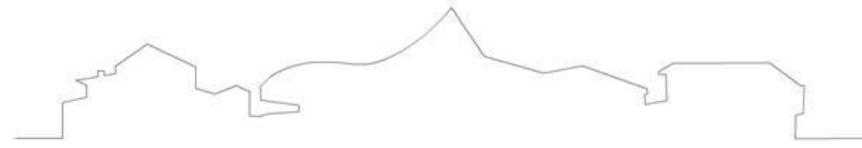


# Gli impianti solari negli “Zero Energy Building”

Ing. Marcello Aprile  
Politecnico di Milano  
Dipartimento di Energia (BEES)



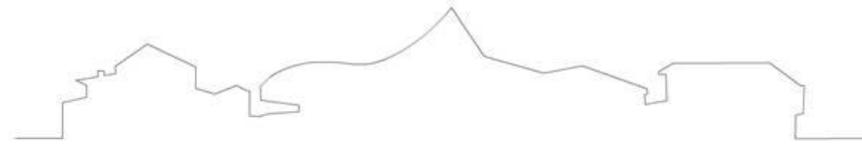
## Schema dell'intervento

- **Contesto normativo** alla luce: (a) del decreto legislativo n.28/2011 (attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili); (b) della direttiva 2010/31/CE “*EPBD recast*”
- **Tecnologia solare termica**
  - Applicazioni ACS e riscaldamento, elementi circuitali e criteri di progettazione)
  - Applicazioni innovative del solare termico (raffrescamento solare)
- **Caso studio:** esempio di edificio ad elevato apporto energetico da fonte solare e bassissimo consumo energetico



## Il contesto normativo - Dlgs n.28/2011

- Obiettivo: entro il **2020**, il **17%** del consumo finale lordo dovrà provenire da fonte rinnovabile
- Consumo finale lordo calcolato come somma di:
  - del consumo finale lordo di elettricità da fonti energetiche rinnovabili;
  - del consumo finale lordo di energia da fonti rinnovabili per il riscaldamento e il raffreddamento;
  - del consumo finale di energia da fonti energetiche rinnovabili nei trasporti.



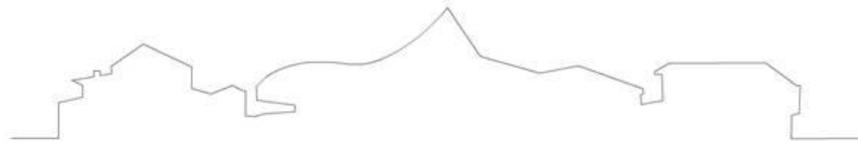
## Il contesto normativo - Dlgs n.28/2011

- Art. 11 - Obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione e negli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni rilevanti
- Allegato 3 - Sono fissati i valori minimi di copertura percentuale dei consumi previsti per
  - acqua calda sanitaria (50%)
  - somma di acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffrescamento:
    - il **20** per cento quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013;
    - il **35** per cento quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016;
    - il **50** per cento quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è rilasciato dal 1° gennaio 2017.



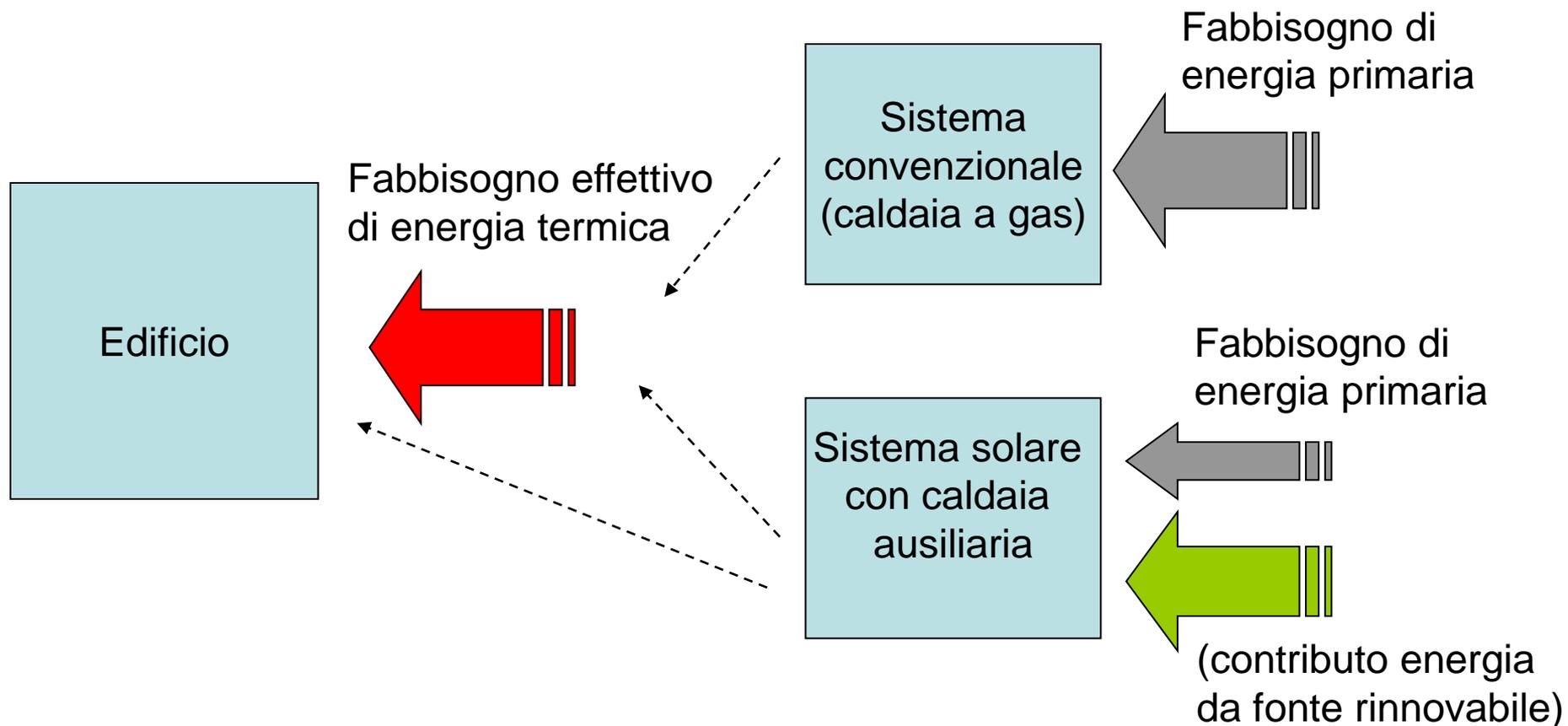
## Il contesto normativo- 2010/31/EU EPBD recast

- Obiettivo: entro il **2020** tutti i nuovi edifici dovranno essere ad “energia quasi zero” (nearly zero energy buildings)
- **«edificio a energia quasi zero»**: edificio ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno energetico (molto basso o quasi nullo) deve essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili;
- Il ruolo guida del settore pubblico viene ulteriormente rafforzato. Entro il 2018, tutti i nuovi edifici pubblici dovranno essere ad energia quasi zero



# Indice di prestazione energetica e contributo RES

- UNI TS 11300 – 4 (di prossima pubblicazione)





# Tecnologie per l'uso del rinnovabile negli edifici

- Fotovoltaico



In fortissima espansione, non risponde però a requisiti di copertura del fabbisogno termico

- Pompe di calore



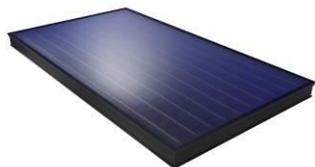
Quota rinnovabile captata dall'ambiente (aria, suolo, acqua)  
Due possibili fonti: elettricità e gas

- Biomasse

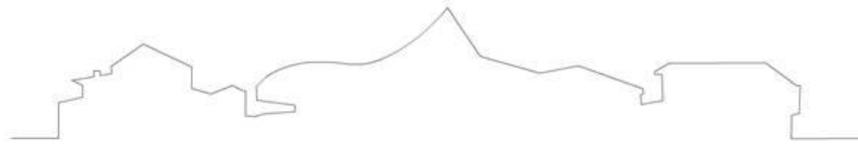


Soluzione ideale per filiera corta  
Possibili problemi legati a polveri sottili

- Solare termico

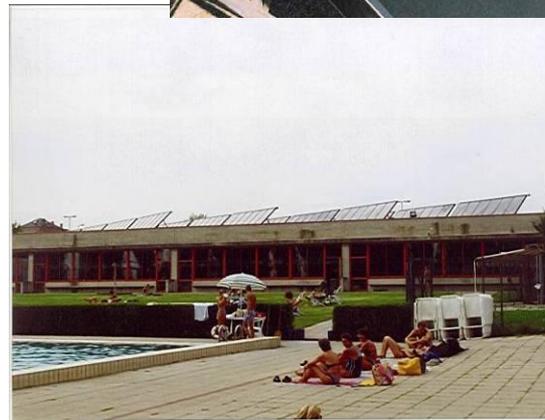


Soluzione economica, fornisce elevato contributo per ACS, meno per riscaldamento e raffrescamento



