

Spis treści

1. Charakterystyka ścieków miejskich	29
1.1. Rodzaje ścieków	31
1.2. Rodzaje kanalizacji	32
1.3. Ilość ścieków miejskich	35
1.3.1. Ścieki bytowo-gospodarcze	36
1.3.2. Ścieki przemysłowe	37
1.4. Klasyfikacja zanieczyszczeń ścieków miejskich	43
1.4.1. Zanieczyszczenia fizyczne	44
1.4.2. Zanieczyszczenia chemiczne, organiczne i nieorganiczne	47
1.4.3. Zanieczyszczenia biologiczne	51
1.5. Skład ścieków miejskich	51
1.6. Jednostkowe ładunki zanieczyszczeń	56
1.7. Ładunek zanieczyszczeń	58
1.8. Równoważna Liczba Mieszkańców (RLM)	58
1.9. Zmienność składu ścieków	61
Streszczenie	67
Literatura	68
2. Odbiorniki ścieków	71
2.1. Charakterystyka wód naturalnych	73
2.1.1. Wody opadowe	73
2.1.2. Wody powierzchniowe	73
2.1.3. Wody podziemne	75
2.2. Rodzaje odbiorników ścieków	77
2.2.1. Wody płynące	77
2.2.2. Wody stojące	81
2.2.3. Środowisko gruntowe	84
2.3. Źródła zanieczyszczenia wód	85
2.4. Strefy wód zanieczyszczonych ściekami	86
2.4.1. Strefa odtleniona	86
2.4.2. Strefa pośrednia (tzw. mezosaprobowa)	87
2.4.3. Strefa odnowy (oligosaprobowa)	89
2.5. Klasyfikacja (systematyka) organizmów	89
2.5.1. Bakterie (Bacteria)	91
2.5.2. Archeowce (Archaea)	91
2.5.3. Jądroowce - Eukarionty (Eucaria)	92
2.5.4. Organizmy środowiska wodno-ściekowego	95

2.5.4.1.	Wirusy	95
2.5.4.2.	Bakterie (Bacteria)	95
2.5.4.3.	Protisty (Protista)	98
2.5.4.4.	Pozostałe organizmy związane ze środowiskiem wodno-ściekowym	105
2.5.4.5.	Określenia zwyczajowe	108
2.5.4.6.	Znaczenie organizmów środowiska wodno-ściekowego	109
2.6.	Charakterystyka procesu samooczyszczania	110
2.6.1.	Procesy biochemiczne	111
2.6.2.	Pobór tlenu i wpływ biogenów na środowisko wodne	119
2.6.3.	Sedymentacja	121
2.6.4.	Adsorpcja	122
2.6.5.	Rozcieńczanie i mieszanie	122
2.6.6.	Proces samooczyszczania w środowisku glebowym	123
2.7.	Wpływ ścieków na jakość wód	124
2.7.1.	Wskaźniki podstawowe	125
2.7.2.	Wskaźniki eutroficzne	127
2.7.3.	Wskaźniki nieorganiczne	128
2.7.4.	Wskaźniki nieorganiczne niebezpieczne	130
2.7.5.	Wskaźniki organiczne niebezpieczne	137
2.8.	Rola składników niebezpiecznych w oczyszczaniu ścieków miejskich	140
	Streszczenie	142
	Literatura	143
3.	Oczyszczanie wstępne	147
3.1.	Rola oczyszczania wstępnego	149
3.2.	Kraty	151
3.3.	Sita	160
3.4.	Piaskowniki	164
3.5.	Odtłuszczacze	181
3.6.	Osadniki wstępne	183
	Streszczenie	202
	Literatura	203
4.	Biologiczne oczyszczanie ścieków	205
4.1.	Wprowadzenie	207
4.2.	Mechanizmy biologicznego oczyszczania ścieków	212

