

# Fare i conti con l'ambiente

Rifiuti acqua energia

>Ravenna  
25/26/27  
settembre 2013

6<sup>a</sup> EDIZIONE



## Massimiliano Fantini

Solare termico: Tecnologie e casi di studio aziendali  
(Studio di fattibilità per impianto di solar cooling)

“Ottimizzazione energetica nelle imprese e nelle istituzioni”

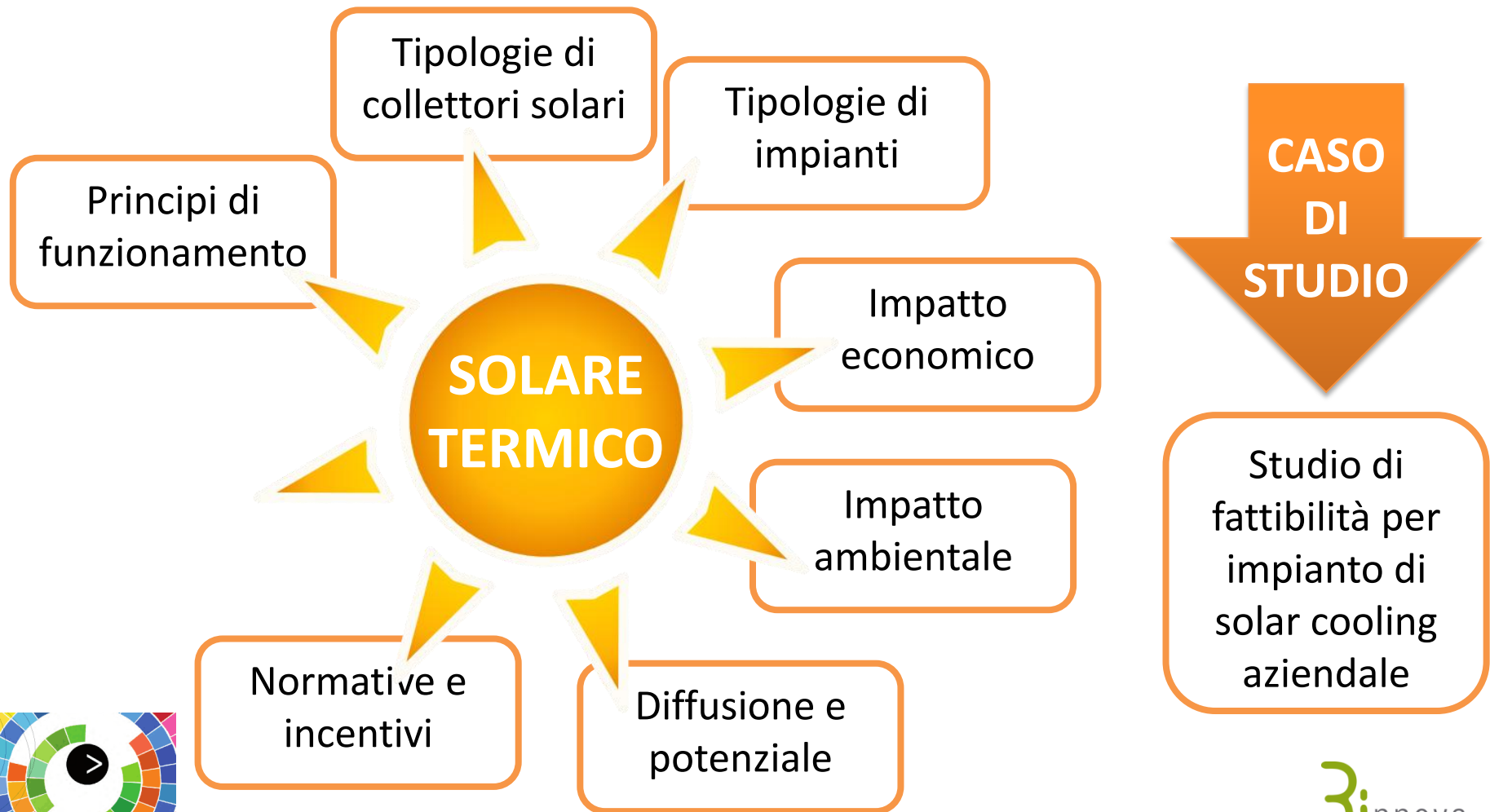


Labmeeting



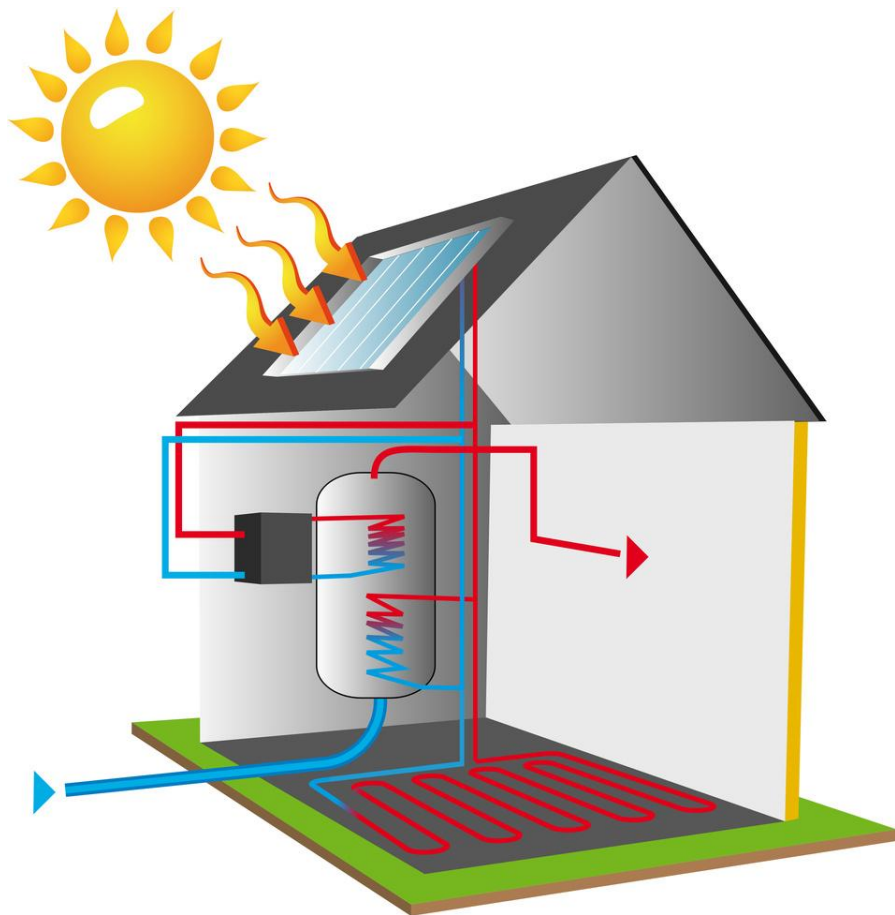
# Solare termico

## Aspetti generali e caso di studio



# Principi di funzionamento

## Considerazioni generali



Il **solare termico** è una tecnologia matura e affidabile, che permette di trasformare direttamente l'energia solare incidente sulla superficie terrestre in energia termica, raccolta sotto forma di acqua calda.

Oggi la tecnologia solare termica è principalmente utilizzata nel settore residenziale e aziendale per:

- **Produzione acqua calda sanitaria (ACS)**
- **Riscaldamento ambienti**
- **Raffrescamento ambienti (Solar cooling)**



# Principi di funzionamento

## Considerazioni generali

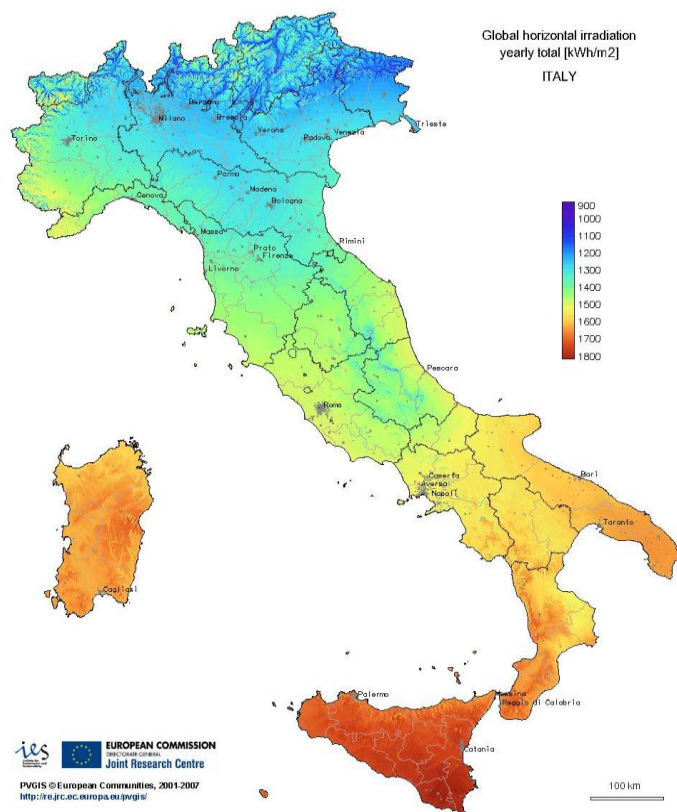
In Italia il valore della radiazione solare globale su piano orizzontale è compresa tra 1200 e 1750 kWh/m<sup>2</sup> all'anno

Con queste condizioni un impianto solare standard consente di risparmiare:

- fino all'80% dell'energia necessaria per la produzione di **ACS**
- fino al 40% della domanda complessiva per **ACS** e **riscaldamento** degli ambienti domestici

Il **solar cooling** o **raffrescamento solare** è una tecnologia innovativa che sfrutta l'elevata coincidenza tra il fabbisogno di condizionamento e l'irraggiamento solare estivo

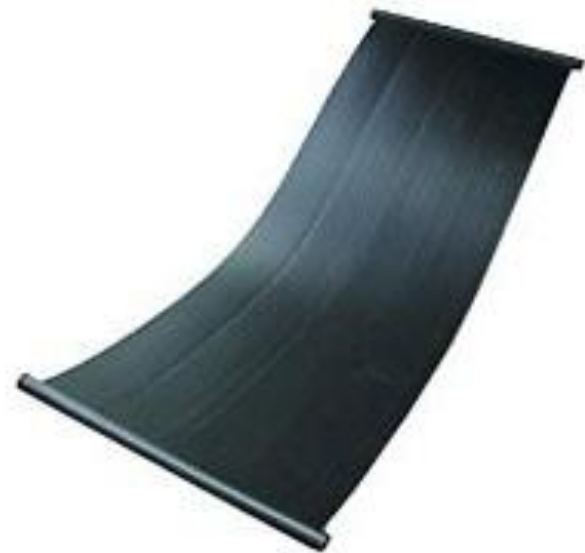
Mappa della radiazione solare



# Tipologie di collettori solari

## Collettore non vetrato

- Noti anche come "pannelli scoperti", sono realizzati con materiale plastico e sono privi di isolamento e di copertura vetrata
- Essendo privi di componenti metallici, sono al riparo da rischi di corrosione



- Buoni rendimenti nella stagione estiva, costi molto bassi, semplice installazione e poca manutenzione
- Utilizzo limitato alla stagione calda
- Riscaldamento acqua piscine e produzione di ACS stagionale

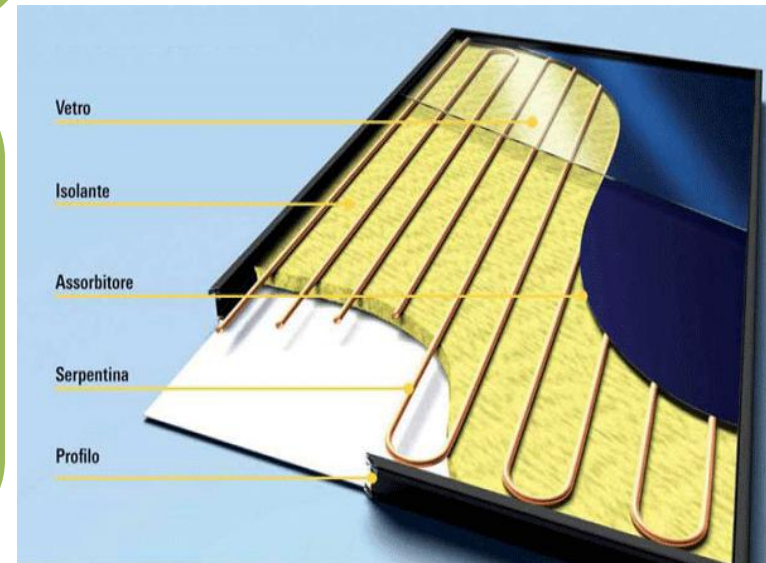


# Tipologie di collettori solari

## Collettore vetrato piano

- L'assorbitore è inoltre isolato termicamente
- **Pannelli vetrati non selettivi:** l'assorbitore è semplicemente verniciato di nero
- **Pannelli vetrati selettivi:** l'assorbitore è trattato con uno strato di materiale selettivo per avere un alto grado di assorbimento della radiazione solare e per ridurre le perdite di calore verso l'esterno

