

dr inż. Michał Mańczak, mgr inż. Piotr Balbierz

Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej

pl. Grunwaldzki 9, 50-377 Wrocław

Institute of Environment Protection Engineering, Wrocław University of Technology

OBLICZANIE ZUŻYCIA TLENU W PROCESIE OSADU CZYNNEGO

CALCULATION OF OXYGEN REQUIREMENT IN THE ACTIVATED SLUDGE PROCESS

Streszczenie

Poprawne określenie zużycia tlenu w procesie osadu czynnego jest kluczowe dla osiągnięcia zakładanego efektu ekologicznego oraz minimalizacji kosztów eksploatacji oczyszczalni. Porównano różne metody obliczania zużycia tlenu w procesie osadu czynnego realizującego usuwanie związków węgla, nитryfikację, denitryfikację i defosfatację.

Abstract

Correct determination of oxygen requirement in the activated sludge process is essential for effective and cost-efficient operation of a wastewater treatment plant. Different methods used for oxygen requirement calculation were compared for the activated sludge process implementing removal of carbon, nitrification, denitrification and dephosphatation.

1. WSTĘP

Poprawne określenie zużycia tlenu w procesie osadu czynnego jest niezbędne do osiągnięcia zakładanego efektu ekologicznego oraz minimalizacji kosztów eksploatacji oczyszczalni ścieków. Właściwe zwymiarowanie stacji wysokosprawnych dmuchaw na podstawie wyznaczonego zużycia tlenu rzutuje na efektywność energetyczną oczyszczania. W oczyszczalniach ścieków z osadem czynnym zużycie energii elektrycznej na napowietrzanie stanowi 50-90% całkowitego zużycia energii elektrycznej, co przekłada się nawet na 30% całkowitych kosztów eksploatacji [6]. Zaprojektowanie zbyt dużej wydajności stacji dmuchaw może uniemożliwić właściwe sterowanie systemem napowietrzania, skutkując przetlenieniem ścieków w reaktorach tlenowych, co może powodować zaburzenia procesu defosfatacji i denitryfikacji, z uwagi na duży ładunek tlenu zawracanego

ny do komór nienapowietrzanych ze strumieniami recyrkulacji, a także prowadzi do zbędnego zużycia energii elektrycznej. Zaprojektowanie niewystarczającej wydajności stacji dmuchaw może nie zapewnić wymaganego stężenia tlenu w komorach tlenowych, co w konsekwencji prowadzić może do zahamowania lub załamania procesu tlenowej biodegradacji związków organicznych i nityfikacji.

Zużycie tlenu przy oczyszczaniu ścieków w procesie osadu czynnego zależy od:

- natężenia dopływu ścieków do komór napowietrzania,
- zawartości związków organicznych i stężenia zredukowanych form azotu w ściekach surowych i oczyszczonych,
- wieku osadu,
- temperatury,
- stopnia denitryfikacji.

2. METODY OBLICZANIA ZUŻYCIA TLENU

Porównano różne metody obliczania zużycia tlenu w procesie osadu czynnego realizującego usuwanie związków węgla, nityfikację, denitryfikację i defosfatację.

2.1. Obliczanie zużycia tlenu wg Imhoffa I [2]

Metoda I zaproponowana przez Imhoffa pozwala na obliczenie maksymalnego godzinowego zużycia tlenu dla układów z usuwaniem związków węgla i nityfikacją wg równania:

$$ZO_{2, \max h} = \frac{z \cdot C_{BZT5, S} \cdot Q_d \cdot 10^{-3}}{24}$$

2.2. Obliczanie zużycia tlenu wg Imhoffa II [2]

Metoda II zaproponowana przez Imhoffa pozwala na obliczenie zużycia tlenu w układach z usuwaniem związków węgla wg równania:

$$ZO_2 = C_{BZT5, S} \cdot [1 + 0,02 \cdot (T - 20)] \cdot \frac{1 - 10^{-0,170 \cdot 1,047^{(T-20)}}}{1 - 10^{-0,5}} \cdot Q_d \cdot 10^{-3}$$

Maksymalne godzinowe zużycie tlenu oblicza się wg równania:

$$ZO_{2, \max h} = \frac{ZO_2}{24} \cdot 1,5$$

2.3. Obliczanie zużycia tlenu wg wytycznych ATV-DVWK-A 131 P [3]

Zużycie tlenu wg wytycznych ATV wyznacza się wg równania:

$$ZO_2 = ZO_{2,C} + ZO_{2,N} - ZO_{2,D}$$

Zużycie tlenu na mineralizację związków organicznych oblicza się wg równania:

$$ZO_{2,C} = C_{BZT5,S} \cdot \left(0,56 + \frac{0,15 \cdot WO \cdot 1,072^{(T-15)}}{1 + 0,17 \cdot WO \cdot 1,072^{(T-15)}} \right) \cdot Q_d \cdot 10^{-3}$$

Zużycie tlenu na nityfikację azotu amonowego oblicza się wg równania:

$$ZO_{2,N} = 4,3 \cdot (S_{NO3,D} - S_{NO3,S} + S_{NO3,O}) \cdot Q_d \cdot 10^{-3}$$

