

**Scuola Politecnica e
delle Scienze di Base**



Università degli Studi di Napoli Federico II

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Tesi di laurea triennale in Ingegneria per l' Ambiente ed il Territorio

I fluidi naturali nel campo della refrigerazione

Anno accademico 2013-2014

Relatore

Ch.ma Prof. Adriana Greco

Correlatore

Ing. Claudia Masselli

Candidato

Giovanna Mennella

Matr. N49/394



STRUTTURA DELLA PRESENTAZIONE

- Introduzione: Problema e Obiettivi
- Fluidi refrigeranti alogenati (CFC, HCFC, HFC)
- Fluidi refrigeranti naturali: l'anidride carbonica, l'ammoniaca e gli idrocarburi
- Confronti
- Conclusioni e sviluppi futuri

Contributo personale



INTRODUZIONE

I FLUIDI REFRIGERANTI SONO IMPIEGATI NEGLI IMPIANTI A COMPRESSIONE DI VAPORE (ES. FRIGORIFERI, POMPE DI CALORE).

Problema

- Tali fluidi hanno un deleterio impatto ambientale (effetto serra, buco dell'ozono).

Intervento normativo

- Progressiva sostituzione dei fluidi refrigeranti alogenati imposta dalle normative mondiali.

Obiettivo

- Ricerca di refrigeranti alternativi con buoni requisiti funzionali e basso impatto ambientale: Fluidi sintetici o naturali?



Fluidi refrigeranti alogenati

Fluidi

Problematiche

Normative

- CFC

Vietati dal 31/12/2000 dall'emendamento di Londra

Assottigliamento dello strato di ozono

- HCFC

Vietati dal 1/1/2015 dal regolamento europeo del 2009

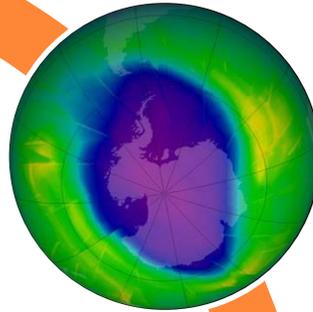


Effetto serra antropico

- HFC

Restrizioni imposte dalla Dichiarazione F-gas 2014 secondo gli obiettivi del Protocollo di Kyoto

Indici per stimare l'impatto ambientale



$ODP_R = CLP_R * CEF_R$
ozono depletion potential rappresenta il potenziale di distruzione dell'ozono

$$GWP(T) = \frac{\int_0^T NRF_R dt}{\int_0^T NRF_{CO_2} dt}$$

Global warming potential esprime la quantità di anidride carbonica corrispondente ad un kg di refrigerante emesso in atmosfera. Esprime l'effetto serra diretto



$TEWI = CO_{2,dir} + CO_{2,ind}$
Il TEWI o total equivalent warming impact esprime il contributo che ogni refrigerante apporta sia all'effetto serra diretto che indiretto

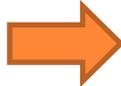


Tra i requisiti funzionali richiesti, il più importante è la **SICUREZZA**

❖ **Tossicità** è indice degli effetti negativi che un refrigerante può avere sulla salute umana.

		GRUPPO DI SICUREZZA	
		A	B
INFIAMMABILITÀ CRESCENTE ↑	Più elevata infiammabilità	A3	B3
	Più bassa infiammabilità	A2	B2
	Assenza di propagazione di fiamma	A1	B1
		Più bassa tossicità	Più elevata tossicità
		→ TOSSICITÀ CRESCENTE	

❖ **Infiammabilità** può essere stimata attraverso un indicatore LWL o Lower flame limit (concentrazione minima di fluido in grado di propagare la fiamma attraverso una miscela di frigorigeno e aria in determinate condizioni di temperatura e pressione).

- 
- *Classe A*= Fluidi tossici soltanto se raggiungono il valore di circa 400 ppm
 - *Classe B*= Refrigeranti tossici anche per concentrazioni minori

- 
- *Classe 1*= Fluidi non infiammabili
 - *Classe 2*= Fluidi a bassa infiammabilità con $LWL > 0,1 \text{ Kg/m}^3$
 - *Classe 3*= Fluidi altamente infiammabili con $LWL < 0,1 \text{ Kg/m}^3$
- 

I fluidi tossici ed infiammabili sono soggetti allo Standard Europeo prEN378:2008

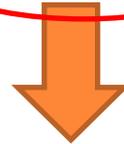
Fluidi sintetici o naturali?

