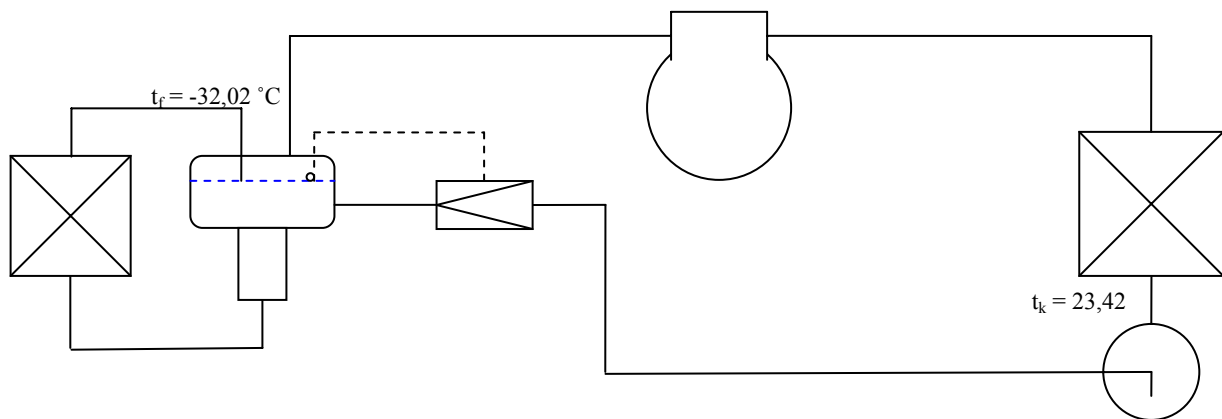
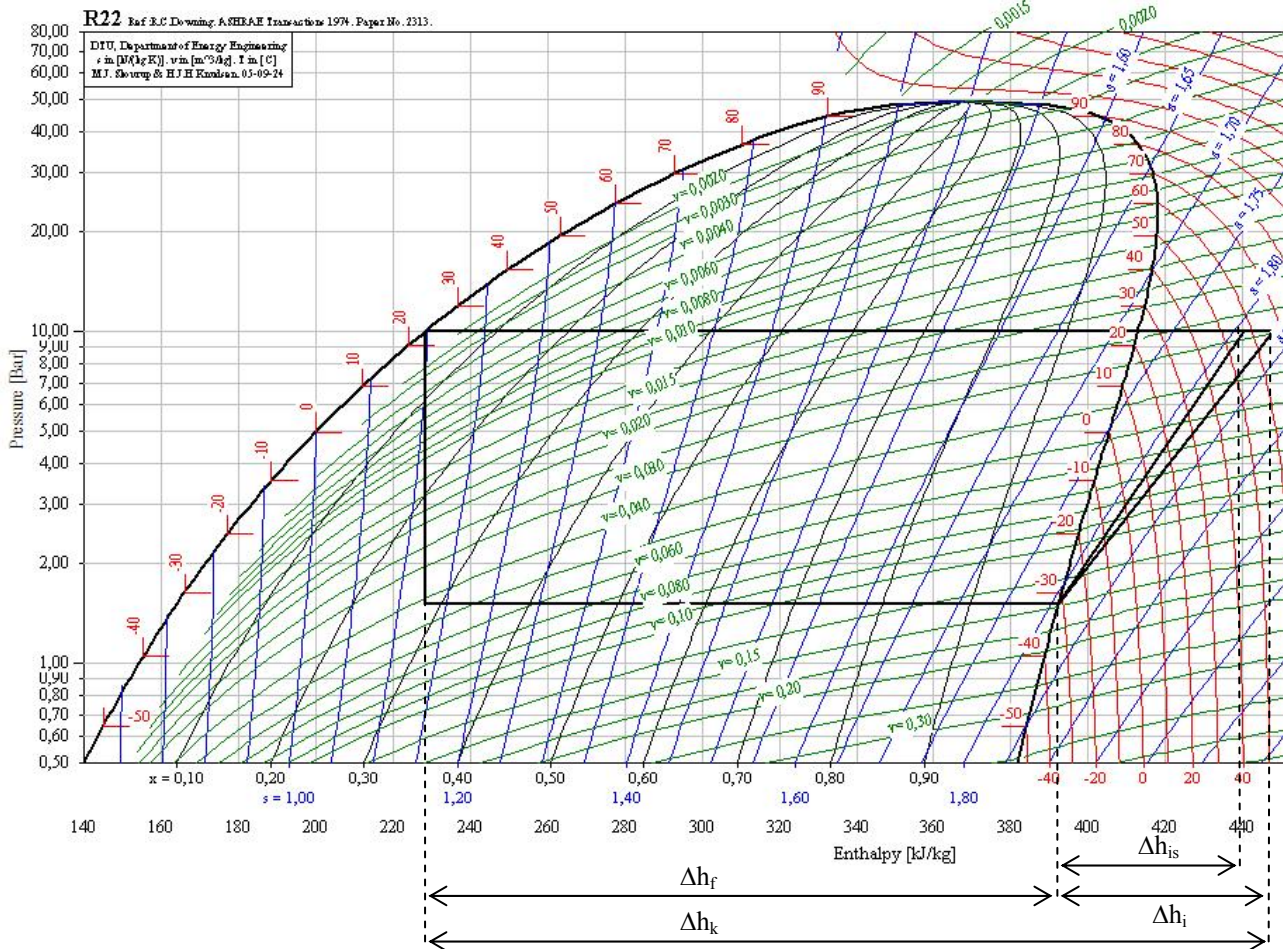


