

Tabela 5: Gornja i donja toplotna moć nekih drvnih vrsta ra-unata preko procentualnog udela jedinjenja u drvetu

vrsta drveta	u-e{}e jedinjenja u drvetu (%)		gornje toplotne mo}i (kJ/kg)				
	celuloze	lignin	Hg <sub>1</sub>	Hg <sub>2</sub>	Hg <sub>3</sub>	Hg <sub>4</sub>	eksper.
bukva	75	22	17413	18990	21426	19111	19344
hrast	68	35	17559	21282	21510	19231	21341
beli bor	69	30	18137	20106	22026	19783	19998

#### 5.4. Vla' an vazduh

Vla' an vazduh je me{avina suvog vazduha i vodene pare . Koristi se kao agens su{enja kod su{ara za drvo.

Va' niji obrasci:

-maseni protok vla' nog vazduha

$$m_{vv} = m_{sv} \cdot (1 + x)$$

-pritisak vla' nog vazduha (preko Daltonovog zakona)

$$p = p_{sv} + p_p$$

-apsolutna vla' nost

$$x = \frac{m_p}{m_{sv}} = 0.622 \cdot \frac{P_p}{p - P_p} \quad [kg \text{ pare} / kg \text{ sv}]$$

-relativna vla' nost

$$\phi = \frac{P_p}{P_z}$$

-entalpija vla' nog vazduha

$$i = 1 \cdot i_{sv} + x \cdot i_p = c_{psv} \cdot t + x \cdot (c_{pp} \cdot t + r_0) = 1.006 \cdot t + x \cdot (1.86 \cdot t + 2500) \quad [kJ / kg \text{ sv}]$$

Zadaci:

27. Vla' an vazduh nakon izlaska iz su{are ulazi u ispariva- toplotne pumpe. Radni fluid oduzima toplotu od vla' nog vazduha sni'avaju}i mu temperaturu i koli-inu vlage u vazduhu. U kondenzatoru toplotne pumpe radni fluid predaje toplotu zagrevaju}i isu{eni vazduh pre ponovnog ulaska u su{aru.

Ako su:

- temperatura vazduha na ulazu u toplotnu pumpu 45°C , a relativna vlaga 70 % ;
- temperatura vazduha na izlazu iz ispariva-a 25°C , a relativna vlaga 55 % ;
- temperatura vazduha na izlazu iz toplotne pumpe 48°C , a relativna vlaga 55 %.

Potrebno je na}i:

- 1) Entalpije vla' nog vazduha
- 2) Koli-inu isparene vode iz drveta po 1kg izradjenog vazduha
- 3) Koeficijent grejanja toplotne pumpe

Rešenje :

1) Entalpiju vlažnog vazduha na ulazu u toplotnu pumpu moguće je izračunati koristeći sledeće formule:

$$i_1 = t_1 + 0.001 \cdot x_1 \cdot (2486 + 1.92 \cdot t_1) \text{ [kJ / kg]}$$

gde je:

$$t_1 = 45^\circ \text{C (iz zadatka)}$$

$$x = 622 \cdot \frac{p_{p_1}}{p - p_{p_1}} \text{ [g / kg]}$$

$$p = 1013 \text{ mbar (normalni atmosferski pritisak)}$$

$$p_p = \phi \cdot p_{p_{z_1}}$$

$$p_{p_{z_1}} = 92 \text{ mbar (pritisak zasićenja vodene pare na temperaturi od } 45^\circ \text{C izvađen iz tablice za vodenu paru)}$$

$$\phi_1 = 0.7 \text{ relativna vlaga vazduha (iz zadatka)}$$

$$p_{p_1} = 0.7 \cdot 92 = 64.4 \text{ mbar}$$

$$x_1 = 622 \cdot \frac{64.4}{1013 - 64.5} = 42.23 \text{ g / kg}$$

$$i_1 = 45 + 0.001 \cdot 42.23 \cdot (2486 + 1.92 \cdot 45) = 153.63 \text{ kJ / kg}$$

Entalpiju vlažnog vazduha na izlazu iz isparivača toplotne pumpe moguće je izračunati koristeći istih formula za sledeće podatke:

$$t_2 = 25^\circ \text{C (iz zadatka)}$$

$$p_{p_2} = 32 \text{ mbar}$$

$$x_2 = 622 \cdot \frac{32}{1013 - 32} = 20.3 \text{ g / kg}$$

$$i_2 = 25 + 0.001 \cdot 20.3 \cdot (2486 + 1.92 \cdot 25) = 76.44 \text{ kJ / kg}$$

Entalpiju vlažnog vazduha na izlazu iz toplotne pumpe moguće je izračunati koristeći istih formula za sledeće podatke:

$$t_3 = 49^\circ \text{C (iz zadatka)}$$

$$\phi_3 = 0.55 \text{ (iz zadatka)}$$

$$p_{p_{z_3}} = 118 \text{ mbar (iz tablice)}$$

$$p_{p_3} = 0.57 \cdot 118 = 67.26 \text{ mbar}$$

$$x_3 = 622 \cdot \frac{67.26}{1013 - 67.26} = 44.23 \text{ g / kg}$$

$$i_3 = 49 + 0.001 \cdot 44.23 \cdot (2486 + 1.92 \cdot 49) = 163.11 \text{ kJ / kg}$$

