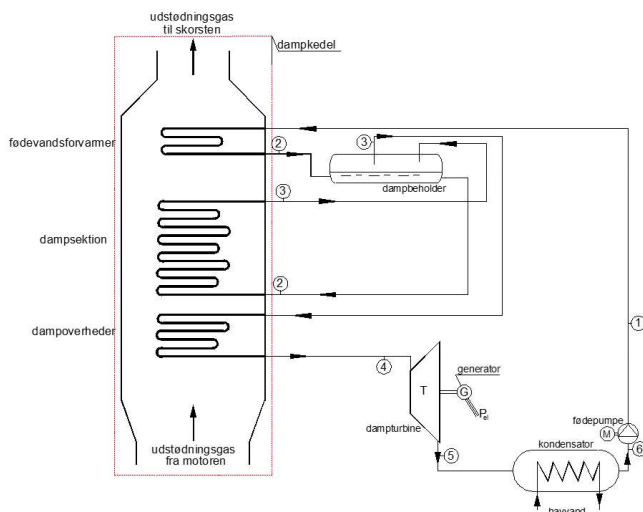


```
clear all
clf

% Importer CoolProp-modul
CoolProp = py.importlib.import_module('CoolProp.CoolProp');
```



Figur 1: Systemdiagram for varmegenvindning af udstødningsgas fra en dieselmotor

Figur 1 viser et forenklet systemdiagram for et varmegenvindingsanlæg fra en dieselmotor. Udstødningsgassen leverer varme til et dampkraftanlæg, som er direkte koblet til en generator. Generatoren leverer elektricitet til forbrugere i nærområdet.

Dampkredsprocessen forløber i følgende trin:

- Proces 1 – 2: Fødevand opvarmes ved konstant tryk i fødevandsforvarmeren, hvorefter det tilføres en dampbeholder. I tilstand 2 er vand ved mætningsstilstand.
- Proces 2 – 3: Mættet vand strømmer til kedlens dampsektion (kaldet fordamperen), hvor det fordampes til mættet damp og føres tilbage til dampbeholderen.
- Proces 3 – 4: Mættet damp strømmer til dampoverhederen, hvor dampen overhedes inden den strømmer til anlæggets dampturbin.
- Proces 4 – 5: Overheded damp strømmer til dampturbinen, hvor den ekspanderes til kondenseringsstrykket. Herved omsættes varmeenergien til effekt på turbinens aksel. Effekten overføres til anlæggets generator som producerer el.
- Proces 5 – 6: Efter dampturbinen strømmer dampen til kondensatoren, hvor den afkøles og kondenseres. Kondensatoren køles af havvand.
- Proces 6 – 1: Mættet vand strømmer fra kondensatoren til fødepumpen, hvor trykket øges til kedeltrykket. Der tilføres effekt fra generator til en el-motor som driver pumpen.

Antagelser:

- I dampbeholderen er der mætningsstilstande, dvs. mættet vand og mættet damp.
- Der ses bort fra tryktab i rør og varmevekslere.
- Der ses bort fra varmetab fra rør, turbine, varmevekslere og kedel.

Følgende data opgives for en given driftstilstand:

Damptryk i røggaskedlen (kedeltryk)	10 bar
Kondenseringsstrykket	0,1 bar
Damptemperatur efter dampoverhederen	400 °C
Massestrøm \dot{q}_{mD} af damp/vand	3,5 kg/s
Turbinens isentropiske virkningsgrad	0,80
Fødepumpens virkningsgrad	0,80
Generatorens el-virkningsgrad	0,95

Følgende ønskes beregnet ved driftssituationen:

- a) Opstil energibalancer for anlæggets komponenter, svarende til de ovennævnte 6 processer. Opstil også energibalance for hele kedlen.

For hele kedlen

$$E_{ind} = E_{ud}$$

$$\Phi_{fvf} + \Phi_{ds} + \Phi_{do} + P_{pumpe} = P_T + \Phi_K$$

For de 6 kontrol flader

```
syms q_mD h_1 h_2 h_3 h_4 h_5 h_6 Phi_fvf Phi_K Phi_ds Phi_do P_T P_pumpe
eq_1_fvf = q_mD * (h_1-h_2) + Phi_fvf == 0 % Fødevandsforvarmer
```