4.2.1.	Mechanizm usuwania związków organicznych	212
4.2.2.	Mechanizm usuwania związków fosforu	213
4.2.3.	Mechanizm usuwania związków azotu	216
4.2.3.1.	Nitryfikacja i denitryfikacja	216
4.2.3.2.	ANAMMOX	219
4.3.	Systemy z zawieszoną biomasą	220
4.3.1.	Wprowadzenie	220
4.3.2.	Opis procesu	220
4.3.3.	Mikroorganizmy w osadzie czynnym	222
4.3.4.	Główne elementy procesu osadu czynnego	232
4.3.4.1.	Reaktory biologiczne (komory osadu czynnego)	233
4.3.4.2.	Napowietrzanie i mieszanie	243
4.3.4.3.	Osadniki wtórne	255
4.3.5.	Kontrola procesu osadu czynnego	263
4.3.5.1.	Recyrkulacja osadu	264
4.3.5.2.	Osad nadmierny	269
4.3.5.3.	Wiek osadu - wpływ na efekt oczyszczania, przyrost osadu i obciążenie osadu ładunkiem zanieczyszczeń	272
4.3.5.4.	Sedymentacja osadu i jakość osadu.	275
4.3.6.	Problemy eksploatacyjne w systemach osadu czynnego	278
4.4.	Biologiczne systemy usuwania związków azotu i fosforu	284
4.4.1.	Usuwanie związków azotu	284
4.4.2.	Usuwanie związków fosforu	291
4.4.3.	Równoczesne usuwanie azotu i fosforu	292
4.4.4.	Eksploatacja systemów biologicznego usuwania związków azotu i fosforu	302
4.4.4.1.	Optymalne warunki pracy procesu wielofazowego	303
4.4.4.2.	Optymalizacja usuwania związków fosforu	307
4.4.4.3.	Optymalizacja usuwania związków azotu	317
4.4.4.4.	Szczegółowy bilans azotu i fosforu dla oczyszczalni ścieków	333
4.4.4.5.	Problemy eksploatacyjne procesu wielofazowego.	335
4.4.5.	Chemiczne usuwanie fosforu	339
4.4.5.1.	Strącanie solami glinu i żelaza	340
4.4.5.2.	Strącanie wapnem	342
4.4.5.3.	Miejsce dawkowania reagentów	343
4.4.5.4.	Zalety i wady chemicznego strącania fosforu	345
4.5.	Systemy z osiadłą biomasą	348
4.5.1.	Złoża biologiczne zraszane	348
4.5.2.	Złoża biologiczne zanurzone (obrotowe)	360
4.5.3.	Filtry biologiczne	365

4.6.	Proces hybrydowy - osad czynny i błona biologiczna	373
4.6.1.	Osad czynny z wypełnieniem zawieszonym	373
4.6.2.	Osad czynny z wypełnieniem umocowanym na stałe	377
4.7.	Reaktory membranowe (MBR)	379
4.7.1.	Opis procesu	380
4.7.2.	Kontrola zapychania membran	384
4.7.3.	Efektywność procesu	386
4.8.	Stawy biologiczne i oczyszczalnie hydrobotaniczne	388
4.8.1.	Stawy biologiczne	388
4.8.1.1.	Stawy tlenowe	388
4.8.1.2.	Stawy napowietrzane	390
4.8.1.3.	Stawy fakultatywne	393
4.8.1.4.	Stawy beztlenowe	394
4.8.1.5.	Konstrukcja stawów	395
4.8.1.6.	Problemy eksploatacyjne	395
4.8.2.	Oczyszczalnie hydrobotaniczne	398
4.9.	Beztlenowe oczyszczanie ścieków	401
4.9.1.	Wprowadzenie	401
4.9.2.	Opis procesu	402
4.9.3.	Problemy eksploatacyjne	406
	Streszczenie	407
	Literatura	408

