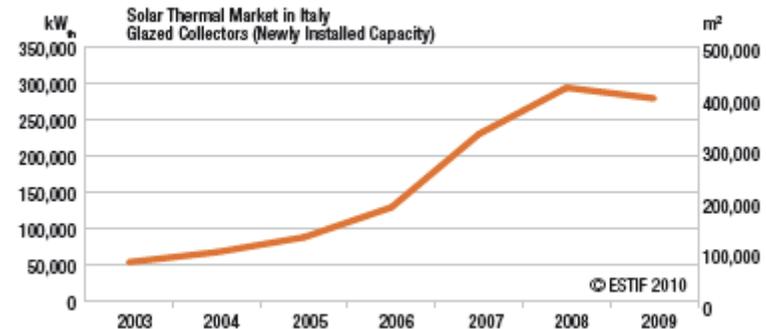
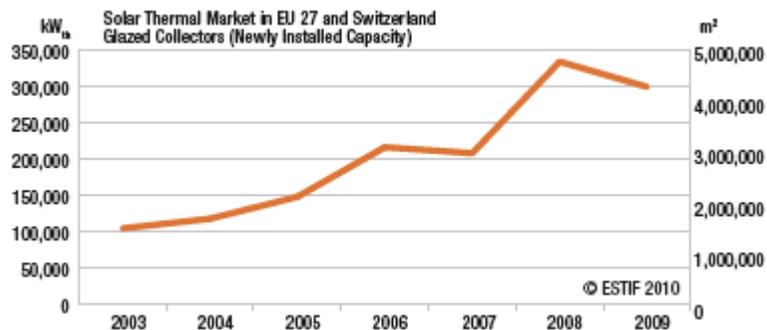


Solare termico

G.V. Fracastoro

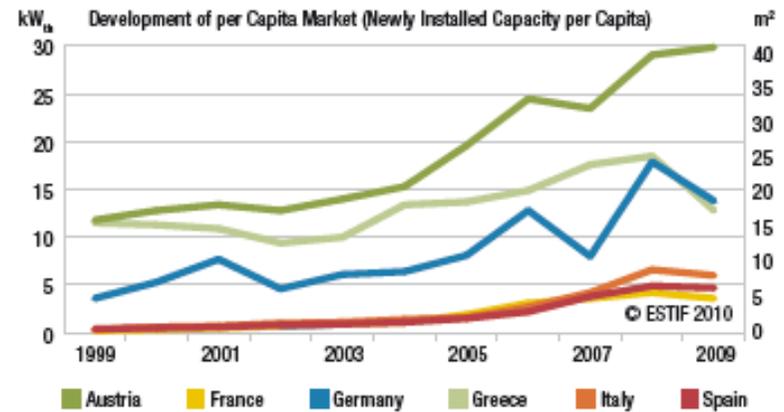
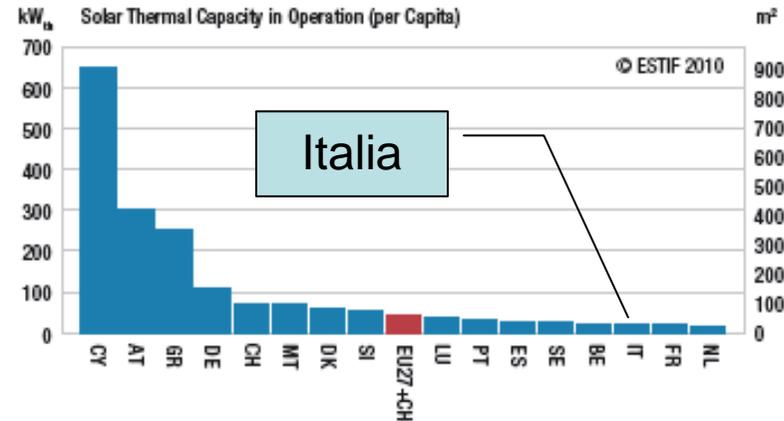
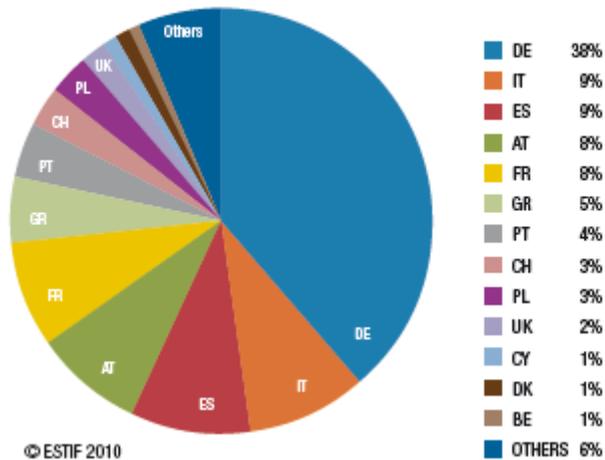
Mercato dei collettori solari in Europa e in Italia



- Il mercato europeo ha subito una flessione del 10% nel 2009, passando da quasi 5 a 4,5 milioni di m² installati
- Il motivo principale è la crisi del mercato edile
- Il settore del solare termico confida nelle azioni di implementazione della direttiva sulle FRE (2009/28/EC) che dovrebbero essere intraprese dai governi europei
- Le grandi installazioni tengono il passo
- Nonostante la riduzione del 5% nel corso del 2009, l'Italia, con oltre 400.000 m² installati, è divenuta il secondo mercato europeo.
- Il motivo principale è la detrazione d'imposta del 55% prevista dalla finanziaria 2007 e confermata fino al 2010
- La riduzione dell'aliquota potrebbe portare a un ulteriore allentamento

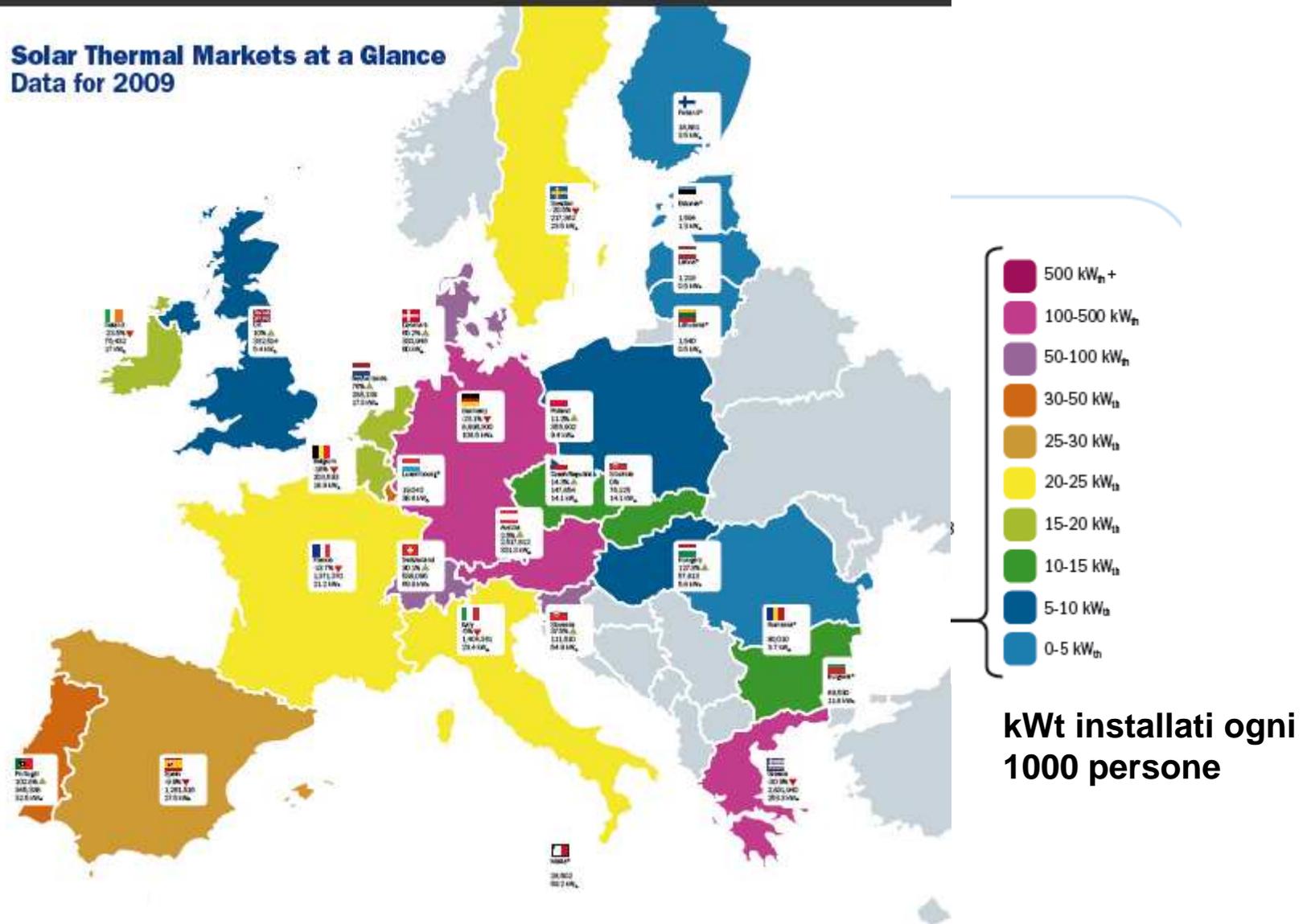
Il mercato Europeo nel 2009

Shares of the European Solar Thermal Market (Newly Installed Capacity)



Capacità installata per abitante

Solar Thermal Markets at a Glance
Data for 2009



For

Affidabilità

- I pannelli *solari termici* sono normalmente venduti con una garanzia di 10 anni.
- Le prove sui collettori solari sono regolamentate dalle Normative Europee UNI-EN 12975-1/2.
- Analisi condotte in Germania hanno riscontrato una sopravvivenza del 50 % a 20 anni.*

*F. Peuser, K. Remmers. M. Schnauss, Solar Thermal Systems, Solarpraxis, Berlin, 2002

Costi

- Gli impianti solari **termici** si ripagano da soli nel corso della loro vita utile.
- Un impianto “compatto” a circolazione a termosifone, con 4 m² di pannelli e 300 l di accumulo costa 2-3000 €, installazione esclusa.
- Al costo attuale dell'energia ci vogliono tra 8 anni (in caso di integrazione di un boiler elettrico) e 14 anni (integrazione di un impianto a metano) per ammortizzare l'impianto.
- *Sussidi e incentivi:*
 - IVA al 10%
 - Riduzione IRPEF del 55%

Quadro sintetico della domanda

utenza	tipo di domanda	temp. fluido °C	fabb. giorn. kWh/pers	fabb. annuo kWh/pers
ACS	costante	40-45	1.5-2	500-700 *
riscaldamento	stagionale, dip. clima e edificio	35-45	16-40	3000-7000
condizionamento	stagionale, dip. clima e edificio	60-80	20-30	1000-1500
piscine	stagionale	25-32	-	-

* $Q=mc_p\Delta T=50*365*0.00116*30=635$ kWh

Aspetti “dimensionali”

- In genere vengono alloggiati sui tetti delle case, e vi sono circa 10 m² di tetto a persona, in media
- 1 m² di superficie rivolto a Sud ($\Sigma = 30-40^\circ$) a Torino riceve circa 1400 kWh, e un collettore solare ne fornisce circa 700-900 all'accumulo. Di questi, se l'accumulo è di circa 50-100 l/m², circa 400-500 finiscono all'utenza
- Una superficie di captazione di circa 1 m² serve dunque a soddisfare circa i 2/3 della domanda di acqua calda sanitaria (6-700 kWh) di una persona
- Ma per raggiungere una copertura del 100% occorrerebbero una superficie e un accumulo molto più grandi

Energy pay back time

Intero impianto (collettori, accumulo, pompa, etc.)