2) Količina isparene vode iz drveta može se izračunati iz formule :

$$x_1 = 42.23 \text{ g / kg}$$

$$x_2 = 20.3 \text{ g / kg}$$

$$\Delta x = x_1 - x_2 = 42.23 - 20.3 = 21.93 \text{ g / kg}$$

3) Koeficient grejanja toplotne pumpe računa se iz obrasca :

$$v = \frac{q_{pr}}{q_{pr} - q_{od}}$$

gde je:  $q_{pr}$  – od vlažnog vazduha primljena toplota

$q_{od}$  – vlažnom vazduhu predata toplota

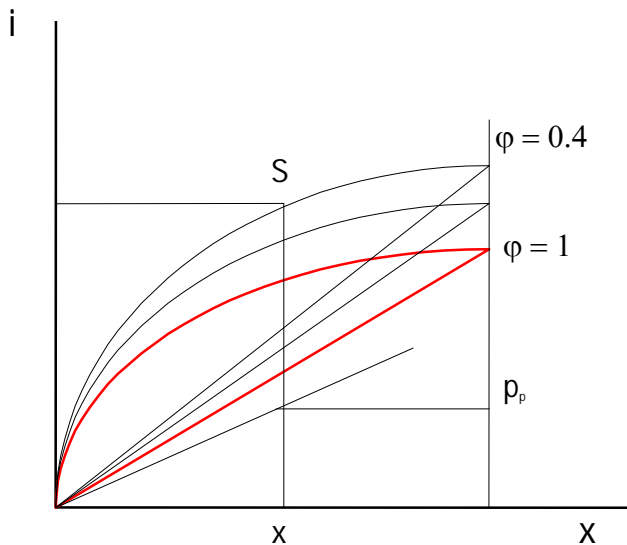
$$q_{od} = i_1 - i_2 = 153.63 - 76.44 = 77.2 \text{ kJ / kg}$$

$$q_{pr} = i_3 - i_2 = 163.11 - 76.44 = 86.68 \text{ kJ / kg}$$

$$v = \frac{86.68}{86.68 - 77.2} = 9.14$$

-Parametri stanja vlažnog vazduha

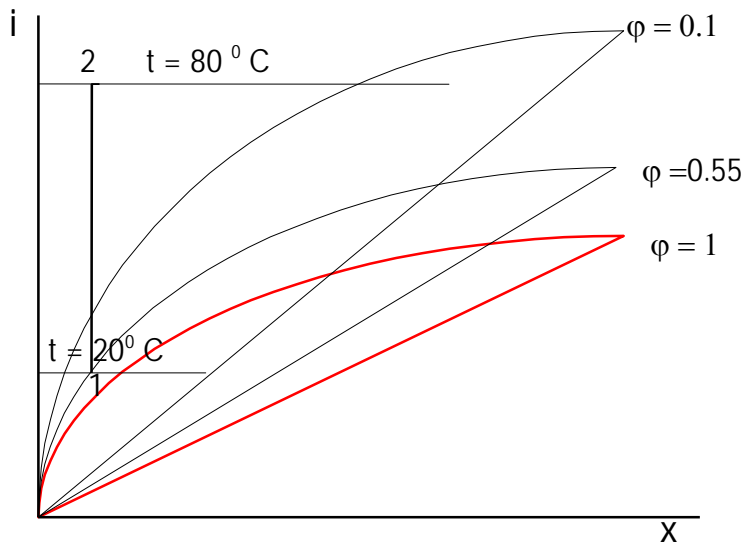
28. Odredite parametre stanja vlažnog vazduha, relativne vlažnosti 40 % koji se nalazi na temperaturi  $t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ .



Na  $i - x$  dijagrama se nakon pronalaska tačke "S" koja određuje stanje vlažnog vazduha očitava:

$$i = 133 \frac{\text{kJ}}{\text{kg sv}} , x = 0.032 \frac{\text{kg vl}}{\text{kg sv}} , p_p = 48 \text{ mbar} , v = 0.97 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

29. Vla' an vazduh po-etnog stanja  $t_1=20^\circ\text{C}$  i  $\varphi_1=55\%$  se zagreva do  $t_2=80^\circ\text{C}$ . Odrediti parametre vla' nog vazduha nakon zagrevanja.



$$i_2 = 101.7 \text{ kJ/kg sv}, x_2 = 0.008 \text{ kg vl / kg sv}, v_2 = 1.025 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Kako je  $\varphi_2$  nemogu}e o-itati ono se mo'e odrediti ra-unski kao

$$\varphi_2 = \frac{p_{p_2}}{p_{z_2}} = \frac{13}{473.6} = 0.027 \text{ tj. } \varphi_2 = 2.7 \%$$

Vidimo da zagrejani vazduh ima ve}u entalpiju ( $i_2 > i_1$ ), ni' u relativnu vla' nost ( $\varphi_2 < \varphi_1$ ); dok se stepen vla' nosti i parcijalni pritisak vodene pare ne menjaju ( $x_2 = x_1 = \text{const.}$ ,  $p_{p_2} = p_{p_1} = \text{const.}$ ).

-Procesi hla|enja vla' nog vazduha:

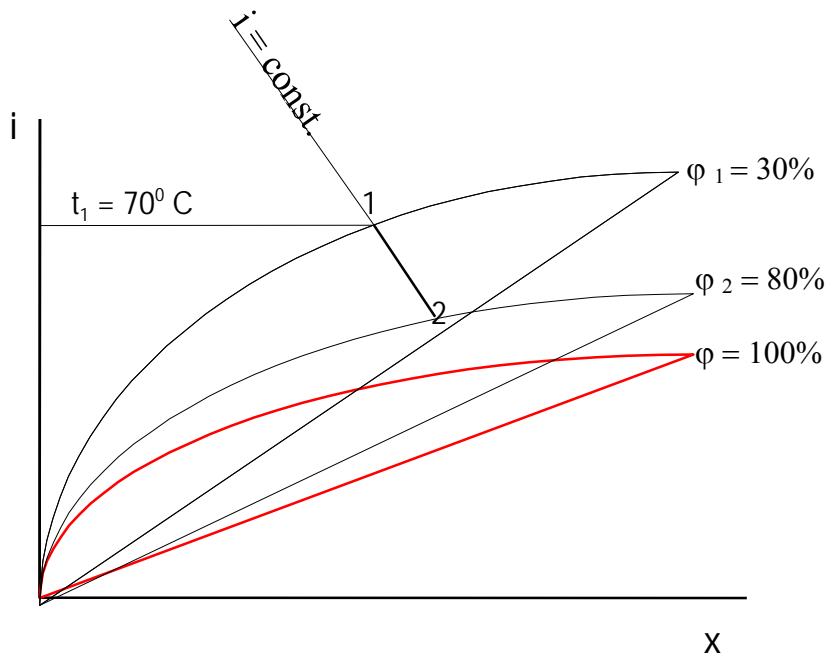
1) sa primanjem vodene pare (su{enje) ( $i = \text{const.}$ )

30. U su{aru za drvo ulazi vla' an vazduh temperature  $t = 70^\circ\text{C}$  i relativne vla' nosti  $\varphi = 30\%$ , a izlazi iz nje kad mu vlaznost dostigne  $\varphi = 80\%$ . Odrediti parametre vazduha na izlazu.

