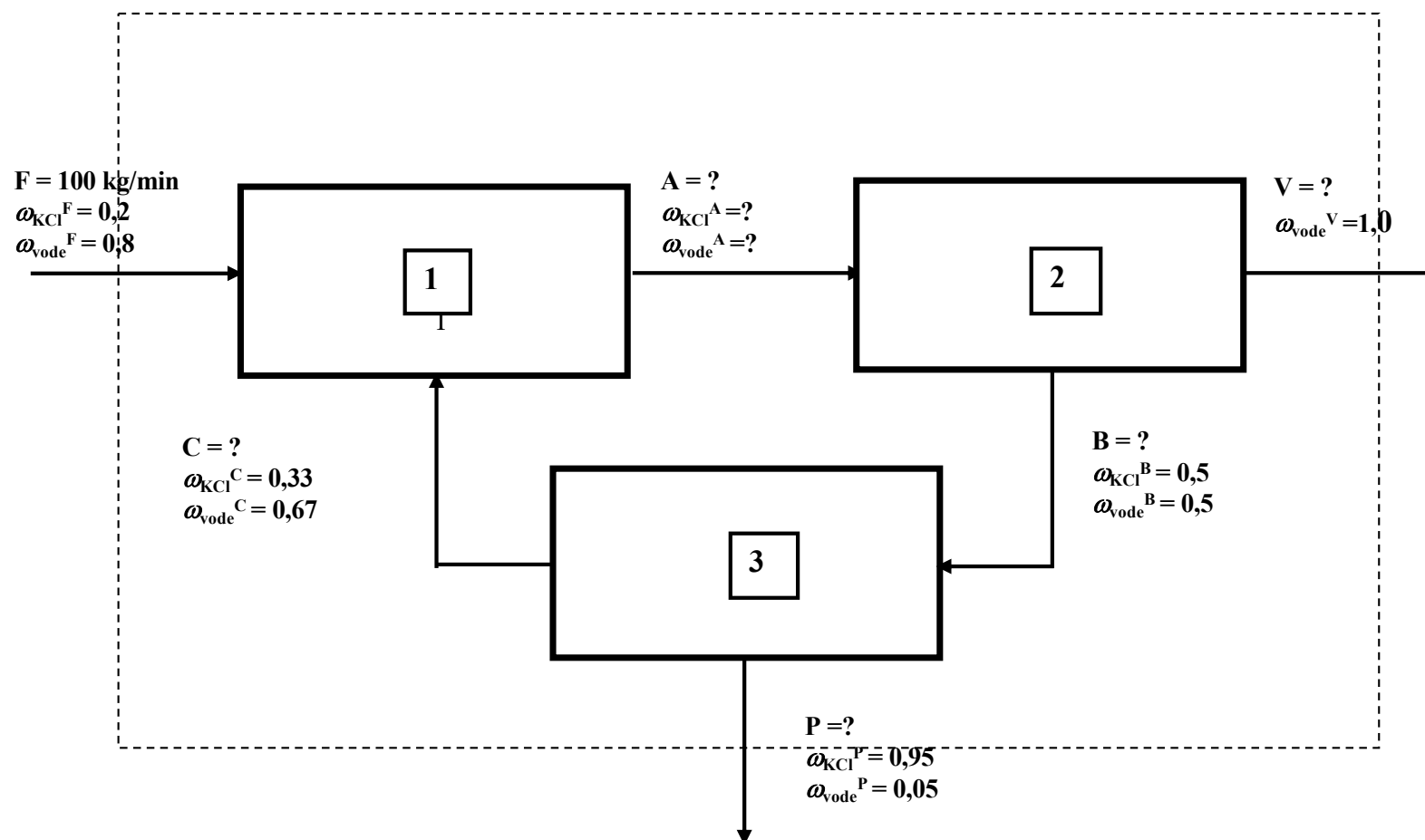


Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s više procesnih jedinica



Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s više procesnih jedinica

Kako kroz sustav prolazi dvokomponentna smjesa tvari za svaku procesnu jedinicu se mogu napisati jednačba za ukupnu bilancu tvari i po jedna jednačba za svaku komponentu što znači ukupno tri jednačbe za svaku procesnu jedinicu i tri jednačbe za cijeli proces. Prema tome maksimalan broj jednačbi bilance tvari za ovaj proces s 3 procesne jedinice je 12. Kako u procesu ima 7 nepoznanica dovoljno je napisati 7 nezavisnih bilancnih jednačbi. Analizom stupnjeva slobode proizlazi da je:

$$N_{df} = 12 - 7 = 5$$

Kako je $N_{df} > 0$ treba pažljivo proanalizirati sustav i dobiti baš 7 nezavisnih linearnih jednačbi čijim rješavanjem će se dobiti vrijednosti svih 7 nepoznanica.

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s više procesnih jedinica

Jedinica 1.

Ukupna bilanca:
$$F + C = A \quad (1)$$
$$100 \text{ kg/min} + C = A$$

Bilanca KCl-a:
$$\omega_{\text{KCl}}^F \cdot F + \omega_{\text{KCl}}^C \cdot C = \omega_{\text{KCl}}^A \cdot A \quad (2)$$
$$0,2 \cdot 100 \text{ kg/min} + 0,33 \cdot C = \omega_{\text{KCl}}^A \cdot A$$

Bilanca vode:
$$\omega_{\text{vode}}^F \cdot F + \omega_{\text{vode}}^C \cdot C = \omega_{\text{vode}}^A \cdot A \quad (3)$$
$$0,8 \cdot 100 \text{ kg/min} + 0,67 \cdot C = \omega_{\text{vode}}^A \cdot A$$

Jedinica 2.

