

Pompa di Calore vs Caldaia: Come Valutare la Convenienza

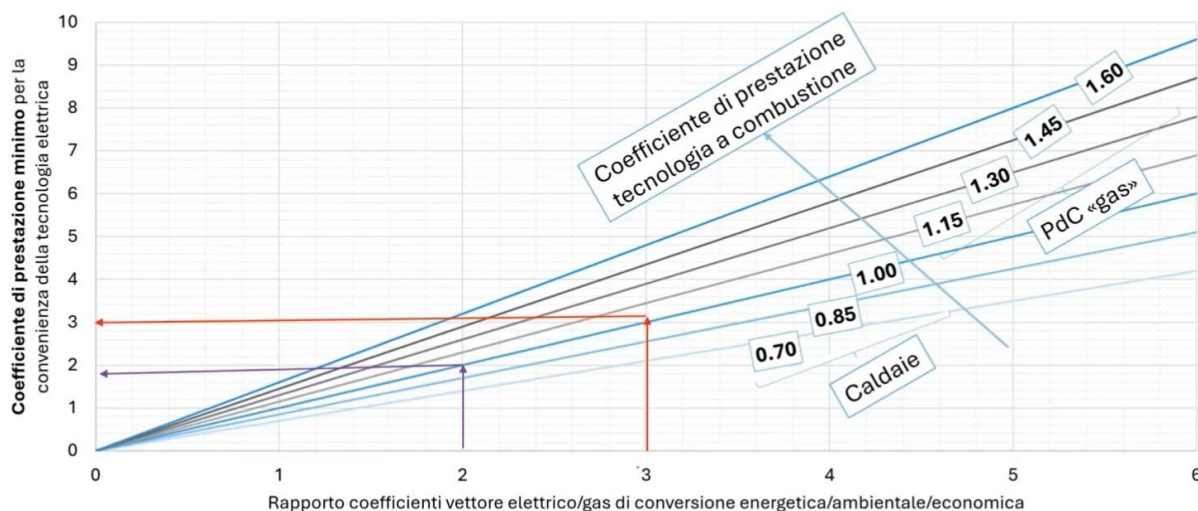
Giuseppe Andrea Scrufari Hedges – Geo Network Srl

Prof. Ing. Paolo Conti - Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni dell'Università di Pisa

Le pompe di calore sono una soluzione efficiente per il riscaldamento e il raffrescamento degli edifici, ma il loro utilizzo ottimale richiede un'attenta valutazione tecnica ed economica. Durante una lezione del corso Geo Network "Masterclass in Termotecnica: Tecnologie e Normative per l'Efficientamento Energetico degli Edifici", il Prof. Paolo Conti, Università di Pisa (Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni), ha analizzato i criteri di progettazione e gestione di questa tecnologia, in modo da massimizzare i benefici delle pompe di calore, anche attraverso l'utilizzo sinergico dei generatori ibridi.