Zużycie tlenu na mineralizację związków organicznych pokrywane przez proces denityfikacji oblicza się wg równania:

$$ZO_{2,D} = 2,9 \cdot S_{NO3,D} \cdot Q_d \cdot 10^{-3}$$

Ponadto stężenie azotu azotanowego do denityfikacji oblicza się wg równań:

$$S_{NO3,D} = C_{N,S} - S_{Norg,O} - S_{NH4,O} - S_{NO3,O} - X_{N,BIO}$$

$$X_{N,BIO} = 0,045 \cdot C_{BZT5,S}$$

Maksymalne godzinowe zużycie tlenu oblicza się wg równania:

$$ZO_{2,max\ h} = \frac{f_C \cdot (ZO_{2,C} - ZO_{2,D}) + f_N \cdot ZO_{2,N}}{24}$$

2.4. Obliczanie zużycia tlenu wg Tchobanoglousa I [7]

Metoda I zaproponowana przez Tchobanoglousa pozwala na obliczenie zużycia tlenu w układach z usuwaniem związków węgla i nityfikacją wg równania:

$$ZO_2 = \frac{(C_{BZT5,S} - C_{BZT5,O}) \cdot Q_d \cdot 10^{-3}}{f_{BZT}} - 1,42 \cdot \Delta X_{BIO} + 4,57 \cdot (C_{TKN,S} - C_{TKN,O}) \cdot Q_d \cdot 10^{-3}$$

Dobowy przyrost biomasy osadu czynnego należy obliczać wg równania:

$$\Delta X_{BIO} = \frac{Y_H}{1 + k_{dH} \cdot WO} \cdot (C_{BZT5,S} - C_{BZT5,O}) \cdot Q_d \cdot 10^{-3}$$

Natomiast maksymalne godzinowe zużycie tlenu oblicza się wg równania:

$$ZO_{2, \max h} = \frac{1}{24} \cdot \left\{ 2 \cdot \left[\frac{(C_{BZT5, S} - C_{BZT5, O}) \cdot Q_d \cdot 10^{-3}}{f_{BZT}} - 1,42 \cdot \Delta X_{BIO} \right] + 4,57 \cdot (C_{TKN, S} - C_{TKN, O}) \cdot Q_d \cdot 10^{-3} \right\}$$

2.5. Obliczanie zużycia tlenu wg Tchobanoglousa II [8]

Metoda II zaproponowana przez Tchobanoglousa pozwala na obliczenie zużycia tlenu w układach z usuwaniem związków węgla, nitrifikacją i denitryfikacją wg równania:

$$ZO_2 = (C_{bChZT, S} - S_{bChZT, O}) \cdot Q_d \cdot 10^{-3} - 1,42 \cdot \Delta X_{BIO} + (4,33 \cdot C_{TKN, N} - 2,86 \cdot S_{NO3, D}) \cdot Q_d \cdot 10^{-3}$$

Dobowy przyrost biomasy osadu czynnego obliczać należy wg równania:

$$\Delta X_{BIO} = \left[\frac{Y_H \cdot (C_{bChZT, S} - S_{bChZT, O}) \cdot (1 + f_d \cdot k_{dH} \cdot WO)}{1 + k_{dH} \cdot WO} + \frac{Y_A \cdot C_{TKN, N}}{1 + k_{dA} \cdot WO} \right] \cdot Q_d \cdot 10^{-3}$$

Stężenie biodegradowalnego ChZT w odpływie z osadnika wtórnego oblicza się wg równania:

$$S_{bChZT, O} = \frac{K_S (1 + k_{dH} \cdot WO)}{WO \cdot (\mu_{mH} - k_{dH}) - 1}$$

Ponadto stężenie azotu Kjeldahla do nitrifikacji oraz azotanowego do denitryfikacji oblicza się wg równań:

$$C_{TKN, N} = C_{TKN, S} - S_{NH4, O} - 0,12 \frac{\Delta X_{BIO}}{Q_d} \cdot 10^3$$

$$S_{NO3, D} = C_{TKN, N} - S_{NO3, O}$$

W celu obliczenia maksymalnego godzinowego zużycia tlenu należy uwzględnić nierównomierność dopływu ładunków związków organicznych i azotu Kjeldahla.

2.6. Obliczanie zużycia tlenu wg Barnarda [1]

Metoda zaproponowana przez Barnarda pozwala na obliczenie zużycia tlenu w układach z usuwaniem związków węgla, nitrifikacją i denitryfikacją wg równania:

$$ZO_2 = (C_{ChZT, S} - C_{nbChZT, S}) \cdot \left[(1 - f_{cv} \cdot Y_H) + \frac{f_{cv} (1 - f_d) \cdot k_{dH} \cdot Y_H \cdot WO}{(1 + k_{dH} \cdot WO)} \right] \cdot Q_d \cdot 10^{-3} + \\ + (4,57 \cdot C_{TKN, N} - 2,86 \cdot S_{NO3, D}) \cdot Q_d \cdot 10^{-3}$$

Stężenie azotu Kjeldahla do nitryfikacji oblicza się wg równania:

$$C_{TKN, N} = C_{TKN, S} - S_{TKN, O} - 0,1 \cdot X_{ZAW, O} - 0,1 \frac{\Delta X_{ORG}}{Q_d} \cdot 10^3$$

Dobowy przyrost suchej masy organicznej osadu czynnego oblicza się wg równania:

$$\Delta X_{ORG} = \left[\frac{Y_H \cdot (C_{ChZT, S} - C_{nbChZT, S}) \cdot (1 + f_d \cdot k_{dH} \cdot WO)}{1 + k_{dH} \cdot WO} + \frac{X_{nbChZT, S}}{1,48} \right] \cdot Q_d \cdot 10^{-3}$$

Ponadto stężenie azotu azotanowego do denitryfikacji oblicza się wg równania:

$$S_{NO3, D} = C_{TKN, N} - S_{NO3, O}$$

W celu obliczenia maksymalnego godzinowego zużycia tlenu należy uwzględnić nierównomierność dopływu ładunków związków organicznych i azotu Kjeldahla.

