Pythonøving 2 – Prosessteknikk

Oppgave 1: Totalt får vi disse rx'enene

(1) $CH_4 + H_2O \rightleftharpoons CO + 3H_2$ $\quad K_1 = 710$

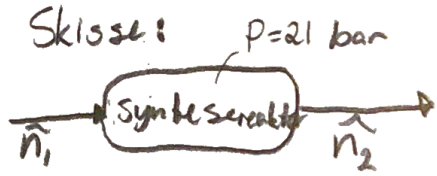
(2) $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ $\quad K_2 = 0,81$

(3) $C_2H_6 + 2H_2O \rightarrow 2CO + 5H_2$

(4) $C_3H_8 + 3H_2O \rightarrow 3CO + 7H_2$

(5) $C_4H_{10} + 4H_2O \rightarrow 4CO + 9H_2$

Skisse:



$2,5\ (H_2O) : 1\ (naturgass)$

Anta totalt mol naturgass $(\hat{n}_1) = 100$ mol

$\Rightarrow \hat{n}_{1(H_2O)} = 250$ mol

$\varepsilon_1 = ?$

$\varepsilon_2 = ?$

$\varepsilon_3 = \frac{15}{5} = 3$

$\varepsilon_4 = 0,5$

$\varepsilon_5 = 0,4$

N_2: $n_2 = n_1 = 0,6$ mol

CH_4: $n_2 - n_1 - \varepsilon_1 = (95,5 - \varepsilon_1)$ mol

CO: $n_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + 2\varepsilon_3 + 3\varepsilon_4 + 4\varepsilon_5 = (9,1 + \varepsilon_1 - \varepsilon_2)$ mol

H_2O: $n_2 = n_1 - \varepsilon_1 - \varepsilon_2 - 2\varepsilon_3 - 3\varepsilon_4 - 4\varepsilon_5 = (240,9 - \varepsilon_1 - \varepsilon_2)$ mol

H_2: $n_2 = 3\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + 5\varepsilon_3 + 7\varepsilon_4 + 9\varepsilon_5 = (22,1 + 3\varepsilon_1 + \varepsilon_2)$ mol

CO_2: $n_2 = \varepsilon_2$

De tyngre hydrokarbonene reagerer fullstendig, vi kan se bort fra dem.

$\hat{n}_{2\,tot} = 368,2 \text{ mol} + 2\varepsilon_1$

$$K_1 = 710 = \frac{n_2(CO) \cdot n_2(H_2)^3}{n_2(CH_4) \cdot n_2(H_2O)} \cdot \left(\frac{P}{n_{tot}}\right)^2$$

$$K_2 = 0,81 = \frac{n_2(CO_2) \cdot n_2(H_2)}{n_2(CO)\, n_2(H_2O)}$$

Setter inn i python

Får $\varepsilon_1 = 75,5$ mol, $\varepsilon_2 = 24,9$ mol

Setter inn i likningene over, får =>

Sammensetning synsegass

Komponent	Molprosent
CO	11,5
CO_2	4,8
CH_4	3,9
H_2	52,7
N_2	0,1
H_2O	27,1

Oppgave 2:

a)

Kaldstrøm: $\hat{m}_C (H_C^{ut} - H_C^{inn}) = Q$

$$\hat{m}_C \cdot c_{p,C} (T_C^{ut} - T_C^{inn}) = Q$$

$$T_C^{ut} = \frac{Q}{\hat{m}_C \cdot c_{p,C}} + T_C^{inn}$$

Varm strøm: $\hat{m}_H (H_H^{inn} - H_H^{ut}) = Q$

$$\hat{m}_H \cdot c_{p,H} (T_H^{inn} - T_H^{ut}) = Q$$

$$T_H^{ut} = T_H^{inn} - \frac{Q}{\hat{m}_H \cdot c_{p,H}}$$

Videre har vi at $Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{lm}$

$$Q = U \cdot A \cdot \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)}$$

For motstrøm
$\Delta T_1 = T_H^{inn} - T_C^{ut}$
$\Delta T_2 = T_H^{ut} - T_C^{inn}$

b) Med de tre likningene over, kan settet løses.

