



*Cambiamenti climatici: i ghiacciai si ritraggono, l'acqua diminuisce, i raggi solari intrappolati aumentano l'effetto serra*



# **IL FLUIDO DI REFRIGERAZIONE SECONDARIO AD ELEVATA EFFICIENZA ENERGETICA**

**C. MAROTTA  
GENERAL GAS**



## TEMPER – IL FLUIDO DI REFRIGERAZIONE SECONDARIO AD ELEVATA EFFICIENZA ENERGETICA

Carmine Marotta

General Gas s.r.l., Via Aosta 5 Cernusco Sul Naviglio (MI)

Tel: +390292141835 – Fax: +390292141841

### **Produttore alimentare di Creta ottiene consistenti risparmi energetici tramite l'utilizzo di TEMPER -15 come fluido refrigerante secondario**

Dopo un devastante incendio un imprenditore nel settore food a Creta, nella necessità di ricostruire, decise di scegliere una soluzione che potesse garantire il più elevato risparmio energetico. La Società EcoRef di Atene si prese carico di presentare una soluzione che rispondesse al requisito. L'idea fu per un ciclo primario a Performax LT - R407F abbinato a un secondario dalle elevate caratteristiche di scambio termico. Fu individuato il TEMPER -15. Il risultato che si ottenne andò ben oltre le migliori aspettative. Esaminiamo in dettaglio

#### **Dati Impianto:**

**Refrigerante Primario:** R407F, (GWP 1674, ODP 0)

**Refrigerante Secondario:** Temper -15 (15 000 Lt)

**Temperature di progetto:** HTF -6 °C, T. evap. -10 °C

**Temperatura e Kw della camera refrigerata:** @ 0-2 °C, 330 kW

**Tubazioni in materiale plastico:** AquaTherm

**Sbrinamento:** Ottenuto tramite Temper -40 direttamente sugli aero refrigeratori (-20 °C)

#### **Vantaggi Principali:**

- ✓ Consumi energetici ridotti significativamente rispetto ad una soluzione tradizionale con Glicole Propilenico (circa 50%).
- ✓ Componenti più piccoli e meno costosi
- ✓ Impianto a bassa pressione con incremento di affidabilità e durata
- ✓ Qualità della refrigerazione degli alimenti migliorata grazie alla stabilità della temperatura
- ✓ Riduzione dell'impronta Effetto Serra
- ✓ Lo sbrinamento utilizza il calore prodotto dallo scarico dei compressori incrementando la resa

#### **Il Sito Produttivo di Rethimno**

Per rispettare la nuova normativa F-gas e per ridurre il consumo di energia, Creta Farm grazie a ecoRef installa un sistema di refrigerazione secondaria moderno con una elevata affidabilità.

#### *L'impianto di refrigerazione*

I vecchi compressori R22 erano in buone condizioni e potevano essere salvati e utilizzati nella nuova installazione. Il nuovo sistema è stato progettato con R407F come refrigerante primario e Temper -15 come fluido termovettore. Un serbatoio di accumulo di 8 m<sup>3</sup> contiene Temper -15 @ -6 °C e viene inviato alle a ree refrigerate attraverso una serie di pompe a controllo elettronico. Il circuito primario è un sistema DX con R407F.

### Sbrinamento ad alta efficienza energetica con Temper -40

Temper -40 viene utilizzato anche per scongelare gli aeri refrigeratori DX nella camera fredda. Il sistema è progettato per ottenere calore attraverso uno scambiatore di calore dal lato caldo del refrigerante. Questo sistema riduce notevolmente i consumi energetici e le emissioni di CO2 rispetto ai sistemi di sbrinamento elettrici.

