

IL PROGETTO MULTIPACK: INSTALLAZIONE E MONITORAGGIO DI SISTEMI INTEGRATI DI POMPE DI CALORE PER EDIFICI AD ALTO CONSUMO ENERGETICO

Armin Hafner^{*(1)}, Silvia Minetto⁽²⁾, Giacomo Tosato⁽²⁾

⁽¹⁾ **Norwegian University of Science and Technology, Department of Energy and Process Engineering, Trondheim (Norway)**

⁽²⁾ **Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, Padova (Italy);**

*** corresponding author: armin.hafner@ntnu.no**

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni è stato dedicato un importante sforzo in termini di ricerca e sviluppo per valutare l'impiego di refrigeranti naturali in varie applicazioni. La conoscenza delle proprietà dei fluidi, del loro impatto sui cicli frigoriferi e sui componenti hanno consentito di sviluppare e introdurre sul mercato macchine con efficienza energetica competitiva, perseguendo in termini generali obiettivi di sostenibilità ambientale. È noto che il ciclo transcritico ad anidride carbonica è un'opzione efficiente per le pompe di calore per il riscaldamento di acqua calda sanitaria; l'anidride carbonica offre anche buone prestazioni per il riscaldamento a bassa temperatura, specialmente se applicato a edifici a basso consumo energetico.

D'altra parte è fondamentale la consapevolezza delle sfide poste da un'elevata temperatura del fluido al quale viene rigettato il calore. Perciò le unità MultiPACK includono soluzioni tecniche per mitigare le inefficienze del ciclo transcritico, con soluzioni specifiche sia nel caso di riscaldamento e raffrescamento ambiente, che nel caso di produzione di acqua calda sanitaria (DHW). Ad esempio, sono disponibili sul mercato pompe di calore a CO₂ per riscaldamento e raffreddamento simultanei. Questi sistemi sono applicati per scopi industriali o commerciali. Anche il recupero del calore per il riscaldamento degli ambienti è una pratica comune, applicata nella maggior parte degli impianti di refrigerazione commerciale a CO₂, in combinazione con il raffreddamento degli ambienti. Per ottenere un'elevata efficienza energetica, i compressori ausiliari sono implementati nella tradizionale progettazione dei sistemi booster. In questo modo è possibile eseguire contemporaneamente il riscaldamento e il raffrescamento, insieme alla refrigerazione.

In ambito residenziale, la domanda di riscaldamento e raffrescamento è normalmente non concomitante. Ad esempio, la domanda di acqua calda si verifica solitamente al mattino e alla sera. Ci sono edifici in cui la domanda di DHW può essere estremamente elevata in determinati periodi della giornata, come palestre, centri benessere, hotel. Questi edifici sono stati identificati come applicazioni potenzialmente ideali per le pompe di calore a CO₂ e l'uso di multieiettori è stato considerato come l'opzione appropriata per affrontare adeguatamente il problema dell'efficienza, specialmente durante le operazioni di raffrescamento.

MultiPACK ha l'obiettivo di installare tre unità di pompa di calore reversibili con produzione di acqua calda sanitaria e di monitorare e valutare le loro prestazioni. In questo documento verranno descritte due unità e le operazioni della prima pompa di calore.

