



# CONFIGURAZIONI, ASPETTI ENERGETICI E OTTIMIZZAZIONE DEI CONSUMI

***Prof. Daniele TESTI***

*Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni (DESTEC)*

Università di Pisa

Giovedì 29 giugno 2023



# SOMMARIO

Generalità sulla **produzione** e gli **usi finali** dell'energia.

Il nuovo paradigma dei **sistemi energetici distribuiti** e l'**integrazione** con le **fonti rinnovabili**.

Tipiche **curve orarie** e **stagionali** di **richiesta** di **energia elettrica** e **termica**.

Tipiche **curve orarie** e **stagionali** di **produzione** da **eolico**, **fotovoltaico** e **solare termico**.

Principali **tecnologie** per la **produzione** e l'**accumulo** dell'energia elettrica e termica e criteri di **dimensionamento**.

Possibili strategie di **gestione** dei **flussi energetici** per **produttori/consumatori singoli** (prosumers) o **aggregati** (comunità energetiche).

Presentazione di un **caso studio**.

Focus sull'**incentivo italiano** dedicato alle **CER** (Comunità Energetiche Rinnovabili).



## INTEGRAZIONE OTTIMALE DI TECNOLOGIE E VETTORI IN SISTEMI ENERGETICI DISTRIBUITI COME CHIAVE PER UN FUTURO ENERGETICO SOSTENIBILE

I **sistemi energetici distribuiti** possono giocare un ruolo decisivo nello sviluppo di un **nuovo paradigma** energetico, maggiormente **sostenibile**.

L'elevata **efficienza** che risulta da un'**integrazione ottimale** di **diverse tecnologie** e **vettori energetici**, associata a una maggiore penetrazione di impianti a fonti **rinnovabili elettriche e termiche**, condurrà a sostanziali **risparmi di energia primaria**, associati a una **riduzione delle emissioni climalteranti**, e garantendo, al tempo stesso, la **sostenibilità economica** dei progetti di **nuove installazioni** o di **riqualificazioni** dell'esistente.





## INTEGRAZIONE OTTIMALE DI TECNOLOGIE E VETTORI IN SISTEMI ENERGETICI DISTRIBUITI COME CHIAVE PER UN FUTURO ENERGETICO SOSTENIBILE

Ciononostante, l'intrinseca **complessità** di sistemi come quelli energetici **poligenerativi** a **rinnovabili ibride** fa sì che le loro prestazioni **energetiche, ambientali ed economiche** siano fortemente **influenzate** dalla **sintesi progettuale**, dal corretto **dimensionamento** dei singoli **dispositivi** e dalle **strategie di gestione degli impianti**, delle **reti di distribuzione** e dei sistemi di **accumulo** per l'energia elettrica e termica.

Tutto ciò richiede lo sviluppo e l'implementazione di **tecniche avanzate di progettazione e controllo**, che prevedano **scelte esperte di modellazione** dei sistemi e delle **utenze** e sfruttino gli strumenti di **simulazione dinamica, ottimizzazione, monitoraggio e analisi dell'incertezza**.





## INTEGRAZIONE OTTIMALE DI TECNOLOGIE E VETTORI IN SISTEMI ENERGETICI DISTRIBUITI COME CHIAVE PER UN FUTURO ENERGETICO SOSTENIBILE

Come risultato, avremo soluzioni progettuali non solo efficienti, ma anche **affidabili e resilienti**, in modo da avvicinare e convincere i **finanziatori**.

Su **scala locale**, si potrà puntare all'**autosufficienza** delle **comunità energetiche**, ma a patto di **rivedere i modelli di utilizzo** dell'energia.

In questa nuova prospettiva, sarà necessario **negoziare e adattare** le **richieste** di energia alle **risorse disponibili**, in termini sia di **usi complessivi** sia di **distribuzioni orarie**.

Per affrontare questi scenari, è quanto mai importante **unire** le **forze** e le **competenze** in ambito **scientifico-tecnologico, normativo e sociale**.

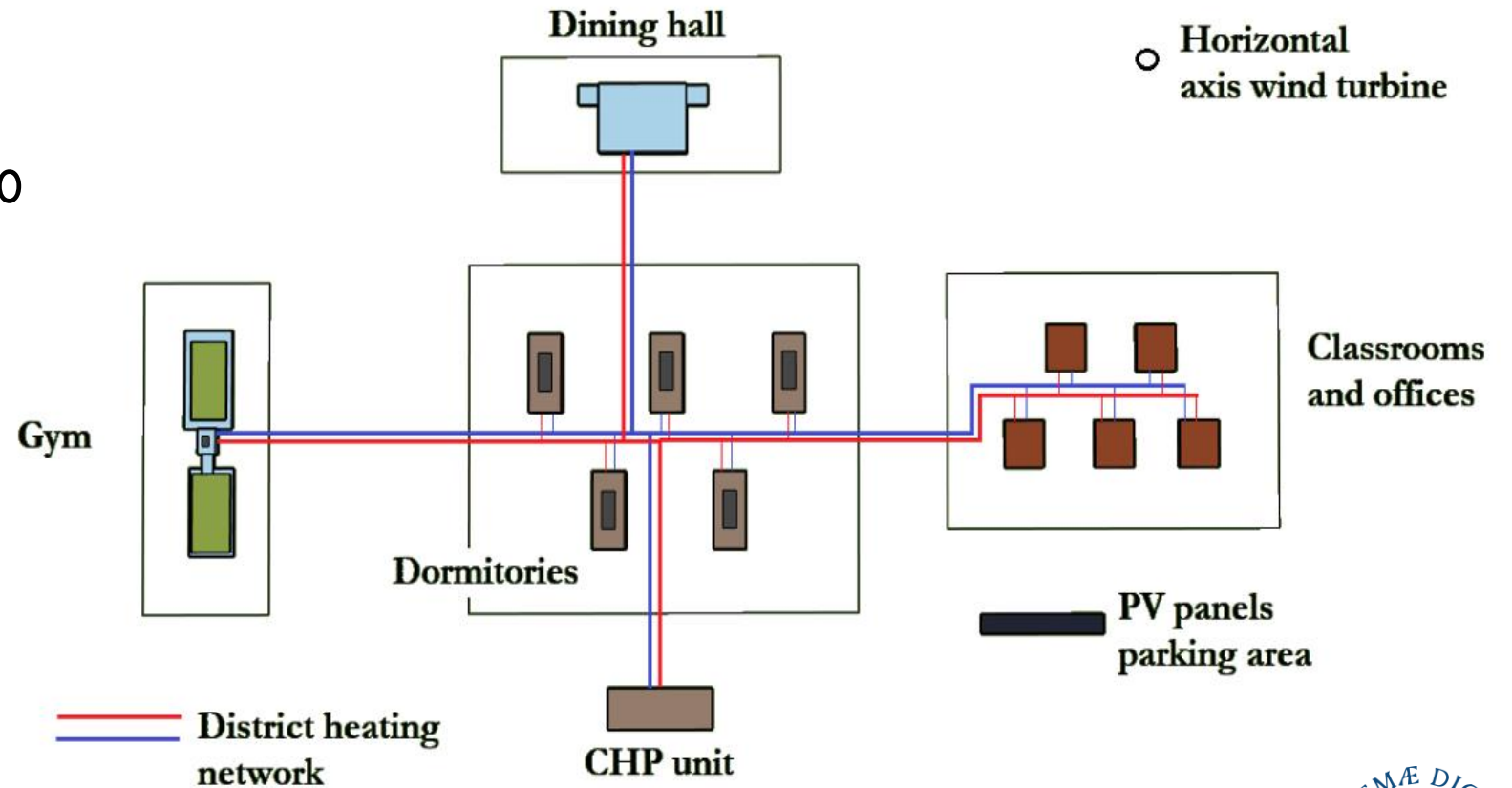
# CASO STUDIO: UN CAMPUS A TRIESTE

## Campus universitario con:

- edifici residenziali per circa 300 studenti
- palestra e impianti sportivi
- classi per circa 1000 studenti
- uffici per docenti e amministrazione

