

Energie solare termica ed usi civili: climatizzazione invernale ed estiva



Mario Motta

Dip. Energia – Politecnico di Milano

**Soluzioni impiantistiche per edifici a basso
consumo con riferimento all'impiego di fonti
rinnovabili**

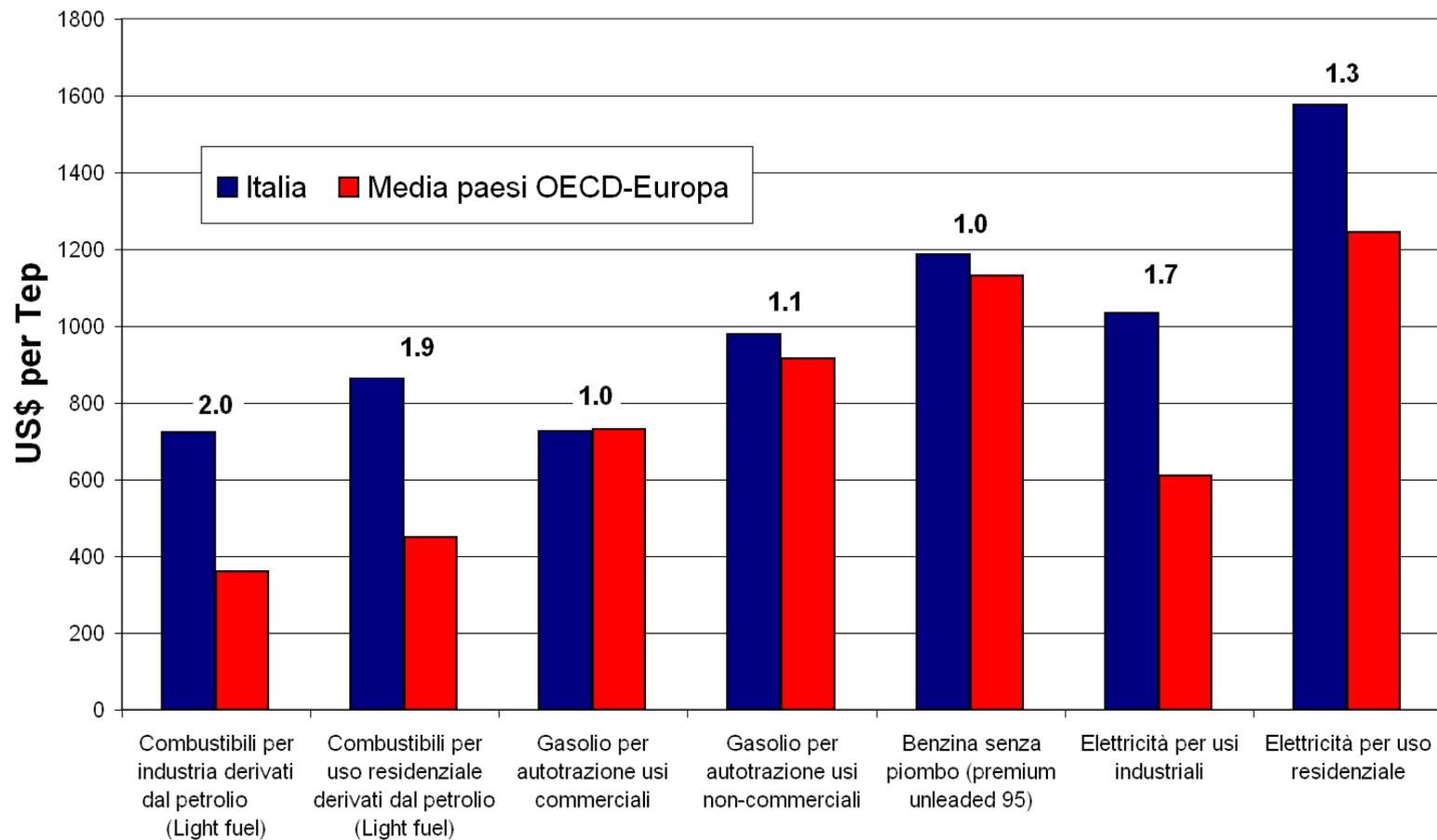
Milano, 10 novembre 2010



Il prezzo dell'energia in Italia

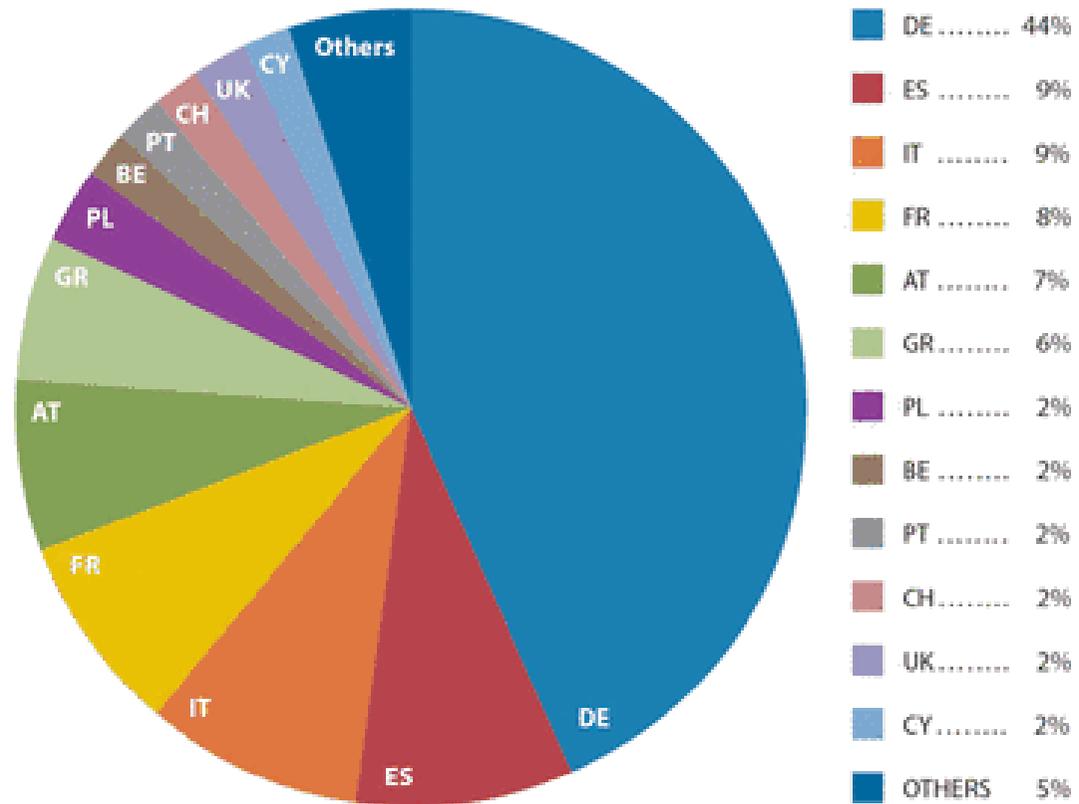
Prezzi energia all'utente finale, 2001

Fonte: Energy policies of IEA countries – Italy review 2003 - (2004)



Il mercato del solare termico nell'U.E.

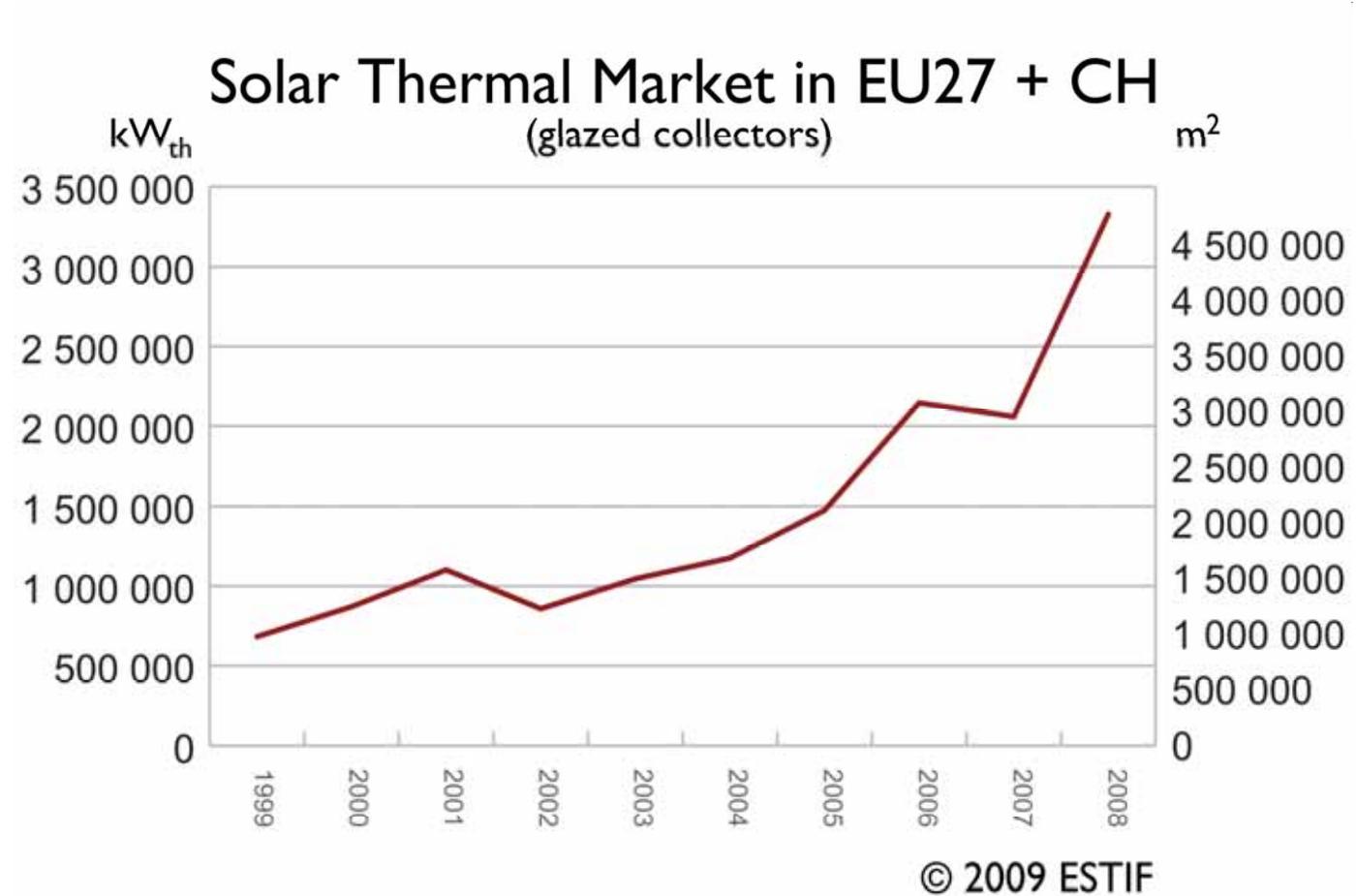
Share of the European solar thermal market



Fonte: ESTIF

© 2009 ESTIF

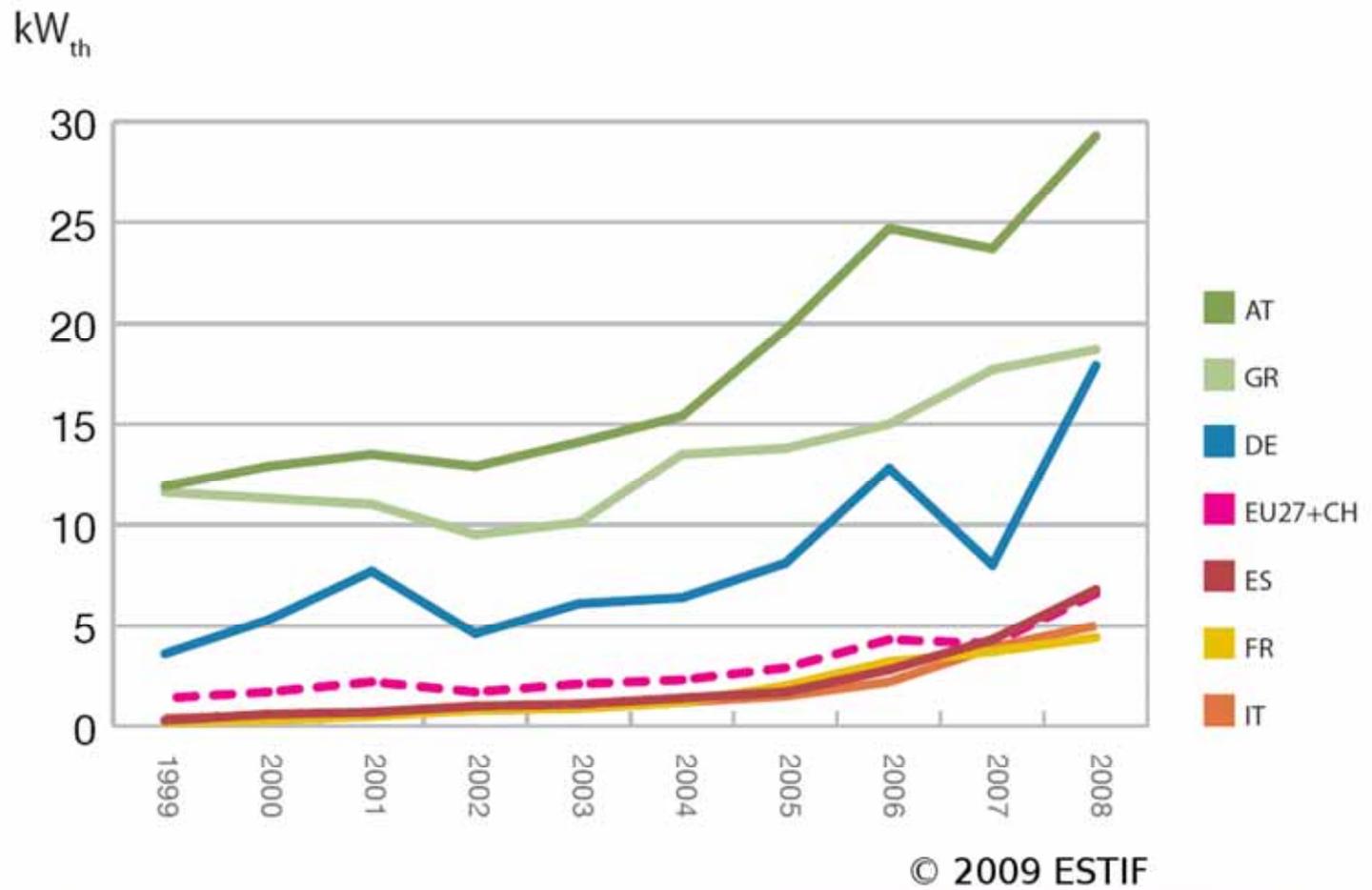
Il mercato Europeo: capacita installata



Fonte: ESTIF

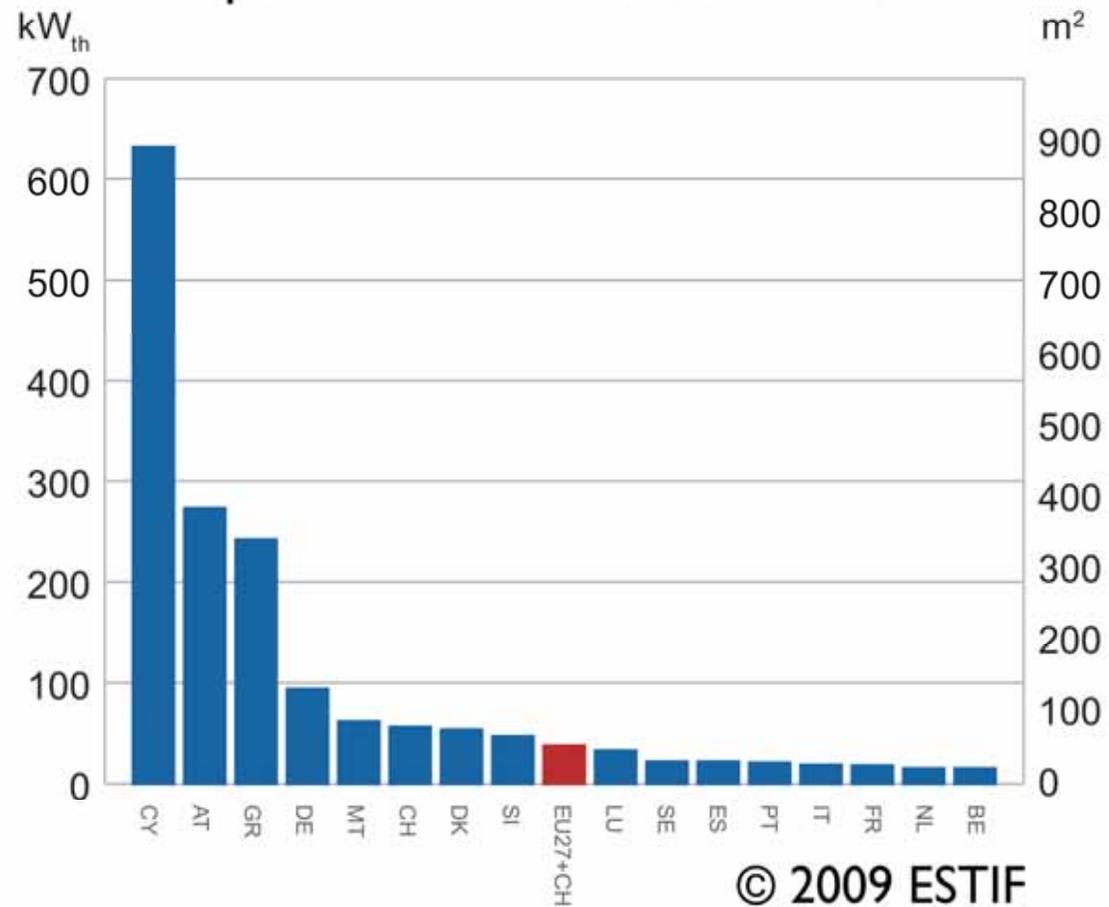
Il mercato Europeo: capacita installata annualmente ogni 1000 abitanti

Development of market per 1000 capita



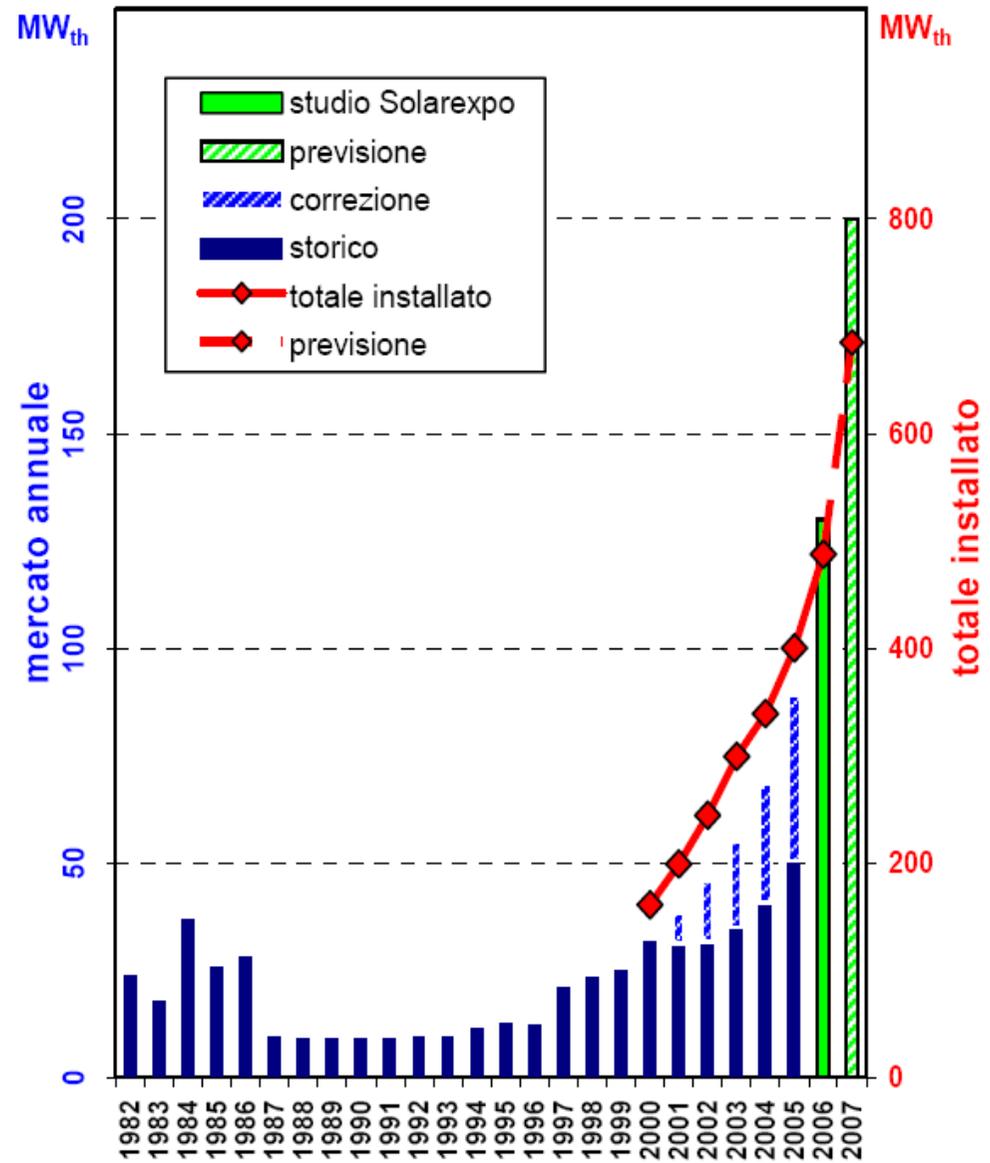
Il mercato Europeo

Solar thermal capacity in operation per 1 000 inhabitants in 2008



Fonte: ESTIF

Il mercato Italiano



Fonte: Centro studi Solarexpo

Utenze per il solare termico

- Acqua calda sanitaria (ACS)
- Riscaldamento degli edifici + ACS
- Piscine
- Reti di teleriscaldamento
- Climatizzazione dell'aria/refrigerazione
- *Utenze industriali*
- *CSP – Concentrated solar power*

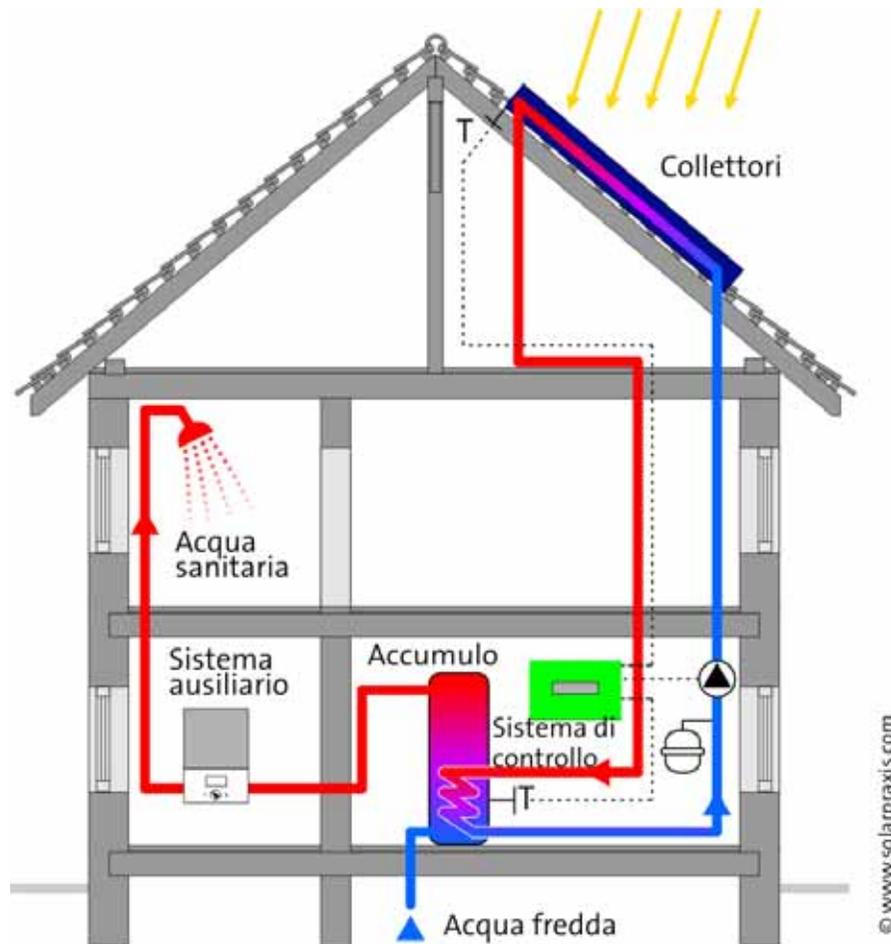


- Statistiche di mercato: www.estif.org
- Risoluzione parlamento Europeo per direttiva “Renewable heating and cooling”
- Revisione normativa italiana: 192/05 e 311/06.
- “Disposizioni inerenti all’efficienza energetica in edilizia” della Regione Lombardia (D.G.R. VIII/5108 del 26/06/2007)
- Direttiva RES heating and cooling

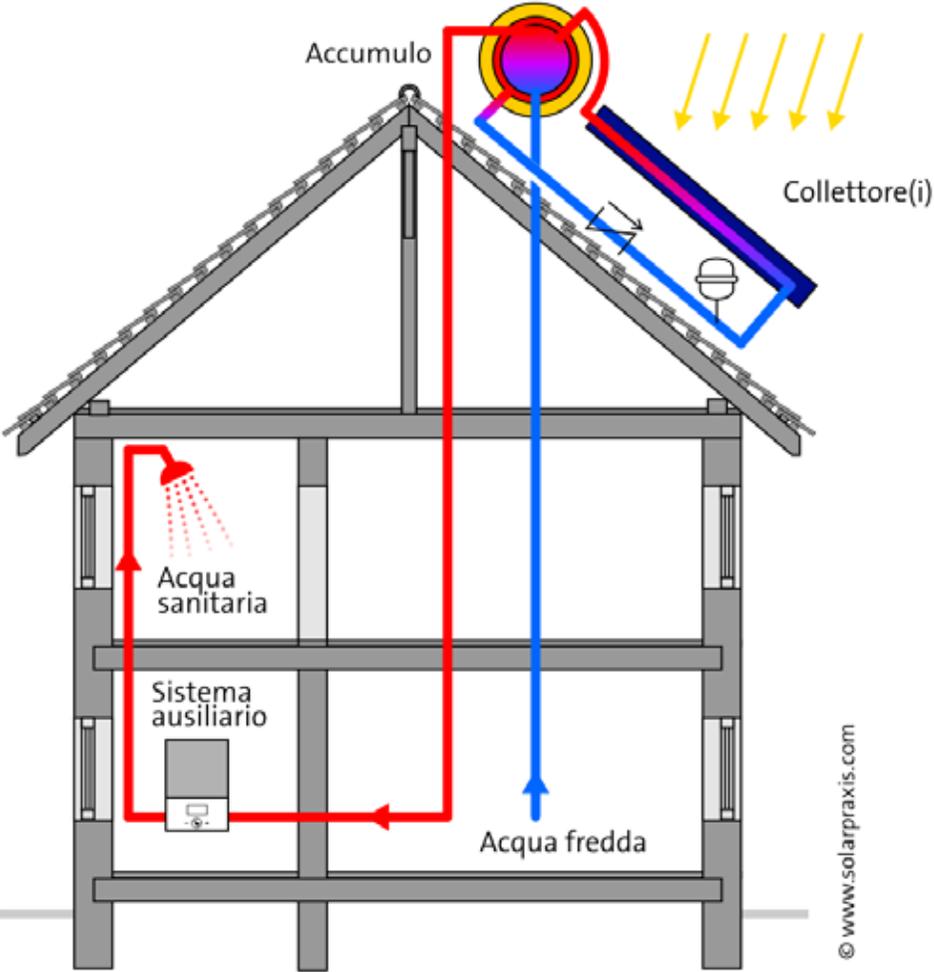


Le tecnologie

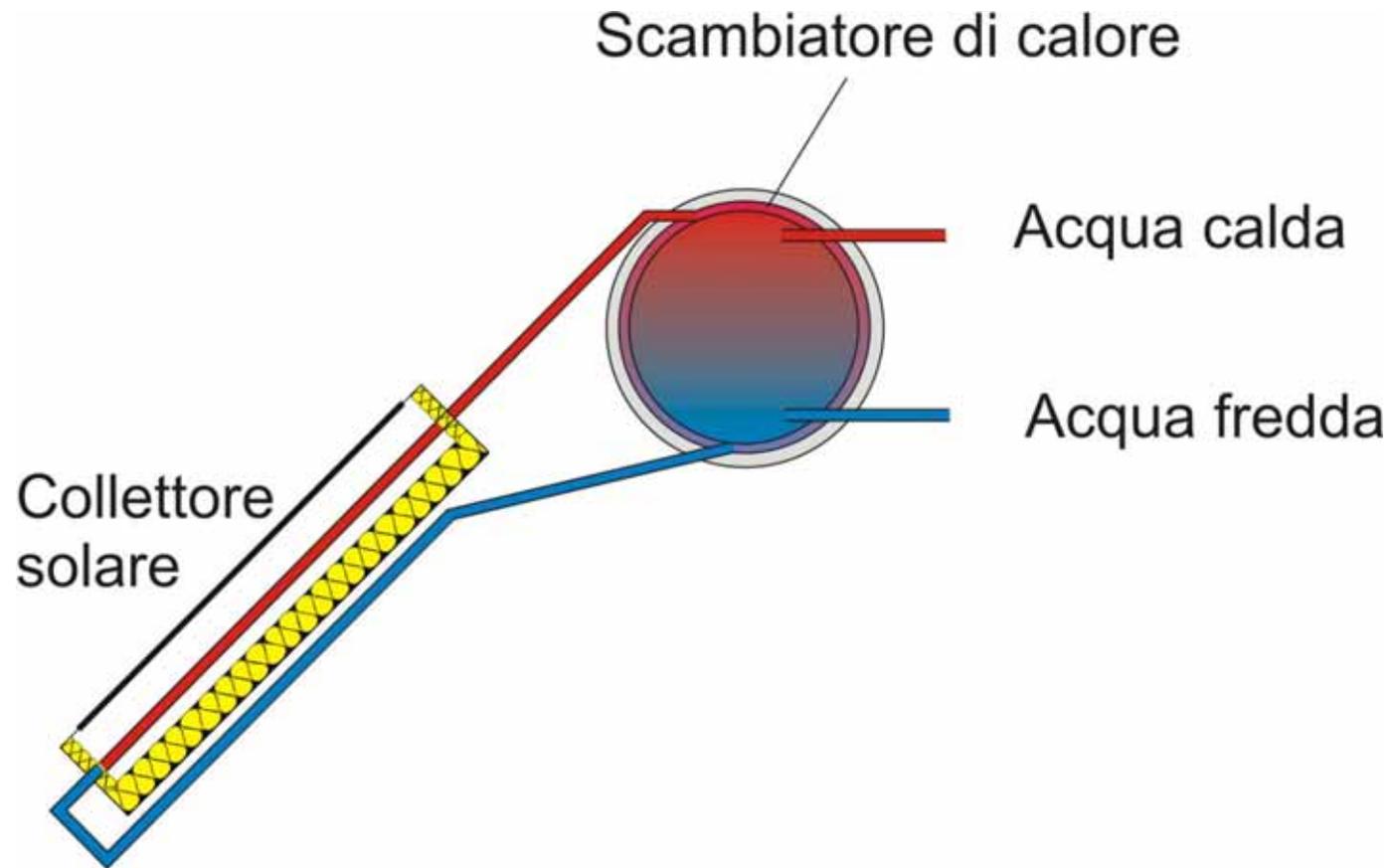
Impianti solari a circolazione forzata: schema esemplificativo



