

**Analiza wpływu zanieczyszczeń  
ze źródeł komunalnych na stan czystości  
wód powierzchniowych na przykładzie  
zlewni Przemszy**

**INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
OF THE POLISH ACADEMY OF SCIENCES**

**WORKS & STUDIES  
PRACE I STUDIA**

**No. 86**

**Editor-in-Chief  
Czesława Rosik-Dulewska**

INSTYTUT PODSTAW INŻYNIERII ŚRODOWISKA  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

**Franciszek Pistelok**

**Analiza wpływu zanieczyszczeń  
ze źródeł komunalnych na stan czystości  
wód powierzchniowych na przykładzie  
zlewni Przemszy**

ZABRZE 2016

Pracę opiniowali do druku:  
Michał Bodzek, Jan Suschka

Redakcja WORKS & STUDIES – PRACE I STUDIA  
Archives of Environmental Protection  
Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska  
Polskiej Akademii Nauk  
ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze, Poland  
Tel. : +48-32-271 64 81 Fax: +48-32-271 74 70  
e-mail: [ipis@ipis.zabrze.pl](mailto:ipis@ipis.zabrze.pl)

Redakcja i korekta: dr inż. Katarzyna Panz  
Zdjęcie na okładce: Janusz Moczulski

© *Copyright by Institute of Environmental Engineering of the Polish Academy of Sciences,  
Zabrze, Poland 2016*

PL ISSN 0208-4112  
ISBN 978-83-60877-03-6



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej w Katowicach

Wydanie dotowane przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej w Katowicach

Skład, druk i oprawa: Oficyna Drukarska – Jacek Chmielewski  
01-142 Warszawa, ul. Sokołowska 12A, tel. +48 22 632 83 52  
[info@oficyna-drukarska.pl](mailto:info@oficyna-drukarska.pl), [www.oficyna-drukarska.pl](http://www.oficyna-drukarska.pl)

## Spis treści

Objaśnienie skrótów i oznaczeń .....	7
Spis tabel .....	9
Spis rysunków .....	11
1. Wprowadzenie .....	17
1.1. Zarys problemu badawczego .....	17
1.2. Wybór zlewni studialnej .....	19
1.3. Charakterystyka obszaru badań .....	20
1.3.1. Obszar badań .....	20
1.3.2. Zmiany demograficzne w zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z prognozą do roku 2030 .....	24
1.4. Badania jakości wód powierzchniowych oraz emisji zanieczyszczeń w zlewni Przemszy .....	27
1.5. Zakres i cel badań .....	28
1.6. Materiały źródłowe .....	29
2. Zaopatrzenie w wodę mieszkańców zlewni Przemszy .....	31
2.1. Rozwój sieci wodociągowych w zlewni Przemszy do roku 1970 .....	31
2.2. Zużycie wody w zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z prognozą do roku 2030 .....	32
3. Transport ścieków komunalnych .....	35
3.1. Rozwój sieci kanalizacyjnych do roku 1970 .....	35
3.2. Transport ścieków w latach 1970–2010 oraz prognoza do roku 2030 .....	35
3.3. Jakość ścieków odprowadzanych kanalizacją .....	38
4. Oczyszczanie ścieków w zlewni Przemszy .....	43
4.1. Stan oczyszczania ścieków w zlewni Przemszy do roku 1970 .....	43
4.2. Analiza danych z lat siedemdziesiątych XX wieku .....	43
4.3. Oczyszczanie ścieków w zlewni Przemszy w latach dziewięćdziesiątych XX wieku .....	46
4.4. Oczyszczanie ścieków w zlewni Przemszy w roku 2010 .....	51
4.5. Podsumowanie – stan oczyszczania ścieków w zlewni Przemszy .....	54
5. Ładunek zanieczyszczeń emitowany do wód powierzchniowych ze źródeł komunalnych w zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z prognozą do roku 2030 .....	61
5.1. Metodyka oszacowania ładunku zanieczyszczeń wprowadzanego do wody w zlewni Przemszy .....	61
5.2. Założenia przyjęte w analizie ładunku zanieczyszczeń wprowadzanych w zlewni Przemszy .....	64

5.3. Analiza ładunku zanieczyszczeń dla zlewni Przemszy w latach 1970–2005 z prognozą do 2030 roku . . . . .	67
5.3.1. Biochemiczne Zapotrzebowanie Tlenu (BZT <sub>5</sub> ) . . . . .	67
5.3.2. Azot ogólny . . . . .	79
5.3.3. Fosfor ogólny . . . . .	88
6. Badania jakości wód powierzchniowych . . . . .	99
6.1. Monitoring powierzchniowych wód płynących w zlewni Przemszy . . . .	99
6.2. Wpływ emisji zanieczyszczeń ze źródeł komunalnych na jakość wód powierzchniowych w zlewni Przemszy oraz w Wiśle . . . . .	100
6.2.1. Temperatura . . . . .	100
6.2.2. Zawartość tlenu rozpuszczonego . . . . .	103
6.2.3. Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu – BZT <sub>5</sub> . . . . .	105
6.2.4. Zawiesina . . . . .	108
6.2.5. Związki azotu . . . . .	109
6.2.5.1. Azot Kjeldahla . . . . .	110
6.2.5.2. Azot amonowy . . . . .	110
6.2.5.3. Azot azotynowy . . . . .	113
6.2.5.4. Azot azotanowy . . . . .	113
6.2.5.5. Azot ogólny . . . . .	116
6.2.5.6. Fosfor ogólny . . . . .	117
7. Omówienie wyników . . . . .	121
7.1. Problemy związane z transportem ścieków w zlewni Przemszy . . . . .	121
7.2. Oczyszczanie ścieków w zlewni Przemszy . . . . .	123
7.2.1. Okres I – do roku 1970 . . . . .	123
7.2.2. Okres II – lata 1970–1990 . . . . .	124
7.2.3. Okres III – lata 1990–2000 . . . . .	125
7.2.4. Okres IV – 2000–2015 . . . . .	127
7.2.5. Okres V – 2015–2030 . . . . .	128
7.3. Wpływ zurbanizowania na gospodarkę wodno-ściekową w zlewni Przemszy . . . . .	129
7.3.1. Zlewnie silnie zurbanizowane . . . . .	129
7.3.2. Zlewnie o średnim zurbanizowaniu . . . . .	131
7.3.3. Zlewnie o niewielkim zurbanizowaniu . . . . .	132
8. Udział poszczególnych źródeł w emisji związków biogenych do wód powierzchniowych w zlewni Przemszy . . . . .	135
8.1. Metodyka obliczeń . . . . .	135
8.2. Zlewnia Przemszy . . . . .	136
8.3. Zlewnie zbiorników zaporowych . . . . .	137
9. Podsumowanie i wnioski . . . . .	141
10. Literatura . . . . .	143
11. Streszczenie . . . . .	155

## Objaśnienie skrótów i oznaczeń

B.d.	– brak danych
BZT <sub>5</sub>	– biochemiczne zapotrzebowanie tlenu
ChZT	– chemiczne zapotrzebowanie tlenu
d	– doba
K	– ilość ścieków odprowadzana do odbiorników kolektorami kanalizacyjnymi nie zakończonymi oczyszczalnią, m <sup>3</sup> /d
L <sub>W</sub>	– dobowy ładunek zanieczyszczeń (BZT <sub>5</sub> , N <sub>og</sub> , P <sub>og</sub> ) wytworzony w gospodarstwach domowych, kg/d
L <sub>K</sub>	– dobowy ładunek zanieczyszczeń (BZT <sub>5</sub> , N <sub>og</sub> , P <sub>og</sub> ) wytworzony w gospodarstwach domowych wprowadzony do kanalizacji, kg/d
L <sub>O</sub>	– dobowy ładunek zanieczyszczeń (BZT <sub>5</sub> , N <sub>og</sub> , P <sub>og</sub> ) doprowadzony do oczyszczalni, kg/d
L <sub>U</sub>	– dobowy ładunek zanieczyszczeń (BZT <sub>5</sub> , N <sub>og</sub> , P <sub>og</sub> ), usunięty podczas oczyszczania, kg/d
L <sub>Z</sub>	– dobowy ładunek zanieczyszczeń (BZT <sub>5</sub> , N <sub>og</sub> , P <sub>og</sub> ), wprowadzony do odbiorników systemami kanalizacyjnymi, kg/d
L <sub>Z1</sub>	– dobowy ładunek zanieczyszczeń (BZT <sub>5</sub> , N <sub>og</sub> , P <sub>og</sub> ), wprowadzony do odbiorników systemami kanalizacyjnymi przy braku dowozu ścieków tarem asenizacyjnym, kg/d
L <sub>Z2</sub>	– dobowy ładunek zanieczyszczeń (BZT <sub>5</sub> , N <sub>og</sub> , P <sub>og</sub> ), wprowadzony do odbiorników systemami kanalizacyjnymi przy znaczącym udziale dowozu ścieków tarem asenizacyjnym, kg/d
L <sub>S</sub>	– dobowy ładunek zanieczyszczeń (BZT <sub>5</sub> , N <sub>og</sub> , P <sub>og</sub> ), wprowadzony do środowiska, kg/d
L <sub>J</sub>	– jednostkowy, dobowy ładunek zanieczyszczeń (BZT <sub>5</sub> , N <sub>og</sub> , P <sub>og</sub> ) wytworzony przez mieszkańca, g/M·d
M	– oczyszczalnie mechaniczne
M-B	– oczyszczalnie mechaniczno-biologiczne (konwencjonalne)
M-B-B	– oczyszczalnie mechaniczno-biologiczne z podwyższonym usunięciem związków biogennych (symbol używany do momentu rozpoczęcia realizacji KPOŚK)
M-B-B 1	– oczyszczalnie mechaniczno-biologiczne z podwyższonym usuwaniem związków biogennych dla RLM powyżej 100 000 (symbol używany od momentu realizacji KPOŚK)

M-B-B 2 – oczyszczalnie mechaniczno-biologiczne z podwyższonym usuwaniem związków biogenych dla RLM w granicach 10 000–99 999 (symbol używany od momentu realizacji KPOŚK)

- $n$  – liczba mieszkańców zlewni
- $n_G$  – liczba mieszkańców gminy korzystających z wodociągu
- $n_K$  – liczba mieszkańców korzystających z oczyszczalni
- $n_O$  – liczba mieszkańców korzystających z oczyszczalni
- $N_{OG}$  – azot ogólny
- $Q_0$  – przepływ wody w odbiorniku,  $m^3/s$
- $Q_J$  – jednostkowe zużycie wody przez mieszkańców,  $l/M \cdot d$
- $Q_{JG}$  – jednostkowe zużycie wody przez mieszkańców w poszczególnych gminach, zgodnie z danymi GUS,  $l/M \cdot d$
- $Q_Z$  – zużycie wody przez mieszkańców w konkretnej zlewni,  $m^3/d$
- $P_{OG}$  – fosfor ogólny
- $S$  – ścieki odprowadzane do środowiska,  $m^3/d$
- $SSQ$  – przepływ średni z wielolecia w danym przekroju badawczym,  $m^3/s$
- $Z_1$  – udział ładunku ( $BZT_5$ ,  $N_{OG}$ ,  $P_{OG}$ ) wprowadzanego do kanalizacji ( $L_K$ ) w relacji do ładunku wytworzonego przez mieszkańców ( $L_W$ ), %
- $Z_2$  – udział ładunku ( $BZT_5$ ,  $N_{OG}$ ,  $P_{OG}$ ) doprowadzanego do oczyszczalni ( $L_O$ ) w relacji do ładunku wytworzonego przez mieszkańców ( $L_W$ ), %
- $Z_3$  – udział ładunku ( $BZT_5$ ,  $N_{OG}$ ,  $P_{OG}$ ) usuniętego podczas oczyszczania ( $L_U$ ) w relacji do ładunku wytworzonego przez mieszkańców ( $L_W$ ), %
- $Z_4$  – udział ładunku ( $BZT_5$ ,  $N_{OG}$ ,  $P_{OG}$ ) wprowadzanego do odbiorników systemami kanalizacyjnymi ( $L_Z$ ) w relacji do ładunku wytworzonego przez mieszkańców ( $L_W$ ), %
- $Z_5$  – udział ładunku ( $BZT_5$ ,  $N_{OG}$ ,  $P_{OG}$ ) wprowadzanego do środowiska ( $L_S$ ) w relacji do ładunku wytworzonego przez mieszkańców ( $L_W$ ), %
- $\eta$  – usunięcie ładunku w trakcie oczyszczania, %



## Spis tabel

Tabela 1.	Ogólne dane o zagospodarowaniu zlewni Przemszy .....	20
Tabela 2.	Charakterystyka scalonych jednolitych części wód w zlewni Przemszy .....	21
Tabela 3.	Ważniejsze zbiorniki zaporowe w zlewni Przemszy .....	23
Tabela 4.	Średnie przepływy wody w wybranych przekrojach wodowskazowych w zlewni Przemszy .....	24
Tabela 5.	Oczekiwane stężenia wskaźników zanieczyszczeń ( $C_s$ ) w ściekach surowych w określone na podstawie zużycia wody w gospodarstwach domowych .....	39
Tabela 6.	Jakość ścieków dopływających do oczyszczalni badanych w latach 1996–2000 .....	40
Tabela 7.	Wartości analizowanych wskaźników w ściekach surowych w roku 2010 .....	40
Tabela 8.	Oczyszczalnie ścieków w zlewni Przemszy działające w roku 1970 ...	45
Tabela 9.	Oczyszczalnie ścieków w zlewni Przemszy działające w roku 1995 ...	47
Tabela 10.	Oczyszczalnie ścieków komunalnych w zlewni Przemszy objęte badaniami w latach 1996–1999 .....	49
Tabela 11.	Efekty działania oczyszczalni ścieków miejskich w zlewni Przemszy uzyskane w trakcie badań w latach 1996–1999 .....	49
Tabela 12.	Efekty działania oczyszczalni ścieków miejskich w zlewni Przemszy uzyskane w trakcie badań w latach 1996–1999 .....	50
Tabela 13.	Oczyszczalnie pracujące w zlewni Przemszy w roku 2010 .....	53
Tabela 14.	Jakość ścieków – zawiesina, BZT <sub>5</sub> , ChZT – dopływających i odpływających z oczyszczalni w zlewni Przemszy w 2010 (dane ze sprawozdań marszałków województw śląskiego i małopolskiego) .....	55
Tabela 15.	Jakość ścieków (związki biogenne) dopływających i odpływających z oczyszczalni w zlewni Przemszy w 2010 (dane ze sprawozdań marszałków województw śląskiego i małopolskiego) .....	56
Tabela 16.	Założenia przyjęte w analizie ładunku BZT <sub>5</sub> , azotu i fosforu dla zlewni Przemszy na podstawie badań oraz wymagań dyrektywy UE .....	65
Tabela 17.	Analizowane przekroje kontrolno pomiarowe monitoringu wód powierzchniowych .....	99

Tabela 18. Źródła zanieczyszczenia oraz ich udział w ładunku azotu wprowadzanym do odbiorników w zlewni Przemszy – metoda zgodnie z modelem Moneris .....	136
Tabela 19. Źródła zanieczyszczenia oraz ich udział w ładunku fosforu wprowadzanym do odbiorników w zlewni Przemszy – metoda zgodnie z modelem Moneris .....	137
Tabela 20. Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku azotu wytwarzanym w zlewni zbiornika Kozłowa Góra .....	138
Tabela 21. Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku fosforu wytwarzanym w zlewni zbiornika Kozłowa Góra .....	138
Tabela 22. Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku azotu wytwarzanym w zlewni zbiornika Przeczyce .....	139
Tabela 23. Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku fosforu wytwarzanym w zlewni zbiornika Przeczyce .....	139
Tabela 24. Obciążenie powierzchni zbiorników zaporowych w Kozłowej Górze i Przeczycach ładunkiem związków biogennych .....	140

## Spis rysunków

Rysunek 1.	Mapa zlewni Przemszy .....	22
Rysunek 2.	Udział powierzchni wybranych zlewni cząstkowych w całkowitej powierzchni zlewni rzeki Przemszy .....	23
Rysunek 3.	Zmiany liczby mieszkańców w geograficznej zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030. (Przemsza* – zlewnia Przemszy od połączenia Białej i Czarnej Przemszy do ujścia) .....	25
Rysunek 4.	Zmiany liczby mieszkańców odprowadzających ścieki w zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 .....	26
Rysunek 5.	Mieszkańcy odprowadzający ścieki do poszczególnych odbiorników w zlewni Przemszy – dane dla lat 1970 i 2010 .....	27
Rysunek 6.	Jednostkowe zużycie wody w zlewniach cząstkowych oraz średnia ważona dla zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 .....	33
Rysunek 7.	Zużycie wody wodociągowej w zlewni Przemszy w latach 1970–2030 .....	34
Rysunek 8.	Mieszkańcy korzystający z kanalizacji w zlewni Przemszy oraz w zlewniach cząstkowych .....	36
Rysunek 9.	Odsetek mieszkańców korzystających z kanalizacji w zlewniach cząstkowych .....	37
Rysunek 10.	Udział ludności korzystającej z kanalizacji, taboru samochodowego i lokalnych rozwiązań w transporcie ścieków w zlewni Przemszy .....	38
Rysunek 11.	Udział oczyszczalni mechanicznych (M) i mechaniczno-biologicznych (M-B) w sumarycznej przepustowości oczyszczalni (zlewnia Przemszy, rok 1970) .....	44
Rysunek 12.	Udział procentowy oczyszczalni mechanicznych (M) i mechaniczno-biologicznych (M-B) w sumarycznej wartości RLM dla oczyszczalni (zlewnia Przemszy, rok 1970) .....	44
Rysunek 13.	Udział oczyszczalni mechanicznych (M), mechaniczno-biologicznych (M-B) oraz mechaniczno-biologicznych z podwyższonym usunięciem związków biogennych (M-B-B) w sumarycznej przepustowości oczyszczalni (zlewnia Przemszy, 1995 rok) .....	48

Rysunek 14. Rysunek 12. Udział procentowy oczyszczalni mechanicznych (M) i mechaniczno-biologicznych (M-B) w całkowitej wartości RLM oczyszczalni (zlewnia Przemszy, rok 1995) .....	48
Rysunek 15. Porównanie projektowej przepustowości oczyszczalni w zlewni Przemszy w 2010 roku .....	52
Rysunek 16. Porównanie projektowych wartości RLM oczyszczalni pracujących w zlewni Przemszy w 2010 roku .....	52
Rysunek 17. Gospodarka ściekami komunalnymi w zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 .....	57
Rysunek 18. Gospodarka ściekami komunalnymi na obszarze zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z perspektywą do roku 2030 .....	58
Rysunek 19. Analiza ładunku BZT <sub>5</sub> wytworzonego ( $L_w$ ), wprowadzonego do kanalizacji ( $L_k$ ), wprowadzanego do oczyszczalni ( $L_o$ ) oraz usuniętego w oczyszczalniach ( $L_u$ ) w zlewni Przemszy w latach 1970–2030 .....	68
Rysunek 20. Odsetek ładunku BZT <sub>5</sub> wprowadzany do kanalizacji, do urządzeń oczyszczających oraz usunięty w trakcie oczyszczania w stosunku do ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych .....	68
Rysunek 21. Ładunek BZT <sub>5</sub> wytworzony w gospodarstwach domowych ( $L_w$ ), wprowadzony do odbiorników ( $L_s$ ) oraz do środowiska ( $L_z$ ) w zlewni Przemszy w latach 1970–2030 .....	69
Rysunek 22. Procentowy udział ładunku BZT <sub>5</sub> wprowadzanego do odbiorników i środowiska w stosunku do ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych w zlewni Przemszy w latach 1970–2030 .....	70
Rysunek 23. Analiza danych dotyczących ładunków BZT <sub>5</sub> ( $L_w$ , $L_k$ , $L_o$ , $L_u$ , $L_z$ , $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla rzeki Rawy .....	72
Rysunek 24. Analiza danych dotyczących ładunków BZT <sub>5</sub> ( $L_w$ , $L_k$ , $L_o$ , $L_u$ , $L_z$ , $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla Czarnej Przemszy .....	73
Rysunek 25. Analiza danych dotyczących ładunków BZT <sub>5</sub> ( $L_w$ , $L_k$ , $L_o$ , $L_u$ , $L_z$ , $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla Białej Przemszy .....	75
Rysunek 26. Analiza danych dotyczących ładunków BZT <sub>5</sub> ( $L_w$ , $L_k$ , $L_o$ , $L_u$ , $L_z$ , $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla zlewni zbiornika w Przeczycach .....	77
Rysunek 27. Prognozowany wzrost BZT <sub>5</sub> w przekrojach ujściowych rzek w zlewni Przemszy określony dla ładunku wprowadzanego do wód systemami kanalizacyjnymi ( $L_z$ ) .....	78
Rysunek 28. Prognozowany wzrost BZT <sub>5</sub> w przekrojach ujściowych rzek w zlewni Przemszy określony dla ładunku wprowadzanego do środowiska ( $L_s$ ) .....	78
Rysunek 29. Analiza ładunku azotu ogólnego wytworzonego w gospodarstwach domowych ( $L_w$ ), wprowadzonego do kanalizacji ( $L_k$ ), wprowadzanego do oczyszczalni ( $L_o$ ) oraz usuniętego w oczyszczalniach ( $L_u$ ) w zlewni Przemszy w latach 1970–2030 .....	79

Rysunek 30. Odsetek ładunku azotu ogólnego wprowadzany do kanalizacji, do urządzeń oczyszczających oraz usunięty w trakcie oczyszczania w stosunku do ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych w zlewni .....	80
Rysunek 31. Ładunek azotu ogólnego wytworzony ( $L_w$ ), wprowadzony do odbiorników ( $L_s$ ) oraz do środowiska ( $L_z$ ) w zlewni Przemszy w latach 1970–2030 .....	81
Rysunek 32. Procentowy udział ładunku azotu ogólnego wprowadzanego do odbiorników i środowiska w odniesieniu do ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych w zlewni Przemszy w latach 1970–2030 .....	81
Rysunek 33. Analiza danych dotyczących ładunków azotu ogólnego ( $L_w$ , $L_k$ , $L_o$ , $L_u$ , $L_z$ , $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla rzeki Rawy .....	83
Rysunek 34. Analiza danych dotyczących ładunków azotu ogólnego ( $L_w$ , $L_k$ , $L_o$ , $L_u$ , $L_z$ , $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla Czarnej Przemszy .....	84
Rysunek 35. Analiza danych dotyczących ładunków azotu ogólnego ( $L_w$ , $L_k$ , $L_o$ , $L_u$ , $L_z$ , $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla Białej Przemszy .....	85
Rysunek 36. Analiza danych dotyczących ładunków azotu ogólnego ( $L_w$ , $L_k$ , $L_o$ , $L_u$ , $L_z$ , $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla zbiornika Przeczyce .....	87
Rysunek 37. Prognozowany wzrost stężenia azotu ogólnego w przekrojach ujściowych rzek w zlewni Przemszy określony dla ładunku ( $L_z$ ) .....	88
Rysunek 38. Prognozowany wzrost stężenia azotu ogólnego w przekrojach ujściowych rzek w zlewni Przemszy określony dla ładunku wprowadzanego do środowiska ( $L_s$ ) .....	88
Rysunek 39. Analiza ładunku fosforu ogólnego wytworzonego w gospodarstwach domowych ( $L_w$ ), wprowadzonego do kanalizacji ( $L_k$ ), wprowadzanego do oczyszczalni ( $L_o$ ) oraz usuniętego w oczyszczalniach ( $L_u$ ) w zlewni Przemszy w latach 1970–2030 .....	89
Rysunek 40. Odsetek ładunku fosforu ogólnego wprowadzany do kanalizacji, do urządzeń oczyszczających oraz usunięty w trakcie oczyszczania w stosunku do ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych w zlewni Przemszy .....	90
Rysunek 41. Ładunek fosforu ogólnego wytworzony w gospodarstwach domowych ( $L_w$ ), wprowadzony do odbiorników ( $L_s$ ) oraz do środowiska ( $L_z$ ) w zlewni Przemszy w latach 1970–2030 .....	90
Rysunek 42. Procentowy udział ładunku fosforu ogólnego wprowadzanego do odbiorników i środowiska w odniesieniu do ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych w zlewni Przemszy w latach 1970–2030 .....	90
Rysunek 43. Analiza danych dotyczących ładunków fosforu ogólnego ( $L_w$ , $L_k$ , $L_o$ , $L_u$ , $L_z$ , $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla rzeki Rawy .....	92

Rysunek 44. Analiza danych dotyczących ładunków fosforu ogólnego ( $L_w$ , $L_k$ , $L_o$ , $L_u$ , $L_z$ , $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla Czarnej Przemszy .....	92
Rysunek 45. Analiza danych dotyczących ładunków fosforu ogólnego ( $L_w$ , $L_k$ , $L_o$ , $L_u$ , $L_z$ , $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla Białej Przemszy .....	95
Rysunek 46. Analiza danych dotyczących ładunków fosforu ogólnego ( $L_w$ , $L_k$ , $L_o$ , $L_u$ , $L_z$ , $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla zlewni zbiornika w Przeczycach .....	96
Rysunek 47. Prognozowany wzrost stężenia fosforu w zlewni Przemszy określony dla ładunku wprowadzanego do wód powierzchniowych ( $L_z$ ) .....	97
Rysunek 48. Prognozowany wzrost stężenia azotu ogólnego w przekrojach ujściowych rzek w zlewni Przemszy określony dla ładunku wprowadzanego do środowiska ( $L_s$ ) .....	97
Rysunek 49. Zmiany wartości średniorocznych temperatur wody w analizowanych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy .....	100
Rysunek 50. Sezonowe zmiany wartości temperatury wody w analizowanych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy na przykładzie roku 1996 .....	102
Rysunek 51. Średnie wartości temperatury w Wiśle w przekrojach powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz w Przemszy w przekroju ujście .....	102
Rysunek 52. Średnioroczne stężenie tlenu w wybranych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy .....	103
Rysunek 53. Sezonowe zmiany stężenia tlenu w analizowanych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy na przykładzie roku 1996 .....	104
Rysunek 54. Średnioroczne stężenie tlenu w Wiśle w przekrojach poniżej i powyżej ujścia Przemszy oraz w Przemszy w przekroju ujście .....	105
Rysunek 55. Średnioroczne wartości BZT <sub>5</sub> w przekrojach badawczych w zlewni Przemszy w latach 1979–2010 .....	106
Rysunek 56. Sezonowe zmiany wartości BZT <sub>5</sub> w analizowanych przekrojach w zlewni Przemszy na przykładzie roku 1996 .....	107
Rysunek 57. Zmiany wartości BZT <sub>5</sub> w Wiśle w przekroju powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz Przemsza ujście .....	107
Rysunek 58. Średnioroczne stężenia zawiesiny w analizowanych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy .....	108
Rysunek 59. Zmiany wartości zawiesiny w Wiśle w przekroju powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz Przemsza ujście .....	109
Rysunek 60. Średnioroczne stężenie azotu Kjeldahla w wodzie w analizowanych przekrojach badawczych na Przemszy .....	110
Rysunek 61. Sezonowe zmiany stężenia azotu Kjeldahla w wodzie w analizowanych przekrojach badawczych w 1996 roku .....	111
Rysunek 62. Zmiany stężenia azotu Kjeldahla w wodzie w przekrojach powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz w przekroju Przemsza ujście .....	111
Rysunek 63. Średnioroczne stężenia azotu amonowego w wodzie w wybranych przekrojach badawczych .....	112

Rysunek 64. Sezonowe zmiany stężenia azotu amonowego w analizowanych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy na przykładzie roku 1996 .....	112
Rysunek 65. Zmiany stężenia azotu amonowego w wodzie w przekrojach powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz w przekroju Przemsza ujście .....	113
Rysunek 66. Średnioroczne stężenia azotu azotanowego w wodzie w wybranych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy .....	115
Rysunek 67. Sezonowe zmiany stężenia azotu azotanowego w wodzie w analizowanych przekrojach w zlewni Przemszy w 1996 roku .....	115
Rysunek 68. Zmiany stężenia azotu azotanowego w wodzie w przekrojach powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz w przekroju Przemsza ujście .....	115
Rysunek 69. Średnioroczne stężenia azotu ogólnego w wybranych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy .....	116
Rysunek 70. Sezonowe zmiany stężenia azotu ogólnego w analizowanych przekrojach w zlewni Przemszy w 1996 roku .....	117
Rysunek 71. Zmiany stężenia azotu ogólnego w wodzie w Wiśle w przekrojach powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz w przekroju Przemsza ujście .....	117
Rysunek 72. Średnioroczne stężenia fosforu ogólnego w wodzie w wybranych przekrojach w zlewni Przemszy .....	118
Rysunek 73. Sezonowe zmiany stężeń fosforu ogólnego w wodzie w zlewni Przemszy w 1996 roku .....	119
Rysunek 74. Zmiany stężenia fosforu ogólnego w wodzie w Wiśle w przekrojach powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz w przekroju Przemsza ujście .....	119





# 1. Wprowadzenie

## 1.1. Zarys problemu badawczego

Wzrost liczby ludności, narastający deficyt wody do spożycia oraz powtarzające się epidemie chorób zakaźnych wymusiły podjęcie w końcu XIX w. przedsięwzięć, których celem była poprawa zaopatrzenia w wodę ludności zamieszkującej zlewnię Przemszy. W części zurbanizowanej, na terenach górniczych, zaczęto wówczas budować wodociągi, zaopatrujące ludność i przemysł w wodę. Wodociągi te były zasilane wodą pochodzącą z ujęć lokalnych, zlokalizowanych najczęściej w dawnych szybach kopalnianych. Później, zrealizowano koncepcję zasilania z ujęć znajdujących się poza obszarem przemysłowym (Repty, Zawada) [81, 104, 105].

Powstające ścieki były transportowane najkrótszą drogą do odbiorników. Tylko niewielki ich odsetek był oczyszczany mechanicznie. Podejmowane wówczas w tym zakresie działania doprowadziły, z jednej strony do poprawy stanu higienicznego miast i osiedli, z drugiej jednak, wprowadzenie do odbiorników nieoczyszczonych ścieków komunalnych i przemysłowych, powodowało pogorszenie stanu wody w ciekach przepływających przez ten region [104, 105]. Pierwsza połowa XX wieku przyniosła dalsze pogorszenie sytuacji. Industrializacja, rozwój miast i infrastruktury (wodociągi, kanalizacja) powodowały zwiększenie ładunku zanieczyszczeń kierowanego do odbiorników z gospodarki komunalnej i przemysłu. W rezultacie cieki powierzchniowe zaczęły pełnić rolę otwartych kanałów ściekowych [1, 19, 52, 53, 88, 89, 94, 96, 98, 101, 130, 151].

W latach siedemdziesiątych XX wieku problem transportu i oczyszczania ścieków komunalnych zaczęto w Polsce zaliczać do priorytetów w dziedzinie ochrony środowiska. Poprawa stanu wody w rzekach i potokach była zawarta w założeniach polityki ekologicznej państwa oraz w programach regionalnych [47, 48, 76, 137]. Znamienny jest fakt, że mimo wykonania zdecydowanej większości projektowanych w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych inwestycji nie udało się uzyskać zakładanych rezultatów w zakresie poprawy stanu powierzchniowych wód płynących [143].

Pierwsze symptomy korzystnych zmian w zlewni Przemszy pojawiły się dopiero w połowie lat dziewięćdziesiątych XX wieku. Był to rezultat wpro-

wadzenia w życie nowych regulacji prawnych. Odpowiedzialność za transport i oczyszczanie ścieków spadła na gminy [132]. Urealnienie cen za wodę dostarczaną mieszkańcom oraz za odprowadzanie ścieków [133, 135] spowodowało zmniejszenie zużycia wody wodociągowej w sektorze komunalnym [45, 85, 86]. Wzrosły opłaty za szczególne korzystanie z wód [109, 113, 131], w tym za ładunek zanieczyszczeń kierowany do odbiorników, poprawie uległa efektywność wykorzystania funduszy ekologicznych [143]. Wprowadzono nowe normy jakości ścieków kierowanych do odbiorników [110]. W większości projektowanych wówczas w Polsce obiektów wykorzystywano nowoczesne rozwiązania technologiczne uwzględniające zastosowanie urządzeń do podwyższonego usunięcia związków biogennych [2, 4, 5, 6, 58, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 83, 99, 100, 101, 117, 120]. W rezultacie odnotowano wzrost zawartości tlenu oraz obniżenie stężenia zawiesiny, związków organicznych i biogennych w wodzie rzek przepływających przez zurbanizowaną część analizowanej zlewni [89, 101].

Wejście Polski do Unii Europejskiej oraz podpisanie umów międzynarodowych dotyczących czystości Bałtyku (Helcom) [14, 38, 57] znacząco zmieniły rangę problemów związanych z zapewnieniem odpowiedniej jakości wód powierzchniowych i podziemnych w Polsce. W nowej sytuacji konieczne stało się podjęcie działań prawnych, organizacyjnych, planistycznych i inwestycyjnych, wymaganych dyrektywami UE [30, 31, 32], których celem stało się osiągnięcie dobrego stanu wód. Znalazło to swoje odzwierciedlenie w obowiązującym w Polsce systemie prawnym [111, 112, 133, 134, 135], w opracowanych na początku obecnego wieku planach gospodarowania wodą w poszczególnych dorzeczach [103, 122, 133, 148] oraz w Krajowym Programie Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK) [77, 78].

Wykonywane w połowie lat dziewięćdziesiątych XX wieku porównanie danych statystycznych dotyczących gospodarki wodno-ściekowej w sektorze komunalnym na obszarze dawnego województwa katowickiego [97, 101, 142, 144] z wynikami monitoringu powierzchniowych wód płynących [88, 89] wskazywały na brak spójności pomiędzy emisją zanieczyszczeń (w tym zanieczyszczeń pochodzących z sektora komunalnego), a jakością wód powierzchniowych. Analiza dotychczasowych danych doprowadziła do wniosku, że dla wyjaśnienia występujących zależności celowe będzie dokonanie takiego porównania w dłuższym okresie czasowym. Daje ono możliwość prześledzenia zmian w gospodarce ściekami komunalnymi, umożliwia przedstawienie diagnozy stanu istniejącego i prognozy emisji zanieczyszczeń w przyszłości. Określenie wzajemnych relacji między tymi wielkościami jest ważne także obecnie w kontekście realizacji planu gospodarowania wodą w dorzeczu Wiśły [103] oraz Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych [77, 78].

Stosunkowo często do określenia zależności emisja – jakość wód powierzchniowych wykorzystywane są modele matematyczne [9, 10, 36, 37,

41]. Ich zastosowanie w przypadku zlewni Przemszy jest jednak utrudnione ze względu na znaczną ilość punktowych i rozproszonych zrzutów zanieczyszczeń na krótkich odcinkach rzek, co utrudnia analizę uzyskanych wyników.

## 1.2. Wybór zlewni studialnej

Wybór zlewni Przemszy (rys. 1), jako obszaru badań nie był przypadkowy. Zlewnia ta jest silnie zróżnicowana pod względem zurbanizowania. Istniejące dane pozwalają na prześledzenie zmian w zakresie gospodarki wodno-ściekowej zarówno na terenach o dużej gęstości zaludnienia, jak i quasi-naturalnych w ciągu ostatnich czterdziestu lat. Zastosowaną metodykę można wykorzystać przy analizie emisji zanieczyszczeń z sektora komunalnego do wód powierzchniowych także w przypadku innych cieków przepływających przez zurbanizowane obszary Górnego Śląska, położone zarówno w dorzeczu Wisły (Gostynia, Pszczynka, potok Goławiecki), jak i Odry (Olza, Ruda, Bierawka, Kłodnica) [96, 97, 101].

Odcinki źródłowe Przemszy oraz jej dopływów – Brynicy i Białej Przemszy – odwadniają obszary, charakteryzujące się umiarkowanym zurbanizowaniem. W zagospodarowaniu terenu dominują tu lasy i użytki rolne, stosunkowo niewielki jest odsetek terenów zantropogenizowanych. Zlokalizowane są tu miejsca o unikalnych walorach przyrodniczych i krajobrazowych (Jura Krakowsko-Częstochowska, Pustynia Błędowska). W gospodarce wodnej regionu ważną rolę odgrywają zbiorniki zaporowe, pełniące funkcje przeciwpowodziowe i rekreacyjne – Kozłowa Góra, Przeczyce, Kuźnica Warężyńska, kompleks zbiorników Pogoria. Niektóre z nich (Kozłowa Góra i Przeczyce) stanowiły w przeszłości źródło wody pitnej i przemysłowej dla Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego [29, 49, 115, 123, 151].

Odmienne charakter ma południowa część zlewni. Jest to obszar silnie zurbanizowany i uprzemysłowiony. Znajdujące się tu miasta tworzą wschodnią część Aglomeracji Katowickiej. Rozwój tego obszaru był wynikiem odkrycia w końcu XVIII wieku bogatych złóż rud cynku i ołowiu oraz węgla kamiennego. Rozwijający się przez XIX i XX wiek przemysł doprowadził do przyrostu ludności regionu. Ubocznym efektem tych działań było rosnące zanieczyszczenie wszystkich komponentów środowiska (powietrze, woda, gleba) oraz zakłócenie stosunków wodnych, przez leżący depresyjny wywołany działalnością górniczą [52, 53, 81, 105]. Do dnia dzisiejszego, podstawowym problemem gospodarki wodnej w południowej części zlewni Przemszy pozostaje stan czystości powierzchniowych wód płynących [52, 53, 88, 89, 145, 146, 147].

## 1.3. Charakterystyka obszaru badań

### 1.3.1. Obszar badań

Przemsza jest lewobrzeżnym dopływem Wisły. Jej całkowita długość wynosi 87,6 km, zaś powierzchnia zlewni 2123,1 km<sup>2</sup> (rys. 1). Jej źródła znajdują się na wysokości 385 m n.p.m. na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej. Pod względem fizjogeograficznym zlewnia Przemszy obejmuje części Wyżyn: Krakowsko-Częstochowskiej, Woźnicko-Wieluńskiej, Śląskiej oraz Kotliny Oświęcimskiej [29, 49]. Analizując dane o zagospodarowaniu przestrzennym Przemszy należy zwrócić uwagę na stosunkowo dużą gęstość zaludnienia oraz wysoki odsetek terenów zantropogenizowanych (tabela 1).

Tabela 1. Ogólne dane o zagospodarowaniu zlewni Przemszy (dane RZGW Gliwice)

Lp.	Wyszczególnienie	Zlewnia Przemszy
1	Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	2 123,15
2	Ludność [osoby]	1 411 286
3	Gęstość zaludnienia [osób/km <sup>2</sup> ]	665
4	Zagospodarowanie terenu – tereny zantropogenizowane [%] – tereny rolne [%] – lasy [%] – tereny wodne [%] – tereny podmokłe [%]	22,90 41,42 34,44 1,08 0,16

Odcinek rzeki od źródeł do ujścia Białej Przemszy nosi zwyczajowo nazwę Czarnej Przemszy. Długość Czarnej Przemszy wynosi 63,3 km, a powierzchnia jej zlewni – 1045,5 km<sup>2</sup>. Głównymi prawobrzeżnymi jej dopływami są Brynica i Bolina, zaś lewobrzeżnymi potoki Mitręga, Trzebyczka i Pogoria. Największym dopływem Przemszy jest Biała Przemsza (długość – 63,9 km, powierzchnia zlewni – 876,6 km<sup>2</sup>). Jej źródła zlokalizowane są na Wyżynie Olkuskiej na południowy zachód od Wolbromia. W zlewni Białej Przemszy znajdują się obszary chronione Jurajski Park Narodowy oraz Pustynia Błędowska. Określone dla przekrojów ujściowych Czarnej i Białej Przemszy wartości średniego rocznego opadu wynoszą 714–716 mm, zaś współczynniki odpływu zawierają się w granicach 0,36–0,38 [29, 49].

Przez wiele lat mianem Przemszy określano odcinek od połączenia Czarnej i Białej Przemszy do jej ujścia do Wisły. Odcinek ten ma długość 20,9 km, zaś odpowiadająca mu powierzchnia zlewni wynosi 201,0 km<sup>2</sup>. Przemsza uchodzi do Wisły w miejscowości Bobrek, dzielnicy Sosnowca [29, 49, 151].

Tabela 2. Charakterystyka scalonych jednolitych części wód w zlewni Przemyszy (dane niepublikowane RZGW Gliwice)

Lp.	Wyszczególnienie	Kod scalonej części wód powierzchniowych								
		MW 201	MW 202	MW 203	MW 204	MW 205	MW 206	MW 207	MW 208	MW 209
1	Nazwa	Przemysza do zb. Prze- czyce	Brynica do zb. Kozłowa Góra	Brynica poniżej zbiornika	Przemysza od zb. do ujścia B. Przemszy	Biała Przemysza do Ryczówka	Biała Przemysza do Koziego Brodu	Bobrek i Rakówka	Biała Przemysza do ujścia	Przemysza
2	Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	258,79	142,18	355,21	300,08	245,42	403,05	97,01	119,55	201,86
3	Ludność [osoby]	50 722	16 350	578 992	248 766	33 131	133 315	131 254	75 436	143 320
4	Gęstość zaludnienia [osób/km <sup>2</sup> ]	196	115	1 630	829	135	310	1 353	631	710
5	Zagospodarowanie terenu – tereny zantropogenizowane [%] – tereny rolne [%] – lasy [%] – tereny wodne [%] – tereny podmokłe [%]	11,58 46,90 41,35 0,17 0,00	6,60 46,35 47,05 0,00 0,00	48,16 33,20 16,69 1,95 0,00	32,46 42,82 22,76 1,96 0,00	4,46 61,80 33,65 0,10 0,00	14,6 37,13 47,77 0,14 0,36	39,70 28,81 31,46 0,00 0,00	22,5 31,99 45,51 0,00 0,00	20,99 40,01 34,60 4,40 0,00



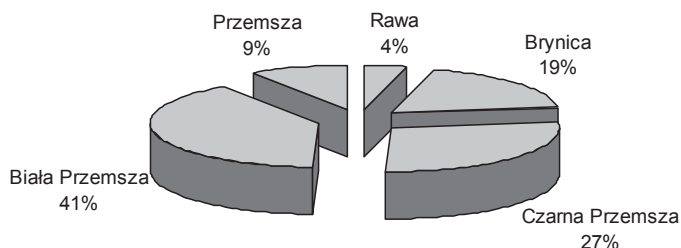
Rysunek 1. Mapa zlewni Przemszy

W zlewni Przemszy wyznaczono dziewięć scalonych jednolitych części wód, dla których określono podstawowe wskaźniki dotyczące zagospodarowania przestrzennego (tabela 2). Niewielka gęstość zaludnienia oraz niski odsetek gruntów zantropogenizowanych występuje w zlewni Białej Przemszy powyżej Ryczówka, a także powyżej zbiorników zaporowych w Przeczycach (zlewnia Czarnej Przemszy) i Kozłowej Górze (zlewnia Brynicy). Silnie zurbanizowane, charakteryzujące się znaczną gęstością zaludnienia obszary położone są w zlewniach Brynicy, Bobrka, na odcinkach ujściowych Czarnej i Białej Przemszy oraz Przemszy. Położone są tu w całości lub częściowo miasta: Bytom, Piekary, Będzin, Czeladź, Dąbrowa Górnicza, Wojkowice, Siemianowice, Świętochłowice, Katowice, Chorzów, Ruda Śląska, Mysłowice, Jaworzno (tabela 2) [101].