2.7. Określenie zużycia tlenu programem SymOS [5]

SymOS to opracowany przez prof. Ryszarda Szetelę program komputerowy umożliwiający dynamiczną symulację procesów zachodzących w oczyszczalniach ścieków z osadem czynnym realizującym usuwanie związków węgla, nitryfikację i denitryfikację. Zastosowany model procesów oczyszczania ścieków oparty jest na modelu ASM 1.

Poprawne zastosowanie programu SymOS do obliczeń konkretnej oczyszczalni ścieków wymaga określenia składu ścieków, z podziałem na frakcje zanieczyszczeń oraz parametrów modelu. W obliczeniach przyjęto typowe parametry modelu ASM 1.

W celu obliczenia maksymalnego godzinowego zużycia tlenu należy uwzględnić nierównomierność dopływu ładunków związków organicznych i azotu Kjeldahla.

3. PORÓWNANIE METOD

W celu porównania poszczególnych istotnie różniących się metod obliczania zużycia tlenu poczyniono pewne założenia. Przyjęto, że obliczenia zostaną przeprowadzone w trzech wariantach procesu osadu czynnego realizującego:

- 1) usuwanie związków węgla przy wieku osadu 5 dób,
- 2) usuwanie związków węgla i nitryfikację przy wieku osadu 10 dób,
- 3) usuwanie związków węgla, nitryfikację i denitryfikację przy wieku osadu 15 dób.

W wariancie 1 założono całkowity brak nitryfikacji, w wariancie 2 skuteczną nitryfikację (stężenie azotu amonowego w odpływie $\sim 0 \text{ gN/m}^3$), a w wariancie 3 skuteczną nitryfikację (stężenie azotu amonowego w odpływie $\sim 0 \text{ gN/m}^3$) i denitryfikację pozwalającą uzyskać średnie stężenie azotu ogólnego w dopływie poniżej 15 gN/m^3 .

Ponadto obliczenia zużycia tlenu przeprowadzono dla dwóch temperatur obliczeniowych 12°C i 20°C oraz dla jednakowego dla wszystkich metod składu ścieków surowych, scharakteryzowanego adekwatnie do wymagań poszczególnych metod. Przyjęto, iż do bloku technologicznego dopływają ścieki po mechanicznym oczyszczeniu. Pominięto dopływ strumieni ścieków zawracanych z części osadowej oczyszczalni.

Założono, że wartości wszystkich parametrów koniecznych do obliczenia zużycia tlenu zostaną przyjęte zgodnie z zaleceniami poszczególnych metod.

Jedynie przy obliczeniu maksymalnego godzinowego zużycia tlenu metodą II wg Tchobanoglousa, metodą wg Barnarda oraz programem SymOS, z uwagi na

Tab. 1. Skład ścieków surowych i po mechanicznym oczyszczeniu

L.p.	Oznaczenie		Ścieki surowe		Skuteczność oczyszczania mechanicznego	Ścieki po mechanicznym oczyszczaniu	
			Wartość	Ładunek		Wartość	Ładunek
			g/m^3	kg/d		g/m^3	kg/d
1	BZT ₅	C _{BZT5}	300	1500	20	240	1200
2	ChZT	C _{ChZT}	600	3000	21	474	2370
3	ChZT _{rozp}	S _{ChZT}	240	1200	0	240	1200
4	ChZT _{zaw}	X _{ChZT}	360	1800	35	234	1170
5	ChZT _{biodegr}	C _{bChZT}	480	2400	19	387	1936
6	ChZT _{biodegr rozp}	S _{bChZT}	215	1075	0	215	1075
7	ChZT _{biodegr zaw}	X _{bChZT}	265	1325	35	172	861
8	ChZT _{niebiodegr}	C _{nbChZT}	120	600	28	87	434
9	ChZT _{niebiodegr rozp}	S _{nbChZT}	25	125	0	25	125
10	ChZT _{niebiodegr zaw}	X _{nbChZT}	95	475	35	62	309
11	Zawiesiny ogólne	X _{ZAW}	250	1250	50	125	625
12	Azot amonowy	S _{NH4}	35	175	0	35	175
13	Azot organiczny	C _{Norg}	25	125	15	21,3	106
14	Azot ogólny TKN	C _{TKN}	60	300	6,3	56,3	281
15	Azot azotanowy	S _{NO3}	0	0	0	0	0
16	Azot całkowity	C _N	60	300	6,3	56,3	281
17	Fosfor fosforanowy	S _{PO4}	7	35	0	7	35
18	Fosfor ogólny	C _P	10	50	5	9,5	48

brak informacji dotyczących nierównomierności dopływu ładunków związków organicznych i azotu Kjeldahla, przyjęto współczynniki zalecane w metodzie ATV.

Przyjęty do obliczeń skład ścieków surowych i po mechanicznym oczyszczaniu przedstawiono w tabeli 1.