Ukupna bilanca:
$$A = B + V \quad (4)$$

Bilanca KCl-a:
$$\omega_{\text{KCl}}^A \cdot A = \omega_{\text{KCl}}^B \cdot B \quad (5)$$
$$\omega_{\text{KCl}}^A \cdot A = 0,5 \cdot B$$

Bilanca vode:
$$\omega_{\text{vode}}^A \cdot A = \omega_{\text{vode}}^B \cdot B + V \quad (6)$$
$$\omega_{\text{vode}}^A \cdot A = 0,5 \cdot B + V$$

Jedinica 3.

Ukupna bilanca:
$$B = C + P \quad (7)$$

Bilanca KCl-a:
$$\omega_{\text{KCl}}^B \cdot B = \omega_{\text{KCl}}^C \cdot C + \omega_{\text{KCl}}^P \cdot P \quad (8)$$
$$0,5 \cdot B = 0,33 \cdot C + 0,95 \cdot P$$

Bilanca vode:
$$\omega_{\text{vode}}^B \cdot B = \omega_{\text{vode}}^C \cdot C + \omega_{\text{vode}}^P \cdot P \quad (9)$$
$$0,5 \cdot B = 0,67 \cdot C + 0,05 \cdot P$$

Cijeli proces:

Sveukupna bilanca:
$$F = V + P \quad (10)$$
$$100 \text{ kg/min} = V + P$$

Bilanca KCl-a:
$$\omega_{\text{KCl}}^F \cdot F = \omega_{\text{KCl}}^P \cdot P \quad (11)$$
$$0,2 \cdot 100 \text{ kg/min} = 0,95 \cdot P$$

Bilanca vode:
$$\omega_{\text{vode}}^F \cdot F = V + \omega_{\text{vode}}^P \cdot P \quad (12)$$
$$0,8 \cdot 100 \text{ kg/min} = V + 0,05 \cdot P$$

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s više procesnih jedinica

Da se utvrdi koje su jednadžbe nezavisne i koliko ih ima upotrijebit će se program RANG za kojega gornje jednadžbe treba napisati u matricnom obliku:

Matrica koeficijenata bilancnih jednadžbi:

Nepoznanice Jednadžba	A	B	C	V	P	$\omega_{\text{KCl}}^A \bullet A$	$\omega_{\text{ode}}^A \bullet A$
1	-1	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0,33	0	0	-1	0
3	0	0	0,67	0	0	0	-1
4	-1	0	-1	0	0	0	0
5	0	-0,5	0	0	0	1	0
6	0	-0,5	0	-1	0	0	1
7	0	1	-1	0	-1	0	0
8	0	0,5	-0,33	0	-0,95	0	0
9	0	0,5	-0,67	0	-0,05	0	0
10	0	0	0	1	0	0	0
11	0	0	0	0	0,95	0	0
12	0	0	0	1	0,05	0	0

Unošenjem ove matrice u računalo uz pomoć programa RANG, dobije se rješenje da je rang matrice $r = 7$ što znači da ima točno 7 nezavisnih jednadžbi za rješenje ovog problema. Zavisne jednadžbe su: (5), (6), (8), (10) i (12).

Rješavanjem sustava nezavisnih jednadžbi (1), (2), (3), (4), (7), (9) i (11) pomoću programa GAUSS uz unošenje vektora desne strane jednadžbi:

Vektor desne strane:

$$\begin{pmatrix} -100 \\ -20 \\ -80 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 20 \end{pmatrix}$$

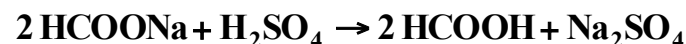
dobiju se sljedeća rješenja:

$$\begin{aligned} A &= 155,73 \text{ kg/min}; & B &= 76,78 \text{ kg/min}; & C &= 55,73 \text{ kg/min}; \\ V &= 78,96 \text{ kg/min}; & P &= 21,05 \text{ kg/min}; \\ \omega_{\text{KCl}}^A \bullet A &= 38,39 \text{ kg/min} \Rightarrow \omega_{\text{KCl}}^A = 0,25; \\ \omega_{\text{ode}}^A \bullet A &= 117,34 \text{ kg/min} \Rightarrow \omega_{\text{ode}}^A = 0,75; \end{aligned}$$

