

# Sistemi energetici

Solare Termico a Bassa Temperatura



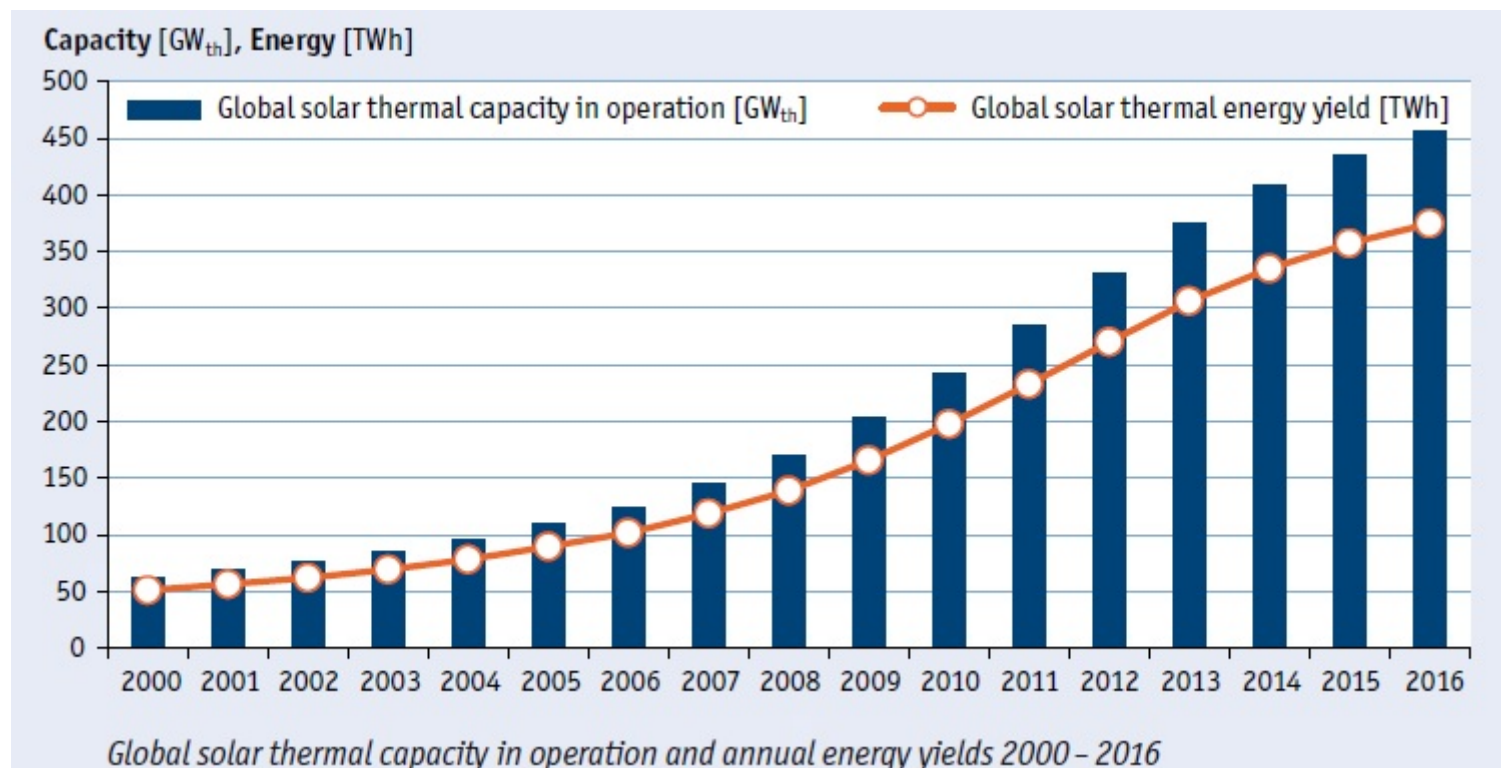
SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

# Panorama mondiale

Solare termico nel mondo: alla fine 2016, potenza installata di 456 GW termici (621 milioni di mq di collettori), in grado di fornire 375 TWh di energia termica e per il raffrescamento.

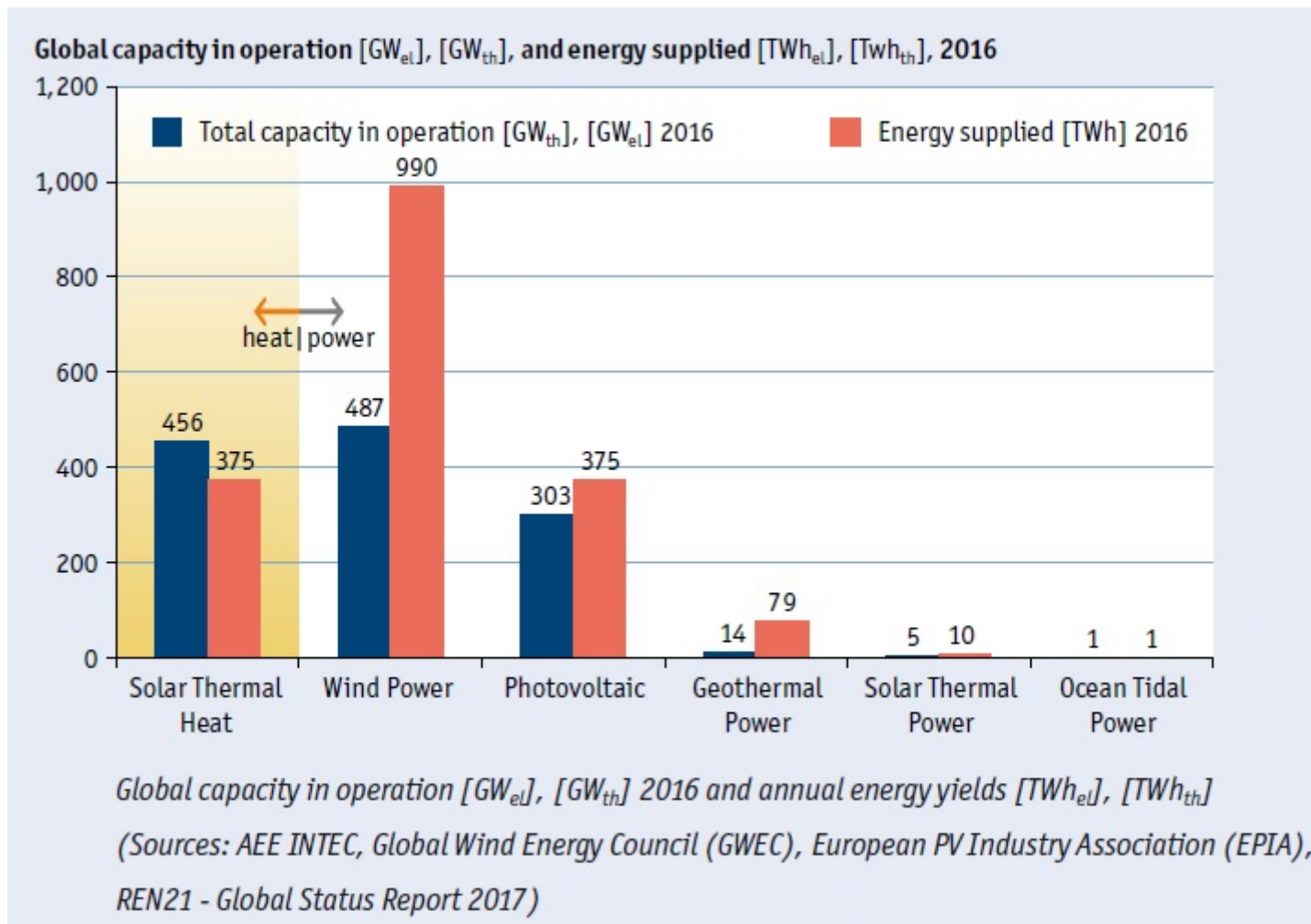
La potenza attualmente installata consente di risparmiare annualmente 40,3 milioni di tonnellate equivalenti petrolio (Mtep) e 130 milioni di tonnellate di emissioni di CO<sub>2</sub>.

[fonte: "Solar Heat Worldwide" dell'International Energy Agency's Solar Heating and Cooling Programme (IEA SHC)]



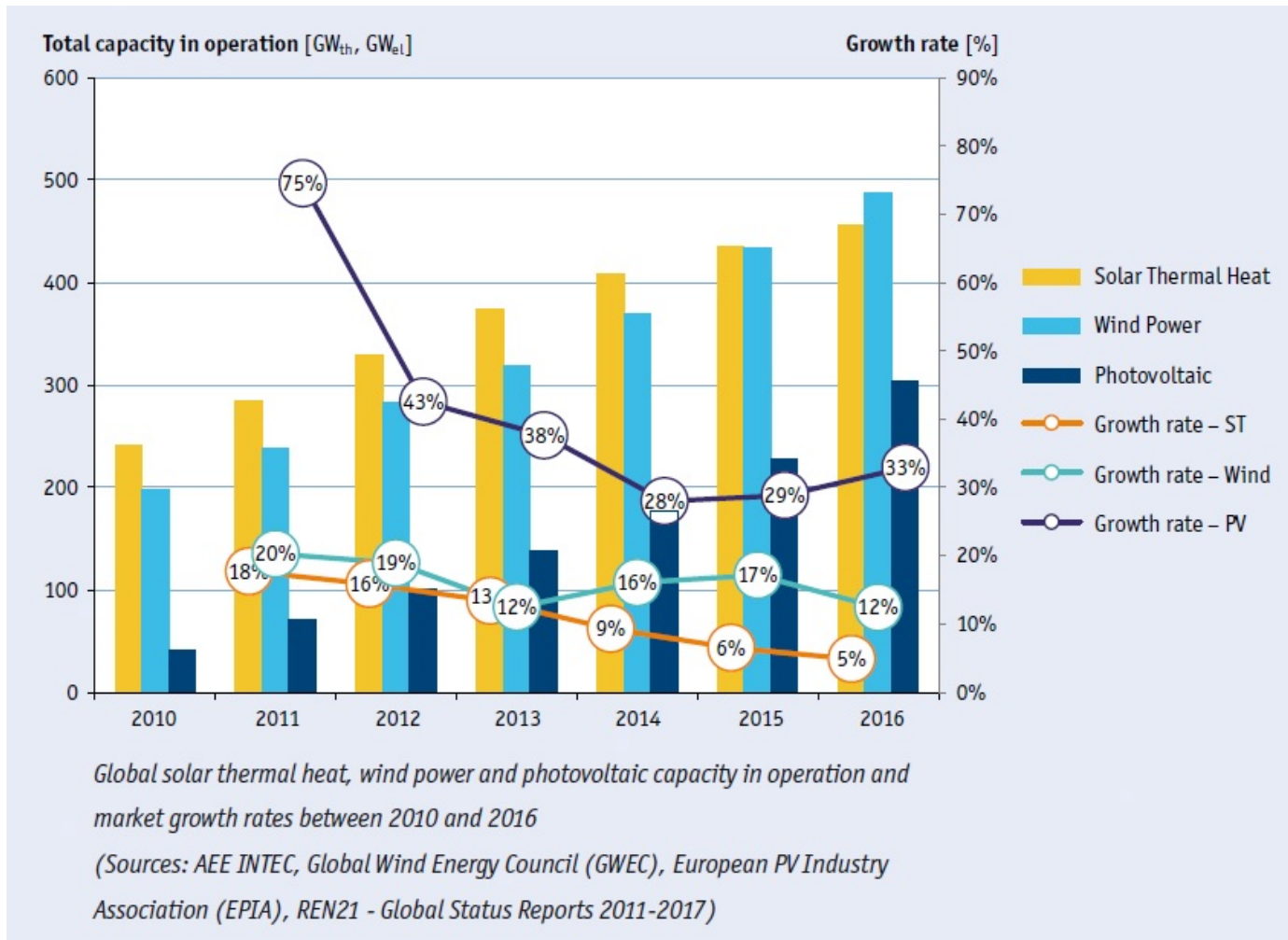
# Panorama mondiale

Solare termico secondo solo all'eolico per potenza installata ed energia prodotta



# Panorama mondiale

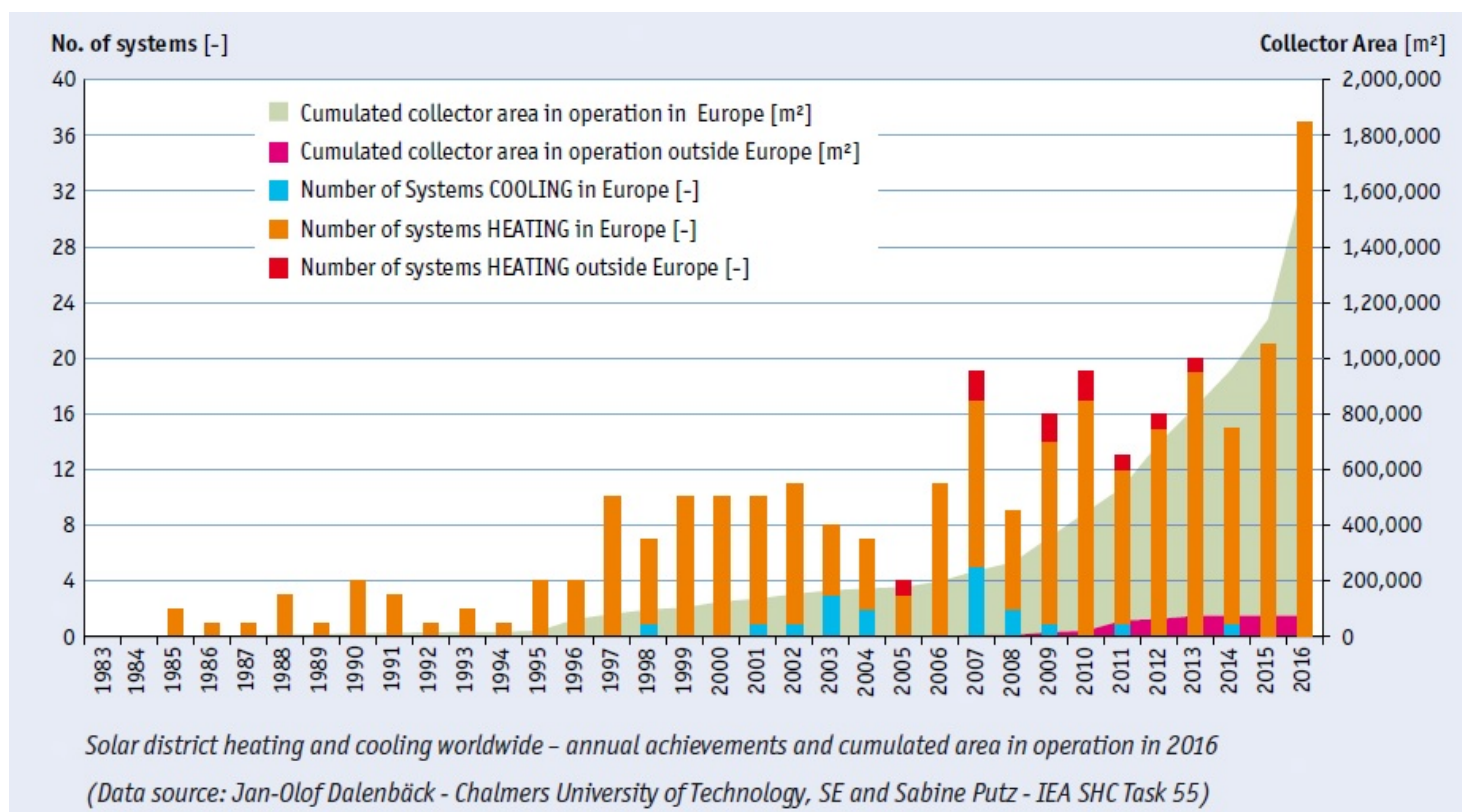
La crescita del mercato ha però subito un rallentamento



# Panorama mondiale

Nuova spinta di questo mercato verso impianti multi-megawatt per il calore di processo e il riscaldamento di edifici e quartieri (district heating).

