

### 3. DZ eneteh 08/09 – svi zadaci

#### ENERGIJA SUNCA

1. Elektrana tipa solarni toranj ima vršnu snagu od 108 MWe. Ukupna godišnja ozračenost na horizontalnu plohu iznosi 1336 kWh/m<sup>2</sup>. Korištenjem pomičnih ogledala povećava se iskorištenje direktnog zračenja za 35.1% u odnosu na horizontalnu plohu (udio direktne komponente je 85%). Koeficijent pretvorbe sunčeve energije u toplinsku je 42.2%, a efikasnost Rankineovog procesa je 41%. Koliko bi iznosila nazivna snaga bazne elektrane (faktor opterećenja 0.94) koja bi godišnje proizvela jednaku energiju kao i solarni toranj?

Rezultat izraziti u MW.

Najveća snaga sunčevog zračenja na ogledala je 1 kW/m<sup>2</sup>.

rješenje: 20.12 MW

1.  $P_n = 108 \text{ MWe}$

$H_{\text{god}} = 1336 \text{ kWh/m}^2$

povećanje = 35.1% = 0.351

direktna = 85% = 0.85

$\eta_e = 42.2\% = 0.422$

$\eta_r = 41\% = 0.41$

$\eta_0 = \eta_e \cdot \eta_r = \text{elektr. / termičko (solarno)}$

$G_{\text{max}} = 1 \text{ kW/m}^2$  na najvećoj snazi na 1 ogledalu

$m = 0.94$

$P_{\text{BS}} = ?$  u:  $W_{\text{god BS}} = W_{\text{god bazna}} = W_{\text{elektrana}}$

2.  $\eta_0 = \frac{G_e}{G_{\text{max}}} \Rightarrow G_e = \eta_0 \cdot G_{\text{max}} = \eta_e \cdot \eta_r \cdot G_{\text{max}} = 0.422 \cdot 0.41 \cdot 1 \text{ kW/m}^2 = 0.17302 \text{ kW/m}^2$  SNAGA NA JEDNOM OGLEDALU

3.  $A_{\text{zrcala}} = \frac{P_n}{G_e} = \frac{108 \cdot 10^6 \text{ W}}{0.17302 \text{ W/m}^2} = 624.2 \cdot 10^3 \text{ m}^2$

$A_{\text{zrcala}} = 624.2 \cdot 10^3 \text{ m}^2$

4.  $H_{\text{god HOR}} = 1336 \cdot 10^3 \text{ Wh / 3600 s / m}^2$

$H_{\text{god. USMJERENO}} = (1 + \text{povećanje}) \cdot \text{direktna} \cdot H_{\text{god. HORIZONTALNO}}$

$H_{\text{god. USMJERENO}} = (1 + 0.351) \cdot 0.85 \cdot 1336 \cdot 10^3 / 3600$

$H_{\text{god. USMJERENO}} = 5.525 \cdot 10^6 \text{ Wh / m}^2$

$W_{\text{god. usmjerenog}} = H_{\text{god. usmjerenog}} \cdot A_z$

$W_{\text{e. USMJERENO}} = \eta_e \cdot \eta_r \cdot H_{\text{god. usmjerenog}} \cdot A_z$

$W_{\text{e. usmjerenog}} = 5.964 \cdot 10^{11} \text{ Wh}$  električno!

$m = \frac{W_{\text{e. usmjerenog}}}{P_n \cdot 8760} \Rightarrow P_n = \frac{W_{\text{e. usmjerenog}}}{8760 \cdot m} = \frac{5.964 \cdot 10^{11} \text{ Wh}}{8760 \cdot 0.94} = 20.12 \text{ MW}$

2. Kolika je potrebna specifična površina zemljišta za fotonaponsku elektranu vršne snage 810 kWe, godišnje ozračenosti na horizontalnu plohu 1286 kWh/m<sup>2</sup>, povećanja ozračenosti pod optimalnim kutom 15% (pod kutom od 33.2°) i stupnja djelovanja 10%? Potrebna površina elektrane je 2.72 puta veća od aktivne površine panela.

Vršna snaga sunčeva zračenja na fotoćelije je 1 kW/m<sup>2</sup>.