$$eq_1_fvf = \Phi_{fvf} + q_{mD} (h_1 - h_2) = 0$$

$$eq_2_ds = q_{mD} * (h_2-h_3) + \Phi_{ds} == 0 \text{ \% dampsektion}$$

$$eq_2_ds = \Phi_{ds} + q_{mD} (h_2 - h_3) = 0$$

$$eq_3_do = q_{mD} * (h_3-h_4) + \Phi_{do} == 0 \text{ \% dampoverheder}$$

$$eq_3_do = \Phi_{do} + q_{mD} (h_3 - h_4) = 0$$

$$eq_4_T = (h_4-h_5)*q_{mD} - P_T == 0 \text{ \% Turbine}$$

$$eq_4_T = q_{mD} (h_4 - h_5) - P_T = 0$$

$$eq_5_K = q_{mD} * (h_5 - h_6) - \Phi_{i_K} == 0 \text{ \% Kondensator}$$

$$eq_5_K = q_{mD} (h_5 - h_6) - \Phi_K = 0$$

$$eq_6_Pump = q_{mD} * (h_6 - h_1) + P_{pump} == 0$$

$$eq_6_Pump = P_{pump} - q_{mD} (h_1 - h_6) = 0$$

b) Optegn turbineprocesseni h,s-diagram for vanddamp og bestem i samme forbindelse h5 og dampkvaliteten (dampindholdet) x5. Ved løsningen af opgaven benyttes enten vedlagte bilag 1 eller EES. h,s-diagrammet vedhæftes opgaveløsningen

Opgaven løses i EES.

Vi opstiller nøgleværdier i de 6 områder samt energiligninger. Alle inthalpier og entropier kan nu findes og tegnes i h-s diagrammet

```
" Overordnede informationer: "
// Tryk
P_L = 0,1 [bar]
P_H = 10 [bar]

// Massestrømme
q_mD = 3,5 [kg/s]

// Røggas informationer:
c_mp = 1,280 [kJ/(kg*K)]
T_røggas = 400 [C]
|

// Virkningsgrader:
eta_T = 0,8 "Turbinens virkningsgrad "
```

```
"1 ---- Tilstand 1 Fra fødepumpe ---- "
" Det udnyttes at trykket er kendt og volumen er ens på begge sider da vi har en inkompatible væske "
P[1] = P_H
T[1]=temperature(Water,P=P[1],v=v[1])
h[1]= enthalpy(Water,P=P[1],v=v[1])
s[1]=entropy(Water,P=P[1],v=v[1])
v[1]= v[6]
```

```
"1 ---- Tilstand 2 fra dampbeholder ---- "
" Det benyttes at trykket er kendt og vi har mættede vand "
P[2] = P_H
T[2] = t_sat(Water,P=P[2])
x[2]= 0
h[2] = enthalpy(Water,T=T[2],x=x[2])
s[2] = entropy(Water,T=T[2],x=x[2])
v[2] = volume(Water,T=T[2],x=x[2])
```

```
"1 ---- Tilstand 3 Dampsektion ---- "
" Det benyttes at trykket er kendt og vi har mættede damp "
P[3] = P_H
T[3]=temperature(Water,P=P[3],x=x[3])
x[3] = 1,00
h[3]=enthalpy(Water,T=T[3],x=x[3])
s[3]=entropy(Water,T=T[3],x=x[3])
v[3]=volume(Water,T=T[3],x=x[3])
```

```
"1 ---- Tilstand 4 Dampoverheder ---- "
" Det benyttes at trykket og temperaturen er kendt "
P[4] = P_H
T[4] = 500 [C]
h[4]=enthalpy(Water,T=T[4],P=P[4])
s[4]=entropy(Water,T=T[4],P=P[4])
v[4]=volume(Water,T=T[4],P=P[4])
```

```
"1 ---- Tilstand 5 ud af dampturbine ---- "
" Det benyttes at trykke er kendt og at damptubinen enthalpi bidrag kan findes "
P[5] = P_L
T[5] =temperature(Water,P=P[5],h=h[5])
// x[5]=quality(Water,T=T[5],h=h[5])
h5s =enthalpy(Water,P=P[5],s=s[4])
h[5] = h[4] - eta_1 * (h[4]-h5s)
s[5]=entropy(Water,T=T[5],h=h[5])
v[5]=volume(Water,T=T[5],h=h[5])
```

```
"1 ---- Tilstand 6 efter kondensator ---- "
" Det benyttes at trykket er kendt og vi har mættede vand "
P[6] = P_L
T[6]=temperature(Water,P=P[6],x=x[6])
x[6] = 0,00
h[6]=enthalpy(Water,P=P[6],x=x[6])
s[6]=entropy(Water,P=P[6],x=x[6])
v[6]=volume(Water,P=P[6],x=x[6])
```