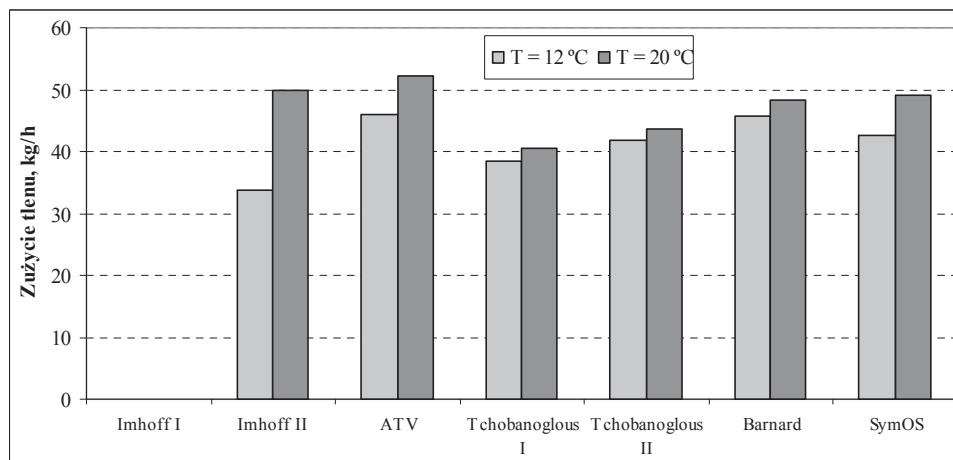
3.1. Zużycie tlenu w procesie osadu czynnego realizującego usuwanie związków węgla

Zużycie tlenu w procesie osadu czynnego realizującego usuwanie związków węgla obliczono przy założonym wieku osadu równym 5 dób. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 2 oraz przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

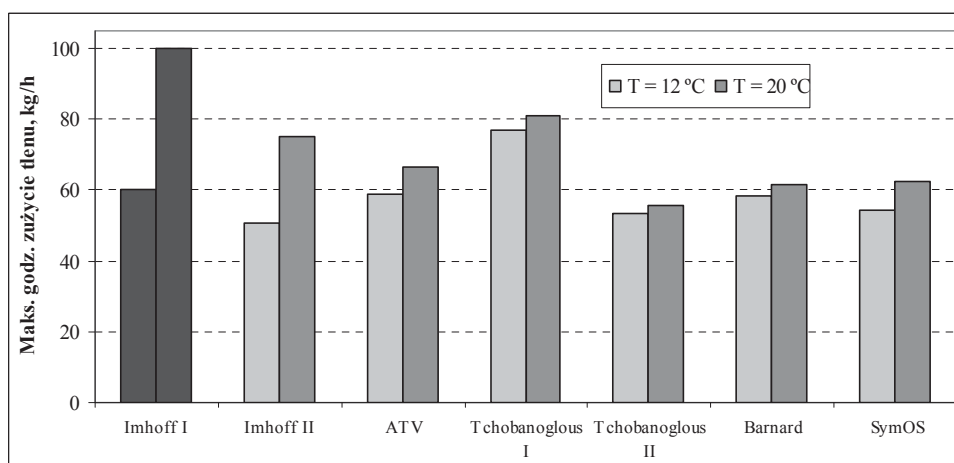
Maksymalne godzinowe zużycie tlenu obliczone wg metody I Imhoffa (rys. 2) zaznaczono innym kolorem, aby podkreślić, iż jest to zakres wartości uzyskiwanych tą metodą, a nie wyniki dla temperatur obliczeniowych.

Tab. 2. Zużycie tlenu w procesie osadu czynnego realizującego usuwanie związków węgla

Lp.	Metoda obliczeń	Obliczone zużycie tlenu			
		średniodobowe		maksymalne godzinowe	
		kg O ₂ /h		kg O ₂ /h	
		T ₁ = 12 °C	T ₂ = 20 °C	T ₁ = 12 °C	T ₂ = 20 °C
1	Imhoff I	–	–	60-100	
2	Imhoff II	33,7	50,0	50,6	75,0
3	ATV	46,0	52,1	58,7	66,4
4	Tchobanoglous I	38,4	40,5	77,0	81,0
5	Tchobanoglous II	41,7	43,7	53,2	55,7
6	Barnard	45,8	48,4	58,3	61,7
7	SymOS	42,5	49,1	54,2	62,6



Rys. 1. Średniodobowe zużycie tlenu przy usuwaniu związków węgla



Rys. 2. Maksymalne godzinowe zużycie tlenu przy usuwaniu związków węgla

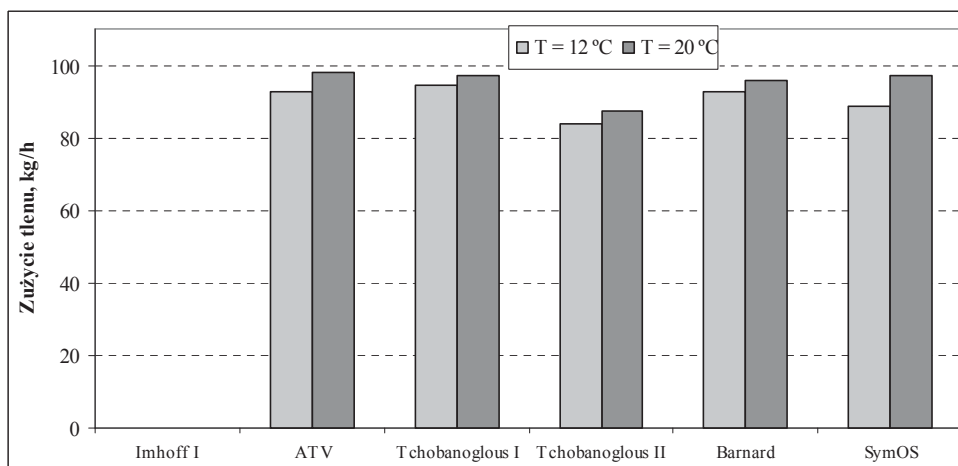
3.2. Zużycie tlenu w procesie osadu czynnego realizującego usuwanie związków węgla i nitryfikację