- + Tecnologia molto diffusa, elevata affidabilità e prezzo accessibile
- Minore efficienza rispetto ai collettori sottovuoto
- 🏠 Soprattutto per impianti per la produzione di ACS



# Tipologie di collettori solari

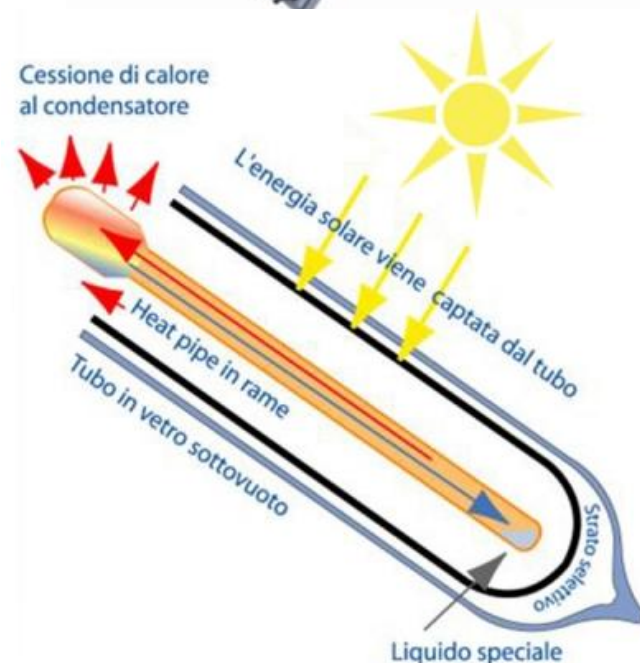
## Collettore sottovuoto

- Sono composti da serie parallele di tubi di vetro che contengono al loro interno un altro tubo concentrico che attira e cattura la radiazione solare (tra i due tubi concentrici viene realizzato il vuoto)
- Al loro interno la pressione dell'aria è ridottissima per impedire la cessione del calore per conduzione da parte dell'assorbitore

+ Tecnologia affidabile e collaudata,  
elevata efficienza anche nella  
stagione invernale

— Costo elevato

🏠 Produzione di ACS e riscaldamento  
degli ambienti



# Tipologie di collettori solari

## Pannelli ad aria



A differenza degli altri collettori solari hanno la particolare caratteristica di produrre aria (anziché acqua) calda

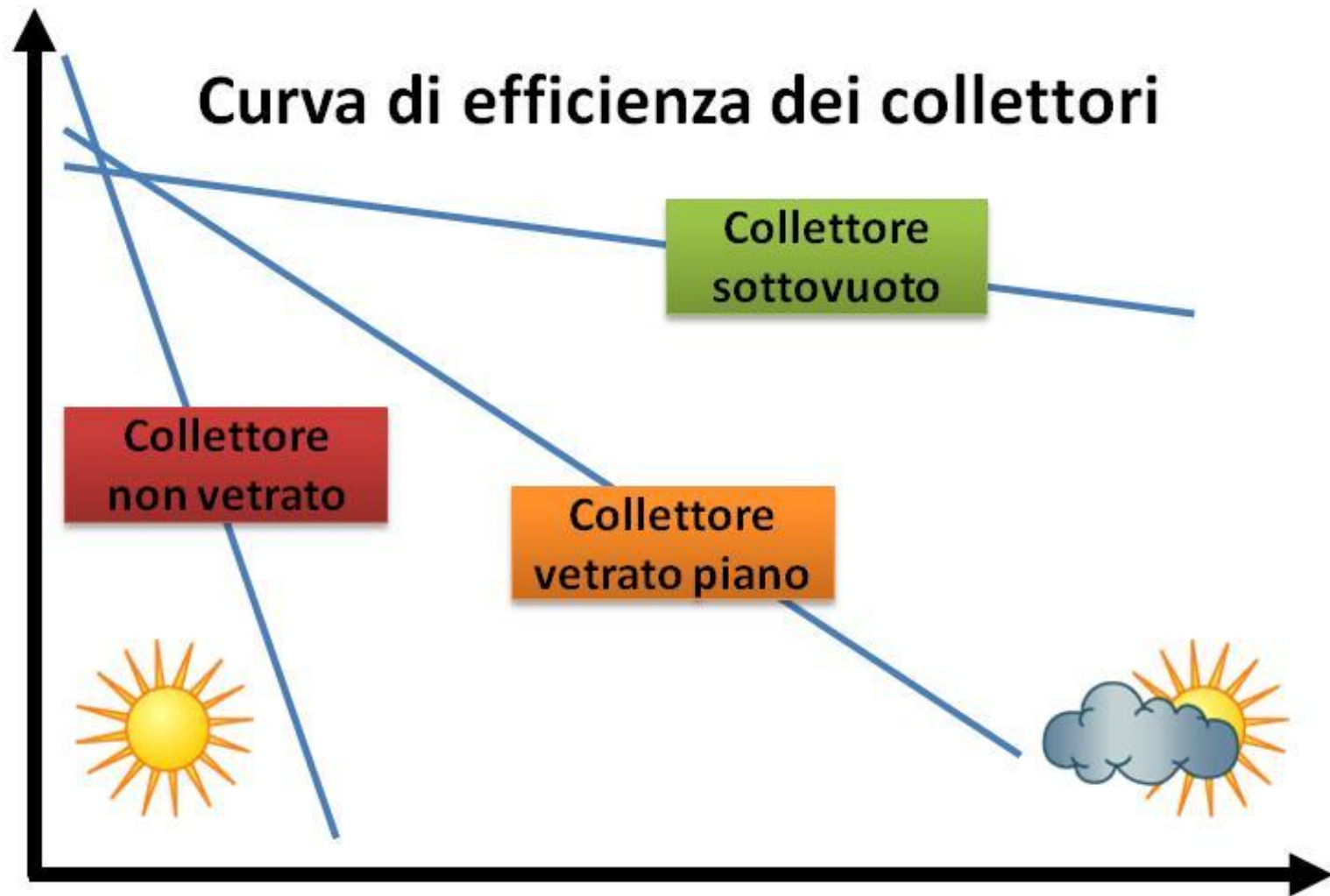
## Pannelli a concentrazione



Impiegati in particolare per gli impianti solari a concentrazione che sfruttano, come fonte energetica primaria, la componente termica dell'energia solare, attraverso tecniche di concentrazione solare e relativo accumulo



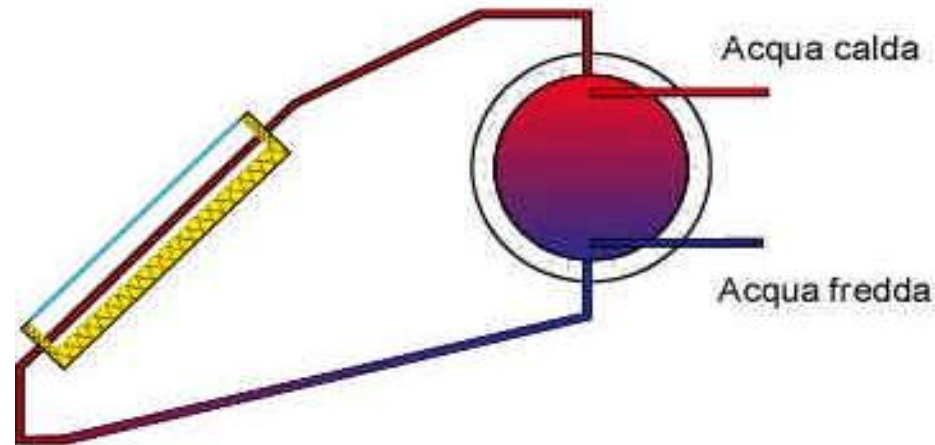
# Tipologie di collettori solari



# Tipologie di impianti

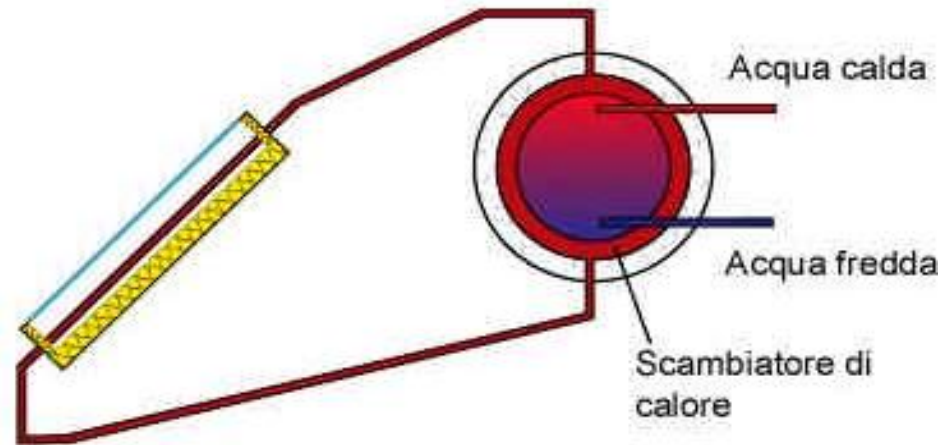
## Circuito aperto e chiuso

### Impianti a circuito aperto



- Il fluido riscaldato è utilizzato direttamente dall'utenza
- Di norma sono impiegati negli impianti a circolazione naturale

### Impianti a circuito chiuso

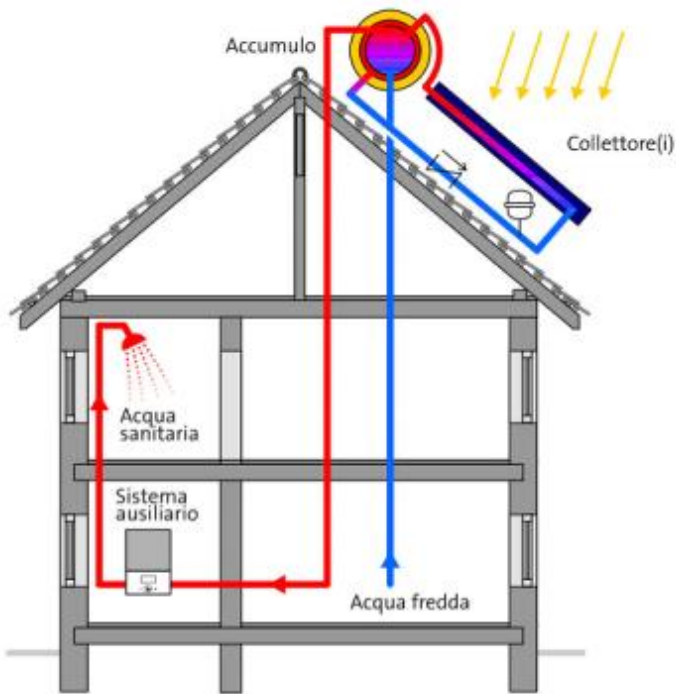


- Il fluido riscaldato è limitato a circolare tra i collettori e il serbatoio
- Il serbatoio d'accumulo è dotato di uno scambiatore di calore interno
- Può essere utilizzato fluido antigelo e anticorrosivo



# Tipologie di impianti Circolazione naturale

## Impianti a circolazione naturale



- Il serbatoio di accumulo dell'acqua calda è posto in posizione più alta rispetto ai collettori
- Il fluido termovettore che circola nei collettori, riscaldato dall'irraggiamento solare, diviene più leggero e sale di moto spontaneo cedendo calore all'acqua contenuta nel serbatoio
- Nelle stagioni più fredde, l'integrazione di acqua calda può essere fornita da un impianto termico ausiliario o da una resistenza elettrica posta nel serbatoio



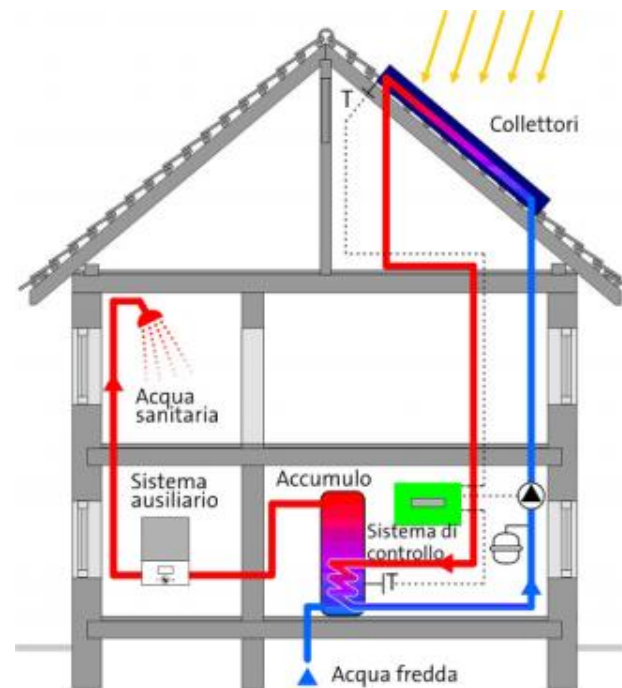
# Tipologie di impianti

## Circolazione forzata

### Impianti a circolazione forzata



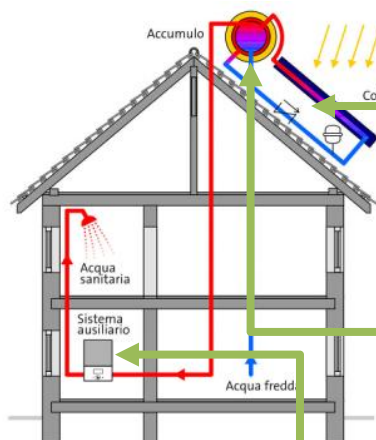
- Il serbatoio d'accumulo è separato dal collettore e collocato all'interno dell'abitazione
- La circolazione del fluido termovettore riscaldato dall'energia solare catturata dai collettori, non è spontanea ma viene indotta nell'impianto grazie ad una pompa elettrica di ricircolo comandata da una centralina di controllo e regolazione
- L'integrazione di acqua calda può essere fornita da un sistema tradizionale ausiliario o da una resistenza elettrica posta nel serbatoio



