

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

VAJE IZ BIOTEHNOLOGIJE

7. VAJA – ULTRAFILTRACIJA

Ljubljana, 10. 11. 2007

1. NALOGA

Z uporabo ultrafiltracijske naprave (ploščni modul) z vodnimi raztopinami polietilenglikola in polivinilalkohola želimo določiti zadrževalni faktor R , koncentracijski faktor α , dobitek permeata δ , dobitek neprepuščenega dela Φ in povprečni R_m membrane pri podanih obratovalnih tlakih.

2. OSNOVE

Med procesom ultrafiltracije se napajalni tok loči na dva tokova, koncentrat oziroma retentant in permeat. Fluks, ki teče skozi membrano in ga poganja povprečna transmembranska tlačna razlika, povzroča, da vsak izmed tokov teče po svoji strani membrane s površino A in ima različno koncentracijo komponente, ki jo ločujemo.

Membrane so označene z MWCO vrednostjo (molecular weight cut off), ki jo dobimo z merjenjem koncentracije različnih makromolekul v koncentratu in permeatu v odvisnosti od molske mase. Fluks preko membrane:

$$j = \frac{\Phi_P}{A}$$

j fluks [L/m^2h]; Φ_P pretok permeata [L/h]; A površina membrane [m^2];

Transmembranska tlačna razlika:

$$\Delta P = \frac{P_v - P_{iz}}{2} - P_p - P_{oz}$$

ΔP transmembranska tlačna razlika [Pa, bar]; P_v vstopni tlak [Pa]; P_{iz} tlak na izstopu [Pa]; P_p zunanji tlak [Pa]; P_{oz} osmotski tlak [Pa];

Permeabilnost membrane:

$$P = \frac{j}{\Delta P} = \frac{1}{\eta \sum R_h}$$

P permeabilnost [L/m^2hPa]; η viskoznost [Pas]; $\sum R_h$ vsota hidravličnih uporov [m^{-1}];

Zadrževalni faktor:

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_r}$$

R zadrževalni faktor [/]; C_p koncentracija komponente, ki jo ločujemo, v permeatu [M]; C_r koncentracija komponente, ki jo ločujemo, v retentatu [M];

