1) En ideell varmepumpe vurderes for bruk til oppvarming av et område der ønsket temperatur skal være 22,0°C.
a) Hva må temperaturen til det kalde reservoaret være hvis pumpen skal ha en ytelseskoeffisient COP_{HP}= 12,0?
b) Hvordan endres COP_{HP} dersom temperaturen på det kalde reservoaret reduseres med 15 °C?

a) T_H = 22.0 °C = 295.15 K
For a carnot heat pump

$$COP_{carnot} = \frac{T_H}{T_H - T_L}$$

Solve for T_L: $T_L = T_H - \frac{T_H}{COP} = 295\ K - \frac{295K}{12.0} = 270.4\ K = -2.6°C$

b) T_H = 22.0 °C = 295.15 K
T_L = 270.4 K – 15K = 255.4 K

$$COP = \frac{T_H}{T_H - T_L} = \frac{295\ K}{295\ K - 255.4\ K} = 7.45$$

The COP will go down from 12.0 to 7.45
Heat pump is less effective with a lower temperature.

2) a) Hva er den beste ytelseskoeffisienten COP_{HP} for en varmepumpe som har en varm reservoartemperatur på 50,0 °C og en kald reservoartemperatur på −20,0°C?

TH = 50.0 °C = 323 K
TL = -20.0 °C = 253 K

The best COP possible is with a carnot machine

$$COP_{carnot} = \frac{T_H}{T_H - T_L} = \frac{323\ K}{323\ K - 253\ K} = 4.6$$

b) Hva blir varmeoverføring til det varme området hvis W inn i varmepumpen er 36 MJ ? (36 MJ = 10.0 kW·h)

Input into heat pump W = 36 MJ

Heat moved by the heat pump

Q = COP · W = 4.6 · 36 MJ = 166 MJ

c) Hvis kostnaden for arbeidet W er 1,30 kr/kW·h, (spotpris 4 nov 2021) hva blir oppvarmingskostnaden sammenlignet med den direkte varmeoverføringen oppnådd ved å brenne naturgass?
1 Sm^3 (standard cubic meter) gass har en varmeverdi på 11.1 kWh og koster nå 13 kr/Sm^3.

Heat pump uses 36 MJ, direct heating uses 166 MJ

Cost for operating the heat pump:

W = 36 MJ = 10.0 kW · h
Pris for strøm = 1.30 kr/kWh

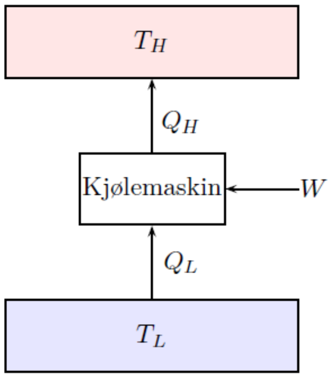
Cost (heatpump) = 10.0 kWh · 1.30 kr/kWh = 13 kr

Cost for naturgass
direct heating uses 166 MJ x 10kWh / 36MJ = 46.5 kWh

Volume of gas · price of gas

Volume of gas = 46.5 kWh / 11.1(kwh/sm^3) = 4.19 Sm^3

Cost (naturgass) = 4.19 Sm3 · 13 kr/Sm3 = 54.5 kr



3) A freezer with inside temperature TL = -10 °C is operating in a room at temperature TH = 21°C.
The motor does work W = 500 J.

a) What is the carnot COPref for this freezer?

b) The freezer has a COPref which is 34% of the carnot COPref, what is the COPref for this freezer?

c) How much heat is removed from the cold reservoir (interior of the freezer) when the motor does work W=500J?

a) For a carnot machine operating as a freezer

$$COP_{refCarnot} = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{263\ K}{294\ K - 263\ K} = 8.48$$

b) COP_{ref} = 34 % $COP_{refCarnot}$ = 0.34 x 8.48 = 2.88

c) $COP_{ref} = Q_L / W$

Q_L = W x COP_{ref} = 500 J x 2.88 = 1442 J