Re{enje:

Kako je  $i = \text{const.}$  bi}e :  $i_2 = i_1 = 240 \text{ kJ/kg sv}$  i  $x_2 = 0.0725 \text{ kg vl / kg sv}$ .

Ovla|eni vazduh u procesu su{enja ima vi}u relativnu vla' nost ( $\varphi_2 > \varphi_1$ ), ve}i stepen vla' nosti ( $x_2 > x_1$ ), a time i parcijalni pritisak ( $p_{p_2} > p_{p_1}$ ), ni' u temperaturu ( $t_2 < t_1$ ) dok je entalpija ostala nepromenjena ( $i_2 = i_1 = \text{const.}$ ).

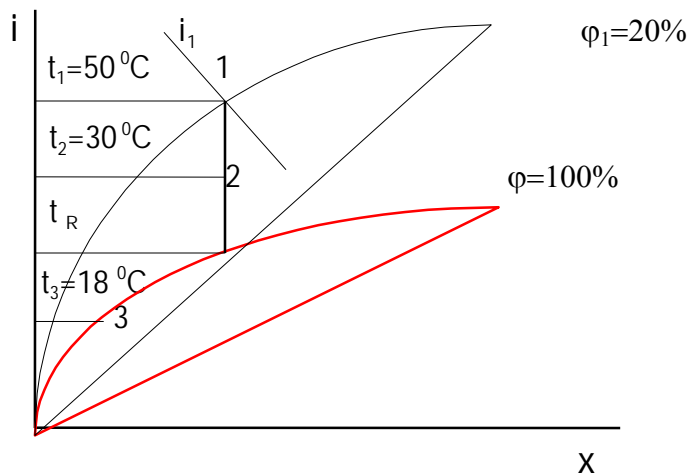


2) procesi hlaženja vlažnog vazduha bez primanja vodene pare

31. Vlažan vazduh ( $t_1=50^\circ\text{C}$ ,  $\varphi=20\%$ ) se izobarski hladi bez primanja vlage do temperature  $t_2=30^\circ\text{C}$ . Odrediti:

- 1.) Parametre stanja ohlaženog vazduha
- 2.) Temperaturu tačke rose
- 3.) Količinu izdvojenog kondenzata ako bi se hladio do  $18^\circ\text{C}$ .

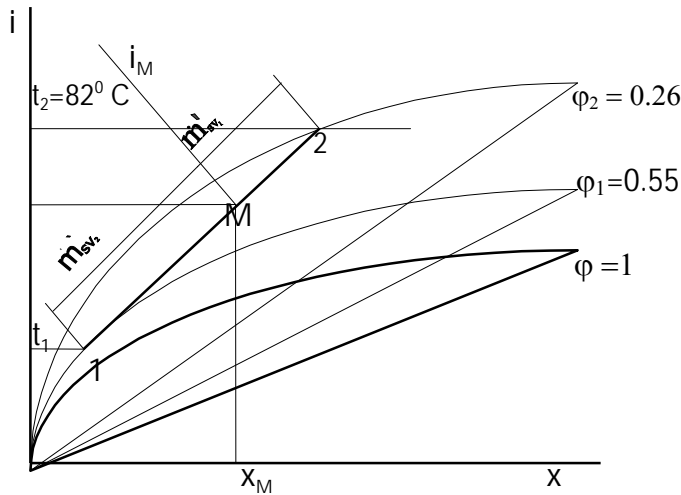
Rešenje:



- 1.)  $i_2 = 70.8 \text{ kJ/kg}$ ,  $x_2 = x_1 = 0.016 \text{ kg vl/kg sv}$
- 2.)  $t_R = 21 \text{ }^\circ\text{C}$
- 3.)  $\Delta x = x_2 - x_1 = 0.016 - 0.011 = 0.005 \text{ kg vl/kg sv}$

-Procesi izobarskog me{anja dve struje vla' nog vazduha

32. U rekuperativnoj su{ari za drvo me{a se izra|eni vla' an vazduh temperature  $t_2 = 82^\circ\text{C}$  i vla' nosti  $\varphi_2 = 26\%$  sa 5% spolja{njeg vazduha temperature  $t_1 = 18^\circ\text{C}$  i vla' nosti  $\varphi_1 = 55\%$ . Protok vla' nog vazduha je  $m_{vv} = 41.126 \text{ kg/h}$ . Izra-unati parametre me{avine.



Re{enje:

Preko izraza:

$$x = 0.622 \cdot \frac{\xi \cdot p_z}{p - \xi \cdot p_z}$$

$$i = 1.006 \cdot t + x \cdot (1.86 \cdot t + 2500)$$

$$m_{sv} = \frac{m_{vv}}{1 + x}$$

dobijamo za sve' vazduh

$$x_1 = 0.00714 \text{ kg vl/kg sv}, \quad i_1 = 36.2 \text{ kJ/kg sv}, \quad m_{sv1} = 40.83 \text{ kg/h}$$

a za izradjen

$$x_2 = 0.09580 \text{ kg vl/kg sv}, \quad i_2 = 336.6 \text{ kJ/kg sv}, \quad m_{sv2} = 37.53 \text{ kg/h}$$

Kako se 95% izradjenog vazduha vra}a u proces su{enja bi}e:

$$m_{sv2} = 0.95 \cdot m_{sv2} = 35.7 \text{ kg / h}$$

a prema materijalnom bilansu suvog vazduha dobija se:

$$m_{svm} = m_{sv1} + m_{sv2} = 40.83 + 35.7 = 76.53 \text{ kg / h}$$

Iz materijalnog bilansa vlage je:

$$m_{sv1} \cdot x_1 + m_{sv2} \cdot x_2 = m_{svm} \cdot x_m$$

$$x_m = \frac{m_{sv1} \cdot x_1 + m_{sv2} \cdot x_2}{m_{svm}} = 0.04850 \text{ kg vl / kg sv}$$

dok je toplotni bilans izobarsko-adijabatskog procesa me{anja definisan izrazom:

$$m_{sv1} \cdot i_1 + m_{sv2} \cdot i_2 = m_{svm} \cdot i_m$$

$$i_m = \frac{m_{sv1} \cdot i_1 + m_{sv2} \cdot i_2}{m_{svm}} = 176.33 \text{ kJ / kg sv}$$