Fluidi sintetici



Completamente estranei al mondo naturale e, quindi, potrebbero avere degli effetti negativi ancora non conosciuti

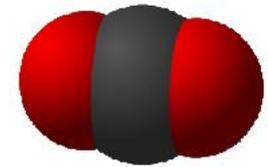
Fluidi naturali



Essendo naturali sono compatibili verso l'ambiente



Fluidi naturali: L'anidride carbonica, R744



Vantaggi principali ☺

Facilmente reperibile e poco costosa

Uso sicuro (né infiammabile né tossica)

Eco-sostenibile (ODP=0 e GWP=1)

Compatibile con i materiali del circuito

Svantaggi principali ☹

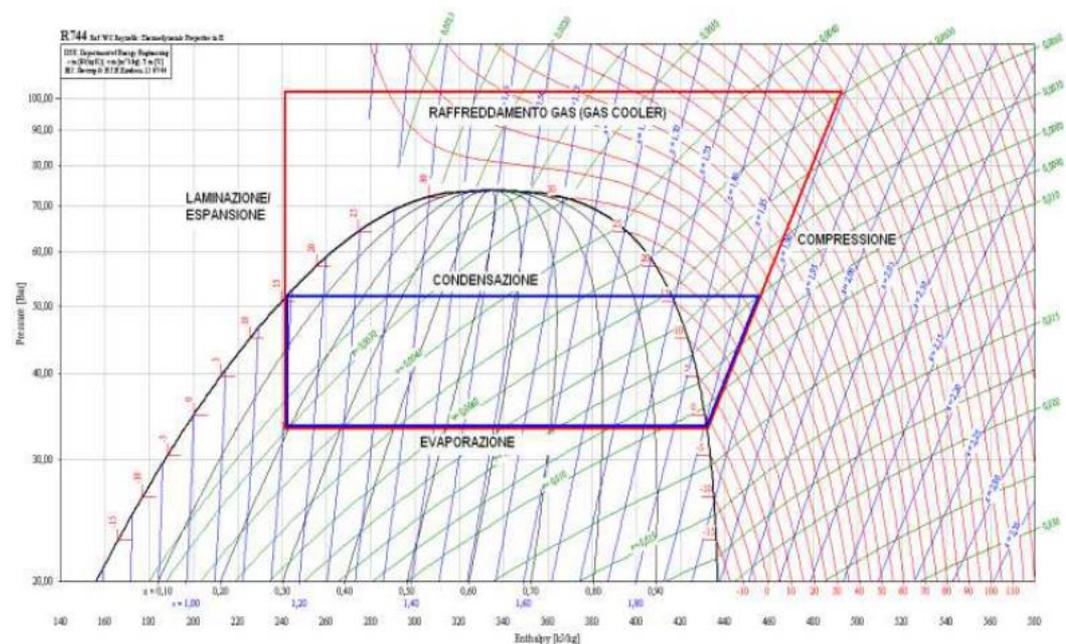
Alte pressione operative e grandi spessori

