

Riscaldamento e raffrescamento solare nelle industrie

 **Mario Motta**

Dipartimento di Energetica, Politecnico di Milano

Workshop: **Il solare termico per la produzione di calore nell'industria**

**Università degli Studi di Roma "La Sapienza"
Facoltà di Ingegneria, 31 marzo 2006**

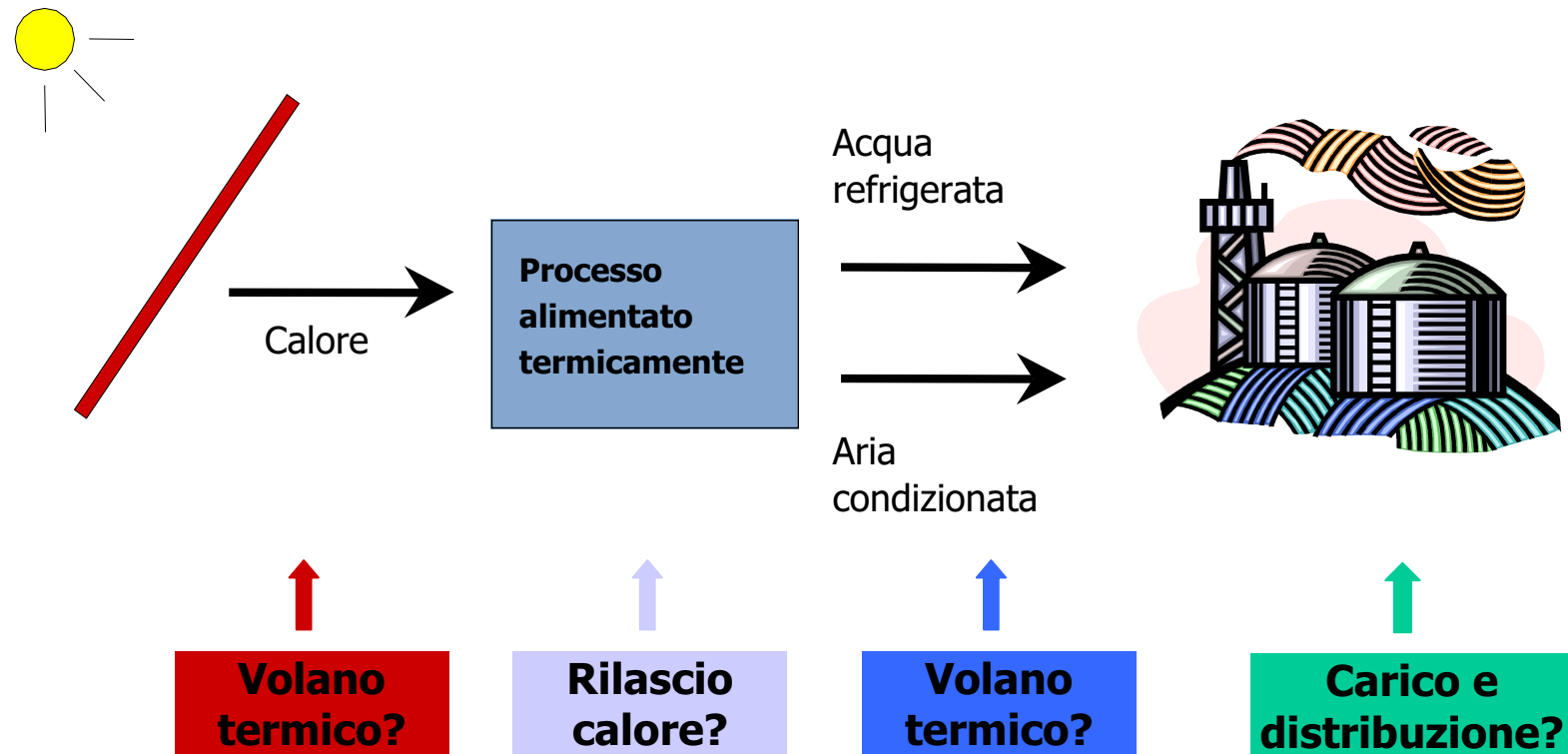
Stato dell'arte. Il solar cooling nell'industria

- › Numero esiguo di installazioni di "solar cooling" in ambito industriale (inferiore a dieci).
- › Per la maggior parte, impianti di climatizzazione invernale ed estiva: quasi assenza di sistemi di refrigerazione di processo.
- › Almeno tre installazioni presso cantine vinicole. Grosso potenziale nel industria conserviera e trasformazione prodotti alimentari.
- › Capacità installata impianto solare sempre elevata, richiede macchine refrigeranti di capacità molto più elevata di applicazioni solar air-conditioning nel settore civile.

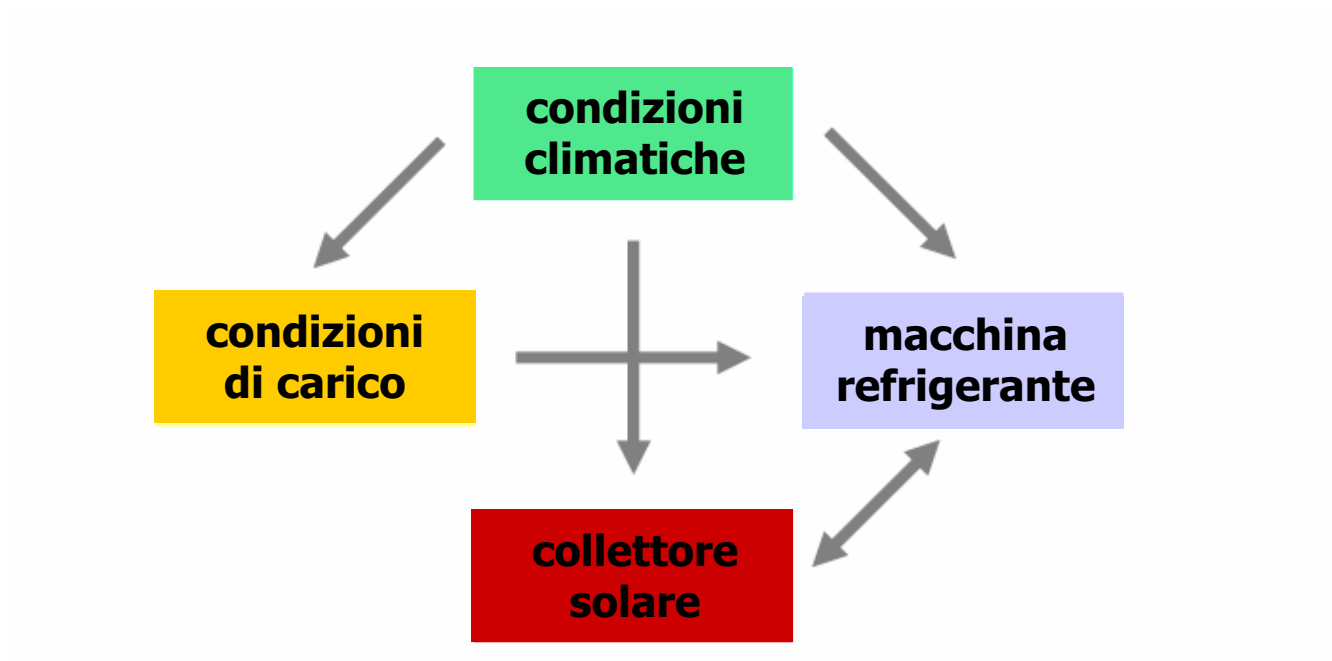
E' possibile fornire servizi di refrigerazione a bassa temperatura per i processi industriali?

