

## MB - Príklad 8

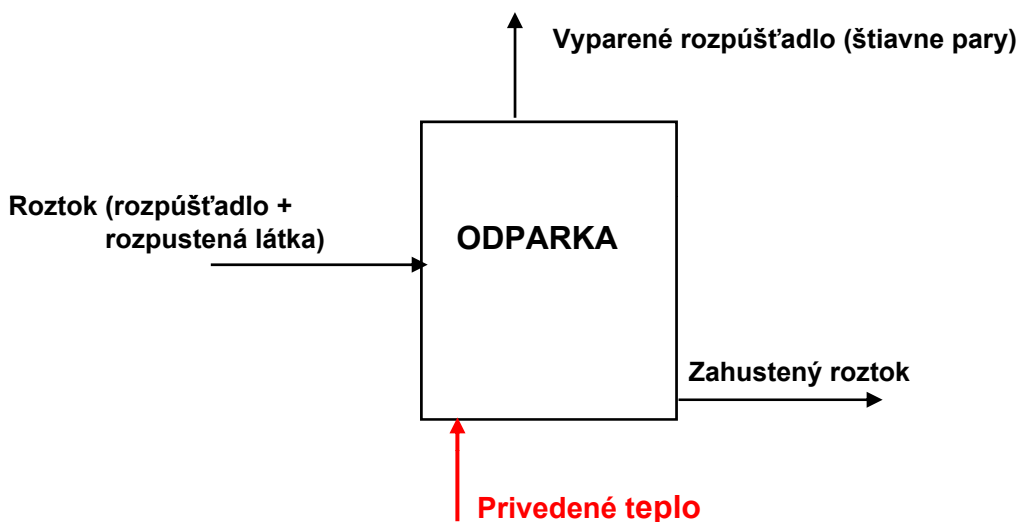
Vodný roztok cukru sa zahusťuje v trojčlennej odparke odparovaním vody v každom člene, pričom sa žiada, aby konečný produkt odchádzajúci z tretieho člena odparky obsahoval 65 hmot. % cukru. Do prvého člena prichádza 500 kg/h vodného roztoku s obsahom 17 hmot. % cukru, zahustený vodný roztok cukru odchádzajúci z druhého do tretieho člena obsahuje 37,1 hmot. % cukru. Pomer hmotnostných tokov odparenej vody z každého člena je 1,2 : 1 : 0,8. Vypočítajte hmotnostné toky všetkých prúdov, hmotnostný zlomok cukru v roztoku odchádzajúceho z prvého stupňa, hmotnostný tok odparenej vody vo všetkých stupňoch.

---

## ODPAROVANIE

Odparovanie je odstraňovanie časti rozpúšťadla (najčastejšie voda) z roztoku jeho zahriatím na bod varu, pričom dochádza k jeho zahusteniu.

Odparovanie je jeden z najčastejších postupov používaných v chemickom priemysle. Realizuje sa v odparovacích zariadeniach - odparkách.