Bassa efficienza energetica, con aumento dei costi e del TEWI

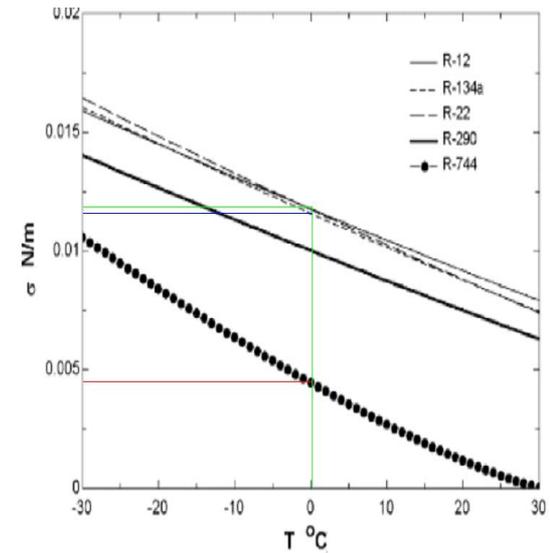
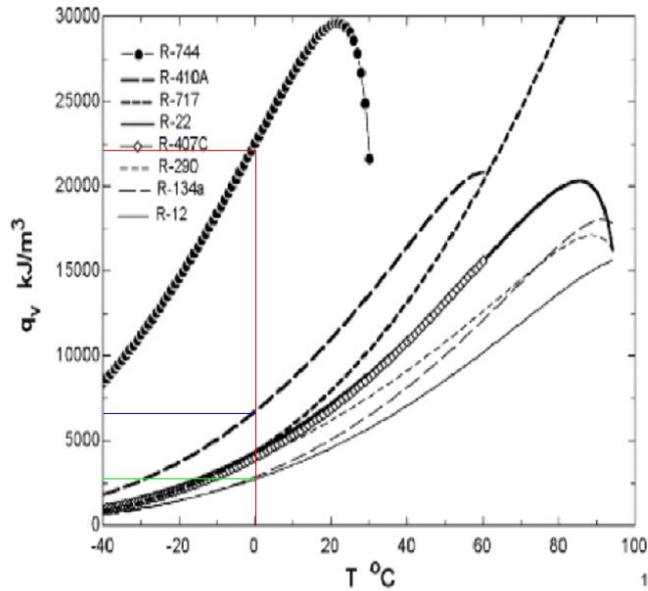
Bassa temperatura critica



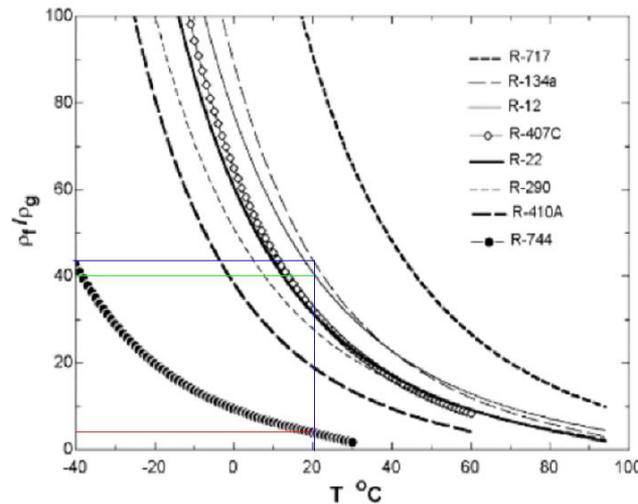
A causa della bassa temperatura critica (30°C) non si ha un raffreddamento significativo nello scambiatore di calore. La differenza di temperatura tra sorgente calda e quella fredda è troppo esigua e la quantità di calore scambiata risulta minore. Pertanto si opera al di là del punto critico (ciclo trans-critico). Lo scambiatore di calore è sostituito dal gas cooler e in esso il fluido raffredda ma non condensa.



R744 vs R12 ED R134A



❖ Maggiore capacità volumetrica → Sistemi più compatti



❖ Più bassa tensione superficiale → Maggiore coefficiente di scambio termico

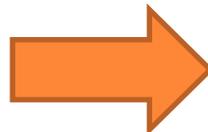
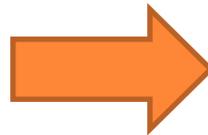
❖ Minore rapporto tra densità allo stato liquido e allo stato vapore → Maggiore coefficiente di scambio termico



L'utilizzo dell' R744 rispetto ai tradizionali refrigeranti è favorito da:

	R12	R134a	R744
ODP	0,05	0	0
GWP	1700	1300	1
Viscosità T=0 °C [Pa*s]	215	266	99

- ❖ Maggiore capacità volumetrica
- ❖ Più alto calore di vaporizzazione
- ❖ Alta conducibilità termica
- ❖ Alte pressioni operative
- ❖ Bassa tensione superficiale
- ❖ Alta densità del fluido allo stato vapore
- ❖ Bassa viscosità cinematica
- ❖ ODP nullo e GWP unitario