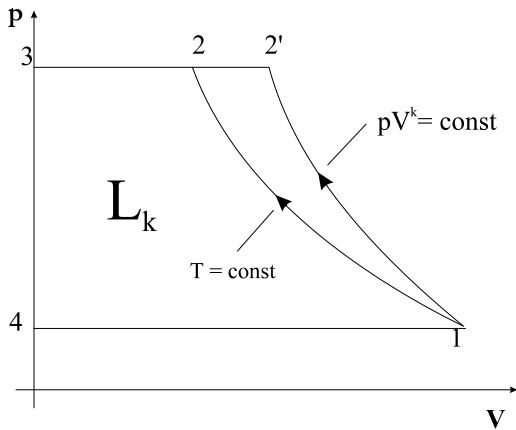
## 6. Pneumatika i hidraulika

### 6.1 Klipni kompresor

33. Klipni kompresor usisava vazduh ( $R = 287 \text{ J / kgK}$ ) pritiska  $p_1 = 1 \text{ bar}$  i temperature  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  i sabija ga do  $p_2 = 6 \text{ bar}$ . Ako je kapacitet kompresora  $\dot{V} = 1200 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$  odrediti :

- 1) Masu usisanog vazduha u toku 1 h
- 2) Teorijsku snagu kompresora pri izotermnom i adijabatskom sabijanju pri kome je temperatura nakon sabijanja  $t_2 = 240^\circ\text{C}$ .
- 3) Potro{nju vode za hladjenje kod ciklusa sa izotermnim sabijanjem ako se ista zagreje za  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$
- 4.) Hod klipa u cilindru i zapreminu rezervoara ako je koef. punjenja  $\lambda = 0.87$ ; pre-nik cilindra  $D = 120 \text{ mm}$ , br. obrtaja  $n = 400 \text{ obr./min}$ .

Re{enje :



1-2 - Kompresija (sabijanje)

2-3 - Izduvavajne komprimovanog vazduha

3-4 - U 3 se zatvara izduvni ventili , a u 4 otvara usisni ventil

4-1 - Usisavanje vazduha

1) u toku 1h kompresor usisa :

$$\dot{m} = \frac{p_1 \dot{V}}{RT_1} = \frac{10^5 \cdot 1200}{287 \cdot 293} = 1427 \frac{kg}{h}$$

2) Rad sabijanja 1kg vazduha pri izotermnom procesu :

$$l_i = RT_1 \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right) = 287 \cdot 293 \ln \frac{1}{6} = -150671 \frac{J}{kg} \cong -150.67 \frac{kJ}{kg}$$

a pri adijabatskom :

$$l_a = \frac{R}{k-1} (T_1 - T_2) = \frac{287}{1.4-1} (293 - 513) = -157850 \frac{J}{kg} \cong -157.85 \frac{kJ}{kg}$$

Snaga kompresora u jednom i drugom slucaju je :

$$P_i = \dot{m} |l_i| = \frac{1427}{3600} \cdot 150.67 = 59.7 kW$$

$$P_a = \dot{m} |l_a| = \frac{1427}{3600} \cdot 157.85 = 62.6 kW$$

3) Potrošnja vode za hladjenje bice :

$$\dot{m}_v = \frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta t} = \frac{215006}{4.19 \cdot 10} = 5131.4 \frac{kg}{h}$$

$$Q = \dot{m} |l_i| = 1427 \cdot 150.67 = 215006 \frac{kJ}{h}$$

$$4) \dot{V} = \frac{D^2 f}{4} \cdot \pi \cdot s \cdot n \left[ \frac{m^3}{min} \right]$$

ili praktičniji obrazac :



$$\dot{V} = 47 \cdot D^2 \cdot \lambda \cdot s \cdot n$$

pa je hod klipa :

$$s = \frac{\dot{V}}{47 \cdot D^2 \cdot \lambda \cdot n} = \frac{1200}{47 \cdot 0.12^2 \cdot 0.87 \cdot 400 \cdot 60} = 0.085 \text{ m} = 8.5 \text{ cm}$$

Zapremina rezervoara pri broju uklju-ivanja i isklju-ivanja pogonskog elektromotora maksimalno 15 puta na -as :

$$V = 0.9 \cdot \dot{V} = 0.9 \cdot 20 = 18 \text{ m}^3$$

gde je:  $\dot{V} = \frac{1200}{60} = 20 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$

Zapremina rezervoara pri broju uklju-ivanja i isklju-ivanja motora od 15-100 je :

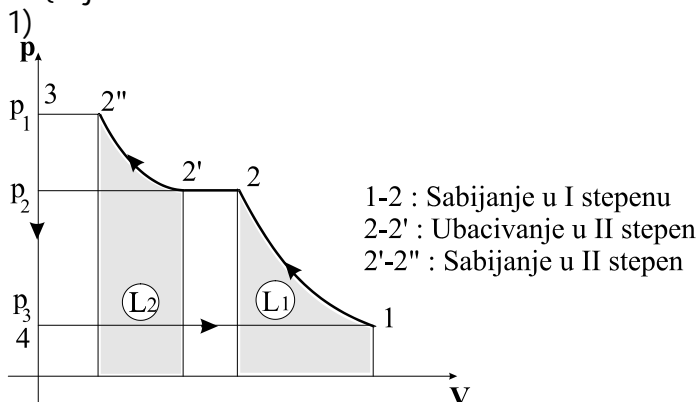
$$V = 0.4 \cdot \dot{V} = 0.4 \cdot 20 = 8 \text{ m}^3$$

