



# Criteri per una climatizzazione sostenibile

G.V. Fracastoro, Dipartimento di  
Energetica, Politecnico di Torino



# Progettazione sostenibile ?

*Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.* (Brundtland Report)

A rigore è impossibile *lasciare ai posteri un patrimonio inalterato di risorse di energia e un ambiente non peggiore di quello che abbiamo ricevuto*: l'importante è almeno "porsi il problema"...

# Parola chiave: "avvicinamento"



## Avvicinare

- l'ambiente interno a quello esterno attraverso un edificio semipermeabile e adattabile alle variazioni meteorologiche;
- domanda e offerta di energia, nel senso di colmare
  - il gap di "qualità termodinamica" (temperatura)
  - il gap di tempo fra di esse
- l'utente all'ambiente esterno per stimolare la sua adattabilità.



# Quali scelte progettuali?

Per dare un ordine alle scelte progettuali sostenibili si ricorrerà allo schema:

1. **Riduzione della domanda**
2. **Miglioramento dell'efficienza di conversione degli impianti**
3. **Ottimizzazione di sistema**
4. **Azioni sugli utenti**



# Riduzione della domanda

- L'involucro
- Accumulo di calore (ad esempio, uso di PCM = Phase Change Materials)
- Ventilazione
- Accumulo e ventilazione



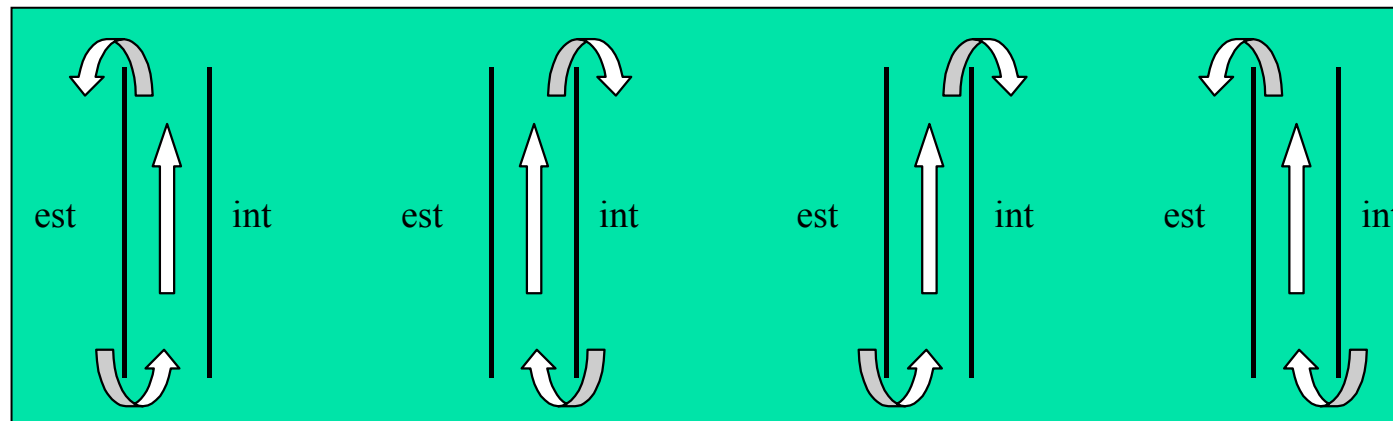
# L'involucro

- *"A wall for all seasons"*: nascono nuove pareti, che sono il più possibile versatili e si adattano alle mutevoli condizioni meteorologiche.
- facciata attiva = *"una facciata realizzata con più involucri vetrati, separati da una intercapedine d'aria ventilata e di schermi, in genere dotata di sistemi automatici di regolazione"*.
- Le *"facciate attive"* svolgono molti ruoli:
  - isolano l'edificio dal punto di vista termo-acustico,
  - garantiscono l'illuminazione naturale
  - provvedono alla ventilazione
  - producono energia (facciate fotovoltaiche)!
- facciata attiva = *appendice dell'impianto*

# L'involucro



## Schemi di ventilazione nell'intercapedine



Lama  
Esterna

Lama  
Interna

Immis-  
sione

Estra-  
zione



# L'involucro

- Principali tipi di vetri "intelligenti", cioè che modificano le loro proprietà ottiche e solari spontaneamente o a comando
  - *fotocromici*, al variare dell'intensità della radiazione solare,
  - *termocromici*, al variare della temperatura
  - *elettrocromici*: la variazione è indotta da una corrente elettrica.
- Particolarmente promettenti, fra i vetri termocromici, quelli con rivestimenti in biossido di vanadio, che sopra i 29 °C divengono riflettenti



