

IL PROGETTO DI RICERCA GREEN GAS: REFRIGERANTI A BASSO GWP NELLA REFRIGERAZIONE COMMERCIALE

F. Barile, M. Masoero, C. Silvi
Dipartimento Energia "Galileo Ferraris", Politecnico di Torino

Introduzione

La politica di sensibilizzazione volta alla tutela ambientale ha obbligato il settore della refrigerazione industriale a lavorare in una perenne fase di transizione, che vede la sostituzione, seppur graduale, dei fluidi operativi impiegati nei cicli frigoriferi. La transizione dai CFC ai nuovi refrigeranti non è stata né indolore né priva di inconvenienti, ponendo agli specialisti del settore diverse problematiche a cui dover far fronte, come, a esempio, il peggioramento delle prestazioni della macchina. È una situazione che richiede, dunque, grande flessibilità e spirito di adattamento da parte delle aziende del settore in quanto, a seconda delle caratteristiche dei nuovi refrigeranti, in alcuni casi si rende necessario riprogettare alcuni componenti del gruppo frigorifero e adottare lubrificanti con caratteristiche diverse. Green Gas è un progetto che nasce da questa esigenza comune di tre aziende del Casalese operanti in tre diversi settori della refrigerazione: SandenVendo distributori automatici, Cold Car trasporti refrigerati e Heegen vetrine espositive.

Stato di avanzamento Progetto Green Gas

Conclusasi la prima fase di progetto, in cui per ognuna delle aziende coinvolte nel Progetto è stato condotto uno studio volto a selezionare il refrigerante più indicato alle rispettive tipologie di prodotto, si poi è proceduto allo sviluppo di applicazioni che tenessero conto delle esigenze aziendali e delle problematiche di sicurezza derivanti dalle proprietà fisiche dei fluidi a basso GWP valutando le soluzioni accessibili presenti sul mercato.

Per SandenVendo Europe la scelta del fluido refrigerante è ricaduta sul R290 e ha richiesto, per la loro tipologia di prodotto, particolare attenzione in quanto all'interno di un distributore automatico sono presenti diversi componenti elettrici che potrebbero innescare archi elettrici durante il loro funzionamento. Pertanto, si è fin da subito escluso l'impiego del nuovo refrigerante negli impianti esistenti abbandonando l'idea di eseguire una semplice operazione di retrofit. Le ragioni di questa decisione trovano fondamento nell'alta infiammabilità del gas e nella difficoltà a reperire a costi contenuti componenti idonei a lavorare in atmosfere potenzialmente infiammabili. Di conseguenza si è necessariamente dovuto ricorrere alla pianificazione di uno studio di fattibilità di un nuovo sistema refrigerante, che non consenta a eventuali perdite di gas di propagarsi in aree confinate all'interno del distributore automatico evitando il pericolo di esplosioni. La scelta della tipologia di impianto refrigerante è ricaduta su un sistema a doppio circuito, il quale prevede due circuiti collegati tra loro da uno scambiatore intermedio che ha il compito di trasferire il freddo generato dal circuito primario al fluido termovettore circolante nel secondo circuito, mantenendo costante la temperatura dei prodotti all'interno del distributore.

In Figura 1 viene riportata la soluzione impiantistica, che ha consentito di posizionare il circuito primario in cui circola il propano in una zona sicura e ventilata del distributore automatico.