Passiamo ora ad una più dettagliata analisi delle tecnologie utilizzate nella realizzazione a Creta:

### Refrigerazione circuito primario - Informazioni su Performax LT (R407F)

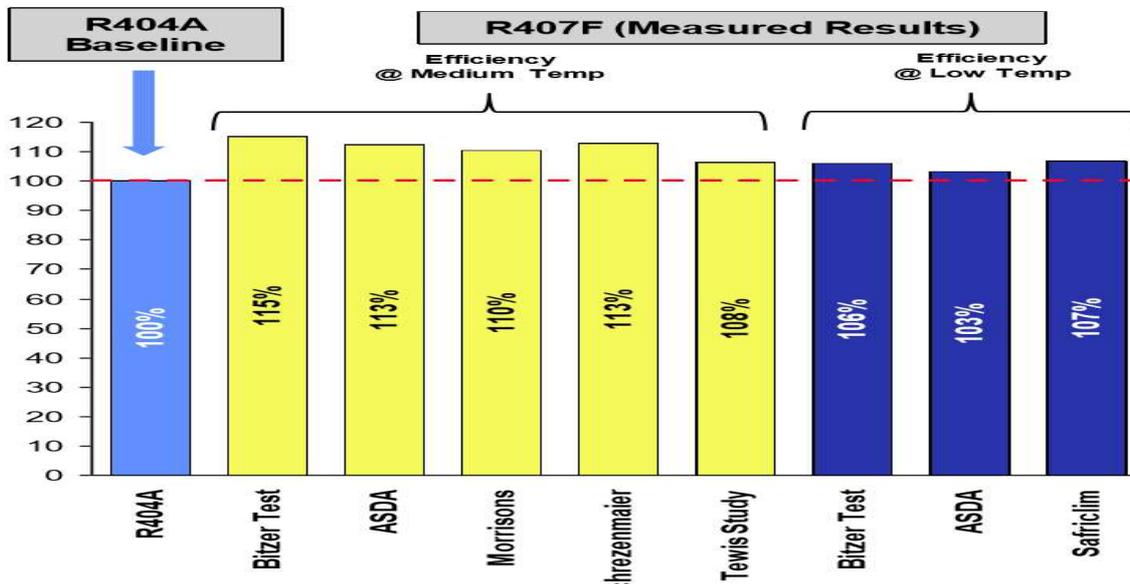
Il fluido refrigerante R407F noto come "Performax LT" fu progettato inizialmente per i retrofit da R22 garantendo simile efficienza energetica (COP oppure EER).

Con l'avvento della legislazione 517/2014 da qualche anno il Performax ha conquistato la scena europea grazie all'ottimo rapporto prezzo / prestazioni e all'omologazione di tutte le case costruttrici di compressori e dispositivi elettronici per il controllo dell'impianto di refrigerazione. Come tutte le miscele della serie R4xx anche l'R407F è una miscela zeotropica, con glide, pari a circa 6 °K anche se effettivamente si riscontra in condizioni operative qualche decimo di grado in meno.

La composizione chimica è : R32 30 % ; R125 30 % ; R134a 40 %

Questa formulazione conferisce al fluido in questione ottime proprietà termodinamiche come ampiamente mostrato dagli innumerevoli test effettuati da anni nella Comunità Europea.

Nell'immagine riportata un estratto dai principali utilizzatori finali presso i quali sono state monitorate le prestazioni di R407F:



R404a baseline = Riferimento R404a

Efficiency @ medium term = Efficienza @ media temperatura

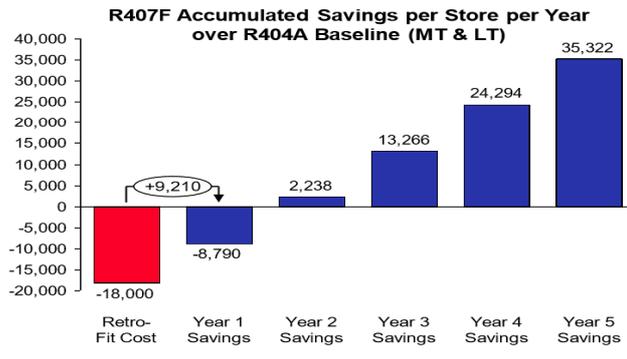
Efficiency @ low term = Efficienza @ bassa temperatura

Di conseguenza sono stati rilevati i dati economici derivanti dall'impiego di R407F confrontando le performances rispetto a R404a, tuttora ampiamente utilizzato nella refrigerazione industriale e commerciale.