# L'involucro

## Problemi delle facciate attive

- rispetto delle norme antincendio
- integrazione progetto facciata con quello degli impianti e delle strutture
- manutenzione e durata dei componenti
- difficoltà di determinarne le prestazioni, soprattutto nel caso di ventilazione naturale, e di dimostrarne la conformità con le norme sul risparmio energetico
- rischio di condensa
- modesto fonoisolamento e propagazione del suono all'interno dell'intercapedine

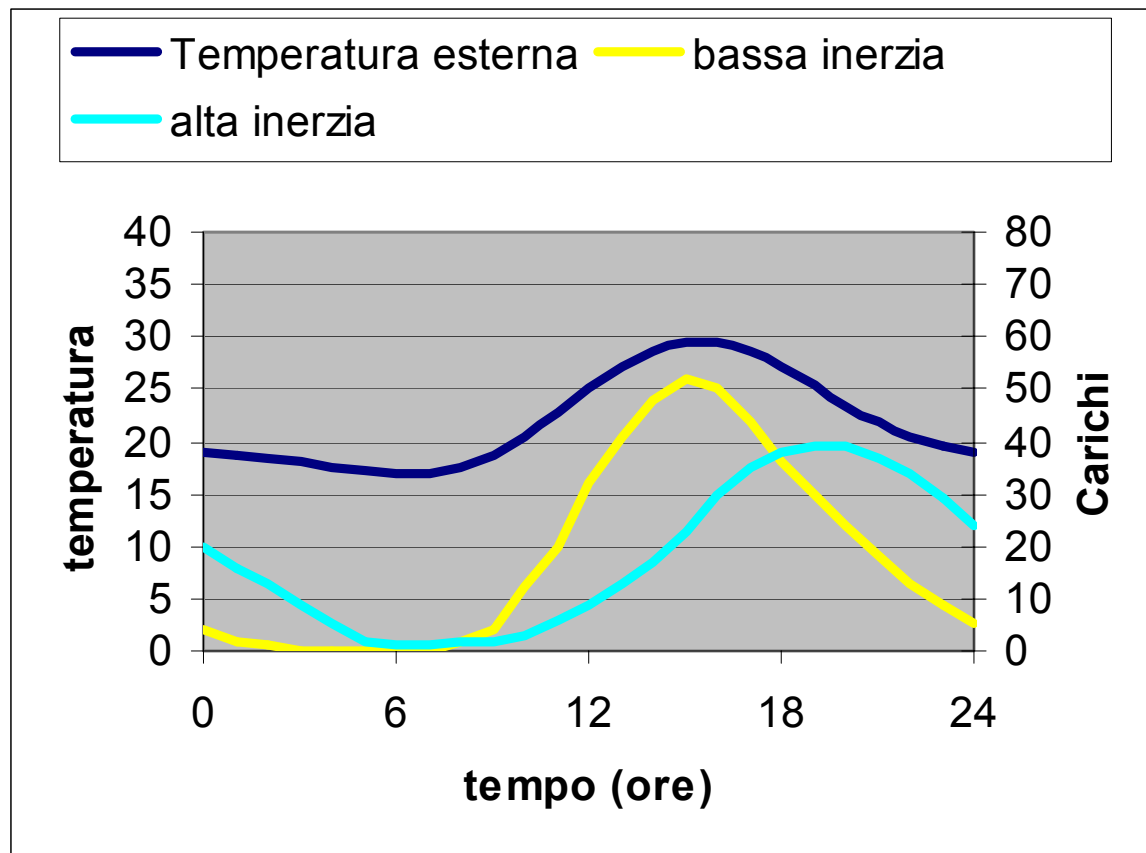


# Accumulo di calore

## Obiettivi

- smussare le fluttuazioni giornaliere della temperatura ambiente attraverso la riduzione dei picchi di temperatura interna
- risparmio di energia
- ridurre le potenze di picco, contribuendo così in fin dei conti a ridurre la necessità di nuove centrali elettriche.