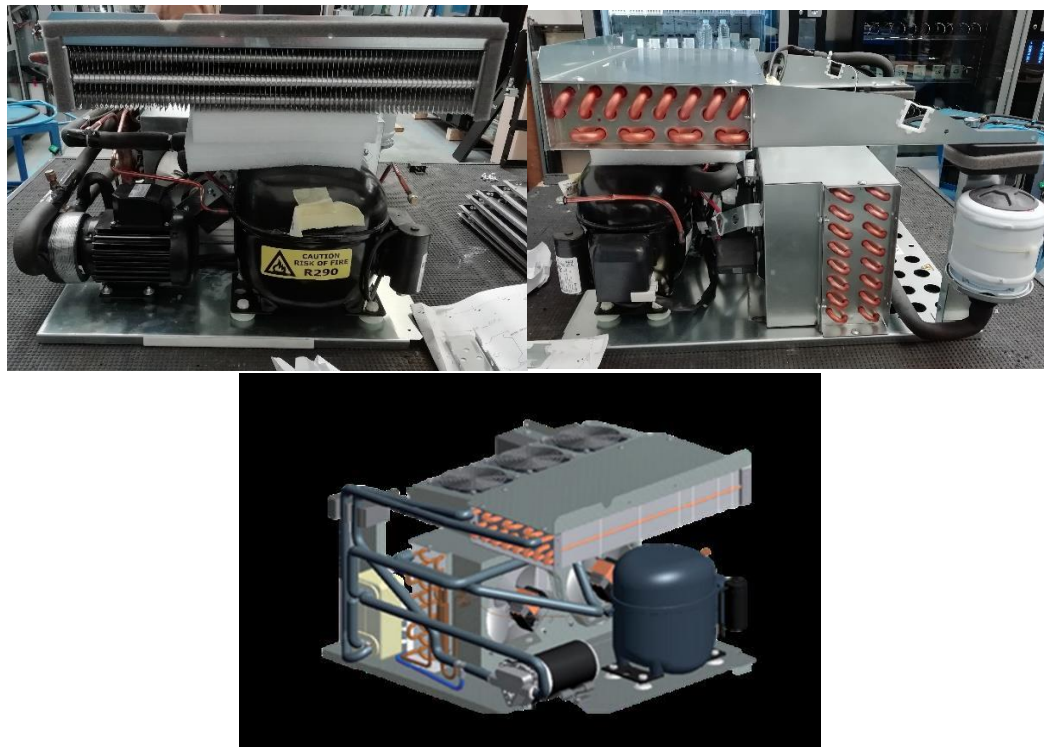


Figura 1: Sistema frigorifero distributore automatico SandenVendo.

La progettazione del circuito primario a R290 si è basata sui componenti già noti impiegati negli impianti funzionanti a R404A. Le modifiche più significative riguardano la dimensione interna dei diametri delle tubazioni e la tipologia di evaporatore. È stato scelto di utilizzare tubi con un diametro inferiore per limitare al minimo possibile la carica di refrigerante in modo da rispettare i limiti imposti da normativa. Per quanto riguarda l'evaporatore, diversamente dal tradizionale scambiatore a pacco alettato, la scelta è ricaduta su uno a piastre che è stato poi opportunamente accoppiato con il secondo circuito a glicole. La progettazione del circuito secondario si è incentrata sulla scelta della tipologia di glicole più adatto alle basse temperature e sulla tipologia di pompa per la movimentazione del fluido all'interno del circuito.

Il prototipo è stato testato in camera climatica a 32.5°C - 65% R.H. (Figura 2), secondo uno standard di riferimento che si attiene alle condizioni richieste dal cliente finale per la validazione del prodotto. Le prove sono state eseguite su un modello G-Drink con impianto refrigerante circolante R404A e sul nuovo prototipo a R290. In Figura 3 e 4 viene mostrato un test di pull-down a pieno carico (504 lattine) della durata di 24 h, in cui sono state raggiunte le condizioni di progetto (temperatura media interna di 2°C) rispettivamente dopo 16h 27' e dopo 16h 16'. A differenza di quanto ci si potesse aspettare, l'integrazione del circuito secondario non ha aumentato consumo giornaliero dell'impianto; anzi, come si può chiaramente vedere dai grafici sottostanti (Figure 5-6), si riscontra addirittura un miglioramento delle prestazioni. Infatti, a parità di condizioni esterne e di carichi termici, l'impianto a R404A ha fatto registrare un consumo energetico sulle 24 h pari a 8.51 kWh mentre quello nuovo a R290 di 8.41 kWh.



Figura 2: Distributore automatico in camera climatica.

