

**Energija biomase. Spremnici energije. Energija i okoliš.**

1. Termoelektrana (TE) na biomasu radi na nazivnoj snazi 7.446 h tijekom godine i proizvede 18.615 MWh električne energije. Površina na kojoj se uzgaja biomasa i površina koju zauzima TE (dodatnih 15 %) iznosi 2.460 ha. Stupanj djelovanja TE iznosi 31%, a ogrjevna vrijednost biomase  $H = 13,5 \text{ MJ/kg}$ . Potrebno je odrediti: faktor opterećenja, nazivnu snagu, potrebni prinos  $M$  biomase iskazan u t/ha, potrebnu specifičnu površinu elektrane u  $\text{m}^2/\text{MWh}$ .

$$m = 0,85; P_n = 2,5 \text{ MW}, M = 7,5 \text{ t/ha}, a = 1.322 \text{ m}^2/\text{MWh}$$

2. Reverzibilna hidroelektrana ima volumen spremnika  $150 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Pražnjenjem spremnika proizvede se 120 GWh električne energije. Učinkovitost pretvorbe mehaničke u električnu energiju je 87%, a učinkovitost pumpanja je 60%. Kolika je visinska razlika između donjeg i gornjeg spremnika? Koliko se energije potroši na pumpanje vode iz donjeg u gornji spremnik? Koliko iznose gubici čitavog ciklusa skladištenja energije? Pretpostaviti da gubici nastaju samo prilikom pumpanja te prilikom pretvorbe mehaničke u električnu energiju.

$$h = 337 \text{ m}; W_{\text{EES}} = 230 \text{ GWh}; W_g = 110 \text{ GWh}$$

3. Crpno-akumulacijska hidroelektrana proizvodi 100 MW<sub>e</sub> tijekom 4h. Gornja akumulacija hidroelektrane smještena je 200 m iznad rijeke. Stupanj je djelovanja crpenja vode 0,65, a proizvodnje električne energije 0,85. Odredite: električnu energiju (MWh) potrebnu za dnevno crpenje vode u gornju akumulaciju kako bi hidroelektrana proizvodila 400 MWh dnevno; te volumen vode koja se dnevno prebacuje u gornju akumulaciju kako bi se ostvarila predviđena proizvodnja hidroelektrane (400 MWh). Računajte sa zadanom visinom, 200 m,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  i gustoćom vode  $10^3 \text{ kg/m}^3$ .

$$W = 723,98 \text{ MW/dan}; V = 8,63 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

4. Dnevna krivulja trajanja opterećenja određena je s  $P_{\text{max}} = 2000 \text{ MW}$ ,  $P_{\text{min}} = 800 \text{ MW}$ ,  $T_{\text{min}} = 9 \text{ h}$ ,  $\alpha = 2/3$  i  $\beta = 5/6$ . U sustavu su raspoložive elektrane: nuklearna elektrana nazivne snage 400 MW; termoelektrane zbroja nazivnih snaga 900 MW, kumulativnih tehničkih minimuma 100 MW; elektrane iz obnovljivih izvora energije koje cijeli dan kontinuirano mogu davati 500 MW; reverzibilna hidroelektrana (RHE), koja proizvodi električnu energiju samo kada više ni jedna druga elektrana ne može snabdijevati potrošače, a podiže vodu u spremnik kad postoji višak proizvodnje. Odredite faktor opterećenja i vrijeme korištenja maksimalne snage. Nacrtajte krivulju trajanja opterećenja i raspored rada elektrana. Izračunajte i na slici posebno označite energiju koju reverzibilna hidroelektrana proizvede dok radi kao elektrana. Ukoliko se ciklus punjenja i pražnjenja spremnika RHE dogodi svaki dan u cijelosti po gore zadanom rasporedu, kolika je energija pohranjena u spremniku ako je učinkovitost procesa podizanja vode 0,625?