Quali tra le tecnologie solari e di refrigerazione alimentate ad energia termica possono essere utilizzate nel solar cooling in ambito industriale?




Solar Cooling: schema generale



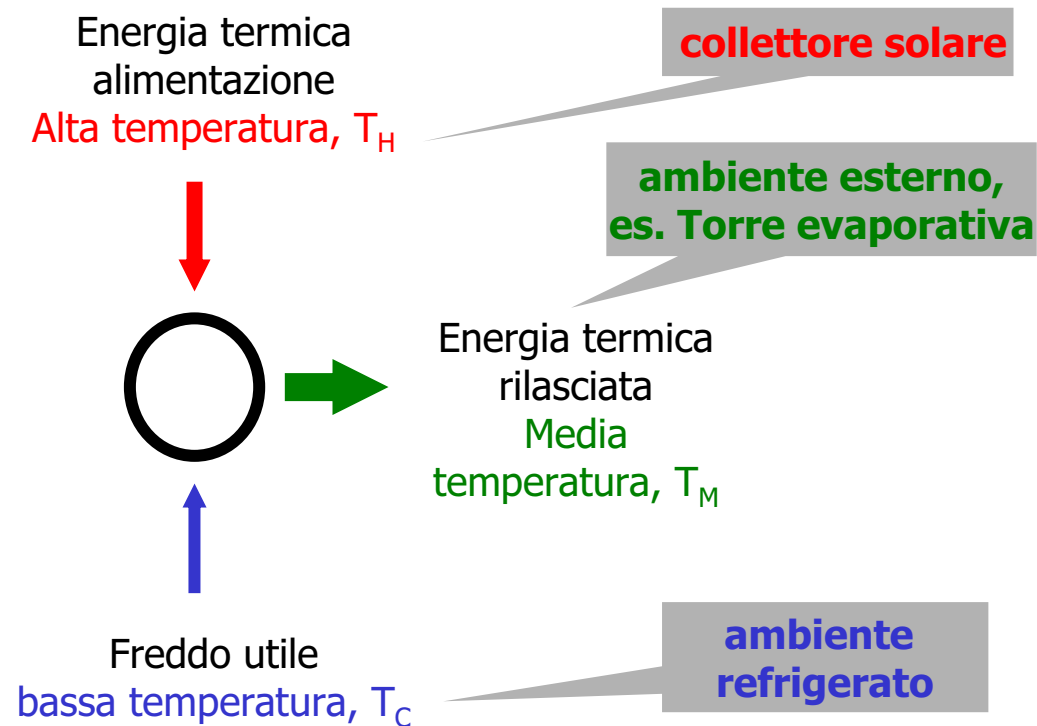
Adattamento della tecnologia alle condizioni climatiche e all'utenza



Tecnologie disponibili sul mercato

	Produzione acqua refrigerata		Condizionamento aria diretto
Tipo di sorbente	solido	liquido	solido
			
Tipici materiali in uso	Acqua - Silicagel, Ammoniaca – Sali A.	Acqua - LiBr Ammoniaca - acqua	Acqua - Silicagel, Acqua – Cl di Litio
Tecnologie disponibili sul mercato	Macchine ad Adsorbimento	Macchine ad Assorbimento	Raff. Evaporativo con Ad-assorbimento
Potenza frigorifera [kW]	40 - 430 kW	fino >5 MW	20 kW - 350 kW
Produttori	2 produttori giapponesi	USA, Asia; Europa	ca. 5 produttori di rotor; molti UTA
Efficienza (COP)	0.3-0.7	0.6-0.75 (1-effetto) < 1.2 (2-effetto)	0.5 fino >1
Tipiche temperature di alimentazione	60-95°C	80-110°C (1-effetto) 130-160°C (2-effetto)	45-95°C
Tecnologie solari	CTE, CP	CTE, coll. a concent.	CP, CA

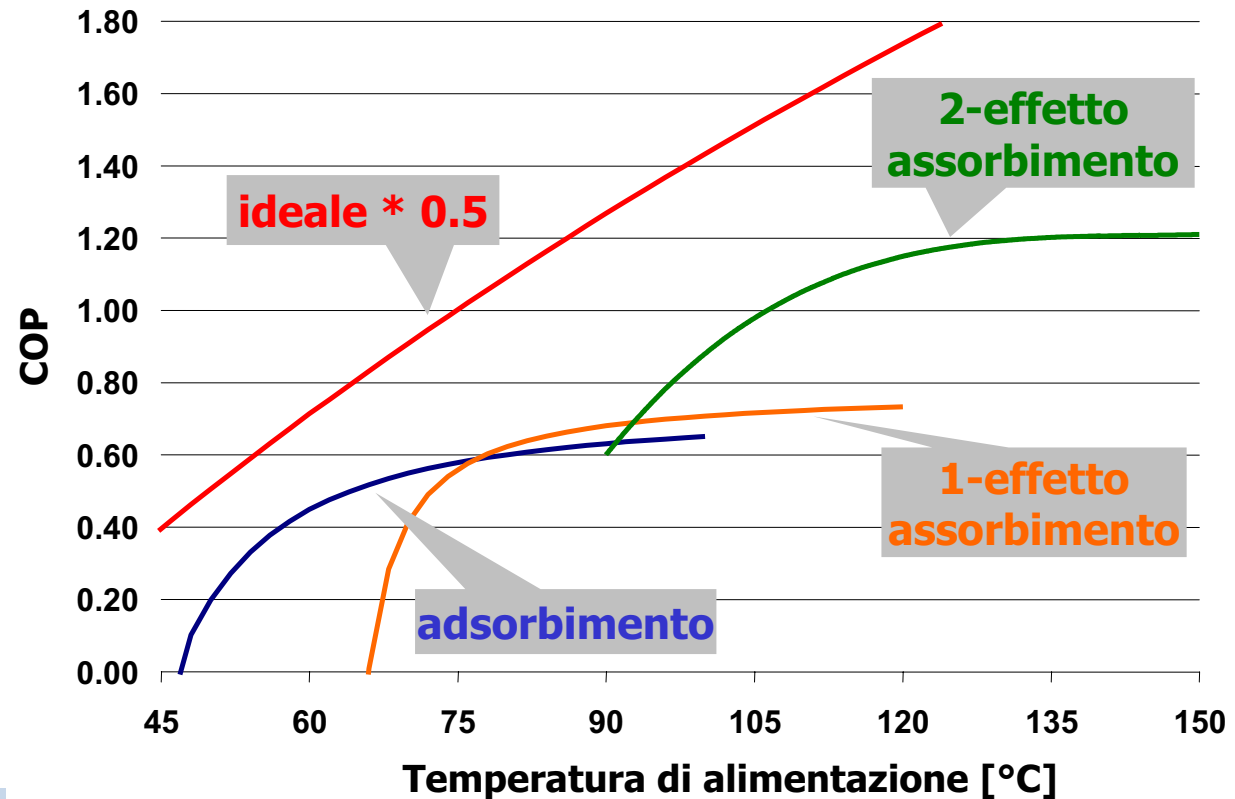
Principio fisico



Coefficient of Performance
(COP_{thermal})