5.	Zanieczyszczenie powietrza wokół oczyszczalni	413
5.1.	Rodzaje uciążliwości powstających w oczyszczalni	415
5.1.1.	Oddziaływanie obiektów oczyszczalni na otoczenie	415
5.1.2.	Odory	418
5.1.3.	Bioaerozole	421
5.1.4.	Mikrobiologiczny monitoring powietrza	422
5.2.	Powstawanie odorów i ich emisja	425
5.2.1.	Powstawanie siarkowodoru	425
5.2.2.	Wpływ typu kanalizacji na powstawanie H_2S	428
5.2.3.	Uwalnianie się H_2S	428
5.2.4.	Problemy powodowane przez siarkowodor	429
5.3.	Wentylacja poszczególnych obiektów	431
5.3.1.	Wprowadzenie	431
5.3.2.	Wydajność wentylacji	433
5.3.3.	Podciśnienie	433

5.3.4. Ładunek zapachów	433
5.3.5. Dostępność obiektów	434
5.4. Biologiczne oczyszczanie powietrza	435
5.4.1. Zasady biologicznego oczyszczania powietrza	435
5.4.2. Przemiana związków zapachowych	436
5.4.3. Warunki panujące w filtrze	438
5.4.4. Biologiczne sposoby usuwania odorów	440
5.4.4.1. Filtr biologiczny	440
5.4.4.2. Filtry z wypełnieniem skałą wulkaniczną	444
5.4.4.3. Złoża biologiczne (zraszane)	448
5.4.5. Rozruch filtrów biologicznych	449
5.4.5.1. Rozruch filtrów z wypełnieniem skałą wulkaniczną	450
5.4.5.2. Rozruch filtrów biologicznych	451
5.5. Procesy fizyczno-chemiczne	451
5.5.1. Technologie zapobiegawcze	451
5.5.2. Technologie naprawcze	452
5.5.2.1. Dawkowanie żelaza	452
5.5.2.2. Filtr „Entec”	452
5.5.2.3. Węgiel aktywny	453
5.5.2.4. Stripping	453
5.6. Problemy eksploatacyjne	454
5.6.1. Problemy powstające podczas wentylacji	454
5.6.1.1. Spadek wydajności (zasysania)	455
5.6.1.2. Wykrycie H_2S w pomieszczeniach dostępnych dla pracowników; emisje zapachów z poszczególnych obiektów	455
5.6.2. Możliwe problemy przy eksploatacji filtru	456
5.6.2.1. Akumulacja soli, „zakwaszenie” złoża	456
5.6.2.2. Wysuszanie złoża	458
5.6.2.3. Krótkie spięcia (przepływy)	459
5.6.2.4. Wzrost ciśnienia na filtrze (opór)	459
5.6.2.5. Zarastanie powierzchni filtru	460
5.6.2.6. Nagłe obumieranie biomasy	461
5.6.3. Możliwe problemy podczas procesów chemiczno-fizycznych	463
Streszczenie	464
Literatura	465

6. Przeróbka i unieszkodliwianie osadów	469
6.1. Bilans masy osadów	471
6.2. Co robić z osadami?	473
6.3. Skład i własności osadów	477
6.4. Zagęszczanie osadów	482
6.4.1. Zagęszczanie grawitacyjne	482
6.4.2. Zagęszczanie flotacyjne	491
6.4.3. Zagęszczanie mechaniczne	495
6.4.3.1. Zagęszczacze wirówkowe	495
6.4.3.2. Zagęszczacze filtracyjno-taśmowe	497
6.4.3.3. Zagęszczacze bębnowe	500
6.5. Stabilizacja osadów	502
6.5.1. Biologiczna stabilizacja osadów	503
6.5.1.1. Stabilizacja beztlenowa	504
6.5.1.2. Tlenowa stabilizacja osadu	526
6.5.1.3. Kompostowanie	534
6.5.2. Chemiczna stabilizacja osadów	537
6.5.3. Termiczna stabilizacja/utlenianie osadów	540
6.6. Odwadnianie osadów	543
6.6.1. Odwadnianie naturalne	544
6.6.2. Odwadnianie mechaniczne	547
6.6.3. Suszenie termiczne	563
6.6.4. Suszenie naturalne - słoneczne	565
Streszczenie	566
Literatura	567
 7. Dezynfekcja	 571
7.1. Mikroorganizmy w ściekach miejskich i skutki ich występowania	573
7.2. Usuwanie mikroorganizmów w procesach oczyszczania ścieków	582
7.3. Dezynfekcja ścieków – zagadnienia wprowadzające	585
7.3.1. Terminologia dotycząca dezynfekcji i działań pokrewnych	585
7.3.2. Cele, metody i efekty dezynfekcji	587
7.3.3. Mechanizmy niszczenia mikroorganizmów w procesach dezynfekcji	593
7.3.4. Dezynfekcja ścieków w kraju i zagranicą	597
7.4. Fizyczne metody dezynfekcji	602
7.4.1. Promieniowanie UV	602
7.4.2. Filtracja membranowa	612