Impianti solari a circolazione naturale: schema esemplificativo

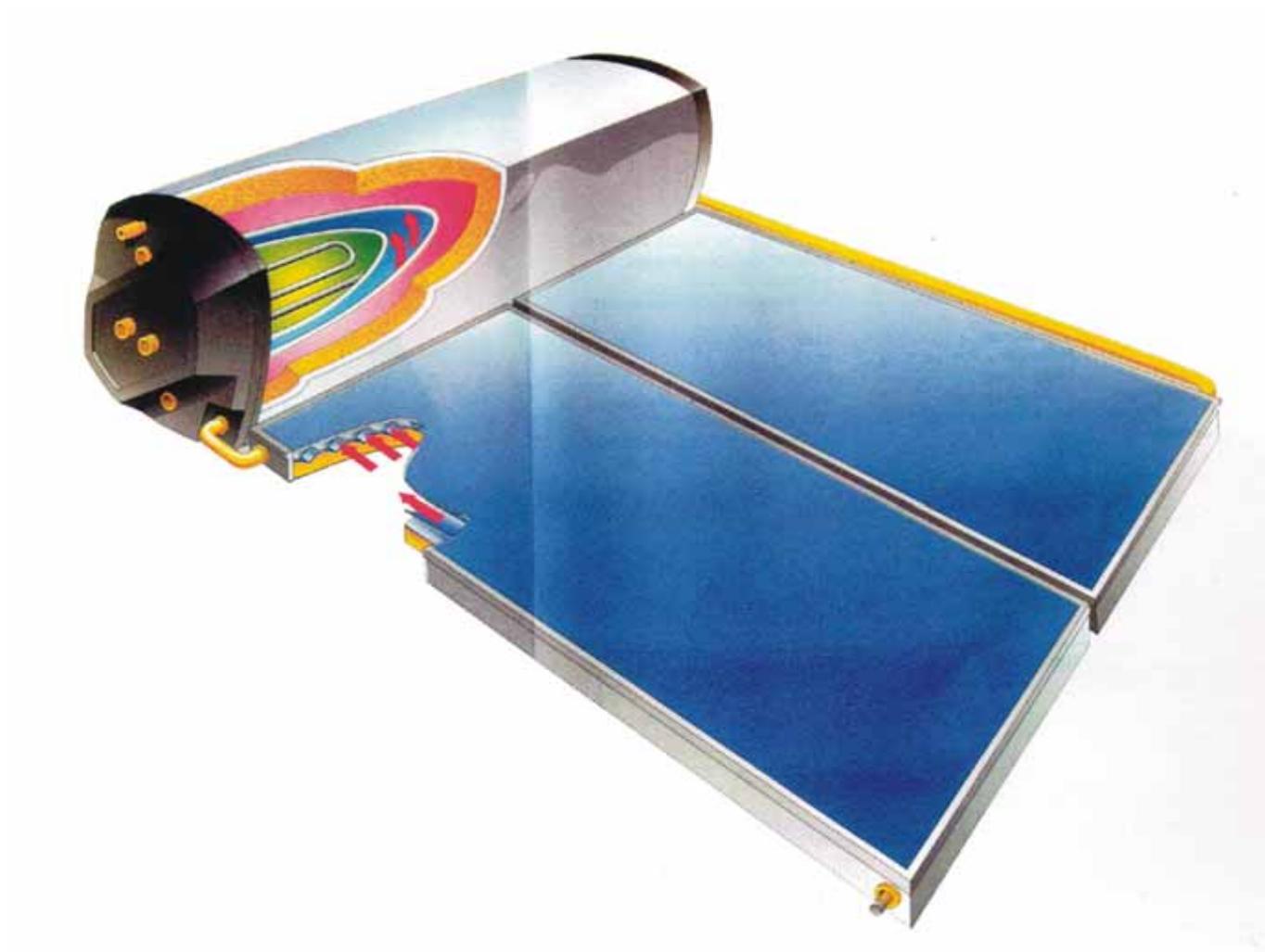


Impianto a circolazione naturale



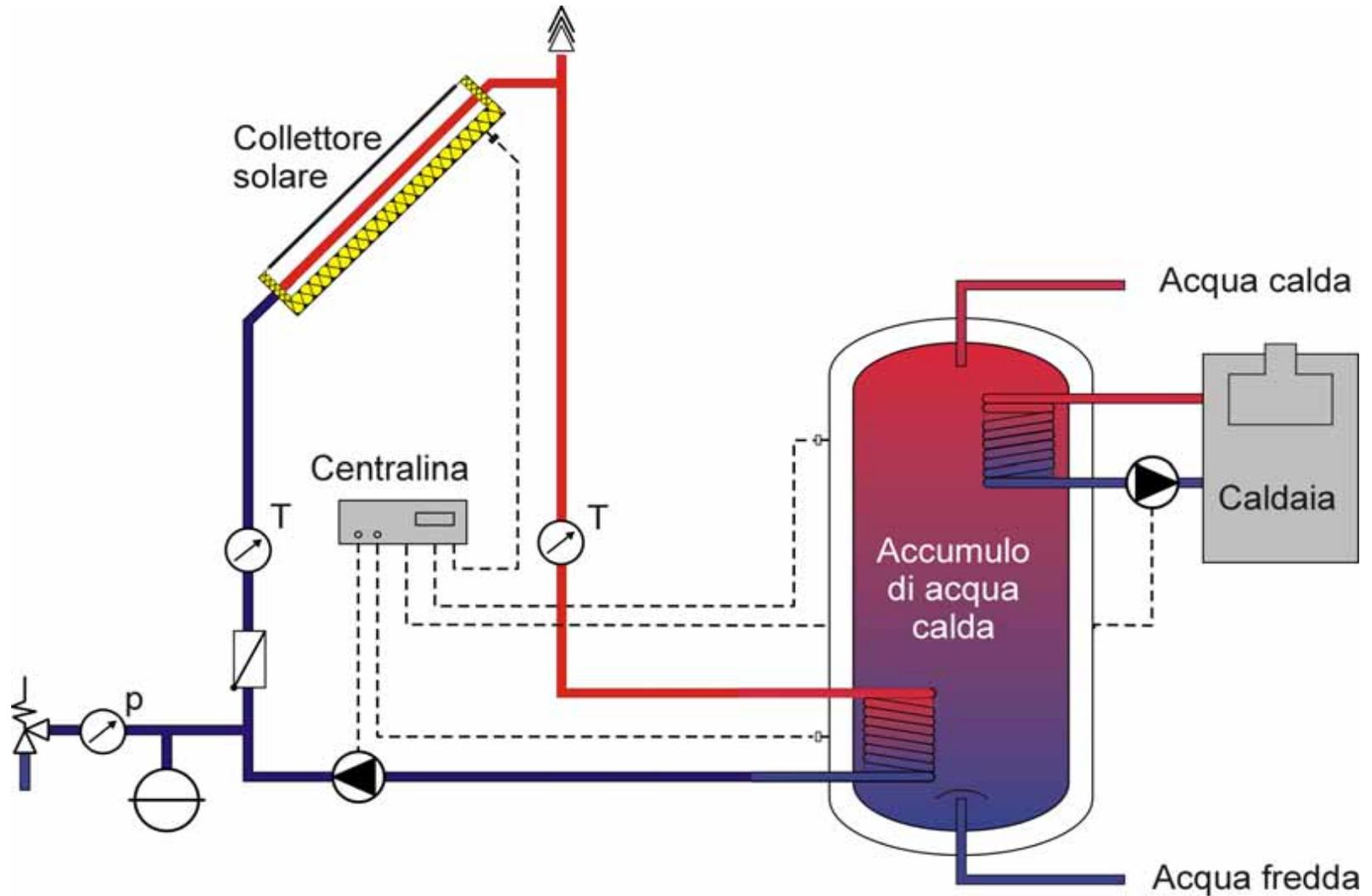
Fonte: Ambiente Italia

Impianto a circolazione naturale



Fonte: Solahart

Impianto solare a circolazione forzata



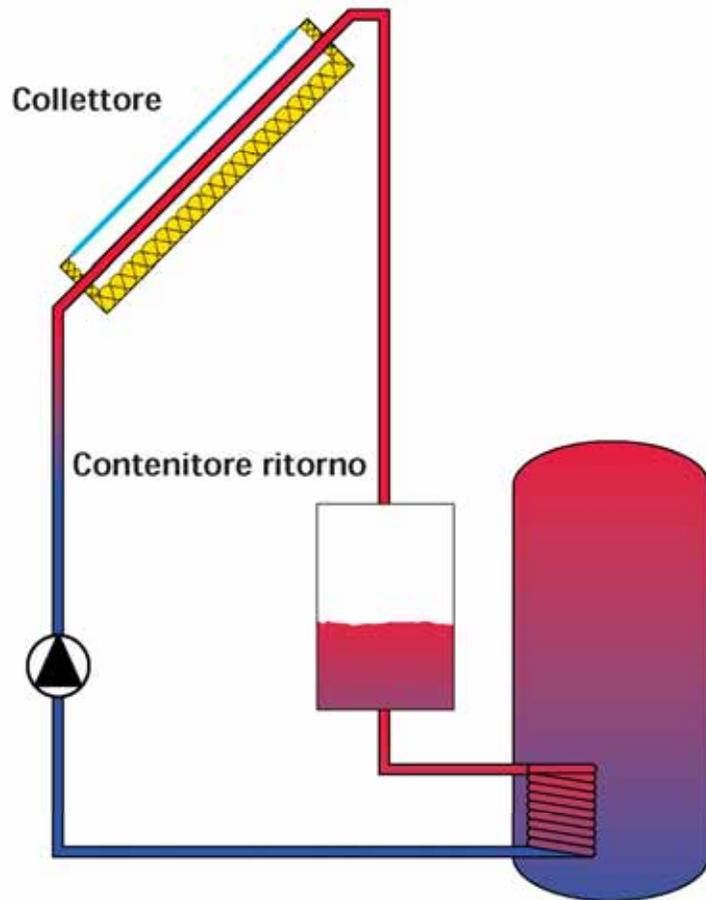
Fonte: Target/DGS

Impianto a circolazione forzata

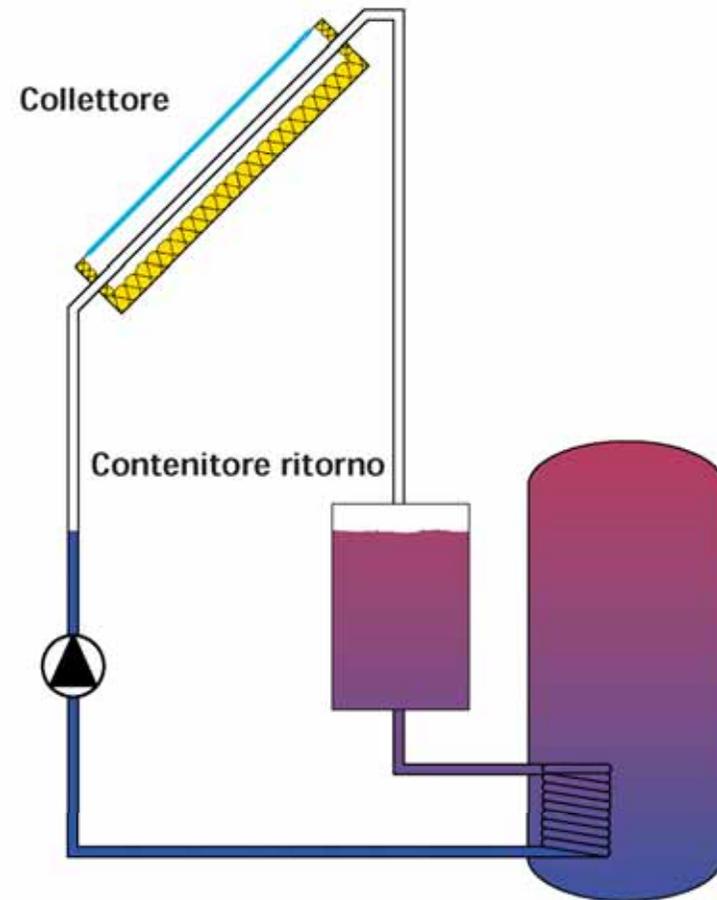


Fonte: Solvis

Impianto a svuotamento 'drain-back'



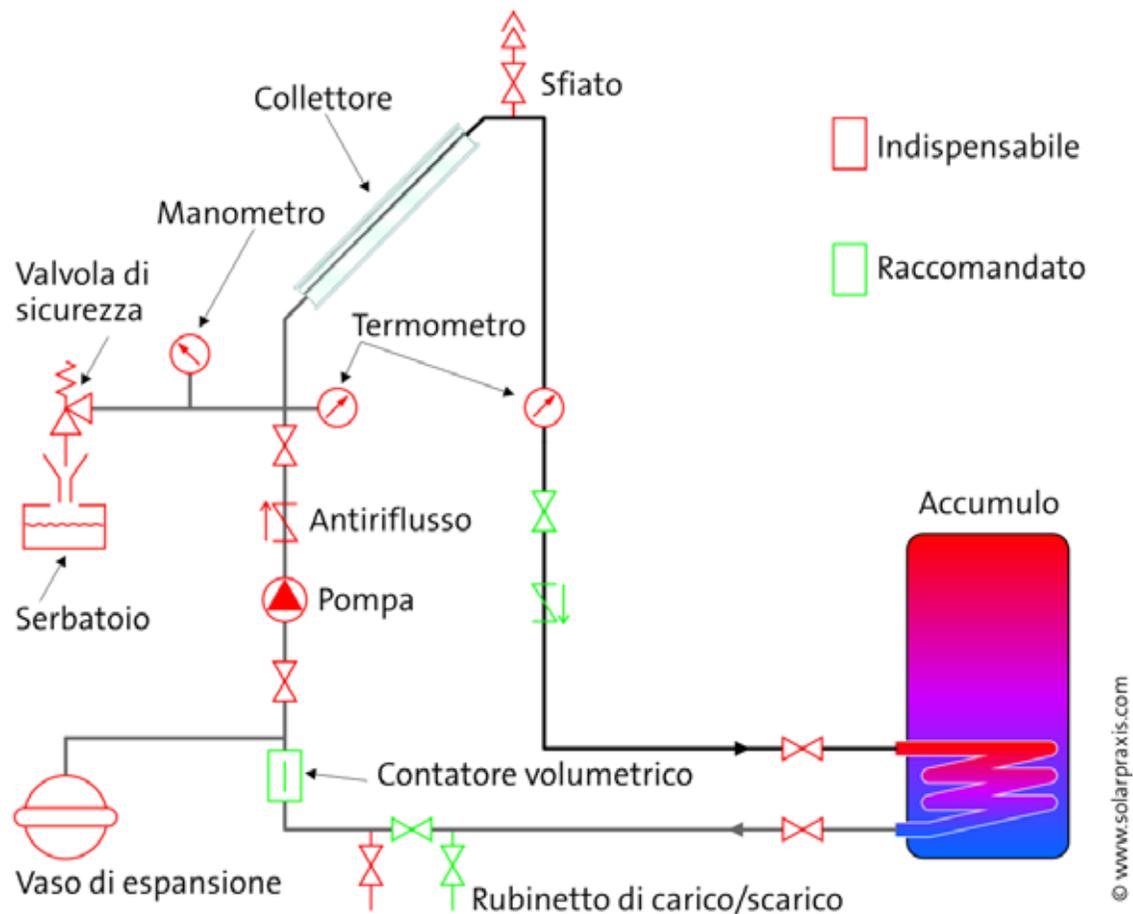
Durante l'esercizio il collettore è pieno.



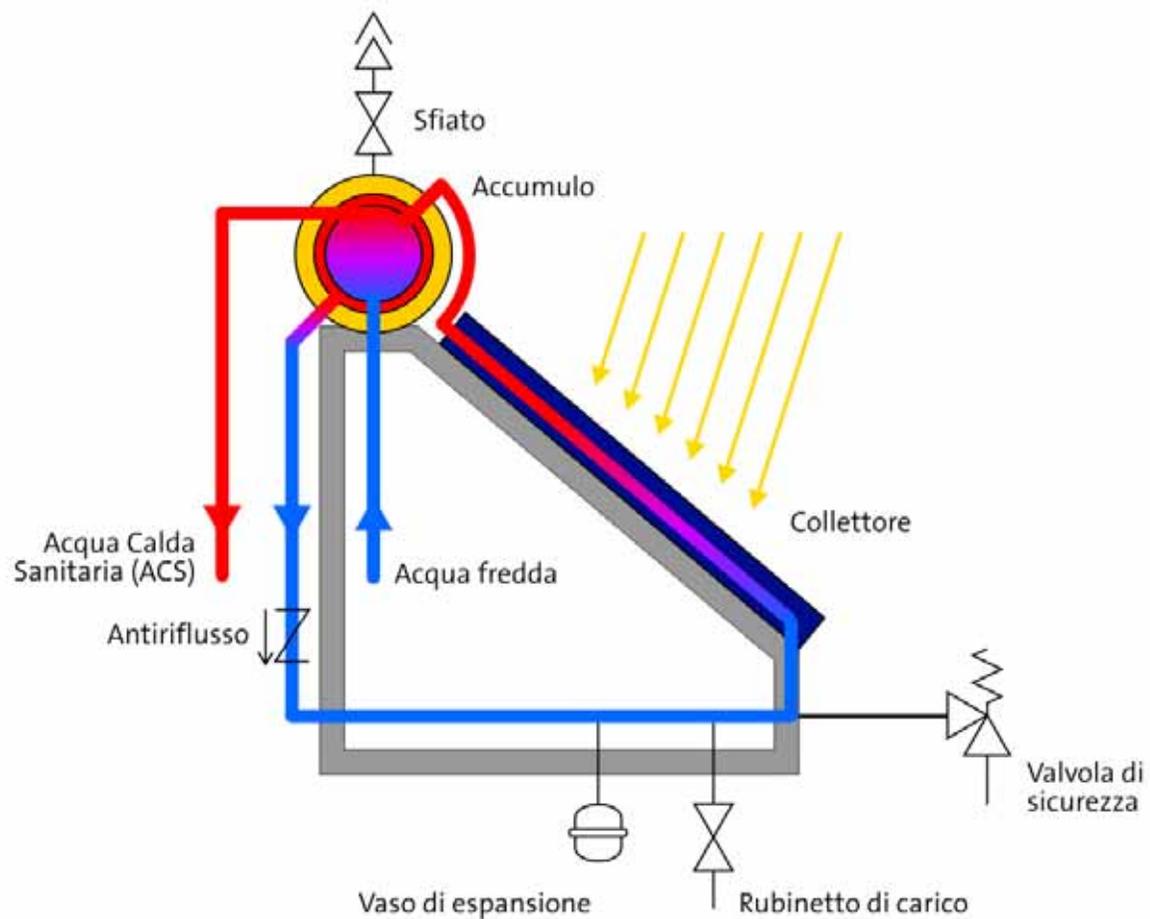
Quando l'impianto è fermo, il fluido si raccoglie nel contenitore di ritorno. Il collettore resta vuoto .

Fonte: Target

Componenti di un impianto solare a circolazione forzata



Componenti di un impianto solare a circolazione naturale

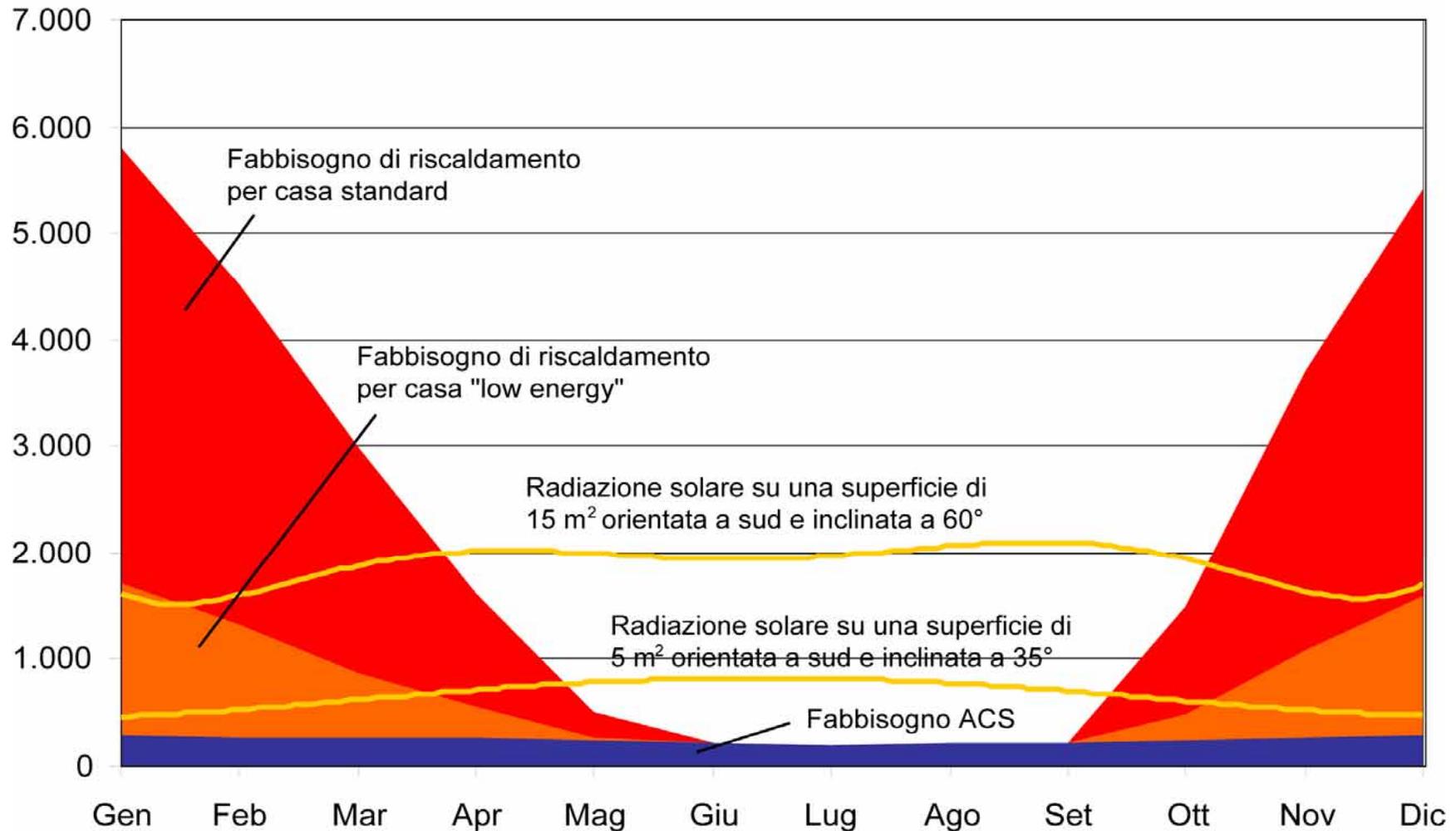


Che tipo di impianto scegliere?

	Impianto con collettore e serbatoio separati	Impianto compatto
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none">Adattabilità ad impianti di qualsiasi dimensioneFlessibilità dello schema d'impiantoArmoniosa integrazione nel tettoCompatibile con il riscaldamento dell'acqua sanitaria centralizzato	<ul style="list-style-type: none">Semplicità d'installazioneManutenzione poco impegnativaFunzionamento indipendente dall'adduzione di energiaCompatibile con il riscaldamento dell'acqua sanitaria decentralizzato
Svantaggi	<ul style="list-style-type: none">Installazione impegnativa	<ul style="list-style-type: none">Non è antigelo (connessioni!)

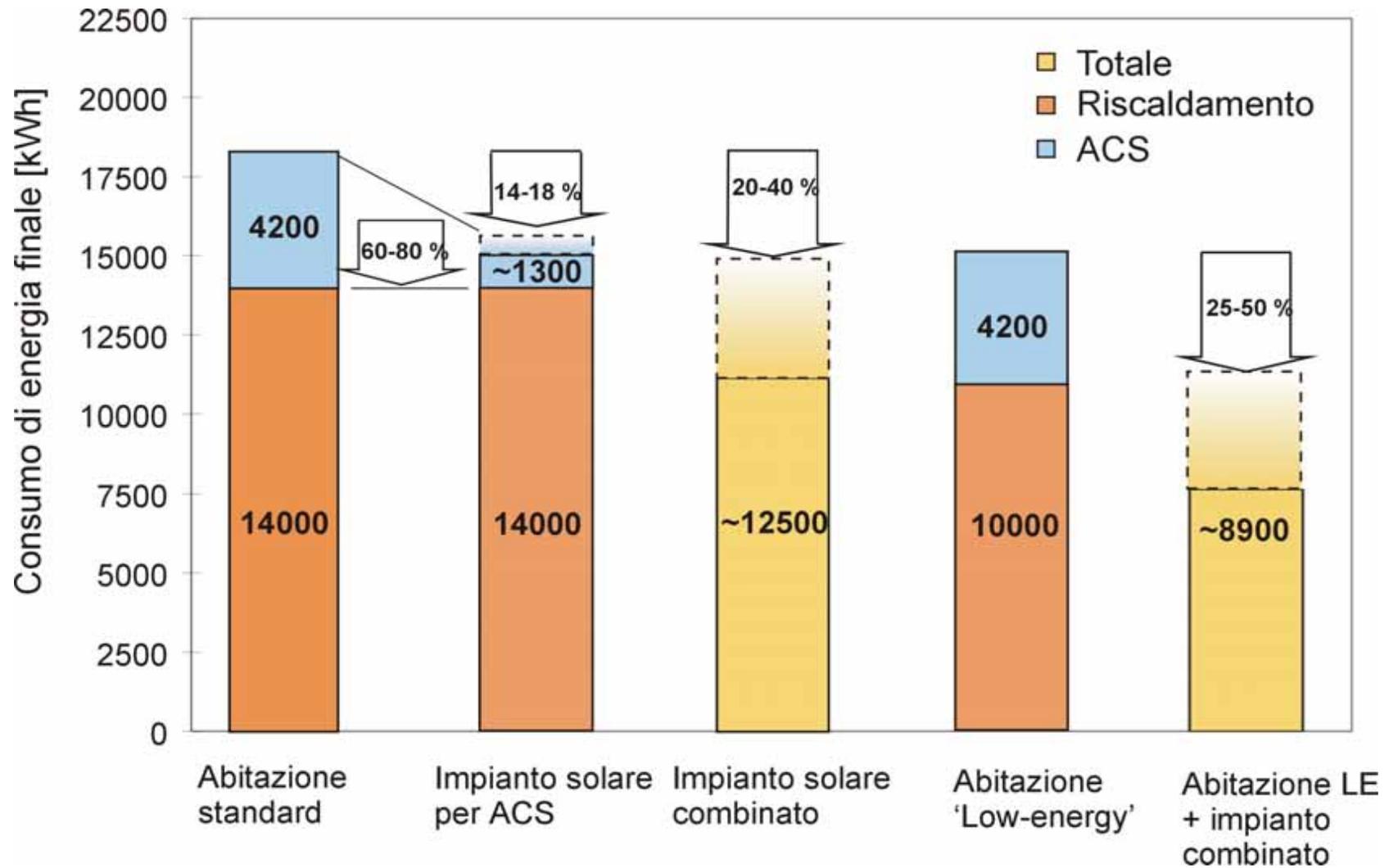
Fonte: Ambiente Italia

Edificio residenziale 240m² energia per ACS, riscaldamento e radiazione solare su una superficie inclinata

