

## OBLICZENIE KOCZ

### 1. Obliczenie stężenia azotanów ( $\rightarrow$ powstają w KN w procesie nitryfikacji)

#### 1.1. Azot Kjeldahla ( $N_{Kh}$ ) po wbudowaniu w przyrastającą biomasę w KN

$$C_{b_1}^{N_{kh}} = C_{b_1}^{NH_4^+} = (1 - R) \cdot C_{OM}^{N_{kh}}$$

gdzie: R – ubytek azotu związany z poborem przez przyrastającą biomasę heterotrofów i nitryfikantów;  $R = 0,25 \div 0,30$ .

Dla danych:  $C_{OM}^{N_{kh}} = 48,5 \text{ g N/m}^3$ ;  $R = 0,28$ :

$$C_{b_1}^{N_{kh}} = C_{b_1}^{NH_4^+} = (1 - 0,28) \cdot 48,5 = 34,9 \text{ g N/m}^3$$

#### 1.2. Azot amonowy po nitryfikacji

$$C_{n_1}^{NH_4^+} = (0,02 \div 0,1) \text{ gN/m}^3$$

Przyjęto:  $C_{n_1}^{NH_4^+} = 0,2 \text{ gN/m}^3$

#### 1.3. Azot azotanowy po nitryfikacji

$$C_{n_1}^{NO_3^-} = (C_{b_1}^{N_{kh}} - C_{n_1}^{N_{kh}}) = 34,9 - 0,2 = 34,7 \text{ gN/m}^3 (\rightarrow C_{OBN}^{NO_3^-})$$

## 2. Obliczenie komory denitryfikacji (KD)

### 2.1. Skład ścieków dopływających do KD

$$C_{OM}^{BZT_5} = 199,5 \text{ g O}_2/\text{m}^3$$

$$C_{OM}^{N_{kh}} = 48,5 \text{ g N/m}^3$$

$$C_{OM}^{NO_3^-} = C_{OBN}^{NO_3^-} = 34,70 \text{ g N/m}^3$$

$$Q_k^{d_{sr}} = 4\,598 \text{ m}^3/\text{d}$$

### 2.2. Masa azotu do denitryfikacji

- masa N- $NO_3^-$  w dopływie do KD:

$$L_{OM}^{NO_3^-} = C_{OM}^{NO_3^-} \cdot Q_{SM}^{d_{sr}} \cdot 10^{-3} \text{ kg N/d}$$

$$L_{OM}^{NO_3^-} = 34,70 \cdot 4598 \cdot 10^{-3} = 159,5 \text{ kg N/d}$$

- dopuszczalna masa  $N_{og}$  w odpływie z oczyszczalni:

$$L_{OB}^{N_{og}} = (C_{OB}^{NO_3^-} + C_{OB}^{N_{kh}}) \cdot Q_{SM}^{d_{sr}} \cdot 10^{-3} \text{ kg N/d}$$

Przyjęto:

$$C_{OB}^{NO_3^-} = 10 \text{ g N/m}^3$$

$$C_{OB}^{N_{kh}} = 2 \text{ g N/m}^3$$

$$C_d^{N_{og}} = 15 \text{ g N/m}^3$$

$$\mathfrak{L}_{OB}^{N_{og}} = (10 + 2) \cdot 4598 \cdot 10^{-3} = 46 + 9,2 = 55,2 \text{ kg N/d}$$

- masa azotu do denitryfikacji:

$$\mathfrak{L}_{DN}^N = \mathfrak{L}_{OM}^{NO_3^-} - \mathfrak{L}_{OB}^{NO_3^-} \text{ kg N/d}$$

$$\mathfrak{L}_{OB}^{NO_3^-} = 46 \text{ kg N/d}$$

$$\mathfrak{L}_{DN}^N = 159,5 - 46 = 113,6 \text{ kg N/d}$$

### 2.3. Parametry technologiczne komory denitryfikacji

- wymagana ilość biomasy w KD:

$$\sum X_D = \frac{\mathfrak{L}_{DN}^N}{q_D} \text{ kg sm o}$$

gdzie:  $q_D$  – właściwa szybkość denitryfikacji = 0,0395 g N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/g sm o · d

$$\sum X_D = \frac{113,5}{0,0395} = 2\,874,7 \text{ kg sm o}$$

- objętość KD:

$$V_{KD} = \frac{\sum X_D}{f_v \cdot X_D \cdot 10^{-3}} \text{ m}^3$$

Przyjęto:  $X_D = 3\,000 \text{ g sm/m}^3$

$$V_{KD} = \frac{2\,874,7}{0,7 \cdot 3\,000 \cdot 10^{-3}} = 1\,369 \text{ m}^3$$