$$M = 0,68, T_{P_{\text{max}}} = 16,35, P_{\text{spr}} = 1156 \text{ MWh}$$

5. Plinska elektrana radi u kombiniranom ciklusu uz učinkovitost od 42%. Kao gorivo koristi metan ( $\text{CH}_4$ ), ogrjevne moći  $34 \text{ MJ/m}^3$ . Kolika je masa ugljičnog dioksida ( $\text{CO}_2$ ) ispuštenog po kWh dobivene električne energije? Molarna masa ugljika iznosi 12 g/mol, kisika 16 g/mol, a molarni volumen 22,4 g/mol. Izgaranje metana odvija se prema sljedećoj jednadžbi:  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

$$m(\text{CO}_2) = 0,49 \text{ kg}$$

6. Termoelektrana kao gorivo koristi ugljen ogrjevne moći 26 MJ/kg, s masenim udjelom ugljika 65% i sumpora 3%. Učinkovitost pretvorbe toplinske u električnu energiju iznosi 33%. Kolika je masa ugljičnog dioksida ( $\text{CO}_2$ ) i sumpornog dioksida ( $\text{SO}_2$ ) koja se ispusti po kWh proizvedene električne energije? Molarna masa ugljika iznosi 12 g/mol, sumpora 32 g/mol, a kisika 2·16 g/mol. Izgaranje ugljika i sumpora opisano je sljedećim kemijskim jednadžbama:  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$  i  $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ .

$$m(\text{SO}_2) = 0,025 \text{ kg}$$

7. Termoelektrana kao gorivo koristi ugljen ogrjevne moći 26 MJ/kg, s masenim udjelom sumpora jednakim 1%. Snaga na stezaljkama generatora iznosi 400 MW, učinkovitost pretvorbe toplinske u električnu energiju 33%, a faktor opterećenja 0,74. Kolika je masa sumpornog dioksida ( $\text{SO}_2$ ) ispuštenog iz elektrane tijekom jedne godine, uz pretpostavku da je izgaranje potpuno?

$$m(\text{SO}_2) = 21.760 \text{ t}$$

1. Termoelektrana (TE) na biomasu radi na nazivnoj snazi 7.446 h tijekom godine i proizvede 18.615 MWh električne energije. Površina na kojoj se uzgaja biomasa i površina koju zauzima TE (dodatnih 15 %) iznosi 2.460 ha. Stupanj djelovanja TE iznosi 31%, a ogrjevna vrijednost biomase  $H = 13,5 \text{ MJ/kg}$ . Potrebno je odrediti: faktor opterećenja, nazivnu snagu, potrebni prinos  $M$  biomase iskazan u  $t/ha$ , potrebnu specifičnu površinu elektrane u  $m^2/MWh$ .

$$t_m = 7.446 \text{ h}$$

$$W_{e,god} = 18.615 \text{ MWh}$$

$$A_{uk} = 2.460 \text{ ha}$$

$$f_{TE} = 1,15$$

$$\eta = 0,31$$

$$H = 13,5 \text{ MJ/kg}$$

-----  
 $m, P_n, M, a = ?$

Faktor opterećenja TE na biomasu iznosi:  $m = t_m / t_{god} = 7.446 / 8.760 = 0,85$

Nazivna snaga TE na biomasu iznosi:  $P_n = W / (m \cdot t_{god}) = 18.615 / (0,85 \cdot 8.760) = 2,5 \text{ MW}$

Godišnje proizvedena toplinska energija može se na temelju prinosa, ogrjevnog vrijednosti i zasađene površine biomase izračunati kao:

$$W_{t,god} = M \cdot H \frac{A_{uk}}{f_{TE}}$$

S druge strane, godišnje proizvedena toplinska energija iznosi:  $W_{t,god} = W_{e,god} / \eta$ .