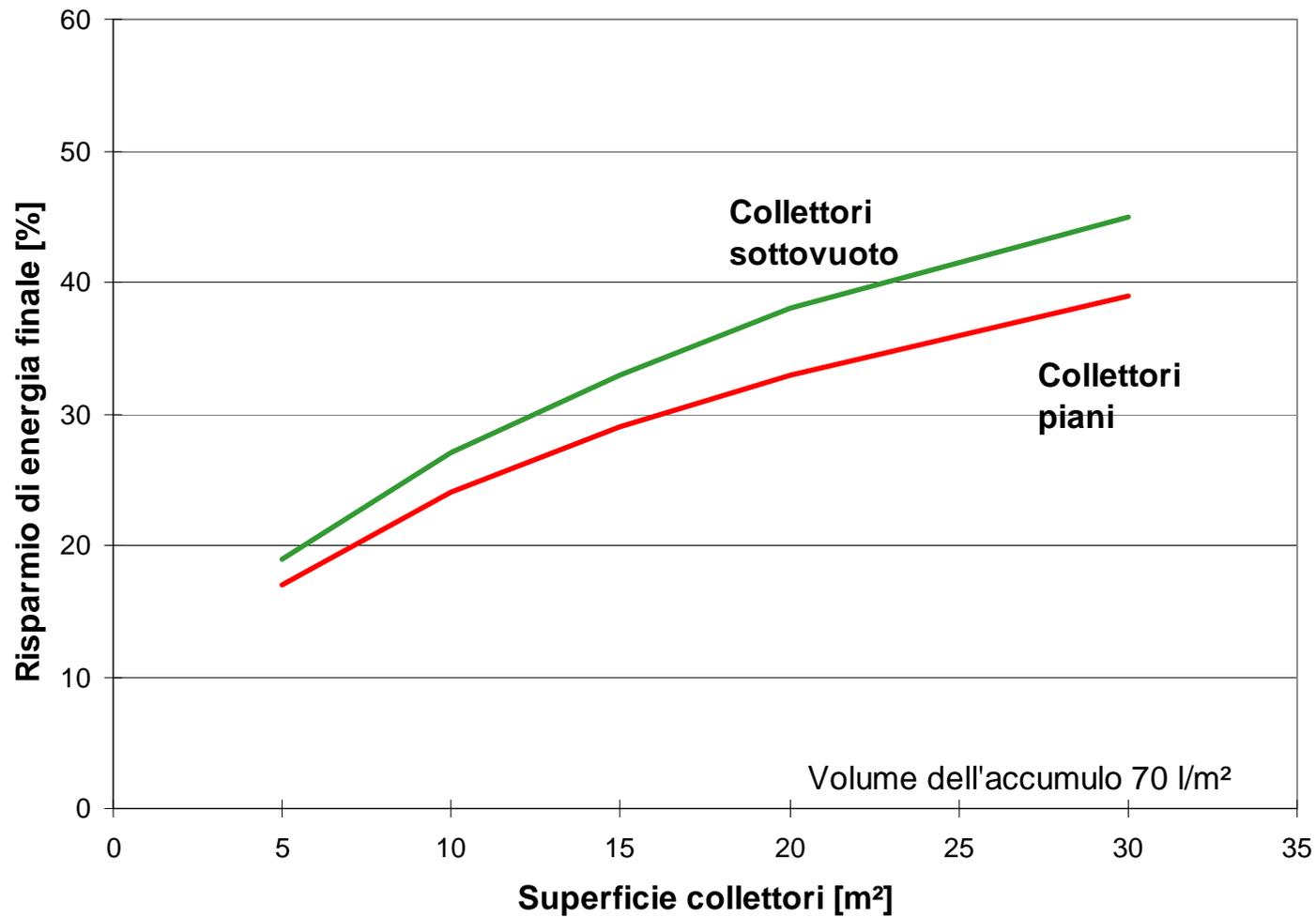


Fonte: Ambiente Italia

Risparmio di energia

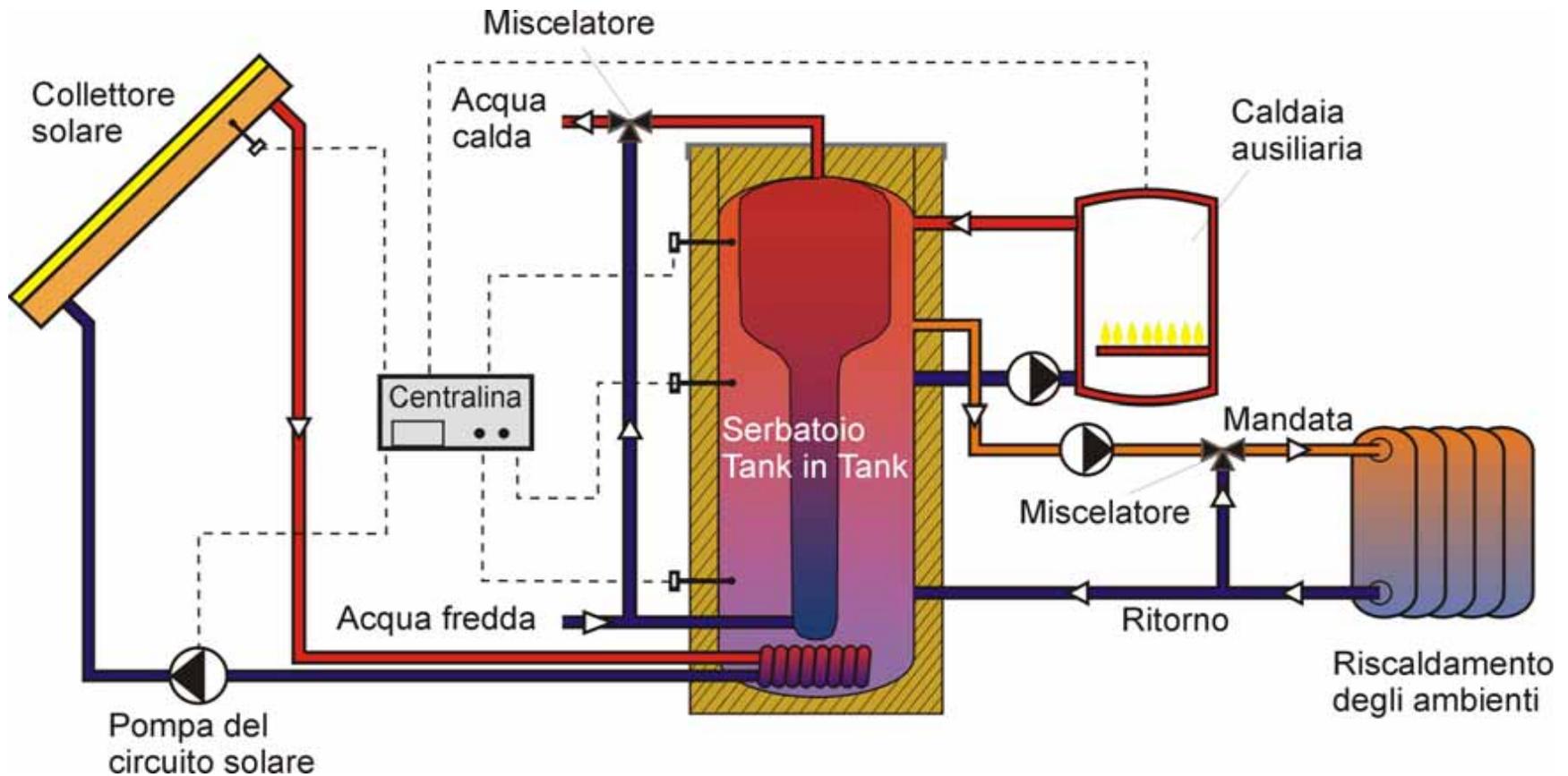


Risparmio di energia al variare della superficie dei collettori



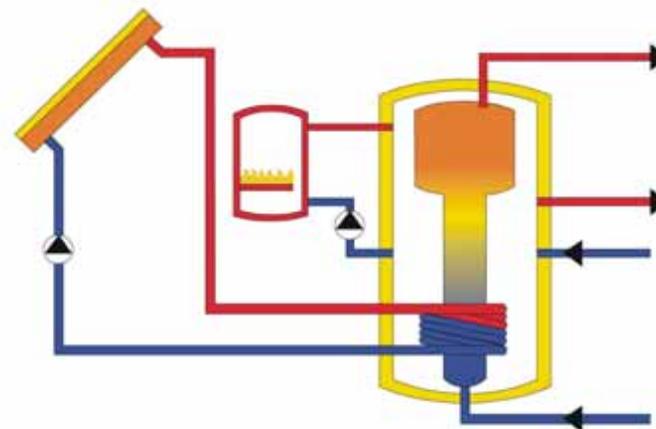
Fonte: Ambiente Italia

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



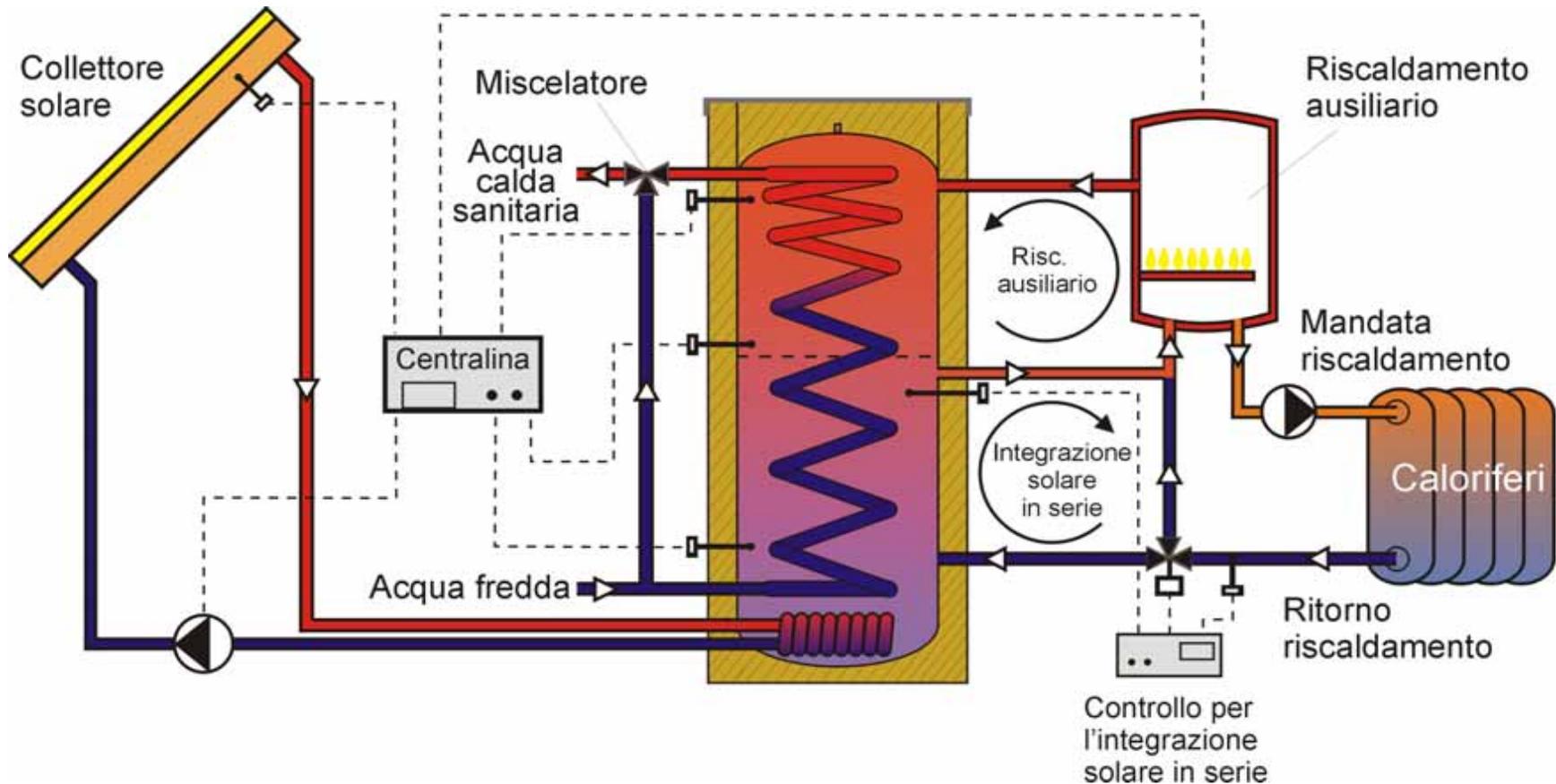
Fonte: ITW

Serbatoio Tank-in-Tank



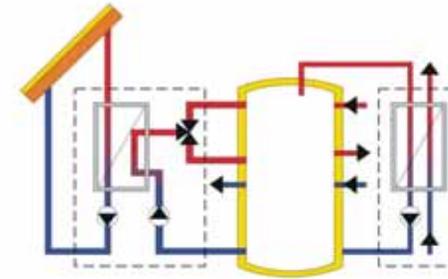
Fonte: Sonnenkraft

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



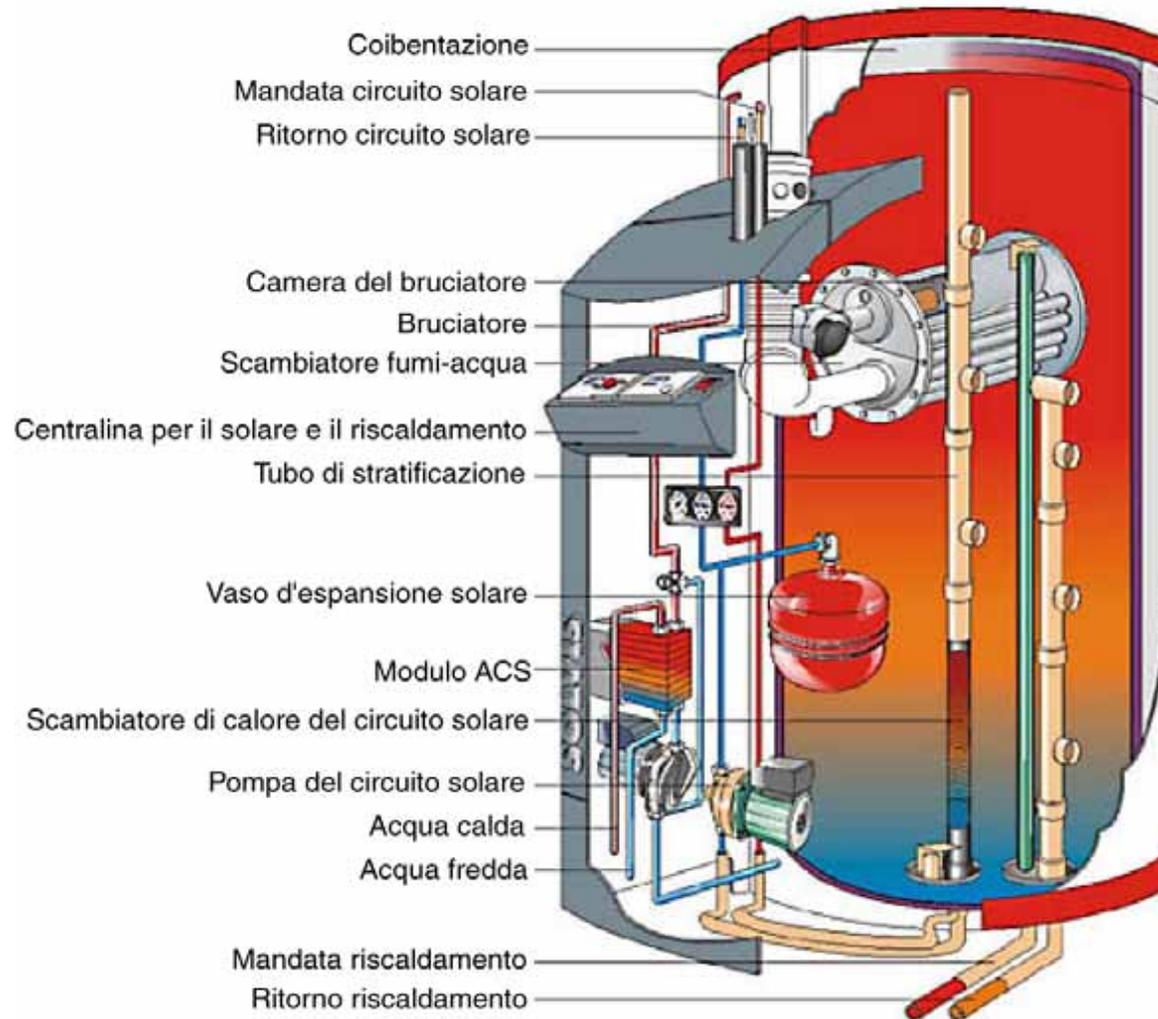
Fote: ITW

Impianto solare combinato per la preparazione di ACS con scambiatori di calore esterni al circuito solare



Fonte: Sonnenkraft

Impianto solare combinato con caldaia a condensazione integrata



Fonte: Solvis

Condizioni necessarie per l'uso di impianti solari combinati

- Alta inclinazione del collettore (40° - 90°)
- Basse temperature di ritorno del circuito di riscaldamento (idraulica)
- Riscaldamento a pavimento o parete
- Esistenza di un fabbisogno di calore estivo
- Considerazione di altre misure passive

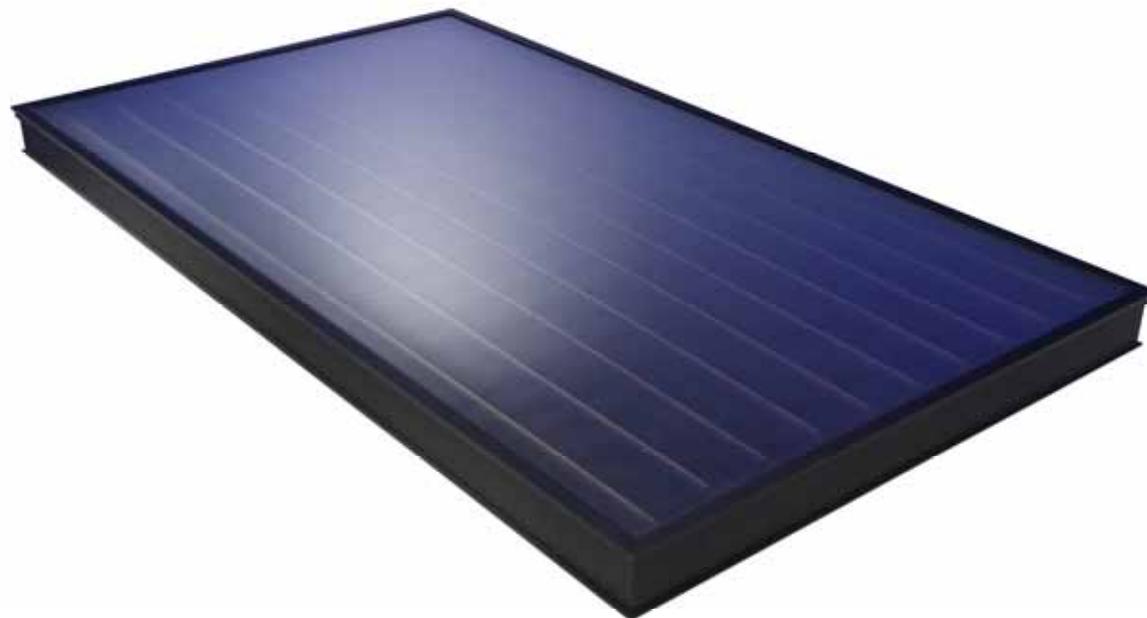
Collettore solare termico "normale"



Collettori piani speciali



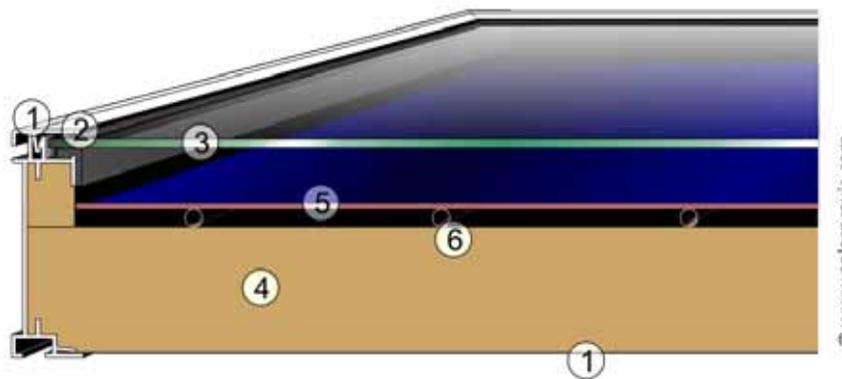
Collettore solare termico piano



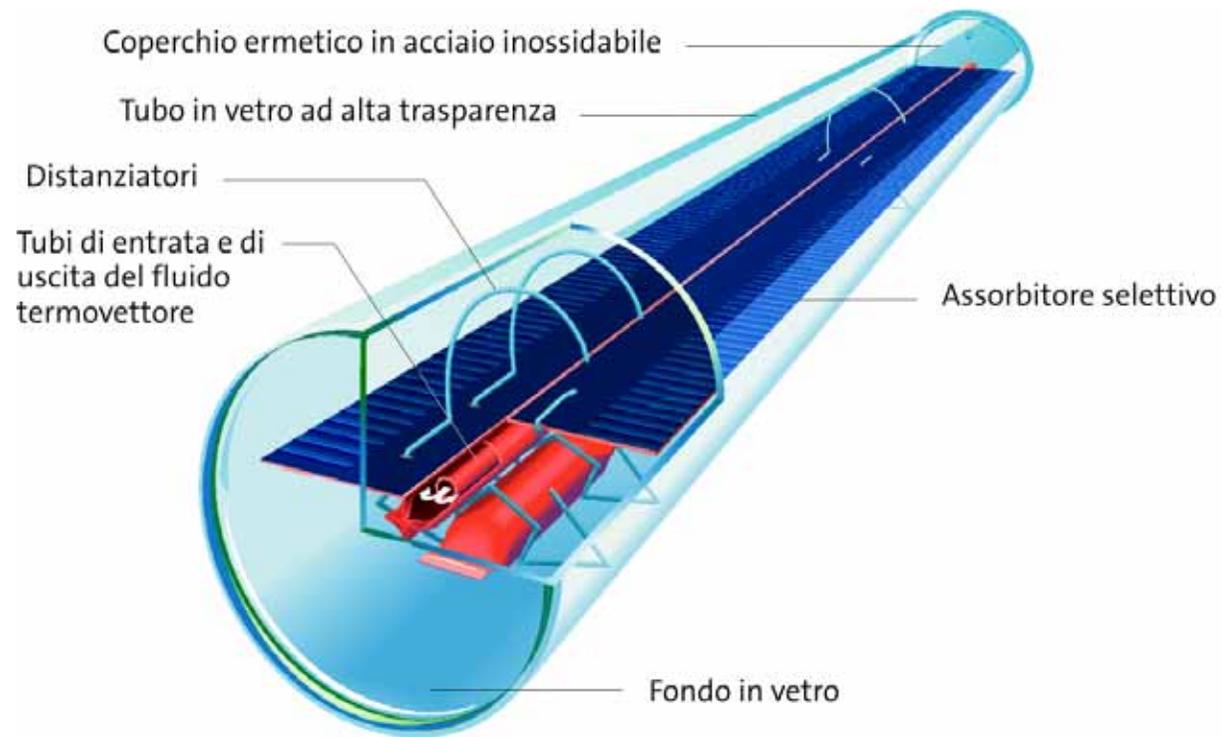
Collettore solare piano



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

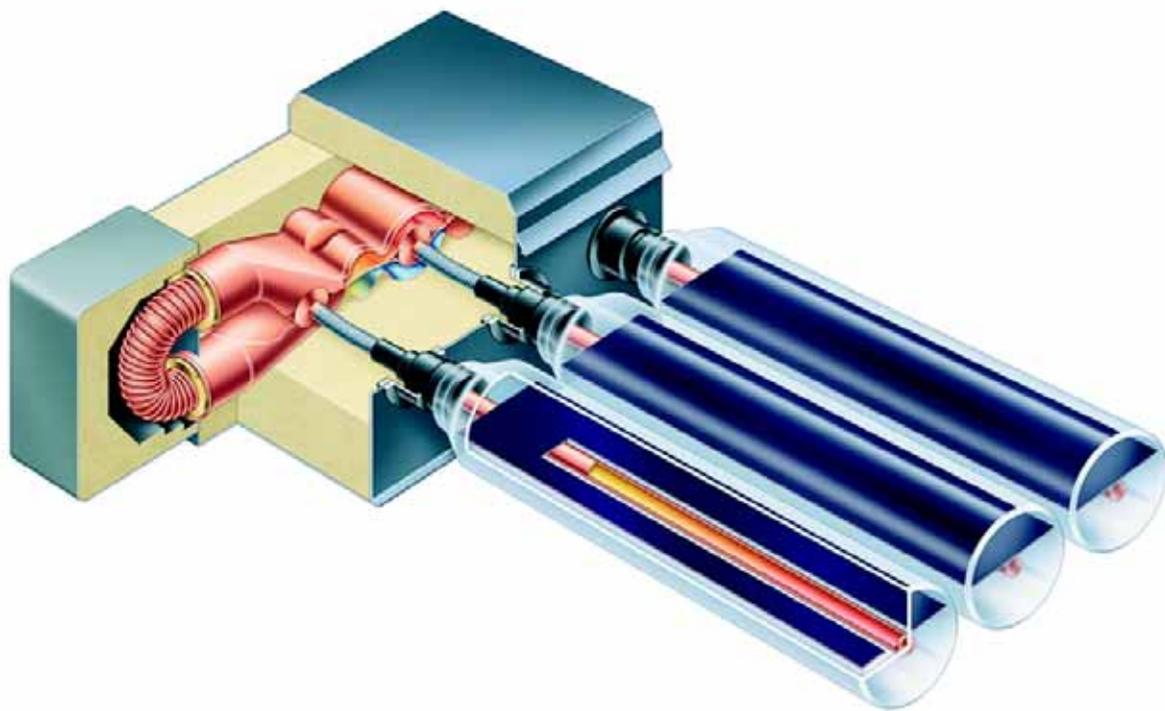


Collettore a tubi sottovuoto



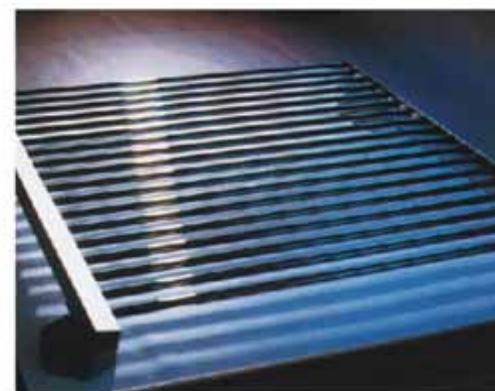
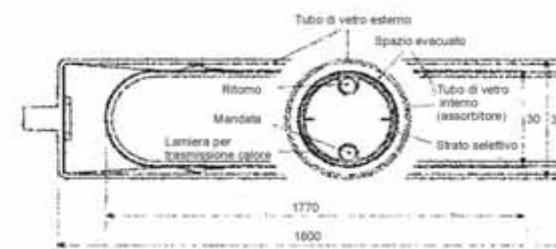
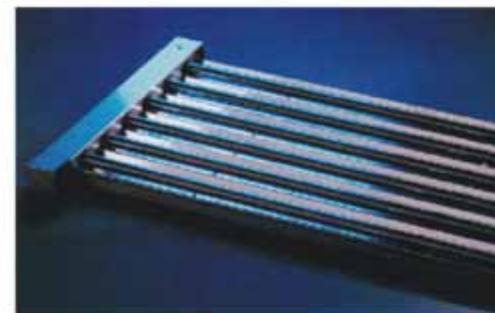
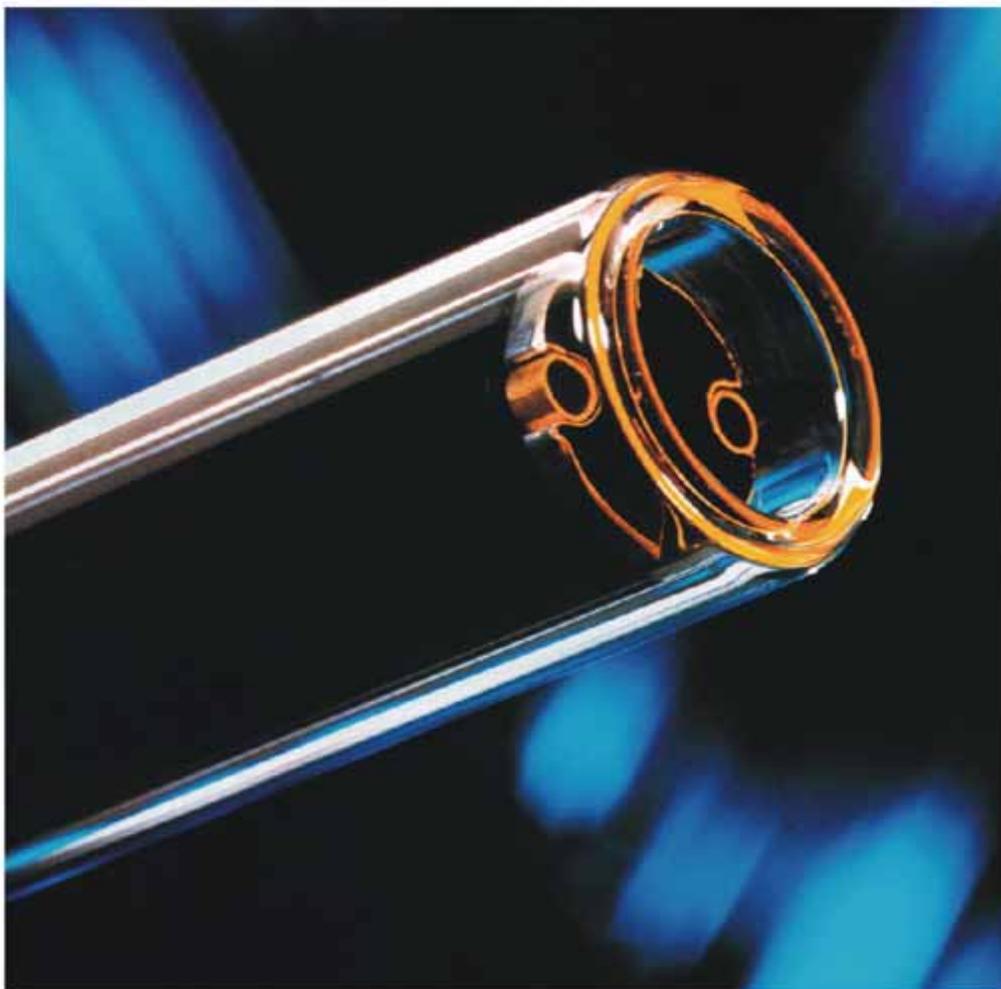
© www.solarpraxis.com