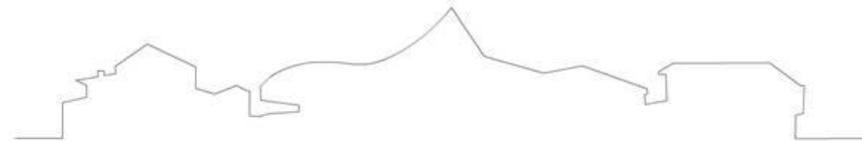
# Il solare termico - applicazioni

- Impianti per la produzione di Acqua Calda Sanitaria (**ACS**)
- Impianti per il riscaldamento di **piscine** coperte o scoperte



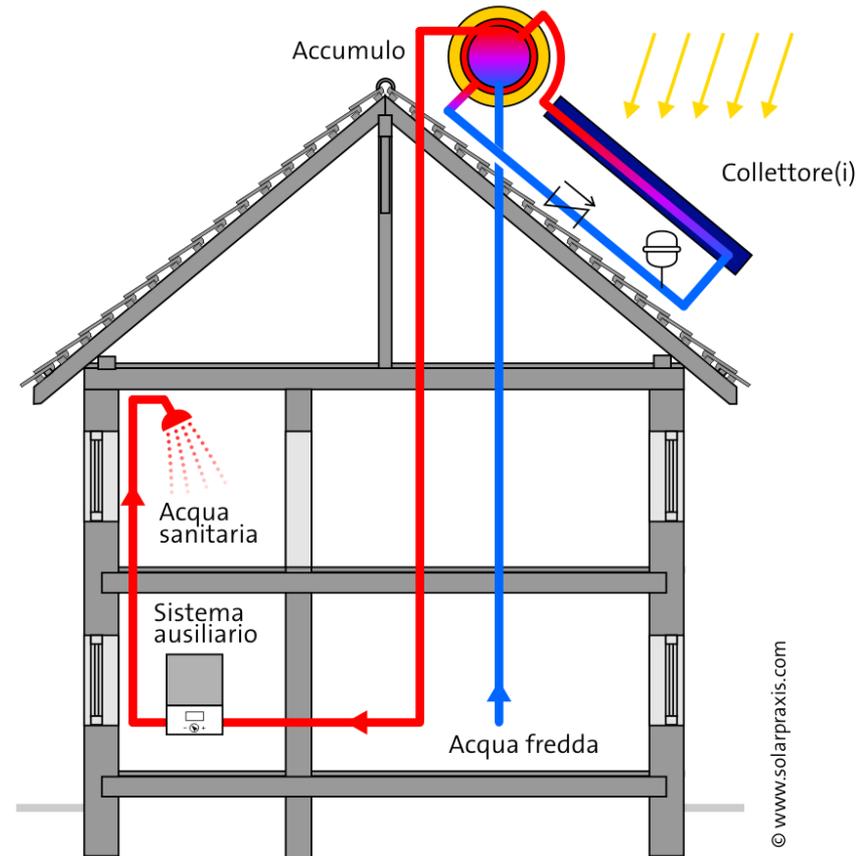
## Applicazioni

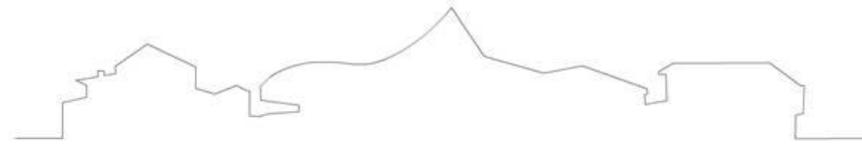
- Impianti per il **riscaldamento invernale** delle abitazioni (COMBI)
- Impianti per il **raffrescamento**, in particolare **condizionamento estivo** degli edifici
- Impianti per la fornitura di **calore di processo** a bassa e media temperatura (fino a 250°C; collettori più evoluti, CPC, concentrating parabolic compound o PTC, Parabolic Trough Collectors)



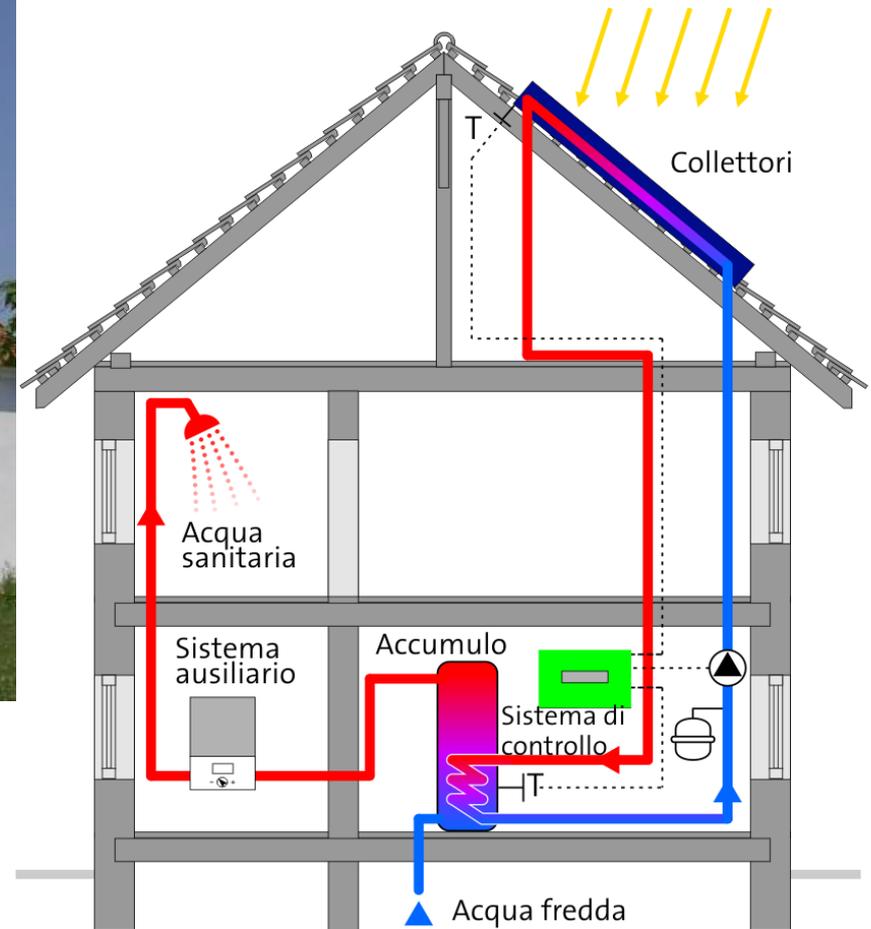


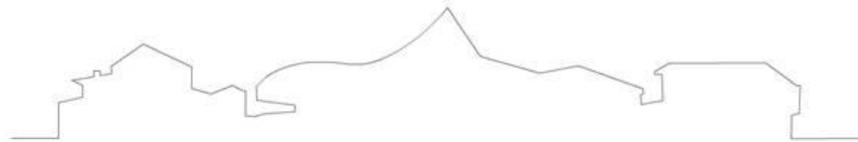
# Impianti solari a circolazione naturale (ACS)





# Impianti solari a circolazione forzata (ACS)





## Elementi circuitali necessari

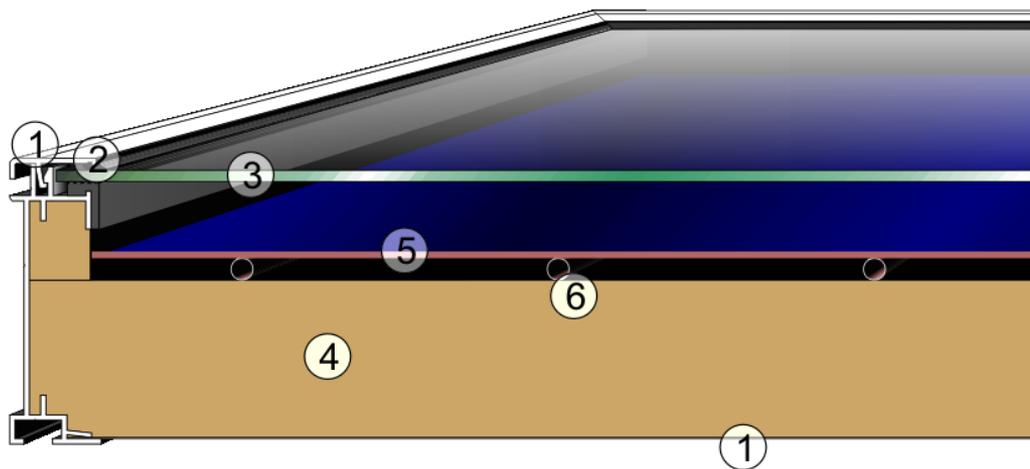
Oltre al dispositivo captante (collettore) e preposto alla conversione, sarà necessario considerare:

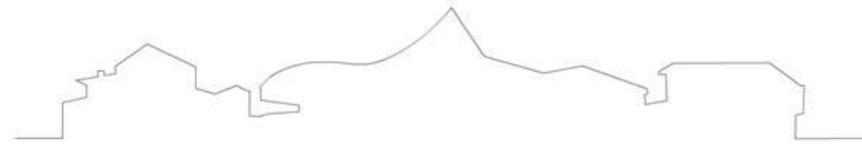
- un sistema di **accumulo** dell'energia (serbatoi opportunamente coibentati)
- un **sistema integrativo** di tipo tradizionale (nel caso di produzione di ACS o sistemi COMBI, tipicamente caldaia a gas o scaldabagno elettrico)



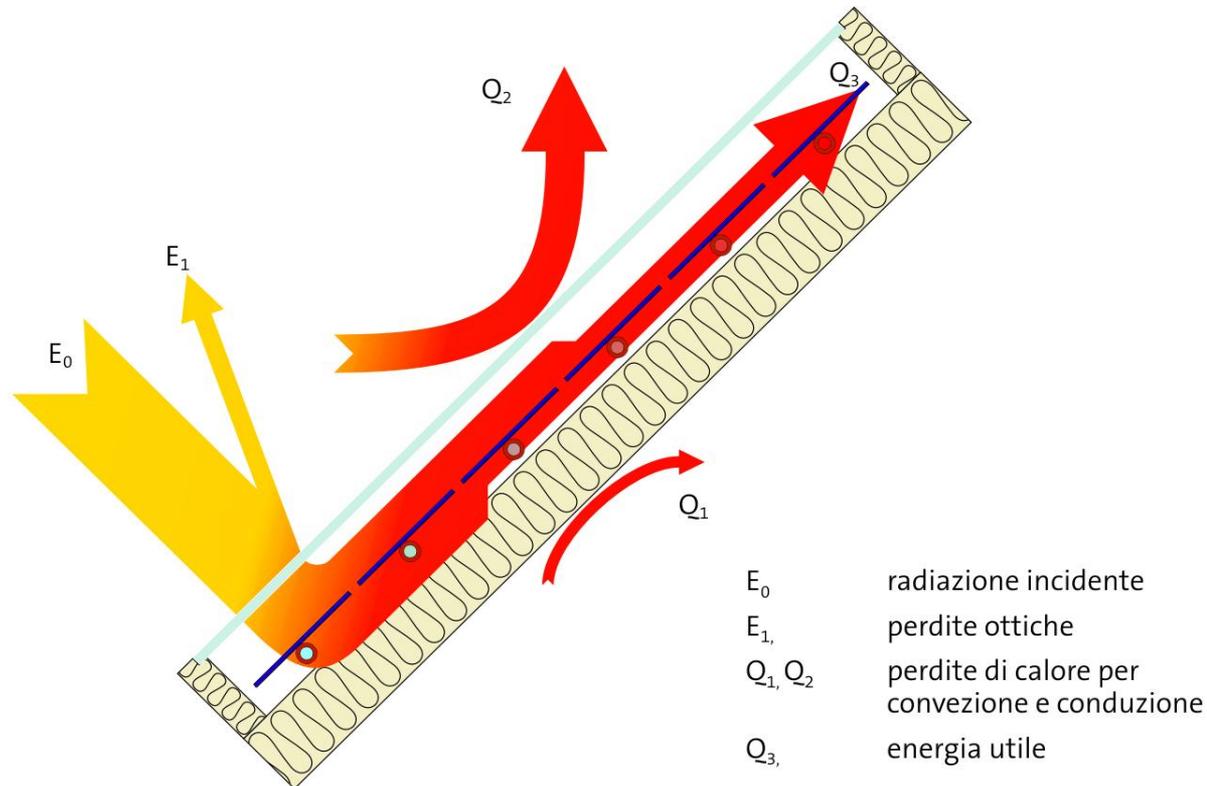
# Collettore solare piano

1. Scatola
2. Guarnizione impermeabilizzante
3. Rivestimento trasparente
4. Isolamento termico
5. Placca assorbente di rame
6. Tubi di rame





# Flussi di energia in un collettore solare





# Capacità selettiva della copertura trasparente

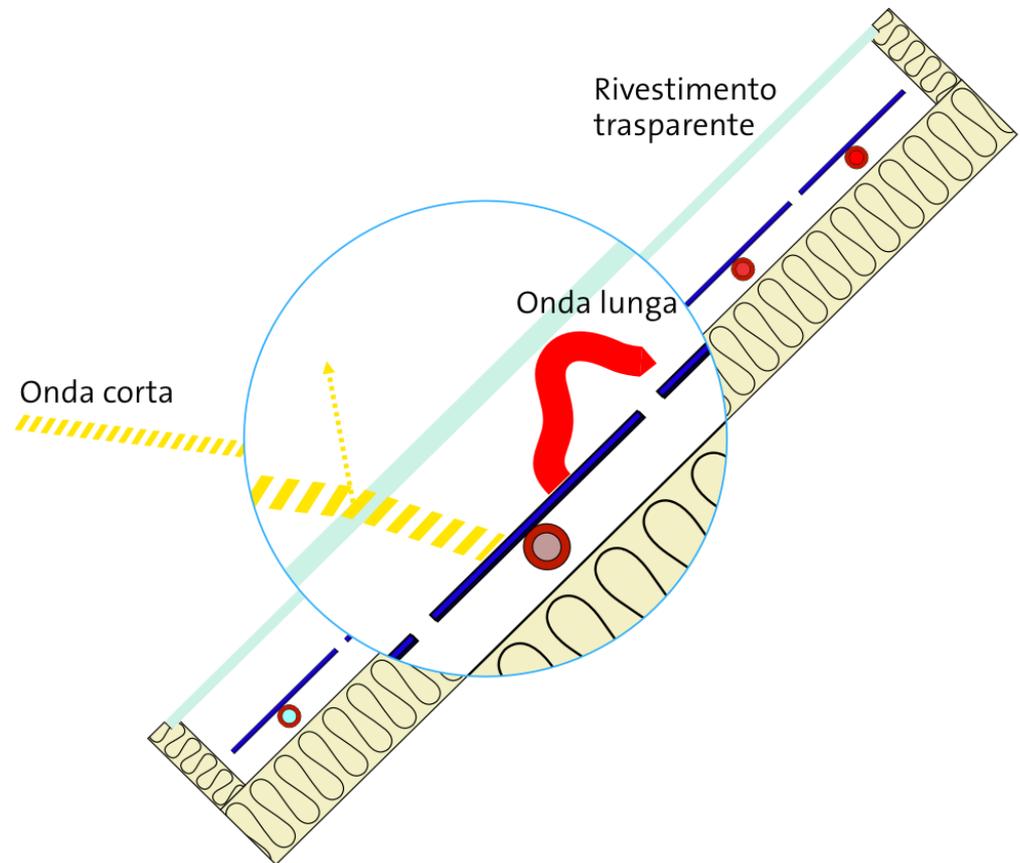
- trasparente alle lunghezze d'onda tipiche della radiazione solare
- opaca alla radiazione infrarossa