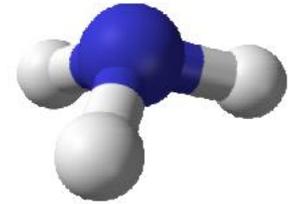
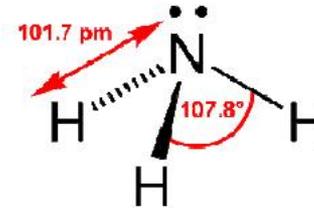
- ❖ Sistemi più compatti 😊
- ❖ Minore carica di refrigerante 😊
- ❖ Elevati coefficienti di scambio termico 😊
- ❖ Maggiore compatibilità con gli oli lubrificanti 😊
- ❖ Maggiore eco-compatibilità 😊

L' Ammoniaca

Vantaggi principali 😊	Svantaggi principali 😞
Basso impatto ambientale (ODP=0 e GWP=0)	Infiammabilità
Facilmente reperibile e poco costoso	Tossicità
Buona efficienza energetica (COP>>)	Corrosivo con i metalli e incompatibile con gli olii
Alto calore latente e, quindi, minore carica di refrigerante	Alta temperatura di scarico del compressore

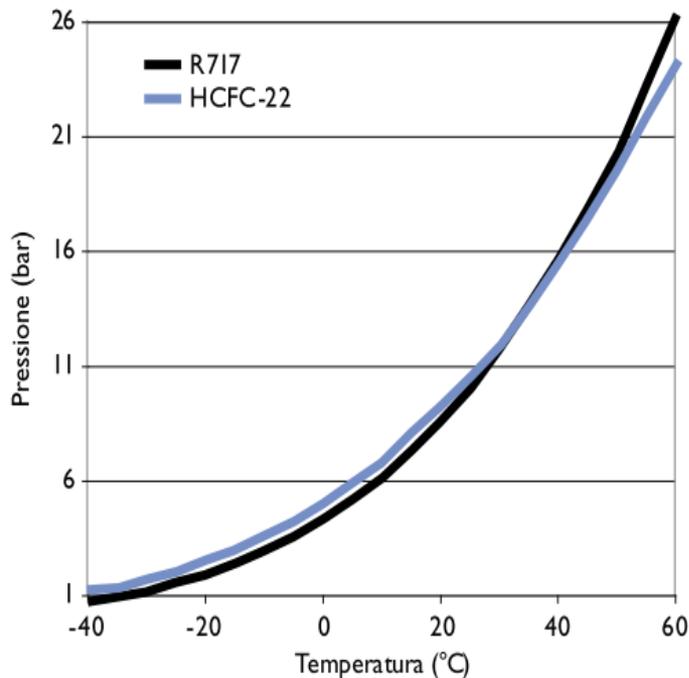


L'ammoniaca appartiene al gruppo di sicurezza B2. Esiste un valore massimo di carica, che può essere contenuto in uno spazio, superato il quale sono necessarie soluzioni tecniche di prevenzione. Tale valore è di 50 kg. Non è impiegata nelle unità di refrigerazione domestica e nei condizionamenti d'auto.



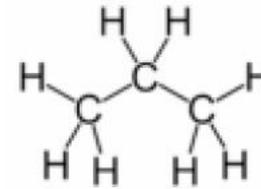
REFRIGERAZIONE COMMERCIALE E INDUSTRIALE: R717 VS R22

	R717	R22
ODP	0	0,055
GWP	0	1700
COP	4,84	4,65



- ❖ L'efficienza dell' ammoniaca è superiore del 3-10% rispetto all' R22 → Diminuzione dei costi e del TEWI ☺
- ❖ Maggiore calore latente → La massa di refrigerante necessaria dell'ammoniaca è molto più piccola di quella dell' R22 ☺
- ❖ Minore densità → minore carica ☺
- ❖ A parità di differenza di temperatura tra il compressore e l'evaporatore, l'ammoniaca richiede un rapporto di compressione maggiore → Ridimensionamento dell'impianto ☹
- ❖ L'ammoniaca ha un minore impatto ambientale ☺