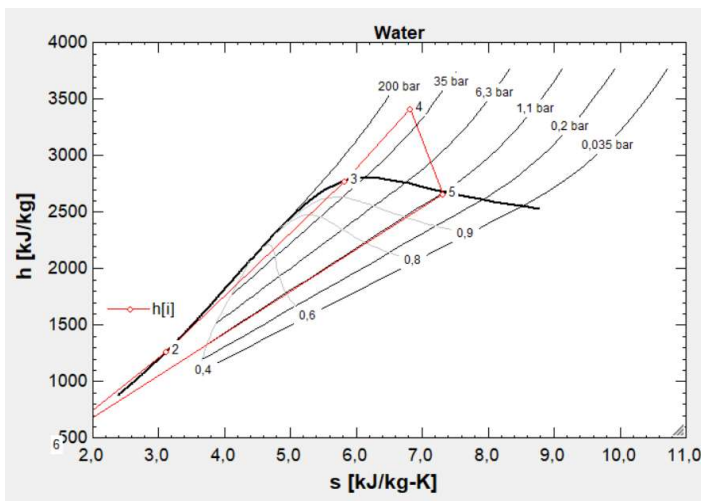
```
"1 energi ligningerne opstilles"
" Fødevandsforvarmeren "
q_mD * (h[1]-h[2]) + Phi_fm = 0

" Dampsektion "
q_mD * (h[2]-h[3]) + Phi_ds = 0

" dampoverheder "
q_mD * (h[3]-h[4])+Phi_do = 0

" Kondensator "
q_mD * (h[5]-h[6]) -Phi_k = 0
```

Sort	1 T _i [C]	2 v _i [m ³ /kg]	3 x _i	4 h _i [kJ/kg]	5 P _i [bar]	6 s _i [kJ/kg-K]
[1]	46,83	0,00101		196,9	10	0,6621
[2]	179,9	0,001127	0	762,5	10	2,138
[3]	179,9	0,1944	1	2777	10	6,585
[4]	500	0,3541		3479	10	7,764
[5]	88,08	16,64		2665	0,1	8,387
[6]	45,81	0,00101	0	191,8	0,1	0,6492



c) Beregn afgiven effekt fra turbine og fra generator

Ved hjælp af energiligningen for turbinen kan vi finde dennes aksel effekt til generatoren

```
% Værdier gevet i opgaven og fundet i EES (opgave b)
fluid = 'Water'; % Stof

P_kedel = 10 * 1e5;
P_5 = 0.1 * 1e5;
P_6 = P_5;
q_mD = 3.5;
T_4 = 400 + 273.15;
eta_is_T = 0.8;
eta_pumpe = 0.8;
eta_gen = 0.95;

h_4 = 3479 * 1e3;
h_5 = 2665 * 1e3;
```

Vi opstiller energiligningen for turbinen.

$$P_T = (h_4 - h_5) * q_{mD}$$

$$P_T = 2849000$$

$$P_G = P_T * \eta_{gen}$$

$$P_G = 2706550$$

Den afgevnne effekt fra turbinen er således

$$P_T = 2849 \text{ kW}$$

Generatorens producerede El effekt er således

$$P_G = 2707 \text{ kW}$$

d) Bestem vandets tryk og specifik entalpi i punkterne 6 og 1 og beregn effekten afsat i fødepumpen

Fra opgave b kender vi enthalpierne

Sort	1	2	3	4	5	6
	T_i [C]	v_i [m ³ /kg]	x_i	h_i [kJ/kg]	P_i [bar]	s_i [kJ/kg-K]
[1]	46.83	0.00101		196.9	10	0.6621
[2]	179.9	0.001127	0	762.5	10	2.138
[3]	179.9	0.1944	1	2777	10	6.585
[4]	500	0.3541		3479	10	7.764
[5]	88.08	16.64		2665	0.1	8.387
[6]	45.81	0.00101	0	191.8	0.1	0.6492

$$h_1 = 196.9 * 1e3;$$

$$h_6 = 191.8 * 1e3;$$

Vi kan nu benytte energiligningen for pumpen

$$\% q_{mD} * (h_6 - h_1) + P_{pump} == 0$$

$$P_{pump} = q_{mD} * (h_1 - h_6)$$

$$P_{pump} = 17850$$

Effekten afsat i pumpen er således $P_{pumpe} = 17,850 \text{ kW}$

e) Beregn hvor stor en andel af varmestrømmen fra kedlen, der leveres til forbrugerne i form af el-effekt, også benævnt processens termiske virkningsgrad.

Vi finder den termiske virkningsgrad med ligning 6.16 fra lærebogen.

$$\eta_t = \frac{|w_{ik}|}{q_{23}} = \frac{|w_{i12} + w_{i34}|}{q_{23}} \quad [6.16]$$

Fra energiligningerne i opgave b for vi

```
Phi_fvf = 1980 * 1e3;
Phi_do = 2457 * 1e3;
Phi_ds = 7051 * 1e3;
Phi_K = 8655 * 1e3;
```

```
eta_t = (P_G - P_pump) / (Phi_fvf + Phi_do + Phi_ds - Phi_K)
```