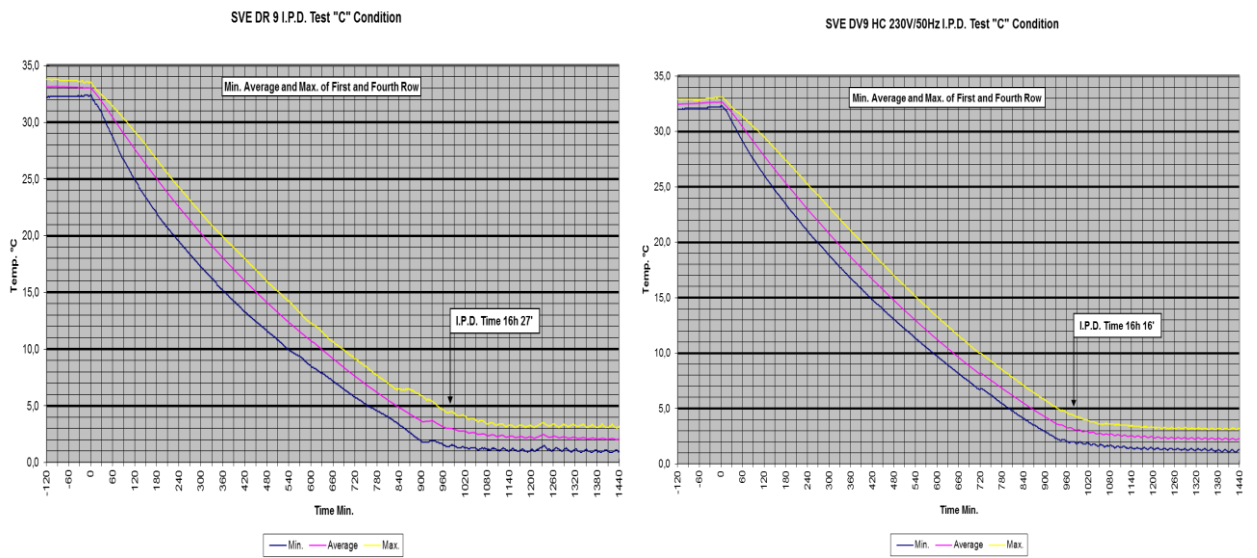


Figura 3-4: Pull-down test eseguiti su impianto a R404A (sinistra) e a R290 (destra).

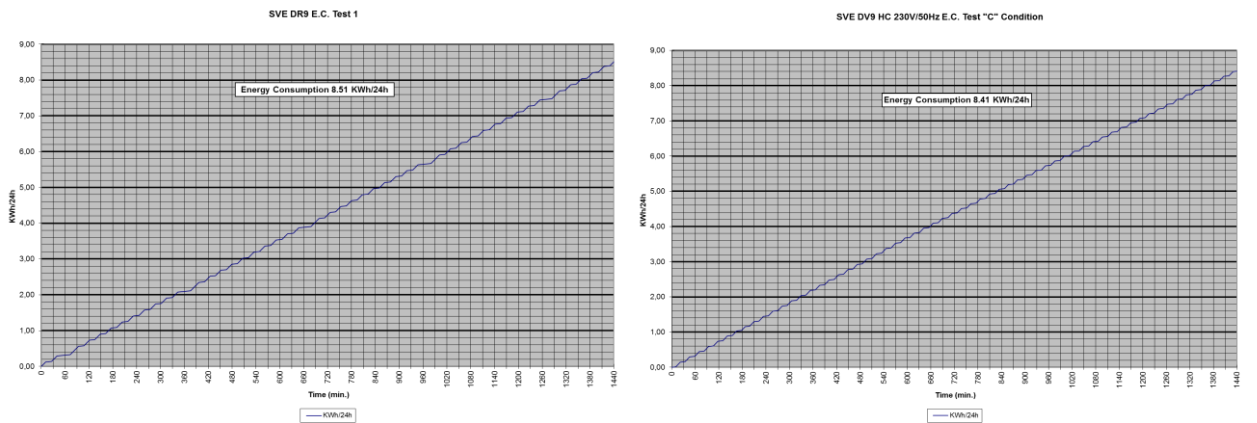


Figura 5-6: Consumi energetici giornalieri registrati su impianto a R404A (sinistra) e a R290 (destra).

Per quanto concerne il partner Cold Car, il fatto di operare in un campo del freddo soggetto a minori restrizioni normative, utilizzando impianti in remoto con alte cariche di refrigerante, ha fatto sì che la scelta del gas cadesse sulle miscele di fluidi sintetici (HFO-HFC), indicando R452A come gas più idoneo (Vedi Figura 7).