- czas przetrzymania w KD

$$t_D = \frac{V_{KD}}{Q_{SM}^{d_{sr}}} = \frac{1369}{4598} = 0,298 \text{ d} = 7,15 \text{ h}$$

- przyrost masy osadu w KD

$$\Delta X_D = Y_D \cdot L_{DN}^N \text{ kgsmo}/d$$

gdzie:  $Y_D$  – współczynnik syntezy denitryfikantów = 0,456 g smo/g N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

$$\Delta X_D = 0,456 \cdot 113,5 = 51,78 \frac{\text{kgsmo}}{d} = 73,97 \frac{\text{kgsm}}{d}$$

#### 2.4. Bilans związków azotu po denitryfikacji

- azot wbudowany w biomasę w KD:

$$\Delta C_D^N = \frac{a_1 \cdot \Delta X_D \cdot 10^3}{Q_{SM}^{d_{sr}}} = \frac{0,123 \cdot 51,78 \cdot 10^3}{4598} = 1,44 \text{ g N}/m^3$$

- azot zdenitryfikowany:

$$\Delta C_{DN}^N = \frac{L_{DN}^N \cdot 10^3}{Q_{SM}^{d_{sr}}} = \frac{113,5 \cdot 10^3}{4598} = 24,70 \text{ g N}/m^3$$

- azot w dopływie do KN:

$$C_{OBD}^{NKh} = C_{OM}^{NKh} - \Delta C_D^N = 48,5 - 1,44 = 47,06 \text{ g N}/m^3$$

#### 2.5. Bilans związków węgla po denitryfikacji

- ubytek BZT<sub>5</sub> w wyniku denitryfikacji:

$$\Delta C_D^{BZT_5} = \frac{L_{DN}^N \cdot n_1 \cdot 10^3}{Q_k^{d_{sr}}}$$

gdzie:  $n_1$  – jednostkowe zużycie BZT<sub>5</sub> w procesie denitryfikacji, = 2,3 g BZT<sub>5</sub>/g N-NO<sub>3</sub>

$$\Delta C_D^{BZT_5} = \frac{113,5 \cdot 2,3 \cdot 10^3}{4598} = 56,80 \text{ g O}_2/m^3$$

- BZT<sub>5</sub> po denitryfikacji:

$$C_{OBD}^{BZT_5} = C_{OM}^{BZT_5} - \Delta C_D^{BZT_5} = 199,5 - 56,80 = 142,7 \text{ g O}_2/m^3$$

### 3. Obliczenie komory napowietrzania (KN)

#### 3.1. Skład ścieków dopływających do KN:

$$C_{OBD}^{BZT_5} = 142,7 \text{ g O}_2/\text{m}^3$$

$$C_{OBD}^{Nkh} = 47,06 \text{ g N}/\text{m}^3$$

#### 3.2. Stężenie obliczeniowe BZT<sub>5</sub>

$$C_{OB}^{BZT} = C_{obl}^{BZT} + C_{ref}^{BZT} + C_{zaw}^{BZT} \leq C_d^{BZT}$$

gdzie:  $C_d^{BZT} = 15 \text{ g O}_2/\text{m}^3$

$$C_{ref}^{BZT} = 4 \div 6 \text{ g O}_2/\text{m}^3$$

$$C_{zaw}^{BZT} = 4 \div 7 \text{ g O}_2/\text{m}^3$$

$$C_{obl}^{BZT} \leq C_d^{BZT} - C_{ref}^{BZT} - C_{zaw}^{BZT}$$

$$C_{obl}^{BZT} \leq 15 - 5 - 6$$

$$C_{obl}^{BZT} \leq 4 \text{ g O}_2/\text{m}^3$$

Przyjęto:  $C_{obl}^{BZT} = 4 \text{ g O}_2/\text{m}^3$

#### 3.3. Czas napowietrzania

$$q^H = \frac{\mu_{max}^H \cdot C_{obl}^{BZT}}{Y_t^H \cdot (K_H + C_{obl}^{BZT})}$$

gdzie:

$q^H$  – właściwa szybkość usuwania związków węgla, gBZT<sub>5</sub>/g sm·d

$\mu_{max}^H$  – współczynnik maksymalnej, właściwej szybkości przyrostu heterotrofów; 1,711d<sup>-1</sup>

$Y_t^H$  – współczynnik wydajności przyrostu heterotrofów; 1,0 g sm/gBZT<sub>5us</sub>

