

# Køleopgave - December 1990 - opg 4

Niels Skovmand - M5

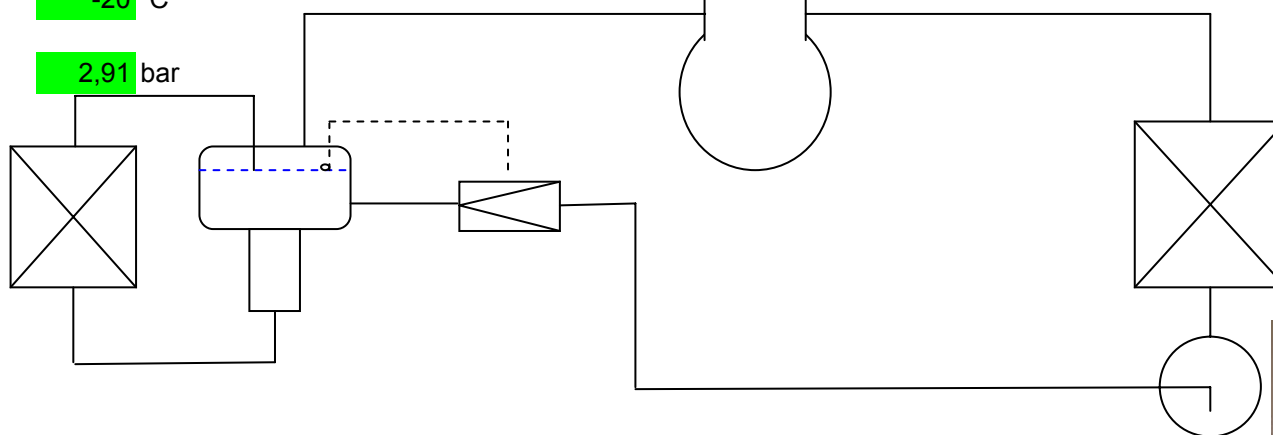
Kølemiddel: **R502**

Kompressor:

z: **8** stk  
 d: **125** mm → **0,125** m  
 s: **100** mm → **0,1** m  
 $\eta_{mek}$ : **0,89**  
 $\eta_{is}$ : **0,82**  
 $\eta_{ei}$ : **0,95**  
 n: **1000** o/min