UNITA' MULTIPACK INSTALLATA IN UN HOTEL IN NORD ITALIA I

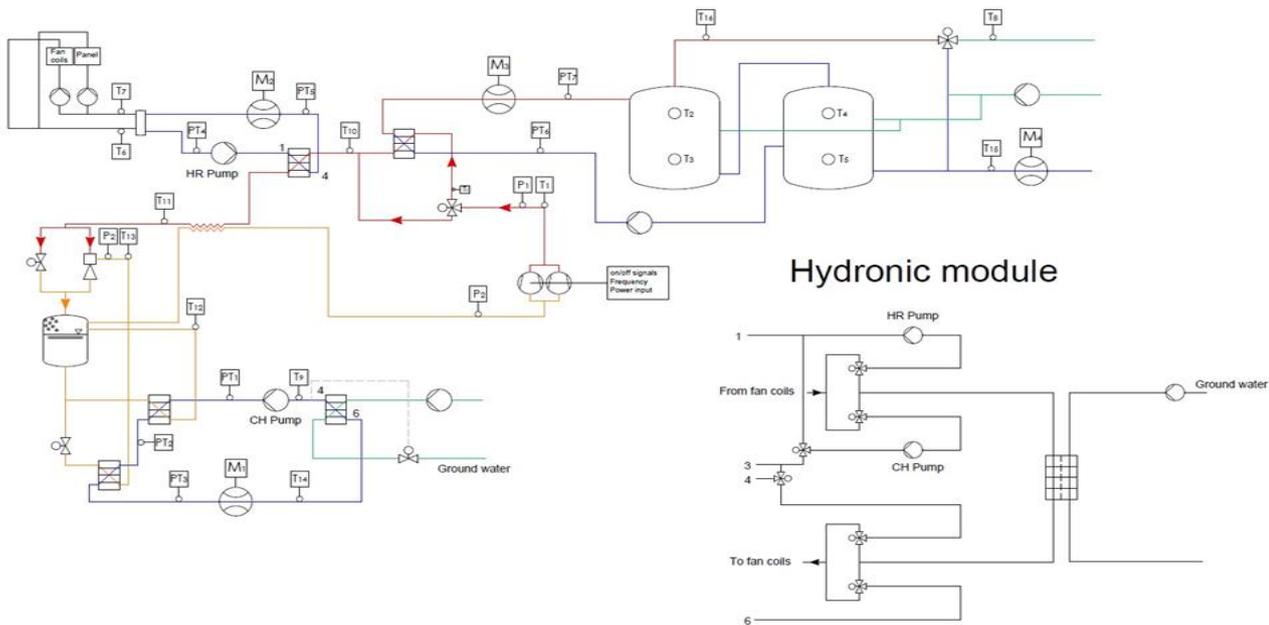


Fig. 1 Unità Nord Italia-I:lay-out

La pompa di calore è installata in un hotel situato in un'area turistica nel nord Italia. È destinata al riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria in un hotel aperto durante tutto l'anno.

L'unità può beneficiare di acqua di falda come sorgente o pozzo di calore. La pompa di calore dispone di un multieietto bifase come dispositivo di espansione, in grado di utilizzare i lavori di espansione. Viene implementato un lay-out originale a due evaporatori, in cui il primo è a circolazione naturale mentre nel secondo il fluido è ricircolato dall'eietto. L'unità è reversibile sul lato acqua, per mezzo di un modulo idronico costituito da valvole a tre vie che possono passare all'acqua di falda o all'impianto HVAC in base alla richiesta dell'edificio in fase di raffreddamento. I ventilconvettori sono installati all'interno delle camere degli hotel, fornendo riscaldamento e raffrescamento, attraverso il circuito dell'acqua.

L'acqua calda sanitaria è prodotta dall'unità e accumulata in due serbatoi di acqua calda collegati in serie per favorire la stratificazione. Tale disposizione consente una bassa temperatura di ritorno dell'acqua durante la ricarica; la modalità di stoccaggio dell'acqua calda in caso di ricostruzione completa o di nuove installazioni è proposto in Fig. 3.

L'unità prevede due compressori, uno dei quali azionato da inverter. Il layout di sistema semplificato è presentato in Fig. 1, rappresentato nella configurazione di riscaldamento.

Il sistema è completamente equipaggiato con sonde di temperatura e pressione, contatori di energia, misuratori magnetici di portata massica sul lato acqua. Sette sonde di temperatura PT 1000 sono posizionate prima e dopo i tre scambiatori di calore CO₂/acqua, sul lato acqua; insieme a tre misuratori di portata magnetici, per determinare le prestazioni dello scambiatore di calore e l'effetto utile dell'unità.