Rezultat treba izraziti u m<sup>2</sup>/MWh.

rješenje: 18.4 m<sup>2</sup>/MWh

2.  $P_n = 840 \text{ kWe}$   
 $H_{\text{god, max}} = 1286 \text{ kWh/m}^2$   
 $\text{povećanje} = 0.15$   
 $\eta = 0.38 \times 10\% = 0.1$   
 $x = 2.72$   
 $G_s = 16 \text{ W/m}^2$  snaga po 1 panelu

$$\eta = \frac{W_{\text{god}}}{W_{\text{god, max}}}$$

$$A_{\text{panela}} = \frac{P_n}{G_s} \quad \text{od pozn. gn max}$$

$$\alpha = \frac{A_{\text{inv}}}{K_{\text{inv}}} = \frac{x \cdot A_{\text{panela}}}{W_{\text{god}}}$$

$$W_{\text{god}} = \eta \cdot W_{\text{god, max}} = \eta \cdot H_{\text{god}} \cdot (1 + \text{povećanje}) \cdot A_{\text{panela}}$$

$$W_{\text{god}} = 0.1 \cdot 1286 \text{ kWh/m}^2 \cdot (1 + 0.15) \cdot A_{\text{panela}}$$

$$W_{\text{god}} = 147.89 \text{ kWh/m}^2 \cdot A_{\text{panela}}$$

$$\alpha = \frac{A_{\text{inv}}}{K_{\text{inv}}} = \frac{x \cdot A_{\text{panela}}}{147.89 \cdot 10^3 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{panela}}} = \frac{x}{0.4789 \cdot 10^5 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}}$$

$$\alpha = \frac{2.72 \frac{\text{m}^2}{0.4789 \cdot 10^5 \text{ Wh}} = 18.4 \text{ m}^2/\text{MWh}$$

$$A = 18.4 \frac{\text{m}^2}{\text{MWh}}$$

$$\alpha = \frac{x}{H_{\text{god}} \cdot \eta \cdot (1 + \text{povećanje})}$$

3. Za fotonaponsku elektranu vršne snage 976 kWe, godišnje ozračenosti na horizontalnu površinu 1598 kWh/m<sup>2</sup>, povećanja ozračenosti pod optimalnim kutom od 15% (nagib od 33.5°) te stupnjem djelovanja od 7% izračunajte procijenjenu godišnju proizvodnju električne energije (u MWh). Fotočelije su postavljene pod optimalnim kutom.

Pretpostaviti da je vršna snaga sunčeva zračenja na fotočelije 1 kW/m<sup>2</sup>.

rješenje: 1793 MWh

3.  $P_n = 976 \text{ kWe}$   
 $H_g = 1598 \text{ kWh/m}^2$  godišnja OZRAČENOST NA PLOŠU  
 $\text{povećanje} = 15\% = 0.15$   
 $\eta_e = 7\% = 0.07$   
 $G_{\text{max}} = 16 \text{ W/m}^2$  snaga po 1 panelu

$$W_{\text{god}} = ? \quad [\text{MWh}]$$

$$\eta_e = \frac{W_{\text{god}}}{W_{\text{max}}}$$

$$W_{\text{max}} = H_{\text{god}} \cdot (1 + \text{povećanje}) \cdot A_{\text{panela}}$$

$$\eta_e = \frac{P_n}{G_{\text{max}}} \Rightarrow P_n = \eta_e \cdot G_{\text{max}} \cdot A_{\text{panela}} \quad \text{POVRŠINA SVIH PANELA}$$

$$A_{\text{panela}} = \frac{P_n}{\eta_e \cdot G_{\text{max}}} \quad A = 17942.85 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{god}} = \eta_e \cdot (1 + \text{povećanje}) \cdot H_g \cdot A_{\text{panela}}$$

$$W_{\text{god}} = 0.07 \cdot (1 + 0.15) \cdot 1598 \cdot 10^3 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} = 17942.85 \text{ MWh}$$

$$W_{\text{god}} = 1793.59 \text{ MWh}$$

## ENERGIJA VJETRA

4. Vjetroagregat napaja trošilo nazivne snage 139 kW. Prosječna brzina vjetra na lokaciji iznosi 8.0 m/s. Koliki je minimalan potreban promjer vjetroturbine da bi vjetroagregat napajao trošilo pri brzini vjetra jednako 83.0% prosječne brzine?

Gustoća zraka iznosi  $1,225 \text{ kg/m}^3$ , a  $C_{pe} = 0.45$ .