## Dimensioni complessive:

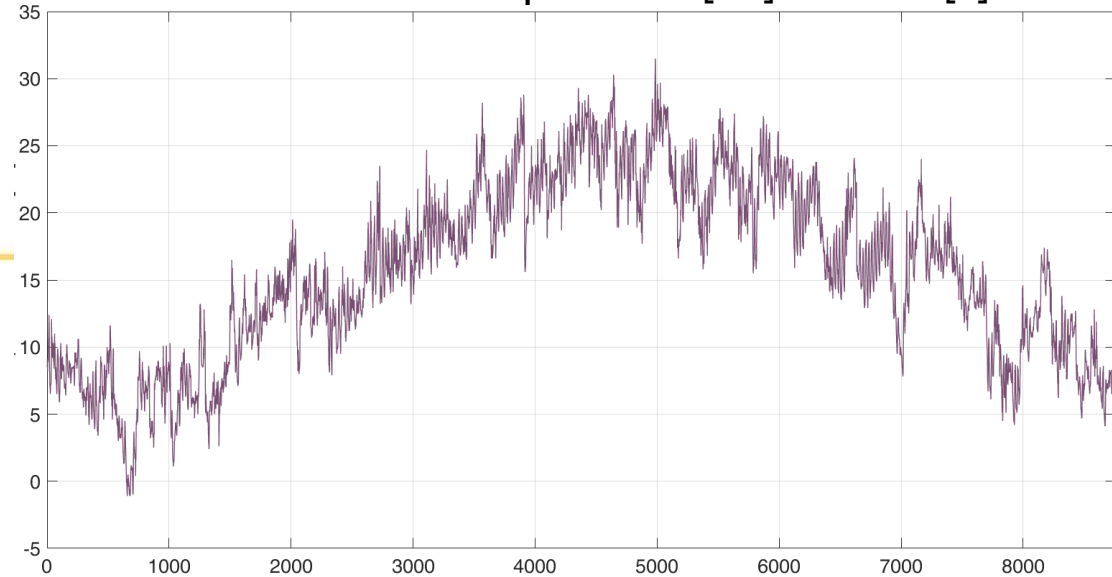
0,5 x 1,0 km<sup>2</sup>



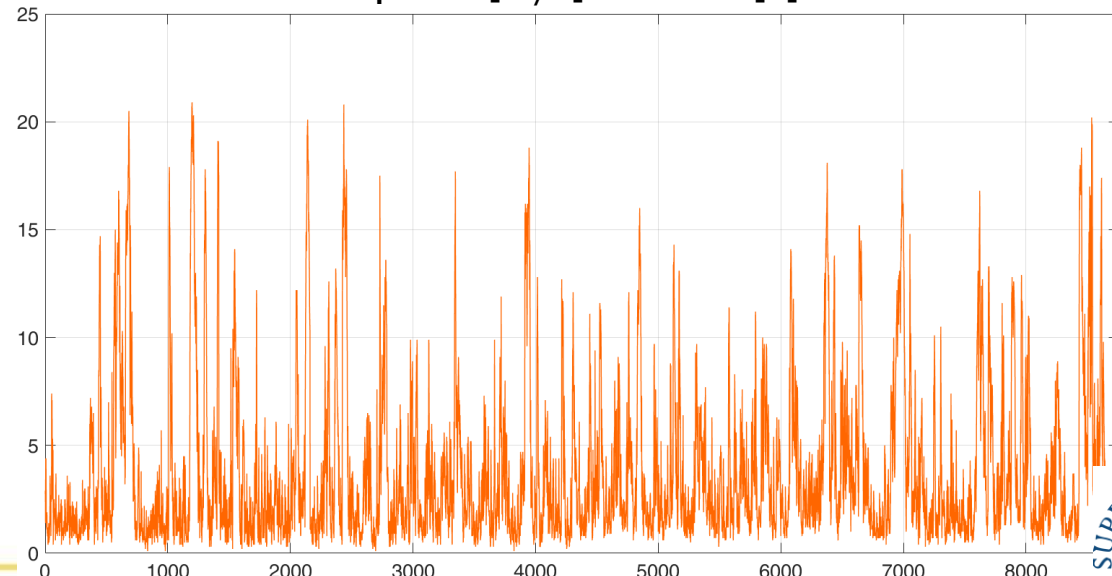
## Trieste

- Temperature media: 15.6 °C  
(inverno: 12.8 °C, estate: 22.4 °C)
- Irradianza media su superficie orizzontale:  
220 W/m<sup>2</sup>  
(inverno: 113 W/m<sup>2</sup>, estate: 295 W/m<sup>2</sup>)
- Velocità media del vento: 3.8 m/s  
(direzione prevalente: nord-est, inverno:  
4.1 m/s, estate: 3.7 m/s)

External air temperature [°C] vs. time [h]



Wind speed [m/s] vs. time [h]



# FABBISOGNI TERMICI DI RISCALDAMENTO E DI RAFFRESCAMENTO

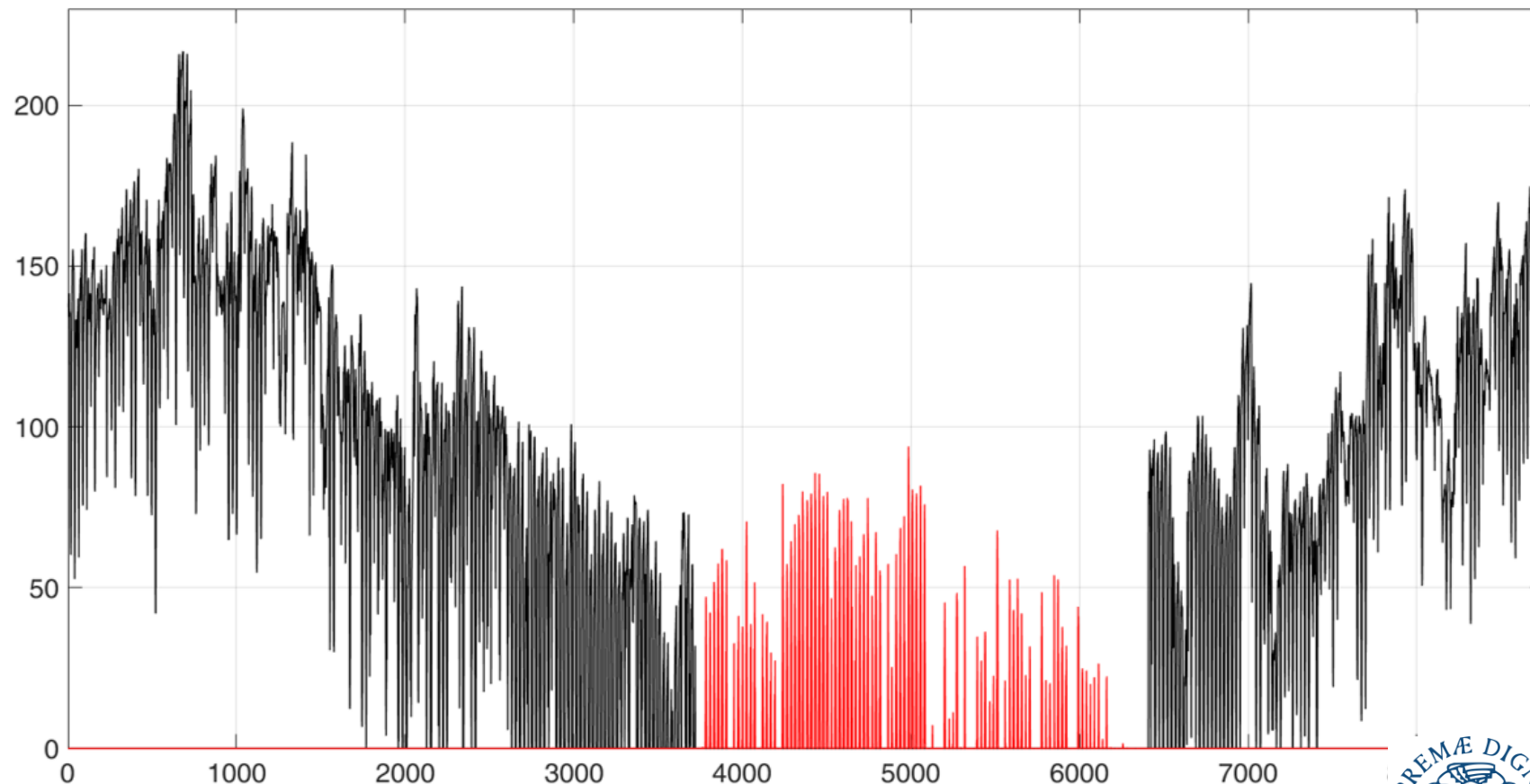
Heating (black) and cooling (red) loads [kW] vs. time [h]