34. Dvostepeni klipni kompresor usisava vazduh pritiska  $p_1=1\text{bar}$  i temperature  $t_1=15^\circ\text{C}$  i sabija ga u prvom stepenu do  $p_2=8\text{ bar}$  , a potom u drugom do  $p_3 =12\text{ bar}$  . Kapacitet

kompresora je  $\dot{V} = 1000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$  . odrediti :

- 1) Nacrtati p-V dijagram ciklusa kompresora
- 2) Masu usisanog vazduha u toku 3h rada
- 3) Na}i odnos jedini-nih radova kod prvog i drugog stepena izoternskog sabijanja

Re{enje :



2)  $m=3629\text{ kg}$

3)  $\frac{l_1}{l_2} = 5.13$

35. Metar kubni vazduha sabija se adijabatski.

Ako su :  $p_1 = 1\text{bar}$  ;  $T_1 = 300\text{K}$  ;  $p_2 = 12\text{bar}$

Potrebno je na}i :

- 1) Parametre stanja u ta-ki 2.
- 2) Tehni-ki rad sabijanja

Rešenje :

$$1) p_1 V_1^k = p_2 V_2^k$$

$$V_2 = V_1 \cdot \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{1/k} = 1 \cdot \left( \frac{1}{12} \right)^{1/1.4} = 0.1695 m^3$$

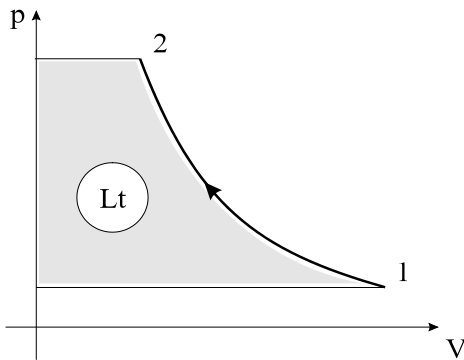
Iz jednacine stanja se dobija :

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 300 \cdot \frac{12 \cdot 0.1695}{1 \cdot 1} = 610.2 K$$

2) Za tehni-ki rad je merodavna promena pritiska tj. :

$$L_t = \int_{p_1}^{p_2} V(p) \cdot dp$$



U opstem sluwaju za politropski proces je :

$$L_t = n \cdot L$$

gde je :

n - koeficijent politrope

L - zapreminski rad za politropski proces

S' toga , za adijabatsko sabijanje imamo :

$$L_t = k \cdot L = \frac{k}{k-1} (p_1 V_1 - p_2 V_2) = \frac{1.4}{1.4-1} \cdot (1 \cdot 10^5 \cdot 1 - 12 \cdot 10^5 \cdot 0.1695) = -3.619 \cdot 10^5 J = -361.9 kJ$$

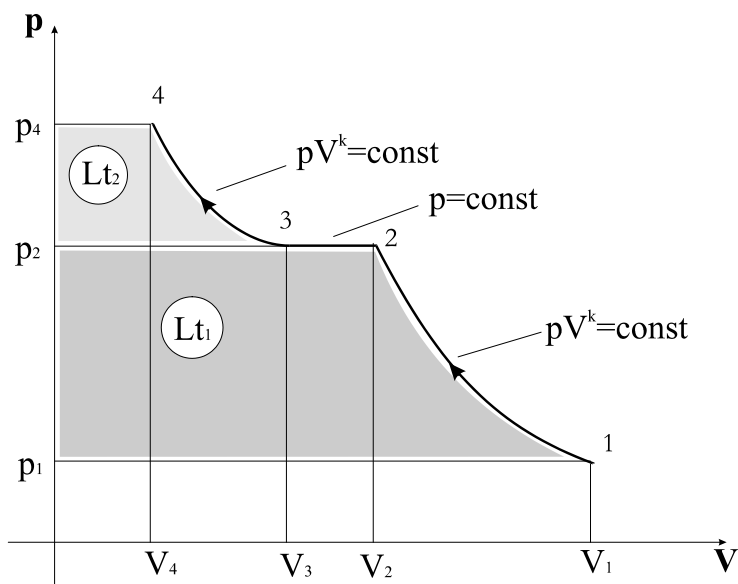
36. Metar kubni vazduha sabija se adijabatski u dvostepenom kompresoru sa medjustepenim hladnjakom. Ako su:

$$p_1 = 1 \text{ bar} ; T_1 = 300 K ; p_2 = p_3 = 6 \text{ bar} ; T_3 = T_1 ; \dots_1 = 1.29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} ; c_{p_v} = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} ; p_4 = 12 \text{ bar}$$

Potrebno je na}i :

- 1) Predstaviti promene vazduha u p-V dijagramu
- 2) Ukupan tehni-ki rad sabijanja

3) Odvedenu količinu toplote u medjuhladjenju  
 Rešenje : 1)



$$2) V_2 = V_1 \cdot \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1/k} = 1 \cdot \left(\frac{1}{6}\right)^{1/1.4} = 0.278 m^3$$

$$T_2 = T_1 \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 300 \frac{6 \cdot 0.278}{1 \cdot 1} = 500 K$$

$$L_{t_1} = \frac{k}{k-1} (p_1 V_1 - p_2 V_2) = \frac{1.4}{1.4-1} \cdot (1 \cdot 10^5 \cdot 1 - 6 \cdot 10^5 \cdot 0.278) \cong -233.8 kJ$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{T_3} \text{ i uslov } T_1 = T_3 \text{ daju :}$$

$$V_3 = \frac{p_1 V_1}{p_3} = \frac{1 \cdot 0.278}{6} = 0.0463 m^3$$

$$V_4 = V_3 \left(\frac{p_3}{p_4}\right)^{1/k} = 0.0463 \cdot \left(\frac{6}{12}\right)^{1/1.4} = 0.0463 \cdot 0.6095 = 0.02822 m^3$$

$$L_{t_2} = \frac{k}{k-1} (p_3 V_3 - p_4 V_4) = \frac{1.4}{1.4-1} (6 \cdot 10^5 \cdot 0.0463 - 12 \cdot 10^3 \cdot 0.02822) \cong -21.3 kJ$$

Ukupan tehnicki rad bice :

$$L_t = L_{t_1} + L_{t_2} = -(233.8 + 21.3) = -255.1 kJ$$

$$3) m = \dots \cdot V_1 = 1.29 \cdot 1 = 1.29 kg$$

$$Q = m c_{pv} (T_3 - T_2) = 1.29 \cdot 1 \cdot (300 - 500) = -285 kJ$$

## 6.2. Zup-asta pumpa

37. Odrediti radne parametre zup-aste pumpe -iji je stvarni zapreminski protok  $\dot{V} = 5 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s}$  pri radnom pritisku  $p=100\text{bar}$ . Broj obrta pumpe je  $1500\text{min}^{-1}$ , a zapreminski i mehani-ki stepen iskori{}enja  $\eta_V = 0.85$  i  $\eta_M = 0.9$ .