$t_f$ : **-20 °C**

$p_f$ : **2,91** bar



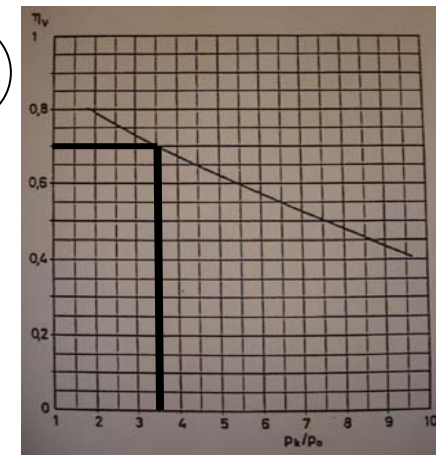
$t_k$ : **20 °C**

$p_k$ : **10,2** bar

$$p_k/p_f = \frac{10,2}{2,91} = 3,5$$

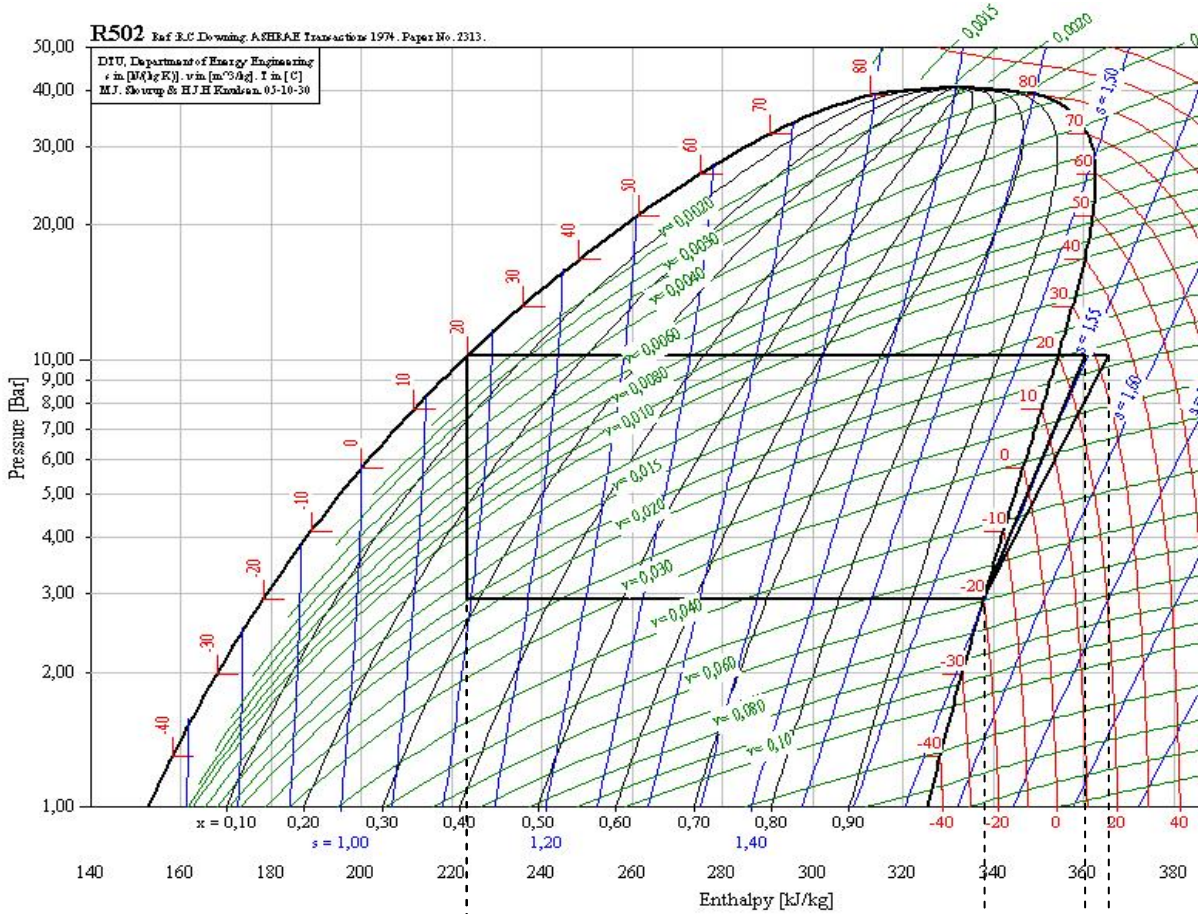
$\eta_{vol}$  aflæst i udleveret diagram ved  $p_k/p_f$ :

$$\eta_{vol} = 0,7$$



R502 Ref. R.C. Downing, ASHRAE Transactions 1974, Paper No. 2313.

DTU, Department of Energy Engineering  
 s in [M](kg/K), v in [m³/kg], T in [°C]  
 M.J. Steyvers & H.J.H. Knoops, 03-10-20



$V_{sug} = 0,059 \text{ m}^3/\text{kg}$

$\Delta h_f$	338	-	223	=	114,4	kJ/kg
$\Delta h_k$	365	-	223	=	141,9	kJ/kg
$\Delta h_{is}$	360	-	338	=	22,6	kJ/kg
$\Delta h_i$	365	-	338	=	27,5	kJ/kg

223,4

337,8 360,4 365,3

#### 4.1 Beregn kuldeeffekten angivet i kW:

$$V_{\text{teo}} = \frac{z \cdot \pi \cdot d^2 \cdot s \cdot n}{4 \cdot 60}$$

$$V_{\text{teo}} = \frac{8 \cdot 3,14 \cdot 0,0156^2 \cdot 0,1 \cdot 1000}{4 \cdot 60} = 0,16 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$m_R = \frac{V_{\text{teo}} \cdot \eta_{\text{vol}}}{V_{\text{sug}}} = \frac{0,1636 \cdot 0,7}{0,059} = 1,93 \text{ kg/s}$$

$$Q_f = m_R \cdot \Delta h_f = 1,9259 \cdot 114,4 = \underline{\underline{220,33 \text{ kW}}}$$

#### 4.2 Køleanlæggets kondensatorvarme skal udnyttes til rumopvarmning, hvorfor der skiftes til en luftkølet kondensator.