Table 1	<i>Northern Italy I (winter 2019) DHW</i>	<i>Northern Italy I (winter 2019) Heating</i>	
$Q_{cooling}$ [kW]	-	-	
$Q_{heating}$ [kW]	-	15.5	
Q_{DHW} [kW]	20.1	-	
p_1 [bar]	100.5	100.6	
p_2 [bar]	43.1	43.5	
p_3 [bar]	38.8	38.7	
$COP_{heating}$	4.0	3.8	
<i>heating</i>	$t_{w,in}$	-	23.7
	$t_{w,out}$	-	47.0
<i>DHW</i>	$t_{w,in}$	17.2	-
	$t_{w,out}$	60.7	-

Le sonde di pressione si trovano sul lato di alta pressione (p_1), in aspirazione al compressore (p_2) e in aspirazione all'eiettore (p_3). Delle sonde NTC sono utilizzate per monitorare la temperatura dei vari punti del circuito, incluso il modulo idronico di Fig.1. Il serbatoio DHW è completamente equipaggiato con termocoppie per fornire informazioni sulla stratificazione dell'acqua e sulla temperatura di stoccaggio. Un misuratore di portata massica magnetica è installato anche sull'ingresso dell'acqua di rete, per misurare

il consumo di acqua calda sanitaria dell'hotel. I risultati complessivi del sito misurati durante l'inverno 2018-19 sono riassunti nella Tabella 1.

UNITA' MULTIPACK PER UN HOTEL IN NORD ITALIA II

L'unità è attualmente in fase di installazione in un hotel situato nel Nord Italia. L'unità ha il layout presentato in Fig. 2. Provvederà al raffrescamento durante la stagione estiva e al riscaldamento dell'acqua calda sanitaria per tutto l'anno.

Sul lato CO_2 , il sistema MultiPACK è una pompa di calore invertibile. Durante l'inverno l'aria esterna è impiegata come sorgente. Durante l'estate invece il calore viene rigettato all'esterno solo nel caso in cui sia richiesta acqua refrigerata ma i serbatoi di acqua calda siano completamente carichi. La caratteristica innovativa della pompa di calore MultiPACK è il blocco multieiettore bifase applicato come dispositivo di espansione, in grado di controllare l'alta pressione. Anche per questa installazione, viene utilizzato un lay-out originale a due evaporatori, in cui il primo evaporatore fornisce acqua refrigerata evaporando la CO_2 circolata per gravità. Il secondo scambiatore di calore, raffreddando ulteriormente l'acqua refrigerata, si trova ad un livello inferiore di pressione / temperatura di evaporazione grazie all'azione degli eiettori, che comprimono la portata di aspirazione verso il livello di pressione all'interno del ricevitore. L'unità ha due compressori, uno è azionato da inverter. Quando viene richiesta l'acqua calda sanitaria dall'edificio, il gas caldo scorre nello scambiatore di acqua calda sanitaria e riscalda l'acqua. Successivamente, il refrigerante fluisce verso l'evaporatore esterno (fonte di calore in inverno) passando alla valvola a tre vie situata subito dopo l'eiettore. Quando viene attivata la modalità raffrescamento, la CO_2 compressa fluisce attraverso il gas cooler

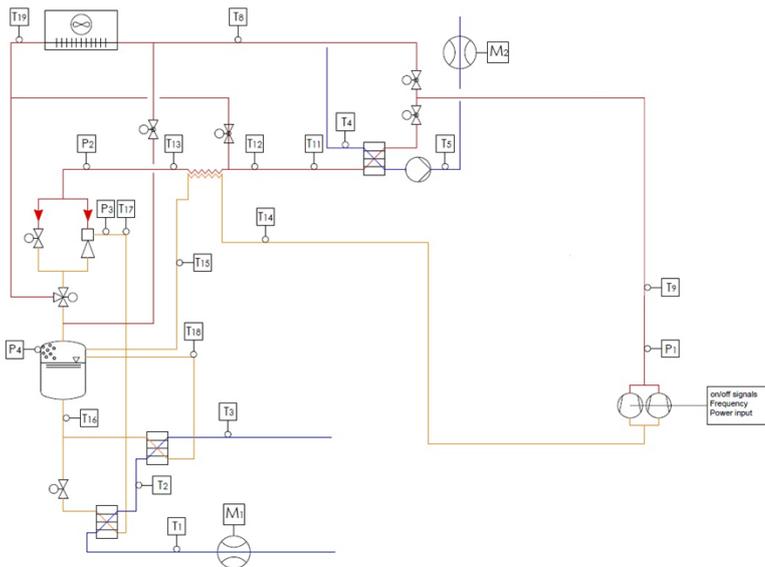


Fig. 2 Unità Nord Italia II, lay-out

esterno prima di entrare nel multieiettore. Il liquido proveniente dal ricevitore a bassa pressione circola negli evaporatori rispettivamente per circolazione naturale e forzata dall'eiettore, fornendo così un effetto utile di raffreddamento. Il sistema è dotato di strumenti di misura sonde di temperatura e pressione, contatori di energia, misuratori di portata magnetici. Quattro sonde di temperatura PT 1000 sono