Rezultat izraziti u metrima.

rješenje: 46.84 m

$P_n = 139 \text{ kW}$   
 $V_{pm} = 8.0 \text{ m/s}$   
 $V_x = 83\% \cdot V_{pm} = 0.83 \cdot 8 = 6.64 \text{ m/s}$   
 $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3, C_{pe} = 0.45$   
 $P_n = \eta \cdot C_{pe} \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$   
 $A = \frac{P_n}{C_{pe} \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot V^3}$   
 $A = \frac{139 \cdot 10^3}{0.45 \cdot 0.5 \cdot 1.225 \cdot (6.64)^3} = 1722.629 \text{ m}^2$   
 $A = 1722.629 \text{ m}^2$   
 $D = 2 \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 46.83 \text{ m}$   
 $D = 46.83 \text{ m}$

5. Za vjetroagregat nazivne snage 1275 kW poznato je da pri brzini vjetra od 6 m/s (koji puše 10.1% vremena) relativna snaga  $p_6$  iznosi 0.19. Koliki mora biti promjer lopatica (izražen u metrima), da bi postigli  $c_{pe} = 0.49$ ?

Gustoća zraka iznosi  $1,225 \text{ kg/m}^3$ .

rješenje: 69 m

$D = 2 \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 46.83 \text{ m}$   
 $D = 46.83 \text{ m}$   
 $P_n = 1275 \text{ kW}$   
 $V = 6 \text{ m/s}$   
 $t_1 = 10.1\%$   
 $p_6 = 0.19$   
 $C_{pe} = 0.49$   
 $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$   
 $W = P \cdot t$   
 $P_x = \eta \cdot C_{pe} \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$   
 $A = \frac{P_x}{C_{pe} \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot V^3}$   
 $A = \left(\frac{P_x}{P_n}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{V_n}{V}\right)^3 \cdot \left(\frac{C_{pe,n}}{C_{pe,x}}\right)^{\frac{1}{3}}$   
 $A = \left(\frac{0.19 \cdot 1275 \cdot 10^3}{0.49 \cdot 0.5 \cdot 1.225 \cdot 6^3}\right)^{\frac{1}{3}} = 1722.629 \text{ m}^2$   
 $D = 2 \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 46.83 \text{ m}$



6. Brzina je vjetra 21 km/h, temperatura zraka 22 °C, a tlak 1001 hPa. Vjetroagregat ima promjer rotora 40 m i pri zadanoj brzini iskorištava 42% energije vjetra.

Kolika je snaga vjetroagregata? Promatrati zrak kao idealni plin (plinska je konstanta zraka 287 J/kgK).  
Rezultat izrazite u kW.

rješenje: 61.86 kW

6. Iskorištava 42% energije vjetra  $\Rightarrow C_{pe} = 42\% = 0.42$

$p = \rho \cdot R \cdot T$   $\Rightarrow \rho = \frac{p}{R \cdot T}$   $\rho = \frac{1001 \cdot 10^2 \text{ Pa}}{287 \cdot 295.15} = 1.1817 \text{ kg/m}^3$

$v = 21 \text{ km/h} = 5.833 \text{ m/s}$

$P = 0.5 \cdot C_{pe} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$

$P = 0.5 \cdot 0.42 \cdot 1.1817 \cdot \left(\frac{40}{2}\right)^2 \cdot (5.833)^3 = 61.86 \text{ kW}$

7. Za vjetroagregat promjera lopatica 61.0 m i nazivne snage 1025 kW poznato je:

$v_i$ [m/s]	6	9	12	15	18	21	24	<3 i >25
$t_i$ [%]	16.2	25.1	12.1	5.5	3.7	2.3	1.3	ostalo
$p_i$	0.16	0.51	0.94	1	1	1	1	0

-vjetroagregat ne radi pri brzinama vjetra manjim od 3 m/s i većim od 25 m/s  
Izračunajte vjerojatnu godišnju proizvodnju električne energije (u MWh).

rješenje: 3553 MWh

7.  $D = 61 \text{ m}$   
 $P_n = 1025 \text{ kW}$

$v_i$ [m/s]	6	9	12	15	18	21	24	<3 i >25
$t_i$ [%]	16.2	25.1	12.1	5.5	3.7	2.3	1.3	ostalo
$p_i$	0.16	0.51	0.94	1	1	1	1	0