$K_H$  – stała Michaelisa – Menten dla heterotrofów; 76 g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>

$$q^H = \frac{1,711 \cdot 4}{1 \cdot (76 + 4)} = 0,0856 \text{ gO}_2/\text{gsm} \cdot \text{d}$$

$$q^H = \frac{C_{OBD}^{BZT_5} - C_{obl}^{BZT}}{X_a^H \cdot t_n} \rightarrow t_n = \frac{C_{OBD}^{BZT_5} - C_{obl}^{BZT}}{X_a^H \cdot q^H}$$

gdzie:  $X_a^H = 3\,000 \text{ g sm}/\text{m}^3$

$$t_n = \frac{142,7 - 4}{3\,000 \cdot 0,0856} = 0,5404d = 12,97h$$

3.4. Objętość komór napowietrzania

$$V_{KN} = Q_{SM}^{dsr} \cdot t_n, m^3$$

$$V_{KN} = 4598 \cdot 0,5404 = 2485 m^3$$

3.5. Wiek osadu tlenowego

$$WO_T = \frac{1}{Y_t^H \cdot q^H - k_d^H}, d$$

$$WO_T = \frac{1}{1 \cdot 0,0856 - 0,0175} = 14,7 d$$

3.6. Przyrost heterotrofów

$$\Delta X_a^H = \frac{Q_{SM}^{dsr} \cdot t_n \cdot X_a^H}{10^3 \cdot WO_T}, kgsm/d$$

$$\Delta X_a^H = \frac{4598 \cdot 0,5404 \cdot 3000}{10^3 \cdot 14,7} = 507 \frac{kgsm}{d}$$

3.7. Azot wbudowany w biomasę heterotrofów

$$\Delta N_1 = a_1 \cdot f_v \cdot \Delta X_a^H, kgsm/d$$

$$\Delta N_1 = 0,123 \cdot 0,7 \cdot 507 = 43,68 kgsm/d$$

3.8. Azot pozostały po wbudowaniu w biomasę heterotrofów

$$C_{b_1}^{N_{kh}} = C_{b_1}^{NH_4^+} = \frac{Q_{SM}^{dsr} \cdot C_{OBD}^{N_{kh}} - 10^3 \cdot \Delta N_1}{Q_{SM}^{dsr}} g \frac{N}{m^3}$$

$$C_{b_1}^{N_{kh}} = C_{b_1}^{NH_4^+} = \frac{4598 \cdot 47,06 - 10^3 \cdot 43,68}{4598} = 37,57 g \frac{N}{m^3}$$

3.9. Stężenie  $N_{kh}$  w ściekach po nityfikacji

$$C_{n_1}^{N_{kh}} = C_{n_1}^{NH_4^+} = \frac{K^N \cdot (k_d^N + \frac{1}{WO_T})}{\mu_{max}^N - (k_d^N + \frac{1}{WO_T})} gN/m^3$$

$$C_{n_1}^{N_{kh}} = C_{n_1}^{NH_4^+} = \frac{0,0214 \cdot (0,0175 + \frac{1}{14,7})}{0,1612 - (0,0175 + \frac{1}{14,7})} = 0,02 \text{ gN/m}^3$$

3.10. Stężenie azotanów po nityfikacji

$$C_{n_1}^{NO_3^-} = (C_{b_1}^{N_{kh}} - C_{n_1}^{N_{kh}}), \text{gN/m}^3$$

$$C_{n_1}^{NO_3^-} = (37,57 - 0,02) = 37,55 \text{ gN/m}^3$$

3.11. Stężenie nityfikantów w KN

$$X_{a_1}^N = \frac{z_1 \cdot WO \cdot Y_t^N \cdot (C_{b_1}^{N_{kh}} - C_{n_1}^{N_{kh}})}{t_n \cdot (1 + k_d^N \cdot WO)}, \frac{\text{gsm}}{\text{gsmo}}$$

$$X_{a_1}^N = \frac{1,42 \cdot 14,7 \cdot 0,1 \cdot (37,57 - 0,02)}{0,5404 \cdot (1 + 0,0175 \cdot 14,7)} = 115,3 \frac{\text{gsm}}{\text{gsmo}}$$

3.12. Przyrost nityfikantów

$$\Delta X_{a_1}^N = \frac{Q_{SM}^{d_{sr}} \cdot t_n \cdot X_{a_1}^N}{10^3 \cdot WO_T} \text{ kgsm/d}$$

$$\Delta X_{a_1}^N = \frac{4598 \cdot 0,5404 \cdot 115,3}{10^3 \cdot 14,7} = 19,50 \text{ kgsm/d}$$