posizionate prima e dopo i due scambiatori di calore CO₂/acqua, sul lato acqua, e due misuratori di portata magnetici per la portata di acqua che fluisce attraverso gli scambiatori di calore. Le sonde di pressione misurano i tre livelli di pressione del circuito. Diverse sonde NTC monitorano le temperature, inclusi i serbatoi d'acqua e il modulo idronico.

PROPOSTA PER IL SERBATOIO DI STOCCAGGIO DELL'ACQUA CALDA SANITARIA PER UNITÀ DI POMPA DI CALORE MULTIPACK APPLICATE A HOTEL

La Figura 3 indica come un tradizionale serbatoio per l'accumulo di acqua calda sanitaria non possa essere applicato se si vuole mantenere elevata l'efficienza della macchina. Negli edifici ad alto consumo come gli hotel, l'acqua calda viene continuamente fatta circolare in tutto l'edificio per consentire la disponibilità istantanea a qualsiasi utilizzatore. L'acqua viene normalmente distribuita a 50 °C e ritorna a una temperatura inferiore a causa delle perdite di calore lungo le linee. Nel concetto proposto, il riscaldamento dell'acqua ricircolata avviene in due modi. Quando la pompa di calore è in funzione, l'acqua calda viene prodotta a 85°C, prima di immagazzinare l'acqua all'interno dei serbatoi stratificati disposti in serie, l'acqua calda riscalda l'acqua di ritorno dal ricircolo all'interno del scambiatore di calore situato nel serbatoio dell'acqua ricircolata. In caso di serbatoi di stoccaggio completamente carichi, Figura 3b, la pompa di calore smette di funzionare fino a quando non viene richiesta una notevole quantità di acqua calda. Ora il riscaldamento avviene utilizzando la differenza di temperatura tra l'acqua all'interno dei serbatoi di stoccaggio e l'acqua circolante di ritorno. Una pompa dedicata fa circolare l'acqua calda attraverso lo scambiatore di calore e riscalda l'acqua circolata fino a circa 55 ° C e viene restituita ad un altro serbatoio di stoccaggio come indicato nella Figura 3b. È importante che i serbatoi di stoccaggio caldi abbiano un diffusore nella connessione di ingresso inferiore. In questo caso la stratificazione può essere mantenuta anche quando viene coinvolta una importante quantità di acqua calda durante i periodi di picco di domanda.

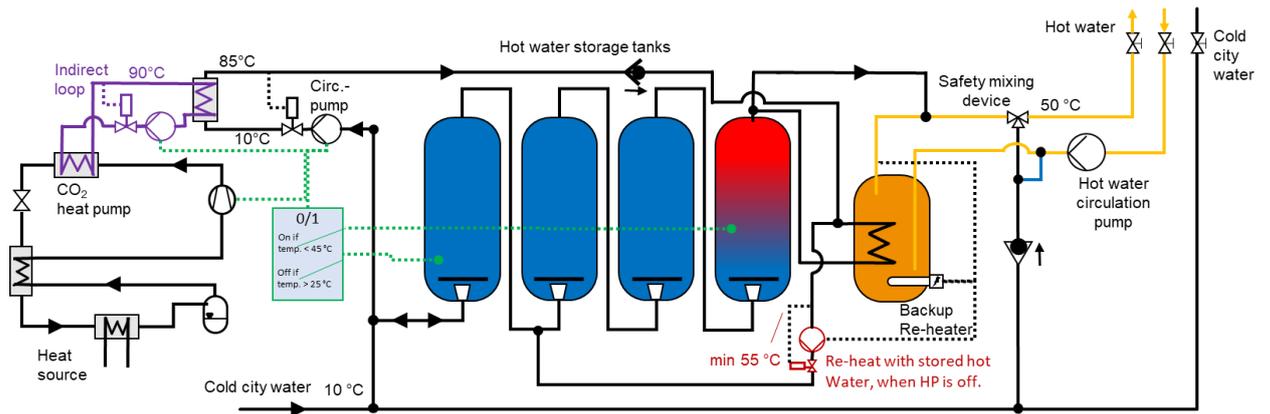


Fig.3a MultiPACK: disposizione dei serbatoi. Caso: accumulo vuoto, pompa di calore accesa