$$\frac{\text{freddo utile}}{\text{calore alim.}}$$

COP di gruppi refrigeranti ad acqua



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

Relazioni termodinamiche: l'importanza del „temperature lift“

source: Hans-Martin Henning, Fraunhofer Institute for Solar Energy systems –“Solar thermal energy for air-conditioning of buildings – advanced technologies adapted to local climatic conditions” - Proceedings of the 1st IBME Conference 5-7th, December 2005, Bahrain

- > Coefficient of Performance COP

$$\text{COP} \mid \frac{\text{Freddo utile}}{\text{Calore di alimentazione}}$$

- > Efficienza di secondo principio **carnot**

$$\text{carnot} \mid \frac{\text{COP}_{\text{reale}}}{\text{COP}_{\text{ideale}}} \Omega \mathbf{1}$$

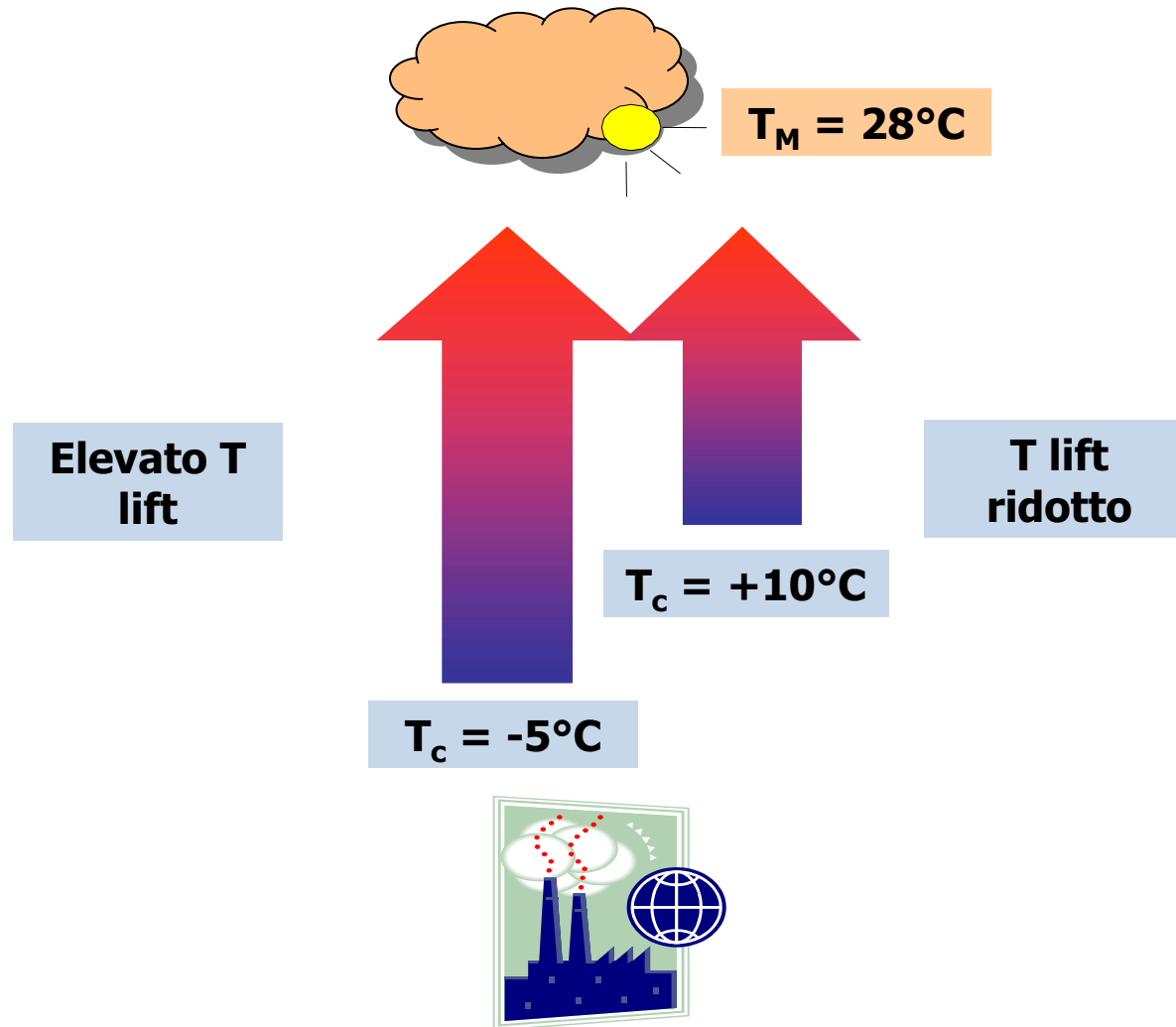
- > COP ideale

$$\text{COP}_{\text{ideale}} \mid \frac{T_C}{T_H} \left(\frac{T_H + T_M}{T_M + T_C} \right)$$