IDROCARBURI



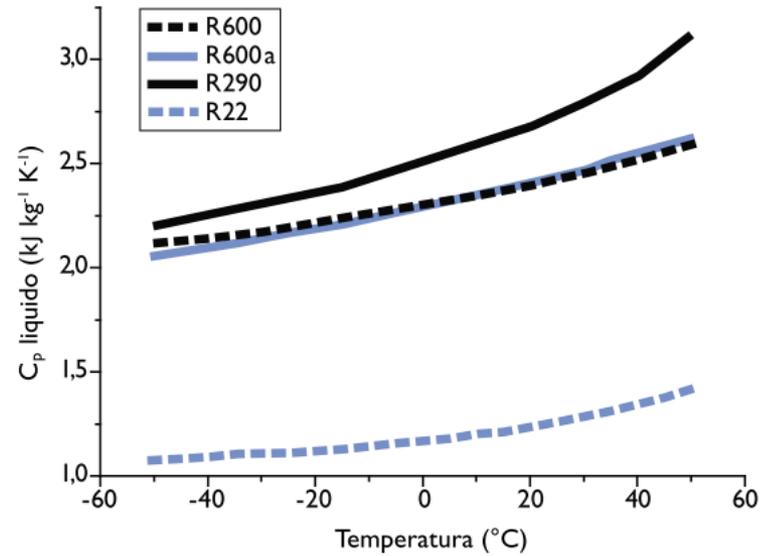
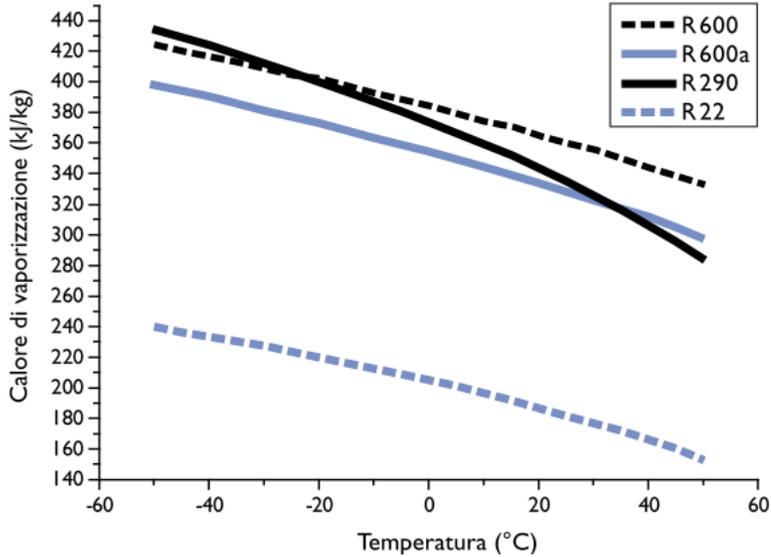
Vantaggi principali ☺	Svantaggi principali ☹
Basso impatto ambientale (ODP=0 e GWP<<)	Tossicità
Ottima efficienza energetica	Infiammabilità
Ottima solubilità con gli olii lubrificanti	
Compatibilità con i metalli	



Gli idrocarburi appartengono alla classe A3: Altamente infiammabili e con lieve tossicità. Il campo di infiammabilità è compreso tra due valori di concentrazione limite, LFL e UFL che dipendono da temperatura e pressione