Izjednačavanjem ova dva izraza, i izlučivanjem potrebnog prinosa  $M$  dobiva se:

$$M = \frac{W_{e,god} \cdot f_{TE}}{A_{uk} \cdot H \cdot \eta} = \frac{18.615 \cdot 10^6 \text{ kWh} \cdot 3,6 \text{ MJ} / \text{kWh} \cdot 1,15}{2460 \text{ ha} \cdot 13,5 \text{ MJ} / \text{kg} \cdot 1000 \text{ kg} / \text{t} \cdot 0,31} = 7,5 \text{ t} / \text{ha}$$

Potrebna specifična površina termoelektrane na biomasu je:

$$a = \frac{A_{uk}}{W_{e,god}} = \frac{2460 \text{ ha} \cdot 10^4 \text{ m}^2 / \text{ha}}{18615 \text{ MWh}} = 1322 \text{ m}^2 / \text{MWh}$$

$$m = 0,85; P_n = 2,5 \text{ MW}, M = 7,5 \text{ t/ha}, a = 1.322 \text{ m}^2/\text{MWh}$$

2. Reverzibilna hidroelektrana ima volumen spremnika  $150 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Pražnjenjem spremnika proizvede se  $120 \text{ GWh}$  električne energije. Učinkovitost pretvorbe mehaničke u električnu energiju je 87%, a učinkovitost pumpanja je 60%. Kolika je visinska razlika između donjeg i gornjeg spremnika? Koliko se energije potroši na pumpanje vode iz donjeg u gornji spremnik? Koliko iznose gubici čitavog ciklusa skladištenja energije? Pretpostaviti da gubici nastaju samo prilikom pumpanja te prilikom pretvorbe mehaničke u električnu energiju.

$$V = 150 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$W_{el} = 120 \text{ GWh}$$

$$\eta_{el\_meh} = 87\%$$

$$\eta_p = 60\%$$

$$h, W_{EES}, W_g = ?$$

Energija akumulirana u gornjem spremniku iznosi:

$$W_{pot} = m g h = \rho V g h$$

Električna energija proizvedena pražnjenjem spremnika vode:

$$W_{el} = \eta_{el\_meh} \cdot W_{pot} = \eta_{el\_meh} \rho V g h$$

Iz gornjeg izraza slijedi potrebna visinska razlika:

$$\begin{aligned} h &= W_{el} / \eta_{el\_meh} \rho V g = \\ &= 120 \cdot 10^9 \text{ Wh} \cdot 3.600 \text{ s/h} / (0,87 \cdot 1.000 \text{ kg/m}^3 \cdot 150 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2) = 337 \text{ m} \end{aligned}$$

Ukupna učinkovitost je:  $\eta_{uk} = \eta_{el\_meh} \cdot \eta_p = 0,522 = W_{el} / W_{EES}$

Utrošena energija preuzeta iz EES-a (za pumpanje vode iz donjeg u gornji spremnik):

$$W_{EES} = W_{el} / (\eta_{el\_meh} \cdot \eta_p) = 120 \text{ GWh} / (0,87 \cdot 0,6) = 230 \text{ GWh}$$

Ukupni gubici su:

$$W_g = W_{EES} - W_{el} = 230 \text{ GWh} - 120 \text{ GWh} = 110 \text{ GWh}$$

$$h = 337 \text{ m}; W_{EES} = 230 \text{ GWh}; W_g = 110 \text{ GWh}$$

3. Crpno-akumulacijska hidroelektrana proizvodi  $100 \text{ MW}_e$  tijekom 4h. Gornja akumulacija hidroelektrane smještena je 200 m iznad rijeke. Stupanj je djelovanja crpenja vode 0,65, a proizvodnje električne energije 0,85. Odredite: električnu energiju (MWh) potrebnu za dnevno crpenje vode u gornju akumulaciju kako bi hidroelektrana proizvodila  $400 \text{ MWh}$  dnevno; te volumen vode koja se dnevno prebacuje u gornju akumulaciju kako bi se ostvarila predviđena proizvodnja hidroelektrane ( $400 \text{ MWh}$ ). Računajte sa zadanom visinom, 200 m,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  i gustoćom vode  $10^3 \text{ kg/m}^3$ .