# Effetto dell'accumulo termico





# Accumulo di calore: i PCM

- **Caratteristiche del materiale ideale:**
  - temperatura di fusione intorno ai 25 °C
  - elevato calore di transizione di fase
  - basso costo
  - non essere tossico, corrosivo o igroscopico
  - essere disponibile sul mercato in quantità tali da poter essere incorporati nei normali materiali edilizi.
- **Esempi: composti paraffinici (idrocarburi alchilici cristallini lineari)**



# Ventilazione

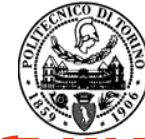
1. mantenere un **ricambio d'aria** il più vicino possibile a quello **minimo** compatibile con una buona qualità dell'aria interna
  - ridurre **l'energia** necessaria per il **trattamento termico** dell'aria
  - ridurre o se possibile azzerare **l'energia elettrica** necessaria per la **movimentazione** dell'aria



# Portata di Ventilazione

Adeguare la portata d'aria alla domanda

- involucro edilizio a buona tenuta all'aria
- impianto di estrazione a flusso semplice a portata costante
- impianto di estrazione a flusso semplice a portata variabile (DCV, bocchette igroregolabili)



# Trattamento termico dell'aria

## Recupero energia

- preriscaldamento "passivo" dell'aria esterna
- recupero termico sull'aria estratta mediante uno scambiatore rotativo aria-aria (*recupero statico*, eventualmente entalpico).
- *recupero "termodinamico"*, ovvero pompa di calore reversibile fra le due correnti d'aria

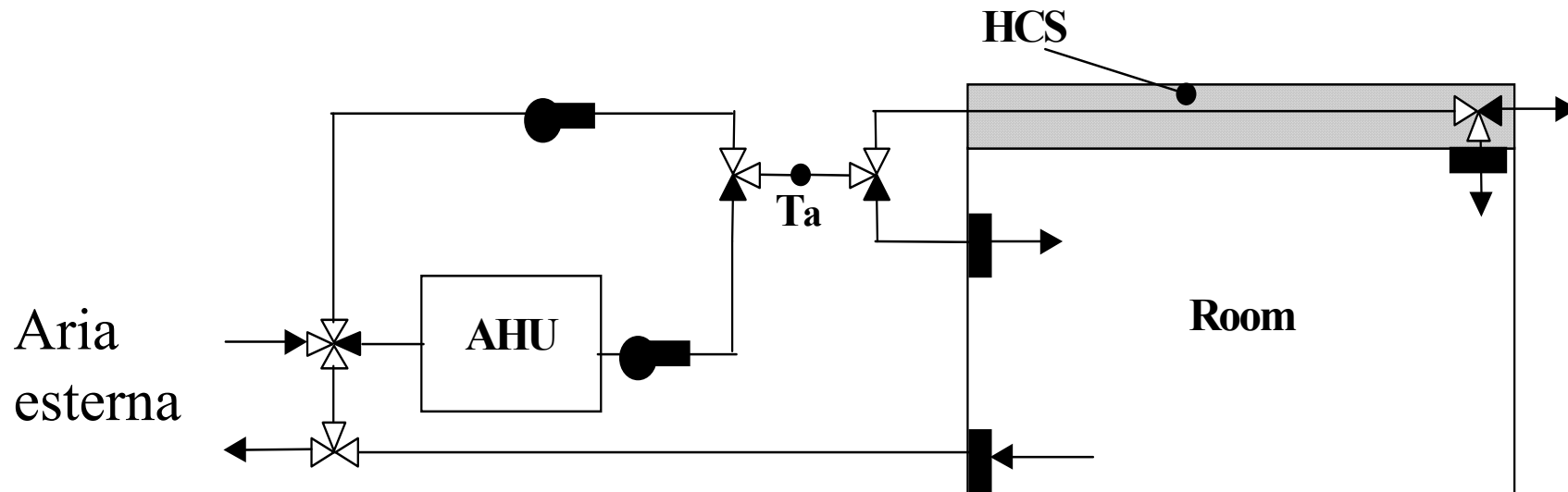


# Movimentazione dell'aria

- Ventilazione naturale, ma controllata attraverso dispositivi di aerazione
- Ventilazione ibrida = ventilazione naturale assistita da ventilazione meccanica