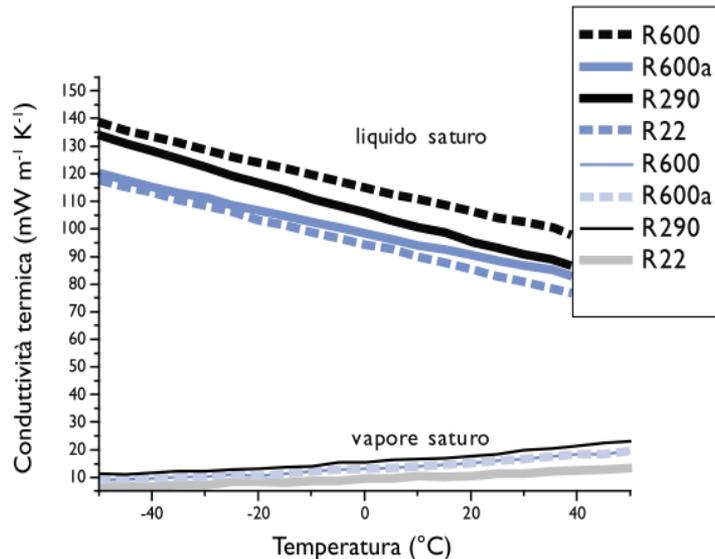


REFRIGERAZIONE DOMESTICA: IDROCARBURI VS R22



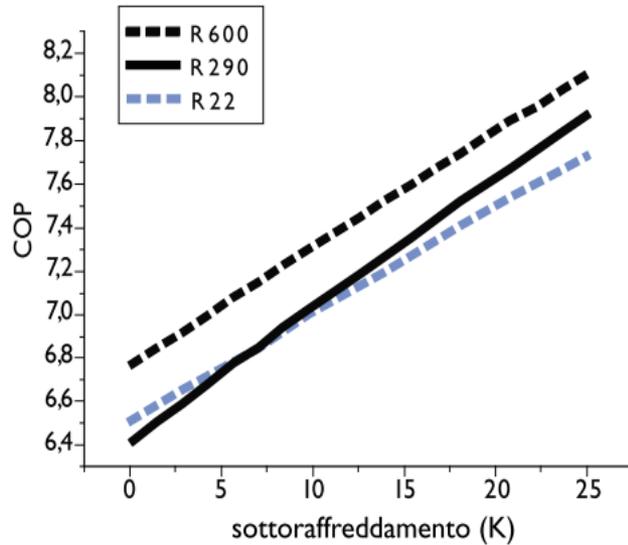
❖ **Calore latente di vaporizzazione degli idrocarburi è quasi il doppio dell' R22 → la portata di massa richiesta sarà la metà**

❖ **Il più elevato calore specifico → incremento del coefficiente di scambio termico**

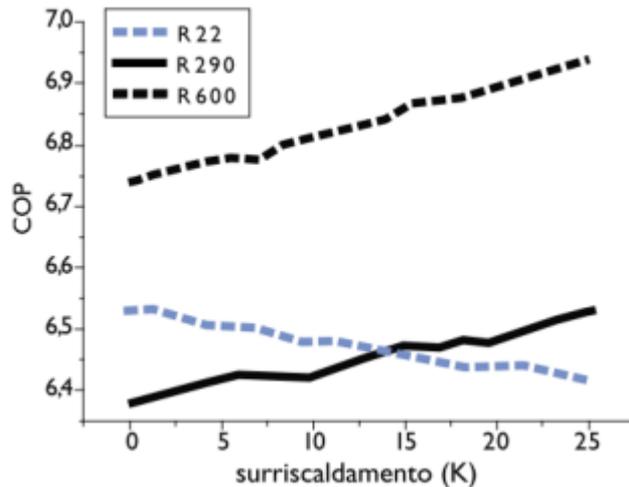


❖ **La maggiore conducibilità termica degli idrocarburi → più scambio termico**





- ❖ **Sottoraffreddamento o surriscaldamento del fluido → il COP risulta maggiore del tradizionale alogenato**



Inoltre, l'uso degli idrocarburi al posto dell'alogenato R22 è favorito da

- ❖ Simili punti di ebollizione → Non sono necessarie modifiche all'impianto 😊
- ❖ Simile temperatura critica → stesse prestazioni 😊
- ❖ Minore rapporto di compressione → minore spesa energetica 😊
- ❖ Capacità volumetrica minore → minori dimensioni 😊
- ❖ Temperatura di scarico minore → Aumento della vita utile del compressore 😊



CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

I fluidi refrigeranti naturali presentano vantaggiose proprietà, ma la loro ascesa è frenata da gravi fattori limitanti: la bassa efficienza per i sistemi operanti ad anidride carbonica e l'infiammabilità e tossicità per l'ammoniaca e gli idrocarburi



Se la ricerca raggiungesse gli obiettivi prefissati allora il problema dell'inquinamento ambientale, causato dai refrigeranti, sarebbe risolto