

Corso di

IMPIANTI TECNICI per l'EDILIZIA

Esercitazione Cicli frigorifero



Prof. Paolo ZAZZINI
Dipartimento INGEO
Università "G. D'Annunzio" Pescara
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:

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

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

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

Dati reperibili dal diagramma:

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

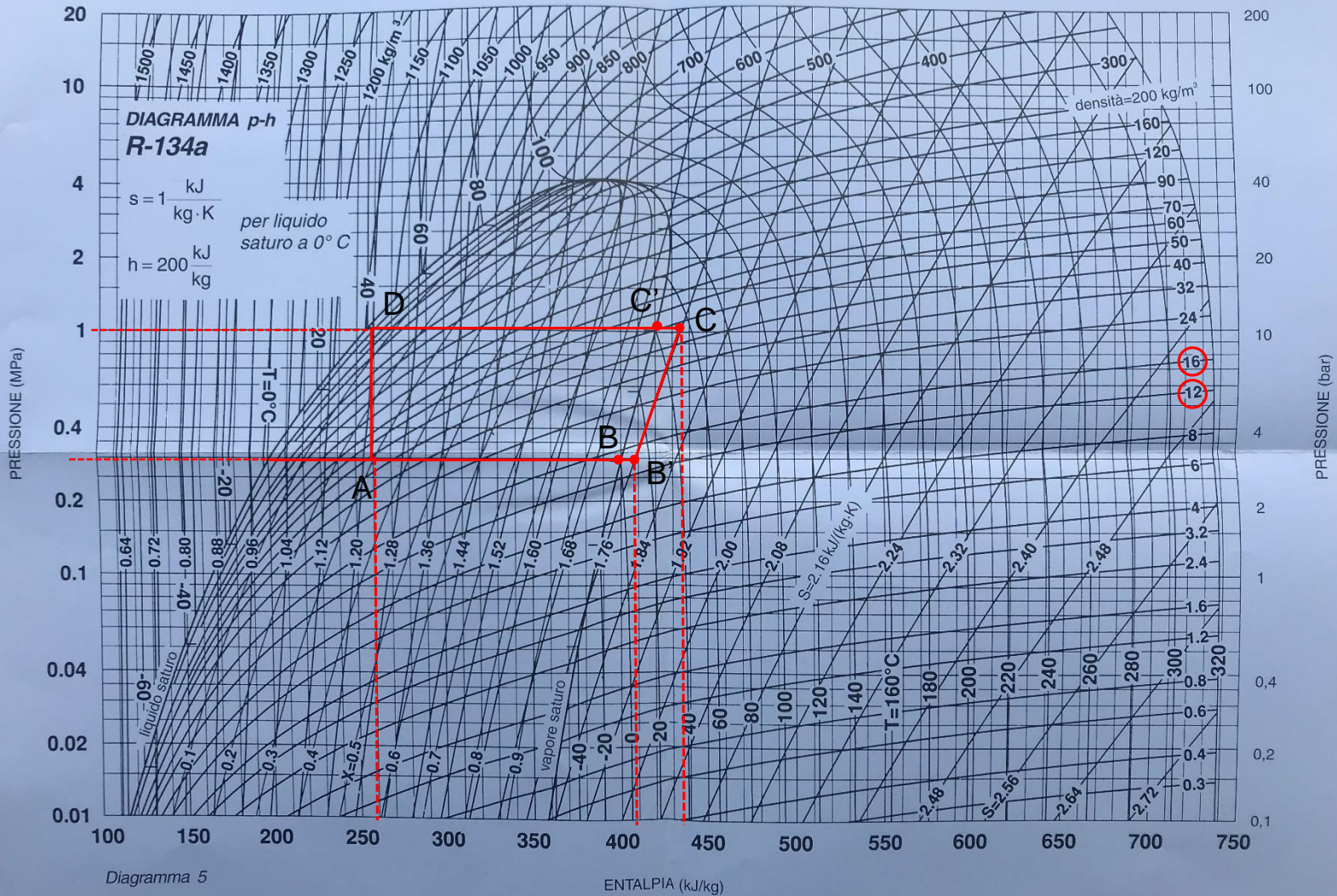
$$p_1 = 1 \text{ Mpa} = 10 \text{ bar}$$

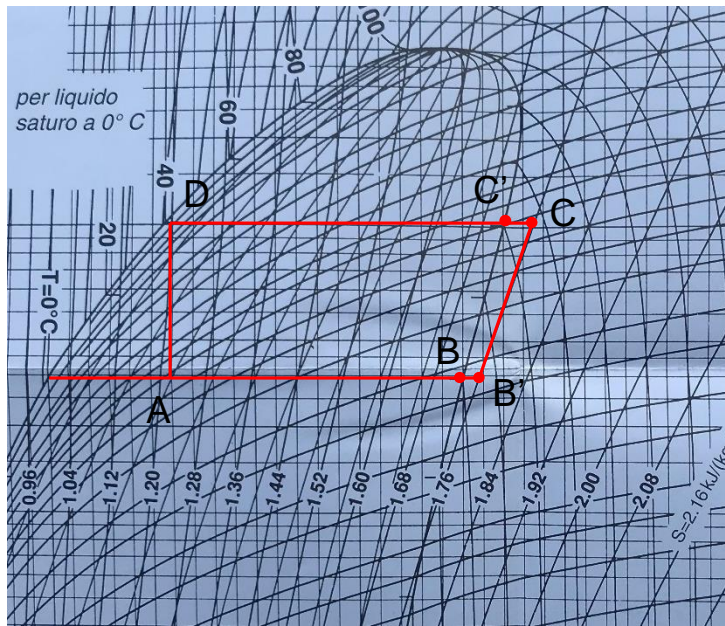
$$h_A = 260 \text{ kJ/kg}$$

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

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

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





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 ρ** del fluido.

All'aspirazione del compressore (punto B') la densità ρ è compresa tra 12 e 16 kg/m³. Assumiamo il valore medio di 14 kg/m³.

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

Dividendo la potenza frigorifera P per il coefficiente φ 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.