**Zložky:** A – rozpúšťadlo (zvyčajne voda)  
B - rozpustená látka

**Bilančná schéma:****Základ výpočtu:**

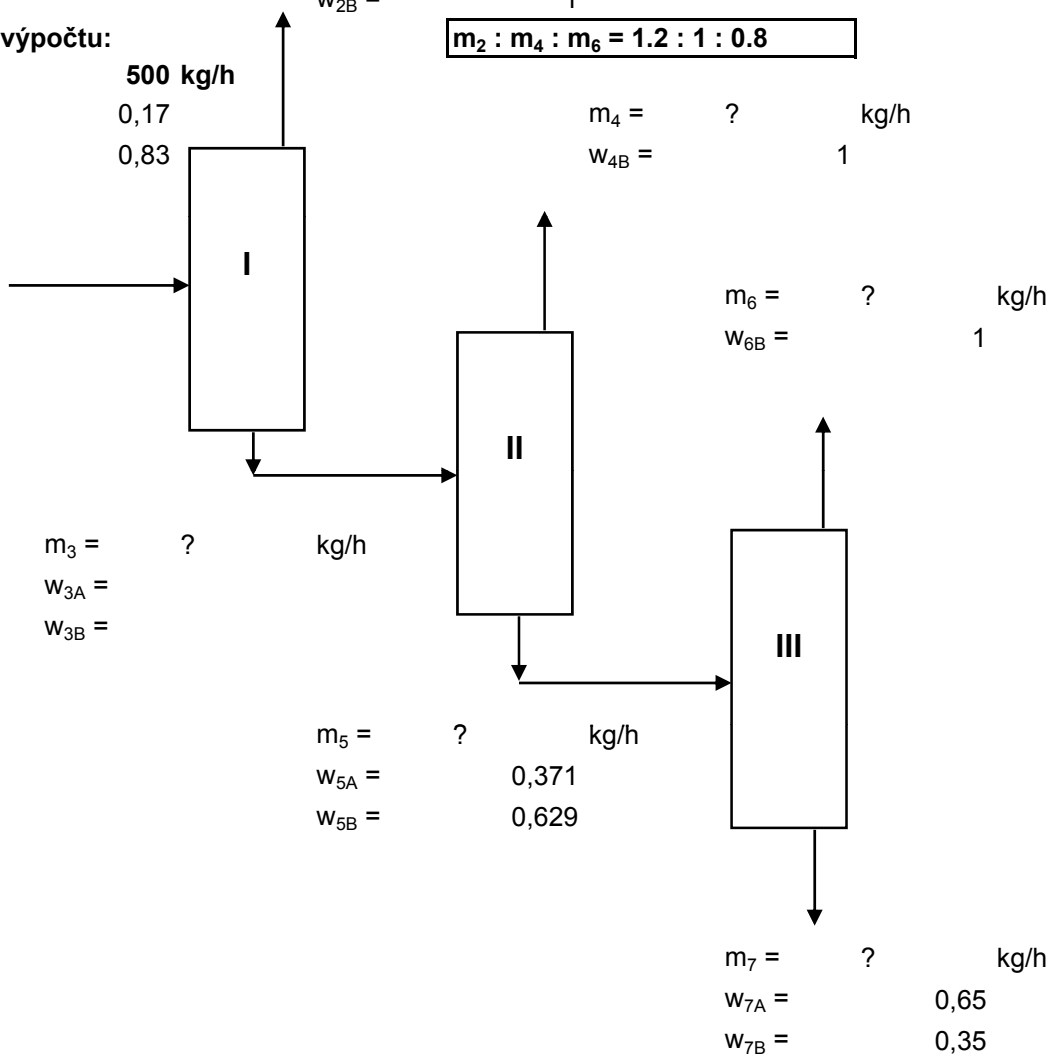
$m_1 = 500 \text{ kg/h}$   
 $w_{1A} = 0,17$   
 $w_{1B} = 0,83$

$m_2 = ? \text{ kg/h}$   
 $w_{2B} = 1$

$m_2 : m_4 : m_6 = 1.2 : 1 : 0.8$

$m_4 = ? \text{ kg/h}$   
 $w_{4B} = 1$

$m_6 = ? \text{ kg/h}$   
 $w_{6B} = 1$

**Prúdy:**

- 1 – surovina (vodný roztok cukru)
- 2 – odparená voda z prvého člena odparky
- 3 – zahustený roztok cukru z prvého člena odparky
- 4 – odparená voda z druhého člena odparky
- 5 – zahustený roztok cukru z druhého člena odparky
- 6 – odparená voda z tretieho člena odparky
- 7 – zahustený roztok cukru z tretieho člena odparky (finálny produkt)

**Zložky:**

A – cukor  
 B – voda

## Riešenie:

Celý výpočtový proces trojčlennej odparky sa môže naštartovať buď riešením celého systému alebo jeho rozdelenia na vhodné podsystémy.

Vhodným podsystémom je napr. bilančný podsystém zložený z prvého a druhého člena. Prípadne sa môže začať aj riešením celého trojčlenného systému.