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s više procesnih jedinica

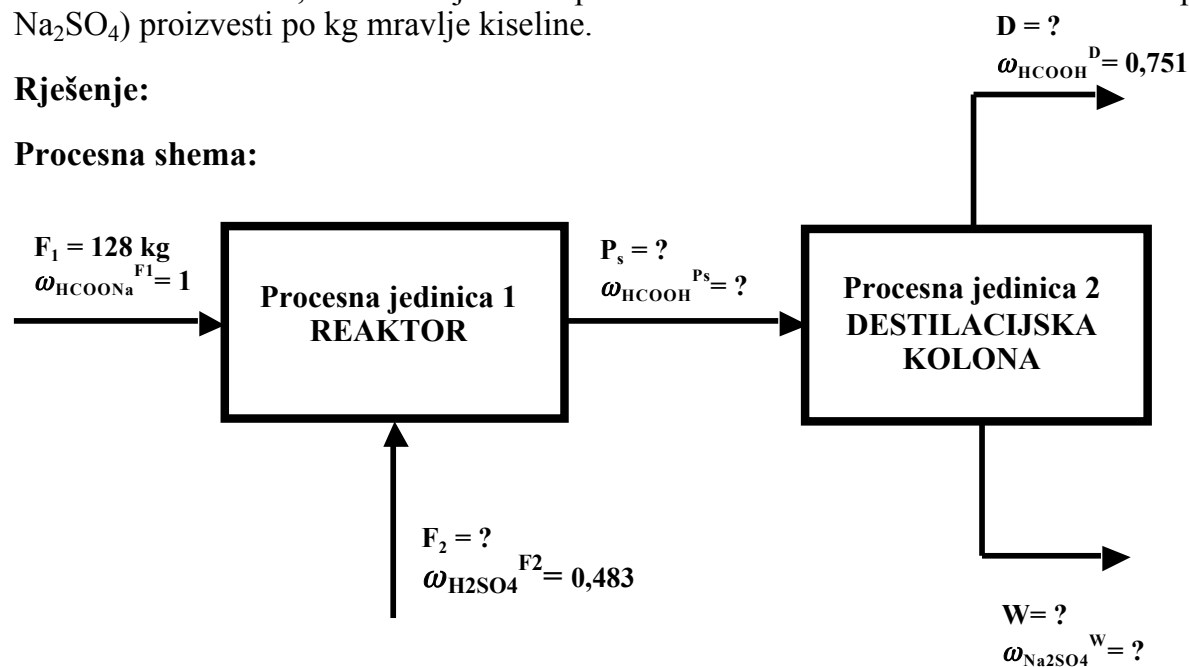
Mravlja kiselina se dobiva djelovanjem razrijeđene sulfatne kiseline na natrij-formijat u reaktoru prema reakciji:



Nakon reakcije se mravlja kiselina izdvaja iz reakcijske smjese destilacijom. Treba izračunati koliko će nastati 75,1 %-tne mravlje kiseline, ako reagira 128 kg natrij-formijata s 48,3 % sulfatnom kiselinom, te koliko je za to potrebno sulfatne kiseline i koliko će se otpada (otopina Na_2SO_4) proizvesti po kg mravlje kiseline.

Rješenje:

Procesna shema:



Ovo je problem s četiri nepoznanice i da se riješi potrebne su četiri nezavisne linearne jednačbe.

Baza: 128 kg HCOONa – $F_1 = 128 \text{ kg} / 68 \text{ kg/kmolu} = 1,88 \text{ kmola HCOONa}$

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s više procesnih jedinica

Reaktor:

Bilanca mravlje kiseline:

$$n_{\text{HCOOH}}, \text{ ulaz} + n_{\text{HCOOH}}, \text{ nastala reakcijom} = n_{\text{HCOOH}}, \text{ izlaz}$$

$$n_{\text{HCOOH}}, \text{ nastala reakcijom} = \frac{2 \text{ kmola HCOOH}}{2 \text{ kmola HCOONa}} \cdot 1,88 \text{ kmola HCOONa}$$

$$n_{\text{HCOOH}}, \text{ nastala reakcijom} = \underline{1,88 \text{ kmola}}$$

$$n_{\text{HCOOH}}, \text{ izlaz} \cdot M_{\text{HCOOH}} = \omega_{\text{HCOOH}}^{\text{Ps}} \cdot P_s$$

$$\omega_{\text{HCOOH}}^{\text{Ps}} \cdot P_s = 1,88 \text{ kmola} \cdot 46,02 \text{ kg/kmol}$$

$$\omega_{\text{HCOOH}}^{\text{Ps}} \cdot P_s = \underline{86,5 \text{ kg}}$$

Bilanca sulfatne kiseline:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4}, \text{ ulaz} - n_{\text{H}_2\text{SO}_4}, \text{ potrošena reakcijom} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4}, \text{ izlaz}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4}, \text{ potrošena reakcijom} = \frac{1 \text{ kmola H}_2\text{SO}_4}{2 \text{ kmola HCOONa}} \cdot 1,88 \text{ kmola HCOONa}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4}, \text{ potrošena reakcijom} = \underline{0,941 \text{ kmola}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4}, \text{ izlaz} = 0; \quad n_{\text{H}_2\text{SO}_4}, \text{ ulaz} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4}, \text{ potrošena reakcijom}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4}, \text{ ulaz} \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \omega_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{F}_2} \cdot F_2$$

$$\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{F}_2} \cdot F_2 = 0,941 \text{ kmola} \cdot 98 \text{ kg/kmolu}$$

$$\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{F}_2} \cdot F_2 = 92,24 \text{ kg}$$

$$F_2 = 92,24 \text{ kg}/0,482$$

$$\underline{F_2 = 191 \text{ kg}}$$

Destilacijska kolona:

$$\text{Bilanca mravlje kiseline: } \omega_{\text{HCOOH}}^{\text{Ps}} \cdot P_s = \omega_{\text{HCOOH}}^{\text{D}} \cdot D$$

$$86,5 \text{ kg} = 0,751 \cdot D$$

$$\underline{D = 115,2 \text{ kg}}$$

Cijeli proces:

$$\text{Sveukupna bilanca: } F_1 + F_2 = D + W$$

$$\underline{W = 203,8 \text{ kg}}$$

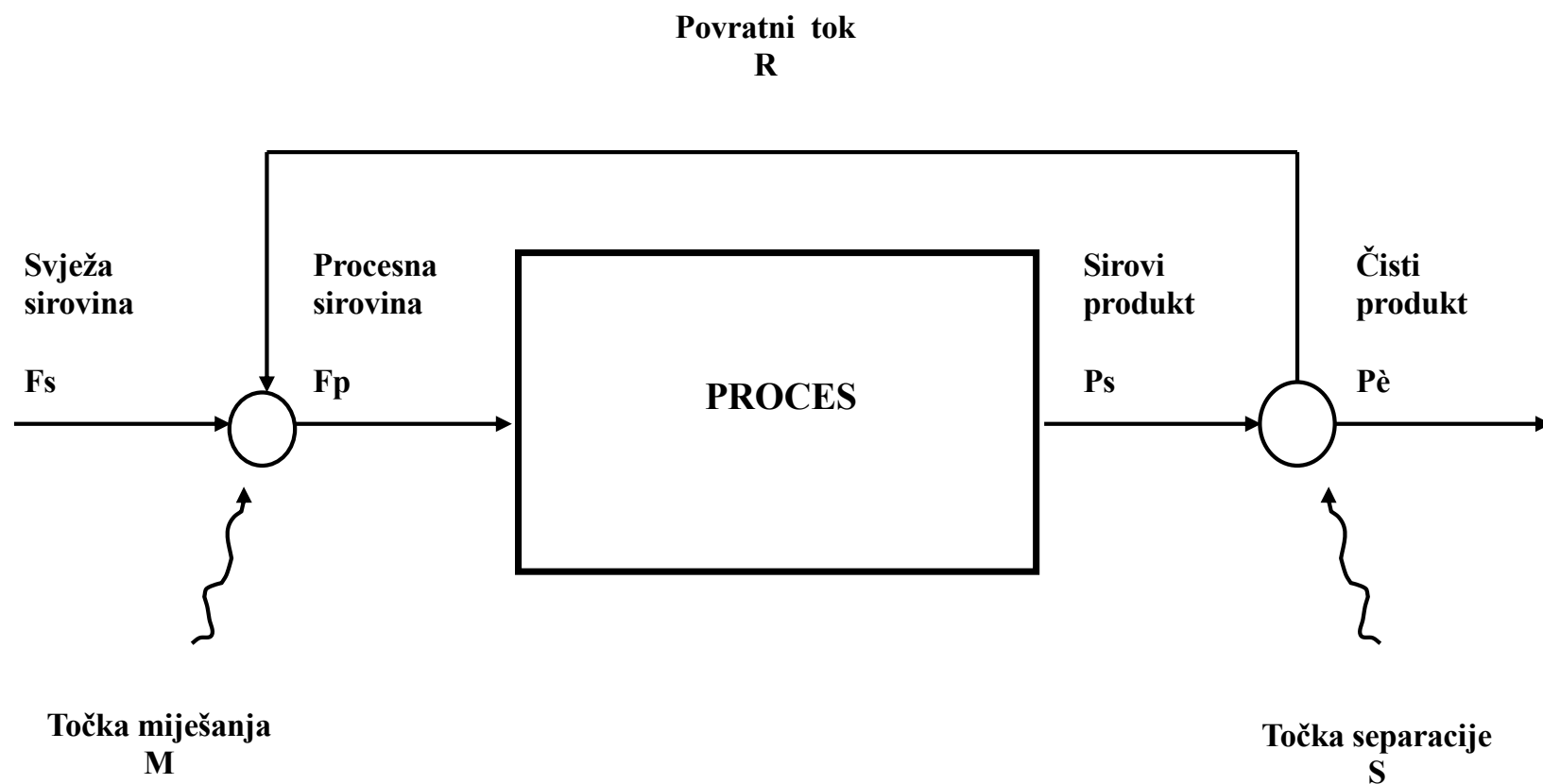
Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s povratnim tokom

Procesi s povratnim tokom se često susreću u kemijskoj i srodnim industrijama. Ti procesi su čovjekovo oponašanje prirode u kojoj sve tvari kruže. Primjeri tih procesa su npr. proces sušenja pri kojemu zbog uštede energije vlažni zrak recirkulira prije negoli napusti sušnicu, zatim procesi u kojima se zbog smanjenja cijene, sirovine koje ne reagiraju nakon odvajanja od produkata ponovo vraćaju u proces (proizvodnja amonijaka). Destilacijske kolone za frakcijsku destilaciju su isto primjer ovih procesa. U tim kolonama se dio destilata vraća kao refluks ponovo u kolonu i na taj način se stalno održava određena količina kapljevite faze u koloni.

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s povratnim tokom



Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s povratnim tokom

U procesima s povratnim tokom treba razlikovati svježu sirovinu F_s od procesne sirovine F_p . Procesna sirovina se sastoji od dva toka: toka svježe sirovine F_s i povratnog toka tvari R . Sirovi produkt koji izlazi iz procesa se razdvaja na dva toka: tok čistog produkta P_C i povratnog toka tvari R .

Sastav povratnog toka, ovisno o načinu separacije produkta može biti isti kao sastav sirovog produkta ili od njega različit.