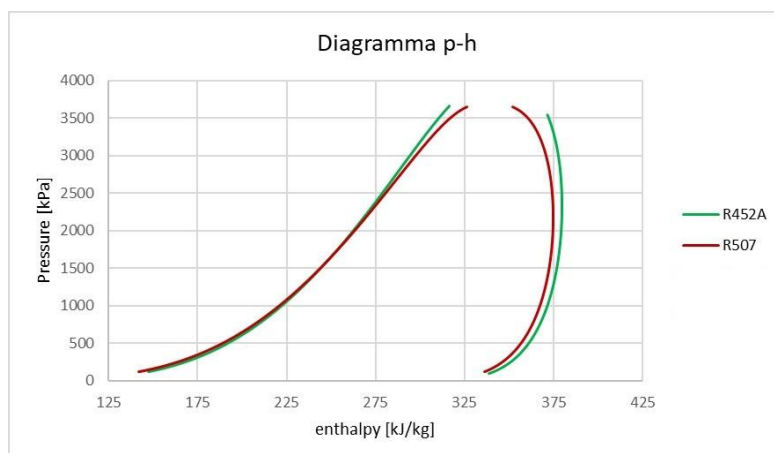


Figura 7: Diagramma p-h R452A e R507.

È stata attuata una verifica del corretto funzionamento degli impianti esistenti a seguito della sostituzione del fluido refrigerante (operazione denominata di “retrofit”) e le attività si sono incentrate nella valutazione delle prestazioni dell’impianto mediante prove in camera climatica su un prodotto di riferimento (Figura 8) con le seguenti caratteristiche:

- Dimensioni: 3600 x 2040 x 1550h (esterne), 3400 x 1840 x 1250h (interne)
- Pannelli con spessori maggiorati: tetto e pavimento da 150 mm, testate e fiancate da 100 mm
- N°8 sportelli laterali da 550x900h (luce netta)
- Gruppo frigorifero con compressore Frascold D3-18.Y(CC) Alimentazione unità condensante da rete elettrica (380-400V, 50Hz)
- Condensatore X89 tipo 6 ranghi / 16 tubi – superficie di scambio 11,5 m²
- n° 1 convogliatore d’aria – elicoidale con 7 pale aspiranti Ø 350 mm – portata aria 3100 m³/h a bocaglio libero
- Coefficiente globale di scambio termico pari a 0,22 W/m²/°C



Figura 8: Carrozzeria di riferimento utilizzata nei test in camera climatica.

A tal proposito, sono state svolte prove comparative in camera calda a temperatura controllata su due carrozzerie frigorifere identiche per dimensioni, isolamento e impianto, ma con due diversi fluidi refrigeranti: quello tradizionale attualmente in uso R507, che verrà bandito e sostituito da nuovi composti come R452A e R448A, simili per caratteristiche termodinamiche ma con un impatto ambientale ridotto. La temperatura all'interno della camera climatica viene mantenuta nel campo di valori desiderati tramite dei dispositivi riscaldanti ad aria forzata, consentendo così di mantenere la carrozzeria in condizioni ambientali uniformi per tutta la durata del test. Una serie di sonde rilevano i dati di temperatura che vengono trasmessi a un registratore a intervalli di tempo prestabiliti.

L'impianto di refrigerazione impiegato nelle carrozzerie è un semplice sistema a compressione di vapore costituito da un condensatore raffreddato ad aria, da un compressore raffreddato tramite l'aria in uscita dall'elettroventilatore applicato sul condensatore, da due valvole di espansione termostatiche e da un evaporatore. L'evaporatore è accoppiato con cinque piastre contenenti soluzione eutettica per l'accumulo del freddo, con cambiamento di stato liquido-solido alla temperatura di -33°C . L'unità condensatrice è ubicata all'esterno della carrozzeria, sotto il pavimento sul lato destro, e lavora solamente durante la sosta dell'automezzo a fine servizio, con alimentazione da rete elettrica (380-400 V e 50 Hz). I componenti principali dell'unità condensatrice sono il motocompressore semi-ermetico e il condensatore. Il circuito è anche dotato di dispositivi tarati per il controllo dell'alta e della bassa pressione. La temperatura interna è controllata tramite un termostato tarato a un valore che garantisca le condizioni di utilizzo. In questo caso, -42°C con differenziale di 5°C e con sonda NTC a contatto con l'ultima piastra eutettica di un circuito. Inoltre, è stato disposto ai morsetti dell'unità condensante un misuratore dell'energia elettrica assorbita dal gruppo frigorifero per portare la temperatura della cella alle condizioni di progetto.