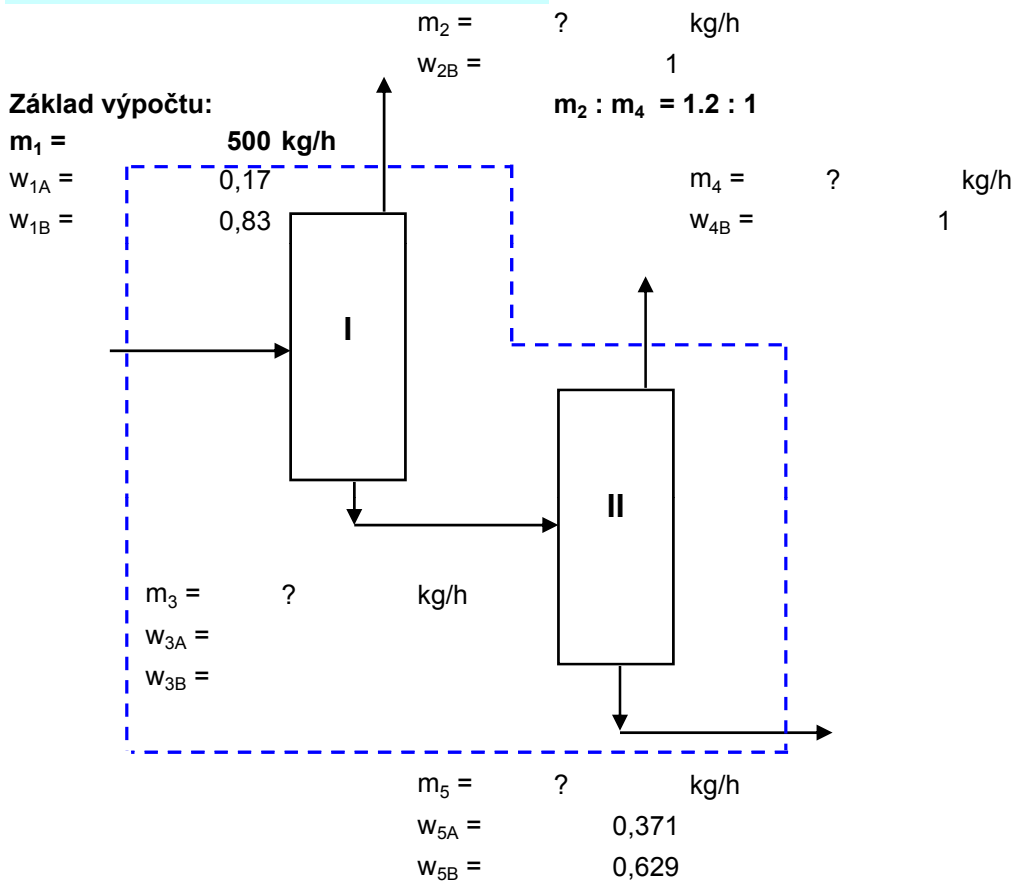
Rozdelenie na jednotlivé zariadenia teraz nie je vhodný spôsob na naštartovanie výpočtu, lebo v materiálovej bilancii každého člena je viacero neznámych ako nezávislých rovníc.

Odporúčam si to v rámci tréningu overiť..... Ťažko na cvičisku, ľahko na bojisku.

V bilancii druhého a tretieho člena by vám navyše chýbal definovaný základ výpočtu 500 kg/h.

V Bilančnom systéme máme len dve bilancované zložky a tak môžeme uprednostniť "klasický" zápis materiálovej bilancie pred jej prepisom do tabuľkovej formy.

## Bilančná schéma (podsystém I + II):



## Materiálová bilancia systému I + II

$$m_1 = m_2 + m_5 + m_4$$

Substitúciou pomocného vzťahu:

$$m_2 : m_4 = 1.2 : 1 \rightarrow m_2 = 1.2 * m_4$$

vyplývajúceho zo zadania, do materiálovej bilancie systému I + II

$$m_1 = 500 \text{ kg/h}$$

$$m_2 = ? \text{ kg/h}$$

$$m_3 = ? \text{ kg/h}$$

$$m_4 = ? \text{ kg/h}$$

$$m_1 = 1.2 \cdot m_4 + m_5 + m_4$$

$$m_1 = 2.2 \cdot m_4 + m_5$$

máme jednu rovnicu o dvoch neznámých,  $m_4$  and  $m_5$ . Z tohto dôvodu je nutná aj materiálová bilancia jednej so zložiek.