# Ventilazione e accumulo

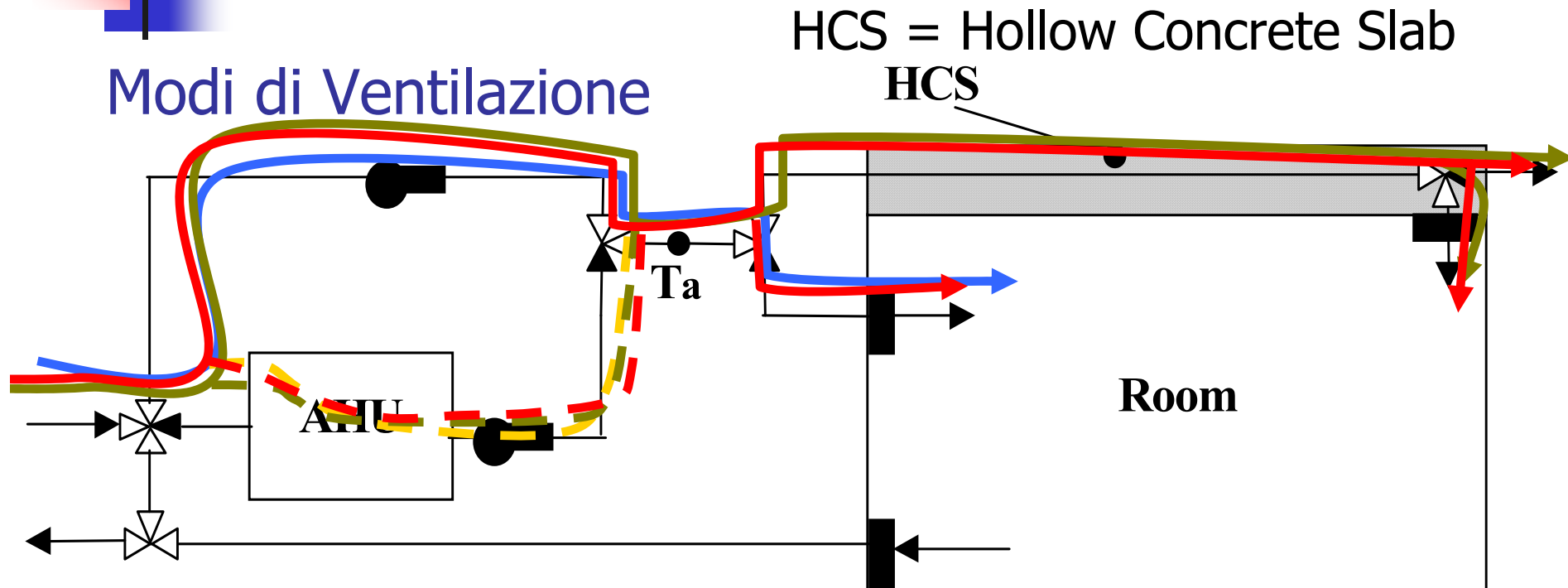
## Schema generale



HCS = Hollow Concrete Slab

# Ventilazione e accumulo

## Modi di Ventilazione



Ventilazione diretta

HCS Ventilazione diretta

# Miglioramento dell'efficienza di conversione degli impianti



- combustione con basse emissioni inquinanti
- nuovi refrigeranti e cicli termodinamici
- sensori e regolazioni intelligenti
- riduzione delle perdite termiche ed elettriche di stand-by
- impianti microcogenerativi, anche a celle a combustibile



# Miglioramento dell'efficienza di conversione degli impianti



- caldaie a condensazione
- pompe di calore ad assorbimento a gas
- sostanze desiccanti per il pretrattamento dell'aria di ventilazione
- pompe di calore
- impianti frigoriferi basati su cicli alternativi (Stirling, Brayton inversi) con basso GWP o sull'effetto termoelettrico



# Ottimizzazione di sistema

- Impianti a bassa temperatura
- Energie rinnovabili
- Telegestione, contabilizzazione, Edifici intelligenti
- Ridurre il fenomeno dell'isola di calore



