

Le pompe di calore di media potenza ad alta temperatura.

Analisi delle applicazioni all'interno dei sistemi ibridi nel parco immobiliare esistente.

ing. Fabio Minchio

Ph.D, EGE Certificato Civile e Industriale, CMVP

Impianti condominiali

- La stragrande maggioranza dei condomini esistenti con impianto centralizzato:
 - impiega come generatore, generatori a combustione (da caldaie più datate, fino alle caldaie a condensazione per gli interventi più recenti)
 - utilizza come sottosistema di emissioni radiatori
- Il Superbonus 110% ha portato alla luce una situazione di fatto ben nota; la ricerca del salto di classe energetica ha spinto, forse per la prima volta su vasta scala, ad una seria valutazione dell'applicazione delle pompe di calore in ambito condominiale nella riqualificazione dell'esistente

Il contesto

Riqualificazione delle centrali termiche

- Sostituzione del generatore di calore in impianti a radiatori
- Evitare interventi sul Sistema di distribuzione ed emissione (e quindi sull'edificio)



Pompe di calore ad alta temperatura

Pompe di calore e radiatori: si può

- Le prestazioni energetiche di qualsiasi pompa di calore dipendono dalla differenza di temperatura fra sorgente termica e impianto: tanto maggiore è la differenza, tanto minore è il COP.
- **Ciò non significa tuttavia che le moderne pompe di calore non possano raggiungere buone efficienze anche con impianti a radiatori.**
- Il mercato offre prodotti in grado di:
 - Coprire 100% del carico.
 - Produrre energia termica ad alta temperatura.
 - Senza necessità di integrazione con generatori di calore tradizionali

Pompe di calore ad alta temperatura

Non esiste una definizione ufficiale, nel mondo riscaldamento civile si potrebbe considerare tutto ciò che produce calore a $T > 55 \text{ °C}$ (55 è il riferimento della UNI EN 14825, 65 °C è il punto di lavoro superiore della UNI TS 11300-4)

Le tecnologie disponibili per macro categorie sono 3:

- **Pompe di calore ad azionamento elettrico (di gran lunga le più utilizzate e diffuse)**
- Pompe di calore ad assorbimento
- Pompe di calore a motore endotermico GHP

A queste si aggiungo le soluzioni cosiddette **ibride «commerciali»**, che in contesti come quelli condominiali possono consentire di superare alcune criticità

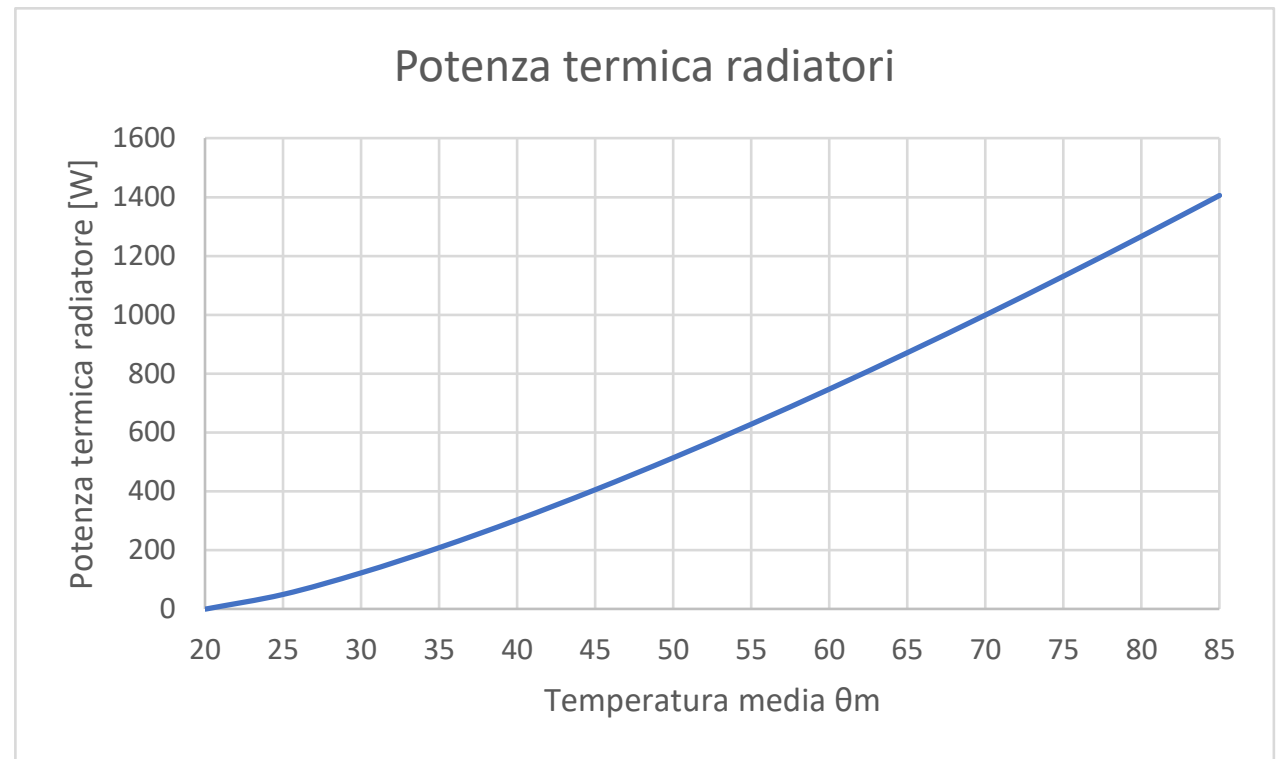
Pompe di calore ad azionamento elettrico