### Materiálová bilancia zložiek systému I + II

$$\text{A: } m_1 \cdot w_{1A} = m_5 \cdot w_{5A}$$

$$\text{B: } m_1 \cdot w_{1B} = 2.2 \cdot m_4 \cdot w_{2B} + m_5 \cdot w_{5B}$$

$$m_1 = 500 \text{ kg/h}$$

$$w_{1A} = 0,17$$

$$w_{1B} = 0,83$$

$$w_{5A} = 0,371$$

$$w_{5B} = 0,629$$

$$w_{2B} = 1$$

#### 1. krok výpočtu

Hmotnostný tok zahusteného roztoku z druhého stupňa,  $m_5$ , sa vypočíta z bilancie cukru.

$$\text{A: } m_1 \cdot w_{1A} = m_5 \cdot w_{5A} \quad \longrightarrow \quad m_5 = 229,111 \text{ kg/h}$$

#### 2. krok výpočtu

Hmotnostný tok odparenej vody z druhého stupňa,  $m_4$ , sa vypočíta z upravenej materiálovej bilancie systému I + II.

$$m_1 = 2.2 \cdot m_4 + m_5 \quad \longrightarrow \quad m_4 = 123,132 \text{ kg/h}$$

#### 3. krok výpočtu

Hmotnostný tok odparenej vody z prvého stupňa,  $m_2$ , sa vypočíta z pomocného vzťahu vyplývajúceho zo zadania.  $m_2 = 1.2 \cdot m_4$

$$m_2 = 147,758 \text{ kg/h}$$

#### 4. krok výpočtu

Hmotnostný tok odparenej vody z treieho stupňa,  $m_6$ , sa vypočíta aplikáciou pomocného vzťahu

$$m_2 : m_4 : m_6 = 1.2 : 1 : 0.8$$

$$\text{buď do podoby} \quad m_6 = (0.8/1) \cdot m_4 \quad \text{alebo} \quad m_6 = (0.8/1.2) \cdot m_2$$

$$m_6 = 98,5053 \text{ kg/h}$$

#### 5. krok výpočtu

Hmotnostné toky zahusteného roztoku z prvého stupňa,  $m_3$ , a tretieho stupňa (finálny produkt),  $m_7$ , sú ľahko vypočítateľné z materiálových bilancií I resp. III stupňa, dosadením už známych veličín.

### I. člen odparky

$$m_1 = m_2 + m_3$$

$$m_3 = 352,242 \text{ kg/h}$$

### III. Člen odparky

$$m_5 = m_6 + m_7$$

$$m_5 = 130,605 \text{ kg/h}$$

### 6. krok výpočtu

Zloženie roztoku opúšťajúci 1. stupeň,  $w_{3A}$  a  $w_{3B}$ , bude vypočítané z bilancí jej zložiek v I. stupni. Prípadne pre zloženie vody už stačí aplikovať len väzbové pravidlo, ak už bude zloženie cukru v treťom prúde známe....

$$\mathbf{A: } m_1 \cdot w_{1A} = m_3 \cdot w_{3A}$$

$$w_{3A} + w_{3B} = 1$$



$$w_{3A} = \mathbf{0,24131}$$

$$w_{3B} = \mathbf{0,75869}$$

### 7. krok výpočtu

Množstvo odparenej vody vo všetkých stupňoch

$$m_2 + m_4 + m_6 = \mathbf{369,395 \text{ kg/h}}$$

$$m_6 = \mathbf{98,50527 \text{ kg/h}}$$

$$m_4 = \mathbf{123,1316 \text{ kg/h}}$$

$$m_2 = \mathbf{147,7579 \text{ kg/h}}$$