3.13. Azot wbudowany w biomę heterotrofów i nityfikantów

$$\Delta N_2 = a_1 \cdot f_v \cdot (\Delta X_a^H + \Delta X_a^N), \text{kgN/d}$$

$$\Delta N_2 = 0,123 \cdot 0,7 \cdot (507 + 19,5) = 45,36 \text{ kgN/d}$$

3.14. Azot pozostały po wbudowaniu w biomę heterotrofów i nityfikantów

$$C_{b_2}^{N_{kh}} = C_{b_2}^{NH_4^+} = \frac{Q_{SM}^{d_{sr}} \cdot C_{OBD}^{N_{kh}} - 10^3 \cdot \Delta N_2}{Q_{SM}^{d_{sr}}} \text{ g} \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

$$C_{b_2}^{N_{kh}} = C_{b_2}^{NH_4^+} = \frac{4598 \cdot 47,06 - 10^3 \cdot 45,36}{4598} = 37,2 \text{ g} \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

3.15. Stężenie azotanów po nityfikacji

$$C_{n_2}^{NO_3^-} = (C_{b_2}^{N_{kh}} - C_{n_2}^{N_{kh}}), \text{gN/m}^3$$

$$C_{n_2}^{NO_3^-} = (37,2 - 0,02) = 37,18 \text{ gN/m}^3$$

### 3.16. Skład ścieków po KN

$$C_{OBN}^{BZT_5} = 4,0 \text{ g } O_2/m^3$$

$$C_{OBN}^{NH_4^+} = 0,02 \text{ g N/m}^3$$

$$C_{OBN}^{NO_3^-} = C_{n_2}^{NO_3^-} - \Delta C_{DN}^N = 37,18 - 24,70 = 12,48 \text{ g N/m}^3$$

$$\left| C_{OBN}^{NO_3^-} - C_{OB}^{NO_3^-} \right| = |12,48 - 10,0| = 2,48 \text{ g N/m}^3$$

Uwaga: różnica stężeń azotanów (obliczone i zakładane) powinna być możliwie najmniejsza ( $\leq 1,0 \div 1,5 \text{ g N/m}^3$ ). Jeśli przekracza tę wartość – należy przeprowadzić korektę obliczeń:

- zwiększyć masę azotu do denitryfikacji w obliczeniach KD (jeśli  $C_{OBN}^{NO_3^-} > C_{OB}^{NO_3^-}$ ),
- zmniejszyć masę azotu do denitryfikacji w obliczeniach KD (jeśli  $C_{OBN}^{NO_3^-} < C_{OB}^{NO_3^-}$ ).

Tu:  $C_{OBN}^{NO_3^-} > C_{OB}^{NO_3^-} \rightarrow$  zwiększono masę azotu do denitryfikacji o:

$$\Delta L_{DN}^N = |12,48 - 10,0| \cdot 4598 \cdot 10^{-3} = 11,31 \text{ kg N/d}$$

## 4. Obliczenie komory denitryfikacji (KD) z uwzględnieniem zwiększonej masy azotu do denitryfikacji

### 4.1. Skład ścieków dopływających do KD

$$C_{OM}^{BZT_5} = 199,5 \text{ g } O_2/m^3$$

$$C_{OM}^{N_{Kh}} = 48,5 \text{ g N/m}^3$$

$$C_{OM}^{NO_3^-} = C_{OBN}^{NO_3^-} = 34,70 \text{ g N/m}^3$$

$$Q_k^{d_{sr}} = 4\,598 \text{ m}^3/d$$

### 4.2. Masa azotu do denitryfikacji

$$L_{DN}^N = L_{OM}^{NO_3^-} + L_{OB}^{NO_3^-} \text{ kg N/d}$$

$$L_{DN}^N = 113,6 + 11,31 = 124,91 \text{ kg N/d}$$

### 4.3. Parametry technologiczne komory denitryfikacji

- wymagana ilość biomasy w KD:

$$\sum X_D = \frac{L_{DN}^N}{q_D} \text{ kgsmo}$$

$$\sum X_D = \frac{124,91}{0,0395} = 3\,163,5 \text{ kgsmo}$$

- objętość KD:

$$V_{KD} = \frac{\sum X_D}{f_v \cdot X_D \cdot 10^{-3}} \text{ m}^3$$

$$V_{KD} = \frac{3163,5}{0,7 \cdot 3\,000 \cdot 10^{-3}} = 1\,506 \text{ m}^3$$

- czas przetrzymania w KD

$$t_D = \frac{V_{KD}}{Q_{SM}^{d_{sr}}} = \frac{1506}{4598} = 0,3275d = 7,86h$$

- przyrost masy osadu w KD

$$\Delta X_D = Y_D \cdot \dot{L}_{DN}^N \text{ kgsmo/d}$$

$$\Delta X_D = 0,456 \cdot 124,91 = 56,98 \frac{\text{kgsmo}}{d} = 81,4 \frac{\text{kgsm}}{d}$$