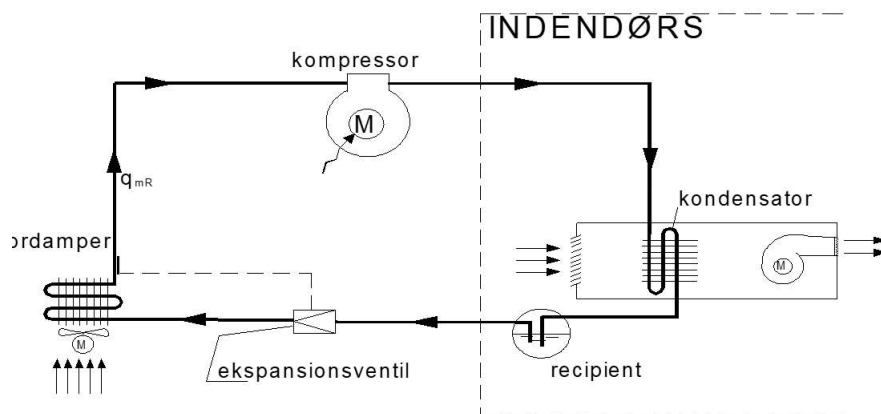
```
eta_t = 0.9491
```

Således er den termiske virkningsgrad 94,9%

```
clear all
clf

% Importer CoolProp-modul
CoolProp = py.importlib.import_module('CoolProp.CoolProp');

% Stof (kan ændres efter behov)
fluid = 'R135a';
% CoolProp.set_reference_state(fluid,"IIR")
```



Figur 2: Systemdiagram for luft-luft varmepumpe

Figur 2 viser et systemdiagram for en luft-luft varmepumpe. Anlægget består af en fordampers, som er en udendørs varmeveksler, hvis opgave er at køle udeluften; og en kondensator, som er en luftvarmeveksler, der opvarmer rumluften. De øvrige komponenter er en hermetisk kompressor samt en termostatisk ekspansionsventil.

Kølemidlet er R134a.

Ved en udetemperatur på 0 °C, ønskes en varmeeffekt fra kondensatoren på 6 kW ved en rumtemperatur på 20 °C. Der regnes med en temperaturdifferens mellem luft og kølemidlets mætningstemperatur på de 2 varmevekslere på 5 K.

Før indsugning til kompressoren er gassen 4 K overhødet og ved udløb fra kondensatoren er kølemidlet 4 K underkølet.

Kompressoren er en såkaldt hermetisk kompressor og regnes kølet. Der kan regnes med en isentropisk el-virkningsgrad på 0,60 (inkl. el-motorens virkningsgrad) og gassens temperatur ved kompressorens trykstuds er målt til 40 °C.

Der ses bort fra tryktab i varmevekslerne.

a) Opstil energibalancer for kompressoren, fordampers og kondensatoren

Opstill data fra opgaven (temperatur i celsius)

```
T_ude = 0 % 273.15;
```

```
T_ude = 0
```

```
T_rum = 20 % 273.15;
```

```
T_rum = 20
```

```
T_4 = T_ude - 5
```

```
T_4 = -5
```

$$T_K = T_{rum} + 5$$

$$T_K = 25$$

$$T_3 = T_K - 4$$

$$T_3 = 21$$

$$T_1 = T_4 + 4$$

$$T_1 = -1$$

$$T_2 = 40 \text{ } \%+ 273.15$$

$$T_2 = 40$$

$$\eta_{isK} = 0.60; \text{ \%inklusive el virkningsgrad}$$

Opstiller energiligningerne

$$\text{syms } q_{mR} \ h_1 \ h_2 \ h_3 \ h_4 \ \Phi_{kol} \ \Phi_K \ \Phi_0 \ P_{el}$$

$$eq_energi_1 = q_{mR} * (h_1 - h_2) - \Phi_{kol} + P_{el} == 0 \text{ \% kompressor}$$