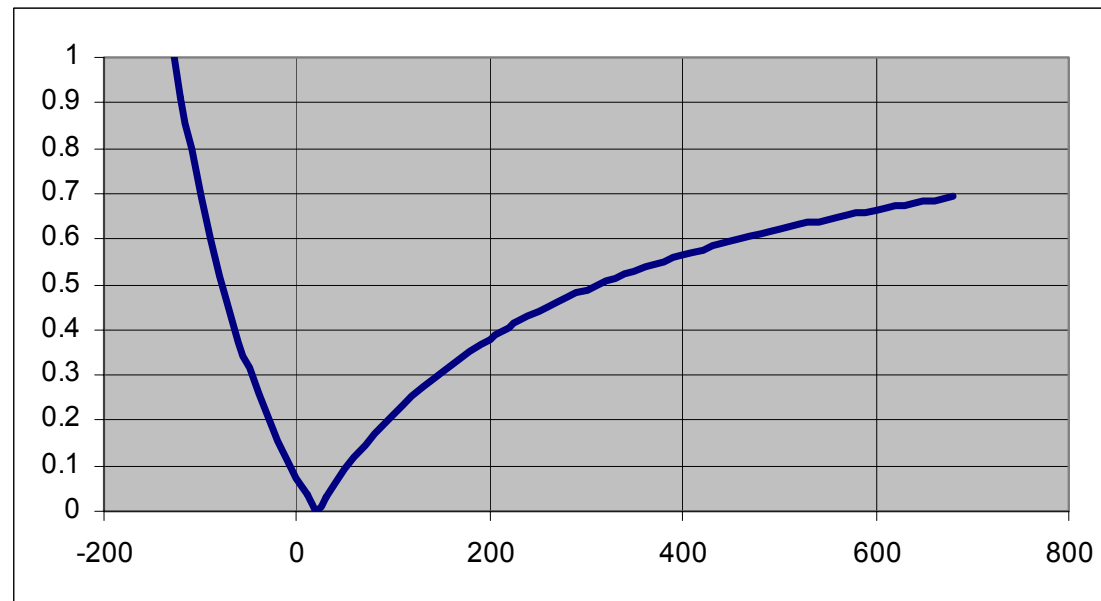
# Impianti a bassa temperatura

- A temperatura  $< 50$  °C l'energia ha un valore termodinamico basso e la si può ottenere con impianti di tipo non convenzionale come pompe di calore, celle a combustibile, microcogeneratori, fonti geotermiche, teleriscaldamento urbano, pannelli solari.
- Principio LTH/HTC: *riscaldamento a bassa temperatura, condizionamento ad alta temperatura*

# Valore termodinamico del calore



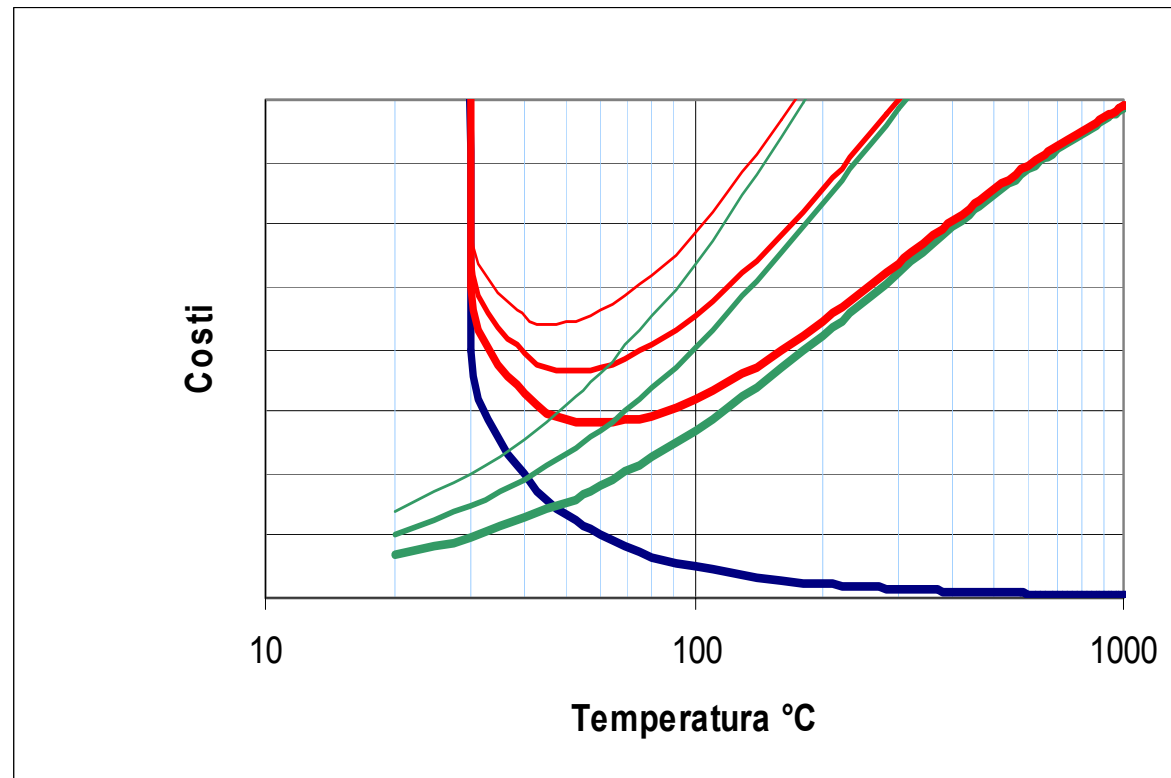
Frazione dell'energia meccanica

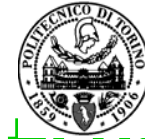


Temperatura [°C]



# Impianti a bassa temperatura





# Impianti a Bassa Temperatura

Prevedere l'impiego di IBT per un futuro in cui l'energia pregiata dei combustibili fossili potrebbe non essere più così a buon mercato.

