



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

# EMS per la gestione operativa multi- obiettivo della SPM del campus di Savona

## Evento finale - Progetto Living Grid

*Web-meeting 4 marzo 2021*

**Martina Caliano – Laboratorio Smart Grid e Reti Energetiche**



1101 0110 1100  
0101 0010 1101  
0001 0110 1110  
1101 0010 1101  
1111 1010 0000



# Contenuti

- ❖ Contesto di riferimento
- ❖ Obiettivi dell'analisi svolta
- ❖ Presentazione del tool e caso studio
- ❖ Casi analizzati
- ❖ Principali risultati
- ❖ Conclusioni

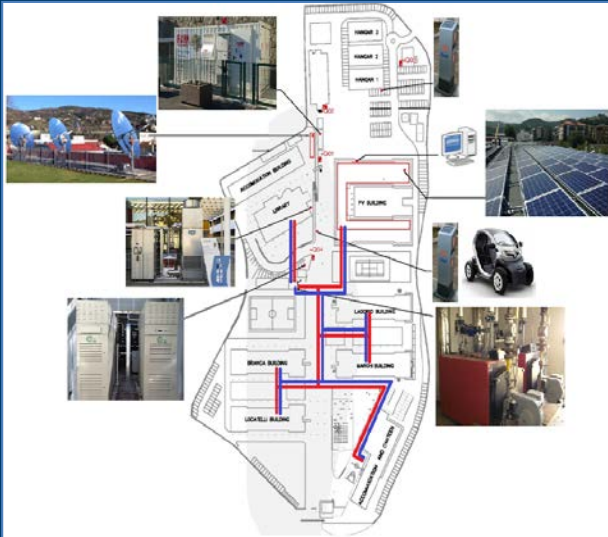
# Contesto di riferimento

- ❖ L'integrazione della generazione distribuita nell'ambito dei sistemi di approvvigionamento energetico degli edifici è in continua crescita, anche grazie alle politiche di supporto adottate a livello Europeo e mondiale
- ❖ L'introduzione di una quantità crescente di generazione distribuita, basata sui sistemi di produzione di piccola e media potenza che sfruttano fonti rinnovabili, sta determinando un cambiamento radicale del sistema energetico nazionale, che si traduce nella necessità di implementazione di nuove modalità "smart" di gestione ed esercizio

**Obiettivi fondamentali:** aumentare l'affidabilità delle reti e migliorare la qualità del servizio verso i clienti finali

# Obiettivo dell'analisi

## Gestione operativa multi-obiettivo della SPM

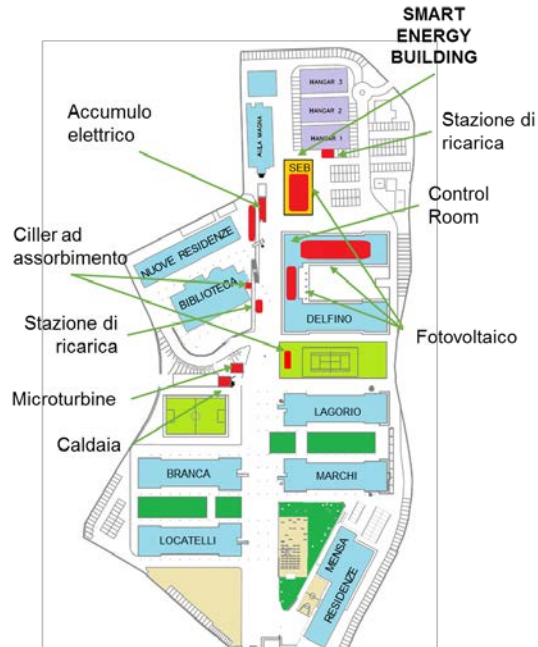


Messa a punto di strategie operazionali per la riduzione del costo dei vettori energetici associati al caso studio della Smart Polygeneration Microgrid del Campus di Savona.

L'attività ha previsto lo sviluppo di un modello di ottimizzazione multi-obiettivo finalizzato alla minimizzazione del/dell':

- ❖ **Costo economico associato alla SPM;**
- ❖ **Costo ambientale associato alla SPM;**
- ❖ **Exergia in input al sistema.**

# Modello per la gestione multi-obiettivo della SPM



$H_R = \{1, \dots, h_r\}$  è l'insieme degli impianti produttivi rinnovabili;

$H_F = \{1, \dots, h_f\}$  è l'insieme degli impianti produttivi controllabili;

$S = \{1, \dots, k_s\}$  è l'insieme dei sistemi di accumulo.