# Tipologie di impianti

## Circolazione naturale e forzata

### Impianti a circolazione naturale



**Collettore solare (o pannello solare termico)** per captare la radiazione solare incidente e trasformarla in energia termica sotto forma di acqua calda

**Serbatoio di accumulo** (isolato termicamente) per immagazzinare l'acqua calda riscaldata dai collettori

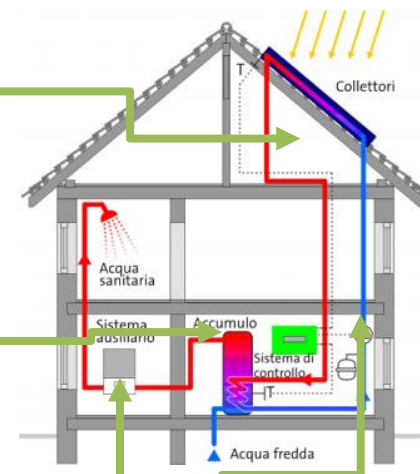
**Sistema ausiliario e integrativo del calore** di tipo tradizionale (tipicamente uno scaldabagno elettrico o una caldaia a metano)

**Altri componenti:**

**Vaso di espansione**, per far fronte a eccessive dilatazione termiche del fluido termovettore

**Dispositivi di sicurezza e controllo**

### Impianti a circolazione forzata



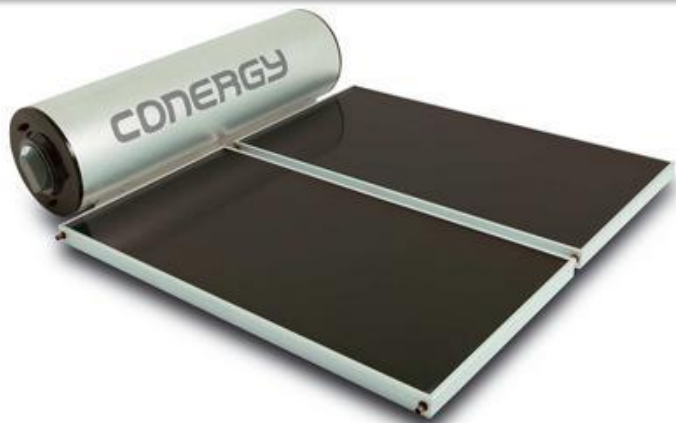
**Pompa di ricircolo** del fluido termovettore nel caso di impianti a circolazione forzata



# Tipologie di impianti

## Circolazione naturale e forzata

### Impianti a circolazione naturale



- Di solito per impianti di 2-4 m<sup>2</sup>
- Sono sistemi economici, di facile installazione e commercializzati di norma sotto forma di kit monoblocco, con serbatoio integrato
- Ideali per produrre ACS fino all'80% del fabbisogno in abitazioni unifamiliari, in genere temono i climi troppo rigidi

### Impianti a circolazione forzata



- Di solito per impianti di oltre i 6 m<sup>2</sup>
- Sono sistemi più complessi e costosi rispetto a quelli a circolazione naturale
- Ideali in caso di utilizzo annuale di ACS ma anche per l'integrazione con il sistema di riscaldamento domestico (fino al 40% del fabbisogno) negli **impianti solari combinati**

# Tipologie di impianti

## Impianto solare combinato

### **Condizioni indispensabili per l'installazione di un impianto solare combinato:**

- elevato fabbisogno di riscaldamento (almeno da ottobre ad aprile)
- edificio termicamente ben isolato e dotato di altro impianto termico efficiente

### **Requisiti per l'installazione di un impianto solare combinato:**

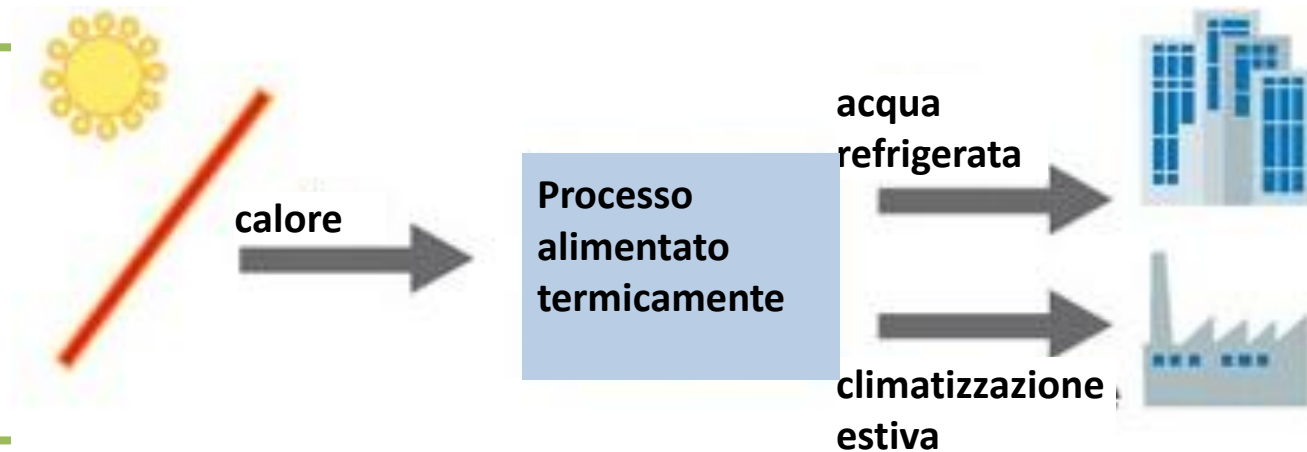
- utilizzo di pannelli vetrati selettivi oppure sottovuoto (particolarmente efficienti nei periodi più freddi)
- sistema di riscaldamento ottimale a bassa temperatura (a pannelli radianti)
- superficie di pannelli solari circa il doppio rispetto a quella necessaria per la sola produzione di ACS
- volume del serbatoio d'accumulo di circa 700-1000 litri per un'abitazione unifamiliare, e quindi di dimensioni notevolmente maggiori rispetto ai serbatoi da 200-400 litri utilizzati per la produzione di sola ACS



# Tipologie di impianti

## Solar Cooling

Il **solar cooling** è una tecnologia che permette di produrre freddo, sotto forma di acqua refrigerata o di aria condizionata, a partire da una sorgente di calore.



### Principio di funzionamento di un impianto solar cooling:

- i pannelli solari assorbono la radiazione del sole e la trasformano in acqua o aria calda (pannelli piani vetrati selettivi, sottovuoto o ad aria per sistemi DEC)
- l'acqua o aria calda prodotta dai pannelli transita attraverso una macchina frigorifera (chiller) che la trasforma in acqua o aria fredda
- l'acqua o aria fredda viene distribuita ai terminali (fancoil o radiante) per raffrescare gli ambienti

# Tipologie di impianti

## Coefficiente di prestazione



Il **coefficiente di prestazione** di una macchina frigorifera (chiller) è definito come il rapporto fra il calore assorbito dalla sorgente a temperatura più bassa (freddo utile) e il lavoro speso (calore di alimentazione)

Coefficient of performance

$$(\text{COP}_{\text{termico}}) = \frac{\text{freddo utile}}{\text{calore alim.}}$$



# Tipologie di impianti

## Coefficiente di prestazione

**Esempio:**

Collettori:

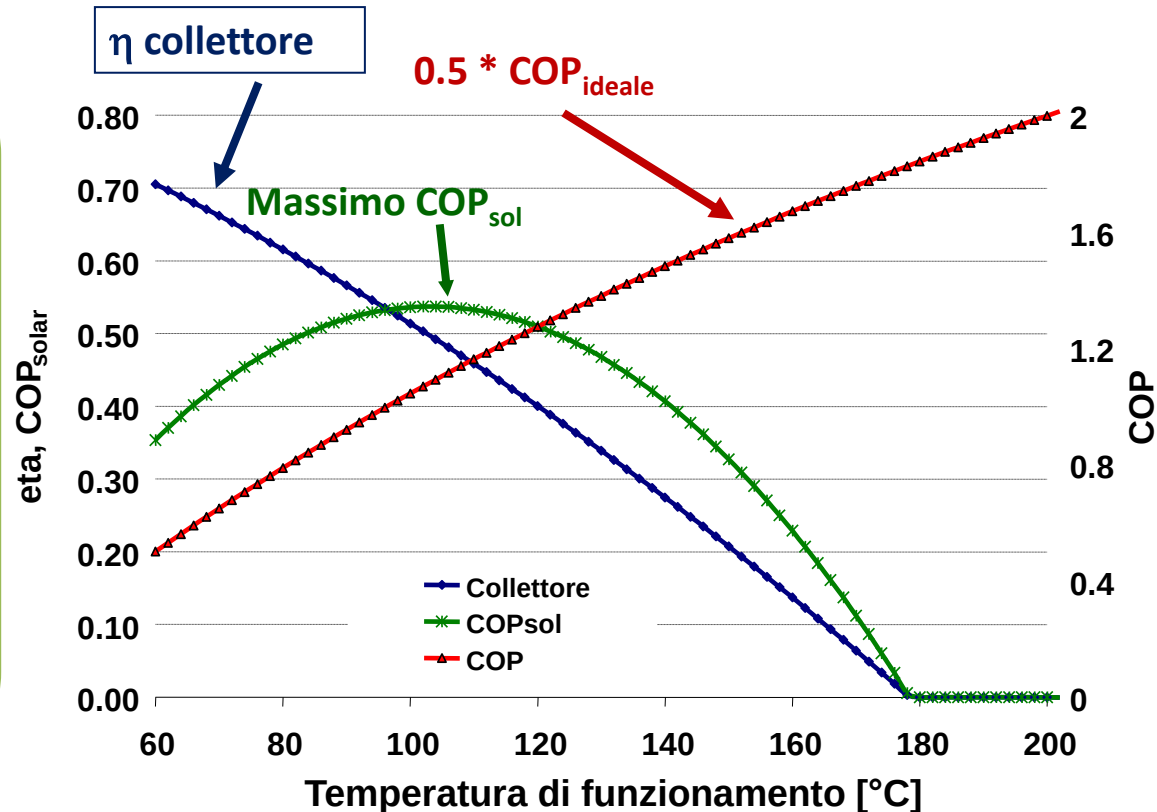
- piani con superficie selettiva

Radiazione:

- $1000 \text{ W/m}^2$

$$\text{COP}_{\text{termico}} = 0.5 * \text{COP}_{\text{ideale}}$$

$$\text{COP}_{\text{sol}} = \text{COP}_{\text{termico}} * \eta_{\text{collettore}}$$



# Tipologie di impianti

## Solar Cooling a ciclo aperto e chiuso

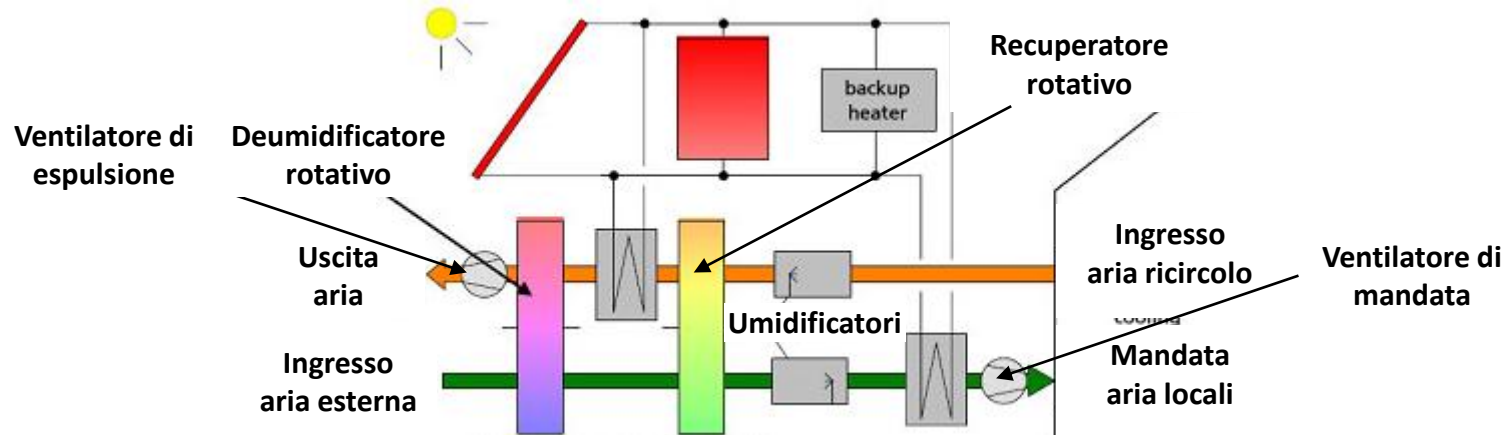
- **Sistemi a ciclo aperto basati su combinazione raffreddamento evaporativo e deumidificazione**
  - Sistemi DEC (**desiccant and evaporative cooling systems**)
  - Usati nel trattamento diretto dell'aria
  - Sempre necessario rete distribuzione del freddo basato su sistema di ventilazione
  
- **Sistemi a ciclo chiuso (macchine di refrigerazione alimentate ad energia termica)**
  - Macchine ad **assorbimento** (80% mercato) e ad **adsorbimento**
  - Usati nella maggior parte dei casi per la produzione di acqua fredda
  - Qualsiasi tecnologia di distribuzione del freddo (e.g. Sistemi di ventilazione, fan-coils, superfici radianti,...)