$$W = 100 \cdot 4 / (0,65 \cdot 0,85) = 723,98 \text{ MW/dan}$$

$$W_A = 400 / 0,85 = 470,59 \text{ MWh} = 1,694 \text{ TJ}$$

$$m = W_A / (g \cdot h) = 1,694 \cdot 10^{12} / (9,81 \cdot 200) = 8,63 \cdot 10^8 \text{ kg}$$

$$V = 8,63 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

$$W = 723,98 \text{ MW/dan}; V = 8,63 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

4. Dnevna krivulja trajanja opterećenja određena je s  $P_{\max} = 2000$  MW,  $P_{\min} = 800$  MW,  $T_{\min} = 9$  h,  $\alpha = 2/3$  i  $\beta = 5/6$ . U sustavu su raspoložive elektrane: nuklearna elektrana nazivne snage 400 MW; termoelektrane zbroja nazivnih snaga 900 MW, kumulativnih tehničkih minimuma 100 MW; elektrane iz obnovljivih izvora energije koje cijeli dan kontinuirano mogu davati 500 MW; reverzibilna hidroelektrana (RHE), koja proizvodi električnu energiju samo kada više ni jedna druga elektrana ne može snabdijevati potrošače, a podiže vodu u spremnik kad postoji višak proizvodnje. Odredite faktor opterećenja i vrijeme korištenja maksimalne snage. Nacrtajte krivulju trajanja opterećenja i raspored rada elektrana. Izračunajte i na slici posebno označite energiju koju reverzibilna hidroelektrana proizvede dok radi kao elektrana. Ukoliko se ciklus punjenja i pražnjenja spremnika RHE dogodi svaki dan u cijelosti po gore zadanom rasporedu, kolika je energija pohranjena u spremniku ako je učinkovitost procesa podizanja vode 0,625?

$$W_k = 800 \cdot 24 = 19200 \text{ MWh}$$

$$W_v = 0,5 \cdot (\alpha + \beta) \cdot T_v \cdot P_v = 13500 \text{ MWh}$$

$$W = W_k + W_v = 19200 + 13500 = 32700 \text{ MWh}$$

$$m = W / (P_{\max} \cdot 24) = 0,68125$$

$$T_{P_{\max}} = m \cdot 24 = W / P_{\max} = 16,35 \text{ h}$$

$$400 + 900 + 500 = 1800$$

$$\text{RHE} = 200 \text{ MW}$$

Raspored:

0 – 100	$TE_{\min}$
100 – 500	NE
500 – 1000	OBN
1000 – 1800	$TE_{\text{ost}}$
1800 – 2000	RHE

$$(\alpha \cdot T_v, \beta \cdot P_v + P_k) = (10, 1800)$$

$$W_{\text{RHE}} = 10 \cdot 200 \cdot 0,5 = 1000 \text{ MWh}$$

Preljev: kada je proizvodnja iz obnovljivih izvora veća od potrošnje  
 $P < 1000 \text{ MWh}$

Početak preljeva: točka na pravcu (10, 1800), (15, 800)