$$eq_energi_1 = P_{el} - \Phi_{kol} + q_{mR} (h_1 - h_2) = 0$$

$$eq_energi_2 = q_{mR} * (h_2 - h_3) - \Phi_K == 0 \text{ \% kondensator}$$

$$eq_energi_2 = q_{mR} (h_2 - h_3) - \Phi_K = 0$$

$$eq_energi_3 = h_3 == h_4 \text{ \% ekspansions ventil}$$

$$eq_energi_3 = h_3 = h_4$$

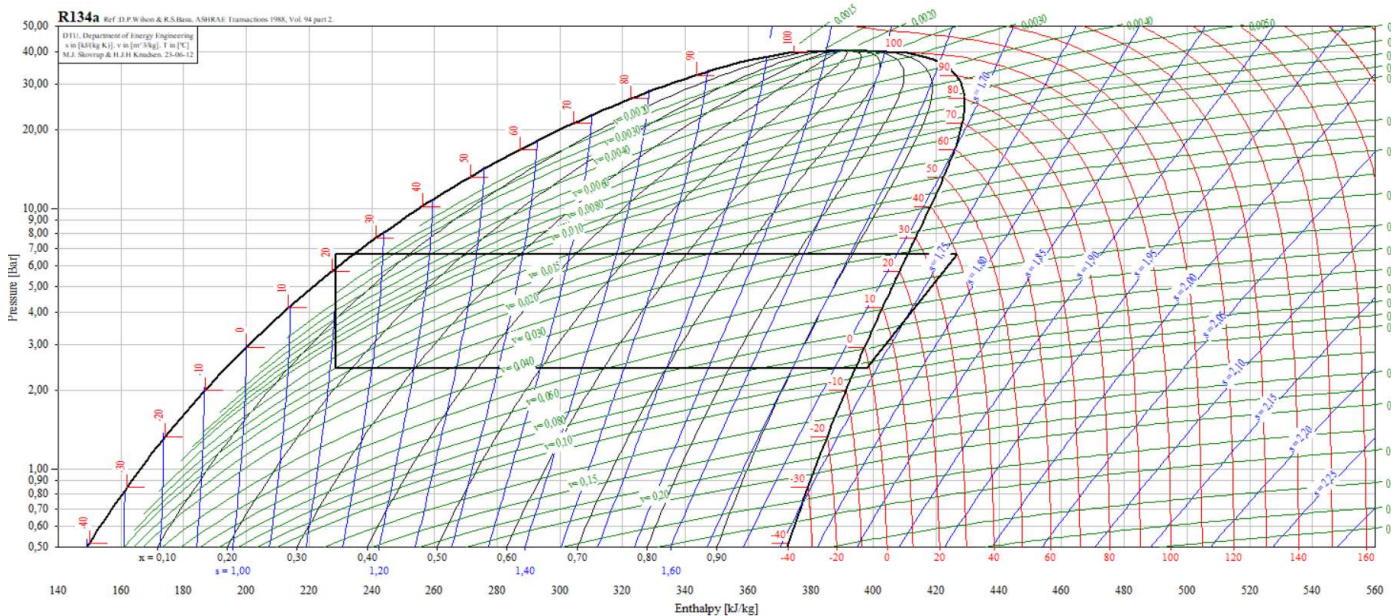
$$eq_energi_4 = q_{mR} * (h_4 - h_1) + \Phi_0 == 0 \text{ \% Fordamper}$$

$$eq_energi_4 = \Phi_0 - q_{mR} (h_1 - h_4) = 0$$

b) Indtegn kredsprocessen i vedlagte log p,h-diagram for kølemidlet. Diagrammet afleveres med opgavebesparelsen

Kredsprocessen tegnes i coolpack med de gevne temperaturer fra opgaven (er også vedhæftede som bilag)

Der benytte også den isentropisk virkningsgrad og en temperatur efter kompressoren på 40°C



Point	T	P	v	h	s
	[°C]	[bar]	[m³/kg]	[kJ/kg]	[kJ/(kg K)]
1	-1,000	2,434	0,084011	397,860	1,7381
2	40,000	6,653	0,033504	426,663	1,7630
3	39,999	6,653	0,033507	426,663	1,7630
4	21,000	6,653	N/A	228,638	N/A
5	N/A	2,434	N/A	228,638	N/A
6	-1,000	2,434	0,084008	397,860	1,7381
15	N/A	6,653	N/A	228,638	N/A

c) Bestem den cirkulerede kølemiddelstrøm i anlægget, i kg/h

Vi benytter energiligningen for kondensatoren

$$q_{mR} (h_2 - h_3) - \Phi_K = 0$$

Her benyttes enthalpierne fra coolpack


```

h_2 = 426663;
h_3 = 228638;
Phi_K = 6000;
syms q_mR
eq_energi_2 = q_mR * (h_2 - h_3) - Phi_K == 0 % kondensator

```

$$eq_energi_2 = 198025 q_{mR} - 6000 = 0$$

```
q_mR = vpasolve(eq_energi_2, q_mR) %kg/s
```

$$q_{mR} = 0.030299204645878045701300340866052$$

```
q_mR_h = q_mR * 3600 %kg/h
```

$$q_{mR_h} = 109.07713672516096452468122711779$$

Således får vi en massestrøm på $q_{mR,h} = 109,1$ kg/h

d) Bestem fordamperens optagne varmemstrøm, dvs. kuldeydelsen

Vi benytter energiligningen for fordamperen med de fundne enthalpier fra coolåack

```

h_1 = 397860;
h_4 = h_3;
eq_energi_4 = q_mR * (h_4 - h_1) + Phi_0 == 0 % Fordamper

```

$$eq_energi_4 = \Phi_0 - 5127.2920085847746496654462820351 = 0$$

```
Phi_0 = vpasolve(eq_energi_4, Phi_0)
```