- Possono produrre calore fino alla temperatura di 60 - 65 °C.
- Alcune soluzioni particolari con compressore a re-iniezione di vapore/liquido o nuovi gas refrigeranti possono raggiungere anche temperature più elevate
- Altre configurazioni prevedono l'impiego di circuiti frigoriferi a doppio-stadio
- Soluzioni con sorgente termica acqua/terreno, possono raggiungere temperature anche superiori ai 70 °C

Pompe di calore ad azionamento elettrico

La potenza termica di un radiatore dipende dalla temperatura media dello stesso

$$P = \frac{(\theta_m - \theta_{amb})^n}{70 - 20} P_{nom}$$



Esempio di bilancio in Energia primaria

PdC elettrica ad HT

ZONA CLIMATICA: E

SCOP = 2,8 – 3,0

$f_{EPn, ren} (1 kWh_e) = 1,95 kWh_{EPn, ren}$

Per produrre 1 kWh di energia termica

L'energia primaria necessaria è

0,696 kWh_{EPn, ren} pari a $(1/2,8 * 1,95)$

Caldaia a Condensazione

ZONA CLIMATICA: E

Rendimento stagionale = 0,92

$f_{EPn, ren} (1 kWh_{th}) = 1,05 kWh_{EPn, ren}$

Per produrre 1 kWh di energia termica

L'energia primaria necessaria è

1,14 kWh_{EPn, ren} pari a $(1/0,92 * 1,05)$

RISPARMIO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE 38 % CIRCA

(il bilancio migliora ulteriormente se si considera abbinamento con fotovoltaico)

Pompe di calore ad azionamento elettrico

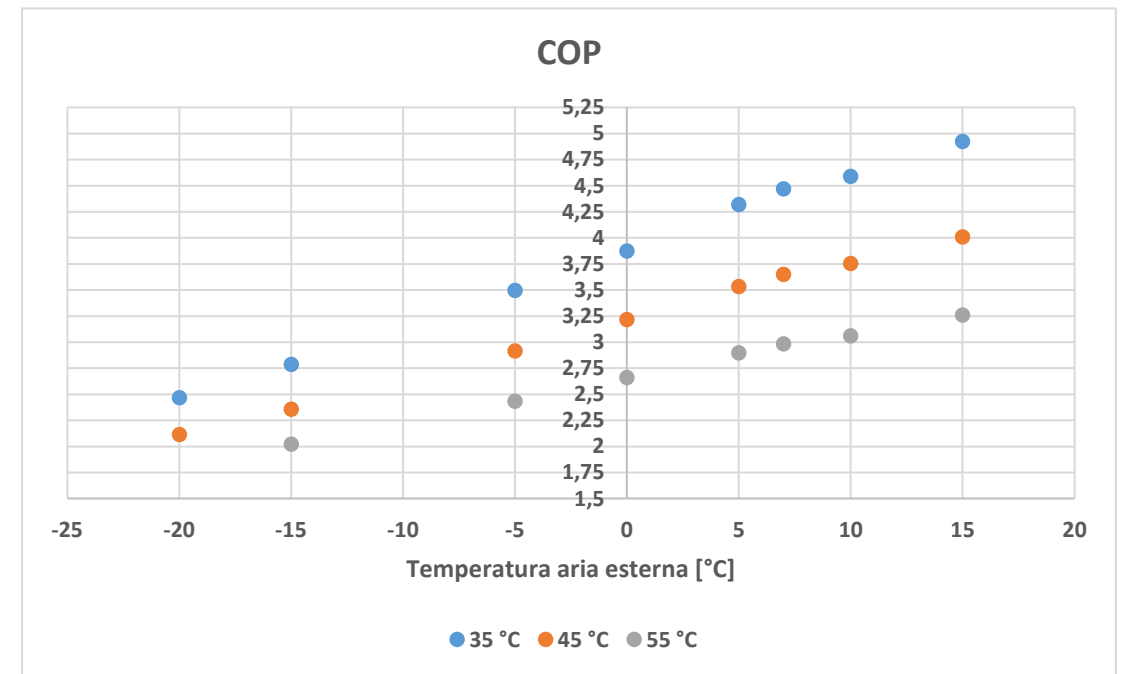
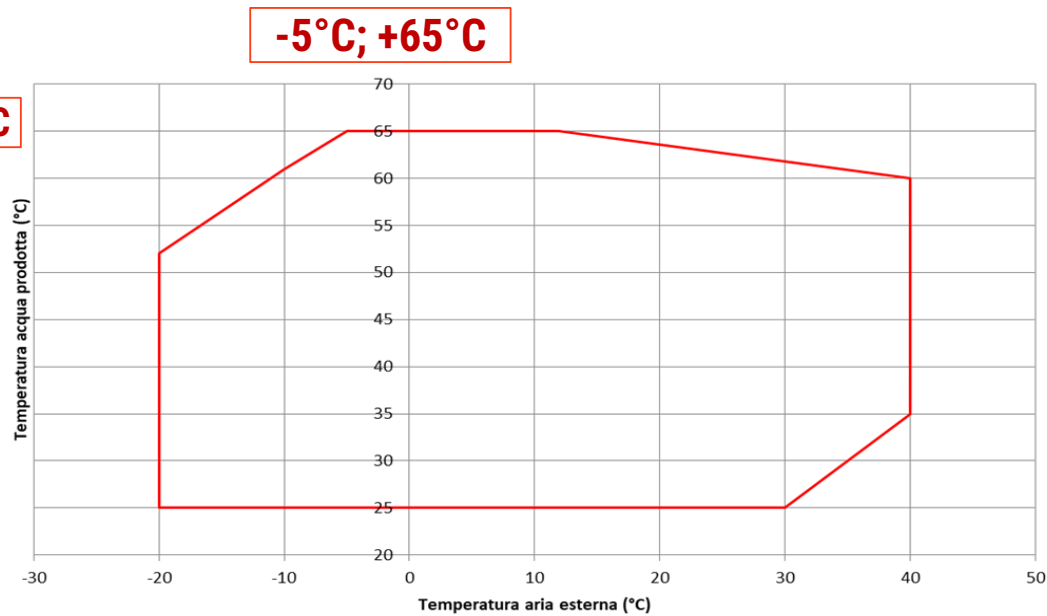
Le soluzioni tecniche in commercio per elevare la temperatura di mandata sono principalmente:

- Sistemi monovalenti in pompa di calore elettrica, con sorgente termica aria o acqua:
 - Con utilizzo di refrigeranti che consentono di raggiungere temperature superiori ai 55 °C
 - Con compressori EVI (*Enhanced Vapor Injection*)
 - Con circuito a doppio stadio, direttamente sul refrigerante o lato acqua con due pompe di calore in cascata
- Sistemi bivalenti di tipo ibrido, in cui il sistema prevede la presenza di una o più caldaie a condensazione accoppiate ad una o più pompe di calore, con condizioni idonee per l'accesso all'incentivazione (ove richiesti), **abbinate a PDC alta temperatura o standard**

Pompe di calore ad azionamento elettrico

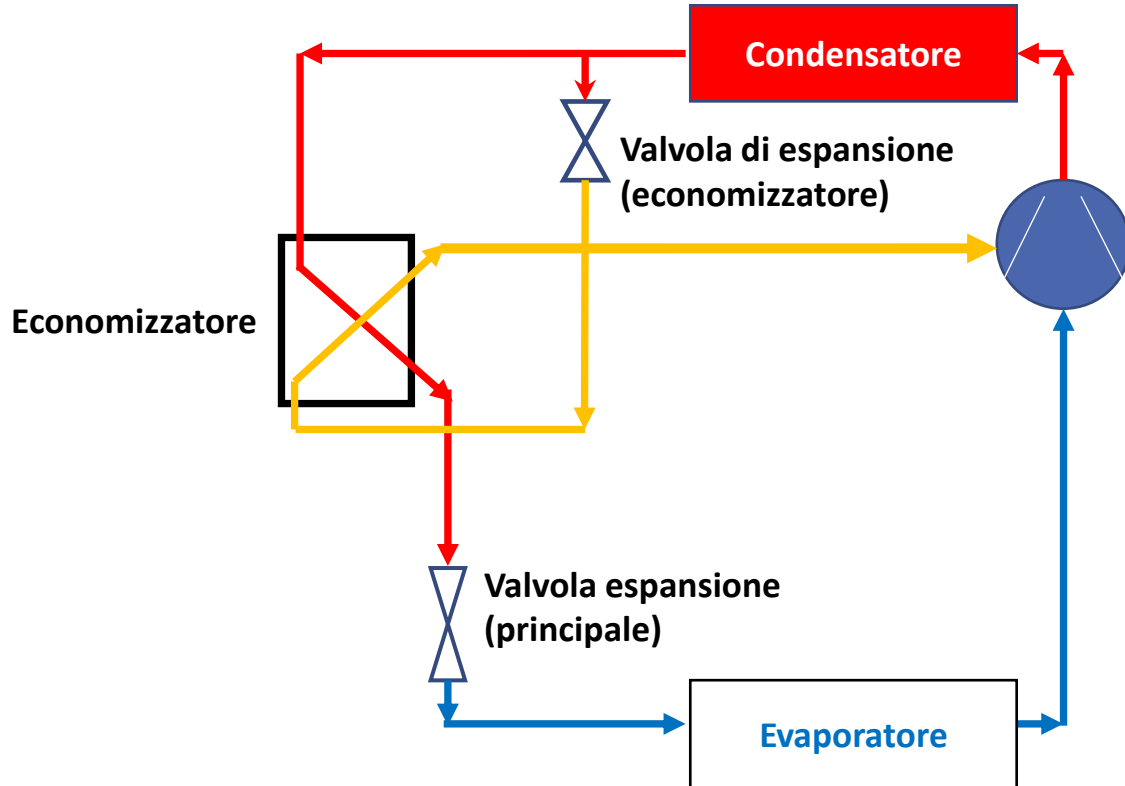
- Alcuni costruttori stanno proponendo soluzioni tecniche con refrigeranti alternativi al R410A che sono in grado di raggiungere, senza iniezione di vapore, temperature di mandata oltre i 60 °C, con un range di temperatura aria esterna fino a -10 °C, o in alcuni casi anche inferiore
- I refrigeranti utilizzati spaziano da R454C, R454B (con temperature fino a 65 °C) a R290 (con temperature fino a 70 °C).