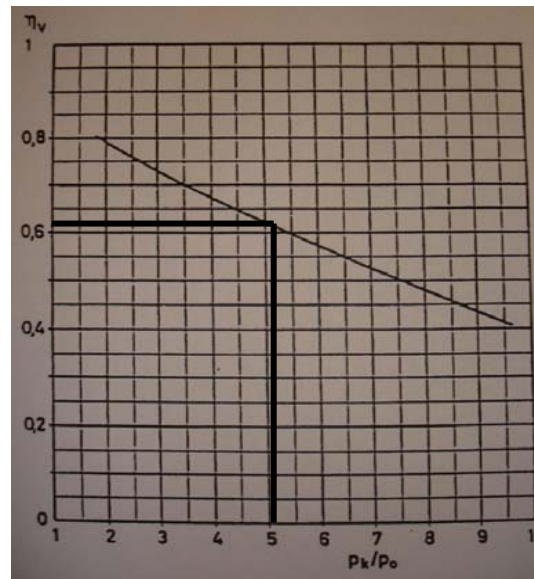
$$t_k: 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$p_k: 14,9 \text{ bar}$$

$$p_k/p_f = \frac{14,9}{2,91} = 5,1$$

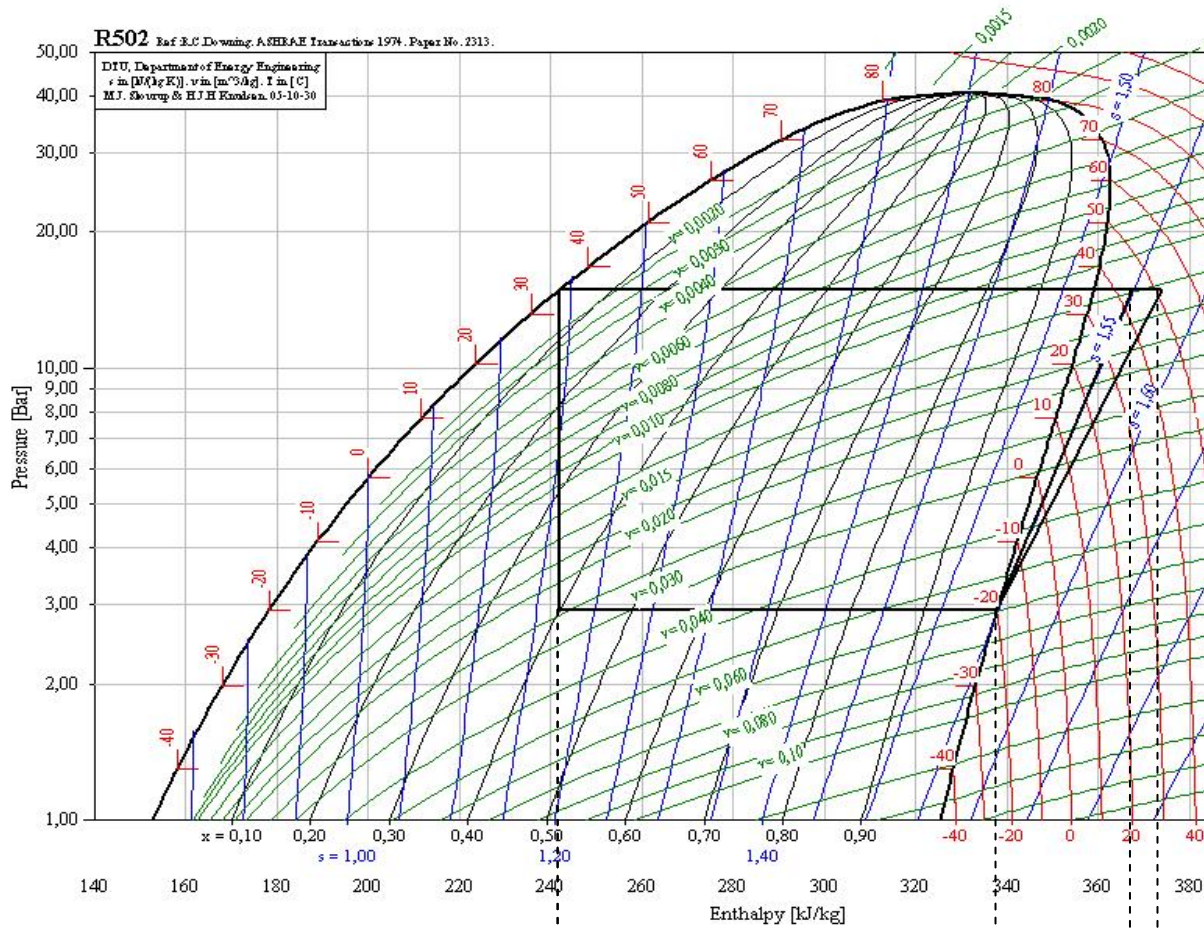
$\eta_{\text{vol}}$  aflæst i udleveret diagram ved  $p_k/p_f$ :

$$\eta_{\text{vol}} = 0,62$$



R502 Ref. R.C. Downing, ASHRAE Transactions 1974, Paper No. 2313.