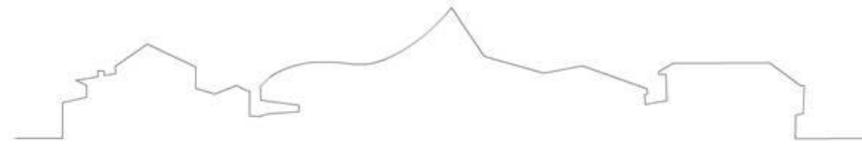
Materiali più utilizzati

**Vetro singolo**

**Vetro doppio**

**Polycarbonato  
alveolare**

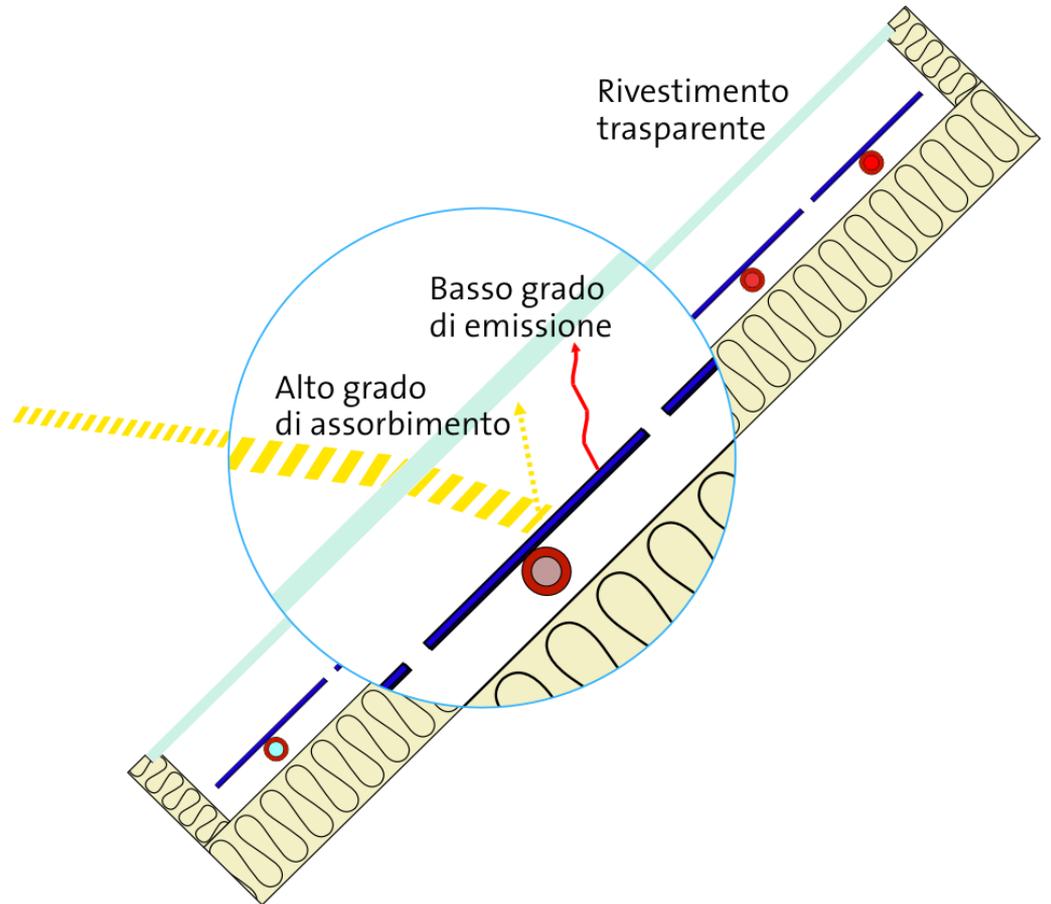




# Assorbimento ed emissione

Realizzata in **rame o acciaio**, trattata superficialmente (elevato assorbimento radiazione solare, bassa emissività per la radiazione infrarossa)

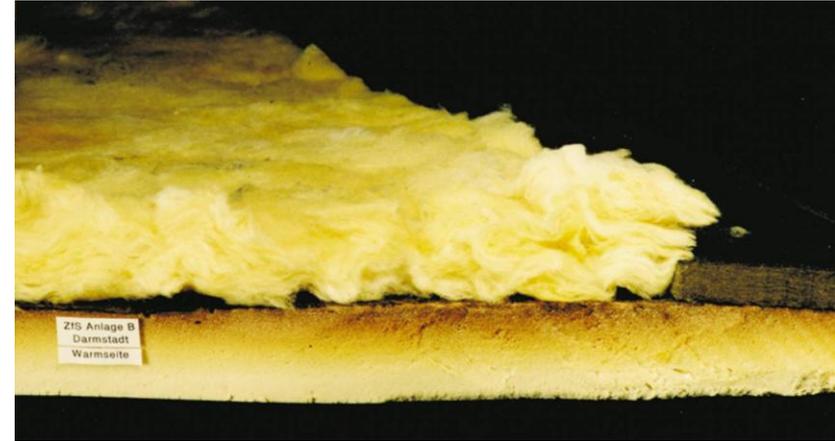
tubi saldati al fine di garantire bassa resistenza termica.





## Il materiale isolante

Materiale dalla **struttura porosa**, deve ridurre al minimo le **perdite per conduzione** verso superfici laterali ed inferiori del collettore.



Materiali più usati:

**Lana di vetro o lana di roccia, poliuretano, lana di poliestere,**

L'isolamento termico cede nel caso di **accumulo di umidità** (materiali a "celle chiuse", o foglio di alluminio aggiuntivo che ferma la condensa e riflette verso la piastra)



## Il fluido termovettore

Fluido utilizzato nel campo di applicazione (20 – 80 °C):

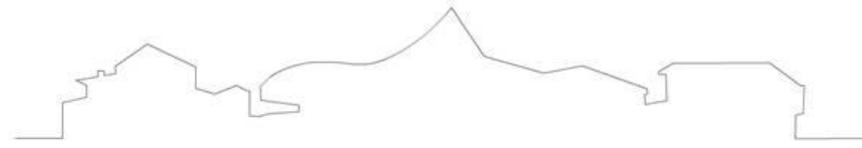
**ACQUA** (problema: punto di congelamento)

SOLUZIONE di acqua e **GLICOLE ETILENICO**

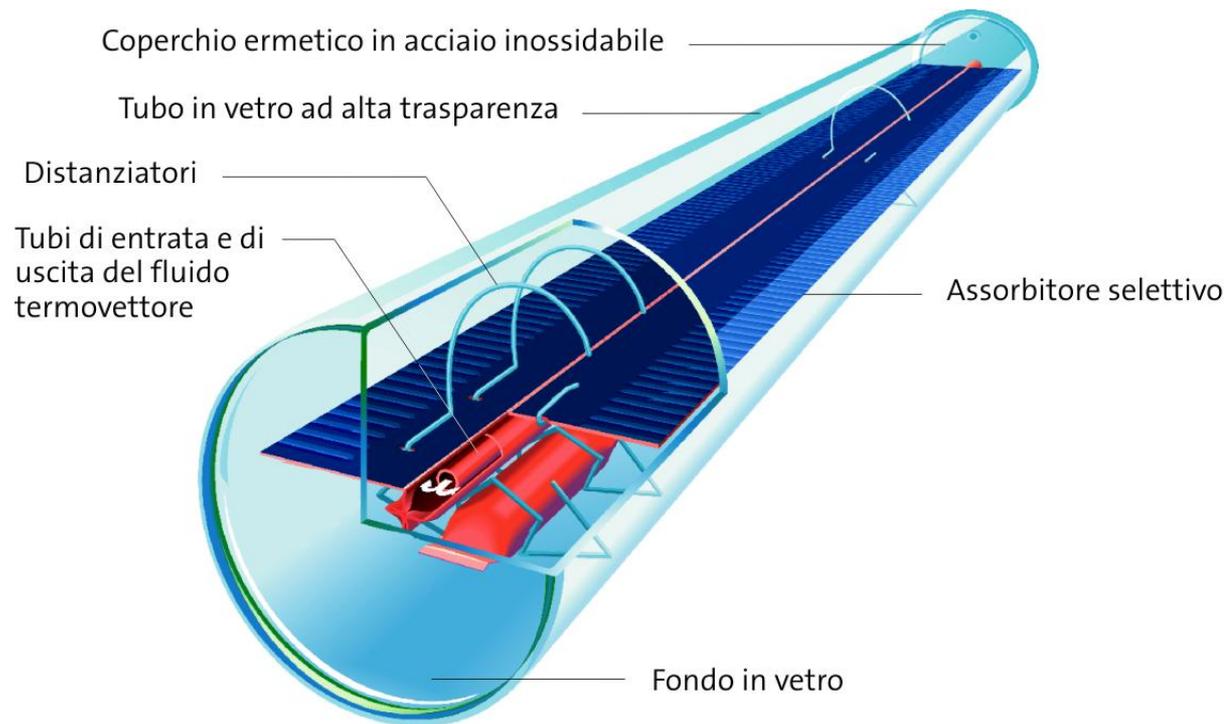
(problema: tossico, non adatto ad ACS)