Omjer recirkulacije je omjer povratnog toka i svježe sirovine:

$$\text{Omjer recirkulacije} = \frac{R}{F_s}$$

U procesima s povratnim tokom se bilance tvari postavljaju za:

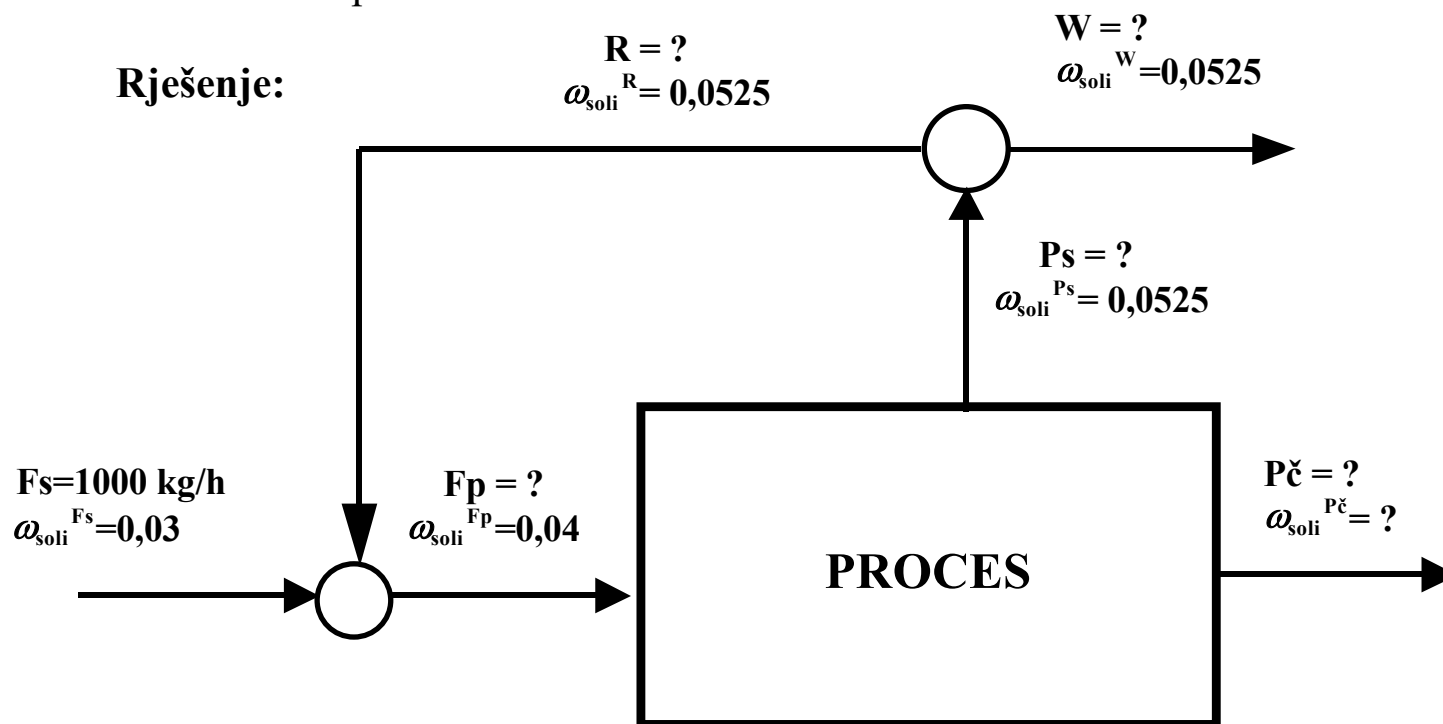
1. **Cijeli proces**
2. **Točku miješanja**
3. **Proces u procesnoj jedinici**
4. **Točku separacije**

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s povratnim tokom

Primjer 26: Morska voda se desalinizira reverznom osmozom u tzv. desalinizatoru. U desalinizator se uvodi 1000 kg/h morske vode, koja sadži 3 % soli. Čista voda po izlazu iz desalinizatora sadrži 500 ppm -a soli, a otpadna 5,25 % soli. Dio otpadne vode se ponovo vraća u proces. Treba izračunati omjer recirkulacije, ako procesna sirovina sadrži 4 % soli, te količinu čiste vode i otpadne vode.

Rješenje:



Baza: 1000 kg/h svježe slane vode na ulazu u desalinizator F_s

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s povratnim tokom

Udio soli u čistoj vodi se izračuna iz podatka da čista voda sadrži 500 ppm-a soli

$$\omega_{\text{soli}}^{\text{Pč}} = \frac{500 \text{ g soli}}{1000000 \text{ g otopine}}$$

$$\underline{\underline{\omega_{\text{soli}}^{\text{Pč}} = 0,0005}}$$

Ovo je problem s pet nepoznanica. Da se riješi potrebno je napisati pet nezavisnih bilancnih jednadžbi. Maksimalan broj jednadžbi je 12, jer tvar ima dvije komponente, a točka miješanja i točka razdvajanja su dvije procesne jedinice, pa ovaj proces možemo promatrati kao proces s tri procesne jedinice.