- Energia richiesta: 750-1000 kWh/m²*
 - per la produzione: 650-900
 - per il funzionamento: 0-70
 - per la manutenzione: 40
- Risparmio annuo di energia primaria: 400-600 kWh/m²
- Energy Pay Back Time 1.3 – 2.5 anni

* E. Streicher, W. Heidemann, H. Muller-Steinhagen, Energy Payback Time-A Key Number for the Assessment of Thermal Solar Systems, Eurosun2004-Proceedings

Gli impianti solari termici a bassa temperatura

- I componenti dell'impianto (fluido termovettore, collettori, accumulo, impianto ausiliario, regolazione, altri componenti)
- Il collettore solare: bilancio energetico ed efficienza
- Le applicazioni (riscaldamento acqua calda sanitaria, ambienti, piscine, refrigerazione, usi agricoli)
- Criteri di dimensionamento: il metodo f-chart

Il collettore solare a bassa temperatura

Temperatura (40 - 90 °C)

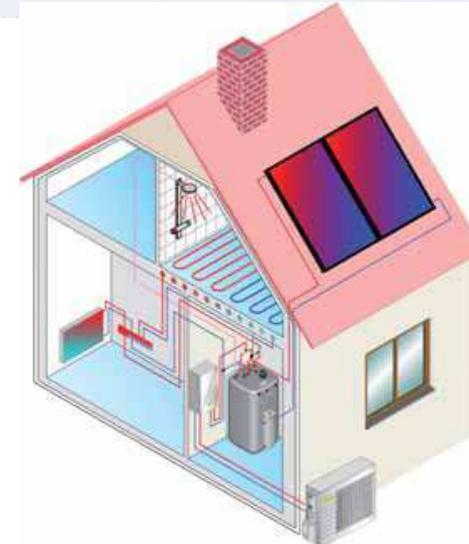
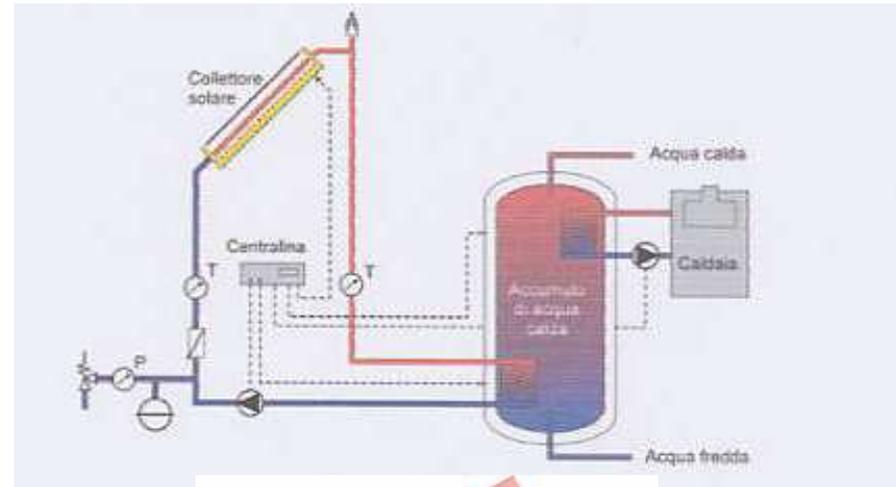
- Piani (vetrati, non vetrati)
- a tubi sottovuoto

Usi

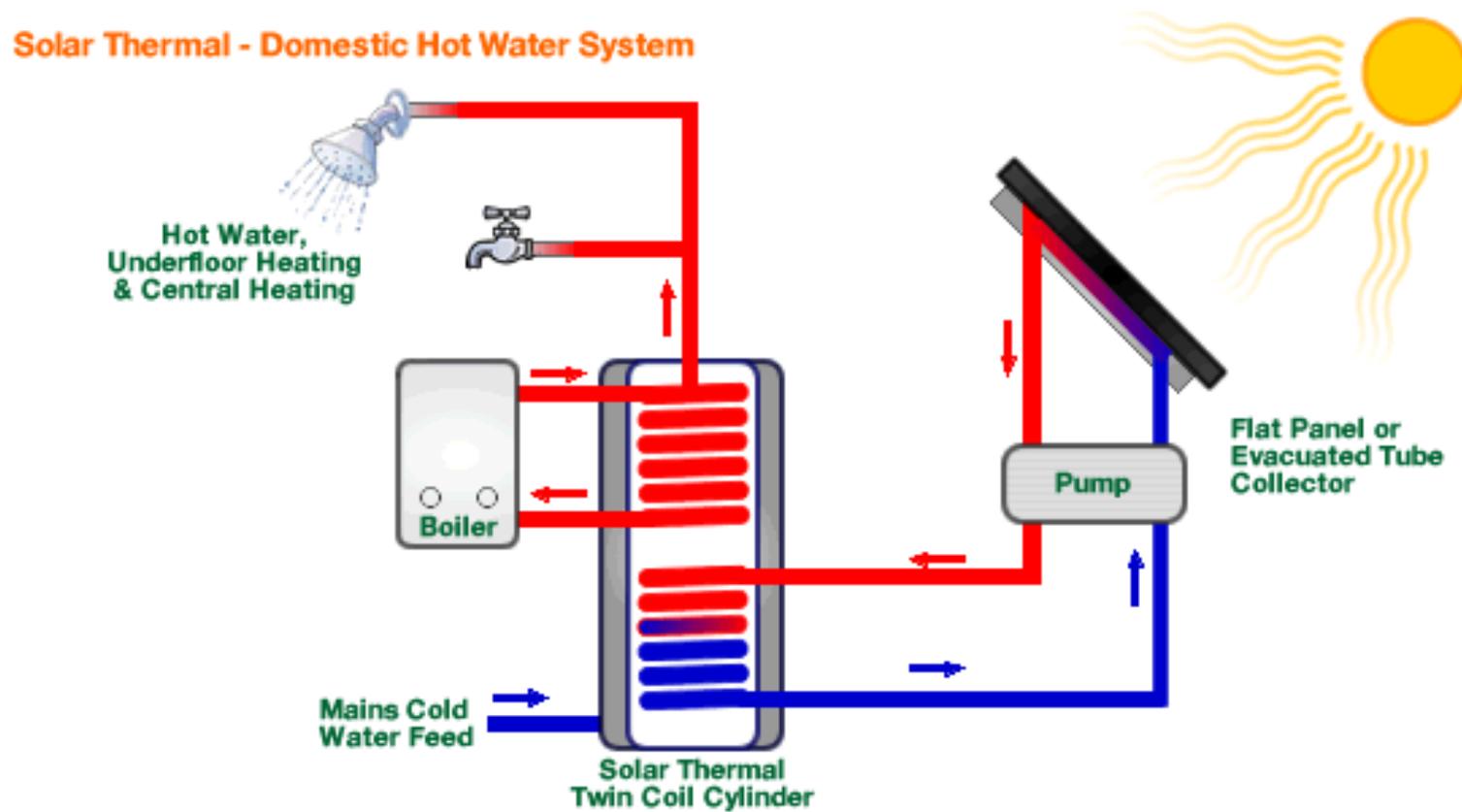
- Acqua calda sanitaria
- Riscaldamento

Tipi di impianto

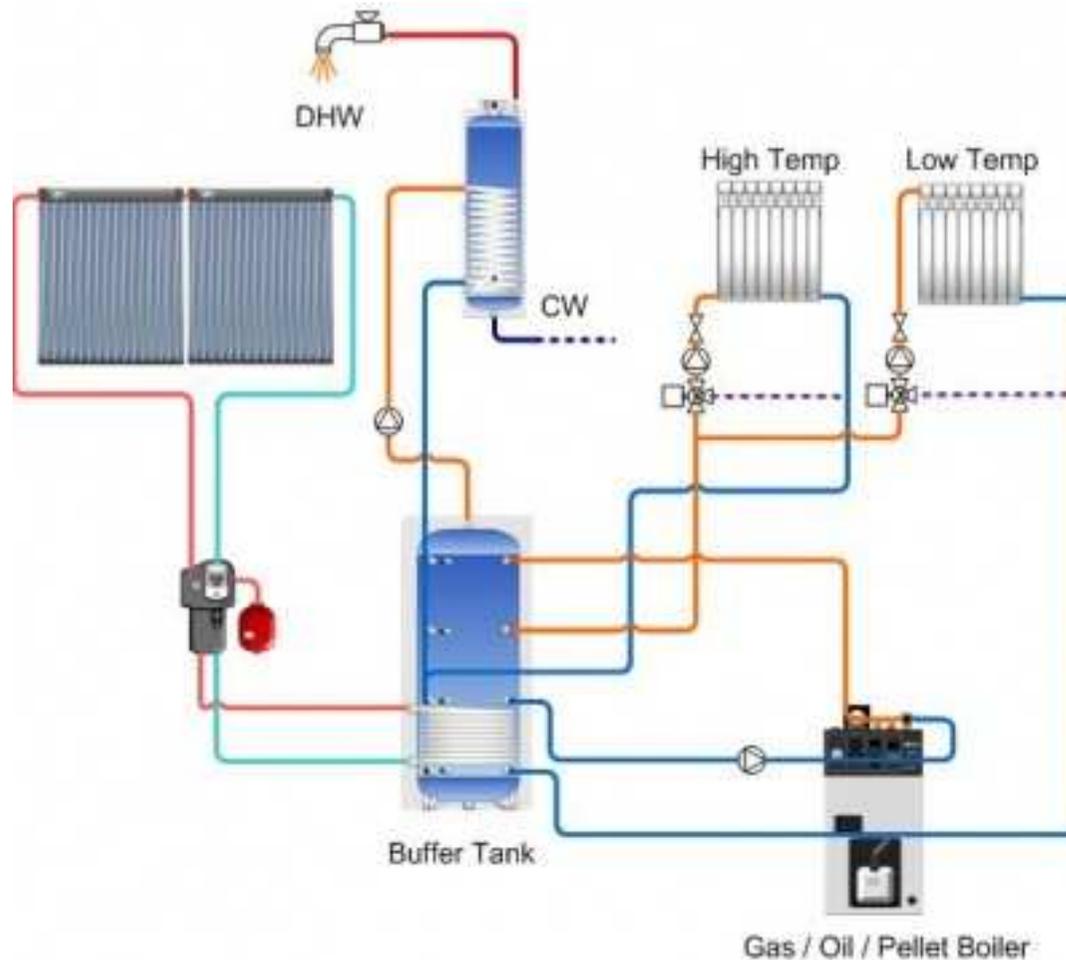
- A circolazione naturale
- A circolazione forzata