Zlewnia Białej Przemszy stanowi około 41% powierzchni całkowitej zlewni Przemszy, Czarnej Przemszy około 50%, zaś pozostała część (około 9%) przypada na zlewnię Przemszy po połączeniu (rys. 2). W zlewni Czarnej Przemszy wyróżnić należy cieki mające duże znaczenie dla gospodarki wodnej regionu stanowiące główne odbiorniki ścieków – Rawę (4% powierzchni zlewni Przemszy) i Brynicę (19% powierzchni zlewni).

W gospodarce analizowanej zlewni przez XIX i XX wiek ważną rolę odgrywał przemysł ciężki. Wydobycie kopalin doprowadziło do zaniku lub zanie-

czyszczenia górnych warstw użytkowych wód podziemnych, zaś powstałe na skutek szkód górniczych niecki wypełniły się wodą. Jednocześnie do rzek i potoków odprowadzane są wody dołowe z odwodnienia kopalń, o podwyższonej zawartości soli, głównie chlorków i siarczanów. Pozostałe, dominujące do niedawna w zlewni Przemszy gałęzie przemysłu – hutnictwo, przemysł chemiczny, koksowniczy, maszynowy – charakteryzowały się wysoką wodochłonnością oraz emitowały do wód znaczne ładunki zanieczyszczeń specyficznych – fenoli, cyjanków, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz metali ciężkich. W ostatnim czasie w związku z ograniczeniem produkcji, likwidacją części przestarzałych instalacji, zabudową urządzeń do oczyszczania ścieków oraz szerszym zastosowaniem zamkniętych obiegów wody, emisja ta jest zdecydowanie niższa.



Rysunek 2. Udział powierzchni wybranych zlewni cząstkowych w całkowitej powierzchni zlewni rzeki Przemszy

Znaczącą rolę w gospodarce wodnej zlewni pełnią zbiorniki zaporowe [115, 123]. Do ich podstawowych zadań należy zapewnienie skutecznej ochrony Aglomeracji Katowickiej przed powodzią, ograniczenie zasięgu występujących okresowo susz oraz, w mniejszym niż dawniej stopniu, retencjonowanie wody na pokrycie zapotrzebowania w sektorze komunalnym i w przemyśle. Zbiorniki te wykorzystywane są także przez mieszkańców do celów rekreacyjnych (wędkarstwo, uprawianie sportów wodnych) (tabela 3).

Tabela 3. Ważniejsze zbiorniki zaporowe w zlewni Przemszy [115, 123]

Lp.	Nazwa zbiornika	Ciek zasilający	Powierzchnia zalewu [ha]	Pojemność całkowita [mln m <sup>3</sup> ]	Pojemność użytkowa [mln m <sup>3</sup> ]
1	Przeczyce	Przemsza	430,0	20,74	19,50
2	Kuźnica Warężyńska	Przemsza	471,4	46,28	15,85
3	Pogoria III	Pogoria	208,1	20,74	2,06
4	Kozłowa Góra	Brynica	587,0	15,10	13,05
5	Pogoria I	Pogoria	75,0	3,6	Brak danych



W latach pięćdziesiątych XX wieku w zlewni Przemszy prowadzono pomiary stanu i przepływu wód w rzekach w 23 przekrojach wodowskazowych. W części z nich obserwacje prowadzone są nieprzerwanie do dnia dzisiejszego. Porównanie danych o średnich przepływach z wielolecia (SSQ) z lat 1951–1990 i 2006–2010 [50, 124] wskazuje na występujący w ostatnich latach spadek przepływu. Dla większości analizowanych przekrojów wahał się on w granicach 10–20%. Takie zjawisko nie wystąpiło jedynie w zlewni wodowskazu zlokalizowanego na Brynicy, powyżej zbiornika w Kozłowej Górze, która ma charakter quasi-naturalny (tabela 4).

Tabela 4. Średnie przepływy wody w wybranych przekrojach wodowskazowych w zlewni Przemszy

Rzeka	Przekrój	Powierzchnia zlewni km <sup>2</sup>	Przepływ SSQ, m <sup>3</sup> /s	
			Lata 1951–1990	Lata 2006–2010
Przemsza	Przeczyce	298,6	2,10	1,81
Przemsza	Radocha	520,5	4,38	3,44
Przemsza	Jeleń	1995,8	18,8	17,2
Brynica	Brynica	98,2	0,56	0,62
Brynica	Szabelnia	482,7	5,12	4,53
Rawa	Szopienice	89,7	2,68	Brak danych
Biała Przemsza	Niwka	876,1	7,66	7,02

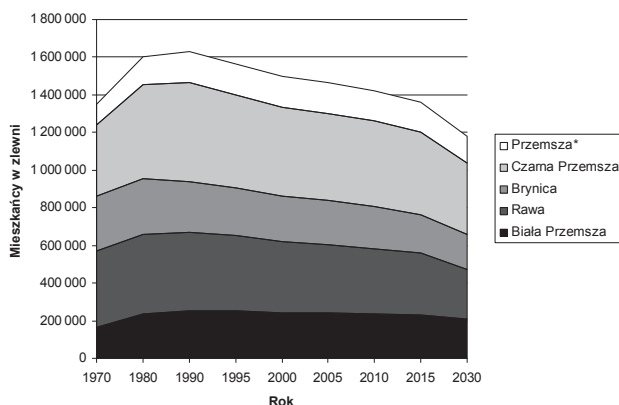
W latach osiemdziesiątych XX w. przeprowadzono serię badań, których celem było określenie udziału wód pochodzenia antropogenicznego w odpływie rzek przepływających przez ówczesne województwo katowickie. Średni jednostkowy odpływ wód antropogenicznych dla lat 1981–1985 dla Przemszy w Jeleniu wyniósł 5,63 l/km<sup>2</sup>·s (udział odpływu antropogenicznego w odpływie – 50,1%), dla Brynicy w Szabelni 7,98 l/km<sup>2</sup>·s (udział 74,3%), zaś dla Rawy – 33,9 l/km<sup>2</sup>·s (udział 85,8%). Za odpływ naturalny uznano odpływ występujący w Brynicy powyżej zbiornika w Kozłowej Górze – 5,6 l/km<sup>2</sup>·s [46, 141].

### 1.3.2. Zmiany demograficzne w zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z prognozą do roku 2030

Ze względu na zakres pracy skoncentrowano się na zmianach liczby mieszkańców w latach 1970–2010; przedstawiono również prognozę dla lat 2015 i 2030. Jako podstawę do określenia tych wielkości przyjęto dane Głównego Urzędu Statystycznego; w przypadku gmin w całości znajdujących się w analizowanej zlewni, liczbę ludności określano zgodnie z wartościami pu-



blikowanymi w opracowaniach statystycznych, w przypadku gmin podzielonych działem wodnym wartości te szacowano, biorąc pod uwagę powierzchnię oraz zurbanizowanie w zlewni poszczególnych cieków [39, 128, 129, 142, 144]. Otrzymane wartości dodatkowo zweryfikowano porównując je z danymi zebranymi przy charakterystyce poszczególnych scalonych jednolitych części wód (rys. 3).



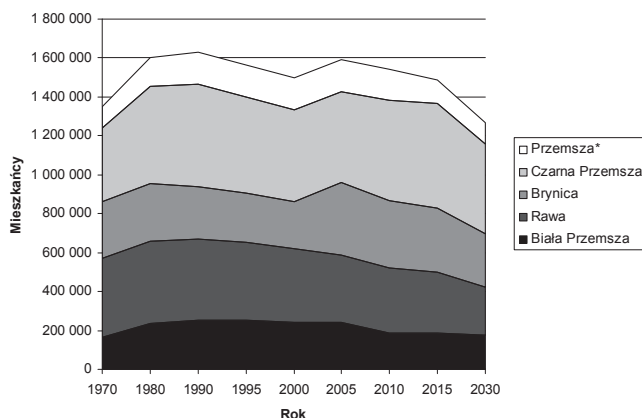
Rysunek 3. Zmiany liczby mieszkańców w geograficznej zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 (Przemsza\* – zlewnia Przemszy od połączenia Białej i Czarnej Przemszy do ujścia)

W roku 1970 w zlewni Przemszy zamieszkiwało około 1 350 000 mieszkańców. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych nastąpił wyraźny wzrost ludności. W 1990 roku liczba mieszkańców osiągnęła maksymalną wartość – około 1 630 000. Później, występujący dotąd trend wzrostowy uległ załamaniu. Niski przyrost naturalny i wyjazdy części dotychczasowych mieszkańców spowodowały znaczący spadek liczby ludności. Ta tendencja, zgodnie z prognozą GUS [39] utrzyma się do 2030 roku. Liczba ludności spadnie wówczas do 1 179 290 i będzie o ponad 200 000 niższa od notowanej w 1970 roku. Analiza zjawisk demograficznych zachodzących w zlewniach cząstkowych wykazała, że zjawisko spadku ludności najsilniej dotknęło i dotknie w najbliższej przyszłości obszary silnie zurbanizowane. Zdecydowanie mniejszy spadek mieszkańców występuje oraz jest przewidywany w przypadku wsi i małych miast (rys. 3) [39].

Przedstawione dane (rys. 3) odnoszą się do ludności zamieszkującej zlewnię geograficzną. Nieco inaczej kształtuje się liczba mieszkańców odprowadzających ścieki do konkretnych odbiorników (rys. 4). W tym przypadku czynnikiem zakłócającym są układy kanalizacyjne. W ramach jednostek administracyjnych, podzielonych działem wodnym, często dochodzi do lokalnych przerzutów ścieków pomiędzy zlewniami. Spowodowane jest to sposobem rozwiązywania trans-

portu ścieków oraz lokalizacją oczyszczalni. Zwykle problem ten dotyczy poszczególnych ulic, czy nieruchomości.

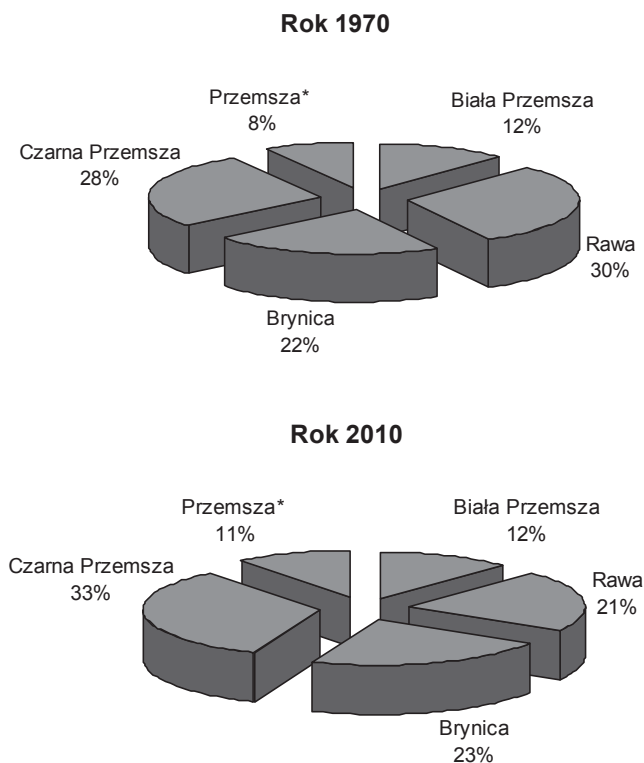
W ostatnim okresie (lata 2000–20012) w zlewni Przemszy dochodziło do przerzutów na większą skalę. Uwaga ta dotyczy przede wszystkim skierowania ścieków ze śródmieścia Bytomia do oczyszczalni „Centralna”, a w rezultacie do przerzutu ścieków ze zlewni Bytomki (zlewnia Kłodnicy) do zlewni Szarlejki (zlewnia Brynicy) Zrezygnowano również z eksploatacji dwóch mechanicznych oczyszczalni ścieków w zlewni Rawy w Rudzie Śląskiej (zlewnia Rawy), przy równoczesnym skierowaniu ścieków do Kłodnicy. Efektem tych zmian był wzrost liczby mieszkańców odprowadzających ścieki do Czarnej Przemszy, a w konsekwencji całej zlewni Przemszy w roku 2005 (rys. 4).



Rysunek 4. Zmiany liczby mieszkańców odprowadzających ścieki w zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030

Innym zjawiskiem o mniejszym zasięgu i wpływie na gospodarkę wodną są przerzuty ścieków pomiędzy zlewniami cząstkowymi Przemszy (Brynica, Biała Przemsza, Czarna Przemsza, Przemsza po połączeniu). Uwaga ta dotyczy południowej, zurbanizowanej części zlewni, a w szczególności takich gmin jak: Sosnowiec, Dąbrowa Górnicza, Czeladź, Mysłowice, Katowice (wpływ oczyszczalni „Radocha” w Sosnowcu).

Wpływ sytuacji demograficznej oraz przerzutów ścieków na udział poszczególnych zlewni cząstkowych w całkowitej liczbie mieszkańców w zlewni Przemszy dobrze ilustruje porównanie danych z lat 1970 i 2010 (rys. 5). Wyrażone zmiany wystąpiły w przypadku Rawy oraz Czarnej Przemszy. Zlewnia Rawy stanowi około 4% powierzchni zlewni Przemszy. W roku 1970 na tym obszarze mieszkało około 30% ogółu mieszkańców odprowadzających ścieki do Przemszy i jej dopływów. W roku 2010 udział ten wyniósł około 21%. W przypadku Czarnej Przemszy wartości te były równe odpowiednio 28 i 33%.



Rysunek 5. Mieszkańcy odprowadzający ścieki do poszczególnych odbiorników w zlewni Przemszy – dane dla lat 1970 i 2010

#### 1.4. Badania jakości wód powierzchniowych oraz emisji zanieczyszczeń w zlewni Przemszy

Badania jakości wód powierzchniowych były prowadzone w zlewni Przemszy od połowy lat pięćdziesiątych. Prace te były wykonywane początkowo przez Wojewódzkie Laboratorium Badania Wody i Ścieków w Katowicach, a następnie przez Ośrodek Badania i Kontroli Środowiska w Katowicach. Od połowy lat osiemdziesiątych były one kontynuowane w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Od roku 2000 wykonawcami tych prac są laboratoria Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Katowicach [52, 53, 88, 89, 130, 147, 151].

W trakcie badań zmieniała się częstotliwość wykonywanych analiz, ich zakres oraz zasady klasyfikacji wody. Początkowo analizy wody koncentrowały się na określeniu wartości podstawowych wskaźników zanieczyszczenia wody w wybranych przekrojach badawczych. Do tych wskaźników należały m.in.: odczyn, tlen rozpuszczony, BZT<sub>5</sub>, utlenialność, zawiesiny, substancje rozpuszczone, chlorki, azot amonowy oraz fosforany; metale ciężkie, fenole, detergenty – były

oznaczane w zależności od przewidywanych stężeń oraz potrzeb wykonywanych opracowań. Wyniki badań były prezentowane w sprawozdaniach rocznych [88].

Na początku lat dziewięćdziesiątych, zgodnie z obowiązującymi wówczas zasadami monitoringu wód powierzchniowych ujednolicono metodykę badań w skali ogólnopolskiej [40]. Wpłynęło to wyraźnie na zakres badań prowadzonych w zlewni Przemszy. Do analiz wykonywanych w ramach monitoringu, także regionalnego, wprowadzono wówczas między innymi: temperaturę, azot ogólny, azot azotanowy, azotynowy, azot Kjeldahla, fosfor ogólny, metale ciężkie oraz niektóre związki organiczne [89, 95].

Z mniejszym nasileniem w latach 1970–2010 były prowadzone prace w zakresie emisji zanieczyszczeń do wód powierzchniowych. Zmieniały się również prowadzące je jednostki badawcze. Znaczącą pracę przeglądową w tym zakresie wykonano na początku lat siedemdziesiątych XX wieku w Zakładzie Ochrony Środowiska Regionów Przemysłowych PAN w Zabrze [151]. Później, badania źródeł zanieczyszczeń prowadzone były przez administratorów sieci kanalizacyjnych i oczyszczalni ścieków oraz przez inspekcję ochrony środowiska [89, 93, 140, 101].

W opracowanym w latach dziewięćdziesiątych programie Państwowego Monitoringu Środowiska [40, 92] przewidywano, że podstawowym źródłem danych o emisji zanieczyszczeń do wód powierzchniowych powinny być informacje przedstawiane przez użytkowników wód (najczęściej administratorów sieci kanalizacyjnych i oczyszczalni ścieków), zbierane zgodnie z rozporządzeniem Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w sprawie opłat za szczególne korzystanie z wód [109, 133].

W połowie lat dziewięćdziesiątych, do prac wykonywanych w ramach regionalnego monitoringu powierzchniowych wód płynących w dawnym województwie katowickim wprowadzono badania najważniejszych źródeł zanieczyszczeń na terenie województwa katowickiego [90, 95]. Były one prowadzone przez Ośrodek Badań i Kontroli Środowiska w Katowicach.

Zgodnie z zasadami realizowanego od 2003 roku Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych urzędy marszałkowskie zobowiązane są do przedstawiania rocznych informacji o jego realizacji [77, 133]. Informacje te zawierają podstawowe dane dotyczące ilości i jakości ścieków surowych i oczyszczonych dla poszczególnych obiektów. Sprawozdania oparte są o deklaracje administratorów oczyszczalni. W niniejszym opracowaniu wykorzystano dane odnoszące się do oczyszczalni w zlewni Przemszy przedstawiane przez marszałków województw małopolskiego i śląskiego dla roku 2010 [118, 119].

## 1.5. Zakres i cel badań

Celem badań było określenie wpływu ścieków komunalnych na stan wód powierzchniowych w zlewni Przemszy. Analizę przeprowadzono dla lat 1970–2010 z prognozą do roku 2030. Przyjęcie tak długiego okresu pozwala na

określenie przyczyn braku efektów realizacji programów ochrony środowiska w przeszłości [52, 53, 143] oraz postawienie diagnozy stanu istniejącego. Dodatkowo przeanalizowanie skutków zmian demograficznych [39] oraz efektów realizacji Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych [77, 78, 118, 119] winno stać się ważnym elementem kształtowania polityki w zakresie ochrony wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniem w regionie wodnym Małej Wisły. Diagnoza winna być także podstawą do podejmowania decyzji dotyczących poprawy stanu wody w zlewni Przemszy.

Zastosowana metodyka pozwala na uzyskanie wiarygodnych danych dotyczących ładunków związków organicznych i biogennych wprowadzanych do wód powierzchniowych w przeszłości i obecnie oraz opracowanie scenariuszy zmian w gospodarce wodno-ściekowej na przyszłość. Scenariusze te będą przydatne przy opracowaniu, wdrażaniu i ocenie wyników realizacji planów gospodarowania wodami [103], Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych [77, 78] oraz warunków korzystania z wód regionu wodnego. Są one niezbędne przy wykorzystaniu technik obliczeniowych do interpretacji zanieczyszczenia wód powierzchniowych [9, 10, 139].

Ramowa Dyrektywa Wodna [32] nakłada na państwa UE obowiązek uzyskania dobrego stanu wód powierzchniowych do roku 2015. Jednym z kontrolowanych zapisów cytowanej dyrektywy, wprowadzonych do prawa polskiego jest założenie 75% redukcji ładunku azotu i fosforu w ściekach pochodzących z całego terytorium państwa w celu ochrony wód powierzchniowych, w tym morskich przed eutrofizacją [32, 133, 77]. W tym kontekście celowa jest analiza spełnienia tych wymagań w warunkach polskich.

## 1.6. Materiały źródłowe

Analizę stanu oczyszczania ścieków w zlewni Przemszy dokonano opierając się na następujących danych i materiałach:

- opracowanie „Analiza zanieczyszczenia rzek w województwie katowickim i możliwości osiągnięcia w latach 1971–1980 planowanego stanu czystości według obowiązującej klasyfikacji” wykonane w Zakładzie Ochrony Środowiska Regionów Przemysłowych PAN w Zabrze w 1973 roku [151],
- dane zbierane przez Ośrodek Badań i Kontroli Środowiska w Katowicach, jako podstawa do naliczania opłat za szczególne korzystanie z wód w latach 1995–1997,
- dane Ośrodka Badań i Kontroli Środowiska w Katowicach uzyskane w ramach monitoringu źródeł zanieczyszczeń (materiały niepublikowane, lata 1996–2000) [90],
- dane Głównego Urzędu Statystycznego i Urzędu Statystycznego w Katowicach [39, 142, 144],

- sprawozdania z realizacji Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych za rok 2010, składane przez marszałków województw śląskiego i małopolskiego [118, 119],
- opracowania i analizy w zakresie oczyszczania ścieków.

Analizę zanieczyszczenia wód powierzchniowych na obszarze zlewni Przemszy przeprowadzono wykorzystując wyniki badań wykonywanych w ramach Regionalnego i Państwowego Monitoringu Środowiska przez Laboratorium Ośrodka Badań i Kontroli Środowiska w Katowicach oraz Laboratorium Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska. Wyniki tych badań były przedstawiane w formie rocznych raportów [88, 89, 147].

W opracowaniu wykorzystano wyniki monitoringu powierzchniowych wód płynących [88, 89, 147] odnoszące się do następujących przekrojów badawczych:

- Czarna Przemsza powyżej zbiornika w Przeczycach,
- Czarna Przemsza powyżej Białej Przemszy,
- Biała Przemsza ujście,
- Przemsza ujście do Wisły,
- Rawa ujście.

Ponadto przeanalizowano dane pochodzące z przekrojów zlokalizowanych na Wiśle powyżej i poniżej ujścia Przemszy [88, 89, 147]:

- Wisła w Nowym Bieruniu,
- Wisła w Bobrku.

W trakcie realizacji pracy przeanalizowano szereg publikacji, opracowań i materiałów konferencyjnych odnoszących się do oczyszczania ścieków komunalnych w analizowanej zlewni.

## **2. Zaopatrzenie w wodę mieszkańców zlewni Przemszy**

### **2.1. Rozwój sieci wodociągowych w zlewni Przemszy do roku 1970**

W XIX wieku, w wyniku industrializacji, doszło do szybkiego wzrostu liczby ludności na terenach górniczych w południowej części zlewni Przemszy. Jednocześnie, w wyniku eksploatacji płytkich złóż węgla oraz rud cynku i ołowiu, wystąpiło obniżenie poziomu, bądź zanik wód podziemnych, zasilających studnie gospodarcze. W rezultacie ludność regionu zaczęła odczuwać dotkliwy deficyt wody do picia. Szacowano, że zakładane wówczas jednostkowe zużycie wody na poziomie 15 l/M·d, było pokrywane zaledwie w 30–35%. Wpływało to negatywnie na stan sanitarny miast i osiedli oraz prowadziło do występowania epidemii chorób zakaźnych.

Od 1873 roku Królewski Wyższy Urząd Górniczy we Wrocławiu prowadził badania nad stanem zaopatrzenia w wodę okręgu przemysłowego, leżącego wówczas w granicach Prus. Ich rezultatem było rozpoczęcie w roku 1880 roku budowy wodociągu dla Królewskiej Huty (część dzisiejszego Chorzowa). Ujęcie wody zlokalizowane zostało w szybie „Adolf” w dawnej, wyłączonej z eksploatacji kopalni srebra i ołowiu, w Reptach Nowych koło Tarnowskich Gór. Równocześnie z ujęciem wybudowano wodociąg przez Dąbrowę Miejską, Bytom, Łagiewniki do Królewskiej Huty (dzisiejszy Chorzów). Później podłączono do niego Hajduki Wielkie (dzisiejszy Chorzów Batory), Świętochłowice oraz miejscowości tworzące obecnie Katowice i Rudę Śląską. Pierwszy fragment sieci został uruchomiony w 1884 roku. W 1892 wybudowano nowe ujęcie w Zawadzie, zaś w 1903 oddano do użytku nową nitkę z Rept Nowych do Chropaczowa (dzielnica Świętochłowic). Zakładano, że jednostkowe zużycie wody przypadające na mieszkańca korzystającego z wodociągu wyniesie 35 l/M·d [81, 105].

Na początku XX wieku system wodociągowy na Górnym Śląsku obejmował swoim zasięgiem znaczną część Okręgu Przemysłowego położonego w zlewni Przemszy. Obok ujęć w Reptach i Zawadzie, które dostarczały 2/3

potrzebnej wody, eksploatowane także były źródła lokalne zlokalizowane m.in. w Dąbrówce Wielkiej, Szopienicach, Radzionkowie i Wirku [81].

W latach międzywojennych większość mieszkańców w południowej części zlewni Przemszy korzystała z wody dostarczanej przez Państwowe Zakłady Wodociągowe na Górnym Śląsku oraz Powiatowe Zakłady Wodociągowe w Katowicach. Obsługiwały one łącznie około 685 tysięcy mieszkańców, głównie w zlewni Przemszy i Kłodnicy. Przyjmowano wówczas jednostkowe zużycie wody na poziomie 100 l/M·d. Zapewnienie zaopatrzenia ludności w wodę wiązało się z oddaniem do użytku nowych ujęć. W latach trzydziestych oddano do użytku ujęcie wody powierzchniowej na Białej Przemszy – w Maczkach o wydajności około 40 000 m<sup>3</sup>/d. Z ujęcia tego zasilano między innymi nowe wodociągi w Będzinie i w Sosnowcu [81, 105].

Po II wojnie światowej, w wyniku znacznego zwiększenia liczby mieszkańców oraz poprawy jakości życia, ilość zużywanej wody wyraźnie wzrosła. W latach pięćdziesiątych oddano do eksploatacji ujęcia wody oraz stacje uzdatniania, zlokalizowane poza obszarem górniczym w Kozłowej Górze i Goczałkowicach. Eksploatowane były ujęcia wody powierzchniowej w zlewni Przemszy – w Będzinie i w Maczkach oraz ujęcia wód podziemnych. Powstał system zaopatrzenia w wodę Górnego Śląska, którego operatorem było Wojewódzkie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Katowicach [105].

## 2.2. Zużycie wody w zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z prognozą do roku 2030

Dane statystyczne pozwoliły na określenie uśrednionego jednostkowego zużycia wody w zlewni Przemszy w latach 1970–2010 oraz dokonanie prognozy na lata 2015 i 2030 (rys. 3). Urząd Statystyczny w Katowicach dla lat 1970 i 1980 [128, 129] podawał jedynie średnie wartości jednostkowego zużycia wody dla całego ówczesnego województwa katowickiego. Dla pozostałych analizowanych lat wartości jednostkowego zużycia wody w przeliczeniu na mieszkańca podano dla poszczególnych gmin [39, 142, 144].

W rezultacie dla określenia jednostkowego zużycia wody w sektorze komunalnym w zlewni Przemszy przyjęto, że w latach 1970–1980 było ono równe wartości średniej dla województwa, zaś dla okresu późniejszego (lata 1990–2010) obliczono średnią ważoną, zgodnie z poniższą zależnością:

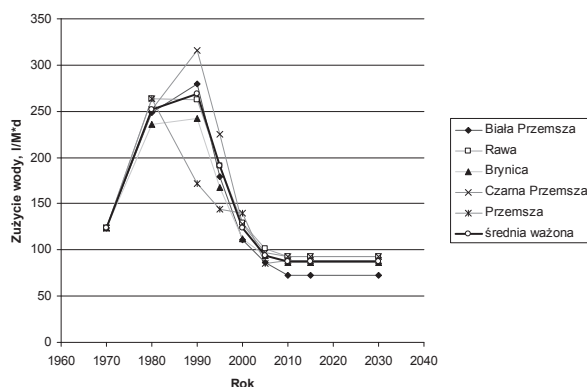
$$Q_J = \Sigma (n_G \cdot Q_{JG})/n \quad [1]$$

W latach 1970–1990 nastąpił wzrost wartości jednostkowego zużycia wody w zlewni Przemszy ze 124 do 269 l/M·d. Jego przyczyną była z jednej strony poprawa warunków życia mieszkańców, z drugiej zaś niska cena usług



wodociągowo-kanalizacyjnych, która sprawiała, że brak było bodźca do oszczędzania wody w gospodarstwach domowych (rys. 6).

W latach dziewięćdziesiątych XX wieku, po zmianach własnościowych w sektorze wodociągowo-kanalizacyjnym, wprowadzeniu powszechnego stosowania wodomierzy do określenia poboru wody przez indywidualne gospodarstwa domowe oraz w wyniku urealnienia cen sprzedaży wody, jednostkowe jej zużycie w gospodarstwach domowych w całej analizowanej zlewni stopniowo spadało. W roku 2005 wyniosło ono 94 l/M·d, zaś najniższe, osiągnięte w roku 2010 było równe 87 l/M·d. Prognozując zużycie wody dla lat 2015 i 2030 przyjęto, że wartość ta nie ulegnie zmianie (rys. 6).



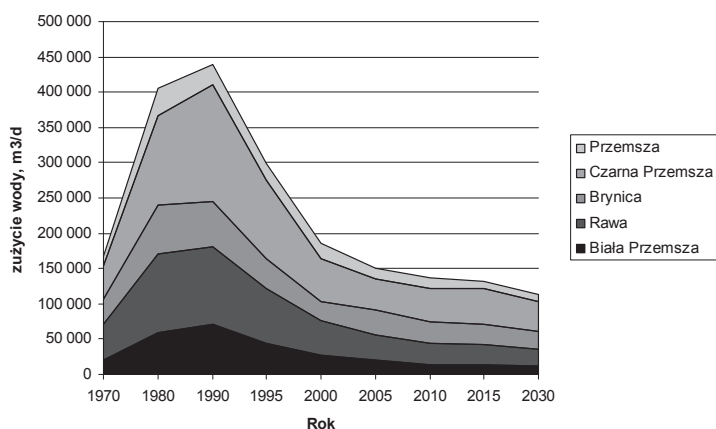
Rysunek 6. Jednostkowe zużycie wody w zlewniach częściowych oraz średnia ważona dla zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030

W przeszłości, w analizowanej zlewni, występowało znaczne zróżnicowanie terytorialne wartości jednostkowego zużycia wody. Szczególnie wyraźnie wystąpiło ono w latach 1990 i 1995. Najwyższe wartości notowane w zlewni Czarnej Przemszy wyniosły odpowiednio 316 i 225 l/M·d, najniższe zaś dla zlewni Przemszy poniżej połączenia Czarnej i Białej Przemszy – 172 i 144 l/M·d (rys. 6). Niższe zużycie jednostkowe na terenach mniej zurbanizowanych wynikało z uboższego standardu wyposażenia budynków mieszkalnych na wsi oraz możliwości alternatywnego korzystania ze studni gospodarskich. W późniejszym okresie doszło do wyrównania tych wartości dla wszystkich analizowanych zlewni częściowych. W roku 2005 jednostkowe zużycie wody w poszczególnych zlewniach częściowych wahało się w granicach 85–101 l/M·d, zaś w 2010 w granicach 73–93 l/M·d.

Wartości jednostkowego zużycia wody wykorzystano do określenia całkowitego zużycia wody przez mieszkańców na obszarze zlewni Przemszy oraz zlewni częściowych, zgodnie z zależnością

$$Q_z = n \cdot Q_j \quad [2]$$

Określone w ten sposób całkowite zużycie wody w zlewni Przemszy w roku 1970 wyniosło 167 500 m<sup>3</sup>/d. Było ono prawie trzykrotnie niższe od maksymalnego obliczonego dla roku 1990 i wynoszącego około 440 000 m<sup>3</sup>/d. Później, w latach dziewięćdziesiątych, nastąpił wyraźny spadek zużycia wody przez ludność. Jest to w znacznej mierze efekt oszczędności wody w sektorze komunalnym oraz zmniejszenia liczby mieszkańców. W roku 2010 zużycie wody przez ludność wyniosło około 136 767 m<sup>3</sup>/d. Do roku 2030 szacuje się dalszy spadek tej wartości do około 113 335 m<sup>3</sup>/d (rys. 7).



Rysunek 7. Zużycie wody wodociągowej w zlewni Przemszy w latach 1970–2030

W podobny sposób obliczono zużycie wody w poszczególnych zlewniach częściowych. Uzyskane wartości pokazują rolę, jaką w gospodarce wodno-ściekowej zlewni Przemszy odgrywają Czarna Przemsza, Brynica oraz Rawa (rys. 7).

## **3. Transport ścieków komunalnych**

### **3.1. Rozwój sieci kanalizacyjnych do roku 1970**

Rosnące zurbanizowanie południowej części zlewni Przemszy oraz powtarzające się w pierwszej połowie XIX wieku epidemie chorób zakaźnych sprawiły, że konieczne było szybkie i bezpieczne pozbywanie się ścieków wytwarzanych przez mieszkańców. Pierwsze ogólnospławne sieci kanalizacyjne w rejonie dzisiejszych Katowic pojawiły się już w latach osiemdziesiątych XIX wieku, na krótko przed oddaniem do eksploatacji sieci wodociągowych. Przed pierwszą wojną światową z kanalizacji w zlewni Rawy korzystało 60% mieszkańców. W innych miastach położonych nad Przemszą – Sosnowcu, Dąbrowie Górniczej i Będzinie – roboty związane z budową kanalizacji rozpoczęto w połowie lat dwudziestych XX wieku [104, 105].

Po drugiej wojnie światowej do kanalizacji podłączano wszystkie nowo budowane osiedla, a częściowo także stare budynki wielorodzinne. U progu lat siedemdziesiątych XX wieku poszczególne gminy położone w zlewni Przemszy znacznie różniły się pod względem skanalizowania. Obok gmin, gdzie ponad 90% mieszkańców korzystało z kanalizacji występowały takie, w których odsetek ten nie przekraczał 30%; szczątkowa była kanalizacja na wsi [151].

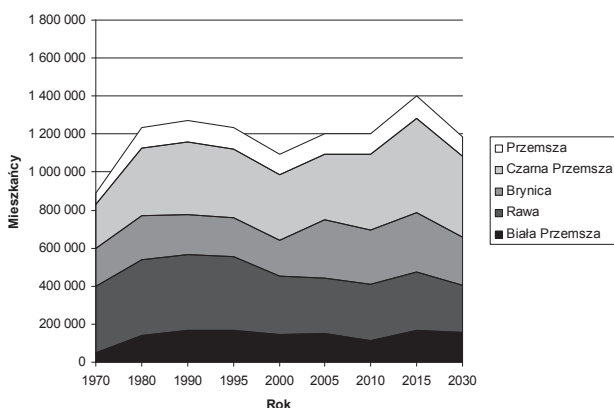
### **3.2. Transport ścieków w latach 1970–2010 oraz prognoza do roku 2030**

W roku 1970 w całej zlewni Przemszy z kanalizacji korzystało około 889 150 mieszkańców. W latach osiemdziesiątych wartość ta wzrosła do 1 233 274 mieszkańców. Do roku 2010 liczba ta nie uległa znaczącym zmianom i wahała się w niewielkich granicach 1 093 063 do 1 269 270 [135] (rys. 8).

Na początku XXI wieku zauważalny jest wyraźny wzrost ilości mieszkańców korzystających z kanalizacji w analizowanej zlewni. Jest to wynik porządkowania gospodarki ściekowej w gminach i budowy nowych sieci kanalizacyj-

nych w ramach realizacji programu Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK) [77, 78, 118, 119]. Na dane z roku 2005 wpływ wywarł sygnalizowany wcześniej przerzut ścieków z Bytomki (Kłodnica) do Szalejki (Brynica) w wyniku oddania do użytku oczyszczalni ścieków „Centralna” dla Bytomia.

W roku 2010, w zlewni Przemszy, z kanalizacji korzystało 1 203 350 mieszkańców, zaś do roku 2015 ilość ta wzrosła do około 1 400 000. Taki przyrost wynika z zakończenia realizacji części inwestycji w ramach KPOŚK. Późniejsze obniżenie liczby korzystających z kanalizacji wynika głównie z prognozowanego zmniejszenia zaludnienia w zlewni (rys. 8).



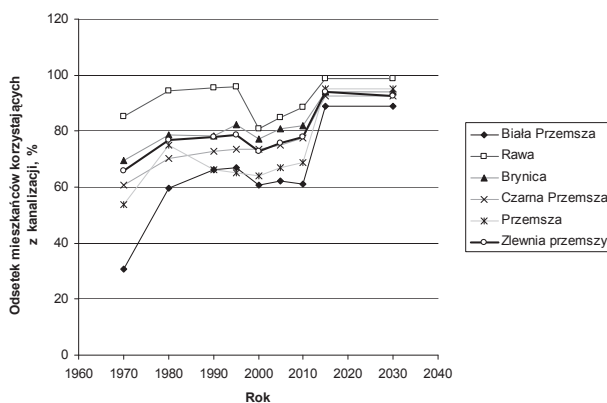
Rysunek 8. Mieszkańcy korzystający z kanalizacji w zlewni Przemszy oraz w zlewniach częściowych

Poszczególne zlewnie częściowe charakteryzowały się różnym skanalizowaniem. W gęsto zaludnionej części zlewni Przemszy już w latach siedemdziesiątych odsetek ludności korzystającej z kanalizacji był stosunkowo wysoki. Dla zlewni Rawy, Brynicy i Czarnej Przemszy wyniósł on odpowiednio 85%, 69,5% i 60,9%. W całej zlewni Przemszy do kanalizacji podłączonych było 65,9% mieszkańców. W latach dziewięćdziesiątych XX wieku odsetek mieszkańców korzystających z kanalizacji nieznacznie przekraczał 77%.

Stosunkowo korzystna sytuacja w zakresie skanalizowania występowała wówczas w części miast w Aglomeracji Katowickiej, gdzie z kanalizacji korzystało ponad 90% mieszkańców (rys. 9). W części miast leżących na obszarze analizowanej zlewni odsetek ludności korzystającej z kanalizacji był jednak niższy. Dotyczyło to m.in. Piekar Śląskich, Będzina, Dąbrowy Górniczej, Jaworzna, Mysłowic i Świętochłowic, gdzie wartości te wahały się w granicach 70–80% oraz obszarów wiejskich, które praktycznie pozbawione były wówczas

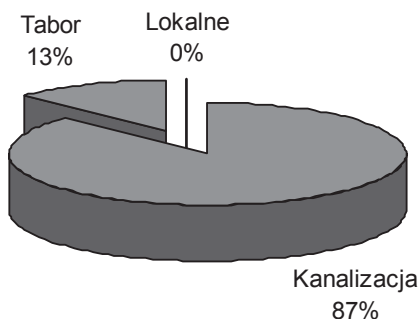
kanalizacji [39, 142, 144]. W latach 2000–2010 skanalizowanie gmin zmieniło się nieznacznie. Zdecydowanie najniższy odsetek mieszkańców korzystających z kanalizacji występował w zlewniach zbiorników zaporowych zaś najwyższy w zlewniach Rawy i Brynicy [39].

Konieczność zmian w gospodarce ściekami komunalnymi w kontekście spełniania dyrektyw UE [30, 32], konwencji o ochronie wód Bałtyku [38, 57] oraz prawa wodnego [133] doprowadziła do opracowania Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych. Do jego podstawowych zadań zaliczono poprawę w zakresie transportu ścieków komunalnych. Zgodnie z założeniami tego Programu do 2015 roku powinno było nastąpić skanalizowanie wszystkich aglomeracji liczących ponad 2 000 RLM. Realizacja tego zapisu spowoduje, że odsetek mieszkańców niekorzystających z kanalizacji w zlewni Przemszy obniży się z 22,1% w roku 2010 do około 5,9% w roku 2015 [77, 78]. Później, trudno spodziewać się wyraźnych zmian tej wielkości (rys. 9).



Rysunek 9. Odsetek mieszkańców korzystających z kanalizacji w zlewniach cząstkowych

Sytuacja, w której 6–7% mieszkańców w danej zlewni nie będzie korzystało z sieci kanalizacyjnej wydaje się być w warunkach polskich do zaakceptowania. Podłączenie części mieszkańców na terenach słabo zurbanizowanych jest nieopłacalne ze względu na wysokie koszty budowy i eksploatacji urządzeń kanalizacyjnych. Dla tych obszarów należy zastosować inne rozwiązania transportu i oczyszczania ścieków (transport wozami asenizacyjnymi, budowa lokalnych oczyszczalni lub oczyszczalni przydomowych) [18, 102]. Na analizowanym obszarze konieczność podjęcia takich działań wystąpi głównie w zlewni Białej Przemszy oraz w północnych częściach zlewni Czarnej Przemszy i Brynicy (powyżej zbiorników zaporowych) (rys. 9).



Rysunek 10. Udział ludności korzystającej z kanalizacji, taboru samochodowego i lokalnych rozwiązań w transporcie ścieków w zlewni Przemyśl

Dane ze sprawozdań marszałków województw śląskiego i małopolskiego oraz dane GUS [39, 118, 119] odnoszące się do aglomeracji położonych w całości lub w części w zlewni Przemyśl pozwalają na oszacowanie przybliżonej ilości mieszkańców korzystających w roku 2010 z transportu ścieków wozami asenizacyjnymi oraz korzystających z oczyszczalni przydomowych; wartości te wyniosły odpowiednio 13,0% i 0,1% (rys. 10).

### 3.3. Jakość ścieków odprowadzanych kanalizacją

Jakość ścieków kierowanych do kanalizacji z gospodarstw domowych jest w znaczący sposób uzależniona od jednostkowego zużycia wody ( $Q_j$ ). Przyjmując, wcześniej podane wartości  $Q_j$  oraz wartości jednostkowych dobowych ładunków  $BZT_5$ , azotu ogólnego i fosforu ogólnego można wyznaczyć oczekiwane ich stężenia w ściekach odprowadzanych z gospodarstw domowych (tabela 5). Uśrednione stężenie określone może być zależnością:

$$C_s = L_j / Q_j \quad [3]$$

Do obliczeń  $C_s$  wykorzystano, pochodzące ze wcześniejszych badań, wartości ładunków jednostkowych  $BZT_5$ , azotu ogólnego, wynoszące odpowiednio 60 gO<sub>2</sub>/M·d, 12,9 gN/M·d [101]. W przypadku fosforu, ze względu na zmniejszenie zużycia fosforanowych zmiękczaczy w proszkach do prania, w oparciu o dane literaturowe oraz badania własne, do obliczeń przyjęto trzy wartości 3,0 gP/M·d dla lat 1970–1990 [108], 2,2 gP/M·d dla lat 1995–2010 [101] i 1,9 gP/M·d dla lat 2011–2030 [10, 139].