Analizom svih bilancnih jednadžbi ustanovilo se da su slijedećih pet nezavisnih:

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s povratnim tokom

Cijeli proces:

$$\begin{aligned} \text{Ukupna bilanca tvari:} \quad & F_s = P\check{c} + W \\ & 1000 \text{ kg/h} = P\check{c} + W \end{aligned} \quad (1)$$

Desalinizator:

$$\begin{aligned} \text{Bilanca soli:} \quad & \omega_{\text{soli}}^{Fp} \cdot F_p = \omega_{\text{soli}}^{Ps} \cdot P_s \\ & 0,04 \cdot F_p = 0,0525 \cdot P_s \end{aligned} \quad (2)$$

Točka miješanja:

$$\begin{aligned} \text{Bilanca soli:} \quad & \omega_{\text{soli}}^{Fs} \cdot F_s + \omega_{\text{soli}}^R \cdot R = \omega_{\text{soli}}^{Fp} \cdot F_p \\ & 30 \text{ kg/h} + 0,0525 \cdot R = 0,04 \cdot F_p \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Ukupna bilanca tvari:} \quad & F_s + R = F_p \\ & 1000 \text{ kg/h} + R = F_p \end{aligned} \quad (4)$$

Točka razdvajanja:

$$\begin{aligned} \text{Bilanca soli:} \quad & \omega_{\text{soli}}^{Ps} \cdot P_s = \omega_{\text{soli}}^R \cdot R + \omega_{\text{soli}}^{P\check{c}} \cdot P\check{c} + \omega_{\text{soli}}^W \cdot W \\ & 0,0525 \cdot P_s = 0,0525 \cdot R + 0,0005 \cdot P\check{c} + 0,0525 \cdot W \end{aligned} \quad (5)$$

Ovaj sustav linearnih jednadžbi se može riješiti na sljedeći način:

Kombinacijom jednadžbi (2),(3) i (5) se dobije:

$$\begin{aligned} \omega_{\text{soli}}^{Fs} \cdot F_s = \omega_{\text{soli}}^{P\check{c}} \cdot P\check{c} + \omega_{\text{soli}}^W \cdot W \\ 30 \text{ kg/h} = 0,0005 \cdot P\check{c} + 0,0525 \cdot W \end{aligned} \quad (6)$$

Kombinacijom jednadžbe (6) i jednadžbe (1) dobije se:

$$30 \text{ kg/h} = 0,0005 \cdot P\check{c} + 0,0525 \cdot (1000 \text{ kg/h} - P\check{c})$$

jednadžba s jednom nepoznicom čija je vrijednost:

$$\underline{P\check{c} = 432,7 \text{ kg/h}}$$

Uvrštavanjem ove vrijednosti u jednadžbu 1 dobije se:

$$\underline{W = 567,3 \text{ kg/h}}$$

Uvrštavanjem jednadžbe (4) u jednadžbu (3) dobije se jednadžba s jednom nepoznicom:

$$\begin{aligned} \omega_{\text{soli}}^{Fp} \cdot (F_s + R) = \omega_{\text{soli}}^{Fs} \cdot F_s + \omega_{\text{soli}}^R \cdot R \\ 0,04 \cdot (1000 \text{ kg/h} + R) = 30 \text{ kg/h} + 0,0525 \cdot R \end{aligned}$$

čije je rješenje:

$$\underline{R = 800 \text{ kg/h}}$$

Omjer recirkulacije je $800 \text{ kg/h} / 1000 \text{ kg/h} = 0,8$

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s povratnim tokom

Sustav ovih pet nezavisnih jednadžbi se može riješiti i pomoću programa GAUSS, ako se jednadžbe prikažu u matričnom obliku:

Matrica koeficijenata jednadžbi:

<u>Nepoznanice →</u> <u>Jednadžba</u>	<u>Fp</u>	<u>Ps</u>	<u>R</u>	<u>W</u>	<u>Pč</u>
↓					
1	0	0	0	1	1
2	0,04	-0,0525	0	0	0
3	-0,04	0	0,0525	0	0
4	-1	0	1	0	0
5	0	0,0525	-0,0525	-0,0525	-0,0005

Vektor desne strane:

$$\begin{pmatrix} 1000 \\ -30 \\ -1000 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Rješenja:

$Fp = 1800 \text{ kg/h} ; Ps = 1371 \text{ kg/h} ; R = 800 \text{ kg/h} ; W = 567,3 \text{ kg/h} ; Pč = 432,7 \text{ kg/h}$

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s povratnim tokom

U procesima s povratnim tokom i kemijskom reakcijom je jedna procesna jedinica kemijski reaktor. Stoga treba razlikovati ukupnu konverziju reaktanata i konverziju reaktanata po jednom prolazu kroz reaktor.

Ukupna konverzija

$$\text{Ukupna konverzija} = \frac{\text{množina reaktanata na ulazu u proces} - \text{množina reaktanata na izlazu iz procesa}}{\text{množina reaktanata na ulazu u proces}}$$

$$X_{A, \text{ukupna}} = \frac{x_A^{Fs} \cdot F_s - x_A^{Pč} \cdot Pč}{x_A^{Fs} \cdot F_s}$$

Konverzija po jednom prolazu

$$\text{Konverzija po jednom prolazu} = \frac{\text{množina reaktanata na ulazu u reaktor} - \text{množina reaktanata na izlazu iz reaktora}}{\text{množina reaktanata na ulazu u reaktor}}$$

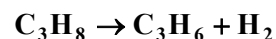
$$X_{A, \text{po jednom prolazu}} = \frac{x_A^{Fp} \cdot F_p - x_A^{Ps} \cdot P_s}{x_A^{Fp} \cdot F_p}$$

Zapravo konverzija reaktanata po jednom prolazu kroz reaktor je konverzija koja se ostvaruje kemijskom pretvorbom.