$W_{god} = ? \text{ [MWh]}$

$W_{god} = 365 \cdot 24 \cdot P_n \cdot \frac{1}{100} \left[ \sum t_i \cdot p_i \right], \left[ \frac{1}{100} \text{ jer } t_i \text{ u postotcima} \right]$

$W_{god} = 8760 \cdot 1025 \cdot \frac{1}{100} [37.567] = 3552.72 \text{ MWh}$

$W_{god} = 3553 \text{ MWh}$

## ENERGIJA BIOMASE

8. Nakon 4 godine rasta s 55 ha zemlje posiječe se brzorastuće drveće prinosa 10 t/ha i 58 % vlažnosti. Ogrjevna vrijednost suhog drva iznosi 20 MJ/kg. Pretpostaviti linearnu ovisnost ogrjevnog vrijednosti o vlažnosti. Koliko je energije sadržano u biomasi?

Rezultat izraziti u GJ.

rješenje: 4620 GJ

9. Termoelektrana na biomasu godišnje proizvede 15819 MWh električne energije. Površina na kojoj se uzgaja biomasa i površina koju zauzima termoelektrana (dodatnih 10 %) iznosi 2710 ha. Stupanj djelovanja termoelektrane iznosi 34 %, a ogrjevna vrijednost biomase 15 MJ/kg. Izračunati potrebni prinos biomase u t/ha.

rješenje: 4.53 t/ha

10. Za termoelektranu nazivne snage 993 kW<sub>e</sub>, faktora opterećenja 75 %, ukupnog stupnja djelovanja 29 % koristi se uzgajana biomasa godišnjeg prirasta 6 t/ha i energetske vrijednosti 19 MJ/kg. Uz potrebno zemljište za uzgoj biomase potrebno je još 10 % dodatne površine za smještaj termoelektrane.

Izračunati ukupnu potrebnu specifičnu površinu zemljišta.

rješenje: 1197.82 m<sup>2</sup>/ MWh

## GEOTERMALNA ENERGIJA

11. Binarna geotermalna TE ima organski Rankineov kružni proces u kome je maseni protok 176 kg/s, a specifične entalpije na ulazu u turbinu 500 kJ/kg, na izlazu iz turbine 460 kJ/kg i na izlazu iz pojne pumpe 19.2 kJ/kg. Snaga pojne pumpe iznosi 2.80 kJ/kg. Koliki je termički stupanj djelovanja? Izraziti u %.

rješenje: 7.74%

Handwritten solution for problem 11:

Diagram: A Rankine cycle with four states (1, 2, 3, 4). State 1 is the inlet to the turbine, state 2 is the outlet from the turbine, state 3 is the inlet to the pump, and state 4 is the outlet from the pump. The cycle is labeled 'Rankineov kružni proces'.

Given data:

- $\dot{m} = 176 \text{ kg/s}$
- $h_1 = 500 \text{ kJ/kg}$
- $h_2 = 460 \text{ kJ/kg}$
- $h_4 = 19.2 \text{ kJ/kg}$
- $\dot{Q} = 2.80 \text{ kJ/kg}$

Formula for thermal efficiency:

$$\eta_{TE} = \frac{\text{POSREBNO} - \text{GUBICI}}{\text{POSREBNO}} = \frac{h_1 - h_2 - \dot{Q}}{h_1 - h_4}$$

Calculation:

$$\eta_{TE} = \frac{500 - 460 - 2.8}{500 - 19.2} = 0.077$$

Result:

$$\eta_{TE} = 7.737\%$$

$$\eta_{TE} = 7.74\%$$

12. Toplinska pumpa zagrijava prostor na 21 °C prenošenjem toplinske energije iz tla temperature 6.9 °C. Ako su toplinski gubici prostora 5.6 kW/h, koliko energije treba uložiti za pumpanje? Pretpostaviti idealni Carnotov ciklus.

Rezultat izraziti u W/h.

rješenje: 285.57 W/h (sigurno točno!!)