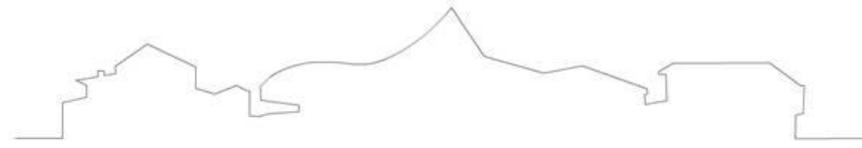
SOLUZIONE di acqua e **GLICOLE**

**PROPILENICO**

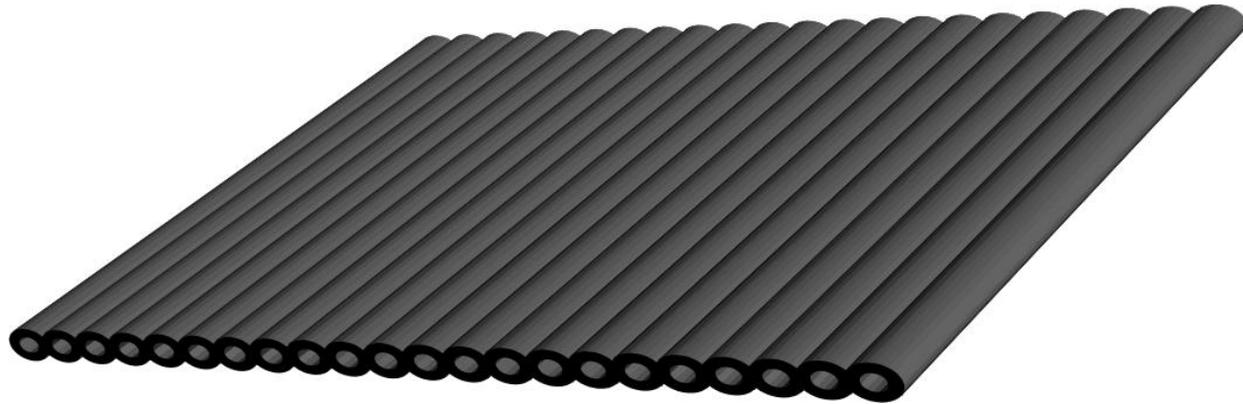


# Collettore a tubi sottovuoto: alta temperatura





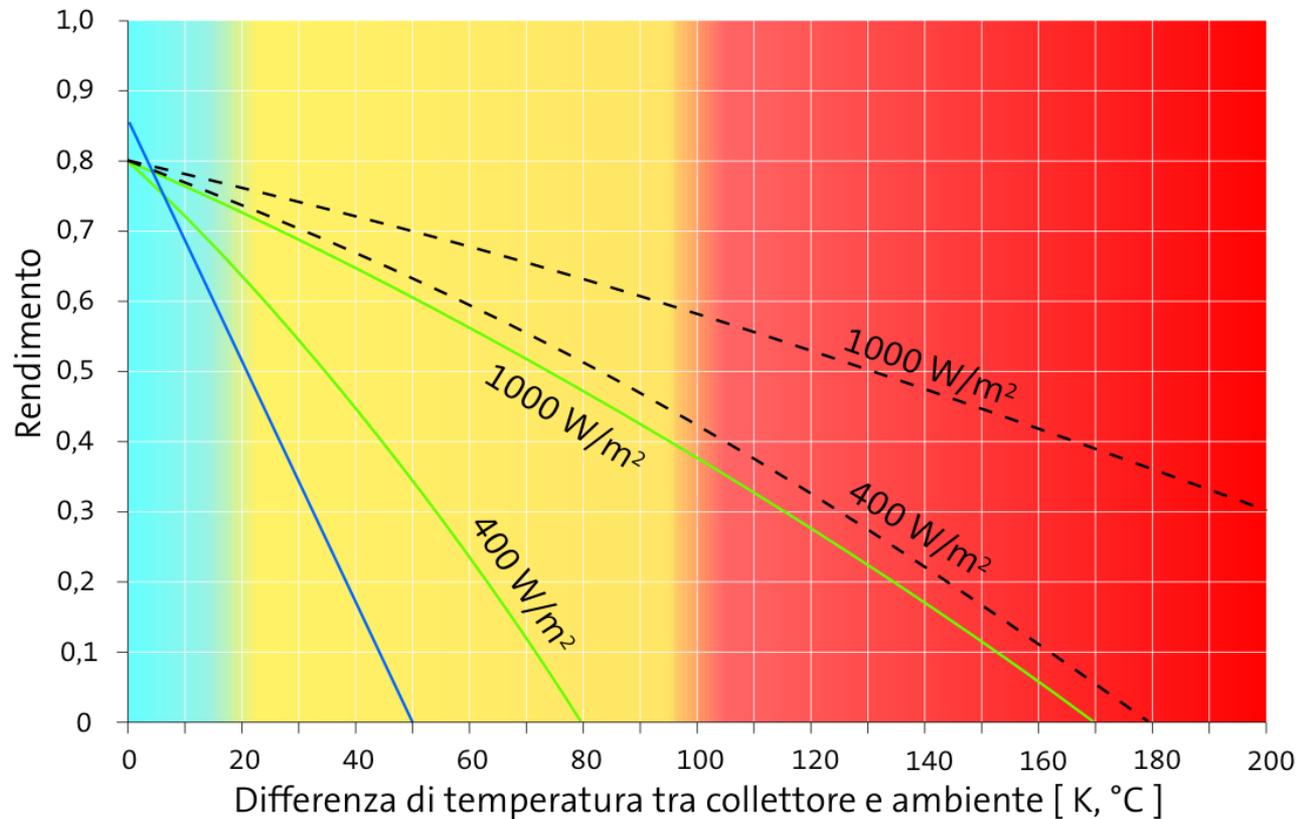
# Collettore non vetrato: bassa temperatura di esercizio



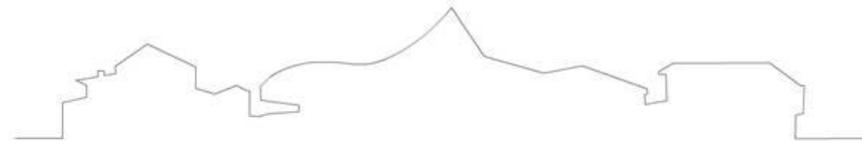
© www.solarpraxis.com



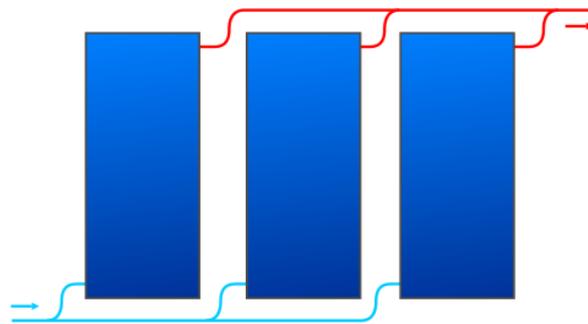
# Curva di rendimento dei collettori e ambiti di utilizzo



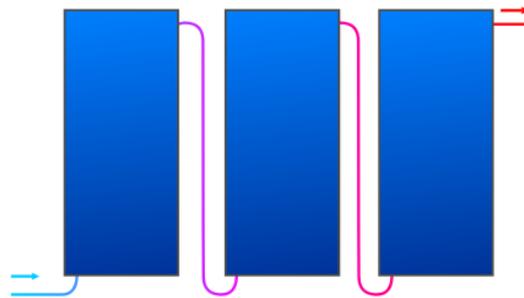
- Collettore per piscina
- Collettore piano
- - - Collettore sotto vuoto
- 0 - 20 K Riscaldamento di piscine
- 20 - 100 K Acqua calda e riscaldamento
- > 100 K Calore di processo



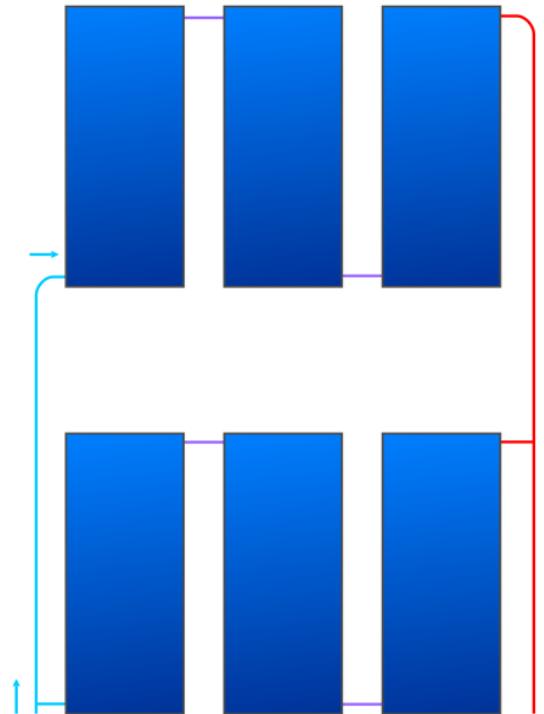
# Configurazioni del sistema di captazione