## Supermarket Store Trials – Savings R407F vs. R404A

Honeywell

Extrapolated from 1 Year trial



- Combination of cost for retro-fit / refrigerant / leaks and energy consumed
- Typical Supermarket Example:
  - Cost of retro-fit pay back inside 2 years
  - Total Estate of 500 stores over 5 years
    - Estimate savings R407F = **€26.6M**
    - Cost to Retro-Fit = **€9M**
    - Estimate net savings = **€17.7M**

Supermarket Store Trials – Savings R407F vs. R404A = Risultati sperimentali sui Supermarket – Risparmi R407F vs. R404A

Extrapolated from 1 Year Trial = Dati estrapolati da 1 Anno di sperimentazione

Retro-Fit Cost = Costo del Retro-Fit

Year 1 Savings = Risparmi anno 1 ....

R407F accumulated Savings per Store per Year over R404a Baseline (MT & LT) = Risparmi accumulati per ogni Supermarket per ogni Anni rispetto al dato su R404a

Combination of cost for retro-fit / refrigerant / leaks and energy consumed = Combinazione del costo retro-fit / refrigerante / fughe gas e consumo eneogetico

Typical Supermarket Example = Esempio di un Supermaket Tipico

Cost of retro-fit payback inside 2 years = Ritorno su investimento di un retro-fit entro 2 anni

Total Estate of 500 stores over 5 years = Catena di 500 negozi per 5 anni di lavoro

Estimate Savings R407F = Risparmi Stimati con R407F

Cost of Retro-Fit = Costo del Retro-Fit

Estimate Net Savings = Totale netto risparmi stimati

### Accorgimenti per un corretto retrofit o progetto impianto di refrigerazione industriale

L'elevata efficienza energetica di R407F viene ottenuta con la combinazione di 3 componenti (R32, R125, R134a) che combinati in miscela generano il fenomeno del "glide" che in questo caso è pari a circa 6°K.

Occorrerà dunque ragionare tenendo in considerazione le Tdew, Tbubble e le relative pressioni. Dopo aver osservato le corrispondenze nella tabella P-T di saturazione e aver esaminato il diagramma di Mollier, tutta documentazione scaricabile dal sito [www.generalgas.it](http://www.generalgas.it), facendo qualche ragionamento diverrà (anche grazie all'esperienza maturata con fluidi come R407c) presto facile tenerne conto e ragionare in termini di T medie all'evaporatore e al condensatore.

Molto meglio poter disporre di valvole TXV a controllo elettronico, con firmware aggiornati e oggi disponibili presso i più noti produttori.

Non sarà necessario cambiare condensatori e/o evaporatori, ne l'olio sintetico, ne altre parti del sistema. La regolazione del surriscaldamento sarà del tutto simile a quanto avviene con R404a.

Tutto piuttosto semplice in Media Temperatura, come nel caso di Creta analizzato.

Nelle applicazioni in Bassa Temperatura invece sarà necessario dotare i compressori di iniezione di liquido. La presenza di ventilatori di testa in bassa e media temperatura è sempre caldamente consigliata (nella bassa è necessaria).

## Futuribilità del Performax LT

La legislazione F-Gas 517/2014 ha posto a tutti gli addetti operanti nel settore il quesito “il gas refrigerante che mi propongo di utilizzare potrà essere ricaricato anche tra qualche anno?”

La risposta è semplice e richiede la consultazione delle tabelle riportate nella legge 517/2014 e negli annex che riportano i valori di gwp.

In brevissimo: per l’assistenza, ovvero il ripristino di quantità di refrigerante nell’impianto, il Performax LT non ha limiti di impiego.

I limiti sussistono solo in campo “refrigerazione commerciale” ovvero nei Supermarket. Vale la pena di sottolineare che questi limiti vigono per i “costruttori di centrali” e non per le assistenze.

Invece, per tutto il mondo della refrigerazione industriale, non vige alcun limite di impiego per R407F.