7.4.3. Pasteryzacja	613
7.4.4. Promieniowanie radioaktywne (dezynfekcja radiacyjna)	617
7.4.5. Ultradźwięki	617
7.5. Chemiczne metody dezynfekcji	618
7.5.1. Ozonowanie	618
7.5.2. Chlorowanie	622
7.5.3. Inne metody	638
Streszczenie	641
Literatura	641
8. Pompy i przepompownie	645
8.1. Wstęp	647
8.1.1. Charakterystyki agregatów pompowych	647
8.1.2. Charakterystyka rurociągu	652
8.1.3. Współpraca pompy z rurociągiem	653
8.2. Rodzaje przepompowni	655
8.3. Rodzaje pomp w przepompowniach	656
8.3.1. Klasyfikacja pomp	656
8.3.2. Przegląd pomp stosowanych w przepompowniach	659
8.3.2.1. Pompy wyporowe	659
8.3.2.2. Pompy wirowe	661
8.3.2.3. Pompy specjalne	665
8.3.3. Dobór pomp w przepompowniach	669
8.3.3.1. Ogólne kryteria doboru	669
8.3.3.2. Regulacja parametrów pracy pompy	674
8.3.3.3. Współpraca pomp	680
8.3.4. Infrastruktura przepompowni	683
8.3.5. Uderzenie hydrauliczne	686
8.4. Pompowanie osadów	687
8.5. Eksploatacja i dokumenty przepompowni	691
8.5.1. Wymogi formalno-prawne wobec pomp	691
8.5.2. Dokumentacja prowadzona w trakcie eksploatacji pompy	692
8.5.3. Eksploatacja pomp	692
8.5.3.1. Nadzór nad pracą pompy i monitoring parametrów	693
8.5.3.2. Bieżąca obsługa pomp	695
8.5.3.3. Remonty pomp	699
8.5.3.4. Problemy eksploatacyjne	703
Streszczenie	708
Literatura	709

9. Kontrola pracy oczyszczalni ścieków	711
9.1. Rodzaje kontroli	713
9.2. Pomiary ilości ścieków i osadów	715
9.3. Kontrola analityczna	717
9.3.1. Punkty kontroli analitycznej	717
9.3.2. Rodzaje i sposób poboru próbek	717
9.3.3. Zakres i częstość analiz	720
9.3.4. Przechowywanie i utrwalanie próbek	722
9.4. Przepisy robocze na wykonanie wybranych oznaczeń laboratoryjnych	724
9.5. Kontrola pracy oczyszczalni ścieków przez pomiar zasadowości	739
9.5.1. Reakcje biologiczne ze zmianą zasadowości	740
9.5.2. Osadniki wstępne	741
9.5.3. Osadniki wtórne	742
9.5.4. Komora napowietrzania	742
9.5.5. Przeróbka osadów	743
9.6. Kontrola pracy osadu czynnego	744
9.7. Dokumentacja wyników kontroli technologicznej	753
9.8. Praktyczne sposoby wykorzystania danych pochodzących z monitoringu	754
9.8.1. Cele monitoringu	754
9.8.2. Bazy danych	755
9.8.3. Etapy i metody eksploracji danych	761
9.8.4. Grupowanie danych	762
9.8.5. Poszukiwanie reguł i wzorców	771
9.8.6. Przykłady klasyfikacji danych	772
9.8.7. Regresja	774
9.8.8. Kojarzenie	777
9.8.9. Podsumowanie	781
9.9. Modelowanie procesu oczyszczania ścieków osadem czynnym	782
9.9.1. Wprowadzenie do modelowania	782
9.9.2. Modele	783
9.9.3. Praktyczne wykorzystanie modeli matematycznych	794
Streszczenie	797
Literatura	798
 10. Automatyzacja w oczyszczalni ścieków	 801
10.1. Rodzaje systemów sterowania	804
10.1.1. Sterowanie a regulacja	804

