



# **Collettori solari ibridi e solar cooling: il caso della facciata solare del Centro Ricerche Fiat**

**Rajendra Adhikari**  
**Dipartimento BEST - Politecnico di Milano**

**Workshop**  
**RAFFRESCARE CON IL SOLE: TECNOLOGIE E PROSPETTIVE PER IL SOLAR COOLING**

**Milano 7 giugno 2007**



## ***COLLETTORI SOLARI IBRIDI (PV-T)***

---

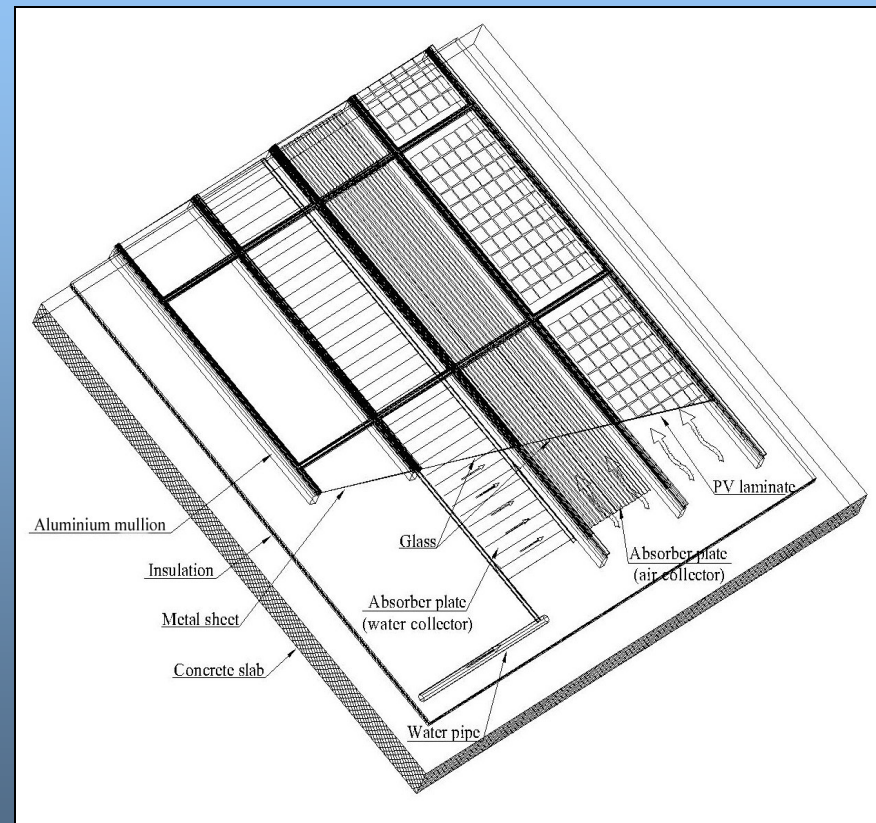
- I sistemi ibridi sono capaci di unire le caratteristiche dei sistemi fotovoltaici con quelle dei sistemi solari termici ad acqua oppure ad aria.
- Oltre a generare elettricità da fonte rinnovabile, è possibile recuperare l'energia termica altrimenti dissipata, diminuendo contemporaneamente la temperatura di esercizio delle celle fotovoltaiche ed aumentandone, dunque, l'efficienza di conversione.
- La concezione che sta alla base dei sistemi ibridi è piuttosto semplice: si tratta di trasferire attraverso scambi convettivi l'energia termica assorbita dalle celle fotovoltaiche ad un fluido che ne premetta l'utilizzo successivo.

***Le potenzialità connesse all'integrazione architettonica di questa tecnologia sono notevoli e permettono di realizzare sistemi d'involucro solari che producono energia da consumare direttamente in loco***



## IL SISTEMA TIS (Tetto Integrale Solarizzato)

- Nasce con lo scopo di trasferire i risultati delle ricerche e sperimentazioni effettuate presso il Politecnico di Milano sui sistemi solari attivi in un componente edilizio commerciale.
- L'azienda SeccoSistemi S.p.A. ha sviluppato sotto il coordinamento del Politecnico un sistema di involucro modulare a scacchiera, in cui, a scelta, è possibile inserire vari tipi di pannelli solari (ibridi fotovoltaico-termici, termici ad aria, termici ad acqua).



- Le varie tipologie possono venire usate e dimensionate secondo le scelte e le necessità delle varie applicazioni e tutto l'insieme può sostituire completamente le superfici di facciata o di copertura dell'edificio.



## LA FACCIATA IBRIDA DEL CENTRO RICERCHE FIAT

- La facciata ibrida fotovoltaico-termica del Centro Ricerche FIAT di Orbassano (TO) rappresenta la prima realizzazione commerciale del sistema TIS.
- Il progetto ha beneficiato del finanziamento relativo al Programma *Tetti Fotovoltaici* promosso dal Ministero dell' Ambiente nel 2001.
- Si tratta di un intervento di retrofit energetico sulla facciata sud, inclinata di  $53^\circ$  rispetto all'orizzontale, dell'edificio che ospita la mensa aziendale.
- L'intervento è consistito nella realizzazione di un rivestimento continuo a parete ventilata con il sistema TIS, capace di produrre energia e di migliorare le caratteristiche termiche dell'involucro.