Si veda lo schema di seguito

## Allegato III. Nuovi divieti in materia di immissione in commercio

Prodotti e attrezzature	Data del divieto	
Dispositivi antincendio che contengono HFC-23	1° gennaio 2016	
Frigoriferi e congelatori per uso domestico che contengono HFC [...] con GWP pari o superiore a 150	1° gennaio 2015	
Frigoriferi e congelatori (...) per uso commerciale (sistemi ermeticamente sigillati)	che contengono HFC [...] con GWP pari o superiore a 2500	1° gennaio 2020
	che contengono HFC [...] con GWP pari o superiore a 150	1° gennaio 2022
Apparecchiature fisse di refrigerazione che contengono o che utilizzano HFC per il funzionamento, con GWP pari o superiore a 2500, fatta eccezione per le apparecchiature destinate al raffreddamento di prodotti a temperature inferiori a -50°C	1° gennaio 2020	
Sistemi di refrigerazione centralizzati multipack per uso commerciale con capacità di 40 kW o superiore, che contengono o utilizzano gas fluorurati ad effetto serra per il proprio funzionamento, con GWP pari o superiore a 150, fatta eccezione per il circuito refrigerante primario di sistemi in cascata, dove possono essere utilizzati gas fluorurati ad effetto serra con GWP inferiore a 1500	1° gennaio 2022	
Impianti mobili per il condizionamento dell’aria (apparecchiature a sigillatura ermetica che possono essere spostate dall’utilizzatore da una stanza all’altra) che contengono HFC con GWP pari o superiore a 150	1° gennaio 2020	
Impianti di condizionamento dell’aria a split singolo che contengono meno di 3 kg di gas fluorurati a effetto serra e che contengono o utilizzano, per il proprio funzionamento, gas fluorurati a effetto serra con GWP pari o superiore a 750	1° gennaio 2025	
Schiуме che contengono HFC con GWP pari o superiore a 150, fatta eccezione per quanto richiesto per soddisfare gli standard nazionali di sicurezza	Polistirene estruso (XPS)	1° gennaio 2020
	Altre schiуме	1° gennaio 2023
Aerosol tecnici che contengono HFC con GWP pari o superiore a 150, fatta eccezione per quanto richiesto per soddisfare gli standard nazionali di sicurezza o se utilizzati per applicazioni mediche	1° gennaio 2018	

Da notare che HFC si riferisce alle miscele, e non ai singoli componenti delle stesse

## Allegato III. Controllo dell’utilizzo

Manutenzione e assistenza	Data del divieto
Gas fluorurati a effetto serra vergini con GWP>2500 o superiore per la manutenzione di apparecchiature di refrigerazione con dimensioni del carico di refrigerazione di 40 tonnellate di CO2 eq. o superiore. Questo divieto di manutenzione non si applica alle attrezzature per uso militare o per basse temperature (- 50°C).	1° gennaio 2020
Gas fluorurati a effetto serra riciclati o rigenerati con GWP>2500 o superiore per la manutenzione di apparecchiature di refrigerazione con dimensioni del carico di refrigerazione di 40 tonnellate di CO2 eq. o superiore.	1° gennaio 2030
Apparecchiature pre-caricate	Data del divieto
Le apparecchiature di refrigerazione, condizionamento dell’aria e pompe di calore pre-caricate con gas fluorurati a effetto serra non possono essere immesse nel mercato a meno che i gas fluorurati a effetto serra caricati nell’apparecchiatura non siano calcolati nel sistema di quote di cui al Capitolo IV. Quando si immette in commercio un’apparecchiatura pre-caricata dopo tale data, i produttori e gli importatori devono rilasciare una dichiarazione di conformità che deve essere controllata da parte di un ente di verifica indipendente.	1° gennaio 2017

## Circuito Secondario - Informazioni su Temper

Sin da 1996 la Società Svedese Temper Technology produce fluidi ecologici ad elevata efficienza energetica e bassa viscosità utilizzati con profitto in larga parte in applicazioni industriali nel settore Food e logistica del freddo.

Per assicurare la massima qualità e performances i fluidi Temper vengono forniti pronti all’uso, per refrigerazione fino a -60 °C

## Cosa contiene e come viene prodotto Temper ?

Temper è stato sviluppato da Temper Technology AB, una società svedese parte del Gruppo Aspen. Il Temper è una soluzione salina sintetica, a base differente dal glicole.