Riscaldamento, fabbisogno energetico annuale e potenza di picco:

- 570 MWh
- 217 kW

Raffrescamento, fabbisogno energetico annuale e potenza di picco:

- 18.3 MWh
- 93.9 kW

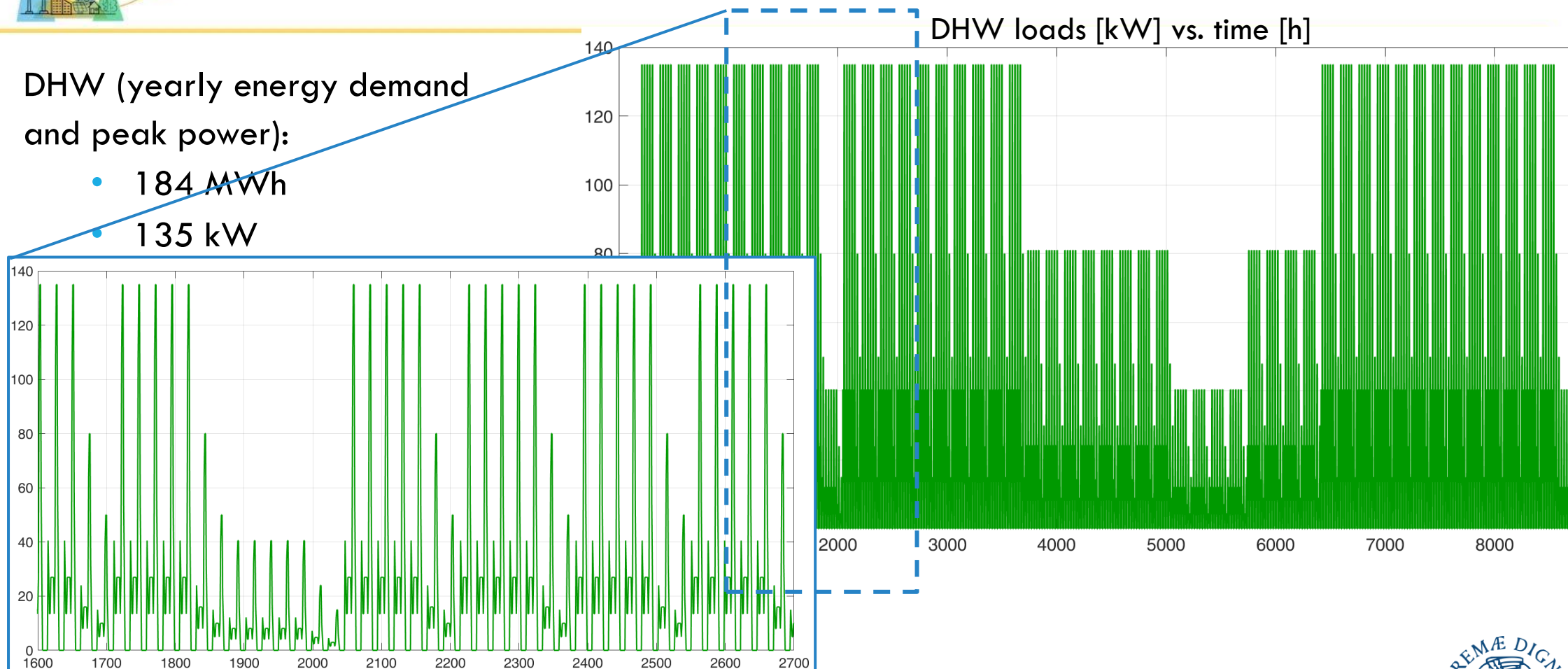




# FABBISOGNO ENERGETICO PER ACQUA CALDA SANITARIA

DHW (yearly energy demand  
and peak power):

