

1. Puutavarakuivaamossa puhalletaan kuivaamoon ilmaa, jonka märkälämpötila on  $40^{\circ}\text{C}$  ja kuivalämpötila eli "normaali" lämpötila on  $76^{\circ}\text{C}$ . Kuivaamosta ulostulevan ilman märkälämpötila on  $40^{\circ}\text{C}$  ja kuivalämpötila on  $50^{\circ}\text{C}$ . Ulkoilman lämpötila on  $10^{\circ}\text{C}$  ja suhteellinen höyrynpaine  $\phi = 50\%$ . a) Piirrä kuivausprosessi oheiseen Mollier-diagrammiin. b) Laske kuivauksen ominaisenergiakulutus ( $\text{kJ/kg H}_2\text{O}$ ), kun lämmöntalteenottoa ei ole. c) Laske kuivausteho ( $\text{kg H}_2\text{O/s}$ ), lämmityspatterin lämpöteho ja tarvittava raitisilmavirta, kun kuivaamoon puhallettava ilmavirta on  $14 \text{ m}^3/\text{s}$  (kostea ilma). d) Piirrä Mollier-diagrammiin kuivausprosessi, kun poistoilmassa on lämmöntalteenotto, jossa tuloilma lämpiää  $10^{\circ}\text{C}$ :sta  $30^{\circ}\text{C}$ :seen. Mikä on tällöin ominaisenergiakulutus? Kuva tehtävän 6 alla.\*)
2. Laske termodynaaminen happokastepiste savukaasulle, missä vesihöyryn mooliosuus savukaasussa on  $12\%$  ja rikkiatrioksidin mooliosuus savukaasussa on  $14 \text{ ppm}$ . Savukaasujen kokonaispaine on  $1.6 \text{ bar}$ .
3. Laske liukenemisreaktion  $\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{O}_2(\text{aq})$  reaktioentalpia standarditilassa ( $1 \text{ bar}$ ,  $1 \text{ mol/l}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ ) on  $-11.7 \text{ kJ/mol}$  ja reaktioentropia  $-94.2 \text{ J/molK}$ . a) Laske liukenemisreaktion tasapainovakio ja b) laske tämän perusteella hapen liukoisuus  $25^{\circ}\text{C}$ :seen veteen ( $\text{mg/l}$ ), kun hapen osapaine ilmassa on  $0.21 \text{ bar}$  ja kun  $\text{O}_2(\text{aq})$  käsitellään ideaaliliuosmalliin mukaan sekä  $\text{O}_2(\text{g})$  ideaalikaasun mukaan.
4. Betoniseinä on hygroskooppinen aine, joka imee ympäröivästä ulkoilmasta kosteutta itseensä kunnes termodynaaminen tasapainotila betoniin sitoutuneen veden ja ympäröivän vesihöyryn välillä saavutetaan. Laske betonin jäätympiste kun betoni on ennen jäätymistä ja jäätymistä ollut tasapainossa ympäröivän ilman kanssa, jonka lämpötila oli  $10^{\circ}\text{C}$  ja suhteellinen höyrynpaine  $\phi = 85\%$ . Laske myös tasapainotilassa ( $10^{\circ}\text{C}$ ,  $\phi = 85\%$ ) betoniin sitoutuneen veden höyrystymislämpö. Kylläisen vesihöyryn paine riippuu lämpötilasta likimain seuraavasti:  

$$p(T) = p_0 \exp\left[1.78(T - 372.79)/(T - 43.15)\right]$$
, missä  $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$  ja  $T$  lämpötila Kelvineinä.
5. Kattilassa poltetaan jyrshinturvetta, jonka vesipitoisuus on  $48\%$  (painoprosenttia) ja turpeen alkuainekoostumus on : hiili  $60\%$  (painoprosenttia), vetyä  $6\%$ , rikkiä  $0.2\%$ , happea  $29\%$ , typpeä  $1.5\%$  ja loput tuhkaa. Laske kattilasta saatava lämpöteho, kun turvetta poltetaan  $4 \text{ kg/s}$  ilmakertoimella  $\lambda = 1.15$  ja kun savukaasut poistuvat kattilasta lämpötilassa  $185^{\circ}\text{C}$ . Palamisilma otetaan kattilaan lämpötilassa  $300\text{K}$  ja kattilan häviötehot ovat  $2.5\%$  polttoainetehosta.