

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE	7
2. PODSTAWY PROCESÓW BIOLOGICZNYCH ORAZ ICH MODELOWANIA W OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW	11
2.1. PROCES OSADU CZYNNEGO ASP	11
2.2. USUWANIE BIOLOGICZNE ZWIĄZKÓW AZOTU	13
2.2.1. Nitryfikacja	13
2.2.2. Denitryfikacja	14
2.3. MODEL PROCESU OSADU CZYNNEGO ASM1	14
2.3.1. Zmienne stanu	14
2.3.2. Frakcje związków węgla i azotu	15
2.3.3. Macierz Petersen	18
2.3.4. Wyrażenia kinetyczne	19
2.3.5. Równania bilansu masy	23
2.3.6. Parametry ASM1	27
2.4. PRZYKŁAD IMPLEMENTACJI MODELU ASM1	28
2.4.1. Bilans masy	30
2.4.2. Implementacja w środowisku MATLAB	30
2.5. MODEL OSADNIKA WTÓRNEGO	33
2.5.1. Model Vitasovica	34
2.5.2. Model Takácsa	35
2.5.3. Strumienie w modelu Takácsa	38
2.5.4. Bilans mas w modelu Takácsa	39
2.5.5. Implementacja modelu osadnika wg Takácsa	40
2.6. PRZYKŁAD IMPLEMENTACJI MODELU TAKÁCSA I REAKTORA Z MODELEM ASM1 W ŚRODOWISKU MATLAB	41
2.6.1. Opis zmiennych modelowanego systemu	42
2.6.2. Bilans masy	43
2.7. FRAKCJONOWANIE CHEMICZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA TLEN I AZOTU OGÓLNEGO	47
2.8. PRZEGLĄD BADAŃ DOTYCZĄCYCH KALIBRACJI I MODELOWANIA PROCESU OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW	48

2.8.1.	Kalibracja modeli ASM	48
2.8.2.	Analiza czułości parametrów modelu ASM	49
2.8.3.	Planowanie kampanii pomiarowej	50
2.8.4.	Model testowy IWA BSM1	50
2.8.5.	Przegląd literatury dotyczącej modelowania nieliniowego procesu oczyszczania ścieków	51
3.	TECHNOLOGIA OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW I PRZERÓBK OSADÓW W OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W KĘDZIERZYNIE-KOŹLU	55
3.1.	OPIS OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W KĘDZIERZYNIE-KOŹLU	55
3.1.1.	Dopuszczalne zanieczyszczenia w ściekach odpływających regulowane przez pozwolenie wodno-prawne	55
3.1.2.	Proces Bardenpho	56
3.2.	OPIS OBIEKTÓW TECHNOLOGICZNYCH W OCZYSZCZALNI	56
3.2.1.	Oczyszczanie wstępne ścieków	56
3.2.2.	Blok biologicznego oczyszczania ścieków	58
3.2.3.	Stacja dmuchaw	61
3.2.4.	Osadniki wtórne	62
3.2.5.	Przepompownia osadu recykulowanego oraz flotatu	63
3.2.6.	Pozostałe obiekty i urządzenia technologiczne	63
4.	WYNIKI POMIARÓW I ANALIZ PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW TECHNOLOGICZNYCH W OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW	67
4.1.	WYKAZ POMIARÓW I ANALIZ PROWADZONYCH W RAMACH KAMPANII POMIAROWEJ	67
4.2.	WYNIKI BADAŃ PARAMETRÓW TECHNOLOGICZNYCH	72
4.2.1.	Analiza sygnału odpływu ścieków oczyszczonych	72
4.2.2.	Analiza przepływu osadu recykulowanego	81
4.2.3.	Analiza przepływu flotatu	85
4.2.4.	Analiza stężenia azotu azotanowego (V)	86
4.2.5.	Analiza stężenia azotu amonowego	90
4.2.6.	Analiza stężenia potasu	93
4.2.7.	Analiza stężeń tlenu rozpuszczonego	97
4.2.8.	Analiza parametrów technologicznych w rurociągu powietrza	112
4.2.9.	Analiza potencjału REDOX	115
4.2.10.	Analiza pH	117
4.2.11.	Analiza temperatury	124
4.3.	WYNIKI BADAŃ WSKAŹNIKÓW ŚCIEKÓW DOPLÝWAJĄCYCH	127
4.4.	WYNIKI BADAŃ WIELKOŚCI ŚRODOWISKOWYCH	132