- **Superficie totale (comprese le aree di completamento): 426 m<sup>2</sup>**
- **Moduli ibridi (PV-T): 163 m<sup>2</sup>**
- **Moduli eliotermici ad aria (Booster): 32 m<sup>2</sup>**



## **SISTEMA IBRIDO (19.5 kW<sub>p</sub>)**

### **Moduli FV**

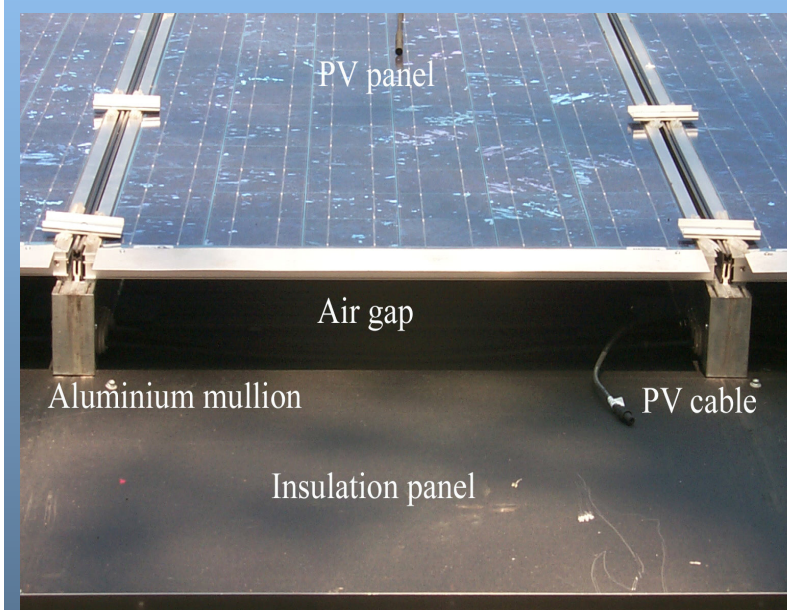
- tipologia: BP SX 150 L
- celle: silicio policristallino (MC-Si)
- n° moduli installati: 130
- potenza nominale (singolo modulo): 150 W<sub>p</sub>
- configurazione elettrica generatore: 21 stringhe formate da 6 moduli in serie, 1 stringa da 4 moduli

### **Moduli eliotermici ad aria (Booster)**

- n° moduli installati: 26
- superficie: 32 m<sup>2</sup>

### **Inverter (2 unità)**

- principale da 18 kW esegue il parallelo delle 21 stringhe
- secondario da 700 W dedicato alla stringa da 4 moduli



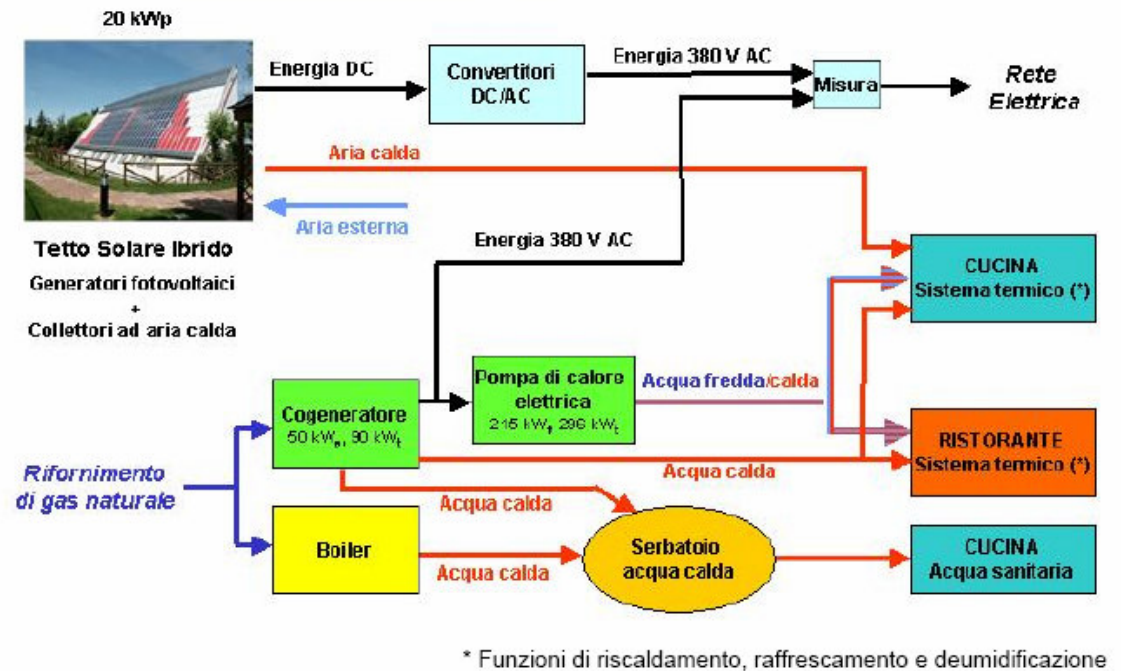


## PROGETTO ECOMENSA



- La facciata ibrida si inserisce in un quadro più ampio ed articolato, rappresentato dal Dimostratore Tecnologico Ecomensa, sviluppato dal Centro Ricerche Fiat.