$T_H^{ut} = 33{,}6\,°C$, $T_C^{ut} = 49{,}5\,°C$

c) $Q = 246\,kW$

d)

$\hat{m}_C$ [kg/s]	T_C^{ut} [°C]	T_H^{ut} [°C]	Q [kW]
12	33,6	49,5	246,0
15	31,2	49,0	252,3
20	28,6	48,4	258,8
25	27,0	48,1	262,7
30	25,9	47,9	265,3

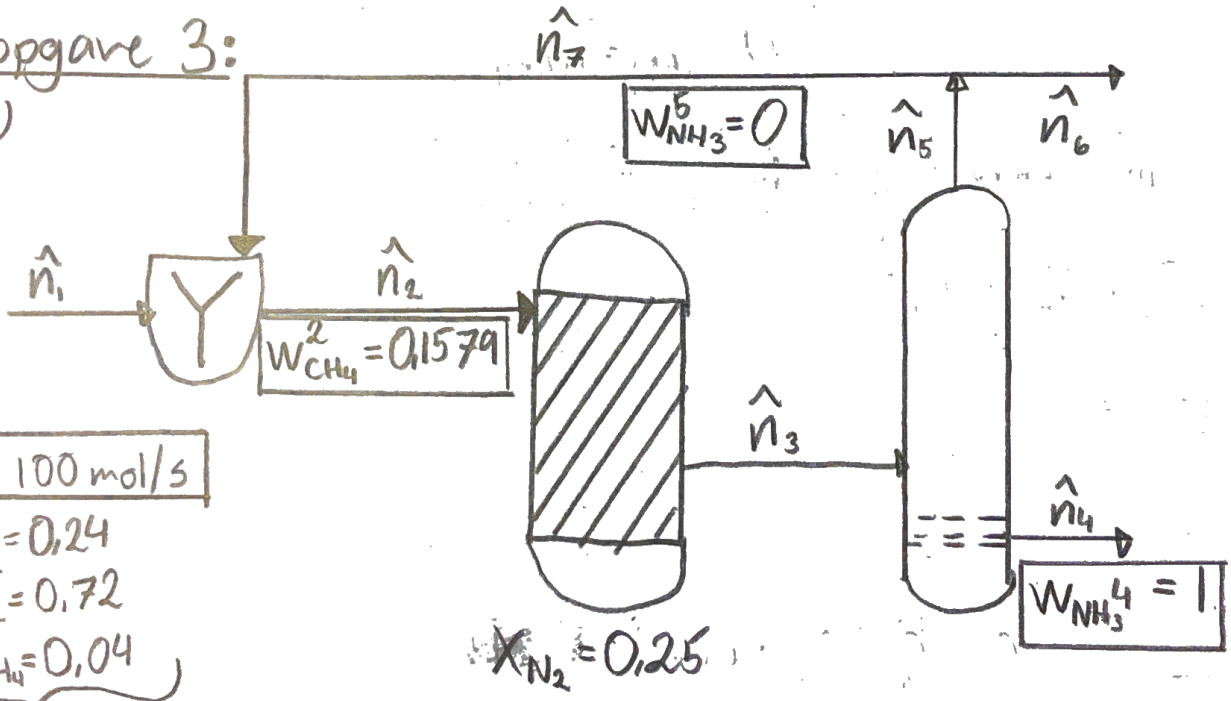
e) Større $\hat{m}_C$ => lavere T_H^{ut}.
Mer kald masse som tar opp varme, dette gjør at det blir tatt mer varme fra $\hat{m}_H$ => lavere T_H^{ut}

f) Større $\hat{m}_C$ => lavere T_C^{ut}
Mer "konkurranse" om varmen, blir mer spredning av varmen, økningen fra e) er ikke nok til å kompensere
=> lavere T_C^{ut}. Synker også fortere enn T_H^{ut}

g) Større $\hat{m}_C$ => høyere Q ($UA\Delta T_{lm}$)
Fra e) og f) ser vi at $\Delta T_{H,C}^{ut}$ øker med økende $\hat{m}_C$
Q er proporsjonal med ΔT_{lm}, og økende $\hat{m}_C$
=> økende ΔT_1 og avtagende ΔT_2
=> ΔT_{lm} øker (nevner øker tregere enn teller)
=> økende Q

Oppgave 3:

a)