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s povratnim tokom

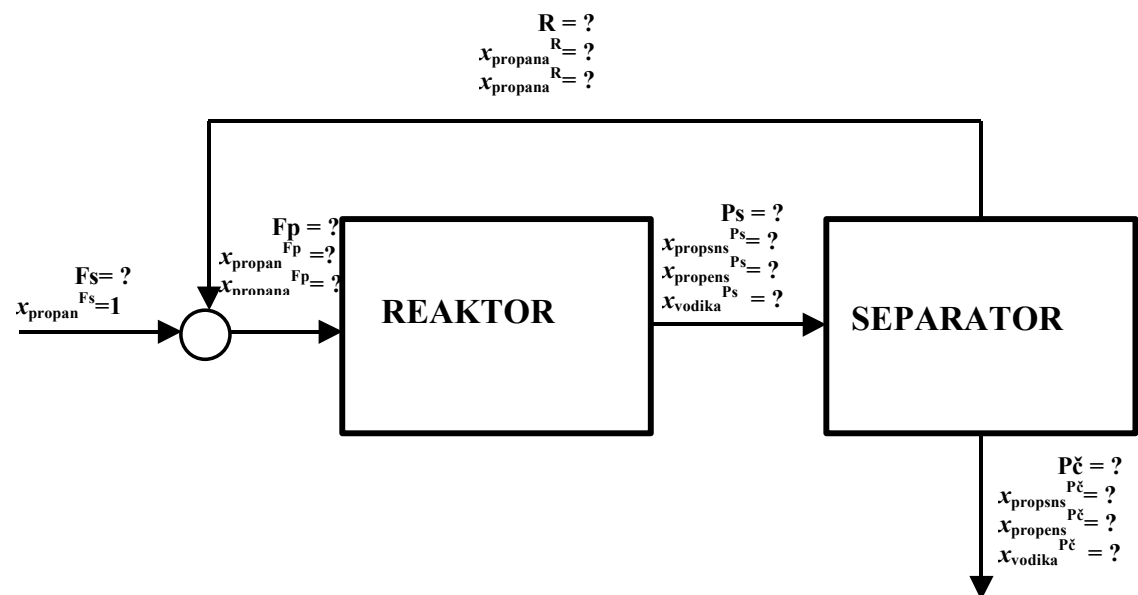
Primjer 27: Dehidriranjem propana nastaje propen prema reakciji:



Proces je projektiran tako da se u njemu ostvaruje 95 %-tna ukupna konverzija reaktanata. Produkt po izlazu iz reaktora sadrži H_2 , C_3H_6 i C_3H_8 . Čisti produkt sadrži 0,555 % propana koji izlazi iz reaktora. U proces se vraća neproreagirani propan i 5 % propena iz čistog produkta. Treba izračunati sastav čistog produkta, omjer recirkulacije i konverziju reaktanata po jednom prolazu kroz reaktor.

Rješenje:

Procesna shema:



Baza: 100 kmola svježeg propana F_s

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s povratnim tokom

Iz podatka da je ukupna konverzija propana 95 % izračuna se množina tvari na izlazu iz procesa:

$$\text{Ukupna konverzija propana} = \frac{n_{\text{propan, ulaz procesa}} - n_{\text{propan, izlaz procesa}}}{n_{\text{propan, ulaz procesa}}}$$

$$n_{\text{propan, izlaz procesa}} = n_{\text{propan, ulaz procesa}} \cdot (1 - 0,95)$$

$$n_{\text{propan, izlaz procesa}} = \underline{\underline{5 \text{ kmola}}}$$

$$n_{\text{propan, izlaz procesa}} = x_{\text{propan}}^{\text{Pč}} \cdot P\check{\text{c}}$$

$$\underline{\underline{x_{\text{propan}}^{\text{Pč}} \cdot P\check{\text{c}} = 5 \text{ kmola}}}$$

Ostale nepoznanice se rješavaju pomoću bilanci tvari.

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s povratnim tokom

Cijeli proces:

$$\text{Bilanca propena: } n_{\text{propen, ulaz procesa}} + n_{\text{propean, nastao reakcijom}} = n_{\text{propen, izlaz procesa}}$$

$$n_{\text{propen, ulaz procesa}} = 0$$

$$n_{\text{propean, nastao reakcijom}} = \frac{1 \text{ kmol propena}}{1 \text{ kmol propana}} \cdot n_{\text{propan, ulaz procesa}} \cdot X_{\text{propana}}$$

$$n_{\text{propean, nastao reakcijom}} = 100 \text{ kmola} \cdot 0,95$$

$$n_{\text{propen, izlaz procesa}} = \underline{95 \text{ kmola}}$$

$$n_{\text{propen, izlaz procesa}} = x_{\text{propen}}^{\text{Pč}} \cdot P\check{\text{c}}$$

$$\underline{x_{\text{propen}}^{\text{Pč}} \cdot P\check{\text{c}} = 95 \text{ kmola}}$$

$$\text{Bilanca vodika: } n_{\text{vodik, ulaz procesa}} + n_{\text{vodik, nastao reakcijom}} = n_{\text{vodik, izlaz procesa}}$$