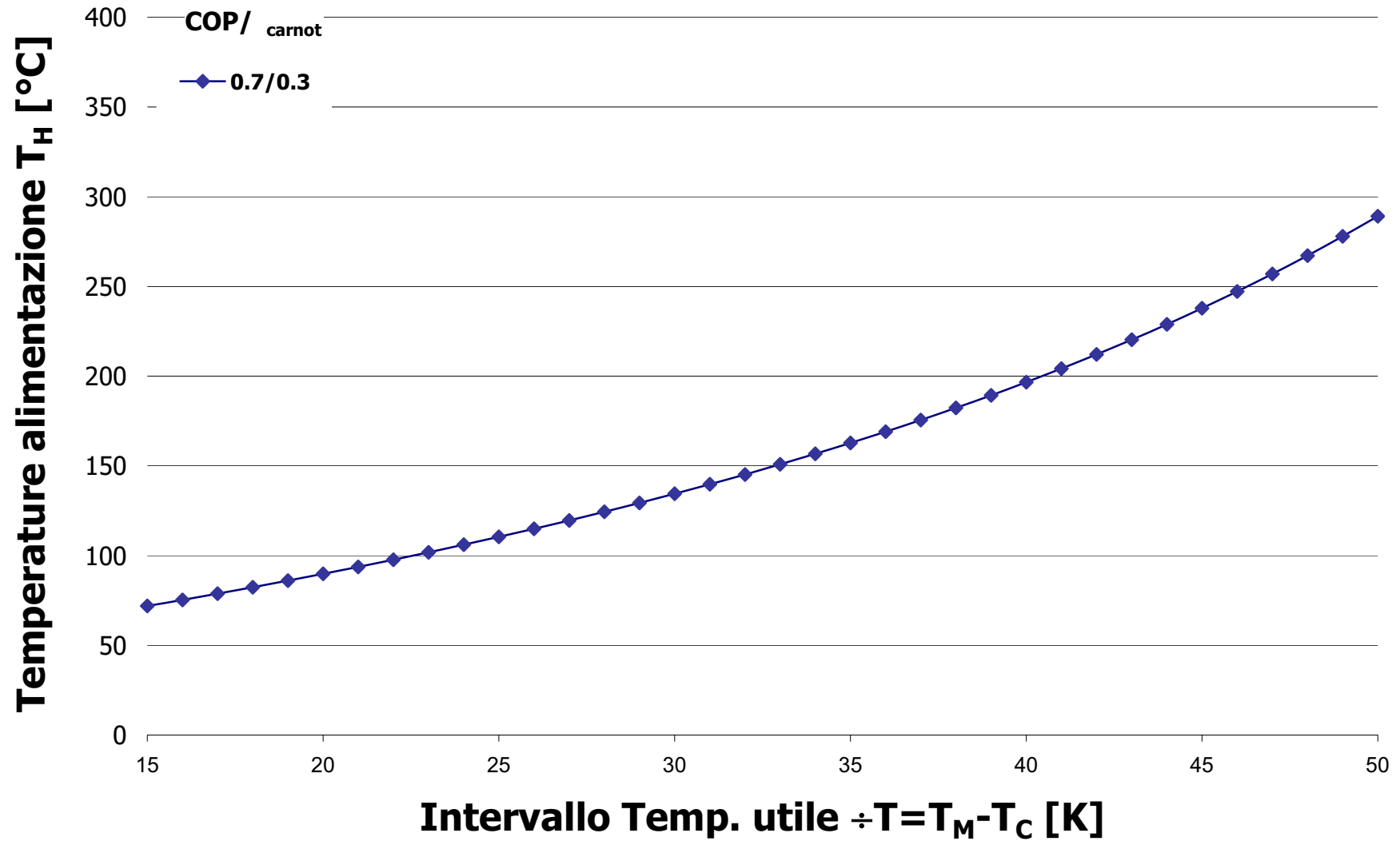
- > Intervallo di **carnot** per macchine refrigeranti reali

$$\mathbf{0.3} \Omega \text{carnot} \Omega \mathbf{0.4}$$

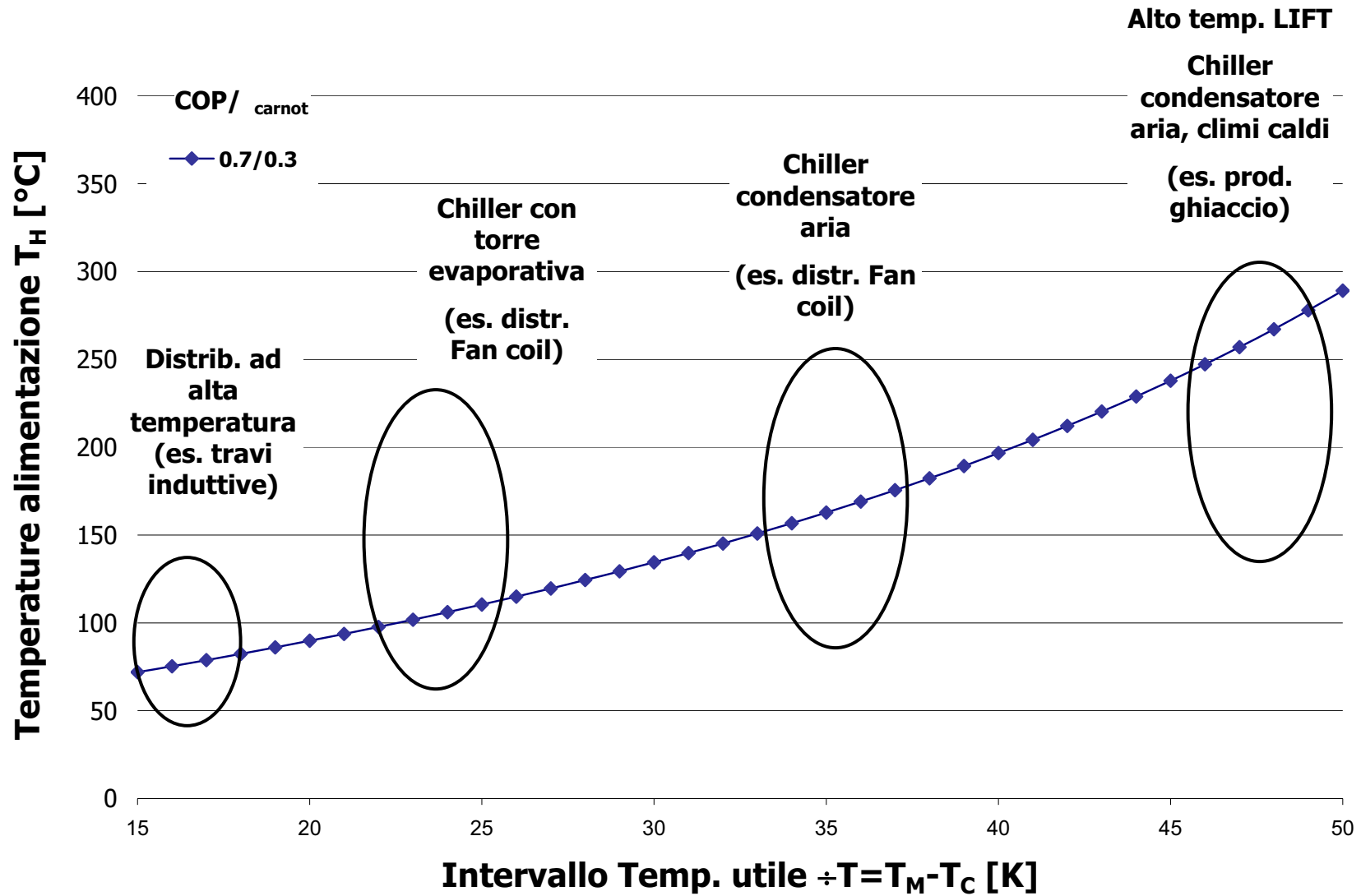
Temperature "lift", l'intervallo di temperatura utile