Tabela 5. Oczekiwane stężenia wskaźników zanieczyszczeń ( $C_s$ ) w ściekach surowych w określone na podstawie zużycia wody w gospodarstwach domowych

Rok	BZT <sub>5</sub>	Azot ogólny	Fosfor ogólny
	mgO <sub>2</sub> /l	mgN/l	mgP/l
1970	484	104	24,2
1980	238	51	11,9
1990	223	48	11,2
1995	314	68	11,5
2000	484	104	17,7
2005	638	137	23,4
2010 2015 2030	690	140	21,8

W związku z wysokim jednostkowym zużyciem wody niskie wartości analizowanych wskaźników w ściekach surowych uzyskano dla lat 1980–1990; później wartości te ( $C_s$ ) rosną; po roku 2010 należy się spodziewać ich stabilizacji.

Uzyskane na podstawie zależności [3] wartości (tabela 5) można porównać z danymi pochodzącymi z badań prowadzonych w latach 1995–1999 [90, 101] oraz zawartych w sprawozdaniach z realizacji Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych z roku 2010 [118, 119].

Wartości średnie BZT<sub>5</sub>, azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego notowane w latach 1996–2000 na dopływie do poszczególnych oczyszczalni były silnie zróżnicowane. Wahały się one w granicach: BZT<sub>5</sub> od 129,6 do 408,1 mgO<sub>2</sub>/l, azot ogólny 29,5–82,8 mgN/l, fosfor ogólny 6,0–17,5 mgP/l (tabela 6). Tak znaczne wahania były głównie efektem różnic w stanie technicznym kanalizacji. Większość eksploatowanych sieci stanowiła wówczas kanalizacja ogólnospławna wybudowana na przełomie XIX i XX wieku, w wielu miejscach zniszczona w wyniku szkód górniczych [12, 13, 152]. W efekcie, w dopływie do oczyszczalni, wysoki był udział wód infiltracyjnych i przypadkowych. Wpływ na to zjawisko miały także nieszczelności przewodów wodociągowych oraz straty wody występujące w wewnętrznych instalacjach domowych (nieszczelne spłuczki, uszkodzone rury, itp.). Wyższe wartości występujące w Libiążu i Dąbrowie Górniczej były prawdopodobnie rezultatem wykorzystywania w transporcie ścieków kanalizacji rozdzielczej, wybudowanej w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku [74, 90, 100, 101].

Tabela 6. Jakość ścieków dopływających do oczyszczalni badanych w latach 1996–2000 [74, 90, 100, 101]

Oczyszczalnia	Stężenie $C_s$		
	BZT <sub>5</sub>	Azot ogólny	Fosfor ogólny
	mgO <sub>2</sub> /l	mgN/l	mgP/l
Chorzów – Klimzowiec	193,3	45,5	7,4
Katowice – Gigablok	169,1	36,6	6,0
Dąbrowa Górnicza	295,3	74,4	17,5
Siemianowice	183,7	40,1	6,7
Będzin	140,6	52,5	7,2
Jaworzno	129,8	29,5	6,4
Libiąż	408,0	82,8	14,4
Wolbrom	236	55,7	7,7

Wartości analizowanych wskaźników przedstawione przez marszałków województw małopolskiego i śląskiego dla tych samych obiektów w roku 2010 były w większości przypadków wyższe od poprzednich (tabela 7). Wahań poszczególnych wskaźników w ściekach surowych były jednak zdecydowanie mniejsze – BZT<sub>5</sub> wahało się w granicach 214–385 mgO<sub>2</sub>/l, azot ogólny 52–96 mgO<sub>2</sub>/l, zaś fosfor ogólny 6–14 mgO<sub>2</sub>/l [118, 119].

Tabela 7. Wartości analizowanych wskaźników w ściekach surowych w roku 2010 [118, 119]

Oczyszczalnia	Stężenie $C_s$		
	BZT <sub>5</sub>	Azot ogólny	Fosfor ogólny
	mgO <sub>2</sub> /l	mgN/l	mgP/l
Chorzów – Klimzowiec	230	50	6
Katowice – Gigablok	271	96	6
Dąbrowa Górnicza	288	55	7,7
Siemianowice	385	63	6
Będzin	214	65	7
Jaworzno	231	52	11
Libiąż	304	74	8
Wolbrom	337	64	14



Zmiany w stosunku do lat dziewięćdziesiątych wynikają z sygnalizowanego wcześniej ograniczenia jednostkowego zużycia wody przez ludność. Uwzględnić także należy podjęte przez gminy działania w zakresie porządkowania sieci kanalizacyjnych (realizacja Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych) [78, 79, 117, 118]. W części miast doszło do częściowej rekonstrukcji lub modernizacji sieci kanalizacyjnej oraz rozdzielenia kanalizacji na sanitarną i deszczową, co spowodowało podwyższenie stężeń analizowanych wskaźników. Jednocześnie, w innych, do kolektorów zostały przyłączone fragmenty istniejącej sieci ogólnospławnej o różnym stanie technicznym, co mogło wpływać na rozcieńczenie transportowanych ścieków.

Niższe od oczekiwanych były wartości fosforu ogólnego. Jest to prawdopodobnie efekt podejmowanych w ostatnich latach działań związanych z ograniczeniem zawartości polifosforanów w proszkach do prania. Należy się spodziewać, że działania te zostaną zintensyfikowane po wprowadzeniu w życie przepisów o całkowitym zakazie stosowania związków fosforu do produkcji proszków do prania na terenie kraju.



## **4. Oczyszczanie ścieków w zlewni Przemszy**

### **4.1. Stan oczyszczania ścieków w zlewni Przemszy do roku 1970**

Na początku XX wieku w miejscowościach położonych na obszarze przemysłowym uruchomione zostały pierwsze w zlewni Przemszy oczyszczalnie ścieków. Były to obiekty zlokalizowane w Rudzie Śląskiej – Nowym Bytomiu (1902 rok), Siemianowicach (1910 rok), Brynowie (1912 rok), Katowicach przy kopalni „Wujek” (1913 rok), Klimzowcu (lata 1912–1913), Szarleju (1913 rok), Michałowicach (1913 rok). W okresie międzywojennym zmodernizowano oczyszczalnię w Chorzowie – Klimzowcu, przekształcając ją w tzw. oczyszczalnię rzeczną. Powstały wówczas m.in. oczyszczalnie w Katowicach w rejonie centrum, w Dąbrowie Górniczej i w Będzinie. Budowane do wybuchu drugiej wojny światowej obiekty to oczyszczalnie mechaniczne, składające się najczęściej z krat, piaskowników oraz osadników, zespolonych z komorami fermentacyjnymi, co pozwalało na częściowe rozwiązanie problemów gospodarki osadowej. Nieco później – w latach trzydziestych i czterdziestych XX wieku – część z wybudowanych wcześniej obiektów została wzbogacona o urządzenia do biologicznego oczyszczania (złoża biologiczne). Niektóre z nich były wykorzystywane (bez zmian konstrukcyjnych) jeszcze w latach dziewięćdziesiątych XX wieku [104, 105, 151].

Po drugiej wojnie światowej pierwsze oczyszczalnie ścieków w zlewni Przemszy oddano do użytku dopiero na początku lat sześćdziesiątych. Były to z reguły oczyszczalnie mechaniczne wyposażone w kraty, piaskowniki i osadniki Imhoffa. Część z nich wzbogacono później o złoża biologiczne. Dopiero w drugiej połowie lat sześćdziesiątych rozpoczęto tu eksploatację pierwszych oczyszczalni mechaniczno-biologicznych z osadem czynnym [151].

### **4.2. Analiza danych z lat siedemdziesiątych XX wieku**

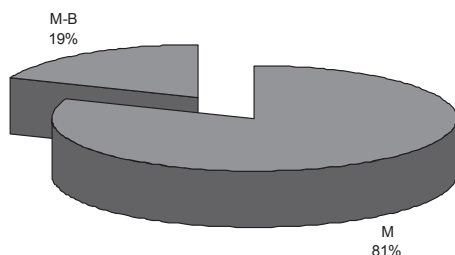
Na początku lat siedemdziesiątych XX wieku dokonano inwentaryzacji oczyszczalni ścieków w województwie katowickim [151]. W zlewni Przemszy zidentyfikowano wówczas 21 obiektów. Przestrzennie obiekty te były nierów-

nomiennie rozmieszczone. Zdecydowanie największe nasycenie występowało w zlewni Czarnej Przemszy i jej głównego dopływu – Brynicy (19 szt.); w zlewni Białej Przemszy pracowały dwie oczyszczalnie, zaś w zlewni Przemszy poniżej ujścia Białej Przemszy nie było żadnej.

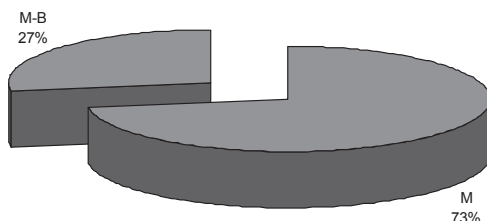
Większość z eksploatowanych wówczas obiektów została wybudowana w latach sześćdziesiątych. Oprócz nich wykorzystywano oczyszczalnie powstałe jeszcze przed pierwszą wojną światową lub w okresie międzywojennym. Całkowita projektowana przepustowość oczyszczalni w zlewni Przemszy w 1970 roku wynosiła 162 419 m<sup>3</sup>/d, a przechodziło przez nią około 145 402 m<sup>3</sup>/d ścieków; równoważna liczba mieszkańców (RLM) korzystających z nich była równa 310 777 (tabela 8) [151].

Wśród działających wówczas obiektów dominowały oczyszczalnie mechaniczne, w których prowadzono procesy cedzenia (kraty) oraz sedymentacji (piaskowniki, osadniki). Często spotykanym rozwiązaniem były osadniki zespolone z komorą fermentacyjną (osadniki Imhoffa). Przepustowość tych oczyszczalni stanowiła około 81% całkowitej przepustowości eksploatowanych; jedynie niewielki odsetek (około 19%) stanowiły oczyszczalnie mechaniczno-biologiczne (rys. 11). W oczyszczalniach o mniejszej przepustowości, w części biologicznej wykorzystywano złoża biologiczne, w większych reaktory z osadem czynnym [151].

W przeliczeniu na Równoważną Liczbę Mieszkańców (RLM) udział oczyszczalni mechaniczno-biologicznych wynosił około 27%, pozostała wartość przypadała na oczyszczalnie mechaniczne (rys. 12).



Rysunek 11. Udział oczyszczalni mechanicznych (M) i mechaniczno-biologicznych (M-B) w sumarycznej przepustowości oczyszczalni (zlewnia Przemszy, rok 1970)



Rysunek 12. Udział procentowy oczyszczalni mechanicznych (M) i mechaniczno-biologicznych (M-B) w sumarycznej wartości RLM dla oczyszczalni (zlewnia Przemszy, rok 1970)

Tabela 8. Oczyszczalnie ścieków w zlewni Przemysły działające w roku 1970 [151]

Lp.	Odbiornik	Miejscowość	Nazwa oczyszczalni	Rok budowy	Rodzaj	Przepustowość [m³/d]		RLM
						Projektowana	Rzeczywista	
1	Rawa	Ruda Śląska	Nowy Bytom	1902	M	2 200	2 685	15 050
2	Rawa	Ruda Śląska	Nowy Bytom	1960	M	550	407	1 467
3	Rawa	Chorzów	Klimzowiec	1930	M	45 000	48 000	86 667
4	Rawa	Katowice	Brynów	1912	M	260	260	2 217
5	Rawa	Katowice	Centrum	1969	M	45 000	32 000	51 667
6	Rawa	Katowice	Dąbrówka Mała	1965	M	320	320	1 360
7	Rawa	Katowice	Szopienice	1965	M	320	320	1 018
8	Brynica	Radzionków	Radzionków	1965	M	13 945	4 700	4 400
9	Brynica	Piekary	Szarlej	1913	M	1 340	2 300	3 933
10	Brynica	Siemianowice	Michałkowice	1913	M	864	2 700	7 867
11	Brynica	Czeladź	Os. Nowotki	1956	M	1 000	1 000	2 667
12	Brynica	Czeladź	ul. Różka	1960	M	70	150	500
13	Brynica	Siemianowice	Siemianowice	1910	M-B	6 000	10 080	32 067
14	Czarna Przemysła	Dąbrowa G.	Dąbrowa G.	1970	M-B	21 600	13 100	50 217
15	Czarna Przemysła	Dąbrowa G.	ul. Paryska	1930	M	6 000	9 000	11 667
16	Czarna Przemysła	Będzin	ul. Kościuszki	1970	M	9 000	9 000	20 400
17	Czarna Przemysła	Będzin	ul. Kościuszki	1970	M-B	1 200	1 200	350
18	Czarna Przemysła	Piekary	Os. Wieczorka	1956	M	1 460	3 600	12 367
19	Czarna Przemysła	Katowice	Giszowiec	1969	M	4 200	2 500	2 375
20	Biała Przemysła	Sosnowiec	Niwka	1965	M-B	480	480	438
21	Biała Przemysła	Bukowno	Bukowno	1964	M-B	1 610	1 600	2 085
	<b>Ogółem</b>					<b>162 419</b>	<b>145 402</b>	<b>310 777</b>

### 4.3. Oczyszczanie ścieków w zlewni Przemysły w latach dziewięćdziesiątych XX wieku

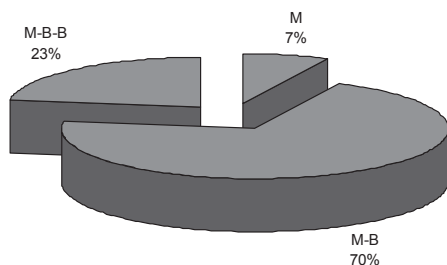
Wyrywkowe badania wybranych oczyszczalni ścieków w dawnym województwie katowickim wykonano w Ośrodku Badania i Kontroli Środowiska w Katowicach w latach 1991–1992. We wszystkich analizowanych obiektach ścieki oczyszczone nie spełniały wymagań obowiązujących wówczas norm [110]. W odpływie z oczyszczalni przekroczone były dopuszczalne wartości zarówno wskaźników charakteryzujących zawartość związków organicznych (BZT<sub>5</sub>, ChZT), jak i związków biogennych (azot ogólny, fosfor ogólny), a w większości obiektów także zawiesin [93, 140, 143].

W ostatniej dekadzie XX wieku w zlewni tej oddano do użytku szereg nowych lub zmodernizowanych oczyszczalni ścieków komunalnych [51, 68, 71, 74, 90, 96, 99, 100, 101, 104, 105]. W 1995 roku w analizowanej zlewni pracowało 28 oczyszczalni. Ich potencjalna (projektowa) przepustowość wynosiła 337 151 m<sup>3</sup>/d, zaś przechodziło przez nie około 202 887 m<sup>3</sup>/d ścieków (tabela 9). Różnica między tymi wielkościami wynikała z mniejszego niż przewidywano wzrostu liczby ludności regionu, braku znaczącego postępu w budowie sieci kanalizacyjnych oraz niższego od przyjmowanego do obliczeń, zużycia wody przez mieszkańców. Sumaryczny ładunek zanieczyszczeń zawarty w ściekach doprowadzanych do oczyszczalni, określony na podstawie danych administratorów oczyszczalni (OBiKŚ Katowice, dane niepublikowane) oraz danych statystycznych [39] odpowiadał w zaokrągleniu 596 800 RLM (tabela 9).

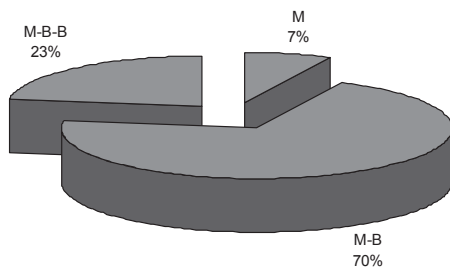
Analiza wykorzystywanych rozwiązań wykazała wystąpienie jakościowego skoku w dziedzinie oczyszczania w stosunku do początku lat dziewięćdziesiątych XX w (rys. 13, 14). Spośród eksploatowanych w 1995 roku jedynie w przypadku sześciu, o stosunkowo małej przepustowości, proces ograniczał się do oczyszczania mechanicznego. We wszystkich znaczących dla gospodarki wodno-ściekowej oczyszczalniach wykorzystywane były reaktory z osadem czynnym. Dodatkowo w części analizowanych obiektów zainstalowane zostały urządzenia do biologicznej denitryfikacji i defosfatacji oraz do chemicznego strącania fosforu. Biorąc pod uwagę wartość RLM oszacować można odsetek mieszkańców korzystających z poszczególnych typów oczyszczalni. W przypadku oczyszczalni mechanicznych (M), oczyszczalni mechaniczno-biologicznych (M-B) oraz mechaniczno-biologicznych z podwyższonym usunięciem związków biogennych (M-B-B) wyniósł on odpowiednio 10%, 60% oraz 30% (OBiKŚ, dane niepublikowane).

Tabela 9. Oczyszczalnie ścieków w zlewni Przemysły działające w roku 1995 [OBIŚ, dane niepublikowane, ankiety administratorów oczyszczalni]

Lp.	Odbiornik	Miejscowość	Nazwa oczyszczalni	Rok budowy	Rodzaj	Przepustowość [m³/d]		RLM
						Projektowana	Rzeczywista	
1	Rawa	Ruda Ślaska	Nowy Bytom	1902	M	2 200	2 685	15 050
2	Rawa	Ruda Ślaska	Nowy Bytom	1960	M	550	407	1 467
3	Rawa	Katowice	Dąbrówka Mała	1964	M	320	490	1 723
4	Rawa	Katowice	Szopienice	1964	M	320	495	963
5	Rawa	Katowice	Gigablok	1985	M-B	55 000	35 250	50 445
6	Brynica	Radzionków	Radzionków	1965	M	11 688	4 870	17 278
7	Brynica	Piekary	Brzóska	1980	M-B	1 600	870	2 794
8	Brynica	Piekary	Póhac	1983	M-B	10 000	9 105	30 370
9	Brynica	Siemianowice	Siemianowice	1990	M-B	70 000	37 720	54 326
10	Czarna Przemsza	Katowice	Janów	1972	M	435	480	1 604
11	Czarna Przemsza	Dąbrowa G.	Dąbrowa G.	1970	M-B-B	30 000	27 520	131 100
12	Czarna Przemsza	Sosnowiec	Radocha I	1974	M-B	27 000	21 500	74 729
13	Czarna Przemsza	Łazy	Łazy	1984	M-B	300	388	1 232
14	Czarna Przemsza	Katowice	Giszowiec	1987	M-B	16 500	8 397	29 130
15	Czarna Przemsza	Poręba	Poręba	1988	M-B	1 400	1 659	4 434
16	Czarna Przemsza	Będzin	Będzin	1996	M-B-B	35 000	10 820	32 394
17	Biała Przemsza	Bukowno	Bukowno	1964	M-B	1 610	834	2 698
18	Biała Przemsza	Trzebinia	Trzebinia	1973	M	2 600	2 732	8 977
19	Biała Przemsza	Sosnowiec	Kazimierz	1974	M-B	2 600	2 300	8 792
20	Biała Przemsza	Dąbrowa G.	Strzemieszyce	1975	M-B	6 000	5 345	24 761
21	Biała Przemsza	Sosnowiec	Poręba	1966	M	3 600	2 300	10 000
22	Biała Przemsza	Olkusz	Olkusz	1983	M-B	11 900	6 806	23 913
23	Biała Przemsza	Sosnowiec	Zagórze	1993	M-B	6 000	4 175	14 682
24	Biała Przemsza	Wolbrom	Wolbrom	1994	M-B	7 378	2 650	11 197
25	Przemsza	Libiąż	Libiąż	1975	M-B	3 050	1 880	10 656
26	Przemsza	Jaworzno	Siłownia	1981	M-B	4 600	3 838	13 847
27	Przemsza	Jaworzno	Dąb	1995	M-B-B	25 000	7 131	17 362
28	Przemsza	Mysłowice	Kosztowy	1995	M-B-B	500	240	844
	<b>Ogółem</b>					<b>337 151</b>	<b>202 887</b>	<b>596 768</b>



Rysunek 13. Udział oczyszczalni mechanicznych (M), mechaniczno-biologicznych (M-B) oraz mechaniczno-biologicznych z podwyższonym usunięciem związków biogennych (M-B-B) w sumarycznej przepustowości oczyszczalni (zlewnia Przemszy, 1995 rok)



Rysunek 14. Udział procentowy oczyszczalni mechanicznych (M) i mechaniczno-biologicznych (M-B) w całkowitej wartości RLM oczyszczalni (zlewnia Przemszy, rok 1995)

W ramach monitoringu źródeł zanieczyszczeń w latach 1996–1999 określono efektywność działania 9 największych eksploatowanych wówczas oczyszczalni (tabela 10). We wszystkich, w części biologicznej, zastosowano reaktory z osadem czynnym. Obiekty te różniły się między sobą układem oraz parametrami pracy urządzeń. W oczyszczalniach Katowice – Gigablok, Poręba i Libiąż proces technologiczny prowadzony był w oparciu o metodę konwencjonalną; w oczyszczalniach Jaworzno – Dąb, Będzin, Klimzowiec, Dąbrowa Górnicza ciągi technologiczne wzbogacono dodatkowo o komory denitryfikacji i defosfatacji, a w dwóch – Siemianowice, Wolbrom – tylko o komory denitryfikacji [74, 90, 99, 100, 101].

W zdecydowanej większości oczyszczalni wartości średnie związków organicznych i zawiesin w ściekach oczyszczonych spełniały wymagania obowiązującego prawa (tabela 11). Był to efekt stosunkowo wysokiej redukcji zanieczyszczeń w trakcie oczyszczania. Wyznaczone dla poszczególnych oczyszczalni średnioroczne usunięcie zawiesin wahało się w granicach 82–96%, BZT<sub>5</sub> w granicach 86,8–98,5%, zaś ChZT w granicach 82,2–96,5%. Wyjątek stanowiła oczyszczalnia Katowice – Gigablok [90, 101].



Tabela 10. Oczyszczalnie ścieków komunalnych w zlewni Przemyszy objęte badaniami w latach 1996–1999 [74, 90, 96, 99, 100, 101]

Lp.	Nazwa oczyszczalni	Proces technologiczny	Przepływ rzeczywisty [m <sup>3</sup> /d]	Rok badań	Odbiornik
1	Chorzów – Klimzowiec	Osad czynny, denitryfikacja, defosfatacja	61 000	1999	Rawa
2	Katowice – Gigablok	Osad czynny dwustopniowy	36 000	1999	Rawa
3	Dąbrowa Górnicza	Osad czynny, denitryfikacja, defosfatacja	30 000	1999	Czarna Przemsza
4	Siemianowice	Osad czynny denitryfikacja	30 415	1999	Brynica
5	Będzin	Osad czynny denitryfikacja defosfatacja	8 000	1999	Czarna Przemsza
6	Jaworzno	Osad czynny denitryfikacja, defosfatacja	6 000	1999	Przemsza
7	Libiąż	Osad czynny	4 000	1997	Przemsza
8	Wolbrom	Osad czynny, denitryfikacja	2 850	1996	Biała Przemsza
9	Poręba	Osad czynny	1 920	1996	Czarna Przemsza

Tabela 11. Efekty działania w zakresie wskaźników podstawowych (BZT<sub>5</sub>, ChZT, zawiesina) oczyszczalni ścieków w zlewni Przemyszy uzyskane w trakcie badań w latach 1996–1999 [90, 101]

Lp.	Nazwa	Średnie wyniki analiz ścieków								
		Zawiesina			BZT <sub>5</sub>			ChZT		
		Dopływ mg/l	Odpyływ mg/l	Usunięcie %	Dopływ mgO <sub>2</sub> /l	Odpyływ mgO <sub>2</sub> /l	Usunięcie %	Dopływ mgO <sub>2</sub> /l	Odpyływ mgO <sub>2</sub> /l	Usunięcie %
1	Chorzów – Klimzowiec	122,0	22,0	82,0	193,3	25,6	86,8	353,0	50,5	85,7
2	Katowice – Gigablok	145,6	107,9	25,9	169,1	82,9	51,0	324	156,5	51,7
3	Dąbrowa Górnicza	363,7	12,7	96,5	295,3	4,4	98,5	723	25,6	96,5
4	Siemianowice	114,2	15,5	86,4	183,7	8,1	95,6	340,6	35,2	89,7
5	Będzin	238,5	15,2	93,6	140,6	4,0	97,2	318,5	29,0	90,9
6	Jaworzno	115,8	12,4	89,3	129,8	4,9	96,2	254,7	28,0	89,0
7	Libiąż	329,2	30,3	90,8	408	29,8	92,7	770,2	74,7	90,3
8	Wolbrom	246,1	19,9	91,9	236,0	11,0	95,3	451,3	32,1	92,9
9	Poręba	140,9	20,4	85,5	136,6	17,7	87,0	286,7	51,1	82,2

Redukcja związków biogenych w trakcie oczyszczania była bardziej zróżnicowana (tabela 12). W większości analizowanych obiektów stężenia azotu i fosforu w odpływie znacząco przekraczały obowiązujące wartości dopuszczalne, wynikające z rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa [110] (wyjątek stanowiła oczyszczalnia w Dąbrowie Górniczej). Uśrednione dla poszczególnych obiektów wyniki wykazały, że usunięcie azotu wahało się w granicach od 21,8% do 90,6%. Najniższe usunięcie wystąpiło w oczyszczalni Poręba, dla pozostałych obiektów było ono wyższe i przekraczało 50%, zaś maksymalne uzyskano w Dąbrowie Górniczej. W przypadku fosforu ogólnego zakres wahań był większy. Najniższą wartość zanotowano w oczyszczalni Poręba (14,6%), zaś najwyższą w Dąbrowie Górniczej (95,4%). W pozostałych obiektach usunięcie fosforu ogólnego w trakcie oczyszczania zawierało się w granicach 36,7% do 72,6% [90, 101]. Podstawową przyczyną występujących różnic było wyposażenie oczyszczalni ww. urządzenia do denitryfikacji i defosfatacji. W obiektach, w których je zastosowano redukcja związków azotu i fosforu była wyższa. Dodatkowo, szczególnie w przypadku oczyszczalni konwencjonalnych, wpływ na usunięcie związków biogenych wywierały warunki prowadzenia procesu (sposób napowietrzania, sterowanie napowietrzaniem, zawartość tlenu w reaktorze, potencjał redoks w reaktorze, itp.) oraz kwalifikacje personelu.

Tabela 12. Efekty działania w zakresie związków biogenych  
oczyszczalni ścieków miejskich w zlewni Przemysły uzyskane w trakcie badań  
w latach 1996–1999 [90, 101]

Lp.	Nazwa oczyszczalni	Średnie wyniki analiz ścieków					
		Azot ogólny			Fosfor ogólny		
		Dopływ mgN/l	Odpływ mgN/l	Usunięcie %	Dopływ mgP/l	Odpływ mgP/l	Usunięcie %
1	Chorzów – Klimzowiec	45,5	13,3	70,8	7,3	2,0	72,6
2	Katowice – Gigablok	36,6	21,1	42,3	6,0	3,8	36,7
3	Dąbrowa Górnicza	74,4	7,0	90,6	17,5	0,8	95,4
4	Siemianowice	40,1	17,0	57,6	6,7	2,5	62,7
5	Będzin	52,5	16,7	68,2	7,2	3,1	56,9
6	Jaworzno	29,5	10,9	63,1	6,4	2,4	62,5
7	Libiąż	82,8	43,2	47,8	14,4	7,6	47,2
8	Wolbrom	55,7	11,1	80,1	7,7	2,2	71,4
9	Poręba	28,4	22,2	21,8	4,8	4,1	14,6

#### 4.4. Oczyszczanie ścieków w zlewni Przemszy w roku 2010

Podpisanie przez Polskę Konwencji Helsińskiej (w tym protokołu z 2007 roku) [57] oraz wejście do Unii Europejskiej doprowadziło do zmian prawnych w gospodarce wodno-ściekowej w Polsce. W wyniku tych porozumień całe terytorium zostało uznane za obszar narażony na eutrofizację. Zgodnie z obowiązującym na terenie UE prawem [30, 32], koniecznością stało się wprowadzenie urządzeń do podwyższonego usuwania związków biogenych w obiektach, o przepustowości ponad 10 000 RLM na obszarze całego kraju. Wprowadzona później w polskim prawodawstwie wartość progowa 15 000 RLM [112, 133] nie znajduje uzasadnienia w obowiązujących dyrektywach UE [30, 32].

W rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 26 lipca 2006 roku [112] oczyszczalnie zostały podzielone na 5 grup w zależności od równoważnej liczby mieszkańców. Dla każdej z nich określono wymagania w stosunku do podstawowych wskaźników zanieczyszczeń. Na szczególną uwagę zasługują wymagania w zakresie azotu ogólnego i fosforu ogólnego odnośnie obiektów, dla których RLM waha się w granicach od 15 000 do 99 999 oraz dla obiektów o RLM powyżej 100 000. Jednocześnie wprowadzono obowiązek ograniczenia stężeń azotu ogólnego i fosforu ogólnego w ściekach kierowanych do wód powierzchniowych z aglomeracji o mniejszym RLM, jeżeli są one położone w zlewniach jezior lub zbiorników zaporowych [112].

Spełnienie zapisów zawartych w cytowanym rozporządzeniu Ministra Środowiska doprowadziło do sytuacji, w której w ramach realizacji Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych w zlewni Przemszy przewidziano modernizację praktycznie wszystkich, większych, istniejących oczyszczalni ścieków (łącznie z oddanymi do eksploatacji w latach 1990–2000) oraz budowę kilku nowych o niższej przepustowości [77, 78].

W 2010 roku w zlewni Przemszy eksploatowano 31 oczyszczalni ścieków, z których dla 8 przyjęto konieczność spełnienia wymagań obowiązujących dla aglomeracji o RLM w granicach 15 000 do 99 999 (oznaczenie M-B-B2), zaś dla 7 wymagań dla aglomeracji o RLM ponad 100 000 (oznaczenie M-B-B1). Łączna przepustowość projektowa oczyszczalni eksploatowanych w zlewni Przemszy wyniosła 389 203 m<sup>3</sup>/d. Przez oczyszczalnie te przechodziło 236 929 m<sup>3</sup>/d ścieków. Równoważna liczba mieszkańców korzystających z oczyszczalni wyniosła około 1 328 600 RLM.

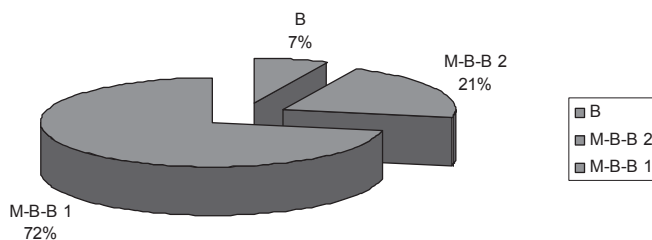
Porównując potencjalną i rzeczywistą przepustowość można dojść do wniosku, że istnieje rezerwa w zakresie możliwości przyjęcia dodatkowej ilości ścieków na eksploatowane obiekty. Twierdzenie takie jest tylko częściowo prawdziwe. Różnica pomiędzy tymi wielkościami wynika z jednej strony z występujących w regionie przemian demograficznych, braku skanalizowania części zlokalizowanych na tym terenie miast i osiedli, z drugiej zaś ze spadku jednostkowego zużycia wody w gospodarce komunalnej przypadającego na mieszkańca. Ten ostatni czynnik sprawia, że pomimo niższego przepływu

ścieków obciążenie substratowe urządzeń technologicznych odpowiada projektowanemu.

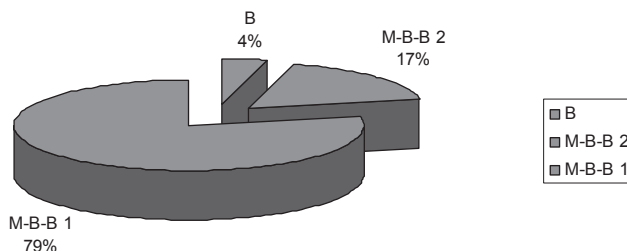
W oczyszczaniu ścieków komunalnych w zlewni Przemszy decydującą rolę ogrywają mechaniczno-biologiczne oczyszczalnie o dużej przepustowości, w których prowadzone są procesy biologicznego usuwania związków biogenych. Projektowana przepustowość oczyszczalni typu M-B-B1 wynosi około 280 000 m<sup>3</sup>/d, zaś w 2010 roku przechodziło przez nie średnio 183 000 m<sup>3</sup>/d. Dla oczyszczalni typu M-B-B2 wartości te wynoszą odpowiednio 80 618 m<sup>3</sup>/d i 43 046 m<sup>3</sup>/d (tabela 13).

Udział konwencjonalnych oczyszczalni mechaniczno-biologicznych jest marginalny. Biorąc pod uwagę przepustowość oczyszczalni stanowi on zaledwie 7% ogółu. Około 93% projektowej przepustowości przypada na obiekty z podwyższonym usuwaniem związków biogenych (M-B-B1 i M-B-B2) (rys. 15). Jeszcze korzystniej wartości te – odpowiednio 4% i 96% – prezentują się w przypadku ludności korzystającej z oczyszczalni (rys. 6). W tej sytuacji znaczącym głównym problemem gospodarki ściekami komunalnymi w omawianej zlewni staje się transport ścieków. Poprawa w zakresie kanalizacji doprowadzić powinna do ograniczenia ładunku zanieczyszczeń zawartego w ściekach kierowanych do odbiorników.

Rozmieszczenie przestrzenne oczyszczalni ścieków komunalnych pokrywa się ze zurbanizowaniem zlewni. Zdecydowana większość oczyszczalni dużych (M-B-B1 i M-B-B2) zlokalizowana jest w południowej części zlewni Czarnej Przemszy (obszary silnie zurbanizowane); rozmieszczenie obiektów o niższej przepustowości jest bardziej równomierne.



Rysunek 15. Porównanie projektowej przepustowości oczyszczalni w zlewni Przemszy w 2010 roku



Rysunek 16. Porównanie projektowych wartości RLM dla oczyszczalni pracujących w zlewni Przemszy w 2010 roku

Tabela 13. Oczyszczalnie pracujące w zlewni Przemyszy w roku 2010 [dane RZGW, 118,119]

Lp.	Odbiornik	Miejscowość	Nazwa oczyszczalni	Rok budowy	Rodzaj	Przepustowość		RLM
						Projektowana m <sup>3</sup> /d	Rzeczywista m <sup>3</sup> /d	
1	Rawa	Katowice	Gigablok	1985/2012	M-B-B1	40 000	25 526	115 292
2	Rawa	Chorzów	Klimzowiec	/2010	M-B-B1	70 000	39 656	152 015
3	Brynica	Świerklaniec		2001	M-B-B2	900	500	3 880
4	Brynica	Bytom	Centralna	2009	M-B-B2	30 000	19 255	14 0882
5	Brynica	Piekary	Północ	1983/2010	M-B-B2	8 600	6 331	43 051
6	Brynica	Piekary	Południe	2010	B	1 545	759	2 555
7	Brynica	Siemianowice		1990/2010	M-B-B1	30 000	20 822	133 608
8	Brynica	Bobrowniki	Rogoznik	2015	B	2 000	405	3 578
9	Cz. Przemysza	Siewierz	Północ		B	2 000	553	3 042
10	Cz. Przemysza	Dąbrowa Górnicza		1970/2012	M-B-B1	24 100	17 903	86 233
11	Cz. Przemysza	Sosnowiec	Radocha II	2000/2009	M-B-B1	65 000	53 270	400 413
12	Cz. Przemysza	Łazy		1984/2012	B	1 058	366	2 600
13	Cz. Przemysza	Poreba		1988/	B	2 717	534	2 500
14	Cz. Przemysza	Będzin		1996/2009	M-B-B2	5 793	7 208	25 709
15	Cz. Przemysza	Wojkowice		2015	M-B-B2	3 400	1 145	5 820
16	Biała Przemysza	Ogrodzieniec		2015	B	1 000	441	2 426
17	Biała Przemysza	Śląków	Browarna	2015	B	600	551	1 892
18	Biała Przemysza	Śląków	Burki		B	400	441	1 602
19	Biała Przemysza	Bukowno		1964/2004	B	1 650	679	4 074
20	Biała Przemysza	Trzebinia		1973	B	5 420	1 334	10 250
21	Biała Przemysza	Bolesław	Łaski	2006	B	633	633	2 500
22	Biała Przemysza	Dąbrowa Górnicza	Strzemieszyce	1975/2010	M-B-B1	21 770	6 718	11 085
23	Biała Przemysza	Olkusz		1983	M-B-B2	9 000	5 493	37 444
23	Biała Przemysza	Sosnowiec	Zagórze	1993	M-B-B2	1 500	1 880	12 627
25	Biała Przemysza	Wolbrom		1994	M-B-B2	2 325	3 293	35 674
26	Biała Przemysza	Wolbrom	Jeżówka	1997	B	30	3	15
27	Biała Przemysza	Dąbrowa Górnicza	Będów		B	300	221	497
28	Biała Przemysza	Kluze		1999	B	1 262	1 253	6 745
29	Przemysza	Libiąż	Libiąż A	1999	B	5 200	1 824	10 002
30	Przemysza	Jaworzno	Dąb	1995	M-B-B2	50 000	17 696	68 130
31	Przemysza	Imielin		2015	B	1 000	266	2 438
	<b>Suma</b>					<b>389 203</b>	<b>236 959</b>	<b>1 328 579</b>

We wszystkich analizowanych w zlewni Przemszy oczyszczalniach wartości takich wskaźników jak:  $BZT_5$ , ChZT, zawiesina w ściekach oczyszczonych mieściły się w granicach wynikających z rozporządzenia Ministra Środowiska z 2006 roku [112]. Ich usunięcie przekraczało 90% (tabela 14) [118, 119]. Wartości niższe uzyskano jedynie w przypadku oczyszczalni: Siemianowice (zawiesina) i Dąbrowa Górnicza – Strzemieszyce (zawiesina, ChZT).

Zdecydowanie większe różnice wystąpiły w przypadku związków biogenych. Przyczyną tego zjawiska było różne wyposażenie oczyszczalni w urządzenia do denitryfikacji i defosfatacji. Część obiektów, z których wyniki były zamieszczone w sprawozdaniach marszałków województw śląskiego i małopolskiego w roku 2010 [118, 119] była w tym czasie w stadium rozruchu, co mogło niekorzystnie wpływać na uzyskiwane wyniki, zwłaszcza na usunięcie azotu ogólnego (tabela 15).

W stosunku do części oczyszczalni wspomniane sprawozdania nie zawierają danych o stężeniach azotu ogólnego i fosforu ogólnego w odpływie. Wynika to z faktu, że nie były one wymagane w przypadku oczyszczalni biologicznych, dla których RLM jest mniejsze od 15 000. Dla fosforu ogólnego w odpływie z oczyszczalni część administratorów podawała wartość zero. Jest to efekt stosowanej metodyki raportowania i zaokrąglania wartości. Wydaje się, że bardziej prawidłowe w tym przypadku będzie interpretowanie tych wielkości jako poniżej 0,5 mgP/l (tabela 15).

Przedstawione w sprawozdaniach dane potwierdzają wcześniejszą uwagę o poprawie efektywności działania oczyszczalni. Zdecydowana większość wyników odnosząca się do ścieków oczyszczonych spełnia wymagania obowiązującego prawa. Te rezultaty uzyskano dzięki zastosowaniu nowoczesnych i efektywnych rozwiązań technologicznych, wprowadzeniu odpowiednich zasad kontroli procesu oczyszczania ścieków oraz wyraźnej poprawy kwalifikacji personelu technicznego. Analiza prezentowanych danych (tabela 14, 15) wskazuje na celowość ich weryfikacji poprzez prowadzenie odpowiednich, bieżących kontroli oraz wykonywanie analiz w niezależnych, akredytowanych laboratoriach.