Schema tipico impianto solare per ACS



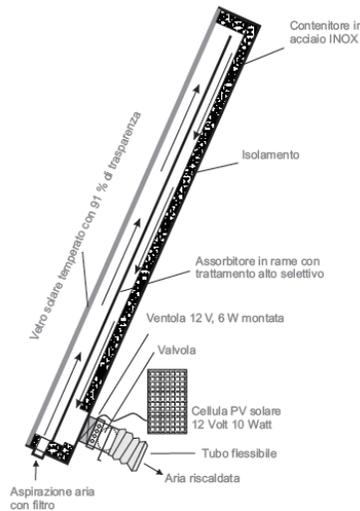
Schema tipico combi-system (ACS e riscaldamento)



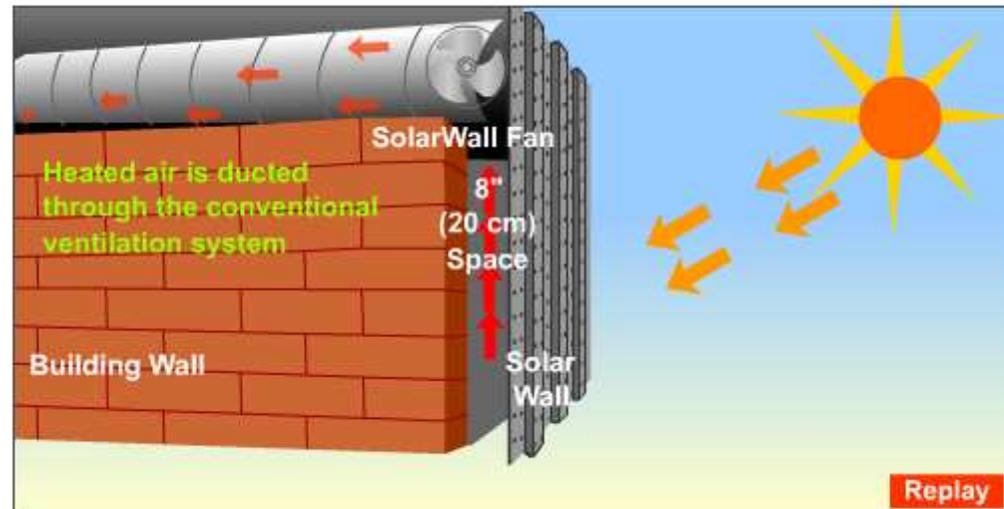
Fonti rinnovabili

G.V. Fracastoro

Collettori ad aria



Fonti rinn



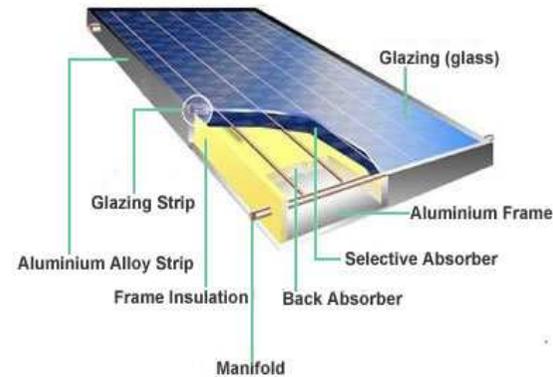
Solarwall

G.V. Fracastoro

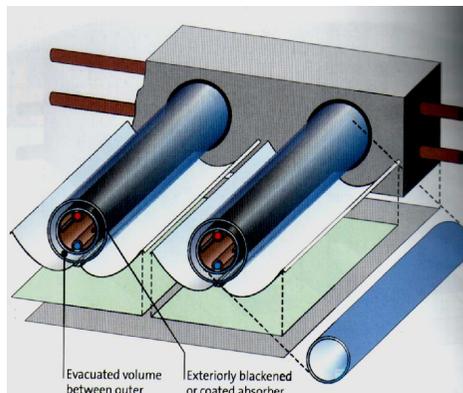
Tipologie di collettori solari ad acqua-glicole



Non vetrato, sintetico



Piano vetrato

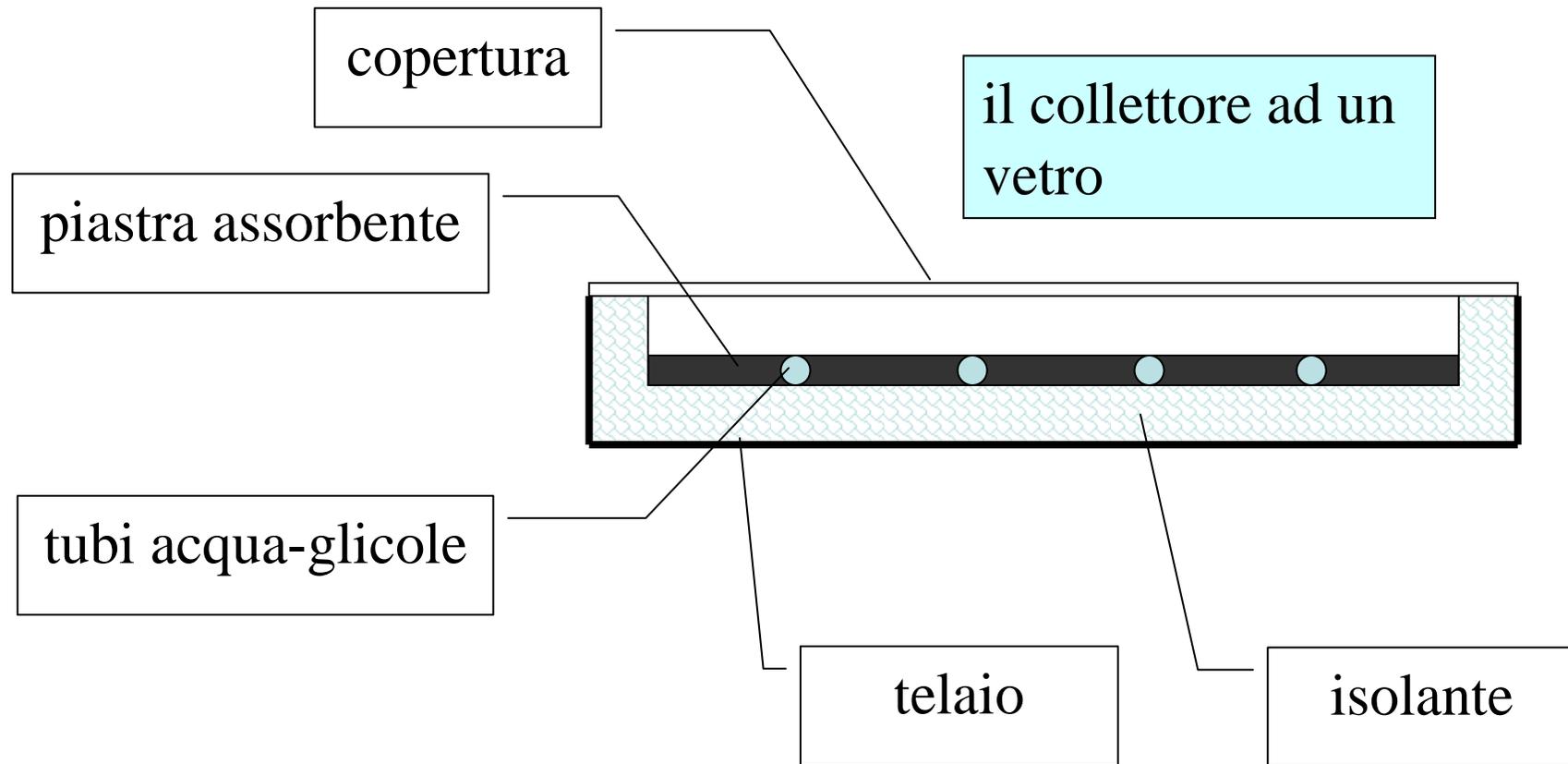


CPC (compound parabolic concentrator)