Connessione in parallelo



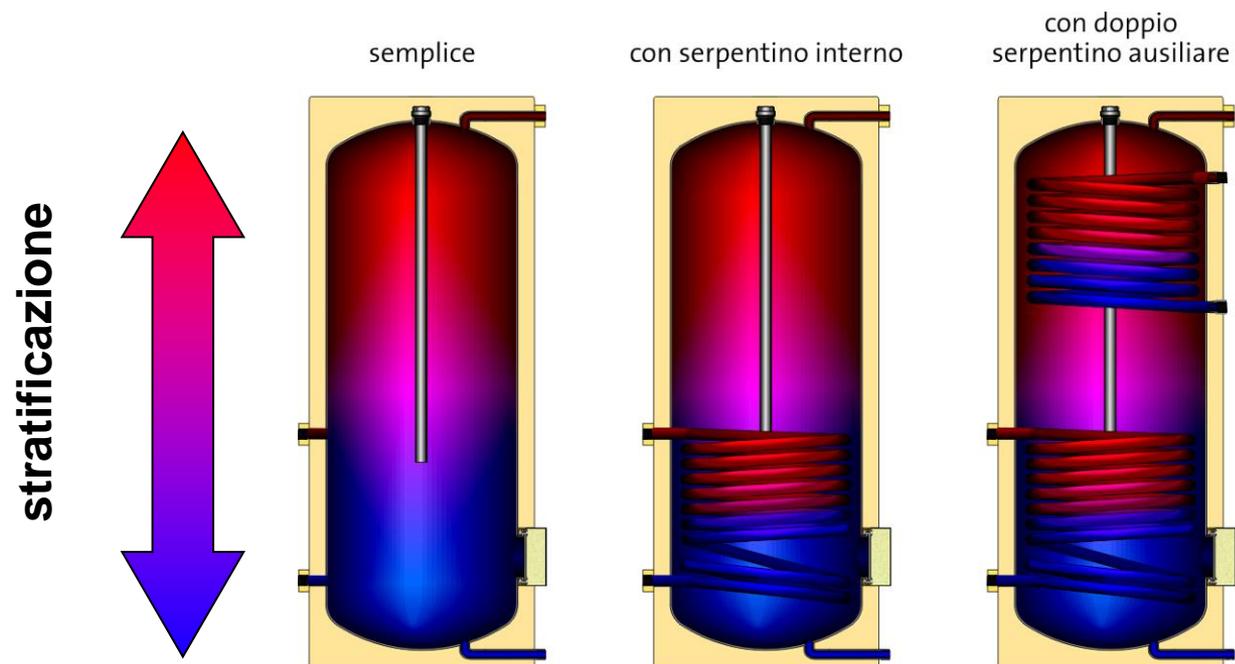
Connessione in serie

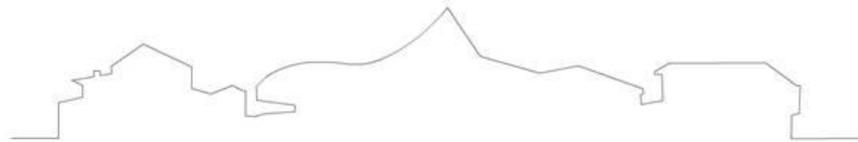


Connessione in serie - parallelo

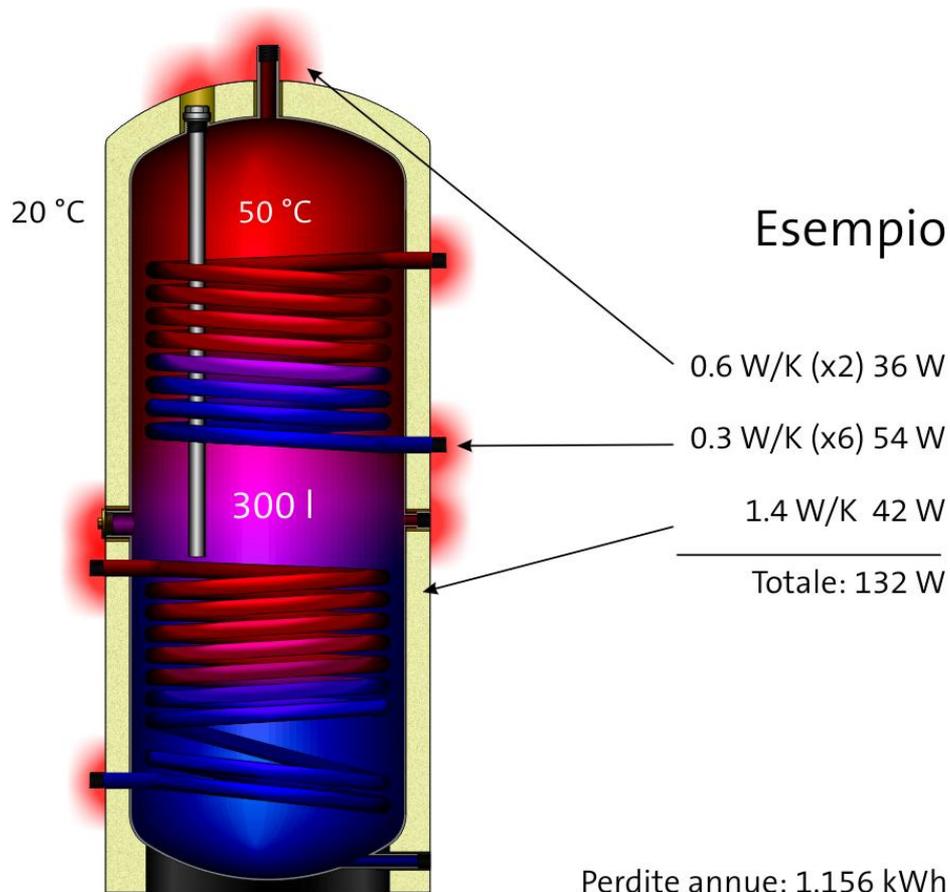


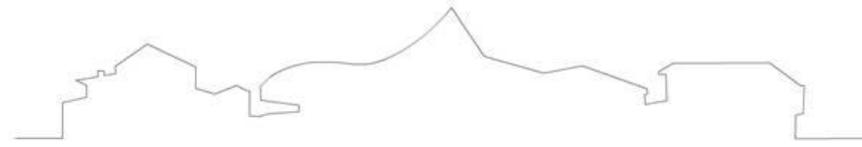
# Classificazione degli accumuli per ACS



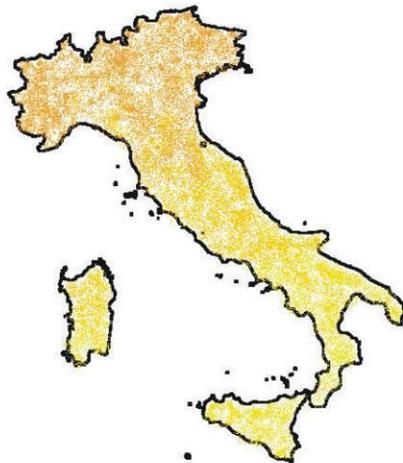


# Importanza dell'isolamento in un accumulo





# Dimensionamento della superficie dei collettori per la produzione di acqua calda

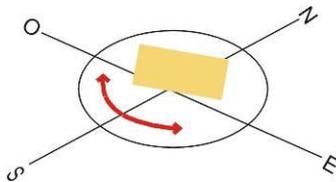


Orientamento ottimale (sud, inclinazione 30°)

zone in Italia	valori di riferimento per il dimensionamento dei collettori piani
Nord	1.2 m <sup>2</sup> /(50 litri/giorno)
Centro	1 m <sup>2</sup> /(50 litri/giorno)
Sud	0.8 m <sup>2</sup> /(50 litri/giorno)

Per collettori a tubi sottovuoto ridurre del 30 %

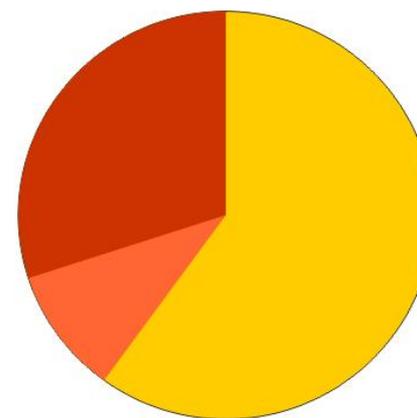
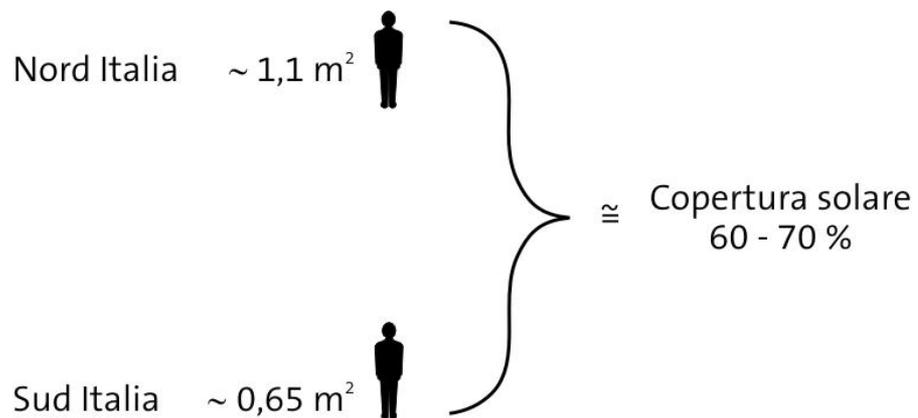
Incrementi della superficie dei collettori per condizioni non ottimali



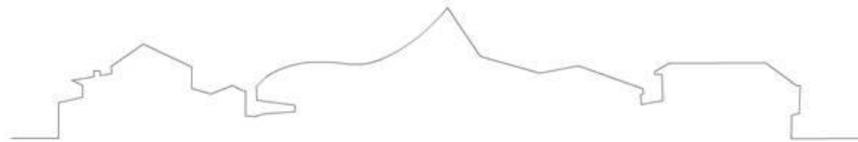
orientamento rispetto al Sud	angolo di inclinazione rispetto al piano orizzontale						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Sud	12%	3%	0%	1%	8%	20%	45%
Sud/Est Sud/Ovest	12%	6%	3%	5%	11%	23%	43%
Est Ovest	12%	14%	15%	20%	28%	41%	61%



