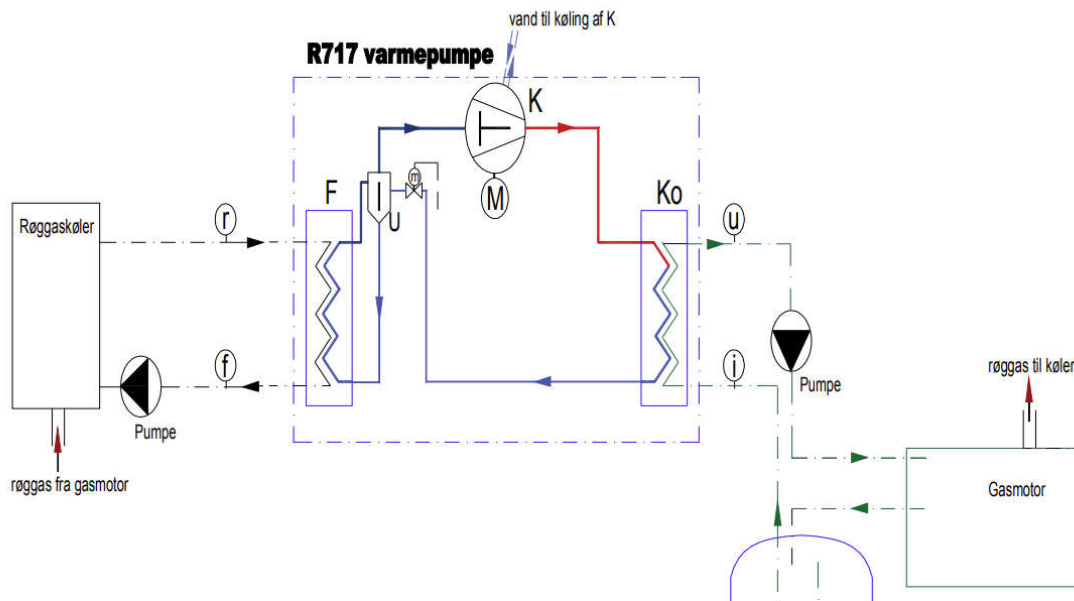


Dimensionering af en varmepumpe til kraftvarmeværk



Følgende data foreligger:

Røggaskøleren

Vandstrøm 78 m³/h

Vandtemperatur, tilstand r 20 °C

Vandtemperatur, tilstand f 15 °C

Kondensatoren

Vandtemperatur, tilstand u 54 °C

Vandtemperatur, tilstand i 40 °C

Kompressoren

Trykgastemperatur, anslået 115 °C

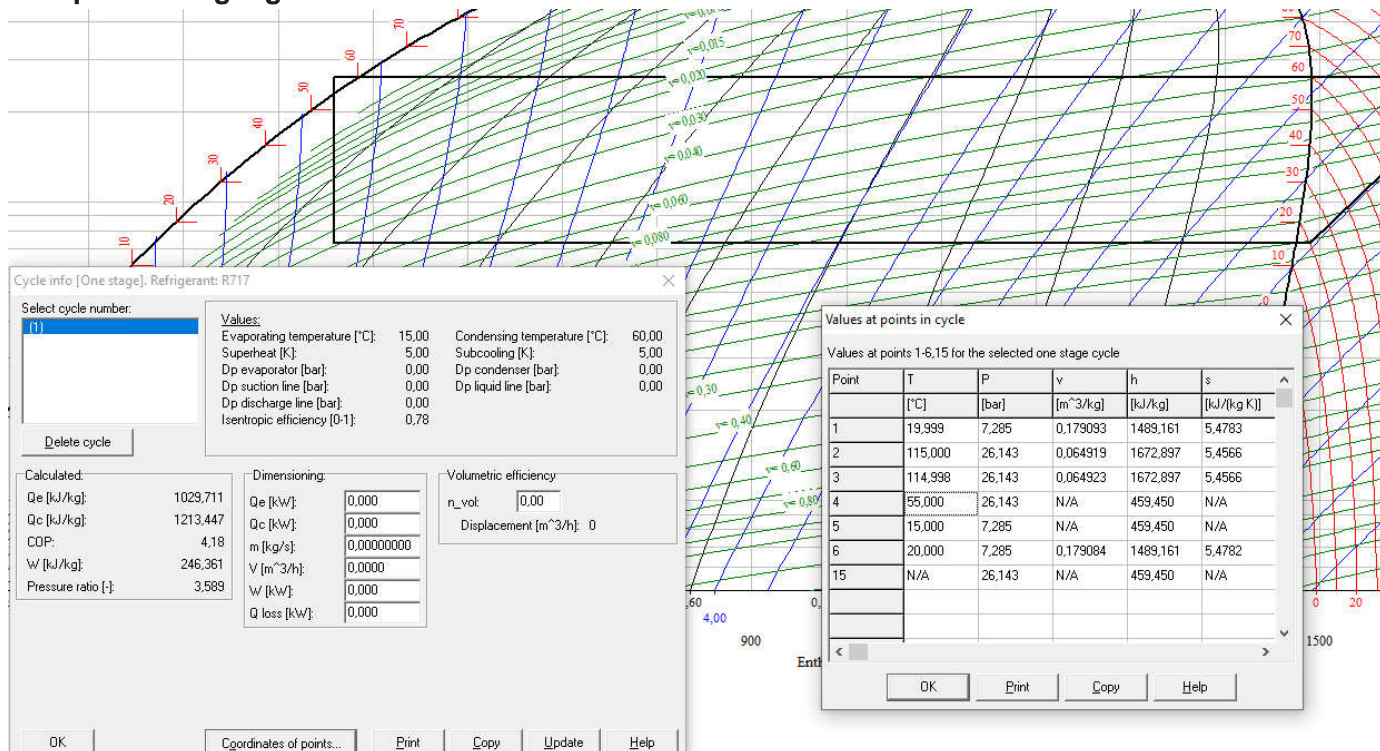
Isentropisk virkningsgrad 0,78

El-motorens virkningsgrad 0,96

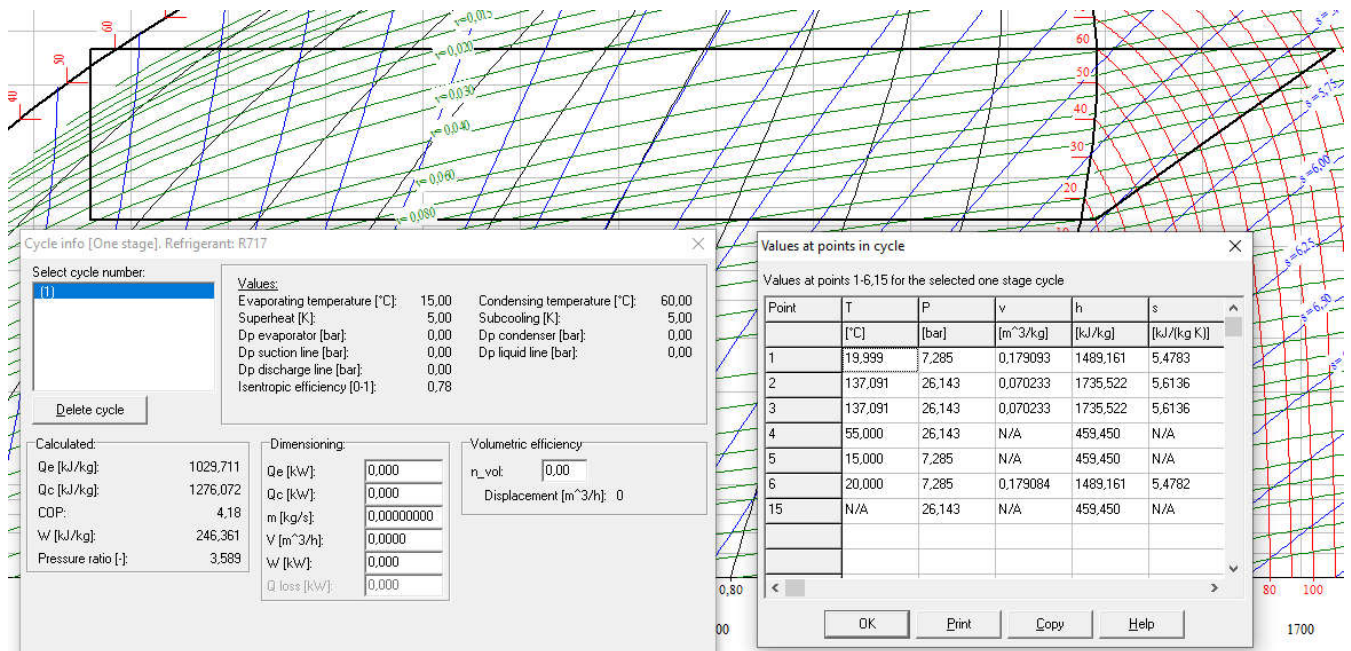
Volumetrisk virkningsgrad 0,84

(Se i øvrigt oversigt over Sabroes produktprogram i folder (pdf-fil) som ligger i mappen <Cases>.)