A tubi sotto vuoto

Schema di collettore piano vetrato ad acqua glicolata



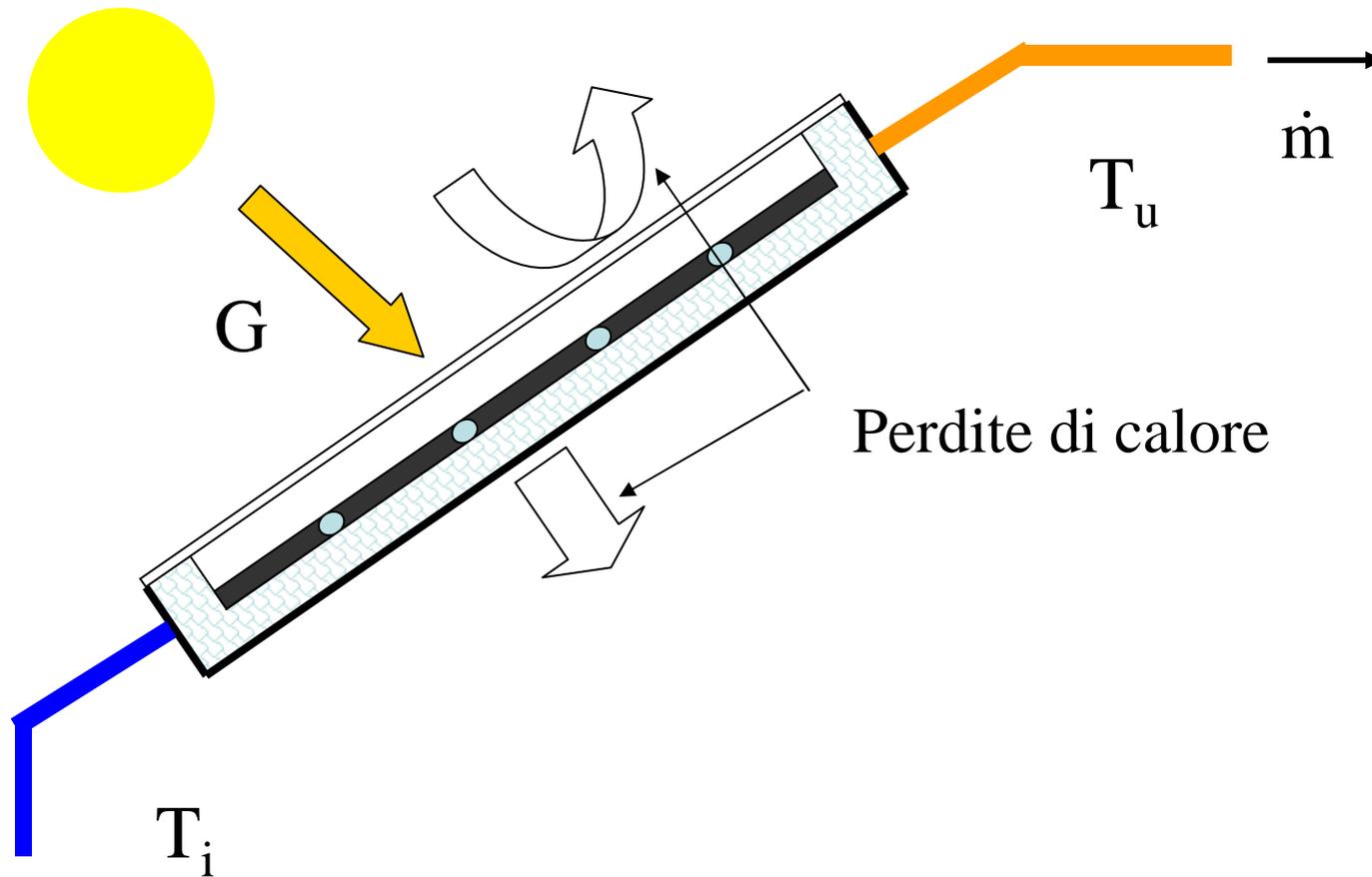
Collettore sotto vuoto



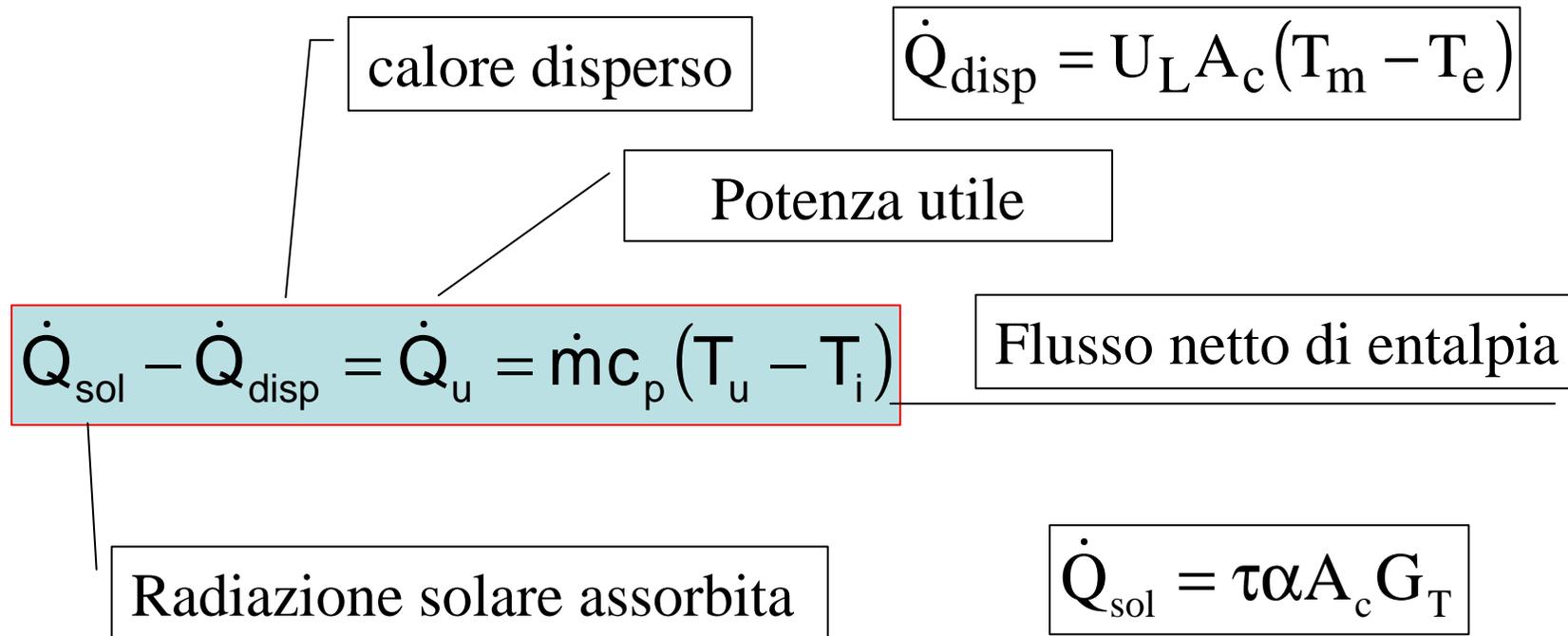
Il vuoto nei tubi garantisce il massimo isolamento termico. E' possibile sfruttare anche la radiazione diffusa.

Una piastra in rame con rivestimento selettivo assorbe la radiazione e la trasmette al fluido che scorre nello scambiatore tubo-in-tubo.

Bilancio collettore solare



Bilancio termico di un collettore solare



Concetto di efficienza

$$\eta = \frac{\dot{m}c_p \Delta T}{A_c G_t} = \tau\alpha - U_L \frac{T_m - T_e}{G_T}$$

L'efficienza diminuisce al crescere della temperatura di funzionamento

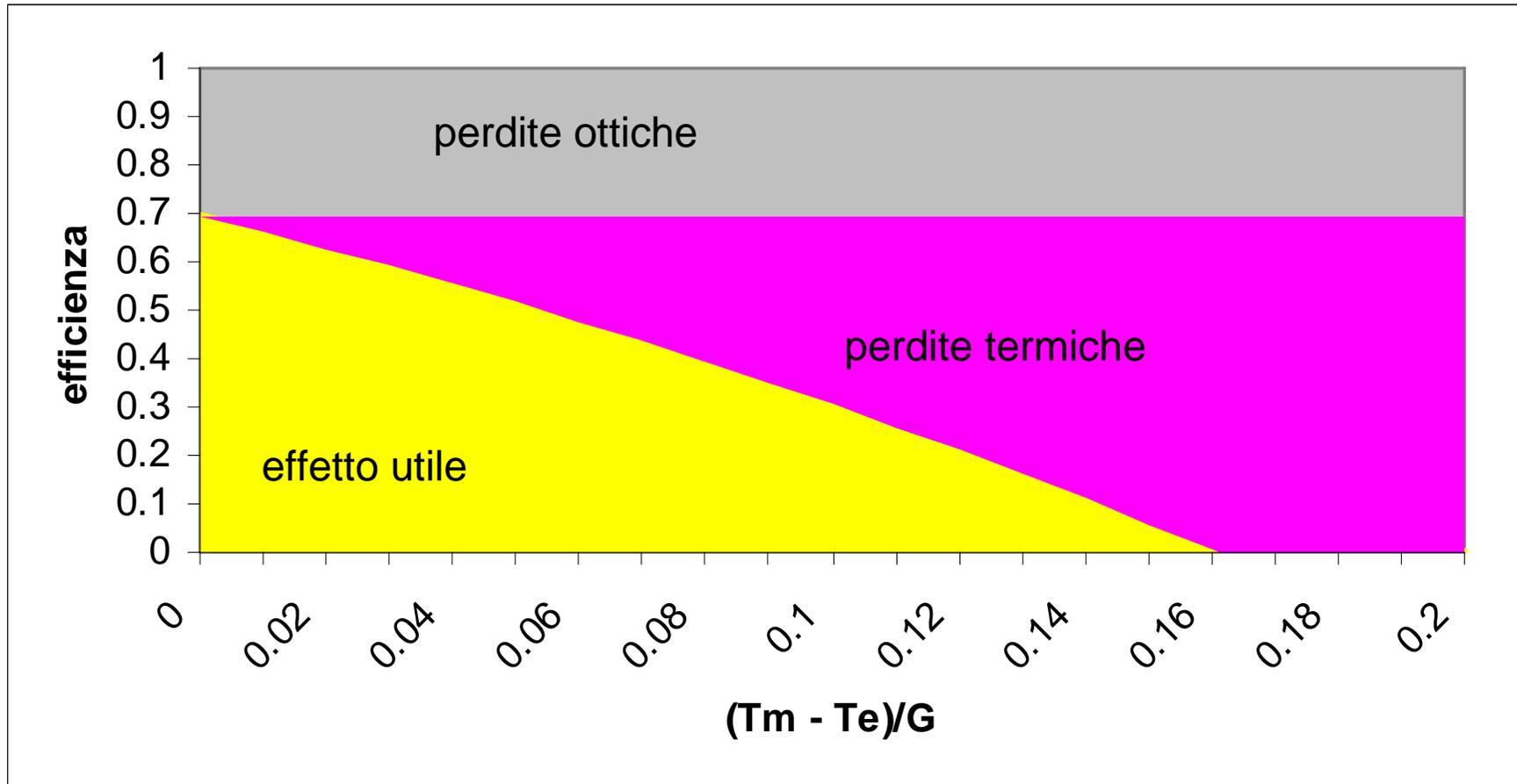
Formula di Whillier

$$\eta = F_R \left(\tau\alpha - U_L \frac{T_i - T_e}{G_T} \right)$$

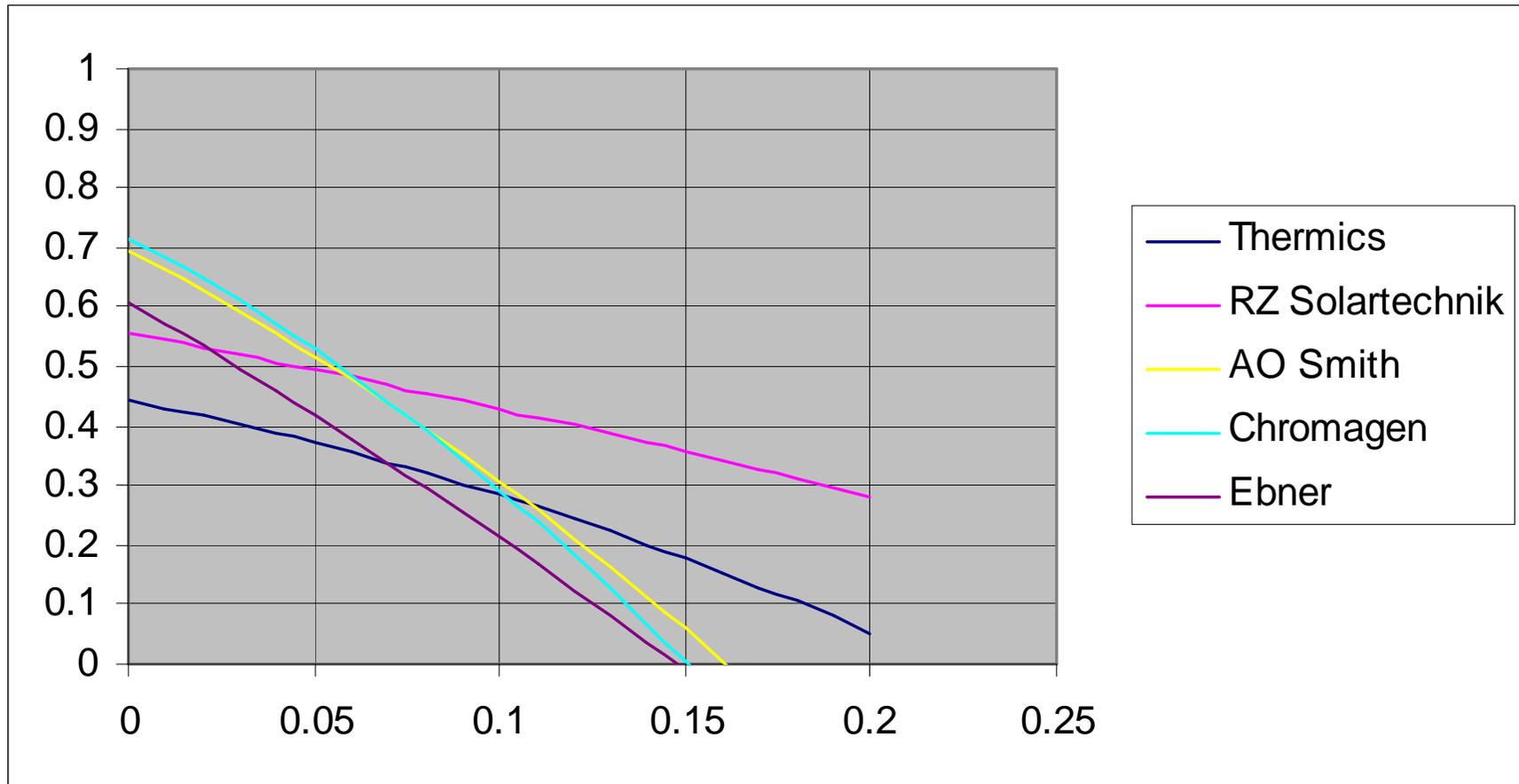
$$Q_u = A_c F_R [\tau\alpha - U_L (T_i - T_e)]$$