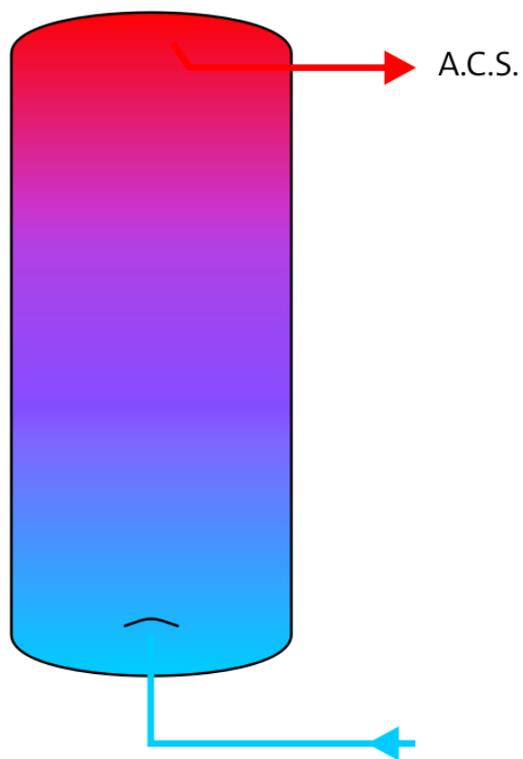
# Dimensionamento del collettore



© www.solarpraxis.com

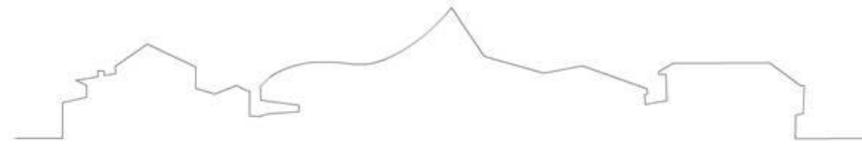


# Dimensionamento dell'accumulo



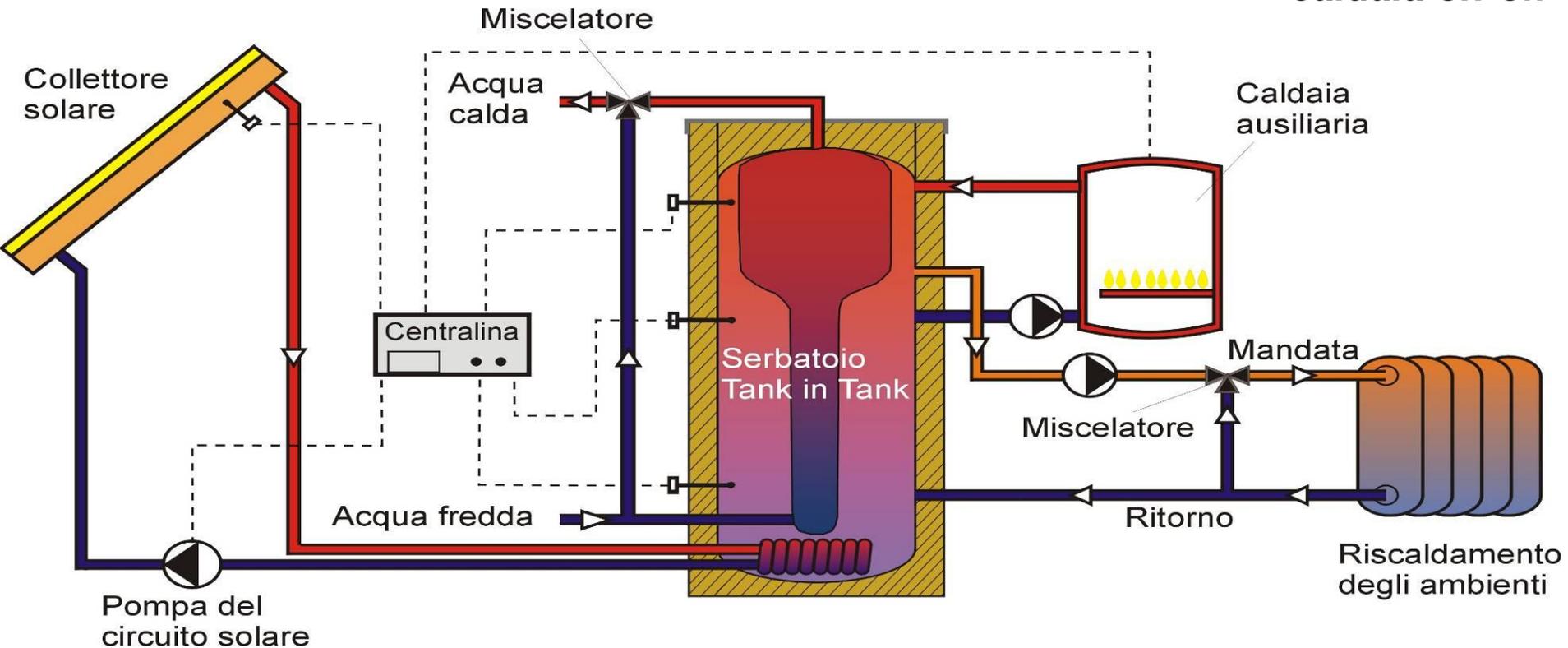
Consumo giornaliero  
acqua calda: 40 - 50 l/g 