Pompe di calore ad azionamento elettrico



PDC R454C (GWP = 146)

Compressori EVI



La modifica del circuito frigorifero prevede l'inserimento di un economizzatore in uscita al condensatore, costituito da uno scambiatore refrigerante/refrigerante alimentato da una valvola di espansione dedicata

Approccio progettuale

La scelta della soluzione tecnica è connessa al contesto e alla natura dell'intervento che si desidera realizzare

Una delle principali discriminanti è la presenza di una contestuale riqualificazione dell'involucro edilizio



- Minore potenza termica della pompa di calore (e di conseguenza elettrica)
- «sovradimensionamento» dei radiatori esistenti con possibilità di operare a temperature inferiori

Criticità

- Dove non è possibile in tutto o in parte riqualificare l'involucro
 - la potenza elettrica della pompa di calore necessaria diventa potenzialmente molto elevata, determinando criticità dal punto di vista elettrico (per potenze maggiori di 100 kWe necessaria cabina MT/bT ove non già presente)
 - I radiatori se non sostituiti con radiatori con maggiore superficie, richiedono temperature di mandata di progetto elevate che peggiorano il COP medio stagionale

Criticità

- Spazi non sufficienti
 - Non sempre è possibile collocare le pompe di calore di grande potenza negli spazi esterni, specialmente macchine aria-acqua di grande potenza, nel contesto condominiale
 - Nell'ottica dell'accoppiamento con sistemi fotovoltaici, le coperture di condomini sviluppati in verticale, non consentono l'installazione di grandi potenze di fotovoltaico, limitando in modo significativo la quota di autoconsumo

