

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

Relazione per la prova finale

«Confronto termodinamico tra produzione energetica da fonte rinnovabile e da fonte fossile in un impianto domestico»

Tutor universitario: Prof. Rech Sergio

Laureando: Gasparini Nicola 2006196

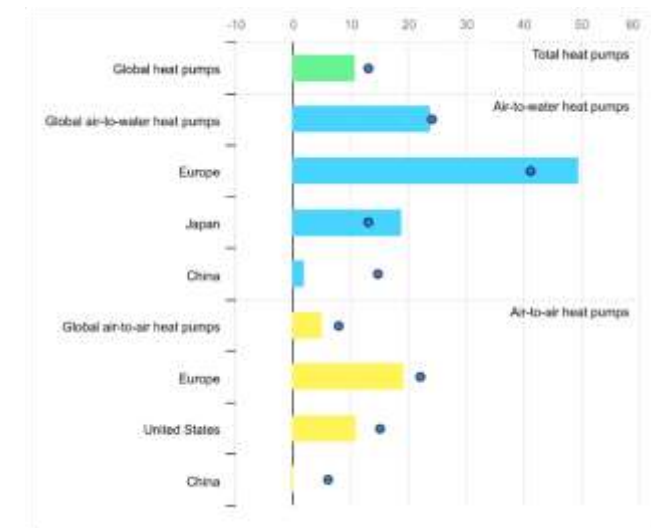
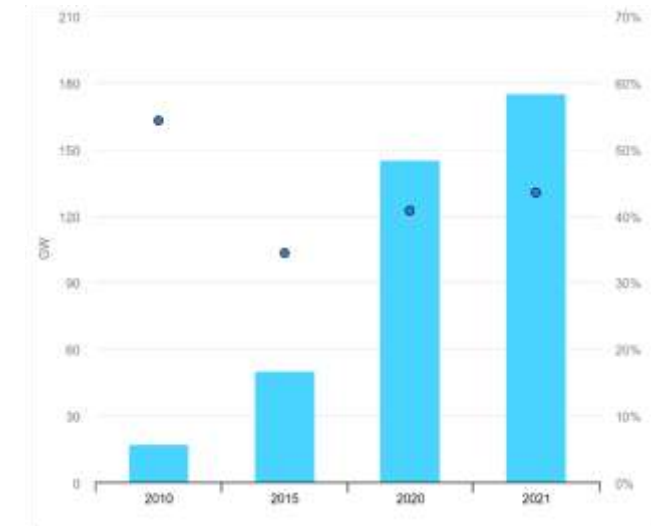
Padova, 18/03/2024

Ad oggi sono 25 milioni le abitazioni dotate di impianto *fotovoltaico*, per *integrare* la fornitura elettrica dalla rete.

Sempre più diffuso è l'impiego della *PDC* per soddisfare la *richiesta termica*; che grazie ad incentivi e politiche vantaggiose, nel 2022 ha visto una crescita di mercato del 50%.

L'impiego di questi due sistemi di conversione permette la *produzione separata* delle diverse forme di energia, richiesta da un'abitazione, in modo più *ecologico* ed *efficiente*.

La tesi si concentra su una casa residenziale che utilizza questi sistemi energetici. Saranno studiate le richieste energetiche in due giornate con irraggiamento solare elevato ed alta domanda energetica.



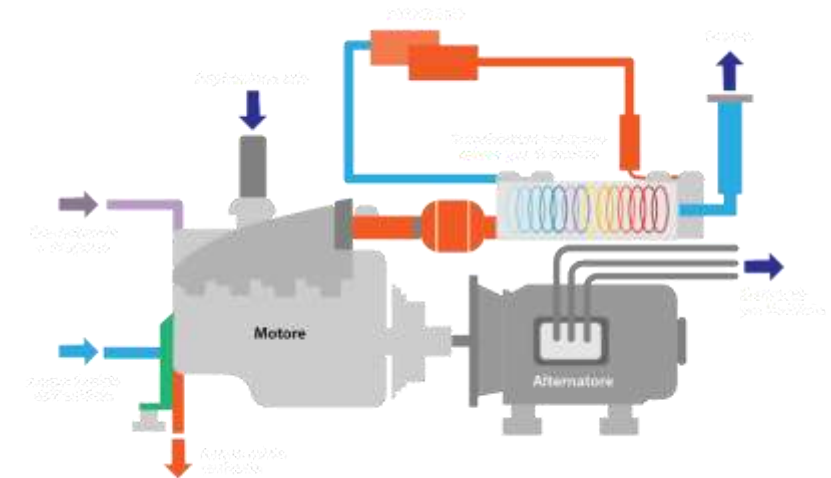


Tra i sistemi energetici più efficienti sul mercato, che utilizza sia fonti fossili che biocombustibili, gli *impianti cogenerativi* si distinguono per la loro elevata efficienza.