**Opg 74**

Givet:	Kølemiddel:	R22		
	Cylinderantal:	10		
	Cylinderdiameter:	125 [mm]		
	Slaglængde:	100 [mm]		
	Omdrejningstal:	1000 [o/min]		
	$\eta_{mek}$ :	0,92		
	$\eta_{is}$ :	0,86		
	$\eta_{el-motor}$ :	0,95		
	Cylindre i drift:	6		
	$p_{sug}$ :	1,5 [bar]	→	$t_{sug}$ : -32,02 [°C]
	$p_k$ :	10 [bar]	→	$t_k$ : 23,42 [°C]
	$\eta_{vol}$ :	0,6		

**74.1** Tegn skitse af anlæg og påfør relevante oplysninger:





Aflæst med hjælp fra Cool Pack:

$$\Delta h_f = 392,25 - 228,3 = 163,93 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\Delta h_k = 447,97 - 228,3 = 219,64 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\Delta h_k = \Delta h_f + \Delta h_i$$

$$\Delta h_{is} = 440,17 - 392,25 = 47,92 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\Delta h_i = 447,97 - 392,25 = 55,72 \text{ [kJ/kg]}$$

$$v_{sug} = 0,147 \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

**74.1.1** Beregn kuldeydelsen i kW,  $Q_f$ :

$$V_{teo} = \frac{z \cdot \pi \cdot d^2 \cdot s \cdot n}{4 \cdot 60} = \frac{6 \cdot \pi \cdot 0,125^2 \cdot 0,1 \cdot 1000}{4 \cdot 60} = 0,123 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

$$m_R = \frac{V_{teo} \cdot \eta_{vol}}{v_{sug}} = \frac{0,123 \cdot 0,6}{0,147} = 0,5 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$\underline{Q_f} = \Delta h_f \cdot m_R = 163,93 \cdot 0,5 = \underline{81,94 \text{ [kW]}}$$

**74.1.2** Beregn den til elmotoren tilførte effekt i kW,  $P_{tilført}$ :

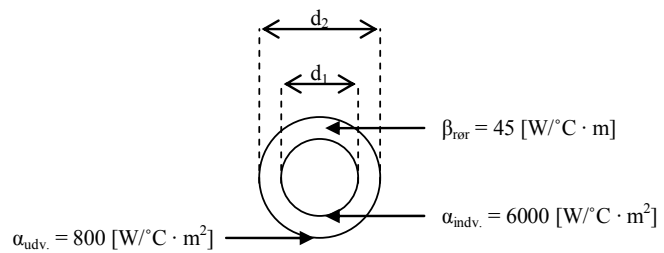
$$\underline{P_{tilført}} = \frac{\Delta h_i \cdot m_R}{\eta_{mek} \cdot \eta_{el-motor}} = \frac{55,72 \cdot 0,5}{0,92 \cdot 0,95} = \underline{31,86 \text{ [kW]}}$$