## **4.5. Podsumowanie – stan oczyszczania ścieków w zlewni Przemszy**

Analiza przedstawionych danych pozwala na prześledzenie zmian w gospodarce ściekami komunalnymi w zlewni Przemszy na przestrzeni ostatnich 40 lat. W latach siedemdziesiątych XX w. zdecydowana większość wytwarzanych na tym obszarze ścieków trafiała do środowiska (Ś) lub do odbiorników poprzez kanalizację ogólnospławną (K) bez żadnego oczyszczania (rys. 17). Niewielki odsetek mieszkańców korzystał z oczyszczalni, głównie mechanicznych (Mech) [151]. Eksploatowane oczyszczalnie charakteryzowały się niską efektywnością

Tabela 14. Jakość ścieków – zawiesina, BZT5, ChZT – dopływających i odpływających z oczyszczalni w zlewni Przemysły w 2010  
[dane RZGW Gliwice, 118, 119]

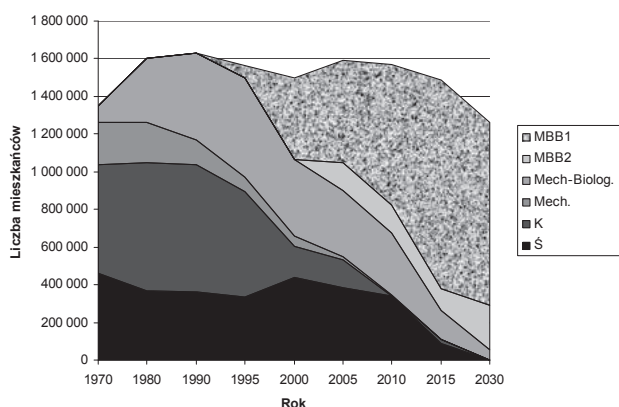
Lp.	Odbiornik	Miejscowość	Nazwa oczyszczalni	Rodzaj	Zawiesina			BZT <sub>5</sub>			ChZT		
					Dopływ mg/l	Odpływ mg/l	Usunięcie %	Dopływ mgO <sub>2</sub> /l	Odpływ mgO <sub>2</sub> /l	Usunięcie %	Dopływ mgO <sub>2</sub> /l	Odpływ mgO <sub>2</sub> /l	Usunięcie mg/l
1	Rawa	Katowice	Gigablok	M-B-B 1	171	4	97,7	271	4	98,5	463	27	94,2
2	Rawa	Chorzów	Klimzowiec	M-B-B 1	223	20	91,0	230	15	93,5	519	69	86,7
3	Brynica	Świerklaniec	Świerklaniec	M-B-B 2	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd
4	Brynica	Bytom	Centralna	M-B-B 1	469	9	98,1	439	8	98,2	955	28	97,1
5	Brynica	Piekary	Pólnoc	M-B-B 2	801	11	98,6	408	7	98,3	1040	51	95,1
6	Brynica	Piekary	Pólnoc	B	380	4	98,9	202	4	98,0	601	39	93,5
7	Brynica	Siemianowice	Siemianowice	M-B-B 1	305	60	80,3	385	5	98,7	1023	38	96,3
8	Brynica	Bobrowniki	Rogoźnik	B	730	5	99,3	530	7	98,7	1260	53	95,8
9	Cz. Przemysła	Siewierz	Pólnoc	B	Bd	12	Bd	Bd	15	Bd	Bd	66	Bd
10	Cz. Przemysła	Dąbrowa G.	Dąbrowa G.	M-B-B 1	349	5	98,6	289	5	98,3	689	33	95,2
11	Cz. Przemysła	Sosnowiec	Radocha II	M-B-B 1	614	11	98,2	451	5	98,9	1132	33	97,1
12	Cz. Przemysła	Łazy	Łazy	B	347	20	94,2	282	17	94,0	689	72	89,6
13	Cz. Przemysła	Poręba	Poręba	B	Bd	4	Bd	Bd	3	Bd	Bd	32	Bd
14	Cz. Przemysła	Bedzin	Bedzin	M-B-B 2	196	9	95,4	214	5	97,7	393	37	90,6
15	Cz. Przemysła	Wojkowice	Wojkowice	M-B-B 2	570	1	99,8	305	1	99,7	346	7	98,0
16	Biała Przemysła	Ogrodzieniec	Ogrodzieniec	B	Bd	8	Bd	Bd	5	Bd	Bd	37	Bd
17	Biała Przemysła	Ślawków	Browarna	B	171	4	97,7	206	3	98,5	469	20	95,7
18	Biała Przemysła	Ślawków	Buki	B	154	4	97,4	218	3	98,6	491	25	94,9
19	Biała Przemysła	Bukowno	Bukowno	B	421	38	91,0	360	35	90,3	1029	90	91,3
20	Biała Przemysła	Trzebinia	Trzebinia	B	1200	4	99,7	461	4	99,1	1131	25	97,8
21	Biała Przemysła	Bolesław	Laski	B	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd
22	Biała Przemysła	Dąbrowa G.	Strzemieszyce	M-B-B 1	81	9	88,9	99	5	94,9	217	38	82,5
23	Biała Przemysła	Olkus	Olkus	M-B-B 2	559	11	98,0	409	11	97,3	1195	50	95,8
24	Biała Przemysła	Sosnowiec	Zagórze	M-B-B 2	405	11	97,3	403	4	99,0	885	32	96,4
25	Biała Przemysła	Wolbrom	Wolbrom	M-B-B 2	323	6	98,1	650	5	99,2	1665	50	97,0
26	Biała Przemysła	Wolbrom	Jeżówka	B	Bd	9	Bd	Bd	4	Bd	Bd	42	Bd
27	Biała Przemysła	Dąbrowa G.	Będów	B	121	6	95,0	135	3	97,8	294	24	91,8
28	Biała Przemysła	Klucze	Klucze	B	336	6	98,2	329	5	98,5	695	50	92,8
29	Przemysła	Libiąż	Libiąż A	B	304	11	96,4	323	9	97,3	670	47	93,0
30	Przemysła	Jaworzno	Dąb	M-B-B 2	254	4	98,4	231	4	98,3	516	38	92,6
31	Przemysła	Imielin	Imielin	B	582	5	99,1	550	9	98,4	1381	61	95,6

Tabela 15. Jakość ścieków (związki biogenne) dopływających i odpływających z oczyszczalni w zlewni Przemyszy w 2010  
[dane RZGW Gliwice, 118, 119]

	Odbiornik	Miejscowość	Nazwa oczyszczalni	Rodzaj	Azot ogólny, mgN/l			Fosfor ogólny		
					Dopływ mgN/l	Odpływ mgN/l	Usunięcie %	Dopływ mgP/l	Odpływ mgP/l	Usunięcie %
1	Rawa	Katowice	Gigablok	M-B-B 1	96	9	90,6	6	<0,5	91,7
2	Rawa	Chorzów	Klimzowiec	M-B-B1	50	35	30,0	6	1	83,3
3	Brynica	Świerklaniec	Świerklaniec	M-B-B 2	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	bd
4	Brynica	Bytom	Centralna	M-B-B1	77	7	90,9	10	1	90,0
5	Brynica	Piekary	Pólnoc	M-B-B 2	79	11	86,1	15	1	93,3
6	Brynica	Piekary	Pólnoc	B	76	22	71,1	8	3	62,5
7	Brynica	Siemianowice	Siemianowice	M-B-B1	63	10	84,1	6	1	83,3
8	Brynica	Bobrowniki	Rogoźnik	B	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	
9	Czarna Przemysza	Stewierz	Pólnoc	B	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	
10	Czarna Przemysza	Dąbrowa G.	Dąbrowa G.	M-B-B1	55	8	85,5	8	1	87,5
11	Czarna Przemysza	Sosnowiec	Radocha II	M-B-B1	88	9	89,8	17	1	94,1
12	Czarna Przemysza	Łazy	Łazy	B	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	
13	Czarna Przemysza	Poręba	Poręba	B	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	
14	Czarna Przemysza	Będzin	Będzin	M-B-B 2	65	10	84,6	7	<0,5	92,9
15	Czarna Przemysza	Wojkowice	Wojkowice	M-B-B 2	56	28	50,0	6	1	83,3
16	Biała Przemysza	Ogrodzieniec	Ogrodzieniec	B	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	
17	Biała Przemysza	Ślawków	Browarna	B	61	14	77,0	6	1	83,3
18	Biała Przemysza	Ślawków	Buki	B	59	22	62,7	9	4	55,6
19	Biała Przemysza	Bukowno	Bukowno	B	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	
20	Biała Przemysza	Trzebinia	Trzebinia	B	94	17	81,9	12	1	91,7
21	Biała Przemysza	Bolesław	Laski	B	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	
22	Biała Przemysza	Dąbrowa G.	Strzemieszyce	M-B-B1	24	13	45,8	2	1	50,0
23	Biała Przemysza	Olkus	Olkus	M-B-B 2	91	24	73,6	9	1	88,9
24	Biała Przemysza	Sosnowiec	Zagórze	M-B-B 2	93	12	87,1	14	<0,5	96,4
25	Biała Przemysza	Wolbrom	Wolbrom	M-B-B 2	64	11	82,8	14	1	92,9
26	Biała Przemysza	Wolbrom	Jeżówka	B	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	
27	Biała Przemysza	Dąbrowa G.	Będów	B	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	
28	Biała Przemysza	Kluźce	Kluźce	B	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	
29	Przemysza	Libiąż	Libiąż A	B	74	18	75,7	8	2	75,0
30	Przemysza	Jaworzno	Dab	M-B-B 2	52	10	80,8	11	<0,5	95,5
31	Przemysza	Imielin	Imielin	B	Bd	Bd	Bd	Bd	Bd	



działania. Była ona spowodowana poziomem technicznym stosowanych rozwiązań, awaryjnością urządzeń oraz brakiem odpowiednich kadr. Brak było programów planistycznych realizowanych pod kątem optymalizacji jakości wody w rzekach. Zawarte w wieloletnich programach ochrony środowiska zapisy odnosiły się do konkretnych jednostkowych projektów [76, 130, 137, 143]. Obok przyczyn natury technicznej i organizacyjnej, wpływ na sytuację miały także obowiązujące przepisy prawne oraz brak odpowiednich narzędzi ekonomicznych. Z tych względów wdrażane wówczas programy ekologiczne nie mogły przynieść spodziewanych rezultatów.

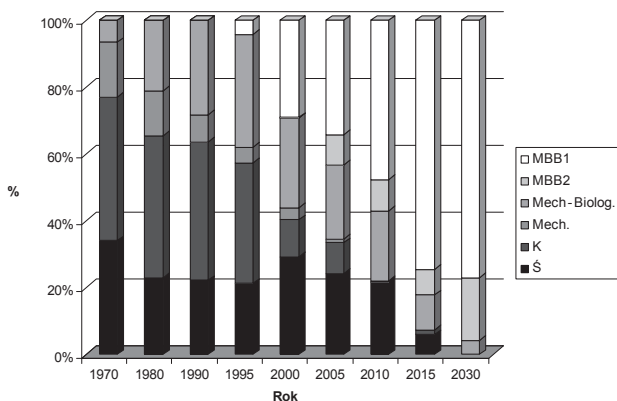


Rysunek 17. Gospodarka ściekami komunalnymi w zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030

Stan gospodarki ściekowej w zlewni Przemszy dobrze odzwierciedla porównanie ludności korzystającej z różnego typu oczyszczalni ścieków – oczyszczalnie mechaniczne (Mech.), mechaniczno-biologiczne (Mech.-Biolog.), mechaniczno-biologiczne z podwyższonym usuwaniem związków biogennych (MBB1 i MBB2), ścieków odprowadzanych kanalizacją (K) oraz ścieków w inny sposób trafiających do środowiska (Ś). Przedstawione dane prowadzą do wniosku, że działania podejmowane w zakresie oczyszczania ścieków w latach 1970–1995 były nieistotne dla stanu środowiska. Przez cały ten okres na tym samym poziomie utrzymywała się liczba mieszkańców odprowadzająca ścieki do odbiorników bez żadnego oczyszczania (około 30–32%). Przeważająca część ścieków (ponad połowa) wytwarzanych w gospodarstwach domowych trafiała wówczas do środowiska w sposób niekontrolowany bez jakiegokolwiek oczyszczania (rys. 17, rys. 18). Jednocześnie niewielka była efektywność działania eksploatowanych w zlewni oczyszczalni [93, 140, 143, 151].

Korzystne zmiany zostały zapoczątkowane w połowie lat dziewięćdziesiątych. Pojawiają się wówczas pierwsze oczyszczalnie, w których zastosowano

układy z podwyższonym usuwaniem związków biogenych; wzrosła efektywność działania największych z eksploatowanych w zlewni Przemszy obiektów [68, 71, 99, 100, 101].



Rysunek 18. Gospodarka ściekami komunalnymi na obszarze zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z perspektywą do roku 2030

Wyraźna poprawa w zakresie oczyszczania ścieków nastąpiła po roku 2000. Zmalała wówczas ilość ścieków kierowana do odbiorników bez oczyszczania, zakończono eksploatację większości oczyszczalni mechanicznych (lub uruchomiono części biologiczne oczyszczalni), zwiększył się odsetek ścieków oczyszczanych w obiektach z podwyższonym usuwaniem związków biogenych (rys. 17, rys. 18). Korzystne efekty przynosi realizacja Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych [77, 78, 118, 119].

W roku 2007 w Polsce oczyszczano ścieki pochodzące od około 60% populacji. W zlewni Przemszy wartość ta wyniosła około 57,2%, co odpowiadało 909 000 mieszkańców (rys. 18). W latach 2000–2010 w zlewni Przemszy, nastąpił wzrost liczby ludności korzystającej z oczyszczalni. W większości z nich prowadzone są procesy denitryfikacji i defosfotacji. Eksploatowane oczyszczalnie umożliwiają uzyskanie wymaganego usunięcia zanieczyszczeń oraz jakości ścieków oczyszczonych odpowiadającej wymaganiom zawartym w rozporządzeniu Ministra Środowiska. Jednocześnie do roku 2010 zakończono budowę lub modernizację większości oczyszczalni przewidzianych do wykonania w ramach KPOŚK; w trakcie realizacji znajdują się natomiast fragmenty sieci kanalizacyjnej [118, 119].

Charakterystycznych zmian w gospodarce wodno-ściekowej w zlewni Przemszy należy się spodziewać po roku 2015. Niekorzystnie zmieni się relacja pomiędzy ilością ścieków oczyszczanych w obiektach konwencjonalnych i w obiektach z podwyższonym usuwaniem związków biogenych. Projektowane w najbliższych latach oczyszczalnie mają przepustowość poniżej 15 000 RLM.

W tym przypadku zgodnie z obowiązującym prawem, wystarczające jest zastosowanie konwencjonalnych oczyszczalni mechaniczno-biologicznych; w rezultacie wzrośnie odsetek mieszkańców korzystających z tego typu obiektów [30, 32, 77, 78, 112, 133].

Pod względem oczyszczania ścieków sytuacja na terenie analizowanej zlewni jest korzystniejsza niż w innych regionach kraju. Obszar ten jest silnie zurbanizowany, wyższa niż (średnia krajowa) jest gęstość zaludnienia. Większość populacji zasiedla aglomeracje, które zostaną wyposażone w oczyszczalnie mechaniczno-biologiczne z podwyższonym usuwaniem związków biogenych w ramach Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych [118, 119]. W rezultacie usunięcie związków azotu i fosforu ze ścieków w trakcie procesu oczyszczania będzie wyższe niż w przypadku innych krajowych zlewni. Jednocześnie gęsta sieć oczyszczalni umożliwi rozwiązanie transportu ścieków poprzez ich dowóz wozami asenizacyjnymi z rejonów nieskanalizowanych. Z tych powodów możliwe jest przyjęcie założenia, że cała ludność w zlewni Przemszy będzie korzystała z oczyszczalni w roku 2030.



## **5. Ładunek zanieczyszczeń emitowany do wód powierzchniowych ze źródeł komunalnych w zlewni Przemszy w latach 1970–2010 z prognozą do roku 2030**

W dotychczasowej praktyce, przy interpretacji danych statystycznych charakteryzujących stan oczyszczania ścieków, opierano się głównie na stosunkowo mało precyzyjnej klasyfikacji, w której oczyszczalnie ścieków dzielono na mechaniczne, mechaniczno-biologiczne oraz mechaniczno-biologiczne z podwyższonym usuwaniem związków biogennych [39]. Taki podział, przedstawiony m.in. w poprzednim rozdziale nie daje możliwości określenia efektywności działania pracujących w zlewni oczyszczalni oraz rzeczywistej emisji ładunku zanieczyszczeń do wód powierzchniowych i do środowiska.

Zastosowane poniżej oszacowanie polega na określeniu ładunku zanieczyszczeń wytwarzanego w gospodarstwach domowych, wprowadzanego do kanalizacji oraz usuniętego w trakcie oczyszczania. Pozwala ona także na określenie wartości charakteryzujących oczyszczanie ścieków na analizowanym obszarze w przeszłości. Analizę opartą o oszacowanie wykonano dla BZT<sub>5</sub>, azotu ogólnego i fosforu ogólnego dla lat 1970–2010 oraz dokonano prognozy na lata 2015 i 2030.

### **5.1. Metodyka oszacowania ładunku zanieczyszczeń wprowadzanego do wody w zlewni Przemszy**

Ładunek zanieczyszczeń wytwarzany w gospodarstwach domowych można określić zależnością:

$$L_w = n \cdot L_j \quad [4]$$

Zanieczyszczenie wód powierzchniowych organicznymi związkami węgla określane jest najczęściej przez pięciodniowe biochemiczne zapotrzebowanie

tleny ( $BZT_5$ ). W warunkach polskich przyjmuje się, że jednostkowy dobowy ładunek  $BZT_5$  wytwarzany przez jednego mieszkańca wynosi około 60 g  $O_2/M \cdot d$  [8, 23, 30, 112]. Wartości jednostkowego ładunku dla azotu ogólnego i fosforu ogólnego wynoszą odpowiednio 11–13 g  $N/M \cdot d$  i 1,8–3,0 g  $P/M \cdot d$  [8, 10, 23, 26, 27, 101, 108, 139].

W przypadku  $BZT_5$  i azotu ogólnego jednostkowy ładunek jest wartością stałą. Inaczej problem ten kształtuje się dla fosforu. Jednostkowy ładunek tego pierwiastka zawarty w produktach metabolizmu ludzi wynosi około 1,6 g  $P/M \cdot d$  [108, 139]. Pozostała część wprowadzana jest do ścieków w wyniku stosowania w gospodarstwach środków piorących i myjących.

Od kilkudziesięciu lat prowadzone są prace zmierzające do eliminacji z proszków do prania tripolifosforanu sodu – STTP ( $Na_5P_3O_{10}$ ). W warunkach polskich deklarowane jest podjęcie działań zmierzających do całkowitego zaniechania produkcji środków piorących zawierających ten związek [38]. Z drugiej strony wzrasta ładunek fosforu wprowadzony do ścieków w wyniku coraz szerszego stosowania w gospodarstwach domowych zmywarek mechanicznych [108, 139, 118, 119].

W publikacjach z lat osiemdziesiątych XX w. przyjmowano, że w Polsce dobowy ładunek fosforu ogólnego wprowadzany do ścieków w gospodarstwach domowych wynosi około 3,0 g  $P/M \cdot d$  [8, 108]. W badaniach autora z końca lat dziewięćdziesiątych jednostkowy ładunek fosforu przypadający na mieszkańca w warunkach województwa śląskiego wyniósł 2,2 g  $P/M \cdot d$  [101]. Wydaje się, że w najbliższych latach, po wycofaniu z użycia proszków do prania zawierających fosforany, należy się spodziewać obniżenia jednostkowego ładunku fosforu wytwarzanego w gospodarstwach domowych do 1,9 g  $P/M \cdot d$ , a więc do wartości przyjmowanych w normatywach niemieckich [108, 139].

W analizowanym okresie w zlewni Przemszy zmieniał się odsetek mieszkańców korzystających z kanalizacji. Ładunek zanieczyszczeń wprowadzany do kanalizacji można określić zależnością:

$$L_K = n_K \cdot L_j \quad [5]$$

Pozostałe ścieki wytworzone w gospodarstwach domowych unieszkodliwiane są w różny sposób. Do tej pory najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest ich magazynowanie w zbiornikach bezodpływowych, a następnie ich transport do istniejących oczyszczalni [101]. Część ścieków jest wprowadzana do środowiska – poprzez kanalizację deszczową, systemy drenarskie, itp. Rzadko w praktyce wykorzystywane są przydomowe oczyszczalnie ścieków [18, 102, 118, 119].

Przez wiele lat znaczący odsetek ścieków wytwarzanych w gospodarstwach domowych był kierowany poprzez kanalizację do odbiorników bez żadnego oczyszczania. Obecnie, zgodnie z obowiązującym prawem polskim i unijnym [30, 32, 133, 112, 134] ścieki te muszą być poddawane procesowi

oczyszczania. Jakość ścieków na wlocie do oczyszczalni uzależniona jest od jednostkowego zużycia wody oraz od dopływu do kanalizacji wód infiltracyjnych i przypadkowych. Zgodnie z danymi z literatury wartości  $BZT_5$  w ściekach surowych wahają się w szerokich granicach od 100 do 500 mg  $O_2/l$ ; azot występuje w formie organicznej i amonowej, zaś ich suma, określana, jako azot Kiejdahla, wynosi od kilkudziesięciu do 100 mg N/l [23, 26, 27]. Zawartość związków fosforu dochodzi do 15 mg P/l [26, 27]. Obecnie w wyniku ograniczenia jednostkowego zużycia wody przez mieszkańców wartości te mogą być wyższe.

Ładunek zanieczyszczeń doprowadzany do oczyszczalni można określić zależnością:

$$L_o = n_o \cdot L_j \quad [6]$$

Usunięcie  $BZT_5$  w wyniku oczyszczania uzależnione jest od stosowanego systemu oczyszczania. Przyjmuje się, że w oczyszczalniach mechanicznych wynosi ono około 30%, w konwencjonalnych oczyszczalniach mechaniczno-biologicznych około 90%, zaś w oczyszczalniach mechaniczno-biologicznych, z chemicznym strącaniem fosforu może przekraczać 95% [8, 23].

Usunięcie związków biogenych ze ścieków w konwencjonalnych mechaniczno-biologicznych oczyszczalniach jest stosunkowo niskie. W przypadku azotu waha się ono w granicach 15–45% [9, 10, 99, 100, 101], zaś fosforu nie przekracza 50% [26, 99, 100, 101]. We wdrażanych w Polsce od początku lat dziewięćdziesiątych rozwiązaniach z biologiczną denitryfikacją i defosfatacją uzyskiwana jest znacznie wyższa eliminacja związków biogenych. Ich usunięcie w tym przypadku dochodzi, a niekiedy przekracza 90% [99, 100, 101].

Stosowanie biologicznej defosfatacji i denitryfikacji korzystnie wpływa na proces oczyszczania ścieków. Zwiększa się jego stabilność, wzrasta usunięcie związków organicznych trudno rozkładalnych, ograniczeniu ulega zużycie energii. Wzbogacenie ciągu technologicznego o omawiane procesy wiąże się jednak ze wzrostem kosztów budowy i eksploatacji oczyszczalni [44].

Zawartość związków fosforu w ściekach oczyszczonych można obniżyć poprzez prowadzenie chemicznego strącania fosforanów solami żelaza lub glinu [8, 22, 28, 107, 116, 121]. Celowość wzbogacenia ciągów technologicznych o urządzenia do biologicznej denitryfikacji i defosfatacji oraz przeznaczonych do strącania fosforanów wynika z konieczności ograniczenia zjawiska eutrofizacji wody w jeziorach, zbiornikach zaporowych i w Bałtyku (konwencja Helsińska) [11, 15, 16, 20, 21, 26, 27, 54, 55, 59, 60, 61, 72, 80, 82, 114, 150]. Wymagania dotyczące minimalnej redukcji zawiesin, związków organicznych ( $BZT_5$ ) oraz azotu i fosforu ogólnego zawarte są w obowiązujących przepisach prawnych [30, 32, 57, 112, 133].

Ładunek zanieczyszczeń zawarty w ściekach oczyszczonych oraz usunięty w trakcie procesu oczyszczania określa zależność:

$$L_u = \eta(n_o \cdot L_j)/100 \quad [7]$$

Rezultatem tej analizy jest uzyskanie dwóch wielkości charakteryzujących emisję zanieczyszczeń:

- ładunku zanieczyszczeń wprowadzanego do wód powierzchniowych systemami kanalizacyjnymi,
- ładunku zanieczyszczeń wprowadzanego do środowiska.

Ładunek wprowadzany do wód systemami kanalizacyjnymi ( $L_z$ ) obejmuje ładunek zawarty w ściekach oczyszczonych oraz w ściekach odprowadzanych do wód powierzchniowych kolektorami niezakończonymi oczyszczalnią. Jest to różnica pomiędzy ładunkiem zanieczyszczeń wprowadzonym do kanalizacji oraz ładunkiem usuniętym podczas oczyszczania.

$$L_{z(1)} = L_K - L_U \quad [8]$$

W praktyce możliwa jest sytuacja, w której ładunek wprowadzany do kanalizacji jest niższy od usuniętego w trakcie oczyszczania. Dochodzi do niej wówczas, kiedy znaczna część ścieków z danej zlewni jest dowożona taborem samochodowym. W tej sytuacji należy przyjąć, że ładunek wprowadzony do wód powierzchniowych odpowiada ładunkowi zawartemu w ściekach oczyszczonych.

$$L_{z(2)} = L_O - L_U \quad [9]$$

Ładunek wprowadzony do środowiska ( $L_s$ ) oznacza potencjalny ładunek, jaki różnymi drogami może dostawać się do środowiska. Jest to ładunek wytworzony w gospodarstwach domowych, a nieusunięty podczas oczyszczania, określony zależnością:

$$L_s = L_w - L_U \quad [10]$$

## 5.2. Założenia przyjęte w analizie ładunku zanieczyszczeń wprowadzanych w zlewni Przemyszy

Przedstawione w powyższych wzorach dane dotyczące liczby mieszkańców  $n$  i  $n_K$  korzystających z kanalizacji określono na podstawie wartości publikowanych w materiałach Urzędu Statystycznego [39, 128, 129, 142, 144].

W przypadku określenia ludności korzystającej z oczyszczalni postępowano w różny sposób w zależności od dostępnych danych. Dla lat 1970–1990 wartość  $n_o$  określono na podstawie RLM korzystających z oczyszczalni uwzględ-



niając wyniki wcześniejszych badań [151] oraz niepublikowane dane WIOŚ i OBiKŚ w Katowicach; wartość tę określono dla poszczególnych oczyszczalni zgodnie z zależnością:

$$RLM = Q \cdot C_s / L_j \quad [11]$$

Na podstawie danych WIOŚ, Ośrodka Badań i Kontroli Środowiska, a także opracowania oczyszczalnie podzielono na mechaniczne (M) i mechaniczno-biologiczne (M-B).

Dla lat 1995–2010 oparto się na danych Urzędu Statystycznego [39], w których podano liczbę mieszkańców korzystających z oczyszczalni z podziałem na: oczyszczalnie mechaniczne (M), oczyszczalnie mechaniczno – biologiczne (M-B) i oczyszczalnie mechaniczno-biologiczne z podwyższonym usuwaniem związków biogenych (M-B-B). Biorąc pod uwagę dane z KPOŚK [77, 78] oraz dane ze sprawozdań marszałków województw [118, 119] ostatnią grupę podzielono dodatkowo na M-B-B1 (oczyszczanie mające spełniać wymagania dla  $RLM > 100000$ ) oraz M-B-B2 (oczyszczanie mające spełniać wymagania dla  $RLM$  w zakresie 15 000–99 999). Wartości dla roku 2015 oszacowano przyjmując zapisy zawarte w KPOŚK [78], zaś dla roku 2030 założono, że wszyscy mieszkańcy będą korzystać z oczyszczalni, przy czym część ścieków będzie dowożona taborem samochodowym.

Tabela 16. Założenia przyjęte w analizie ładunku  $BZT_5$ , azotu i fosforu dla zlewni Przemyszy

Typ oczyszczalni	Wskaźnik	Usunięcie wskaźnika w oczyszczalni [%]		
		Lata 1970, 1980, 1990	Lata 1995, 2000, 2005	Lata 2010, 2015, 2030
Oczyszczalnie mechaniczne	$BZT_5$	30	30	
	Azot ogólny	10	10	
	Fosfor ogólny	10	10	
Oczyszczalnie biologiczne	$BZT_5$	80	90	90
	Azot ogólny	30	45	45
	Fosfor ogólny	30	45	45
Oczyszczalnie biologiczne (M-B-B 2) $RLM > 15000$	$BZT_5$		95	95
	Azot ogólny		85	85
	Fosfor ogólny		85	85
Oczyszczalnie biologiczne (M-B-B1) $RLM > 100000$	$BZT_5$		95	95
	Azot ogólny		90	90
	Fosfor ogólny		90	90

Dane literaturowe oraz wcześniejsze badania pozwoliły na przyjęcie ładunków jednostkowych dla poszczególnych wskaźników. Wyniosły one: BZT<sub>5</sub> – 60gO<sub>2</sub>/M·d [8, 23, 30, 112], azot ogólny – 12,9 gN/M·d [101]. Dla ładunku jednostkowego fosforu przyjęto trzy wielkości: dla lat 1970, 1980, 1990 – 3,0 gP/M·d [108], dla lat 1995–2005 – 2,2 gP/M·d [101], gP/M·d, zaś dla okresu późniejszego 1,9 gP/M·d [108, 139].

Dla zobrazowania efektywności prowadzonej gospodarki ściekowej w zlewni Przemszy oraz w zlewniach cząstkowych, wyrażonej w procentach, określono następujące wielkości:

– odsetek ładunku wprowadzanego do kanalizacji:

$$Z_1 = L_K \cdot 100 / L_w \quad [13]$$

– odsetek ładunku wprowadzanego do oczyszczalni ścieków:

$$Z_2 = L_O \cdot 100 / L_w \quad [14]$$

– odsetek ładunku usuniętego podczas oczyszczania:

$$Z_3 = L_U \cdot 100 / L_w \quad [15]$$

– odsetek ładunku wprowadzanego do odbiorników:

$$Z_4 = L_Z \cdot 100 / L_w \quad [16]$$

– odsetek ładunku wprowadzanego do środowiska:

$$Z_5 = L_S \cdot 100 / L_w \quad [17]$$

W przedstawiony powyżej sposób przeanalizowano przebieg zmian BZT<sub>5</sub>, azotu ogólnego i fosforu ogólnego w latach 1970–2030 dla całej zlewni Przemszy, jak i dla wybranych zlewni cząstkowych. Analizę taką przeprowadzono dla zlewni Rawy i Czarnej Przemszy (obszary silnie zurbanizowane), Białej Przemszy (obszar o średnim zurbanizowaniu) oraz zlewnię zbiornika zaporowego w Przeczycach (obszar o niskim zurbanizowaniu). Takie postępowanie pozwoliło na charakterystykę zmian na obszarach o różnej gęstości zaludnienia.

Wartości L<sub>Z</sub> i L<sub>S</sub> dają możliwość określenia przewidywanego wzrostu stężeń analizowanych wskaźników w wodach w wyniku wprowadzania do odbiorników ścieków z gospodarstw domowych. Dla jego obliczenia wykorzystano zależności:

$$C_Z = L_Z / 86,4 \cdot Q_o \quad [18]$$

$$C_S = L_S / 86,4 \cdot Q_o \quad [19]$$

### 5.3. Analiza ładunku zanieczyszczeń dla zlewni Przemszy w latach 1970–2005 z prognozą do 2030 roku

#### 5.3.1. Biochemiczne Zapotrzebowanie Tlenu (BZT<sub>5</sub>)

W roku 1970 ładunek BZT<sub>5</sub> wytwarzany w gospodarstwach domowych w zlewni Przemszy wyniósł około 81 014 kgO<sub>2</sub>/d. W latach 1970–1990 nastąpił wzrost liczby mieszkańców. W rezultacie doszło do zwiększenia ładunku L<sub>w</sub> do 97 814 kgO<sub>2</sub>/d; od tego momentu rozpoczął się spadek tej wielkości. Wyjątek stanowiły lata 2000–2005; wzrost ładunku wytworzonego wówczas w gospodarstwach domowych – do 95 323 kgO<sub>2</sub>/d – był rezultatem przerzutu ścieków ze zlewni Bytomki do zlewni Brynicy, w wyniku oddania do eksploatacji oczyszczalni ścieków „Centralna” w Bytomiu [118, 119]. W kolejnych latach należy się spodziewać powolnego obniżania się tej wielkości; wartość minimalna w 2030 wyniesie 75 996 kgO<sub>2</sub>/d (rys. 19).

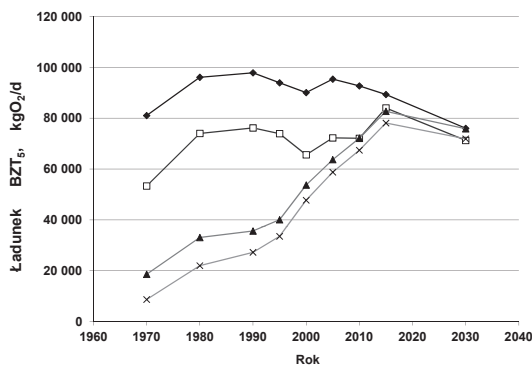
Skanalizowanie miast i osiedli w zlewni Przemszy już w roku 1970 było stosunkowo wysokie. Ładunek BZT<sub>5</sub> wprowadzony wówczas do kanalizacji wyniósł 53 349 kgO<sub>2</sub>/d. W latach siedemdziesiątych, wartość ta wzrosła i w roku 1980 była równa 73 996 kgO<sub>2</sub>/d. Pomimo spadku liczby ludności, do roku 2015 przewiduje się niewielki wzrost ładunku BZT<sub>5</sub> kierowanego do kanalizacji; ładunek ten osiągnie wówczas wartość 83 996 kgO<sub>2</sub>/d. W latach 2015–2030 wartość ta powinna spaść do 71 250 kgO<sub>2</sub>/d (rys. 19).

Lata sześćdziesiąte i siedemdziesiąte XX wieku, to w zlewni Przemszy okres szybkiej urbanizacji oraz poprawy standardu życia mieszkańców. Efektem tych działań był rozwój urządzeń służących do ujmowania, uzdatniania i transportu wody wodociągowej oraz transportu ścieków. Biorąc pod uwagę fakt, że ludność była zaopatrywana w wodę z ujęć zlokalizowanych poza analizowaną zlewnią, sprawą drugorzędną dla decydentów było oczyszczanie ścieków pochodzących z sektora komunalnego. Z tego względu ładunek BZT<sub>5</sub> doprowadzany do oczyszczalni w analizowanej zlewni był niewielki i w 1970 roku wyniósł 18 646 kgO<sub>2</sub>/d [151]. Oddanie do użytku nowych oczyszczalni w latach siedemdziesiątych doprowadziło do jego zwiększenia w roku 1980 do 33 094 kgO<sub>2</sub>/d. Wyraźny wzrost ładunku BZT<sub>5</sub> kierowanego do oczyszczalni nastąpił w latach 1995–2010. Pod koniec tego okresu ładunek ten wyniósł 72 244 kgO<sub>2</sub>/d, zaś realizacja KPOŚK powinna pozwolić na uzyskanie wartości 82 678 kgO<sub>2</sub>/d w roku 2015. Zmniejszenie tego ładunku w latach 2015–2030 (do 75 826 kgO<sub>2</sub>/d), to efekt prognozowanych zmian demograficznych [39]. Ładunek BZT<sub>5</sub> wprowadzany w roku 2030 do oczyszczalni będzie wyższy od skierowanego do kanalizacji. Wynika to z założenia, że część ścieków będzie transportowana taborem samochodowym lub unieszkodliwiana w oczyszczalniach lokalnych i przydomowych (rys. 19).

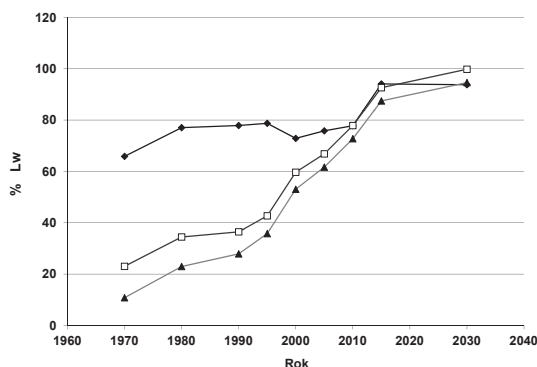
Niewielki odsetek ścieków poddawanych oczyszczaniu oraz niska efektywność eksploatowanych obiektów powodowały, że w roku 1970, w trakcie

oczyszczania, usunięcie  $BZT_5$  wyniosło 8 739  $kgO_2/d$ ; w roku 1980 wzrosło ono do 22 039  $kgO_2/d$ , zaś do roku 1995 do 35 000  $kgO_2/d$ . Maksymalna wartość ładunku  $BZT_5$  usuniętego w wyniku działania oczyszczalni wystąpi w roku 2015 i wyniesie 78 078  $kgO_2/d$  (rys. 19).

W roku 1970 wysokie, jak na ówczesne polskie warunki, było skanalizowanie gmin zlokalizowanych w zlewni Przemszy [151]. Do kolektorów trafiał wówczas ładunek pochodzący od około 65,9% mieszkańców. W okresie późniejszym, w latach 1980–2010, odsetek ten wahał się w granicach 72,8–78,7%. Dopiero zakończenie realizacji KPOŚK powinno doprowadzić do sytuacji, w której z kanalizacji korzystać będzie około 94,1% mieszkańców (rys. 20).



Rysunek 19. Analiza ładunku  $BZT_5$  wytworzonego ( $L_W$ ), wprowadzonego do kanalizacji ( $L_K$ ), wprowadzanego do oczyszczalni ( $L_O$ ) oraz usuniętego w oczyszczalniach ( $L_U$ ) w zlewni Przemszy w latach 1970–2030



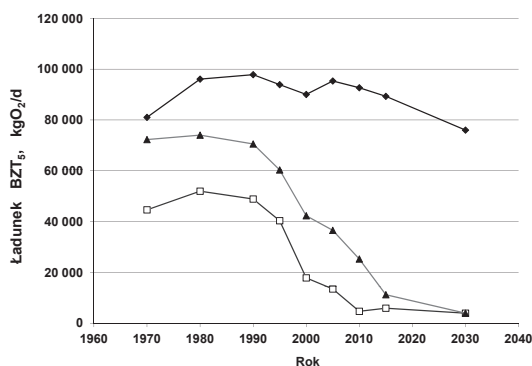
Rysunek 20. Odsetek ładunku  $BZT_5$  wprowadzany do kanalizacji, do urządzeń oczyszczających oraz usunięty w trakcie oczyszczania w stosunku do ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych

W latach siedemdziesiątych ładunek BZT<sub>5</sub> doprowadzany do oczyszczalni wyniósł około 23,0%, zaś usunięty zaledwie 10,8% ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych. W latach 1980–2010 notowano stały wzrost obu wielkości. Pierwsza wzrosła z 34,5 do 77,8%, druga zaś z 22,9 do 72,7% (rys. 20).

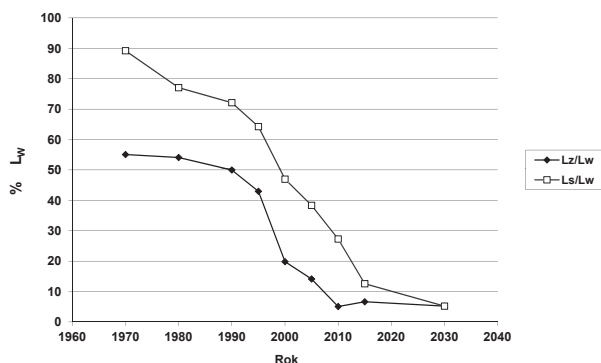
Skanalizowanie gmin w zlewni Przemszy oraz niewielka przepustowość i sprawność działających na tym terenie oczyszczalni sprawiły, że ładunek BZT<sub>5</sub> trafiający w 1970 roku do wód powierzchniowych systemami kanalizacyjnymi ( $L_z$ ) wyniósł 44 609 kgO<sub>2</sub>/d, co stanowiło 55,1% ładunku BZT<sub>5</sub> wytworzonego w gospodarstwach domowych. Zdecydowanie wyższy był ładunek trafiający wówczas do środowiska ( $L_s$ ), który wynosił około 72 275 kgO<sub>2</sub>/d (90%  $L_w$ ). W latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych zanotowano niewielkie wahania ładunku BZT<sub>5</sub> wprowadzanego do wód powierzchniowych oraz do środowiska; pierwszy z nich zawierał się w granicach 44 609–51 957 kgO<sub>2</sub>/d, zaś drugi w granicach 70 539–74 018 kgO<sub>2</sub>/d. Relacja  $L_z/L_w$  wyniosła 42,9–54,1%, zaś  $L_s/L_w$  była równa 64,3–77,1% (rys. 21, rys. 22).

Wyraźny spadek obu wielkości nastąpił w połowie lat dziewięćdziesiątych. Wartość  $L_z$  w 1995 roku wyniosła 40 343 kgO<sub>2</sub>/d, a oszacowana dla roku 2010 – 4 692 kgO<sub>2</sub>/d, co stanowiło odpowiednio 43,0% i 5,1% ładunku wytwarzanego w gospodarstwach domowych. W przypadku  $L_s$  wartości te wyniosły 60 320 kgO<sub>2</sub>/d i 25 277 kgO<sub>2</sub>/d oraz 64,3% i 27,3% ładunku wytworzonego –  $L_w$ . Przyjmując, że całość ścieków będzie w roku 2030 oczyszczana, obie wielkości ( $L_z$  i  $L_s$ ) będą równe i wyniosą 3 951 kgO<sub>2</sub>/d; stanowić to będzie około 5,2% ładunku BZT<sub>5</sub> wytwarzanego w gospodarstwach domowych (rys. 21, rys. 22).

W zlewni Przemszy do rzek ekstremalnie obciążonych ściekami komunalnymi należy Rawa, rzeka płynąca przez wschodnią część Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego [104, 105]. W latach osiemdziesiątych XX wieku ponad 80% jej przepływu w przekroju ujściowym stanowiły wody pochodzenia antropogenicznego – ścieki komunalne, ścieki przemysłowe i wody dołowe z kopalń węgla



Rysunek 21. Ładunek BZT<sub>5</sub> wytworzony w gospodarstwach domowych ( $L_w$ ), wprowadzony do odbiorników ( $L_z$ ) oraz do środowiska ( $L_s$ ) w zlewni Przemszy w latach 1970–2030



Rysunek 22. Procentowy udział ładunku  $BZT_5$  wprowadzanego do odbiorników i środowiska w stosunku do ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych i w zlewni Przemysłu w latach 1970–2030

kamiennego [46, 141]. Obecnie, w wyniku działań restrukturyzacyjnych w przemyśle oraz niższego zużycia wody w gospodarstwach domowych, udział ten jest niższy. Rzeka ta odwadnia w całości lub częściowo miasta: Rudę Śląską, Świętochłowice, Chorzów, Siemianowice oraz Katowice i do dzisiaj na odcinku od źródeł do oczyszczalni „Klimzowiec” stanowi otwarty kolektor ściekowy [104, 105].

Maksymalny ładunek  $BZT_5$  wytwarzany w gospodarstwach domowych w zlewni Rawy (25 412  $\text{kgO}_2/\text{d}$ ) wystąpił w roku 1980. Później (do 1995 roku), jego wartość utrzymywała się na zbliżonym poziomie (24 120–25 412  $\text{kgO}_2/\text{d}$ ). Od połowy lat dziewięćdziesiątych, w wyniku wspomnianych wcześniej zmian demograficznych jego wartość wyraźnie malała i w 2010 roku wyniosła ona 19 812  $\text{kgO}_2/\text{d}$ . Do roku 2030 spodziewać się należy dalszego jej spadku – do 15 030  $\text{kgO}_2/\text{d}$  (rys. 23).

Zlewnia Rawy praktycznie w całości została skanalizowana na początku XX wieku [104, 105]. Od początku była to kanalizacja ogólnospławna. Rolę kolektorów, szczególnie w górnym biegu (Świętochłowice, Chorzów), odgrywały otwarte rowy oraz koryta rzeki. W 1970 roku z takiego transportu ścieków korzystało 85,2% mieszkańców. Zdecydowana większość ścieków komunalnych była odprowadzana do odbiornika bez żadnego oczyszczania. Do istniejących oczyszczalni, głównie mechanicznych, trafiało wówczas około 34,2% wytwarzanych ścieków (rys. 23). Usunięcie ładunku  $BZT_5$  w tym okresie było niewielkie i nieznacznie przekraczało 10% ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych [OBiKŚ, dane niepublikowane].