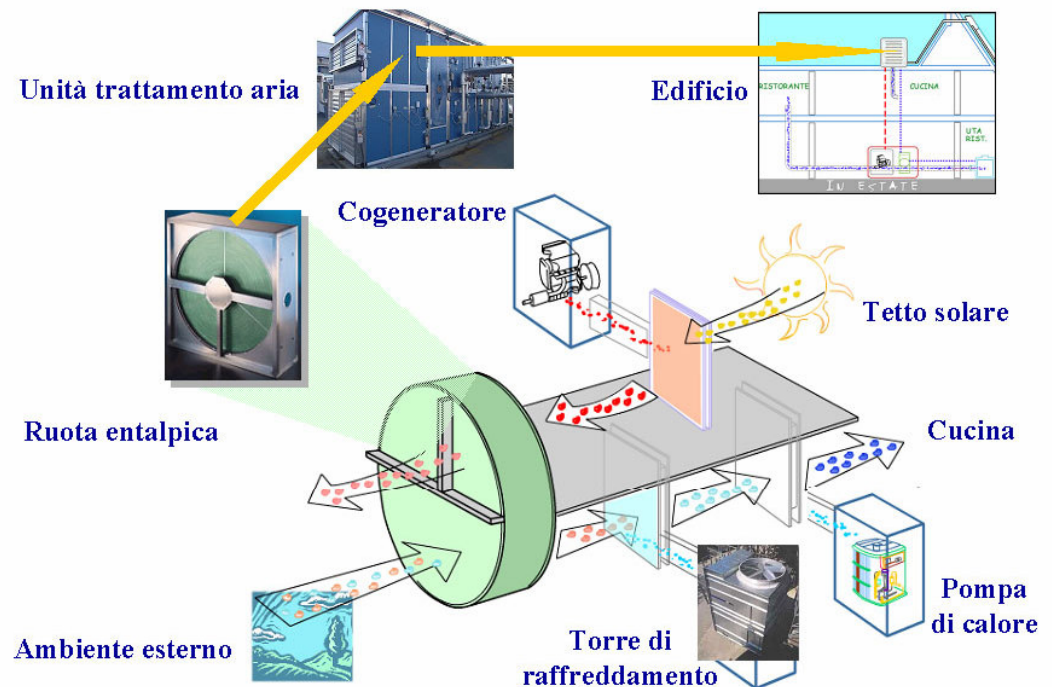
- Un impianto organico e complesso, incentrato sullo sfruttamento sinergico di più tecnologie energetiche innovative.



- Il sistema è costituito dal generatore ibrido fotovoltaico-termico, da un cogeneratore a motore endotermico, da una pompa di calore reversibile e da un'unità di trattamento aria a ruota entalpica, dispositivi connessi alla rete elettrica ed all'impianto di climatizzazione dell'edificio.

- Un evoluto sistema di telecontrollo gestisce simultaneamente ed ottimizza la produzione dei diversi subcomponenti del sistema energetico.

- Il sistema è basato sul concetto innovativo di desiccant cooling, che coniuga benessere e massima efficienza energetica.
- L'aria da climatizzare, grazie ad una ruota entalpica, viene prima essiccata in modo controllato, per ridurre il tasso di umidità che rappresenta il principale fattore di disagio nei mesi estivi, e solo successivamente raffreddata.