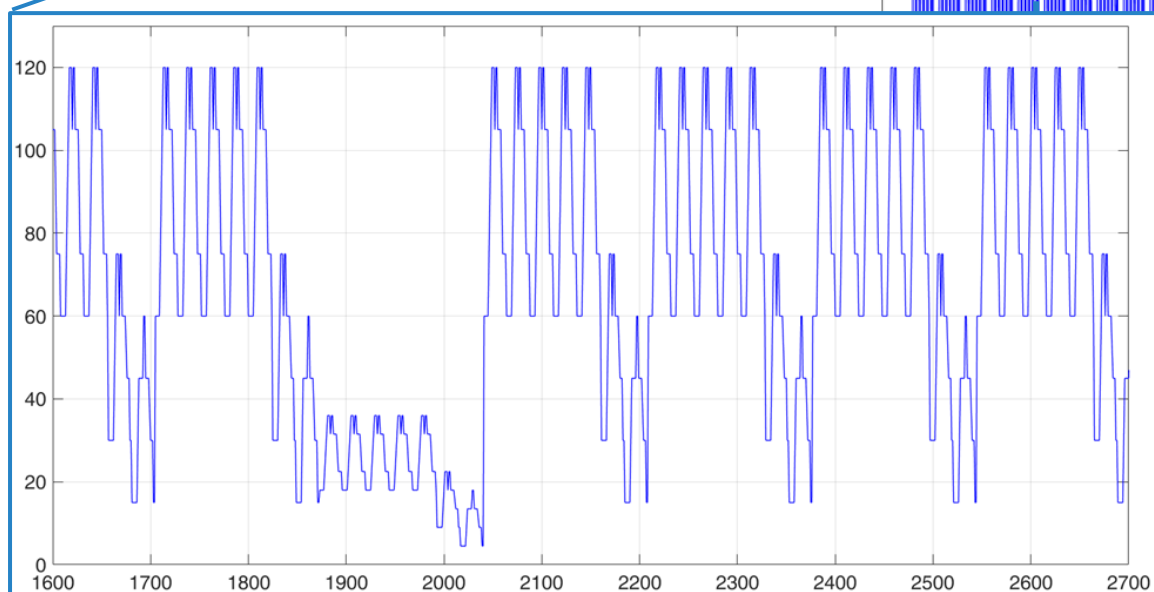
- 184 MWh
- 135 kW



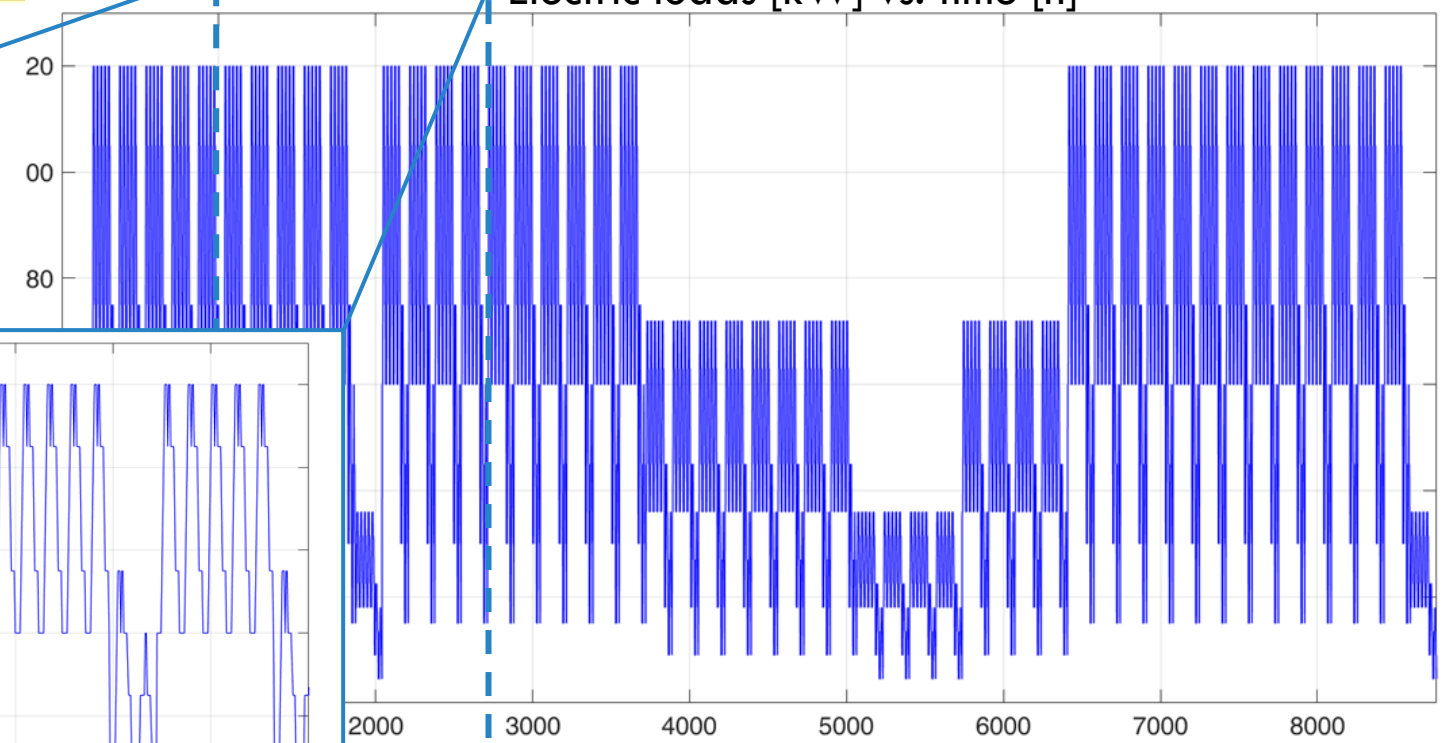
# CARICHI ELETTRICI

Energia elettrica (fabbisogno annuo e potenza di picco):