Consente di esprimere l'efficienza in funzione della temperatura di ingresso nel collettore

L'efficienza del collettore



Efficienze di alcuni collettori



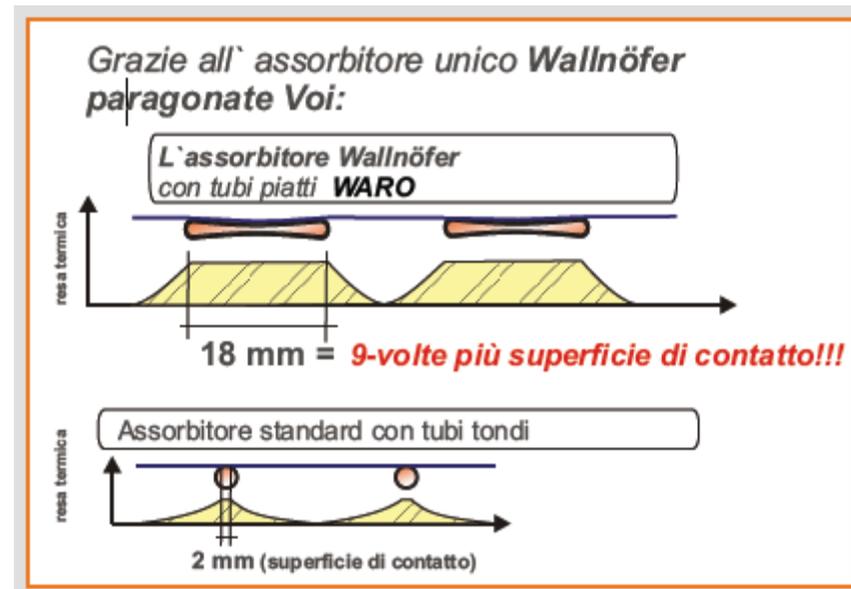
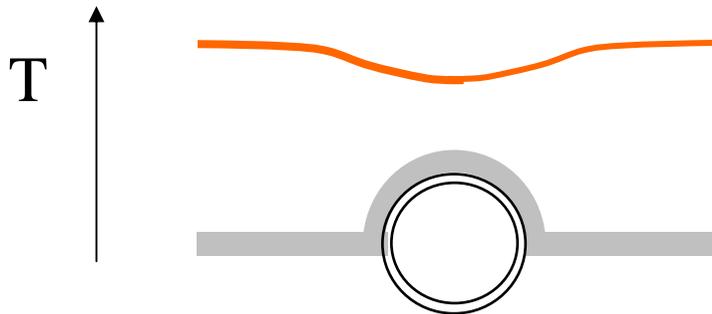
Proprietà di alcuni rivestimenti selettivi

rivestimento	substrato	α	ε
nero di Ni	acciaio	0.95	0.07
nero di Cr	acciaio	0.91	0.07
nero di Cr	rame	0.95	0.14
nero di Cu	rame	0.88	0.15
ossido di Mn	alluminio	0.70	0.08
ossido di Fe	acciaio	0.85	0.08
TiNOx	rame	0.94	0.05

I condotti del fluido termovettore

- Roll-bond (lamiere preformate con canalizzazioni, ottenute per laminazione, pressatura e saldatura)
- Tubi alettati in Cu da 8-12 mm, uniti in parallelo da un collettore da 20 mm (problema della conduzione nelle alette)

Tubi schiacciati (brevetto Wallnoefer)



Accumulo: schemi di utilizzo

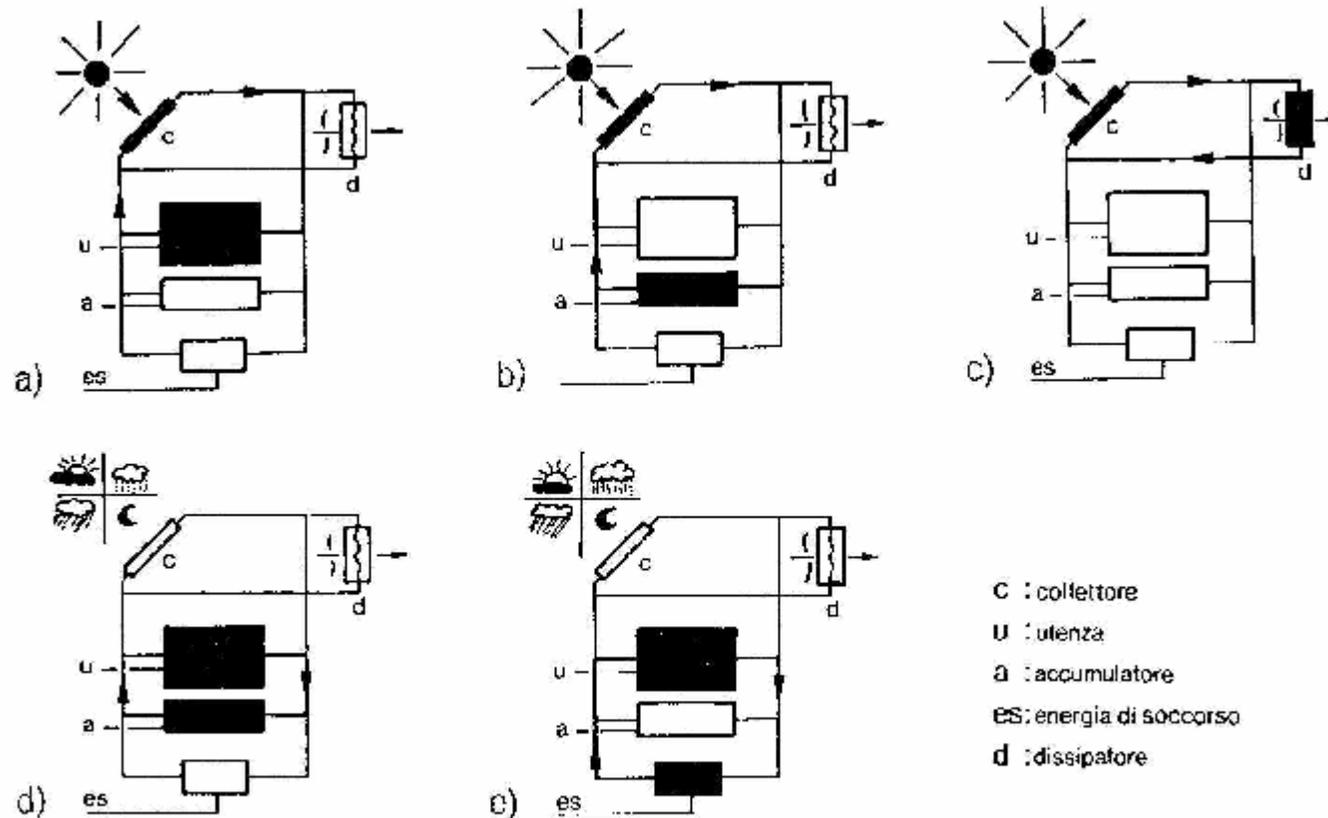


Fig. 4-1. Schemi funzionali relativi all'accumulatore inserito in un sistema energetico solare.

Fonti rinnovo

Accumulo

Tipi di classificazione

- per tipologia di materiale
 - ad acqua (sistemi ad acqua)
 - a letto di pietre (per sistemi ad aria)
 - a sostanze chimiche (sperimentale)
- per durata
 - **giornaliero**
 - stagionale

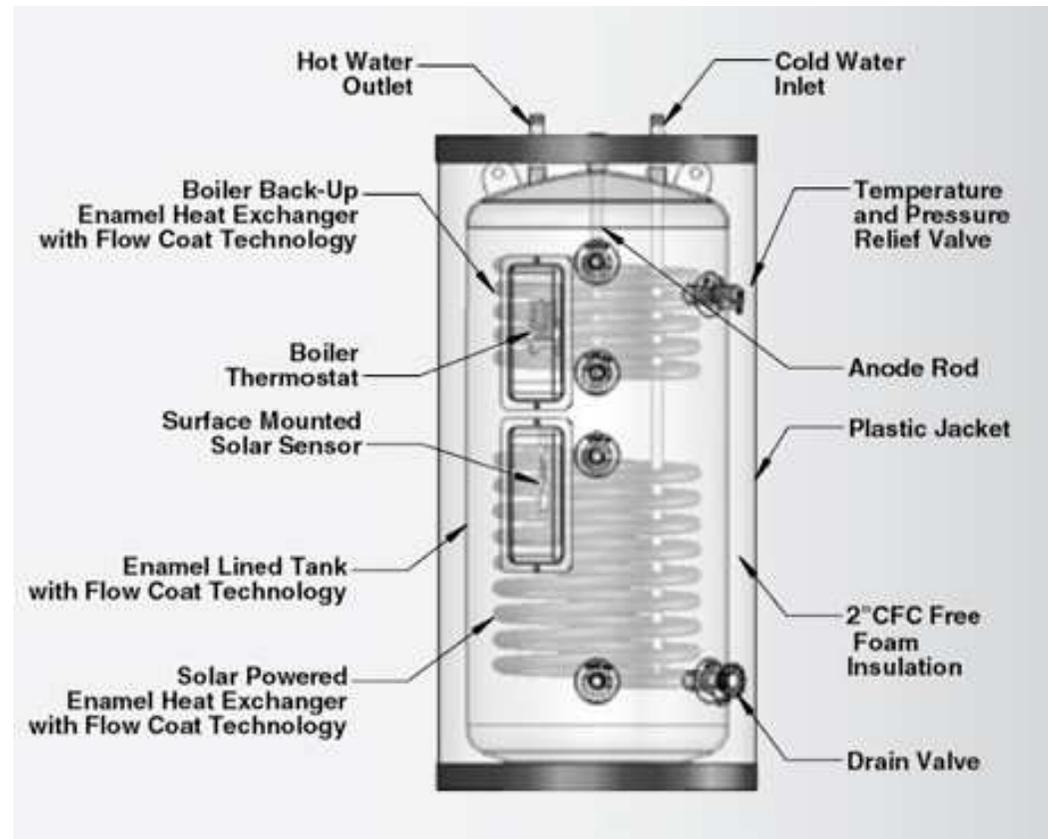
Tipologie di accumuli

- a liquido (acqua)
 - vantaggi
 - basso costo, facile reperibilità, elevato calore specifico, buono scambio termico negli scambiatori, piccolo volume
 - svantaggi
 - necessità di isolamento termico, buono scambio termico con l'esterno, aggiunta anticongelanti
 - forma accumulo: verticale, per favorire la stratificazione