In Europa nel 2016 sono stati realizzati 37 impianti solari termici di grande taglia (maggiori di 350 kW<sub>t</sub> o 500 mq di collettori), mentre solo 20 nel 2015.

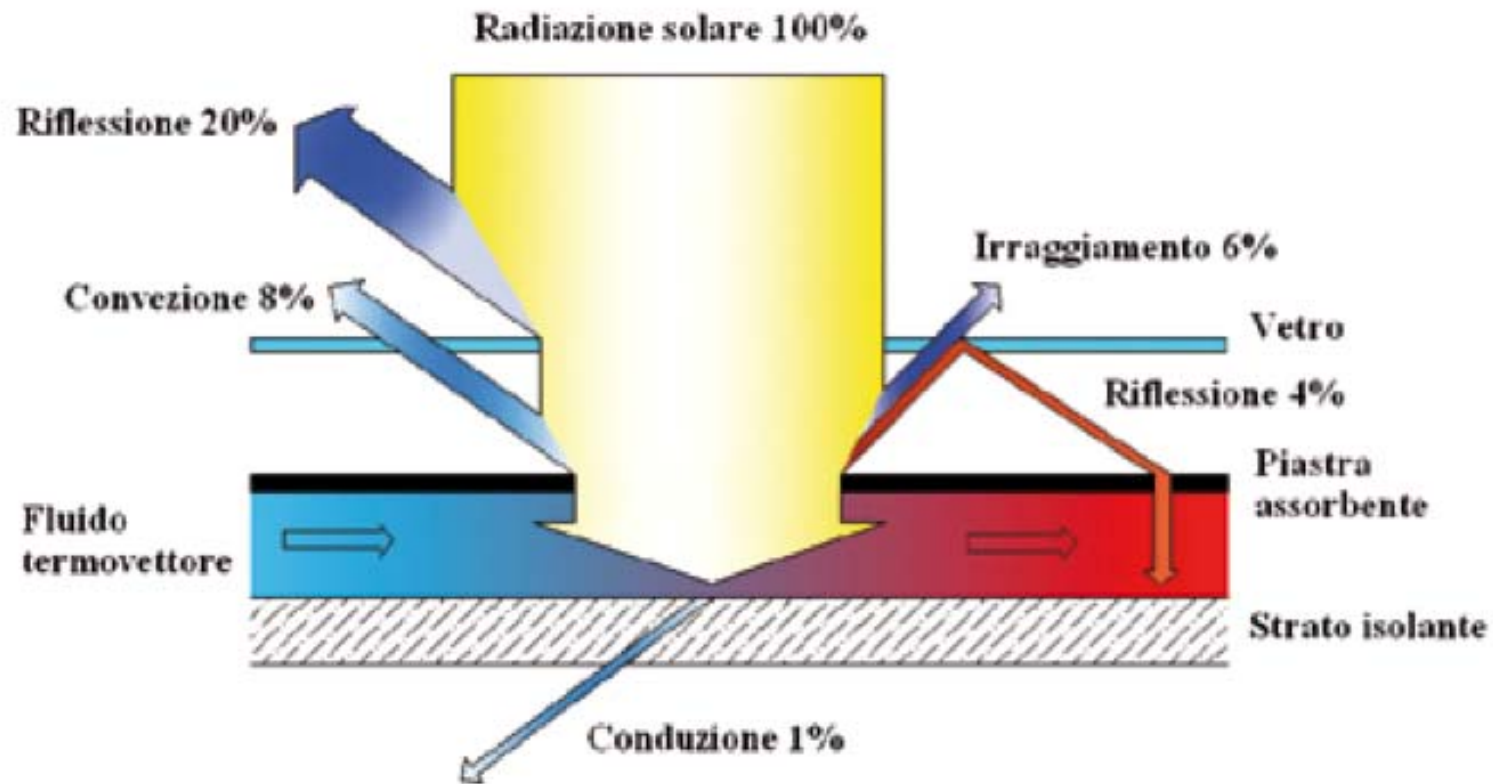


# Principio di funzionamento di un collettore solare

La radiazione solare è utilizzata per produrre calore sfruttando le caratteristiche di alcuni materiali che irraggiati dalla luce aumentano più di altri la loro temperatura assorbendo quasi completamente l'energia associata alla radiazione solare.

- Al fine captare più energia possibile sono stati concepiti dei sistemi chiamati collettori solari capaci di massimizzare l'effetto prima descritto e minimizzare le dispersioni verso l'esterno.
- Esistono diverse tipologie di collettori solari anche in relazione all'applicazione a cui sono destinati.
- Il collettore solare piano vetrato è la tipologia più diffusa.

# Principio di funzionamento di un collettore solare



Flussi termici in un collettore solare

# Principio di funzionamento di un collettore solare

## Coefficienti

$$\text{coefficiente di riflessione: } \rho = \frac{I_{rifl}}{I_0},$$

$$\text{trasmissione per rifrazione: } \tau_r = \frac{I_{rifr}}{I_0} = \frac{I_0 - I_{rifl}}{I_0} = 1 - \rho,$$

$$\text{trasmissione per assorbimento: } \tau_a = \frac{I_{tras}}{I_{rifr}},$$

## Coefficienti per la caratterizzazione delle prestazioni di un collettore solare

$$\text{trasmissione: } \tau = \frac{I_{tras}}{I_0}; \quad \text{assorbanza: } \alpha = \frac{I_{ass}}{I_0} = \frac{I_0 - I_{tras} - I_{rifl}}{I_0} = 1 - \tau - \rho.$$

Dove:

$I_0$ : radiazione incidente;  $I_{rifr}$ : rad. rifratta;  $I_{rifl}$ : rad. riflessa;  $I_{ass}$ : rad. assorbita;  $I_{tras}$ : rad trasmessa



# Principio di funzionamento di un collettore solare

Efficienza globale di un collettore

$$\eta = \frac{Q_U}{I_0}$$

$$Q_U = E_C - Q_P$$

$E_C = I_0 \cdot \tau \cdot \alpha$

$Q_P = K \cdot \Delta T$

$Q_u$  potenza termica assorbita dal fluido termovettore e in uscita dal sistema

$E_c$  radiazione totale captata

$I_0$  radiazione incidente

$Q_p$  perdite per conduzione, convezione e irraggiamento

$\Delta T$  differenza di temperatura tra piastra captante e ambiente

# Principio di funzionamento di un collettore solare

## Curva di efficienza semplificata

L'espressione del rendimento può quindi essere scritta nuovamente:

$$\eta = \frac{I_0 \cdot \tau \cdot \alpha - K \cdot \Delta T}{I_0} = \tau \cdot \alpha - \frac{K \cdot \Delta T}{I_0} = \eta_0 - \frac{K \cdot \Delta T}{I_0} = \eta_0 - K \cdot \Delta T^*$$

Questa espressione può essere trovata anche nella forma  $\eta = \eta_0 - K \cdot \Delta T^*$

$\eta_0$  = rendimento ottico

$K$  = coefficiente di perdita globale

---

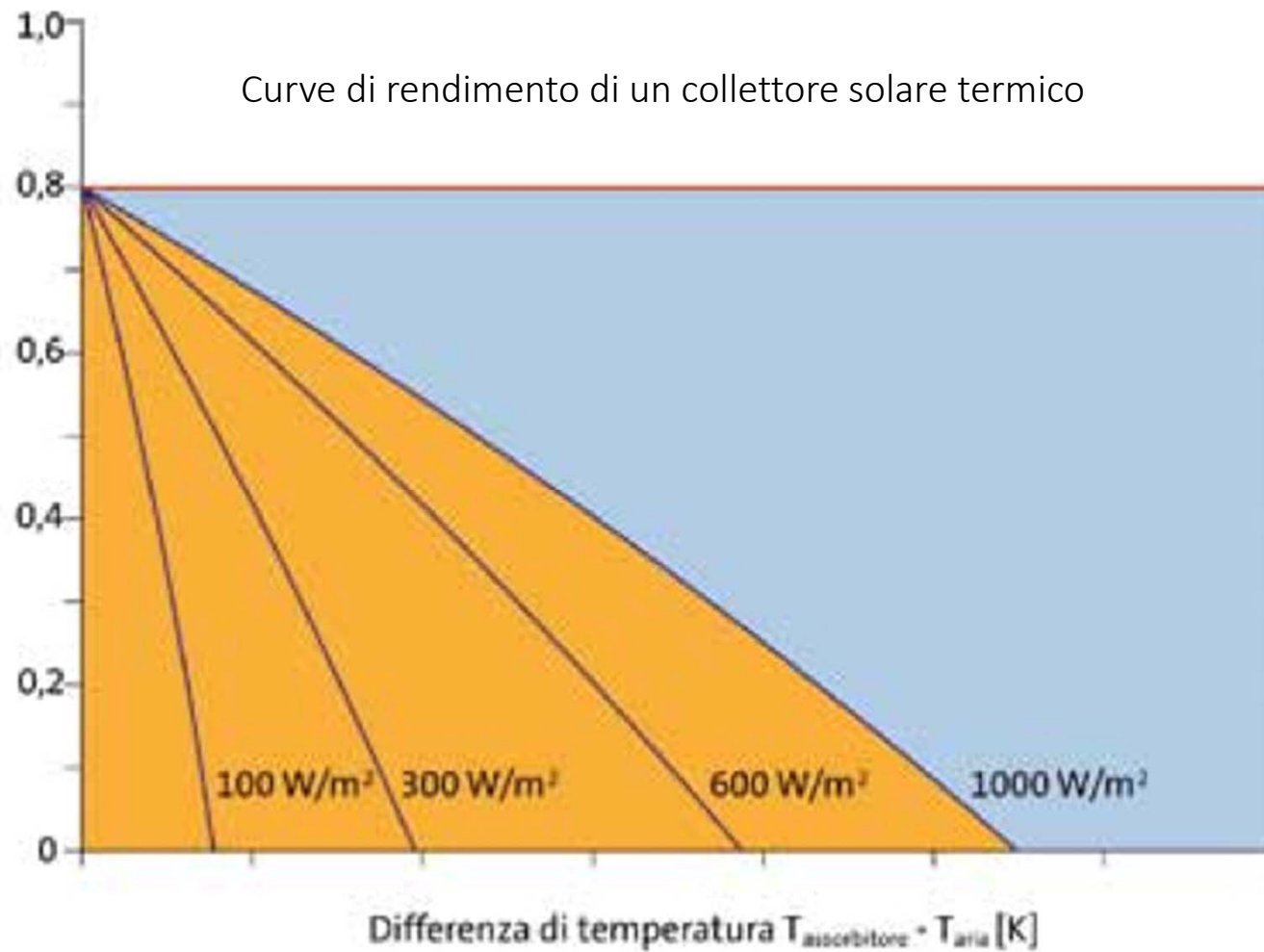
$$\eta = \eta_0 - \left( \frac{K_1 \cdot \Delta T}{I_0} \right) - \left( \frac{K_2 \cdot \Delta T^2}{I_0} \right)$$

Nel caso in cui il sistema raggiunga temperature troppo elevate non si può usare una espressione lineare

