

Frigorifero domestico

Valutare gli scambi energetici del frigorifero domestico assegnato (gas R134A).

Dimensionare la superficie del condensatore in controcorrente (aria ferma- gas frigo).

Calcolare il costo annuale energetico (1 kWh = 0.3€).

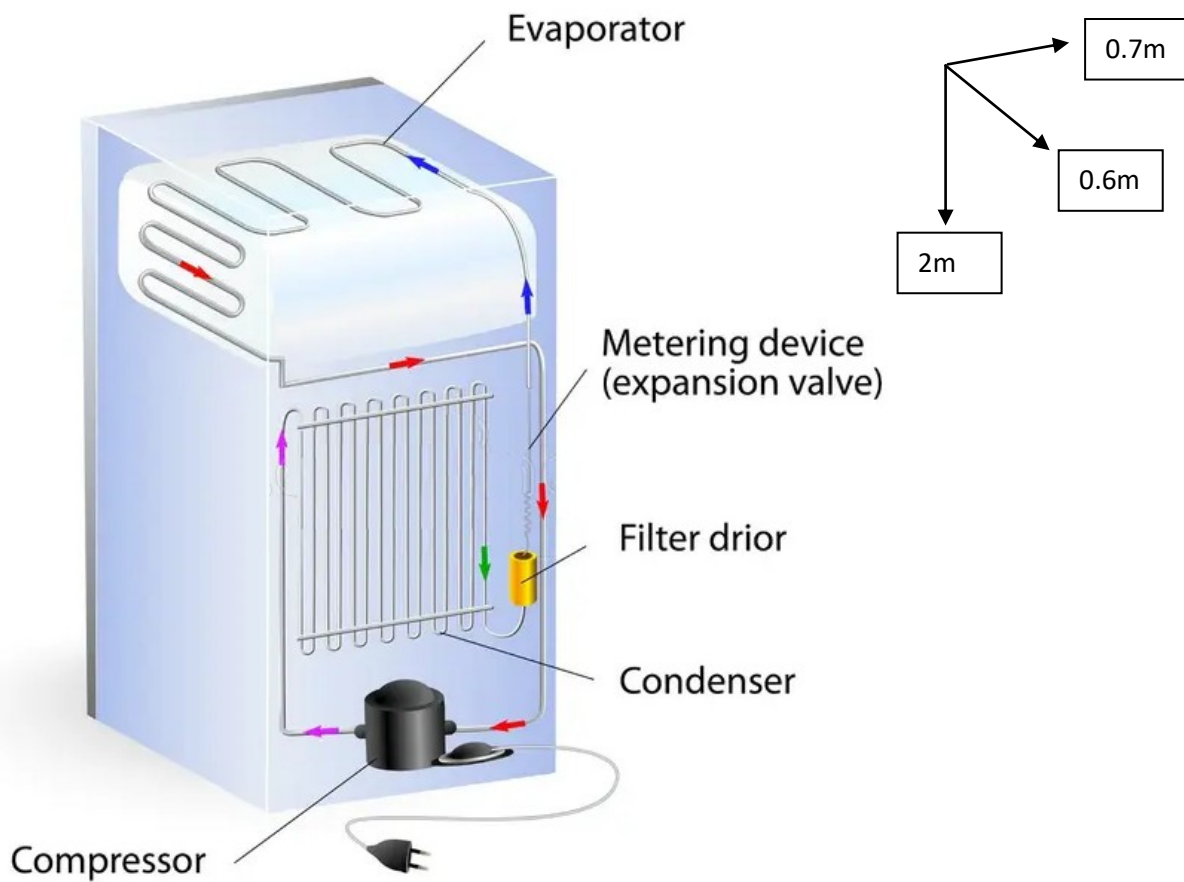
$T_{\text{interna}} = 5^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{esterna}} = 20^{\circ}\text{C}$ (media annuale)

Pareti isolate con polistirolo da 5cm

ΔT fra gas frigo e aria ambiente di 10°C

Rendimento compressore volumetrico = 0.6



Stimare il tempo necessario a portare a 5 °C un frigorifero da 200L riempito al 50% con carne bovina.