La Mappa per Valutare la Convenienza

Valori di soglia/convenienza COP elettrico rispetto unità a combustione



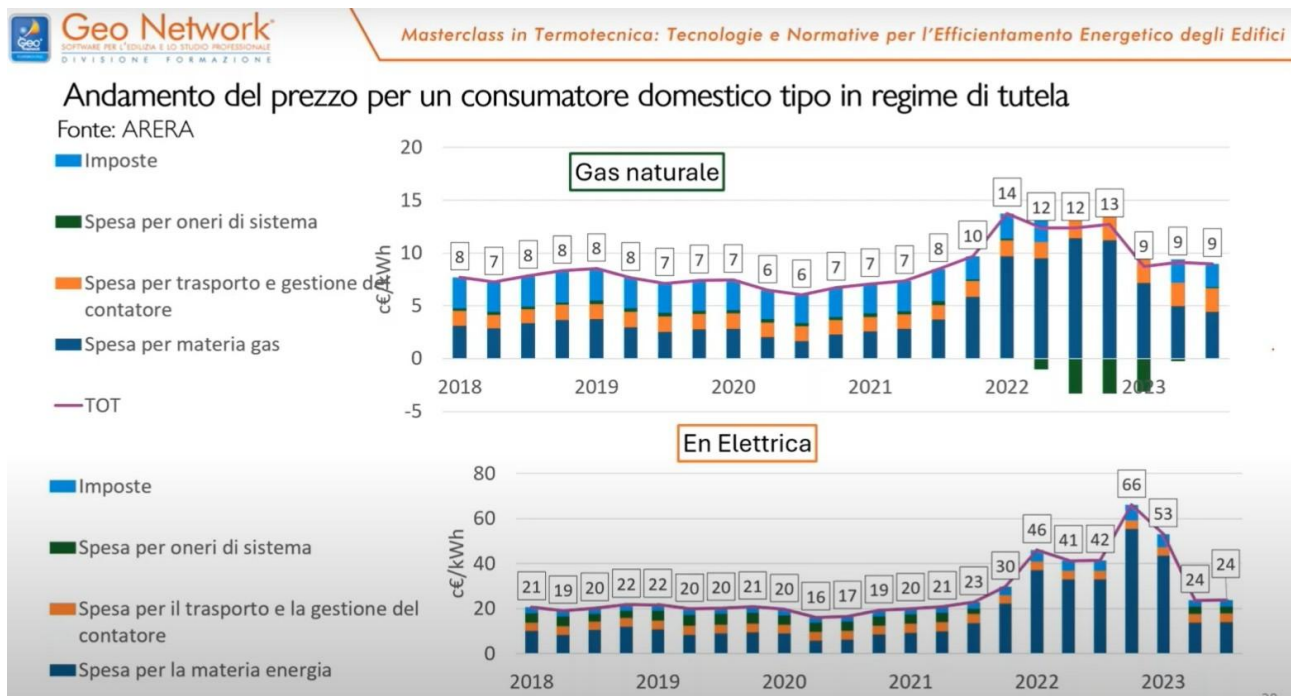
Crediti: Prof. Ing. Paolo Conti

La slide in figura, intitolata "Valori di soglia/convenienza COP elettrico rispetto unità a combustione", fornisce una mappa per determinare quando una pompa di calore risulti più conveniente rispetto a una tecnologia a combustione, come ad esempio una caldaia o pompe di calore ad attivazione termica. Qualora si fosse interessati ai costi operativi, l'asse delle X rappresenta il rapporto tra il costo dell'energia elettrica e quello del gas combustibile, mentre sull'asse delle Y è indicato il coefficiente di prestazione minimo (COP*) necessario affinché la pompa di calore risulti vantaggiosa rispetto alla tecnologia a combustione. Le linee diagonali consentono di identificare l'efficienza di riferimento del generatore a combustione con cui si effettua il confronto: ad esempio, una caldaia obsoleta con rendimento pari a 0,70 richiede un COP inferiore per essere superata, mentre una moderna caldaia a condensazione (rendimento pari a 1,00) necessita di un COP superiore. Il medesimo diagramma può essere utilizzato per valutare anche le condizioni di risparmio ambientale ed energetico, essendo sufficiente utilizzare, come valore dell'asse X, il rapporto tra le emissioni di CO2 specifiche dei combustibili confrontati e i rispettivi coefficienti di conversione in energia primaria.

Come Leggere la Mappa: un Esempio Pratico

Il Prof. Conti spiega come utilizzare la mappa con un esempio concreto. Supponiamo che il rapporto tra il costo dell'energia elettrica e del gas metano sia pari a 3 (ad esempio, se l'elettricità costa 0,30 €/kWh e il gas 0,10 €/kWh, il rapporto è $0,30/0,10 = 3$). Identifichiamo sull'asse delle X il valore 3. Ora, consideriamo l'efficienza della caldaia. Se abbiamo una caldaia con un rendimento di 1,00 (tipico di una caldaia a condensazione moderna), seguiamo la linea corrispondente a 1,00 sulla mappa. Intersecando questa linea con il valore 3 sull'asse delle X, vediamo che il COP minimo richiesto per la pompa di calore è 3,00. Questo significa che, per essere più conveniente della caldaia, la pompa di calore deve avere un COP di almeno 3,00 in quelle condizioni. Se invece il rapporto tra i costi sale a 4 (ad esempio, l'elettricità più costosa rispetto al gas), il COP minimo richiesto aumenta a 4,00. Inoltre, se la caldaia è meno efficiente (ad esempio, con un rendimento di 0,85), il COP minimo necessario per la pompa di calore si riduce (rispettivamente a 2.6 e 3.4), rendendo più facile ottenere un risparmio. È bene sottolineare che per un'analisi stagionale di convenienza economica, i valori di COP* corrispondono al cosiddetto SCOP (Seasonal Coefficient of Performance), ovvero il valore indicato dall'asse Y deve essere raggiunto come media integrale delle prestazioni in tutto il periodo di riscaldamento.