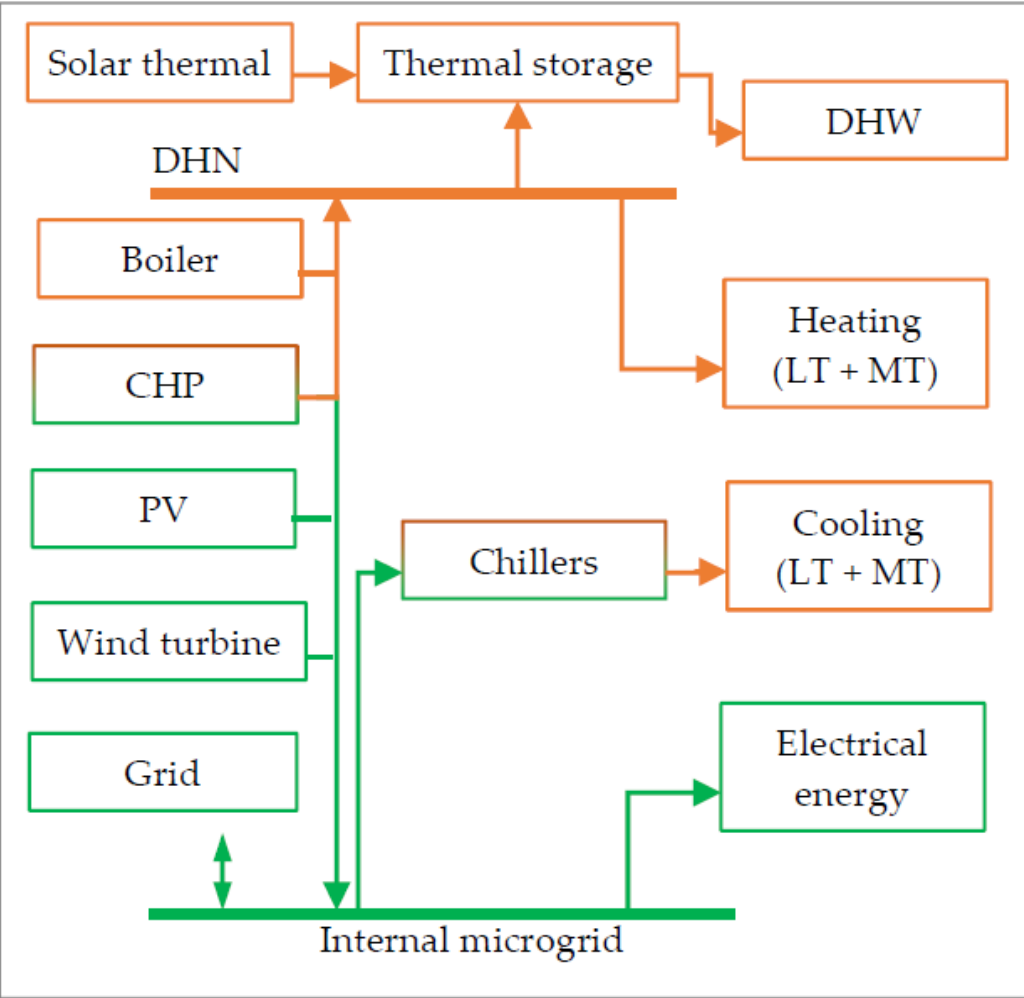
- 539 MWh
- 120 kW



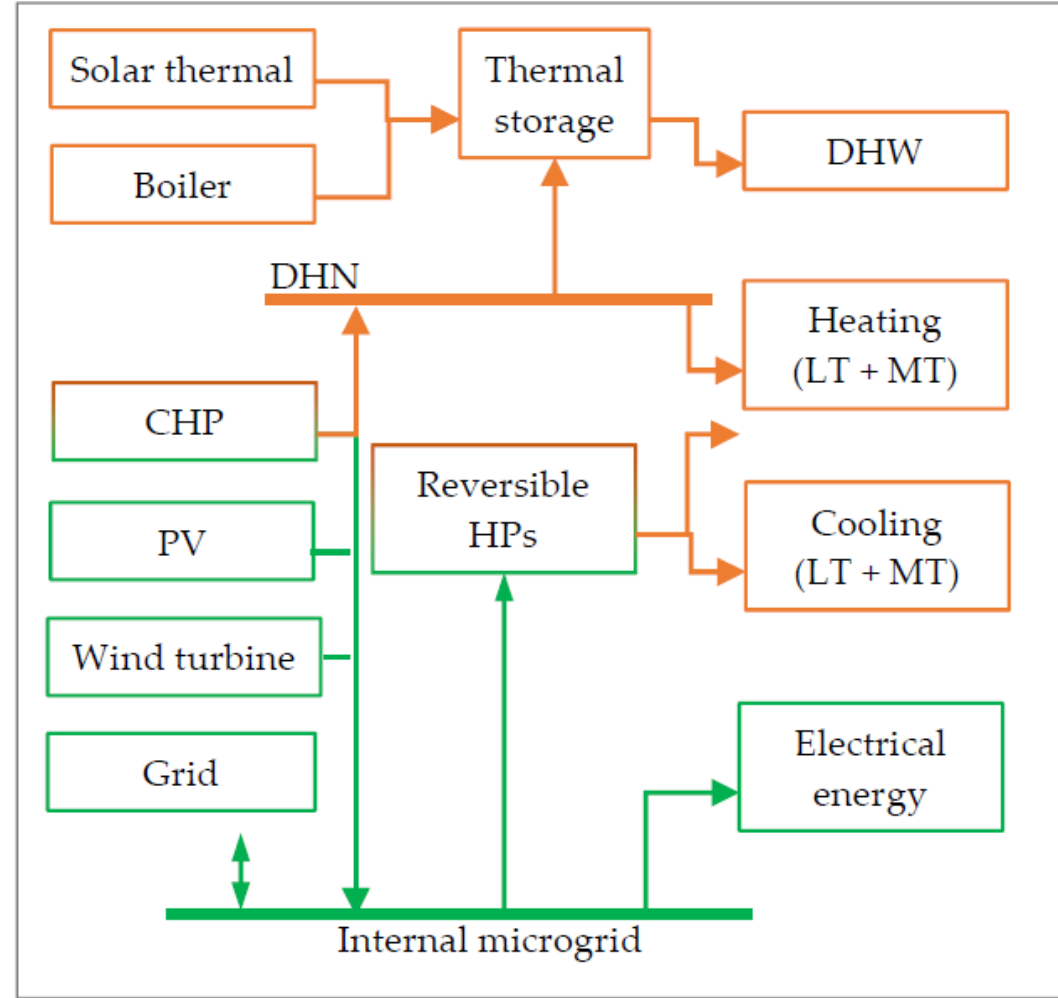
Electric loads [kW] vs. time [h]



# FLUSSI ENERGETICI E TECNOLOGIE



Centralized configuration



Decentralized configuration

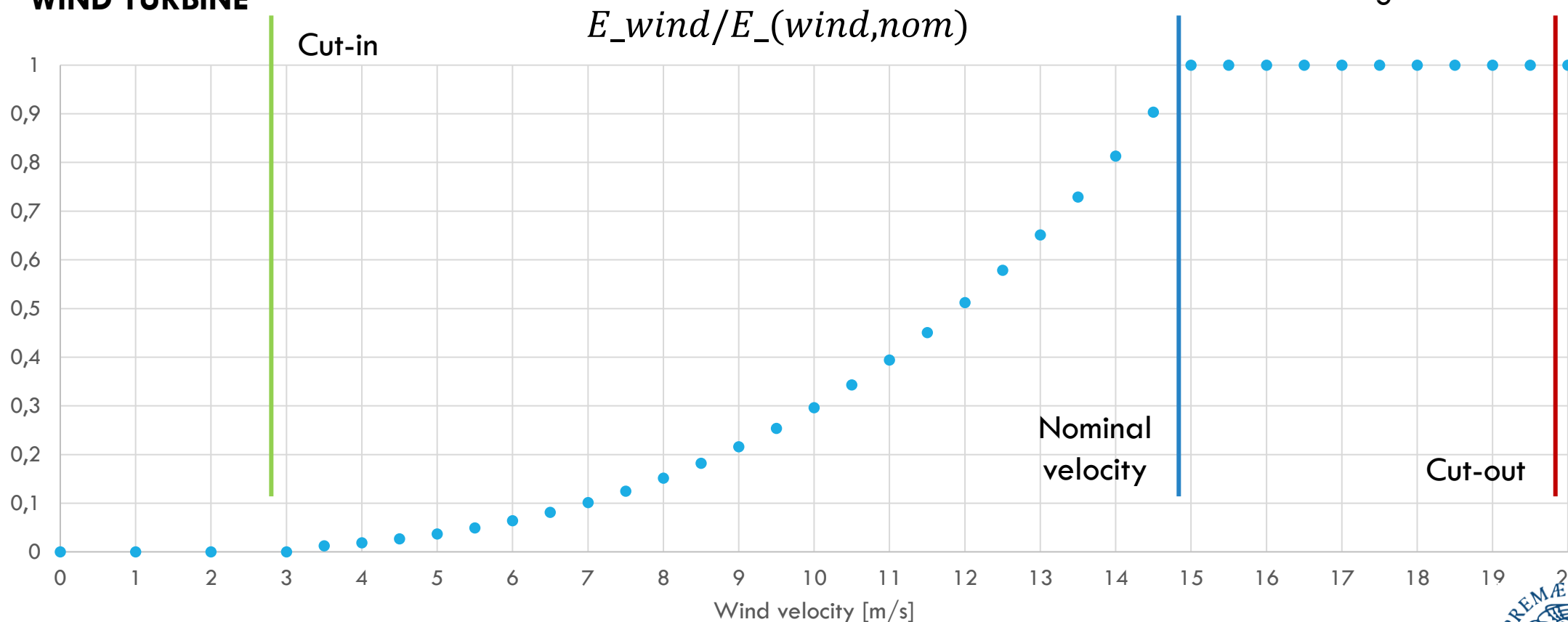
3 possible dispatch orders from the DHN are evaluated:

- DHW, MT, LT
- MT, LT, DHW
- MT, DHW, LT

# MODELLO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DI UN AEROGENERATORE

Wind turbine hub height: 25 m

## WIND TURBINE





# COSTI D'INVESTIMENTO

## Investment and O&M costs of energy technologies

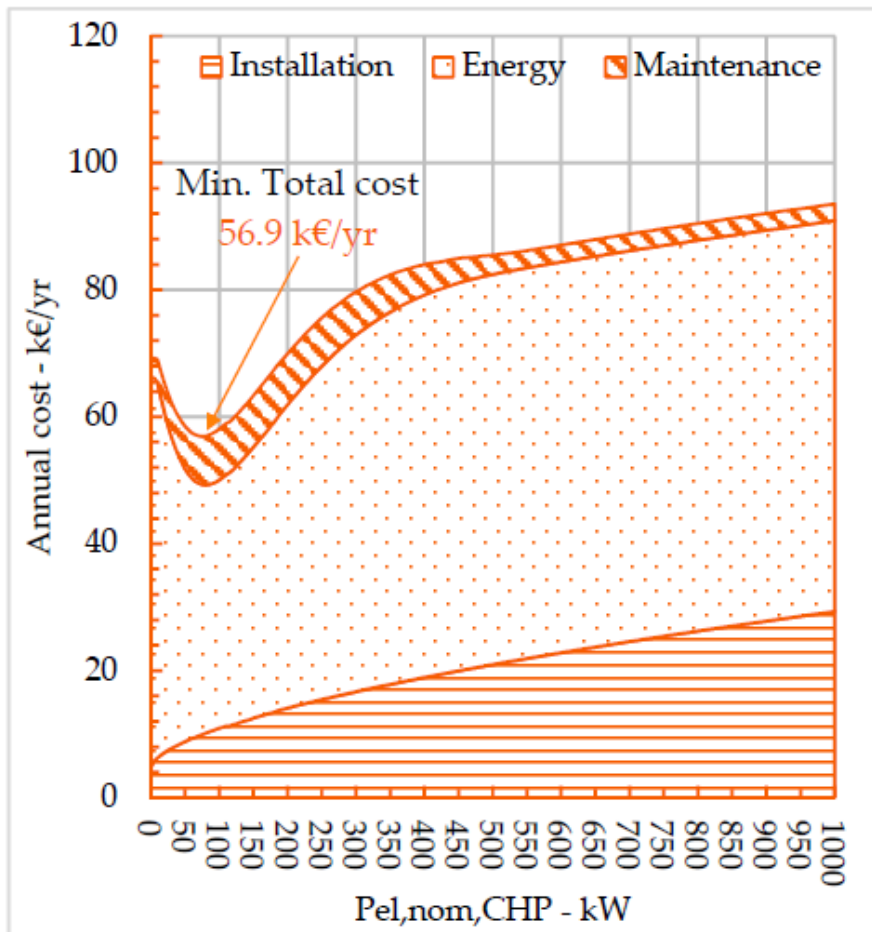
	Capital Costs	O&M Costs
<b>CHP</b>	$7789 \cdot P^{0.6}$ € (P being the nominal electric power in kW)	0.015 €/kWh
<b>PV</b>	1500 €/kW	0.038 €/kWh
<b>WT</b>	1700 €/kW $P_{\text{turbine}} < 20$ kW 1570 €/kW $P_{\text{turbine}} > 20$ kW	3% of capital cost
<b>HP</b>	700 €/kW	2% of capital cost
<b>Boiler</b>	200 €/kW	1% of capital cost

$$c_{\text{grid, buy}} = 0.20 \text{ €/kWh}$$

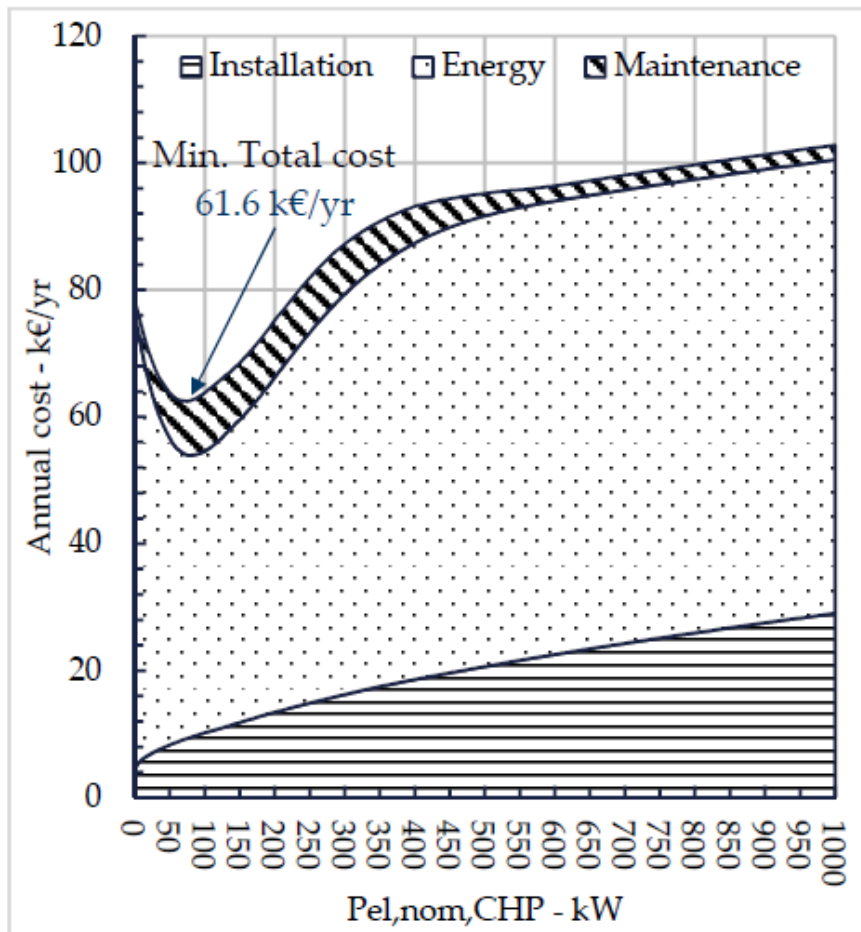
$$c_{\text{grid, sell}} = 0.08 \text{ €/kWh}$$

$$c_{\text{NG}} = 0.08 \text{ €/kWh}$$

# RISULTATI: TAGLIA OTTIMA DEL COGENERATORE

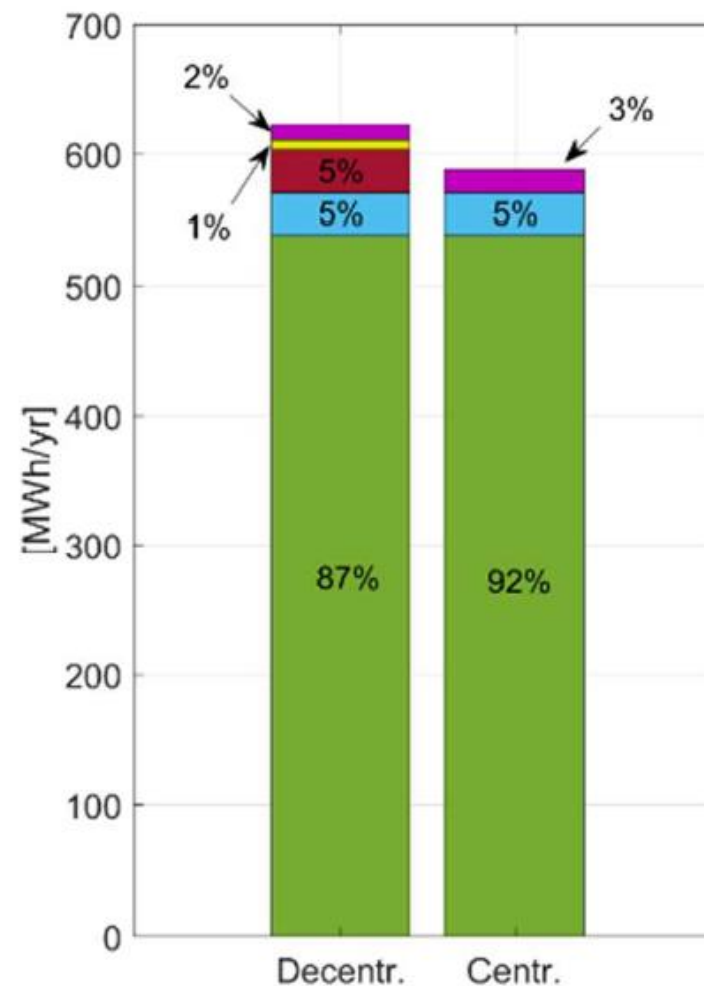
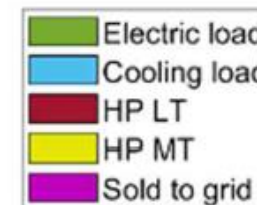
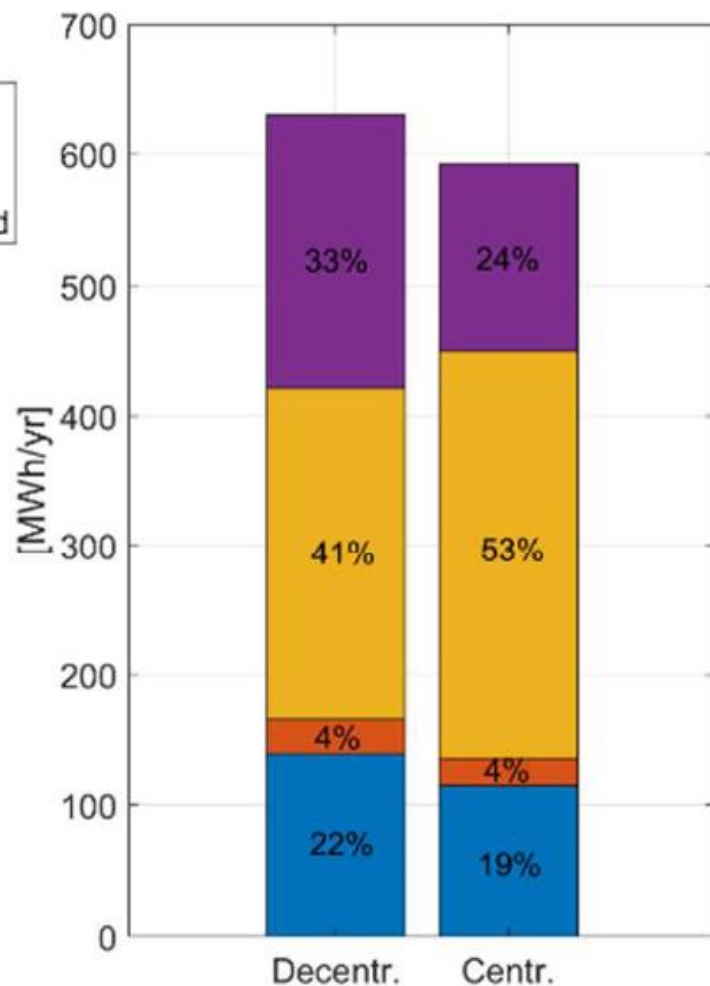
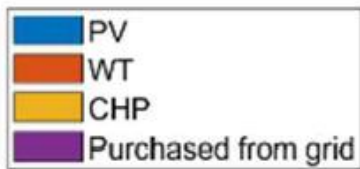