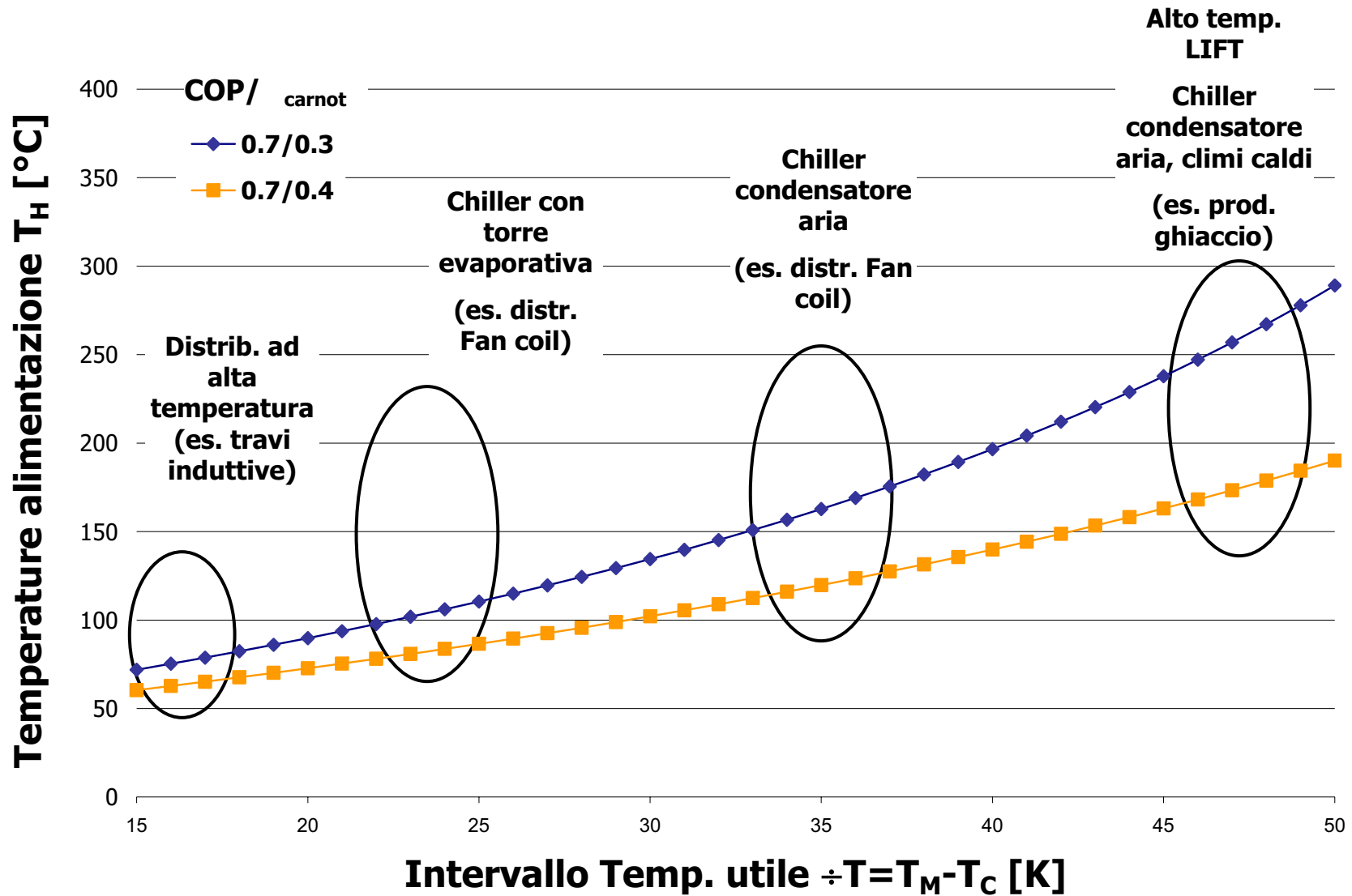
Solar cooling: analisi termodinamica



Solar cooling: analisi termodinamica



Solar cooling: analisi termodinamica

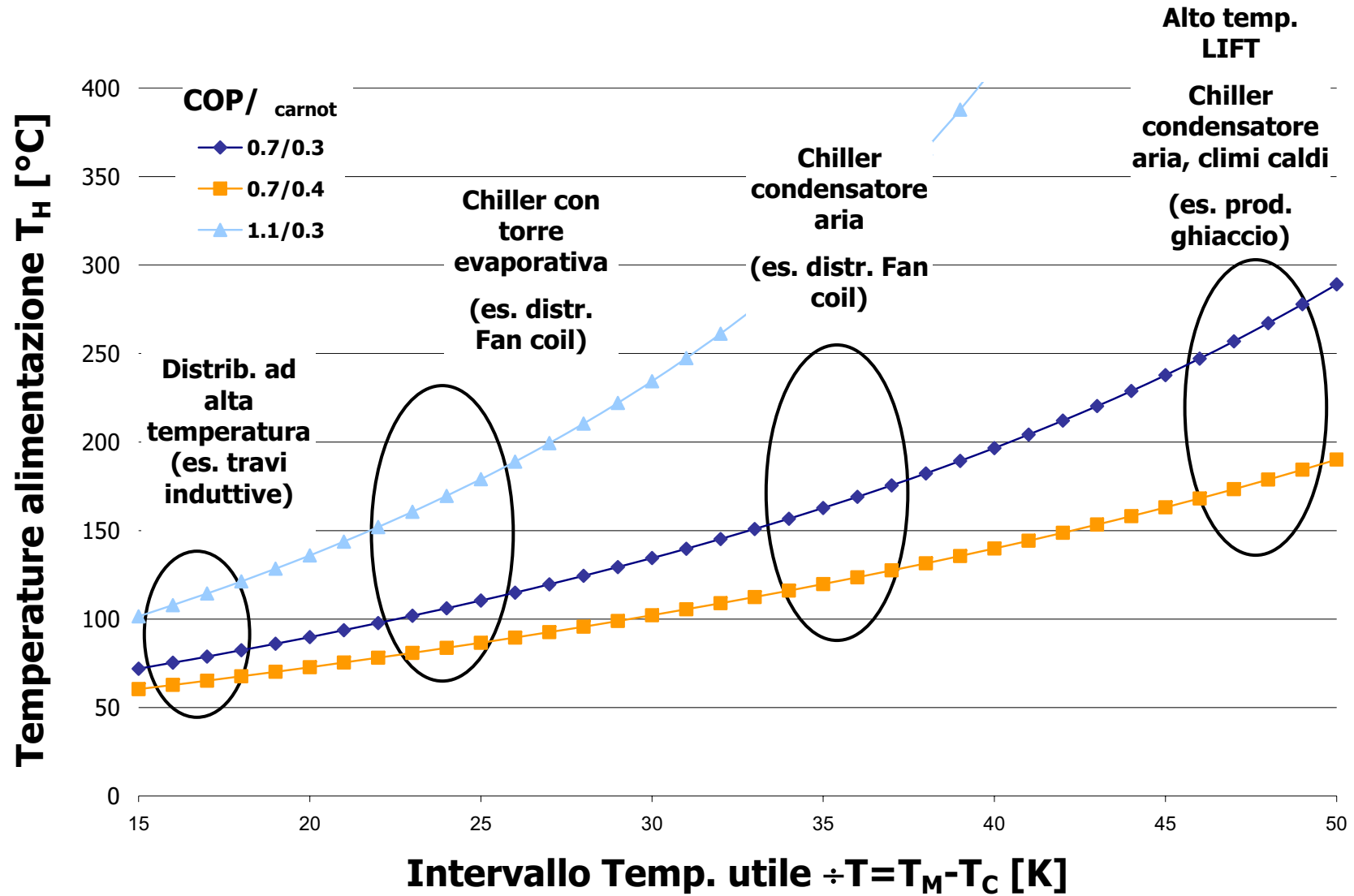


Sarantis - Condizionamento dell'aria industria cosmetici

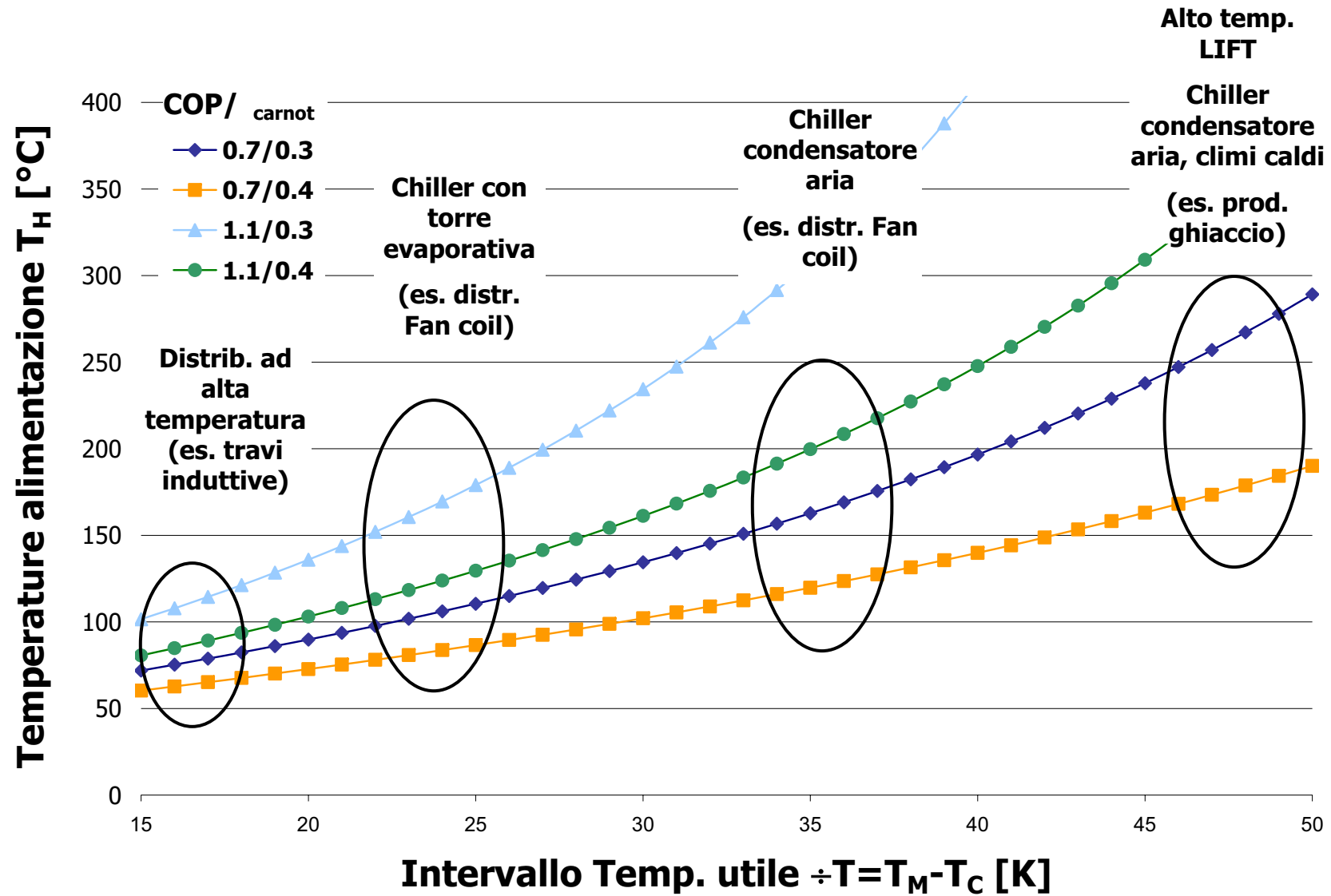
- › Campo collettori piani: 2700 m² , 1890 kW_{th}
- › 2 macchine ad adsorbimento 350 kW potenza frigorifera ognuna
- › 3 macchine a compressione 350 kW ognuna
- › Condizionamento dell'edificio di produzione di un' industria di cosmetici
- › sito: Inofita Viotias (appr. 50 km nord-est di Atene)
- › T_H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



Solar cooling: analisi termodinamica



Solar cooling: analisi termodinamica



Parker Lincoln, edificio uffici

- › Campo collettori: 530 m² , 371 kW_{th}
- › Collettori a concentrazione: PTC, riflettore fisso, inseguimento ETC con riflettore interno
- › 1 macchine ad assorbimento 175 kW a doppio effetto
- › Volano termico: acqua calda 330°C
- › T_H (Temperatura di alimentazione) =170°C
- › Uso: climatizzazione estiva