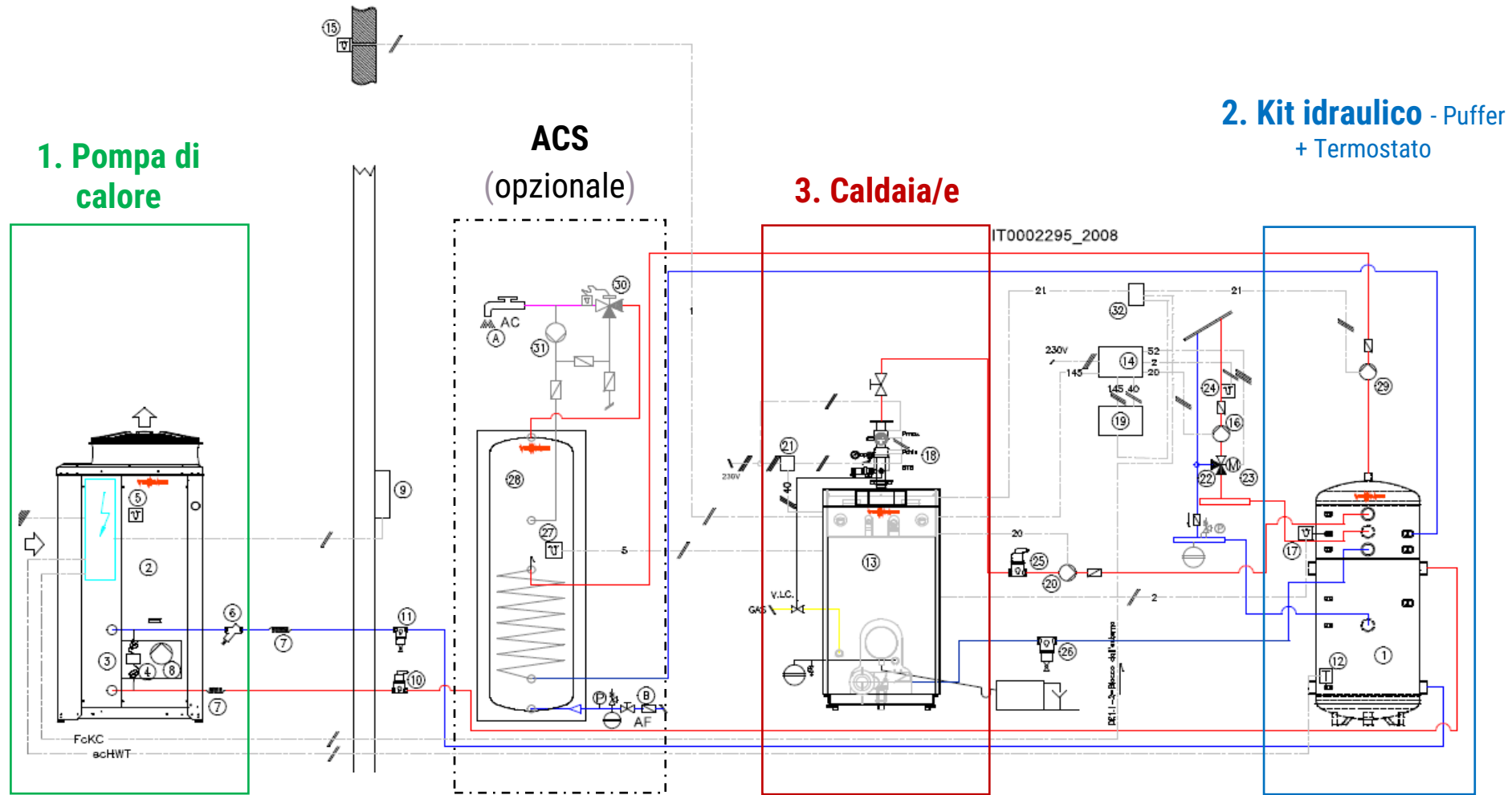
Ibridi commerciali possibile soluzione

- In questi casi è possibile valutare una soluzione di compromesso con l'introduzione di una pompa di calore elettrica, ma attraverso un sistema ibrido «commerciale» (di taglia medio-grande)
- Sul mercato sono state introdotte da alcuni produttori soluzioni «factory made» conformi a Ecobonus, Superbonus o al Conto Energia Termico, con potenze che possono arrivare fino a 600 kWt (con riferimento alla potenza della caldaia)

Ibridi commerciali possibile soluzione

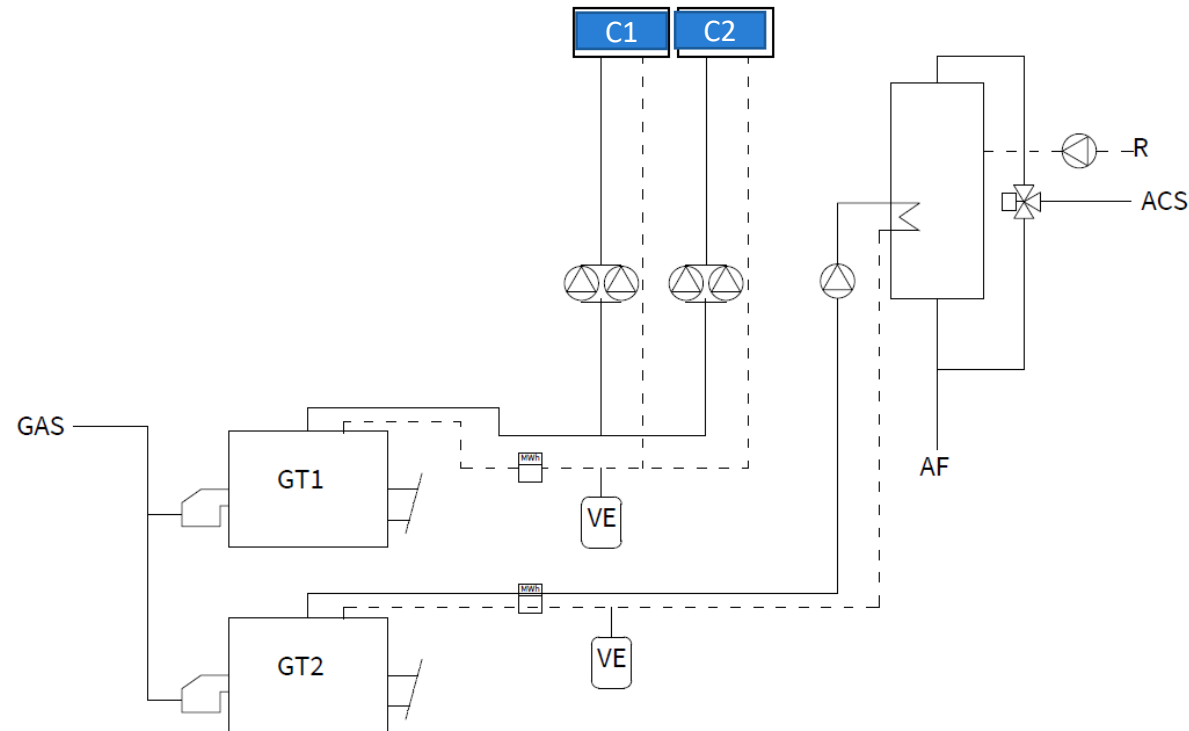
- I sistemi ibridi commerciali sono tipicamente costituiti da:
 - Una o più pompe di calore, normalmente aria-acqua
 - Una o più caldaia a condensazione
 - Un sistema di accumulo inerziale/separatore idraulico, sul quale operano entrambe i generatori,
 - Un sistema di regolazione integrato che in funzione dei diversi parametri gestisce il funzionamento dei due generatori
- La soluzione consente in genere il salto di 2 classi energetiche richiesto dal Superbonus, ma è in generale un primo step per l'introduzione delle PDC in ambito condominiale

