

## CHEM-A1110 Virtaukset ja reaktorit

tentti 26.11.2015 klo 12:30-17:30

Teoriaosa klo 12:30-13:30. Teoriaosassa EI SAA olla mitään materiaalia esillä.

Laskuosan saa aloittaa heti kun teoriaosa on tehty, mutta materiaalin saa ottaa esille vasta kun teoriaosa on päättynyt kaikkien opiskelijoiden osalta ja tentin valvoja niin ilmoittaa. Laskuosassa saa olla materiaalina kaikki muut kurssin materiaalit paitsi valmiiksi ratkaistut laskuesimerkit, eli esim. laskuharjoituksia ja kotilaskuja EI SAA olla materiaalina.

### Teoriaosa

---

**T1.** Selitä seuraavat termit

- a. Intensiivisuure (0,2 p)
- b. Ekstensiivisuure (0,2 p)
- c. Stationäärityla (0,2 p)
- d. Systeemin tasapaino. Miten prosessiin vaikuttaa se, kuinka kaukana tasapainosta ollaan? (0,4 p)

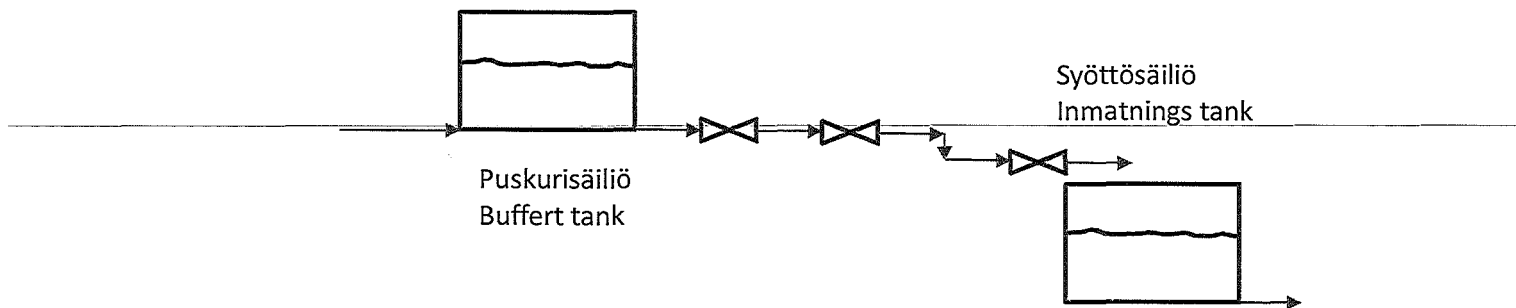
**T2.** Keskipakopumpun pumppukäyrä, putkiston ominaiskäyrä ja virtausmäärän säätö (1 p)

**T3.** Adiabaattinen reaktori (1 p)

**T4.** Kemiallisen tasapainon lämpötilariippuvuus (1 p)

## Laskuosa (6 pistettä/tehtävä)

- L1. Kahden yksikköprosessin väliin on asennettu avoin sylinterimäinen puskurisäiliö, jonka sisähalkaisija on 3,0 m ja korkeus 5,0 m. Säiliön pohjiin kiinnittyvät syöttö- ja poistoliittymät ovat teräviä. Putket ovat muovia (sileät) ja niiden halkaisija on 30 mm. Ensimmäisestä yksikköprosessista prosessiliuos pumpataan puskurisäiliöön, josta se valuu omalla paineellaan toisen prosessin syöttösäiliöön, joka on myös avoin. Poistoputkessa on 2 kpl 90° mutkaa ( $R=d$ ), 2 kpl kalvoventtiilejä ja palloventtiili. Poistoputken pituus on 20 m ja tulo syöttösäiliöön on 1,5 m puskurisäiliön pohjan alapuolelle, nestepinnan yläpuolelle. Alkuperäisellä suunnittelukapasiteetilla (tarkastele siis steady statessa) puskurisäiliön nestesyvyys on 1,2 m. Prosessiliuoksen viskositeetti on 1.0 mPa s ja tiheys 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Laske alkuperäisen kapasiteetin tilavuusvirtausnopeus ( ) m<sup>3</sup>/h
  - Laajennuksen yhteydessä tilavuusvirtausta halutaan kasvattaa 75%. Muodostaako nykyinen puskurisäiliö pullonkaulan (tapahtuuko ylivuoto)?



- L2. Kuumaa prosessifluidia virtaa putken sisällä, putken sisälämpötila oletetaan vakioksi 350 °C ja putken sisähalkaisija on 60 mm. Putken seinämät ovat 6 mm paksua keraamista materiaalia, jonka lämmönjohtavuus on 1,52 W/m °C. Putki on eristetty ulkopuolelta 15 cm paksulla vuorivillakerroksella, jonka ulkopinnan lämpötila on 38 °C. Vuorivillan lämmönjohtavuuden voi esittää yhtälöllä:

$$\frac{\lambda}{\text{W/m}^\circ\text{C}} = 0,046 + 0,00016 \cdot \frac{T}{^\circ\text{C}}$$

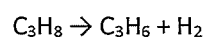
Kuinka suuret ovat lämpöhäviöt poistoputkesta metriä kohti?

$$\int k \cdot f(x) dx = k \cdot \int f(x) dx.$$

$$\int x^r dx = \frac{1}{r+1} x^{r+1} + C, \quad C \in \mathbb{R}.$$

$$\int \frac{1}{x} dx = \ln|x| + C, \quad x \neq 0, \quad C \in \mathbb{R}.$$

- L3.** Propanin dehydraus propeeniksi tapahtuu kaasufaasissa. Reaktio on toista kertalukua propanin suhteen.



Propanin moolivirta syötössä on 110 mol/h ja syötöstä 80 % on propania ja loput inerttiä. Syötön kokonaistilavuusvirta on 5 m<sup>3</sup>/h. Reaktion reaktionopeusvaktion arvo kyseisissä olosuhteissa on 0,1 m<sup>3</sup>/(mol h).

Systeemissä halutaan saavuttaa 50 % konversio. Kuinka suuri reaktori tarvitaan, jos reaktori on

- a) jatkuvatoiminen sekoitussäiliöreaktori (CSTR)
  - b) tulppavirtausreaktori (PFR)
-