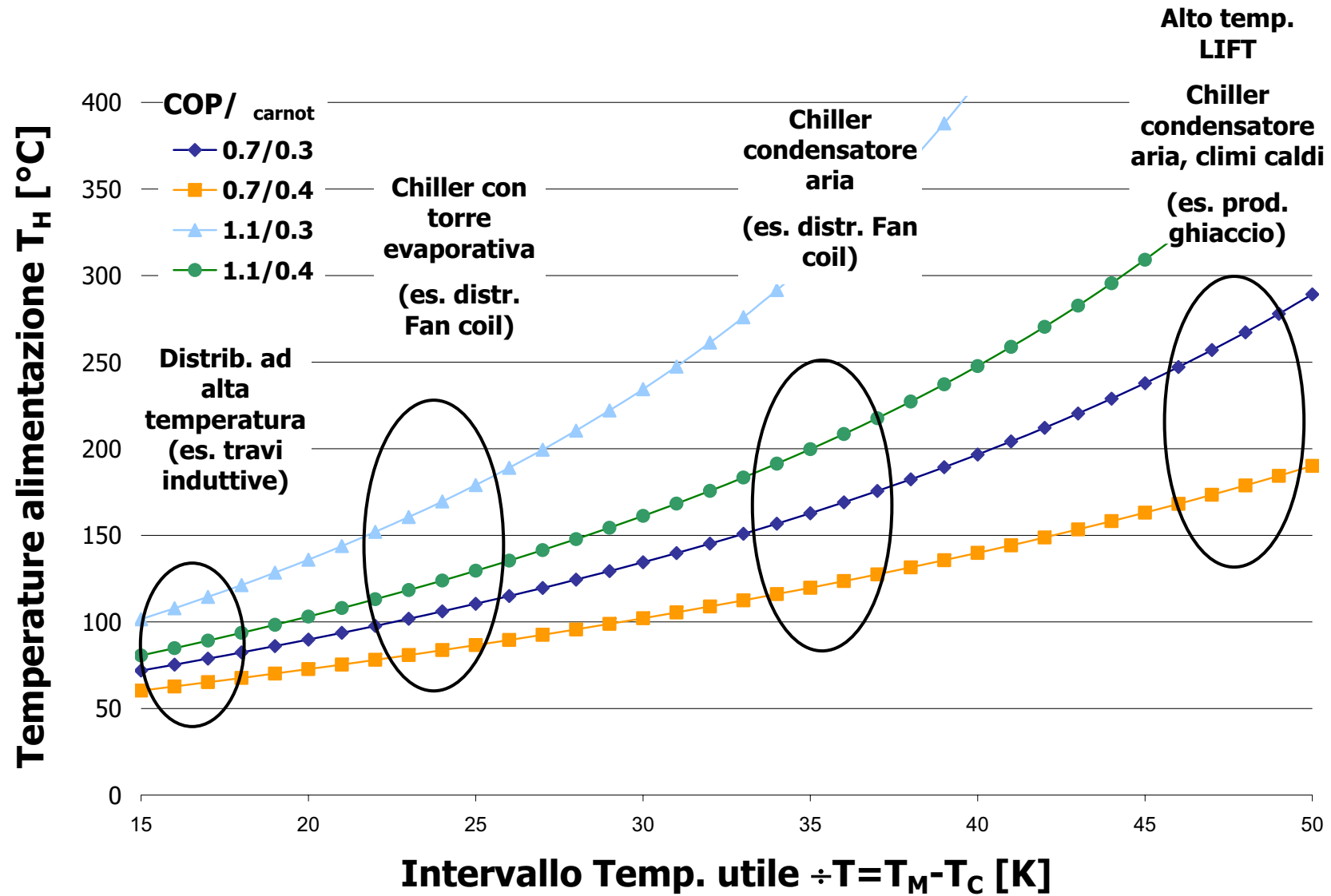


Condizionamento dell'aria in un Hotel

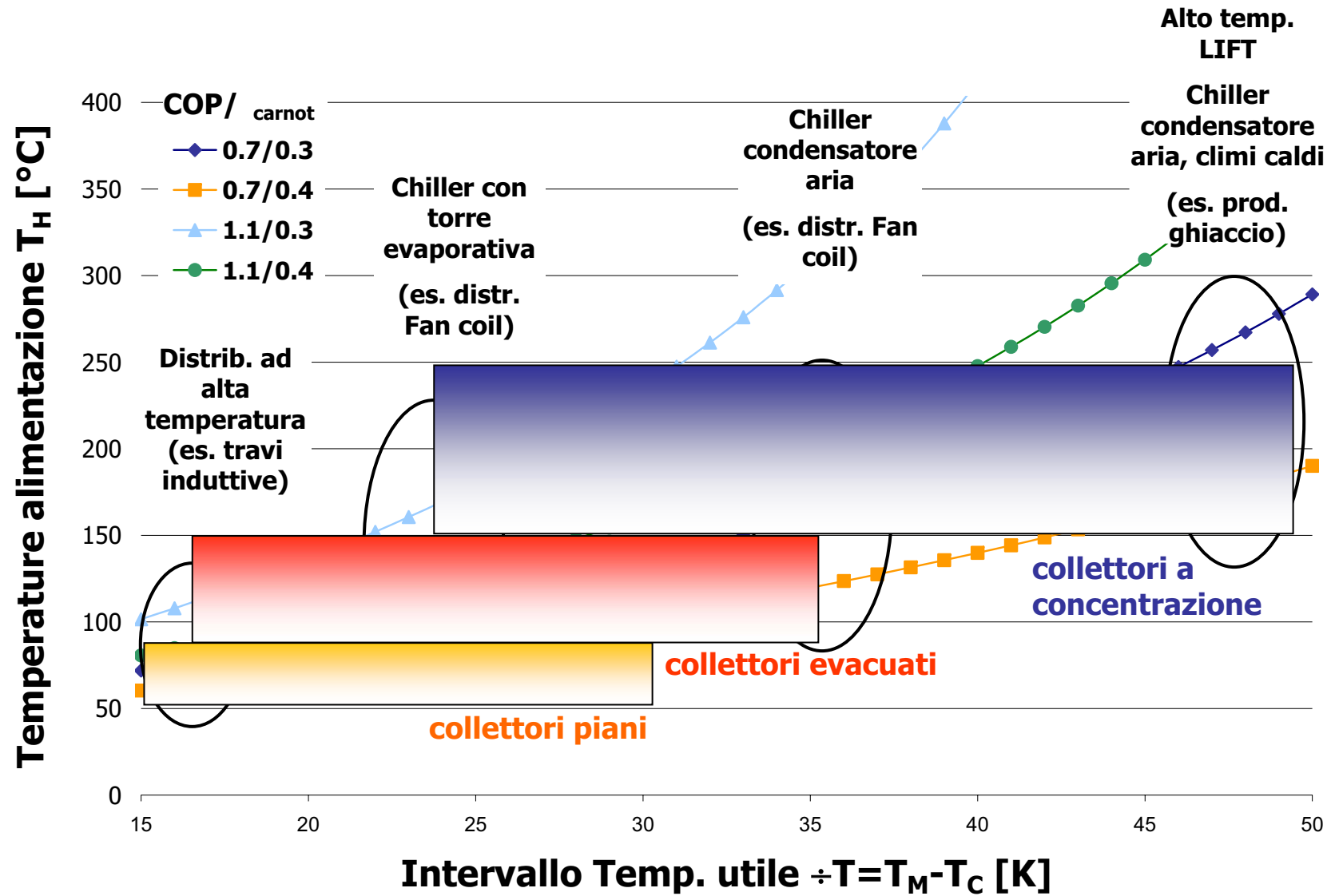
- › collettori PTC producono calore a 180°C (T_H): 180 m² aperture area
 - › Macchine ad assorbimento a doppio effetto (potenza frigorifera 116 kW, 4 bar vapor saturo; COP > 1.2)
 - › Condizionamento hotel e fornitura vapore alla lavanderia dell'albergo
 - › back-up con boiler LPG a vapore
 - › sito: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