(a) Distributed configuration.



(b) Centralized configuration.

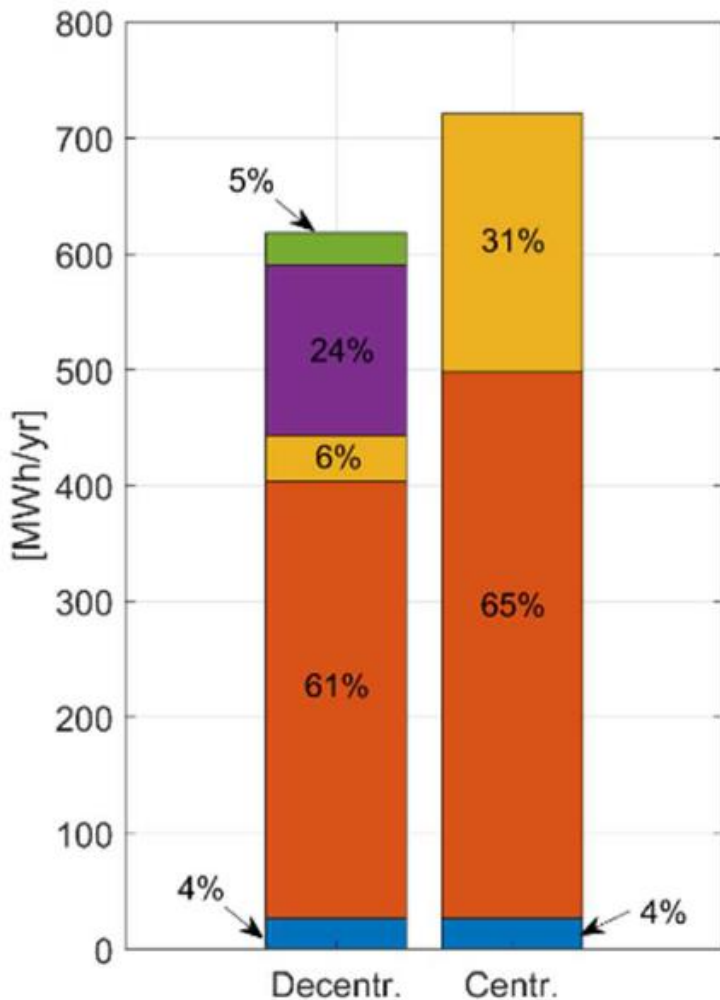
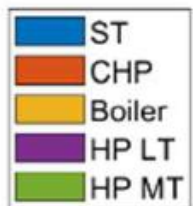
# RISULTATI: BILANCIO ANNUALE DELL'ENERGIA ELETTRICA



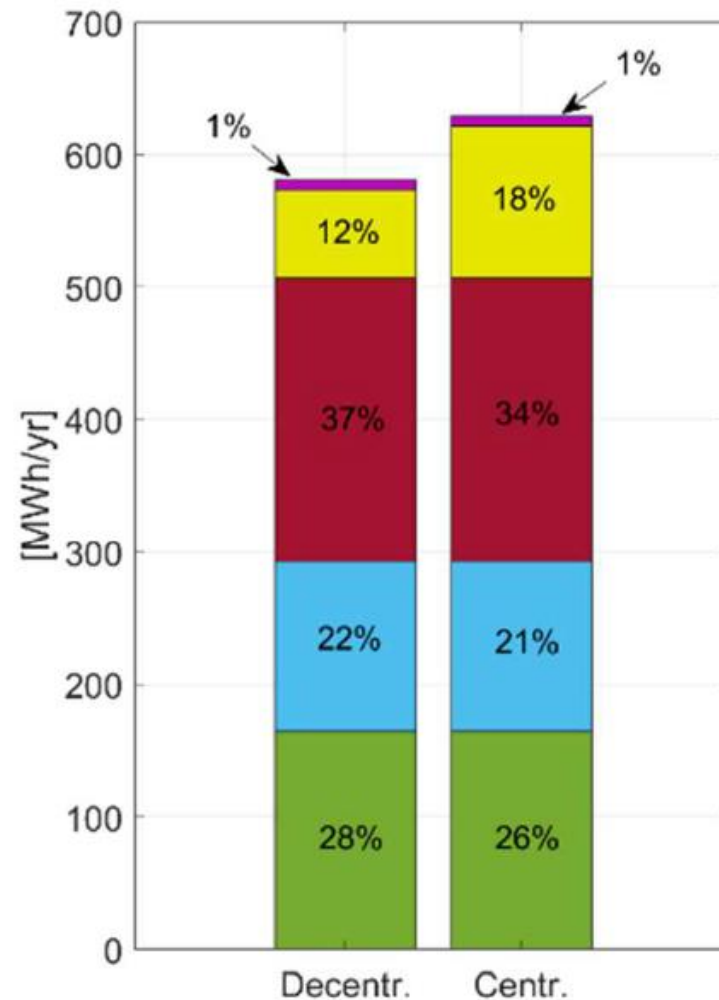
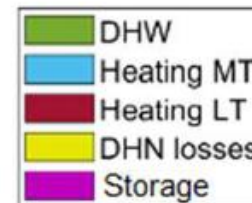


# RISULTATI: BILANCIO ANNUALE DELL'ENERGIA TERMICA

production



consumption







# L'INCENTIVO ITALIANO SULLE CER

Il ruolo centrale della **rete elettrica** e del **fotovoltaico**.