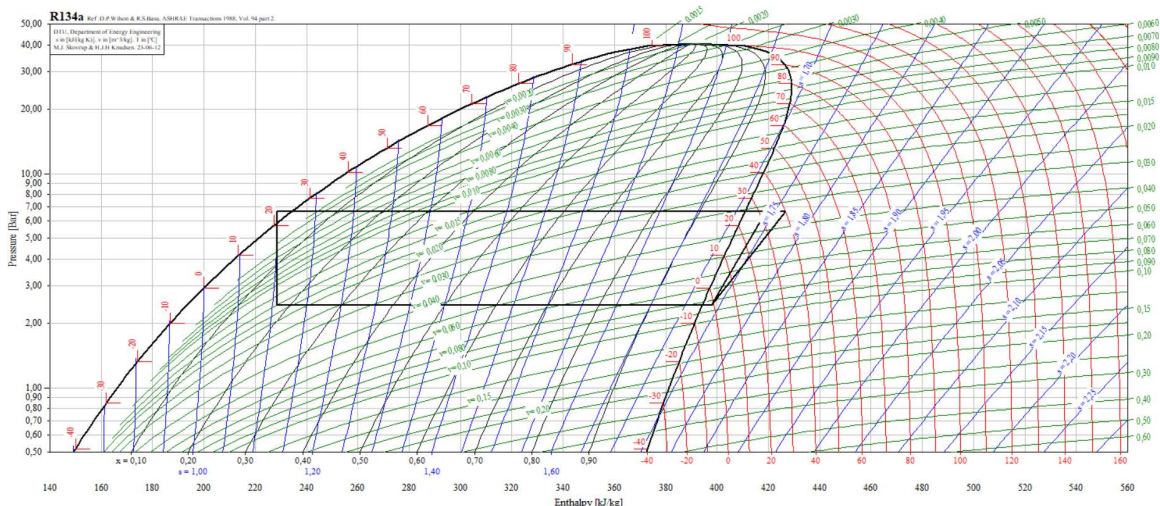
$$\Phi_0 = 5127.2920085847746496654462820351$$

Kuldeydelsen er således $\Phi_0 = 5127$ W

e) Bestem den tilførte el-effekt til kompressoren samt varmemstrømmen som køles fra kompressoren

Vi tegner først en ekstra kredsprocess for systemet uden kompressor køling og virkningsgrad 100% for at finde P_{el} med de nye enthalpier fra coolpack.

Derefter kan vi løse energiligningen for kompressoren. Da vi har to ligninger med to ubekendte.



Point	T	P	v	h	s
	[°C]	[bar]	[m³/kg]	[kJ/kg]	[kJ/(kg K)]
1	-1,000	2,434	0,084011	397,860	1,7381
2	32,621	6,653	0,032174	418,982	1,7381
3	32,621	6,653	0,032174	418,982	1,7381
4	21,000	6,653	N/A	228,638	N/A
5	N/A	2,434	N/A	228,638	N/A
6	-1,000	2,434	0,084008	397,860	1,7381
15	N/A	6,653	N/A	228,638	N/A

h_1

$$h_1 = 397860$$

h_2

$$h_2 = 426663$$

```

h_1_fri = 397860;
h_2_fri = 418982;
eq_energi_1_fri = q_mR * (h_1_fri - h_2_fri) + P_el == 0 % kompressor uden tab

```

$$eq_energi_1_fri = P_{el} - 639.97980053023608130286579977276 = 0$$

```
P_el = vpasolve(eq_energi_1_fri, P_el)
```

$$P_{el} = 639.97980053023608130286579977276$$

Vi indsætter nu ind i energiligningen med tab

$$eq_energi_1 = q_{mR} * (h_1 - h_2) - \Phi_{kol} + P_{el} == 0 \quad \% \text{ kompressor}$$

$$eq_energi_1 = -\Phi_{kol} - 232.72819088498926903168791819215 = 0$$

$$\Phi_{kol} = \text{vpasolve}(eq_energi_1, \Phi_{kol})$$

$$\Phi_{kol} = -232.72819088498926903168791819215$$

Således for vi en tilført el-effekt på $P_{el} = 640 \text{ W}$

og en køling på $\Phi_{kol} = 233 \text{ W}$

f) Bestem varmepumpens effektfaktor og effektfaktor for den tilsvarende Carnotproces mellem udetemperatur og rumtemperatur

Effektfaktoren findes med ligning 5.12 fra lærebogen

$$COP = \frac{\phi_0}{P_{el}} \quad (5.12)$$

$$COP = \Phi_{\theta} / P_{el}$$

$$COP = 8.0116466243726919799261433576366$$

og vi får således en COP på 8,0

For Carnot processen kan vi beskrive den som

$$e_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_C}{T_H} = \frac{T_H - T_C}{T_H} \quad (20.14)$$