e.s.  x 50 l/g  
= 300 l

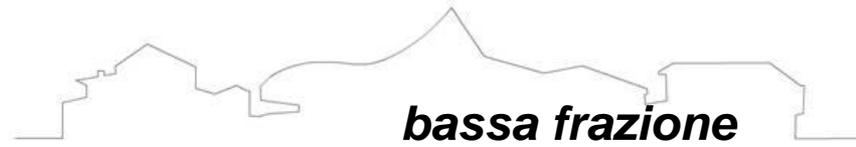


# Impianto solare combinato per il riscaldamento dell'acqua calda e degli ambienti

**alta frazione solare (>50%)  
caldaia on-off**

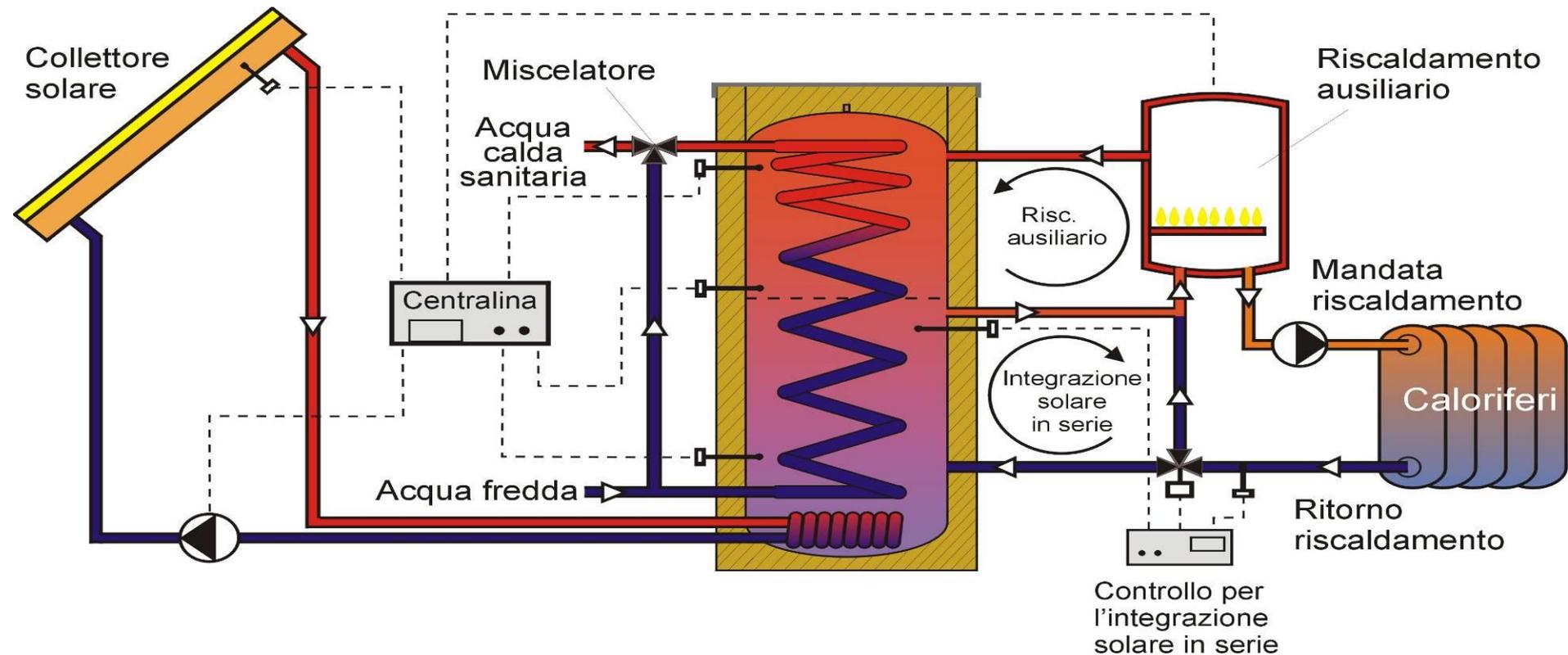


Fonte: ITW

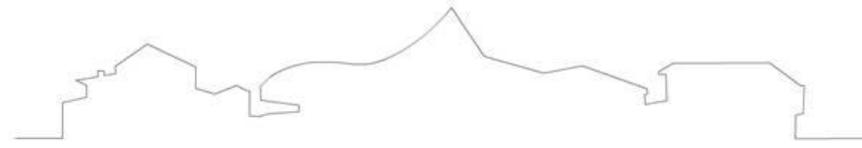


**bassa frazione  
solare (20%)  
caldaia modulante**

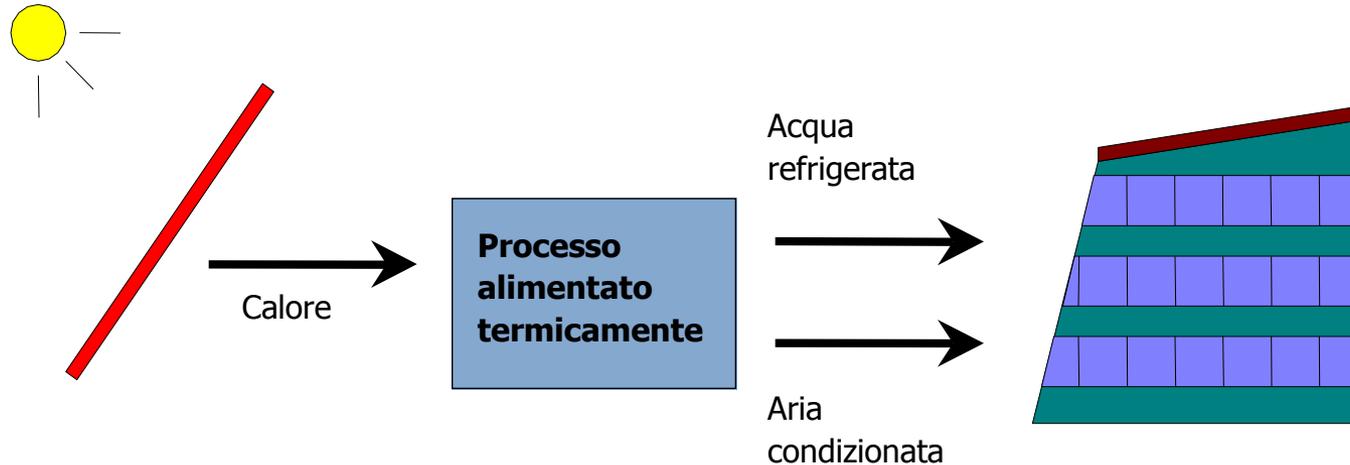
# Impianto solare combinato per il riscaldamento dell'acqua calda e degli ambienti



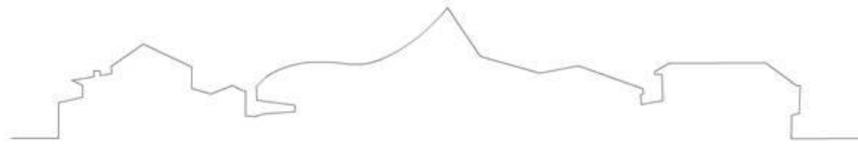
Fote: ITW



# Impianti di solar cooling



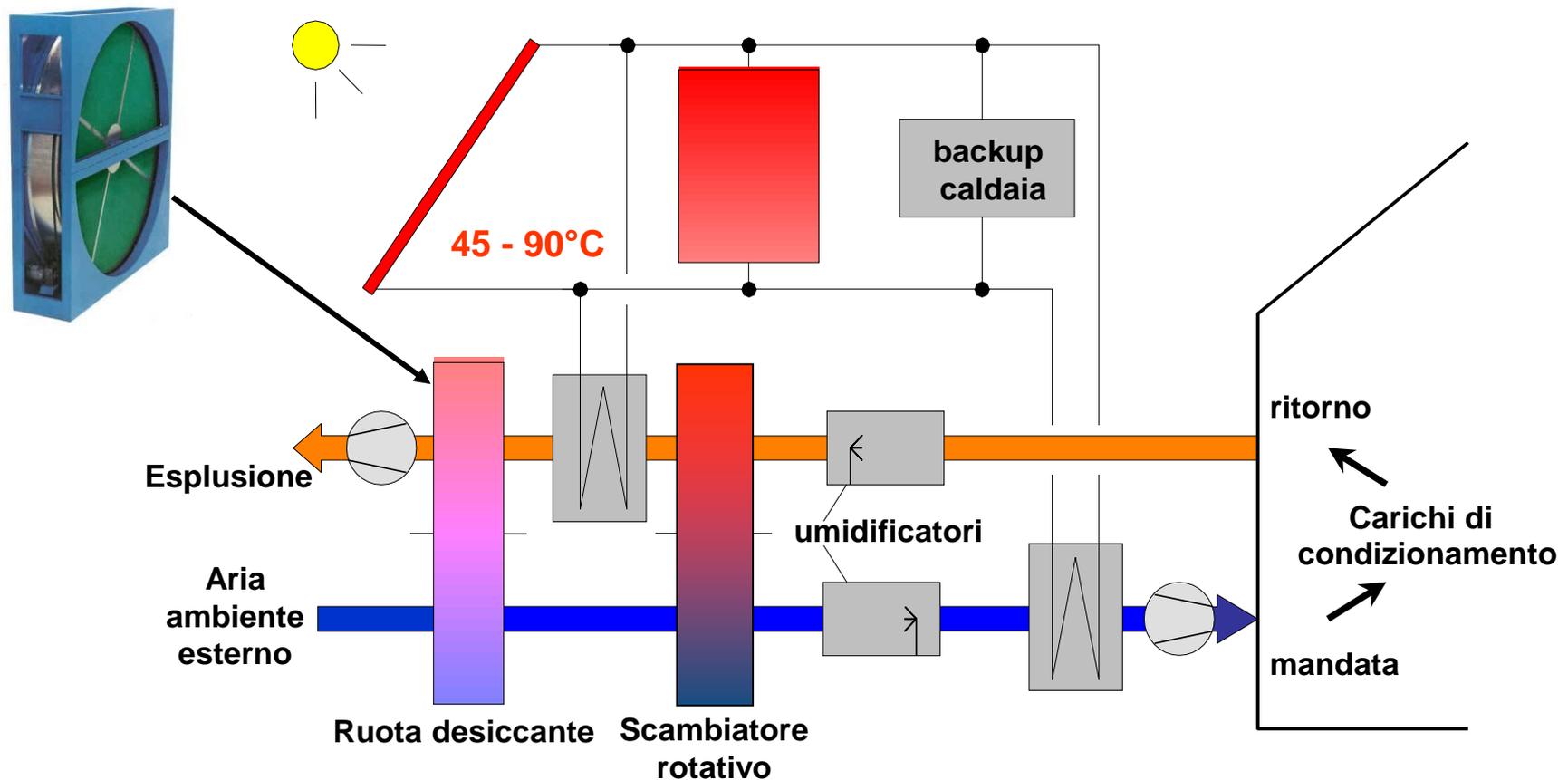
- Produzione di freddo a partire da una sorgente di calore
- Possibilità di produzione di acqua e/o aria condizionata per sistemi di climatizzazione invernale/estiva centralizzati
- Maggiore complessità rispetto a sistemi tradizionali di conseguenza si rende necessaria l'adozione di strumenti progettuali adatti



# Tecnologie per i sistemi di solar cooling

- **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,...)
  
- **Sistemi a ciclo aperto basati su combinazione raffreddamento evaporativo e deumidificazione (sistemi DEC)**
  - trattamento diretto dell'aria
  - Sempre necessario rete distribuzione del freddo basato su sistema di ventilazione
  - Sistemi sul mercato usano scambiatori rotativi o materiale adsorbente in forma liquida

# Schema di sistema DEC (es. Europa Centrale)



# Caso studio - ENERGYbase



**AIT,  
(Austrian Institute of  
Technology)  
Vienna**



# Energy concept

- **Geotermico** - Il fabbisogno di energia per riscaldamento e raffrescamento è interamente coperto da fonte rinnovabile. L'energia geotermica estratta dal sottosuolo fornisce un contributo determinante.
- **Riscaldamento e raffrescamento solare** - Circa 300m<sup>2</sup> di collettori solari piani forniscono l'energia necessaria al trattamento estivo dell'aria primaria. L'energia solare termica, abbondante in estate, viene convertita in raffrescamento dell'aria attraverso il sistema DEC. In inverno, il sistema solare contribuisce al riscaldamento dell'aria primaria.
- **Umidificazione attraverso il "verde"** - Il comfort durante i mesi invernali è assicurato attraverso il potere di umidificazione offerto dalle piante che funzionano come un sistema di umidificazione controllato.
- **Uso attivo e passivo dell'energia solare** - La speciale forma della facciata sud consente l'accesso diretto della radiazione solare solo in inverno e offre contemporaneamente supporto a 400m<sup>2</sup> di pannelli fotovoltaici
- **Illuminazione intelligente** Il layout dell'edificio e speciali sistemi schermanti consentono di massimizzare l'utilizzo dell'illuminazione naturale.



# Schema impianto solare (funzionamento estivo)