# Tipologie di impianti

## Sistemi DEC

Sistemi DEC (desiccant and evaporative cooling systems)



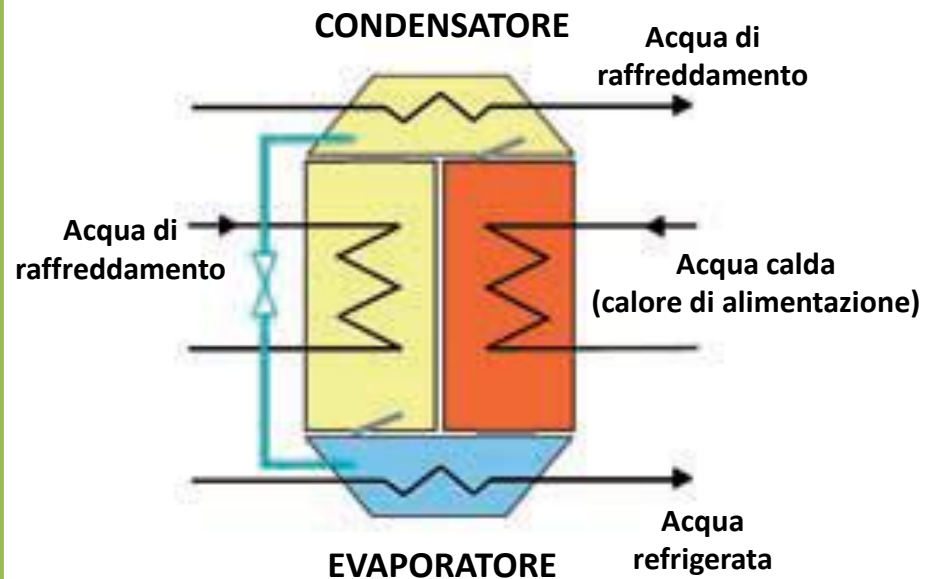
- Il ciclo raffrescante alimentato termicamente è una combinazione di raffrescamento evaporativo e deumidificazione dell'aria ottenuta tramite sostanze dissecanti
- Si basano su un ciclo aperto e utilizzano come refrigerante acqua che scambia direttamente con l'aria da raffrescare
- La tecnologia più comune prevede l'utilizzo di deumidificatori rotanti con sostanze assorbenti solide
- Possono venire impiegati anche pannelli solari ad aria

# Tipologie di impianti

## Macchine ad adsorbimento

- Utilizzano materiali assorbenti solidi e impiegano acqua come refrigerante e silica-gel come assorbente
- Sono costituite da due compartimenti assorbenti: un evaporatore e un condensatore
- Le tipiche condizioni operative con una temperatura di alimentazione della sorgente calda di circa  $80^{\circ}\text{C}$  consentono di raggiungere un COP pari a circa 0,6
- Il range delle potenze frigorifere di queste macchine è compreso tra 50 e 500 kW.

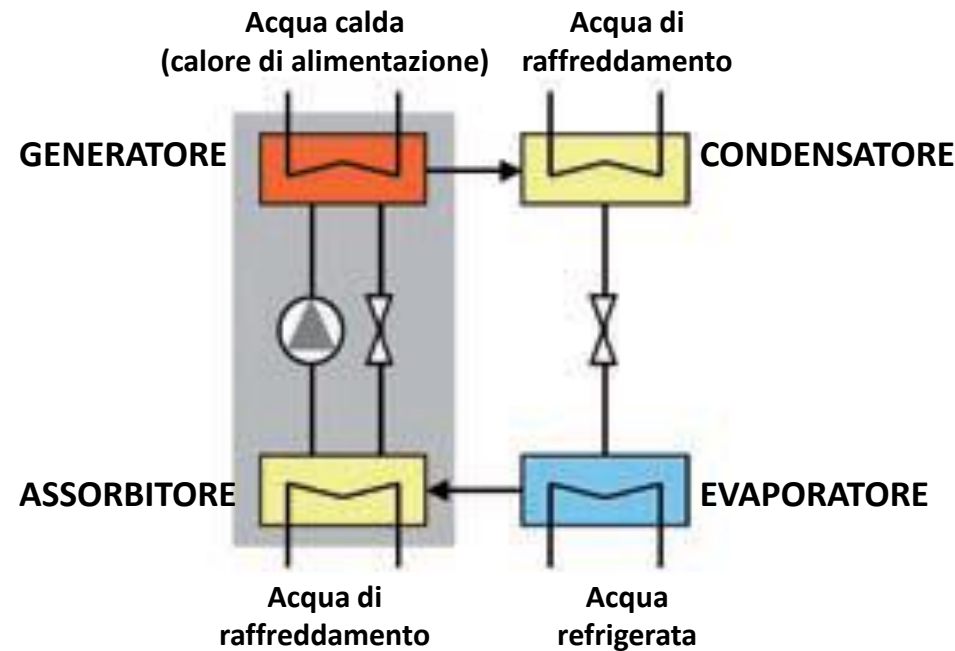
### Macchina ad adsorbimento



# Tipologie di impianti

## Macchine ad assorbimento

### Macchina ad assorbimento



- L'effetto frigorifero si basa sull'evaporazione del refrigerante (acqua) all'interno dell'evaporatore ad una pressione molto bassa che viene poi assorbito nell'assorbitore, diluendo la soluzione  $\text{HO}_2/\text{LiBr}$  (bromuro di litio)
- La temperatura richiesta per la sorgente calda è normalmente superiore a  $80^\circ\text{C}$  per macchine a singolo effetto e il COP si mantiene in un range compreso tra 0,6 e 0,8
- Le potenze frigorifere tipiche delle macchine ad assorbimento sono dell'ordine di parecchie centinaia di kW (poche macchine disponibili sul mercato con capacità inferiore ai 50 kW)



# Tipologie di impianti

## Macchine ad assorbimento

|                        | Valori tipici per macchine ad assorbimento |                                                                                         |                                         |                                                      |
|------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                        | Singolo effetto<br>H <sub>2</sub> O/LiBr   | Doppio effetto<br>H <sub>2</sub> O/LiBr                                                 | Triplo effetto<br>H <sub>2</sub> O/LiBr | Singolo effetto<br>NH <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O |
| Temperatura minima     | 8°C                                        | 4-6°C                                                                                   | 3-6°C                                   | -10°C-7°C                                            |
| Temperatura alla fonte | 70-90°C                                    | 140-180°C                                                                               | 230-270°C                               | 160-200°C                                            |
| COP                    | 0,7-0,8                                    | 1,1-1,4                                                                                 | 1,6-1,8                                 | 0,55-0,7                                             |
|                        |                                            | Richiedono l'utilizzo di pannelli a concentrazione per le elevate temperature richieste |                                         |                                                      |

Fonte: <http://www.ferasolar.it/solar-cooling/>



# Tipologie di impianti

## Solar Cooling

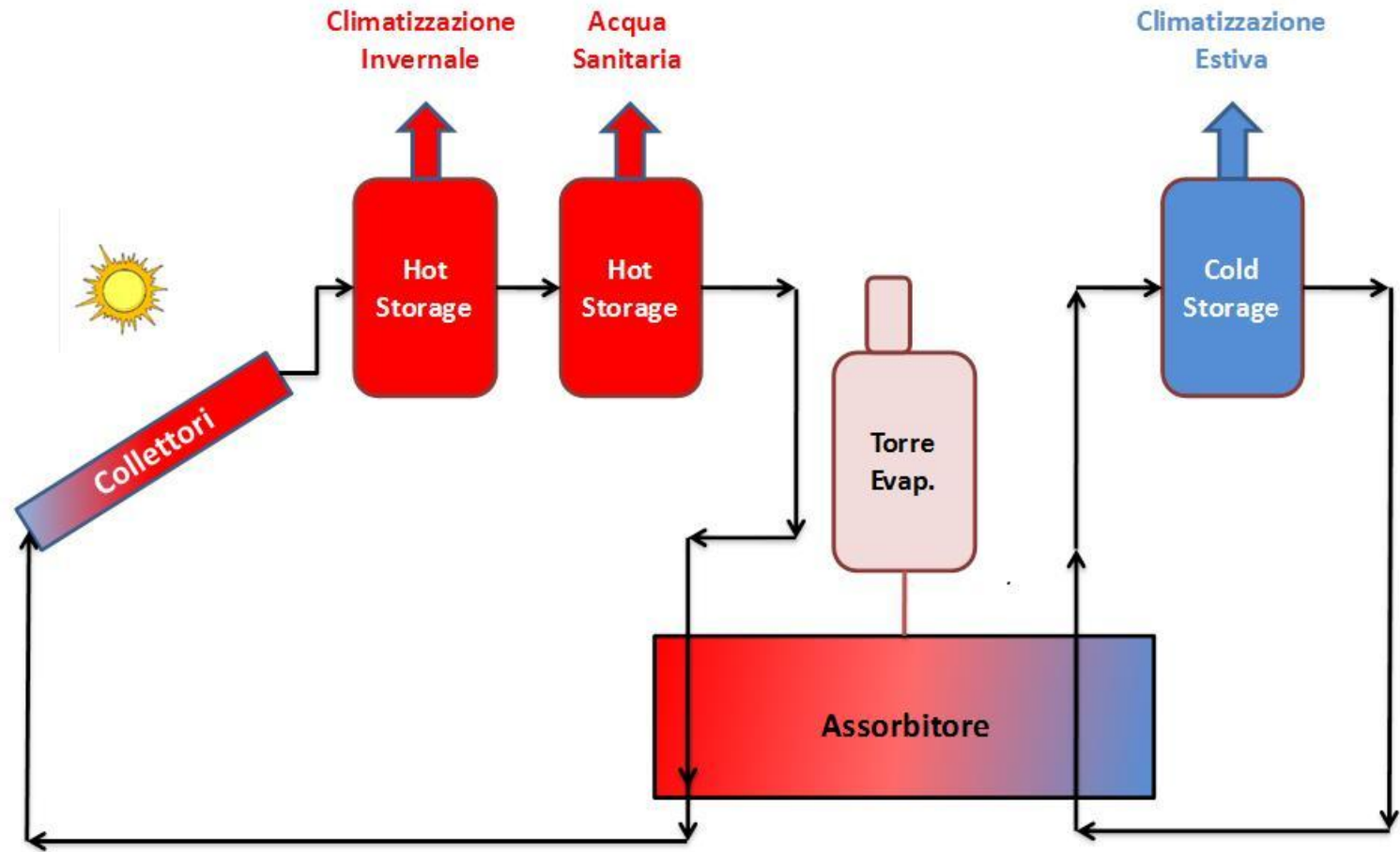
### Benefici:

- La diffusione su larga scala del **solar cooling** può contribuire ad allentare la pressione sulla rete elettrica del sistema nazionale evitando i picchi estivi
- L'installazione di impianti **solar cooling** comporta benefici in termini di risparmio energetico ed economico
- Dal punto di vista ambientale il **solar cooling** permette una riduzione di emissioni inquinanti e di CO<sub>2</sub> in atmosfera
- Il **solar cooling** consente di utilizzare tutta l'acqua calda prodotta da impianti solari di medie e grandi dimensioni anche durante la stagione estiva
- L'applicazione del **solar cooling** è normalmente consigliata in abbinamento a impianti solari combinati (**solar cooling** + **solar heating**)

Considerando gli elevati costi e le taglie che caratterizzano le macchine frigorifere (poche sotto i 20 kW), ad oggi il **solar cooling** risulta realizzabile soltanto per sistemi di condizionamento/refrigerazione di tipo centralizzato