Zużycie tlenu w procesie osadu czynnego realizującego usuwanie związków węgla i nitryfikację obliczono przy założonym wieku osadu równym 10 dób. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 3 oraz przedstawiono na rysunkach 3, 4 i 5.

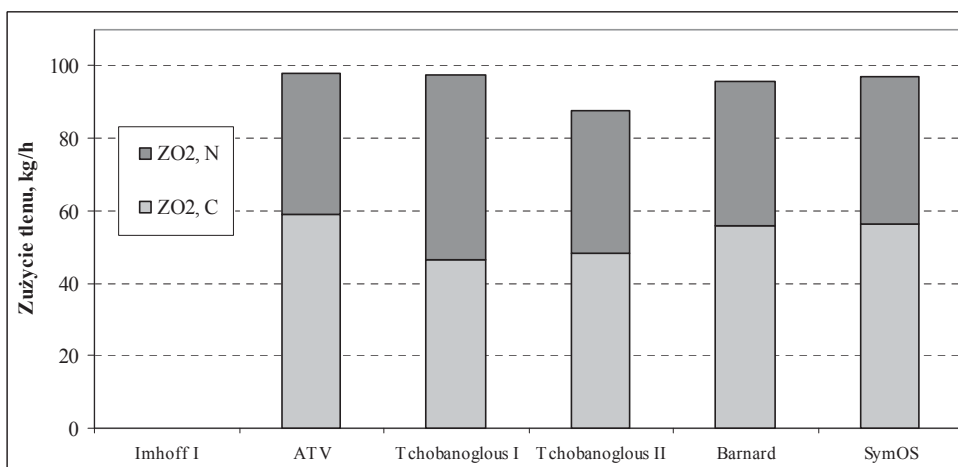
Tab. 3. Zużycie tlenu w procesie osadu czynnego realizującego usuwanie związków węgla i nitryfikację

Lp.	Metoda obliczeń	Obliczone zużycie tlenu							
		średniodobowe						maksymalne godzinowe	
		kgO ₂ /h						kgO ₂ /h	
		T ₁ = 12 °C			T ₂ = 20 °C			T ₁ = 12 °C	T ₂ = 20 °C
		ZO _{2,C}	ZO _{2,N}	ZO ₂	ZO _{2,C}	ZO _{2,N}	ZO ₂		
1	Imhoff I	—	—	—	—	—	—	90-125	
2	ATV	53,6	38,9	92,5	59,2	38,9	98,1	151	157
3	Tchobanoglous I	43,6	50,7	94,3	46,6	50,7	97,3	138	144
4	Tchobanoglous II	45,7	38,0	83,7	48,5	39,1	87,6	141	146
5	Barnard	53,5	39,2	92,7	55,7	39,9	95,6	151	155
6	SymOS	50,3	38,6	88,9	56,2	40,8	97,0	147	158

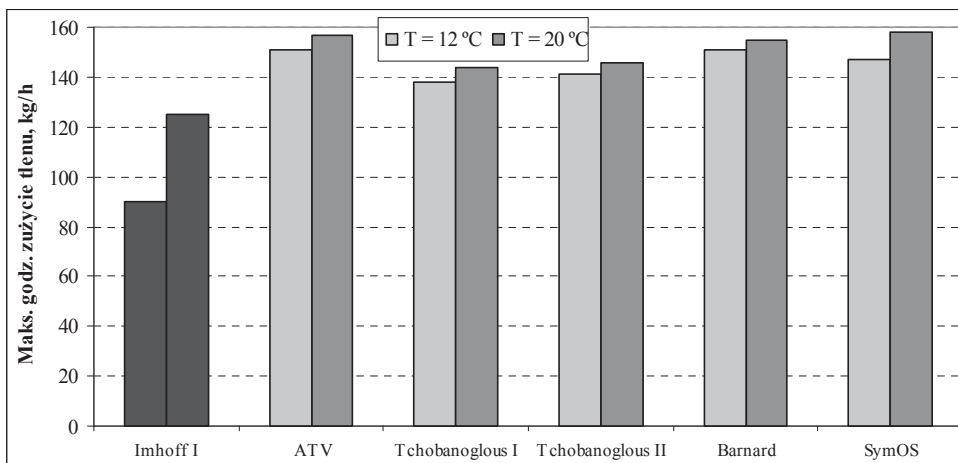
Maksymalne godzinowe zużycie tlenu obliczone wg metody I Imhoffa (rys. 5) zaznaczono innym kolorem, aby podkreślić, iż jest to zakres wartości uzyskiwanych tą metodą, a nie wyniki dla temperatur obliczeniowych.