In particolare, le configurazioni *trigenerative* possono fornire tre forme di energia: elettricità, calore e calore di refrigerazione.

Queste configurazioni utilizzano la *cascata energetica*, ottenendo il massimo utilizzo dell'energia primaria impiegata, sfruttando anche il calore scartato, disponibile a bassa temperatura.

In questa tesi, verrà esaminato un sistema trigenerativo per confrontarlo con l'impianto attualmente installato, al fine di fornire tutte le forme di energia richieste dall'abitazione.



Cogenerazione e Trigenerazione

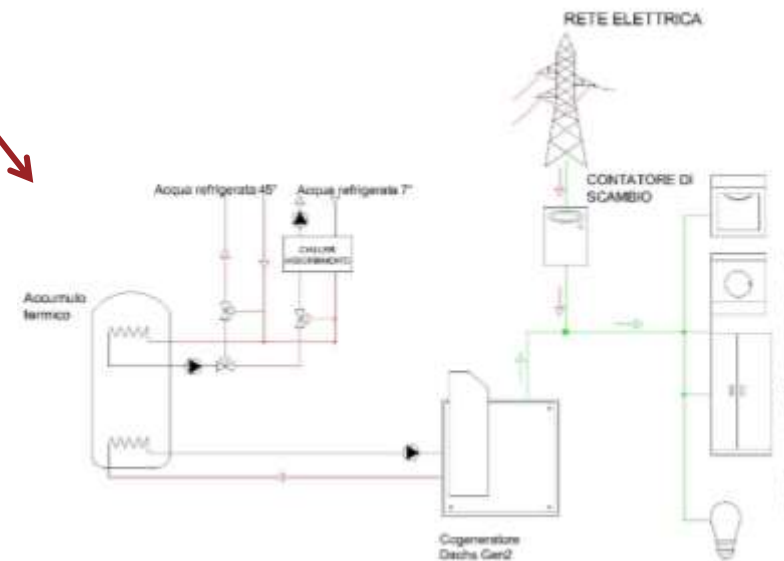
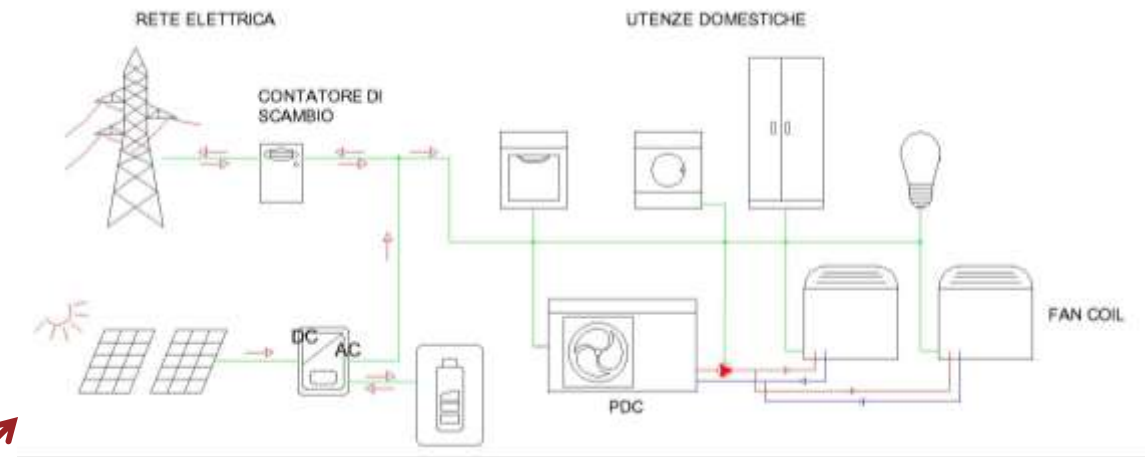


L'obiettivo di questa tesi è *confrontare* il sistema energetico attualmente presente, con un sistema trigenerativo avente come sezione principale un MCI.

I *parametri considerati* per questo studio includono:

- rendimento energetico ed exergetico;
- rapporto di cogenerazione;
- coefficiente di utilizzazione dell'energia primaria;
- indice di risparmio dell'energia primaria;
- emissioni di CO_2 .