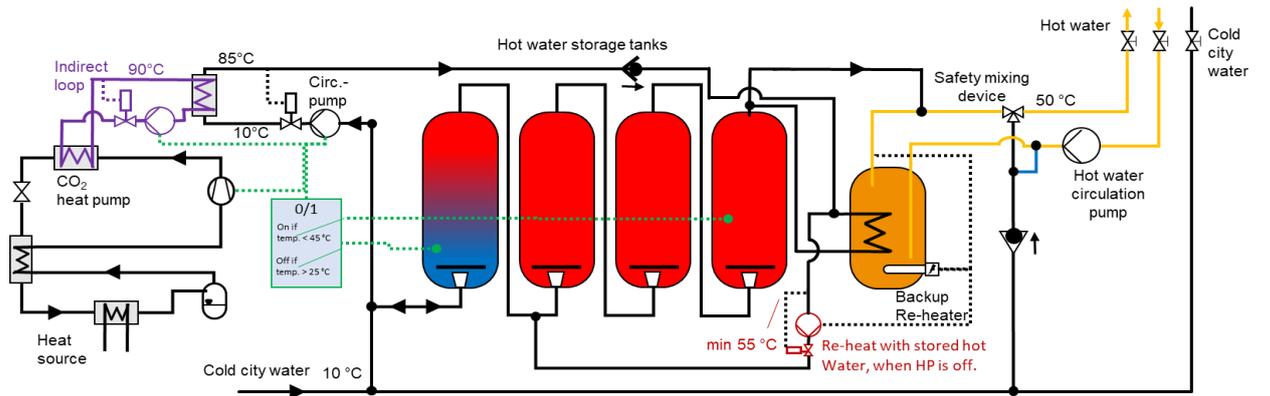


Fig.3b MultiPACK: disposizione dei serbatoi. Caso accumulo pieno e pompa di calore spenta.

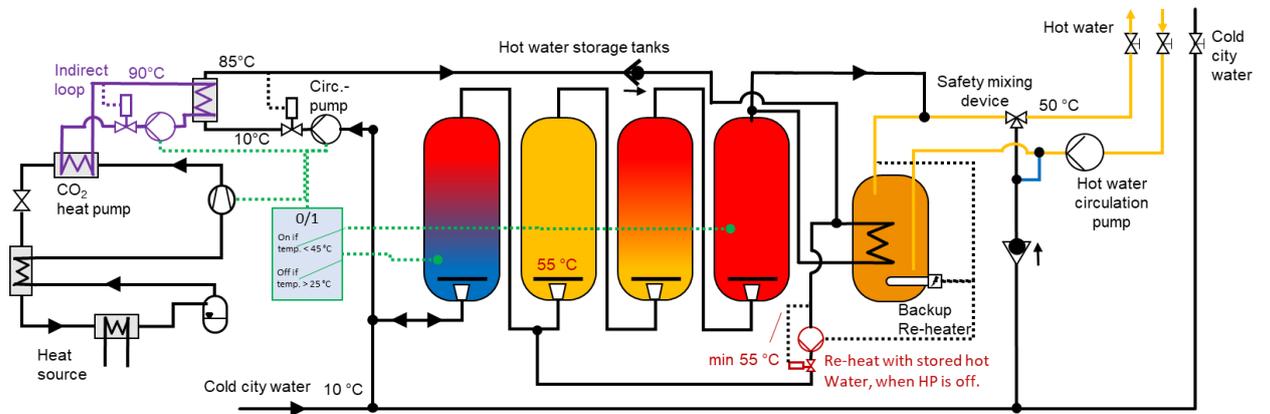


Fig.3c MultiPACK: disposizione dei serbatoi. Caso pompa di calore spenta e acqua di ricircolo riscaldata dall'acqua accumulata ad alta temperatura.

RINGRAZIAMENTI

L'attività descritta in questo articolo è stata svolta nell'ambito del progetto MultiPACK. MultiPACK è un progetto europeo finanziato dal programma Horizon 2020, con numero identificativo 723137.