12.  $T_{1w} = 21 + 273.15 = 294.15 \text{ K}$   
 $T_{2w} = 6.9 + 273.15 = 280.05 \text{ K}$   
 $\dot{Q}_{\text{gen}} = 5.6 \text{ kW/h}$   
 $W = ?$   
 $\varepsilon = \frac{191}{1W} = \frac{T_{1w}}{T_{1w} - T_{2w}}$   
 $\varepsilon = \frac{T_{1w}}{T_{1w} - T_{2w}} = \frac{294.15}{294.15 - 280.05}$   
 $\varepsilon = 21.0107$  FACTOR PROVERAZDE  
 $\eta \quad 1W = \frac{191}{\varepsilon} = \frac{5.6 \cdot 10^3 \frac{\text{W}}{\text{h}}}{21.0107}$   
 $1W = 266.53 \frac{\text{W}}{\text{h}}$  SIGURNO TOČNO

13. Izvor tople vode temperature 125 °C koristi se za proizvodnju mehaničkog rada u otvorenom sustavu. Koju maksimalnu snagu je moguće dobiti ako se koristi protok vode od 0.81 kg/s i uz temperaturu okolice od 20 °C? Specifični toplinski kapacitet vode je 4186 J/kgK.

rješenje: 52 kW

13.  $T_1 = 125 + 273.15 = 298.15 \text{ K}$  Izvor tople vode =  $T_1$   
 $T_2 = 20 + 273.15 = 293.15 \text{ K}$  temperatura okolice =  $T_2$   
 $\dot{m} = 0.81 \text{ kg/s}$   
 $c_p = c_v = 4186 \text{ J/kgK}$   
 $P_{\text{max}} = ?$   $P_{\text{max}} = \dot{Q} - \dot{A} = \text{Zahvat} - \text{Gubici}$   
 $\dot{Q} = \dot{m} (h_1 - h_2) = \dot{m} \cdot c_p (T_1 - T_2)$   
 $\dot{Q} = 356.0193 \cdot 10^3 \text{ W}$   
 $S_1 - S_2 = S_1 - S_2 = - (S_2 - S_1) = - c_p \dot{m} \frac{T_2}{T_1} = 1251.52 \text{ J/kgK}$   
 $\text{Gubici (elaborirano):}$   
 $\dot{A} = \dot{m} T_2 (S_1 - S_2) = 304.247 \cdot 10^3 \text{ W}$   
 $P_{\text{max}} = \dot{Q} - \dot{A} = (356.0193 - 304.247) \cdot 10^3 = 51.772 \text{ W}$   
 $P_{\text{max}} \approx 52 \text{ W}$

14. Binarna geotermalna TE ima organski Rankineov kružni proces u kome je maseni protok 221 kg/s, a specifične entalpije na ulazu u turbinu 537 kJ/kg, na izlazu iz turbine 432 kJ/kg i na izlazu iz pojne pumpe 19.6 kJ/kg. Snaga pojne pumpe iznosi 4.27 kJ/kg. Kolika je idealna mehanička snaga turbine, ako je unutarnji stupanj djelovanja turbine 0.7?

Rezultat izraziti u MW.

rješenje: 33.15 MW



14.  $\dot{m} = 224 \text{ kg/s}$   
 $h_3 = 537.67 \text{ kg}$   
 $h_4 = 432.7 \text{ kg}$   
 $h_2 = 19.667 \text{ kg}$   
 $q = 4.2767 \text{ kg}$   
 $\eta_{\text{TURBINE}} = 0.7$

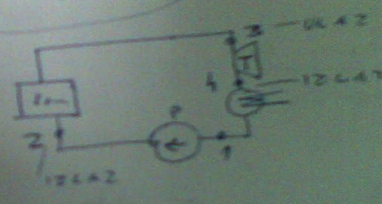
$P_{\text{mech-T}} = ? \quad \eta_T = \frac{P_{\text{el}}}{P_{\text{mech}}}$

$P_{\text{mech}} = \frac{P_{\text{el}}}{\eta_T} = \frac{\dot{m} \Delta h_T}{\eta_T}$

$P_{\text{mech}} = \frac{\dot{m} (h_3 - h_4)}{\eta_T}$

$P_{\text{mech}} = \frac{224 \cdot (537.67 - 432.7)}{0.7} = 33.15 \text{ MW}$

IDEALNA MEH. ENERGIJA TURBINE



## SKLADIŠTENJE ENERGIJE

15. Reverzibilna HE prebacuje vodu između dva jezera. Efektivna visinska razlika nivoa vode u jezerima je 78 m. Gubici u proizvodnji el. e. su 14 %, a gubici tijekom pumpanja vode su 33 %. Ako elektrana treba dnevno davati 96 MWe tijekom 3 sata najvećeg opterećenja elektroenergetskog sustava, koliko treba iznositi minimalni volumni protok vode?

Zanemariti sve nenavedene gubitke.