$K_1$  = coefficiente perdita lineare

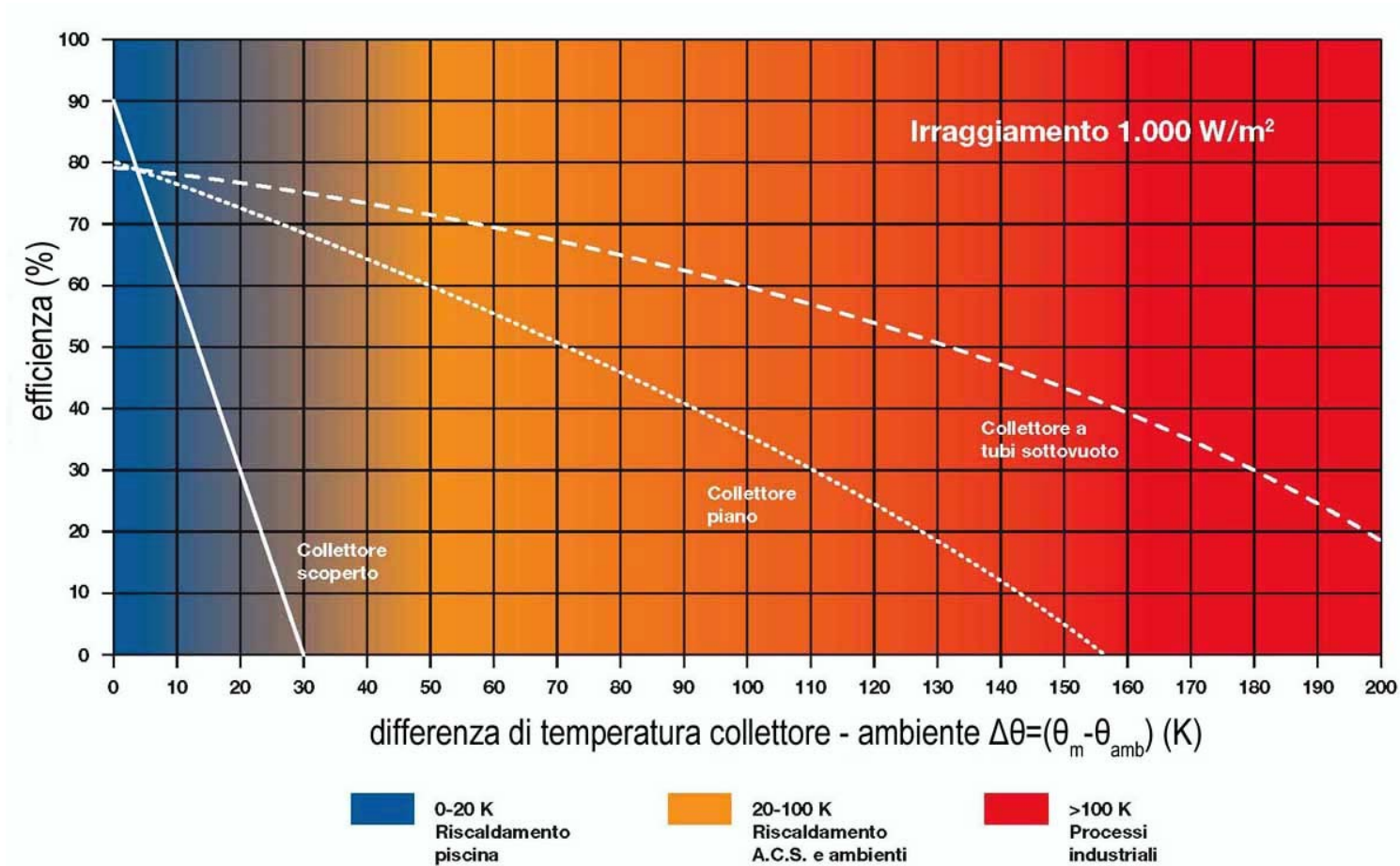
$K_2$  = coefficiente perdita quadratico

# Principio di funzionamento di un collettore solare



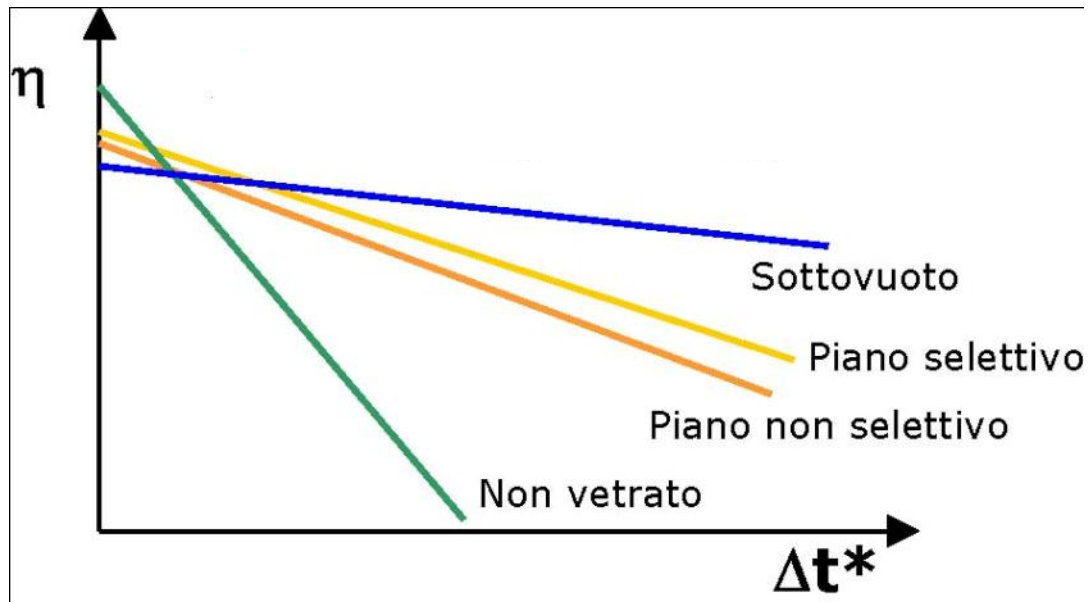
# Principio di funzionamento di un collettore solare

Curve di rendimento di collettori solari termici per tipologie e fasce di temperatura



# Principio di funzionamento di un collettore solare

Curve di rendimento di collettori solari termici per tipologie secondo la curva di efficienza semplificata



# Tipologie di collettori solari

**Collettori solari piani vetrati:** la tipologia più diffusa presente oggi sul nostro mercato.

I componenti fondamentali sono:

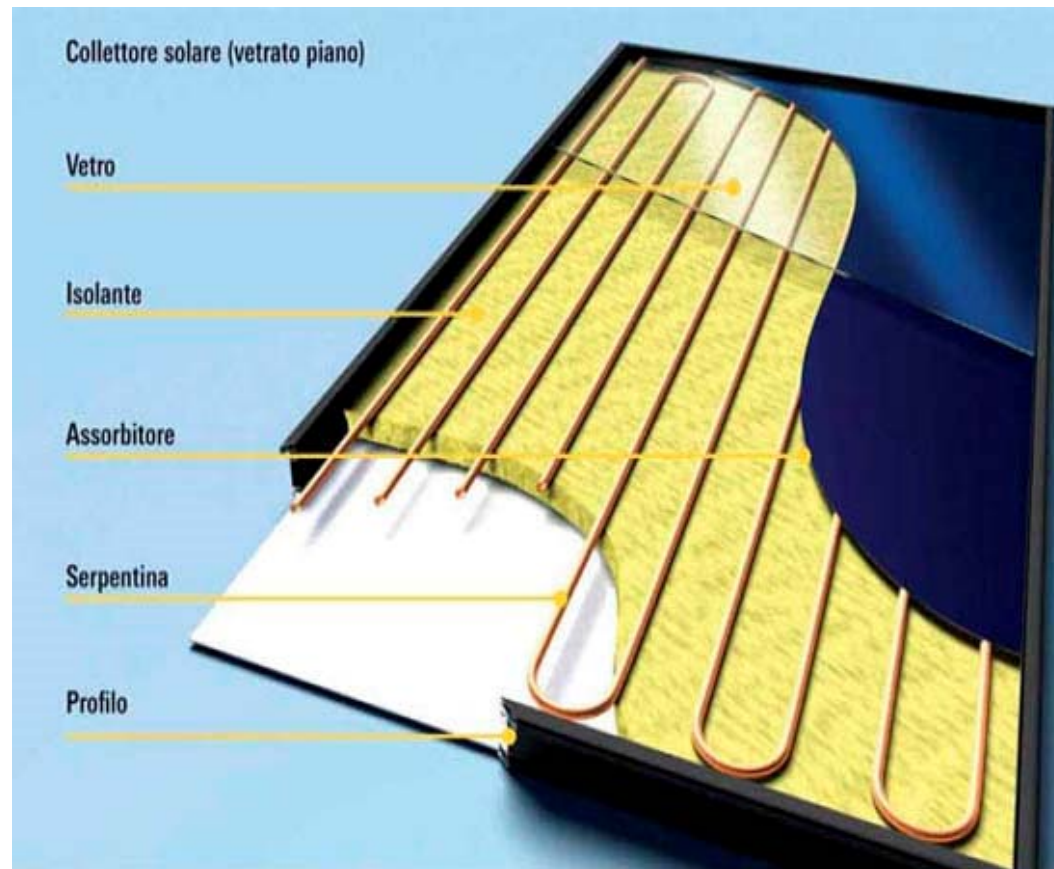
- una superficie trasparente di vetro temprato
- una serpentina di tubi in rame fissati su una piastra assorbente di colore scuro
- uno strato isolante sottostante e sui bordi del pannello costituiti da lana di roccia o poliuretano
- un sottofondo in lamiera zincata
- una struttura portante
- due connettori collocati generalmente ai lati del pannello per l'adduzione e il ritorno del fluido termovettore

**Collettori solari non vetrati:** sono realizzati in materiale plastico privi di copertura ed isolamento termico vengono utilizzati per applicazioni stagionali (riscaldamento piscine, stabilimenti balneari, ecc.).

**Collettori solari sottovuoto:** sono costituiti generalmente da elementi captanti in rame inseriti in tubi di vetro temperato sottovuoto; all'interno di tali tubi viene inserito un liquido (generalmente etere) che nel suo ciclo di evaporazione / condensazione, cede il suo calore ad un fluido termovettore che lambisce la superficie dell'evaporatore; generalmente ogni elemento ha una superficie di circa 0,1 mq.

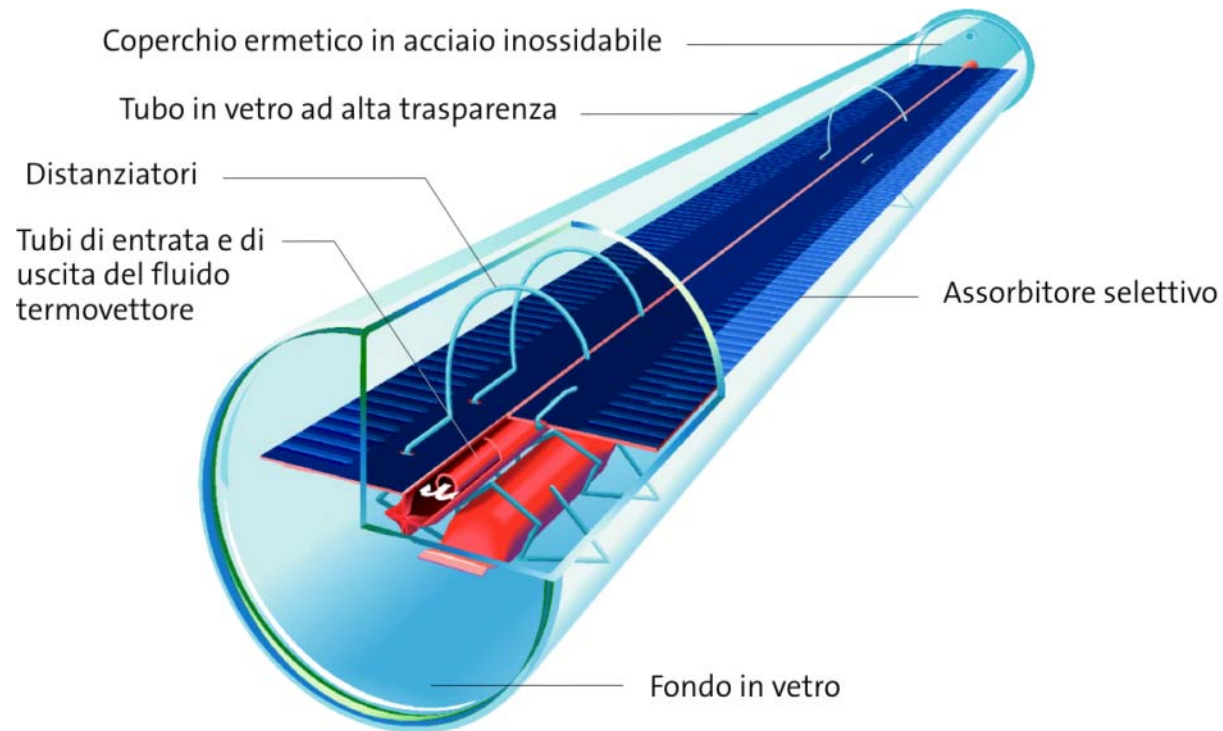
**Collettori solari con accumulo integrato:** tale tipologia, ha la particolarità di non avere un vero e proprio pannello solare, ma la superficie stessa dell'accumulo funge da collettore solare.

# Tipologie di collettori solari – piano vetrato



Componenti di un collettore piano vetrato

# Tipologie di collettori solari - sottovuoto



© www.solarpraxis.com

Struttura di un collettore **sottovuoto** (la pressione è portata a valori tipici di circa  $10^{-3}$  bar)



## Tipologie di collettori solari – non vetrati



# Collettori piani vetrati

## Tipologie realizzative

- **vetro singolo** (standard o con trattamento antiriflesso): è contraddistinto da un'ottima trasparenza e rappresenta la scelta adottata più di frequente, pur non essendo in grado di bloccare completamente le perdite per convezione;
- **vetro doppio**: diminuisce la trasparenza, ma aumenta la capacità di isolamento termico;
- **policarbonato alveolare**: è un materiale leggero, economico e resistente; è caratterizzato da ridotte perdite per convezione rispetto al singolo vetro, ma è meno trasparente. Ha un ciclo di vita più breve del collettore su cui è installato a causa della tendenza a opacizzarsi nel tempo.