5. MODELOWANIE NIELINIOWE OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW PRZY UŻYCIU ASM1	137
5.1. UPROSZCZONY MODEL SYMULACYJNY BAZUJĄCY NA ZREDUKOWANYM MODELU PROCESU OSADU CZYNNEGO ASM1R3	137
5.1.1. Opis uproszczonego modelu symulacyjnego oczyszczalni ścieków	137
5.1.2. Przepływy w modelu uproszczonym	138
5.1.3. Stężenia składników w modelu uproszczonym	139
5.1.4. Równania różniczkowe bilansu masy w uproszczonym modelu oczyszczalni ścieków	140
5.1.5. Zredukowany model ASM1R3	141
5.1.6. Bilans masy dla zmiennych stanu w zredukowanym modelu ASM1R3	143
5.1.7. Parametry stechiometryczne i kinetyczne w zredukowanym modelu ASM1R3	144
5.2. KALIBRACJA UPROSZCZONEGO MODELU SYMULACYJNEGO Z REAKTORAMI ASM1R3	145
5.2.1. Charakterystyka dopływu w modelu symulacyjnym	145
5.2.2. Wartości początkowe i charakterystyka reaktorów	148
5.2.3. Implementacja uproszczonego modelu oczyszczalni ścieków w środowisku MATLAB	149
5.2.4. Ocena jakości modelu	151
5.2.5. Wyniki symulacji modelu uproszczonego przed kalibracją	152
5.2.6. Wyniki symulacji modelu uproszczonego po kalibracji	153
5.3. UPROSZCZONE MODELE SYMULACYJNE BAZUJĄCE NA ZREDUKOWANYCH MODELACH PROCESU OSADU CZYNNEGO ASM1R4, ASM1R5 I ASM1R6	157
5.3.1. Zredukowany model ASM1R4	157
5.3.2. Zredukowany model ASM1R5	158
5.3.3. Zredukowany model ASM1R6	160
5.4. WYNIKI ZWIĘKSZANIA ZŁOŻONOŚCI MODELU SYMULACYJNEGO	161
5.4.1. Kalibracja modelu symulacyjnego wykorzystującego ASM1R4	161
5.4.2. Kalibracja modelu symulacyjnego wykorzystującego ASM1R5	165
5.4.3. Kalibracja modelu symulacyjnego wykorzystującego ASM1R6	169
5.4.4. Kalibracja pełnego modelu symulacyjnego wykorzystującego ASM1	174

5.4.5. Kalibracja pełnego modelu symulacyjnego wykorzystującego ASM1 oraz model osadnika wtórnego wg Takácsa	182
5.4.6. Podsumowanie wyników symulacji	185
6. MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW WYNIKAJĄCE Z WYKONANYCH BADAŃ	187
6.1. SYMULACJA WPŁYWU STĘŻENIA TLENU W REAKTORACH NA WYNIKI USUWANIA AZOTU AMONOWEGO	187
6.1.1. Symulacja wpływu stężenia tlenu na stężenia azotów w drugiej komorze tlenowej	187
6.1.2. Symulacja wpływu stężenia tlenu na maksymalne tygodniowe stężenia azotów	190
6.1.3. Określenie obszaru możliwej oszczędności energii elektrycznej	192
7. PODSUMOWANIE	195
BIBLIOGRAFIA	199
STRESZCZENIA	211