Il suo colore è giallo paglierino; non contiene amine o nitriti, sebbene contenga speciali inibitori di corrosione. Il Temper viene fornito già preparato in soluzione e non deve essere

diluito, assicurando in tal modo le sue caratteristiche nel tempo in maniera stabile. Sono disponibili soluzioni a differenti temperature di congelamento:

- Temper  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temper  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temper  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temper  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temper  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temper  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temper  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  – novità -

In merito alle tabelle di corrispondenza pressioni – temperature basterà consultare il sito web: [www.generalgas.it](http://www.generalgas.it) e aprire la sezione relativa ai fluidi secondari.

### **Caratteristiche fisico – chimiche che consentono il raggiungimento dell'efficienza energetica**

Temper è caratterizzato da un elevato calore specifico ( $3,3\text{ kJ/kg}$  per il Temper  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  nel range di temperatura  $+20 / +30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). La conducibilità termica è molto elevata, specialmente se comparata col il glicole. Speciali inibitori di corrosione determinano una elevata protezione dalla corrosione. La minore viscosità del fluido determina, inoltre, perdite di carico nelle tubazioni inferiori e quindi potenze di pompaggio inferiori. In tale maniera i costi di acquisto del prodotto, i costi di investimento e di esercizio diminuiscono.

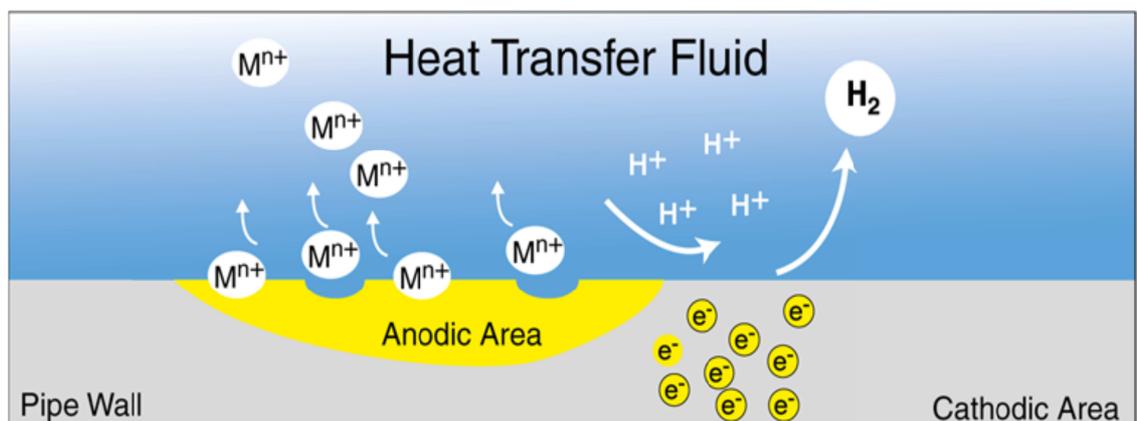
### **Inibitore di corrosione specifico utilizzato nella gamma Temper**

Nello stadio iniziale della corrosione si genera una differenza di potenziale senza scambio di massa tra le superfici a differente potenziale.

Il Temper utilizza inibitori di corrosione che agiscono soltanto in presenza di differenza di potenziale; ciò implica che in assenza di differenza di potenziale, l'inibitore utilizzato nel Temper non si deposita, assicurando il miglior scambio termico possibile.

Inoltre l'inibitore di corrosione utilizzato nel Temper non si consuma nel tempo perché una volta che la differenza di potenziale presente su una superficie si equalizza, l'inibitore che si era depositato sulla superficie stessa si risolubilizza nel fluido, rimanendo pronto per intervenire dove necessario. Utilizzando Temper è possibile monitorare il processo di corrosione molto facilmente; misurando la concentrazione di inibitore, nel caso in cui tale concentrazione diminuisca fino a raggiungere un valore minimo ben conosciuto, è possibile ripristinare la concentrazione ottimale, aggiungendo inibitore puro.

L'immagine riportata raffigura il fenomeno in questione dal punto di vista elettro-chimico.