Rys. 3. Średniodobowe zużycie tlenu przy usuwaniu związków węgla i nityfikacji



Rys. 4. Średniodobowe zużycie tlenu na usuwanie związków węgla (ZO₂, C) i nityfikację (ZO₂, N) dla 20 °C



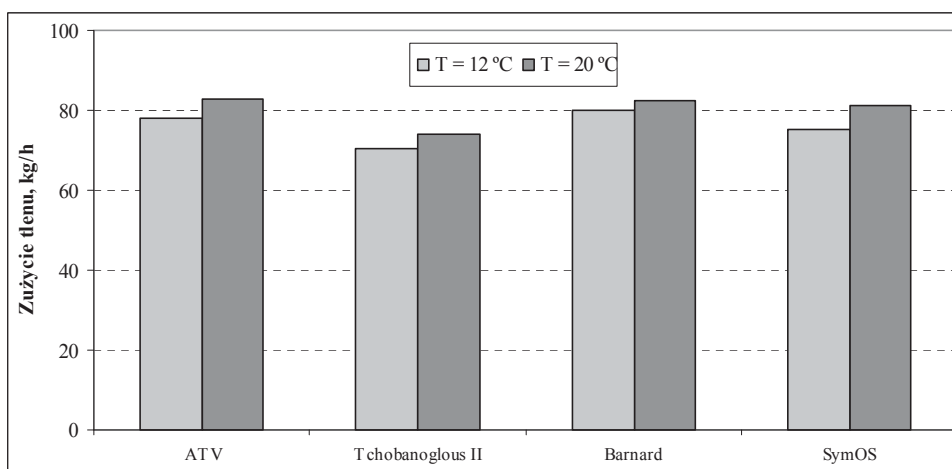
Rys. 5. Maksymalne godzinowe zużycie tlenu przy usuwaniu związków węgla i nityfikacji

Tab. 4. Zużycie tlenu w procesie osadu czynnego realizującego usuwanie związków węgla, nitryfikację i denitryfikację

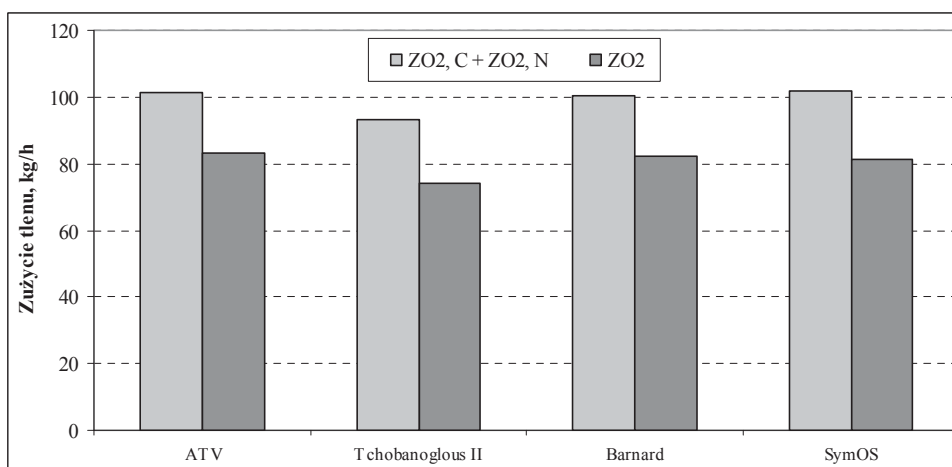
	Obliczone zużycie tlenu															maksymalne godzinowe
Lp.	Metoda obliczeń	średniodobowe														
		kg O ₂ /h														
		T ₁ = 12 °C						T ₂ = 20 °C						T ₁ = 12 °C	T ₂ = 20 °C	
		ZO _{2,C}	ZO _{2,N}	ZO _{2,D}	ZO _{2,C+N}	ZO ₂	ZO _{2,C}	ZO _{2,N}	ZO _{2,D}	ZO _{2,C+N}	ZO ₂	ZO _{2,C}	ZO _{2,N}	ZO _{2,D}	ZO _{2,C+N}	ZO ₂
1	ATV	57,7	38,9	-18,4	96,6	78,2	62,5	38,9	-18,4	101,4	83,0					
2	Tchobano-glous II	49,4	39,3	-18,2	88,7	70,5	52,5	40,5	-19,0	93,0	74,0					
3	Barnard	57,3	40,4	-17,5	97,7	80,2	59,2	41,0	-17,9	100,2	82,3					
4	SymOS	54,5	40,5	-19,9	95,0	75,1	59,6	42,0	-20,3	101,6	81,3					