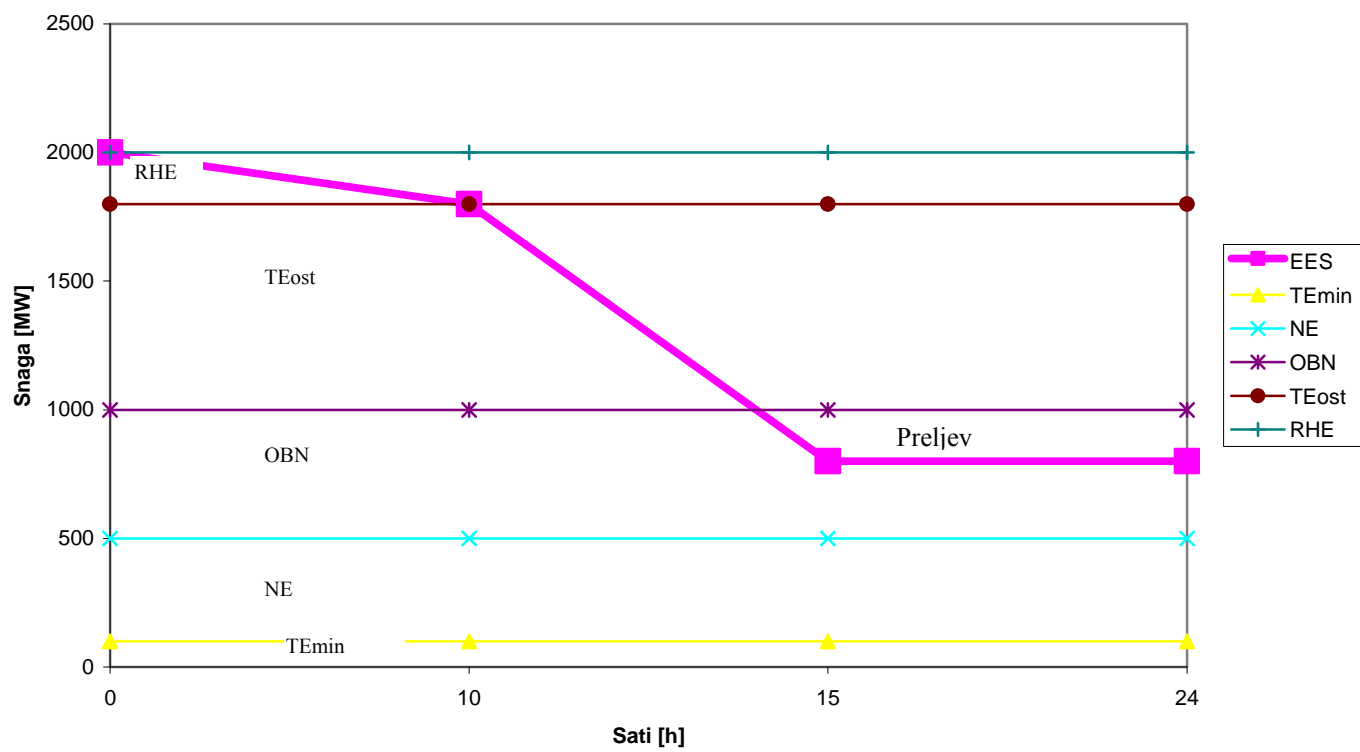
$$(1800 - 1000) / (1000 - 800) = (T - 10) / (15 - T)$$

$$T = 14 \text{ h}$$

Početak preljeva: (14, 1000)

$$W_{\text{pr}} = 9 \cdot 200 + 1 \cdot 200 \cdot 0,5 = 1900 \text{ MWh}$$

$$W_{\text{spr}} = 1900 \cdot 0,625 = 1187,5 \text{ MWh}$$



$$M = 0,68, T_{Pmax} = 16,35, P_{spr} = 1188 \text{ MWh}$$

5. Plinska elektrana radi u kombiniranom ciklusu uz učinkovitost od 42%. Kao gorivo koristi metan ( $\text{CH}_4$ ), ogrjevne moći  $34 \text{ MJ/m}^3$ . Kolika je masa ugljičnog dioksida ( $\text{CO}_2$ ) ispuštenog po  $\text{kWh}$  dobivene električne energije? Atomska masa ugljika iznosi  $12 \text{ g/mol}$ , kisika  $16 \text{ g/mol}$ , a molarni volumen  $22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$ . Izgaranje metana odvija se prema sljedećoj jednažbi:  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

$$W_{el} = 1 \text{ kWh}$$

$$\eta = 42\%$$

$$H = 34 \text{ MJ/m}^3$$

$$w(\text{CH}_4) = 100\%$$

$$m(\text{CO}_2) = ?$$

Toplinska energija proizvedena izgaranjem metana:

$$W_t = W_{el} / \eta = 1.000 \text{ Wh} \cdot 3.600 \text{ s/h} / 0,42 = 8,57 \text{ MJ}$$

Volumen goriva je:

$$V_g = V(\text{CH}_4) = W_t / H = 8,57 \text{ MJ} / 34 \text{ MJ/m}^3 = 0,25 \text{ m}^3$$

Volumen jednog mola bilo koje tvari je uvijek isti i iznosi:  $V_\mu = 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$ .