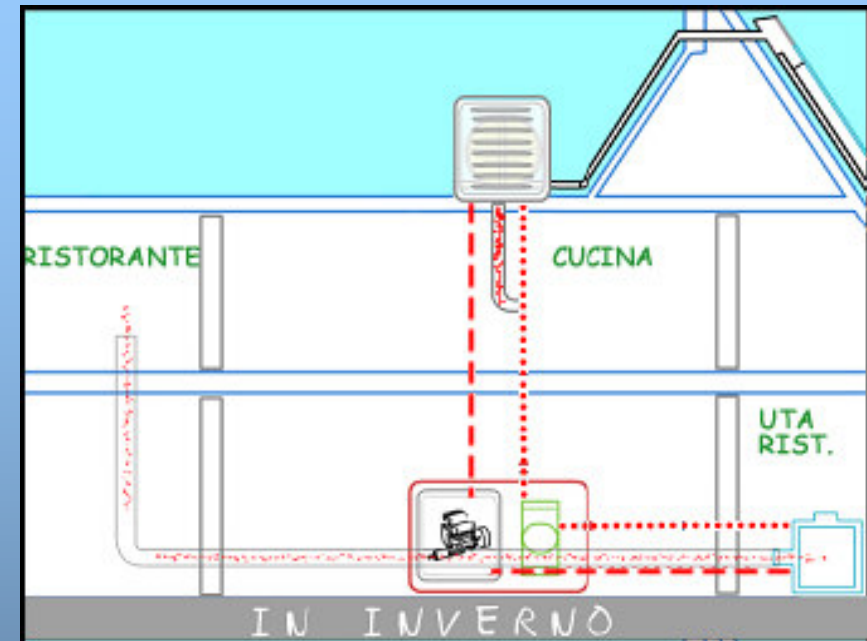
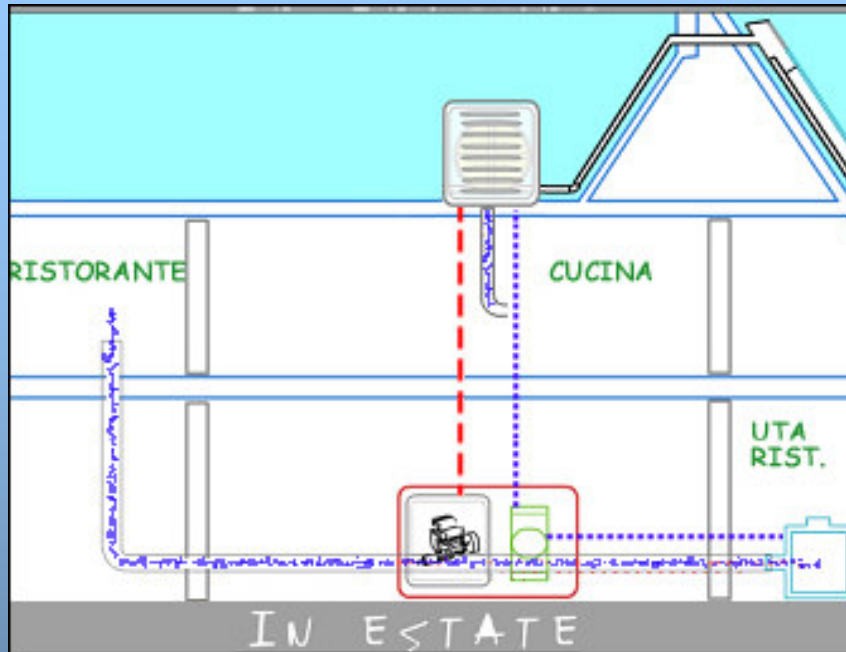
*In questo modo si riduce notevolmente il fabbisogno energetico richiesto per la climatizzazione e soddisfatto dalla pompa di calore. Questo beneficio deriva da un processo energeticamente “gratuito”, essendo ottenuto dall’energia di scarto del cogeneratore e del tetto solare.*



## ***IL SISTEMA DI DESSICANT COOLING***

---

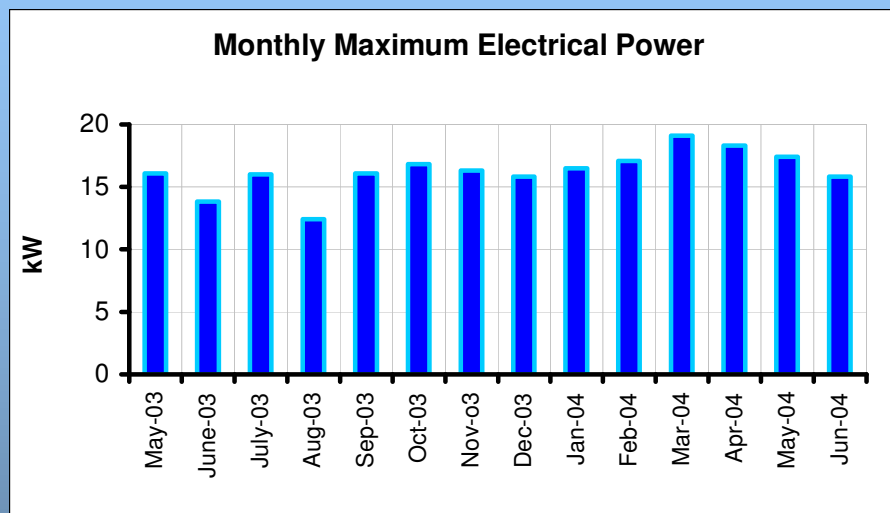
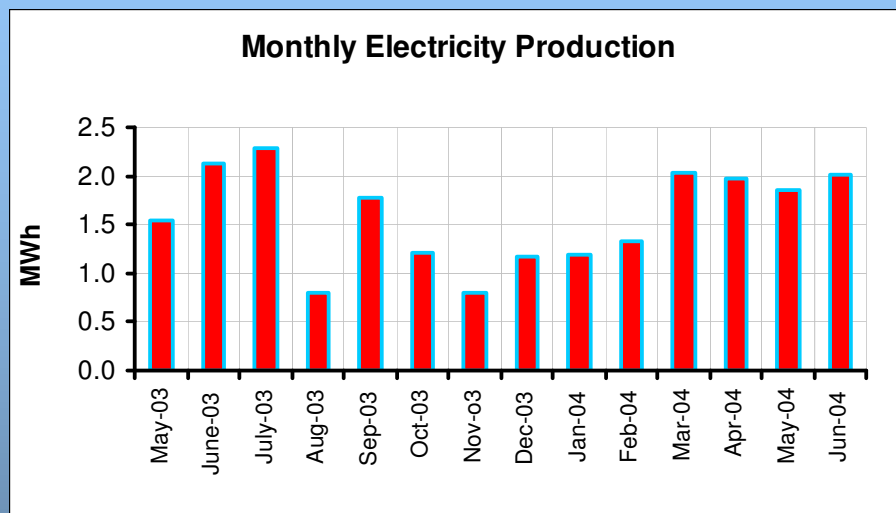
- Il sistema è stata completato di recente, tramite l'installazione della ruota entalpica DST Seibu Giken (modello RU 152 6/4) con le seguenti caratteristiche:
  - Portata dell'aria di processo: 15.000 m<sup>3</sup>/h
  - Portata dell'aria di rigenerazione: 9000 m<sup>3</sup>/h
- I risultati del monitoraggio dei dati di funzionamento saranno disponibili alla fine dell'estate 2007.