<b>Vetro standard</b>		<b>Vetro antiriflesso</b>	
Assorbimento	1%	Assorbimento	1%
Riflessione superiore	4%	Riflessione superiore	1,5%
Riflessione inferiore	4%	Riflessione inferiore	1,5%
Trasmissione	91%	Trasmissione	96%

Confronto tra le prestazioni di un vetro standard e un vetro antiriflesso

# Collettori piani vetrati

## Piastra captante

Tale superficie deve possedere un elevato coefficiente di assorbimento  $\alpha$  e una bassa emissività termica, proprietà ottenute tramite trattamenti selettivi

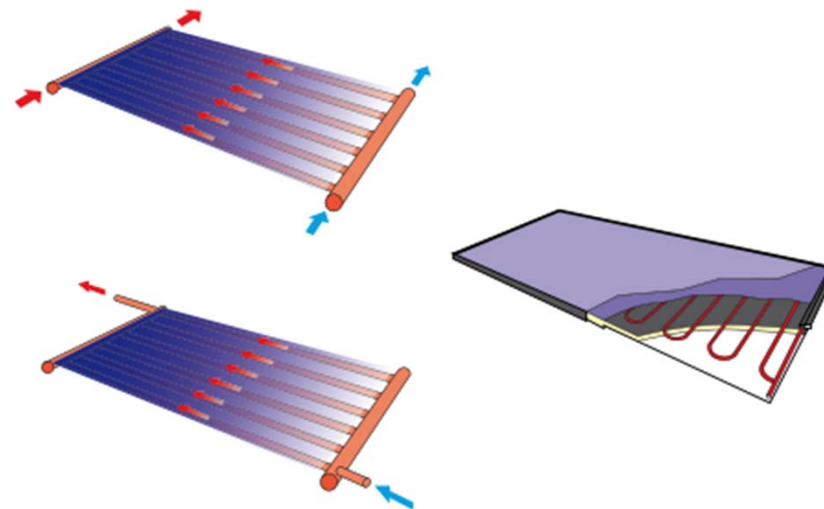
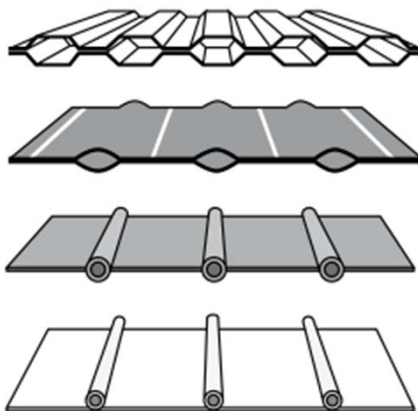
Elemento captante	Coefficiente di assorbimento
Rame non trattato	5%
Verniciatura nera	15%
Trattamento al cromo	85%
Trattamento agli ossidi di titanio	95%

*Prestazioni delle superfici captanti*

# Collettori piani vetrati

## Soluzioni costruttive attualmente presenti sul mercato

1. piastra in alluminio di tipo roll-bond;
2. lamine di alluminio entro le quali sono alloggiati i tubi in rame attraverso un processo di laminazione a elevata pressione;
3. tubi alloggiati in pressione tra due lamine metalliche;
4. sistema a “piastra e tubo”, nel quale i tubi in rame sono saldati alla piastra captante;
5. piastra captante “a libera circolazione di fluido termovettore”, realizzata da due lamine in acciaio inox saldate tra loro entro cui il fluido è libero di circolare;
6. piastra captante con serpentina.



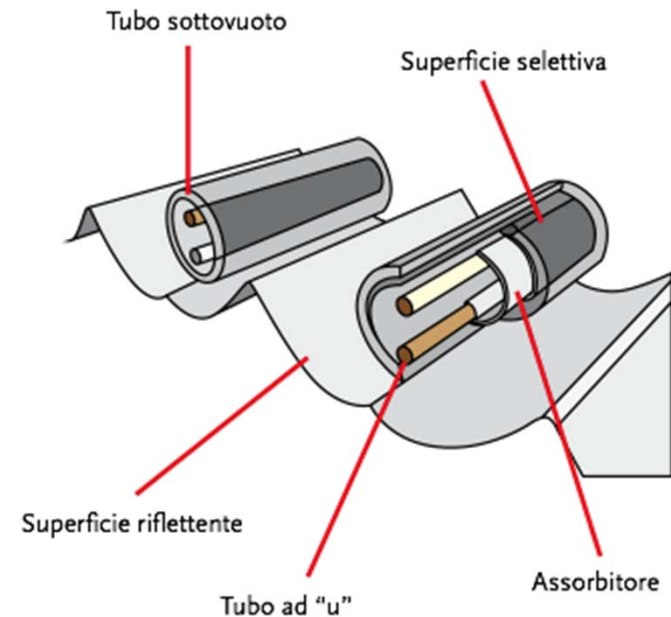
# Collettori piani vetrati

Tipologia	Vantaggi	Svantaggi
1	Buone proprietà termiche; impiego di un solo materiale con vantaggi in termini di riciclaggio a fine vita	Soggetta a corrosione dell'alluminio in corrispondenza delle connessioni con i tubi di rame del circuito primario
2	Flessibilità delle taglie realizzabili; economicità	Numerosi punti di saldatura
3	Impiego di un solo materiale con vantaggi in termini di riciclaggio a fine vita	Alti costi di produzione
4	Grande flessibilità nelle dimensioni e nella portata di fluido	Trasmissione di calore non ottimale
5	Buona trasmissione di calore al fluido	Pesante; elevata inerzia termica
6	Solo due punti di saldatura nel sistema dei tubi	Elevate perdite di carico

Vantaggi e svantaggi delle diverse disposizioni

# Collettori Sottovuoto – a circolazione diretta

- Tubi coassiali: il fluido termovettore scorre all'interno di due tubi coassiali: andando dall'estremità superiore a quella inferiore del collettore, esso scorre nel tubo più interno; giunto alla base del collettore, viene fatto circolare nell'intercapedine presente tra i due tubicini.
- Circolazione in un tubo a "u" con inversione del moto in corrispondenza dell'estremità inferiore del collettore

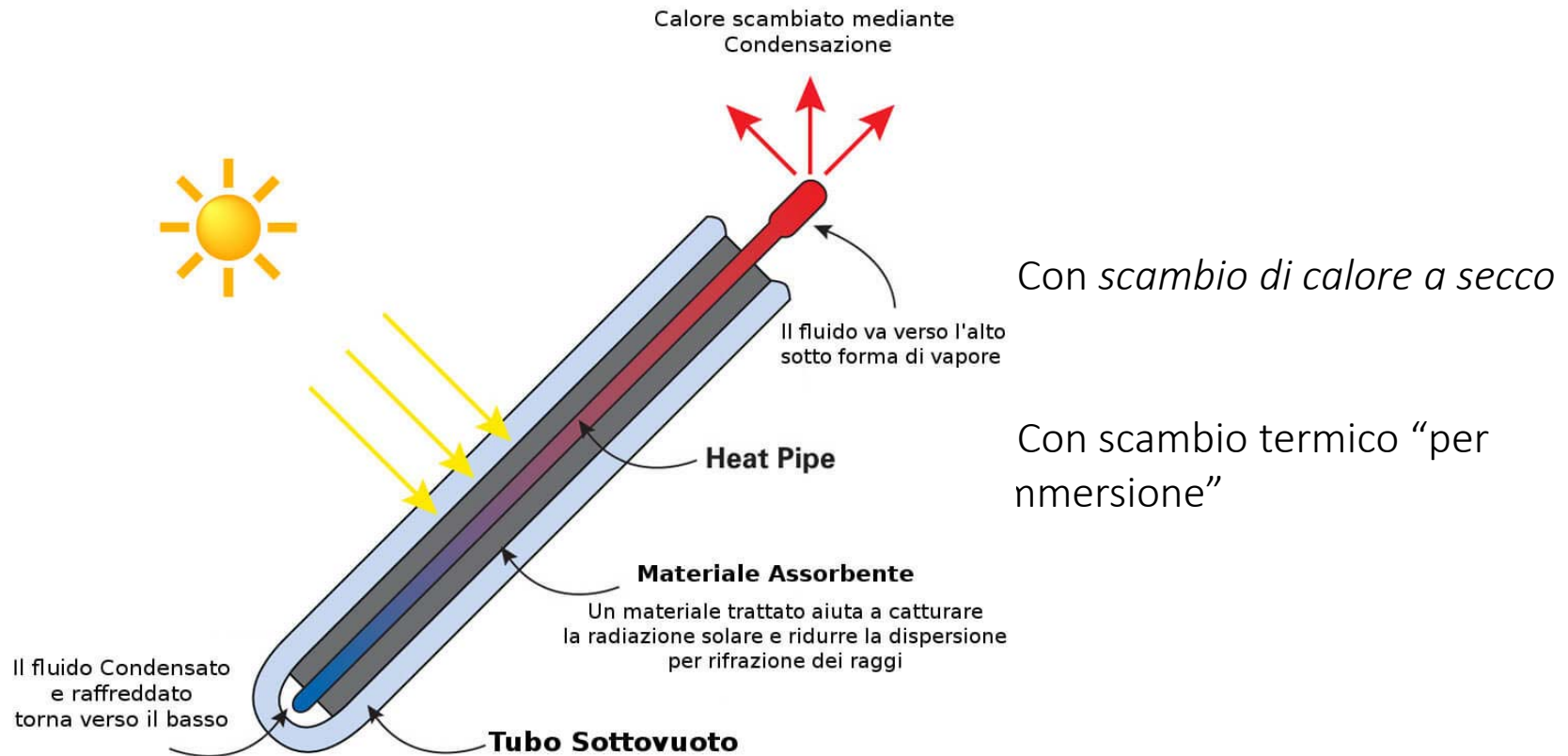


Esempio di collettore a "u" modello *Sydney*



# Collettori Sottovuoto – Heat Pipe

## Collettori Heat Pipe



# Collettori Sottovuoto

## Vantaggi:

- l'efficienza si mantiene elevata anche quando le differenze di temperatura rispetto all'ambiente esterno sono elevate;
- in condizioni di irraggiamento contenuto, come nei mesi invernali, vengono raggiunti comunque alti livelli di efficienza;
- il fluido del circuito secondario può essere portato a temperature elevate dal fluido termovettore (anche superiori ai 200 °C): ciò consente di utilizzare l'impianto per il riscaldamento invernale e il raffrescamento estivo degli ambienti e anche per la generazione di vapore;
- nel caso di collettori a circolazione diretta, il sistema può essere montato orizzontalmente su un tetto piano, riducendo i problemi di ancoraggio e, di conseguenza, i costi di installazione;
- elevata facilità di trasporto in qualunque sito.

## Svantaggi:

- alti costi di installazione, superiori a quelli relativi ai collettori solari piani;
- nel caso degli heat pipe, l'inclinazione minima di installazione deve essere di 25°.



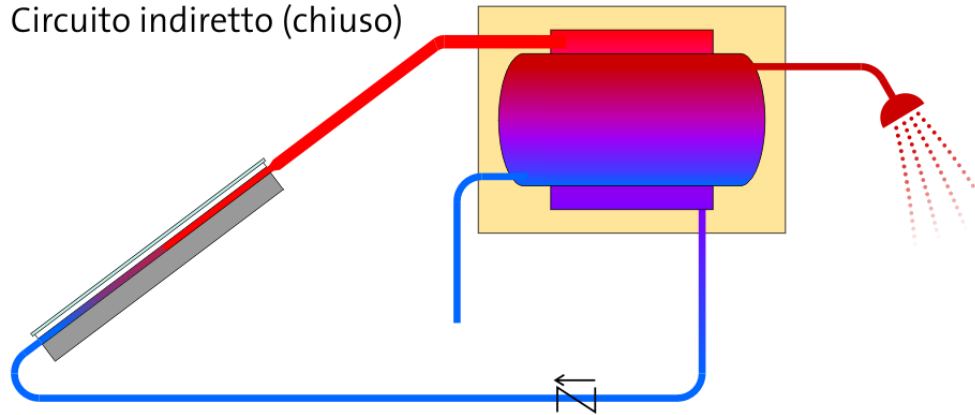
# Tipologie di impianti solari termici

- **Sistema Aperto:** il fluido che circola all'interno del collettore è la stessa acqua che, raggiunta la temperatura richiesta, viene inviata all'utenza.
- **Sistema Chiuso:** vi sono due circuiti separati: quello solare, in cui scorre il fluido termovettore, e il circuito per l'acqua calda da inviare all'utenza.
- **Impianto a circolazione naturale**
- **Impianto a circolazione forzata**

# Tipologie di impianti solari termici

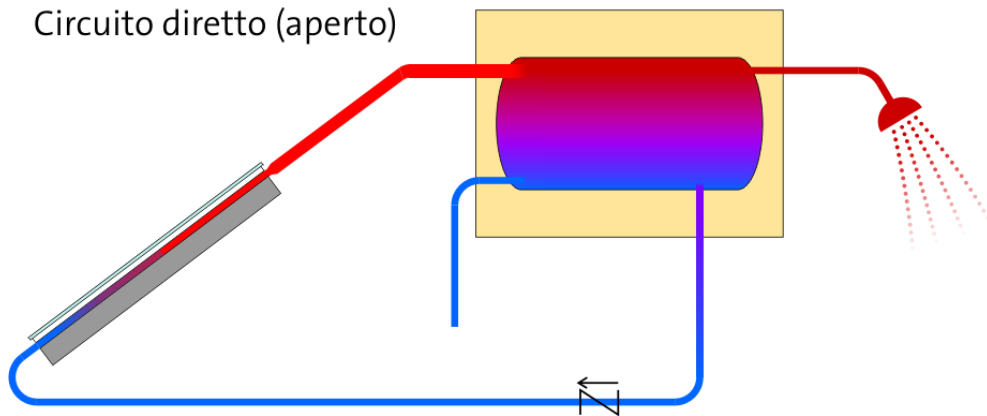
distinzione per tipo di circuito

Circuito indiretto (chiuso)



Acqua di rete e fluido termovettore sono distinti

Circuito diretto (aperto)