Ibridi commerciali possibile soluzione



Ibridi commerciali possibile soluzione

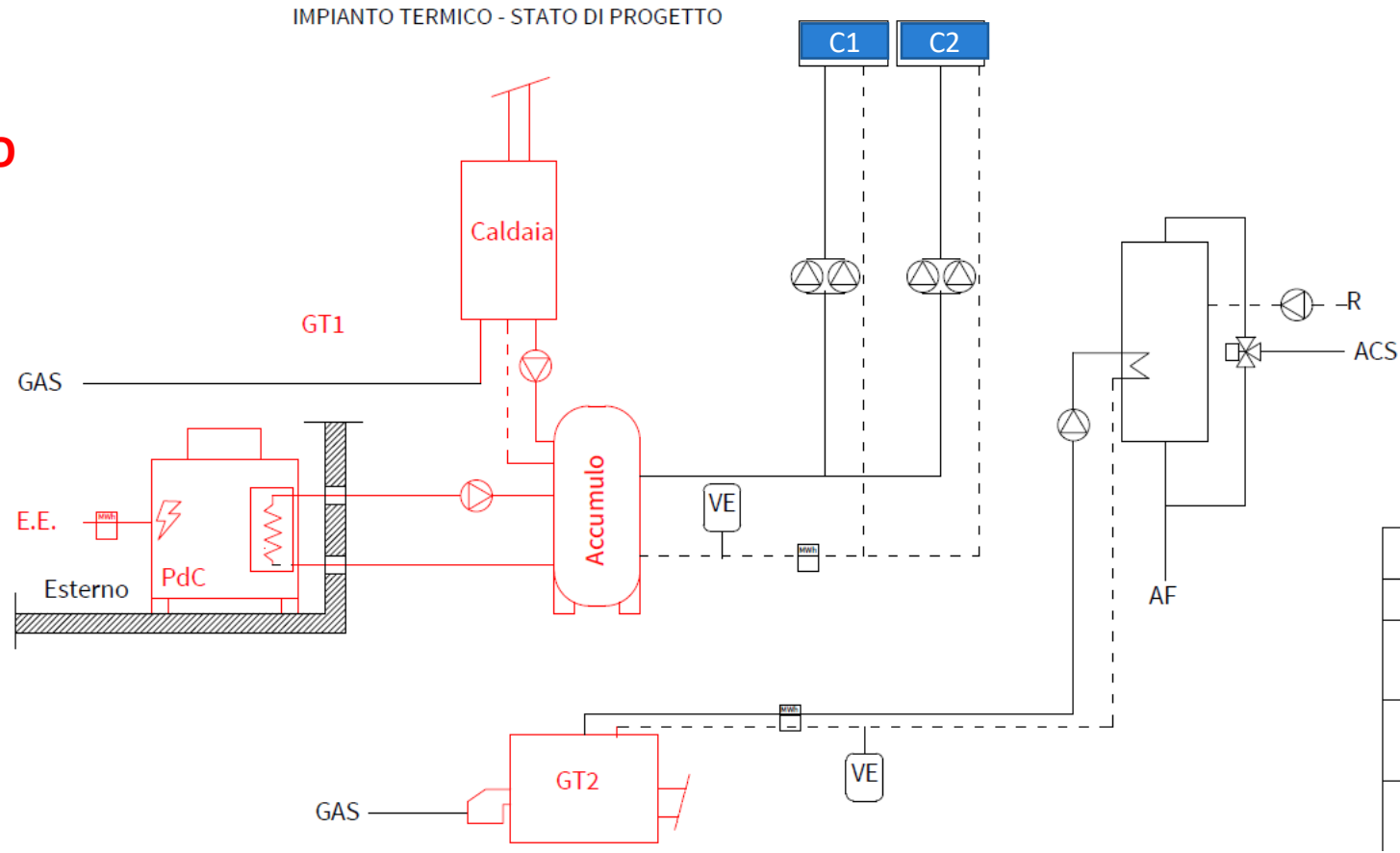
IMPIANTO TERMICO - STATO DI FATTO



ANTE INTERVENTO

Ibridi commerciali possibile soluzione

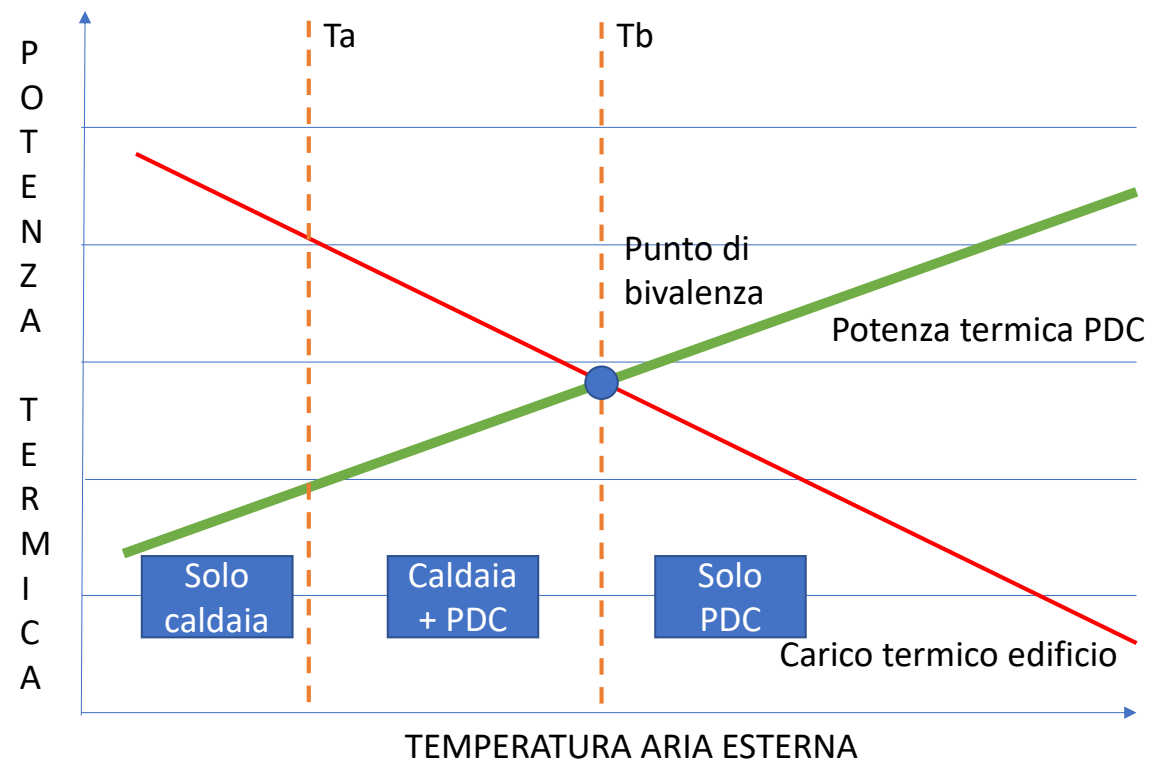
POST INTERVENTO



Ibridi commerciali: salto di classe

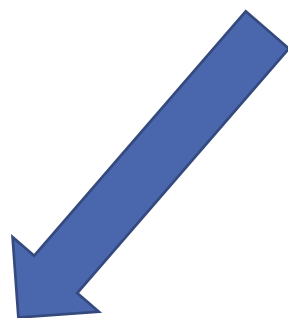
- Fermo restando il funzionamento «reale» del sistema, ai fini della determinazione del salto di classe, i parametri importanti, oltre alle prestazioni energetiche delle pompe di calore, sono:
 - **Temperatura di cut – off impostata nel calcolo**
 - Minore è la temperatura di cut-off, maggiore è la copertura ottenuta con la pompa di calore elettrica, e quindi minore energia primaria non rinnovabile
 - **Temperatura massima di esercizio della pompa di calore**
 - Nel momento in cui le impostazioni di regolazioni impostate nel calcolo (Es. curve climatiche ecc.) portano la temperatura di mandata a un valore superiore a quello massimo ammesso dalla pompa di calore, opera anche nel calcolo solo la caldaia
