

# Corso di

---

## IMPIANTI TECNICI per l'EDILIZIA

### Esercitazione Cicli frigorifero



Prof. Paolo ZAZZINI  
Dipartimento INGEO  
Università "G. D'Annunzio" Pescara  
[www.lft.unich.it](http://www.lft.unich.it)

Uno split system ad inversione di ciclo operante con il fluido R134a (HFC con ODP = 0) sviluppa una potenza frigorifera di 4 kW. Il fluido esegue il ciclo termodinamico inverso rappresentato in figura tra la temperatura di evaporazione  $t_0$  e quella di condensazione  $t_1$ . Determinare il COP della macchina nella versione frigorifero ed in quella pompa di calore ed inoltre la potenza e la cilindrata del compressore

**Dati:**

$$t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow T_0 = 273,15 \text{ K}$$

$$t_1 = 40 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow T_1 = 313,15 \text{ K}$$

$$\dot{q}_0 = 4 \text{ kW}$$

**Dati reperibili dal diagramma:**

$$p_0 = 0,3 \text{ MPa} = 3 \text{ bar}$$

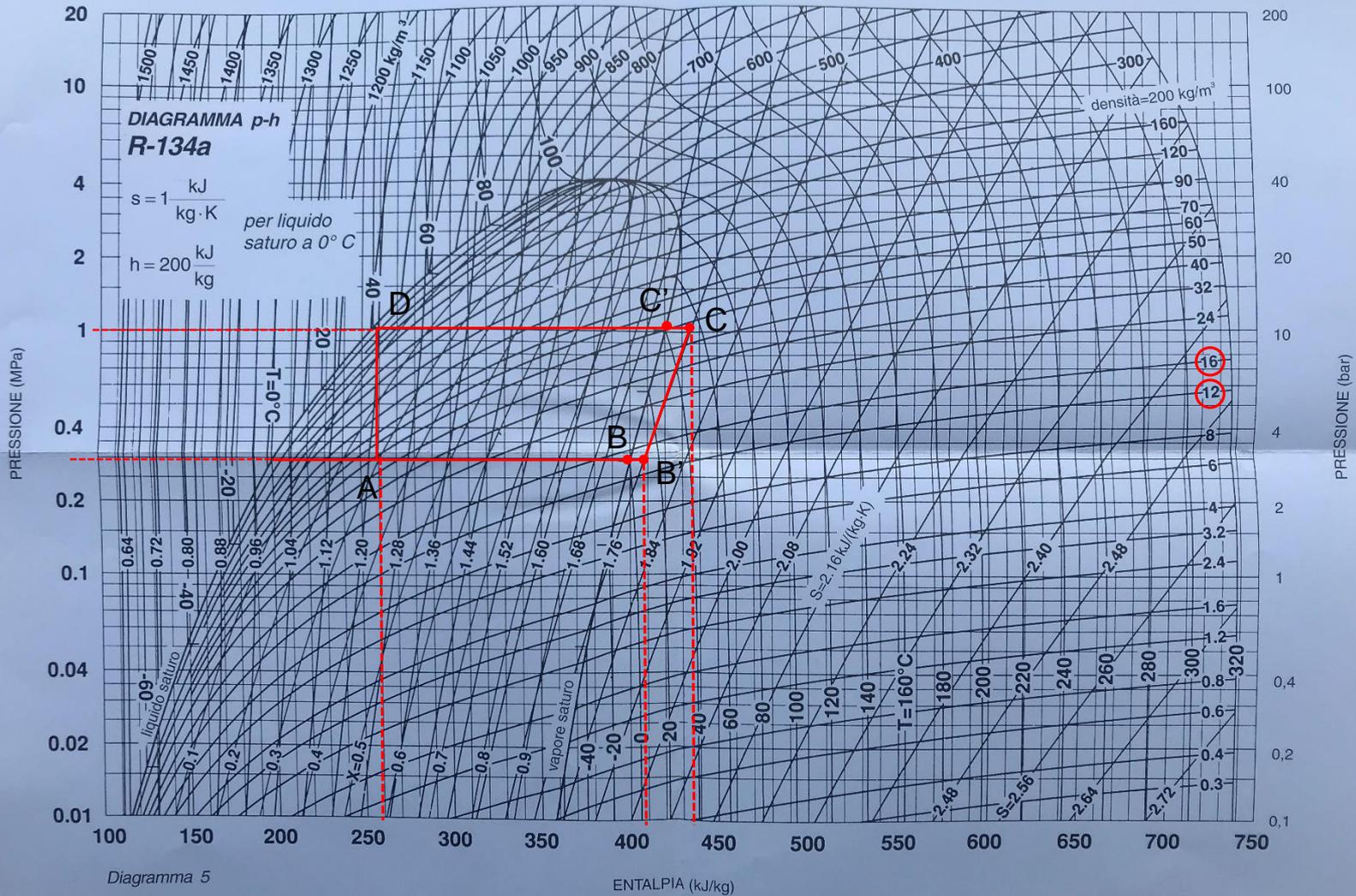
$$p_1 = 1 \text{ Mpa} = 10 \text{ bar}$$