74.2 For rørene i kondensatoren gælder:

$$\begin{aligned} l_{\text{rør}} &= 2,2 \text{ [m]} \\ d_1 &= 40 \text{ [mm]} \\ d_2 &= 50 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

Ved rene rør og driftstilstand som ovenfor, gælder følgende for kondensator-kølevandet:

$$\begin{aligned} t_{\text{tilgang}} &= 13 \text{ [}^\circ\text{C]} \\ t_{\text{afgang}} &= 17 \text{ [}^\circ\text{C]} \end{aligned}$$

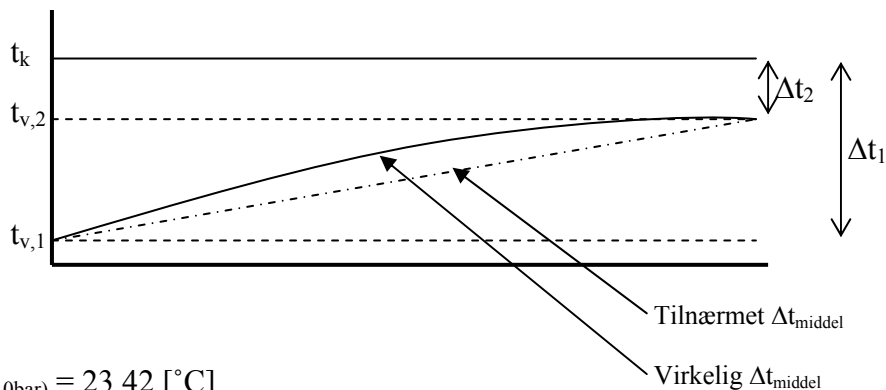


74.2.1 Beregn antallet af kondensatorrør, når temperaturen i fortætningsrummet regnes lig fortætningsstemperaturen.

Varmeoverførslen i kondensatoren:

$$Q_k = \begin{array}{ccc} \text{Varm} & \text{Flade} & \text{Kold} \\ m_R \cdot \Delta h_k = & K \cdot l \cdot \Delta t_{\text{middel}} = & m_{\text{kølevand}} \cdot c_{\text{kølevand}} \cdot \Delta t_{\text{kølevand}} \end{array}$$

Beregning af nøjagtig  $\Delta t_{\text{middel}}$  :



$$\begin{aligned} t_k &= t_{m(10\text{bar})} = 23,42 \text{ [}^\circ\text{C]} \\ \Delta t_1 &= 23,42 - 13 = 10,42 \text{ [}^\circ\text{C]} \\ \Delta t_2 &= 23,42 - 17 = 6,42 \text{ [}^\circ\text{C]} \end{aligned}$$

$$\Delta t_{\text{middel}} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln\left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}\right)} = \frac{10,42 - 6,42}{\ln\left(\frac{10,42}{6,42}\right)} = 8,26 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

I det følgende regnes dog bare med den tilnærmede  $\Delta t_{\text{middel}}$  :

$$\Delta t_{\text{middel}} = t_{\text{middel,R22}} - t_{\text{middel, kølevand}} = 23,42 - \frac{13 + 17}{2} = 8,42 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$K = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_{\text{udv.}} \cdot d_2} + \frac{\ln(\frac{d_2}{d_1})}{2 \cdot \beta_{\text{rør}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{indv.}} \cdot d_1}} = \frac{\pi}{\frac{1}{800 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} + \frac{\ln(\frac{50}{40})}{2 \cdot 45} + \frac{1}{6000 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}} = 99,27 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

$$Q_k = m_R \cdot \Delta h_k = 0,5 \cdot 219,64 = 109,79 \text{ [kW]}$$

$$Q_k = K \cdot l \cdot \Delta t_{\text{middel}} \rightarrow$$

$$l = \frac{Q_k}{K \cdot \Delta t_{\text{middel}}} = \frac{109,79 \cdot 10^3}{99,27 \cdot 8,42} = 131,35 \text{ [m]}$$