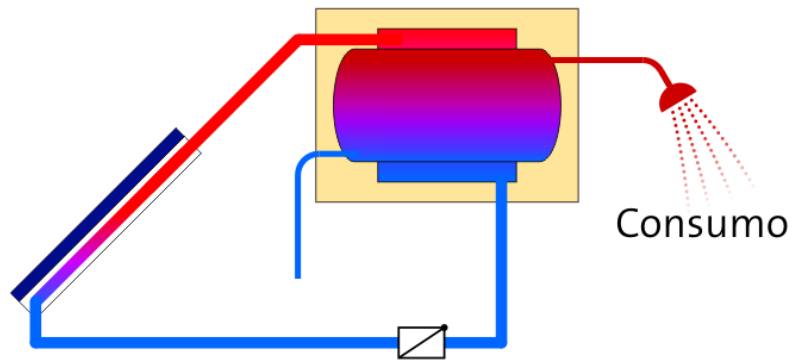


L' acqua di rete entra in circolo, si scalda, e viene poi inviata all'utenza

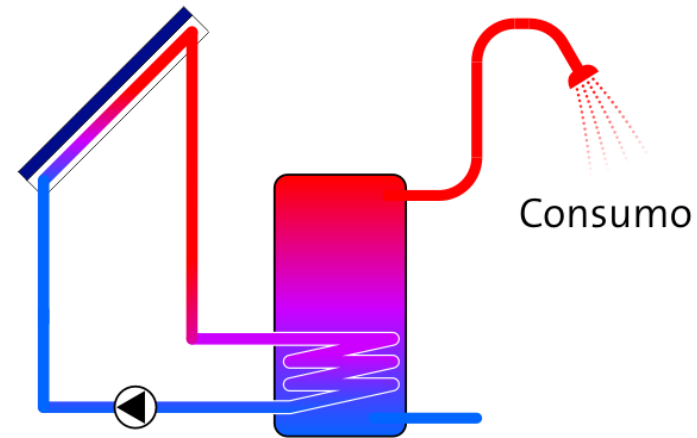
# Tipologie di impianti solari termici

distinzione per tipo di circolazione

Circolazione naturale

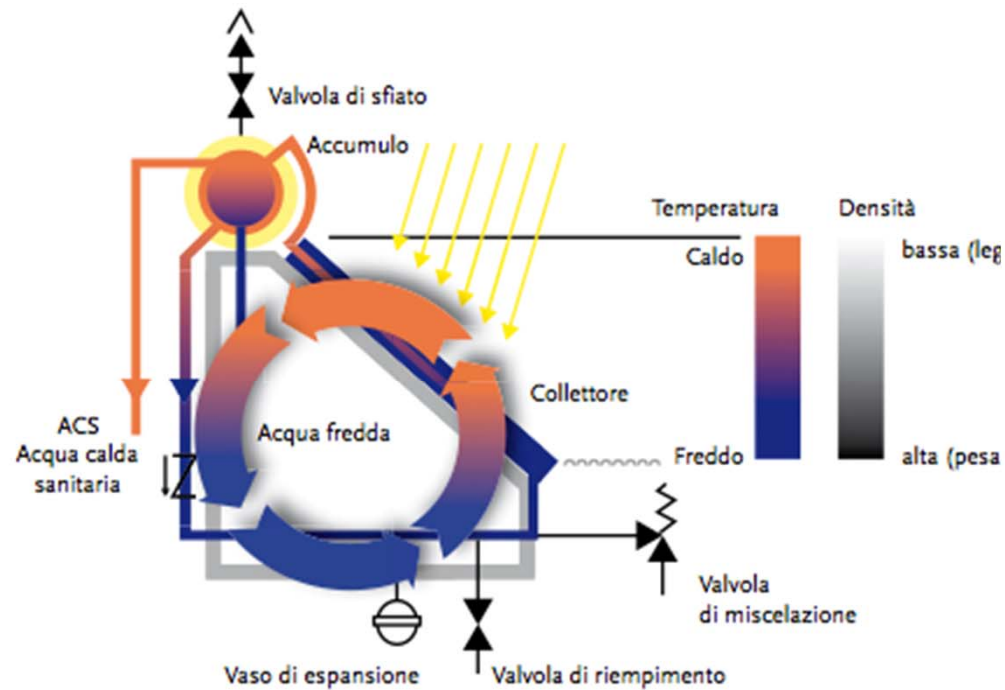


Circolazione forzata

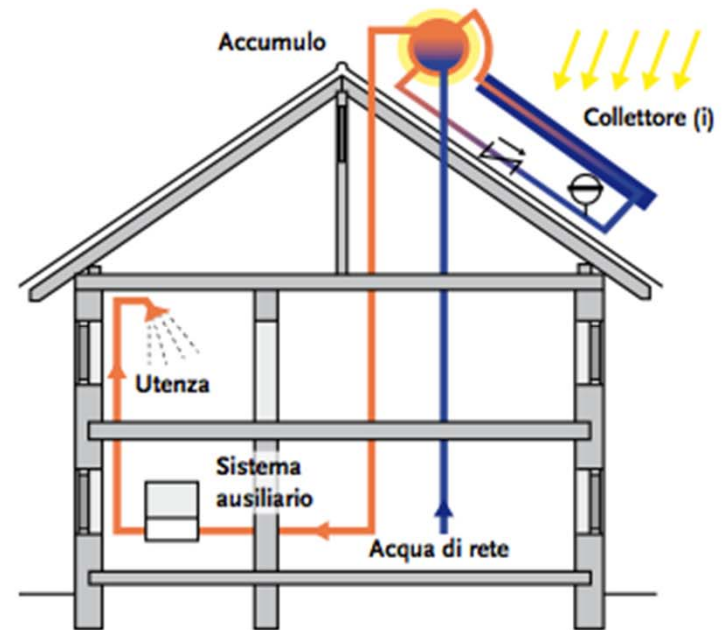


# Tipologie di impianti solari termici

## Impianti a circolazione naturale



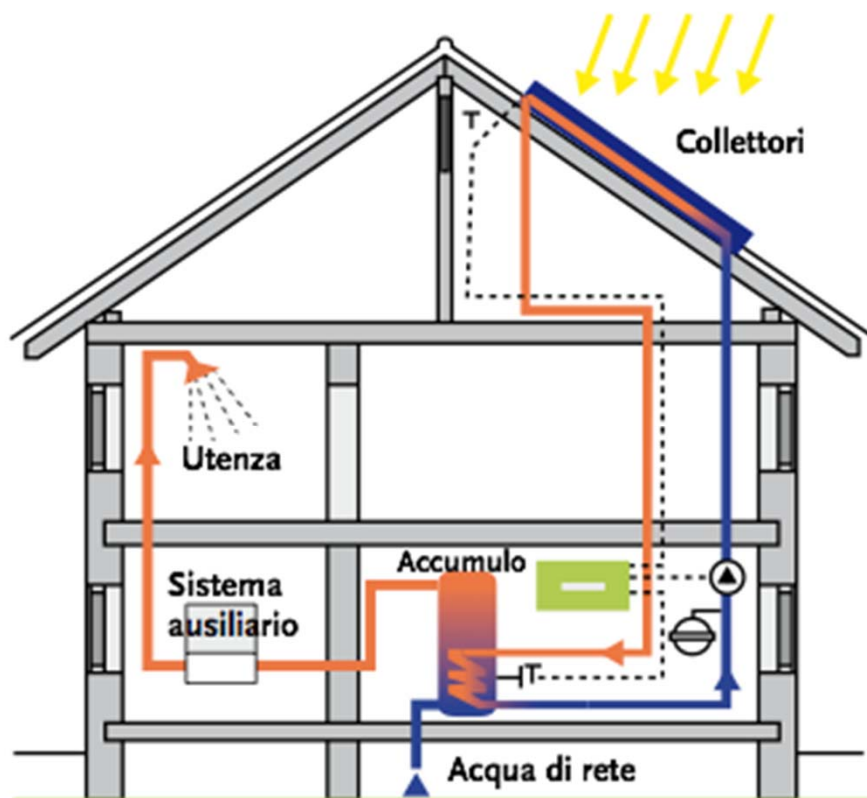
*Funzionamento di un impianto a circolazione naturale*



*Schema di impianto per la sola produzione di ACS*

# Tipologie di impianti solari termici

## Impianti a circolazione forzata

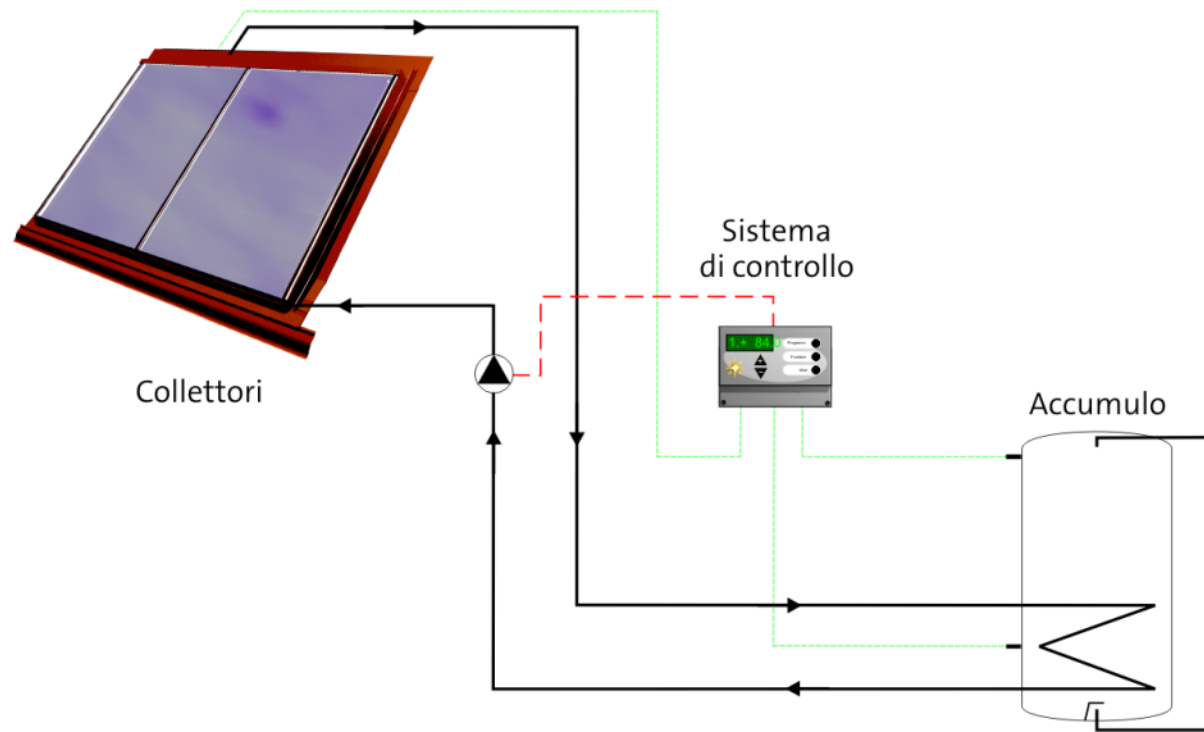


- il posizionamento dei collettori è completamente svincolato da quello dei serbatoi
- Serbatoi di accumulo all'interno degli edifici in posizione verticale
- Perfetta integrazione architettonica

*Impianto a circolazione forzata per la sola produzione di ACS*

# Tipologie di impianti solari termici

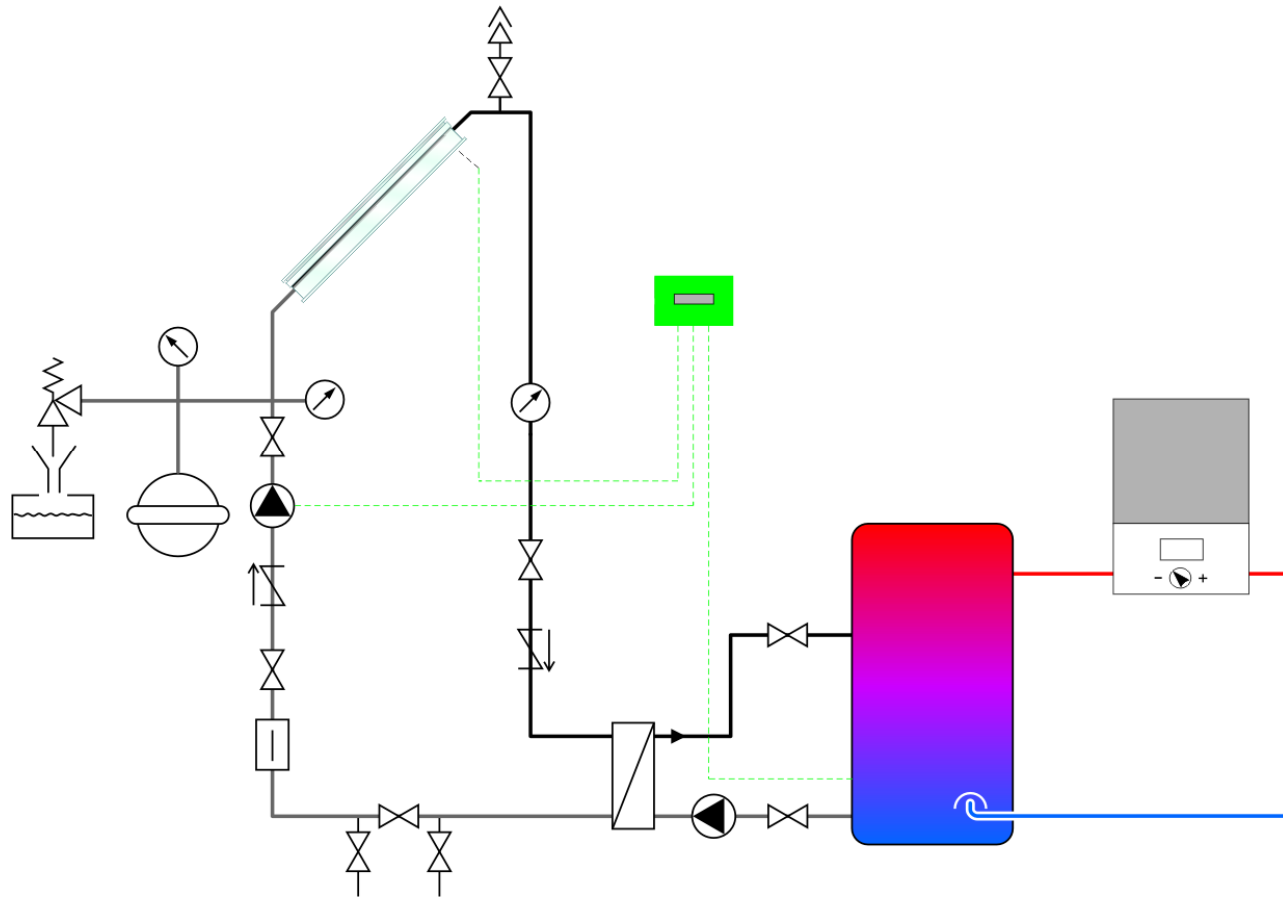
Sistema di controllo per impianti a circolazione forzata