α koncentracijski faktor

$$\alpha = \frac{V_0}{V_r} = \frac{\Phi_0}{\Phi_r}$$

Δ dobitek permeata

$$\Delta = \frac{V_p}{V_0} = \frac{\Phi_p}{\Phi_0}$$

Φ dobitek neprepuščenega dela

$$\Phi = \frac{V_r C_r}{V_0 C_0} = \frac{\Phi_r C_r}{\Phi_0 C_0}$$

V_0 – začetni volumen

C_0 – koncentracija napajalne razt

Φ_0 – pretok napajalne raztopine

V_r – volumen retentata

C_r – koncentracija v retentatu

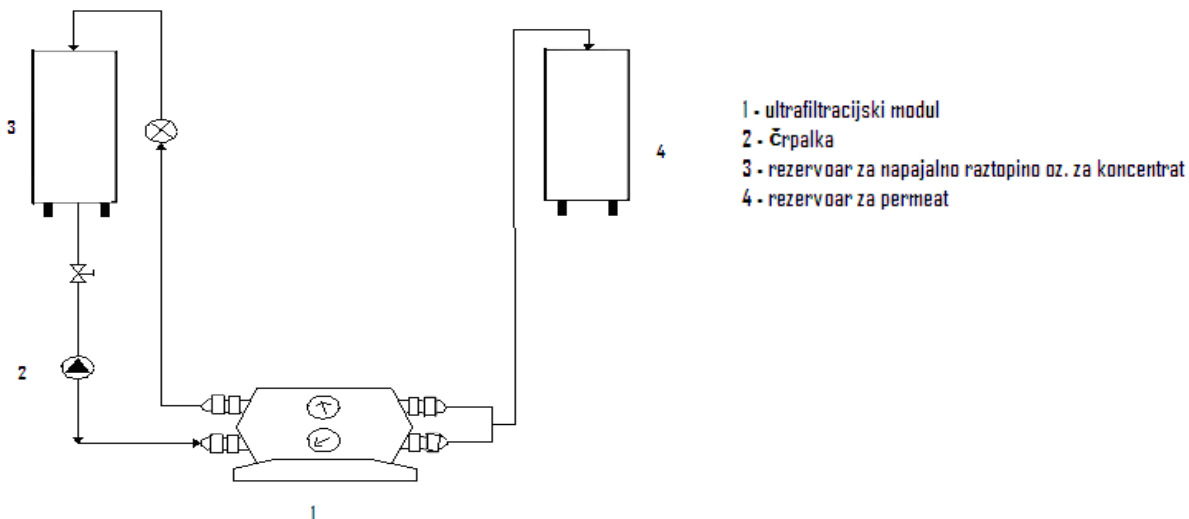
Φ_r – pretoka retentata

V_p – volumen permeata

C_p – koncentracija v permeatu

Φ_p – pretok permeata

3. APARATURA



4. MERITVE IN RAČUNI

Površina membrane $A = 0,1 \text{ m}^2$

Zunanji tlak $P_{\text{zun}} = 1 \text{ bar}$

Viskoznost vode $\eta_{\text{vode}} = 1 \text{ mPas}$

	PEG [g]	PVA [g]
$m_{\text{prazne čaše (permeat)}}$	98,3080	65,2156
$m_{\text{prazne čaše (permeat)}}$	108,8812	71,0951
$m_{\text{prazne čaše (koncentrat)}}$	100,2350	70,1781
$m_{\text{prazne čaše (koncentrat)}}$	111,4543	72,0064

	PEG [g]	PVA [g]
$m_{\text{čása + permeat}}$	98,5424	65,2358
$m_{\text{čása + permeat}}$	109,1223	71,1142
$m_{\text{čása + koncentrat}}$	100,3705	70,2625
$m_{\text{čása + koncentrat}}$	111,5902	72,0902

	PEG [g]	PVA [g]
$m_{\text{povprečna (permeat)}}$	0,23775	0,01965
$m_{\text{povprečna (koncentrat)}}$	0,1357	0,0841

PEG V [mL]	$p_1 \neq \text{konst.}$		$\Delta p_2 = 0,60 \text{ bar}$	
	t_1 [s]	Δt_1	t_2 [s]	Δt_2
50	9,5		6	
75	10,8	1,3	9	3
100	12	1,2	12	3
125	14	2	15	3
150	20	6	18	3
175	21,5	1,5	22	4
200	23	1,5	25	3
225	26	3	28	3
250	29	3	31	3
275	32	3	34	3
300	35	3	37	3
325	38	3	41	4
350	42	4	44	3
375	45	3	47	3
400	48	3	50	3
425	50	2	53	3
450	54	4	57	4
475	57	3	60	3
500	60	3	63	3
$\Phi_p =$	32,07921	L/h	28,42105	L/h
$j =$	320,7921	L/hm ²	284,2105	L/hm ²

VODA	$\Delta p_1 = 0,825 \text{ bar}$		$\Delta p_2 = 1,0 \text{ bar}$		$\Delta p_3 = 0,675 \text{ bar}$	
V [mL]	t_1 [s]	Δt_1	t_2 [s]	Δt_2	t_3 [s]	Δt_3
50	4		3		5	

75	6	2	5	2	7	2
100	8	2	7	2	10	3
125	10	2	9	2	13	3
150	12	2	11	2	16	3
175	15	3	13	2	18	2
200	17	2	15	2	21	3
225	19	2	16	1	24	3
250	21	2	18	2	26	2
275	24	3	20	2	29	3
300	26	2	22	2	32	3
$\Phi_p =$	40,90909	L/h	47,36842	L/h	33,33333	L/h
$j =$	409,0909	L/hm ²	473,6842	L/hm ²	333,3333	L/hm ²

