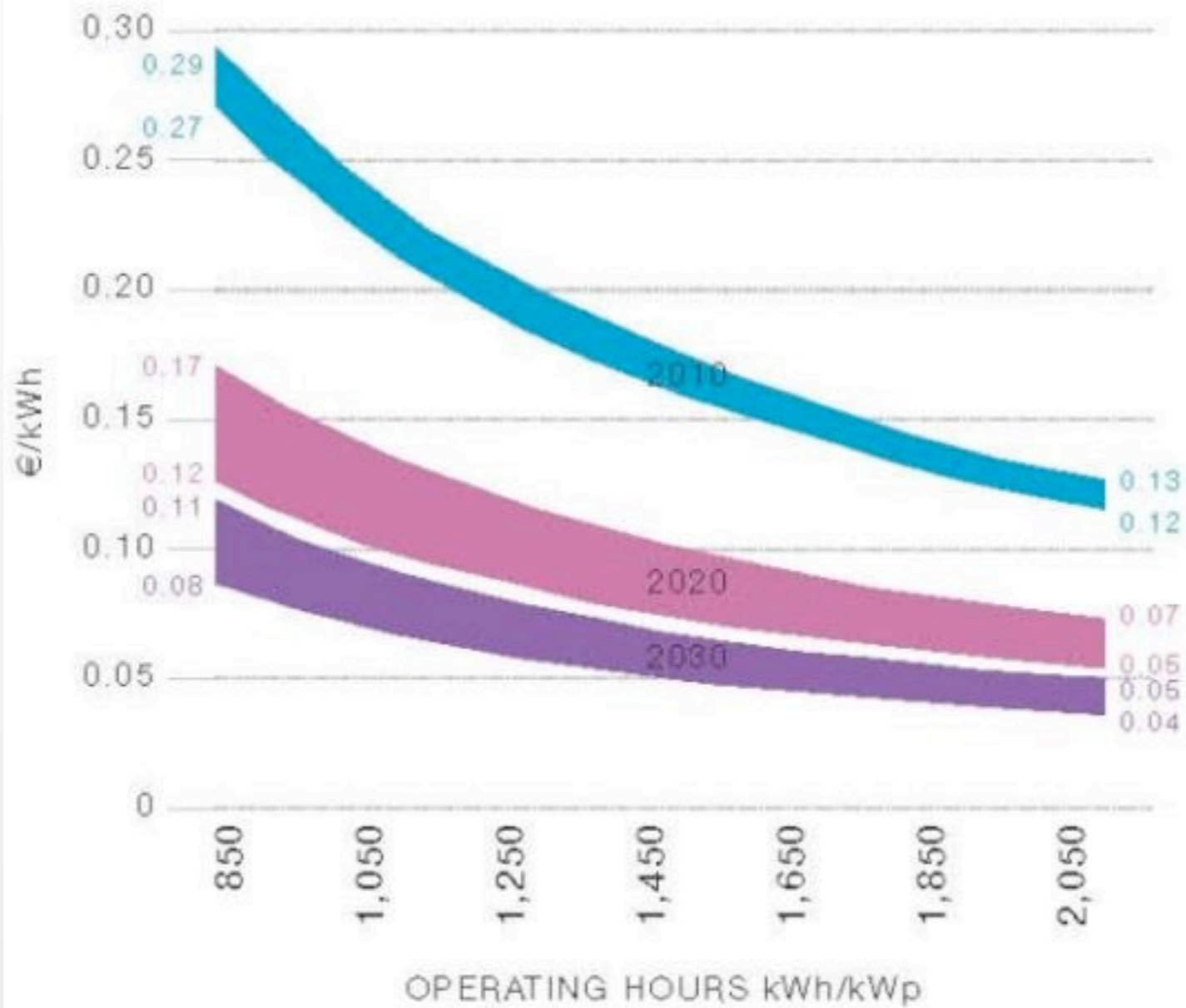
# ■ Il mercato e la produzione dell'industria fotovoltaica

- Quando la quantità di moduli e impianti installati era bassa (circa 1 GW/anno), negli anni dal 2000 al 2003, la domanda di materiale è stata soddisfatta da una produzione locale dei moduli. Dal 2004 in poi, invece, una quantità crescente di moduli giapponesi è stata importata dall'Unione Europea per rispondere alla sua rapida crescita di mercato. Lo stesso fenomeno è accaduto con i moduli cinesi, raggiungendo più del 50% della produzione di moduli mondiale nel 2010, rispetto al 15% del 2006.
- 
- Comunque, questo grafico tiene conto soltanto delle spedizioni e delle installazioni di moduli, senza tenere conto di tutta l'intera catena del valore del fotovoltaico.
- 
- Mentre nel 2005 i moduli fotovoltaici rappresentavano circa il 75% del costo di un impianto montato a terra, oggi risulta meno del 60%. Per i piccoli impianti residenziali, potrebbe essere addirittura più basso del 50%. La parte restante include i costi degli inverter, altri elementi dell'impianto (cavi, strutture di supporto ecc.), nonché i costi e i margini di profitto dei distributori e degli installatori vicini al cliente finale.
- Nel 2010, circa l'80% degli inverter fotovoltaici sono stati prodotti in Europa e una grande parte del materiale necessario alla produzione dei moduli fotovoltaici viene esportato dall'Europa e dagli USA verso i produttori di moduli in Asia.
- Infine, almeno il 50-55% del valore totale di un impianto fotovoltaico viene prodotto vicino al mercato finale, che nel 2010 è situato per l'80% nei paesi europei.