Collettore a tubi sottovuoto



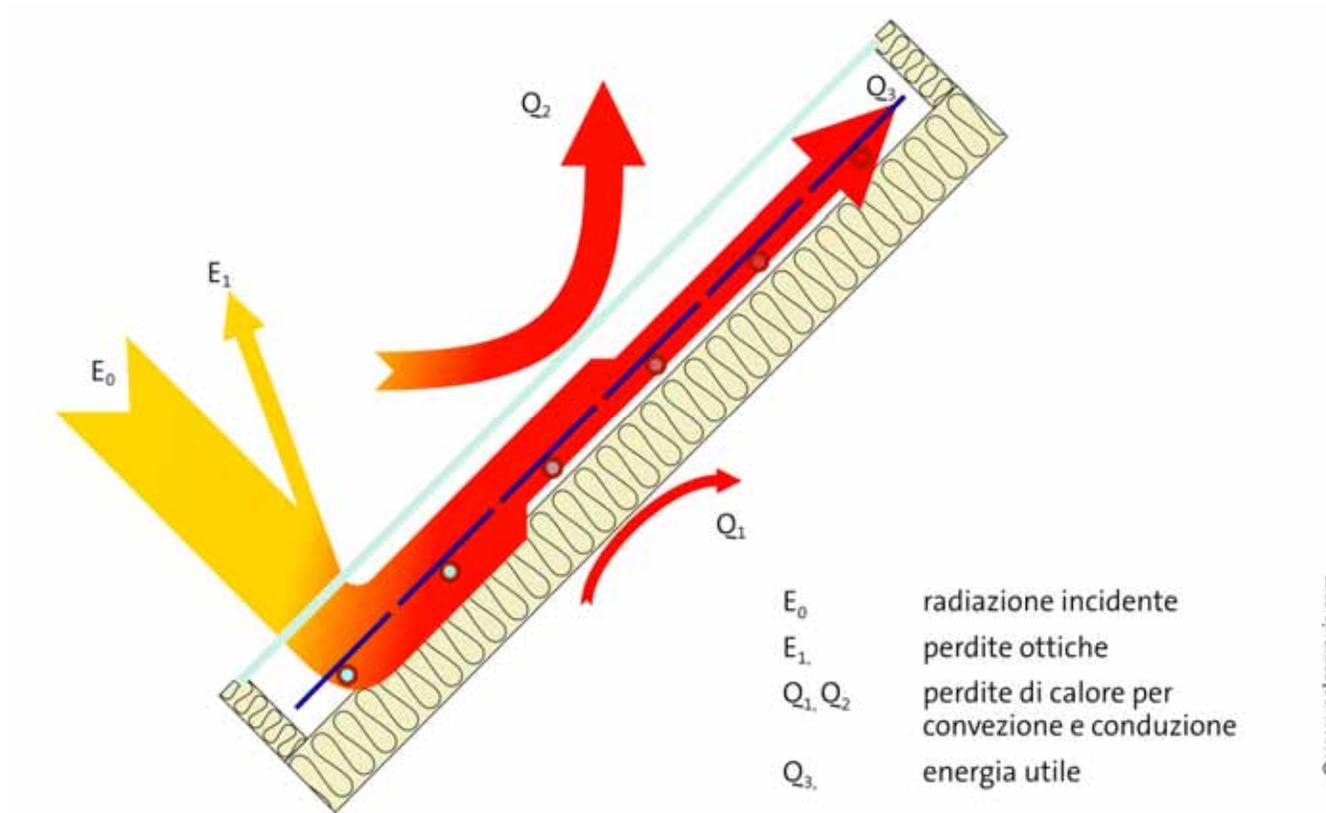
© www.solarpraxis.com

Collettore a tubi sottovuoto

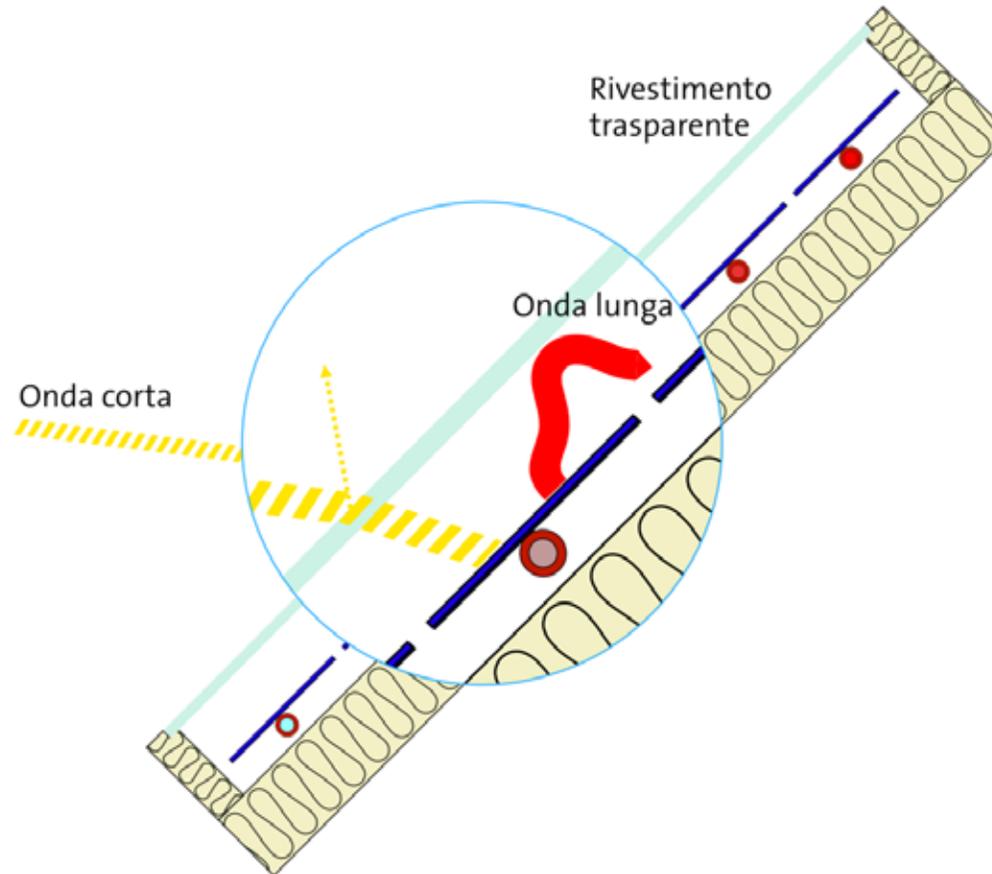


Fonte: Microtherm

Assorbimento dell'energia solare

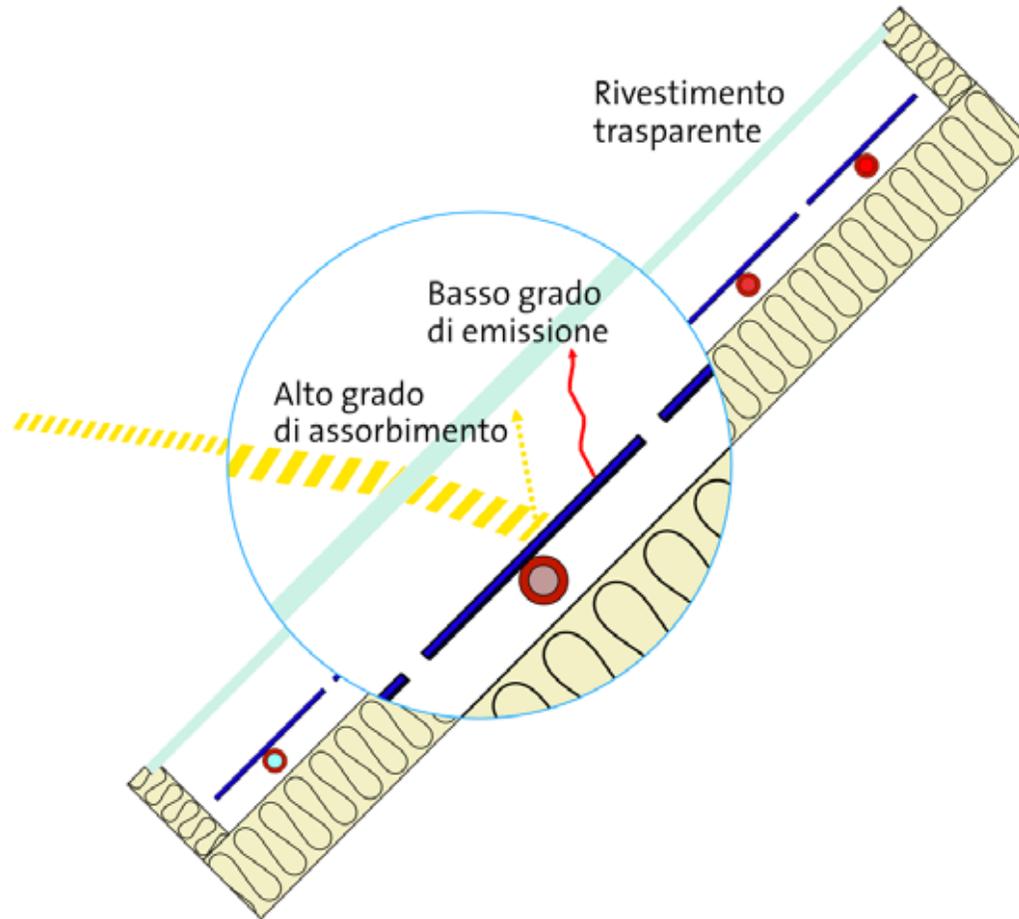


Capacità selettiva del vetro



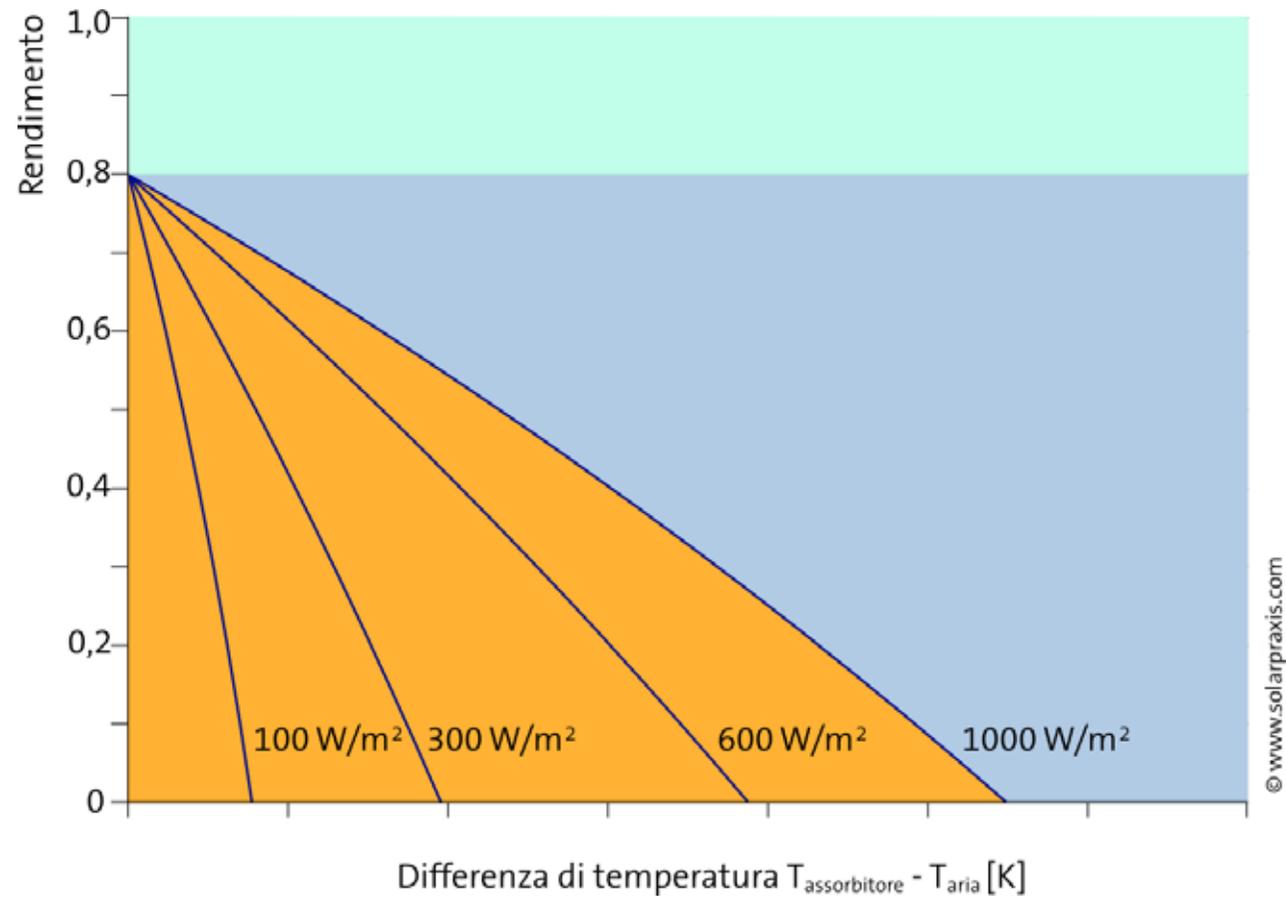
© www.solarpraxis.com

Assorbimento ed emissione



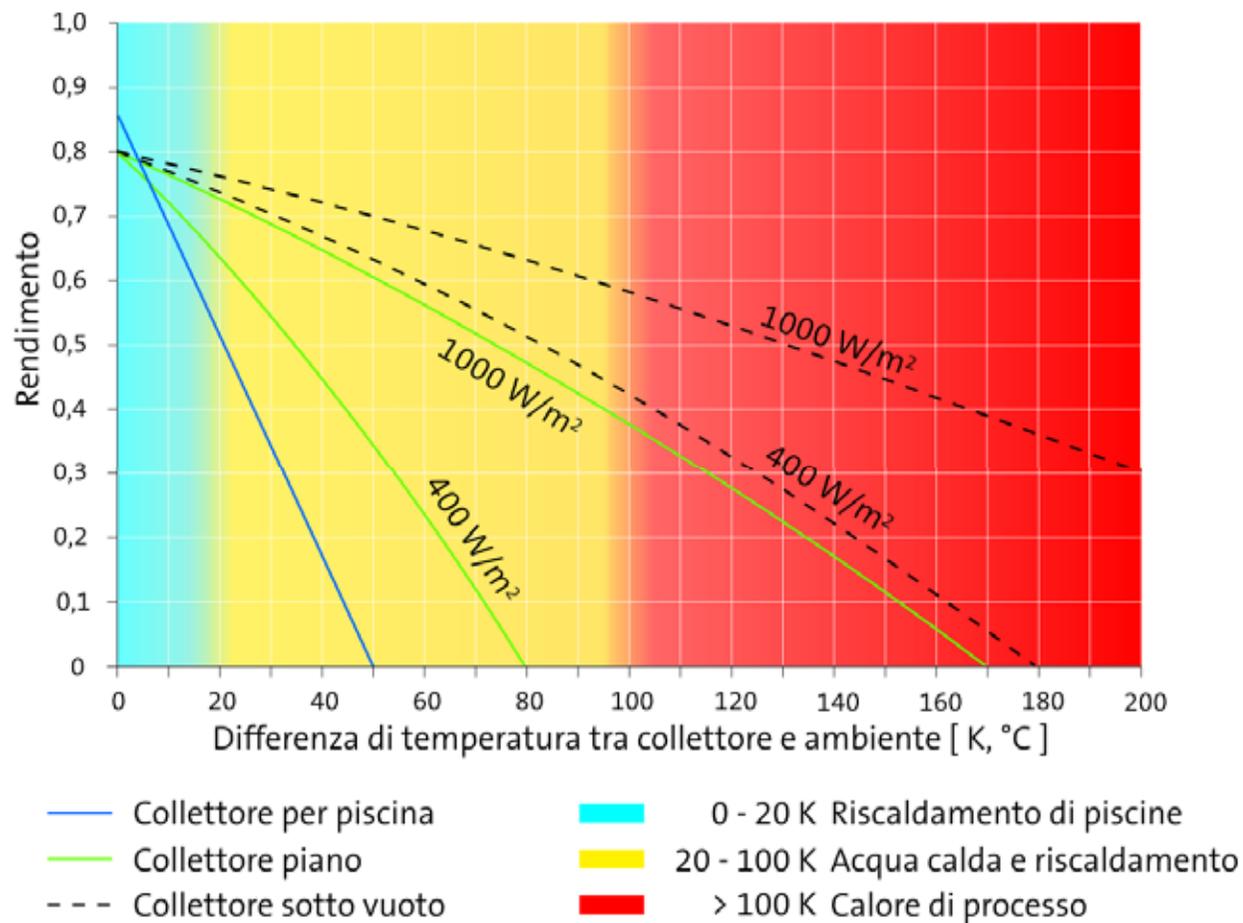
© www.solarpraxis.com

Rendimento di un collettore solare termico



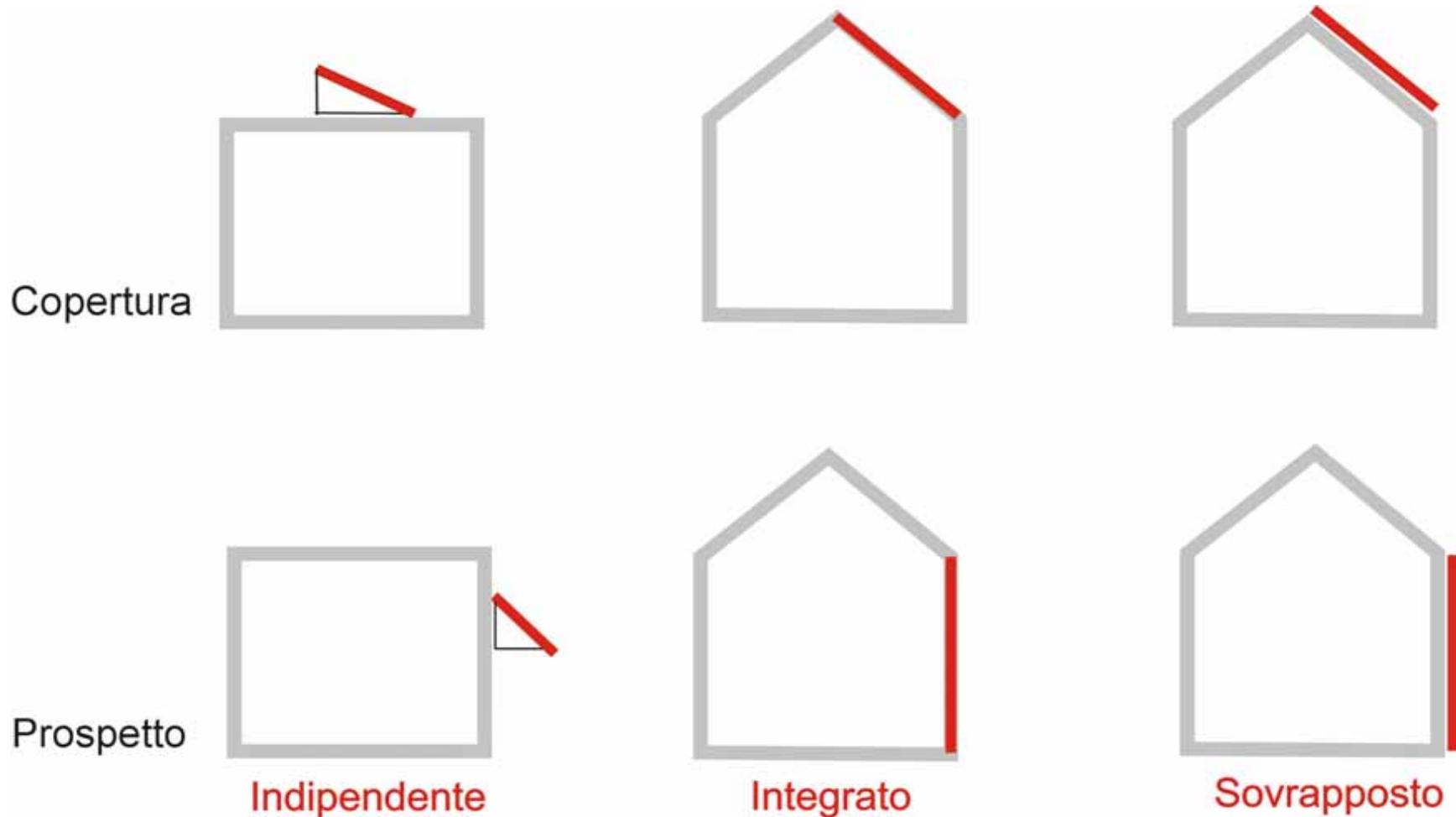
© www.solarpraxis.com

Curva di rendimento dei collettori e ambiti di utilizzo



© www.solarpraxis.com

Rapporto tra collettore ed edificio



Impianto indipendente in copertura



Fonte: Ambiente Italia

Impianto sovrapposto alla copertura



Fonte: Ambiente Italia

Impianto integrato in copertura



Fonte: Solvis

...elemento dell'involucro?



Fonte: Doma

Collettori in facciata



Fonte: Doma

Collettori in facciata



Fonte: Doma

Collettori in facciata



Fonte: Doma

Collettori in facciata



Fonte: Doma

Collettori in facciata



Fonte: ITW

Collettori in facciata



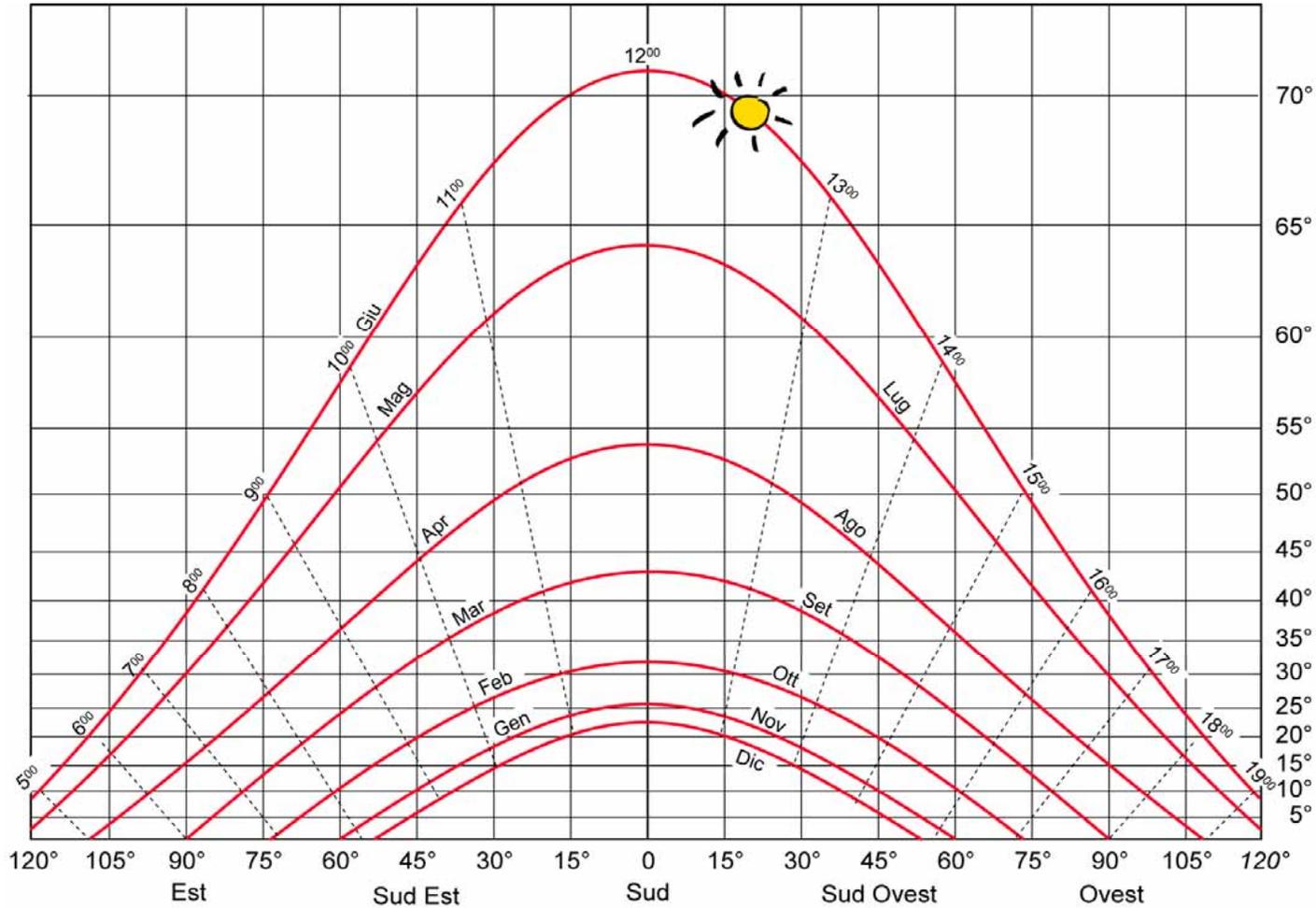
Fonte: Doma

Collettori a tubi sottovuoto sovrapposti alla copertura piana



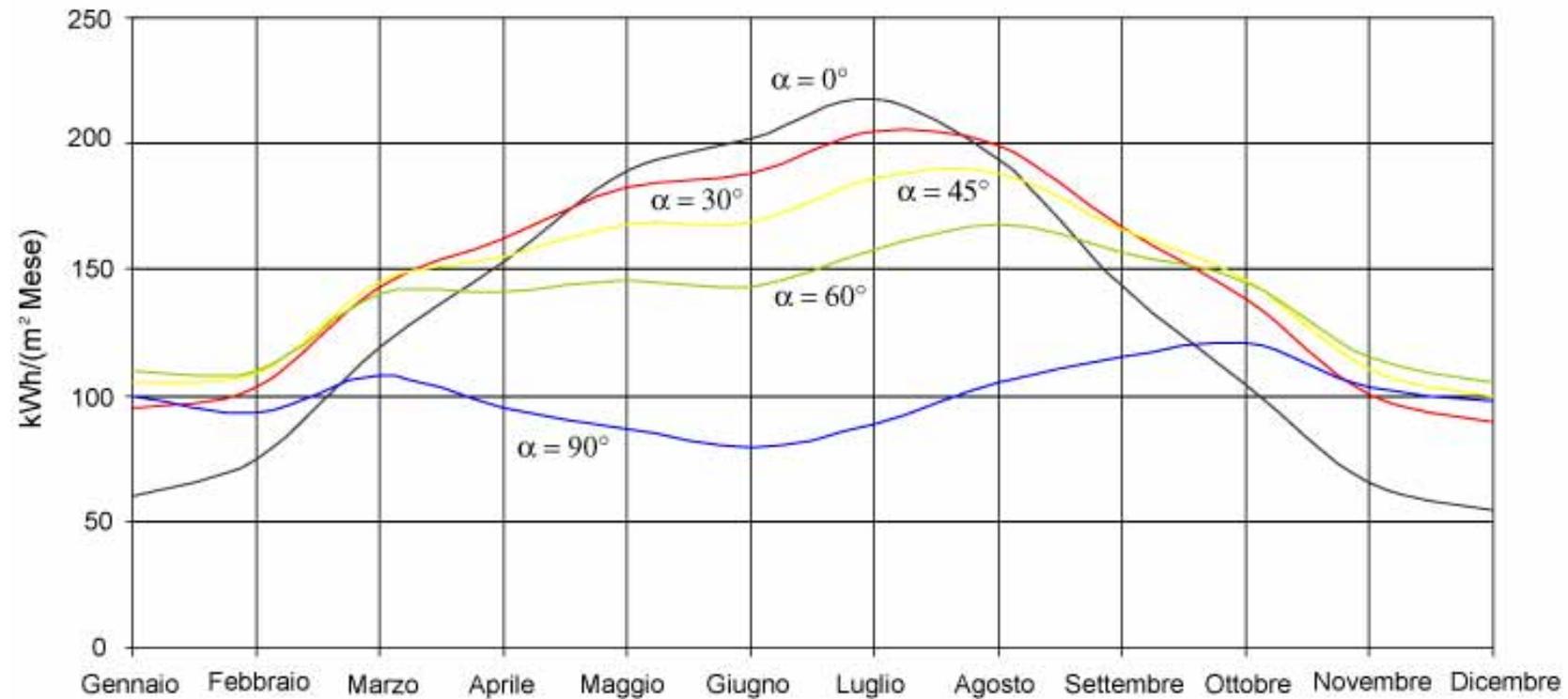
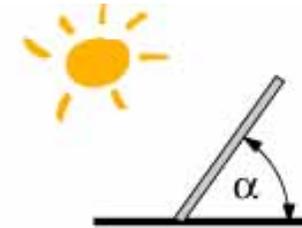
Fonte: ITW

Diagramma delle traiettorie del sole



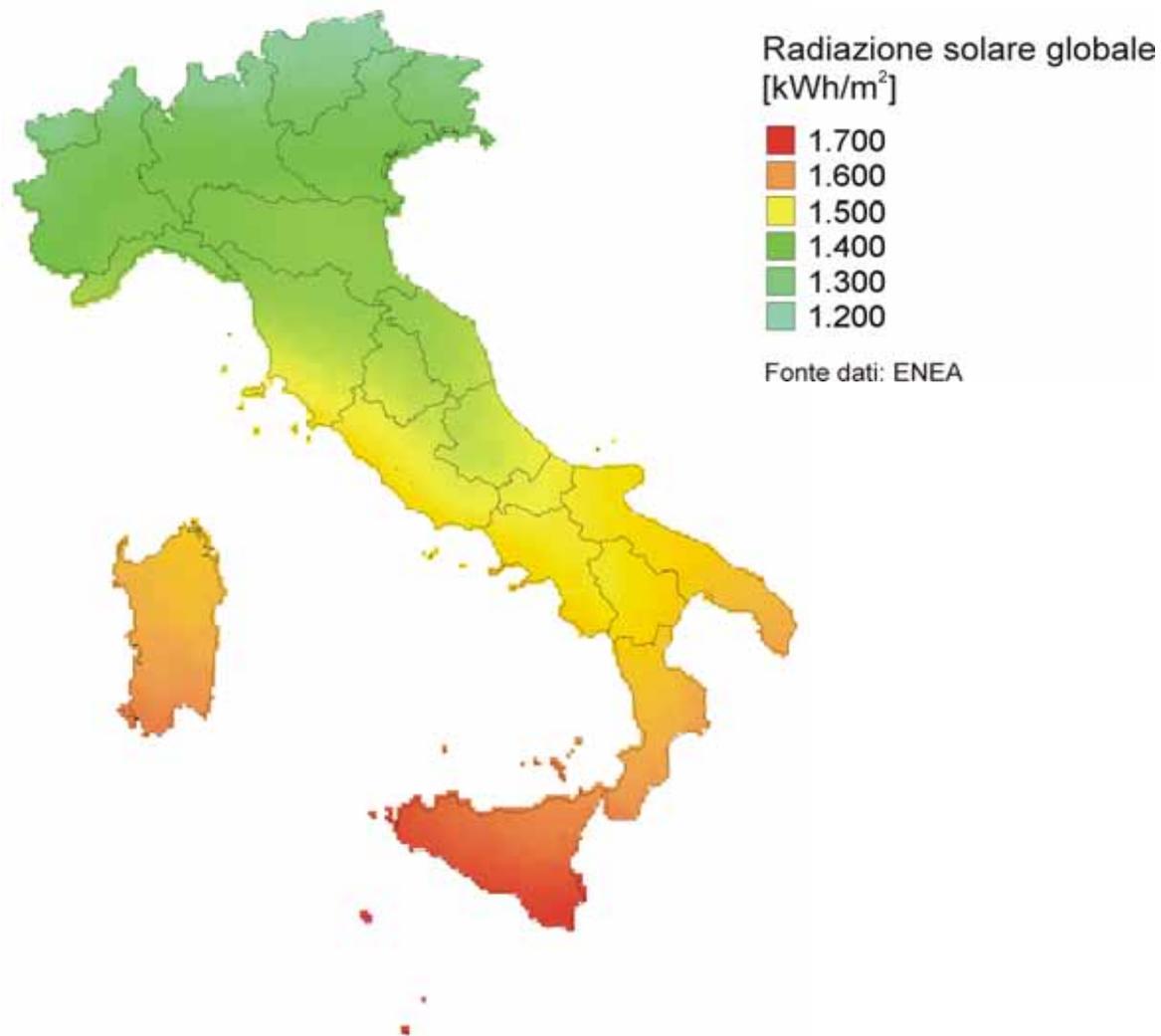
Fonte: Target/e.u.z.