# Funzioni obiettivo

**Obiettivo economico:** minimizzare il costo giornaliero dei vettori energetici associati alla micro-rete

$$C_M = \sum_{t=0}^{T-1} \left\{ \begin{aligned} &\Delta \left[ C_t P_{grid,IN,t} - B_t P_{grid,OUT,t} + P_{th,B,t} TES_{pp} \right] \\ &+ \left[ \sum_{h=1}^{H_{F,i}} Q_{utx,h,t} NG_{ppwf} + Q_{tx,h,t} NG_{pp} \right] \end{aligned} \right\}$$

$$C_{CO_2} = \sum_{t=0}^{T-1} \Delta \left\{ \begin{aligned} &\left[ f_e C_{CO_2} P_{grid,IN,t} + C_{CO_2} P_{PE,B,t} \tilde{E}_{f-ng} \right] \\ &+ \sum_{h=1}^{H_{F,i}} C_{CO_2} P_{PE,h,t} E_{f-ng} \end{aligned} \right\}$$

**Obiettivo ambientale:** minimizzare le emissioni giornaliere di CO<sub>2</sub> associate alla micro-rete

**Obiettivo exergetico:** massimizzare l'efficienza exergetica totale, ovvero minimizzare l'exergia giornaliera in input al sistema

$$\psi = Ex^{out} / Ex_{in}$$

# Metodo di ottimizzazione

Funzione multi-obiettivo

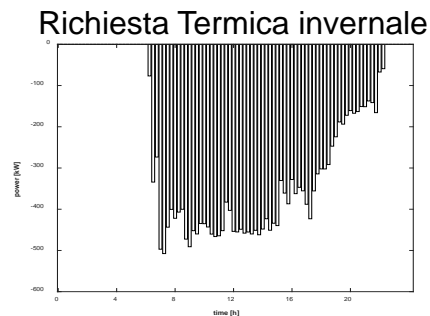
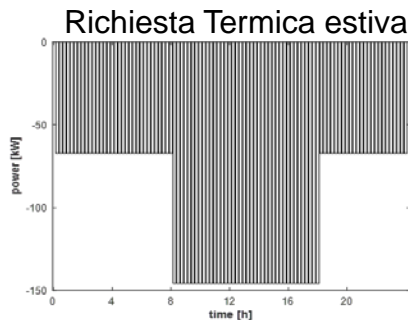
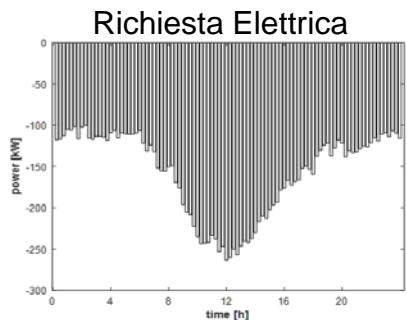
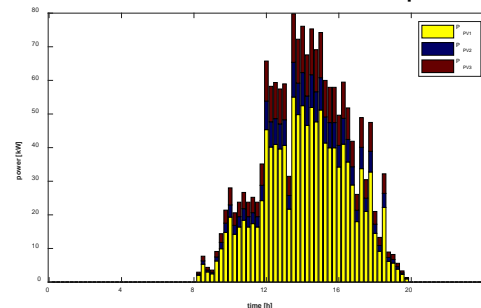
$$\min J = C_M + C_{CO2} + Ex_{in}$$

- ❖ Il problema di ottimizzazione di tipo MILP è stato risolto tramite l'utilizzo del programma Matlab, con il solver Gurobi.
- ❖ Le variabili utilizzate sono 3936 ed il run time è di 8,52 s.
- ❖ L'orizzonte di ottimizzazione è di 24 ore, con un intervallo di tempo di 15 minuti.