#### 4.4. Bilans związków azotu po denitryfikacji

- azot wbudowany w biomasę w KD:

$$\Delta C_D^N = \frac{a_1 \cdot \Delta X_D \cdot 10^3}{Q_{SM}^{d_{sr}}} = \frac{0,123 \cdot 56,98 \cdot 10^3}{4598} = 1,52 \text{ g N/m}^3$$

- azot zdenitryfikowany:

$$\Delta C_{DN}^N = \frac{\dot{L}_{DN}^N \cdot 10^3}{Q_{SM}^{d_{sr}}} = \frac{124,91 \cdot 10^3}{4598} = 27,17 \text{ g N/m}^3$$

- azot w dopływie do KN:

$$C_{OBD}^N = C_{OM}^{N_{Kh}} - \Delta C_D^N = 48,45 - 1,52 = 46,93 \text{ g N/m}^3$$

#### 4.5. Bilans związków węgla po denitryfikacji

- ubytek BZT<sub>5</sub> w wyniku denitryfikacji:

$$\Delta C_D^{BZT_5} = \frac{\dot{L}_{DN}^N \cdot n_1 \cdot 10^3}{Q_{SM}^{d_{sr}}}$$



$$\Delta C_D^{BZT_5} = \frac{124,91 \cdot 2,3 \cdot 10^3}{4598} = 62,48 \text{ gO}_2/\text{m}^3$$

- BZT<sub>5</sub> po denitryfikacji:

$$C_{OBD}^{BZT_5} = C_{OM}^{BZT_5} - \Delta C_D^{BZT_5} = 199,5 - 62,48 = 137,02 \text{ g O}_2/\text{m}^3$$

## 5. Obliczenie komory napowietrzania (KN) po korekcie obliczeń komory denitryfikacji (KD)

### 5.1. Skład ścieków dopływających do KN

$$C_{OBD}^{BZT_5} = 137,02 \text{ g O}_2/\text{m}^3$$

$$C_{OBD}^{NKh} = 46,93 \text{ g N}/\text{m}^3$$

### 5.2. Czas napowietrzania

$$q^H = \frac{\mu_{max}^H \cdot C_{obl}^{BZT}}{Y_t^H \cdot (K_H + C_{obl}^{BZT})}$$

$$q^H = \frac{1,711 \cdot 4}{1 \cdot (76 + 4)} = 0,0856 \text{ gO}_2/\text{gsm} \cdot d$$

$$q^H = \frac{C_{OBD}^{BZT_5} - C_{obl}^{BZT}}{X_a^H \cdot t_n} \rightarrow t_n = \frac{C_{OBD}^{BZT_5} - C_{obl}^{BZT}}{X_a^H \cdot q^H}$$

gdzie:  $X_a^H = 3\ 000 \text{ g sm}/\text{m}^3$

$$t_n = \frac{137,02 - 4}{3.000 \cdot 0,0856} = 0,518d = 12,43h$$

### 5.3. Objętość komór napowietrzania

$$V_{KN} = Q_{SM}^{dsr} \cdot t_n, \text{ m}^3$$

$$V_{KN} = 4598 \cdot 0,518 = 2382 \text{ m}^3$$

5.4. Wiek osadu tlenowego

$$WO_T = \frac{1}{Y_t^H \cdot q^H - k_d^H}, d$$

$$WO_T = \frac{1}{1 \cdot 0,0856 - 0,0175} = 14,7 d$$

5.5. Przyrost heterotrofów

$$\Delta X_a^H = \frac{Q_{SM}^{d_{sr}} \cdot t_n \cdot X_a^H}{10^3 \cdot WO_T}, kgsm/d$$

$$\Delta X_a^H = \frac{4598 \cdot 0,518 \cdot 3000}{10^3 \cdot 14,7} = 486,22 \frac{kgsm}{d}$$

5.6. Azot wbudowany w biomasę heterotrofów

$$\Delta N_1 = a_1 \cdot f_v \cdot \Delta X_a^H, kgsm/d$$

$$\Delta N_1 = 0,123 \cdot 0,7 \cdot 486,22 = 41,86 kgsm/d$$

5.7. Azot pozostały po wbudowaniu w biomasę heterotrofów

$$C_{b_1}^{N_{kh}} = C_{b_1}^{NH_4^+} = \frac{Q_{SM}^{d_{sr}} \cdot C_{OBD}^{N_{kh}} - 10^3 \cdot \Delta N_1}{Q_{SM}^{d_{sr}}} g \frac{N}{m^3}$$

$$C_{b_1}^{N_{kh}} = C_{b_1}^{NH_4^+} = \frac{4598 \cdot 46,93 - 10^3 \cdot 41,86}{4598} = 37,82 g \frac{N}{m^3}$$