Rezultat izraziti u  $\text{m}^3/\text{s}$ .

rješenje: 145.88

15.  $H_n = 78 \text{ m}$   
 $\eta_{\text{mech-el}} = 1 - 0.14 = 0.86$   
 $\eta_{\text{pump}} = 1 - 0.33 = 0.67$   
 $P_{\text{el}} = 96 \text{ MWe}$   
 $t_x = 3 \text{ h}$   
 $Q = ? \quad [\text{m}^3/\text{s}]$

$\eta_{\text{mech-el}} = \frac{P_{\text{el}}}{P_{\text{mech}}}$   
 $P_{\text{el}} = \eta_{\text{mech-el}} \cdot P_{\text{mech}} = \eta_{\text{mech-el}} \cdot \eta_{\text{pump}} \cdot Q \cdot H$   
 $Q = \frac{P_{\text{el}}}{\eta_{\text{mech-el}} \cdot \eta_{\text{pump}} \cdot H}$

$Q = \frac{96 \cdot 10^6}{0.86 \cdot 0.67 \cdot 1000 \cdot 78} = 145.88$

$Q = 145.88 \text{ m}^3/\text{s}$

$\text{m}^3/\text{s}$



16. Reverzibilna HE prebacuje vodu između dva jezera. Efektivna visinska razlika nivoa vode u jezerima je 78 m. Gubici u proizvodnji el. e. su 20 %, a gubici tijekom pumpanja vode su 31 %. Ako elektrana treba dnevno davati 124 MWe tijekom 4 sata najvećeg opterećenja elektroenergetskog sustava, koliko električne energije (u MWh) treba dnevno potrošiti za pumpanje vode u gornje jezero?

Zanemariti sve nenavedene gubitke.

rješenje: 898.5 MWh

16.  $H_n = 78 \text{ m}$

$\eta_{m-el} = 1 - 0.2 = 0.8, \quad \eta_{m-el} = \frac{W_{produkcija}}{W_{elektricna}}$  (1)

$\eta_{pump} = 1 - 0.31 = 0.69, \quad \eta_{pump} = \frac{W_{elektricna}}{W_{pump}}$  (2)

$P_{el} = 124 \text{ MWe}$

$t_x = 4 \text{ h}$

$W_{pumpanja} = ?$

konstancijom (1) : (2)  $\Rightarrow W_{pump} = \frac{W_{produkcija}}{\eta_{m-el} \cdot \eta_{pump}}$

Vred:

$W_{pumpanja} > W_{elektricna} > W_{produkcija}$

$m = \frac{P_{el} \cdot t_x}{P_n \cdot t_n} = \frac{A_n \cdot t_x}{B_n \cdot t_n} = \frac{t_x}{t_n}$

$W_{produkcija} = P_{el} \cdot t_x = 496 \text{ MWh}$

$W_{pump} = \frac{W_{produkcija}}{\eta_{m-el} \cdot \eta_{pump}} = \frac{496 \text{ MWh}}{0.8 \cdot 0.69} = 898.55 \text{ MWh}$

$W_{pump} = 898.55 \text{ MWh}$

17. Reverzibilna HE prebacuje vodu između dva jezera. Maksimalan protok vode iz gornjeg jezera u donje je 131 m<sup>3</sup>/s. Gubici u proizvodnji el. e. su 13 %, a gubici tijekom pumpanja vode su 26 %. Ako elektrana treba dnevno davati 96 MWe tijekom 4 sata najvećeg opterećenja elektroenergetskog sustava, koliko treba iznositi efektivna visinska razlika između dva jezera?

Zanemariti sve nenavedene gubitke.

Rezultat izraziti u m.

rješenje: 85.86 m

17.  $Q = 131 \text{ m}^3/\text{s}$

$\eta_{m-el} = 1 - 0.13 = 0.87$

$\eta_{pump} = 1 - 0.26 = 0.74$

$P_{el} = 96 \text{ MWe}$

$t_x = 4 \text{ h}$

$H_n = ?$

$\eta_{m-el} = \frac{P_{el}}{P_{mekan}}$

$P_{mekan} = \frac{P_{el}}{\eta_{m-el}} = \frac{96}{0.87} = 110.34 \text{ MW}$

$P_{mekan} = \eta_{pump} \cdot P_{hid}$

$P_{hid} = \frac{P_{mekan}}{\eta_{pump}} = \frac{110.34}{0.74} = 149.11 \text{ MW}$

