

2. VAJA: PRENOS KISIKA V SISTEMU PLIN - KAPLJEVINA

Datum: 27.10.2006

1. OSNOVE

k_L je koeficient snovne prestopnosti pri prestopu neke snovi skozi film kapljevine ob fazni meji med plinom in kapljevino. Snovna prehodnost K_L je definirana kot

$$\frac{1}{K_L} = \frac{1}{k_L} + \frac{1}{He \cdot k_G}$$

K_L snovna prehodnost [m/s]
 k_L koeficient snovne prestopnosti za film kapljevine [m/s]
 k_G koeficient snovne prestopnosti za film plina [kg/m²s Pa]
 He Henryjeva konstanta [Pa m³/kg]

Pri $k_G > k_L$ (He velika) velja $K_L = k_L$ in

$$w_A = k_L a \cdot (C_A^* - C_A) \cdot V$$

w_A snovni tok komponente A [kg/s]
 $k_L a$ volumski koeficient snovnega prestopa [s⁻¹]
 a specifična površina [m²/m³]
 C_A^* topnost komponente A v kapljevini [kg/m³]
 C_A koncentracija komp. A v kapljevini [kg/m³]

$k_L a$ se lahko napove po korelaciji:

$$k_L a = b \cdot v_g^n$$

v_g volumenski pretok zraka na enoto preseka reaktorja [m/s]
 b eksperimentalno določen koeficient za različne sisteme in je 0,47 za sistem voda-zrak v homogenem tokovnem režimu za distributor – obroč z luknjicami
 n eksperimentalno določen eksponent za različne sisteme in je 0,8 za zgoraj opisani sistem

Koncentracijo kisika v kapljevini merimo s kisikovo elektrodo z dinamično (razplinjevalno) metodo (koncentracija kisika v kapljevini se spreminja s časom) brez prisotnosti mikroorganizma. Odziv elektrode ima določeno zakasnitev, ki jo lahko eksperimentalno določimo v obliki k_p – **konstanta elektrode** [s⁻¹] (za predpostavljen odziv 1. reda), ki je obratna vrednost časa, ki je potreben za 63 % maksimalnega odziva.

Za dejansko spreminjanje konc. kisika v kapljevini zapišemo $\frac{dC}{dt} = k_L a \cdot (C^* - C)$,
za spremembo konc. kisika, ki jo beležimo preko elektrode pa $\frac{dC_p}{dt} = k_p \cdot (C - C_p)$,
pri čemer je C_p odziv elektrode.

V primeru, da je $k_L a > k_p$ ima zakasnitev elektrode velik vpliv na potek merjene koncentracije kisika, če pa je $k_L a < k_p$ je razlika med dejansko in merjeno koncentracijo kisika majhna.

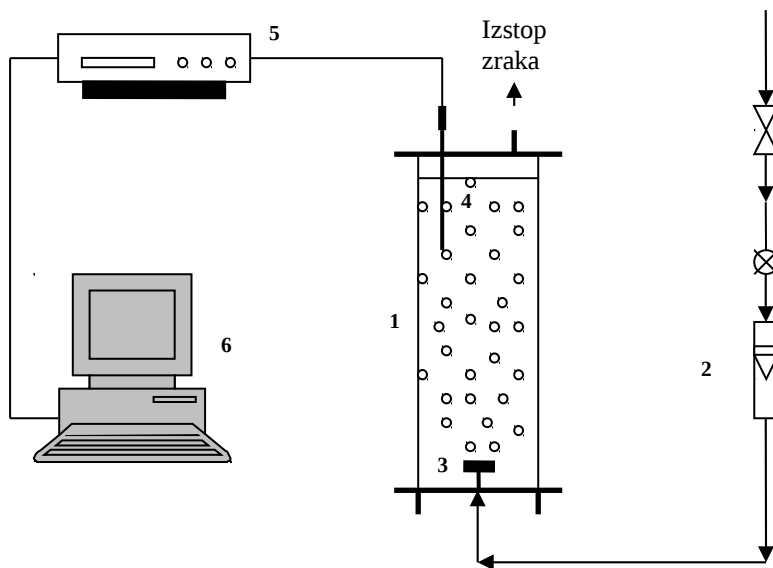
2. NALOGA

V laboratorijskem stolpnem bioreaktorju določiti volumenski koeficient snovnega prestopa kisika $k_L a$ pri različnih linearnih hitrostih zraka v_g z dinamično metodo absorpcije kisika iz zraka.