- Durante tutto l'anno l'impianto fotovoltaico ed il cogeneratore alimentano la pompa di calore e le utenze elettriche interne.
- Nei mesi caldi il calore recuperato dalla facciata ibrida e quello prodotto dal cogeneratore vengono impiegati per essiccare l'aria di rinnovo, mentre la pompa di calore viene utilizzata per raffrescarla.
- In inverno il calore proveniente da facciata, pompa di calore e cogeneratore viene impiegato per il riscaldamento ambientale.



## PRESTAZIONI ELETTRICHE DELLA FACCIATA IBRIDA (rilevazioni)



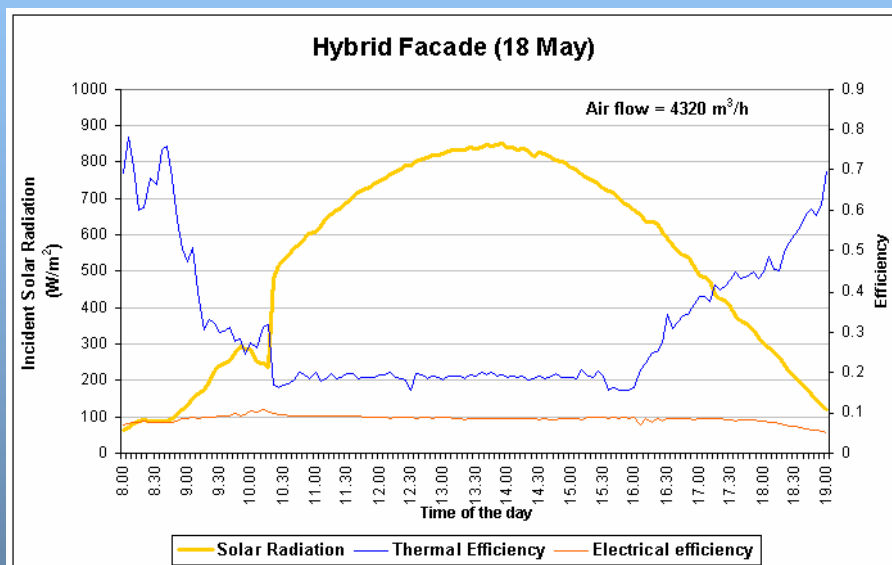
### Dati monitorati

- Variabili meteorologiche (temperatura esterna, umidità relativa, velocità del vento, radiazione solare).
- Dati termici (temperatura dell'aria in ingresso ed uscita dalla facciata).
- Dati elettrici (intensità di corrente, tensione, potenza erogata).