- 40% delle nuove abitazioni in Germania hanno pavimenti radianti, con temperature di  $\sim 40$  °C
- i Paesi Scandinavi e l'Olanda hanno regolamenti che incoraggiano a realizzare impianti con temperature non superiori a 70 °C
- in Canada si ha un rapido sviluppo di celle a combustibile cogenerative



# Impianti a bassa temperatura

## Vantaggi di un sistema radiante a bassa temperatura

- maggiore uniformità termica spaziale
- maggiore stabilità termica nel tempo
- possibilità di utilizzo per il raffrescamento estivo
- minore formazione di particolato torrefatto e sviluppo di microrganismi
- migliore utilizzazione degli apporti gratuiti (“autoregolazione”)

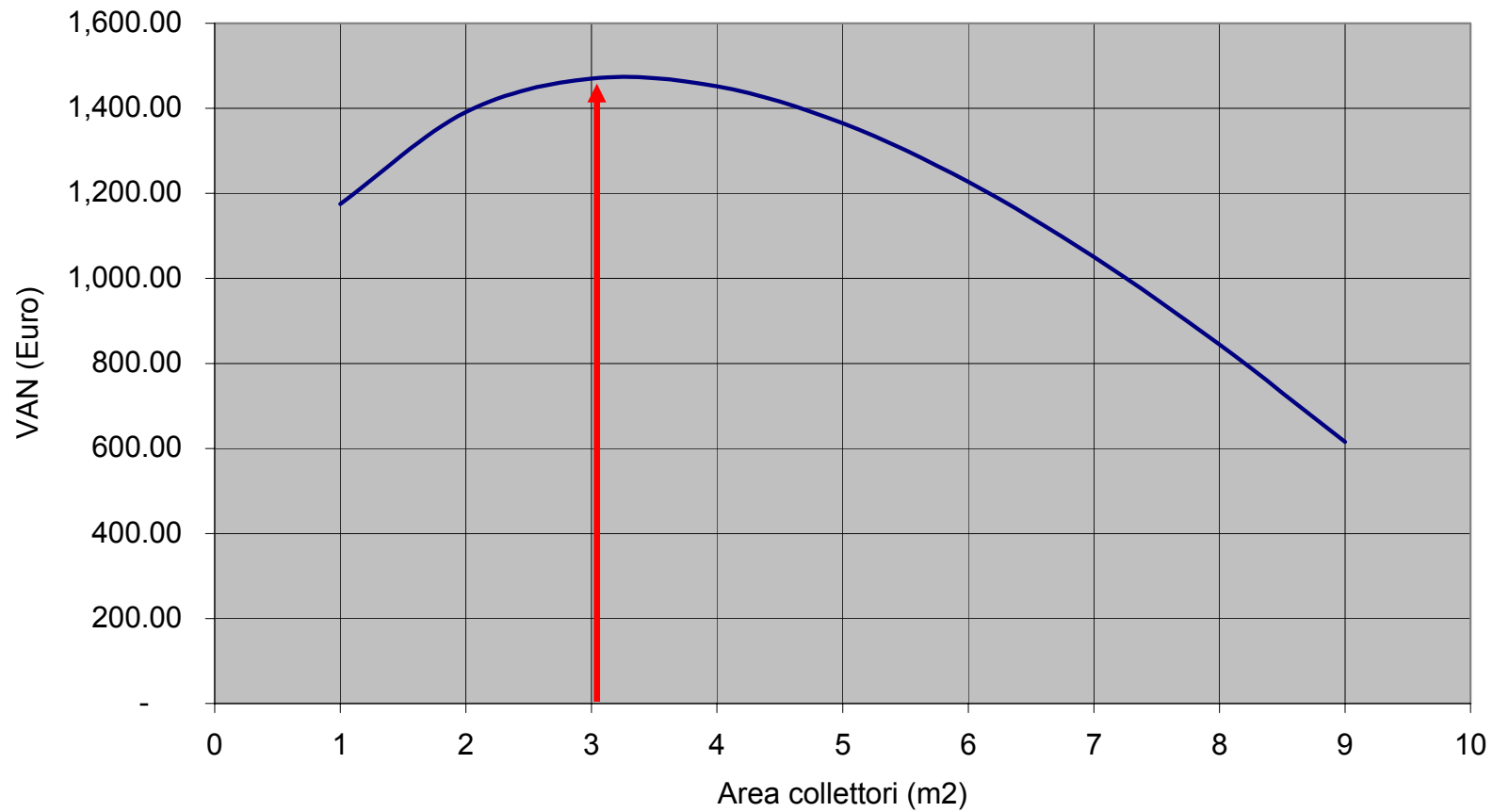


# Energie rinnovabili

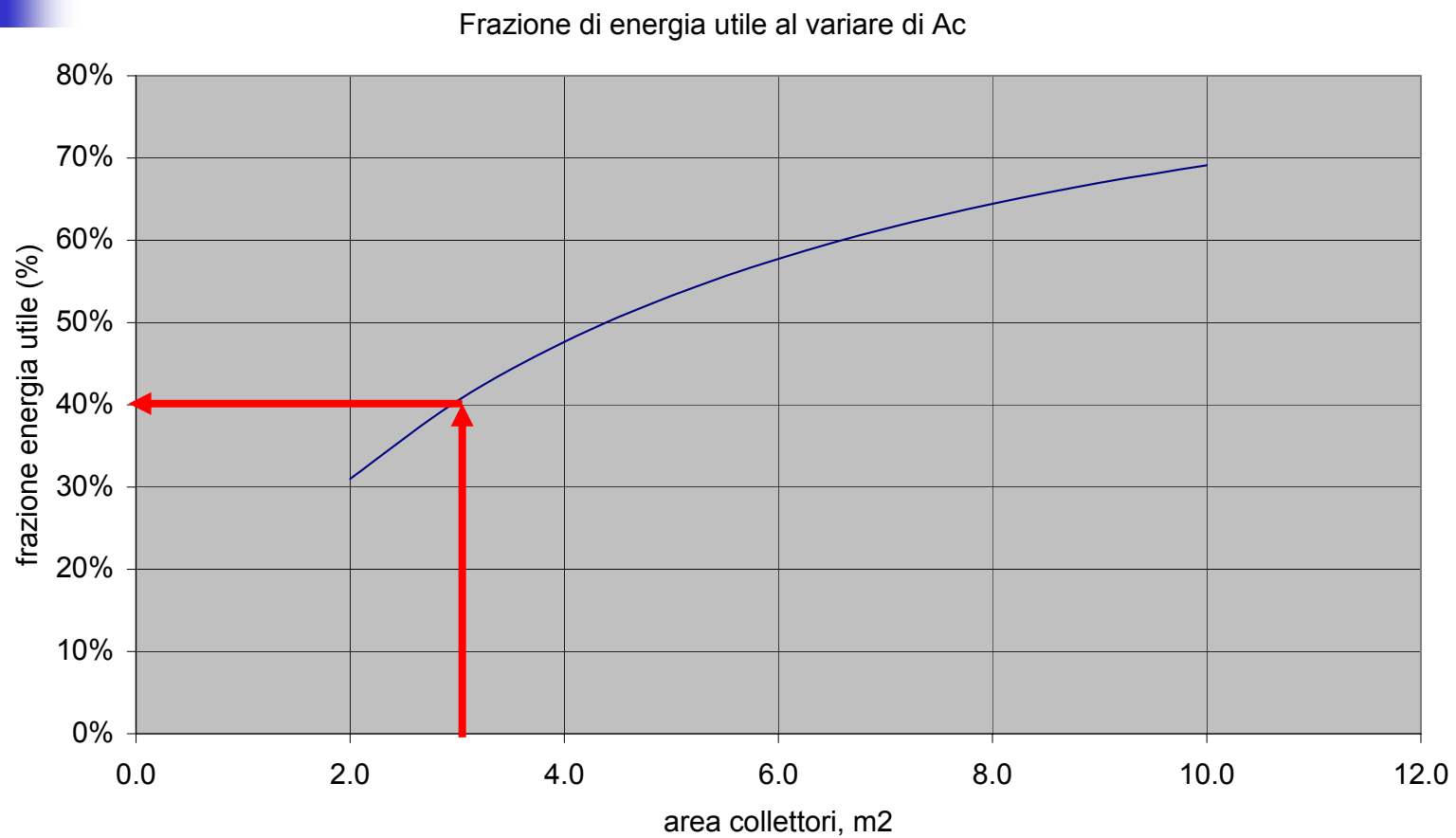
- I collettori solari possono garantire, assieme a un adeguato sistema di accumulo, il 40-70% dell'energia necessaria per la produzione di acqua calda sanitaria, dal 50 al 100% dell'energia necessaria per il riscaldamento di piscine, mentre non contribuiscono a più del 25-30% del riscaldamento ambienti.
- In una prospettiva più lontana, i collettori solari possono produrre calore per alimentare impianti frigoriferi ad assorbimento o per la rigenerazione dei desiccanti (domanda e offerta in fase).