Andamento annuale della radiazione globale su superfici inclinate



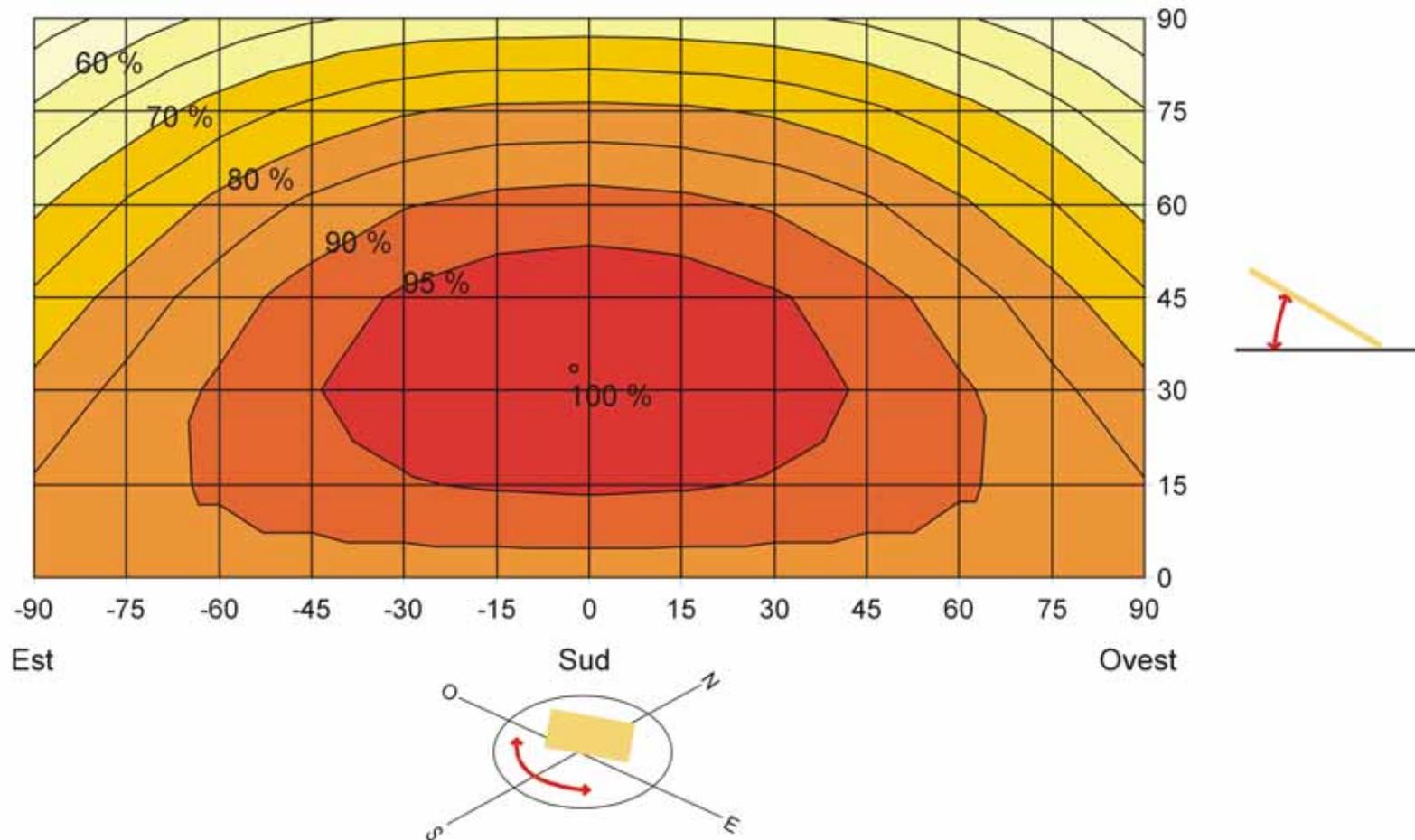
Fonte: Target/ISFH

Radiazione solare globale in Italia



Fonte: Ambiente Italia

Percentuale di irraggiamento al variare dell'orientamento e dell'inclinazione del collettore



Fonte: Target/ISFH



Realizzazioni impianti combinati

Impianto solare combinato



Fonte: AEE INTEC

La casa plurifamiliare (AT)



L'edificio

Destinazione d'uso:
Casa plurifamiliare

Località:
Hohenau (Austria)

Proprietà:
Comune di
Hohenau

Realizzazione:
1996/97



Fonte: AEE INTEC



L'impianto termico

Proprietà: Comune di Hohenau

Progettisti: AEE

Fornitore: Solid (impianto)
Oekotech (collettori)

Produzione: Acqua calda sanitaria
e riscaldamento degli ambienti

Copertura solare: 35 % (ACS + risc.)

Fonte energetica ausiliaria: Caldaia a cippato

Fonte: AEE INTEC

I collettori solari

Superficie totale: 120 m²

Tipo: Piani

Modalità d'integrazione: Integrati sul tetto

Produttore: Oekotech

Inclinazione: 40°

Orientamento: Sud

Il serbatoio

Tipo: A stratificazione (Solvis)

Capacità: 2 x 0,8 m³ per l'acqua calda sanitaria, 5 m³ per il riscaldamento

Fonte: AEE INTEC

Impianto solare combinato



Fonte: AEE INTEC

Hotel a 2000 s.l.m. (AT)



L'edificio

Destinazione d'uso:
Hotel con 28 posti letto

Località:
Silvretta (Austria)

Proprietà:
Vorarlberger
Illwerke AG

Realizzazione:
1991/92

Fonte: AEE INTEC

L'impianto termico

Proprietà: Vorarlberger Illwerke AG

Progettisti: Buro H. Hobi

Fornitore: Markus Strolz, Bludenz

Produzione: Acqua calda sanitaria
e riscaldamento

Copertura solare: 27 % (ACS + risc.)

Fonte energetica ausiliaria: Elettricità

I collettori solari

Superficie totale: 60 m²

Tipo: Piani

Integrazione: Parete solare
accanto all'edificio

Produttore: E. Schweizer

Inclinazione: 78°

Orientamento: Sud

Il serbatoio

Tipo: Tank in Tank

Capacità: 3 x 310 l per acqua calda sanitaria e 14000 l per riscaldamento

Fonte: AEE INTEC

Impianti solari per condomini, Neckarsulm (D)



Fonte: ITW

Il doppio intervento (D)



Il quartiere residenziale

Destinazione d'uso:
Residenziale

Località:
Neckarsulm Amorbach
(Germania)

Proprietà:
Associazioni e privati

Progettisti:
Trostdorf Partner

Realizzazione:
(A) 1992 - 1995 (B) 1997 - 2002



(A) Impianto solare termico per acqua calda e riscaldamento con accumulo giornaliero per 320 appartamenti e case monofamiliari

(B) Impianto solare termico per acqua calda e riscaldamento con accumulo stagionale per 1500 appartamenti e case monofamiliari

Fonte: ITW



L'impianto termico

Proprietà: Stadtwerke Neckarsulm

Progettisti: Steinbeis-Transferzentrum
Energie-, Gebaeude-und
Solartechnik (STZ-EGS)

Produzione: Teleriscaldamento
(A) Accumulo giornaliero
(B) Accumulo stagionale

Copertura solare: (A) 10 % (ACS + risc.)
(B) 50 % (ACS + risc.)

Fonte energetica ausiliaria: Gas

I collettori solari

Superficie totale: (A) 700 m² (B) 12.000 m²

Tipo: Grandi moduli di collettori piani

Produttore: Paradigma, SET

Modalità d'integrazione: Integrato in copertura
e indipendente sulla copertura

Inclinazione: 15° e 35°

Orientamento: Sud



Il serbatoio

Tipo: (A) Acqua
(B) Tubi verticali nel sottosuolo

Capacità: (A) 20 m³ di accumulo giornaliero
(B) 175.000 m³ di accumulo stagionale

Fonte: ITW

Impianti solari per quartieri residenziali, Salisburgo (AT)



Fonte: GSWB

Il tetto di collettori solari (AT)



Il quartiere residenziale

Destinazione d'uso:
61 unità abitative

Località:
Salzburg Gneis Moos
(Austria)

Proprietà:
GSWB

Progettista:
G. W. Reinberg

Realizzazione:
1998

Fonte: STZ-EGS



L'impianto termico

Proprietà: GSWB

Gestore: GSWB

Progettisti: Steinbeis Transferzentrum
Energie-, Gebaeude-und
Solartechnik (STZ-EGS)

Produzione: Acqua calda sanitaria e
riscaldamento

Copertura solare: 33 % (ACS + risc.)

Fonte: STZ-EGS

I collettori solari

Superficie totale: 410 m²

Tipo: Piani

Produttore: Solid



Modalità d'integrazione: Integrati sul tetto

Inclinazione: 28°

Orientamento: Sud

Fonte: STZ-EGS



Il serbatoio

Tipo: In acciaio compatto

Capacità: 100 m³



Fonte: STZ-EGS

Impianti di teleriscaldamento con accumulo stagionale, Amburgo (D)



Fonte: ITW

Il quartiere residenziale (D)



Il quartiere residenziale

Destinazione d'uso:
123 case a schiera

Località:
Hamburg Bramfeld
(Germania)

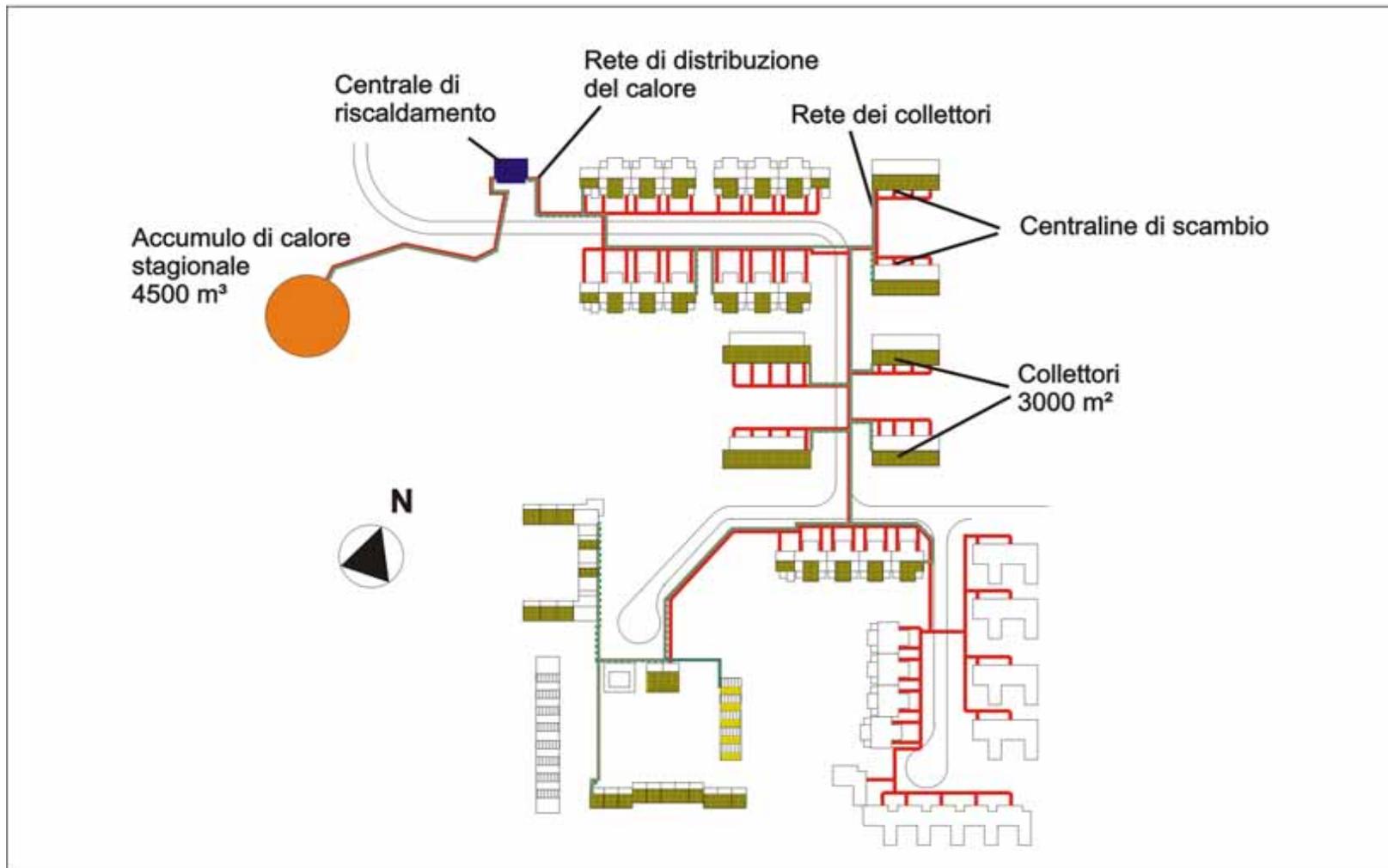
Proprietà:
Privata

Progettisti:
Philippi, Sonnersch,
Lupp, Johannsen

Realizzazione:
1996



Fonte: ITW



Fonte: ITW



L'impianto termico

Proprietà: Hamburger Gaswerke GmbH

Progettisti: Hamburg Gas Consult

Fornitore: Raab Karcher

Produzione: Impianto di teleriscaldamento
con accumulo stagionale

Copertura solare: 50 % (ACS + risc.)

Fonte energetica ausiliaria: Gas

Fonte: ITW

I collettori solari

Area totale: 3000 m²

Tipo: Grandi moduli di collettori piani

Produttore: Wagner & Co.
Coelbe

Modalità d'integrazione: Integrato come
copertura a falda
e solar roof

Inclinazione: 40°

Orientamento: -15°(SSO)



Fonte: ITW

Il serbatoio

Tipo: Accumulo di acqua calda interrato

Capacità: 4500 m³



Fonte: ITW

STOP

Impianti solari per condomini, Barcellona (ES)



Fonte: BCN Cambra Logica SL

Residenze ad elevato confort (ES)



L'edificio

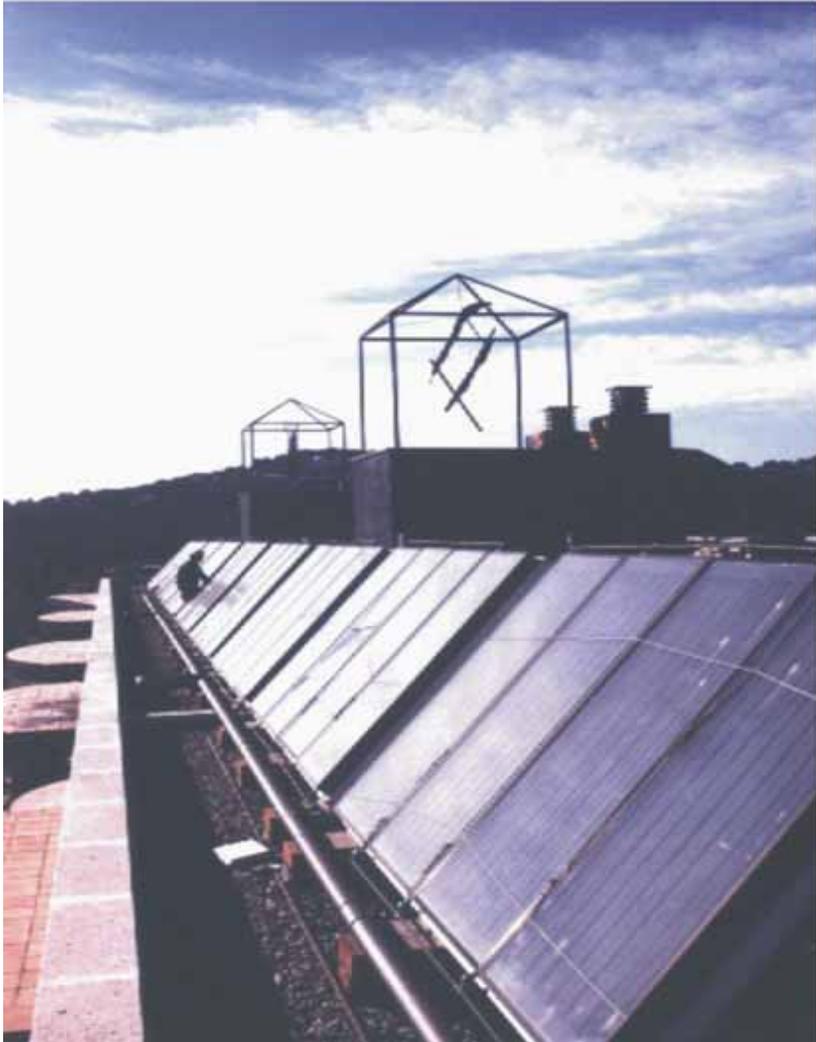
Destinazione d'uso:
Residenziale con
161 appartamenti

Località:
Castelldefels,
Barcellona (Spagna)

Realizzazione:
1996



Fonte: BCN Cambra Logica SL



L'impianto termico

Progettisti: BCN Cambra Lògica SL,
Torrelles de Llobregat
(Spagna)

Produzione: Acqua calda sanitaria

Copertura solare: 75 % (ACS)

Incentivi: Finanziato col Progetto
Thermie della CE

Fonte energetica ausiliaria: Gas

Fonte: BCN Cambra Logica SL

I collettori solari

Superficie totale: 274 m²

Tipo: Piani

Modalità d'integrazione: Indipendenti sul tetto

Inclinazione: 50°

Orientamento: 45° SE-SO



Accorgimenti
bioarchitettomici:

Mattoni ad elevato
isolamento termico

Finestre ventilate

Impianti a basso consumo
energetico

Fonte: BCN Cambra Logica SL

Edilizia residenziale pubblica (I)



Il quartiere residenziale

Destinazione d'uso:
72 alloggi in edilizia
pubblica

Località:
Brescia (Italia)

Proprietà:
ALER Brescia

Progettisti:
ALER Brescia

Realizzazione:
1999

Fonte: Metec Engineering

I collettori solari

Superficie totale: 261 m²

Tipo: A piastra assorbente
in rame selettivo

Produttore: Chromagen

Modalità d'integrazione:
Indipendente sulla
copertura piana

Inclinazione: 45°

Orientamento: Sud



Fonte: Metec Engineering



Il serbatoio

Tipo: Serbatoio in acciaio

Capacità: 16.500 l

L'impianto termico

Proprietà: ALER Brescia

Progettisti: Metec Engineering S.r.l.
Giuliano Dall'O'

Fornitore: Chromagen Italia

Produzione: Acqua calda
sanitaria

Copertura solare: 31 % (ACS)

Fonte energetica ausiliaria: Gas da
rete di teleriscaldamento

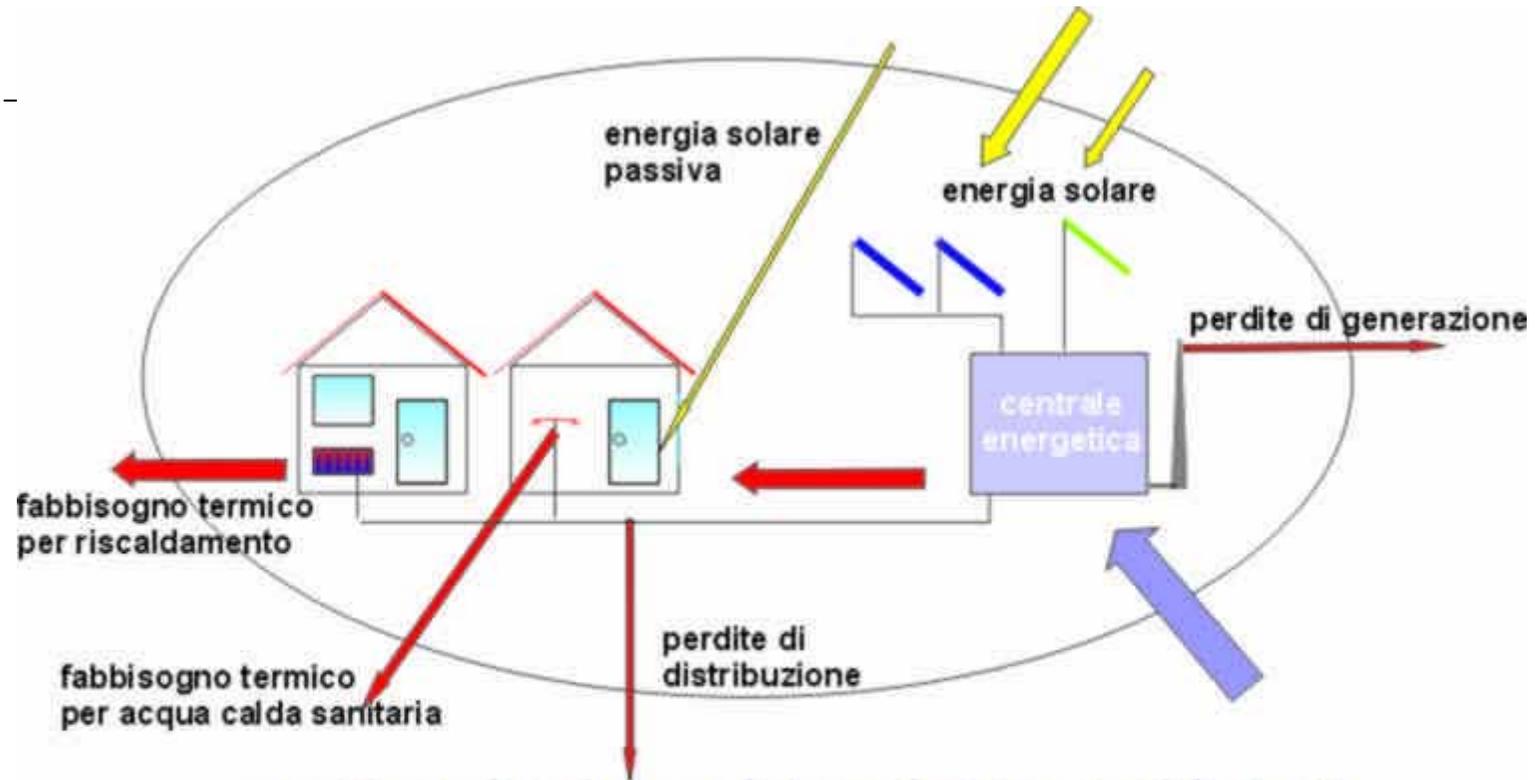
Fonte: Metec Engineering

Combinazione solare e biomassa



Fonte: Sonnenkraft

Progetto energetico integrato

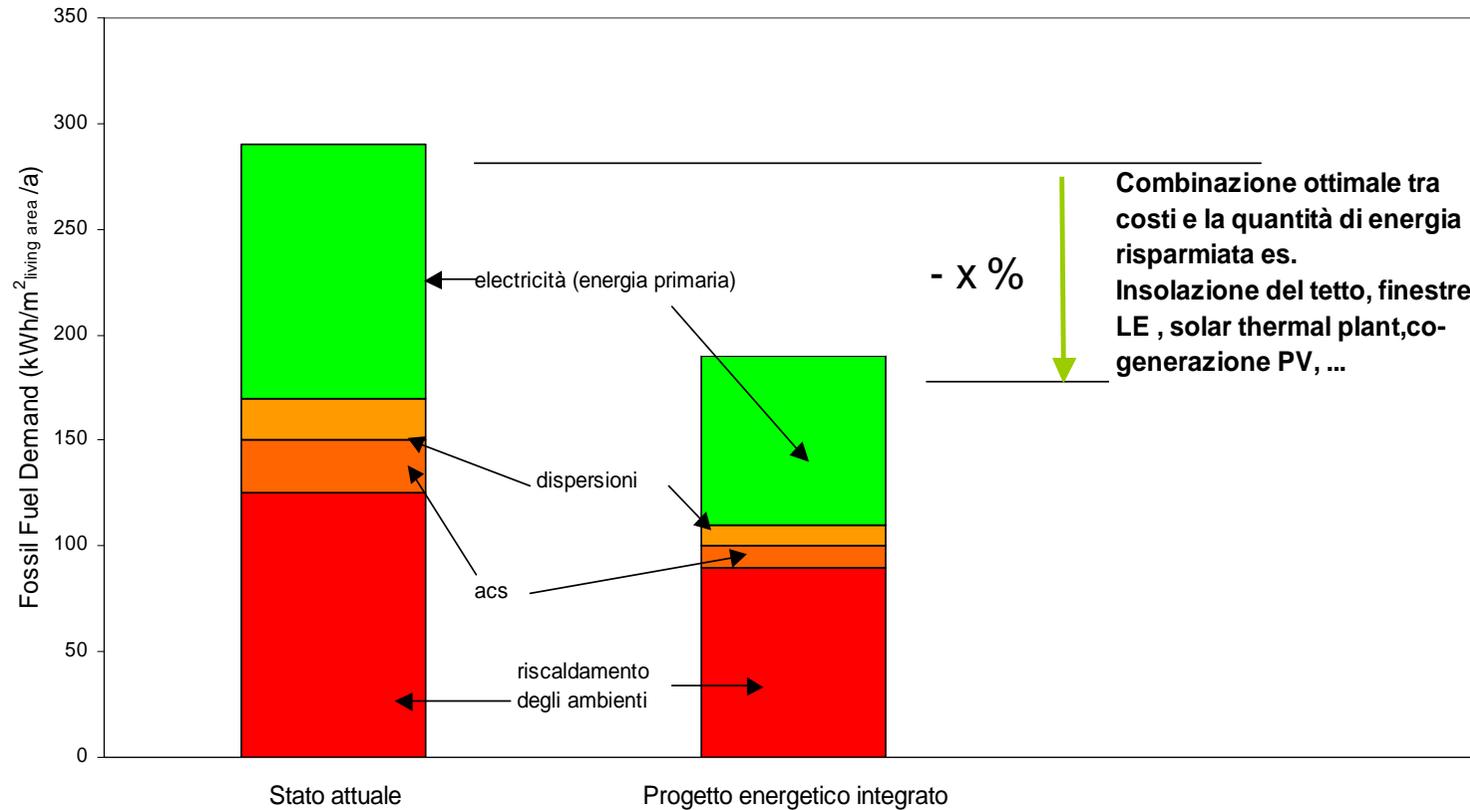


= combinazioni di misure per il risparmio del combustibile fossile ottimizzati secondo il rapporto costo/beneficio

- coibentazione dell'involucro dell'edificio
- utilizzo passivo dell'energia solare
- conversione e distribuzione efficiente dell'energia
- utilizzo attivo dell'energia solare