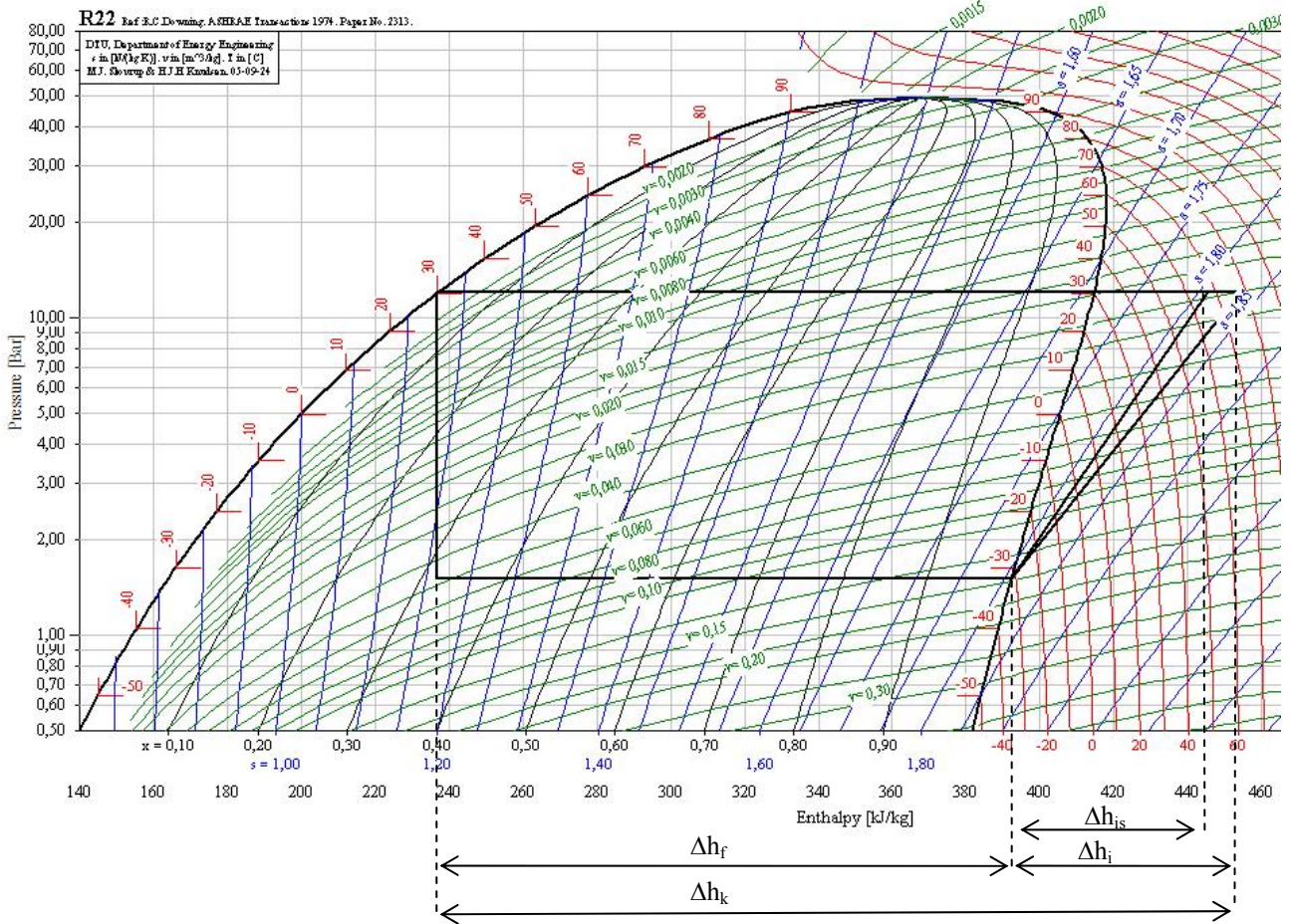
$$\underline{\underline{\text{Antal rør i kondensator}}} = \frac{l}{l_{\text{rør}}} = \frac{131,35}{2,2} = 59,7 \approx \underline{\underline{60 \text{ rør}}}$$

**74.3** Under drift stiger kondensatortrykket fra 10 til 12 bar

**74.3.1** Nævn hvilke årsager, der kan have bevirket dette, og angiv for hver af disse, hvilke karakteristiske ændringer der kan observeres i anlægget.