10.1.2. Regulacja wybranego parametru	805
10.1.3. Regulacja procesu (wielu parametrów równocześnie)	807
10.1.4. Kompleksowa regulacja oczyszczalni ścieków (sterowanie równoczesne wieloma procesami)	807
10.2. Urządzenia do automatycznego sterowania i regulacji	809
10.2.1. Urządzenia pomiarowe	809
10.2.1.1. Pomiary temperatury	810
10.2.1.2. Pomiary ciśnień	814
10.2.1.3. Pomiary poziomów	818
10.2.1.4. Pomiary przepływów	827
10.2.1.5. Pomiary odczynu pH	833
10.2.1.6. Pomiary zawartości tlenu w ściekach	835
10.2.1.7. Pomiary stężenia związków azotu i fosforu oraz innych zanieczyszczeń	838
10.2.1.8. Kierunki rozwoju pomiarów parametrów chemicznych	843
10.2.1.9. Pomiary mętności oraz poziomu i stężenia osadów	845
10.2.2. Regulatory	851
10.2.3. Urządzenia wykonawcze	852
10.2.4. Zalecenia eksploatacyjne	855
10.3. Komputery w oczyszczalniach ścieków	856
10.3.1. Zadania komputera w oczyszczalni	858
10.3.2. Programowalne sterowniki logiczne	862
10.3.3. Komunikacja w systemach pomiarowo-sterujących	867
Streszczenie	877
Literatura	877
11. Eksploatacja oczyszczalni ścieków	881
11.1 Organizacja oczyszczalni ścieków	883
11.2. Ogólne zasady eksploatacji	888
11.2.1. Kwalifikacje obsługi oczyszczalni ścieków	889
11.2.2. Dokumentacja eksploatacji oczyszczalni	890
11.2.3. Czynności eksploatacyjne i zakres obsługi obiektów oczyszczalni	892
11.2.4. Zasady techniczne konserwacji urządzeń i agregatów pompowych	902
11.2.5. Ochrona przed korozją części metalowych	905
11.3. Ogólne zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w oczyszczalniach ścieków	906
11.3.1. Ustalenie miejsc zagrożeń i szkodliwości	906
11.3.2. Przepisy w zakresie BHP w oczyszczalniach ścieków	910