La prima prova è stata realizzata attenendosi a quanto previsto dalle procedure definite nella normativa ATP: camera di prova isolata con temperatura ambiente a $+30^{\circ}\text{C}$ costante e con un apporto termico pari a 120 W posto all'interno della carrozzeria durante la fase di evoluzione che fa seguito al periodo di carica dell'impianto eutettico. Dalle temperature rilevate, si evidenzia un andamento molto simile dei valori riscontrati sia nelle prime 24 ore della fase di carica che nelle successive 12 ore di mantenimento della carrozzeria con l'impianto frigorifero spento. La temperatura interna, risultante dalla media delle temperature delle sonde posizionate all'interno della cella, ha un andamento simile sia per R507 che per R452A come si vede nel grafico qui sotto (Figura 9).

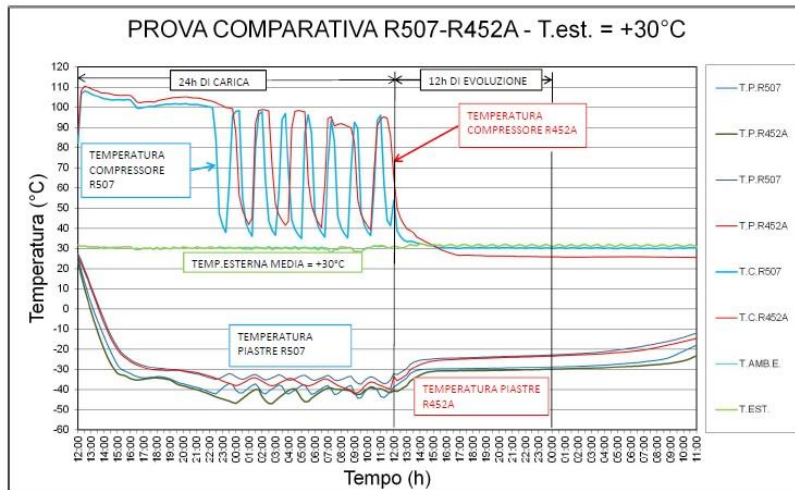


Figura 9: Andamento temperature prova comparativa (30°C ambiente).

Si può notare che per le sonde poste sulle piastre eutettiche le temperature raggiunte con R452A siano leggermente più basse di quelle ottenute con l'impianto standard a R507. Questa tendenza si riflette in particolare nella fase di ON-OFF del termostato con un maggior assorbimento del compressore, comportando quindi a consumi energetici più elevati. I dati di consumo nelle 24 ore evidenziano un totale di 40,2 kWh per l'impianto a R507 contro i 41,1 kWh per quello a R452A, che in termini percentuali rappresenta un incremento del 2,24% per la nuova soluzione rispetto all'impianto standard. I costruttori avevano indicato che la resa del compressore avrebbe subito un calo di circa l'8%, ma diversamente da quanto ci si potesse aspettare il nuovo gas ha presentato nel complesso un buon comportamento. Nei grafici sottostanti (Figura 10-11) è stata messa in rilievo la fase di ricarica dopo il servizio fino al fermo comandato dal termostato, anche qui si notano i livelli di bassa ed alta pressione nelle fasi di evaporazione e condensazione da parte del R452A rispetto al R507. Si evidenzia un maggior rapporto di compressione del nuovo fluido rispetto a quello tradizionale il che giustificherebbe il maggior consumo rilevato.