5.8. Stężenie  $N_{kh}$  w ściekach po nityfikacji

$$C_{n_1}^{N_{kh}} = C_{n_1}^{NH_4^+} = \frac{K^N \cdot (k_d^N + \frac{1}{WO_T})}{\mu_{max}^N - (k_d^N + \frac{1}{WO_T})} gN/m^3$$

$$C_{n_1}^{N_{kh}} = C_{n_1}^{NH_4^+} = \frac{0,0214 \cdot (0,0175 + \frac{1}{14,7})}{0,1612 - (0,0175 + \frac{1}{14,7})} = 0,02 gN/m^3$$

5.9. Stężenie azotanów po nityfikacji

$$C_{n_1}^{NO_3^-} = (C_{b_1}^{N_{kh}} - C_{n_1}^{N_{kh}}), gN/m^3$$

$$C_{n_1}^{NO_3^-} = (37,82 - 0,02) = 37,80 gN/m^3$$

5.10. Stężenie nityfikantów w KN

$$X_{a_1}^N = \frac{z_1 \cdot WO \cdot Y_t^N \cdot (C_{b_1}^{N_{kh}} - C_{n_1}^{N_{kh}})}{t_n \cdot (1 + k_d^N \cdot WO)}, \frac{gsm}{gsmo}$$

$$X_{a_1}^N = \frac{1,42 \cdot 14,7 \cdot 0,1 \cdot (37,80 - 0,02)}{0,518 \cdot (1 + 0,0175 \cdot 14,7)} = 121,1 \frac{gsm}{gsmo}$$

5.11. Przyrost nityfikantów

$$\Delta X_{a_1}^N = \frac{Q_{SM}^{d_{sr}} \cdot t_n \cdot X_{a_1}^N}{10^3 \cdot WO_T} kgsm/d$$

$$\Delta X_{a_1}^N = \frac{4598 \cdot 0,518 \cdot 121,1}{10^3 \cdot 14,7} = 19,63 kgsm/d$$

5.12. Azot wbudowany w biomasę heterotrofów i nityfikantów

$$\Delta N_2 = a_1 \cdot f_v \cdot (\Delta X_a^H + \Delta X_a^N), kgN/d$$

$$\Delta N_2 = 0,123 \cdot 0,7 \cdot (486,22 + 19,63) = 43,55 kgN/d$$

5.13. Azot pozostały po wbudowaniu w biomasę heterotrofów i nityfikantów

$$C_{b_2}^{N_{kh}} = C_{b_2}^{NH_4^+} = \frac{Q_{SM}^{d_{sr}} \cdot C_{OBD}^{N_{kh}} - 10^3 \cdot \Delta N_2}{Q_{SM}^{d_{sr}}} g \frac{N}{m^3}$$

$$C_{b_2}^{N_{kh}} = C_{b_2}^{NH_4^+} = \frac{4598 \cdot 46,93 - 10^3 \cdot 43,55}{4598} = 37,45 g \frac{N}{m^3}$$

5.14. Stężenie azotanów po nityfikacji

$$C_{n_2}^{NO_3^-} = (C_{b_2}^{N_{kh}} - C_{n_2}^{N_{kh}}), gN/m^3$$

$$C_{n_2}^{NO_3^-} = (37,45 - 0,02) = 37,43 gN/m^3$$

### 5.15. Skład ścieków po KN

$$C_{OBN}^{BZT_5} = 4,0 \text{ g } O_2/m^3$$

$$C_{OBN}^{NH_4^+} = 0,02 \text{ g } N/m^3$$

$$C_{OBN}^{NO_3^-} = C_{n_2}^{NO_3^-} - \Delta C_{DN}^N = 37,43 - 27,17 = 10,26 \text{ g } N/m^3$$

$$|C_{OBN}^{NO_3^-} - C_{OB}^{NO_3^-}| = |10,26 - 10,00| = 0,26 \text{ g } N/m^3$$

## 6. Usuwanie fosforu na drodze biologicznej

### 6.1. Fosfor wbudowany w przyrastającą biomasę w KD i KN

$$\Delta P = a_2 \cdot f_v \cdot (\Delta X_D + \Delta X_a^H + \Delta X_a^N) \text{ kg P/d}$$

$$\Delta P = 0,05 \cdot 0,7 \cdot (81,4 + 486,22 + 19,63) = 20,55 \text{ kg P/d}$$