Questi fattori sono usati con lo scopo di valutare e *confrontare criticamente* i due sistemi di conversione energetica, mettendo in evidenza i rispettivi *vantaggi* e *criticità*.



Il confronto è stato possibile grazie all'inverter installato, dal quale si sono scaricate le **curve di potenza** relative gli scambi interni all'impianto elettrico.

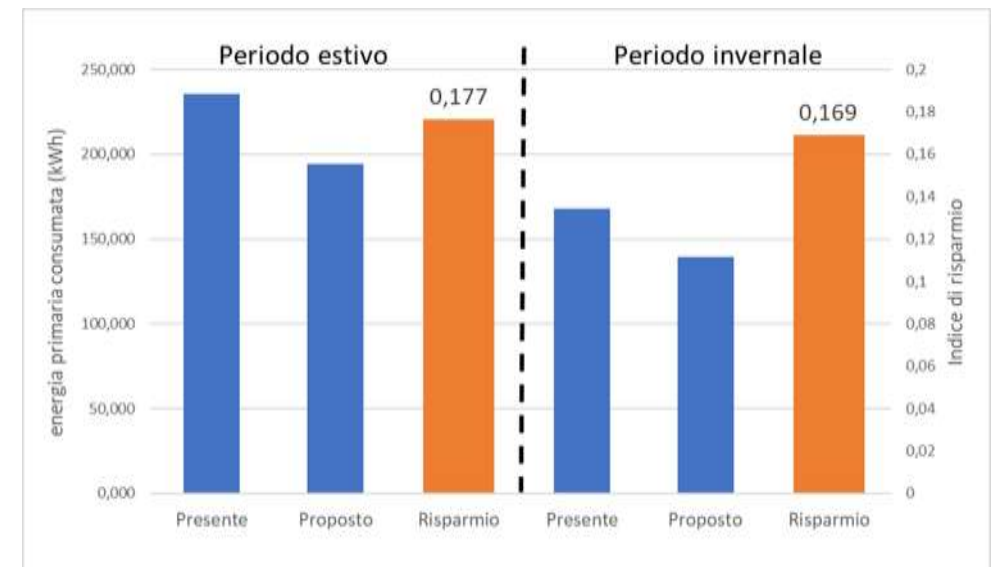
Successivamente si sono ottenuti i grafici di **domanda elettrica e termica**, relativi alle due giornate selezionate per il confronto.

Note queste, si sono scelte le dimensioni dei nuovi componenti per **soddisfare le esigenze dell'utenza**.

Per il confronto si sono calcolate le **energie primarie utilizzate** per tutto il periodo di riferimento, in entrambe le configurazioni.

Si sono poi applicati i **termini di confronto** precedentemente elencati.

I risultati ottenuti hanno permesso di formalizzare il **confronto critico** tra le due configurazioni.

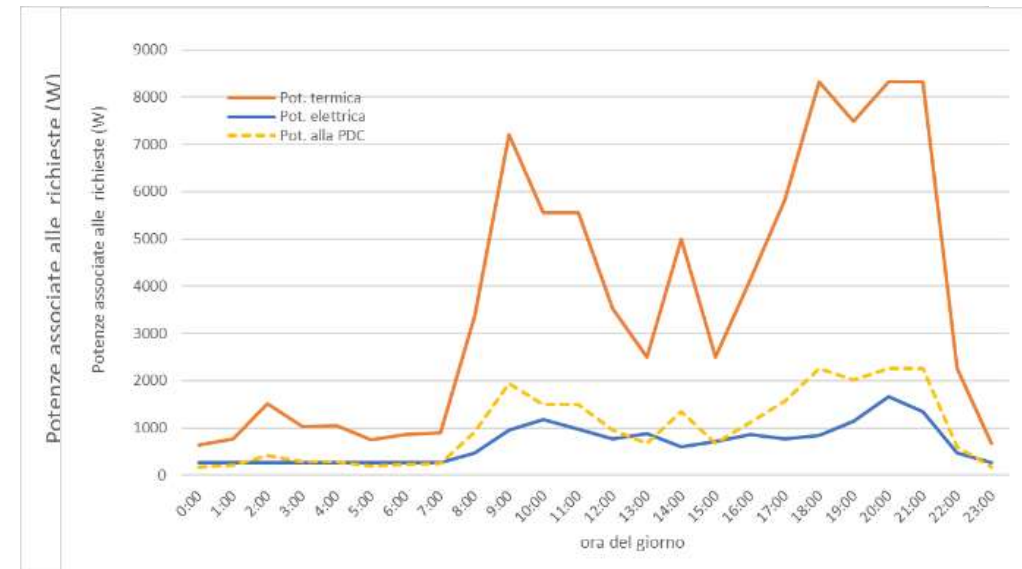


Partendo dal grafico e dalla tabella scaricati, è stato possibile ricavare:

- curva di *domanda elettrica della sola PDC*, ricavando attraverso gli indici di prestazione la produzione di calore (o refrigerazione);
- curva di *domanda elettrica di tutte le altre utenze* presenti.