Il concetto di **autoconsumo diffuso** e di **energia condivisa** su base **oraria**.

Il vincolo spaziale della **cabina primaria**.

Chi sono i migliori **produttori** e, soprattutto, i migliori **consumatori**?

Come ottenere i **profili di richiesta energetica** dei soggetti da coinvolgere nella **CER**?

Come **dimensionare** gli **impianti di produzione** dell'energia?

Come **gestire i flussi energetici** per **ottimizzare l'autoconsumo** dell'energia e **massimizzare i benefici economici**? Attraverso quali **soluzioni tecnologiche (dispositivi energetici e piattaforme digitali)**?

Come **ripartire l'incentivo** ottenuto dalla CER tra i partecipanti?





## LINK UTILI

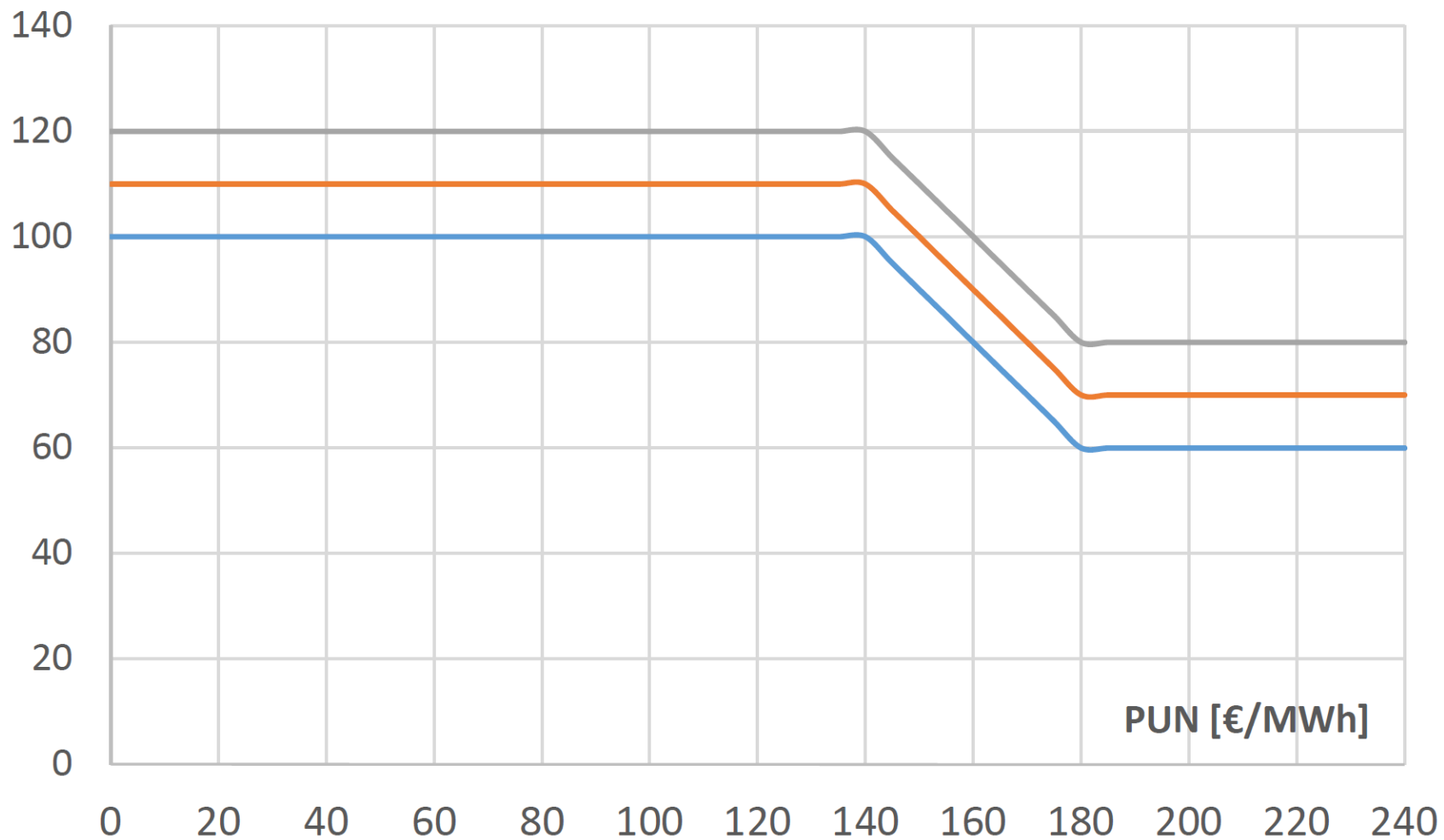
[https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis_en)

<https://www.e-distribuzione.it/a-chi-ci-rivolgiamo/casa-e-piccole-imprese/comunita-energetiche.html>

<https://www.consumienergia.it/portaleConsumi>

<https://www.mercatoelettrico.org>

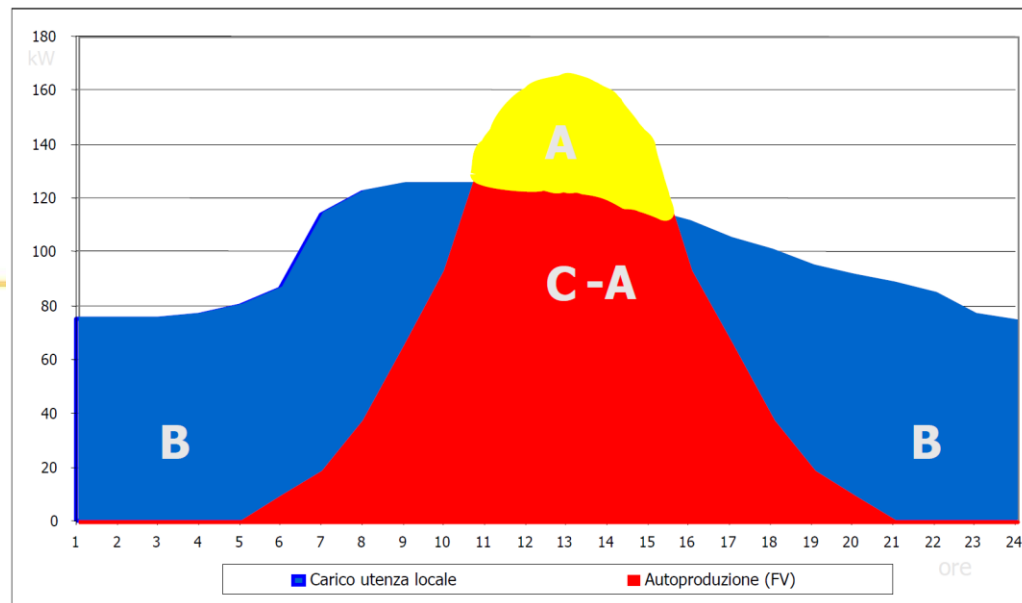
# Incentivo ministeriale [€/MWh]



Per 20  
anni dal  
GSE

— P ≤ 200 kW      — 200 kW < P ≤ 600 kW      — P > 600 kW





Energia prodotta (al netto dei servizi aux) = C  
 Energia ceduta = A      Energia assorbita = B  
 Energia richiesta dal carico locale = (C-A)+B

**Acquisto residuo**

**Oneri (variabili) evitati di acquisto**

**Eccedenze**

$$En_{condivisa\_oraria} = \min \left( \sum_{CP} A_{oraria}; \sum_{CP} B_{oraria} \right)$$