© www.solarpraxis.com

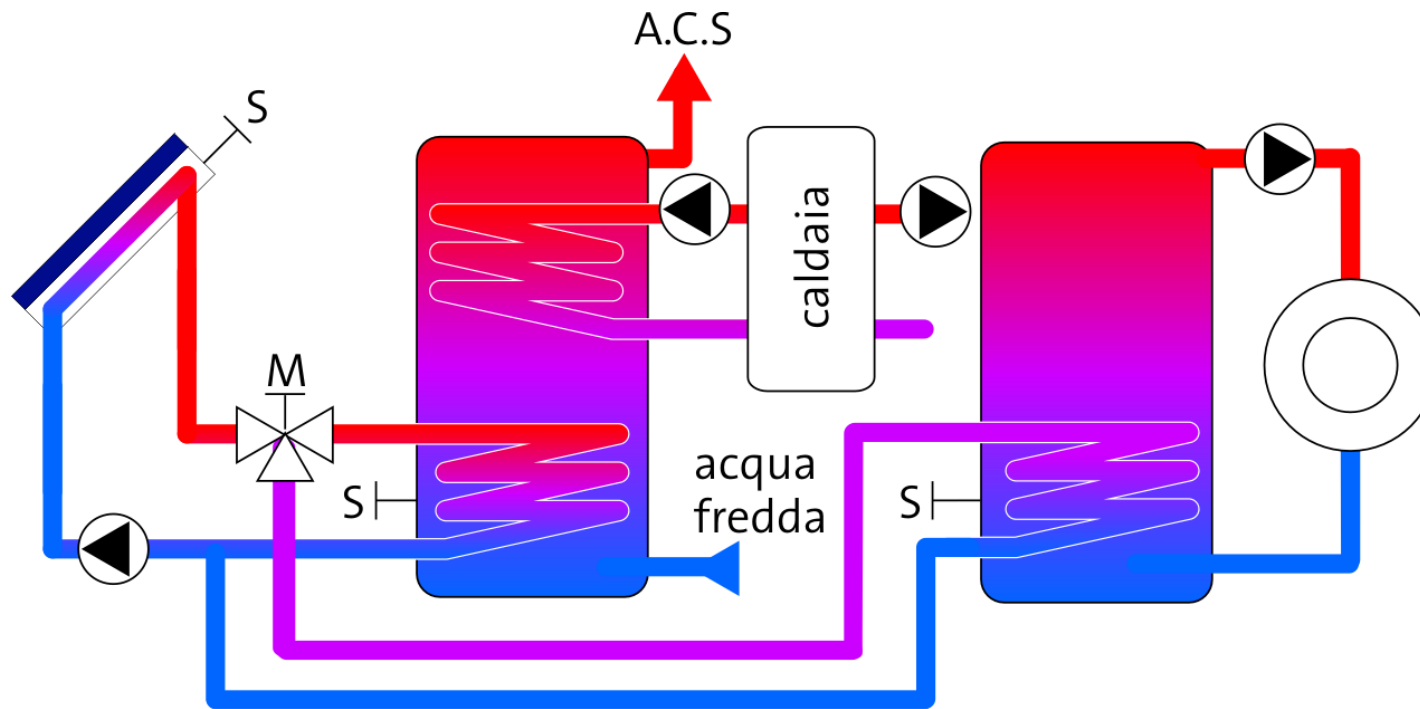
# Tipologie di impianti solari termici

Configurazione indiretta a circolazione forzata



# Tipologie di impianti solari termici

Configurazione indiretta con due accumuli e sistema ausiliario

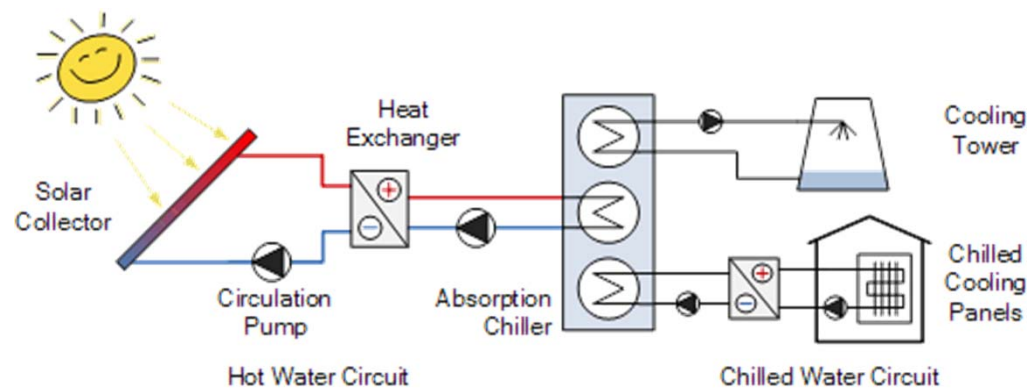


© www.solarpraxis.com

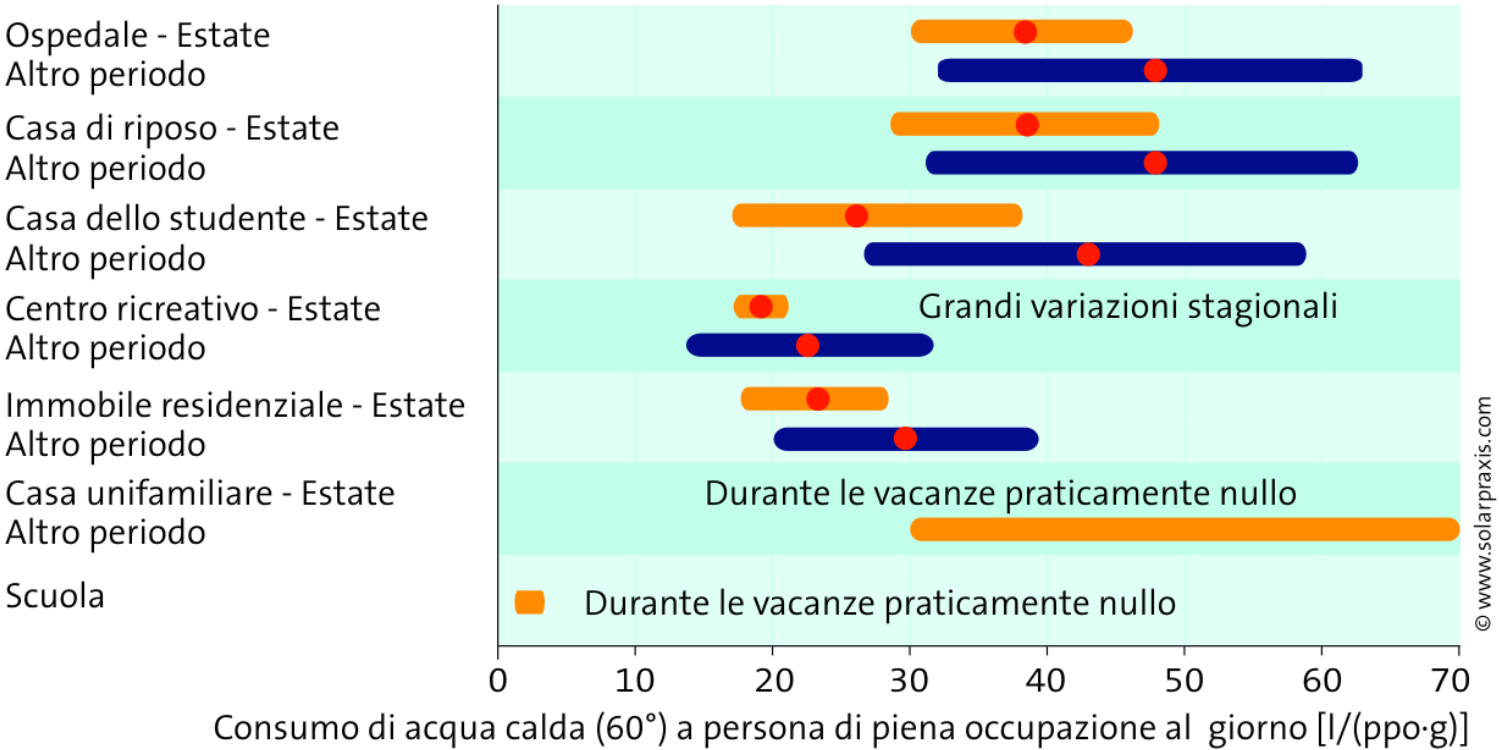


# Usi più diffusi del solare termico

- Produzione di ACS
- Produzione di ACS e riscaldamento invernale degli ambienti
- Raffrescamento estivo degli ambienti



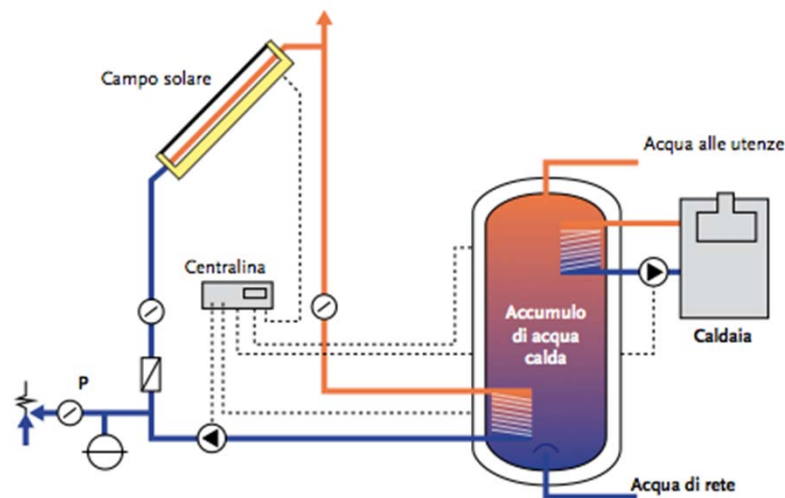
# Usi del solare termico – consumo medio di ACS



Periodi estivi di basso carico      ● Punto chiave      ■ Campo di variazione

# Usi del solare termico – produzione ACS

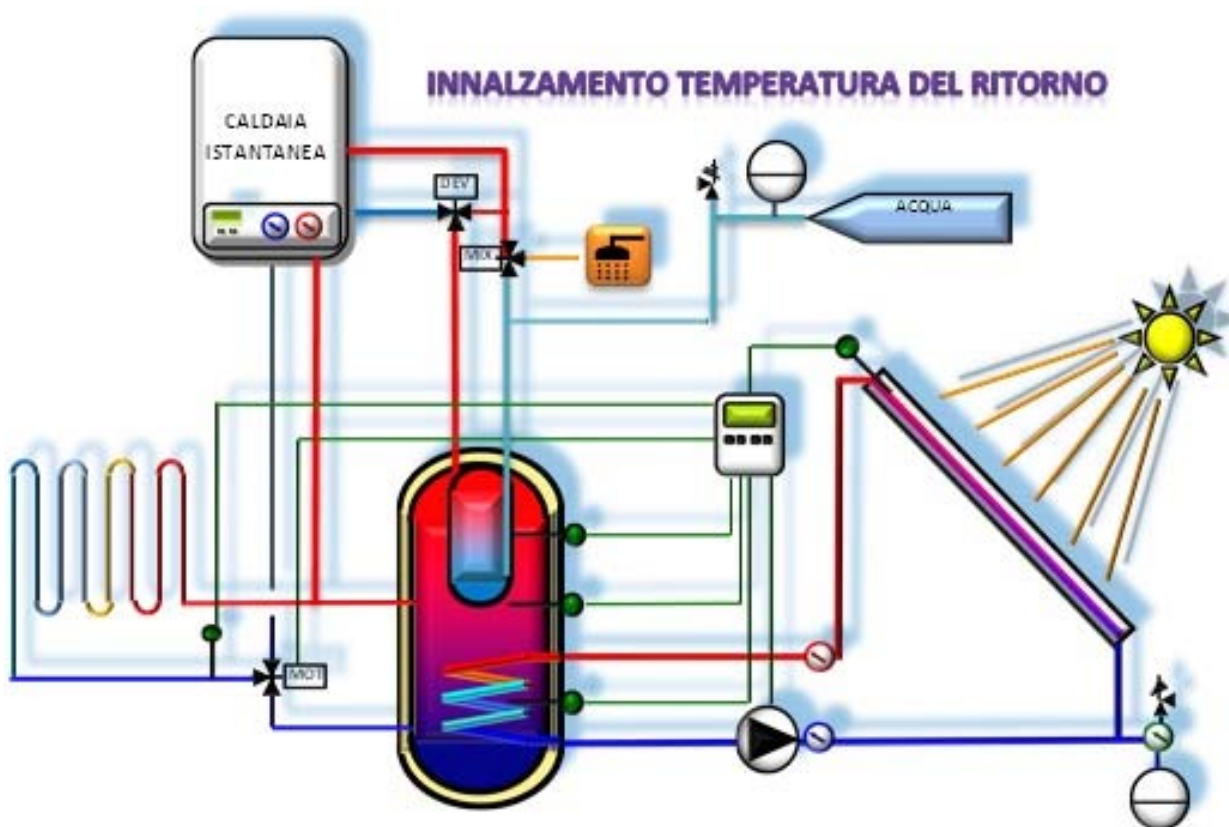
- Circolazione naturale: l'acqua in uscita dal serbatoio di accumulo viene fatta passare all'interno del sistema ausiliario, solitamente una caldaia a metano, che provvede, se la temperatura del fluido è inferiore a quella richiesta dall'utenza, a fornire la potenza termica necessaria.
- Circolazione forzata: All'interno del serbatoio di accumulo del sistema idraulico, nella parte alta, viene inserito un secondo scambiatore collegato alla caldaia