Accumuli con scambiatori interni



Fonti rinnovabili



G.V. Fracastoro

Dimensionamento accumulo

accumulo giornaliero: dimensionamento per garantire l'autonomia di un giorno

$$m = \frac{E}{c_p (T_{\max} - T_{\min})}$$

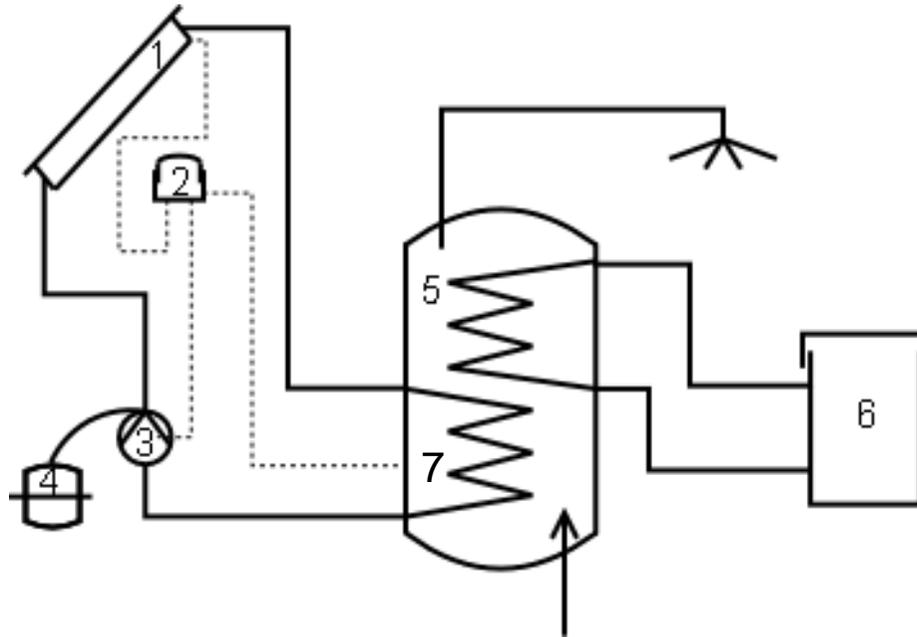
regola: 50 lt/m² di collettore

$$V = 1.33 \frac{E}{\rho c_p (T_{\max} - T_{\min})}$$

per i letti in pietra

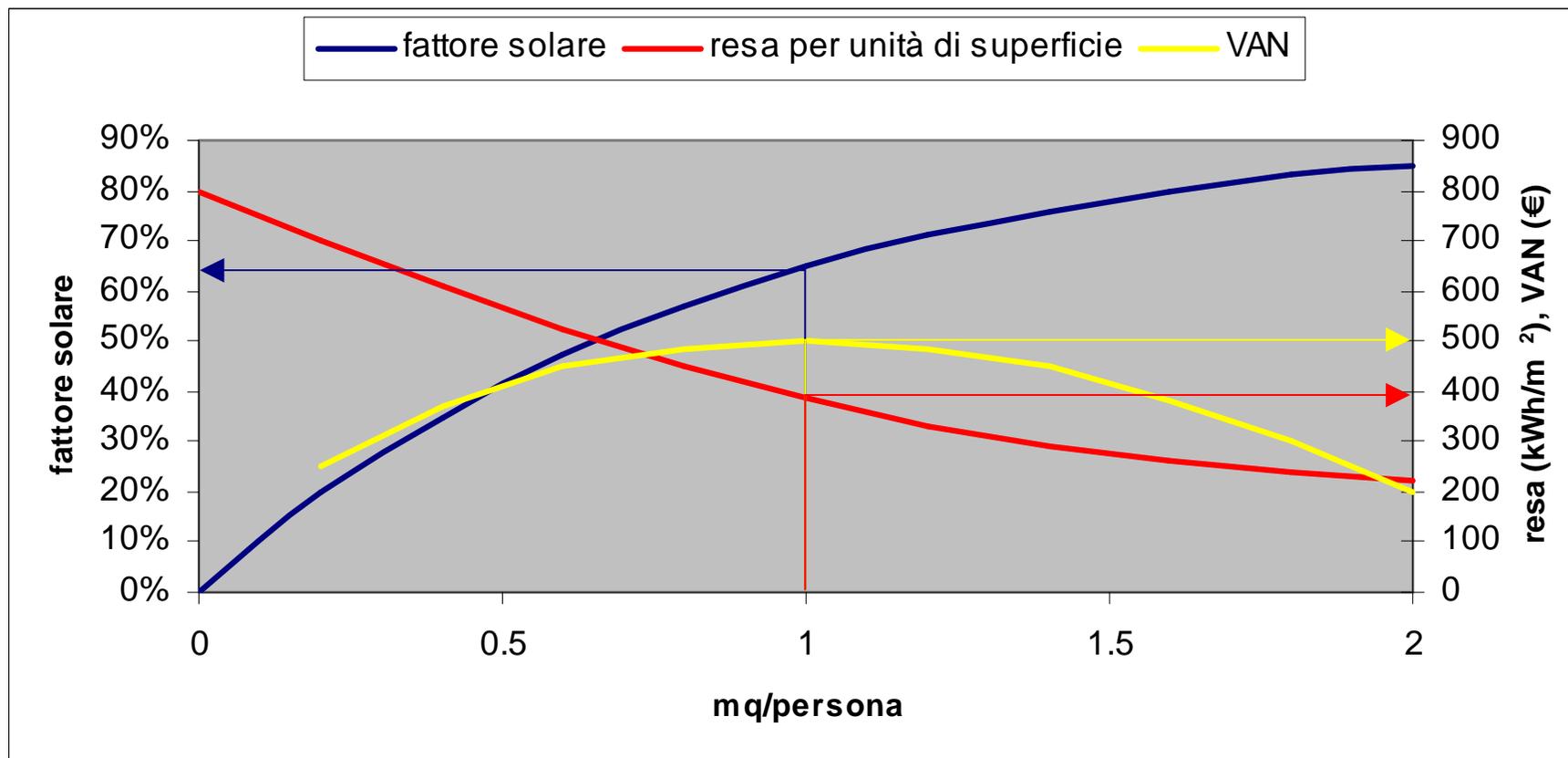
E' bene frazionare l'accumulo in più elementi modulari

Regolazione circuito collettori



Quando $T_1 > T_7 + 5 \text{ }^\circ\text{C}$ il regolatore 2 dà il consenso per l'accensione della pompa 3. La pompa avvia la circolazione del fluido nell'accumulo e nel collettore.

Fattore solare, resa e VAN



Oltre l'acqua calda sanitaria

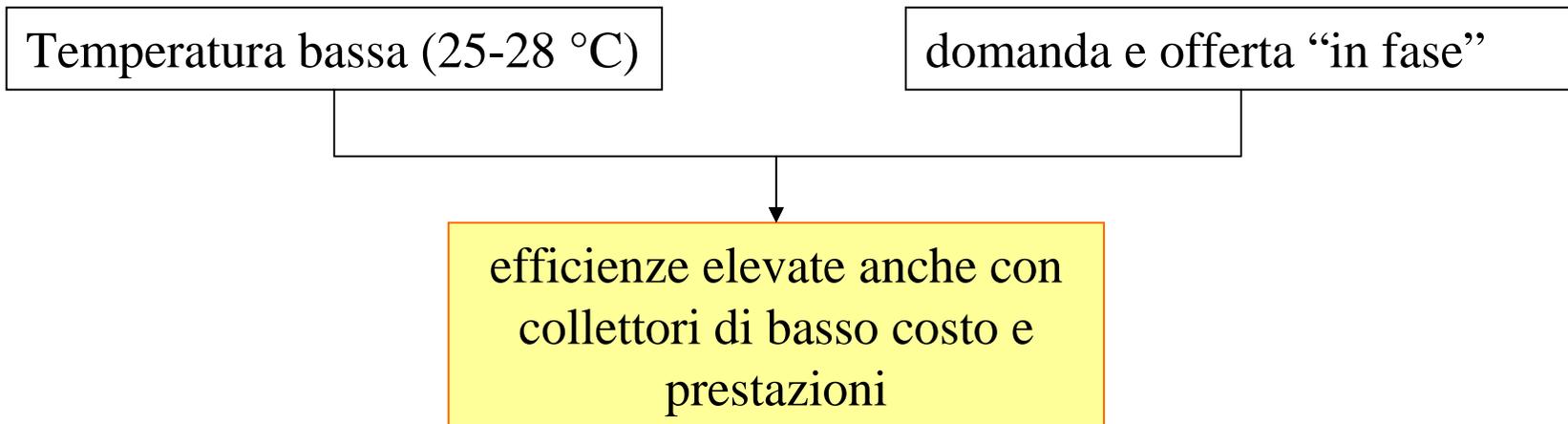
- Alle nostre latitudini l'area ottimale di collettori solari per la produzione di ACS è di circa 1 m²/persona.
- Quest'area non è in grado di coprire *tutta* la domanda di energia, ma non conviene cercare di aumentare questa quota ulteriormente perché il ritorno economico diverrà sempre più basso

Riscaldamento ambienti (combi-systems)

- Domanda e offerta “in contro-fase”
- temperature medio-alte
- necessità di accumulo
- modesta copertura
- necessità di impianto ausiliario

considerare in alternativa sistemi passivi

Riscaldamento piscine



- non serve accumulo
- copertura elevata (fino al 100 %)
- Superficie collettori $\approx 0.5-0.7$ area piscina
- Evaporazione: 3 cm/settimana (ovvero 30 l/m² pari a 75 MJ/m²). Meglio coprire la piscina !!!