3. APARATURA

Legenda:

- 1 – stolpni bioreaktor
- 2 – merilec pretoka plinov
- 3 – distributor plinov
- 4 – kisikova elektroda
- 5 – merilec kisika
- 6 – računalnik



4. MERITVE IN IZRAČUNI

$$k_p: \boxed{0,386572} \quad \sum \Delta y: \boxed{2006,058}$$

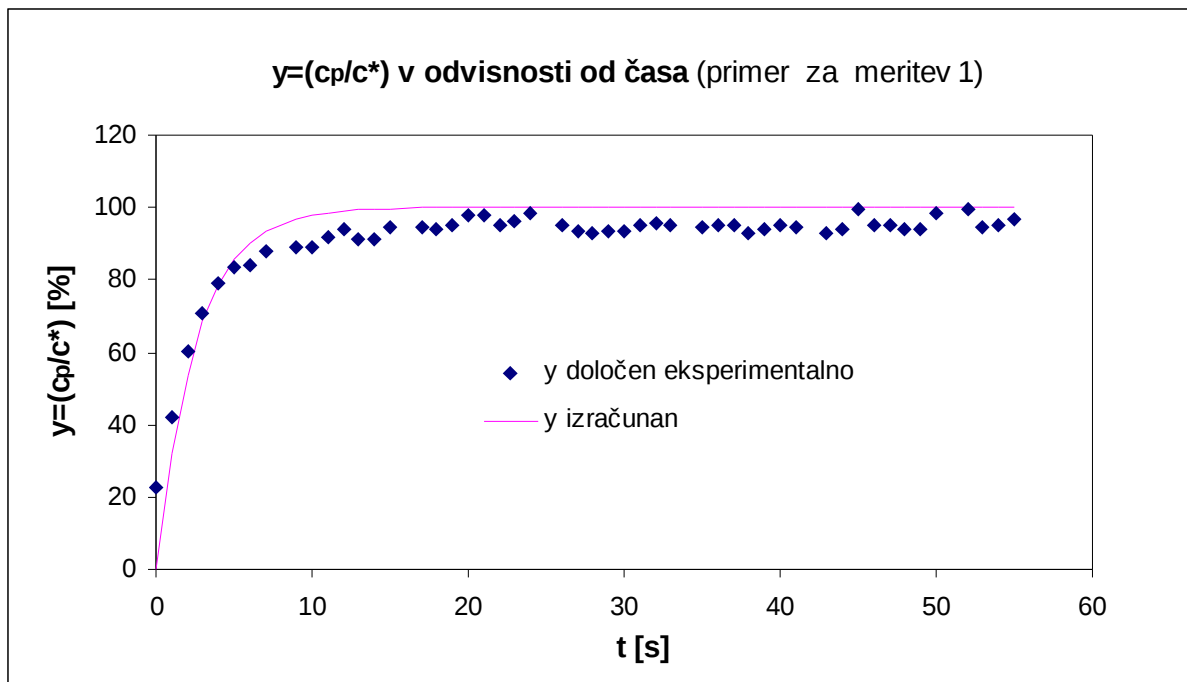
Najprej smo morali upoštevati zakasnitev elektrode:

| t [s] | $y_{izmerjen}$ [%] | $y_{izračunan}$ [%] | Δy [] |
|----------|-----------------------|------------------------|------------------|
| 0 | 22,6 | 0 | 510,76 |
| 1 | 42 | 32,06182 | 98,76737 |
| 2 | 60,2 | 53,84404 | 40,39822 |
| 3 | 70,9 | 68,64248 | 5,096386 |
| 4 | 79,2 | 78,69627 | 0,25374 |
| 5 | 83,6 | 85,52664 | 3,71193 |
| 6 | 84,1 | 90,16706 | 36,80923 |
| 7 | 87,7 | 93,31968 | 31,58081 |
| 9 | 88,9 | 96,91663 | 64,26643 |
| 10 | 89,1 | 97,90522 | 77,53186 |
| 11 | 91,6 | 98,57684 | 48,67634 |
| 12 | 93,9 | 99,03313 | 26,34906 |
| 13 | 91,4 | 99,34313 | 63,09329 |
| 14 | 91,3 | 99,55373 | 68,12411 |
| 15 | 94,4 | 99,69681 | 28,05624 |
| 17 | 94,4 | 99,86006 | 29,81228 |
| 18 | 94,1 | 99,90493 | 33,6972 |
| 19 | 95,1 | 99,93541 | 23,38119 |

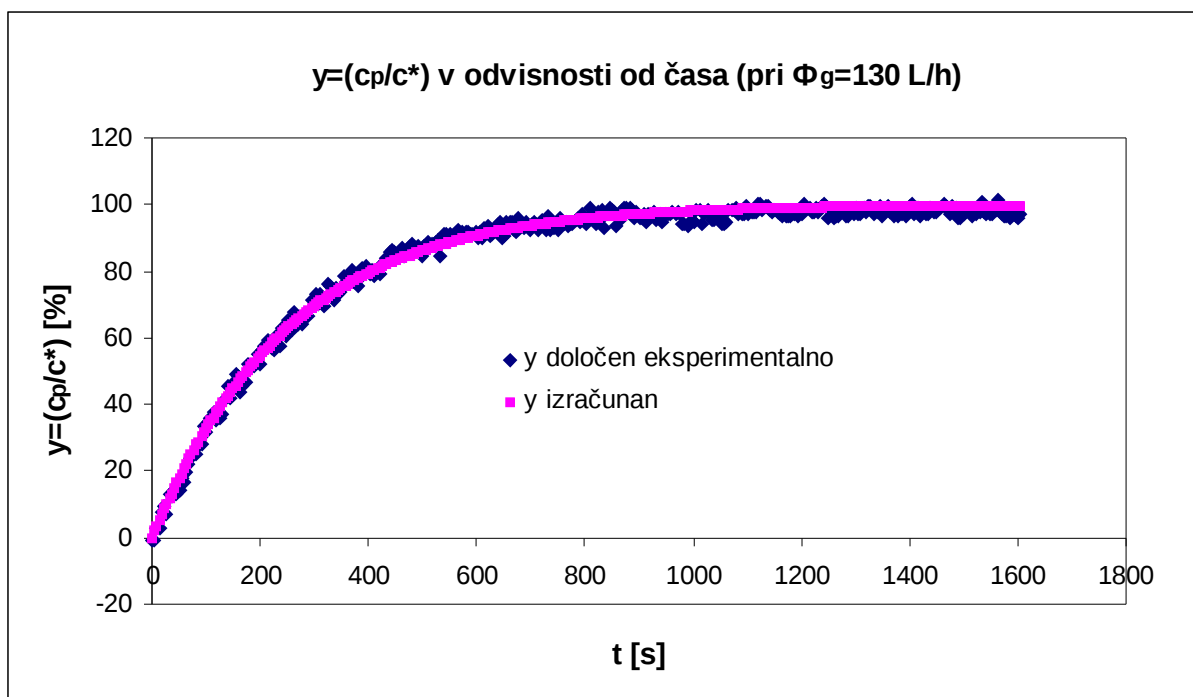
V odvisnosti od časa smo merili $y = \frac{C_P}{C^*}$, ta vrednost je količnik odziva elektrode C_P in končne koncentracije (topnosti) kisika v vodi C^* . Izbrali smo si določeno vrednost za konstanto elektrode k_p in jo varirali tako, da je bila razlika med y_{izm} in y_{izr} $\sum \Delta y$ minimalna. Meritev smo ponovili petkrat in nato vzeli končni k_p kot povprečje teh meritev.