*Impianto a circolazione forzata a doppio scambiatore*

# Usi del solare termico – ACS + riscaldamento

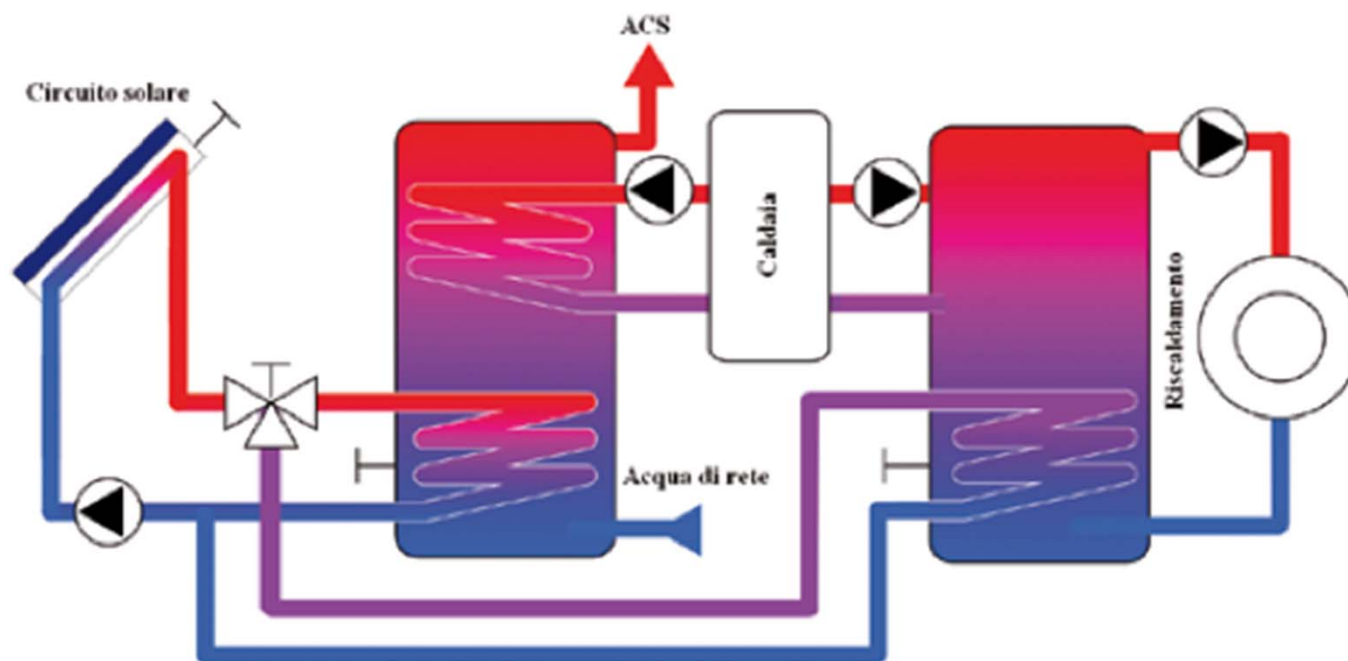
Configurazione *Tank in tank*



# Usi del solare termico – ACS + riscaldamento

Produzione di ACS e riscaldamento invernale degli ambienti

*Configurazione a doppio serbatoio*

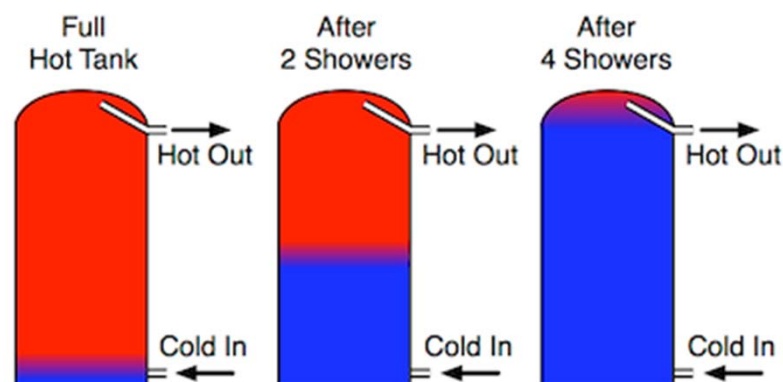


# Usi del solare termico – ACS + riscaldamento

## Produzione di ACS e riscaldamento invernale degli ambienti

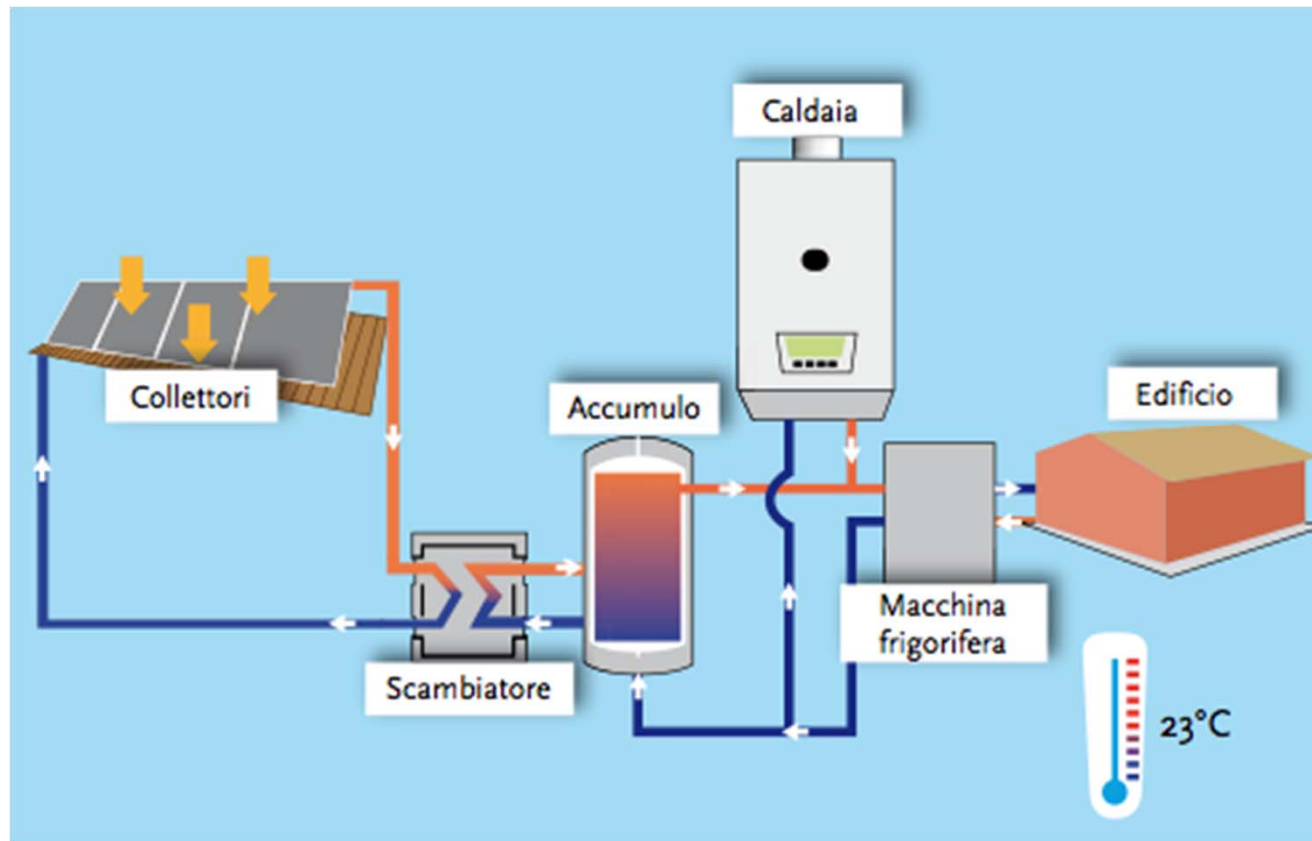
*Configurazione con serbatoi a stratificazione controllata:*

Occorre assicurare che l'acqua calda proveniente dal circuito solare e quella fredda proveniente dalle tubazioni di ritorno si inseriscano al livello di stratificazione il più possibile vicino alla propria temperatura. Il calore ausiliario viene fornito nella parte alta del serbatoio, mentre l'ACS è portata in temperatura attraverso uno scambiatore esterno regolato da una pompa che opera a velocità controllata.



# Usi del solare termico – raffrescamento estivo

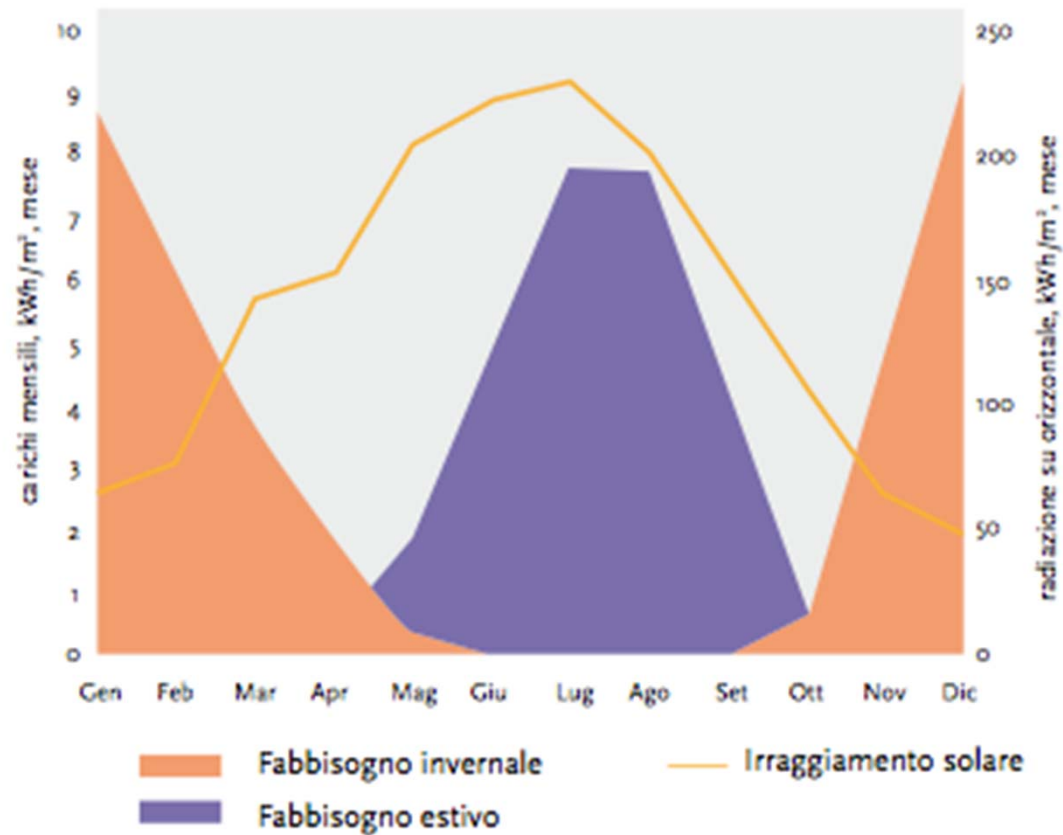
## Raffrescamento estivo degli ambienti



*Schema di impianto per il raffrescamento estivo*

# Dimensionamento di un impianto

## Il campo solare



*Esempio di fabbisogno termico di un'utenza*



# Elementi per il dimensionamento di un impianto

## Scambiatori di calore

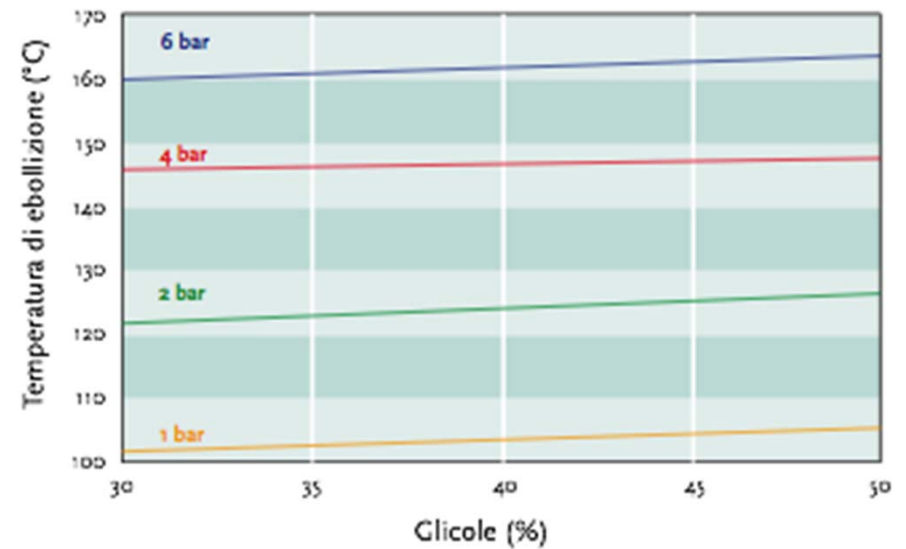
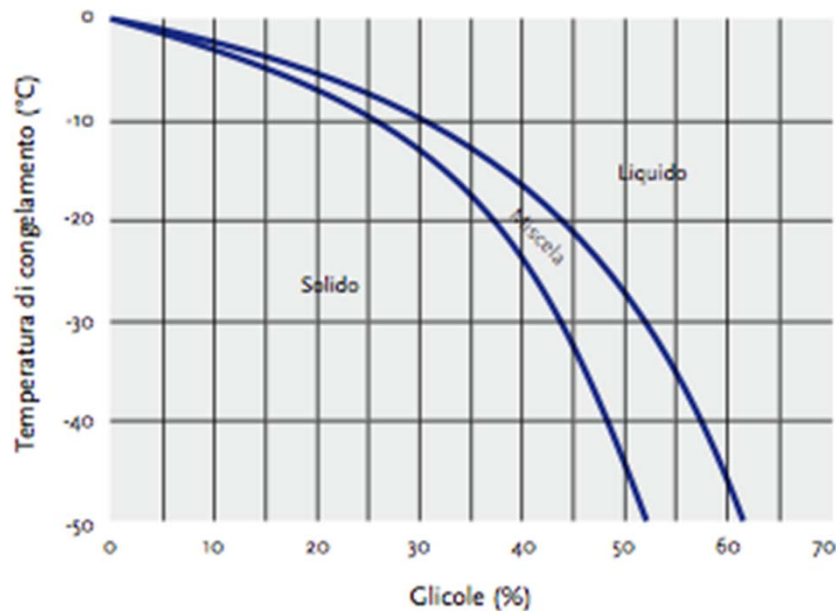
Dimensionamento:

- Pressione minima di esercizio di almeno 6 bar
- Temperatura massima di esercizio di 120°
- Lo scambiatore di calore del circuito solare deve essere scelto per smaltire la potenza termica proveniente dal campo di collettori nelle condizioni di massimo irraggiamento (1000 W/m<sup>2</sup>)
- Garantire un adeguato trasferimento di calore nei momenti di massimo prelievo, quando, ad esempio, è in funzione anche il sistema ausiliario (caldaia)
- Geometria costruttiva, le modalità di installazione e il posizionamento nel locale tecnico degli scambiatori devono essere tali da consentirne un'agevole pulizia e la rimozione del calcare

# Elementi per il dimensionamento di un impianto

## Fluido termovettore

Miscela di acqua e glicole: La percentuale di glicole all'interno della miscela dipende dal clima del sito in cui viene installato l'impianto: più le temperature minime invernali sono rigide, maggiore dovrà essere la sua frazione



Temperature di congelamento e di ebollizione della soluzione

# Pannelli solari per la produzione di ACS

A questo scopo i collettori termici possono essere inseriti in due tipologie di impianti:

sistemi a circolazione naturale e a circolazione forzata.