Metodi di dimensionamento degli impianti solari

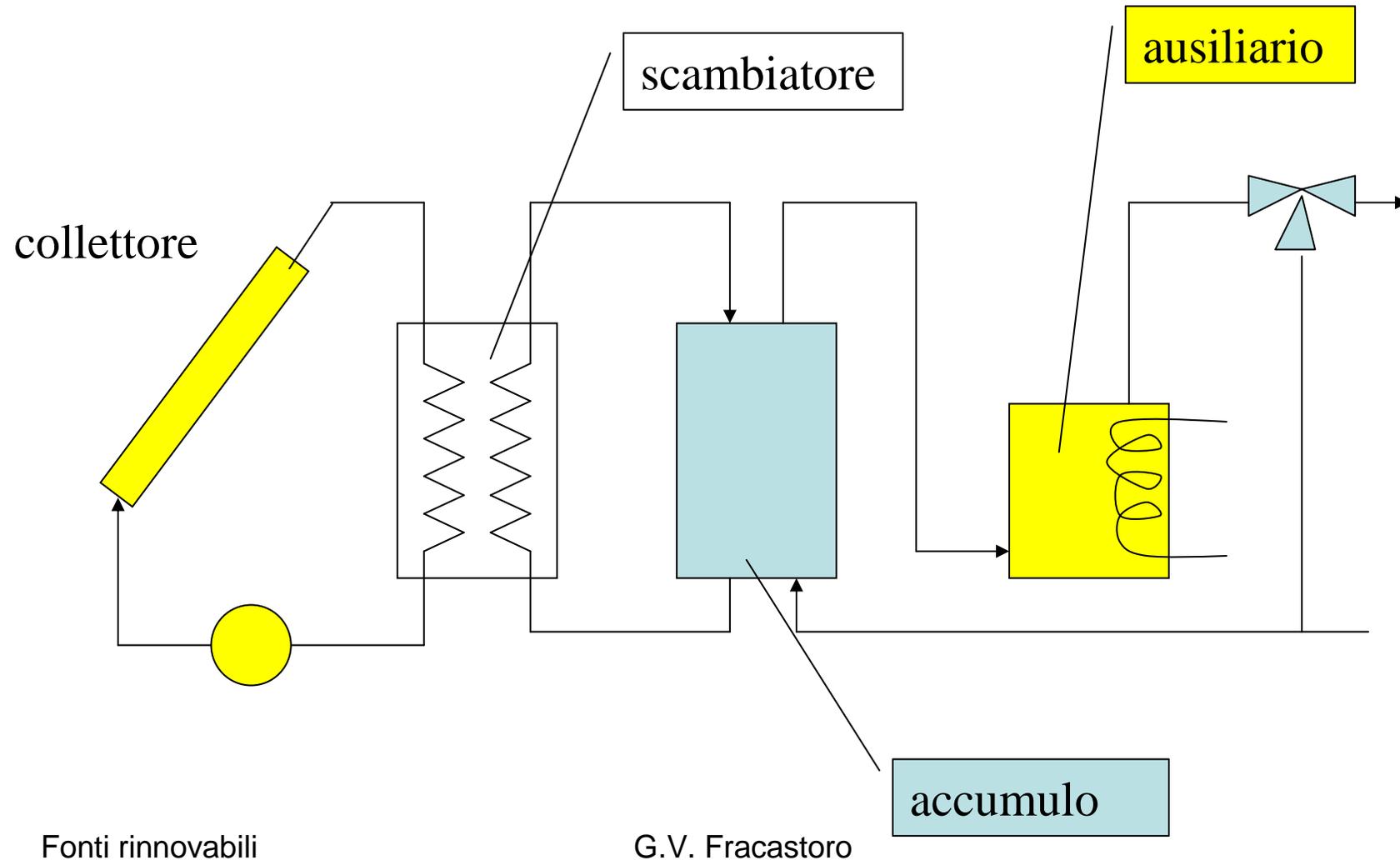
Dimensionamento impianto solare

- L'obiettivo non è quello di coprire tutta la domanda di energia con l'impianto solare
- E' quello di massimizzare l'effetto utile dell'investimento, ovvero
- Dimensionare l'impianto solare in modo che il valore attuale netto della spesa e del beneficio sia massimo

Il metodo f-chart

- Fornisce il fattore di copertura solare (f) in funzione dei seguenti parametri di input
 - Caratteristiche dei collettori (F_R , U_L , $\tau\alpha$), orientamento
 - domanda di energia dell'utenza
 - caratteristiche meteo della località
- Parametri tipici di progetto
 - Area collettori
- Parametri legati all'area dei collettori:
 - portate dei fluidi
 - dimensioni scambiatori e accumulo

Schema-tipo per produzione ACS



Il metodo f-chart

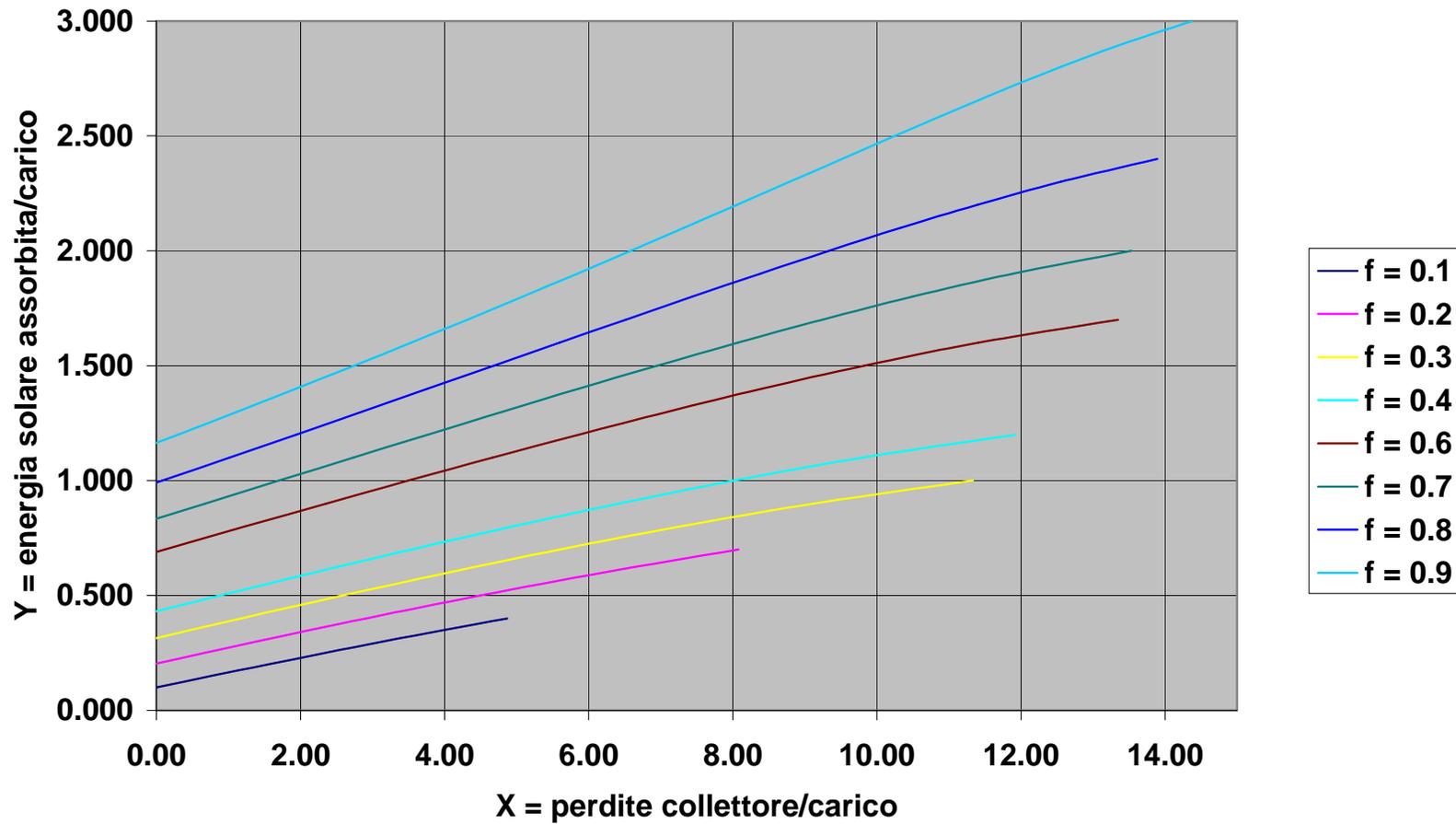
- Si definiscono due parametri adimensionati X e Y

$$X = \frac{A_c F'_R U_L (T_{\text{ref}} - \bar{T}_a) \Delta\tau}{L}$$

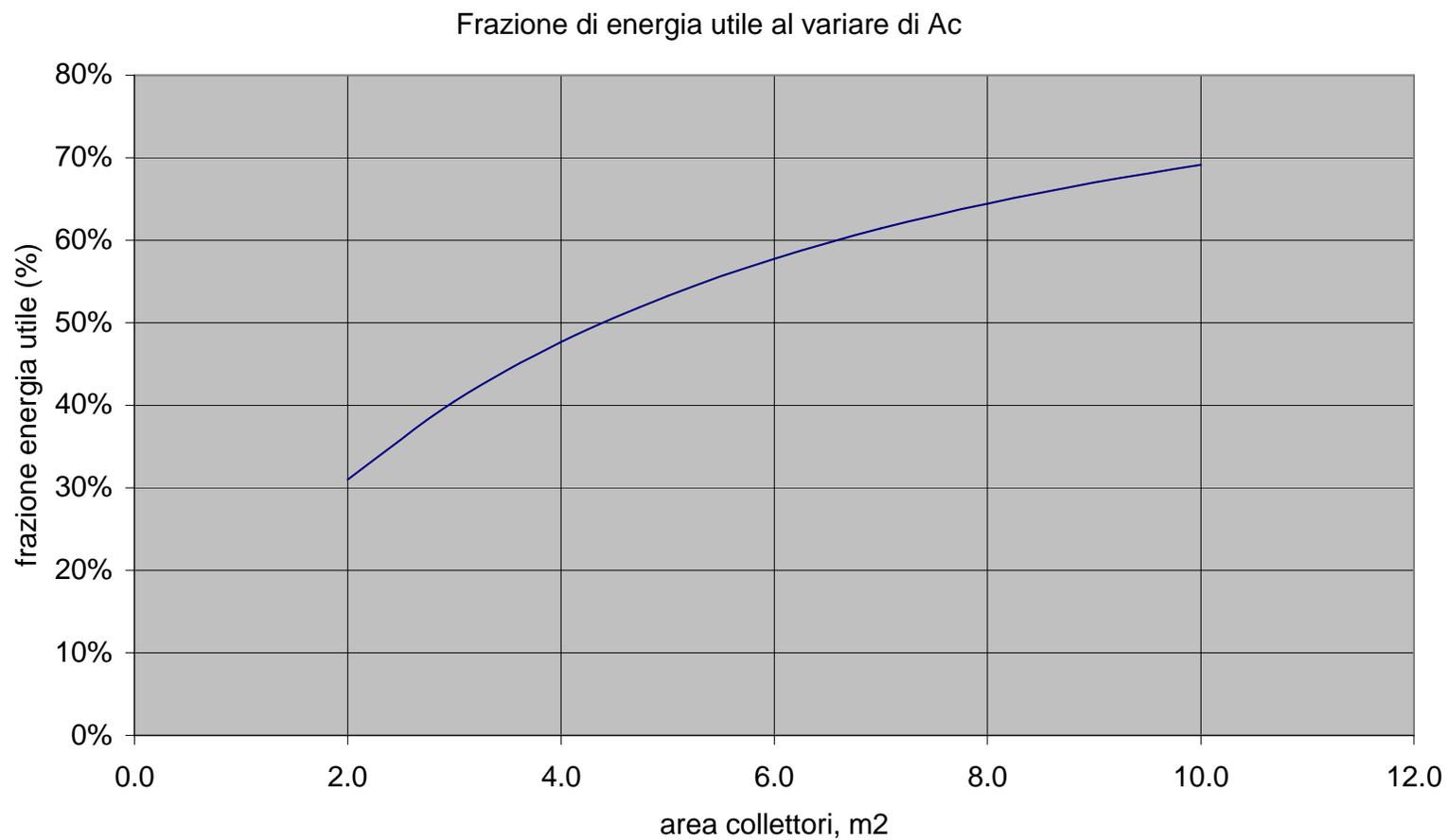
$$Y = \frac{A_c F'_R (\bar{\tau}\bar{\alpha}) H_T N}{L}$$