Trascurare la massa dell'aria nel frigo.

Dati

Volume frigo: 200 L = 0,2 m³

Area: 3m²

Riempimento 50% → 0,1 m³ di carne

Densità carne ≈ 1050 kg/m³ → massa ≈ 105 kg

Calore specifico carne $c_t = 3.3 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

Calore specifico carne bovina ≈ 3,3 kJ/(kg·K)

Temperatura iniziale interna frigo T_o : 20 °C

Temperatura finale T_f : 5 °C

Potenza frigorifera P_{frigo} : 200 W

Trasmittanza pareti frigo U : 0.6W/m²K

Ambiente: 20 °C

Energia totale da sottrarre alla carne:

$$Q = m c_t (T_o - T_f) = 105 \cdot 3.3 \cdot 15 = 5197 \text{ KJ}$$

Il calore entrante nel frigo non è fisso ma varia perché la T interna del frigo varia:

$$Q_d = U A (T_a - T(t))$$

Scriviamo il bilancio di energia (J) del frigorifero nell'intervallo di tempo dt :

$$(Q_d - P_{\text{frigo}}) dt = m c_t dT \quad \text{con } dT = \text{variazione di temperatura della massa interna la frigo nel } dt$$

Si tratta di una equazione differenziale del 1° ordine:

$$Q_d - P_{\text{frigo}} = m c_t dT/dt$$

La soluzione dell'equazione è:

$$T(t) = T_{eq} + (T_o - T_{eq}) e^{(-t/\tau)} \quad \text{con } \tau = m c_t / UA \quad \text{e } T_{eq} = T_a - P_{\text{frigo}}/(UA)$$

Formula inversa per calcolare il tempo:

$$t = -\tau \ln((T_f - T_{eq}) / (T_o - T_{eq})) \quad [\text{s}]$$

Con i dati assegnati si ottiene: $t = 7.8$ ore

Foglio di calcolo

Frigorifero

V	0,2	m3	volume
A	3	m2	area
densità	1050	Kg/m3	
ct carne	3300	J/kg k	
Vcarne	0,1	m3	
m	105	Kg	massa carne
Tf	5	°C	T finale
T0	20	°C	T iniziale
Ta	20	°C	T ambiente
U	0,6	W/m2K	trasmittanza
Pfrig.	200	W	potenza frigorifera

Soluzione analitica

tau	192500	s
Teq	-91	°C
t(5°C)	27917	7,8 h

Soluzione numerica

intervallo	
dt	900 s
dT= (Qd-Pfrigo) dt / m ct	

t	T	Qd	dT
s	°C	W	°C
0	20	0	-0,52
900	19,48	0,94	-0,52
1800	18,96	1,87	-0,51
2700	18,45	2,79	-0,51
3600	17,94	3,71	-0,51
4500	17,43	4,63	-0,51
5400	16,92	5,55	-0,51
6300	16,41	6,45	-0,50
7200	15,91	7,36	-0,50
8100	15,41	8,26	-0,50
9000	14,91	9,16	-0,50
9900	14,42	10,05	-0,49
10800	13,92	10,94	-0,49
11700	13,43	11,82	-0,49
12600	12,94	12,70	-0,49
13500	12,46	13,58	-0,48
14400	11,97	14,45	-0,48
15300	11,49	15,32	-0,48
16200	11,01	16,18	-0,48
17100	10,53	17,04	-0,48
18000	10,06	17,89	-0,47
18900	9,59	18,74	-0,47
19800	9,12	19,59	-0,47
20700	8,65	20,44	-0,47
21600	8,18	21,28	-0,46
22500	7,72	22,11	-0,46
23400	7,25	22,94	-0,46
24300	6,79	23,77	-0,46
25200	6,34	24,59	-0,46
26100	5,88	25,41	-0,45
27000	5,43	26,23	-0,45
27900	4,98	27,04	-0,45

Soluzione approssimata

usiamo Tmedia interna frigo	
Tm=(Tf+To)/2	12,5 °C
Qd alla Tm	13,5 W
Potenza utile frigo	
Pu=Pf-Qd	186,5 W
Qc carne	5197500 J
t=Qc/Pu	27869 s