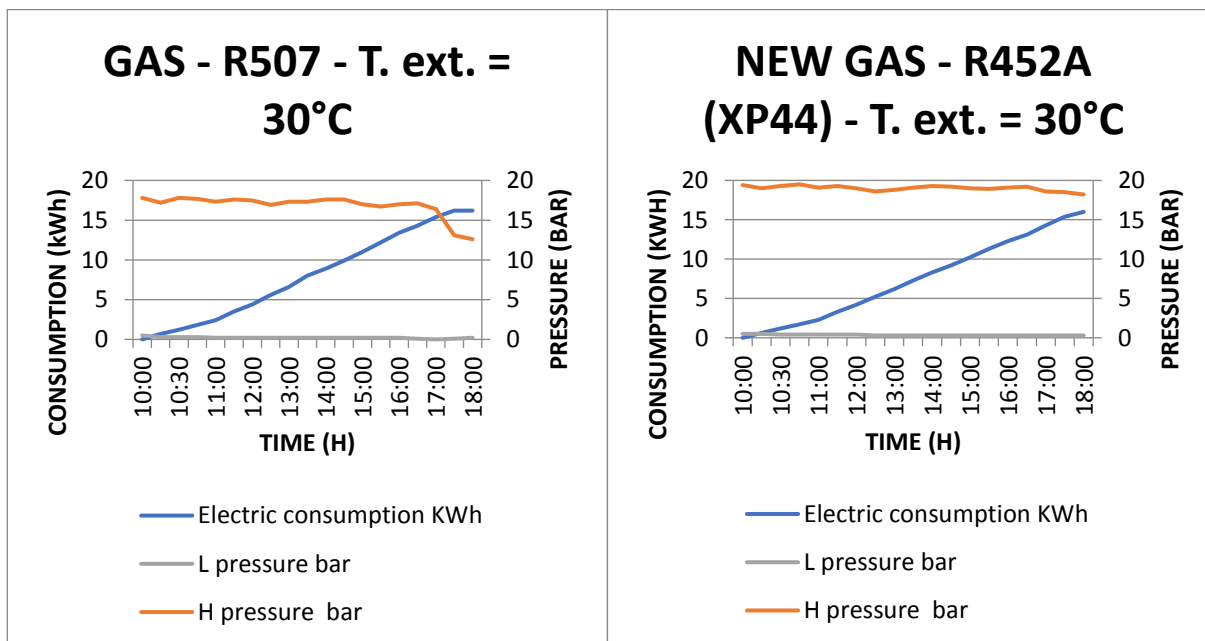


Figura 10-11: Consumi energetici prova comparativa (30°C ambiente).

Dopo la prova comparativa in condizioni standard si è proceduto a un confronto in condizioni estreme lasciando invariati i componenti dell'impianto frigorifero e aumentando la temperatura ambiente a 40°C. Come è naturale, il compressore dovrà utilizzare più potenza per un tempo maggiore per portare le piastre in temperatura e sarà quindi consumata più energia. Come si nota nel diagramma successivo, il periodo di carica prima del fermo del termostato passa a 15h per R507 (nella prova precedente erano 10,30h) e a 15,45h per R452A (in precedenza erano 12h).

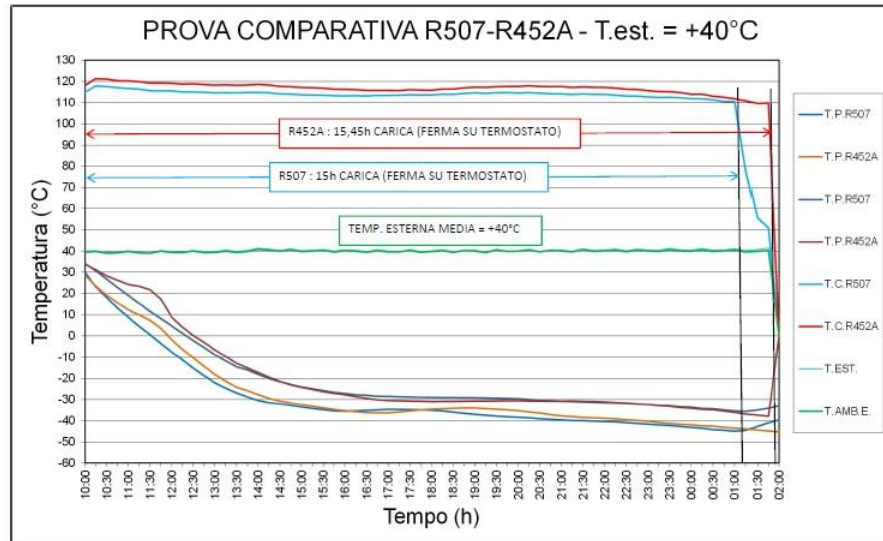


Figura 12: Andamento temperature prova comparativa (40°C ambiente).