$P_{hid} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_n$

$H_n = \frac{P_{hid}}{\rho \cdot g \cdot Q} = \frac{149.11 \cdot 10^6}{1000 \cdot 9.81 \cdot 131} = 85.86 \text{ m}$

$H_n = 85.86 \text{ m}$



18. Reverzibilna HE prebacuje vodu između dva jezera. Efektivna visinska razlika nivoa vode u jezerima je 75 m. Gubici u proizvodnji el. e. su 17 %, a gubici tijekom pumpanja vode su 29 %. Ako elektrana treba dnevno davati 75 MWe tijekom 3 sata najvećeg opterećenja elektroenergetskog sustava, koliko najmanje vode treba dnevno upumpati u gornje jezero?

Zanemariti sve nenavedene gubitke.

Rezultat izraziti u m<sup>3</sup>.

rješenje:  $1.326 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Handwritten solution for problem 18:

$$18. \quad H_m = 75 \text{ m}$$

$$\eta_{m-el} = 1 - 0.17 = 0.83$$

$$\eta_{pump} = 1 - 0.29 = 0.71$$

$$P_{el} = 75 \text{ MWe}$$

$$t_k = 3 \text{ h}$$

$$V = ? \text{ u gornje jezero}$$

$$P_{el} = \eta_{m-el} \cdot 9.81 \cdot \rho \cdot Q \cdot H_m$$

$$Q = \frac{P_{el} = 75 \cdot 10^3}{\eta_{m-el} \cdot 9.81 \cdot 1000 \cdot 75} = 122.815 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1.93$$

$$Q = 122.815 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = Q \cdot t_k$$

$$V = 122.815 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 3 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s}$$

$$V = 1326402 \text{ m}^3$$

$$V = 1.326 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Additional notes in the image:  $t_k = m \cdot t_{rad}$ ,  $0.83 \cdot 0.71 = 0.5913$

## OKOLIŠ

19. Termoelektrana snage 90 MW kao gorivo koristi ugljen ogrjevnice moći 25 MJ/kg. Maseni udio sumpora u ugljenu iznosi 7 %. Stupanj djelovanja termoelektrane je 35 %. Termoelektrana radi 7312 sati godišnje na nazivnoj snazi. Ako elektrana smije godišnje ispustiti 12243 t sumpor-dioksida, koliko mora biti efikasnost uređaja za odsumporavanje (tj. koliko % proizvedenog sumpor-dioksida uređaji moraju odstraniti)? Molarna masa atoma sumpora iznosi 32 g/mol, a kisika 16 g/mol. Pretpostaviti da je izgaranje potpuno.

Rezultat izraziti u %.

rješenje: 67.68%

$$\begin{aligned}
 & \boxed{20.} \quad W_{\text{gen}} = P_{\text{m}} \cdot t \\
 & \eta_{\text{TE}} = \frac{W_{\text{gen}}}{W_{\text{in}}} \\
 & W_{\text{TE}} = \frac{W_{\text{gen}}}{\eta_{\text{TE}}} \\
 & W_{\text{TE}} = \boxed{m} H, \quad m = \frac{W_{\text{TE}}}{H} \\
 & m_{\text{H}_2} = \frac{W_{\text{gen}}}{\eta_{\text{TE}} \cdot H} \quad \text{GORIVA (UGLJEN)} \\
 & m(\text{CO}) = \omega(\text{CO}) \cdot m_{\text{H}_2} = 0.07 \cdot \frac{W_{\text{gen}}}{\eta_{\text{TE}} \cdot H} \\
 & m(\text{CO}_2) = 2 \cdot m(\text{CO}) = 2 \cdot 0.07 \cdot \frac{W_{\text{gen}}}{\eta_{\text{TE}} \cdot H} = 2 \cdot 0.07 \cdot \frac{P_{\text{m}} \cdot t_{\text{gen}}}{\eta_{\text{TE}} \cdot H} \\
 & m(\text{CO}_2) = 37.9054 \cdot 10^6 \text{ kg} \quad \text{IZGOREVANJE} \\
 & \eta = \left[ 1 - \frac{m(\text{CO}_2) \cdot \text{molarna masa CO}_2}{m(\text{CO}) \cdot \text{molarna masa CO}} \right] \cdot 100\% = [1 - 0.32298] \cdot 100\% \\
 & \eta = \underline{\underline{67.7\%}}
 \end{aligned}$$

20. Plinska elektrana snage 274 MWe radi u kombiniranom ciklusu. Stupanj djelovanja elektrane je 42 %, a faktor opterećenja 69 %. Ogrjevna moć plina je 36 MJ/m<sup>3</sup>. Pretpostaviti da plin u potpunosti čini metan, te da je izgaranje potpuno. Izračunati volumen ugljik-dioksida koji se dnevno ispušta u okoliš.