# Tipologie di impianti

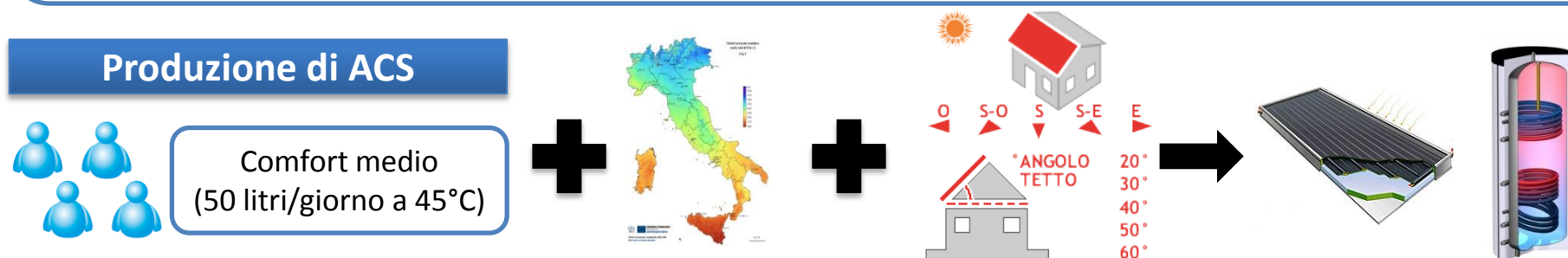
## ACS + Solar Heating + Solar Cooling



# Esempio applicativo

## Produzione di sola ACS

Un impianto solare termico, a circolazione naturale, per la produzione di sola ACS con circa 4 m<sup>2</sup> di collettori vetrati piani e con un serbatoio di accumulo da 200-300 litri, utile a soddisfare il fabbisogno di 4 persone, in funzione della zona climatica, ha un costo che può andare dai 2.000 ai 4.000 euro (escluso costi di installazione, manodopera e IVA)



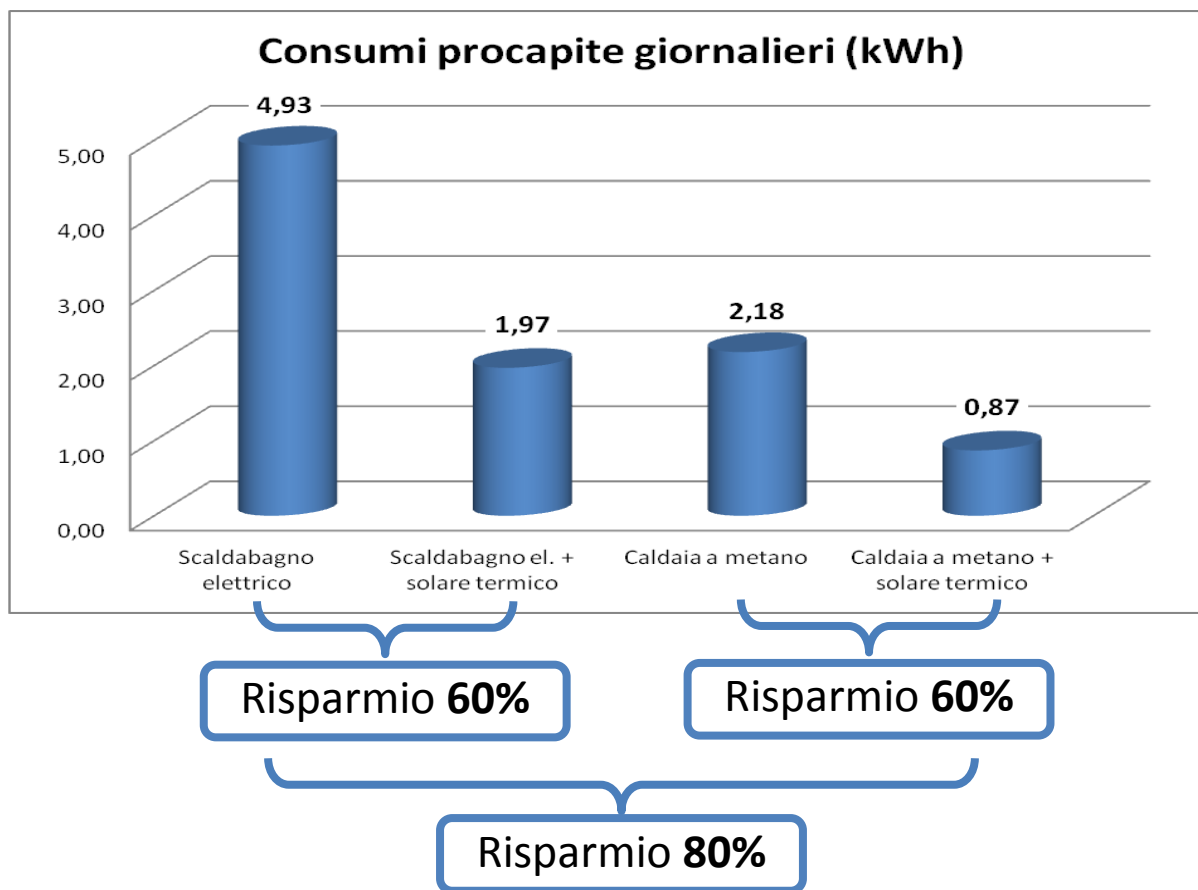
Un impianto solare termico per la produzione di ACS, che ha una durata di circa 20 anni, permette di risparmiare sulle bollette elettriche e/o del gas con tempi di rientro dall'investimento molto vantaggiosi:

- rispetto ai costi di uno scaldabagno elettrico utilizzato per riscaldare l'acqua, la spesa per un impianto solare termico si recupera in **circa 5 anni** attraverso il risparmio in bolletta
- rispetto a una caldaia a metano, la spesa per l'impianto solare termico si recupera in **circa 6-8 anni**



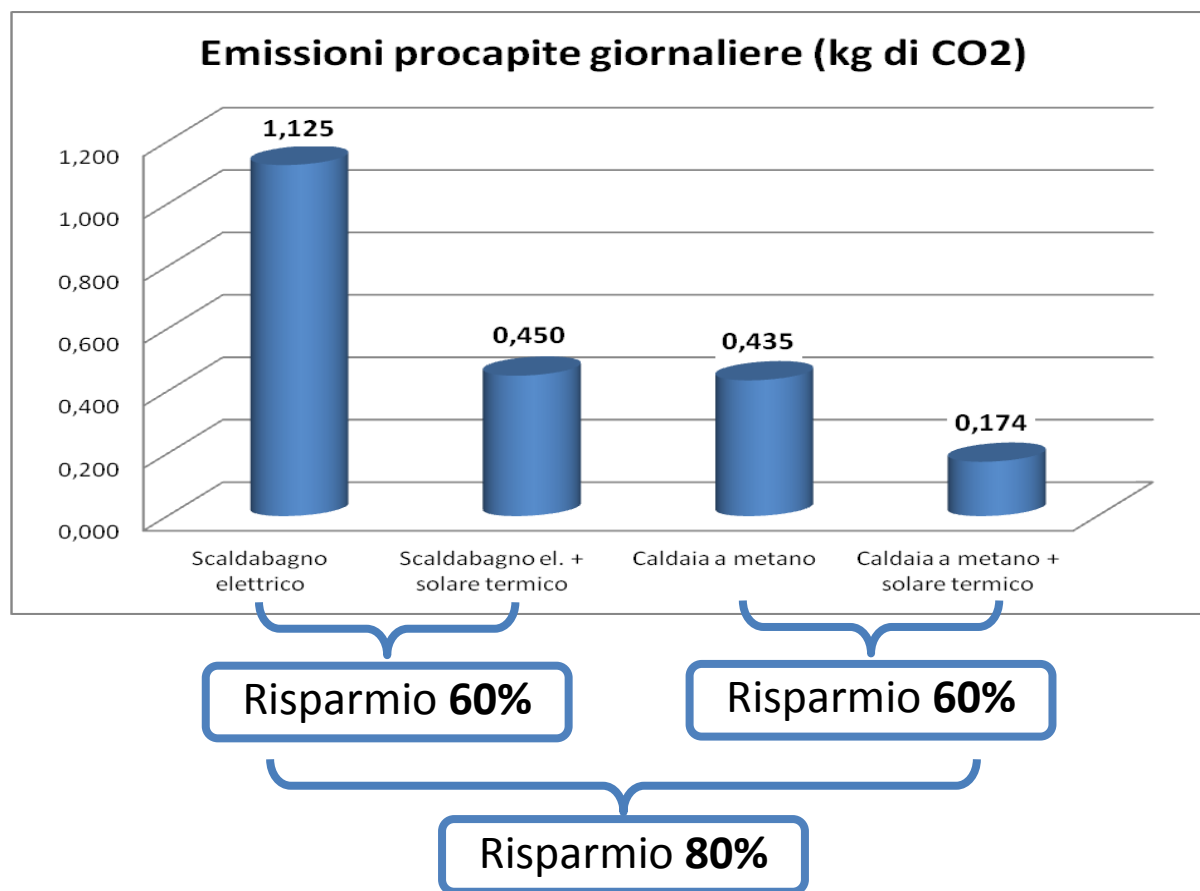
# Impatto economico

La valutazione dell'impatto economico sull'utilizzo di un impianto solare termico può essere effettuata attraverso un'analisi energetica per il calcolo dell'energia necessaria per la produzione di 50 litri al giorno di acqua calda sanitaria pro capite, alla temperatura di 45°C



# Impatto ambientale

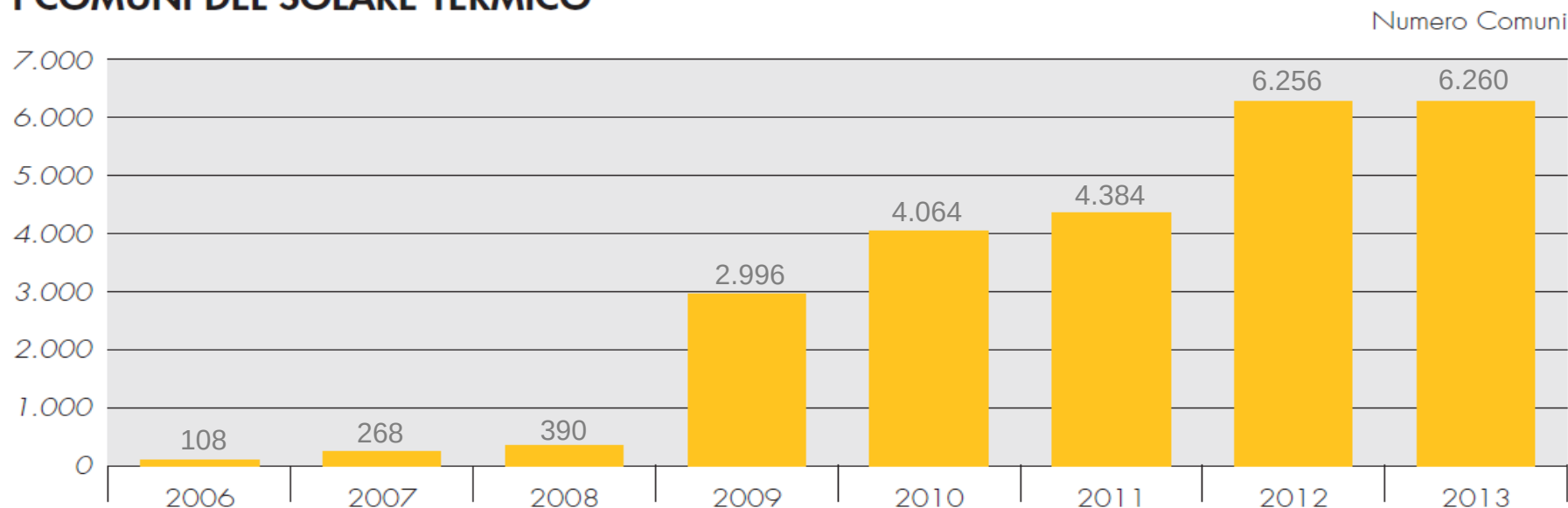
Un indicatore di confronto tra diverse tecnologie a disposizione per la produzione di ACS, nelle stesse condizioni, può essere ritenuta la quantità di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) mediamente immessa nell'ambiente, uno dei principali gas responsabili dell'effetto serra



# Diffusione e potenziale

Su **8.092** Comuni italiani sono **6.260** quelli in cui sono installati pannelli solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) e di questi **4.022** sono “Piccoli Comuni” con meno di 5mila abitanti

## I COMUNI DEL SOLARE TERMICO



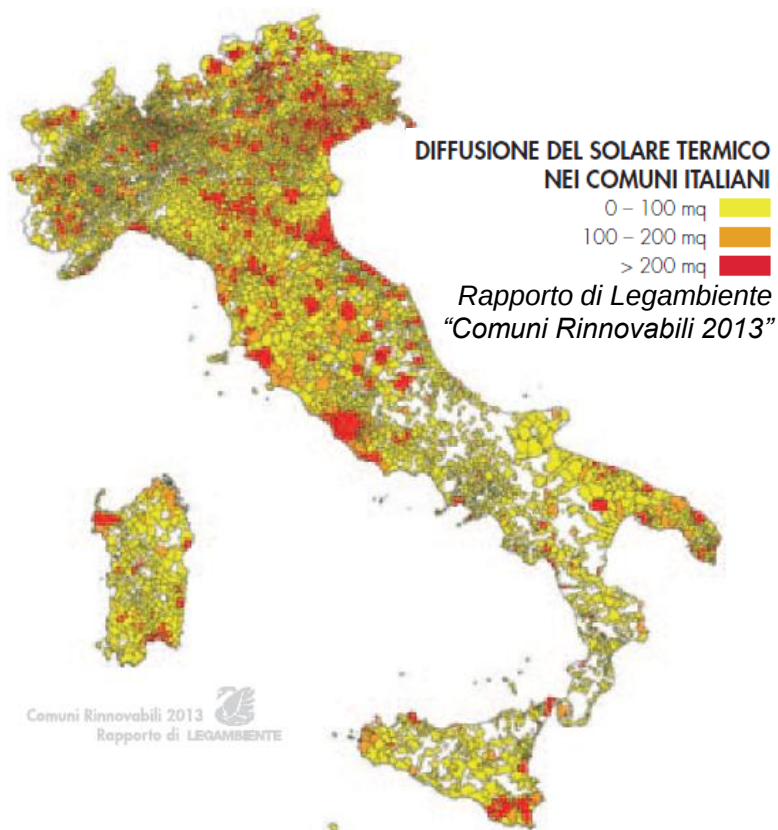
Rapporto di Legambiente  
“Comuni Rinnovabili 2013”