Rešenje:

Teorijski protok pumpe bice :

$$\dot{V}_T = \frac{\dot{V}}{\eta_V} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0.85} = 5.88 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 3.528 \cdot 10^{-2} \frac{m^3}{\text{min}}$$

Pr otok za jedan obrtaj pumpe (specifican protok) je :

$$\dot{v} = \frac{\dot{V}_T}{n} = \frac{3.528 \cdot 10^{-2}}{1500} = 2.352 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{\text{ob}} = 23.52 \frac{cm^3}{\text{ob}}$$

Teorijska snaga pumpe bice :

$$P_T = p \cdot \dot{V}_T = 10^7 \cdot 5.88 \cdot 10^{-4} = 5880W = 5.88kW$$

Korisna snaga pumpe je :

$$P = p \cdot \dot{V} = 10^7 \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 5000W = 5kW$$

Momenat na vratilu pumpe bice :

$$M_T = \frac{\dot{v}p}{2f} = \frac{2.352 \cdot 10^{-5} \cdot 10^7}{2f} = 37.4Nm$$

Za pogonski momenat se dobija :

$$M = \frac{M_T}{\eta_M} = \frac{37.4}{0.9} = 41.6Nm$$

## 6.3. Cilindar dvosmernog dejstva

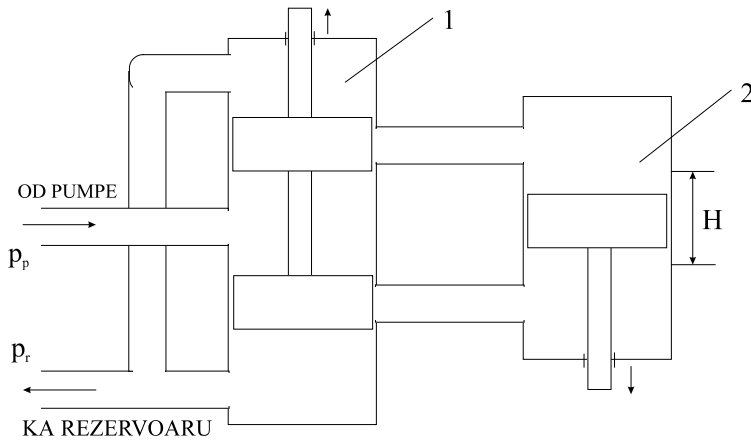
38. Klip cilindra hidrauli-*ne* prese radni i povratni hod ostvaruje napajanjem od zup-aste pumpe koja daje pritisak od 110bar. Ako je pritisak u rezervoaru ulja 5bar, sila koja optere}uje klipnja-u 1 MN, brzina sabijanja 2 mm/s, a hod prese je 40 mm.

Odrediti :

- 1) Povr{inu klipa cilindra
- 2) Pre-nik klipa
- 3) Zapreminu hoda klipa
- 4) Protok ulja u cilindar
- 5) Vreme hoda klipa

Re{enje :

[ematski je prikazana veza razvodnika i cilindra prese :



Aktiviranjem klipa razvodnika 1 na gore donja komora cilindra 2 se napaja pritiskom iz pumpe ( $p_p$ ), a gornja se povezuje sa rezervoarom ulja pritiska ( $p_r$ ) tako da se na bazi stvorene razlike - radni pritisak ( $p = p_p - p_r$ ), klip cilindra 2 kreće na dole i time ostvaruje radni hod prese. Povratni hod se ostvaruje u suprotnom smeru i tada je aktiviranje razvodnika ka dole.

1) Površina klipa cilindra biće :

$$A = \frac{F}{p} = \frac{1 \cdot 10^6}{105 \cdot 10^5} = 0.09524 \text{ m}^2$$

2) prečnik klipa :

$$d = \sqrt{\frac{4A}{f}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.09524}{f}} = 0.348 \text{ m} = 348 \text{ mm}$$

3) Zapremina hoda klipa :

$$V = A \cdot H = 0.09524 \cdot 0.04 = 0.00381 \text{ m}^3 = 3.81 \text{ dm}^3$$

4) Protok ulja :

$$(\dot{Q}) \dot{V} = A \cdot v = 0.09524 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 1.9 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

5) Vreme hoda klipa u cilindru :

$$t = \frac{V}{\dot{V}} = \frac{0.00381}{1.9 \cdot 10^{-4}} = 20 \text{ s}$$

## 7. Kombinovani zadaci iz tehničke termodinamike

39. Pregrejana vodena para proizvodi se u parnom kotlu sagorevanjem drvenog otpatka. Vodena para se koristi za zagrevanje stambenih prostorija. Ako su :temperatura pregrejane pare  $300^\circ\text{C}$ ; pritisak pare je  $p = 5 \text{ bar}$ ; donja toplotna moć goriva  $H_d = 12\,000 \text{ kJ / kg}$ ; stepen iskorišćenja kotlovskeg postrojenja  $\eta_k = 0.8$ ; temperatura kondenzata  $90^\circ\text{C}$ ; stepen iskorišćenja izmenjiva-a toplote  $\eta = 0.8$ ; zapremina prostorija koje se zagrevaju iznosi  $30\,000 \text{ m}^3$ ; prosečna spoljna temperatura tokom sezone grejanja iznosi

2°C; temperatura u prostoriji iznosi 20°C; toplota potrebna za zagrevanje prostorija iznosi  $2000 \frac{\text{J}}{\text{m}^3 \text{hK}}$ ; broj -asova grejanja godi{nje iznosi 2200 h .