$\hat{n}_1 = 100$ mol/s
$W'_{N_2} = 0.24$
$W'_{H_2} = 0.72$
$W'_{CH_4} = 0.04$

$n'_{N_2} = 24$ mol/s
$n'_{H_2} = 72$ mol/s
$n_{CH_4} = 4$ mol/s

b) Blander: $\hat{n}_2 = \hat{n}_1 + \hat{n}_7$ for alle komponenter

Dette var en liten tabbe her er liken. utskrevet

Reaktor: $X_{N_2} = 0{,}25 \Rightarrow (4): n^3_{N_2} = 0{,}75\, n^2_{N_2}$

(5): $n^3_{H_2} = n^2_{H_2} - 3\xi$

(6): $n^3_{NH_3} = 2\cdot\xi$

(7): $n^3_{CH_4} = n^2_{CH_4}$

(1): $n^2_{N_2} = n^1_{N_2} + n^7_{N_2}$

(2): $n^2_{H_2} = n^1_{H_2} + n^7_{H_2}$

(3): $n^2_{CH_4} = n^1_{CH_4} + n^7_{CH_4}$

Separator: (8) $n^4_{NH_3} = n^3_{NH_3}$ (12): $n^5_{NH_3} = 0$

(9): $n^4_{N_2} = 0$ (13): $n^5_{N_2} = n^3_{N_2}$

(10): $n^4_{H_2} = 0$ (14): $n^5_{H_2} = n^3_{H_2}$

(11): $n^4_{CH_4} = 0$ (15): $n^5_{CH_4} = n^3_{CH_4}$

Splitt (avtapp): Splittfaktor $t = \frac{n^7}{n^5}$

(16): $n^5_{N_2} = n^6_{N_2} + n^7_{N_2}$ (19): $n^6_{N_2} = n^5_{N_2}(1-t)$

(17): $n^5_{H_2} = n^6_{N_2} + n^7_{N_2}$ (20): $n^6_{H_2} = n^5_{N_1}(1-t)$

(18): $n^5_{CH_4} = n^6_{CH_4} + n^7_{CH_4}$ (21): $n^6_{CH_4} = n^5_{CH_4}(1-t)$

Totalbalanse: $\hat{n}_1 = \hat{n}_4 + \hat{n}_6 - \text{dannet} + \text{tapt}$

$= \hat{n}_4 + \hat{n}_6 - 2\xi + 4\xi$

$-\text{dannet} + \text{tapt} = -\Delta n_{tot}$

Total molmengde: $\hat{n}_1 = \hat{n}_4 + \hat{n}_6 + 2\xi$

c) Fra start kan vi sette: $n^1_{NH_3} = n^2_{NH_3} = n^5_{NH_3} = n^6_{NH_3} = n^7_{NH_3} = 0$

$$n^3_{NH_3} = n^4_{NH_3} = 2\xi$$

$$n^1_{CH_4} + n^7_{CH_4} = n^2_{CH_4} = n^3_{CH_4} = n^5_{CH_4}$$

Totalstrømmen vil være gitt ved å legge sammen antall mol av komponent

I: $\frac{n^2_{CH_4}}{n^2_{tot}} = 0{,}1579$

II: $n^2_{tot} = n^2_{CH_4} + n^2_{N_2} + n^2_{H_2}$

III: $n^2_{CH_4} = n^1_{CH_4} + n^7_{CH_4} = 4 + n^5_{CH_4} \cdot t = 4 + n^2_{CH_4} \cdot t$

$$n^2_{CH_4} = \frac{4}{(1-t)}$$

IV: $t = \frac{n^7_{tot}}{n^5_{tot}} = \frac{n^7_{tot}}{n^3_{tot} - n^4_{NH_3}} = \frac{n^7_{tot}}{n^3_{tot} - 2\xi}$

V: $n^7_{tot} = n^7_{CH_4} + n^7_{N_2} + n^7_{H_2} = (n^2_{CH_4} + n^3_{N_2} + n^3_{H_2}) \cdot t$

VI: $n^3_{N_2} = n^2_{N_2} \cdot 0{,}75$

VII: $n^3_{H_2} = n^2_{H_2} - 3\xi = n^1_{H_2} + n^7_{H_2} - 3\xi = 72 + n^3_{H_2} \cdot t - 3\xi$

$$n^3_{H_2} = \frac{72 - 3\xi}{(1-t)}$$

VIII: $n^3_{tot} = n^3_{N_2} + n^3_{H_2} + n^3_{CH_4} + n^3_{NH_4} = n^3_{N_2} + n^3_{H_2} + n^2_{CH_3} + 2\xi$

IX: $\xi = 0{,}25 \cdot n^2_{N_2}$

X: $n^2_{N_2} = 24 + n^3_{N_2} \cdot t$

XI: $n^2_{H_2} = 72 + n^3_{H_2} \cdot t$

11 likninger, 10 ukjente, løsbart.

d) Se pythonfil "Oppgave3"

Sammensetninger av strømmer: (Alt er i mol/s)

Strøm	Total molmengde	$n(CH_4)$	$n(N_2)$	$n(H_2)$	$n(NH_3)$
1	100	4	24	72	0
2	380	60	80	240	0
3	340	60	60	180	40
4	40	0	0	0	40
5	300	60	60	180	0
6	20	4	4	12	0
7	280	56	56	168	0

Konstanter:

$\xi = 20,0$

$t = 0,93$