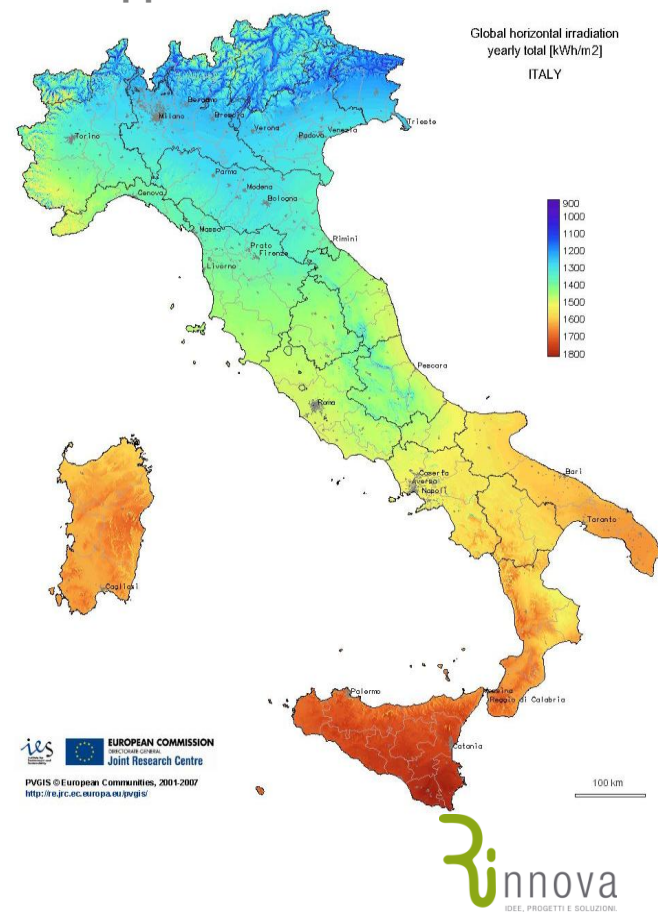
# Diffusione e potenziale

Se un **extraterrestre** guardasse la **mappa della diffusione del solare termico** in Italia penserebbe che:

- ci troviamo nell'emisfero sud del pianeta;
- oppure rappresentiamo le carte con il nord in basso!



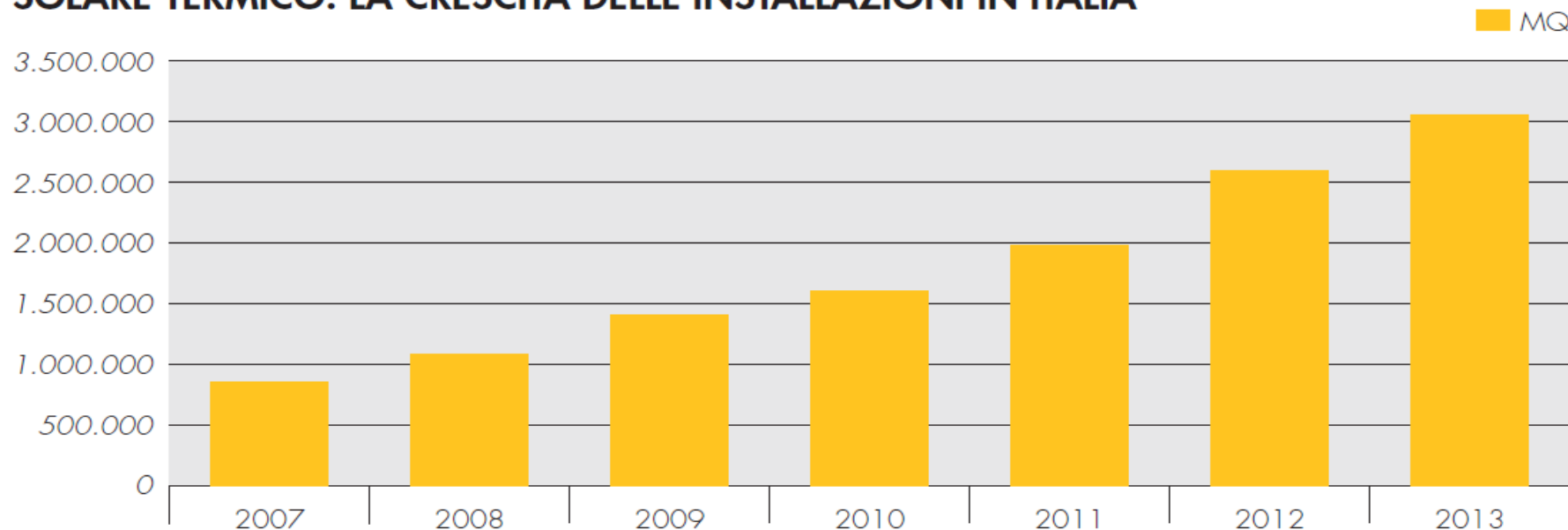
**Mappa della radiazione solare**



# Diffusione e potenziale

Sono oltre **37,5 i milioni di mq** di pannelli solari termici installati in Europa, di questi oltre **3.000.000 mq** sono installati nel nostro Paese

## SOLARE TERMICO: LA CRESCITA DELLE INSTALLAZIONI IN ITALIA



Rapporto di Legambiente  
"Comuni Rinnovabili 2013"



# Diffusione e potenziale

Il parametro utilizzato dall'Unione Europea per spingere e monitorare i progressi nella diffusione di questa tecnologia è costruito mettendo in relazione i metri quadrati di pannelli solari termici con il numero degli abitanti nei Comuni (mq/1.000 abitanti)

**L'obiettivo da raggiungere nei Comuni è di 264 mq/1.000 abitanti**

| NAZIONE     | mq         | mq/1.000ab |
|-------------|------------|------------|
| AUSTRIA     | 3.988.088  | 470        |
| GRECIA      | 4.087.200  | 360        |
| GERMANIA    | 14.994.000 | 180        |
| DANIMARCA   | 583.605    | 110        |
| OLANDA      | 474.595    | 80         |
| ITALIA      | 3.073.930  | 50         |
| SPAGNA      | 2.369.861  | 50         |
| FRANCIA     | 1.824.900  | 30         |
| REGNO UNITO | 656.998    | 10         |

**In Italia sono  
69 i Comuni  
che hanno  
raggiunto  
questo target**

*Rapporto di Legambiente  
"Comuni Rinnovabili 2013"*



# Normative e incentivi

## Conto Termico

- Con la pubblicazione del DM 28/12/12, il c.d. decreto “**Conto Termico**”, si dà attuazione al regime di sostegno introdotto dal decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28 per l’incentivazione
- di interventi per l’**incremento dell’efficienza energetica** (per Amministrazioni pubbliche)
- di interventi di piccole dimensioni per la **produzione di energia termica da fonti rinnovabili** (per Amministrazioni pubbliche e soggetti privati)



Il 9 aprile 2013 il GSE ha pubblicato la versione definitiva delle “**Regole applicative del D.M. 28 dicembre 2012 (Conto Termico)**”

## REGIONI, PROVINCE E COMUNI CON L'OBLIGO DEL SOLARE TERMICO IN EDILIZIA

In tutta Italia, obbligo di soddisfacimento di una percentuale del fabbisogno termico attraverso rinnovabili (Dlgs. 28/2011)

Regione con prescrizioni per l'installazione del solare termico superiori alla normativa vigente

Comuni che hanno introdotto obblighi per il solare termico nei Regolamenti Edilizi precedenti al Dlgs 28/2011



Comuni Rinnovabili 2013  
Rapporto di LEGAMBIENTE

**3i**nnova  
IDEE, PROGETTI E SOLUZIONI



# Normative e incentivi

ATTUALMENTE IN VIGORE

LEGGE 36% -> ORA **50%** FINO AL 31 DICEMBRE 2013  
decreto legge 4 giugno 2013 n°63

LEGGE 55% -> ORA **65%** FINO AL 31 DICEMBRE 2013  
(30 GIUGNO 2014 PER LE PARTI COMUNI DEI CONDOMINI)  
decreto legge 4 giugno 2013 n°63

## CONTO ENERGIA TERMICO

FINO AD ESAURIMENTO FONDI

decreto legge 28 dicembre 2012

<http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/fin2007.htm>

[www.gse.it](http://www.gse.it)



# Studio di fattibilità per impianto di solar cooling aziendale

## APPROCCIO METODOLOGICO

**Analisi  
edificio e  
specifiche**

**Verifica  
contesto  
energetico**

**Fattibilità  
tecnica**

**Fattibilità  
economica**



# Analisi edificio e specifiche

- Studio di fattibilità realizzato nel 2010
- Azienda di servizi di Forlì
  - Presente Pompa di Calore (PDC) per il raffrescamento degli ambienti
  - Presente impianto FV sulla copertura dell'edificio
  - Effettuato intervento di miglioramento del potere isolante dell'involucro
  - Necessità di realizzare pensilina di supporto per l'eventuale impianto di solar cooling



# Analisi edificio e specifiche

## Stima del Fabbisogno frigorifero

- Superfici e Volumetrie da planimetrie fornite e da analisi tecnica
- Considerando 5°C di salto termico rispetto all'esterno
- Carichi stimati o variabili:
  - Addetti e visitatori (es. sala riunioni)
  - Apparecchiature elettroniche / illuminazione

**Tabella risultati**

| <b>Carichi totali</b>        | (W)           |
|------------------------------|---------------|
| Finestre esposte al sole     | 36332         |
| Finestre non esposte al sole | 0             |
| Pareti esposte al sole       | 7734          |
| Pareti non esposte al sole   | 7025          |
| Soffitto                     | 15817         |
| Pavimento                    | 6327          |
| Luci e apparecchi elettrici  | 10000         |
| Persone presenti             | 4652          |
| Volume ambiente              | 15152         |
| <b>Totale</b>                | <b>103039</b> |



# Analisi edificio e specifiche

## Stima del Fabbisogno energetico

- Fabbisogno frigorifero stimato: 120 kW
  - Potenza frigorifera installata (PDC): 150 kW
- Fabbisogno termico dell'edificio: 60 MWh/anno
- Fabbisogno ACS: 481,65 nm<sup>3</sup>/anno metano
  - 1 nm<sup>3</sup> = 9,535 kWh
  - Fabbisogno ACS: 4,6 MWh/anno

 Ipotesi di copertura del 40% fabbisogno  
con Solar Cooling Termico (48 kW):

- Chiller ad assorbimento singolo stadio: 50 kW
- Superficie captante netta richiesta: 125 m<sup>2</sup>
- Superficie occupata dai collettori: 160 m<sup>2</sup>



# Verifica contesto energetico

- Database per la stima della radiazione solare: PVGIS-classic
- Localizzazione: 44°13'22" Nord, 12°2'16" Est
- Elevazione: 37 m a.s.l.
- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>



Global irradiation and solar electricity potential  
Optimally-inclined photovoltaic modules

ITALY / ITALIA



# Verifica contesto energetico

**Fixed system:**

**inclination=30°,**

**orientation=35°**

| Month | H <sub>d</sub> | H <sub>m</sub> |
|-------|----------------|----------------|
| Jan   | 1.84           | 57.0           |
| Feb   | 2.40           | 67.2           |
| Mar   | 3.57           | 111            |
| Apr   | 4.75           | 143            |
| May   | 5.34           | 165            |
| Jun   | 5.87           | 176            |
| Jul   | 6.23           | 193            |
| Aug   | 5.96           | 185            |
| Sep   | 4.72           | 141            |
| Oct   | 3.35           | 104            |
| Nov   | 1.99           | 59.8           |
| Dec   | 1.45           | 45.1           |