# ■ Costo Fotovoltaico

## LEVELISED COST OF ELECTRICITY (LCOE)

€/KWh



source: Greenpeace/EPIA Solar generation VI 2010.

# Costo Fotovoltaico

- Nei trenta anni passati i costi del fotovoltaico si sono ridotti vertiginosamente. Il costo dei moduli è diminuito all'incirca del 22% a ogni raddoppio della capacità installata (in MW). Conseguentemente si sono ridotti in modo considerevole anche i costi di generazione dell'energia elettrica da FV.
- Oggi in Europa i costi del kWh oscillano tra 0,15 € e 0,29 €, considerando il valore inferiore caratteristico di una località nel Sud con una insolazione operativa annuale di 1.650 h, e un'energia solare annuale disponibile di 1.900 kWh/m<sup>2</sup>, mentre il valore superiore è tipico di una località scandinava con circa 850 h operative in un anno e con disponibilità energetica solare di 1.000 kWh/m<sup>2</sup>.
- Ancora più basso il costo in zone medio-orientali o subsahariane, dove il kWh scende a 0.12 € e l'irraggiamento sale a 2.200 kWh/m<sup>2</sup>. Le proiezioni prevedono ulteriori riduzioni dei costi dell'elettricità fotovoltaica che, secondo elaborazioni EPIA (fig. 3), dovrebbe scendere in fascia 0,05-0,17 €/kWh al 2020 e 0,04-0,11 €/kWh al 2030, a causa di fattori favorevoli quali l'innovazione tecnologica, l'ottimizzazione della produzione, le economie di scala, l'incremento del ratio performance, l'estensione del ciclo di vita dei sistemi PV, lo sviluppo degli standard e delle specifiche tecniche.
- Si deve evidenziare che l'elettricità fv, nelle regioni meridionali europee, è già competitiva con la potenza erogata in ore di picco e prossima al costo dell'energia prodotta dalle centrali di banda (bulk power). La grid parity è ormai a portata di mano.



# ■ Il mercato e la produzione dell'industria fotovoltaica

- Questo divario geografico tra domanda e offerta tra l'Europa e il resto del mondo dovrebbe diminuire nel corso dei prossimi cinque anni.
- I fattori che causeranno questa diminuzione sono:
  - - l'aumento dei costi di trasporto a fronte della diminuzione del prezzo dei moduli
  - - con la diminuzione dei costi dei moduli fotovoltaici, la percentuale del costo dell'impianto fotovoltaico diminuirà rispetto alle altre componenti.
  -

## ■ Il caso Italia...

- Nell'agosto del 2010 il governo vara il terzo Conto energia, un documento che dà i parametri per gli incentivi del fotovoltaico per il triennio successivo. Già a dicembre, però, si cambiano le carte in tavola con un decreto – chiamato Salva Alcoa dal nome della multinazionale americana che ha spinto a farlo – che in sostanza dice: **“ se avete finito i lavori entro il 31 dicembre, potete beneficiare degli incentivi del secondo conto energia (più vantaggioso economicamente)”**. Un regalo ad alcune grandi aziende, denunciano tutti. Fatto sta che il giochetto è sfruttato da circa 53mila impianti. Il risultato, com'era prevedibile, è uno sforamento dei tetti degli incentivi. Insomma, il caos. A inizio marzo il ministro dello sviluppo economico annuncia con un decreto che è il caso di dare un taglio agli incentivi. E avvisa: entro il 30 aprile ne saprete di più.

Nel frattempo: il vuoto. Le banche si paralizzano, l'incertezza regna padrona e nessuno lavora più, perché non è chiaro se – e quanti – incentivi saranno previsti e quali saranno le nuove regole. A metà maggio il ministro dello sviluppo economico Paolo Romani e quello dell'ambiente Stefania Prestigiacomo riescono a mettersi d'accordo su un testo: il quarto conto energia, che entra in vigore il primo giugno e in pratica riduce di mese in mese gli incentivi fino al 2013. Netro quella data partirà poi una regolazione automatica del livello degli incentivi in relazione alla potenza installata. Ma nel frattempo, cosa è successo a tutte quelle piccole imprese che sono rimaste due mesi ad aspettare la politica?

# ■ Il fotovoltaico in Italia

□ <http://www.youtube.com/watch?v=MYGhzmvZAro>