Progetto energetico integrato

Risparmio energetico nel residenziale



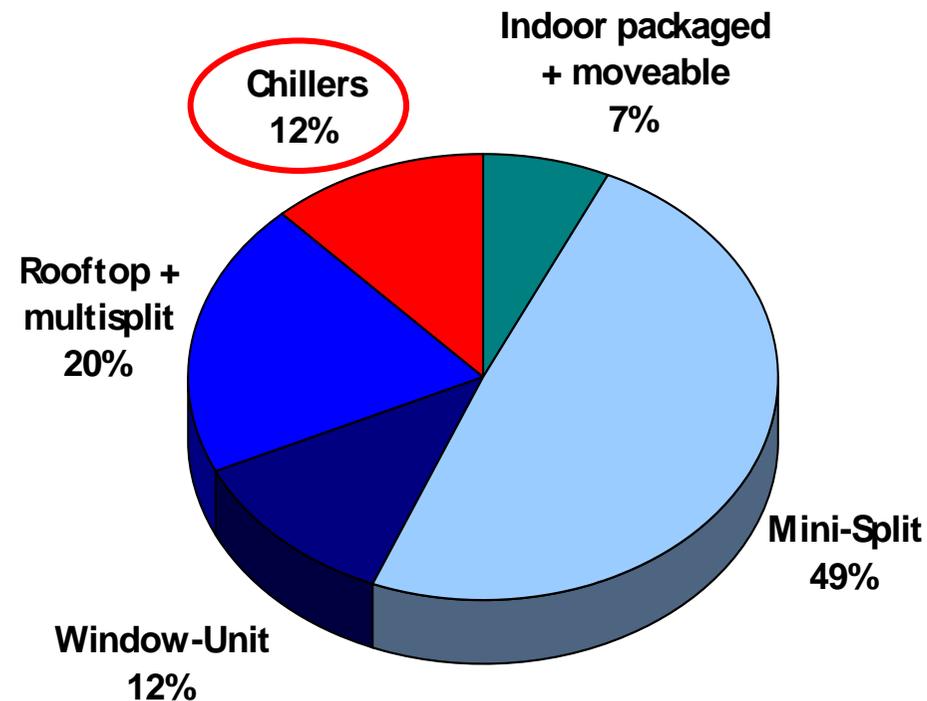


La climatizzazione Estiva

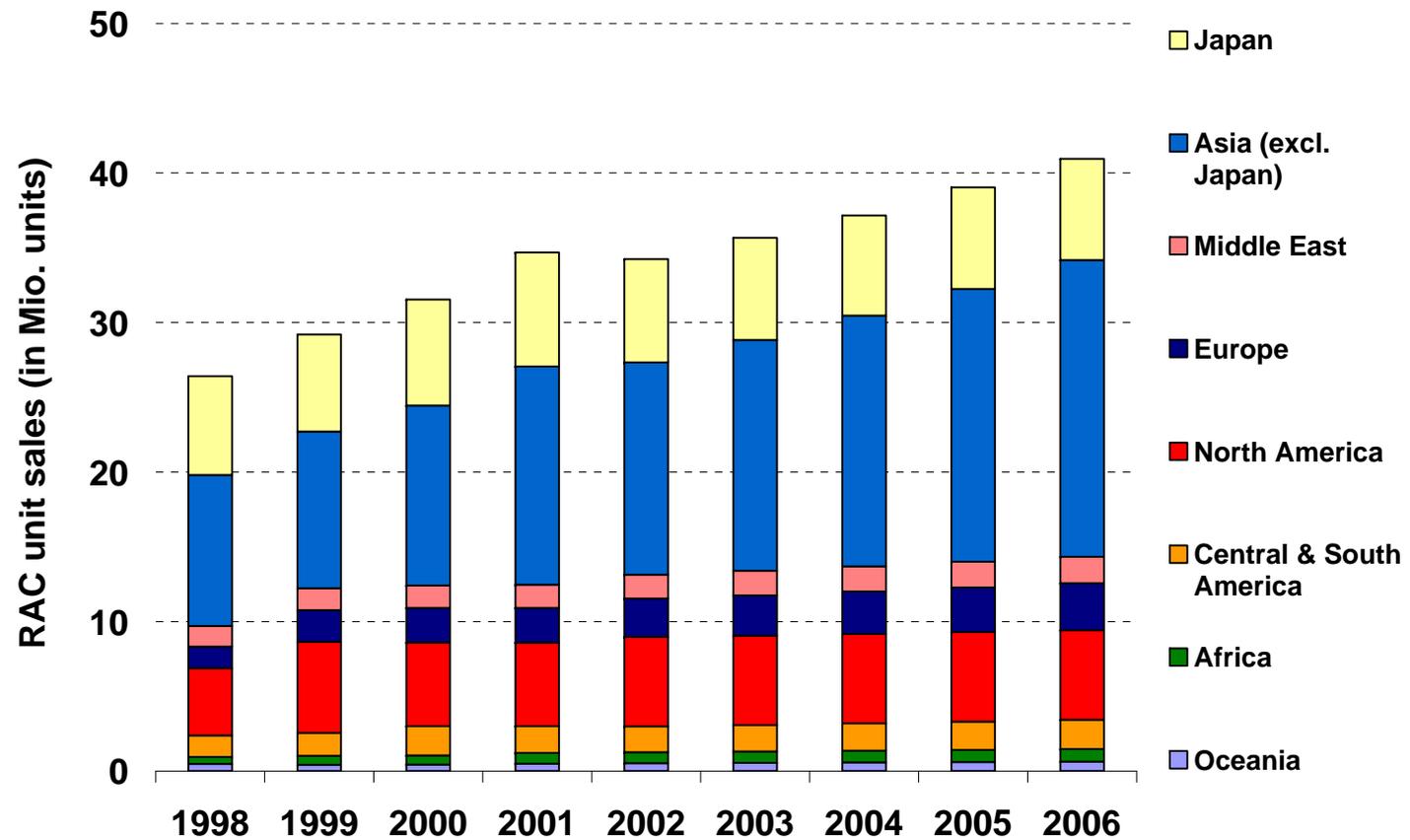
2:00

Il mercato mondiale del condizionamento dell'aria (2004)

- Mercato mondiale sistemi di condizionamento dell'aria stazionari circa 39 miliardi US\$ nel 2004 previsto (56 miliardi US\$ 2008)
- Più grandi Asia e USA, Europeo frazione pari a 12 %
- Dominato da RAC più della metà del mercato, leader di mercato in Cina e Asia
- Registrano forti crescite mercati Europei: Francia duplica vendite rispetto a 2003 con circa 600.000 unità.
- circa 12 % macchine per produzione di acqua refrigerata (cifre non includono unità di trattamento aria centralizzate)

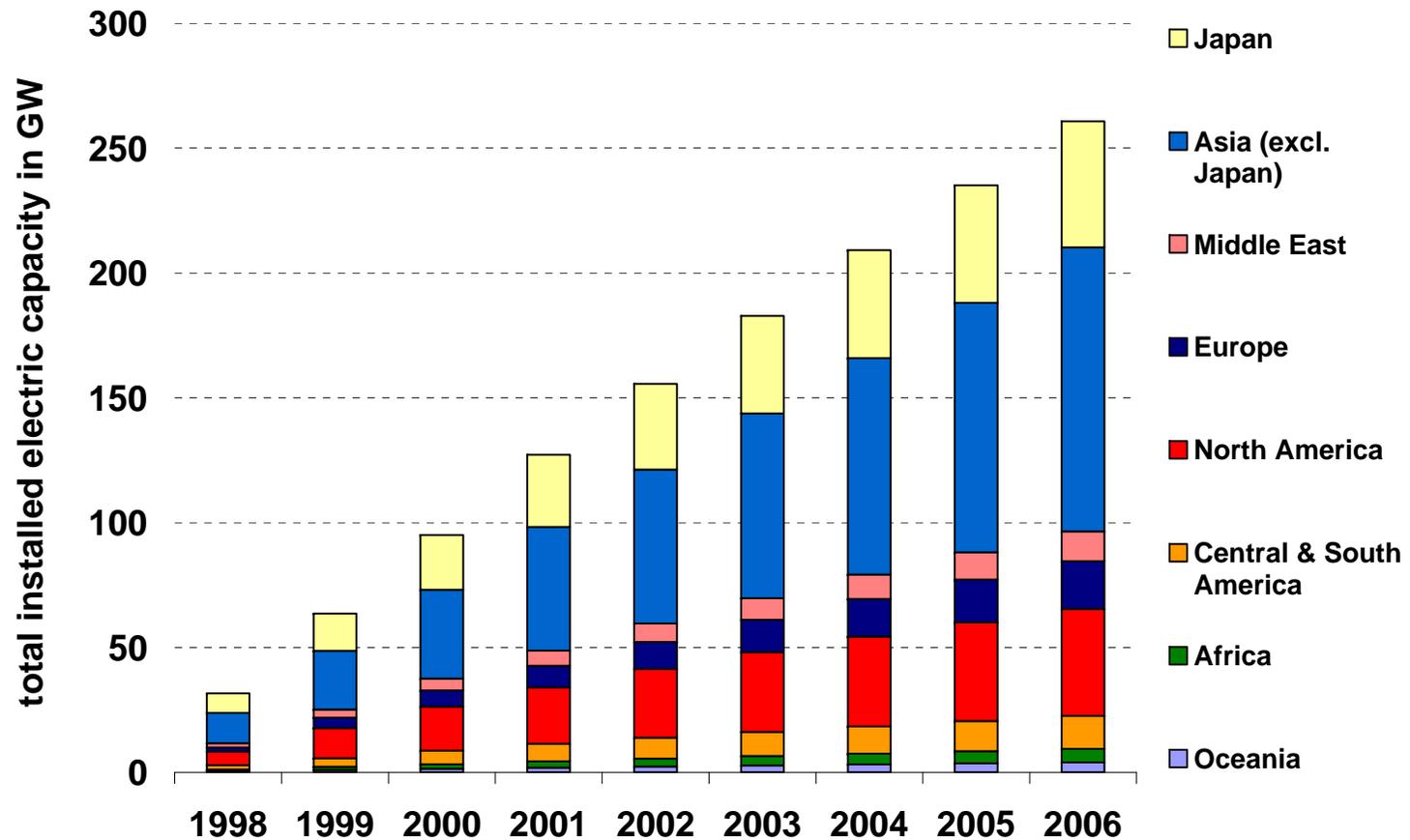


... il mercato mondiale (2005), tassi vendita annuale condizionatori piccola taglia (room air conditioners - RAC units)



Fonte: F. Butera: The use of environmental energies for sustainable building in Mediterranean climates; Intelligent Building Middle East, Bahrain, December 2005

... il mercato mondiale (2005). Capacità installata annualmente per RAC.



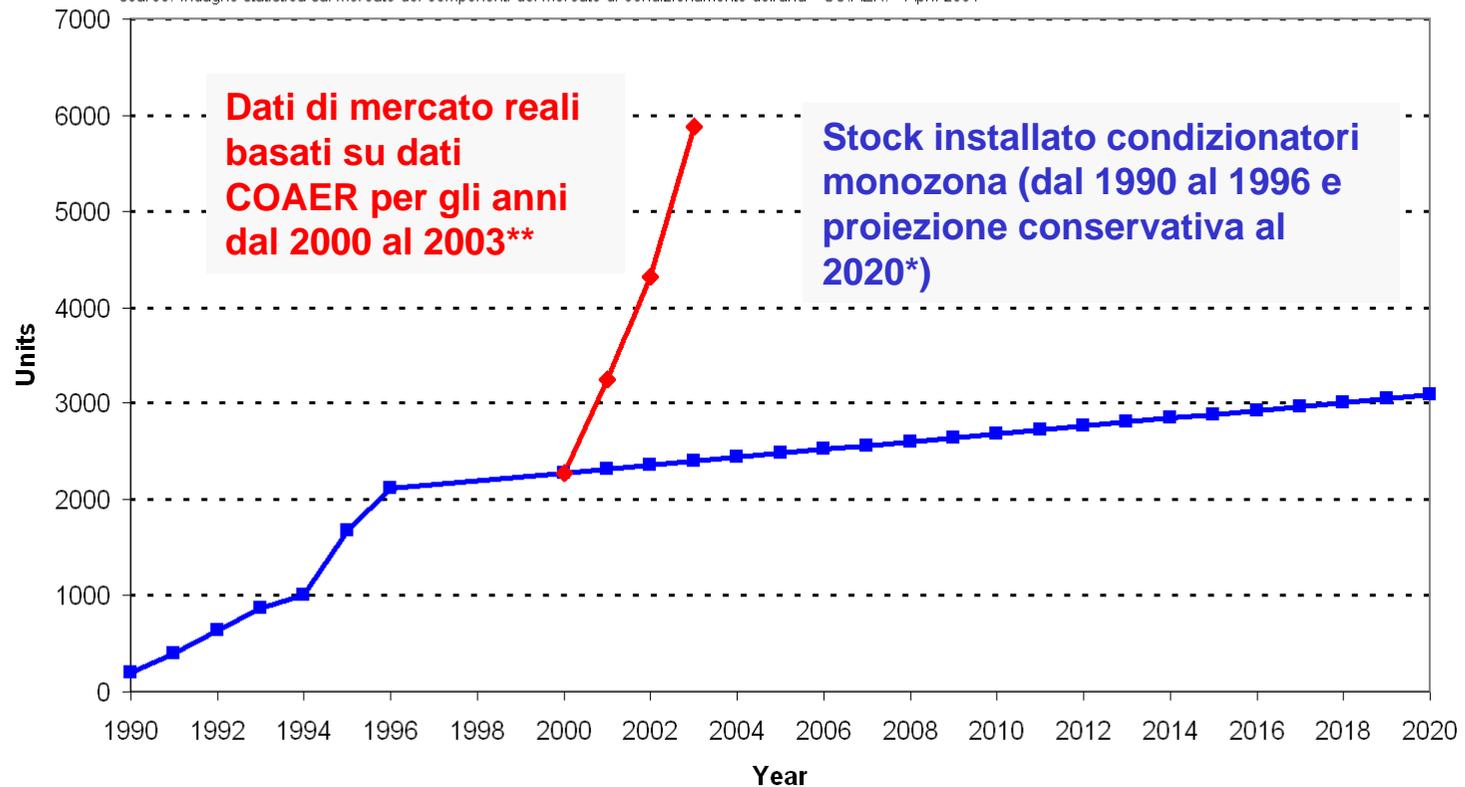
Fonte: F. Butera: The use of environmental energies for sustainable building in Mediterranean climates; Intelligent Building Middle East, Bahrain, December 2005

... il mercato Italiano (2004)...

Stock of RACs in use in Italy from 1990 to 1996 and estimated stock by 2020* and projections on real market data**

*source: Energy Efficiency of Room Air-Conditioners (EERAC) Study for the Directorate-General for Energy (DGXVII) of the Commission of the European Communities - May 1999

**source: Indagine statistica sul mercato dei componenti del mercato di condizionamento dell'aria - CO.AER. - April 2004

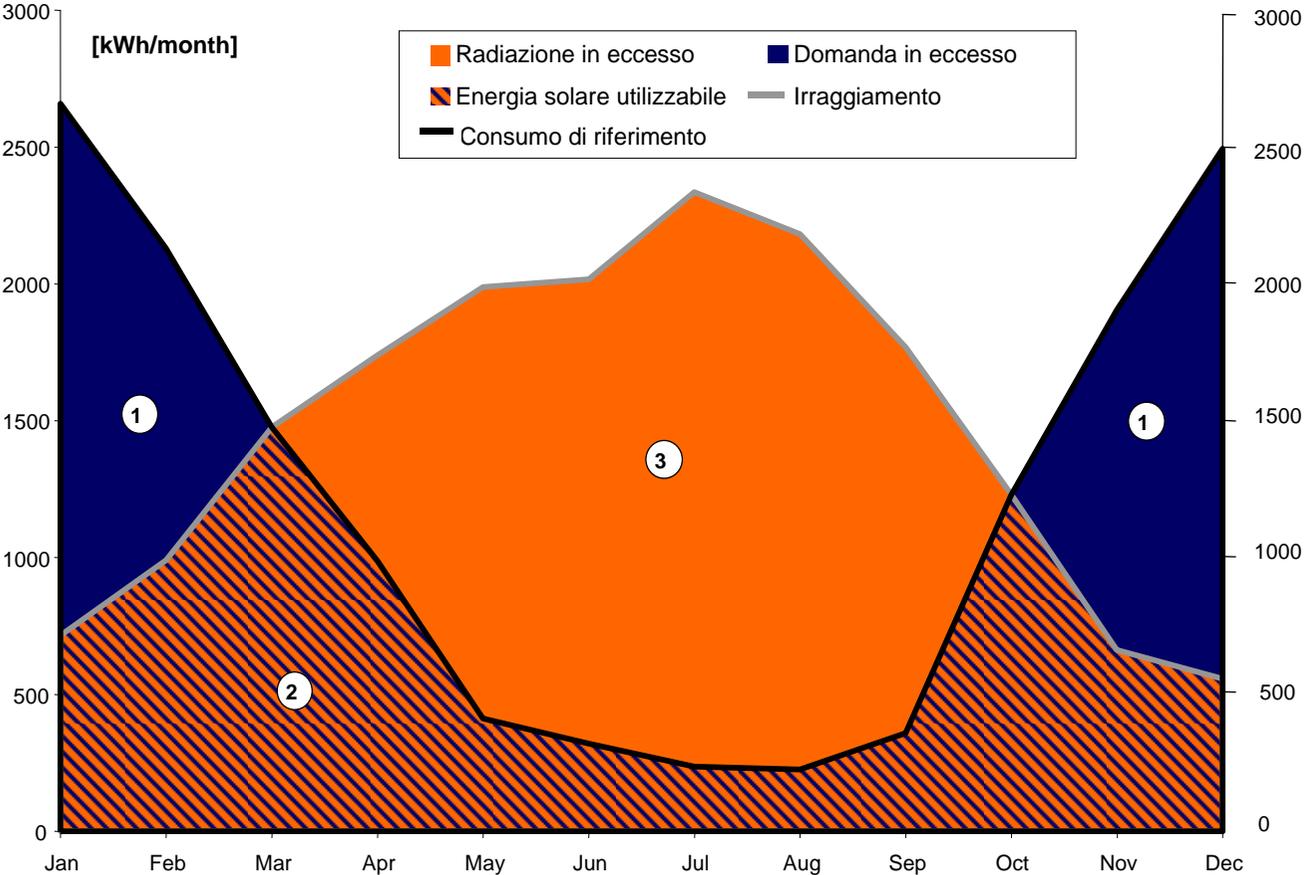


- Previsioni confermate da studi di settore
- Mercato 2004 tasso di crescita superiore al 140%, circa 2.8 milioni di unità (Gen-Ago)

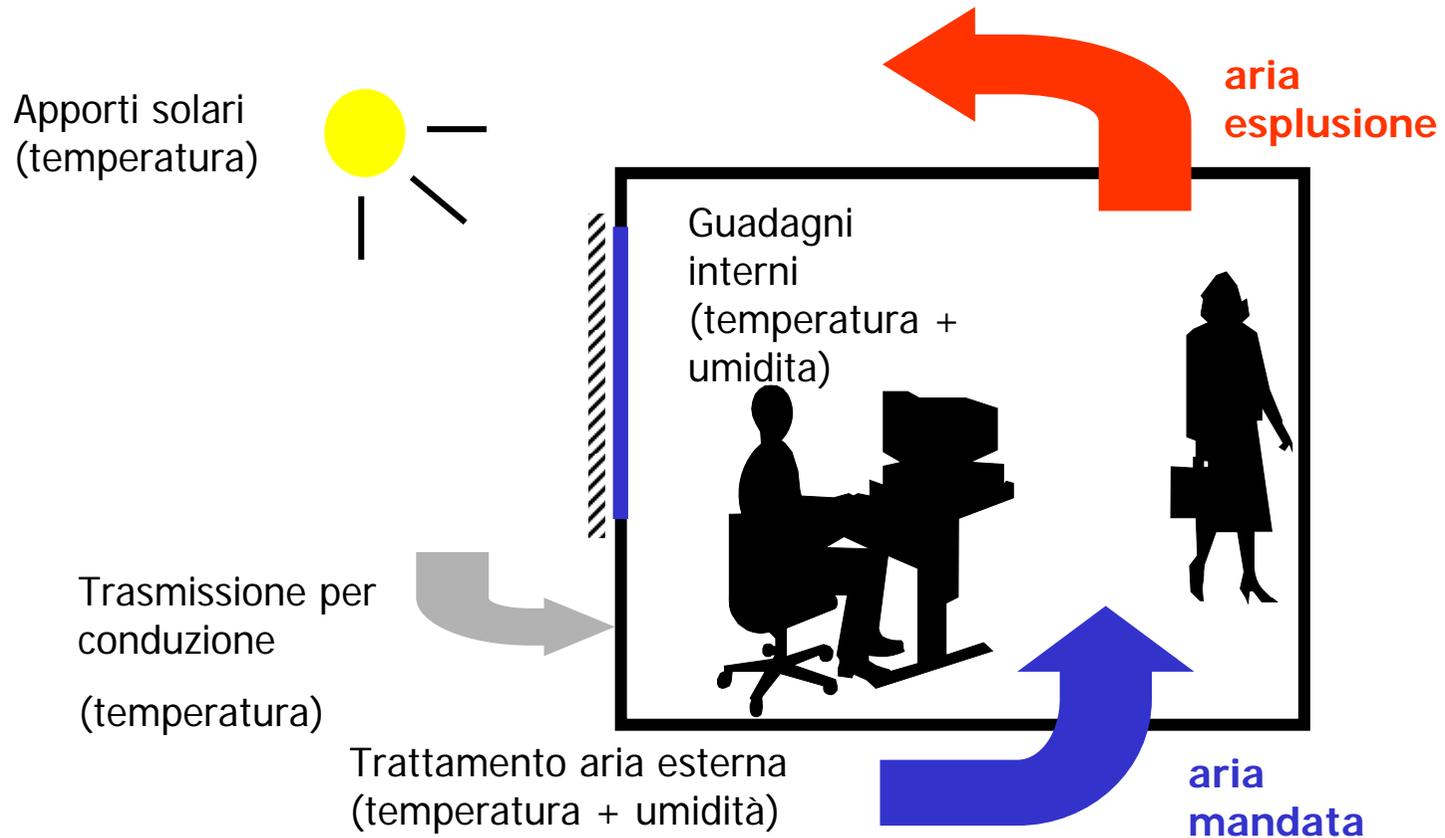
Utenze per il solare termico

- Acqua calda sanitaria (ACS)
- Riscaldamento degli edifici + ACS
- Reti di teleriscaldamento
- Piscine
- Climatizzazione dell'aria/refrigerazione
- Utenze industriali

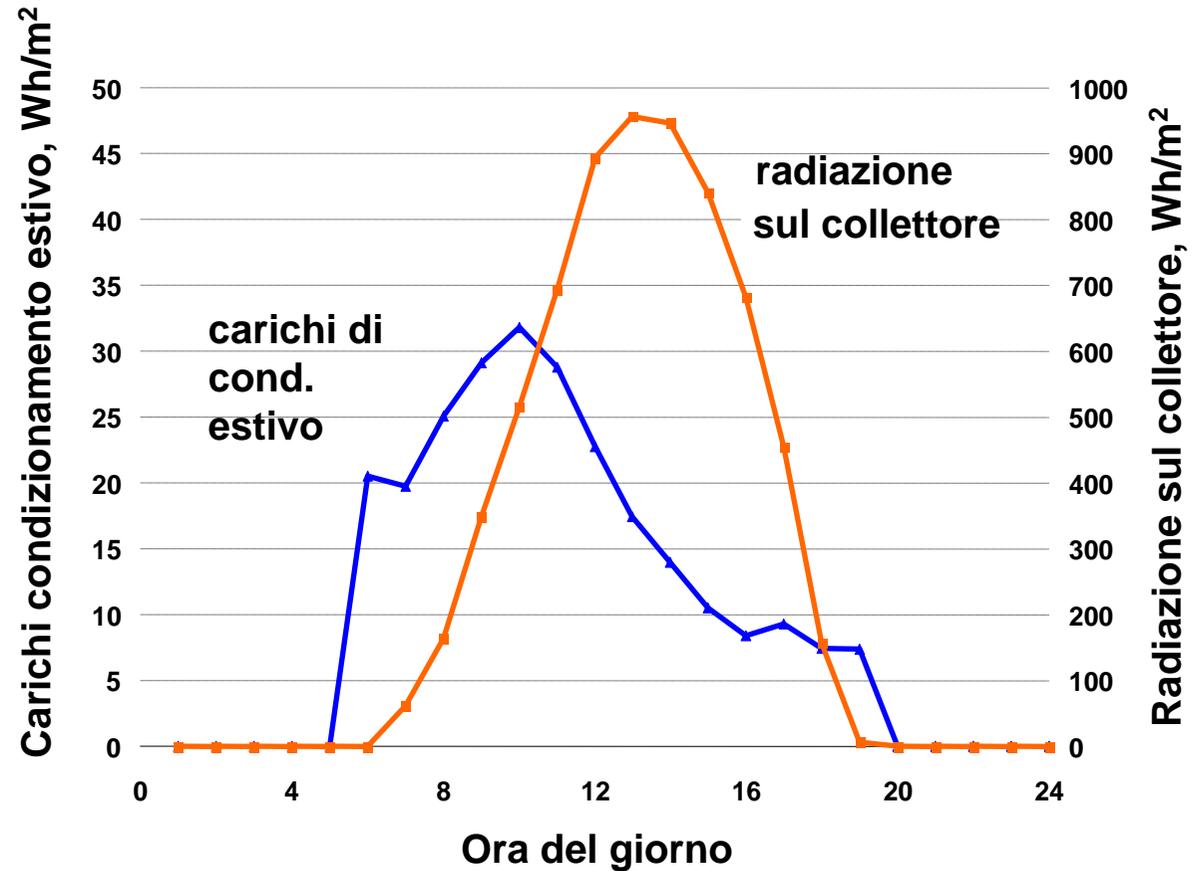
Riscaldamento + ACS: domanda calore ed energia solare disponibile



Carichi di condizionamento estivi



Esempio profili giornalieri

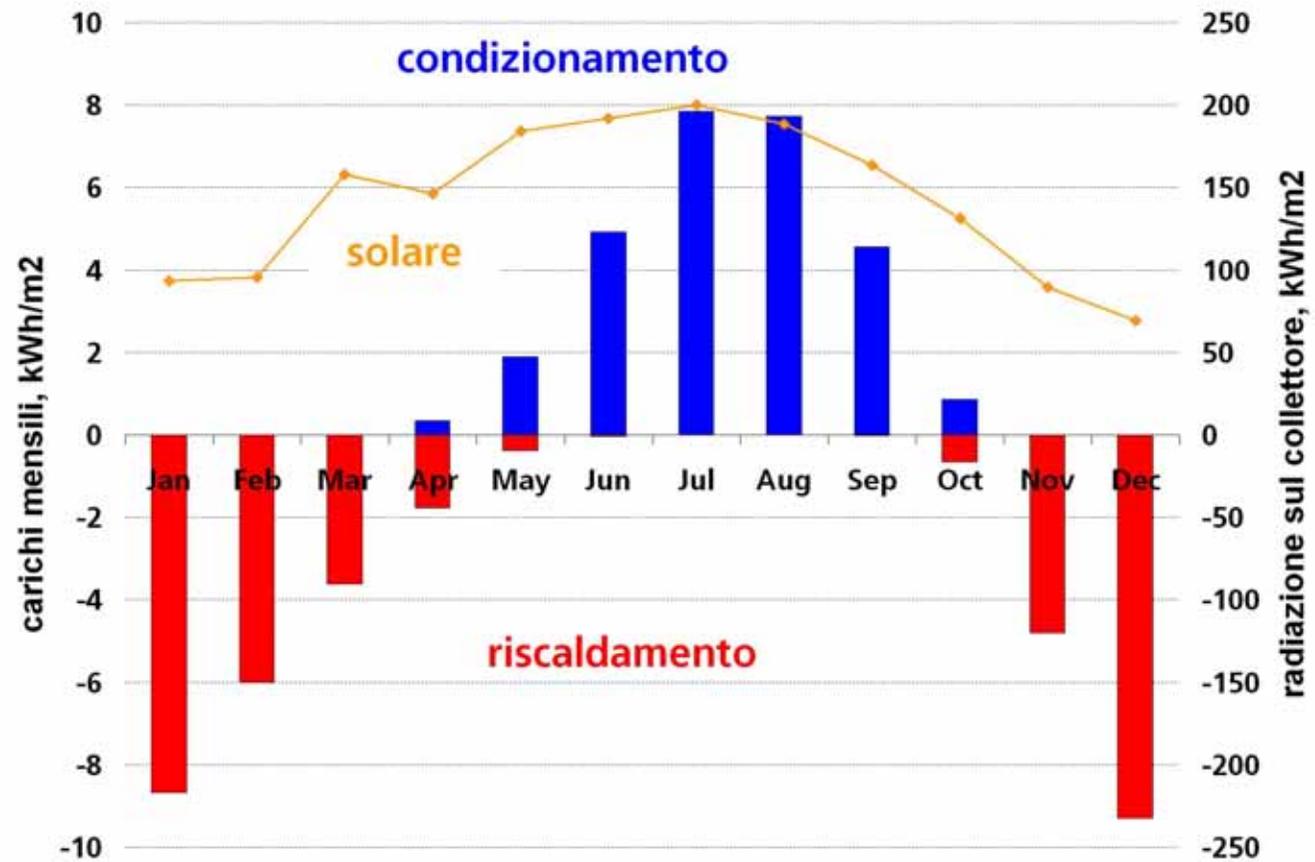


Esempio:

**Edificio uffici in
Madrid**

giorno di luglio

Esempio profili annuali



Esempio:
Edificio uffici
Madrid

Solar cooling: stock impianti installati

Fonte: IEA TASK 38 SHCP – Draft : State of the Art of existing solar heating and cooling systems – Technical report - Nov 2009
 By Institute for Renewable Energy EURAC (Sparber, Napolitano, Eckert), Austrian Institute of Technology AIT (Preisler)

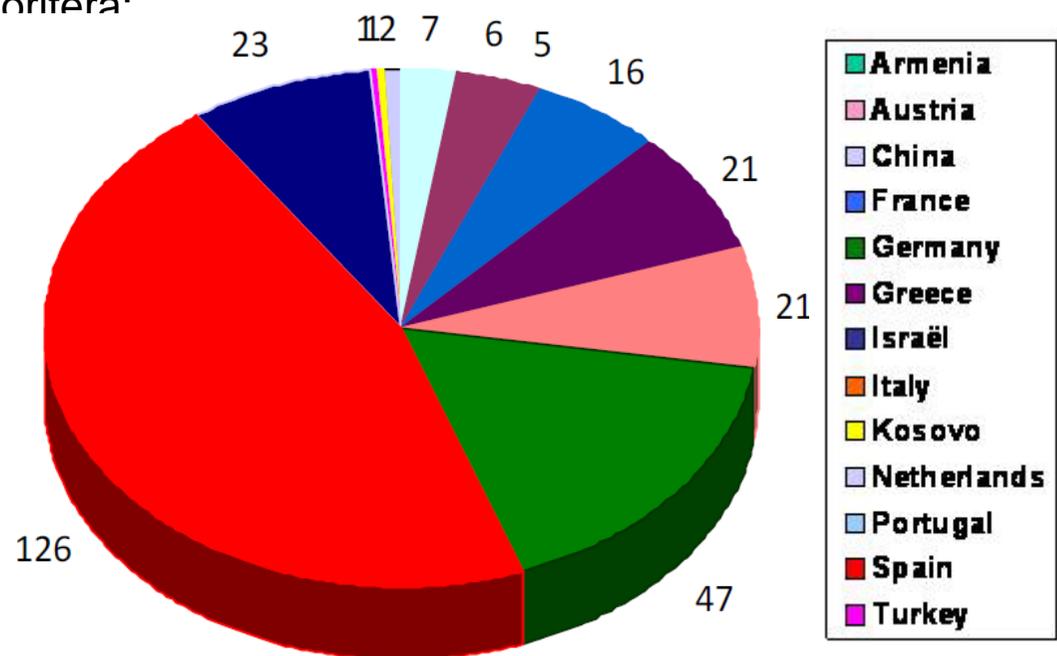
- Impianti dimostrativi: circa **254 impianti in Europa** censiti a fine 2009, si stima circa 350 ad oggi. Mondo: 13 Asia, 4 America, 3 Australia, 2 Africa; 450 unità stimate.
- LS: 71% assorbimento, 13% adsorbimento, 16% „desiccant cooling“ (solido 14%)
 SS: 90% assorbimento, 10% adsorbimento

- Area collettori media per capacità frigorifera:

- 3,3 m²/kW_{fr} (4,18 per sistemi di piccola taglia e 2 m²/kW_{fr} sistemi “custom”)

