

## TEHTÄVIEN RATKAISUT

**7-1.**  $T_1$  on lämpösäiliön ja  $T_2$  kylmäsäiliön lämpötila,  $Q_1$  koneen ottama energia ja  $Q_2$  koneen kylmäsäiliöön luovuttama energia.  $W$  on koneen tekemä työ.

**7-2.** Lämpötilaväli  $25\text{ °C} - 540\text{ °C}$  on kelvineinä  $298,15\text{ K} - 813,15\text{ K}$ . Hyötysuhteen teoreettinen yläraja on

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{813,15\text{ K} - 298,15\text{ K}}{813,15\text{ K}} \approx 0,63 = 63\%.$$

**7-3.** Turpeen lämpöarvo on  $H = 11\text{ MJ/kg}$ . Yhtälöstä  $Pt = \eta Q$  lämpövoimalaitoksen tehoksi saadaan

$$P = \frac{\eta Q}{t} = \frac{\eta H m}{t} = \frac{0,43 \cdot 11\text{ MJ/kg} \cdot 35000\text{ kg}}{24 \cdot 3600\text{ s}} \approx 1,9\text{ MW}.$$

**7-4.** Lämmönsiirtokone siirtää energiaa lämpönä kylmemmästä säiliöstä lämpimämpään ja käyttää tähän siirtoon mekaanista energiaa. Prosessi jäähdyttää kylmäsäiliötä ja lämmittää lämpösäiliötä. Lämmönsiirtokone tarvitsee toimiakseen ulkopuolista energiaa. Koneen tekemä työ on  $W = Q_1 - Q_2$ .

**7-5. a)** Jääkaapin lämpösäiliö on huone (keittiö) ja kylmäsäiliö jääkaapin sisus.

**b)** Olomuodonmuutoksia tapahtuu, kun

- nestemäinen kylmäaine höyrystyy jääkaapin sisällä höyrystimessä ja
- kompressori puristaa höyryn korkeaan paineeseen ja kuuma höyry tiivistyy lauhduttimessa.

c) Kylmäaineeseen sitoutuu energiaa höyrystymisessä.  
Kaasumaisesta kylmäaineesta vapautuu energiaa, kun kuuma höyry tiivistyy lauhduttimessa nesteeksi.

**7-6.**  $Q_1$  ja  $Q_2$  ovat koneen ja lämpösäiliöiden välillä siirtyviä energioita. Lämpösäiliöiden lämpötilat ovat  $T_1$  ja  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ).

a) Kaavio 1 esittää lämpövoimakonetta.

Kone ottaa korkeammasta lämpötilasta energian  $Q_1$  ja tekee työn  $W = Q_1 - Q_2$ . Kone luovuttaa alempaan lämpötilaan  $T_2$  energian  $Q_2$ .

b) Kaavio 3 esittää lämpöpumppua. Lämpöpumppu on jäähdytyskone. Kone siirtää ulkoisen työn  $W$  avulla energiaa alemmasta lämpötilasta  $T_2$  korkeampaan lämpötilaan  $T_1$ . Kone siirtää energian  $Q_1$  kuumasäiliöön:  $Q_1 = Q_2 + W$ .

c) Kaavio 3 esittää jääkaappia. Jääkaappi on jäähdytyskone.

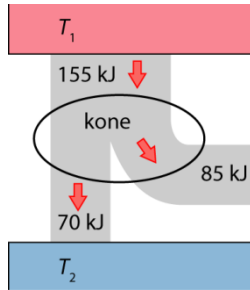
Kone siirtää ulkoisen työn avulla alemmasta lämpötilasta energian  $Q_2$  ja luovuttaa korkeampaan lämpötilaan jääkaapin ulkopuolelle energian  $Q_1 = Q_2 + W$ .

d) Kaavio 4 on lämpöopin 2. pääsäännön vastainen. Lämpö siirtyy itsestään korkeammasta lämpötilasta matalampaan, ei kylmäsäiliöstä lämpösäiliöön ilman koneen tekemää työtä.

**7-7.** Kiertoprosessi vaiheittain:

- Ensimmäisessä vaiheessa kaasun paine kasvaa, kun tilavuus pienenee. Systeemiin tehdään työtä. Lämpötila on vakio.
- Toisessa vaiheessa kaasun tilavuus ei muutu, mutta paine kasvaa. Tällöin kaasuun tuodaan lämpöä.
- Kolmannessa vaiheessa kaasun tilavuus kasvaa ja paine pienenee. Kaasu tekee työtä. Lämpötila on vakio.
- Neljännessä vaiheessa kaasun tilavuus ei muutu, mutta paine pienenee. Kaasu luovuttaa lämpöä ympäristöön.

7-8. Lämpövoimakoneen energiavirtojen kaavio:



7-9. a) Ilmalämpöpumpun maksimaalinen suorituskyky

$$\varepsilon_{\max} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{293,15\text{K}}{293,15\text{K} - 275,15\text{K}} = 16,2861 \approx 16.$$

b) Todellinen suorituskyky on  $0,20 \cdot 16,2861 \approx 3,3$ . Tämä tarkoittaa sitä, että huoneen lämmittämiseen saatu energia on 3,3-kertainen sähköverkosta otettuun energiaan verrattuna.

## TESTAA, OSAATKO S. 67

1. a b c 2. b 3. a b 4. a b c 5. a c 6. c 7. a b c 8. a c 9. a 10. b 11. a b 12. b c