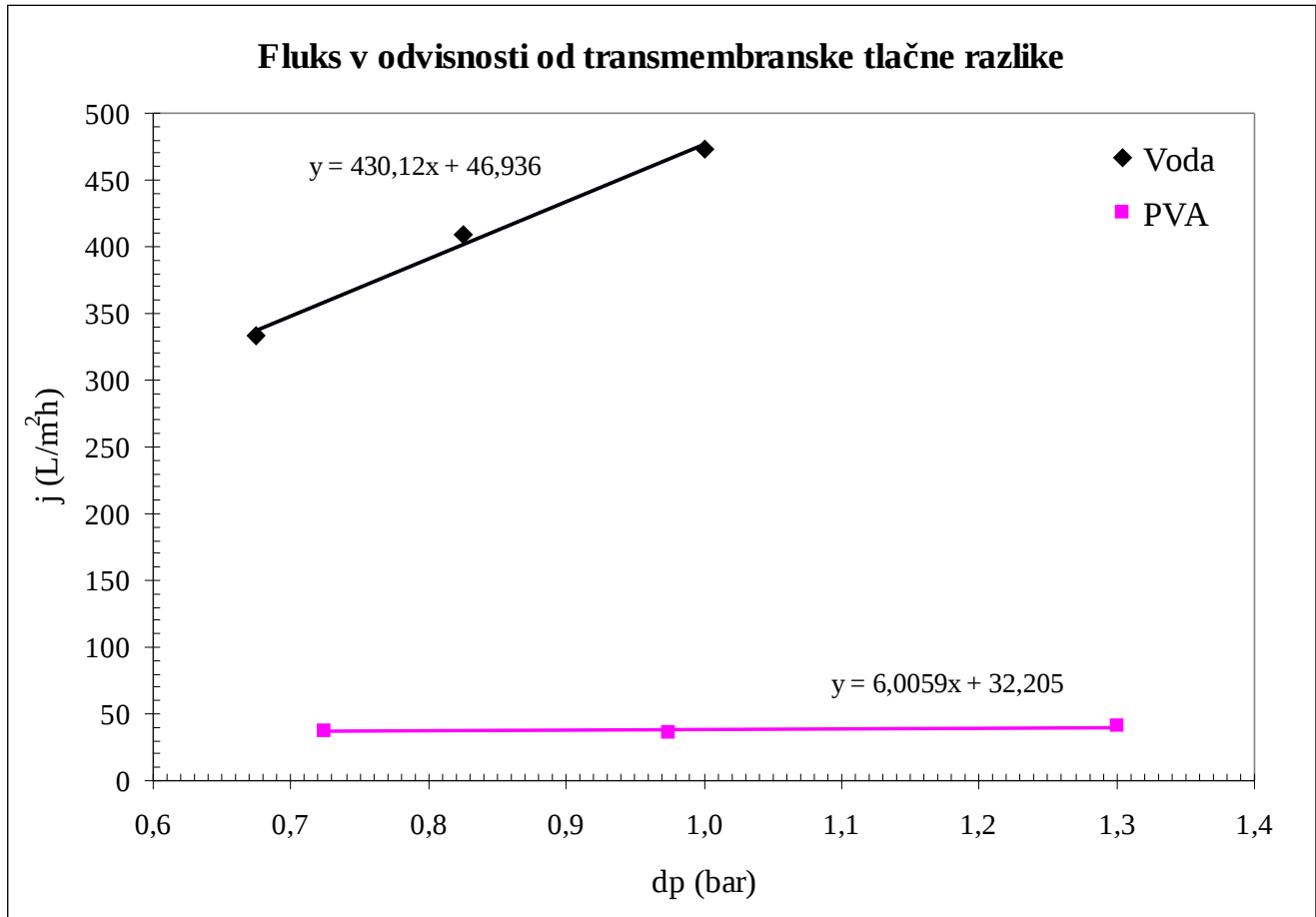
PVA	$\Delta p_1 = 0,725$ bar		$\Delta p_2 = 0,975$ bar		$\Delta p_3 = 1,300$ bar	
V [mL]	t_1 [s]	Δt_1	t_2 [s]	Δt_1	t_3 [s]	Δt_1
50	40		45		47	
75	64	24	69	24	67	20
100	85	21	94	25	87	20
125	107	22	118	24	110	23
150	132	25	143	25	131	21
175	158	26	168	25	154	23
200	182	24	192	24	178	24
225	207	25	220	28	201	23
$\Phi_p =$	3,772455	L/h	3,6	L/h	4,090909	L/h
$j =$	37,72455	L/hm ²	36	L/hm ²	40,90909	L/hm ²

	Δp [bar]	Φ_p [L/h]	j [L/hm ²]
PEG	/	32,07921	320,7921
	0,60	28,42105	284,2105
VODA	0,825	40,90909	409,0909
	1,0	47,36842	473,6842
	0,675	33,33333	333,3333
PVA	0,725	3,772455	37,72455
	0,975	3,6	36
	1,300	4,090909	40,90909