### 6.2. Fosfor pozostały po wbudowaniu w biomasę

$$C_{OB_r}^{P_{og}} = \left( C_{OM}^{P_{og}} \cdot Q_{SM}^{d_{sr}} - \Delta P \cdot 10^3 \right) \cdot \frac{1}{Q_{SM}^{d_{sr}}} \text{ g P/m}^3$$
$$C_{OB_r}^{P_{og}} = (9,90 \cdot 4598 - 20,55 \cdot 10^3) \cdot \frac{1}{4598} = 5,43 \text{ g P/m}^3$$

## 7. Stężenia zanieczyszczeń po biologicznym oczyszczaniu

### 7.1. Zawiesina

$$C_{OB}^{zaw} = f(O_z)$$

gdzie:  $O_z$  – obciążenie powierzchni osadnika wtórnego zawiesinami,  $\text{kg/m}^2\text{h}$

(wg zał.: Cywiński, rys.10.25b)

$$C_{OB}^{zaw} = f\left(O_z = 2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}\right) = 20 \text{ g/m}^3 (< C_{dop}^{zaw})$$

### 7.2. BZT<sub>5</sub>

$$C_{OB}^{BZT_5} = C_{obl}^{BZT_5} + C_{ref}^{BZT_5} + C_{zaw}^{BZT_5}$$

$$C_{zaw}^{BZT_5} = f_z \cdot C_{OB}^{zaw}$$

gdzie:  $f_z = f(\text{WO})$  (wg zał.: Bartoszewski, rys. 3-44)

$$\text{WO} = 14,7\text{d}$$

$$f_z = 0,15 \text{ g O}_2/\text{g sm}$$

$$C_{OB}^{BZT_5} = 4 + 5 + (0,15 \cdot 20) = 12,00 \text{ g O}_2/\text{m}^3 (< C_{\text{dop}})$$

### 7.3. Azot amonowy

$$C_{OB}^{NH_4^+} = C_n^{NKh} = 0,02 \text{ g N}/\text{m}^3$$

### 7.4. Azot Kjeldahla

$$C_{OB}^{NKh} = C_{OB}^{NH_4^+} + a_1 \cdot f_v \cdot C_{OB}^{zaw}, \text{ g N}/\text{m}^3$$

$$C_{OB}^{NKh} = 0,02 + 0,123 \cdot 0,7 \cdot 20 = 1,75 \text{ g N}/\text{m}^3$$

### 7.5. Azot azotanowy

$$C_{OB}^{NO_3^-} = C_{OBN}^{NO_3^-} = 10,26 \text{ g N}/\text{m}^3$$

### 7.6. Azot ogólny

$$C_{OB}^{Nog} = C_{OB}^{NKh} + C_{OB}^{NO_3^-} = 1,75 + 10,26 = 12,01 \text{ g N}/\text{m}^3 (< C_{\text{dop}})$$

### 7.7. Fosfor ogólny

$$C_{OB}^{Pog} = C_{OB}^{Pog} + C_{zaw}^{Pog}, \text{ g P}/\text{m}^3$$

$$C_{OB}^{Pog} = C_{OB}^{Pog} + a_2 \cdot f_v \cdot C_{OB}^{zaw} = 5,43 + 0,05 \cdot 0,7 \cdot 20 = 6,13 \text{ g P}/\text{m}^3 (> C_{OB}^{Pog})$$

## 8. Usuwanie fosforu w procesie chemicznego strącania

### 8.1. Dawka i zapotrzebowanie koagulantu

Koagulant:  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9 H_2O$

Zapotrzebowanie teoretyczne: 2 mole metalu/1 mol  $P_{us}$  (w tym: 1 mol metalu - strącanie fosforanów oraz 1 mol metalu – hydroliza soli i koagulacja); odpowiada temu: 1 mol koagulantu/1 mol  $P_{us}$

Zapotrzebowanie rzeczywiste: 0,5 mol koagul./1 mol  $P_{us}$  (z powodu recyrkulacji osadu, który zawiera  $Fe(OH)_3$  i  $FePO_4$ )

$$D_K = 0,5 \frac{M_{CZ}^K}{M_{CZ}^P} (C_{OBr}^{Pog} - C_S^{Pog}) = 0,5 \cdot \frac{562}{31} (5,43 - 0,6) = 44 \text{ g/m}^3$$

$$Z_K = Q_{SM}^{d_{sr}} \cdot D_K \cdot 10^{-3} = 4598 \cdot 44 \cdot 0,001 = 201,4 \text{ kg/d}$$