Heat Transfer Fluid = Fluido di trasferimento termico  
Anodic Area = Area anodica  
Cathodic Area = Area catodica

## **La progettazione di circuiti di refrigerazione secondaria con Temper**

Il circuito secondario

Il Temper deve essere utilizzato soltanto in sistemi chiusi dato che se è presente ossigeno nel circuito lo stesso genererà processi di ossidazione. Vale la pena di ricordare che qualsiasi soluzione acquosa genera, in presenza di ossigeno e accoppianti di metalli sbagliati, il fenomeno della corrosione galvanica. Questo fenomeno è evidente nelle soluzioni di glicole etilenico e propilenico. Nel caso di soluzioni saline come Temper il medesimo processo viene accelerato.

Nei sistemi aperti si produce una vaporizzazione dell'acqua, e, quindi, una variazione della concentrazione della soluzione con possibile variazione delle caratteristiche della stessa e possibile formazione di cristalli. Nei sistemi funzionanti con Temper si consiglia fortemente di installare degli scaricatori automatici di aria.

### *Tubazioni e valvole*

È possibile utilizzare materiali comuni come il ferro, il rame, l'ottone, la ghisa, l'acciaio inossidabile ed alcune plastiche come (ABS, PE, ecc.). Non è possibile utilizzare sia ferro zincato e sia ferro stagnato. Per informazioni tecniche più precise è possibile contattare la ns. organizzazione di distribuzione. Filtri Si raccomanda l'utilizzo di filtri con maglia 0,6-0,8 mm al fine di filtrare ogni impurità di tali dimensioni.

### *Pompe*

Nella scelta di una pompa, si consiglia di informare il costruttore che si intende utilizzare Temper. Assicurarsi che la tenuta sia realizzata con materiale compatibile. In funzione della costituzione chimica del Temper, piccole quantità di questo si presenterà sull'albero della pompa nelle vicinanze della tenuta.

E' necessario lavare periodicamente i sali formati. In alternativa è possibile utilizzare pompe senza tenuta meccanica. Tenute e guarnizioni Si raccomanda di utilizzare EPDM, se compatibile con le temperature di esercizio. Possono essere utilizzate tenute speciali alternative (come Uni-Pack, Locher, ecc.).

## **Calcolo dell'espansione termica**

Ci sono differenti possibilità di calcolo del coefficiente di espansione termica. In taluni casi viene utilizzato il coefficiente di espansione. Tipicamente si vuole conoscere come un fluido espande in volume al crescere della temperatura. I fluidi espandono sempre alle alte temperature e conseguentemente diminuisce la densità. Sotto riportiamo un metodo di calcolo relativamente ad un intervallo di temperatura definito:

N.B. Ogni soluzione Temper (-20 -40 etc..) ha una densità differente, tenerne conto !

$D(T_0)$  = Densità del fluido alla più bassa Temperatura  $T_0$ .

$D(T_1)$  = Densità del fluido alla più alta Temperatura  $T_1$ .

$V$  = Volume totale del circuito.

$\Delta V$  = Espansione del fluido in volume.

$$\Delta V = V \times [D(T0) - D(T1)] / D(T1) \text{ Litri oppure } \Delta V = 100 \times [D(T0) - D(T1)] / D(T1) \%$$

### **Eco – Compatibilità e Smaltimento**

Una delle migliori caratteristiche delle soluzioni ad alta efficienza Temper risiede nella biocompatibilità. Le soluzioni saline di questo tipo sono completamente biodegradabili, atossiche, idonee all'uso alimentare (certificazione Unilever) e non infiammabili.

Nell'immagine riportata la dichiarazione del produttore.

Biodegradability	OECD 301 A	97 % degradation after 7 days 99 % degradation after 28 days	Biological easy degradable
------------------	---------------	-----------------------------------------------------------------	-------------------------------

Biodegradability = Biodegradabilità

Degradation after 7 days = degradazione dopo 7 giorni

Degradation after 28 days = degradazione dopo 28 giorni

Biological easy degradable = facilmente biodegradabile

Inoltre lo smaltimento eventuale è molto facile ed economico. L'unica fonte di rischio ambientale potrebbe derivare dalla presenza di inquinanti all'interno del Temper come olii, gas in soluzione, ossidi, parti di componenti elastomerici...

Performax LT e Temper sono distribuiti da General Gas S.r.l.

Per ogni approfondimento, visitare il ns. sito web : [www.generalgas.it](http://www.generalgas.it)