**Yearly**

**average**

**3.96**

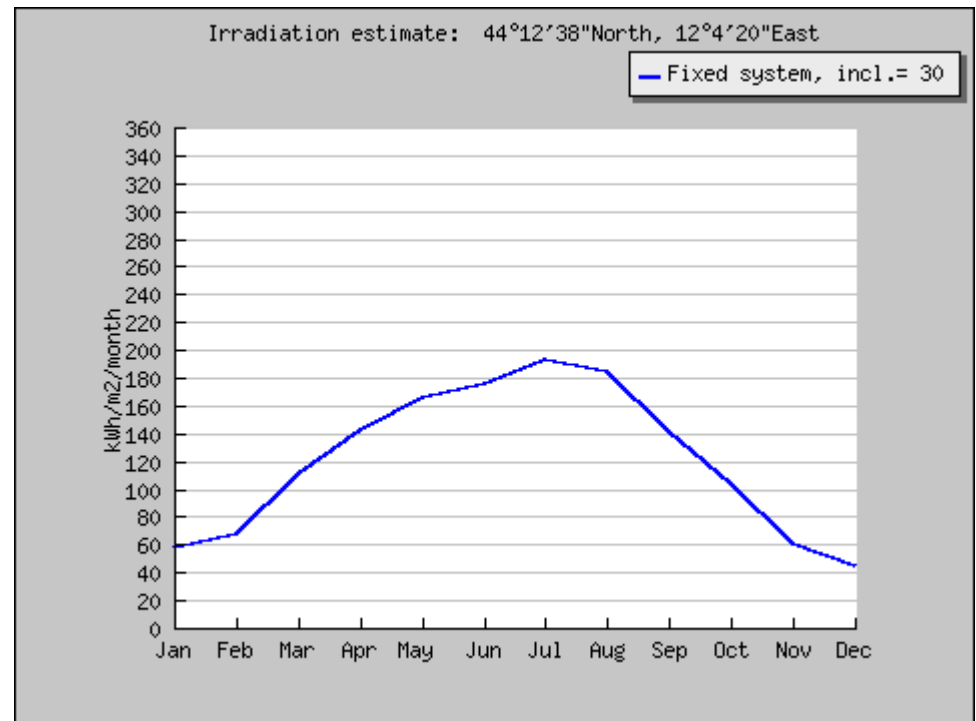
**121**

**Total for**

**year**

**1450**

- H<sub>d</sub>: irraggiamento giornaliero medio (kWh/m<sup>2</sup>)
- H<sub>m</sub>: irraggiamento mensile medio (kWh/m<sup>2</sup>)



# Fattibilità tecnica



- Carico Superficiale del solo pannello: 20 – 25 kg/m<sup>2</sup>
- Lunghezza modulo collettore: 170 - 200 cm
- Problemi di portanza del solaio di copertura
- Possibile installazione di pensilina a sbalzo ancorata alla struttura esistente



# Fattibilità tecnica

## Ipotesi 1 Termico

- Larghezza fronte: 20 - 24 m Sbalzo di 2 m
- Superficie utile: 40 - 48 m<sup>2</sup> netta: 30 -35 m<sup>2</sup>
- Taglia del chiller: 15-18 kW
- Producibilità termica annua: 22-27 MWh

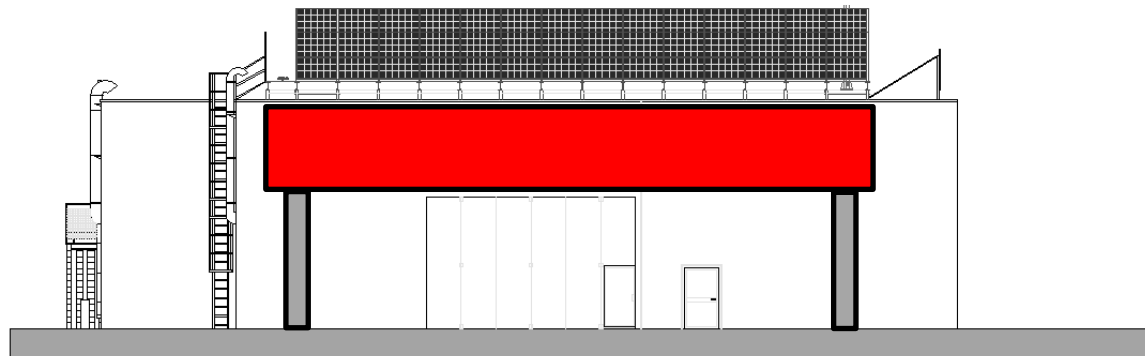


# Fattibilità tecnica

## Ipotesi 2 Termico

- Larghezza fronte: 20 - 24 m Sbalzo di 4 m
- Superficie utile: 80 - 100 m<sup>2</sup> netta: 60 -70 m<sup>2</sup>
- Taglia del chiller: 35 kW
- Producibilità termica annua: 45-54 MWh

PROSPETTO SINISTRO



# Fattibilità tecnica

- Considerando una produzione termica: 750 kWh/m<sup>2</sup>anno
- Produttività impianto “Ipotesi 1”: 22 MWh/anno
- Produttività impianto “Ipotesi 2”: 45 MWh/anno



- Parziale copertura fabbisogno frigorifero
- Copertura fabbisogno ACS
- Possibile integrazione del preriscaldamento aria primaria in UTA per gli uffici



# Fattibilità tecnica

## Ipotesi FV di confronto

- Sono state presentate due ipotesi alternative impieganti pannelli FV Si-Poly ( $\eta=14\%$ )
- Scopo: confrontare i risultati ottenibili a parità di area occupata dall'intervento



# Fattibilità tecnica

## Ipotesi 1 Fotovoltaico

- Larghezza fronte: 20 - 24 m   Sbalzo di 2 m
- Superficie utile: 45 m<sup>2</sup>
- Potenza di picco: 6,3 kW<sub>e</sub>
- Producibilità annua: 6,8 MWh



# Fattibilità tecnica

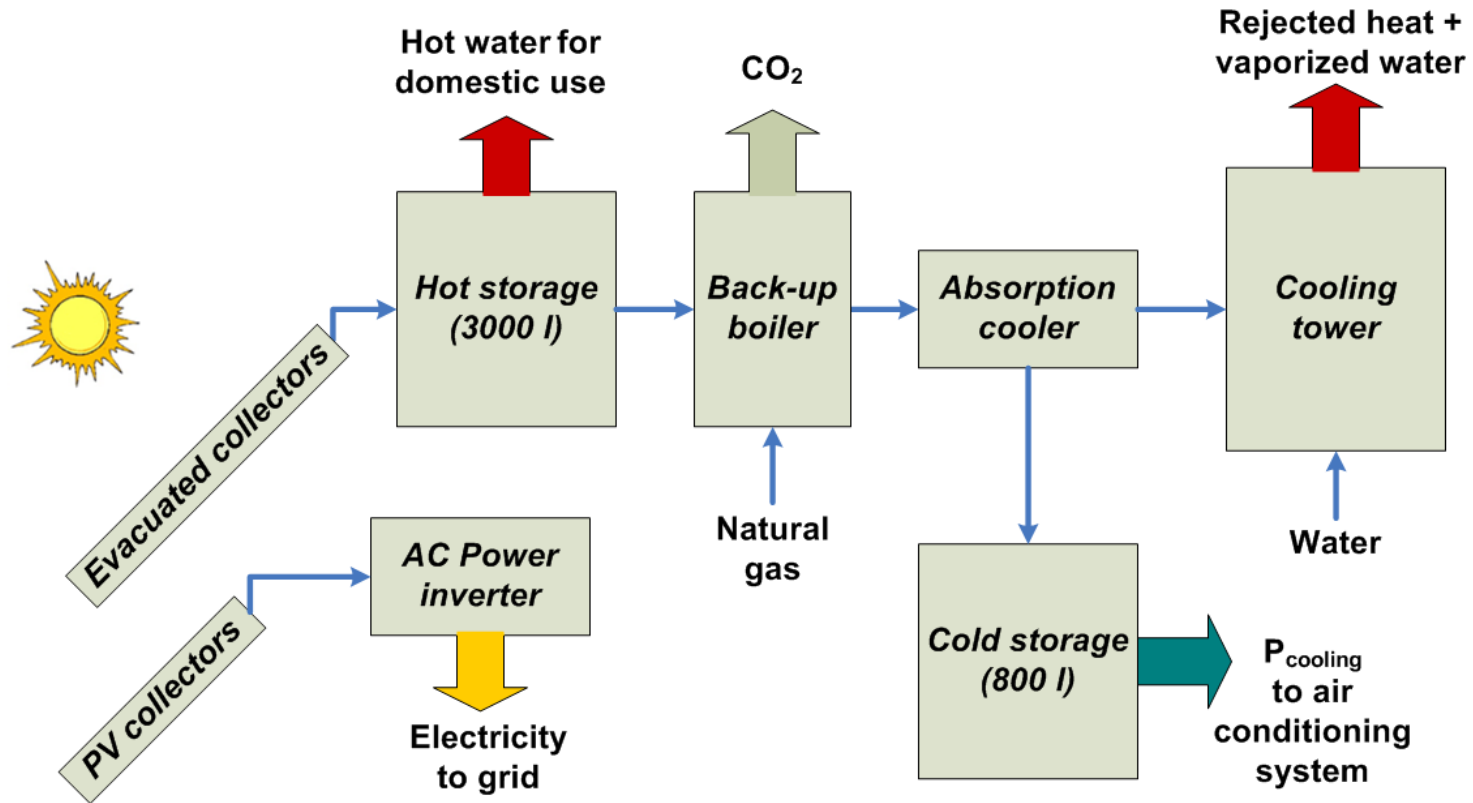
## Ipotesi 1 Fotovoltaico

- Larghezza fronte: 20 - 24 m   Sbalzo di 4 m
- Superficie utile: 90 m<sup>2</sup>
- Potenza di picco: 12,6 kW<sub>e</sub>
- Producibilità annua: 13,6 MWh



# Fattibilità tecnica

## Impianto Solar Cooling - Termico

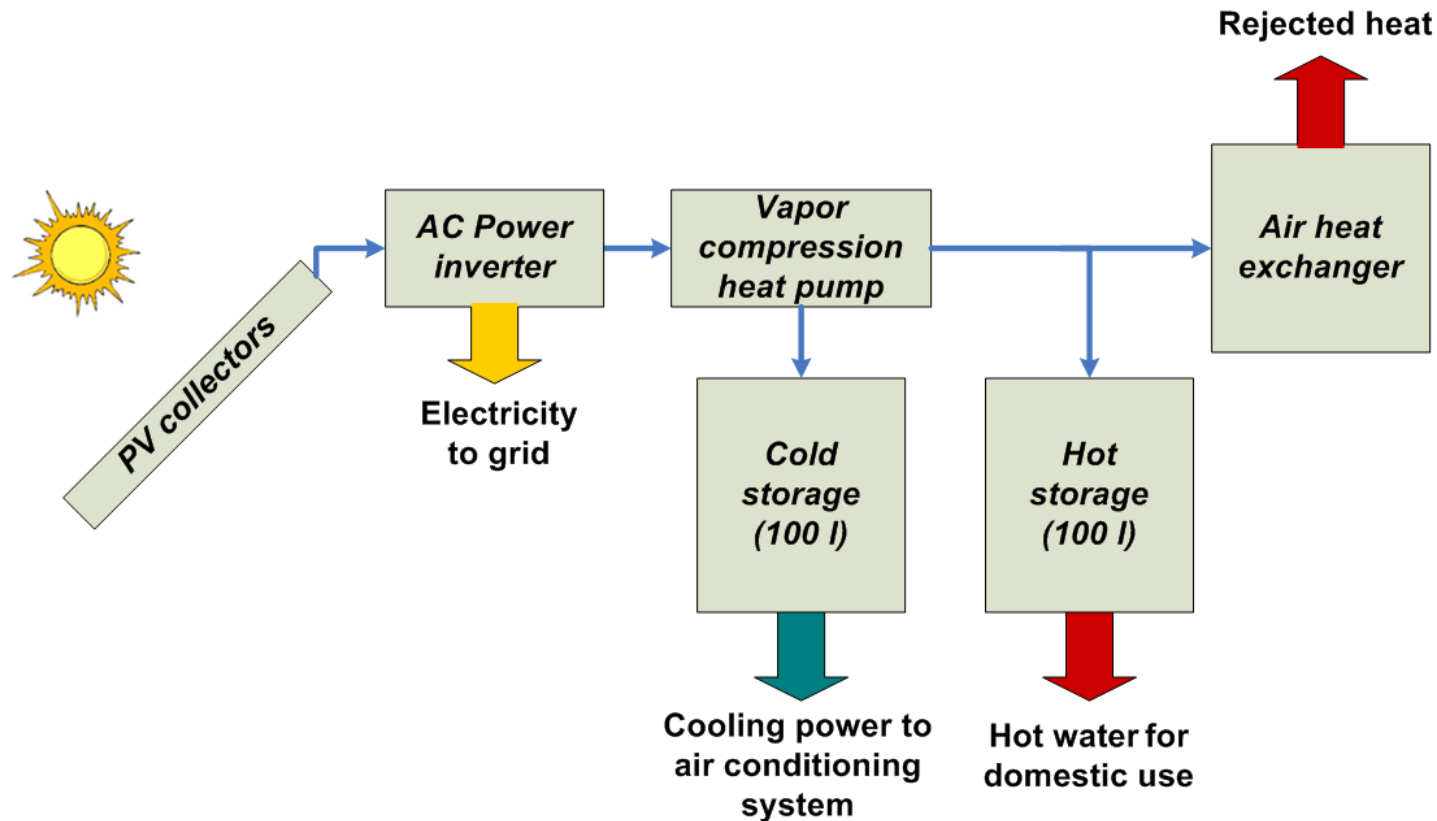


- Caldaia di backup non strettamente necessaria
- Grandi accumuli termici (indicativamente 100 l/m<sup>2</sup>)
- Torre evaporativa su tetto o piazzale posteriore