Andamento dei Prezzi Energetici



Crediti: Prof. Ing. Paolo Conti

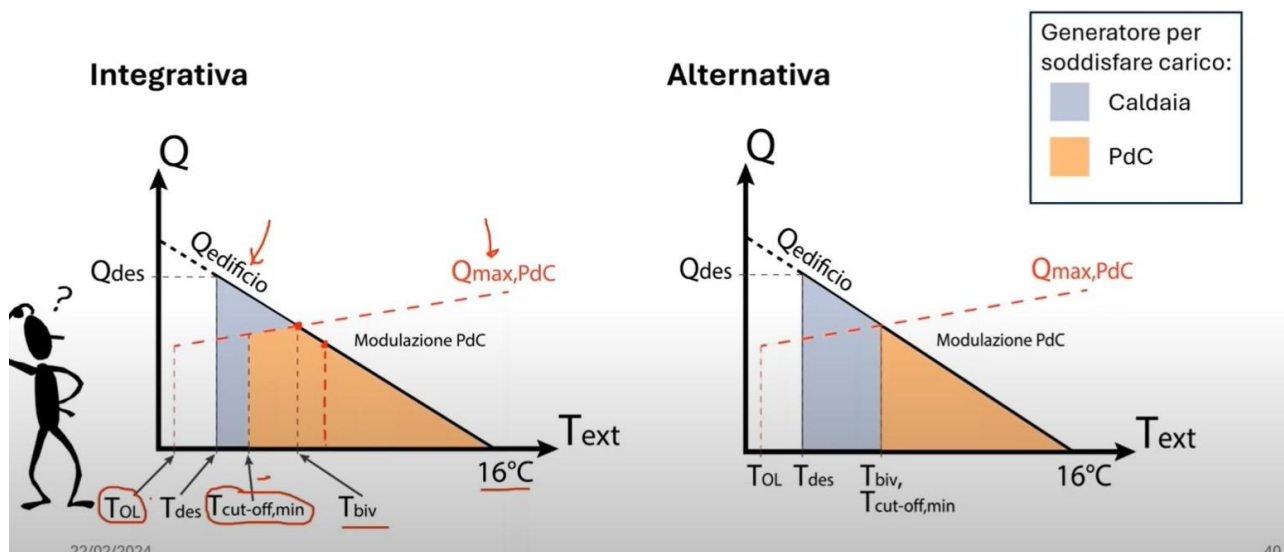
La seconda slide, "Andamento del prezzo per un consumatore domestico tipo in regime di tutela", mostra l'evoluzione dei costi del gas naturale e dell'elettricità dal 2018 al 2023 (dati ARERA). Il gas naturale passa da 7-8 c€/kWh (2018-2021) a un picco di 14 c€/kWh nel 2022, per poi scendere a 9 c€/kWh nel 2023. L'elettricità oscilla tra 19-22 c€/kWh fino al 2021, salendo a 66 c€/kWh nel 2022 e scendendo a 24 c€/kWh nel 2023. Il Prof. Conti commenta: "Questo è un grafico per presentarvi com'è andato il prezzo dei due vettori principali per gli edifici residenziali italiani; ovvero gas naturale ed elettricità da rete. Arriviamo a fine 2023 e potete notare a cavallo del 2022 / 2023 il picco dovuto a noti motivi geopolitici. Il rapporto adesso si sta muovendo nell'intervallo 3 - 4." Questo andamento influenza il rapporto costo elettricità/gas: nel 2022 (rapporto ~4,7), serviva un COP molto alto; nel 2023 (rapporto ~3), la convenienza migliora, rendendo la pompa di calore più competitiva. È quindi evidente anche i vantaggi offerti da un generatore in grado di scegliere il generatore più conveniente a seconda della specifica condizione operativa o del costo di acquisto dei vettori energetici nei diversi periodi o anni di funzionamento dell'impianto.