Temperature of cold reservoir
Temperature of hot reservoir

$$\begin{aligned} T_{\text{rum_K}} &= T_{\text{rum}} + 273.15; \\ T_{\text{ude_K}} &= T_{\text{ude}} + 273.15; \\ e_{\text{carnot}} &= (T_{\text{rum_K}} - T_{\text{ude_K}}) / T_{\text{rum_K}} \end{aligned}$$

$$e_{\text{carnot}} = 0.0682$$

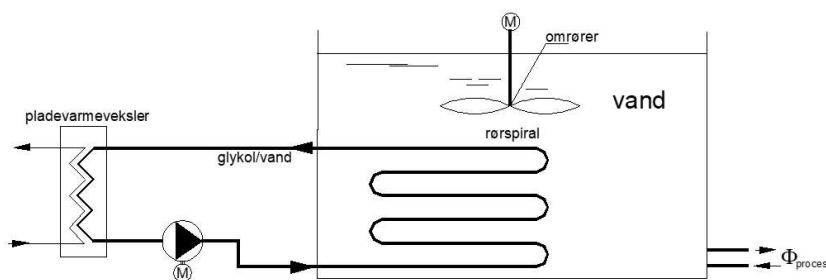
Carnot effektiviteten er således 6,8%.

```
clear all
clf

% Importer CoolProp-modul
CoolProp = py.importlib.import_module('CoolProp.CoolProp');

% Stof (kan ændres efter behov)
fluid = 'Water';
```

Opgave 3



Figur 3: Systemdiagram for køling af vandtank

Figur 3 viser et systemdiagram for køling af en vandtank. Kølingen sker ved hjælp af en brine (glykol/vand blanding) der cirkuleres gennem en neddykket rørs spiral. Brinen køles af en pladevarmeveksler, der er forbundet på et tilkoblet køleanlæg.

Fra tanken aftages en varmestrøm til et procesanlæg på 10 kW. Vandtemperaturen ønskes konstant lig 5 °C, hvilket sikres ved god omrøring.

Brinen strømmer ind i rørspiralen i vandtanken med en temperatur på -5 °C og ud med en temperatur på 0 °C. Strømningen er inkompressibel.

Følgende oplysninger gives:

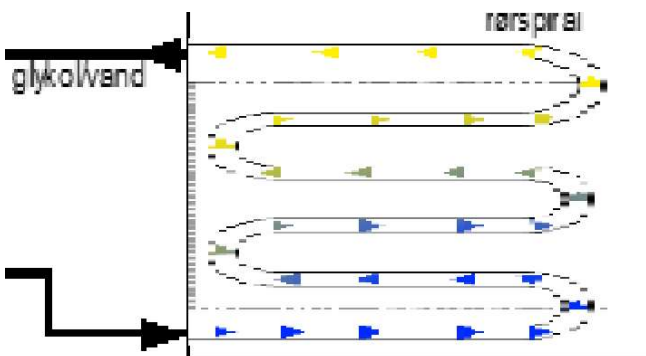
Rørdiameter, indvendig	15 mm
Rørdiameter, udvendig	18 mm
Rørene er udført i rustfri stålør	
Glykol/vand blanding; propylenglykol	20 % glykol ¹
Udvendigt varmeovergangstal	200 W/(m ² K)

Følgende ønskes:

a) Skitsér et temperaturdiagram for rørspiralen

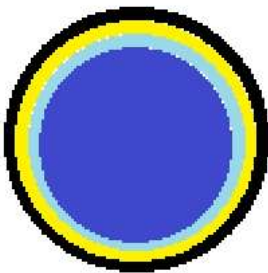
¹Data for brinen kan slås op i EES. Alternativt kan disse værdier benyttes: Kinematisk viskositet $\nu_B = 1,677 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; Prandtl's tal $Pr_B = 12,48$; varmeledningsevne $\lambda_B = 0,5652 \text{ W/(mK)}$, varmekapacitet $c_{pB} = 4,2 \text{ kJ/kg}$, og densitet $\rho_B = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Der er -5 grader i midten af røret idet brinen fremløber og 0 grader når det når retur.



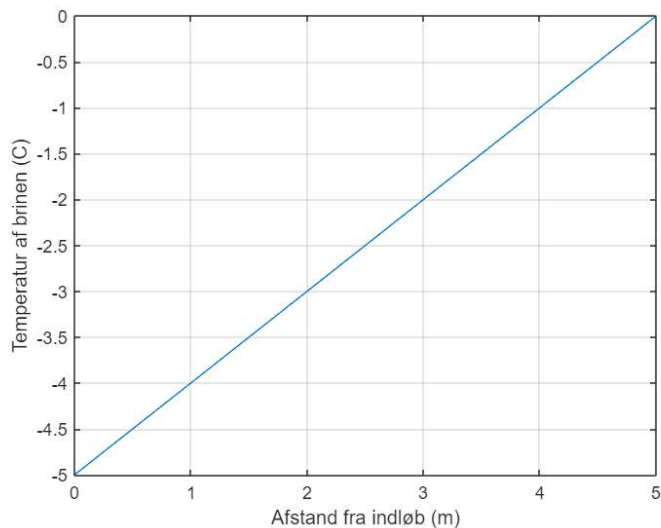
Film laget vil være lidt varmere end midten af røret.