Successivamente, dai valori ottenuti si è ricavata la media con intervalli di un'ora.

Sia nel caso estivo.
Che invernale.



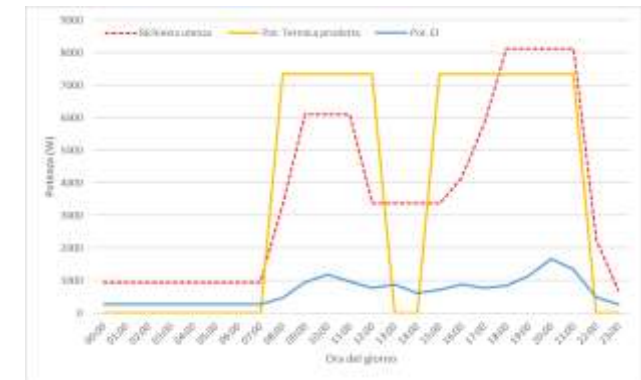
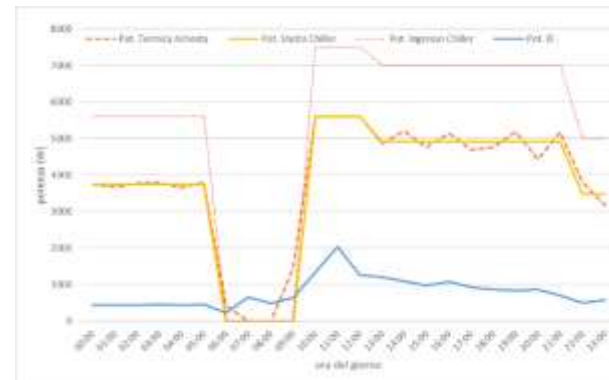
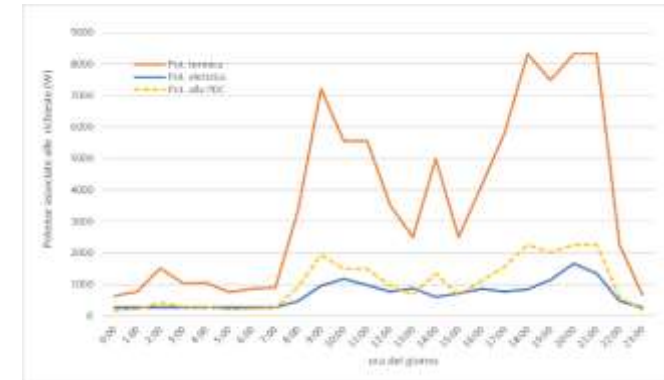
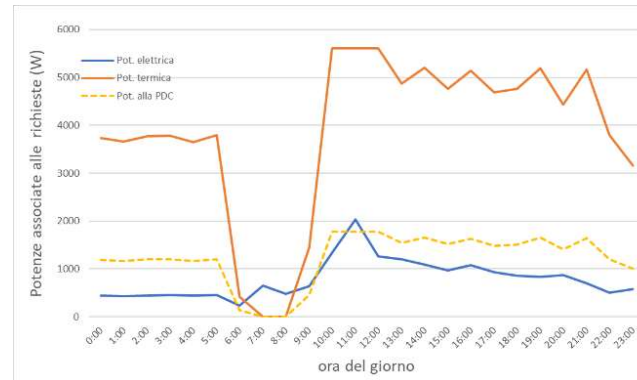
Nota la richiesta energetica dell'abitazione, è stato possibile scegliere i **componenti** della nuova configurazione.

Il **nuovo layout** presenta il vincolo di soddisfare la richiesta termica dell'abitazione.

I componenti selezionati sono:

- per il **cogeneratore**; Dachs Gen 2, G5.5 (2,9 kW_e e 7,5 kW_t), dell'azienda Senertec;
- per il **chiller ad assorbimento**; SYDHL 23 (23 kW_t, EER 0,7), dell'azienda Systema S.p.A.

L'adozione di un **serbatoio di accumulo** è richiesta per stabilizzare il funzionamento.