# Dati di input del modello

- ❖ Prezzi di elettricità e gas
- ❖ Fattori di emissione delle tecnologie
- ❖ Fattori exergetici dei vettori energetici in input alla rete e associati ai carichi
- ❖ Dati di taglia e efficienze delle tecnologie
- ❖ Temperatura aria esterna pari a 27°C nello scenario estivo, e a 10°C nello lo scenario invernale
- ❖ Previsione della potenza del sistema fotovoltaico
- ❖ Previsione delle richieste termiche ed elettrica

Generazione dei tre campi PV





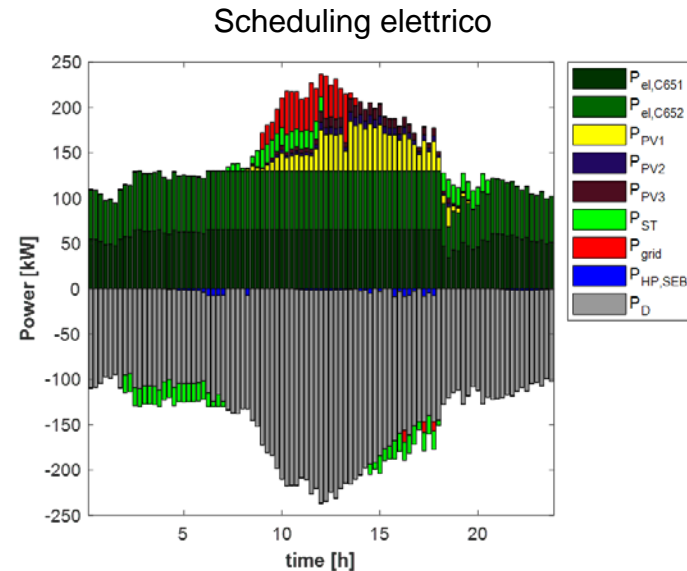
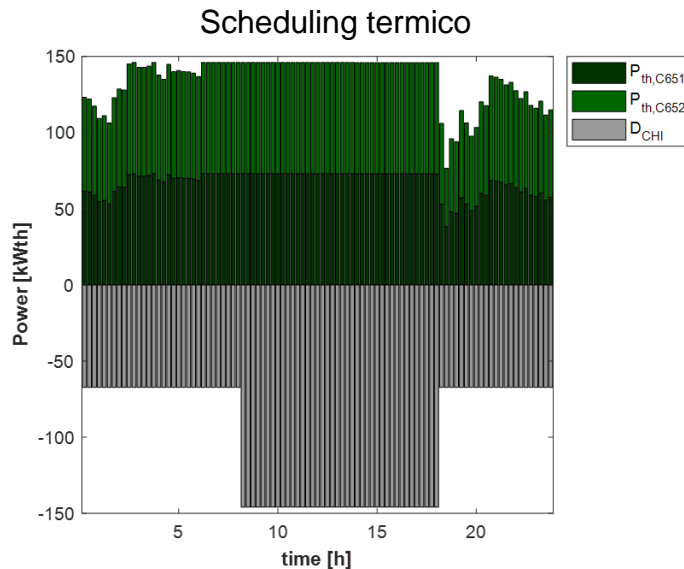
# Casi analizzati

Caso	Funzione Obiettivo	Scenario
I	Economica	Estivo
II	Economica	Invernale
III	Ambientale	Estivo
IV	Ambientale	Invernale
V	Exergetica	Estivo
VI	Exergetica	Invernale
VII	Multi-obiettivo	Estivo

# Gestione ottimizzata per il Caso I

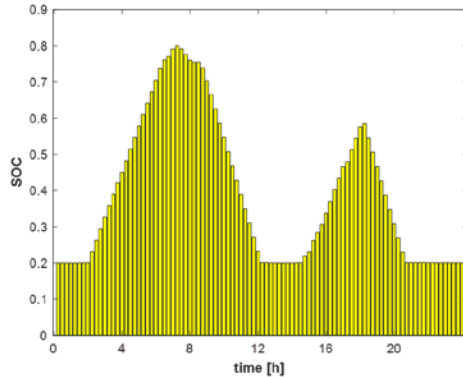
## Scenario estivo con ottimizzazione solo di tipo economico

Il costo totale ottenuto dall'ottimizzazione è 466,5 €, corrispondente a 0,657 ton di CO<sub>2</sub> e un'exergia in input al sistema pari a 8552,2 kWh.

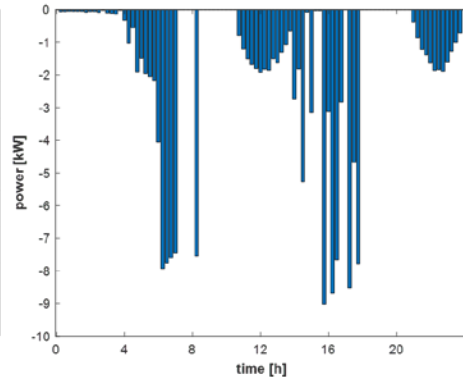


# Gestione ottimizzata per il Caso I

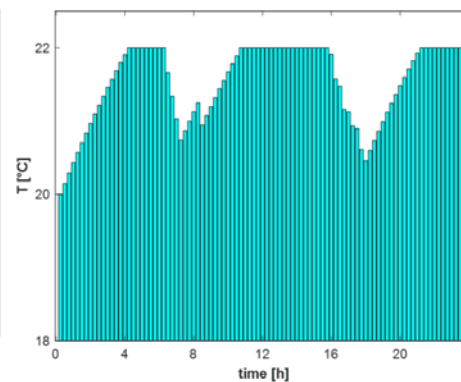
Andamento dello stato di carica della batteria