DTU, Department of Energy Engineering  
 s in [W/(kg·K)], v in [m³/kg], T in [°C]  
 M.J. Skovrup & H.J.H. Knudsen, 03-10-30



$V_{\text{sug}}$ : 0,059 m³/kg

$\Delta h_f$ :	337,8	-	241,9	=	95,9	kJ/kg
$\Delta h_k$ :	373,8	-	241,9	=	132,0	kJ/kg
$\Delta h_{\text{is}}$ :	367,4	-	337,8	=	29,6	kJ/kg
$\Delta h_i$ :	373,8	-	337,8	=	36,0	kJ/kg

241,9

337,8 367,4 373,8

Beregn under forudsætning af at kuldeeffekten skal opretholdes ved samme fordampningstemperatur:

4.2.1 Krumtapakslens omdrejningshastighed:

$$m_R = \frac{Q_f}{\Delta h_f} = \frac{220,33}{95,9} = 2,30 \text{ kg/s}$$

$$V_{teo} = \frac{m_R \cdot V_{sug}}{\eta_{vol}} = \frac{2,30 \cdot 0,059}{0,62} = 0,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = \frac{V_{teo} \cdot 4 \cdot 60}{z \cdot \pi \cdot d^2 \cdot s}$$

$$n = \frac{0,22 \cdot 4 \cdot 60}{8 \cdot 3,14 \cdot 0,0156 \cdot 0,1} = \underline{\underline{1346,8 \text{ o/min}}}$$

**4.2.2 Beregn hvor stor besparelse, der kan påregnes pr. måned, når det forudsættes, at hele kondensatorvarmen kan udnyttes til rumopvarmning, og at køleanlæggets drifttid er: 450 timer/måned**

Pris pr. kWh før ombygning af anlæg, (anden varmekilde): 0,45 kr/kWh

Pris pr. kWh: 0,9 kr

Det må forventes at der skal leveres mere varme til rumopvarmning, end den kondensatoren kan tilføre.

Varme udtaget med kondensatoren:

$$Q_k = m_R \cdot \Delta h_k = 2,30 \cdot 132,0 = 303,15 \text{ kW}$$

$$\text{Varmebesparelse} = Q_k \cdot \text{pris} \cdot \text{tid} = 303,15 \cdot 0,45 \cdot 450$$

$$\text{Varme udgift før} = 61387 \text{ kr/m}$$

Derudover blev der før ombygningen også betalt for den tilførte effekt til kompressoren:

$$P_{\text{tilført, før}} = \frac{\Delta h_i \cdot m_R}{\eta_{\text{mek}} \cdot \eta_{\text{el}}} = \frac{27,5 \cdot 1,93}{0,89 \cdot 0,95} = 62,70 \text{ kW}$$

$$\text{El udgift før} = P_{\text{tilført}} \cdot \text{pris} \cdot \text{tid} = 62,70 \cdot 0,9 \cdot 450 = 25392 \text{ kr/m}$$

$$\text{Udgift}_{\text{før}} = \text{Varme} + \text{El} = 61387 + 25392 = 86779 \text{ kr/m}$$

Udgift efter ombygning af anlæg:

$$P_{\text{tilført}} = \frac{\Delta h_i \cdot m_R}{\eta_{\text{mek}} \cdot \eta_{\text{el}}} = \frac{36,0 \cdot 2,30}{0,89 \cdot 0,95} = 97,95 \text{ kW}$$

$$\text{Forbrug}_{\text{ny}} = P_{\text{tilført}} \cdot \text{tid} = 97,95 \cdot 450,0 = 44077 \text{ kWh/m}$$

$$\text{Udgift}_{\text{ny}} = \text{Forbrug}_{\text{ny}} \cdot \text{pris} = 44077 \cdot 0,9 = 39669 \text{ kr/m}$$

Besparelse ved at skifte kondensatoren:

$$\text{Besparelse} = \text{Udgift}_{\text{før}} - \text{Udgift}_{\text{ny}} = 86779 - 39669 = 47110 \text{ kr/m}$$