Il metodo f-chart

f-chart per sistemi ad acqua (f = frazione coperta dal sole)



Frazione di copertura solare ACS Torino



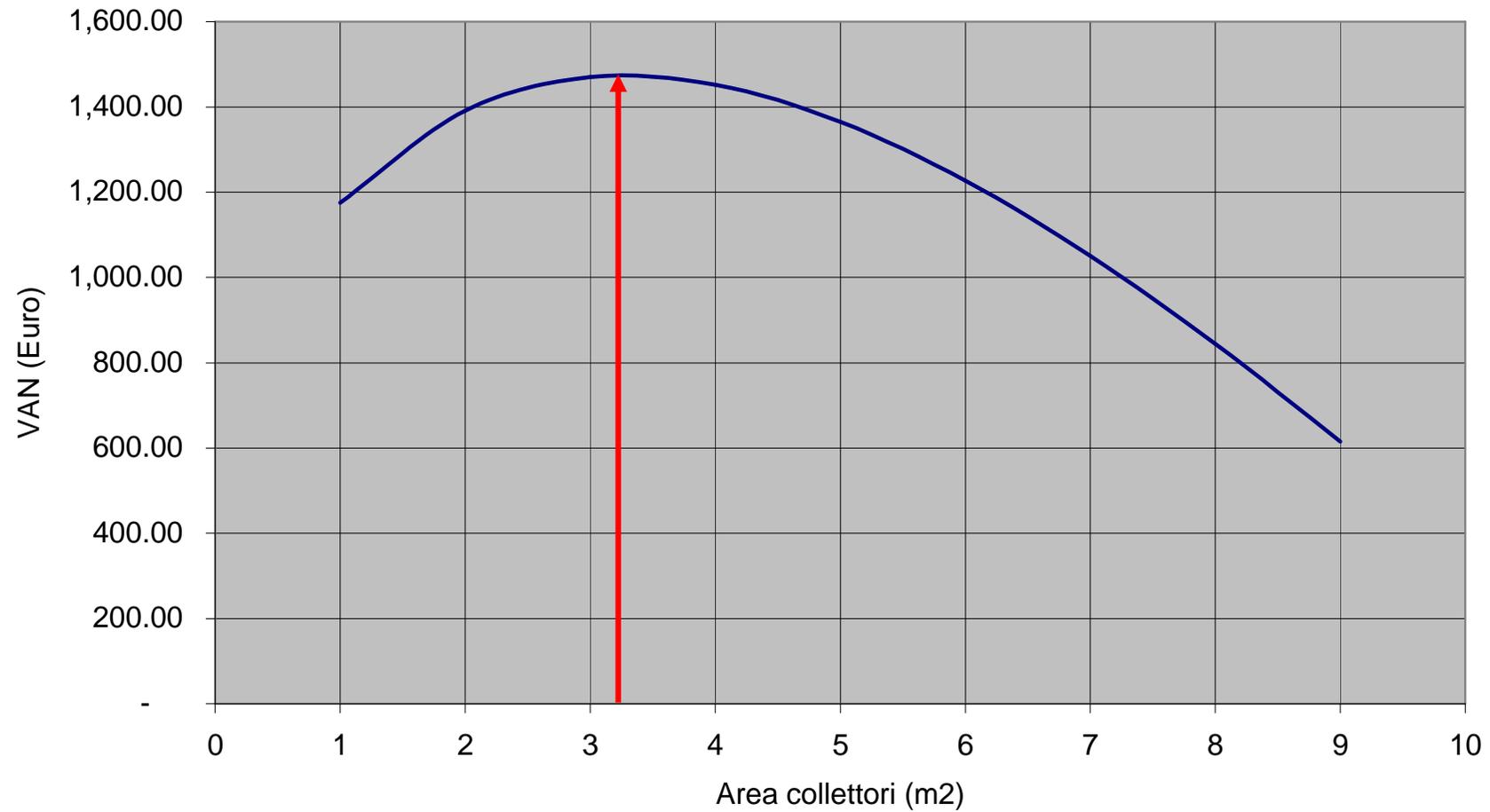
Analisi tecnico-economica

- Se si conoscono alcuni dati economici:
 - costo dell'energia sostituita (c_e)
 - costo di investimento dell'impianto (I)
 - tassi di interesse (i), durata ammortamento (n)
- si può calcolare il risparmio economico annuo (R)
 $R = c_e \Delta E$ [€/anno]
- Da questi si calcola il *pay back time* semplice $PBT = I/R$
- e il Valore Attuale Netto

$$VAN = -I + \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} R$$

Ottimizzazione del VAN

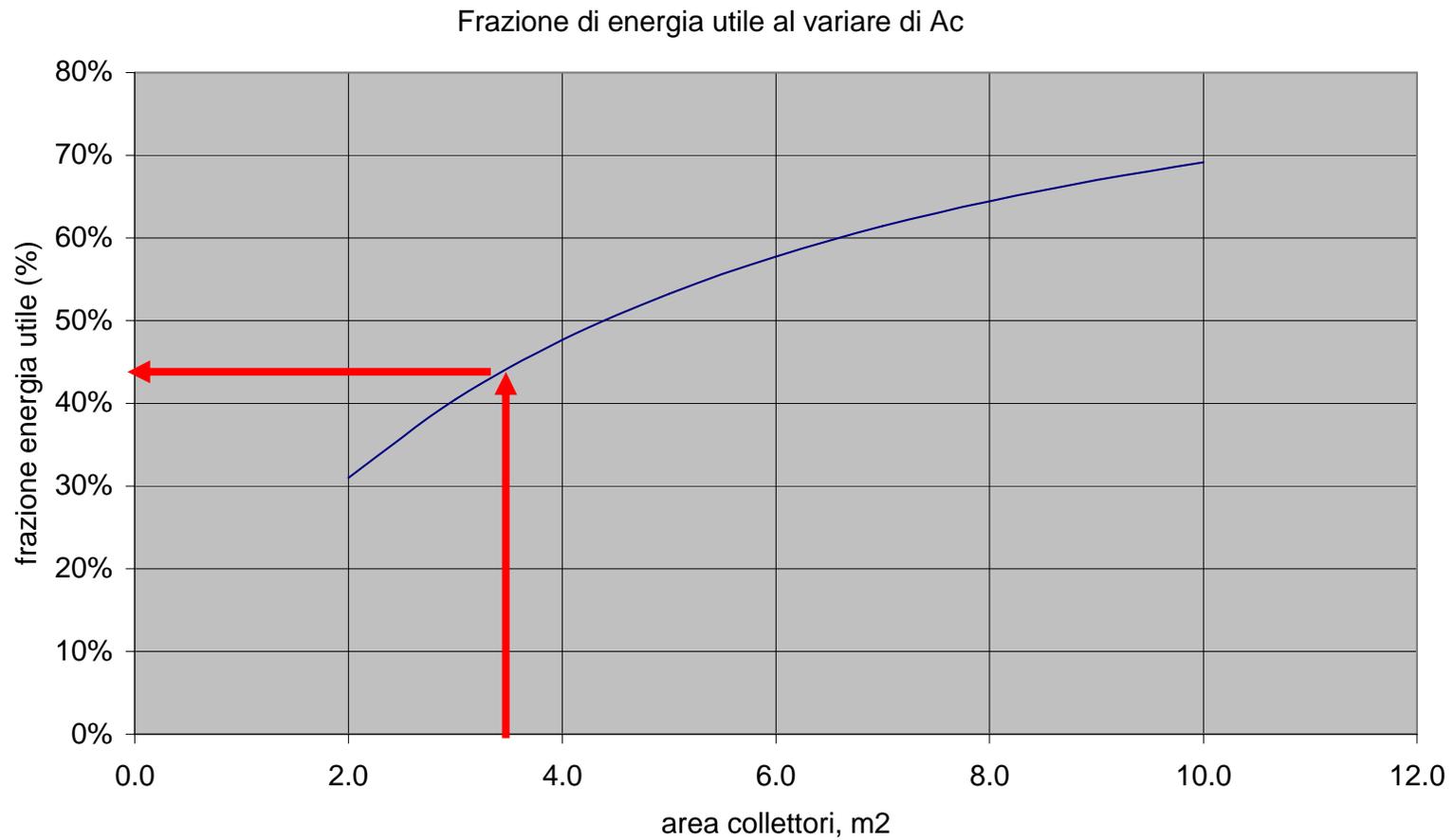
Andamento VAN in funzione dell'area di captazione



Fonti rinnovabili

G.V. Fracastoro

Frazione di copertura solare ottimale



Prove e normativa collettori

- Enea Trisaia (MT) - Ing. Marano, dott. Sabatelli: www.trisaia.enea.it
- SPF (Solartechnik Prufung Forschung) Rapperswil (CH) - www.solarenergy.ch
- Norma UNI 8212-1/9 Collettori solari piani a liquido. Prove varie (8212-9: prova di rendimento).
- Norma UNI 8796 Criteri di accettazione di impianti solari
- Norma UNI 8872 Criteri per la progettazione e il controllo dei requisiti di affidabilità e durabilità
- Norma UNI 8937 Collettori solari piani ad aria. Determinazione del rendimento termico
- Norma UNI EN 12975/2002 Requisiti generali

Bibliografia e siti web utili

Cucumo, Marinelli, Oliveti, Ingegneria solare – Principi e applicazioni, Pitagora, Bologna 1994

Corrado, Gemelli, Micangeli, Applicazioni e potenzialità dei sistemi solari termici, ISES ITALIA, 2001

Duffie, Beckman, Solar Engineering of thermal processes, Wiley & sons, New York, 1991

Magrini, Ena, Tecnologie solari attive e passive, EPC Libri, Roma, 2002.

Ecoenergie, www.isesitalia.it

Ambiente Italia, www.ambienteitalia.it, info@ambienteitalia.it

Ministero dell' Ambiente, www.minambiente.it

Enea, www.enea.it

Riferimenti utili

- Il sito SPF: test collettori solari (www.spf.ch)
- Polysun 4: software a pagamento (<http://www.solarenergy.ch/spf.php?lang=en&fam=15&tab=1>)
- Retscreen: free download (<http://www.retscreen.net/it/home.php>)