 - Su questo punto diventa importante l'effetto del dimensionamento dei radiatori e la loro eventuale sostituzione

Ibridi commerciali: salto di classe



Ibridi commerciali: salto di classe

Due tipologie di valutazione



«salto di classe» formale
(necessario ad esempio per Superbonus)



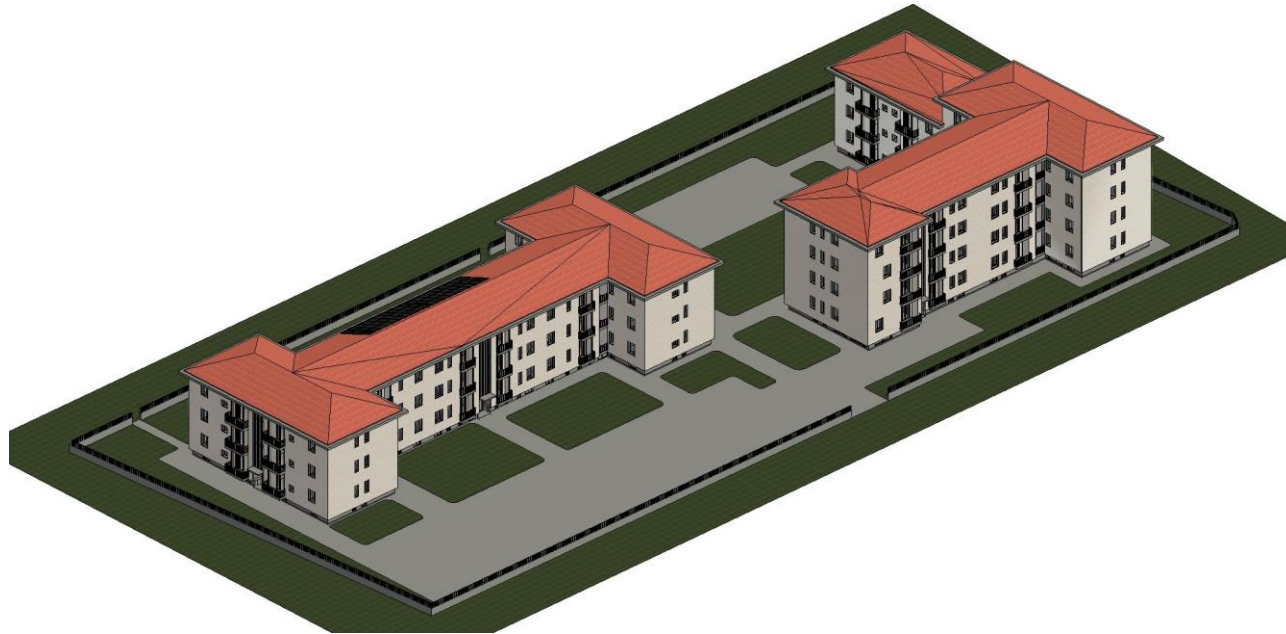
Valutazioni tecniche ed economiche
sul funzionamento
reale

L'IMPIANTO OPERERÀ REALMENTE, NON SI FERMA SOLO AL SALTO DI CLASSE APE ANTE E POST

Ibridi commerciali: T massima PDC

- Nei contesti condominiali specialmente non riqualificati, poter operare con una pompa di calore in grado di raggiungere 65 °C consente di aumentare il fattore di copertura della pompa di calore
- L'effetto delle dispersioni termiche della rete di distribuzione condiziona l'impostazione della curva climatica, alzando il valore della temperatura massima