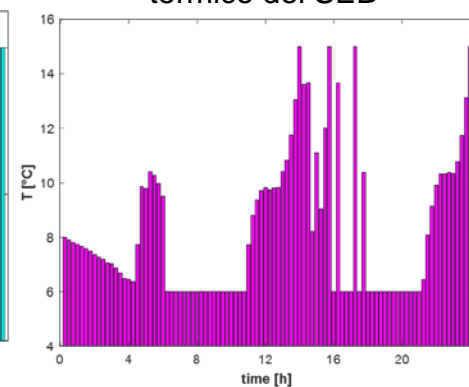
Potenza assorbita dalla pompa di calore



Andamento delle temperature nel SEB



Andamento della temperatura del sistema di accumulo termico del SEB

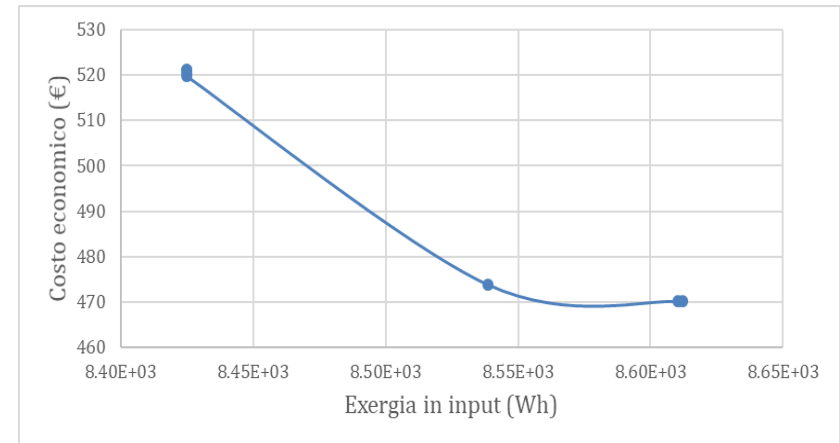


# Risultati dell'ottimizzazione multi-obiettivo

Peso	$a_{CO_2}$	0	10	12,50	17,00
$a_{ex}$					
0		466,51 €	466,51 €	466,51 €	466,51 €
0,20		470,40 €	470,40 €	470,40 €	470,40 €
0,30		487,95 €	487,95 €	487,95 €	487,95 €
0,5		495,14 €	495,14 €	495,14 €	495,14 €
0,7		514,98 €	514,98 €	514,98 €	514,98 €

$a_{ex}$	Costo economico (€)	Exergia in input (kWh)
1000	521,2073	8,42E+03
100	521,2063	8,42E+03
10	520,1887	8,42E+03
1	519,8	8,42 E+03
0.1	473,88	8,54E+03
0.01	470,13	8,61E+03
0.001	470,12	8,61E+03

Fronte di Pareto ottenuto dalla risoluzione del problema di ottimizzazione multi-obiettivo costi-exergia in input



# Conclusioni

L'attività ha previsto la definizione e lo sviluppo di una strategia di ottimizzazione multi-obiettivo, applicata al caso studio della SPM del Campus universitario di Savona, nell'ottica del raggiungimento di obiettivi economico/ambientali, quali la riduzione del costo dell'energia per gli usi finali e la riduzione dell'impatto ambientale. Tale approccio è stato basato anche su un'analisi exergetica mirata all'uso razionale delle risorse energetiche

Sono stati ottenuti gli scheduling ottimizzati per la SPM a seconda dello scenario e dell'obiettivo considerato prioritario e nel caso multi-obiettivo

Punto di forza del tool sviluppato è la sua flessibilità e adattabilità a diversi contesti reali, come quello della SPM del campus di Savona

Martina Caliano  
martina.caliano@enea.it



1101 0110 1100  
0101 0010 1101  
0001 0110 1110  
1101 0010 1101  
1111 1010 0000