5. REZULTATI

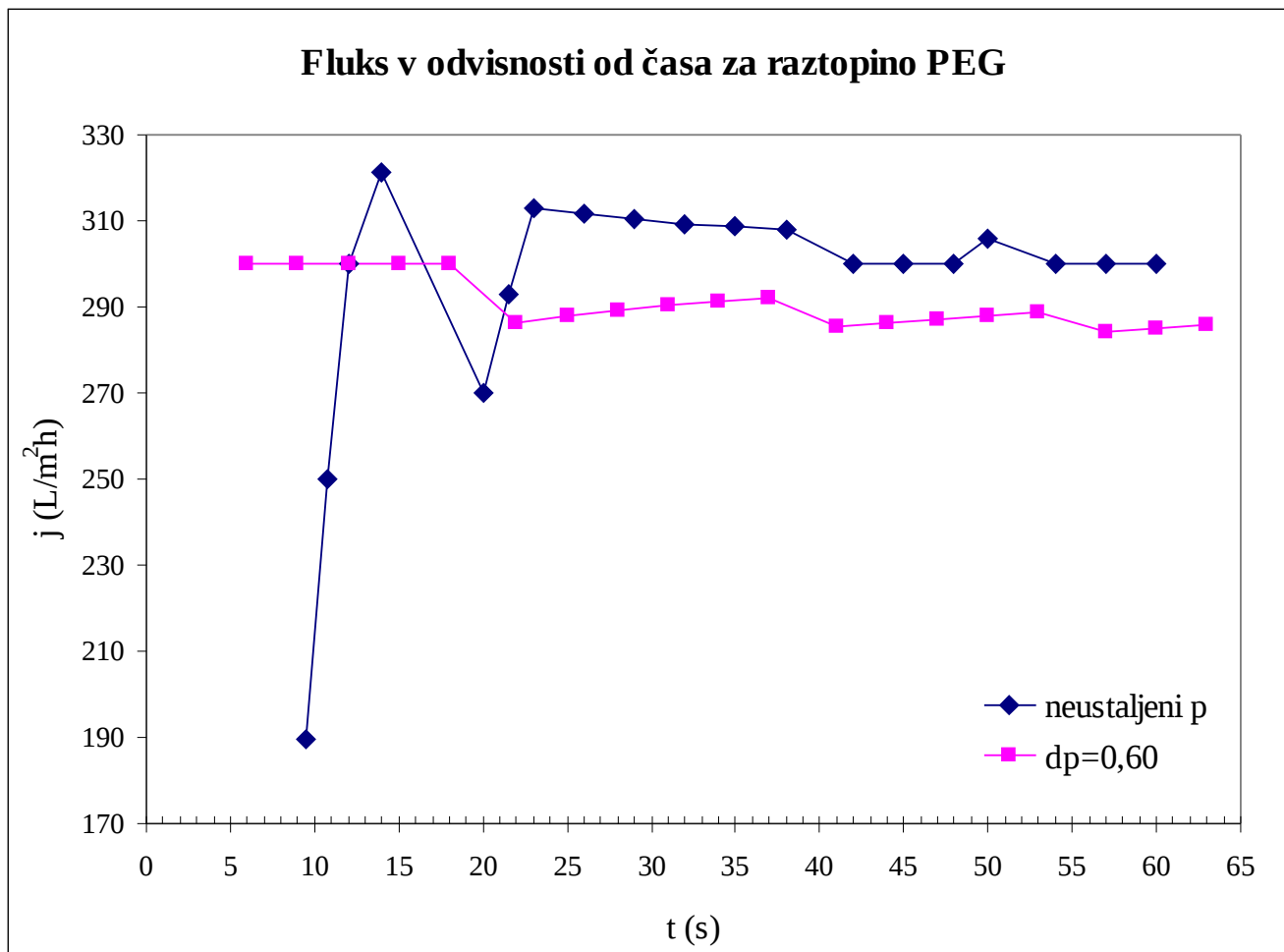
	Mr [g/mol]	c ₀ [g/L]	c _p [g/L]	c _r [g/L]	R []
PEG	2.000	10	9,51	5,428	-0,75203
PVA	72.000	2,5	0,786	3,364	0,76635

	Δp [bar]	t _{50ml} [s]	V ₀ [L]	V _p [L]	Φ _p [L/h]	Φ _r [L/h]	Φ ₀ [L/h]	α []	Δ []	Φ []
PVA	1,30	6,00	7,00	0,92	4,09	30,00	34,09	1,14	0,12	1,18
PEG	0,60	50,50	7,00	2,50	28,42	3,56	31,99	8,97	0,89	0,06



Naklon: 430,12

R_m = 2,325mPas



6. KOMENTAR

Prvi graf kaže, da se fluks permeata PVA z večanjem tlačne razlike ne povečuje. Sklepamo lahko, da je prišlo do koncentracijske polarizacije in tvorbe gela oz. plasti nasičene raztopine ob membrani. Vzrok za ta pojav sta velika molekulska masa in slaba topnost PVA.

Na podlagi drugega grafa sklepamo, da fluks s časom rahlo pada, torej, manjši je fluks, manjši je pretok permeata. V začetku obeh krivulj pa je viden velik vpliv ustaljene ali neustaljene (takoj po začetku eksperimenta) tlačne razlike med izvajanjem ultrafiltracije.

Dobitek permeata je bil pri PEG mnogo višji (89%) kot pri PVA (12%). To razložimo z dejstvom, da večje molekule hitreje povzročijo koncentracijsko polarizacijo in tako hitreje zmanjšajo prepustnost membrane.

Zadrževalni faktor R za PVA znaša 0,76635, kar pomeni, da membrana kar nekaj delcev zadrži. V primeru PEG smo izračunali negativen R. Ker lahko R zaseda le vrednosti med 0 in 1, zaključimo, da je prišlo do napake med samim izvajanjem eksperimenta.

Na podlagi prvega diagrama smo določili še hidravlični upor membrane R_m , ki znaša 2,325mPas . Določili smo ga tako, da smo ga izračunali iz naklona dobljene premice ob poznavanju podatka za viskoznost topila (vode).