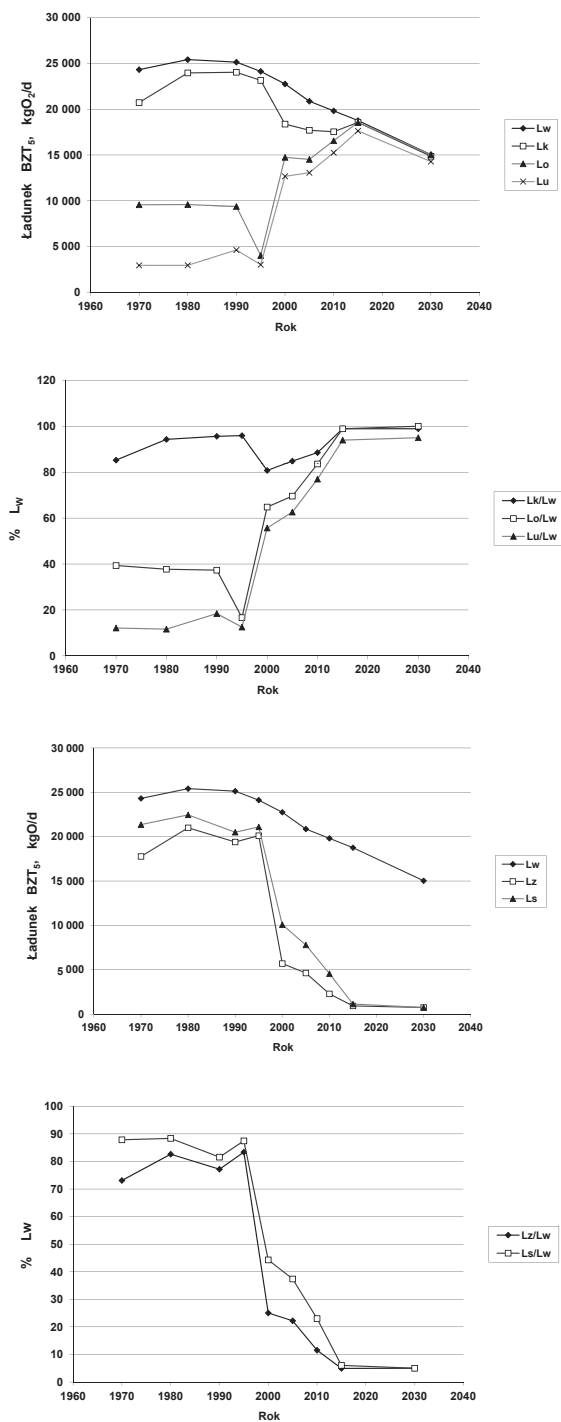
W latach osiemdziesiątych XX wieku oddano do użytku mechaniczno-biologiczną oczyszczalnię ścieków „Gigablok” w Katowicach, zaś w końcu lat dziewięćdziesiątych zmodernizowaną oczyszczalnię „Klimzowiec” [74, 100, 101]. Doprowadziło to do wyraźnego zwiększenia usunięcia ładunku zanieczyszczeń w analizowanej zlewni. W roku 2000 ładunek  $BZT_5$  doprowadzany do oczyszczal-

ni stanowił 64,8%, zaś usunięty około 55,7% ładunku wytwarzanego w gospodarstwach domowych. Nadal jednak część ścieków (w tym z centrum Katowic), trafiała do rzeki bez żadnego oczyszczania. W roku 2010 oczyszczano ścieki pochodzące od około 83,6% mieszkańców, a usunięty w czasie oczyszczania ładunek to 79,9%  $L_w$ . W roku 2015 roku wartości te powinny wynieść odpowiednio 100% i 95%  $L_w$ . Wysokie skanalizowanie gmin oraz wykorzystanie naturalnych cieków, jako kolektorów ściekowych sprawiło, że w latach siedemdziesiątych XX wieku ładunek BZT<sub>5</sub> wprowadzany do wód powierzchniowych oraz do środowiska w tej zlewni był wysoki, zaś jego wartość zbliżona do ładunku wytwarzanego w gospodarstwach domowych. W roku 1970 wartości ich wyniosły odpowiednio 17 771 kg O<sub>2</sub>/d i 21 362 kg O<sub>2</sub>/d, co odpowiadało 73,1% i 87,9  $L_w$ . Wyraźne obniżenie ładunków  $L_z$  i  $L_s$  wystąpiło w 2000 r. W zlewni Rawy ładunek BZT<sub>5</sub> wprowadzany sieciami kanalizacyjnymi spadł do 5 609 kg O<sub>2</sub>/d, zaś wprowadzany do środowiska do 10 079 kg O<sub>2</sub>/d. Tendencja ta powinna się utrzymać do roku 2015, kiedy zakończona zostanie większość prac związanych z porządkowaniem kanalizacji. Wartości obu tych wielkości ( $L_z$  i  $L_s$ ) powinny być wówczas niższe od 1 000 kg O<sub>2</sub>/d; by w roku 2030 wynieść 751 kg O<sub>2</sub>/d, co odpowiadać będzie 5% wartości ładunku BZT<sub>5</sub> wytworzonego w gospodarstwach domowych zlewni Rawy (rys. 23).

Inny przebieg miały analizowane zmiany w przypadku całej zlewni Czarnej Przemyszy. Ładunek BZT<sub>5</sub> wytworzony w niej w roku 1970 wyniósł około 64 440 kg O<sub>2</sub>/d, zaś w roku 1990 nieznacznie przekraczał 70 000 kg O<sub>2</sub>/d. W późniejszym okresie zanotowano trend spadkowy; wyjątek stanowił rok 2005, w którym doszło do sygnalizowanego wcześniej przerzutu ścieków między zlewniami Bytomki i Brynicy (oddanie do użytku oczyszczalni „Centralnej” w Bytomiu). W wyniku przemian demograficznych i obniżenia ilości mieszkańców w zlewni w roku 2030 prognozowany ładunek  $L_w$  wyniesie 58 954 kg O<sub>2</sub>/d. Dobre skanalizowanie gmin sprawiło, że już w 1970 roku ładunek BZT<sub>5</sub> wprowadzany do kanalizacji wynosił 46 688 kg O<sub>2</sub>/d, a w okresie 1980–1995 wartość ta była zbliżona do 60 000 kg O<sub>2</sub>/d, co stanowiło około 80% ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych. Odsetek ten nie uległ zmianie aż do roku 2010. Dopiero lata 2015–2030 powinny przynieść poprawę sytuacji w zakresie odbioru i transportu ścieków. Do kanalizacji będzie wówczas odprowadzane 94%  $L_w$  (rys. 24).

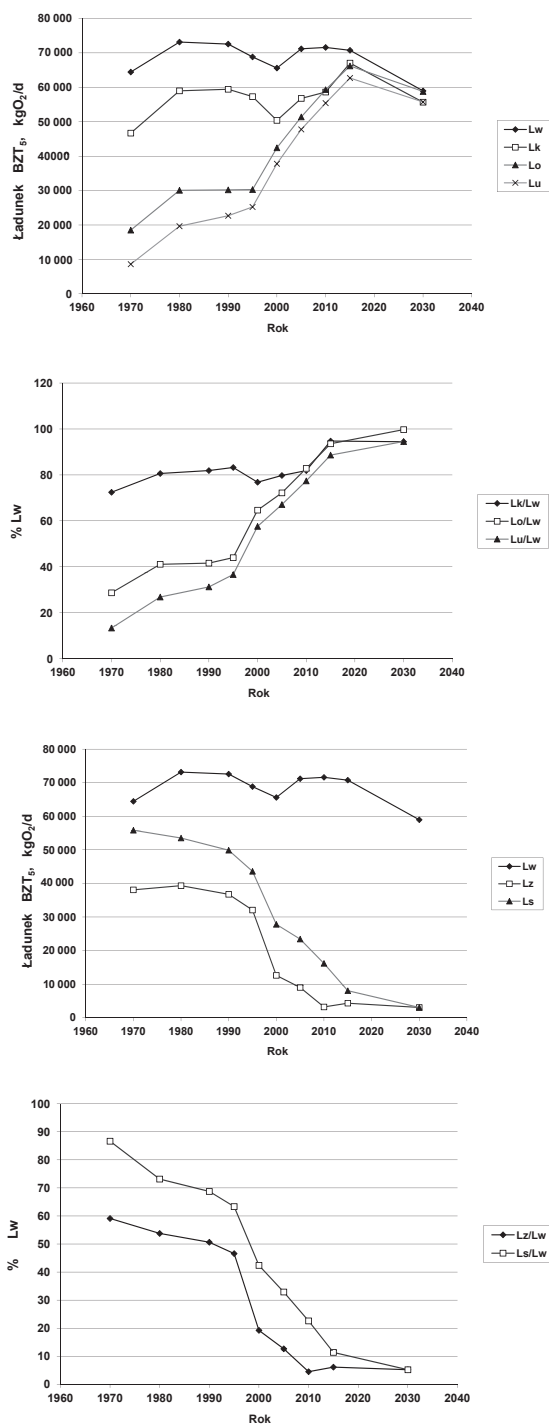
Ładunek BZT<sub>5</sub> trafiający do oczyszczalni w latach siedemdziesiątych XX wieku był równy 18 495 kg O<sub>2</sub>/d. Później (lata 1980–1995) jego wartość była zbliżona do 30 000 kg O<sub>2</sub>/d. Od tego momentu zaczęła ona wyraźnie rosnąć. Trend ten powinien się utrzymać do roku 2015, oszacowana dla tego roku wartość to 66 207 kg O<sub>2</sub>/d. W latach 2015–2030 spodziewać się należy obniżenia ładunku BZT<sub>5</sub> doprowadzanego do oczyszczalni. Będzie to rezultat ograniczenia liczby mieszkańców w analizowanej zlewni (rys. 24).

Usunięcie ładunku podczas oczyszczania w zlewni Czarnej Przemyszy w latach 1970–1995 było stosunkowo niewielkie i wahało się w granicach 13,4 do 36,6%  $L_w$ . W roku 2000 przekroczyło ono 50%, zaś dla lat 2015 i 2030 jego wartość oszacowano na odpowiednio 88,6% i 94,5%  $L_w$  (rys. 24).



Rysunek 23. Analiza danych dotyczących ładunków BZT<sub>5</sub> ( $L_w$ ,  $L_k$ ,  $L_o$ ,  $L_u$ ,  $L_z$ ,  $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla rzeki Rawy





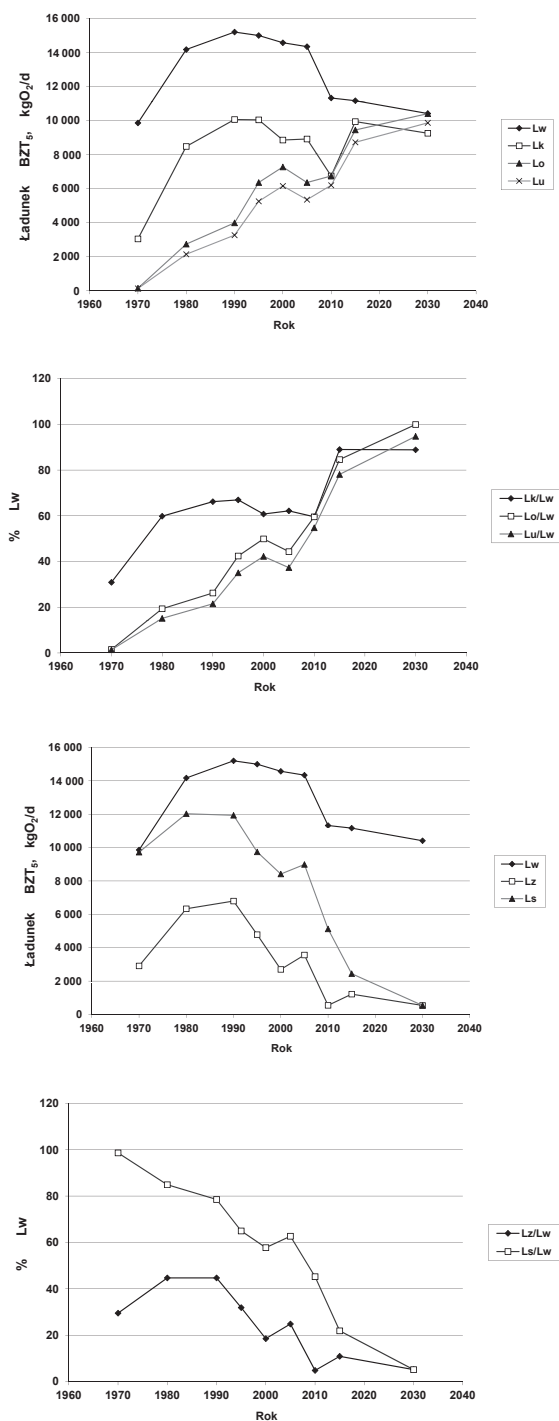
Rysunek 24. Analiza danych dotyczących ładunków BZT<sub>5</sub> ( $L_w$ ,  $L_k$ ,  $L_o$ ,  $L_u$ ,  $L_z$ ,  $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla Czarnej Przemyszy

W latach 1970–1990 ładunek BZT<sub>5</sub> wprowadzany do wód powierzchniowych w analizowanej zlewni wahał się w granicach 36 747 kgO<sub>2</sub>/d – 39 335 kgO<sub>2</sub>/d, zaś do środowiska trafiało 49 880 kgO<sub>2</sub>/d – 55 835 kgO<sub>2</sub>/d. Stanowiło to odpowiednio 50,6–59,7% oraz 68,7–86,6% ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych. Spadek wartości analizowanych wielkości nastąpił w latach 1995–2010. Na końcu tego okresu wartość ładunku BZT<sub>5</sub> trafiającego do odbiorników systemami kanalizacyjnymi (L<sub>z</sub>) spadła do 3 211 kgO<sub>2</sub>/d, zaś wprowadzonego do środowiska (L<sub>s</sub>) do 16 179 kgO<sub>2</sub>/d. Wpłynęło to na relacje L<sub>z</sub>/L<sub>w</sub> oraz L<sub>s</sub>/L<sub>w</sub> w 2010 roku; ich wartości wyniosły odpowiednio 4,5 i 22,6%. Realizowane obecnie działania inwestycyjne powinny doprowadzić do ograniczenia ładunku BZT<sub>5</sub> wprowadzanego do wód i do środowiska w zlewni Czarnej Przemszy do 3 000 kgO<sub>2</sub>/d, co będzie odpowiadać 5–6% ładunku wytwarzanego na tym obszarze (rys. 24).

Zlewnia Białej Przemszy charakteryzuje się zdecydowanie mniejszą gęstością zaludnienia niż omawiane poprzednio. Do roku 1970 w sposób administracyjny ograniczano na tych terenach osadnictwo. Związane to było między innymi z występowaniem obszarów chronionych, cennych przyrodniczo – Pustyni Błędowskiej oraz Jurajskiego Parku Narodowego. Sytuacja uległa częściowej zmianie po realizacji inwestycji przemysłowych – huty „Katowice” oraz koksowni „Przyjaźń”, co doprowadziło do wyraźnego zwiększenia liczby mieszkańców [151].

W roku 1970 ładunek BZT<sub>5</sub> wytworzony w gospodarstwach domowych wyniósł tu 9 860 kgO<sub>2</sub>/d. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych zauważalny był jego wzrost. Maksymalny wystąpił w roku 1990 i był równy 15 200 kgO<sub>2</sub>/d. Od tego czasu zanotowano jego spadek. Trend ten utrzyma się do roku 2030; ładunek ten wyniesie wówczas 10 411 kgO<sub>2</sub>/d. W roku 1970 z kanalizacji korzystało tu zaledwie 30% mieszkańców, zaś w 2005 roku wartość ta była niższa od 60%. Różnice w stosunku do wcześniej omawianych zlewni wynikają z niższego zurbanizowania zlewni Białej Przemszy. Zgodnie z oszacowaniem dla roku 2015 do kanalizacji zostanie skierowanych około 77% ścieków. W 2030 roku z kanalizacji w zlewni tej korzystać będzie około 90% mieszkańców (rys. 25).

Na początku analizowanego okresu zlewnia Białej Przemszy praktycznie całkowicie była pozbawiona możliwości oczyszczania ścieków. W latach siedemdziesiątych do oczyszczalni trafiał ładunek BZT<sub>5</sub> stanowiący zaledwie 1,5% ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych. W roku 2010 wartość ta wzrosła do 59,7% L<sub>w</sub>, z czego usuwano 54,7%. Szybki wzrost liczby ludności oraz poprawa standardów życia doprowadziły do zwiększenia ładunku wprowadzanego do wód powierzchniowych kanalizacją. W 1970 roku tą drogą do cieków trafiał ładunek wynoszący około 2 909 kgO<sub>2</sub>/d (zaledwie 25% ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych), zaś w 1990 roku 6 796 kgO<sub>2</sub>/d (44,7% L<sub>w</sub>). Ładunek BZT<sub>5</sub> wprowadzony do środowiska wyniósł wówczas odpowiednio 9 723 kgO<sub>2</sub>/d i 11 935 kgO<sub>2</sub>/d (98,8 i 78,5% L<sub>w</sub>) (rys. 25).



Rysunek 25. Analiza danych dotyczących ładunków BZT<sub>5</sub> (L<sub>w</sub>, L<sub>k</sub>, L<sub>o</sub>, L<sub>u</sub>, L<sub>z</sub>, L<sub>s</sub>) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla Białej Przemysł

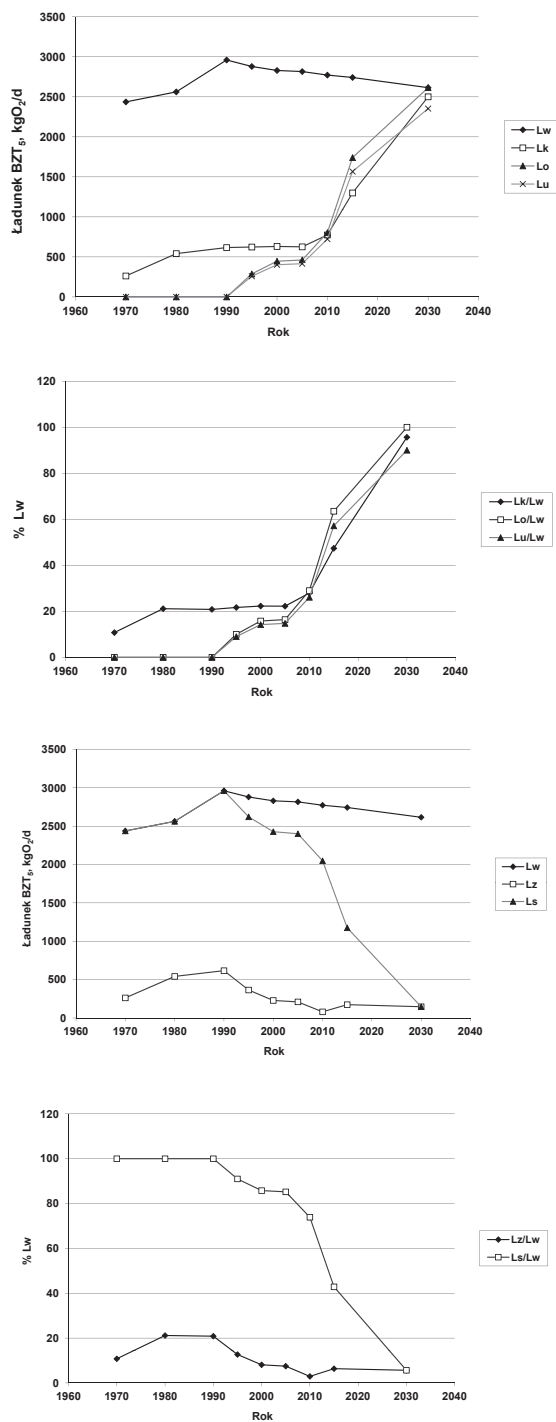
W roku 2010 ładunek BZT<sub>5</sub> wprowadzany do Białej Przemszy był równy 546 kgO<sub>2</sub>/d, co stanowiło około 4,8% ładunku wytwarzanego w gospodarstwach domowych. Jednocześnie ładunek wprowadzony do środowiska był równy 5 124 kgO<sub>2</sub>/d (44,0% L<sub>w</sub>). Porządkowanie gospodarki ściekowej, budowa kanalizacji oraz modernizacja i budowa oczyszczalni w tej zlewni powinny doprowadzić do ograniczenia wartości obu wielkości. Przewiduje się, że w roku 2030 będą one zbliżone i wyniosą 539,0 kgO<sub>2</sub>/d, co odpowiadać będzie około 5,2% L<sub>w</sub> (rys. 25).

Zdecydowanie odmienny od prezentowanych poprzednio przebieg miały zmiany analizowanych ładunków dla zlewni zbiornika w Przeczycach. Przebieg ten jest charakterystyczny dla obszarów wiejskich o niewielkim zurbanizowaniu, które w stosunkowo niewielkim stopniu dotknięte są spadkiem ludności [39, 142, 144]. Do początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku obszary te były prawie całkowicie pozbawione kanalizacji. Maksymalna wartość ładunku BZT<sub>5</sub> wytwarzanego w gospodarstwach domowych wystąpiła w roku 1990 i wyniosła 2 961 kgO<sub>2</sub>/d. Do roku 2010 spadła ona do 2 772 kgO<sub>2</sub>/d, zaś minimalna, oszacowana dla roku 2030 wyniesie 2 615 kgO<sub>2</sub>/d. Początkowo ładunek wprowadzany do kanalizacji wynosił 10% L<sub>w</sub>, zaś w roku 2010 jego wartość nie przekraczała 30% L<sub>w</sub>. Oszacowano, że w roku 2030 jego wartość wzrośnie do 47,3% L<sub>w</sub> (rys. 26).

Do roku 1990 w analizowanej zlewni nie pracowała żadna oczyszczalnia ścieków. Ładunek odprowadzany do kanalizacji kierowany był bezpośrednio do odbiorników. Do roku 2010 ładunek usunięty w oczyszczalniach był stosunkowo niewielki i w końcu tego okresu był równy 726,3 kgO<sub>2</sub>/d. Poprawy należy się spodziewać w latach 2010–2030. Znaczna część ścieków dowożona będzie taborem samochodowym (rys. 25).

Charakterystycznie w tej części zlewni układają się wartości L<sub>z</sub> i L<sub>s</sub> w stosunku do ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych (L<sub>w</sub>). Przez cały analizowany okres wartość pierwszego z nich nie przekroczyła 600 kgO<sub>2</sub>/d, co stanowi około 20–21% wartości L<sub>w</sub>. Początkowo ładunek trafiał w większości do środowiska (prawdopodobnie do ziemi) i nie był odprowadzany kanalizacją do odbiorników. Później wraz z budową kanalizacji powstawały mechaniczno-biologiczne oczyszczalnie ścieków. W końcowym okresie obok kanalizacji uwzględnić należy udział taboru samochodowego w transporcie ścieków do oczyszczalni. Do końca lat dziewięćdziesiątych praktycznie całość ładunku BZT<sub>5</sub> wytwarzana w zlewni zbiornika Przeczycze była wprowadzana do środowiska. Dopiero w roku 2010 osiągnięto ograniczenie wartości L<sub>s</sub> – poniżej 80% L<sub>w</sub>. Znaczącej poprawy w tym zakresie należy spodziewać się dopiero w latach 2015–2030 (rys. 26).

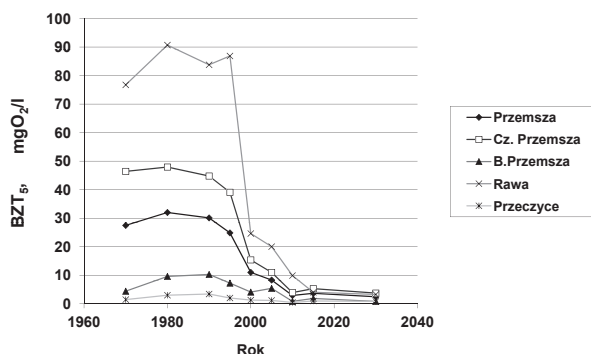
Uzyskane dla poszczególnych przekrojów wartości L<sub>z</sub> i L<sub>s</sub> wykorzystano do określenia oczekiwanego BZT<sub>5</sub> w wodach odbiorników. Analiza zlewni Przemszy wskazuje na ograniczoną możliwość usuwania BZT<sub>5</sub> w wyniku samooczyszczania. W przypadku najbardziej zanieczyszczonych rzek doprowadzenie



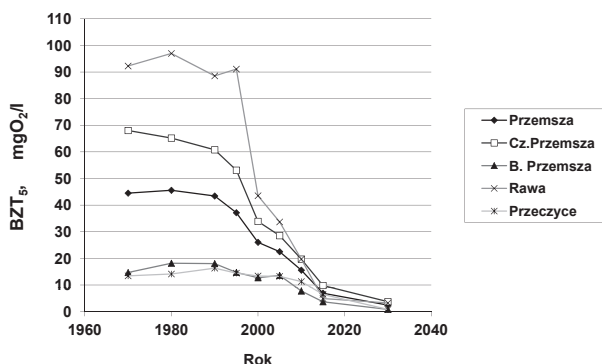
Rysunek 26. Analiza danych dotyczących ładunków BZT<sub>5</sub> ( $L_W$ ,  $L_K$ ,  $L_O$ ,  $L_U$ ,  $L_Z$ ,  $L_S$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla zlewni zbiornika w Przeczycach

ścieków następuje w dolnym ich biegu, stosunkowo blisko ujścia, w niedużej odległości od przekroju badawczego; brak jest więc warunków do znaczącego usunięcia  $BZT_5$  w wyniku samooczyszczania wody.

Określone na podstawie analizy ładunków zawartości  $BZT_5$  w wodzie są zróżnicowane. Biorąc pod uwagę ładunek  $L_s$  odnotować należy wysokie wartości tego wskaźnika zanieczyszczenia uzyskane dla lat 1970–1995 dla Rawy (do  $100 \text{ mgO}_2/\text{l}$ ), Czarnej Przemszy ( $50\text{--}70 \text{ mgO}_2/\text{l}$ ) oraz Przemszy przy ujściu do Wisły ( $40\text{--}50 \text{ mgO}_2/\text{l}$ ). Dla Białej Przemszy i Czarnej Przemszy powyżej Przeczycy uzyskane wartości były zdecydowanie niższe i nie przekraczały  $20 \text{ mgO}_2/\text{l}$ . Dopiero w 2015 dla wszystkich analizowanych przekrojów oszacowano wartości niższe od  $10 \text{ mgO}_2/\text{l}$ , zaś dla roku 2030 przewiduje się uzyskanie zbliżonego  $BZT_5$  we wszystkich analizowanych przekrojach – około  $5,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$ . Podobna analiza wykonana dla ładunku wprowadzanego do odbiorników dała wartości nieco niższe (rys. 27, 28).



Rysunek 27. Prognozowany wzrost  $BZT_5$  w przekrojach ujściowych rzek w zlewni Przemszy określony dla ładunku wprowadzanego do wód systemami kanalizacyjnymi ( $L_z$ )

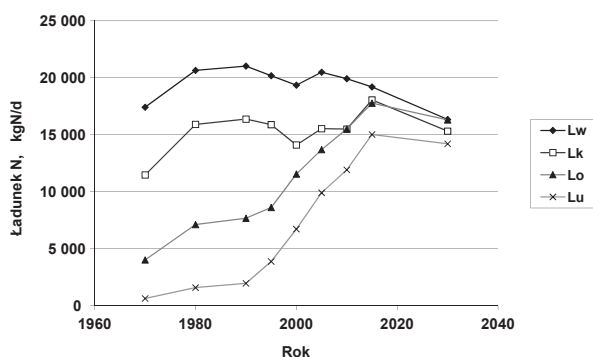


Rysunek 28. Prognozowany wzrost  $BZT_5$  w przekrojach ujściowych rzek w zlewni Przemszy określony dla ładunku wprowadzanego do środowiska ( $L_s$ )

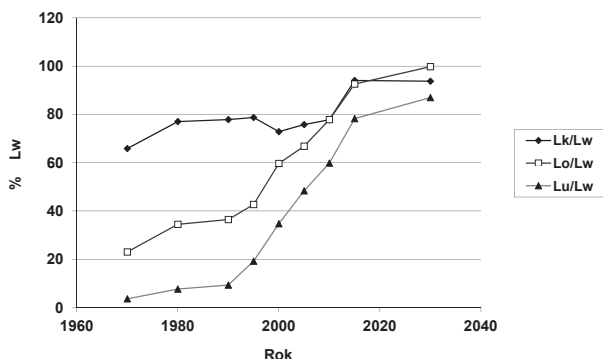
### 5.3.2. Azot ogólny

Ładunek azotu wytworzony w gospodarstwach domowych ( $L_w$ ) w zlewni Przemszy w latach siedemdziesiątych XX wieku wyniósł 17 418 kgN/d, zaś maksymalny w latach dziewięćdziesiątych – 21 030 kgN/d. Później w wyniku spadku liczby mieszkańców zauważalne jest jego obniżenie; w roku 2030 wielkość ta osiągnie wartość najniższą (16 339 kgN/d). Ładunek azotu wprowadzany do kanalizacji ( $L_k$ ) wahał się w granicach 11 470 kgN/d do 18 059 kgN/d. Zdecydowanie większe różnice występują w przypadku dwóch pozostałych wielkości – ładunku doprowadzanego do oczyszczalni ( $L_o$ ) oraz ładunku usuniętego w trakcie oczyszczania ( $L_u$ ). Wartości najniższe zanotowano w roku 1970 i wyniosły one odpowiednio 4 009 kgN/d i 626 kgN/d, zaś najwyższe uzyskano dla roku 2015 – odpowiednio 17 776 kgN/d i 15 023 kgN/d (rys. 29).

W roku 1970 oczyszczaniu poddawane było około 23% wytwarzanych w gospodarstwach domowych ścieków komunalnych. Zgodnie z przeprowadzonym oszacowaniem usunięcie azotu wyniosło zaledwie 3,6% ładunku azotu zawartego w ściekach surowych. W roku 1990 wartości te wyniosły odpowiednio 36,4% i 9,28%. Wprowadzenie w latach późniejszych do praktyki oczyszczalni wyposażonych w urządzenia do biologicznej denitryfikacji znacząco poprawiło sytuację. W roku 2010 oczyszczaniu poddawano około 77,8% ścieków, zaś usunięcie związków azotowych wyniosło ponad 59,8%. Realizacja Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych [11,78] powinna przynieść dalszą poprawę sytuacji; usunięcie azotu podczas oczyszczania wyniesie około 78,3% w roku 2015 oraz 87,2% w roku 2030 (rys. 30).



Rysunek 29. Analiza ładunku azotu ogólnego wytworzonego w gospodarstwach domowych ( $L_w$ ), wprowadzonego do kanalizacji ( $L_k$ ), wprowadzanego do oczyszczalni ( $L_o$ ) oraz usuniętego w oczyszczalniach ( $L_u$ ) w zlewni Przemszy w latach 1970–2030



Rysunek 30. Odsetek ładunku azotu ogólnego wprowadzany do kanalizacji, do urządzeń oczyszczających oraz usunięty w trakcie oczyszczania w stosunku do ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych w zlewni Przemśy

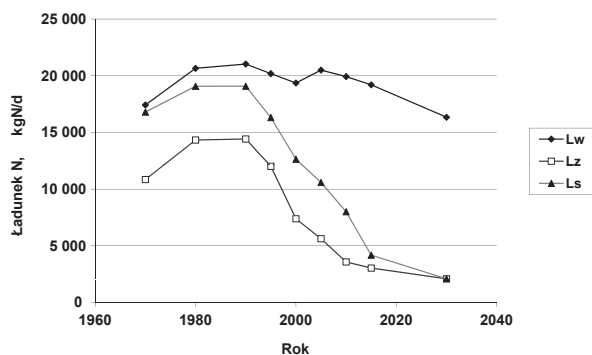
Ładunek azotu ogólnego wprowadzony do odbiorników w zlewni Przemśy w ściekach komunalnych w roku 1970 wyniósł 10 843 kgN/d. Później (lata 1980–1995), wartość ta wahała się w granicach 12 015–14 418 kgN/d. Tendencja spadkowa w przypadku tego wskaźnika ujawniła się dopiero na przełomie XX i XXI wieku. W roku 2000 ładunek ten oszacowano na 7 383 kgN/d, zaś w 2010 na 3 577 kgN/d. Lata 2010–2030 powinny przynieść jego obniżenie. Przez cały analizowany okres ładunek azotu wprowadzany do środowiska był nieco wyższy. Maksymalna wartość ładunku azotu wprowadzanego do odbiorników w roku 1990 wyniosła 19 075 kgN/d, zaś dotychczasowe minimum uzyskano w roku 2010 – 8 003 kgN/d; w roku 2030 ładunki  $L_z$  i  $L_s$  będą równe 2 094 kgN/d (rys. 31).

Sygnalizowane zjawiska wpłynęły na relacje  $L_z/L_w$  oraz  $L_s/L_w$ . W przypadku pierwszej z nich, wahania występujące do roku 1995 były stosunkowo niewielkie i zawierały się w granicach 59,5–68,6%. W roku 2010 wartość tej relacji obniży się do 18,0%, zaś w roku 2030 powinna wynieść 12,8%. Relacje drugiej z analizowanych wielkości wyniosły odpowiednio 80,0–96,2%, 40,2% i 12,8% (rys. 32).

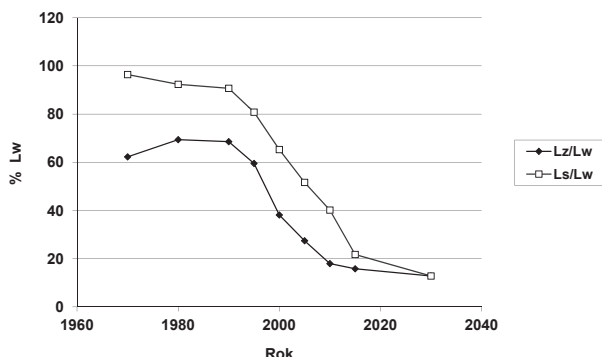
Podobnie, jak w przypadku BZT<sub>5</sub>, również dla emisji azotu przeanalizowano dane uzyskane dla zlewni cząstkowych – Rawy, Czarnej Przemśy, Białej Przemśy i zlewni zbiornika w Przeczycach. W zlewni Rawy maksymalny ładunek azotu wytwarzany w gospodarstwach domowych wystąpił w 1980 roku i wyniósł 5 463 kgN/d. Od tego czasu odnotowano powolny spadek, związany głównie z przedstawionymi wcześniej zjawiskami demograficznymi (obniżenie liczby mieszkańców). Wartość ładunku  $L_w$  oszacowana na rok 2010 wyniosła 4 259 kgN/d, zaś na rok 2030 – 3 231 kgN/d.

Przez cały analizowany okres do kanalizacji kierowano ponad 80% ładunku azotu wytwarzanego w gospodarstwach domowych. Ładunek azotu doprowadzany do oczyszczalni oraz ładunek azotu usunięty w trakcie oczyszczania były bardziej zróżnicowane. Pierwsza z tych wielkości wahała się w granicach





Rysunek 31. Ładunek azotu ogólnego wytworzony ( $L_w$ ), wprowadzony do odbiorników ( $L_s$ ) oraz do środowiska ( $L_z$ ) w zlewni Przemszy w latach 1970–2030



Rysunek 32. Procentowy udział ładunku azotu ogólnego wprowadzanego do odbiorników i środowiska w odniesieniu do ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych w zlewni Przemszy w latach 1970–2030

16,7–100%, przy czym minimalna wartość wystąpiła w roku 1995, w okresie modernizacji poszczególnych oczyszczalni. W roku 2030 całość ścieków powinna być poddawana procesowi oczyszczania.

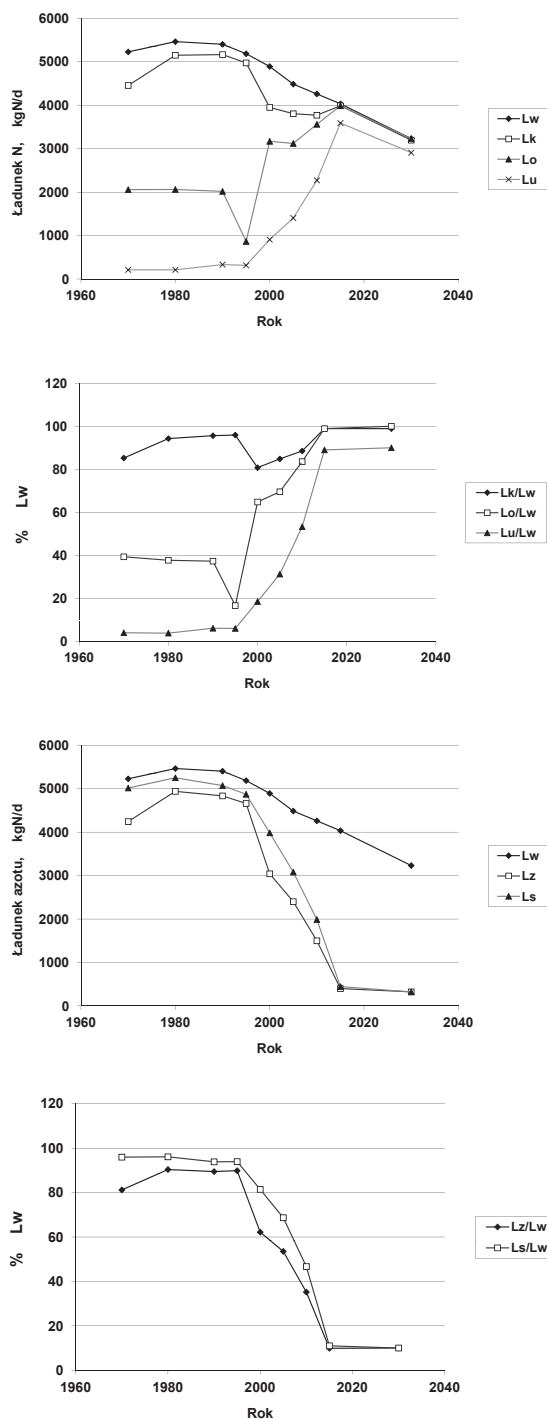
Przez długi okres usunięcie azotu ogólnego w trakcie oczyszczania było niewielkie. W latach 1970–1995 wahało się ono w granicach 3,9–6,1%, później, w wyniku oddania do użytku zmodernizowanych oczyszczalni mechaniczno-biologicznych z podwyższonym usunięciem związków biogenych wartość ta wzrosła do 53,3% w roku 2010; oszacowanie wykonane dla roku 2030 wykazało, że eksploatacja oczyszczalni w tej zlewni pozwoli na 90% usunięcie azotu ogólnego ze ścieków.

Początkowo, ze względu na dobre skanalizowanie gmin w zlewni Rawy, wartości ładunku wprowadzanego do wód powierzchniowych oraz do środo-

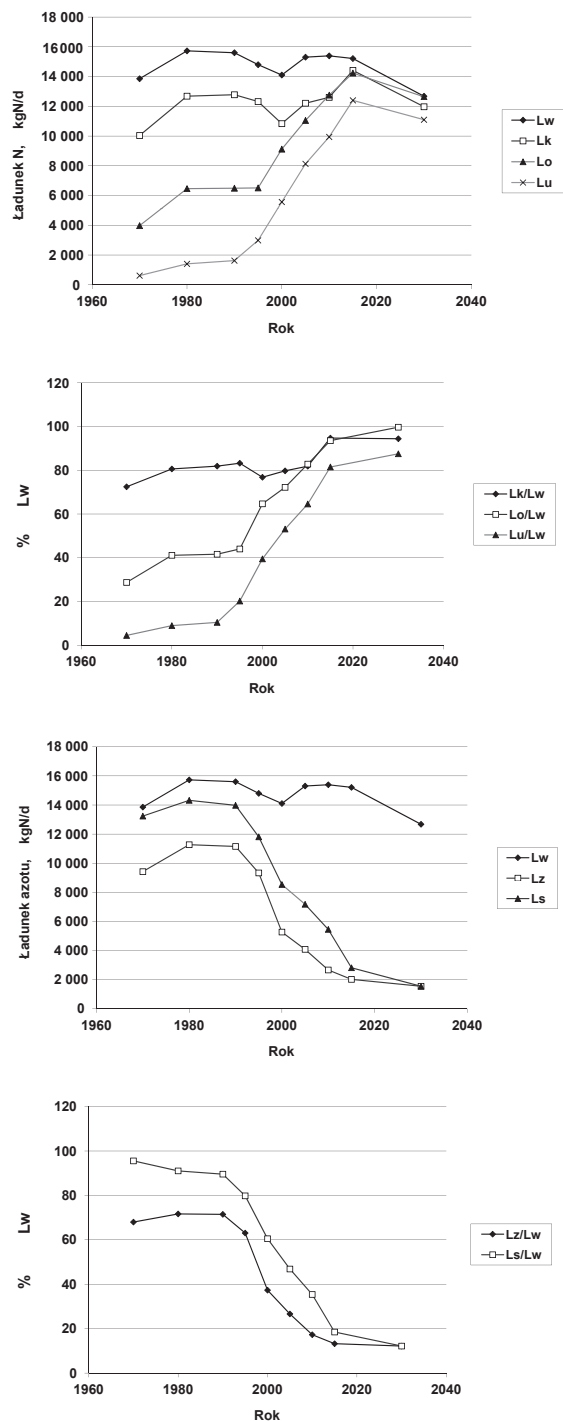
wiska były zbliżone. Ładunek azotu wprowadzany do Rawy w latach siedemdziesiątych XX wieku wynosił 4 346 kgN/d, zaś maksymalny w roku 1980 wzrósł do 4 834 kgN/d. Od tego czasu notuje się powolny jego spadek. W roku 2010 jego wartość była równa 1 499 kgN/d. Wartości ładunku azotu, kierowanego do środowiska ( $L_s$ ) wyniosły odpowiednio 5 016 kgN/d, 5 251 kgN/d i 1 988 kgN/d. Oszacowano, że w roku 2030 obie te wartości będą wynosiły 323 kgN/d. W okresie 1970–1995 ładunek azotu wprowadzany do wód powierzchniowych ( $L_z$ ) oraz wprowadzany do środowiska ( $L_s$ ) w zlewni Rawy wyniosły około 90% ładunku wytworzonego ww. gospodarstwach domowych ( $L_w$ ). Znaczne ograniczenie relacji  $L_z/L_w$  oraz  $L_s/L_w$  zanotowano w roku 2010 (odpowiednio 36,2% i 46,7%), zaś w roku 2030 obie te wielkości powinny być równe 10% (rys. 33).

Maksymalna wartość ładunku azotu wprowadzana do odbiorników w zlewni Czarnej Przemszy (11 272 kgN/d) wystąpiła w roku 1980. W roku 2010 jego wartość wzrosła do 2 661 kgN/d, zaś szacunek wykonany dla roku 2030 wskazuje, że ładunek ten wyniesie około 1 542 kgN/d. Podobny przebieg odnotowano w przypadku ładunku azotu ogólnego wprowadzonego do środowiska. Opisane powyżej procesy znalazły swoje odzwierciedlenie w relacjach  $L_z/L_w$  oraz  $L_s/L_w$ . W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych ładunek azotu wprowadzany do odbiorników wynosił ponad 68%, zaś wprowadzany do środowiska ponad 89% ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych. Później zarysował się spadek wartości obu wielkości. W roku 2010 pierwsza z nich była równa 17,3%, zaś druga do 35,4%. Spodziewane minimum dla obu analizowanych relacji wystąpi w roku 2030 i wyniesie prawdopodobnie 12,2% (rys. 34).