### Prestazioni energetiche annuali

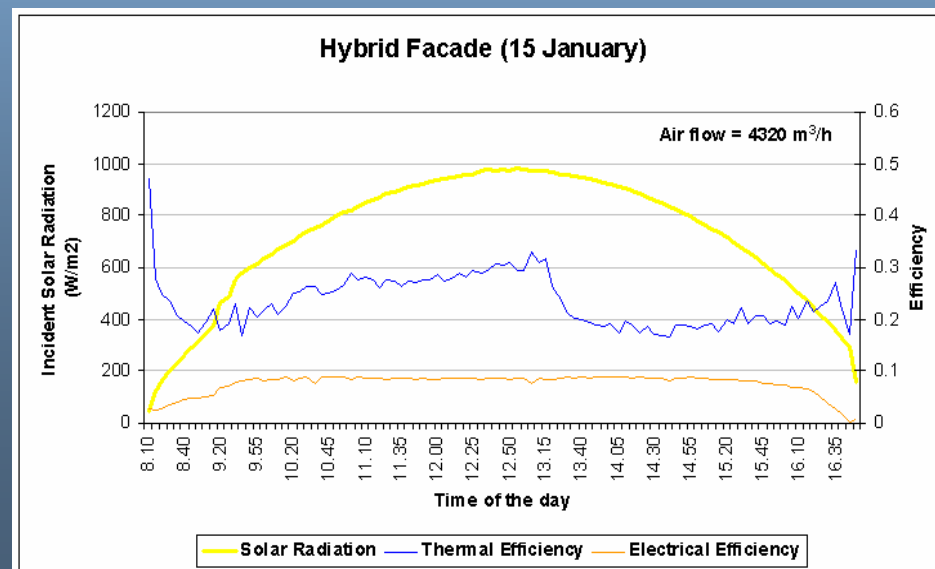
- Energia elettrica: 22,1 MWh/anno (la produzione è superiore all'incirca del 10% rispetto ad un impianto di tipo tradizionale)
- L'impianto ha un elevato fattore di prestazione e raggiunge in alcuni casi la potenza nominale fotovoltaica.

## EFFICIENZE DELLA FACCIATA IBRIDA (rilevazioni)



L'efficienza media di conversione fotovoltaica si aggira mediamente intorno al 9-10% nell'arco della giornata.

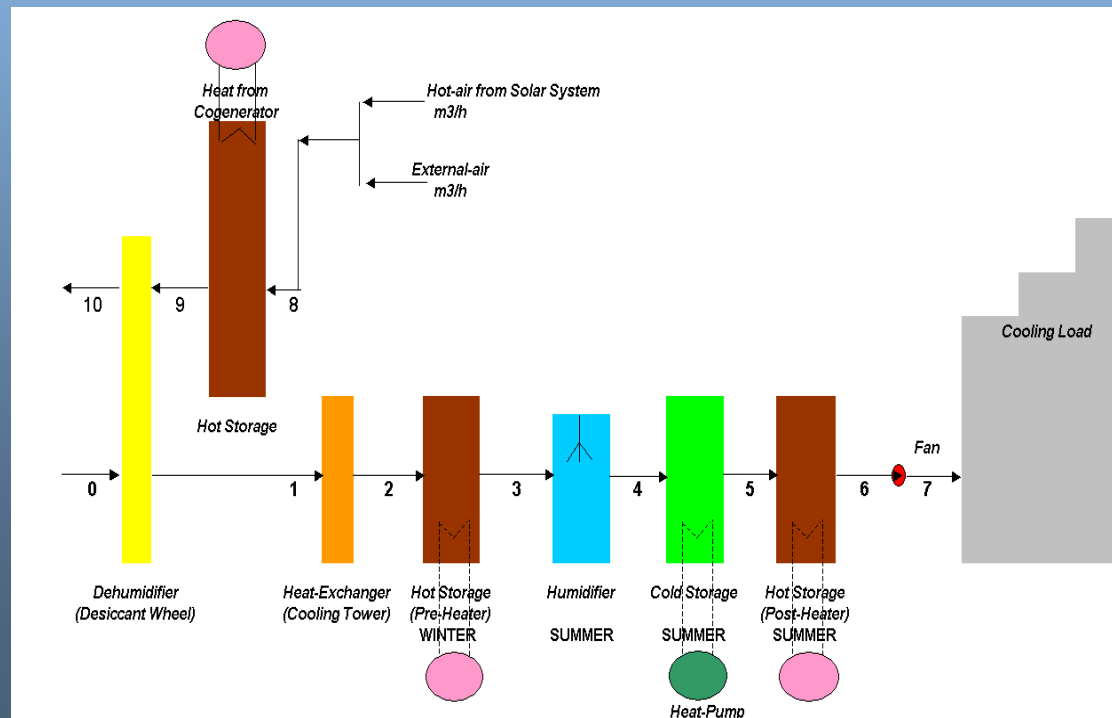
L'efficienza termica di conversione della facciata ibrida varia mediamente tra il 20 ed il 40% nell'arco della giornata.