# Ottimizzazione del VAN

Andamento VAN in funzione dell'area di captazione



# Frazione di copertura solare ottimale





# Edifici intelligenti

- integrano i vari impianti e li ricollaudano continuamente per mezzo di programmi automatici che diagnosticano anomalie e degradi
- provvedono all'acquisto di energia
- sorvegliano i programmi di manutenzione
- documentano le prestazioni degli edifici
- coordinano in modo ottimale la produzione di energia con la domanda.



# Il fenomeno dell'isola di calore

- Nelle città la vegetazione viene sostituita dalla pavimentazione stradale e da edifici, eliminando l'effetto di raffrescamento naturale dovuto all'ombreggiamento e all'evapotraspirazione
- Nelle città si riversano flussi di energia di origine antropica confrontabili con quella solare: in un'area come quella di Torino o Milano sono concentrati consumi di energia dell'ordine del 10% della quantità di energia solare che arriva sulla stessa superficie

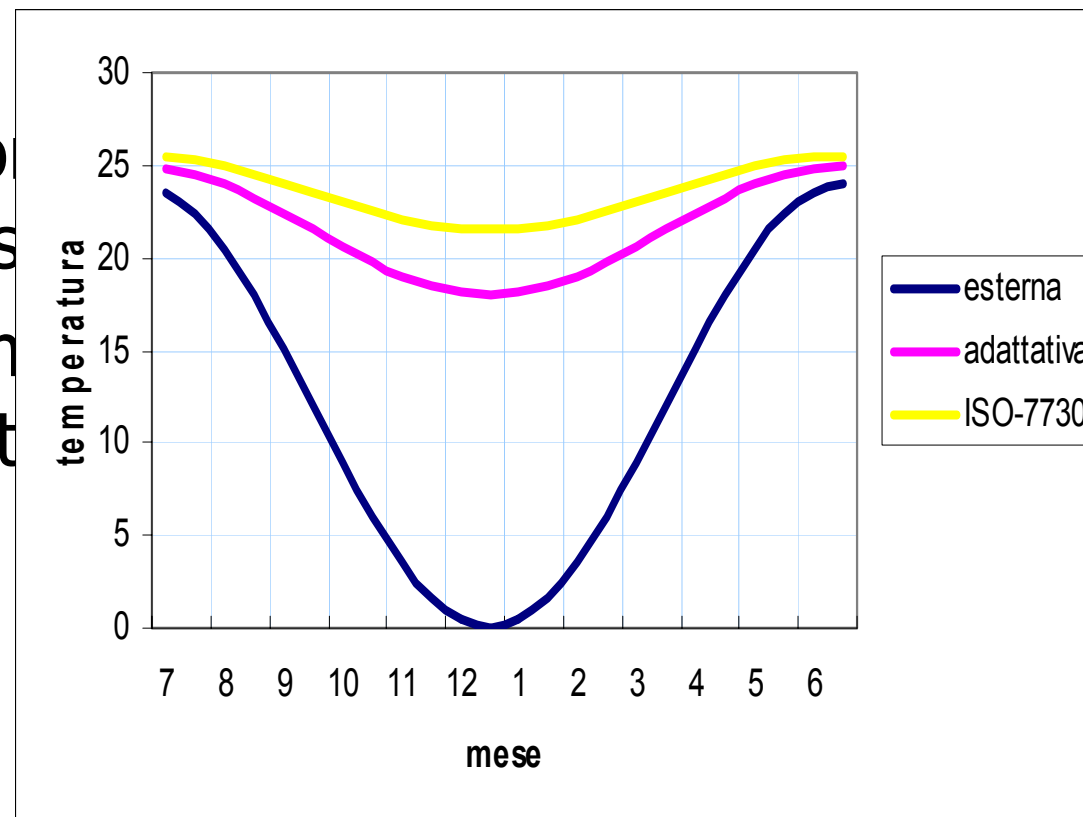
# Come ridurre il fenomeno dell'isola di calore



- piantare alberi
- installare tetti e pavimentazioni riflettenti: un aumento dell'albedo di 0,1 permette di ridurre temperatura max pavimentazione di 5 °C e quella ambiente di circa 0,25 °C
- effetto benefico anche sulla qualità dell'aria
  - ogni albero sequestra 18 kg di carbonio l'anno
  - riduzione temperatura = meno condizionamento estivo = riduzione emissioni di VOC, smog fotochimico, perdite per evaporazione

# Azioni sugli utenti

- Infor  
sens
- Com  
adat





# Conclusioni

---

- Avvicinare domanda e offerta di energia

...con tutto ciò che questo significa!