Potrebno je na}i :

- 1) Parametre pregrejane pare
- 2) Koli-inu goriva potrebnu za pripremu 1kg pregrejane pare
- 3) Koli-inu toplote koja se prenese na vazduh prostorije po 1 kg vodene pare
- 4) Izra-unati godi{nju potrebu za vodenom parom i godi{nju potro{nju drvnog otpatka
- 5) Minimalni -asovni kapacitet kotla

Resenje :

$$1) p = 5 \text{ bar}, t = 300^\circ \text{C} \rightarrow i = 3070 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, s = 7.45 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}, v = 0.53 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$2) g = \frac{1}{d} = \frac{q}{H_d \cdot y_k} = \frac{2693}{12000 \cdot 0.8} = 0.28 \frac{\text{kg goriva}}{\text{kg pare}}$$

$$q = i - i_k = 3070 - 377 = 2693 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$i_k = c \cdot t_k = 4.19 \cdot 90 = 3.77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$3) q_{kor} = q \cdot y = 2693 \cdot 0.8 = 2154 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$4) Q_g = q_w \cdot V_{pros} \cdot n(t_{pros} - t_{sr}) = 2000 \cdot 30000 \cdot 2200 \cdot (20 - 2) = 2376 \cdot 10^9 \text{ J} = 2376 \text{ GJ}$$

Kolicina pare potrebna za grejanjebice:

$$m_{vp} = \frac{Q_g}{q_{kor}} = \frac{2376 \cdot 10^6}{2154} = 1103064 \text{ kg}$$

$$G = g \cdot m_{vp} = 0.28 \cdot 1103064 = 309432 \text{ kg} \cong 309.4 \text{ t}$$

$$5) D_{\min} = \frac{Q_g}{n \cdot q} = \frac{2376 \cdot 10^6}{2200 \cdot 2693} = 401 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

40. U bazenu dimenzija 5x5x3m nalazi se 20t vode i 20 m<sup>3</sup> sirovog drveta gustine 700 kg/m<sup>3</sup>. Drvo i voda u bazenu zagrevaju se dovodjenjem suvo zasi}ene vodene pare pritiska 2.5 bar.

Ako su: po-etna temperatura zagrevanja 20°C , krajnja temperatura zagrevanja 80°C , masena toplota sirovog drveta 3 kJ/kgK , gubici pri zagrevanju 20 % .

Potrebno je na}i :

- 1) Parametre vodene pare
- 2) Toplotu potrebnu za zagrevanje
- 3) Koli-inu vodene pare potrebnu za zagrevanje
- 4) Nivo vode u bazenu nakon zagrevanja

Resenje:

$$1) p'' = 2.5 \text{ bar} \rightarrow t'' = 128^\circ \text{C}, i'' = 2720 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, v'' = 0.73 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}, s'' = 7.05 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$2) Q_d = \dots_d \cdot V_d \cdot C_d \cdot \Delta t = 700 \cdot 20 \cdot 3 \cdot 60 = 2520000 \text{kJ}$$

$$Q_v = m_v \cdot c_v \cdot \Delta t = 20 \cdot 10^3 \cdot 4.19 \cdot 60 = 5028000 \text{kJ}$$

$$Q = 2520 + 5028 = 7548 \text{MJ}$$

$$3) m_p = \frac{Q}{y(i'' - i_v)} = \frac{7548 \cdot 10^3}{0.8(2720 - 335)} = 3956 \text{kg} \approx 4 \text{t}$$

$$i_v = c \cdot t_v = 4.19 \cdot 80 = 335 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$4) V = \frac{m_v + m_k}{\dots} = \frac{20 \cdot 10^3 + 3956}{10^3} = 24 \text{m}^3$$

gde je  $m_p = m_k$  jer se smatra da je sva koli-ina vode ve} kondenzovala .

$$h = \frac{V}{A} = \frac{24}{5.5} = 0.96 \text{m}$$

41. U su{ari dimenzija 6 x 4 x 2.5 m su{i se 30 m<sup>3</sup> gradje . Ako su :

- koef . provodjenje toplote zida i plafona  $\lambda = 0.35 \text{ W/mK}$  , a debljina zida 30 cm
- koef . prelaza toplote sa vazduha na zid  $15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- gustina vla' nog drveta  $0.75 \text{ kg/m}^3$
- temperatura okoline i drveta pre po-etka su{enja  $25^\circ\text{C}$
- masena toplota drveta  $3 \text{ kJ/kgK}$
- temperatura pare  $130^\circ\text{C}$ ; pritisak 2 bar; temperatura kondezata  $80^\circ\text{C}$ , a gubici pri zagrevanju 10 %
- toplotna mo} drvnog otpatka  $13 \text{ 000 kJ/kg}$  , a stepen iskori{}enja kotla 0.9.

Odrediti :

- 1) Toplotu potrebnu za zagrevanje drveta do  $90^\circ\text{C}$
- 2) Toplotne gubitke su{are kada dostigne temperaturu  $90^\circ\text{C}$
- 3) Koli-inu pare za nadoknadu gubitaka
- 4) Koli-inu drvnog otpatka za nadoknadu gubitaka

Resenje:

$$1) Q = \dots V_c \cdot \Delta t = 750 \cdot 30 \cdot 3 \cdot (90 - 25) = 4387500 \frac{kJ}{kg}$$

$$2) k = \frac{1}{\frac{1}{r} + \frac{u}{\lambda} + \frac{1}{r}} = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{0.3}{0.35} + \frac{1}{15}} = 1 \frac{W}{m^2 K}$$

$$A = 2A_1 + 2A_2 + A_3 = 2 \cdot 6 \times 2.5 + 2 \cdot 4 \times 2.5 + 6 \times 4 = 74 m^2$$

$$\dot{Q}_{gub} = kA \cdot \Delta t = 1 \cdot 74(90 - 25) = 4810 W$$

$$3) \dot{m}_p = \frac{\dot{Q}_{gub}}{y(i - i_k)} = \frac{4810}{0.9 \cdot (2725 - 4.19 \cdot 80) \cdot 10^3} = 0.002237 \frac{kg}{s} = 8.053 \frac{kg}{h}$$

$$4) G = \frac{\dot{m}_p}{d} = \frac{8.053}{4.9} = 1.643 \frac{kg}{h}$$

$$d = \frac{H_d \cdot y_k}{i - i_k} = \frac{13000 \cdot 0.9}{2725 - 4.19 \cdot 80} = 4.9 \frac{kg \text{ pare}}{kg \text{ goriva}}$$