11.3.3. Organizacja pierwszej pomocy w nagłych wypadkach	917
11.3.4. Podstawowe wyposażenie w sprzęt ochronny stanowisk pracy	923
11.3.5. Wymagania w zakresie BHP stawiane pracownikom uczestniczącym w rozruchu i eksploatacji	924
11.3.5.1. Zakres szkolenia pracowników obsługi	925
11.3.5.2. Zakres szkolenia pracowników wykonujących prace konserwacyjno - remontowe	926
11.3.5.3. Zakres szkolenia pracowników sprawujących kierownictwo i dozór nad rozruchem eksploatacji	927
11.3.6. Podsumowanie	927
Streszczenie	928
Literatura	929
 12. Rozruchy oczyszczalni ścieków	 933
12.1. Część ogólna	935
12.1.1. Wprowadzenie	935
12.1.1.1. Kto realizuje budowę oczyszczalni ścieków?	935
12.1.1.2. Kompetencje i zadania jednostek realizujących proces inwestycyjny budowy oczyszczalni ścieków	936
12.1.2. Cele rozruchu.	938
12.1.3. Koszt prac rozruchowych	939
12.1.4. Skład Komisji Rozruchu	940
12.1.5. Czas trwania rozruchu	942
12.2. Warunki rozpoczęcia rozruchu	943
12.2.1. Warunki rozpoczęcia prac rozruchowych	943
12.2.2. Szkolenie załogi	944
12.2.3. Fazy rozruchu	945
12.3. Przebieg prac rozruchowych	947
12.3.1. Rozruch elektryczny – faza I	948
12.3.2. Rozruch mechaniczny – faza II	950
12.3.3. Rozruch hydrauliczny - faza III	951
12.3.4. Rozruch technologiczny – faza IV	952
12.3.4.1. Warunki rozpoczęcia rozruchu technologicznego	952
12.3.4.2. Rozruch obiektów i urządzeń I° oczyszczania (mechanicznego)	952
12.3.4.3. Rozruch wybranych urządzeń II° i III° oczyszczania	957
12.3.4.4. Rozruch wybranych urządzeń i obiektów ciągu osadowego	980
12.3.5. Rozruch AKPiA	987

12.4. Kontrola procesu oczyszczania ścieków i unieszkodliwiania osadów w trakcie rozruchu	988
12.4.1. Kontrola technologiczna i analityczna procesu oczyszczania ścieków	988
12.4.1.1. Zakres kontroli technologicznej.	988
12.4.1.2. Program badań analitycznych podczas rozruchu technologicznego oczyszczalni ścieków komunalnych	990
12.4.2. Kontrola technologiczna i analityczna procesów unieszkodliwiania osadów i odpadów w czasie rozruchu	993
12.4.2.1. Zakres kontroli technologicznej	993
12.4.2.2. Zakres kontroli analitycznej	993
12.4.3. Kontrola ilości i składu gazu fermentacyjnego	995
12.5. Warunki techniczne zakończenia rozruchu i dokumentacja porozruchowa	996
12.6. Zasady przystąpienia do użytkowania	997
Streszczenie	1001
Literatura	1002
 13. Przepisy prawne	 1007
13.1. Wprowadzenie	1009
13.2. Warunki wprowadzania ścieków przemysłowych do kanalizacji	1011
13.3. Warunki wprowadzania ścieków do wód lub do ziemi	1017
13.3.1. Generalne zakazy i ograniczenia związane z odprowadzaniem ścieków	1018
13.3.2. Warunki wprowadzania oczyszczonych ścieków komunalnych do wód lub do ziemi	1019
13.3.3. Warunki wprowadzania ścieków przemysłowych do wód	1025
13.3.4. Warunki odprowadzania wód opadowych	1029
13.3.5. Metodyki referencyjne	1030
13.3.6. Warunki wprowadzania ścieków do ziemi oraz warunki rolniczego wykorzystania ścieków	1038
13.4. Wody podziemne	1039
13.5. Dopuszczalne zanieczyszczenie otaczającego oczyszczalnię ścieków powietrza atmosferycznego	1044
13.5.1. Zanieczyszczenie mikroorganizmami	1044
13.5.2. Zanieczyszczenie związkami odorogennymi (odorami)	1046
13.6. Wpływ na stan klimatu akustycznego	1049
13.7. Obszary NATURA 2000	1052
13.8. Postępowanie z osadami ściekowymi z oczyszczalni ścieków komunalnych	1055

13.9. Inne przepisy prawne związane ze ściekami, osadami i wodami	1064
13.10. Podsumowanie	1068
Streszczenie	1073
Literatura	1074
Dodatek A. Przykładowy dziennik pracy oczyszczalni ścieków	1079
Dodatek B. Mikroorganizmy osadu czynnego	1083
Dodatek C. Zestawienie wzorów z przykładami obliczeń	1111
Dodatek D. Słowniczek	1123
Indeks	1145