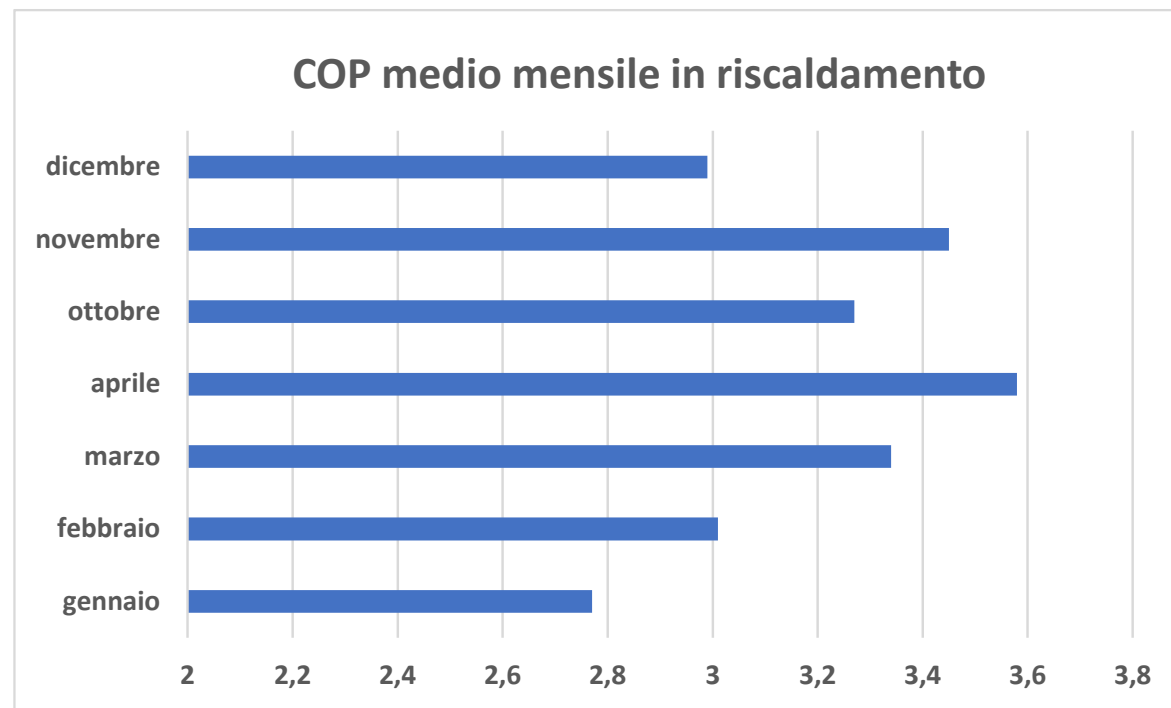
Condominio: confronto



- Pompa di calore: pari a circa 70 kW
- N. 2 caldaia a condensazione modulanti con potenza nominale da 240 kW

| VERONA | | | | | | | |
|------------------|--------|---------------|--------|--------------------|--------|---------------|--------|
| PDC ALTA T 65 °C | | | | PDC STANDARD 55°C | | | |
| Tcu off | Epgl | SPF calcolato | % PDC | Tcu off | Epgl | SPF calcolato | % PDC |
| °C | kWh/m2 | | | °C | kWh/m2 | | |
| -15 | 66,27 | 3,13 | 62,33% | -15 | 69,24 | 3 | 54,77% |
| 0 | 66,52 | 3,17 | 60,67% | 0 | 68,91 | 3 | 54,77% |
| 5 | 71,07 | 3,39 | 42,77% | 5 | 70,93 | 3,17 | 44,60% |
| FIRENZE | | | | | | | |
| PDC ALTA T 65 °C | | | | PDC STANDARD 55 °C | | | |
| Tcu off | Epgl | SPF calcolato | % PDC | Tcu off | Epgl | SPF calcolato | % PDC |
| °C | kWh/m2 | | | °C | kWh/m2 | | |
| -15 | 36 | 3,24 | 90,73% | -15 | 39,02 | 3,16 | 88,48% |
| 0 | 36 | 3,24 | 90,73% | 0 | 39,02 | 3,16 | 88,48% |
| 5 | 37,78 | 3,26 | 80,03% | 5 | 40,09 | 3,23 | 81,00% |

Condominio: confronto



Simulazione su località VERONA – Dati orari

Ibridi commerciali: altre applicazioni

- Se i condomini sono oggi al centro dell'attenzione per via del 110%, l'applicazione dei sistemi ibridi commerciali può essere rivolta anche a:
 - Edifici pubblici e in particolare scolastici
 - Edifici a destinazione d'uso turistica o alberghiera
 - Case di riposo o simili

Conclusioni

- Le pompe di calore possono essere una soluzione valida per la riqualificazione di condomini esistenti con impianti a radiatori
 - Il mercato è maturo
 - Sono presenti soluzioni tecniche adatte alle diverse situazioni
- L'utilizzo di pompe di calore a media potenza ad alta temperatura, sia direttamente sia in sistemi ibridi, consente di superare molte criticità nelle applicazioni condominiali, anche connesse alle perdite di distribuzione

GRAZIE PER L'ATTENZIONE