## SVILUPPO DEL MODELLO DI SIMULAZIONE

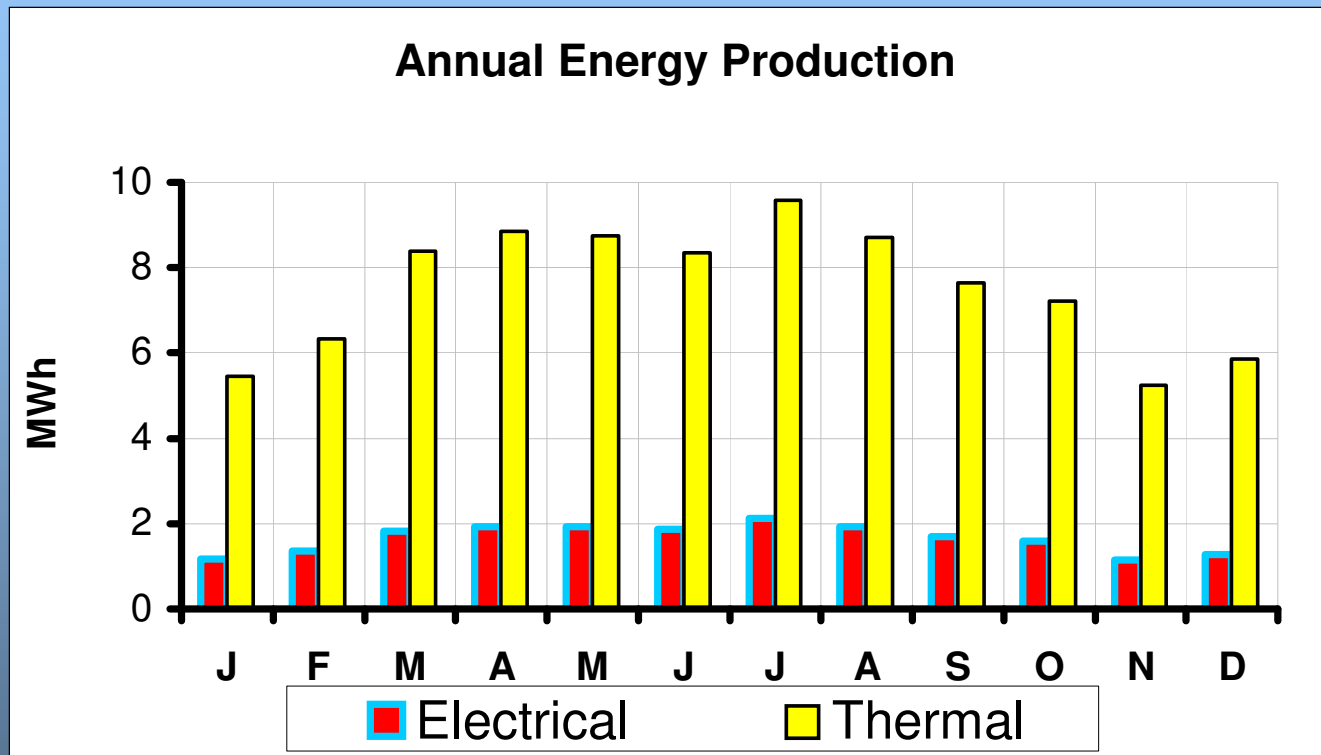
I modelli matematici dei subcomponenti sono stati sviluppati in FORTRAN, come moduli TRNSYS.

Successivamente i modelli sono stati importati in MATLAB ed è stato realizzato il modello complessivo del sistema Ecomensa, organizzato in più sezioni, corrispondenti alle varie parti dell'impianto generale.