# Fattibilità tecnica

## Impianto Solar Cooling - Fotovoltaico



- Minori spese impiantistiche
- Facilmente integrabile con il sistema esistente (solo lato rete)
- L'impianto FV produce l'energia necessaria a coprire il fabbisogno della climatizzazione estiva



# Fattibilità tecnica

## Ipotesi di confronto impianti proposti

- Collettori su superficie inclinata, condizioni operative di Forlì:
  - Tilt =  $30^\circ$  e Azimut =  $35^\circ$
- Solare termico:
  - Efficienza nominale: 70% @  $90^\circ\text{C}$  in estate (Tubi evacuati)
- Solare Fotovoltaico:
  - Efficienza nominale: 14% (Si-Poly)
- Chiller ad assorbimento
  - COP: 0.6 (Singolo stadio)
- Chiller pompa di calore
  - COP: 2.15 (Unità attualmente installata)
- Fabbisogno di climatizzazione equivalente a 500 h/anno di funzionamento a piena potenza



# Fattibilità tecnica

## Confronto impianti proposti

| Tipologia                   | Termico               |                       | Fotovoltaico                  |                             |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------|
|                             | 1                     | 2                     | 3                             | 4                           |
| Taglia impianto             | 25 kW <sub>th</sub>   | 50 kW <sub>th</sub>   | 6.3 kW <sub>el</sub>          | 12.6 kW <sub>el</sub>       |
| Taglia Chiller<br>(potenza) | 15 kW <sub>frig</sub> | 30 kW <sub>frig</sub> | <u>13.5 kW<sub>frig</sub></u> | <u>27 kW<sub>frig</sub></u> |



# Fattibilità tecnica

## Problematiche di Installazione

### ■ Definizione del layout

#### ■ Posizionamento Collettori:

- Accessibilità e manovrabilità piazzale anteriore (soprattutto per variante 2)
- Struttura di sostegno in carpenteria pesante

#### ■ Impianti ausiliari da posizionare:

- Accumulo termico
- Chiller ad assorbimento
- Torre evaporativa



# Fattibilità tecnica

## Problematiche di Installazione

- Ipotesi Fotovoltaica: include solo i collettori fotovoltaici
- Ipotesi Termica: include i costi necessari per la realizzazione dell'intero impianto di solar cooling (assorbitore; torre evaporativa; collettori termici)
- Presentazione scenari:
  - L'intervento tiene conto della Pompa di Calore già installata
  - Entrambe le soluzioni tecnologiche producono energia durante tutto l'arco dell'anno
  - I parametri assunti per i calcoli sono riportati nella tabella seguente



# Fattibilità economica

## ■ Ipotesi e assunzioni di calcolo:

|                                                   |      |                                   |
|---------------------------------------------------|------|-----------------------------------|
| <b>Fabbisogno cooling</b>                         | 120  | $\text{kW}_{\text{frig}}$         |
| <b>Conversione <math>\text{Nm}^3</math> - kwh</b> | 9,5  |                                   |
| <b>Costo specifico PDC</b>                        | 0,24 | $\text{€}/\text{W}_{\text{frig}}$ |
| <b>COP attuale PDC</b>                            | 2,15 |                                   |
| <b>COP ex-novo PDC</b>                            | 3,3  |                                   |
| <b>Costo kWh</b>                                  | 0,2  | $\text{€}/\text{kWh}$             |
| <b>Costo <math>\text{Nm}^3</math></b>             | 0,3  | $\text{€}/\text{m}^3$             |



# Fattibilità economica

## Analisi dei preventivi

|              | Fornitore   | Costo | Pot. Frigorifera | % Fabbisogno |
|--------------|-------------|-------|------------------|--------------|
| Fotovoltaico |             | k€    | kW               |              |
| Ipotesi 1    | Fornitore 1 | 28,5  | 12,77            | 10,6%        |
|              | Fornitore 2 | 24,3  | 12,30            | 10,2%        |
| Ipotesi 2    | Fornitore 1 | 55,8  | 25,54            | 21,3%        |
|              | Fornitore 2 | 46,7  | 24,60            | 20,5%        |
| Termico      |             |       |                  |              |
| Ipotesi 1    | Fornitore 3 | 98,0  | 17,50            | 14,6%        |
| Ipotesi 2    | Fornitore 3 | 145,0 | 35,00            | 29,2%        |
|              | Fornitore 4 | 95,0  | 33,00            | 27,5%        |



# Fattibilità economica

## Ingombro e produzione

|                     | Fornitore   | Sup. lorda     | Sup. utile     | Prod. annua | Prod. netta |
|---------------------|-------------|----------------|----------------|-------------|-------------|
| <b>Fotovoltaico</b> |             | m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup> | kWh         | kWh         |
| <b>Ipotesi 1</b>    | Fornitore 1 | 33,7           | 33,7           | 6.534       | 3.564       |
|                     | Fornitore 2 | 42,7           | 42,7           | 6.292       | 3.432       |
| <b>Ipotesi 2</b>    | Fornitore 1 | 67,4           | 67,4           | 13.068      | 7.128       |
|                     | Fornitore 2 | 85,5           | 85,5           | 12.584      | 6.864       |
| <b>Termico</b>      |             |                |                |             |             |
| <b>Ipotesi 1</b>    | Fornitore 3 | 70             | 61             | 32.025      | 10.675      |
| <b>Ipotesi 2</b>    | Fornitore 3 | 120            | 105            | 55.125      | 18.375      |
|                     | Fornitore 4 | 93             | 75,7           | 39.742,5    | 13.248      |



# Fattibilità economica

## Agevolazioni finanziarie

### Agevolazioni Solar Cooling Fotovoltaico

- **Conto Economico 2010**
  - Tariffa Incentivante (integrato)
  - Autoconsumo da scambio sul posto

### Agevolazioni Solar Cooling Termico

- **Detrazione d'imposta del 55% (2010)**
  - "...E' possibile usufruire del beneficio **soltanto** in relazione alle spese direttamente ricollegabili all'installazione di **pannelli solari** utilizzati per la produzione di acqua calda..."
    - *Risoluzione N299/E 14 luglio 2008 Agenzia Entrate*
  - Valore massimo della detrazione fiscale è di **60.000 euro** (55% di 109.090,90 €)
  - La detrazione del 55% avviene **in 5 anni**



# Fattibilità economica

## Parametri economici – Intervento

|                  | Fornitore   | Cooling Prod. | Costo | Costo   | Risparmio | Riduzione CO2 | Break-Even  |
|------------------|-------------|---------------|-------|---------|-----------|---------------|-------------|
| Fotovoltaico     |             | Wfrig/m2      | €/Wel | €/Wfrig | €/anno    | Kg/anno       | Anni        |
| <b>Ipotesi 1</b> | Fornitore 1 | 378,96        | 4,80  | 2,23    | 3.920     | 4.705         | <b>7,3</b>  |
|                  | Fornitore 2 | 288,01        | 4,25  | 1,98    | 3.775     | 4.531         | <b>6,4</b>  |
| <b>Ipotesi 2</b> | Fornitore 1 | 378,96        | 4,70  | 2,18    | 7.841     | 9.409         | <b>7,1</b>  |
|                  | Fornitore 2 | 287,67        | 4,08  | 1,90    | 7.550     | 9.061         | <b>6,2</b>  |
| <b>Termico</b>   |             |               |       |         |           |               |             |
| <b>Ipotesi 1</b> | Fornitore 3 | 286,9         | /     | 5,60    | 1.477     | 5.065         | <b>28,9</b> |
| <b>Ipotesi 2</b> | Fornitore 3 | 333,3         | /     | 4,14    | 2.859     | 9.535         | <b>33,5</b> |
|                  | Fornitore 4 | 435,9         | /     | 2,88    | 2.567     | 8.175         | <b>18,9</b> |



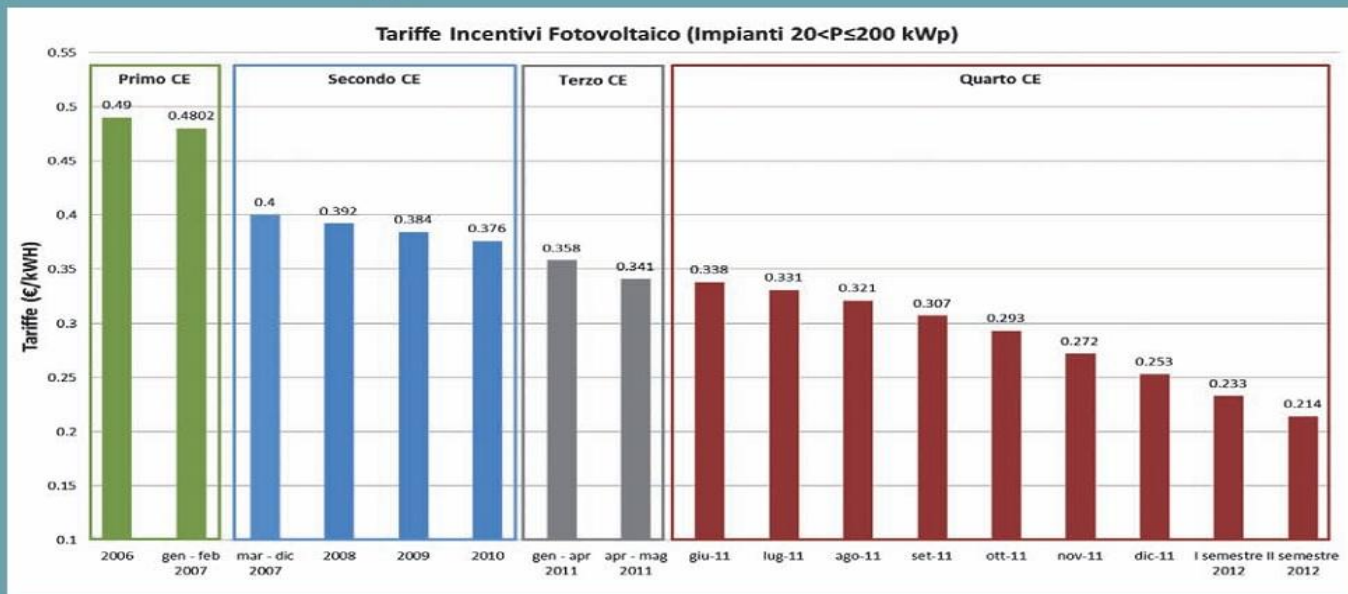
# Fattibilità economica

## Attualizzazione fattibilità economica

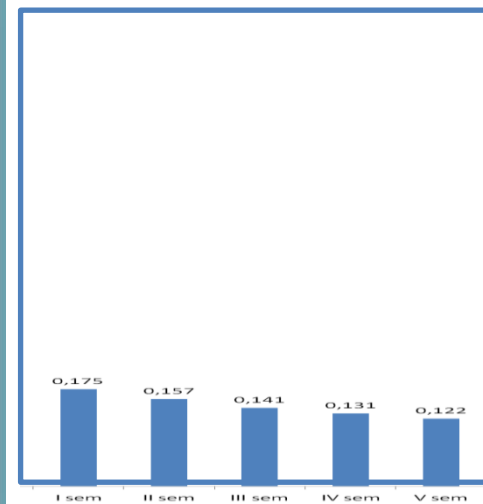
- Diminuiti incentivi per Fotovoltaico
- Aumentati incentivi per Solar cooling
- Deperimento della Pompa di Calore

### EVOLUZIONE DEGLI INCENTIVI GSE

(Fonte: Analisi effettuata da Kenergia).



### Quinto CE



# Grazie per l'attenzione!



## Contatti...

**Ing. Massimiliano Fantini**  
Project Manager



**Rinnova - Romagna Innovazione Soc. Cons. a R.L.**  
C.so Garibaldi, 49 - 47121 Forlì (Italy)  
**m.** +39 328 4349320 - **t.** +39 0543 038683 - **f.** +39 0543 33445  
**@.** [massimiliano.fantini@romagnainnovazione.it](mailto:massimiliano.fantini@romagnainnovazione.it)  
**w.** [www.romagnainnovazione.it](http://www.romagnainnovazione.it)

## Per approfondimenti sul tema... ..

Report Legambiente:

<http://www.legambiente.it/contenuti/dossier/comuni-rinnovabili-2012/>

GSE – Conto termico:

<http://www.gse.it/it/Conto%20Termico/Pages/default.aspx>

European Solar Thermal Industry Federation:

<http://www.estif.org/home/>

International Solar Energy Society:

<http://www.ises.org/index.html>

Sezione italiana dell'International Solar Energy Society:

[http://www.isesitalia.it/Prn\\_00.asp](http://www.isesitalia.it/Prn_00.asp)

Associazione Italiana Solare Termico:

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

Atlante Italiano della Radiazione Solare:

<http://www.solaritaly.enea.it/index.php>

Materiale su solare termico:

<http://www.nextville.it/index/17>

Materiale su legislazione e normative:

<http://qualenergia.it/taxonomy/term/3394>