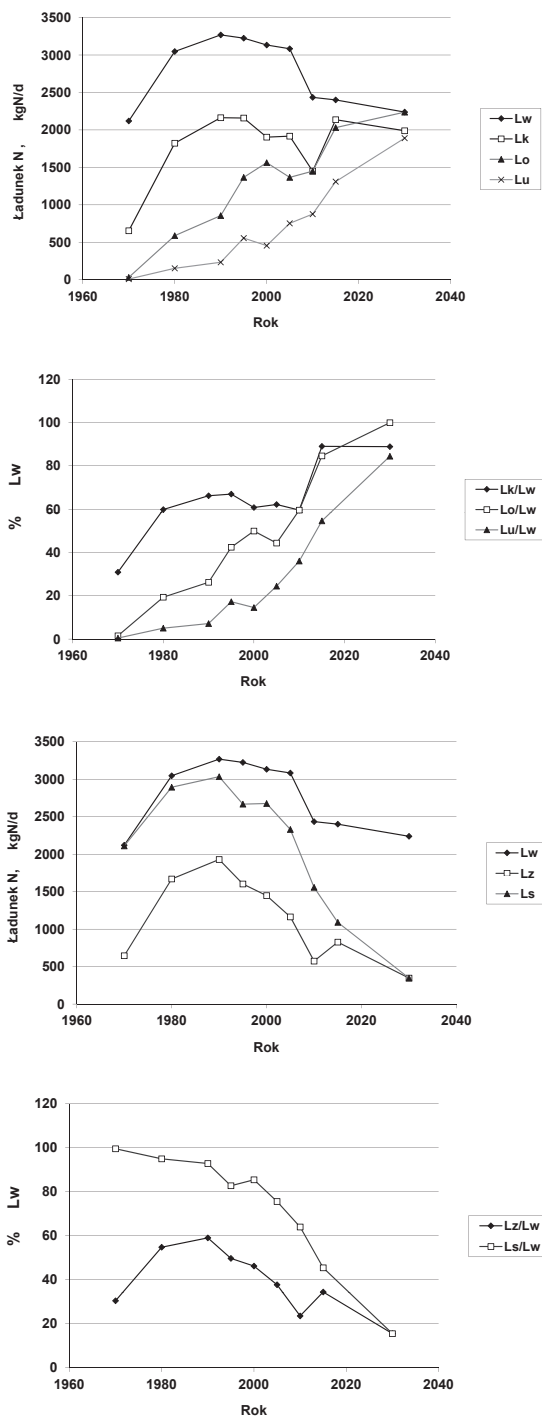
Ładunek azotu wytworzony w gospodarstwach domowych w zlewni Białej Przemszy w roku 1970 wyniósł 2 120 kgN/d. Jego maksymalna wartość w roku 1990 była równa 3 268 kg N/d. Od tego czasu ładunek ten wykazywał trend spadkowy; wartości oszacowane dla lat 2010 i 2030 wyniosły odpowiednio 2 434 kgN/d i 2 238 kgN/d. W zlewni Białej Przemszy znaczny odsetek ludności żyje w aglomeracjach mniejszych od 15 000 RLM, dla których, zgodnie z prawem polskim, wymagany stopień usunięcia azotu można uzyskać w konwencjonalnych oczyszczalniach mechaniczno-biologicznych. Zastosowanie tych rozwiązań technologicznych wpływa na redukcję związków azotu w istniejących i projektowanych obiektach. W roku 2010 w wyniku oczyszczania usuwano około 20,5% ładunku azotu wytwarzanego w gospodarstwach domowych, a prognozowane na rok 2030 usunięcie wyniesie 84%. Ładunek azotu wprowadzany w zlewni Białej Przemszy ( $L_z$ ) w roku 2010 był równy 23,5%  $L_w$ , zaś szacowany na 2030 rok wzniesie 15,5%  $L_w$ . W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych nastąpił wzrost ładunku azotu ogólnego wprowadzanego do środowiska. Jego wartość maksymalna w 1990 roku wyniosła 3 034 kgN/d. Występujący później trend spadkowy nie był tak wyraźny jak w przypadku Czarnej Przemszy. Wartość  $L_s$  uzyskana dla roku 2010 wynio-



Rysunek 33. Analiza danych dotyczących ładunków azotu ogólnego ( $L_w$ ,  $L_k$ ,  $L_o$ ,  $L_u$ ,  $L_z$ ,  $L_s$ ) w latach 1970 – 2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla rzeki Rawy



Rysunek 34. Analiza danych dotyczących ładunków azotu ogólnego ( $L_w$ ,  $L_k$ ,  $L_o$ ,  $L_u$ ,  $L_z$ ,  $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla Czarnej Przemyszy



Rysunek 35. Analiza danych dotyczących ładunków azotu ogólnego ( $L_w$ ,  $L_k$ ,  $L_o$ ,  $L_u$ ,  $L_z$ ,  $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla Białej Przemyszy

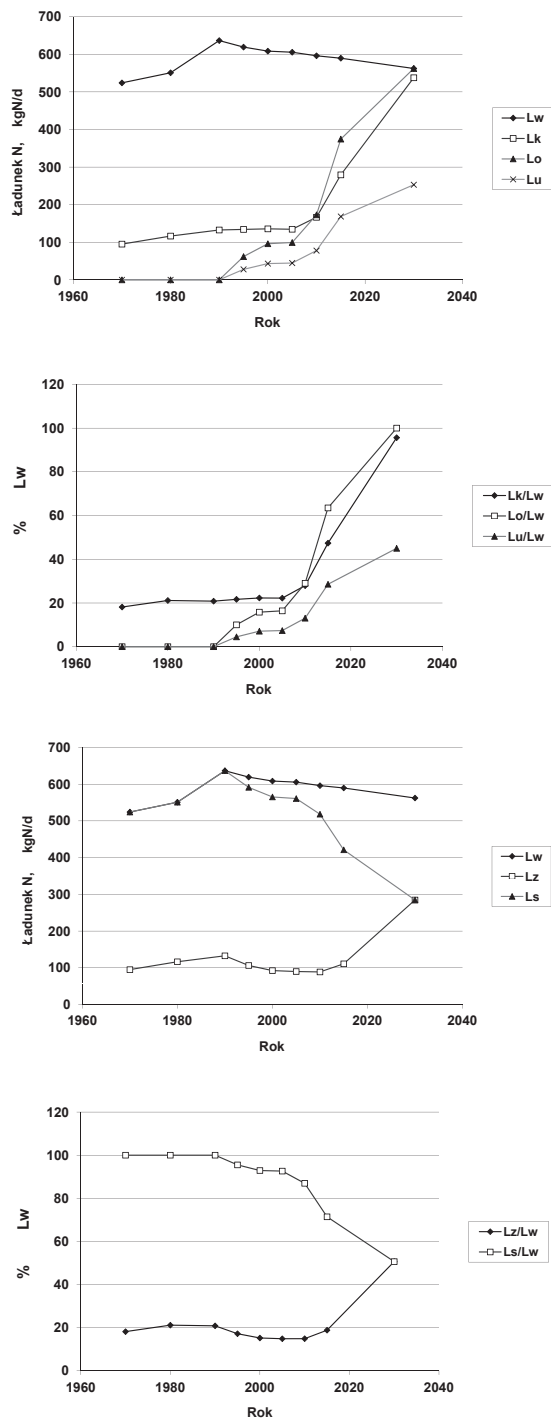
sła 1 558 kgN/d, zaś w roku 2030 powinna ona wynieść około 346,7 kgN/d. W latach 1970–2000 ładunek azotu ogólnego wprowadzany do środowiska był zbliżony do wytwarzanego w gospodarstwach domowych. Do roku 2005 jego wartość przekraczała 80%  $L_w$ . Prognozy wskazują na możliwość jego ograniczenia do 45%  $L_w$  w roku 2030.

Dla poszczególnych obiektów działających i projektowanych w zlewni zbiornika w Przeczycach RLM nie przekracza 10 000. W rezultacie na tym obszarze planuje się budowę konwencjonalnych oczyszczalni mechaniczno-biologicznych, nie wyposażonych w urządzenia do denitryfikacji. Wpływa to obecnie i będzie wpływać w przyszłości na redukcję azotu ogólnego podczas oczyszczania. Usunięcie azotu ogólnego w tej zlewni jest niewielkie. Do roku 2010 nie przekraczało ono 15,0%, a w roku 2030 wzrośnie do 45,0%. Jednocześnie prowadzone są prace nad uporządkowaniem gospodarki ściekowej w zlewni zbiornika. Ich ukończenie doprowadzi do wyraźnego wzrostu ładunku wprowadzanego do wód powierzchniowych ( $L_z$ ). W roku 2010 wyniósł on około 100 kgN/d, zaś szacunek wykonany dla rok 2030 wykazał, że może on osiągnąć wartość 284 kgN/d. Takie działanie nie zapobiegnie jednak zwiększeniu ładunku azotu wprowadzanego do Czarnej Przemszy powyżej zbiornika. W roku 2010 ładunek ten wyniósł około 100 kgN/d, zaś w 2030 przewiduje się jego wzrost do 284 kgN/d. Ładunek zanieczyszczeń wprowadzony do środowiska  $L_s$  jest w obu przypadkach wyższy (rys. 36).

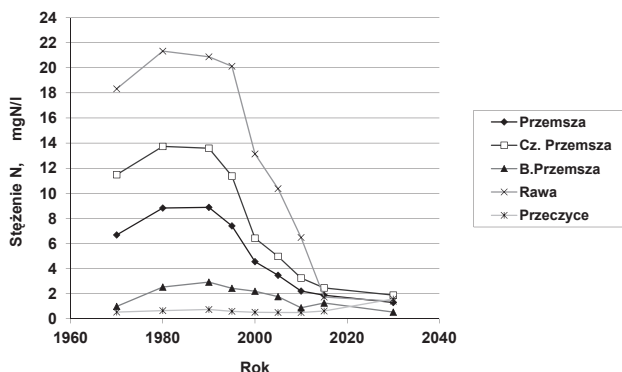
Uzyskane dla azotu ogólnego wartości  $L_s$  i  $L_z$  podobnie jak w przypadku BZT<sub>5</sub> wykorzystano do określenia oczekiwanego wzrostu stężenia azotu w poszczególnych przekrojach ujściowych związanego z emisją zanieczyszczeń ze źródeł komunalnych.

Analizując uzyskane wartości należy wziąć pod uwagę fakt, że w ściekach surowych azot występuje głównie w formie organicznej i amonowej. Ilości azotynów i azotanów są w tym przypadku niewielkie. W ściekach oczyszczonych możliwe jest występowanie także formy azotanowej, a w mniejszym stopniu także azotynowej. Wynika stąd, że w latach 1970–2000 emisja zanieczyszczeń w ściekach komunalnych wprowadzanych do odbiorników powodowała głównie wzrost stężenia azotu Kjeldahla; później mogła ona wpływać także na zawartość pozostałych form azotu.

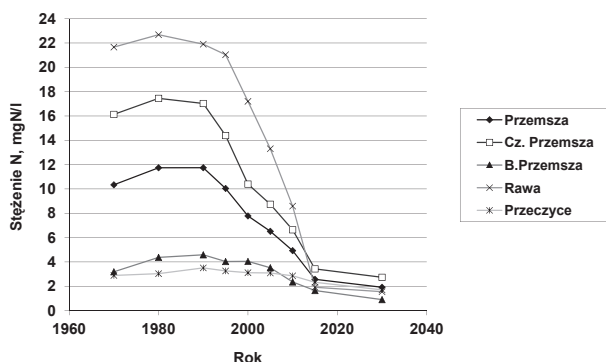
Wzrost stężenia azotu w wodach powierzchniowych związany z emisją komunalną był zróżnicowany. W latach 1970–2000 w Rawie wzrost ten oszacowano na 22–24 mgN/l, w Czarnej Przemszy – 16–18 mgN/l, w Przemszy 10–12 mgN/l. Wartości oszacowania dla Białej Przemszy i Czarnej Przemszy powyżej zbiornika w Przeczycach były niższe i maksymalnie dochodziły do 2,0 mgN/l. Dla pierwszych trzech cieków trend spadkowy wystąpił w roku 2000. Po roku 2015 wpływ emisji komunalnej na zawartość azotu nie powinien przekroczyć 4 mgN/l we wszystkich analizowanych przekrojach (rys. 37, rys. 38).



Rysunek 36. Analiza danych dotyczących ładunków azotu ogólnego ( $L_w$ ,  $L_k$ ,  $L_o$ ,  $L_u$ ,  $L_z$ ,  $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla zbiornika Przeczyce



Rysunek 37. Prognozowany wzrost stężenia azotu ogólnego w przekrojach ujściowych rzek w zlewni Przemyszy określony dla ładunku ( $L_z$ )



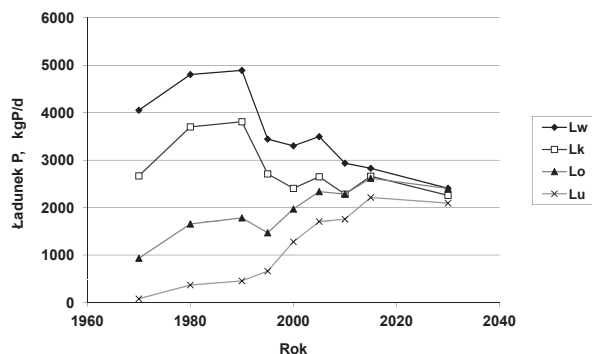
Rysunek 38. Prognozowany wzrost stężenia azotu ogólnego w przekrojach ujściowych rzek w zlewni Przemyszy określony dla ładunku wprowadzanego do środowiska ( $L_s$ )

### 5.3.3. Fosfor ogólny

W przypadku fosforu ogólnego do obliczeń przyjęto różne wartości jednostkowego ładunku fosforu wytwarzanego w gospodarstwach domowych (3,0 gP/M·d dla lat 1970–1990, 2,2 gP/M·d dla lat 1995–2005 oraz 1,9 gP/M·d dla okresu późniejszego). Takie postępowanie wynikało z ograniczenia zużycia w gospodarstwach domowych proszków do prania zawierających tripolifosforan sodu – STTP ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) [38, 108, 139].

Maksymalny ładunek fosforu ogólnego wytworzony w gospodarstwach domowych w zlewni Przemszy (4 891 kgP/d) wystąpił w roku 1990. W roku 2010 jego wartość obniżyła się do około 2 934 kgP/d. Do roku 2030 należy spodziewać się dalszego jej spadku – wartość oszacowana dla roku 2030 wyniosła 2 406 kgP/d (rys. 39).



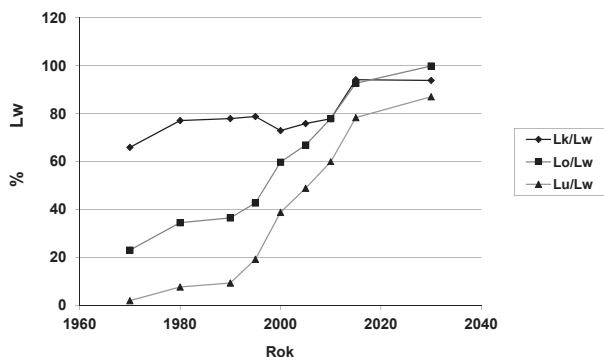


Rysunek 39. Analiza ładunku fosforu ogólnego wytworzonego w gospodarstwach domowych ( $L_w$ ), wprowadzonego do kanalizacji ( $L_k$ ), wprowadzanego do oczyszczalni ( $L_o$ ) oraz usuniętego w oczyszczalniach ( $L_u$ ) w zlewni Przemszy w latach 1970–2030

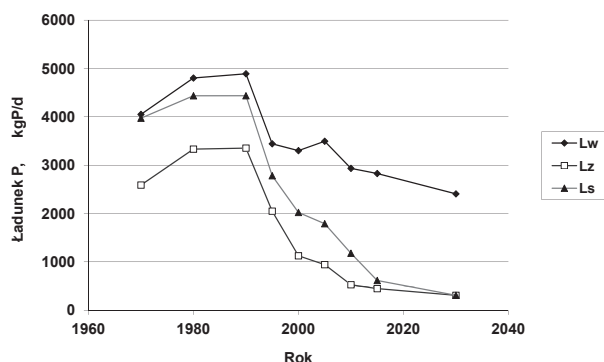
Odmienny niż w przypadku BZT<sub>5</sub> i azotu ogólnego przebieg mają pozostałe krzywe – ładunków fosforu ogólnego wprowadzonego do kanalizacji ( $L_k$ ) i dopływającego do oczyszczalni ( $L_o$ ). Początkowo, w latach 1970–1990, wartość  $L_k$  wzrosła z 2 668 kgP/d do 3 808 kgP/d. Później (lata 2000–2030) będzie się ona zawierała w niewielkich granicach 2 257 kgP/d do 2 659,8 kgP/d. Ładunek fosforu doprowadzany do oczyszczalni ( $L_o$ ) wykazywał tendencję wzrostową w latach 1970–1990; jego wartości wyniosły odpowiednio 932 kgP/d i 1 783 kgP/d. Po obniżce w 1995 do 1 469 kgP/d wartość ponownie rośnie i osiągnie swoje maksimum około 2 618 kgP/d w 2015 roku (rys. 39).

Relacja  $L_u/L_w$  dla fosforu ogólnego ma przebieg zbliżony do otrzymanej w przypadku azotu. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych, jego wartości były niskie i nie przekraczały 10%. Sytuacja uległa poprawie w latach dziewięćdziesiątych. Wprowadzenie biologicznej defosfatacji oraz chemicznego strącania fosforu pozwoliło na uzyskanie w 2010 roku 60% usunięcia ładunku fosforu wytwarzanego w gospodarstwach domowych. Maksymalna wartość – około 86,9% osiągnięta zostanie w 2015 roku (rys. 40). Uzyskanie odpowiedniego usunięcia fosforu wydaje się być łatwiejsze niż azotu. Wynika to z możliwości chemicznego jego strącania solami żelaza lub glinu. Proces ten można prowadzić symultanicznie w konwencjonalnych mechaniczno-biologicznych oczyszczalniach z osadem czynnym i nie wymaga on zastosowania dodatkowych urządzeń poza odpowiednim węzłem do dozowania reagentów [22, 108].

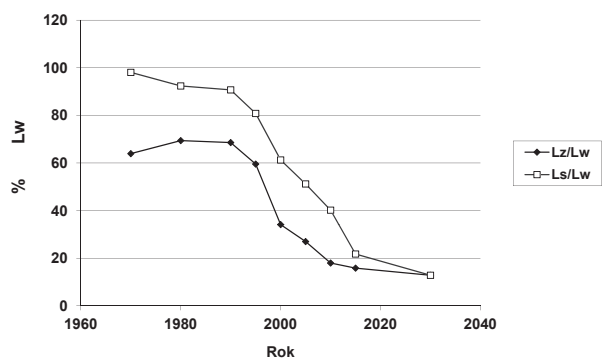
Ładunek fosforu wprowadzany do środowiska ( $L_s$ ) w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku był zbliżony do wytworzonego w gospodarstwach domowych. Jego wartość wahała się w granicach 3 972 kgP/d do 4 436 kgP/d. Od roku 1990 odnotowano wyraźną tendencję spadkową. W roku 2010 ładunek ten spadł do 1 178 kgP/d, co stanowiło około 40,2%  $L_w$ , a ładunek określony na rok 2030 oszacowano na 308 kgP/d (rys. 41, 42).



Rysunek 40. Odsetek ładunku fosforu ogólnego wprowadzany do kanalizacji, do urządzeń oczyszczających oraz usunięty w trakcie oczyszczania w stosunku do ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych w zlewni Przemszy



Rysunek 41. Ładunek fosforu ogólnego wytworzony w gospodarstwach domowych ( $L_w$ ), wprowadzony do odbiorników ( $L_s$ ) oraz do środowiska ( $L_z$ ) w zlewni Przemszy w latach 1970–2030



Rysunek 42. Procentowy udział ładunku fosforu ogólnego wprowadzanego do odbiorników i środowiska w odniesieniu do ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych w zlewni Przemszy w latach 1970–2030

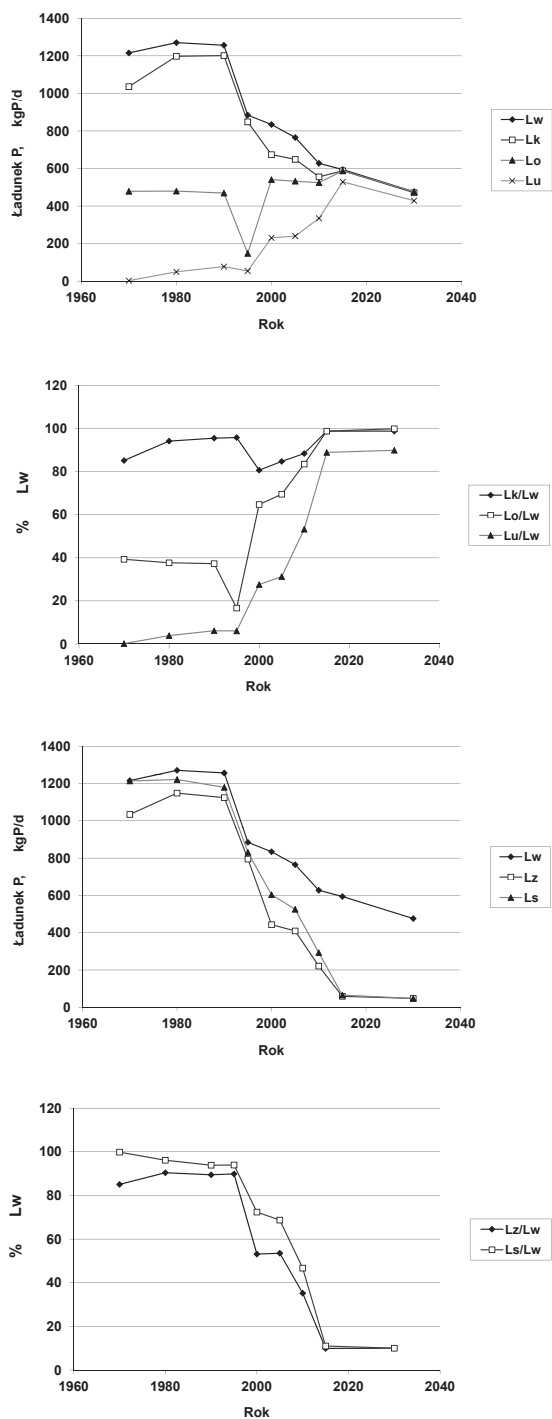
Maksymalny ładunek fosforu wprowadzony do wód powierzchniowych w zlewni Przemszy w 1990 roku był równy 3 353 kgP/d (62,3%  $L_w$ ). Wyraźny jego spadek zanotowano od połowy lat dziewięćdziesiątych – w roku 2010 jego wartość wyniosła 527 kgP/d (18,0%  $L_w$ ). W roku 2030 dojdzie do wyrównania  $L_s$  i  $L_z$  (308 kgP/d – 12,8%  $L_w$ ) (rys. 42).

W latach siedemdziesiątych, osiemdziesiątych oraz na początku dziewięćdziesiątych ładunek fosforu ogólnego wytwarzany w gospodarstwach domowych w zlewni Rawy przekraczał 1 200 kgP/d, zaś minimalny oszacowany dla roku 2030 wyniesie około 476 kgP/d. Do połowy lat dziewięćdziesiątych XX wieku praktycznie cały ładunek fosforu trafiał do rzeki bez żadnego usunięcia. Znaczące zmiany w tym zakresie zaszły dopiero po roku 2000. Usunięcie fosforu w wyniku oczyszczania ścieków w zlewni Rawy doszło wówczas do 40%  $L_w$ ; w latach 2015–2030 jego wartość powinna wzrosnąć do około 90%  $L_w$ .

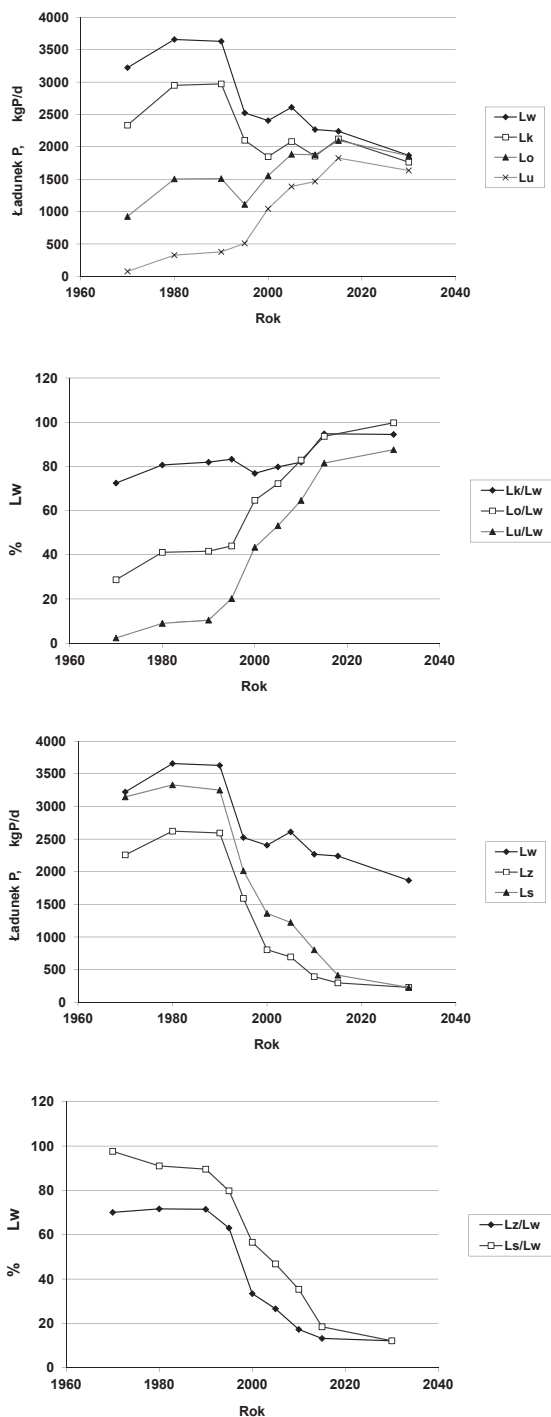
Do roku 1990 ładunki fosforu ogólnego wprowadzone do wód systemami kanalizacyjnymi i do środowiska w zlewni Rawy były zbliżone. Pierwszy z nich wahał się w granicach 1 134,0 do 1 149 kgP/d, zaś drugi w granicach 1 179–1 221 kgP/d. W latach 1970–1995 obie wielkości stanowiły około 90,0% ładunku wytworzonego w gospodarstwach domowych. Znaczący wpływ oczyszczania na wartość wprowadzanego do Rawy ładunku fosforu ujawnił się po roku 2000. Wartość ładunku wprowadzanego do środowiska wyniosła wówczas około 604 kgP/d (72,3%  $L_w$ ), zaś ładunku wprowadzanego do rzek 443 kgP/d (53,1%  $L_w$ ). W roku 2015 ładunki te wyniosą odpowiednio 221 kgP/d (35,2%  $L_w$ ) i 293 kgP/d (46,7%  $L_w$ ). Szacuje się, że w 2030 roku możliwe będzie ich ograniczenie do 48 kgP/d, co stanowić będzie około 10,0% ładunku fosforu wytworzonego w gospodarstwach domowych (rys. 43).

Zmiany demograficzne oraz ograniczenie zużycia środków piorących zawierających STTP wywierają znaczący wpływ na ładunek fosforu wytwarzany w gospodarstwach domowych w całej zlewni Czarnej Przemszy. W roku 1970 ładunek ten oszacowano na 3 222 kgP/d, zaś jego maksymalna wartość wystąpiła w 1990 roku i wyniosła 3 657 kgP/d. Od tego momentu wystąpił znaczący trend spadkowy; w 2030 roku ładunek ten powinien wynieść 2 012 kgP/d. Niewielka ilość oczyszczanych ścieków oraz stosowane metody oczyszczania wpływały na usunięcie fosforu w początkowym okresie badań. Do roku 1990 nie przekraczało ono 10%. W 2010 roku usunięcie fosforu wyniosło 64,6%, zaś przeprowadzone szacunki wykazały, że w roku 2030 osiągnie ono wartość 87,6%  $L_w$  (rys. 44).

Maksymalna wartość ładunku fosforu wytworzonego w gospodarstwach domowych w zlewni Białej Przemszy wystąpiła w roku 1990 i wyniosła około 760 kgP/d, zaś minimalna oszacowana dla roku 2030 wyniesie 320 kgP/d. Brak jakiegokolwiek oczyszczania sprawiał, że usunięcie ładunku fosforu w latach siedemdziesiątych XX wieku nie przekraczało 1%. Później,



Rysunek 43. Analiza danych dotyczących ładunków fosforu ogólnego ( $L_w$ ,  $L_k$ ,  $L_o$ ,  $L_u$ ,  $L_z$ ,  $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla rzeki Rawy



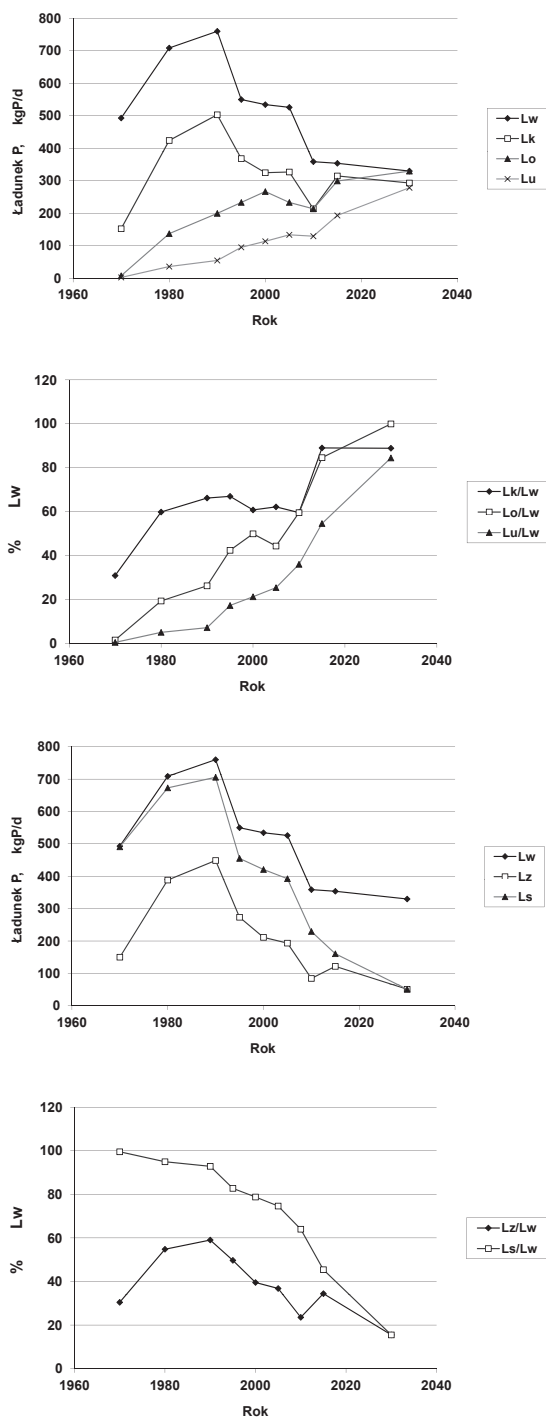
Rysunek 44. Analiza danych dotyczących ładunków fosforu ogólnego ( $L_w$ ,  $L_k$ ,  $L_o$ ,  $L_u$ ,  $L_z$ ,  $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla Czarnej Przemszy

część spośród zlokalizowanych w tej zlewni obiektów stanowiły niewielkie, konwencjonalne mechaniczno-biologiczne bez podwyższonego usuwania związków biogenych. W rezultacie usunięcie ładunku fosforu w roku 2010 wyniosło 36,0%  $L_w$ , zaś przewidywane w roku 2030 będzie zbliżone do 84,4%  $L_w$  (rys. 45).

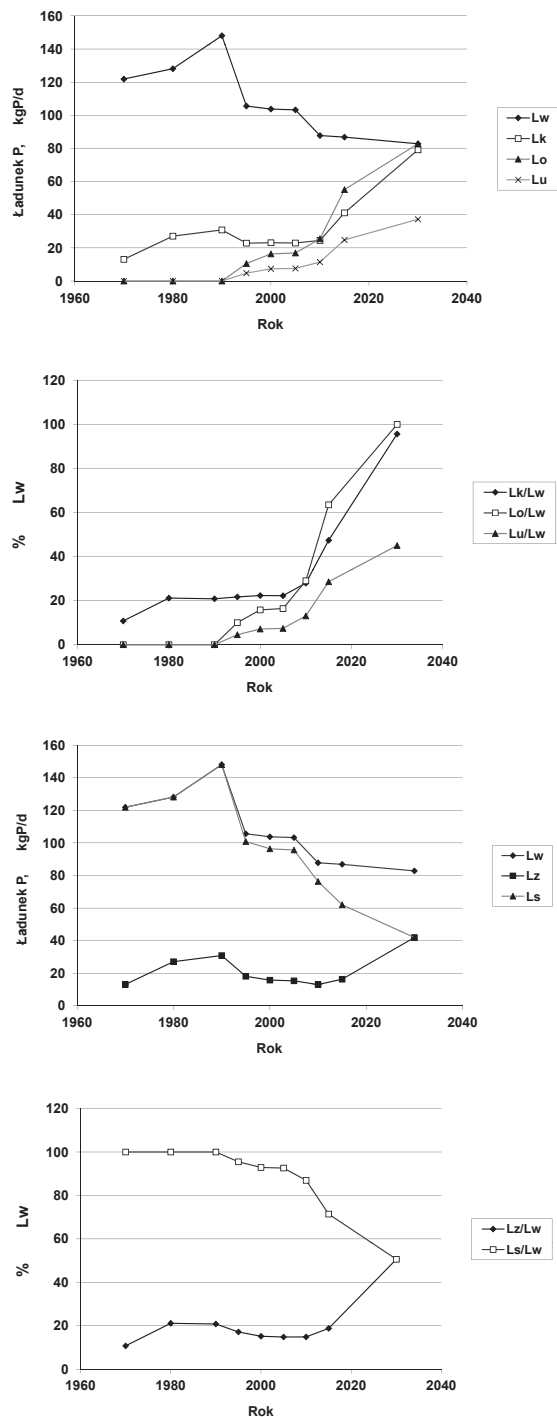
Mniejsze zurbanizowanie obszaru oraz niewielkie skanalizowanie gmin w latach siedemdziesiątych powodowały, że emisja związków fosforu bezpośrednio do wód powierzchniowych ( $L_z$ ) była niewielka i wynosiła 150 kgP/d (30%  $L_w$ ). Wzrost liczby ludności w zlewni Białej Przemszy oraz poprawa poziomu życia doprowadziły do wyraźnego jej wzrostu. Maksymalna wartość – 449 kgP/d (59%  $L_M$ ) wystąpiła w roku 1990. Później pomimo wzrostu liczby mieszkańców korzystających z kanalizacji emisja ta spadała i w 2010 była równa 84 kgP/d (25,1%  $L_M$ ). Wartości ładunku wprowadzanego do środowiska ( $L_s$ ) dla tych lat wyniosły odpowiednio 491 kgP/d, 706 kgP/d i 229 kgP/d. Minimalna wartość dla obu tych wielkości wystąpi w roku 2030 i wyniesie 51 kgP/d (15,5%  $L_w$ ).

Maksymalny ładunek fosforu wytwarzany w gospodarstwach domowych w zlewni zbiornika w Przeczycach wystąpił w latach dziewięćdziesiątych i wynosił 148,0 kgP/d, zaś minimalny – 87,8 kgP/d w 2010 roku. Do roku 2030 wartość ta nie ulegnie większym zmianom. W latach siedemdziesiątych zlewnia ta była w nieznacznym stopniu skanalizowana, brak było oczyszczalni ścieków. Znaczące usunięcie ładunku fosforu, powyżej 10%  $L_w$ , odnotowano dopiero w roku 2010. Maksymalne – około 51%  $L_w$  oszacowano dla roku 2030. Przez cały analizowany okres wartość  $L_z$  wynosiła około 20%  $L_w$ , wyższa spodziewana jest jedynie w roku 2030. Odmienne przedstawiała się emisja fosforu do środowiska ( $L_s$ ). Do roku 2010 jej wartość była wyższa od 80%  $L_w$ , jedynie wyniki oszacowania dla lat 2015 i 2030 są korzystniejsze. Ładunek fosforu wprowadzany do odbiorników w analizowanej zlewni w latach 1970–2010 wahał się w granicach 13,0–30,8 kgP/d, a wartość maksymalna określona dla roku 2030 wyniosła 41,3 kgP/d. W przypadku  $L_s$  w początkowym etapie wartości były wyższe 95,6–148,0 kgP/d; w latach 2015–2030 spodziewać się należy spadku do 41,9 kgP/d (rys. 46).

Podobnie, jak w poprzednich przypadkach, biorąc pod uwagę przedstawione powyżej wartości  $L_z$  i  $L_s$  określono oczekiwany wzrost stężenia fosforu w wodach powierzchniowych w wybranych przekrojach w zlewni Przemszy związany z gospodarką komunalną. W Rawie w latach 1970–1990 wzrost stężenia fosforu w wyniku emisji z sektora komunalnego oszacowano na 5,0–5,5 mgP/l. w Czarnej Przemszy 3,5–4,0 mgP/l, zaś w Przemszy na 2,0–2,5 mgP/l; w pozostałych dwóch przekrojach oczekiwane wartości były niższe od 1 mgP/l. Po roku 2015 we wszystkich analizowanych przekrojach oczekiwany wzrost stężenia fosforu ogólnego w wodzie w wyniku emisji z sektora komunalnego nie powinien przekraczać 1 mgP/l (rys. 47, rys. 48).

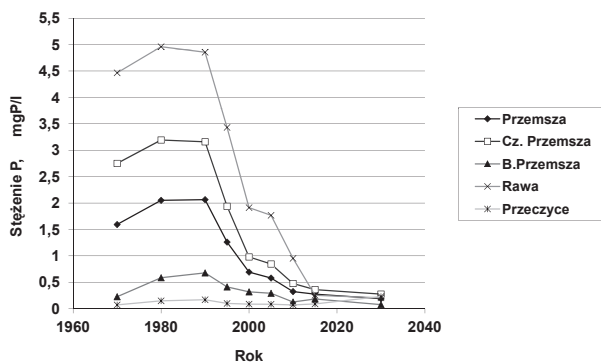


Rysunek 45. Analiza danych dotyczących ładunków fosforu ogólnego ( $L_w$ ,  $L_k$ ,  $L_o$ ,  $L_u$ ,  $L_z$ ,  $L_s$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla Białej Przemyszy

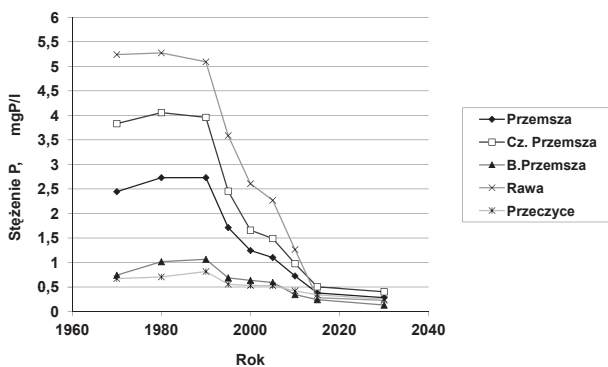


Rysunek 46. Analiza danych dotyczących ładunków fosforu ogólnego ( $L_W$ ,  $L_K$ ,  $L_O$ ,  $L_U$ ,  $L_Z$ ,  $L_S$ ) w latach 1970–2010 z oszacowaniem do roku 2030 dla zlewni zbiornika w Przeczykach





Rysunek 47. Prognozowany wzrost stężenia fosforu w zlewni Przemyskiej określony dla ładunku wprowadzanego do wód powierzchniowych ( $L_z$ )



Rysunek 48. Prognozowany wzrost stężenia azotu ogólnego w przekrojach ujściowych rzek w zlewni Przemyskiej określony dla ładunku wprowadzanego do środowiska ( $L_s$ )



## 6. Badania jakości wód powierzchniowych

### 6.1. Monitoring powierzchniowych wód płynących w zlewni Przemszy

W opracowaniu przedstawiono wyniki badań jakości wody w wybranych przekrojach w zlewni Przemszy (tabela 17). Badania te były prowadzone od końca lat pięćdziesiątych. W tym czasie wielokrotnie zmieniał się ich zakres. Początkowo, obejmował jedynie podstawowe wskaźniki (pH, tlen rozpuszczony, BZT<sub>5</sub>, zawiesiny, utlenialność), później, w latach dziewięćdziesiątych został on wyraźnie zwiększony [40, 88, 89, 95, 130].

Analizie poddano wartości średnioroczne następujących wskaźników jakości wody: temperatura, tlen, BZT<sub>5</sub>, azot amonowy, azot azotanowy, azot azotynowy, azot ogólny, azot Kjeldahla, fosfor ogólny. Próby wody do analiz pobierano oraz analizy wykonywano w laboratoriach: Ośrodka Badania i Kontroli Środowiska w Katowicach [88, 89, 95] i Wojewódzkiej Inspekcji Ochrony Środowiska w Katowicach [147]. Badania prowadzono zgodnie z obowiązującymi normami oraz procedurami przyjętymi w laboratoriach Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska [40, 95].

Tabela 17. Analizowane przekroje kontrolno-pomiarowe monitoringu wód powierzchniowych

Lp.	Rzeka	Nazwa przekroju kontrolno-pomiarowego	Numer punktu	km biegu rzeki
1	2	3	4	5
1	Czarna Przemsza	powyżej ujścia do zbiornika w Przeczycach	53	37,0
2	Rawa	ujście do Brynicy	106	0,1
3	Czarna Przemsza	przed połączeniem z Białą Przemszą	112	0,5
4	Biała Przemsza	ujście do Czarnej Przemszy	137	0,2
5	Przemsza	ujście do Wisły	148	0,3
6	Mała Wisła	Nowy Bieruń	38	3,6
7	Wisła	Bobrek	150	0,5

Ponadto dla zobrazowania sezonowości zmian przedstawiono wartości analiz poszczególnych wskaźników dla roku 1996, kiedy częstotliwość poboru prób była największa. Badania te wykonano w Laboratorium Ośrodka Badań i Kontroli Środowiska w Katowicach [89].