Entrambi i sistemi, pur presentando sostanziali differenze dal punto di vista impiantistico, sono la soluzione ideale per coprire su base annua una percentuale del fabbisogno termico per usi domestici fino a punte del 70-80%, mentre nel periodo estivo la copertura è pressoché totale.



# Pannelli solari per il riscaldamento degli ambienti

Affinché un sistema solare con collettori termici, oltre che fornire l'acqua calda sanitaria, integri anche il riscaldamento di una casa, è importante sapere che:

1. è necessario che l'abitazione sia dotata di un **sistema di riscaldamento a bassa temperatura**, realizzato solitamente tramite i cosiddetti pannelli radianti (tubi sotto il pavimento o nelle pareti in cui scorre acqua a 30-35°C).
2. la copertura percentuale del fabbisogno di energia termica richiesta per il riscaldamento della casa è tanto maggiore quanto più grande è la superficie dei pannelli solari e la dimensione del serbatoio. **Non è normalmente possibile riscaldare una casa al 100% con i pannelli termici**: una caldaia è sempre necessaria, ma la presenza dell'impianto solare permette un consumo molto minore di gas o gasolio.

# Pannelli solari per il riscaldamento degli ambienti

Il serbatoio solare (A) contiene al suo interno (a “bagnomaria”) un secondo serbatoio a forma di fungo, contenente l’acqua destinata agli usi sanitari.

L’acqua in cui è immerso il serbatoio “a fungo” va invece nei tubi del riscaldamento a pavimento (B), riuscendo a riscaldare gli ambienti. Quando il sistema solare non è sufficiente interviene la caldaia tradizionale, che in ogni caso consumerà molto meno gas o gasolio.



# Pannelli solari per il riscaldamento degli ambienti

**Perché i sistemi termici vanno abbinati a sistemi a bassa temperatura?**

I pannelli solari garantiscono la produzione di acqua calda ad una temperatura media, perfetta per i sistemi radianti a bassa temperatura.

I sistemi radianti a pavimento, a parete o a battiscopa sono molto più efficienti di quelli a temperatura ben più alta che sono solitamente presenti nella maggior parte delle case italiane (termosifoni a parete, termoconvettori o fancoil).

L'aumento della superficie di scambio termico (centinaia di metri di tubo sotto i pavimenti o dietro i muri) consente infatti l'utilizzo di acqua a 30°-35°C (rispetto ai soliti 60°-70°C tipici dei termosifoni).

# Pannelli solari per il riscaldamento delle piscine

I pannelli solari possono essere impiegati anche per riscaldare l'acqua di piscine esterne o coperte.

Grazie a questa soluzione è possibile utilizzare l'acqua calda prodotta dai collettori termici anche per rendere più piacevole la temperatura dell'acqua della piscina, oltre che per i normali usi sanitari (doccia, cucina, lavatrice, ecc.).

Nel caso delle piscine esterne i sistemi solari termici permettono un ampliamento del periodo di utilizzo e qualche grado in più nell'acqua (sempre apprezzati).

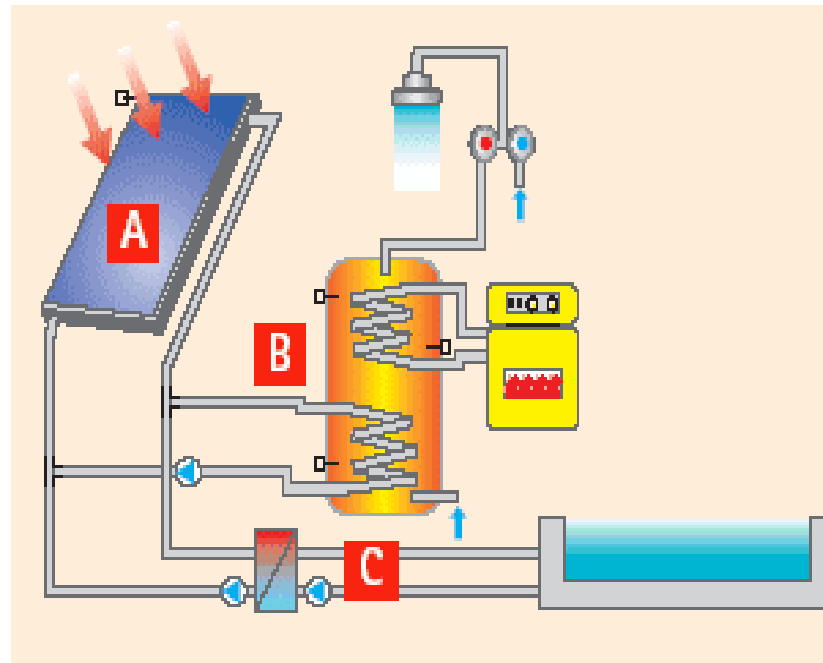
Inoltre, i risparmi economici ottenibili sono estremamente interessanti perché il fabbisogno termico delle piscine (soprattutto quelle al coperto) è enorme.



# Pannelli solari per il riscaldamento delle piscine

Un sistema di riscaldamento delle piscine può essere anche più complesso e prevedere uno schema di impianto con accumulo e caldaia ausiliaria.

Il liquido (acqua e antigelo) che si scalda passando nei pannelli solari (A), si dirige prima di tutto nella serpentina interna al serbatoio dell'acqua calda sanitaria (B) e, quando è stata raggiunta la temperatura desiderata, va in uno scambiatore (C) dove, per contatto, avviene il trasferimento di calore dal liquido "solare" all'acqua della piscina che attraversa lo stesso scambiatore.





## Osservazioni generali

Per avere il miglior rapporto tra costi e benefici, un impianto solare viene di norma dimensionato per coprire quote percentuali intorno al **60-90%** del fabbisogno annuo di acqua calda sanitaria. La quota non coperta dal solare viene fornita da un sistema convenzionale (caldaia a gas e simili) oppure da una resistenza elettrica.

Per ragioni analoghe, cioè per evitare problemi di sovradimensionamento, la quota di fabbisogno termico per il riscaldamento, che può essere coperta in modo ottimale dall'impianto solare, si aggira intorno al 15-40%.

## Note sul dimensionamento

Al fine di un corretto dimensionamento, è fondamentale stimare la quantità di acqua calda di cui abbiamo bisogno giornalmente. Il **fabbisogno minimo giornaliero di acqua calda sanitaria**, per il settore residenziale, è stimato attorno ai **50-75 litri a persona**.

Questa richiesta può essere soddisfatta da una superficie di circa **1 m<sup>2</sup>** di collettori piani vetrati di media efficienza. Una superficie analoga di collettori è sufficiente per riscaldare 10 m<sup>2</sup> di un edificio dotato di sistemi di riscaldamento a bassa temperatura, tipicamente a pannelli radianti.

Se invece si scelgono collettori sottovuoto, le superfici necessarie, a parità di prestazioni, sono inferiori.

Negli **impianti combinati**, al fine di ottenere un'integrazione del riscaldamento del 30%, la **superficie** totale di pannelli è **circa doppia** rispetto a quella necessaria per la produzione di sola acqua calda sanitaria.

## Note sul dimensionamento

### PANNELLI sottovuoto

ZONA GEOGRAFICA	produrre 50 litri/giorno di ACS a 45°	produrre acqua calda per il riscaldamento di 10 m <sup>2</sup> di superficie
Italia del <b>Nord</b>	0,9 m <sup>2</sup>	0,9 m <sup>2</sup>
Italia del <b>Centro</b>	0,7 m <sup>2</sup>	0,7 m <sup>2</sup>
Italia del <b>Sud</b>	0,5 m <sup>2</sup>	0,5 m <sup>2</sup>

### PANNELLI Vetrati

ZONA GEOGRAFICA	produrre 50 litri/giorno di ACS a 45°	produrre acqua calda per il riscaldamento di 10 m <sup>2</sup> di superficie
Italia del <b>Nord</b>	1,2 m <sup>2</sup>	1,0 - 1,2 m <sup>2</sup>
Italia del <b>Centro</b>	1,0 m <sup>2</sup>	0,8 - 1,0 m <sup>2</sup>
Italia del <b>Sud</b>	0,8 m <sup>2</sup>	0,6 - 0,8 m <sup>2</sup>

## Note sul dimensionamento

Nel caso di sistemi a circolazione naturale monoblocco, in cui serbatoio d'accumulo e collettore costituiscono un'unità inseparabile, il **volume dell'accumulo** di acqua calda è **già ottimizzato** rispetto alla superficie corrispondente di pannelli. Sul mercato si trovano impianti a circolazione naturale già dimensionati e dotati di tutti i componenti, sotto forma di "kit" pronti per essere installati.

Anche i sistemi a circolazione forzata vengono spesso commercializzati in kit predimensionati, completi di collettori, serbatoio e accessori; in questo caso il serbatoio è già dimensionato sulla superficie dei pannelli e per il tipo di utilizzo del calore.

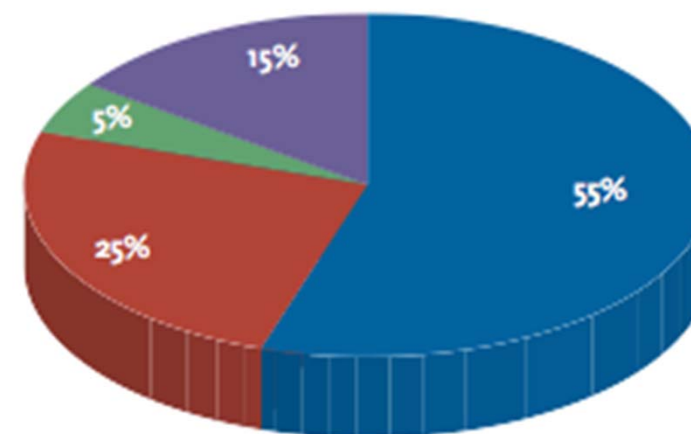
I kit di norma sono adatti per utilizzi domestici in abitazioni monofamiliari, mentre per gli impianti più grandi il dimensionamento deve essere fatto su misura in fase di progettazione.

Per gli impianti in cui il serbatoio d'accumulo viene scelto e installato separatamente dal collettore, occorre un'attenta valutazione. Vanno calcolati 50-75 litri d'accumulo di acqua calda sanitaria a persona. A questi, nel caso l'impianto sia predisposto per il riscaldamento, vanno aggiunti circa 50 litri di accumulo per ogni m<sup>2</sup> di collettori vetrati (la superficie è inferiore in caso di collettori sottovuoto).

# Un'idea dei costi

Le installazioni su edifici in costruzione o ristrutturazione consentono risparmi medi del 20% rispetto a installazioni analoghe eseguite su edifici esistenti.

In questo secondo caso, si può risparmiare sul prezzo finale dell'impianto scegliendo di installarlo in fase di rifacimento dell'impianto termico.



Ripartizione  
percentuale dei  
costi d'impianto



Il costo annuo di manutenzione è in generale abbastanza basso: normalmente, si stima in circa il 2,5% del costo d'impianto

# Costi

- Costi di adattamento del circuito solare, nel caso in cui l'impianto si allacci a una rete idrica già esistente
- Costi di installazione e di progettazione
- Costi di manutenzione straordinaria, dovuti alla sostituzione di qualche componente

Il costo annuo di manutenzione è in generale abbastanza basso: normalmente, si stima in circa il 2,5% del costo d'impianto

# Costi

Per impianti di piccole dimensioni, a parità di superficie installata, la scelta più economica è sicuramente quella di un sistema a **circolazione naturale**, con pannelli piani vetrati.

Per un impianto di questo tipo, il costo di **1 m<sup>2</sup> installato**, comprensivo di accumulo e di tutti i componenti, può andare indicativamente **dai 400 € agli 800 €**.

I sistemi a **circolazione forzata**, invece, risultano più convenienti per impianti di dimensioni maggiori, con una superficie di pannelli di almeno 4-5 m<sup>2</sup>. Per le installazioni residenziali (fino a 8-10 m<sup>2</sup>) con collettori piani vetrati, il loro costo oscilla **tra gli 800 € e i 1.100 € per ogni m<sup>2</sup> installato**, comprensivo di accumulo e componenti.

# Costi

Nel caso si scelgano pannelli sottovuoto bisogna calcolare, a parità di superficie installata, costi superiori di circa il 50%.

I prezzi unitari (per m<sup>2</sup> installato) dei pannelli solari diminuiscono all'aumentare della superficie installata, senza che l'efficienza ne sia penalizzata.

Questo perché anche il solare termico, alla pari delle altre tecnologie rinnovabili, beneficia **dell'economia di scala**; il risparmio economico è particolarmente evidente nel caso dei grandi impianti e delle installazioni condominiali di una certa dimensione.



## Ulteriori Applicazioni - 1

### Caseifici

Si tratta di un'applicazione molto interessante, considerando l'elevata richiesta di acqua calda per i processi di pastorizzazione, lavaggio e preriscaldamento dell'acqua

### Aziende enologiche

I risparmi economici possono derivare non solo dalla produzione di acqua calda per processi di lavaggio e sterilizzazione, ma anche dall'abbinamento con macchine frigorifere per la produzione di freddo

## Ulteriori Applicazioni - 2

### Autolavaggi

L'acqua calda necessaria per le operazioni di lavaggio delle autovetture può essere prodotta dall'impianto solare, limitando così il ricorso alla caldaia

### Essiccazione foraggi

Utilizzando economici pannelli ad aria, è possibile produrre aria calda per l'essiccazione del foraggio e delle derrate agricole

## Ulteriori Applicazioni - 3

### Lavaggio industriale

Il solare termico può far risparmiare molta dell'energia normalmente utilizzata per i processi di lavaggio (ad esempio di bottiglie, serbatoi, tessuti, apparecchiature tecniche, ecc.), con temperature dell'acqua inferiori ai 100 °C, comuni a molte realtà industriali: tessile, chimico-farmaceutica, alimentare e altre ancora.