Solar cooling: analisi termodinamica



Solar cooling: analisi termodinamica

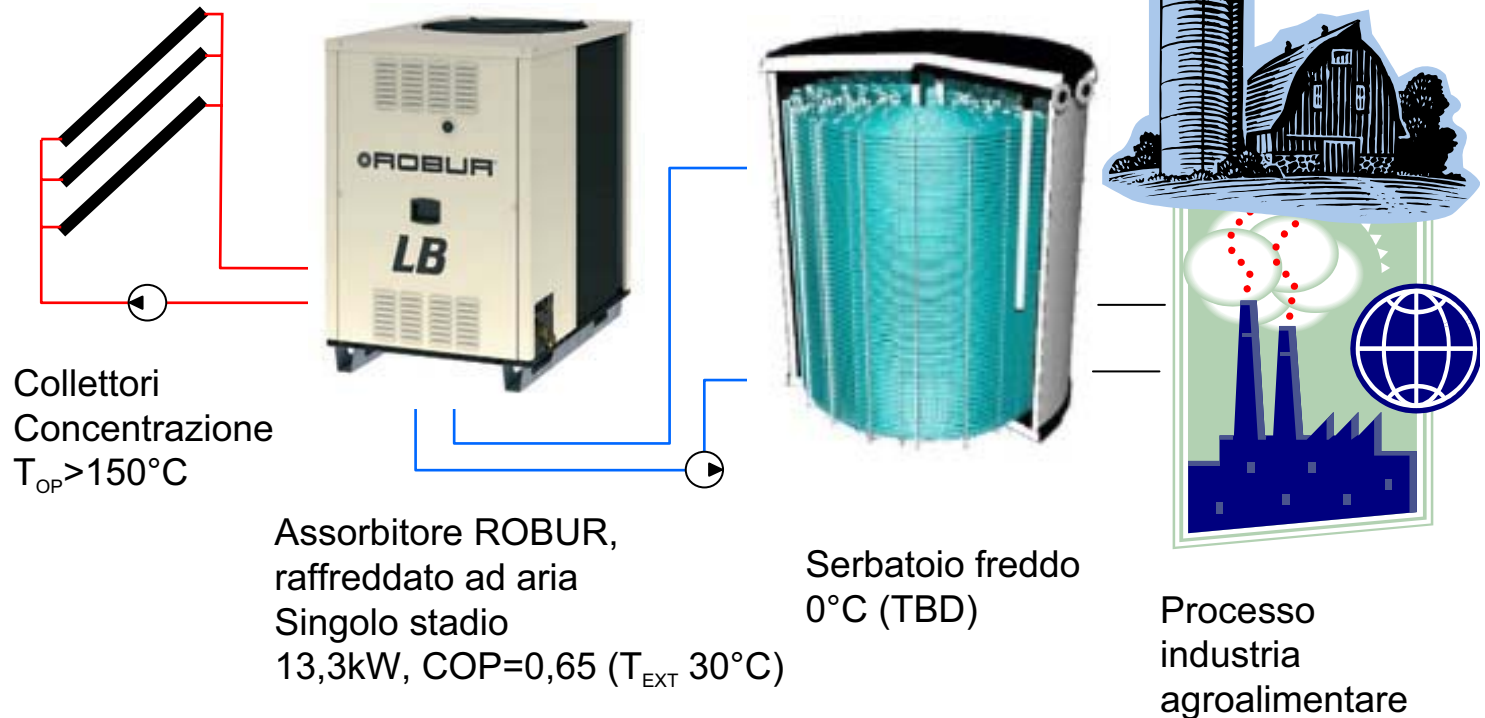


MEDISCO idea per refrigerazione solare



J Collettori solari a concentrazione, per zone alta radiazione diretta

J Chille acqua e ammoniaca condensato ad aria. No fabbisogno acqua



MEDISCO - MEDiterranean food and agro Industry applications of Solar COoling technologies

- › Refrigerazione solare per industria agroalimentare in paesi Europa meridionale e bacino Mediterraneo:
 - Linee guida per sistemi solar cooling in paesi del sud Mediterraneo, per facilitare la diffusione e la crescita del mercato
 - Studio di potenziale per l'applicazione nel settore industriale in Egitto, Marocco e Tunisia.
 - Installazione e prove sperimentali di due sistemi presso i paesi coinvolti (es. Azienda vinicola presso Tunisi)
- › Status: Fase di negoziazione
- › Durata progetto (stimata): Ottobre 2006, Ottobre 2009
- › Consorzio: 12 partners, POLIMI, Fhg-ISE, TECSOL, ADEME, CIMNE, EEAA, CIRME, ANME, PX, PY
- › Finanziamento: Commissione Europea DG – Research, Ministero dell'Ambiente e salvaguardia del territorio, Dipartimento "Global Environment International and Regional Conventions".



Conclusioni

- › Esiste la necessità di accumulare esperienza sui sistemi di refrigerazione solare.
- › Potenziale molto elevato e vantaggio rispetto ad applicazioni in altri settori per forti economie di scala sulle macchine refrigeranti.
- › Esperienze attuali concentrate su climatizzazione estiva, poche esperienze su refrigerazione (alto "temperature lift").
- › Scelta corretta collettori a media temperatura e di macchine ad assorbimento a singolo effetto rende possibile l'uso del solar cooling non solo per la climatizzazione ma anche per la refrigerazione di processo (a base temperatura).
- › Sviluppo di sistemi di "solar refrigeration" basati tecnologie solari a media temperatura e macchine ad assorbimento raffreddate ad aria ha un enorme potenziale di applicazione nei paesi della sponda sud del bacino del Mediterraneo.
- › Nuovo Task IEA Solar Cooling – Settembre 2006

Grazie per la vostra attenzione !!!

MEDISCO - MEDiterranean food and agro

Industry applications of Solar COoling technologies

- › Contribution to Subtask B:
 - Ø Development of a new concept, monitoring data, survey of MPC markets
 - Ø Software tool, simulation and design guidelines
- › Contribution to Subtask C:
 - Ø Bibliographic review and market analysis on industrial processes use
 - Ø New concept development, and test in *three* experimental sites
 - Ø field test monitoring: monitoring results and their analysis
 - Ø evaluation of performance: definition of performance criteria, assessment performance of the tested system
- › Contribution to Subtask D:
 - Ø organizing national workshops dedicated to the industrial players;
 - Ø developing policy measures and promoting them towards the local and national policy makers;
 - Ø E-newsletter, 2nd Handbook
- › **Funds for Task participation us part of dissemination and national funding**