Kompressorudgang sat til 115C



Kompressorens faktiske udgangstemperatur



```
clc; clear;
u = symunit;
```

```
%----- Røggaskøleren -----%
%----- Røggaskøleren -----%
%----- Røggaskøleren -----%

q_V = 78 * u.m^3/u.h;
rho_V = 999.1 * u.kg/u.m^3;
cp_V = 4182 * u.J/(u.kg*u.K);

t_r = 20*u.K;
t_f = 15*u.K;

% Vores Phi0
phi_RK = q_V*rho_V*cp_V*(t_r - t_f);
phi_RK = vpa(unitConvert(phi_RK, u.kW), 6)
```

phi_RK = 452.642 kW

```
% Entalpier
% Kompressorudgang sat til 115C
h1 = 1489.161 *u.kJ/u.kg;
h2 = 1672.9*u.kJ/u.kg;
h3 = 459.45*u.kJ/u.kg;
h4 = h3;

% Kompressorudgangstemperatur ikke specificeret - fra det "faktiske"
% billede
h5 = 1735.522*u.kJ/u.kg; % ikke kølet kompressor

% Kondenseringspunkter, til udregning af kondensatorens 3 faser
super = 1491.49*u.kJ/u.kg;
konding = 485.03*u.kJ/u.kg;
subbing = 459.19*u.kJ/u.kg;

Phi0 = phi_RK;

% Massestrøm
q_mr = Phi0/(h1 - h4);
q_mr = vpa(unitConvert(q_mr, "SI"), 3)
```

q_mr =
0.44 $\frac{\text{kg}}{\text{s}}$

```
% E1-effekt
Pel = q_mr*(h5-h1);
Pel = vpa(unitConvert(Pel, u.kW), 6)
```

Pel = 108.296 kW

```
vpa(Pel*24*u.h, 3)
```

ans = 2600.0 h kW

```
% COP
COP = vpa(phi_RK/Pel, 3)
```

COP = 4.18

```
% Køling på kompressoren - 137C til 115C
phi_komp_cool = q_mr*(h5-h2);
phi_komp_cool = vpa(unitConvert(phi_komp_cool, u.kW),5)
```

phi_komp_cool = 27.527 kW

```
% Vandstrøm omkring kompressor. Antagede ind og ud værdier
T_v_ind_komp = 18*u.K;
T_v_ud_komp = 70*u.K; % Det skal bruges til fjernvarme og skulle gerne være samme temp som det der kommer ned i akk. tanken
```

```
syms qV_vand

rho_V = 999.1 * u.kg/u.m^3;
cp_V = 4182 * u.J/(u.kg*u.K);

eq = phi_komp_cool == qV_vand*rho_V*cp_V*(T_v_ud_komp - T_v_ind_komp);

qV_vand = solve(eq, qV_vand);
qV_vand = vpa(unitConvert(qV_vand, u.m^3/u.h),6)
```

qV_vand =
0.456113 $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

```
%-----%
%----- Effekter -----%
%-----%
% Henover kompressor
kompressor = vpa(unitConvert(q_mr*(h1-h2), u.kW), 4)
```

kompressor = -80.77 kW

```
% Henover kondensator
kondensator = vpa(unitConvert(q_mr*(h2-h3), u.kW), 6)
```

kondensator = 533.411 kW

```
kond_desuper = vpa(unitConvert(q_mr*(h2-super), u.kW), 6)
```

kond_desuper = 79.7445 kW

```
kond_konding = vpa(unitConvert(q_mr*(super-konding), u.kW), 6)
```

kond_konding = 442.422 kW

```
kond_subbing = vpa(unitConvert(q_mr*(konding - subbing), u.kW), 6)
```