Tværsnit af rør



Herunder ilustrede i en graf for 5 m spiral

```
T_f = -5;
T_r = 0;
T_lin = linspace(T_f,T_r,100);
L_ror_lin = linspace(0,5,100);
plot(L_ror_lin, T_lin)
xlabel('Afstand fra indløb (m)')
ylabel('Temperatur af brinen (C)')
grid('on')
```

b) Bestem hastigheden og det tilhørende Reynolds' tal på brinesiden af rørspiralen

Phi_process = 10000 % W

Phi_process = 10000

Jeg kunne ikke finde hastigheden og bruge fremover 5 m/s

c_B = 5; %m/s

reynolds tal findes

$$Re = \frac{cL}{\nu} \quad [9.25]$$

$$Re = \frac{cd_i}{\nu} = \frac{cd_i\rho}{\eta} \quad (4.33)$$

¹Data for brinen kan slås op i EES. Alternativt kan disse værdier benyttes: Kinematisk viskositet $\nu_B = 1,677 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; Prandtl's tal $Pr_B = 12.48$; varmeledningsevne $\lambda_B = 0,5652 \text{ W/(mK)}$, varmekapacitet $c_{pB} = 4,2 \text{ kJ/kg}$, og densitet $\rho_B = 1000 \text{ kg/m}^3$.

```
nu_B = 1.667*1e-6;
Pr_B = 12.48;
lambda_B = 0.5652;
c_pB = 4200;
rho_B = 1000;
d_i = 0.015;
d_u = 0.018;

eta_B = nu_B * rho_B
```

eta_B = 0.0017

Re_B = c_B * d_i / nu_B

Re_B = 4.4991e+04

Det ses at Reynoldstal er større end 2320 og der er derfor turbulent strømning.

c) Bestem det indvendige varmeovergangstal og bestem derefter varmegennemgangstal U for rørspiralen henført til den udvendige diameter

Varmeovergangstallet α findes med nussels tal for turbulent strømning inde i rør

$$Nu = \frac{\alpha L}{\lambda} \quad [9.24]$$

$$Nu_m = 0,0235(Re^{0,80} - 230)(1,8Pr^{0,3} - 0,8)K_1K_2 \quad [9.34]$$

eri er:

$$K_1 = \left(\frac{\eta}{\eta_N}\right)^{0,14} \quad \text{og} \quad K_2 = \left(1 + \left(\frac{D}{L_{\text{rør}}}\right)^{2/3}\right)$$

syms L

K_1 = 1 % Vi estemiere at væg temperaturen er tæt på fluid temperaturen

K_1 = 1

K_2 = (1 + (d_i/L)^(2/3))

K_2 =

$$\left(\frac{3}{200L}\right)^{2/3} + 1$$

$$\text{Nu}_B = 0.0235 * (\text{Re}_B^{0.8} - 230) * (1.8 * \text{Pr}_B^{0.3}) * K_1 * K_2$$

$$\text{Nu}_B =$$

$$\frac{250337830430375 \left(\frac{3}{200L}\right)^{2/3}}{549755813888} + \frac{250337830430375}{549755813888}$$

$$\alpha = \text{Nu}_B * \lambda_B / d_i$$

$$\alpha =$$

$$\frac{4716364725308265 \left(\frac{3}{200L}\right)^{2/3}}{274877906944} + \frac{4716364725308265}{274877906944}$$

Her for vi alpha hvis vi kender L. Kunne ikke finde en anden metode.

d) Bestem længden af rørspiralen

Vi opstiller følgende ligninger

$$U_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{A_i}{2\pi\lambda L} \ln \frac{d_u}{d_i} + \frac{1}{\alpha_u} \frac{A_i}{A_u}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_i}{2\lambda} \ln \frac{d_u}{d_i} + \frac{1}{\alpha_u} \frac{d_i}{d_u}} \quad [9.63]$$

$$\Phi = U_u A_u \Delta t = U_i A_i \Delta t \quad [9.64]$$

$$A_i = \pi d_i L$$

Når vi kender U_i og α for brinen og vandet så kan vi løse ligningen for L

e) Angiv hvilken af de indgående termiske modstande, der har størst betydning for rørlængden

Dette vil være filmlaget ved rør til vand hvis omrøren ikke skaber kraftig nok turbulent strømning til at bryde film laget eller vil det være filmlaget på indvendigside af røret.