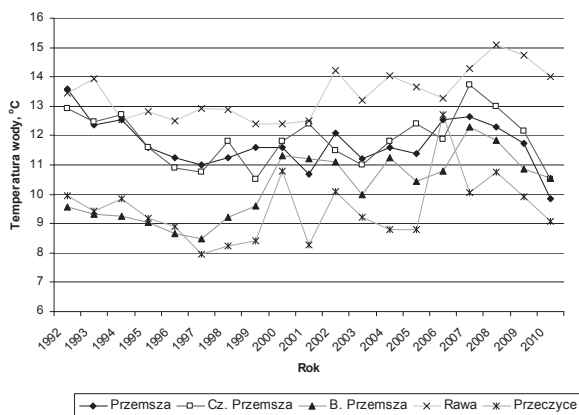
Analizę wyników przeprowadzono dla pięciu przekrojów badawczych w zlewni Przemszy. Wybrane przekroje pozwalają na ocenę jakości wody w miejscach charakteryzujących się zróżnicowanym zurbanizowaniem.

Dodatkowo przeanalizowano także wpływ Przemszy na jakość wody w Wiśle. Analizując zanieczyszczenie w przekroju w Bieruniu Nowym należy uwzględnić fakt, że poniżej zbiornika w Goczałkowicach do Wisły uchodzą m.in. rzeki Biała, Iłownica, Pszczynka, Gostynia i potok Goławiecki, będące odbiornikami ścieków komunalnych i przemysłowych oraz wód dołowych z kopalń węgla kamiennego z miast Bielsko-Biała, Czechowice-Dziedzice, Pszczyna, Brzeszcze, Tychy, Bieruń, Łędziny. Przyjęcie wód Przemszy powodowało dalsze jej pogorszenie [88, 89]. Obecnie, choć sytuacja uległa poprawie, wpływ ten jest w dalszym ciągu widoczny [147].

## 6.2. Wpływ emisji zanieczyszczeń ze źródeł komunalnych na jakość wód powierzchniowych w zlewni Przemszy oraz w Wiśle

### 6.2.1. Temperatura

Temperatura wody jest jednym z podstawowych czynników wpływających na zachodzące w wodach powierzchniowych procesy biochemiczne [26, 27].



Rysunek 49. Zmiany wartości średniorocznych temperatur wody w analizowanych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy

Decyduje ona o procesie samooczyszczania wody, wpływa na zawartość tlenu rozpuszczonego oraz intensywność przemian biochemicznych, w tym nitrifikacji [42, 72, 83, 84]. Wprowadzenie ścieków komunalnych, przemysłowych oraz wód chłodniczych powoduje wyraźne podniesienie średniorocznej temperatury wody w odbiorniku, a w przypadku części rzek i potoków sprawia, że w okresie zimowym, nie występuje zalodzenie [26, 27, 29]. W analizowanym obszarze badań wystąpiły różnice temperatury wody pomiędzy poszczególnymi przekrojami badawczymi. Zdecydowanie najwyższe wartości zanotowano w Rawie. Przez cały okres prowadzenia badań średnioroczna temperatura wody w przekroju ujściowym tej rzeki wahała się w granicach 12–15°C. Wysokie wartości wystąpiły także w przekrojach zlokalizowanych na odcinkach ujściowych Czarnej Przemszy i Przemszy (rys. 49).

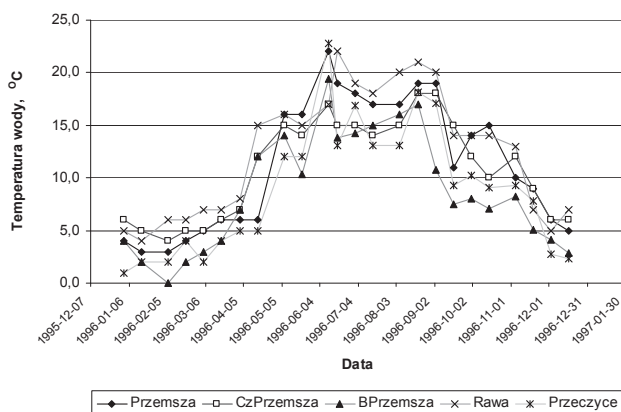
Po roku 2006 (w Rawie po 2008) nastąpił spadek temperatury wody w analizowanych przekrojach. Spadek ten był prawdopodobnie rezultatem zmniejszenia ilości ścieków komunalnych i przemysłowych oraz wód chłodzących wprowadzanych do odbiorników w poszczególnych zlewniach częściowych. Dodatkowo wpływ na to zjawisko może wywoływać retencja ścieków w urządzeniach oczyszczających w okresie zimowym.

Charakterystyczne zmiany wartości średniorocznej temperatury odnotowano w przypadku Białej Przemszy. Do roku 1999 średnia temperatura wody w tej rzece w przekroju ujście do Przemszy była niższa od uzyskanej w przekrojach zlokalizowanych na obszarach zurbanizowanych i nie przekraczała 10°C. Począwszy od 1995 roku jej wartości systematycznie rosły i po roku 2000 nie odbiegały znacząco od występujących w innych. Wynikało to prawdopodobnie ze zwiększenia zurbanizowania zlewni oraz wprowadzania do odbiornika ścieków komunalnych i przemysłowych o wyższej temperaturze. Z drugiej strony notowany w ostatnich latach spadek średniej temperatury wody w większości analizowanych przekrojów, może być rezultatem zmniejszenia ilości zrzucanych ścieków (rys. 49).

Najniższe temperatury średnie wystąpiły w przekroju kontrolnym zlokalizowanym na Czarnej Przemszy powyżej zbiornika w Przeczycach. Wartość średnia uzyskana dla poszczególnych lat wahała się tu w granicach 8–11°C. Ta część zlewni jest stosunkowo słabo zurbanizowana. Ilość odprowadzanych ścieków jest w tym przypadku stosunkowo niewielka i wpływ ich zrzutu na temperaturę wody zanikomy (rys. 49).

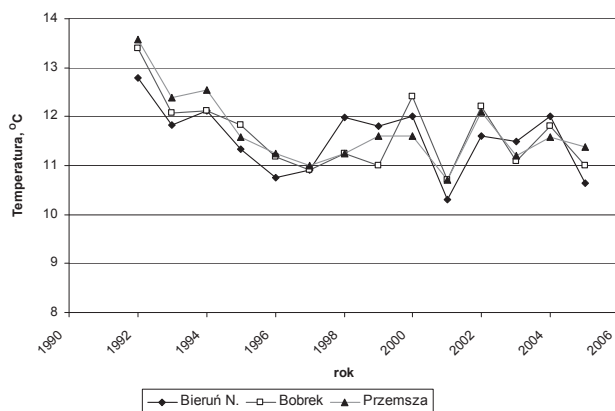
Celowe wydaje się także przeanalizowanie sezonowych zmian temperatury dla poszczególnych przekrojów. Analizę taką przeprowadzono dla roku 1996. Przez cały rok najniższe wartości wystąpiły w Czarnej Przemszy powyżej Przeczyc oraz na odcinku ujściowym Białej Przemszy. Minimalna temperatura zimą wynosiła w tych przekrojach 1–2°C jednak, nawet w tych przypadkach, w roku 1996 nie wystąpiło zalodzenie. Latem, maksymalne wartości temperatury wody dochodziły tu do 16–17°C. Zdecydowanie wyższe odnotowano w przypadku Rawy – minimum – około 4–5°C, maximum – około 23°C. Uzyskane różnice

świadczą o wpływie antropopresji na temperaturę wody w analizowanej zlewni [27, 28] (rys. 50).



Rysunek 50. Sezonowe zmiany wartości temperatury wody w roku 1996 w analizowanych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy

Stosunkowo wysokie temperatury notowano w wodach Wisły w przekrojach zlokalizowanych powyżej i poniżej ujścia Przemszy. W latach 1992–2006 średnioroczna temperatura wody w przekroju w Bieruniu Nowym wyraźnie przekraczała 10°C. Jednocześnie w przekroju tym nie występowało zalodzenie. Uzyskane wartości są nieznacznie niższe od obserwowanych w wodach Przemszy w przekroju ujściowym oraz w Wiśle w przekroju poniżej Przemszy (przekrój Bobrek) (rys. 51).

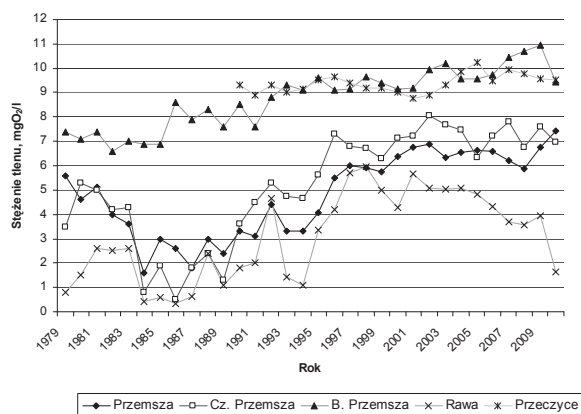


Rysunek 51. Średnie wartości temperatury w Wiśle w przekrojach powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz w Przemszy w przekroju ujście

## 6.2.2. Zawartość tlenu rozpuszczonego

Wprowadzane do cieków powierzchniowych ścieki komunalne, szczególnie nieoczyszczone, wpływają na stężenie tlenu w wodzie odbiornika. Ścieki te charakteryzują się niską zawartością tlenu i ich wprowadzenie do niewielkich rzek i potoków powoduje szybki, znaczący spadek jego zawartości w wodzie [23, 26, 27].

Rozpuszczony w wodzie tlen jest wykorzystywany w procesach samooczyszczania, w procesie nityfikacji oraz do pokrycia zapotrzebowania tlenowego wykazywanego przez osady dennie. W rezultacie na poszczególnych odcinkach rzek okresowo lub stale mogą występować znaczne deficyty tlenowe, zaś w ekstremalnych przypadkach warunki beztlenowe, którym towarzyszy pogorszenie własności organoleptycznych wody, występowanie w wodzie związków toksycznych i szkodliwych dla roślin i zwierząt wodnych oraz emisja związków złośliwych. Okresowe spadki zawartości tlenu powodują zanik niektórych gatunków roślin i zwierząt wodnych [26, 27, 101].



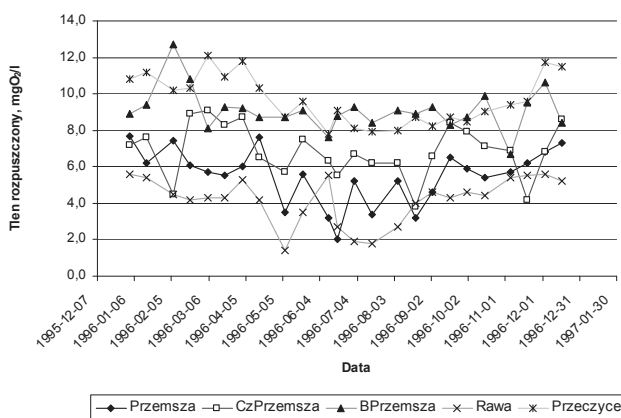
Rysunek 52. Średnioroczne stężenie tlenu w wybranych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy

Zrzuty ścieków były główną przyczyną, występowania w latach 1970–1995 deficytów tlenowych. W Rawie, Czarnej Przemszy i Przemszy jego średnioroczne stężenie nie przekraczało  $2,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$ , przy czym w dwóch pierwszych, w połowie lat osiemdziesiątych, było ono niższe od  $1,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$  (rys. 52). Przy takich wartościach średnich, w okresie letnim w wodzie prawdopodobnie utrzymywały się warunki beztlenowe.

Poprawę warunków tlenowych w tych przekrojach odnotowano w połowie lat dziewięćdziesiątych, zaś od roku 2000 średnia zawartość  $\text{O}_2$  we wszystkich analizowanych przekrojach badawczych była wyższa od  $4,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$  (rys. 52). Wyraźne załamanie w przypadku Rawy w latach 2005–2010 związane było

prawdopodobnie z wyłączeniem z eksploatacji oczyszczalni „Klimzowiec” i „Gigablok” w okresie ich modernizacji.

W Białej Przemszy (przekrój ujście do Przemszy), przez cały analizowany okres, średnioroczne stężenie tlenu przekraczało  $6,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$ , zaś po roku 2000 było wyższe od  $8,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$ . Jeszcze wyższe wartości notowano w Czarnej Przemszy powyżej zbiornika w Przeczycach (rys. 52).

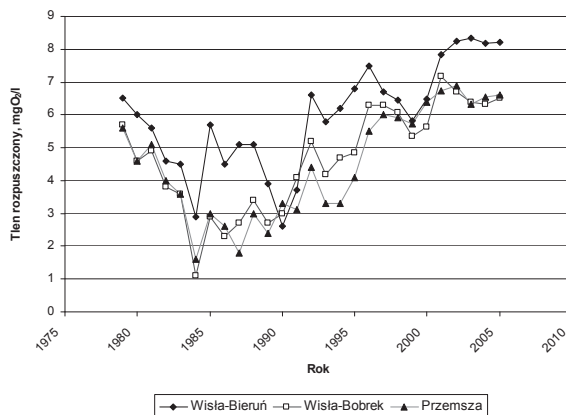


Rysunek 53. Sezonowe zmiany stężenia tlenu w analizowanych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy na przykładzie roku 1996

Podobnie, jak dla temperatury, także w przypadku rozpuszczonego tlenu odnotowano wystąpienie zmian sezonowych w 1996 roku. Niższe stężenia we wszystkich przekrojach wystąpiły w okresie letnim. Wysoka temperatura wody wpływała na rozpuszczalność tlenu i sprzyjała intensywności procesów samooczyszczania. Latem, w przekroju Rawa ujście oraz w przekroju Przemsza ujście stężenia tlenu w wodzie spadały poniżej  $2 \text{ mgO}_2/\text{l}$  (rys. 53). Przez cały analizowany rok dobre warunki tlenowe – stężenie tlenu rozpuszczonego powyżej  $8,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$  – utrzymywały się w wodzie w przekrojach Biała Przemsza ujście oraz Czarna Przemsza powyżej zbiornika w Przeczycach (rys. 53). Także dla tych przekrojów odnotowano niewielką sezonowość zmian. Głównym jej powodem była prawdopodobnie zmiana rozpuszczalności tlenu w wodzie, związana z temperaturą wody; notowane wartości były zbliżone do stanu nasycenia.

Wprowadzenie wód Przemszy powodowało wzrost deficytów tlenowych w wodach Wisły. W latach osiemdziesiątych i na początku dziewięćdziesiątych średnioroczne stężenie tlenu w wodzie Wisły było niższe od  $3,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$ , zaś stężenia minimalne wystąpiły w latach osiemdziesiątych wahały się w granicach  $1,0\text{--}2,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$ . W późniejszym okresie nastąpił wzrost stężenia tlenu w wodzie w analizowanych przekrojach (rys. 54).





Rysunek 54. Średnioroczne stężenie tlenu w Wiśle w przekrojach poniżej i powyżej ujścia Przemszy oraz w Przemszy w przekroju ujście

### 6.2.3. Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu – $BZT_5$

W przeszłości, dla określenia zanieczyszczenia wody organicznymi związkami węgla najczęściej wykorzystywane były wskaźniki umowne –  $BZT_5$  oraz ChZT określone metodą dwuchromianową [88, 89, 92]. Oznaczanie węgla organicznego wprowadzone zostało do monitoringu powierzchniowych wód płynących w zlewni Przemszy dopiero na przełomie XX i XXI wieku [147].

Głównym źródłem organicznych związków węgla w wodach powierzchniowych są ścieki komunalne i przemysłowe. Ich emisja może zostać znacznie ograniczona w wyniku oczyszczania ścieków metodami mechanicznymi i biologicznymi [8, 23, 28]. Wpływ na zawartość w wodzie tych związków wywiera także naturalny proces samooczyszczania wód polegający na kompleksowym działaniu czynników fizykochemicznych i biologicznych, pozwalający na obniżenie ich poziomu. W procesie tym dochodzi do rozcieńczenia ścieków wodami odbiornika, sedymentacji zawiesin, sorpcji koloidów i zanieczyszczeń rozpuszczonych na cząstkach zawiesiny i roślin oraz do biochemicznego rozkładu zanieczyszczeń organicznych [26, 27, 101].

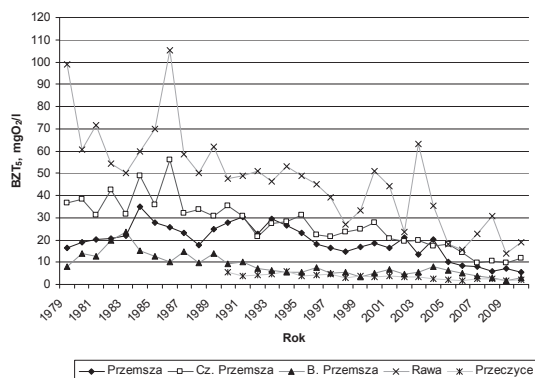
Proces biochemicznego rozkładu zanieczyszczeń w wodach powierzchniowych zachodzi zarówno w warunkach tlenowych, jak i beztlenowych. W obu przypadkach inny jest jego przebieg, szybkość usuwania substratu, różne są produkty przemian oraz ich oddziaływanie na środowisko. W obecności tlenu dochodzi do mineralizacji związków organicznych, której produktem są utlenione, nieorganiczne związki węgla, azotu, fosforu i siarki. Charakteryzują się one niewielką toksycznością i nie wpływają w znaczący sposób na własności organoleptyczne wody. W warunkach beztlenowych szybkość usuwania substratu jest niższa, a zachodzące przemiany charakteryzują się znaczną uciążliwością dla środowiska [26, 27].

Przez cały okres prowadzenia badań zdecydowanie najwyższe  $BZT_5$  w wodzie notowano w przekroju zlokalizowanym na Rawie. W połowie lat osiemdziesiątych średnioroczna jego wartość przekraczała  $100 \text{ mgO}_2/\text{l}$ . Był to okres, w którym w zlewni tej rzeki pracowały jedynie niewielkie oczyszczalnie mechaniczne, a zdecydowana większość wytwarzanych ścieków była wprowadzana do odbiornika bez żadnego oczyszczania (rys. 55). Zgodnie z danymi IMGW, około 80% odpływu stanowiły wówczas wody pochodzenia antropogenicznego [46, 141]. Później  $BZT_5$  w wodzie w tym przekroju uległo obniżeniu i w latach 2008–2009 nie przekraczało  $30 \text{ mgO}_2/\text{l}$  [88, 89]. Notowane po roku 2000 wahania były spowodowane prawdopodobnie przerwami w eksploatacji oczyszczalni ścieków „Klimzowiec” oraz „Katowice-Centrum” w czasie ich modernizacji [147].

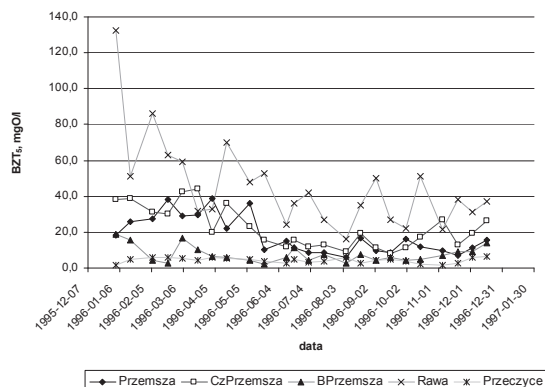
W latach osiemdziesiątych wysokie  $BZT_5$  wody wystąpiło także w pozostałych przekrojach zlokalizowanych w silnie zurbanizowanej zlewni Przemszy – w przekrojach Czarna Przemsza ujście i Przemsza ujście. Wyniosło ono odpowiednio  $60 \text{ mgO}_2/\text{l}$  i  $40 \text{ mgO}_2/\text{l}$ . Później, w miarę porządkowania gospodarki ściekowej w poszczególnych gminach, wartości te uległy powolnej obniżce [88, 89]. W przekroju Przemsza ujście, po roku 2000, średnioroczne  $BZT_5$  nie przekraczało  $10 \text{ mgO}_2/\text{l}$ . Podobna sytuacja na Czarnej Przemszy wystąpiła dopiero po roku 2005 [88, 89, 147] (rys. 55).

Korzystniejsze wyniki uzyskano dla pozostałych przekrojów zlokalizowanych na ujściu Białej Przemszy i na Czarnej Przemszy powyżej zbiornika w Przeczycach. W pierwszym maksymalna wartość  $BZT_5$  wystąpiła na początku lat osiemdziesiątych XX w. i nieznacznie przekraczała  $20 \text{ mgO}_2/\text{l}$ ; od roku 1992 była niższa od  $10 \text{ mgO}_2/\text{l}$ , zaś od 2007 – od  $4,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$ . Oznaczenia  $BZT_5$  w Czarnej Przemszy powyżej zbiornika zaporowego w Przeczycach były prowadzone od roku 1990. Maksymalne wartości dochodziły tu do  $6,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$ . Notowane wahania były w tym przypadku stosunkowo niewielkie (rys. 55).

Wyniki z roku 1996 wskazują na wystąpienie zauważalnej sezonowości. Stosunkowo niskie wartości zanotowano w okresie letnim (rys. 56).

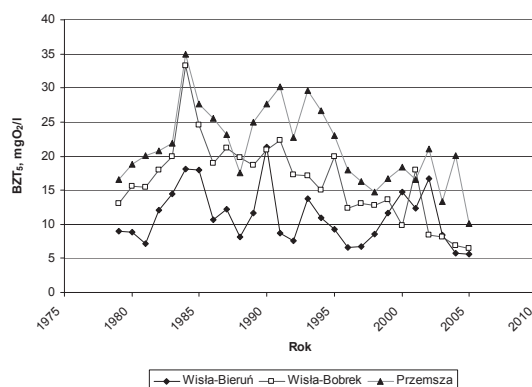


Rysunek 55. Średnioroczne wartości  $BZT_5$  w przekrojach badawczych w zlewni Przemszy w latach 1979–2010



Rysunek 56. Sezonowe zmiany wartości  $BZT_5$  w analizowanych przekrojach w zlewni Przemszy na przykładzie roku 1996

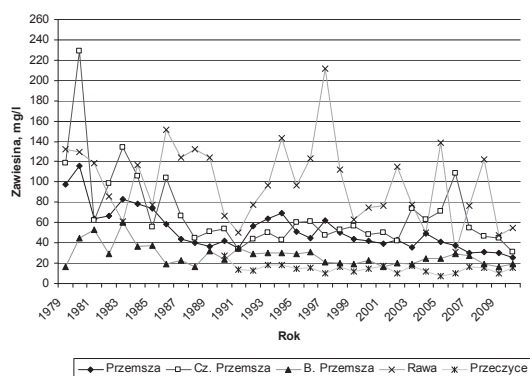
W analizowanym okresie badań przez długi czas (1979–2000) ładunek  $BZT_5$  zawarty w wodach Przemszy powodował wyraźny wzrost jego zawartości w Wiśle; maksymalne wartości tego wskaźnika dochodziły do  $35 \text{ mgO}_2/\text{l}$  w połowie lat osiemdziesiątych. W późniejszym okresie wpływ ten uległ wyraźnemu zmniejszeniu, zaś po roku 2000 doszło do wyrównania wartości występujących w wodzie powyżej i poniżej ujścia Przemszy, wahały się one pomiędzy  $5,0$  a  $10,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$ . W przekroju w Nowym Bieruniu (poniżej ujścia Przemszy) odnotować należy wahania tej wielkości po roku 2000, wynikające prawdopodobnie z okresowych wyłączeń dużych oczyszczalni ścieków (modernizacje) w zlewni Wisły, powyżej tego przekroju. Uwaga ta dotyczy przede wszystkim obiektów obsługujących największe zlokalizowane w tej zlewni miasta: Bielsko-Biała, Tychy, Czechowice-Dziedzice, Pszczyna (rys. 57).



Rysunek 57. Zmiany wartości  $BZT_5$  w Wiśle w przekroju powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz Przemsza ujście

## 6.2.4. Zawiesina

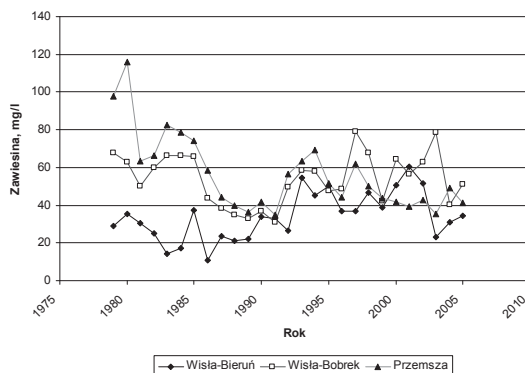
Wskaźnikiem zanieczyszczenia wody, silnie uzależnionym od antropopresji, jest zawiesina. W literaturze można znaleźć informacje o ładunku jednostkowym pochodzącym od mieszkańca, a także o usunięciu zawiesiny w trakcie oczyszczania [8, 23], co pozwala na przeprowadzenie podobnej analizy, jak w przypadku BZT<sub>5</sub>, azotu i fosforu. Dla zlewni Przemszy odstąpiono od takiego postępowania w związku ze znaczącym wpływem na ten wskaźnik innych źródeł zanieczyszczenia – przemysł (górnictwo, hutnictwo), spływ powierzchniowy, erozja, itp.



Rysunek 58. Średnioroczne stężenia zawiesiny w analizowanych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy

Średnioroczne zawartości zawiesiny w wodzie w punktach monitoringowych zlokalizowanych na rzekach w zlewni Przemszy były wysokie; Najwyższe – powyżej 200 mg/l – wystąpiły w Rawie i Czarnej Przemszy. W Rawie w analizowanym okresie często przekraczały one 100 mg/l. W Przemszy, na ujściu do Wisły, maksymalne wartości do 120 mg/l notowano na początku lat osiemdziesiątych XX wieku; później przez długi okres wahały się one w granicach 40–80 mg/l; dopiero w roku 2005 notowano stężenia poniżej 40 mg/l (rys. 58) [88, 89, 147]. Obserwowane w ostatnich latach obniżenie zawartości tego wskaźnika jest głównie efektem dobrej pracy oczyszczalni ścieków oraz ograniczenia produkcji w części zakładów przemysłowych.

Występowanie w wodzie podwyższonych stężeń zawiesin, szczególnie mineralnych, sprzyja samooczyszczaniu się wód. Jest to rezultat sorpcji części zanieczyszczeń na powierzchni materiału, a następnie jego sedimentacji. W efekcie dochodzi do kumulacji zanieczyszczeń w osadach dennych. Zmniejszenie zawartości zawiesin w wodzie będzie powodować ograniczenie tego zjawiska. [26, 27].



Rysunek 59. Zmiany wartości zawiesiny w Wiśle w przekroju powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz Przemsza ujście

Wysokie zawartości zawiesin wystąpiły również w Wiśle, szczególnie w przekroju poniżej ujścia Przemszy. Maksymalne stężenia w przekroju w Bieruniu (powyżej ujścia Przemszy) wyniosły około 60 mg/l, a w przekroju w Bobrku były najczęściej wyższe i dochodziły do 80 mg/l (rys. 59).

### 6.2.5. Związki azotu

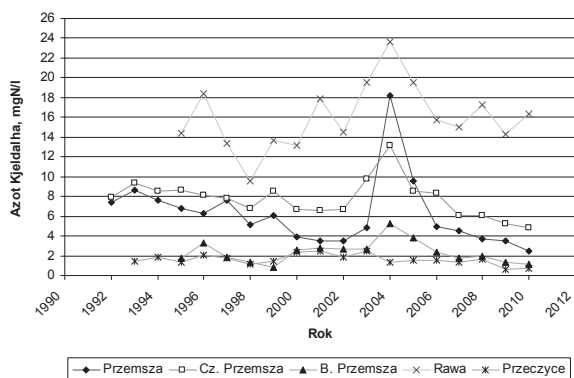
Ścieki komunalne należą do głównych źródeł azotu w wodach powierzchniowych [3, 63, 64, 67, 80, 91, 125]. Przeprowadzona analiza wykazała, że do połowy lat dziewięćdziesiątych XX wieku, tylko niewielka ich ilość wprowadzana do odbiorników w analizowanej zlewni była w jakikolwiek sposób oczyszczana. W ściekach nieoczyszczonych oraz oczyszczanych mechanicznie azot występuje głównie w formie organicznej i amonowej (azot Kjeldahla). W ściekach oczyszczonych udział różnych form azotu uzależniony jest od efektywności procesu oczyszczania. W ostatnich latach, dzięki coraz powszechniejszemu stosowaniu biologicznej denitryfikacji, ładunek azotu wprowadzany do odbiorników z punktowych zrzutów ścieków komunalnych wyraźnie maleje [101].

Związki azotu wprowadzane są do wód powierzchniowych także w wyniku zanieczyszczenia obszarowego. Źródłem azotu są spływy powierzchniowe z użytków rolnych, przy czym azot występuje tu głównie w formie azotanowej [21, 24, 25, 26, 31, 33, 62, 80, 106, 125, 126]. W miastach znaczącą rolę w bilansie azotu, odgrywa azot spływający z terenów zurbanizowanych [9, 10]. Ważnym źródłem zanieczyszczenia obszarowego wód azotem, jest emisja do powietrza produktów spalania węgla, paliw silnikowych, itp. Substancje te dostają się do wód powierzchniowych z wodami deszczowymi [25, 34, 35, 56, 62, 73, 106, 127].

### 6.2.5.1. Azot Kjeldahla

Analizy azotu Kjeldahla w wodzie w przekrojach zlokalizowanych na ujściu Przemszy do Wisły i na Czarnej Przemszy wykonywane były począwszy od roku 1992, zaś w pozostałych od 1995. Uniemożliwia to odniesienie się do wartości tego wskaźnika, jakie występowały w zlewni Przemszy w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku, kiedy większość ścieków komunalnych trafiała do odbiorników bez żadnego oczyszczania.

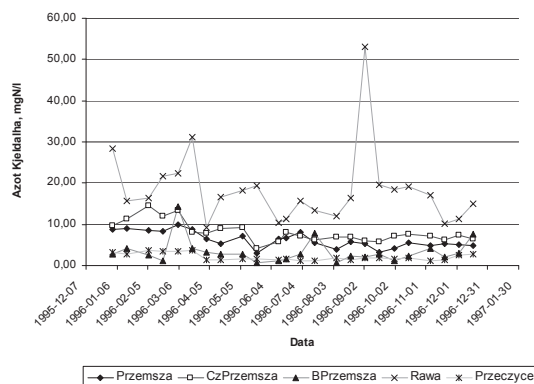
W okresie, w którym prowadzono badania, najwyższe stężenia azotu Kjeldahla występowały w Rawie. W przypadku tego cieku trudno wskazać na tendencję malejącą. Maksymalne stężenia średnioroczne w przekroju Rawa ujście, dochodzące do 25,0 mgN/l, odnotowano w roku 2004. W tym okresie wysokie stężenia azotu Kjeldahla (do 18 mgN/l) wystąpiły także w przekrojach ujściowych Czarnej Przemszy i Przemszy. Później, we wszystkich analizowanych przekrojach, jego wartość uległa obniżeniu. W Czarnej Przemszy przed połączeniem z Białą Przemszą do 5,0 mgN/l, a w przekroju Przemsza ujście do Wisły do 2,5 mgN/l. Przez cały okres prowadzenia analiz najniższe wartości notowano w przekroju zlokalizowanym na Czarnej Przemszy powyżej zbiornika w Przeczycach. Nie przekraczały one 2,0 mgN/l (rys. 56). Wyjątek stanowiły lata 2001–2003 [88, 89, 147].



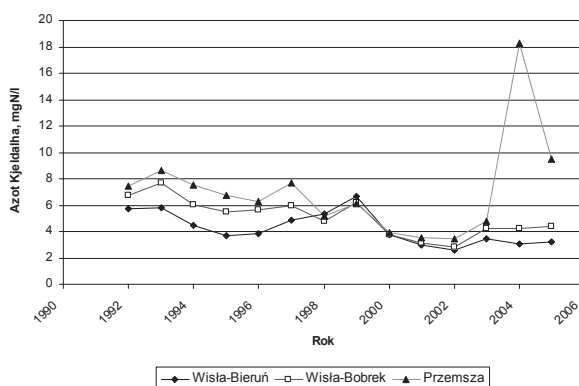
Rysunek 60. Średnioroczne stężenie azotu Kjeldahla w wodzie w analizowanych przekrojach badawczych na Przemszy

Analiza wyników z roku 1996 wskazuje na występowanie sezonowych zmian zawartości azotu amonowego w wodzie w większości przekrojów (za wyjątkiem przekroju na Rawie) stężenia występujące w okresie styczeń–maj oraz listopad–grudzień były wyższe. Potwierdza to wpływ temperatury na procesy samooczyszczania oraz na proces nityfikacji [3, 84, 91].

W przypadku azotu Kjeldahla nie wystąpiły znaczące sezonowe zmiany jego stężenia w wodzie. Wyniki z roku 1996 wskazują jednak na możliwość występowania krótkotrwałych, wysokich stężeń (rys. 61).



Rysunek 61. Sezonowe zmiany wartości azotu Kjeldahla w analizowanych przekrojach w zlewni Przemszy na przykładzie roku 1996



Rysunek 62. Zmiany stężenia azotu Kjeldahla w wodzie w przekrojach powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz w przekroju Przemsza ujście

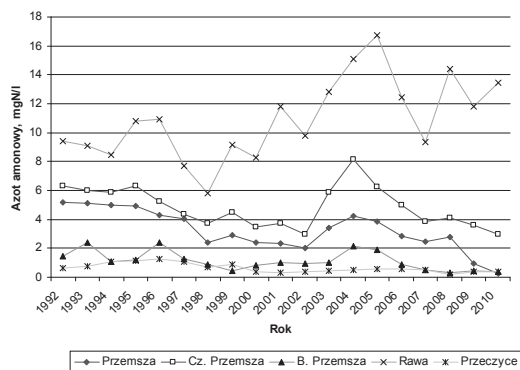
W przekrojach zlokalizowanych na Wiśle powyżej i poniżej ujścia Przemszy odnotować należy spadek zawartości omawianej formy azotu przez cały okres prowadzenia badań. Na początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku stężenia azotu Kjeldahla dochodziły do 6,0 mgN/l (Nowy Bieruń) i 8,0 mgN/l (Bobrek). Do roku 1999 ładunek azotu wprowadzany z wodami Przemszy powodował wyraźny wzrost stężenia tej formy azotu Kjeldahla w wodach Wisły w przekroju Bobrku. Później doszło do wyrównania tych wartości. (rys. 62).

### 6.2.5.2. Azot amonowy

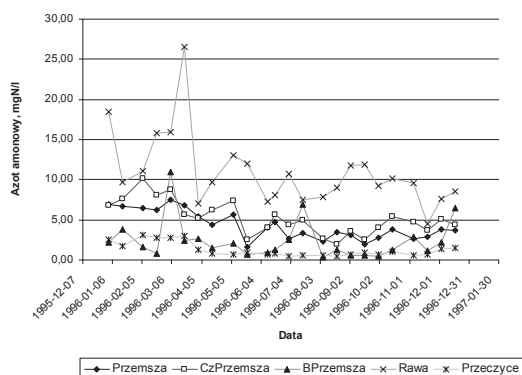
Spośród analizowanych przekrojów najwyższe stężenia azotu amonowego w wodzie zanotowano w Rawie. W latach dziewięćdziesiątych dochodziły one

do 12 mgN/l. Wyższe wartości – do 16 mgN/l wystąpiły w tej rzece w latach 2003–2010 i były prawdopodobnie związane z sygnalizowanymi wcześniej pracami modernizacyjnymi zlokalizowanych w tej zlewni oczyszczalni ścieków komunalnych. Stężenia azotu amonowego występujące w pozostałych przekrojach były niższe. W Czarnej Przemszy powyżej zbiornika w Przeczycach oraz na ujściu Białej Przemszy średnioroczne stężenia azotu amonowego nie przekraczały 2,0 mgN/l (rys. 63) [88, 89, 147].

Analiza wyników z roku 1996 wskazuje na występowanie sezonowych zmian zawartości azotu amonowego w wodzie. W większości analizowanych przekrojów (za wyjątkiem przekroju na Rawie) stężenia występujące w okresie styczeń–maj oraz listopad–grudzień były wyższe. Potwierdza to wpływ temperatury na procesy samooczyszczania oraz na proces nityfikacji [3, 84, 91]. W przypadku Rawy stężenie azotu amonowego w wodzie wahało się w granicach 7,0–13,0 mgN/l, za wyjątkiem okresu styczeń–kwiecień, kiedy dochodziło ono do 25,0 mgN/l, (rys. 64).



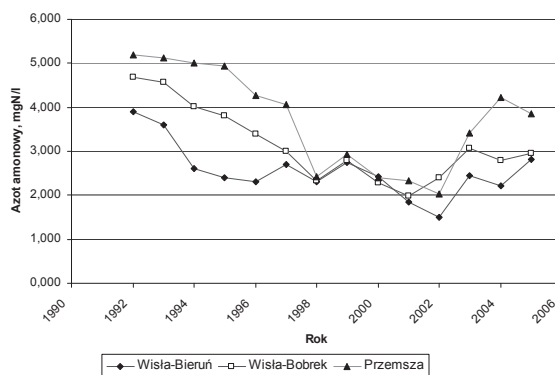
Rysunek 63. Średnioroczne stężenia azotu amonowego w wodzie w wybranych przekrojach badawczych



Rysunek 64. Sezonowe zmiany stężenia azotu amonowego w analizowanych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy na przykładzie roku 1996



Zmiany w zakresie wykonywanego monitoringu powierzchniowych wód płynących doprowadziły do sytuacji, w której po roku 2005 nie prowadzi się badań w przekroju badawczym Wisła w Bobrku. Z tego względu brak jest danych o stężeniu azotu amonowego w Wiśle poniżej ujścia Przemszy. Utrudnia to porównanie danych z wcześniej przedstawionymi. Należy zwrócić uwagę na różnice w stężeniu azotu amonowego w wodzie w przekrojach w Nowym Bieruniu i Bobrku. W latach dziewięćdziesiątych XX wieku oraz po roku 2002 (rys. 65).



Rysunek 65. Zmiany stężenia azotu amonowego w wodzie w przekrojach powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz w przekroju Przemsza ujście

### 6.2.5.3. Azot azotynowy

Azotyny są produktem I fazy nitryfikacji. W przypadku wód płynących wyższe ich stężenia notowane są wiosną, po zejściu lodów i wzroście temperatury wody. Wartość graniczna zachodzenia procesu nitryfikacji wynosi około 6°C. Wzrost stężenia tej formy azotu w wodzie jest krótkotrwały. Azotyny ulegają następnie utlenieniu do azotanów [26, 27, 82, 83, 84, 91].

W większości analizowanych przekrojów zlokalizowanych w zlewni Przemszy średnioroczne stężenie azotu azotynowego w wodzie nie przekraczało 0,2 mgN/l, zaś różnice pomiędzy poszczególnymi przekrojami były niewielkie. Wyjątek stanowiła rzeka Rawa w latach 1997–2006, kiedy stężenia tej formy azotu dochodziły do 0,5 mg N/l.

### 6.2.5.4. Azot azotanowy

Źródłem azotanów są zanieczyszczenia obszarowe – spływy z użytków rolnych, z terenów zurbanizowanych, wody opadowe i roztopowe oraz wody podziemne i drenażowe [31, 33, 34, 35, 43, 65, 80, 125, 126, 127].

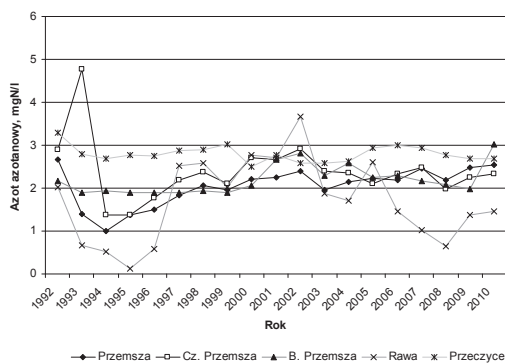
Wpływ na stężenie tej formy azotu w analizowanych przekrojach wywiera również ładunek azotu zawarty w ściekach komunalnych i przemysłowych. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska norma azotu ogólnego dla oczyszczalni ścieków o RLM ponad 100 000 (M-B-B1) wynosi 10 mgN/l. Dodatkowo przy zrzucie ścieków nieoczyszczonych do odbiornika, kierowane są znaczne ładunki azotu organicznego i amonowego, które są substratem w procesie nitryfikacji [26, 27]. Począwszy od połowy lat dziewięćdziesiątych XX w. oczyszczalnie w zlewni Przemszy wyposażano w urządzenia do biologicznej denitryfikacji. W rezultacie ładunek azotanów wprowadzany do odbiorników z oczyszczalni ścieków komunalnych uległ znacznemu obniżeniu.

Zachodzące w wodach przemiany mogą także ograniczać zawartość azotanów. Związki te stanowią substrat dla fitoplanktonu i roślinności rozwijającej się w wodzie. W zbiornikach wód stojących powodują zjawisko eutrofizacji, którego efektem jest masowy rozwój fitoplanktonu (zakwit). W rzekach, w których utrzymują się niskie stężenia tlenu zachodzi proces denitryfikacji, którego efektem jest obniżenie stężenia azotanów [99, 100, 101]. W okresie badań, w analizowanych ciekach, takie warunki wystąpiły przez długi okres (lata dziewięćdziesiąte XX w.) między innymi w Rawie, Czarnej Przemszy i Przemszy.

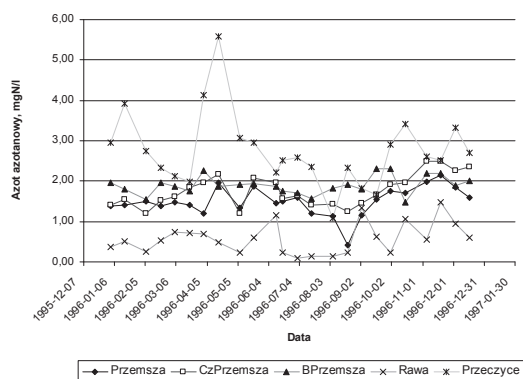
Stężenia azotu azotanowego w wodzie w badanych przekrojach były wyrównane i dla większości z nich w całym okresie prowadzenia badań w latach 1992–2010 wartości średnioroczne oscylowały wokół 2,0 mgN/l (rys. 66). Wyjątek stanowił przekrój zlokalizowany na Rawie, gdzie wartości występujące w latach 1993–1997 oraz 2006–2010 były niższe. Temu zjawisku towarzyszyły wyraźne deficyty tlenowe i wysokie wartości BZT<sub>5</sub>.

