

1. (3 b) Idealni plin ( $c_v = 718 \text{ J/kgK}$ ,  $R = 287 \text{ J/kgK}$ ) tlaka 2 bara i temperature  $50^\circ\text{C}$  ulazi u kompresor koji ga komprimira na tlak 5 bara i temperaturu  $200^\circ\text{C}$ . Brzina plina na ulazu u kompresor je  $100 \text{ m/s}$ , a na izlazu  $200 \text{ m/s}$ . Uloženi je tehnički rad za pogon kompresora  $200 \text{ kJ/kg}$ . Izlaz iz kompresora je postavljen  $5 \text{ m}$  iznad ulaza u kompresor. Kolika je izmijenjena toplinska energija između plina i okolice?

$$q_{12} = -34.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

2. (3 b) Jedan kilogram idealnog plina ( $c_v = 718 \text{ J/kgK}$ ,  $R = 287 \text{ J/kgK}$ ) tlaka  $100 \text{ kPa}$  i temperature  $500 \text{ K}$  izotermno se komprimira na tlak  $400 \text{ kPa}$ . Toplinsku energiju pritom izmjenjuje s okolicom. Temperatura okolice je  $300 \text{ K}$ . Koliki je gubitak mehaničkoga rada (eksergije) za vrijeme ovog procesa?

$$\dot{W}_{\text{gub}} = 79.56 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (W_{\text{gub}} = 79.56 \text{ kJ})$$

3. (5 b) Snaga je parne turbine u termoelektrani, u kojoj se provodi idealni Rankineov kružni proces s pregrijanom parom,  $500 \text{ MW}$ . Tlak je vodene pare na ulazu u turbinu  $8 \text{ MPa}$ , a temperatura  $600^\circ\text{C}$ . Tlak je u kondenzatoru  $10 \text{ kPa}$ . Izračunajte:

- sadržaj pare na izlazu iz turbine,  $x = 0.849$
- termički stupanj djelovanja Rankineovog kružnog procesa (uzeti u obzir rad pumpanja),  $\eta_t = 0.41$
- snagu pumpe (izraženu u vatima),  $P_p = 2.8 \text{ MW}$
- porast temperature rashladne vode koja odvodi toplinu iz kondenzatora. Protok vode za hlađenje je  $20000 \text{ kg/s}$ , a njezin specifični toplinski kapacitet  $4.18 \text{ kJ/kgK}$ .  $\Delta T_w = 1.57 \text{ K}$

Iz parnih su tablica očitane ove vrijednosti:

- $10 \text{ kPa}$ :  $v' = 0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $s' = 0.649 \text{ kJ/kgK}$ ,  $s'' = 8.151 \text{ kJ/kgK}$ ,  $h' = 192 \text{ kJ/kg}$ ,  $h'' = 2584 \text{ kJ/kg}$
- $8 \text{ MPa}$ ,  $600^\circ\text{C}$ :  $h = 3640 \text{ kJ/kg}$ ,  $s = 7.019 \text{ kJ/kgK}$

4. (4 b) Desnokretni Jouleov kružni proces s idealnim plinom ( $\kappa = 1.4$  i  $R = 287 \text{ J/kgK}$ ) sastoji se od realne adijabatske kompresije i ekspanzije te izobarnog dovođenja i odvođenja topline. Na ulazu u kompresor plin ima temperaturu  $350 \text{ K}$  i tlak  $2 \text{ bara}$ , a na izlazu iz kompresora temperaturu  $850 \text{ K}$  i tlak  $30 \text{ bara}$ . Temperatura plina na ulazu u turbinu iznosi  $1500 \text{ K}$ , a na izlazu iz turbine  $800 \text{ K}$ . Izračunati:

- unutrašnji stupanj djelovanja turbine,  $\eta_{it} = 0.866$
- unutrašnji stupanj djelovanja kompresora,  $\eta_{ik} = 0.817$
- termički stupanj djelovanja Jouleovog kružnog procesa,  $\eta_t = 0.308$

5. (3 b) Toplinska pumpa za grijanje kuće koristi unutrašnju kaloričku energiju podzemne vode. Kružni je proces u toplinskoj pumpi izveden s rashladnim fluidom HFC-32. Specifična toplina koja u kondenzatoru prelazi u kuću je  $100 \text{ kJ/kg}$ , dok je specifična toplina koja u isparivaču s podzemne vode prelazi na HFC-32  $70 \text{ kJ/kg}$ . Promjena temperatura podzemne vode u isparivaču je  $8^\circ\text{C}$ . Faktor preobrazbe ljevokretnog kružnog procesa iznosi  $4$ , a snaga je kompresora  $5 \text{ kW}$ . Izračunati:

- maseni protok rashladnog fluida HFC-32,  $\dot{m}_{\text{HFC-32}} = 0.2 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$
- maseni protok podzemne vode specifičnog toplinskog kapaciteta  $4.18 \text{ kJ/kgK}$ ,  $\dot{m}_v = 0.42 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$



6.

(4 b) Nuklearna elektrana PWR tipa ima 3 rashladne petlje. Masa urana u jezgri je 70 tona, obogaćenja 3%. Srednji neutronske tok u jezgri je  $3 \cdot 10^{17} \text{ n/m}^2\text{s}$ . Mikroskopski udarni presjek za fisiju je  $580 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$ . Temperatura hladioca, specifičnog toplinskog kapaciteta  $5,7 \text{ kJ/kgK}$  i gustoće  $720 \text{ kg/m}^3$ , na ulazu u jezgru je  $295^\circ\text{C}$ , a na izlazu iz jezgre  $328^\circ\text{C}$ . Entalpija pojne vode parogeneratorske je  $391 \text{ kJ/kg}$ , a entalpija zasićene pare na izlazu iz parogeneratorske  $2764 \text{ kJ/kg}$ . Maseni je protok pare po parogeneratoru  $423 \text{ kg/s}$ . Izračunati:

a) snagu jezgre,  $P_j = 2996,1 \text{ MW}$

b) maseni protok primarnog hladioca kroz jezgru,  $\dot{m}_p = 5,08 \text{ MW}$

c) snagu primarne pumpe,  $\dot{m}_p = 15328 \text{ kg/s}$

d) promjenu tlaka hladioca na primarnoj pumpi.  $\Delta p = 689 \text{ kPa}$

e) TOPLINSKU SNAGU JEZGRE 5 DANA NAKON OBUSTAVE, AKO JE, PRIJE OBUSTAVE REAKTOR RADIO 15 MJESECI NA PUNOJ SNAGI (1 MJ. = 30 DANA).  $P = 7,87 \text{ MW}$