Nel grafico (Figura 12) si registra un andamento simile delle temperature poste sulle piastre e un incremento delle temperature del compressore. Un comportamento quest'ultimo prevedibile visto l'aumento delle condizioni ambiente esterne, ma che riconferma l'interscambiabilità dei due gas confrontati senza dover ricorrere ad alcuna modifica a livello impiantistico.

Si prendono in considerazione, infine, anche i dati di consumo rilevati per la prova a 40°C; si è osservato come il consumo totale nelle 24h sia minore sulla cella con il nuovo gas contrariamente a quanto è stato rilevato nella prova a 30°C (Figura 13). In queste condizioni, è stato registrato un consumo energetico nelle 24h pari a 49,8 kWh per R452A, mentre per R507 il consumo è di 51 kWh.

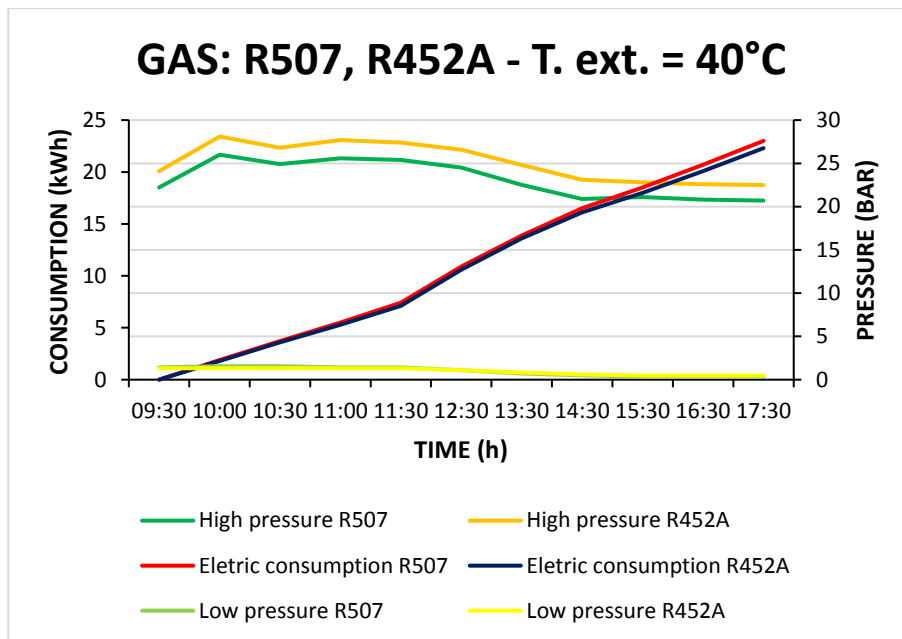


Figura 13: Consumi energetici prova comparativa (40°C ambiente).

Il risparmio ottenuto di 1,2 kWh, corrispondente al 2,35% del dato di consumo totale di R507, può considerarsi un risultato incoraggiante visto che le carrozzerie Cold Car sono in uso anche in paesi con condizioni di temperatura simili alla prova a 40°C e che comunque la riduzione dei consumi di energia primaria incide favorevolmente sull'aspetto ambientale soprattutto se considerato sull'intero ciclo di vita del prodotto dove il consumo di energia è una parte prevalente dei fattori inquinanti di una carrozzeria. Il miglioramento prestazionale dell'impianto con R452A deriva da un minor rapporto di compressione rilevato durante l'intero ciclo di 24 h.

Heegen, se inizialmente era propensa a utilizzare R290 come refrigerante sostitutivo, ha deciso nell'immediato di impiegare R452A nei loro impianti per venire incontro alle esigenze di alcuni clienti, soprattutto esteri, che hanno espressamente richiesto che l'impianto della vetrina venga caricato con gas non infiammabile. Tale scelta consentirà ad Heegen di fornire un prodotto conforme alle vigenti normative senza andare a effettuare cambi nella componentistica dell'impianto frigorifero e nel frattempo di pianificare le attività necessarie per il passaggio su tutte le gamme di prodotto al R290. Infatti, l'obiettivo e sfida futura sarà quello di realizzare un primo prototipo di una vetrina funzionante a R290 per la quale ovviamente dovranno essere fatte tutte le verifiche prestazionali e di sicurezza del caso.