Per entrambe le giornate studiate si sono andati a valutare:

- il **coefficiente di utilizzazione dell'energia primaria** (ε^* soluzione di riferimento, ε soluzione proposta);
- il **rapporto di cogenerazione** (μ_{QP}).

Di seguito, vengono presentati i **valori medi** calcolati durante le giornate:

- per il caso **estivo**;

$$\mu_{QP} = 5,3 \text{ (-)} \text{ (linea verde tratteggiata)}$$

$$\varepsilon^* = 65\% \text{ (linea verde continua)}$$

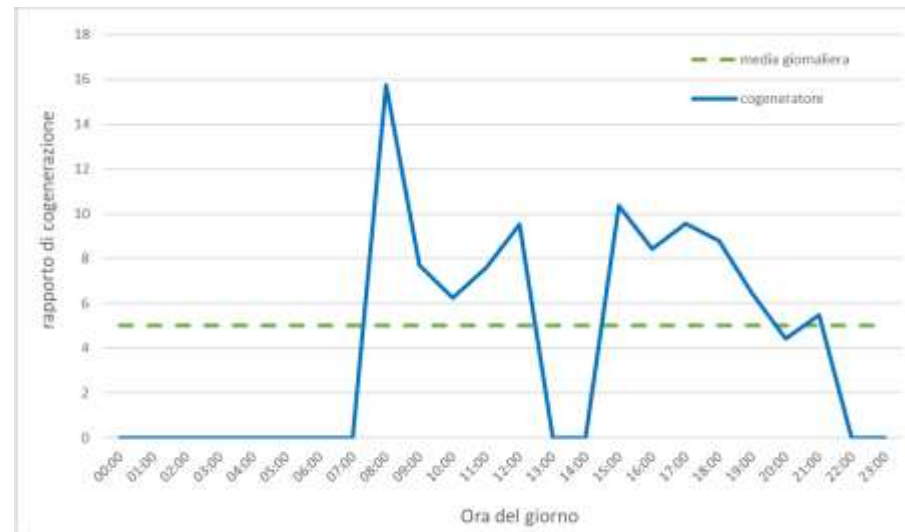
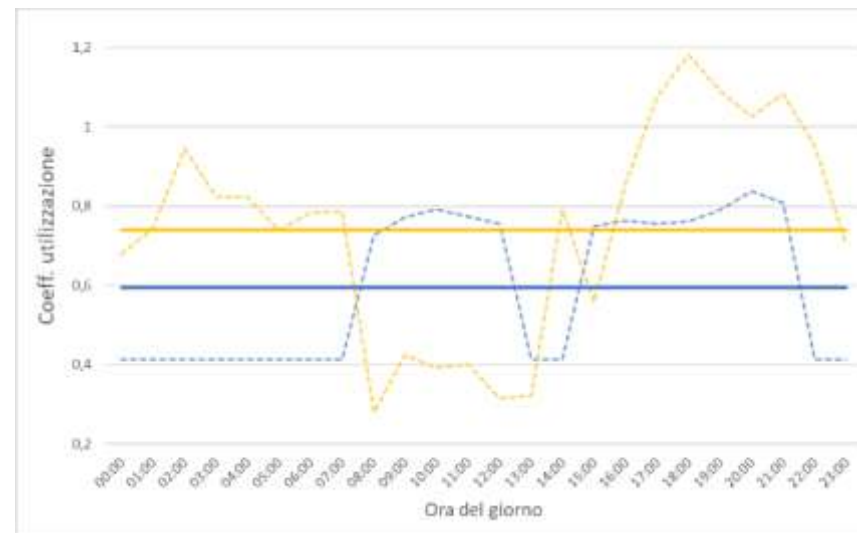
$$\varepsilon = 54\% \text{ (linea blu continua)}$$

- per il caso **invernale**;

$$\mu_{QP} = 5 \text{ (-)} \text{ (linea verde tratteggiata)}$$

$$\varepsilon^* = 74\% \text{ (linea gialla continua)}$$

$$\varepsilon = 60\% \text{ (linea blu continua, grafico superiore)}$$



Per il calcolo dell'*indice di risparmio* si è sfruttata la formula:

$$i_R = 1 - \frac{Q_{COGEN} + Q_{RETE}}{Q_{IRR} + Q_{RETE}}$$

Dalla quale, i risultati sono a *favore del sistema proposto*:

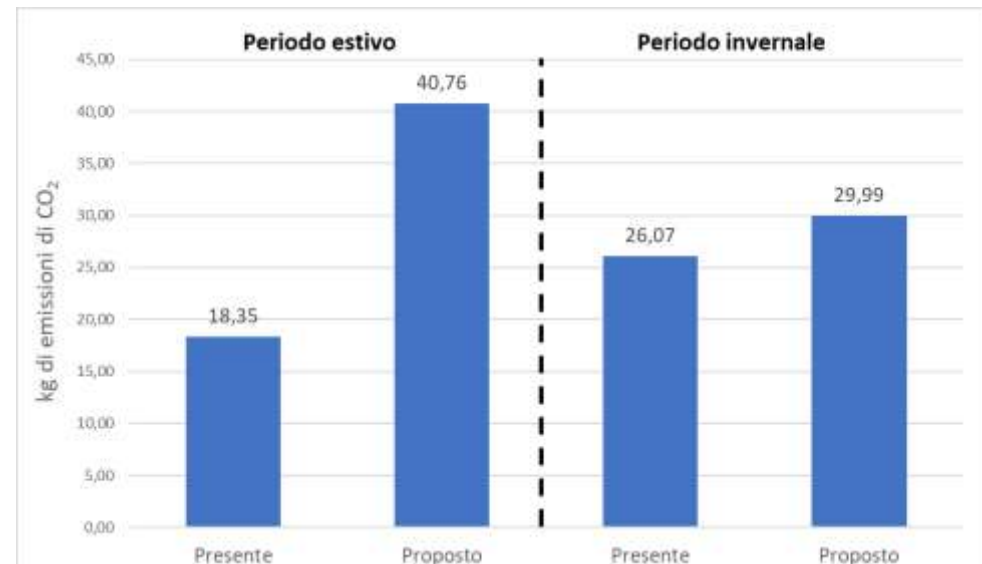
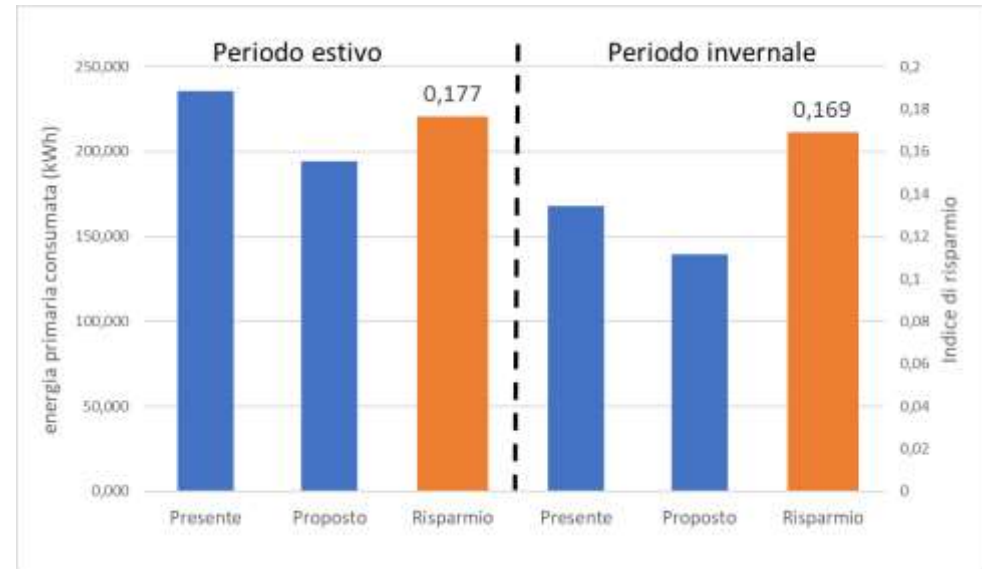
- in estate, 17,7 %;
- in inverno, 16,9 %.

Successivamente, conoscendo l'energia primaria consumata, è stato possibile determinare le *emissioni di CO₂*, conoscendo i fattori di CO₂, utilizzando la formula:

$$CO_{2,tot} = Q_{RETE/GAS} \cdot \beta_{CO_2}$$

L'*impianto di riferimento* risulta il *meno inquinante*:

- in estate; 18,35 kg rispetto 40,76 kg del sistema proposto;
- in inverno; 26,07 kg rispetto 29,99 kg del sistema proposto;



E' stato valutato lo scenario di una giornata con *condizioni meteorologiche sfavorevoli*, per valutare l'impatto di queste sull'impianto esistente.