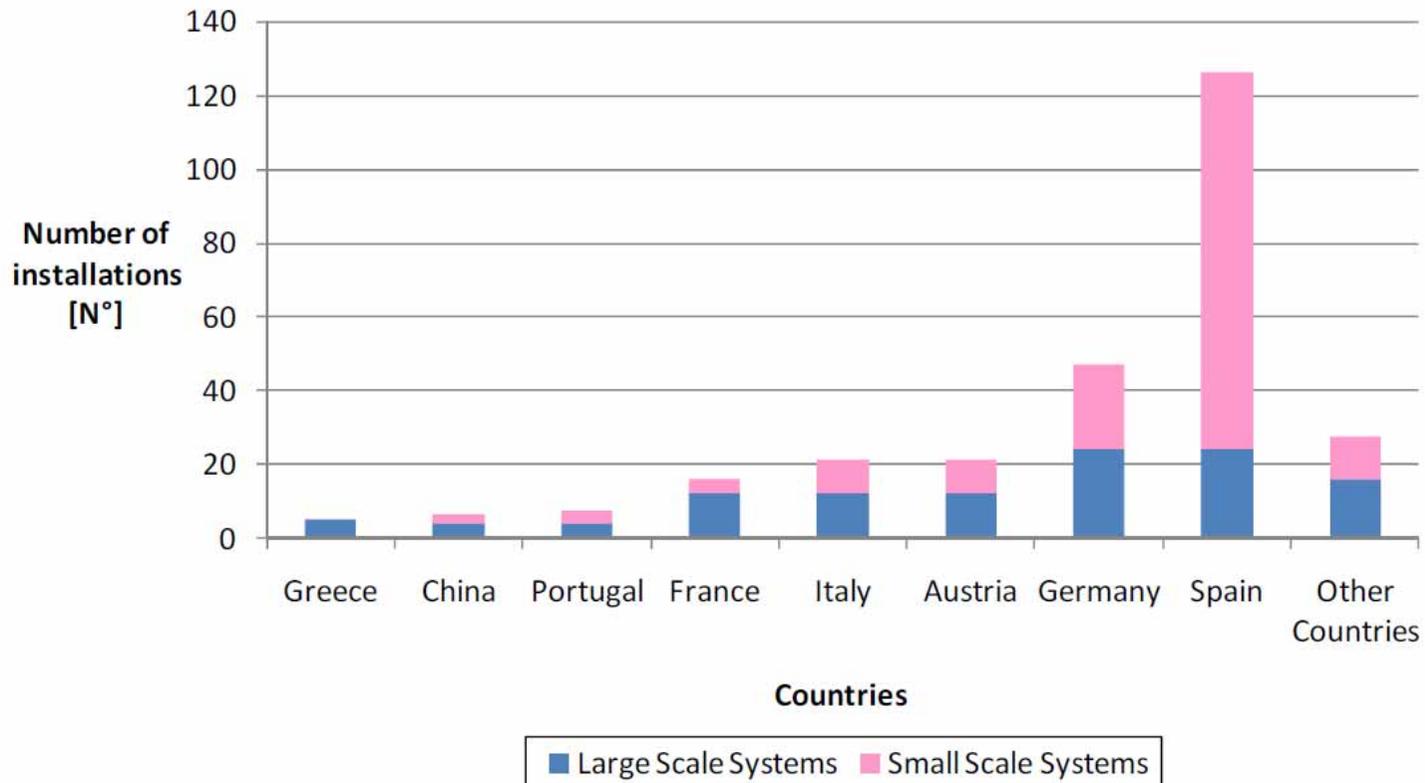
- 10 m² per 1000 m³/h per macchine DEC

- Solo applicazioni di climatizzazione stiva (condizionamento dell’aria), no refrigerazione

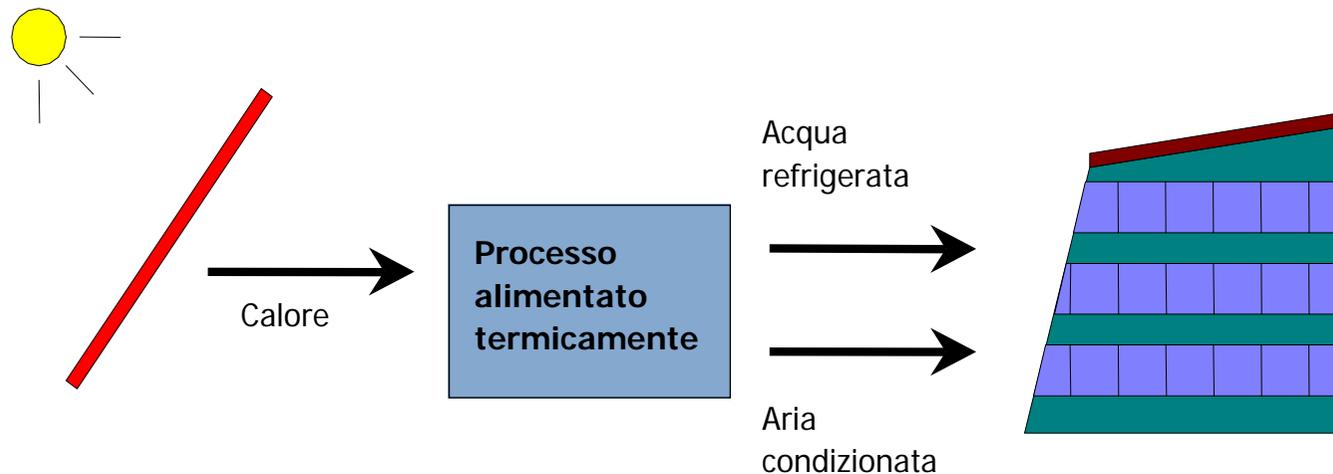


LS vs SS

Fonte: IEA TASK 38 SHCP – Draft : State of the Art of existing solar heating and cooling systems – Technical report - Nov 2009
By Institute for Renewable Energy EURAC (Sparber, Napolitano, Eckert), Austrian Institute of Technology AIT (Preisler)

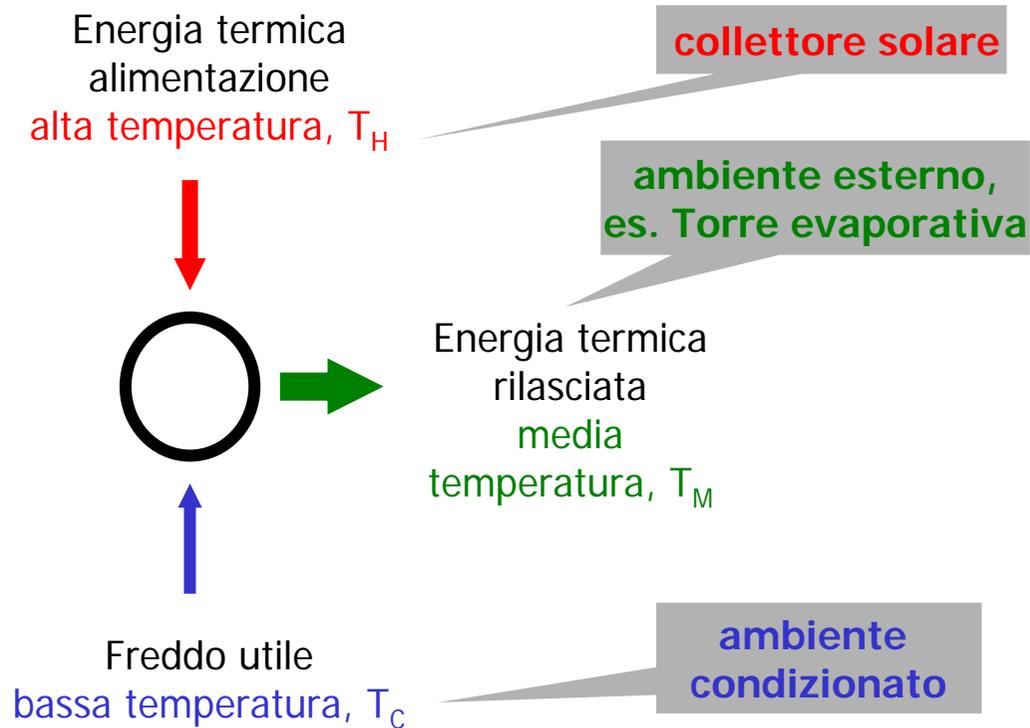


Sistemi „Solar Cooling“: schema generale



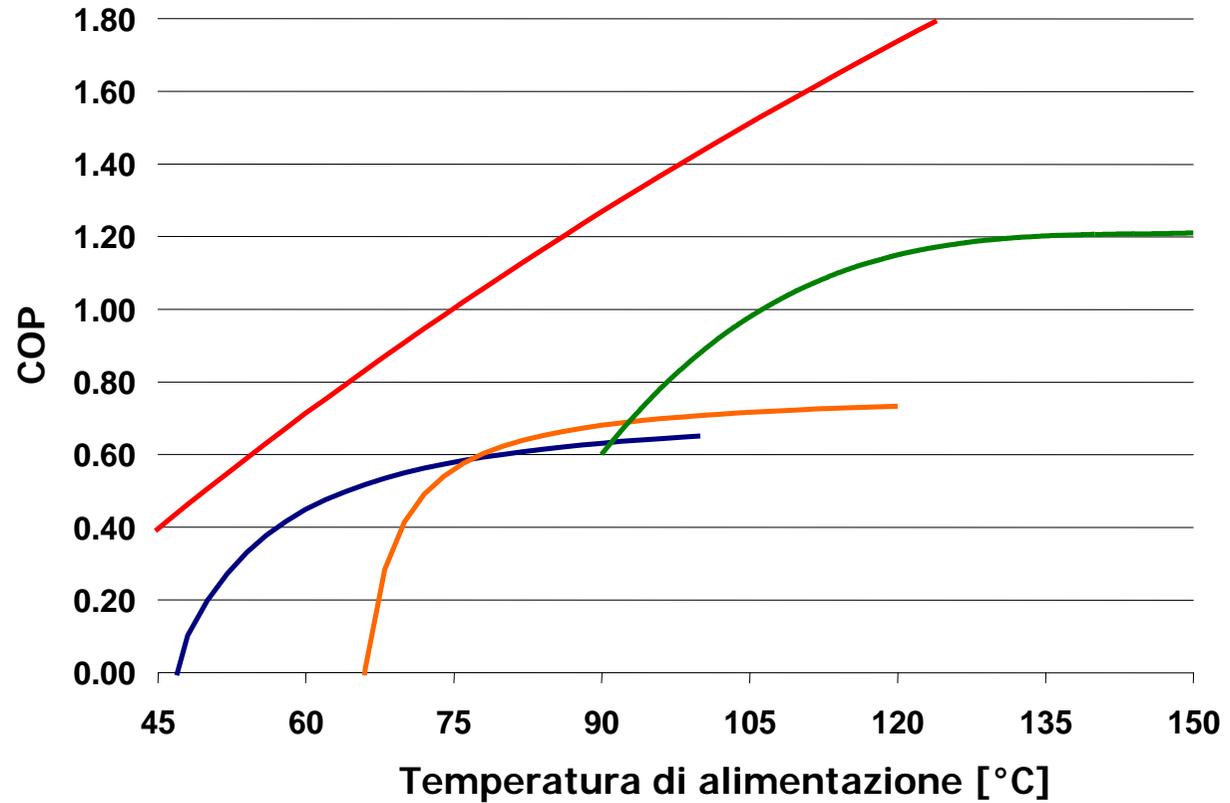
- Produzione di freddo a partire da una sorgente di calore
- Possibilità di produzione di acqua e/o aria condizionata per sistemi di climatizzazione invernale/estiva centralizzati
- Maggiore complessità rispetto a sistemi tradizionali di conseguenza si rende necessaria l'adozione di strumenti progettuali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

Schema ciclo di condizionamento



Coefficient of Performance
(COP_{termico})
=
 $\frac{\text{freddo utile}}{\text{calore alim.}}$

COP di gruppi refrigeranti ad acqua



temperatura acqua
refrigerata: 8°C

temperatura acqua di
raffreddamento: 28°C

Efficienza globale del “solar cooling”

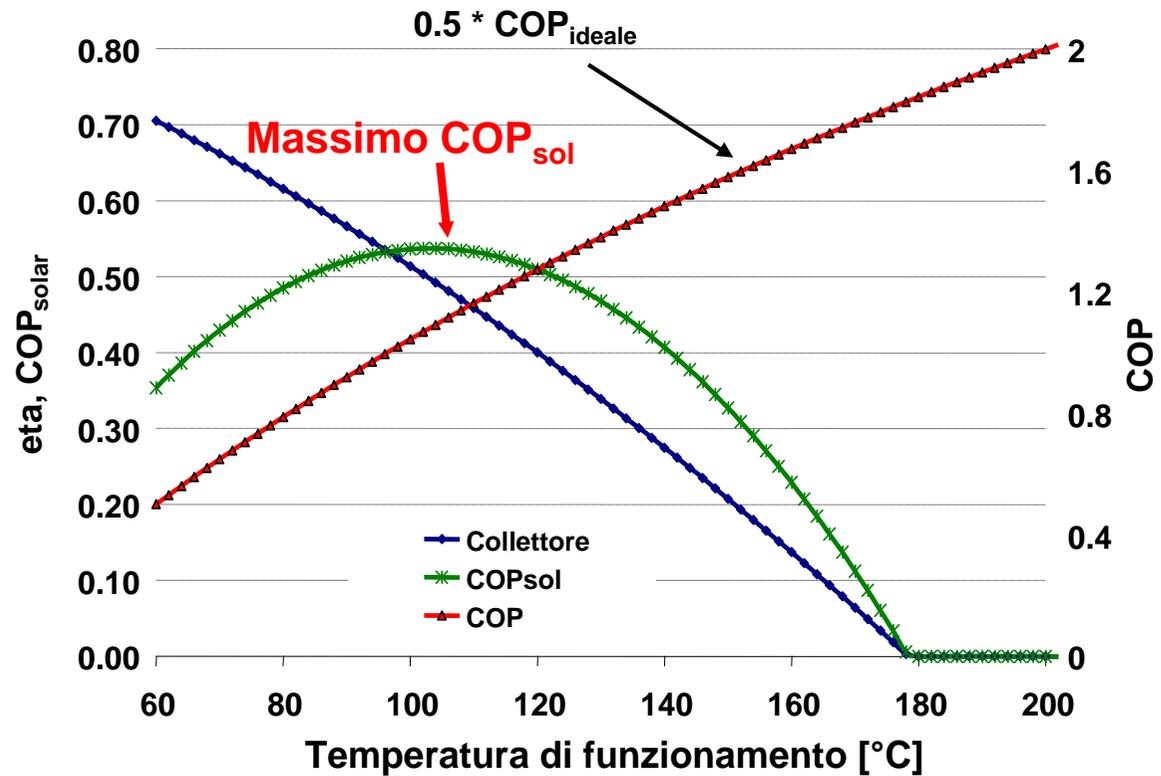
Esempio

Collettori piani con
superficie selettiva

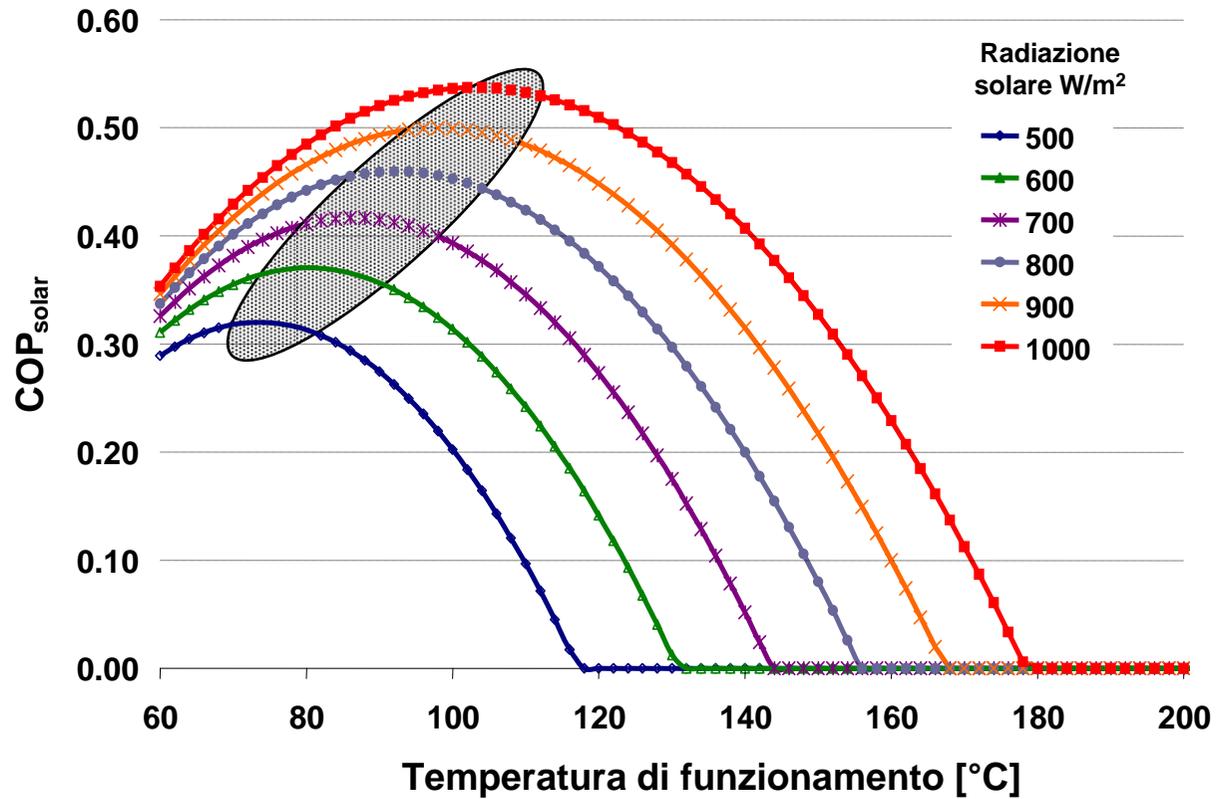
Radiazione
1000 W/m²

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

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



Efficienza globale del “solar cooling”



==> temperatura di ottimo a cui fornire energia termica dipende dalla radiazione incidente

Tecnologie per sistemi “solar cooling”

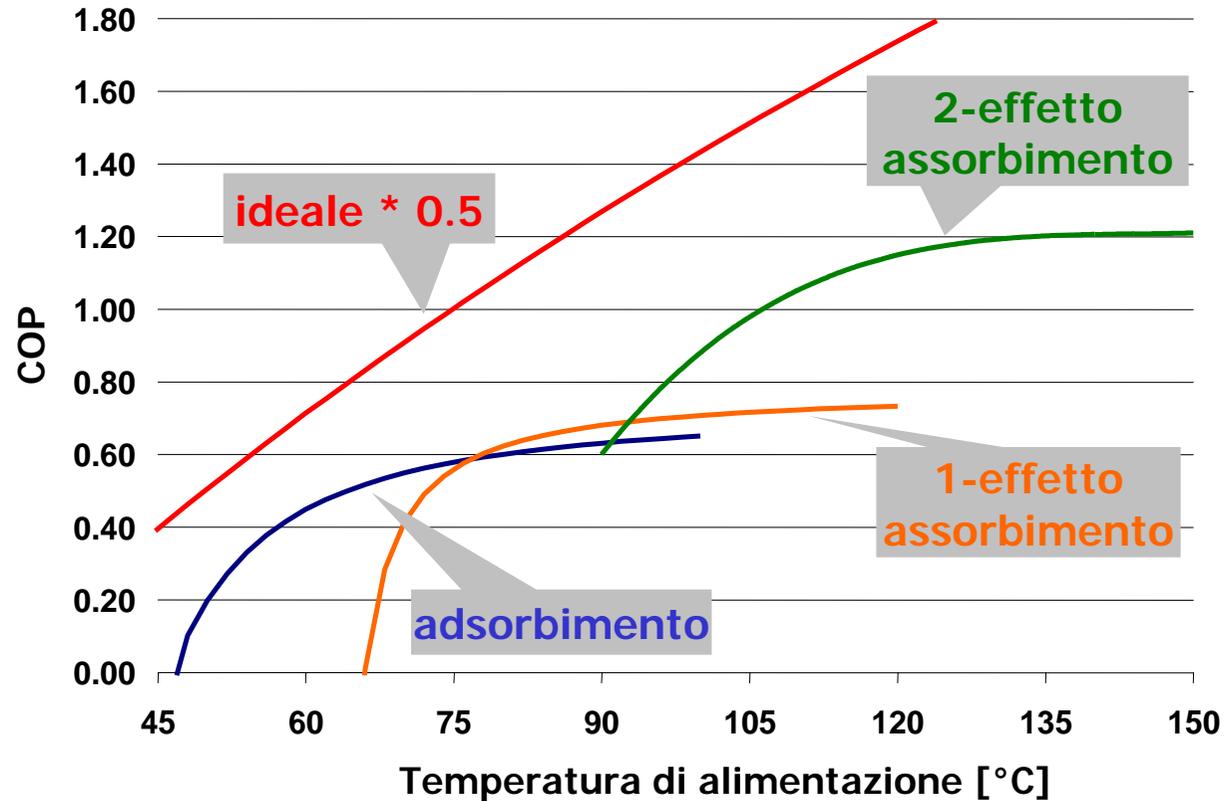
- **Sistemi a ciclo chiuso (macchine di refrigerazione alimentate ad energia termica)**
 - Macchine ad **assorbimento** (80% mercato) e ad **adsorbimento**
 - Usati nella maggior parte dei casi per la produzione di acqua fredda
 - Qualsiasi tecnologia di distribuzione del freddo (e.g. Sistemi di ventilazione, 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

Tecnologie disponibili sul mercato

	Cicli chiusi Produzione acqua refrigerata		Cicli aperti Condizionamento aria diretto	
Tipo di sorbente	solido	liquido	solido	liquido
				
Tipici materiali in uso	Acqua - Silicagel, Ammoniaca - Sali A.	Acqua - LiBr, Ammoniaca - acqua	Acqua - Silicagel, Acqua - Cl di Litio	Acqua - Cloruro di Calcio, Acqua - Cloruro di Li
Tecnologie disponibili sul mercato	Macchine ad Adsorbimento	Macchine ad Assorbimento	Raff. Evaporativo con Ad-assorbimento	-
Potenza frigorifera [kW]	7 - 430 kW	4.5 kW fino >5 MW	20 kW - 350 kW (pro Modul)	-
Produttori	2 produttori giapponesi	USA, Asia; solo poche piccola capacità	ca. 5 produttori di rotori; molti UTA	
Efficienza (COP)	0.3-0.7	0.6-0.75 (1-effetto) < 1.2 (2-effetto)	0.5 fino >1	fino >1
Tipiche temperature di alimentazione	60-95°C	80-110°C (1-effetto) 130-160°C (2-effetto)	45-95°C	45-70°C
Tecnologie solari	CTE, CP	CTE, coll. a concent.	CP, CA	CP, CA

COP di gruppi refrigeranti ad acqua

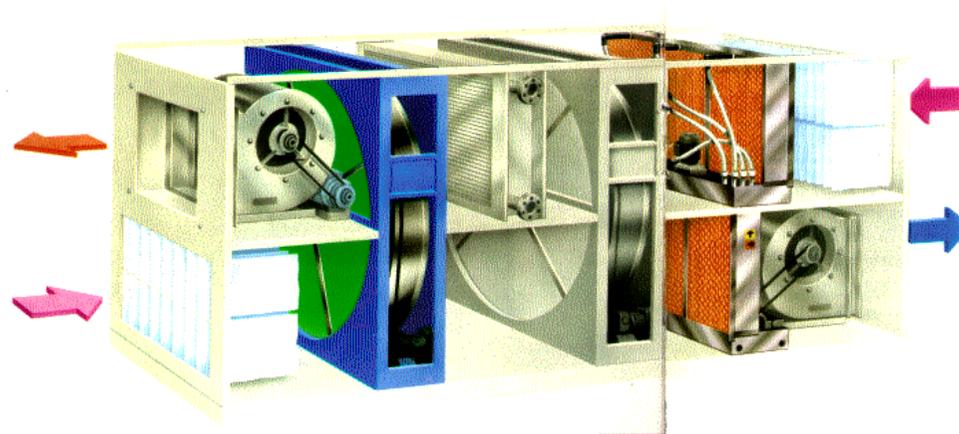


temperatura acqua refrigerata: 8°C
temperatura acqua di raffreddamento: 28°C

Sistemi DEC

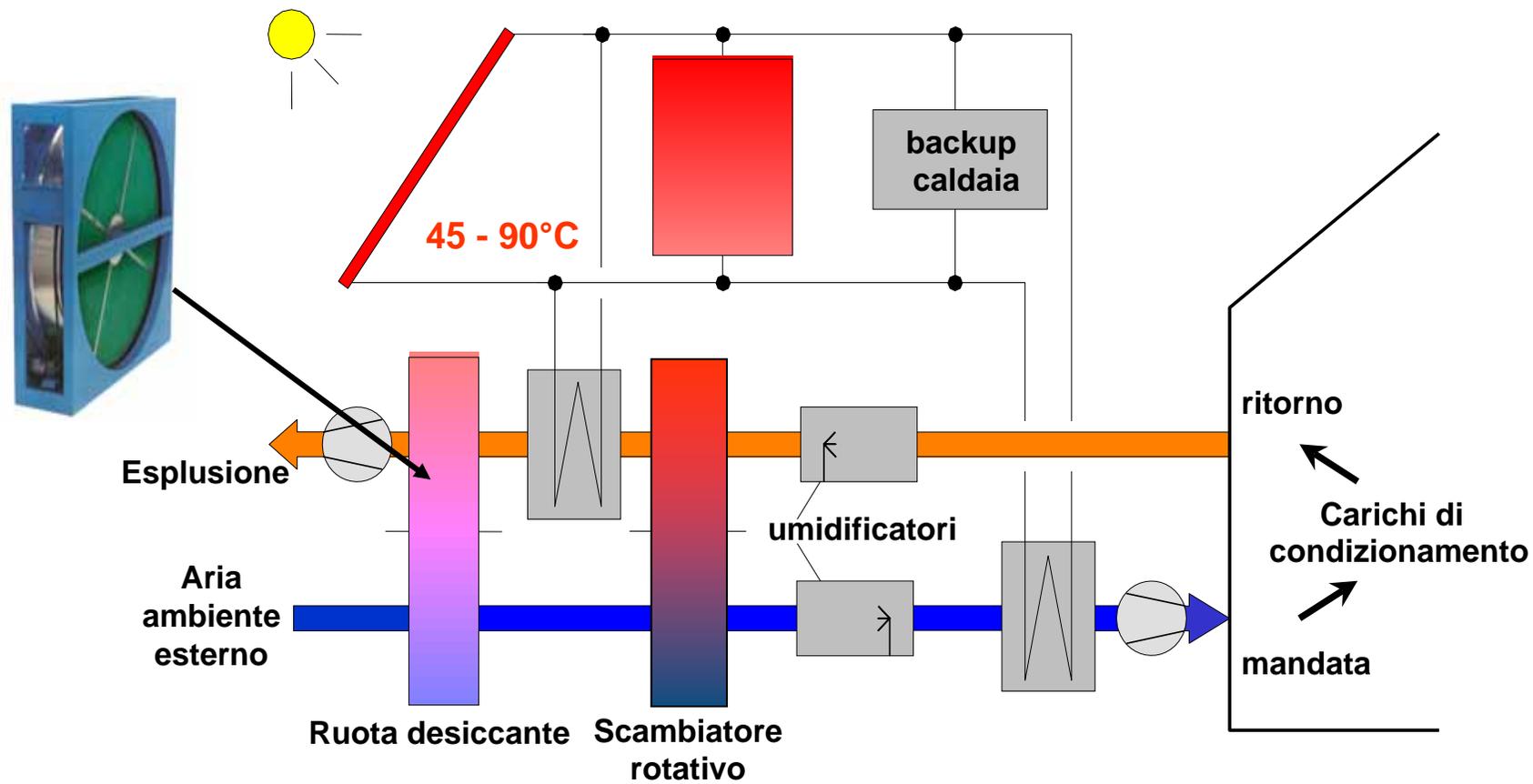
(Desiccant and evaporative cooling systems)

- Due gruppi di tecnologie
 - *Sistemi a deumidificatore rotativo*: rotori disponibili in vasta gamma di dimensioni prodotti da diverse industrie nel mondo; materiale adsorbente gel di silicato o cloruro di litio; cycle adattabile a diverse condizioni climatiche.