Izgaranje metana:  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Zakon stalnih volumnih omjera. Volumeni plinova koji stupaju međusobno u reakciju odnose se kao mali cijeli brojevi. Ako je nastali produkt plinovit, i njegov je volumen u stalnom omjeru prema volumenima plinova iz kojih je nastao.

Broj atoma na obje strane jednažbe izgaranja mora biti jednak, a također i ukupni broj molova prije i poslije reakcije ostaje nepromijenjen.

Slijedi:

$$V(\text{CO}_2) = V(\text{CH}_4) = 0,25 \text{ m}^3$$

Za količinu tvari općenito vrijedi:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_\mu}$$

Iz gornjeg izraza može se odrediti masa ugljičnog dioksida:

$$m(\text{CO}_2) = M(\text{CO}_2) \cdot V(\text{CO}_2) / V_\mu =$$

Molarna masa ugljičnog dioksida iznosi:

$$M(\text{CO}_2) = A_r(\text{C}) [\text{g/mol}] + 2 A_r(\text{O}) [\text{g/mol}] = 12 \text{ g/mol} + 2 \cdot 16 \text{ g/mol} = 44 \text{ g/mol}$$

Uvrštavanjem dobivenog iznosa za  $M(\text{CO}_2)$  u izraz za  $m(\text{CO}_2)$ :

$$m(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol} \cdot 0,25 \cdot 10^3 \text{ dm}^3 / 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol} = 491 \text{ g} = 0,49 \text{ kg}$$

$$m(\text{CO}_2) = 0,49 \text{ kg}$$

6. Termoelektrana kao gorivo koristi ugljen ogrjevnice moći 26 MJ/kg, s masenim udjelom ugljika 65% i sumpora 3%. Učinkovitost pretvorbe toplinske u električnu energiju iznosi 33%. Kolika je masa ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) i sumpornog dioksida (SO<sub>2</sub>) koja se ispusti po kWh proizvedene električne energije? Atomska masa ugljika iznosi 12 g/mol, sumpora 32 g/mol, a kisika 2·16 g/mol. Izgaranje ugljika i sumpora opisano je sljedećim kemijskim jednačinama:  $C + O_2 \rightarrow CO_2$  i  $S + O_2 \rightarrow SO_2$ .

$$W_{el} = 1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$\eta = 33\%$$

$$H = 26 \text{ MJ/kg}$$

$$w(C) = 65\%$$

$$w(S) = 3\%$$

$$A_r(C) = 12 \text{ g/mol}$$

$$A_r(S) = 32 \text{ g/mol}$$

$$A_r(O) = 16 \text{ g/mol}$$

$$m(CO_2), m(SO_2) = ?$$

Toplinska energija proizvedena izgaranjem ugljena:

$$W_t = W_{el} / \eta = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} / 0,33 = 10,91 \text{ MJ}$$

Masa goriva je:

$$m_g = W_t / H = 10,91 \text{ MJ} / 26 \text{ MJ/kg} = 0,42 \text{ kg}$$

Masa ugljika i masa sumpora u masi goriva iznose:

$$m(C) = m_g \cdot w(C) = 0,42 \text{ kg} \cdot 0,65 = 0,273 \text{ kg}$$

$$m(S) = m_g \cdot w(S) = 0,42 \text{ kg} \cdot 0,03 = 0,0126 \text{ kg}$$

Prva kemijska reakcija:  $C + O_2 \rightarrow CO_2$

Vrijedi sljedeće razmatranje:

- za 1 mol C, potreban je 1 mol O<sub>2</sub>
- za 12 g/mol C, potrebno je 32 g/mol O<sub>2</sub>
- za 1 kg C, potrebno je 32/12 kg O<sub>2</sub>