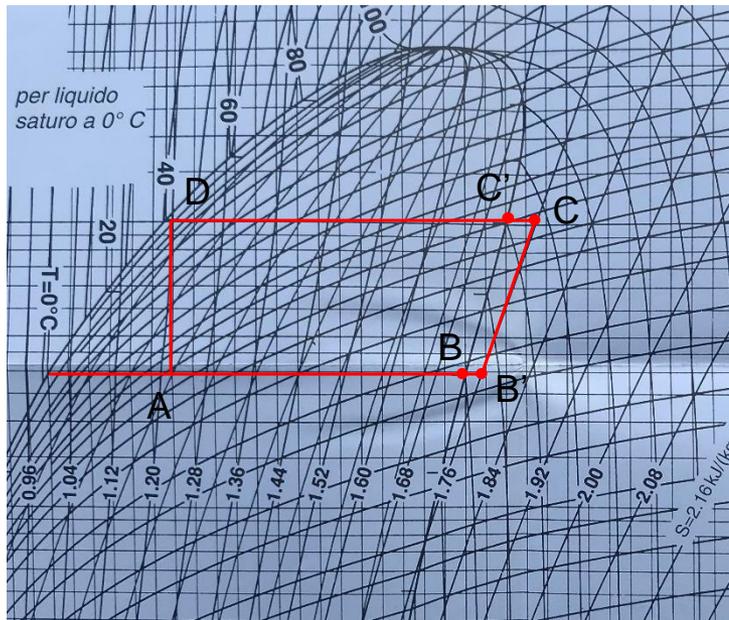
$$h_A = 260 \text{ kJ/kg}$$

$$h_B = 410 \text{ kJ/kg}$$

$$h_C = 440 \text{ kJ/kg}$$

$$h_D = h_A = 260 \text{ kJ/kg}$$





Effetto frigorifero:  $q_0 = h_{B'} - h_A = 410 - 260 = 150 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Lavoro di compressione:  $l' = h_C - h_{B'} = 440 - 410 = 30 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$COP = \frac{q_0}{l'} = \frac{150}{30} = 5$$

Calore smaltito al condensatore:  $q_1 = h_C - h_D = 440 - 260 = 180 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$COP' = \frac{q_1}{l'} = \frac{180}{30} = 6$$

$$COP' = COP + 1$$

Ciclo di Carnot tra le temperature estreme  $t_0$  e  $t_1$

$$COP_C = \frac{T_0}{T_1 - T_0} = \frac{273,15}{313,15 - 273,15} = 6,83$$

$$COP'_C = \frac{T_1}{T_1 - T_0} = \frac{313,15}{313,15 - 273,15} = 7,83$$

$$COP'_C = COP_C + 1$$

Calcolo della potenza P del compressore

$$COP = \frac{q_0}{l'} = \frac{\dot{q}_0}{P} \rightarrow P = \frac{\dot{q}_0}{COP} = \frac{4000}{5} = 800 \text{ W}$$

Per determinare la cilindrata del compressore si definisce il **coefficiente di densità volumica di energia del fluido**, che rappresenta la **quantità di calore che il fluido riesce ad asportare (effetto frigorifero) per unità di volume**

$$\varphi = \frac{q_0}{v} \left[ \frac{kJ}{m^3} \right]$$

Il **volume specifico v** è determinato in modo indiretto dal diagramma da cui possiamo reperire i valori di **densità  $\rho$**  del fluido.

All'aspirazione del compressore (punto B') la densità  $\rho$  è compresa tra 12 e 16 kg/m<sup>3</sup>. Assumiamo il valore medio di 14 kg/m<sup>3</sup>.

$$v = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{14} = 0,07 \left[ \frac{m^3}{kg} \right] \Rightarrow \varphi = \frac{150}{0,07} = 2142,8 \cong 2143 \left[ \frac{kJ}{m^3} \right]$$

**Dividendo la potenza frigorifera P per il coefficiente  $\varphi$**  si ottiene la **portata volumetrica** in aspirazione al compressore:

$$\dot{V} = \frac{P}{\varphi} = \frac{4}{2143} \left[ \frac{kW \cdot m^3}{kJ} = \frac{kJ \cdot m^3}{s \cdot kJ} \right] = \frac{4}{2143} \cdot 3600 \left[ \frac{m^3}{s} \cdot \frac{s}{h} \right] \cong 6,72 \left[ \frac{m^3}{h} \right]$$

Ipotizziamo che il compressore sia caratterizzato da un **numero di giri n**

$$n = 1500 \left[ \frac{\text{giri}}{\text{min}} \right] = 1500 \cdot 60 = \left[ \frac{\text{giri}}{\text{h}} \right] = 90 \cdot 10^3 \left[ \frac{\text{giri}}{\text{h}} \right]$$

La **cilindrata C** sarà data dal rapporto tra la portata volumetrica ed il numero di giri:

$$C = \frac{\dot{V}}{n} = \frac{6,72}{90 \cdot 10^3} = 7,47 \cdot 10^{-5} \left[ \frac{\text{m}^3 \cdot \text{h}}{\text{h}} = \text{m}^3 \right] = 74,7 \text{ cm}^3$$

Si sottolinea che la potenza e la cilindrata del compressore sono state calcolate in riferimento ad un ciclo ideale, in cui la **compressione adiabatica è assunta isoentropica**, cioè priva di fenomeni dissipativi.