Grund til trykstigning:	Ændring i systemet					Bemærkning
	$p_k$	$t_k$	$t_{v,1}$	$t_{v,2}$	$\Delta t_v$	
Reduceret kølevands flow - (defekt pumpe, stoppet filter)	↑	↑	-	↑	↑	$Q_k = m_{kv} \cdot c_v \cdot \Delta t_{kv}$
Stigende kølevands temperatur	↑	↑	↑	↑	-	$Q_k = k \cdot l \cdot \Delta t_{\text{middel}}$
Luft i fortøtningsrum	↑	-	-	-	-	
Belægninger (uden flowreduktion)	↑	↑	-	-	-	$Q_k = k \cdot l \cdot \Delta t_{\text{middel}}$ (k falder $\rightarrow$ $\Delta t_{\text{middel}}$ stiger)

**74.4** Kuldeydelsen ved kondensatortryk på 12 bar ønskes opretholdt ved samme fordampertyk, 1,5 [bar]. Kompressorens volumetriske virkningsgrad ændres til 0,5, som følge af det større kondensatortryk, mens  $\eta_{is}$ ,  $\eta_{el-motor}$  og  $n$  forbliver uændrede.  
 $p_k = 12$  [bar]  $\rightarrow t_k = 30,26$  [°C]



Aflæst med hjælp fra Cool Pack:

$$\begin{aligned} \Delta h_f &= 392,25 - 236,98 = 155,265 \text{ [kJ/kg]} \\ \Delta h_k &= 454,01 - 236,98 = 217,02 \text{ [kJ/kg]} \\ \Delta h_k &= \Delta h_f + \Delta h_i \\ \Delta h_{is} &= 445,36 - 392,25 = 53,11 \text{ [kJ/kg]} \\ \Delta h_i &= 454,01 - 392,25 = 61,76 \text{ [kJ/kg]} \\ v_{sug} &= 0,147 \text{ [m}^3\text{/kg]} \end{aligned}$$

**74.4.1** Beregn hvor mange cylindre der skal være indkoblet

$$\underline{\underline{Q_f}} = \Delta h_f \cdot m_R \Rightarrow m_R = \frac{Q_f}{\Delta h_f} = \frac{81,94}{155,265} = 0,528 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$m_R = \frac{V_{\text{teo}} \cdot \eta_{\text{vol}}}{V_{\text{sug}}} \Rightarrow V_{\text{teo}} = \frac{m_R \cdot V_{\text{sug}}}{\eta_{\text{vol}}} = \frac{0,528 \cdot 0,147}{0,5} = 0,155 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

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

$$z = \frac{0,155 \cdot 4 \cdot 60}{\pi \cdot 0,125^2 \cdot 0,1 \cdot 1000} = 7,59 \approx \underline{\underline{8 \text{ cylindre skal være koblet ind}}}$$

**74.4.2** Beregn merudgiften til elektricitet pr. uge, når køleanlæggets driftstid er 140 timer pr. uge, og 1 kWh koster 0,25 kr.

Udgift før stigning i kondensatortryk:

$$\text{Forbrug}_{\text{før}} = P_{\text{tilført}} \cdot \text{timer} = 31,86 \cdot 140 = 4461,01 \text{ [kWh]}$$

$$\text{Udgift}_{\text{før}} = \text{Forbrug}_{\text{før}} \cdot \text{pris} = 4461,01 \cdot 0,25 = \underline{\underline{1115,25 \text{ kr.}}}$$

Udgift efter stigning i kondensatortryk:

$$P_{\text{tilført,ny}} = \frac{\Delta h_i \cdot m_R}{\eta_{\text{mek}} \cdot \eta_{\text{el-motor}}} = \frac{61,76 \cdot 0,528}{0,92 \cdot 0,95} = 37,29 \text{ [kW]}$$

$$\text{Forbrug}_{\text{efter}} = P_{\text{tilført,ny}} \cdot \text{timer} = 37,29 \cdot 140 = 5220,48 \text{ [kWh]}$$

$$\text{Udgift}_{\text{efter}} = \text{Forbrug}_{\text{efter}} \cdot \text{pris} = 5220,48 \cdot 0,25 = \underline{\underline{1305,12 \text{ kr.}}}$$

$$\underline{\underline{\text{Merudgift}}} = 1305,12 - 1115,25 = \underline{\underline{189,88 \text{ [kr/uge]}}}$$