...

| meritev: | k_p [s ⁻¹] |
|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 0,386572 |
| 2 | 0,209547 |
| 3 | 0,250639 |
| 4 | 0,216570 |
| 5 | 0,259288 |
| povprečni: | 0,264523 |



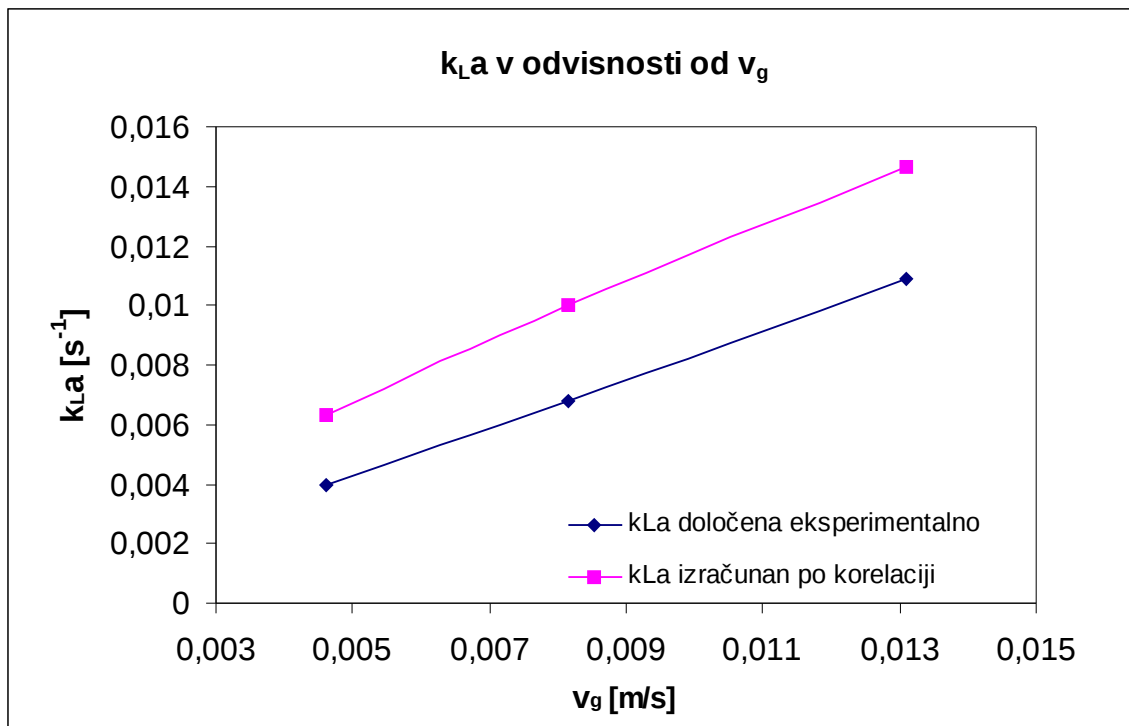
Nato smo poskus ponovili pri različnih Φ_g (130, 230 in 370 L/h) za določevanje k_{La} :



Spet smo izračunali k_{La} kot povprečje treh meritev:

| Φ_g | v_g | k_{La} (določen eksperimentalno) | k_{La} (izračunan po korelaciji) |
|----------|-------------|--|--|
| [L/h] | [m/s] | [s ⁻¹] | [s ⁻¹] |
| 130 | 0,004600142 | 0,003971 | 0,006343 |
| 230 | 0,008138712 | 0,006785 | 0,010012 |
| 370 | 0,013092711 | 0,010877 | 0,014646 |

5. REZULTATI



Kot vidimo iz zgornjega grafa k_{La} linearno narašča z v_g . Vidimo tudi, da je k_{La} izračunana eksperimentalno nekoliko manjša od tiste izračunane po korelaciji $k_{La} = b \cdot v_g^n$. Trend je enak, odstopanje pa majhno in pričakovano, glede na to, da je korelacija le ocena, ki parametrov ne obravnava dovolj specifično.