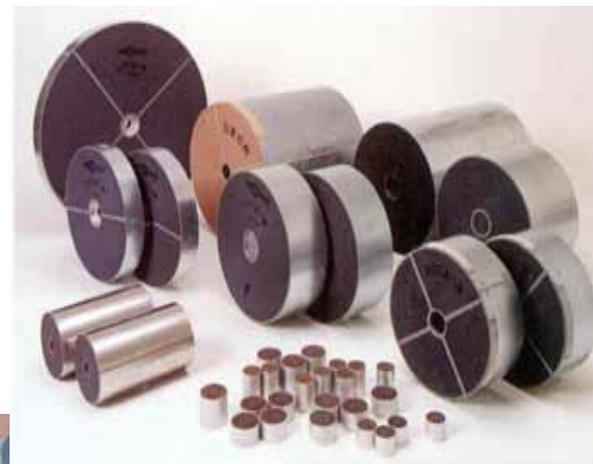


- *Sistemi a letto fisso*: pochissime realizzazioni, impianti pilota
- *Sistemi a desiccante liquido*: pochi impianti pilota; in quasi tutti i casi LiCl e' il materiale desiccante

Schema di sistema DEC (es. Europa Centrale)

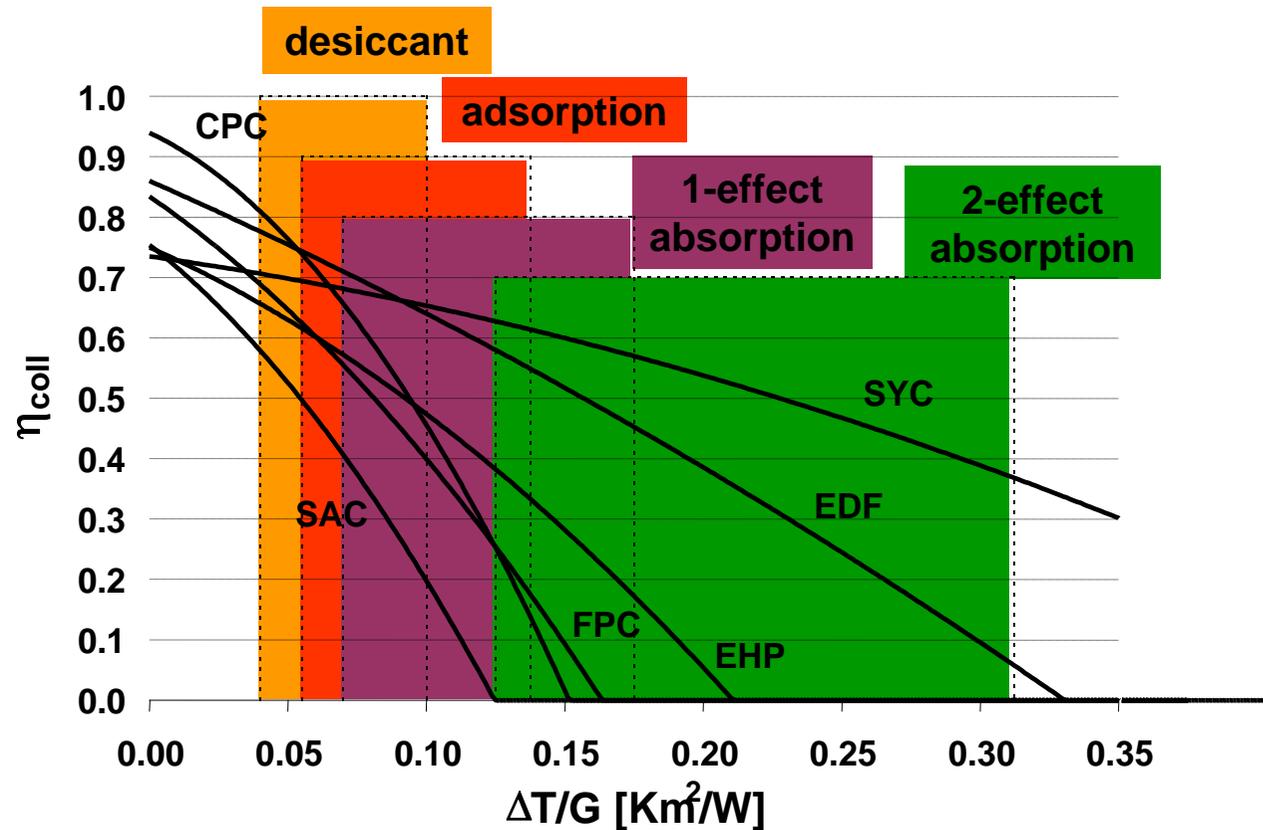


Esempi: rotori deumidificanti



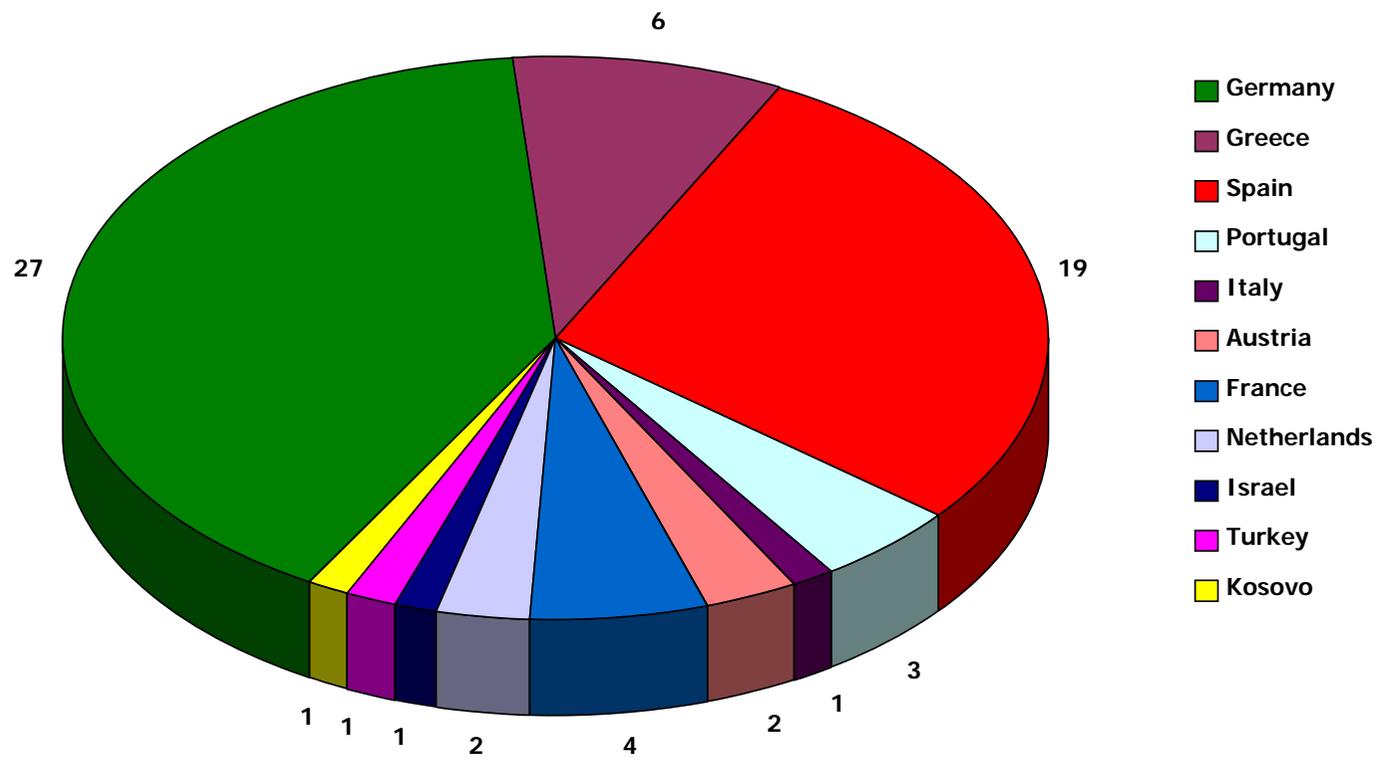
Collettori Solari e refrigerazione alimentata ad energia termica

SAC = collettori aria
CPC = stationary CPC
FPC = collettori piani sup. selettiva
EHP = Tubi evacuati heat-pipe
EDF = Tubi evacuati flusso diretto
SYC = Concentratori stazionari, Sydney-type

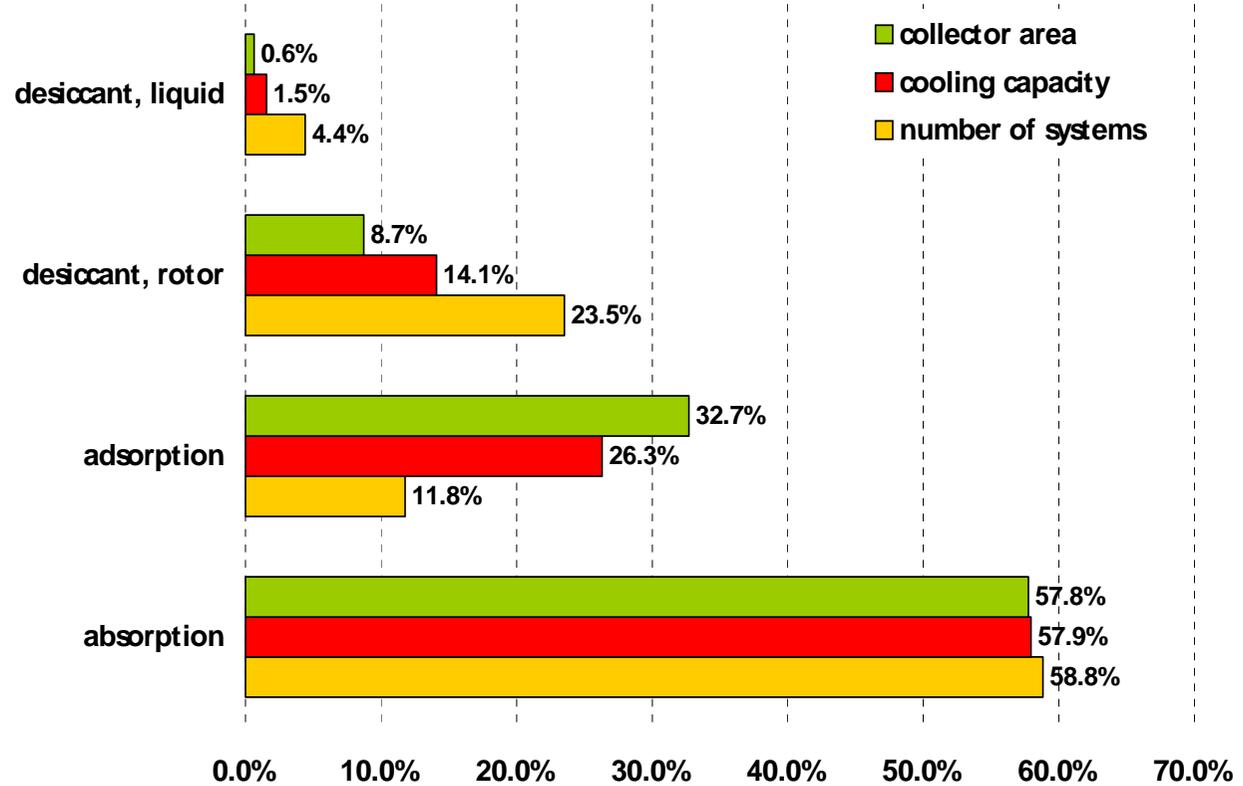


Sistemi realizzati

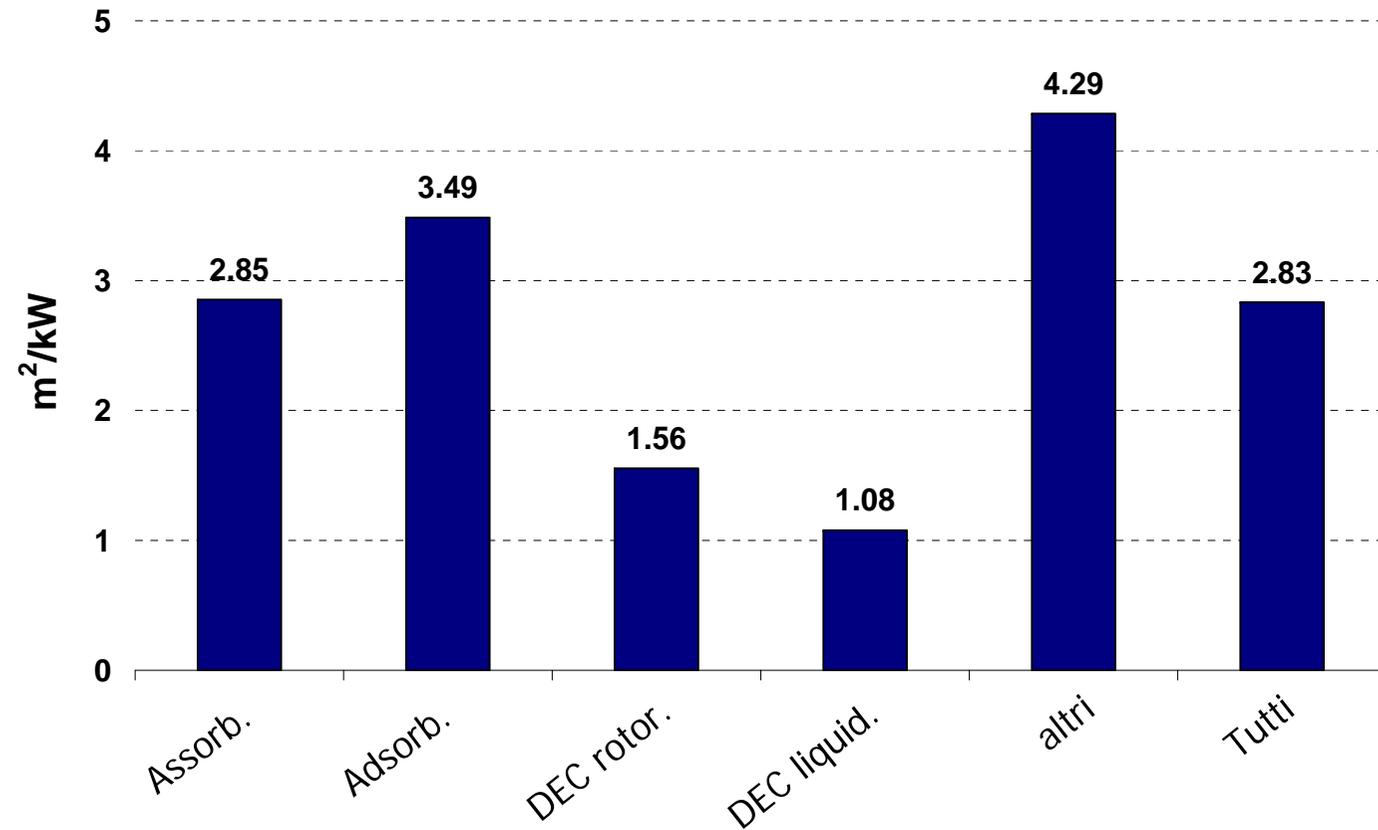
Fonte: Task 25 IEA SHCP Final report



Tecnologie utilizzate



Superfici specifiche collettori



Condizionamento dell'aria presso industria cosmetici (Grecia)



Sarantis - Condizionamento dell'aria industria cosmetici

- Campo collettori piani: 2700 m² , 1890 kW_{th}
- 2 macchine ad adsorbimento 350 kW potenza frigorifera ognuna
- 3 macchine a compressione 350 kW ognuna
- Condizionamento dell'edificio di produzione di un' industria di cosmetici
- sito: Inofita Viotias (appr. 50 km nord-est di Atene)
- T_H (Temp. di alimentazione) =60-90°C, SF=66%, producibilità specifica = 637 kWh/m₂
- ➔ Attualmente il più grande impianto al mondo
- ➔ Peculiarità : strategia di controllo orientata al risparmio di energia elettrica attraverso il „solar cooling“



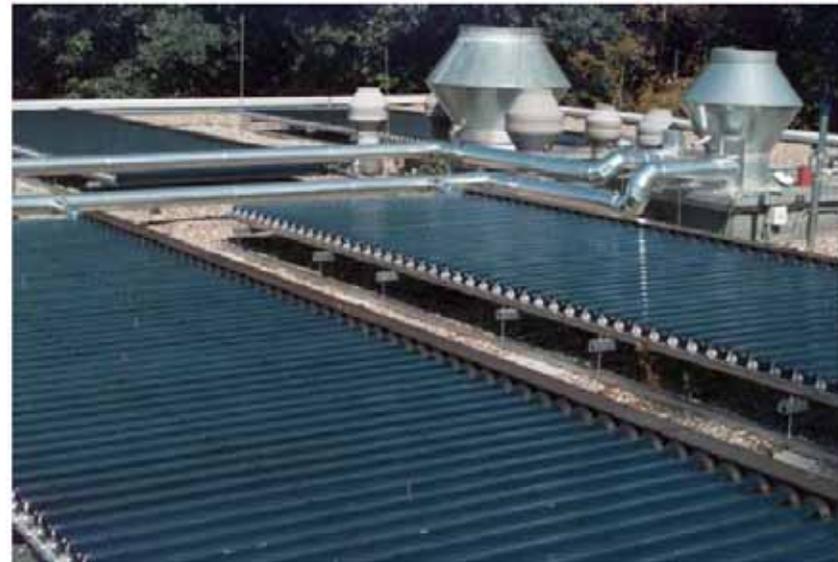
Condizionamento dell'aria clinica universitaria di Friburgo (Germania)



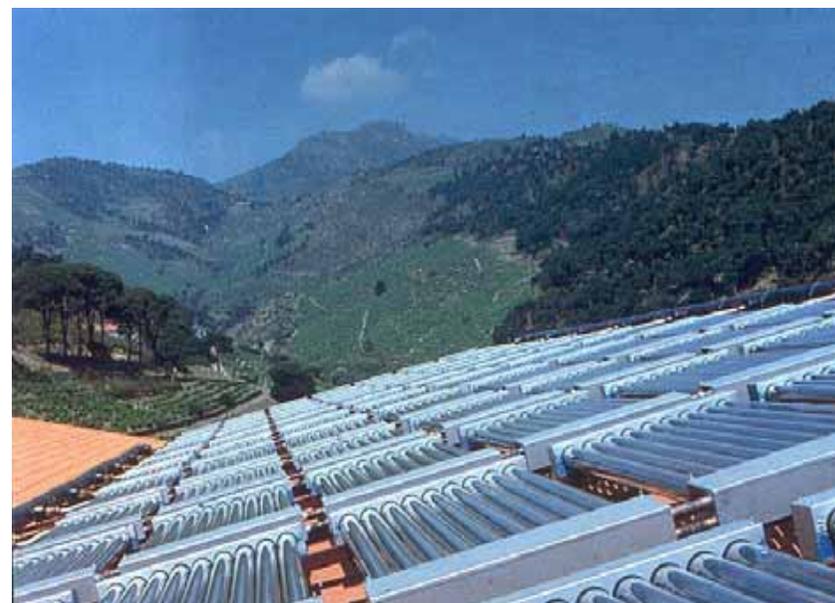
Condizionamento dell'aria clinica universitaria di Frigurgo

- sito: Friburgo (Germania)
- Edifici: clinica univerversitaria di Friburgo, area degenze e laboratori
- Collettori tubi evacuati 170 m²
- 1 Macchine ad adsorbimento (potenza frigorifera 70 kW)

- Backup Elettrico: 30 kW
- Torre evaporativa 220kW



Raffrescamento cantina Banylus (Francia)



Raffrescamento cantina vinicola

- Collettori tubi evacuati: 130 m²
 - Macchina ad assorbimento da 52 kW
 - no sistema back-up
 - Raffrescamento cantina d'invecchiamento (circa 3 million bottles) con 3 Unità trattamento aria da (25.000 m³/h air flow)
 - sito: Banyuls (sud Francia)
- ➔ Uno dei sistemi piu' vecchi; in funzione da piu' di 13 anni senza problemi
- ➔ "solar autonomous" e no serbatoio solare
- ==> "volano termico" sul carico



Condizionamento dell'aria macchina edificio uffici – Pristina (Kosovo)



Condizionamento dell'aria macchina edificio uffici

- Installazione Solid (AT)
- sito: Pristina (Kosovo)
- Edificio uffici della European Agency for Reconstruction
- Collettori piani 227 m²
- 2 Macchine ad assorbimento a singolo effetto (potenza frigorifera 35 kW, prod. Yazaki)
- Backup Elettrico: 30 kW
- Torre evaporativa 220kW



Condizionamento sala seminari Friburgo (Germania)



Condizionamento sala seminari

- Collettori solari ad ariacome unica fonte di calore: 100 m²
 - Sistema DEC (10.200 m³/h) con rotore al gel silicato
 - no sistema back-up
 - Condizionamento sala seminari (piccola sala riunioni) presso l'edificio della camera di commercio di Friburgo/ Germania
- ➔ Sistema solare semplificato e semplice integrazione con l'impianto di condizionamento
- ➔ no back-up, no serbatoio
- ➔ Schema promettente per edifici con alta correlazione tra carichi di condizionamento e radiazione solare



Condizionamento dell'aria in un Hotel Dalaman (Turchia)



Condizionamento dell'aria in un Hotel

- collettori PTC producono calore a 180°C (T_H): 180 m² aperture area
 - Macchine ad assorbimento a doppio effetto (potenza frigorifera 116 kW, 4 bar vapor saturo; COP > 1.2)
 - Condizionamento hotel e fornitura vapore alla lavanderia dell'albergo
 - back-up con boiler LPG a vapore
 - sito: Dalaman (Turchia)
-
- ➔ Primo sistema con macchina a doppio effetto
 - ➔ Alta efficienza di conversione
 - ➔ Sistema interessante per siti con alta radiazione solare



Sistema DEC per una biblioteca

- Sito: Mataro/Spagna
- Utente: Biblioteca pubblica
- Tipologia: Sistema DEC (12000 m³/h) con 105 m² collettori ad aria e pre-riscaldamento attraverso facciata fotovoltaica
- Utilizzo: Climatizzazione centro audiovisivi (2.120 m³)



Solare termico e condizionamento dell'aria: “Solar Cooling”

- + Migliora la redditività dei sistemi (solari) in uso per riscaldamento + ACS;
- + Copre reale fabbisogno (condizionamento) in crescita esponenziale;
- + Risolve problema di gestione della domanda di elettricità in alcuni periodi dell'anno, attraverso la produzione localizzata di energia, alleggerimento della rete e compiti di gestione
- Penetrazione del mercato molto più difficile di sistemi a compressione alimentati ad energia elettrica: es. Split, RAC in generale
- Tecnologie disponibili sul mercato di grossa capacità, si affacciano macchine sotto i 15 kW

Parametri progettuali

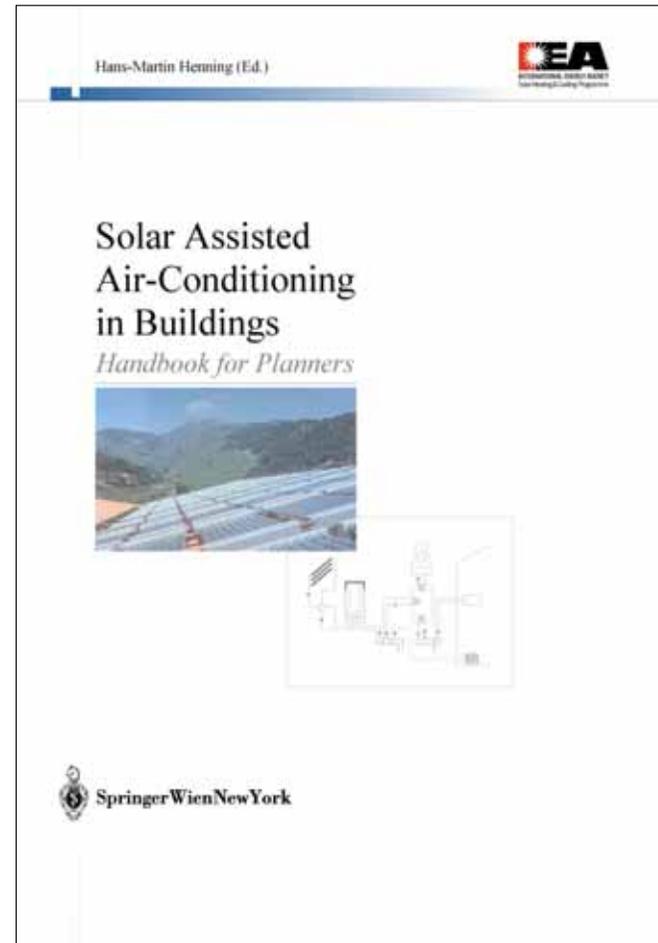
Principali parametri progettuali che determinano la prestazione energetica ed economica dei sistemi “solar cooling” e il conseguente potenziale di risparmio in termini di energia primaria

- Tipo di collettore
- Dimensione campo collettori
- Dimensione serbatoio (solare)
- Tipo di sistema di Back-up

Il calcolo della SF: scelte progettuali

La progettazione di un impianto SAC implica per la maggior parte le seguenti scelte:

- Scelta della „macchina refrigerante“ più appropriata per il sistema di condizionamento scelto
- Scelta del tipo di collettore solare adatto alla tecnologia refrigerante selezionata
- Dimensionamento del campo collettori e dell'impianto solare in generale in base alle prestazioni desiderate in termini energetici ed economici



Strumenti atti alla progettazione

- Scelta della tipologia d'impianto. Task 25 decision scheme

<http://www.iea-shc-task25.org/english/hps6/index.html>

- Calcolo dei parametri principali del sistema solare: superficie collettori, dimensione serbatoio. Analisi parametrica:

- SACE tool (Easy cool light, Solar air-conditioning for Europe)

<http://www.ocp.tudelft.nl/ev/res/sace.htm>

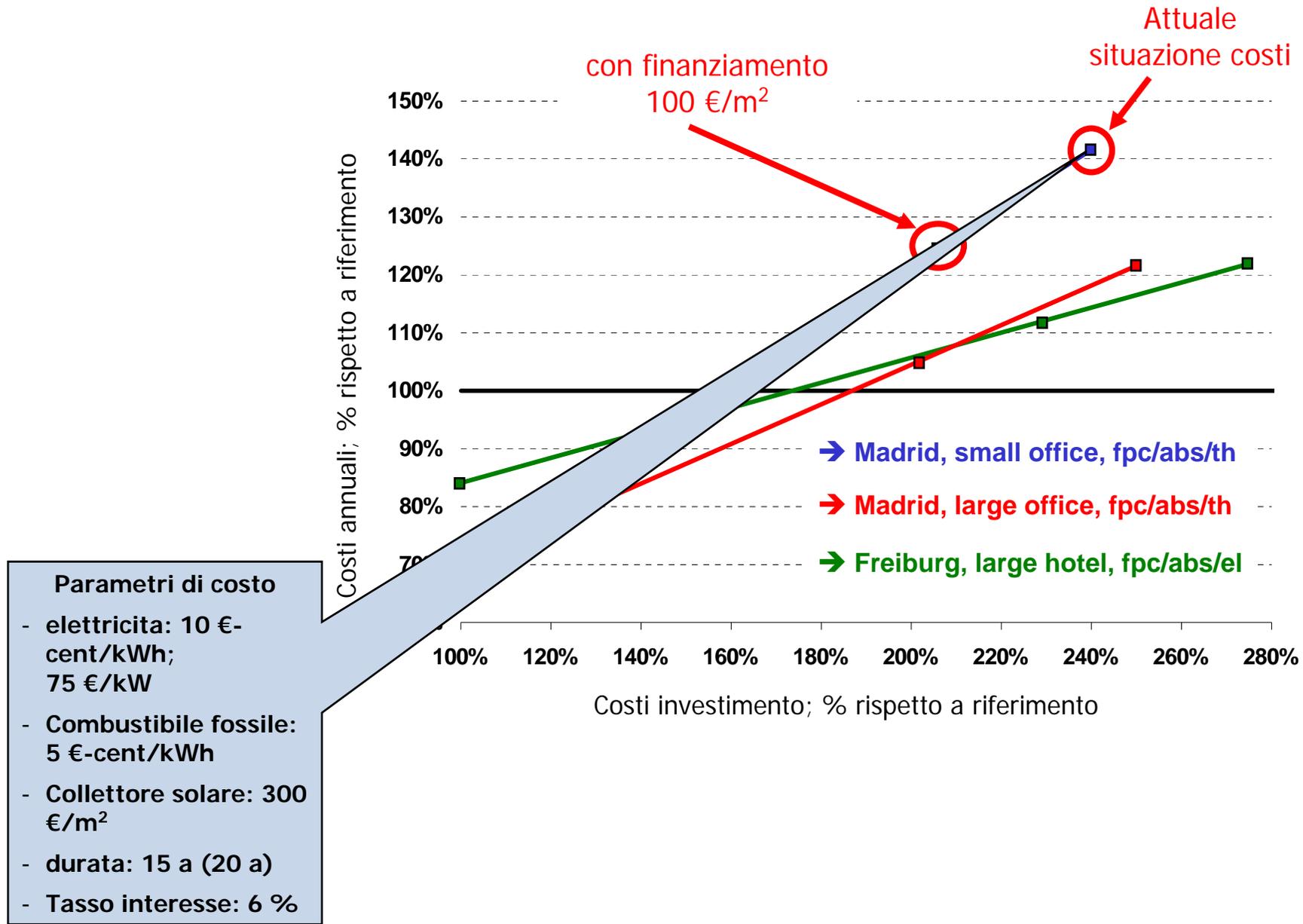
- Progettazione definitiva o casi particolari:

- TRNSYS

- SOLAC design tool – Task 25 SHC IEA

<http://www.iea-shc-task25.org/english/hps6/index.html>

Scenari di costo



Sommario riduzione fabbisogno PE

- Sistemi autonomi e con back-up elettrico danno sempre luogo a riduzione fabbisogno PE. I secondi anche con basse SF al fine di ridurre consumo di energia elettrica.
- E' spesso possibile riduzione di fabbisogno PE consistenti con sistemi back up a combustibile fossile (es. gas) anche rispetto alle macchine refrigeranti ad espansione diretta più efficienti.
- Sistemi con back-up alimentato a combustibile fossile (es. gas) devono rientrare in un determinato intervallo di SF per ottenere voluta riduzione PE
- Valori tipici campo collettori in rapporto area edificio uffici:
0,1 – 0,3 [m²/m²]
- Valori tipici di campo collettori per tecnologia impiegata:

Tecnologia	Area collettori	Media Area coll
DEC	5-20 [m ² /1000 (m ³ /hour)]	8.2 [m ² /1000 (m ³ /hour)]
As - Adsorbimento	1 - 6 [m ² /kW _{cold}]	2.5 - 3.4 [m ² /kW _{cold}]

Sommario prestazione economica ed energetica

- Rispetto a una tecnologia convenzionale che usa sistemi a compressione:
 - 30 - 60 % di risparmi in termini di PE sono ottenibili per sistemi che producono acqua refrigerata
 - 20 - 40 % di risparmi in termini di PE sono ottenibili per sistemi DEC

- Costi di investimento tra 1.5 e 2.5 volte piu' elevati di sistema convenzionale

- Costi annuali circa 20 - 40 % piu' elevati per sistemi di piccole dimensioni (potenza frigorifera < 50 kW) e 10 - 20 % per sistemi di grandi dimensioni

- Finanziamento del campo collettori di circa 200 €/m² porta a situazioni vicine a cost break-even (i.e., il sistema si ammortizza durante l'attesa di vita)

Sommario prestazione economica ed energetica

- Stato attuale SAC non sono economicamente competitivi nella maggior parte dei casi;
- E' necessario ulteriore sviluppo sia delle tecnologie solari che delle macchine refrigeranti per queste applicazioni per aumentare la competitività del settore;
- Necessità di incentivi in funzione della tipologia di utenza, della zona climatica, della struttura tariffaria. Che forme di aiuto sono piu' adatte?

Cosa resta da fare...

- Standardizzazione sistemi piccole dimensioni. Sistemi **solar combi plus**
- Esperienza impianti grandi dimensioni per AC e refrigerazione
- Sviluppo di nuovi componenti e tipologie d'impianto: Adsorbimento, nuovi DEC, diverse tipologie utenza
- Diffusione informazione/know-how



TASK 38 Solar Air-Conditioning and Refrigeration