Masa ugljičnog dioksida je:

$$m(CO_2) = m(C) + m(O_2) = m(C)(1+32/12) = 0,273 (1+32/12) = 0,99 \text{ kg} \approx 1 \text{ kg}$$

Druga kemijska reakcija:  $S + O_2 \rightarrow SO_2$

Vrijedi sljedeće razmatranje:

- za 1 mol S, potreban je 1 mol O<sub>2</sub>
- za 32 g/mol S, potrebno je 32 g/mol O<sub>2</sub>
- za 1 kg S, potrebno je 32/32 kg O<sub>2</sub>

Masa sumpornog dioksida je:

$$m(SO_2) = m(S) + m(O_2) = m(S)(1+32/32) = 0,0126 \cdot 2 = 0,025 \text{ kg}$$

$$m(SO_2) = 0,025 \text{ kg}$$

7. Termoelektrana kao gorivo koristi ugljen ogrjevnog moći  $26 \text{ MJ/kg}$ , s masenim udjelom sumpora jednakim 1%. Snaga na stezaljkama generatora iznosi  $400 \text{ MW}$ , učinkovitost pretvorbe toplinske u električnu energiju 33%, a faktor opterećenja 0,74. Kolika je masa sumpornog dioksida ( $\text{SO}_2$ ) ispuštenog iz elektrane tijekom jedne godine, uz pretpostavku da je izgaranje potpuno?

$$H = 26 \text{ MJ/kg}$$

$$w(\text{S}) = 1\%$$

$$P_{el} = 400 \text{ MW}$$

$$\eta = 33\%$$

$$m = 0,74$$

$$A_r(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$$

$$A_r(\text{S}) = 32 \text{ g/mol}$$

$$A_r(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{SO}_2) = ?$$

Električna energija proizvedena u elektrani tijekom godine dana:

$$W_{el} = m \cdot P_{el} \cdot t_{god} = 0,74 \cdot 400 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot 8.760 \text{ h} \cdot 3.600 \text{ s/h} = 9,335 \cdot 10^{15} \text{ J}$$

Toplinska energija proizvedena izgaranjem ugljena:

$$W_t = W_{el} / \eta = 9,335 \cdot 10^{15} \text{ J} / 0,33 = 2,829 \cdot 10^{16} \text{ J}$$

Masa goriva je:

$$m_g = W_t / H = 2,829 \cdot 10^{16} \text{ J} / 26 \cdot 10^6 \text{ J/kg} = 10,88 \cdot 10^8 \text{ kg}$$

Masa sumpora u masi goriva iznosi:

$$m(\text{S}) = m_g \cdot w(\text{S}) = 10,88 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot 0,01 = 10,88 \cdot 10^6 \text{ kg}$$

Kemijska reakcija oksidacije sumpora:  $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$

Vrijedi sljedeće razmatranje:

- $n(\text{S}) + n(\text{O}_2) = n(\text{SO}_2)$ :  $1 \text{ kmol S} + 1 \text{ kmol O}_2 = 1 \text{ kmol SO}_2$
- $n(\text{S}) M(\text{S}) + n(\text{O}_2) M(\text{O}_2) = n(\text{SO}_2) M(\text{SO}_2)$
- $1 \text{ kmol S} \cdot 32 \text{ kg/kmol S} + 1 \text{ kmol O}_2 \cdot 32 \text{ kg/kmol O}_2 = 1 \text{ kmol SO}_2 \cdot 64 \text{ kg/kmol SO}_2 \quad / :32$
- $1 \text{ kg S} + 1 \text{ kg O}_2 = 2 \text{ kg SO}_2$

Masa sumpornog dioksida godišnje ispuštena u okoliš je:

$$m(\text{SO}_2) = 2 \cdot m(\text{S}) = 2 \cdot 10,88 \cdot 10^6 \text{ kg} = 21,76 \cdot 10^6 \text{ kg} = 21.760 \text{ t}$$

$$m(\text{SO}_2) = 21.760 \text{ t}$$