Rezultat izraziti u m<sup>3</sup>.

rješenje: 1.08\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

21. Termoelektrana snage 207 Mwe, stupnja djelovanja 34 % i faktora opterećenja 65 % kao gorivo koristi ugljen. Ogrjevna moć ugljena je 25 MJ/kg, a maseni udio ugljika u ugljenu iznosi 67 %. Kolika se masa ugljik-dioksida godišnje ispusti u okoliš? Molarna masa atoma ugljika iznosi 12 g/mol, a kisika 16 g/mol. Pretpostaviti da je izgaranje potpuno.

Rezultat izraziti u tonama.

rješenje: 1 226 351 t



22.  $P_n = 207 \text{ MW}$   
 $\eta_{TE} = 36\% = 0.36$   
 $m = 65\% = 0.65$   
 $q_{net} = 0.418 \text{ MJ/kg}$   
 $H = 25 \text{ MJ/kg}$   
 $w(C) = 67\% = 0.67$   
 $m_{CO_2} = ?$   
 $C$  je gorivo,  $O$  je kisik

---

Izgaranje je potpuno  
 Rezultat izraziti u tonama

---


$$m = \frac{W_{gnd}}{W_{net}} = \frac{W_{gnd}}{P_n \cdot t_{gnd}}$$

$$W_{gnd} = P_n \cdot t_{gnd} \cdot m$$

$$W_{gnd} = 207 \cdot 10^6 \cdot 3760 \cdot 0.65$$

$$W_{gnd} = 5.178.658 \cdot 10^3 \text{ Wh}$$


---


$$\eta_{TE} = \frac{W_{gnd}}{W_{TE}} \Rightarrow W_{TE} = \frac{W_{gnd}}{\eta_{TE}}$$

$$W_{TE} = 3466.66 \cdot 10^3 \text{ Wh}$$

$$W_{TE} = 12.4799 \cdot 10^{15} \text{ Ws}$$


---


$$W_{TE} = m_{ugljen} \cdot H$$

$$m_{ugljen} = \frac{W_{TE}}{H} = \frac{12.4799 \cdot 10^{15} \text{ J}}{25 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}} = 499.196 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

$$m_{ugljen} = 499.196 \cdot 10^3 \text{ t} \rightarrow m(C) = w(C) \cdot m_{ugljen} = 334.461 \cdot 10^3 \text{ t}$$


---


$$12 \text{ kg C} + 2 \cdot 16 \text{ kg O}_2 \rightarrow 44 \text{ kg CO}_2 \quad | : 12$$

$$1 \text{ kg C} + 2.667 \text{ kg O}_2 \rightarrow 3.667 \text{ kg CO}_2$$


---


$$m_{CO_2} = x \cdot m(C) = 3.667 \cdot 334.461 \cdot 10^3 \text{ t}$$

$$m_{CO_2} = 1226.469 \text{ t}$$

22. Termoelektrana kao gorivo koristi ugljen ogrjevnice moći 25 MJ/kg. Maseni udio sumpora u ugljenu iznosi 2 %. Stupanj djelovanja termoelektrane je 36 %. Kolika je masa sumpor-dioksida koja se ispusti u okoliš po kWh proizvedene električne energije? Molarna masa atoma sumpora iznosi 32 g/mol, a kisika 16 g/mol. Pretpostaviti da je izgaranje potpuno.

Rezultat izraziti u kg.

rješenje: 0.016 kg

OVO SU SVI ZADACI KOJE SAM JA NAŠLA IZ 3. ZADAĆE.

OVO VAM MOŽE POSLUŽITI VIŠE KAO PREGLED GRADIVA 3. CIKLUSA, A ZA ZADAĆU IMATE EXCEL TABLICU.

ZADACI IZ PREDAVANJA, ONI ZA VJEŽBU SA FERWEBIA I OVI ZA ZADAĆU SU GOTOVO IDENTIČNI, PA POSTUPKE TRAŽITE TAMO!