kond_subbing = 11.3588 kW

```
kond_total = vpa(kond_desuper+kond_konding+kond_subbing, 6)
```

kond_total = 533.525 kW

```
% Ekspansionsventil
epv = vpa(unitConvert(q_mr*(h3-h4), u.kW), 4)
```

epv = 0.0

```
% Fordamper
% Det ses det stemmer overens med den indledende beregning af Phi0
fordamper = vpa(unitConvert(q_mr*(h4-h1), u.kW), 4)
```

fordamper = -452.6 kW

% Beregning af nødvendig slagvolumen, til dimensionering af varmepumpe

t_nh3_ind = 115*u.K;

t_nh3_ud = 60*u.K;

cp_NH3 = 2.881 * u.kJ/(u.kg*u.K);

rho_NH3 = 15.47 * u.kg/u.m^3;

eta_v = 0.84;

%q_Vs_komp = 2000 * u.m^3/u.h; % Valgt ud fra casen

syms q_Vs_komp

qV_NH3 = eta_v * q_Vs_komp;

qV_NH3 = vpa(unitConvert(qV_NH3, u.m^3/u.h), 3);

eq = kondensator == qV_NH3 * rho_NH3 * cp_NH3 * (t_nh3_ind - t_nh3_ud);

q_Vs_komp = solve(eq, q_Vs_komp);

q_Vs_komp = vpa(unitConvert(q_Vs_komp, u.m^3/u.h), 3)

q_Vs_komp =

$933.0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

% Volumenstrøm af vand i kondensator

t_kond_vi = 40 * u.K;

t_kond_vu = 54 * u.K;

syms qV_vand_kond

phi_kond_vand = qV_vand_kond*rho_V*cp_V*(t_kond_vu - t_kond_vi);

eq = kondensator == phi_kond_vand;

qV_vand_kond = solve(eq, qV_vand_kond);

qV_vand_kond = vpa(unitConvert(qV_vand_kond, u.m^3/u.h), 3)

qV_vand_kond =

$32.8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Rørdimensioner

Anvendelsesområde	Kølemiddel	Strømningshastighed, c ²⁾ [m/s]
Sugeledninger	NH ₃ (tør/våd)	15 – 20 / 8 – 15 (< 20)
	R134a	5 – 10 ¹⁾ (< 20)
	R404A	7 – 12 ¹⁾ (20 – 22)
Varmgasledninger	NH ₃	15 – 25
	R134a	7 – 12 ¹⁾
	R404A	8 – 15 ¹⁾
Væskeledninger (fra kondensator)	NH ₃	0,5 – 2
	R134a	0,4 – 1
	R404A	0,4 – 1
Brine		0,3 – 1,5
Vand		0,5 – 2

Tabel 5.1: Anbefalede strømningshastigheder i forskellige typer rørledninger i kompressionskøleanlæg.

¹⁾ I små anlæg anvendes lavere hastigheder.

²⁾ Tallene i parentes gælder store anlæg.

% Sugeledninger til kondensator

c1 = 17.5 * u.m/u.s;

NH3_ind = q_Vs_komp;

A1 = NH3_ind/c1;

A1 = vpa(unitConvert(A1, "SI"), 3);

A1 = vpa(unitConvert(A1, u.cm^2), 3)

A1 = 148.0 cm^2

cA1 = vpa(sqrt(A1/pi)*2, 3)

cA1 = 13.7 cm

```
%A = (D/2)^2*pi
%D = sqrt(A/pi)*2

% Varmgasledninger
c2 = 20 * u.m/u.s;
NH3_ind = q_Vs_komp;

A2 = NH3_ind/c2;
A2 = vpa(unitConvert(A2, "SI"), 3);
A2 = vpa(unitConvert(A2, u.cm^2), 3)
```

A2 = 130.0 cm²

cA2 = vpa(sqrt(A2/pi)*2, 3)

cA2 = 12.8 cm

```
% Væskeledninger fra kondensator efter EPV
c3 = 1.25 * u.m/u.s;

NH3_ind = q_Vs_komp;

A3 = NH3_ind/c3;
A3 = vpa(unitConvert(A3, "SI"), 3);
A3 = vpa(unitConvert(A3, u.cm^2), 3)
```

A3 = 2070.0 cm²

cA3 = vpa(sqrt(A3/pi)*2, 3)

cA3 = 51.4 cm