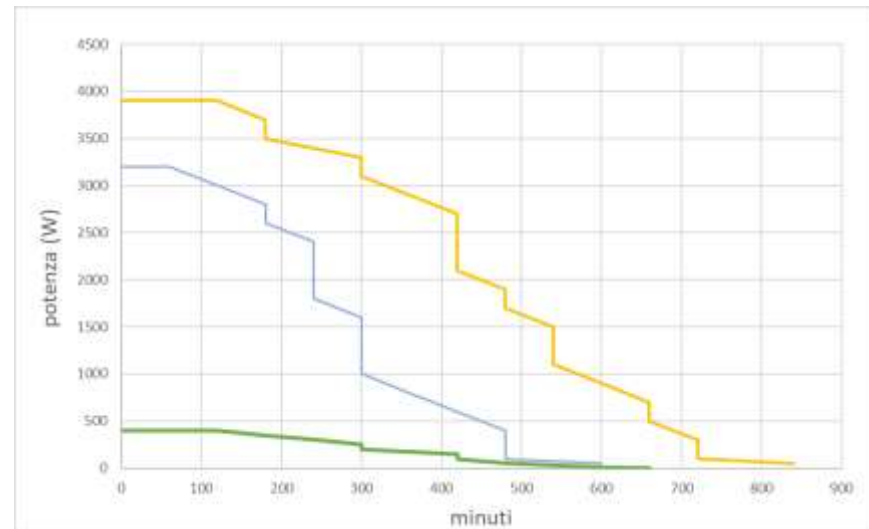
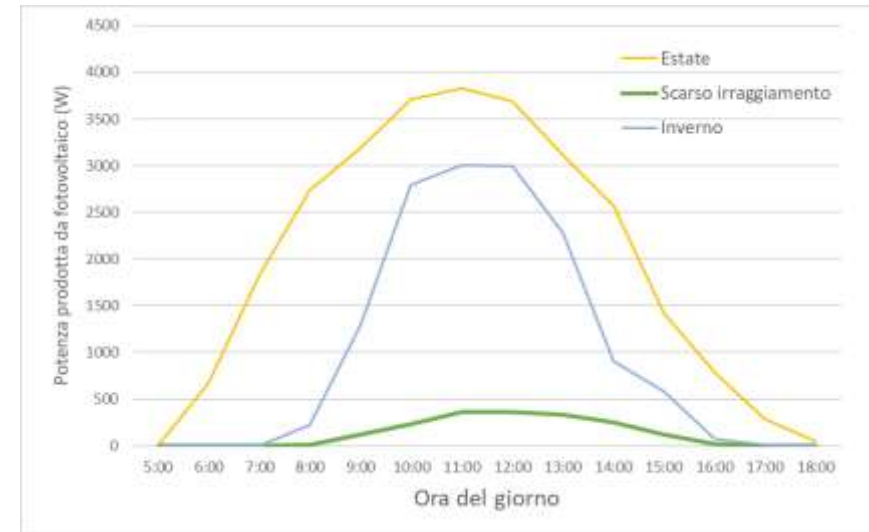
Le tre giornate considerate sono state poste a *confronto* in termini di potenza massima generata e di energia prodotta.

Potenza massima:

- estate 3,83 kW;
- inverno 3,01 kW;
- condizioni di basso irraggiamento 0,37 kW.

Energia prodotta durante tutta la giornata:

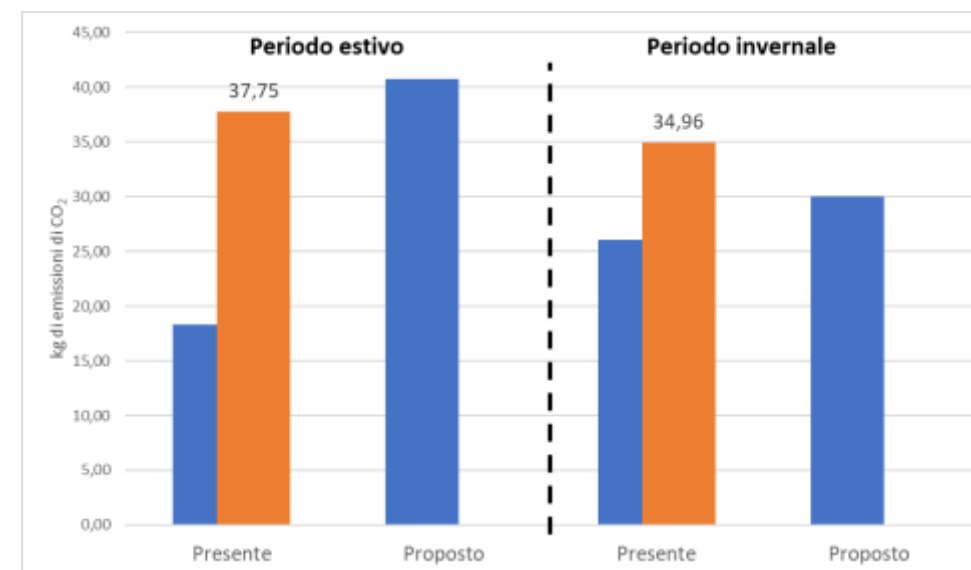
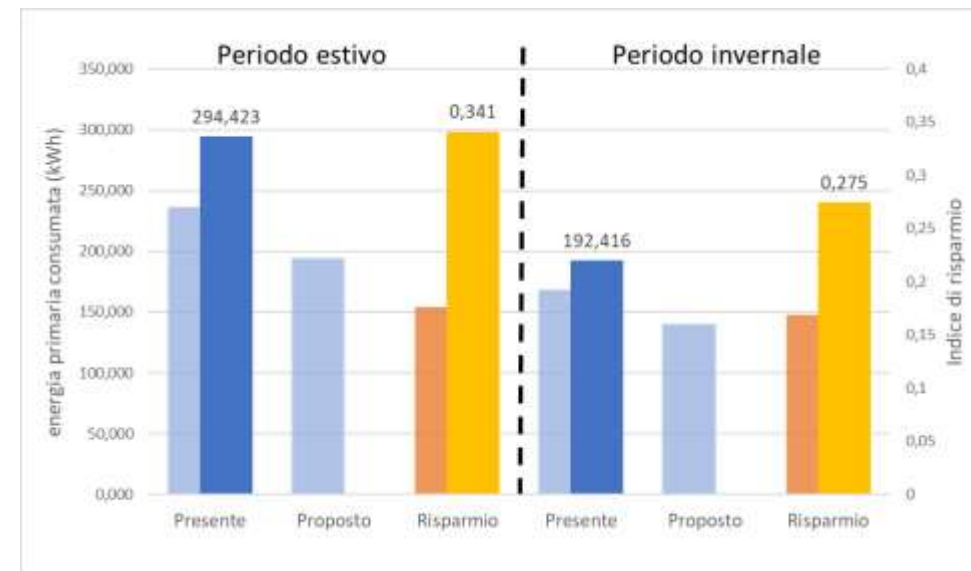
- estate 28 kWh;
- inverno 14,2 kWh;
- condizioni di basso irraggiamento 1,8 kWh.



Successivamente il *nuovo contributo* dell'impianto fotovoltaico è stato *sostituito* nelle due giornate studiate; ricavando l'energia prelevata dalla rete, in condizioni di scarso irraggiamento.

Si sono rivalutati:

- *l'energia primaria utilizzata*; aumenta da 235 kWh a 294 kWh, nel periodo estivo e da 168 kWh a 192 kWh, nel periodo invernale.
- *l'indice di risparmio*; diventa ancor più favorevole per il sistema proposto, aumentando a 34,1 %, nel periodo estivo ed a 27,5 %, nel periodo invernale.
- le *emissioni di CO₂*: aumentano in estate fino a 37,75 kg ed in inverno, superando la soluzione proposta, 34,96 kg.



In conclusione:

- Nel contesto studiato, il sistema trigenerativo *non sfrutta appieno le sue potenzialità*, a causa dell'*irregolarità* nella richiesta delle diverse forme di energia ed allo *squilibrio* verso la domanda termica piuttosto che elettrica. Al contrario, l'adozione della *PDC* si rivela vantaggiosa, grazie ai suoi *elevati rendimenti* di conversione.
- Il sistema trigenerativo permette un *risparmio* di energia primaria positivo in entrambe le giornate, grazie al *maggiore rendimento* di conversione dell'energia primaria. Tuttavia, va considerato che *l'impianto fotovoltaico non emette anidride carbonica*. Aspetto evidenziato nella valutazione delle emissioni prodotte, dove l'integrazione da fonti rinnovabili (in giornate con condizioni favorevoli) permette emissioni inferiori.
- Analizzando una situazione di *irraggiamento limitato*, è emerso il principale svantaggio del sistema con integrazione rinnovabile: la *dipendenza* dalle *condizioni* meteorologiche esterne. Al contrario, ciò che è emerso come vantaggio principale dell'utilizzo di *impianti a combustione* è la loro capacità di fornire energia in modo *affidabile* e *costante*.