$$n_{\text{vodik, ulaz procesa}} = 0$$

$$n_{\text{vodik, nastao reakcijom}} = \frac{1 \text{ kmol vodika}}{1 \text{ kmol propana}} \cdot n_{\text{propan, ulaz procesa}} \cdot X_{\text{propana}}$$

$$n_{\text{vodik, nastao reakcijom}} = 100 \text{ kmola} \cdot 0,95$$

$$n_{\text{vodik, izlaz procesa}} = \underline{95 \text{ kmola}}$$

$$n_{\text{vodik, izlaz procesa}} = x_{\text{vodik}}^{\text{Pč}} \cdot P\check{\text{c}}$$

$$\underline{x_{\text{vodik}}^{\text{Pč}} \cdot P\check{\text{c}} = 95 \text{ kmola}}$$

$$x_{\text{propan}}^{\text{Pč}} \cdot P\check{\text{c}} + x_{\text{propen}}^{\text{Pč}} \cdot P\check{\text{c}} + x_{\text{vodik}}^{\text{Pč}} \cdot P\check{\text{c}} = P\check{\text{c}}$$

$$\underline{P\check{\text{c}} = 195 \text{ kmola}}$$

$$\underline{x_{\text{propan}}^{\text{Pč}} = 0,026 ; x_{\text{propen}}^{\text{Pč}} = 0,487 ; x_{\text{vodik}}^{\text{Pč}} = 0,487}$$

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s povratnim tokom

Propan na izlazu iz reaktora se izračuna iz podatka da čisti produkt sadrži 0,555 % propana koji izlazi iz reaktora.

$$x_{\text{propan}}^{\text{Ps}} \cdot P_s \cdot 0,0055 = x_{\text{propan}}^{\text{Pč}} \cdot P_{\text{č}}$$

$$x_{\text{propan}}^{\text{Ps}} \cdot P_s = \underline{909 \text{ kmola}}$$

Propan u povratnom toku se izračuna iz bilance propana u separatoru:

Separator:

Bilanca propana:

$$x_{\text{propan}}^{\text{Ps}} \cdot P_s = x_{\text{propan}}^{\text{R}} \cdot R + x_{\text{propan}}^{\text{Pč}} \cdot P_{\text{č}}$$

$$909 \text{ kmola} = x_{\text{propan}}^{\text{R}} \cdot R + 5 \text{ kmola}$$

$$\underline{x_{\text{propan}}^{\text{R}} \cdot R = 904 \text{ kmola}}$$

Propen se u povratnom toku izračuna iz podatka da povratni tok sadrži 5 % propena koji se nalazi u čistom produktu:

$$x_{\text{propan}}^{\text{R}} \cdot R = 0,05 \cdot x_{\text{propan}}^{\text{Pč}} \cdot P_{\text{č}}$$

$$\underline{x_{\text{propan}}^{\text{R}} \cdot R = 4,75 \text{ kmola}}$$

Kako je:

$$x_{\text{propan}}^{\text{R}} \cdot R + x_{\text{propan}}^{\text{R}} \cdot R = R$$

to je:

$$\underline{R = 908,75 \text{ kmola}}$$

Omjer recirkulacije je: $R/F_s = 9$ kmola povratnog toka po kmolu svježe sirovine.

Da se izračuna konverzija po jednom prolazu kroz reaktor treba još riješiti bilancu propana u točki miješanja.

Točka miješanja:

Bilanca propana:

$$x_{\text{propan}}^{\text{Fs}} \cdot F_s + x_{\text{propan}}^{\text{R}} \cdot R = x_{\text{propan}}^{\text{Fp}} \cdot F_p$$

$$100 \text{ kmola} + 904 \text{ kmola} = x_{\text{propan}}^{\text{Fp}} \cdot F_p$$

$$\underline{x_{\text{propan}}^{\text{Fp}} \cdot F_p = 1004 \text{ kmola}}$$

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s povratnim tokom

Konverzija po jednom prolazu kroz reaktor je:

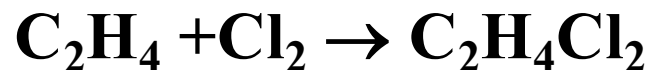
$$\text{Konverzija po jednom prolazu kroz reaktor} = \frac{x_{\text{propan}}^{\text{Fp}} \cdot \text{Fp} - x_{\text{propan}}^{\text{Ps}} \cdot \text{Ps}}{x_{\text{propan}}^{\text{Fp}} \cdot \text{Fp}}$$

$$\text{Konverzija po jednom prolazu kroz reaktor} = \frac{1004 \text{ kmola} - 904 \text{ kmola}}{1004 \text{ kmola}}$$

$$\text{Konverzija po jednom prolazu kroz reaktor} = \underline{\underline{0,095}} \Rightarrow \underline{\underline{9,5\%}}$$

6. Domaća zadaća

1. **Dikloretan ($C_2H_4Cl_2$) se proizvodi kloriranjem etena (C_2H_4) prema reakciji:**



Eten se dovodi u reaktor u 40 %-tnom suvišku, a konverzija po jednom prolazu kroz reaktor je 30 %. Neprореagirani eten i Cl_2 se potpuno odvajaju u kondenzatoru (ukupna konverzija je 100 %) i vraćaju u proces . Ako u reakciji nastaje 100 kmol/dan dikloretana, treba izračunati količinu i sastav povratnog toka, količinu svježeg etena koji se dovodi u proces, te omjer recirkulacije.