42. Kroz izolovanu -eli-nu cev spolja{njeg pre-nika 70mm i debljine zida 5 mm ( $\lambda_1 = 50 W/mK$ ) du' ine 15 m proti-e  $\dot{m} = 80 kg/h$  suvo-zasi}ene vodene pare pritiska  $p = 4$  bar. Debljina izolacije je  $\delta_2 = 65 mm$ , a  $\lambda_2 = 0.05 W/mK$ . Temperatura spolja{njeg vazduha  $t_s = 15^\circ C$ . Koef. prelaza toplote sa vodene pare na unutra{nju povr{inu cevi  $\alpha_u = 2500 W / m^2 K$ , a sa spolja{nje povr{ine izolacije na vazduh  $\alpha_s = 8 W / m^2 K$ . Specifi-na toplota kondenzacije pare pri  $p = 4$  bar je  $r = 2133 kJ/kg$

Odrediti :

- 1) Koef. prolaza toplote kroz cev.
- 2) Toplotne gubitke
- 3) Promenu entalpije vodene pare zbog gubitaka
- 4) Step en suvo}e i ostale parametre stanja vla' ne pare nastale usled gubitaka
- 5) Masu kondenzovane vode u cevi

Re{enje :

$$1) k = 0.306 \frac{W}{mK}$$

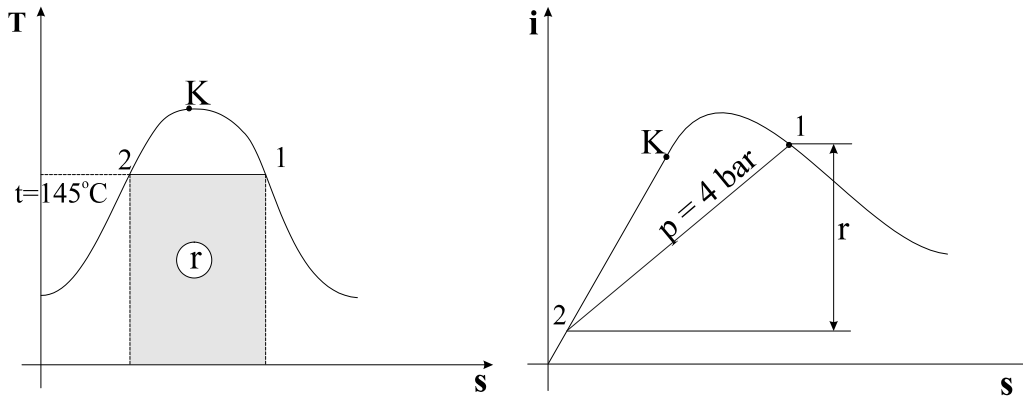
$$2) \dot{Q} = k \cdot (t_u - t_s) \cdot l = 0.306 \cdot (145 - 15) \cdot 15 = 597 W$$

3) Kako je promena entalpije jednaka koli-ini odvedene toplote ( izobarska promena ) bi}e :

$$\Delta i = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}} = \frac{-597 \cdot 3600}{80} = -26.86 \frac{kJ}{kg}$$

4) Zbog promene (pada) entalpije od SZP nastaje vla' na para -iji se parametri odredjuju iz i-s dijagrama





$$p = 4 \text{ bar} \rightarrow x_2 = 0.99; t_2 = 145^\circ\text{C}; v_2 = 0.46 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

5.) Masa kondenzovane vode u cevi :

$$\dot{m}_v = \frac{\dot{Q}}{r} = \frac{597}{2133 \cdot 10^3} = 0.28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0.28 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

43. U sušari dužine 12m, širine 4m i visine 4m nalazi se  $80\text{m}^3$  drveta relativne vlage 100%. Drvo se suši do 10%. Ako su:

- temperatura sušenja  $70^\circ\text{C}$ , a okoline  $10^\circ\text{C}$
- gustina apsolutno suvog drveta  $0,7\text{kg/dm}$
- toplota potrebna za isparavanje  $1\text{kg}$  vode  $25\,000\text{kJ/kg}$
- koef. prolaza toplote kroz zidove i krov sušare  $0,8\text{W/mK}$
- masena toplota suvog drveta  $2\text{kJ/kgK}$
- masena toplota vode  $4,186\text{kJ/kgK}$

Potrebno je odrediti:

- 1) Masu vlažnog drveta u sušari
- 2) Masu vode koju treba ispariti iz drveta
- 3) Toplotu potrebnu za zagrevanje vlažnog drveta do temperature sušenja
- 4) Toplotu potrebnu za isparavanje vode iz drveta
- 5) Gubitak toplote tokom 10 dana sušenja (pod se ne računati).

Rešenje:

$$1) v_{a1} = \frac{m_{v1}}{m_{sd}} \Rightarrow m_{v1} = m_{sd} = \dots_{sd} \cdot V = 700 \cdot 80 = 56000\text{kg}$$

$$m_{vd} = m_{v1} + m_{sd} = 2 \cdot 56000 = 112000\text{kg}$$

$$2) v_{a2} = \frac{m_{v2}}{m_{sd}} \Rightarrow m_{v2} = 0.1 \cdot m_{sd} = 5600\text{kg}$$

$$\Delta m_v = m_{v1} - m_{v2} = 50400\text{kg}$$

$$3) Q = m_{sd} \cdot c \cdot \Delta t + m_v \cdot c_v \cdot \Delta t = 56000 \cdot 2 \cdot 60 + 56000 \cdot 4.186 \cdot 60 = 20784960\text{kJ}$$

$$4) Q = \Delta m_v \cdot r = 50400 \cdot 2500 = 135000000\text{kJ} = 135\text{GJ}$$

$$5) Q_g = k \cdot A \cdot \Delta t \cdot t = 7299072\text{kJ}$$