## PRESTAZIONI DELLA FACCIATA IBRIDA (simulazione)



### Prestazioni stimate

Energia elettrica: 20 MWh/anno

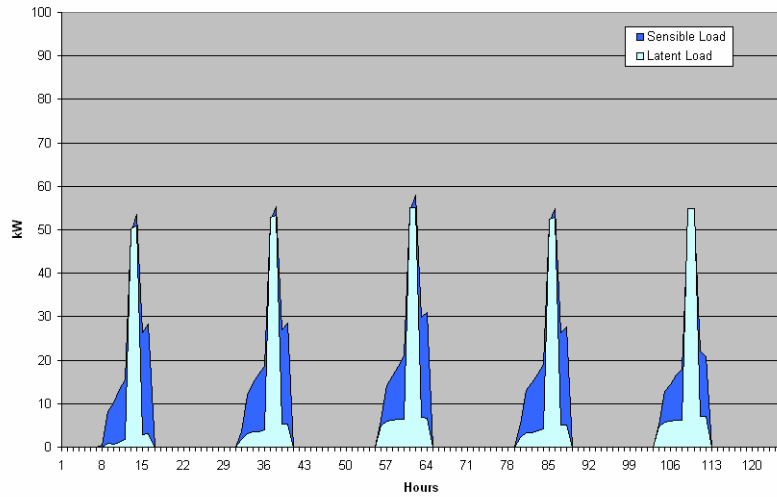
Energia termica: 90 MWh /anno



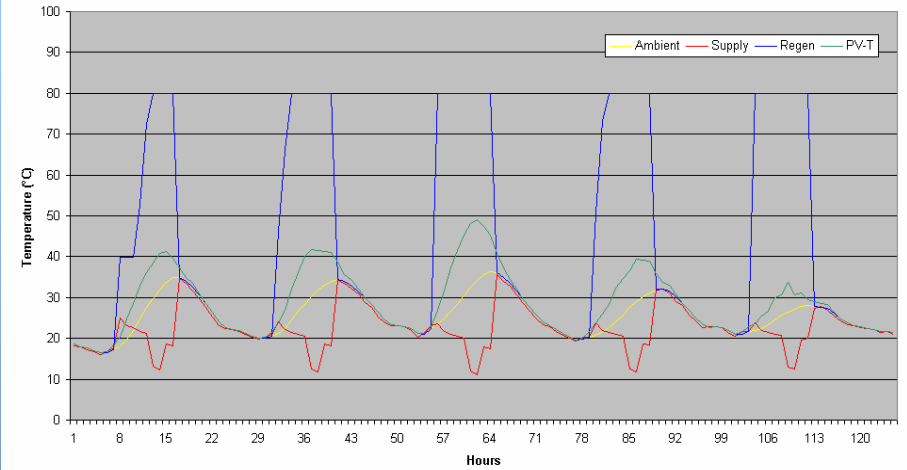
# PRESTAZIONI DEL SISTEMA DI RAFFRESCAMENTO



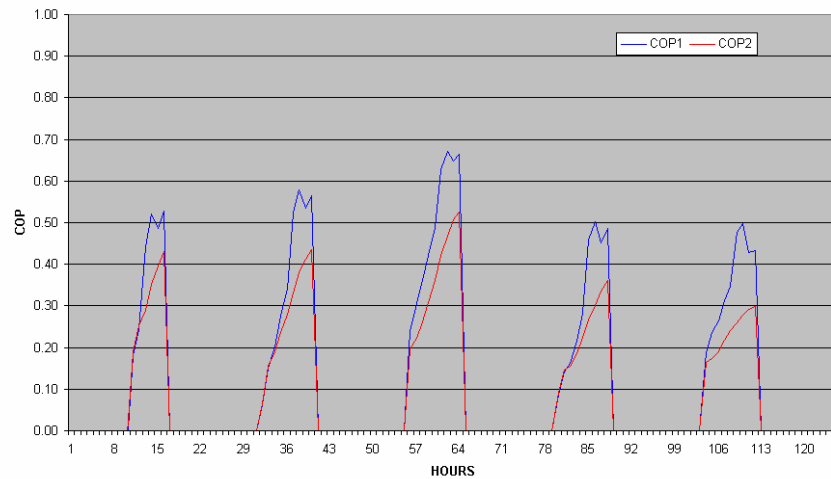
2-6 JULY (Office Canteen - Turin)  
Sensible and Latent Load



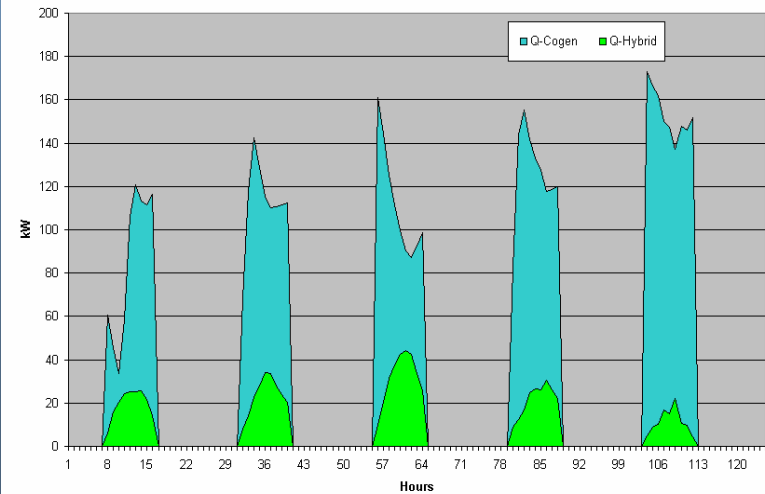
2 - 6 JULY (TORINO)



2 - 6 JULY (TURIN)



2 - 6 JULY (TURIN)  
DEC Regeneration Power





## **CONCLUSIONI**

---

- La facciata ibrida del Progetto Ecomensa rappresenta un esempio di integrazione della tecnologia ibrida fotovoltaico-termica in un sistema d'involucro edilizio innovativo.
- La facciata solarizzata produce annualmente elettricità e calore in una quantità tale da consentire un risparmio complessivo di 185 MWh di energia primaria, il che si traduce nella mancata emissione in atmosfera di circa 40 tonnellate di CO<sub>2</sub>.
- Il Progetto Ecomensa, nel suo insieme, realizza notevoli benefici ambientali, permettendo annualmente il risparmio di circa 398 MWh di energia primaria ed evitando l'emissione di circa 75 t di CO<sub>2</sub>.
- I risultati illustrano senza dubbi l'efficacia della realizzazione, attualmente la più grande italiana (ed una delle maggiori al mondo) nel campo dell'integrazione edilizia dei sistemi ibridi fotovoltaico-termici.



***Grazie per la vostra  
Attenzione !***