3.3. Zużycie tlenu w procesie osadu czynnego realizującego usuwanie związków węgla, nitryfikację i denitryfikację

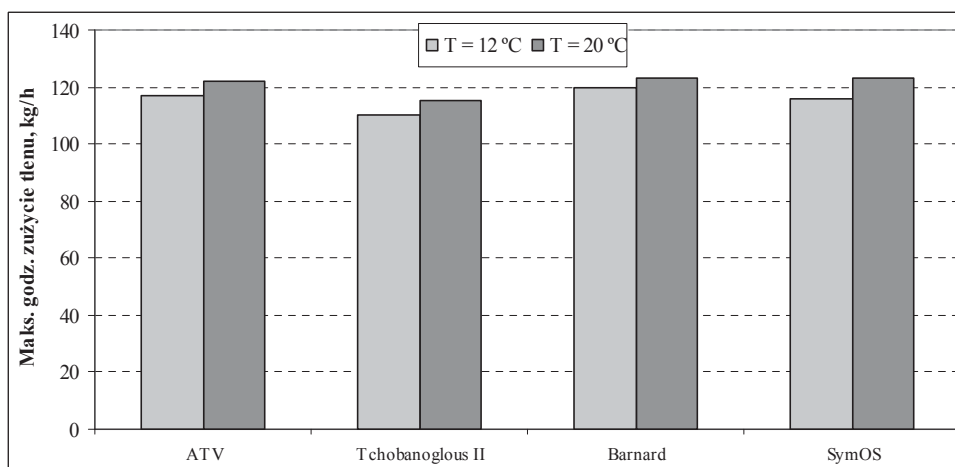
Zużycie tlenu w procesie osadu czynnego realizującego usuwanie związków węgla, nitryfikację i denitryfikację obliczono przy założonym wieku osadu równym 15 dób. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 4 oraz przedstawiono na rysunkach 6, 7 i 8.



Rys. 6. Średniodobowe zużycie tlenu przy usuwaniu związków węgla, nitryfikacji i denitryfikacji



Rys. 7. Średniodobowe zużycie tlenu przy: pominięciu ($ZO_{2,C} + ZO_{2,N}$) oraz uwzględnieniu (ZO_2) zużycia tlenu na mineralizację związków organicznych pokrywanego przez proces denitryfikacji dla 20 °C



Rys. 8. Maksymalne godzinowe zużycie tlenu przy usuwaniu związków węgla, nitrifikacji i denitryfikacji

3.4. Zużycie tlenu w procesie osadu czynnego realizującego usuwanie związków węgla, nitrifikację, denitryfikację i defosfatację

Obecnie stosowane metody obliczania zużycia tlenu nie uwzględniają wpływu procesu biologicznej wzmożonej defosfatacji. W skali pilotowej obserwowano, iż w układach z biologiczną defosfatacją rzeczywiste zużycie tlenu jest o ok. 15% mniejsze od teoretycznego [1]. Obserwacje te zgodne są z doniesieniami, iż bilans związków organicznych wyrażanych jako chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT) w układach z komorą beztlenową zamyka się co najwyżej w 85% [4].

Zjawisko zmniejszonego zużycia tlenu nie jest do tej pory w pełni rozpoznane, jednak wśród możliwych przyczyn wymienia się [4]:

- ubytek ChZT w procesach hydrolizy lub fermentacji,
- ulatnianie się części lotnych kwasów tłuszczowych do atmosfery,
- metabolizm bakterii akumulujących polifosforany (PAO).

4. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonego porównania metod obliczania zużycia tlenu w procesie osadu czynnego można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Metody obliczania zużycia tlenu w procesie osadu czynnego istotnie różnią się wymaganą ilością danych wyjściowych.
2. Zużycie tlenu obliczone w układzie z usuwaniem związków węgla wg poszczególnych metod dość istotnie się różni. Prosta metoda II wg Imhoffa pozwala uzyskać poprawne wyniki w porównaniu z bardziej rozbudowanymi

metodami.

3. Metoda I wg Imhoffa jest niezalecana, gdyż uzyskuje się jedynie szeroki zakres wartości maksymalnego godzinowego zużycia tlenu, co utrudnia projektantowi wybór konkretnej wartości.
4. Zużycie tlenu obliczone metodą I wg Imhoffa w układzie z nityfikacją jest istotnie niższe niż w przypadku pozostałych czterech metod.
5. Przy typowym składzie ścieków i efektywnej nityfikacji, zużycie tlenu na nityfikację może stanowić 40÷50% całkowitego zużycia tlenu.
6. Zużycie tlenu obliczone metodą II wg Tchobanoglousa w układzie z nityfikacją i denityfikacją było nieznacznie niższe niż w przypadku pozostałych trzech metod.
7. Efektywna denityfikacja może skutkować około 20÷25% zmniejszeniem zużycia tlenu.
8. W układach z biologiczną wzmoczoną defosfatacją rzeczywiste zużycie tlenu jest mniejsze od projektowanego.

ZESTAWIENIE OZNACZEŃ:

$C_{BZT_5, S}$	– BZT ₅ w ściekach doprowadzanych do bloku technologicznego, gO ₂ /m ³
$C_{BZT_5, O}$	– BZT ₅ w odpływie z osadnika wtórnego, gO ₂ /m ³
$C_{ChZT, S}$	– ChZT na dopływie do bloku technologicznego, gO ₂ /m ³
$C_{bChZT, S}$	– biodegradowalne ChZT na dopływie do bloku technologicznego, gO ₂ /m ³
$C_{nbChZT, S}$	– niebiodegradowalne ChZT na dopływie do bloku technologicznego, gO ₂ /m ³
$C_{N, S}$	– stężenie azotu ogólnego w dopływie do bloku technologicznego, gN/m ³
$C_{TKN, S}$	– stężenie azotu Kjeldahla w dopływie do bloku technologicznego, gN/m ³
$C_{TKN, O}$	– stężenie azotu Kjeldahla w odpływie z osadnika wtórnego, gN/m ³
$C_{TKN, N}$	– stężenie azotu Kjeldahla do nityfikacji, gN/m ³
f_{BZT}	– współczynnik przeliczeniowy BZT ₅ na BZT _{całk} (BZT _{całk} = BZT ₅ /0,68)
f_C	– współczynnik nierównomierności zużycia tlenu na mineralizację związków węgla
f_N	– współczynnik nierównomierności stężeń związków azotowych w dopływie
f_d	– pozostałość endogenna
f_{cv}	– współczynnik przeliczeniowy suchej masy organicznej na ChZT, g smo/g ChZT
k_{dA}	– współczynnik respiracji endogennej dla bakterii nityfikacyjnych, d ⁻¹
k_{dH}	– współczynnik respiracji endogennej dla bakterii heterotroficznych, d ⁻¹
K_S	– stała nasycenia dla biodegradowalnych związków organicznych, gO ₂ /m ³
Q_d	– nominalne dobowe natężenie dopływu ścieków do oczyszczalni, m ³ /d
$S_{bChZT, O}$	– biodegradowalne ChZT w odpływie z osadnika wtórnego, gO ₂ /m ³
$S_{NH_4, O}$	– stężenie azotu amonowego w odpływie z osadnika wtórnego, gN/m ³
$S_{NO_3, D}$	– stężenie azotu azotanowego do denityfikacji, gN/m ³
$S_{NO_3, S}$	– stężenie azotu azotanowego w dopływie do bloku technologicznego, gN/m ³
$S_{NO_3, O}$	– stężenie azotu azotanowego w odpływie z osadnika wtórnego, gN/m ³
$S_{Norg, O}$	– stężenie azotu organicznego w odpływie z osadnika wtórnego, gN/m ³
$S_{TKN, O}$	– stężenie rozpuszczonego azotu Kjeldahla w odpływie z osadnika wtórnego, gN/m ³
T	– temperatura w komorze osadu czynnego, °C
WO	– wiek osadu, d
$X_{nbChZT, S}$	– niebiodegradowalne ChZT na dopływie do bloku technologicznego, gO ₂ /m ³

$X_{N, BIO}$	– stężenie azotu wbudowanego w biomase, gN/m^3
$X_{ZAW, O}$	– stężenie zawiesin w odpływie z osadnika wtórnego, g/m^3
Y^A	– współczynnik wydajności przyrostu bakterii nityfikacyjnych, $g\ smo/g\ N$
Y_H	– współczynnik wydajności przyrostu bakterii heterotroficznych, $g\ smo/g\ BZT_5\ (ChZT)$
z	– współczynnik przeliczeniowy wg Imhoffa dla metody I
ZO_2	– dobowe zużycie tlenu, kgO_2/d
$ZO_{2, max\ h}$	– maksymalne godzinowe zużycie tlenu, kgO_2/h
$ZO_{2, C}$	– dobowe zużycie tlenu na mineralizację związków organicznych, kgO_2/d
$ZO_{2, N}$	– dobowe zużycie tlenu na nityfikację azotu amonowego, kgO_2/d
$ZO_{2, D}$	– dobowe zużycie tlenu na mineralizację związków organicznych pokrywane przez proces denityfikacji, kgO_2/d
ΔX_{BIO}	– dobowy przyrost biomasy osadu czynnego, $kg\ smo/d$
ΔX_{ORG}	– dobowy przyrost suchej masy organicznej osadu czynnego, $kg\ smo/d$
μ_{mH}	– maksymalna stała szybkości przyrostu bakterii heterotroficznych, d^{-1}

PIŚMIENNICTWO

- [1] Barnard J.L.: Projektowanie oczyszczalni z osadem czynnym usuwającym związki biogenne. Filozofia projektowania a eksploatacja oczyszczalni ścieków, Oleszkiewicz J.A. (red.), 13-59. LEM Projekt s.c., Kraków 2000.
- [2] Imhoff K., Imhoff K.R.: Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków. Oficyna Wyd. Projprzem-EKO, Bydgoszcz 1996.
- [3] Kayser R.: Komentarz ATV-DVWK do A131P i do A210P. Wymiarowanie jednostopniowych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym oraz sekwencyjnych reaktorów porcjowych SBR. Wyd. Seidel-Przywecki, Warszawa 2002.
- [4] Myszograj S.: Bilans ChZT w ocenie procesu osadu czynnego. Konferencja Naukowo-Techniczna: Nauka dla Praktyków. Zaawansowane technologie biologicznego oczyszczania ścieków komunalnych. Zegrze Południowe 21-22.04.2010, 193-206. Wyd. Seidel-Przywecki, Józefosław 2010.
- [5] Szetela R.: Symulator oczyszczalni ścieków – SymOS. Analiza symulacyjna, projektowanie, eksploatacja i diagnostyka procesów w oczyszczalni ścieków z osadem czynnym. ECO-CONSULT, Wrocław 1999.
- [6] Szetela R., Janiak K.: Obniżka kosztów napowietrzania w procesie osadu czynnego. Konferencja Naukowo-Techniczna: Nauka dla Praktyków. Zaawansowane technologie biologicznego oczyszczania ścieków komunalnych. Zegrze Południowe 21-22.04.2010, 193-206. Wyd. Seidel-Przywecki, Józefosław 2010.
- [7] Tchobanoglous G., Burton F.L.: Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse. Metcalf & Eddy, Inc., 3rd ed., McGraw-Hill, Inc., New York 1991.
- [8] Tchobanoglous G., Burton F.L., Stensel H.D.: Wastewater Engineering. Treatment and Reuse. Metcalf & Eddy, Inc., 4th ed., McGraw-Hill, Inc., New York 2003.