Video YouTube: [Pompa di Calore vs Caldaia: Come Valutare la Convenienza](#)

Sistema Ibrido: PdC vs. Caldaia

Il Prof. Conti durante il corso sottolinea l'importanza di scegliere la taglia corretta delle due tecnologie di generazione e, come spiegato precedentemente, i criteri di attivazione della tecnologia elettrica o a combustione.

Logiche di funzionamento - Riscaldamento



Crediti: Prof. Ing. Paolo Conti

Logiche di Dimensionamento e Funzionamento

La slide "Logiche di funzionamento – Riscaldamento" illustra i principali parametri tecnici relativi al dimensionamento e ai criteri di intervento della pompa di calore, sia in configurazione integrativa sia alternativa rispetto alla caldaia. Nei due grafici vengono rappresentate la potenza termica richiesta dall'edificio ($Q_{edificio}$) e la potenza massima erogabile dalla pompa di calore ($Q_{max,PdC}$) in funzione della temperatura esterna (T_{ext}).

All'aumentare della temperatura esterna, la richiesta termica dell'edificio diminuisce, mentre la potenza disponibile dalla pompa di calore cresce, grazie alle sue caratteristiche tecnologiche e termodinamiche. Al contrario, con temperature più rigide, la richiesta dell'edificio aumenta mentre la potenza disponibile dalla pompa tende a ridursi.

La cosiddetta temperatura bivalente (T_{biv}) rappresenta il punto in cui le curve caratteristiche dell'edificio e della pompa di calore si incontrano, ovvero il valore di temperatura per cui le due potenze coincidono. Una macchina di taglia maggiore presenterà un valore di T_{biv} più basso, poiché sarà in grado di fornire una maggiore potenza anche a temperature inferiori, incrementando il contributo della pompa di calore al soddisfacimento del fabbisogno stagionale. Tuttavia, un maggiore dimensionamento comporta anche un numero più elevato di ore di funzionamento a carico parziale (modulazione della PdC), con un potenziale calo delle prestazioni.

Come noto, oltre alla disponibilità di potenza utile, anche l'efficienza della pompa di calore dipende fortemente dalla temperatura esterna. Per questo motivo, è fondamentale definire con attenzione le condizioni di disattivazione a favore del generatore di backup (ad esempio, una caldaia). Un valore basso della

temperatura di cut-off ($T_{cut-off,min}$) consente un maggior numero di ore di funzionamento della pompa di calore, includendo però anche condizioni climatiche più rigide e quindi meno efficienti. Viceversa, un valore elevato di $T_{cut-off,min}$ garantisce un funzionamento più efficiente della macchina, ma ne riduce il contributo complessivo al fabbisogno termico.

L'analisi combinata dei valori di T_{biv} e $T_{cut-off}$ è dunque fondamentale per definire le migliori condizioni di dimensionamento e i criteri di attivazione/disattivazione della pompa di calore, con l'obiettivo di massimizzare l'efficienza complessiva del sottosistema di generazione. In questo contesto, software di simulazione energetica come [Euclide Certificazione Energetica](#) si rivelano strumenti estremamente utili e pratici per individuare con precisione sia il corretto dimensionamento, sia i criteri di attivazione della pompa di calore.

Il successo di una pompa di calore dipende da un'analisi integrata

Il successo di una pompa di calore dipende quindi da un'analisi integrata. Per valutare la convenienza economica è fondamentale considerare il COP e l'andamento dei prezzi energetici, mentre un utilizzo di successo necessita il dimensionamento e gestione operativa corretti.