## 8.2. Stężenie fosforu ogólnego po chemicznym strącaniu

$$C_{OBC}^{Pog} = C_S^{Pog} + a_2 \cdot f_v \cdot C_{OB}^{Zaw} = 0,6 + 0,05 \cdot 0,7 \cdot 20 = 1,30 \text{ g P/m}^3 (< C_{dop})$$

## 8.2. Przyrost osadu z chemicznego strącania

$$\Delta X_p = Q_{SM}^{d_{sr}} \cdot p_1 \cdot (C_{OBr}^{Pog} - C_S^{Pog}) \cdot 10^{-3} = 4598 \cdot 4,87 \cdot (5,43 - 0,6) \cdot 0,001$$

$$\Delta X_p = 108,18 \text{ kgsm/d}$$

gdzie:  $p_1$  – jednostkowa ilość osadu, g sm/g  $P_{us}$ :

$$p_1 = 4,87 \text{ g sm/g } P_{us}, \text{ dla } D_k = 1 \text{ mol Fe}^{3+}/\text{mol } P_{us}$$

## 8.3. Przyrost osadu w KOCZ (KD i KN) po chemicznym strącaniu

$$\Delta X = \Delta X_a + \Delta X_p = \Delta X_D + \Delta X_a^H + \Delta X_a^N + \Delta X_p$$

$$\Delta X = 81,4 + 486,22 + 19,44 + 108,18 = 695,25 \text{ kgsm/d}$$

## 9. Komora beztlenowa

$$V_{KB} = t_{KB} \cdot Q_{SM}^{d_{sr}} = 0,0625 \cdot 4598 = 287,4 \text{ m}^3$$

gdzie:  $t_{KB} = 1,5 - 2 \text{ h}$ , przyjęto:  $t_{KB} = 1,5 \text{ h} = 0,0625 \text{ d}$

## 10. Parametry komór osadu czynnego

### 10.1. Komory napowietrzania (KN)

- Objętość jednostkowa komory napowietrzania:

$$V_{KNI} = V_{KN} / n, \text{ m}^3$$

gdzie:  $V_{KN}$  – objętość (obliczeniowa) KN,  $\text{m}^3$ , ( $\rightarrow$  p. 3.4. lub 5.3.)

$n$  – liczba KN (należy przyjąć  $n$ : od 2 (małe oczyszczalnie ścieków) do 10

(duże oczyszczalnie); zwykle:  $n = 4 \div 8$

- Parametry geometryczne komory napowietrzania:

$$L_{KN} = V_{KN1} / H_{KN} \cdot B_{KN}, \text{ m}$$

gdzie:  $H_{KN}$  – głębokość KN; należy przyjąć:  $H_{KN} = 3 \div 4 \text{ m}$

$B_{KN}$  – szerokość KN; należy przyjąć:  $B_{KN} = 3 \div 6 \text{ m}$

*Uwaga: powinien być spełniony warunek:  $L_{KN} \gg B_{KN}$ , jeśli nie  $\rightarrow$  zmniejszyć liczbę komór  $n$*

## 10.2. Komory denitryfikacji (KD)

- Objętość jednostkowa komory denitryfikacji:

$$V_{KD1} = V_{KD} / n, \text{ m}^3$$

gdzie:  $V_{KD}$  – objętość (obliczeniowa) KD,  $\text{m}^3$  ( $\rightarrow$  p. 2.3 lub 4.3.)

$n$  – liczba KD (równa liczbie KN)

- Parametry geometryczne komory denitryfikacji:

$$L_{KD} = V_{KD1} / H_{KD} \cdot B_{KD}, \text{ m}$$

gdzie:  $H_{KD}$  – głębokość KD, m ( $H_{KD} = H_{KN}$ )

$B_{KD}$  – szerokość KD, m ( $B_{KD} = B_{KN}$ )

## 10.3. Komory beztlenowe (KB)

- Objętość jednostkowa komory beztlenowej:

$$V_{KB1} = V_{KB} / n, \text{ m}^3$$

gdzie:  $V_{KB}$  – objętość (obliczeniowa) KB,  $\text{m}^3$  ( $\rightarrow$  p.9)

$n$  – liczba KB (równa liczbie KN)

- Parametry geometryczne komory beztlenowej:

$$L_{KB} = V_{KB1} / H_{KB} \cdot B_{KB}, \text{ m}$$

gdzie:  $H_{KB}$  – głębokość KB, m ( $H_{KB} = H_{KN}$ )

$B_{KB}$  – szerokość KB, m ( $B_{KB} = B_{KN}$ )

## 10. 4. Całkowita długość bloku biologicznego:

$$L_c = L_{KB} + L_{KD} + L_{KN}, \text{ m}$$

*Uwaga; powinien być spełniony warunek:  $L_c < 100 \text{ m}$*