Wpływ sezonowości na uzyskiwane wyniki był niewielki. W przypadku odcinków ujściowych Przemszy, Białej Przemszy i Czarnej Przemszy wartości azotu azotanowego wahały się w niewielkich granicach 1,2–2,5 mgN/l; wyższe wartości wystąpiły w przekroju powyżej zbiornika Przeczycy. Wartość maksymalna wystąpiła tam w końcu kwietnia i przekroczyła 5,0 mgN/l. Takie zmiany uwarunkowane były, prawdopodobnie, rolniczym charakterem zlewni powyżej zbiornika w Przeczycach. Niższe zawartości azotanów wystąpiły w przypadku Rawy w latach 1992–1997 oraz po roku 2006. Ich stężenia nie przekraczały wówczas wartości 1 mgN/l (rys. 67).

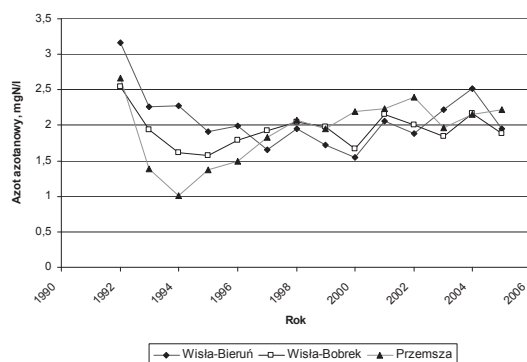
Ładunek azotu azotanowego wprowadzany z wodami Przemszy w niewielkim stopniu oddziaływał na jego stężenie w wodach Wisły. Pewien wpływ uwidocznił się w latach dziewięćdziesiątych XX w. Stężenie tej formy azotu w wodzie w przekroju Przemsza ujście wyniosło wówczas około 1,0 mgN/l, co doprowadziło do obniżenia jego zawartości w Wiśle w Bobrku do 1,5 mgN/l. Przyczyną tej sytuacji było prawdopodobnie zachodzenie procesu denitryfikacji (rys. 68).



Rysunek 66. Średnioroczne stężenia azotu azotanowego w wodzie w wybranych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy



Rysunek 67. Sezonowe zmiany stężenia azotu azotanowego w wodzie w analizowanych przekrojach w zlewni Przemszy w 1996 roku



Rysunek 68. Zmiany stężenia azotu azotanowego w wodzie w przekrojach powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz w przekroju Przemsza ujście

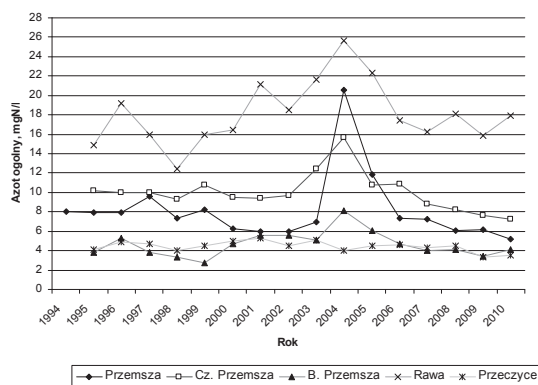
### 6.2.5.5. Azot ogólny

Zawartość azotu ogólnego w wodzie jest sumą omówionych wcześniej form tego pierwiastka – azotu organicznego, amonowego, azotanowego i azotynowego. Najwyższe jego stężenia zanotowano w przekroju Rawa ujęcie. Wahwały się one w granicach 12,0–26,0 mgN/l.

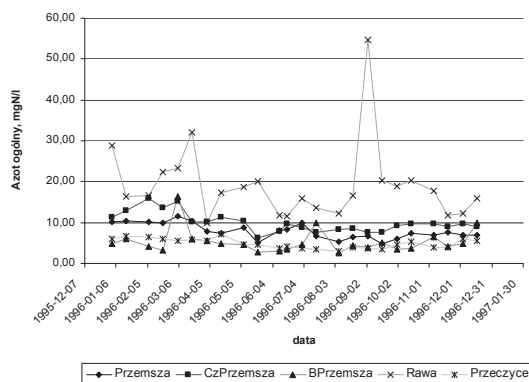
Nieco niższe wystąpiły w Czarnej Przemszy i w Przemszy. W pierwszym przypadku przez zdecydowaną większość okresu badań wartości azotu ogólnego były zbliżone do 10 mgN/l, poza epizodami występującymi w latach 1993 oraz w latach 2003–2004, gdzie dochodziły do 21,0 mgN/l (Przemsza) i 16,0 mgN/l (Czarna Przemsza); później zarysował się trend spadkowy (rys. 69).

W przekrojach zlokalizowanych na Rawie, Przemszy i Czarnej Przemszy stężenie azotu ogólnego uzależnione było głównie od form amonowej i organicznej (azot Kjeldahla), których źródłem w wodach jest emisja komunalna. Wysokie stężenia tych form azotu w wodzie są charakterystyczne dla odbiorników, do których odprowadzane są nieczyszczone ścieki komunalne. W pozostałych dwóch analizowanych przekrojach – Biała Przemsza – ujęcie oraz Czarna Przemsza powyżej zbiornika w Przeczycach średnioroczne zawartości azotu ogólnego nie przekraczały 6 mgN/l i uzależnione były od azotu azotanowego (rys. 69).

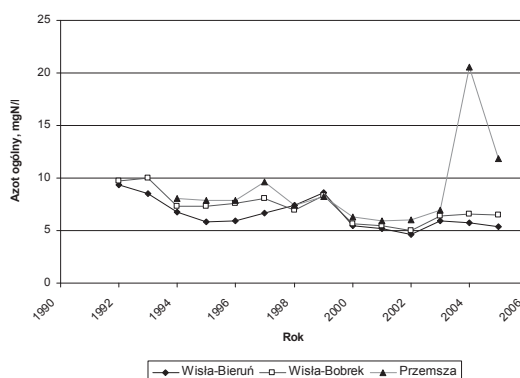
Analizując dane za rok 1996 brak jest podstaw do stwierdzenia wpływu sezonowości na zawartość azotu ogólnego w wodzie. W przypadku konkretnych przekrojów uzyskane w ciągu roku wartości były zbliżone; wystąpiły jednak różnice pomiędzy poszczególnymi przekrojami. Incydentalnie, szczególnie w przypadku Rawy, zanotowano bardzo wysokie stężenia. Na przełomie sierpnia i września przekraczały one 50 mgN/l, zaś w pozostałych terminach poboru prób wahwały się one w granicach od 10 do 32 mgN/l. W przypadku innych, analizowanych przekrojów notowane wartości nie przekraczały 15 mgN/l (rys. 70).



Rysunek 69. Średnioroczne stężenia azotu ogólnego w wybranych przekrojach badawczych w zlewni Przemszy



Rysunek 70. Sezonowe zmiany stężenia azotu ogólnego w zlewni Przemszy w 1996 roku



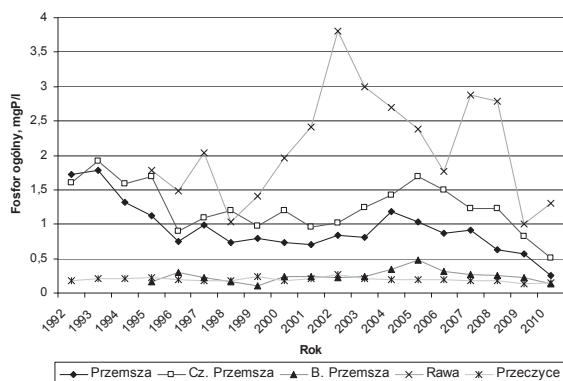
Rysunek 71. Zmiany stężenia azotu ogólnego w wodzie w przekrojach powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz w przekroju Przemsza ujście

W okresie poddanym analizie doszło do zmniejszenia zawartości azotu ogólnego w wodach Wisły. W końcu lat siedemdziesiątych stężenie to wynosiło około 10 mgN/l, zaś na przełomie XX i XXI w. spadło ono do 5 mgN/l. Ładunek azotu ogólnego zawarty w Przemszy w stosunkowo niewielkim stopniu wpływał na jego stężenie w wodach Wisły.

## 2.2.5.6. Fosfor ogólny

W latach dziewięćdziesiątych szacowano, że w warunkach polskich udział źródeł komunalnych w emisji fosforu do wód powierzchniowych wynosi około 70% [80]. Ostatnie lata doprowadziły do ograniczenia tej wartości. Jest to efekt podjęcia prac w zakresie zmniejszenia zużycia proszków do prania za-

wierających polifosforan sodu (STTP) oraz wprowadzenia na szeroką skalę do praktyki oczyszczalni wyposażonych w urządzenia do biologicznej defosfatacji i chemicznego strącania fosforu [38, 77, 78, 118, 119]. Wpływ zanieczyszczeń obszarowych jest w tym przypadku mniejszy niż przy azocie; mniejsza jest rozpuszczalność w wodzie większości związków fosforowych występujących w przyrodzie [87, 106, 126].



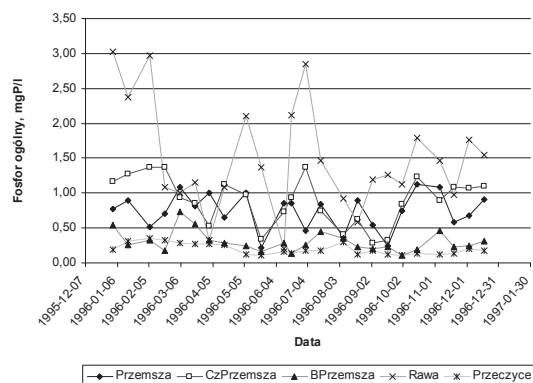
Rysunek 72. Średnioroczne stężenia fosforu ogólnego w wodzie w wybranych przekrojach w zlewni Przemszy

Analizy fosforu ogólnego w wodach powierzchniowych w zlewni Przemszy prowadzono od 1992 roku. Stężenia fosforu występujące w poszczególnych przekrojach w zlewni Przemszy były zróżnicowane. W Rawie dochodziły one do 4 mgP/l; w Czarnej Przemszy nie przekraczały 1,7 mgP/l, zaś w Przemszy 1,0 mgP/l. Zauważalny jest wyraźny spadek stężenia Pog w wodzie w analizowanych przekrojach badawczych zlokalizowanych na Czarnej Przemszy i Przemszy w latach 2004–2010. W Rawie stężenie fosforu utrzymywało się powyżej 1,0 mgP/l (sygnalizowane wcześniej wyłączenia z eksploatacji oczyszczalni ścieków związane z ich modernizacją). W przekrojach na Białej Przemszy i Czarnej Przemszy w Przeczycach średnie stężenia fosforu ogólnego w wodzie przez cały okres badań nie przekraczały 0,5 mgP/l (rys. 64).

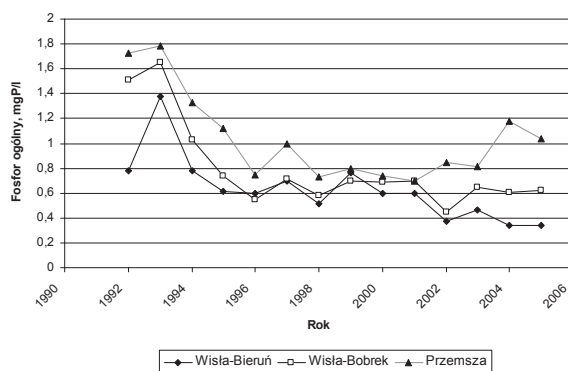
Również w tym przypadku trudno mówić o sezonowości. Należy zwrócić uwagę na wahania występujące w przypadku cieków najsilniej zanieczyszczonych – Rawy, Czarnej Przemszy i Przemszy. Wydaje się, że ich przyczyną mogą być przemiany zachodzące w osadach dennych. W warunkach beztlenowych dochodzi do uwalniania z nich fosforu (rys. 65).

Ładunek fosforu wprowadzany do Wisły w wodach Przemszy wyraźnie wpływał na jego stężenie w przekroju w Bobrku. Uwidocznili się to szczególnie w latach 1992–1997 oraz w latach 2003–2006. W pierwszym przypadku zjawisko to związane było z wysokim ładunkiem jednostkowym wprowadzanym

w okresie stosowania proszków zawierających STTP, przy braku możliwości znaczącego usuwania fosforu w działających na obszarze zlewni Przemyszy oczyszczalniach ścieków. W drugim okresie wzrost jest prawdopodobnie wywołany wyłączeniem z eksploatacji największych oczyszczalni ścieków komunalnych (rys. 74).



Rysunek 73. Sezonowe zmiany stężeń fosforu ogólnego w wodzie w analizowanych przekrojach w zlewni Przemyszy w 1996 roku



Rysunek 74. Zmiany stężenia fosforu ogólnego w wodzie w Wiśle w przekrojach powyżej i poniżej ujścia Przemszy oraz w przekroju Przemsza ujście





## **7. Omówienie wyników**

### **7.1. Problemy związane z transportem ścieków w zlewni Przemszy**

Przez wiele lat podstawowym celem działań prowadzonych w zakresie unieszkodliwiania ścieków komunalnych w zlewni Przemszy było zapewnienie minimalnych warunków higienicznych w silnie zurbanizowanej jej części. Uzyskiwano to poprzez odprowadzenie ścieków kanalizacją ogólnospławną do odbiorników. Część ścieków komunalnych poddawano oczyszczaniu mechanicznemu, część zaś wprowadzano do wód powierzchniowych bez żadnego oczyszczania. Zastosowanie do oczyszczania ścieków urządzeń do cedzenia (kraty), usuwania piasku, sedymentacji zawiesin oraz do fermentacji osadów [104, 151] miało pewne znaczenie higieniczne i estetyczne. Zrzut nieoczyszczonych lub słabo oczyszczonych ścieków negatywnie wpływała na jakość powierzchniowych wód płynących.

Możliwość stosowania takiego systemu gospodarki ściekami komunalnymi przez wiele dziesięcioleci (praktycznie przez cały XX wiek) wynikała z lokalizacji ujęć wody, wykorzystywanej do zaopatrzenia mieszkańców i przemysłu poza zlewnią Przemszy. Z tego powodu oczyszczanie ścieków oraz zapewnienie odpowiedniej jakości wody w rzekach i potokach na obszarze zurbanizowanym były sprawą drugorzędną [142, 144].

Dane o skanalizowaniu poszczególnych fragmentów zlewni Przemszy prowadzą do wniosku, że w analizowanym okresie sytuacja pod tym względem była zróżnicowana. W roku 1970, w części zurbanizowanej, zdecydowana większość mieszkańców korzystała z kanalizacji; w pozostałej, odsetek ten był zdecydowanie niższy. Całkowicie pozbawieni możliwości zbiorowego odprowadzania ścieków byli mieszkańcy wsi.

W latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku, w dawnym województwie katowickim, wysokie było zużycie wody przez mieszkańców i przemysł [128, 129]. Większa niż w innych regionach kraju była awaryjność sieci wodociągowej i kanalizacyjnej [152]. Dodatkowo zdecydowana większość ścieków komunalnych była odprowadzana kanalizacją ogólnospławną. W rezultacie w kanalizacji dochodziło do ich rozcieńczenia

wodami deszczowymi, infiltracyjnymi i przypadkowymi. BZT<sub>5</sub> na dopływie do oczyszczalni najczęściej wahało się w granicach 100–200 mgO<sub>2</sub>/l. Silne rozcieńczenie potwierdzały ponadto niskie stężenia azotu ogólnego i fosforu ogólnego [74, 99, 100, 101]. Wpływało to negatywnie na efektywność procesu oczyszczania.

Dopiero lata dziewięćdziesiąte XX wieku przyniosły pozytywne zmiany w tym zakresie. Nowe inwestycje obejmowały przede wszystkim duże i średnie miasta. Zgodnie z dyrektywami UE konieczne stało się zapewnienie zbiorowego odprowadzania ścieków dla aglomeracji liczących ponad 2000 RLM [30]. Nowe sieci były z reguły wykonywane jako kanalizacje rozdzielcze. Taki sposób gospodarki ściekami komunalnymi został usankcjonowany w prawodawstwie polskim, w którym zabroniono mieszania ścieków sanitarnych z wodami deszczowymi [133]. W latach 2002–2003 inwestycje związane z transportem ścieków zostały wprowadzone do Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych [77, 78, 118, 119].

W niewielkim stopniu programem tym są objęte obszary wiejskie, co sprawia, że ich część do roku 2015 nie zostanie skanalizowana. Często, biorąc pod uwagę znaczne rozproszenie zabudowy, takie postępowanie jest uzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia. Alternatywą dla kanalizacji na tych obszarach jest zbieranie ścieków w zbiornikach bezodpływowych oraz ich wywóz, przy użyciu taboru samochodowego, do najbliższych oczyszczalni. W przypadku zlewni Przemszy, przy dużym zagęszczeniu dobrze pracujących obiektów [118, 119], jest to rozwiązanie korzystne i pod wieloma względami optymalne. W wyjątkowych sytuacjach wystąpi konieczność budowy niewielkich lokalnych oczyszczalni ścieków oraz oczyszczalni przydomowych. Zastosowanie tych ostatnich przy niewielkim jednostkowym zużyciu wody na wsi (50–60 l/M·d) wzbudza jednak wątpliwości. Uzyskanie w tych warunkach ścieków oczyszczonych, odpowiadających wymaganiom przepisów [112], wydaje się być trudne, a w wielu przypadkach niemożliwe [18, 102].

W transporcie ścieków w zlewni Przemszy należy zwrócić uwagę na problemy wynikające ze specyfiki obszaru. Charakterystyczne jest przewymiarowanie kanałów budowanych w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku. Wynikało ono z założeń przyjmowanych do projektowania sieci kanalizacyjnych. Obowiązujące wówczas prognozy demograficzne wskazywały na możliwość dalszego, szybkiego, wzrostu liczby ludności regionu. Jednocześnie do obliczeń wydatku przewodów przyjmowano wysoką jednostkową ilość ścieków przypadającą na mieszkańca – około 385 l/M·d [8, 23]. Prowadziło to do sytuacji, w której budowane sieci kanalizacyjne miały znaczne przekroje i niewielki spadek hydrauliczny. Obniżone zużycie wody, budowa sieci rozdzielczych oraz poprawa ich szczelności doprowadziły do sytuacji, w której prędkość przepływu ścieków w przewodach kanalizacyjnych jest niższa od projektowanej. Powoduje to sedymentację w nich piasku i zawiesiny, zaś opadły osad stanowi dodatkowo materiał, przez który przesączają się ście-

ki. W przewodach tych, w okresach bezdeszczowych, w warstwach opadłego osadu, dochodzi do przemian beztlenowych. Podczas intensywnych opadów następuje wypłukiwanie osadów. W rezultacie występują okresowe zmiany obciążenia hydraulicznego i substratowego urządzeń oczyszczalni, co wywiera wpływ na stabilność ich pracy.

Południowa część zlewni Przemszy to obszar trwającej wiele dziesięcioleci eksploatacji górniczej. Sposób i intensywność eksploatacji złóż węgla kamiennego i rud metali doprowadziły do występowania znacznych deformacji powierzchni. Jej efektem jest zwiększona awaryjność sieci kanalizacyjnej. Notowane są przypadki występowania przeciwpadków w przewodach kanalizacyjnych oraz rozszczelnienia przewodów; w sytuacjach ekstremalnych dochodzi do zniszczenia odcinków kanalizacji [12, 13, 152]. W ostatnich latach, szczególnie po roku 2000, intensywność tych zjawisk wyraźnie zmalała. Wynika to z zaniku eksploatacji górniczej na tym obszarze (wyczerpywanie się zasobów węgla) oraz ograniczenia ilości czynnych zakładów górniczych. Poprawa sytuacji była także związana ze zmianami konstrukcyjnymi w kanalizacji oraz z częstszym stosowaniem kanalizacji ciśnieniowej przy przerzucie ścieków na większe odległości [152].

## **7.2. Oczyszczanie ścieków w zlewni Przemszy**

Analizując stan oczyszczania ścieków w sektorze komunalnym w zlewni Przemszy oraz wpływ podejmowanych działań w zakresie oczyszczania ścieków można wyróżnić pięć okresów:

Okres I – do roku 1970,

Okres II – lata 1970–1990,

Okres III – lata 1990–2000,

Okres IV – lata 2000–2015,

Okres V – okres po roku 2015.

### **7.2.1. Okres I – do roku 1970**

Pierwsze oczyszczalnie ścieków w zlewni Przemszy wybudowano na początku XX wieku. Powstały one między innymi w Rudzie Śląskiej (rok 1902), Siemianowicach (1910), Katowicach – Brynowie (rok 1912), Piekarach – Szarleju (1913). W 1930 roku oddano do użytku oczyszczalnię w Chorzowie – Klimzowcu. Przy projektowaniu tych obiektów stosowano powszechnie wówczas wykorzystywane urządzenia do mechanicznego oczyszczania ścieków – kraty, piaskowniki i osadniki zespolone z komorą fermentacyjną (osadniki Imhoffa) [151]. Później, część oczyszczalni została wyposażona w urządzenia do biologicznego oczyszczania – złoża biologiczne. Takie obiekty stanowiły jednak

rzadkość. W tej sytuacji większość cieków powierzchniowych w analizowanej zlewni (rowów i niewielkich rzek) pełniła rolę kanałów ściekowych [104, 105].

Jakość wód powierzchniowych uległa pogorszeniu w okresie powojennym. Zwiększyła się wówczas liczba mieszkańców, zaś budowane osiedla były wyposażane w sieć wodociągową i kanalizacyjną. Wykorzystywane w praktyce oczyszczalnie mechaniczne nie pozwalały na zadowalające ograniczenie ładunku zanieczyszczeń wytwarzanego w gospodarstwach domowych. Jego usunięcie na tych obiektach było niewielkie [151].

W roku 1970, w zlewni Przemyszy, oczyszczano ścieki pochodzące od około 20% mieszkańców, zaś redukcja ładunku BZT<sub>5</sub> wynosiła około 10%, a w przypadku związków biogenych była ona niższa. Tak niskie usunięcie ładunku zanieczyszczeń podczas oczyszczania było wynikiem stosowanych rozwiązań technologicznych. Uwzględnić także należy niski poziom kompetencji personelu zatrudnionego w przedsiębiorstwach wodociągowo-kanalizacyjnych.

Sytuację pogarszał fakt, że brak było odpowiednich aktów prawnych oraz bodźców ekonomicznych, mogących wymuszać obniżenie ładunku zanieczyszczeń wprowadzanego do wód powierzchniowych. Niejasne były przepisy prawa odnoszące się do emisji zanieczyszczeń do wód i do ziemi, nie prowadzono ewidencji w zakresie zrzutu ścieków, niskie były opłaty za usługi wodociągowo-kanalizacyjne, brak było jakichkolwiek opłat ekologicznych za korzystanie z wód, w tym za odprowadzenie ścieków.

Poprawa standardów życia, kierowanie do wód powierzchniowych ścieków nieoczyszczonych oraz niska efektywność działania istniejących oczyszczalni – wszystko to powodowało, że ładunek zanieczyszczeń wprowadzany do wód powierzchniowych był stosunkowo wysoki. W analizowanych przekrojach monitoringowych, zlokalizowanych na ciekach w zlewni Przemyszy, badanych systematycznie na początku lat siedemdziesiątych XX wieku, występowały znaczące deficyty tlenowe oraz wysokie wartości zawiesiny, BZT<sub>5</sub>, azotu amonowego, wskazujące na wpływ ścieków komunalnych [130, 151].

### 7.2.2. Okres II – lata 1970–1990

W latach 1970–1990 wzrosło zużycie wody w gospodarstwach domowych. Było to związane ze zwiększaniem się liczby mieszkańców oraz podniesieniem komfortu życia przy niskich cenach usług wodociągowo-kanalizacyjnych [128, 129]. Wysokie zużycie wody powodowało rozcieńczenie ścieków wprowadzanych do kanalizacji. W roku 1990 odsetek mieszkańców podłączonych do kanalizacji wynosił około 80%, przy czym z oczyszczalni korzystało niewiele ponad 35% [151], zaś w trakcie oczyszczania usuwano zaledwie 25% związków węgla oraz około 10% związków biogenych. W przypadku większości pracujących oczyszczalni jakość ścieków oczyszczonych nie odpowiadała wymaganiom obowiązującego prawa.

Niewielka efektywność działających oczyszczalni oraz wysoki udział wód pochodzenia antropogenicznego w przepływach rzek w zlewni Przemyszy miały negatywny wpływ na jakość wód powierzchniowych. Wysokie były deficyty tlenowe, stężenia zawiesiny, związków węgla, azotu i fosforu w wodzie, w przekrojach badanych w ramach monitoringu powierzchniowych wód płynących. Średnioroczne wartości BZT<sub>5</sub> w Rawie przekraczały 100 mgO<sub>2</sub>/l, a w Czarnej Przemyszy dochodziły do 60 mgO<sub>2</sub>/l. Bardzo wysokie były również stężenia azotu amonowego (odpowiednio 16 i 12 mgN/l). Zjawiskom tym towarzyszyły znaczne deficyty tlenowe. Wartość średnioroczna stężenia tlenu w wodzie, w części analizowanych przekrojów badawczych nie przekraczała 1,0 mgO<sub>2</sub>/l [88].

Z drugiej strony wprowadzone wówczas uregulowania organizacyjne, prawne i instytucjonalne stanowiły zapowiedź poprawy niekorzystnej sytuacji. Rozpoczęto ewidencję wylotów kanalizacyjnych oraz badania jakości i ilości ścieków kierowanych do odbiorników. Wprowadzono system opłat za szczególne korzystanie z wód oraz kar za nielegalne odprowadzanie ścieków. Programy ochrony środowiska [47, 48, 143] zaczęły zaliczać oczyszczanie ścieków do zadań priorytetowych. Zaszły zmiany instytucjonalne – powstały Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska oraz Narodowy i Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej [131]. Na terenie ówczesnego województwa katowickiego monopolistą w zakresie ujmowania i dostawy wody oraz odbioru i oczyszczania ścieków zostało Wojewódzkie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Katowicach.

Analizowany okres to czas wyraźnych zmian jakościowych w dziedzinie oczyszczania ścieków. Większość powstających oczyszczalni to obiekty mechaniczno-biologiczne [93, 104]. Problemem stało się przewymiarowanie oczyszczalni; przepustowość nominalna (projektowa) obiektów oddanych do użytku wyraźnie przekraczała rzeczywiste ilości doprowadzanych ścieków. Dodatkowo niski był poziom techniczny stosowanych rozwiązań. W badaniach prowadzonych na początku lat dziewięćdziesiątych żadna z oczyszczalni komunalnych nie odprowadzała do odbiorników ścieków oczyszczonych odpowiadających normom [93, 140]. Niekorzystnie na uzyskiwane efekty oraz ekonomikę unieszkodliwiania ścieków wpływał stan techniczny kanalizacji.

### 7.2.3. Okres III – lata 1990–2000

Początek lat dziewięćdziesiątych przyniósł wyraźne zmiany w otoczeniu prawnym gospodarki wodno-ściekowej w Polsce. Zgodnie z zapisami ustawy kompetencyjnej odpowiedzialność za zaopatrzenie ludności w wodę i odprowadzenie ścieków scedowano na gminy [132]. Zmieniono wymagania dotyczące jakości ścieków oczyszczonych wprowadzanych do wód lub do ziemi [110], wzrosły opłaty za szczególne korzystanie z wód [113]. Polska, podpisując zob-

wiązanie Konwencji Helsińskiej, została zobligowana do ograniczenia ładunku związków biogenych wprowadzanego do Bałtyku [57]. Zgodnie z zapisami tej umowy obszar całego kraju został uznany, jako obszar narażony na eutrofizację. Konieczne stało się w tych warunkach spełnienie wymagań dotyczących podwyższonego usuwania azotu i fosforu dla oczyszczalni obsługujących aglomeracje powyżej 10 000 RLM [31, 111].

W dziedzinie transportu i oczyszczania ścieków w Polsce w analizowanym okresie odnotować należy wyraźny postęp w zakresie dostępu do nowoczesnych rozwiązań technologicznych. Zmniejszyła się awaryjność stosowanych urządzeń. W budowanych i modernizowanych oczyszczalniach coraz częściej stosowano urządzenia do biologicznej denitryfikacji i defosfatacji oraz do chemicznego strącania fosforanów [67, 68, 69, 70, 71, 99, 100, 101]. W praktyce zaczęto stosować kanalizację ciśnieniową. Poprawie uległ poziom techniczny kadr pracujących w przedsiębiorstwach wodociągowo-kanalizacyjnych.

Obok tych zmian w analizowanej zlewni odnotować należy szereg czynników lokalnych wpływających na działalność sektora wodociągowo-kanalizacyjnego. Od początku lat dziewięćdziesiątych obniżeniu ulegała liczba mieszkańców silnie zurbanizowanej części zlewni Przemszy. Dodatkowo, występujące wówczas zjawiska – wzrost cen na usługi wodociągowo kanalizacyjne oraz powszechne zastosowanie indywidualnych wodomierzy – doprowadziły do ograniczenia zużycia wody w gospodarstwach domowych. Wprowadzenie ustawy kompetencyjnej doprowadziło do likwidacji Wojewódzkiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Katowicach. W gestii jego następcy (Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów) pozostały ujęcia wody, stacje uzdatniania oraz wodociągi magistralne. Przedsiębiorstwo prowadzi hurtową sprzedaż wody, zaś za jej rozprowadzenie po terenie gmin oraz odbiór i oczyszczanie ścieków odpowiadają podmioty gminne.

Do rezultatów zmian społecznych, prawnych, organizacyjnych, ekonomicznych i technicznych zaliczyć należy oddanie do eksploatacji szeregu dużych oczyszczalni ścieków [67, 68, 69, 70, 71, 99, 100, 101]. Analiza efektywności działających na obszarze zlewni Przemszy obiektów [90, 101] oraz danych o jakości ścieków komunalnych [74, 90, 96, 101] kierowanych do odbiorników prowadzi do wniosku, że doszło wówczas do wyraźnej poprawy w zakresie gospodarki ściekami komunalnymi. Zgodnie z wynikami z monitoringu najważniejszych źródeł zanieczyszczeń oraz danymi zbieranymi do opłat w większości oczyszczalni wysokie było usunięcie związków organicznych ( $BZT_5$ , ChZT) i zawiesiny, zaś w obiektach wyposażonych w urządzenia do biologicznego usuwania związków biogenych, także związków azotu i fosforu [74, 90]. Efektem tych zmian było wyraźne zwiększenie usunięcia  $BZT_5$ , związków biogenych w wyniku oczyszczania. Na koniec analizowanego okresu w oczyszczalniach zlokalizowanych w zlewni Przemszy redukcja  $BZT_5$  wyniosła około 42%, zaś związków biogenych około 25% całkowitego ładunku tych zanieczyszczeń wytwarzanego w gospodarstwach domowych.



Wpływ budowy nowych oczyszczalni na stan czystości wody w zlewni Przemszy był ograniczony. W drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych odnotować należy obniżenie deficytów tlenowych w przekrojach badawczych zlokalizowanych na rzekach w zurbanizowanej części zlewni Przemszy oraz na Wiśle poniżej jej ujścia. Średnioroczne stężenie tlenu we wszystkich przekrojach osiągnęło wartość powyżej  $5,0 \text{ mgO}_2/\text{l}$ ; warunkowało to zachodzenie przemian biochemicznych w warunkach tlenowych oraz korzystnie wpływało na jakość wód w rzekach i potokach. Spadło stężenie związków organicznych, charakteryzowane przez  $\text{BZT}_5$  (poniżej  $40 \text{ mgO}_2/\text{l}$  w Rawie i około  $25 \text{ mgO}_2/\text{l}$  w Czarnej Przemszy); poprawie uległa jakość wody w Białej Przemszy. Zmiany w zakresie gospodarki ściekami komunalnymi jedynie w niewielkim stopniu wpłynęły na zawartość w wodzie związków azotu i fosforu [88, 89, 94, 96].

#### 7.2.4. Okres IV – 2000–2015

Na początku XX wieku doszło do akcesji Polski do Unii Europejskiej. Wymusiło to zmianę podejścia do zagadnień związanych z gospodarką wodną, dostarczaniem wody mieszkańcom i odbiorem ścieków. Znalazło to swój wyraz w implementacji do prawodawstwa polskiego szeregu przepisów unijnych, w tym dyrektyw, dotyczących oczyszczania ścieków oraz gospodarki wodnej [30, 32]. Istotną sprawą jest podpisanie przez Polskę nowego protokołu Helcomu, o dalszym ograniczeniu ładunków azotu i fosforu wprowadzanych do Bałtyku [57].

W analizowanym okresie rozpoczęto realizację Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych. Budowa i modernizacja kanalizacji oraz oczyszczalni ścieków, współfinansowane ze środków UE, pozwoliły na uporządkowanie systemów ich transportu oraz poprawę efektywności usuwania zanieczyszczeń. Większość obiektów planowanych do wykonania w ramach tego programu w zlewni Przemszy została oddana do użytku do roku 2010 [77, 78, 118, 119].

Zgodnie z obowiązującym w Polsce prawem obiekty o przepustowości powyżej 15 000 RLM [112] zostały wyposażone w urządzenia do biologicznej denitryfikacji i defosfatacji oraz w urządzenia do chemicznego strącania fosforu. Zastosowane rozwiązania korzystnie wpłynęły na efektywność i stabilność procesu oczyszczania [118, 119].

Dane administratorów wskazują na uzyskiwanie przez większość eksploatowanych obecnie obiektów dobrych wyników oczyszczania. Zawartości związków węgla organicznego (charakteryzowane przez  $\text{BZT}_5$  i  $\text{ChZT}$ ) oraz zawiesiny w ściekach oczyszczonych wprowadzanych do wód powierzchniowych lub do ziemi spełniają wymagania obowiązujących norm. W niewielkiej grupie obiektów gorsze rezultaty uzyskano w przypadku związków biogenych. Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, że w roku 2010 część z nich była

w stadium rozruchu, co mogło wpływać na usuwanie azotu. Wydaje się, że w okresie właściwej eksploatacji sytuacja także pod tym względem ulegnie korzystnej zmianie [118, 119].

W roku 2015, w zlewni Przemszy, z kanalizacji korzystać będzie ponad 90,0%, zaś z oczyszczalni 88,0% mieszkańców. W trakcie oczyszczania usuwane będzie około 82% ładunku BZT<sub>5</sub> oraz nieco ponad 70,0% ładunku związków biogenych wytwarzanych w gospodarstwach domowych.

Działania w zakresie oczyszczania ścieków w zlewni Przemszy doprowadziły do poprawy jakości wody. W wodzie, w analizowanych przekrojach badawczych, odnotowano wyraźne obniżenie deficytów tlenowych, stężenia związków organicznych i biogenych. W części z nich wartości wymienionych wskaźników są jednak ponadnormatywne. Uwaga ta dotyczy przede wszystkim przekroju Rawa ujęcie [147].

Analiza wyników przedstawionych przez administratorów oczyszczalni wskazuje na celowość ich weryfikacji przez niezależne laboratoria. Uzyskiwane wyniki monitoringu powierzchniowych wód płynących nie potwierdzają optymistycznych danych, pochodzących z cytowanych powyżej sprawozdań marszałków. W przypadku części badanych przekrojów brak jest znaczącej poprawy jakości wody. Może to wynikać z mniejszej od deklarowanej przez administratorów sprawności urządzeń oczyszczających ścieki. Uwzględnić także należy możliwość uruchomienia zanieczyszczeń zakumulowanych dotychczas w osadach dennych. Takie zjawisko zaobserwowano m.in. w regionie Łódzkim [119].

### 7.2.5. Okres V – 2015–2030

Wdrażanie Ramowej Dyrektywy Wodnej, innych dyrektyw UE oraz umów międzynarodowych, sprawia, że w okresie tym celowe będzie podejmowanie dalszych działań w zakresie porządkowania gospodarki wodno-ściekowej w zlewni Przemszy. Uwaga ta dotyczy zwłaszcza budowy i remontów oczyszczalni o mniejszej przepustowości. Problemem do rozwiązania pozostanie w dalszym ciągu transport ścieków. Konieczne jest dokończenie Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków [77, 78] w zakresie budowy kanalizacji. Celowe wydaje się także podjęcie działań w zakresie transportu i oczyszczania ścieków na obszarach o mniejszym zurbanizowaniu szczególnie na wsi. Uwaga ta dotyczy zwłaszcza zlewni zbiorników zaporowych.

Jednocześnie w związku z niewielkimi odległościami istnieje realna szansa na dowóz ścieków do oczyszczalni. W ten sposób pomimo faktu, że około 7,5% ilości wytwarzanych ścieków nie trafi do kanalizacji możliwe będzie oczyszczanie całej ich ilości. Usunięcie BZT<sub>5</sub> powinno wynieść około 92%, zaś związków biogenych około 75%. Efektem tych działań powinna być dalsza poprawa jakości wody w rzekach i potokach w zlewni Przemszy.



### 7.3. Wpływ zurbanizowania na gospodarkę wodno-ściekową w zlewni Przemszy

Czynnikiem w znaczący sposób wpływającym na działania związane z oczyszczaniem ścieków komunalnych jest zurbanizowanie. Pod tym względem w zlewni Przemszy można wyróżnić trzy grupy zlewni cząstkowych:

- zlewnie silnie zurbanizowane (Rawa, Brynica poniżej Kozłowej Góry, Czarna Przemsza poniżej Przeczyc, Przemsza poniżej połączenia Białej i Czarnej Przemszy),
- zlewnie o umiarkowanym zurbanizowaniu (Biała Przemsza),
- zlewnie o niewielkim zurbanizowaniu (zlewnie zbiorników zaporowych Przeczycy i Kozłowa Góra).

#### 7.3.1. Zlewnie silnie zurbanizowane

Zlewnie te już na początku okresu XX wieku charakteryzowały się stosunkowo dobrym skanalizowaniem [104, 105]. Większość użytkowanych w latach siedemdziesiątych sieci kanalizacyjnych powstała przed I wojną światową oraz w okresie międzywojennym. Wśród eksploatowanych oczyszczalni przeważały przestarzałe obiekty mechaniczne o niskiej sprawności. W latach sześćdziesiątych oddano do użytku nowe oczyszczalnie mechaniczno-biologiczne; było ich jednak stosunkowo niewiele [151]. Te uwarunkowania sprawiły, że usunięcie ładunku zanieczyszczeń w całej zlewni Przemszy na początku lat siedemdziesiątych było niewielkie.

Zachodzące przemiany społeczno-gospodarcze, zwiększenie liczby ludności, wzrost poziomu życia oraz niska efektywność działania oczyszczalni, doprowadziły do sytuacji, w której aż do połowy lat dziewięćdziesiątych XX wieku, jakość wody we wszystkich ciekach na obszarze zurbanizowanym nie spełniała, nawet minimalnych, obowiązujących wówczas wymagań [110], zaś wartości wskaźników zanieczyszczenia w niektórych przekrojach badanych w ramach monitoringu odpowiadały notowanym w ściekach surowych [88, 89]. Większość cieków, ze względu na udział wód antropogenicznych w odpływie, zamieniła się w otwarte kolektory ściekowe.

Powstałe w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych oczyszczalnie nie poprawiły sytuacji. Budowane obiekty miały pewne lokalne znaczenie, jednak w odniesieniu do całej zlewni brak było widocznego postępu. Odnotować także należy brak pełnej możliwości wykorzystania istniejącej przepustowości oczyszczalni, niski poziom techniczny stosowanych rozwiązań oraz brak odpowiednio wykształconych kadr. Brak było całościowej koncepcji rozwiązania problemów transportu i oczyszczania ścieków.

Przełom przyniosły lata dziewięćdziesiąte. Zahamowana została degradacja powierzchni ziemi związana z działalnością górnictwa, ustabilizowała

się, a następnie zaczęła spadać liczba mieszkańców. Zmniejszył się ładunek BZT<sub>5</sub> i związków biogenych wytwarzany w gospodarstwach domowych i w przemyśle. W wyniku opomiarowania mieszkań doszło do ograniczenia zużycia wody, oddano do użytku oczyszczalnie o dużej przepustowości i nowoczesnym wyposażeniu, pozwalające na uzyskanie dobrej jakości ścieków oczyszczonych. Badania efektywności pracy oczyszczalni wykazały, że zdecydowana ich większość spełniała obowiązujące normy [67, 68, 69, 70, 71, 74, 90, 99, 100, 101].

Poprawę w zakresie działania oczyszczalni w latach dziewięćdziesiątych potwierdzają wyniki uzyskane w ramach monitoringu powierzchniowych wód płynących. Wystąpiły wówczas pierwsze korzystne symptomy zmian jakości wody w rzekach i potokach [88, 89, 98]. Szczególnie ważny był wzrost stężenia tlenu, którego zawartość decyduje o charakterze zachodzących w wodzie przemian (tlenowe – beztlenowe), o składzie gatunkowym roślin i zwierząt, a także o uciążliwości poszczególnych cieków dla środowiska (emisja substancji złośliwych, własności organoleptyczne wody, itp.).

Dalsze korzystne zmiany w zakresie oczyszczania ścieków oraz jakości powierzchniowych wód płynących na obszarach silnie zurbanizowanych wystąpiły w pierwszej dekadzie XXI wieku. Były one, z jednej strony, wynikiem dalszej poprawy zarządzania gospodarką wodno-ściekową, z drugiej zaś budowy i modernizacji urządzeń do transportu i oczyszczania ścieków. Wejście do Unii Europejskiej wymusiło wprowadzenie obowiązujących na jej terenie uregulowań prawnych w zakresie ochrony wód przed zanieczyszczeniem [30, 31, 32], czego następstwem jest wprowadzany od roku 2003 Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych [77, 78].

Oddane do użytku w latach 2000–2014 oczyszczalnie ścieków komunalnych wyposażone są w urządzenia do denitryfikacji i defosfatacji [77, 78]. Zdecydowana większość z nich uzyskuje zakładaną efektywność w zakresie usuwania zawiesin, BZT<sub>5</sub>, ChZT oraz związków biogenych. W dalszym ciągu występują jednak trudności z zapewnieniem odpowiedniego transportu ścieków. Wyraźnie został ograniczony zrzut do odbiorników ścieków nieoczyszczonych, stanowiących poprzednio główne źródło zanieczyszczenia [118, 119].

W pierwszych latach XXI w. wystąpiła poprawa jakości wody w ciekach przepływających przez analizowany obszar w zakresie większości analizowanych wskaźników, które uzależnione są od emisji komunalnej – tlen, BZT<sub>5</sub>, ChZT, zawiesina, związki azotu, związki fosforu [147].

Lata 2015–2030 powinny przynieść dalsze uporządkowanie transportu ścieków [78]. Jednocześnie gęsta sieć zlokalizowanych na tym obszarze oczyszczalni sprawia, że przy braku możliwości lub opłacalności budowy kanalizacji ścieki powinny być magazynowane w zbiornikach bezodpływowych i dowożone taborem samochodowym do istniejących obiektów. Możliwe jest także wykorzystanie oczyszczalni lokalnych i przydomowych.

### 7.3.2. Zlewnie o średnim zurbanizowaniu

Do tego typu zlewni można zaliczyć Białą Przemszę. Przebieg zmian w zakresie transportu i oczyszczania ścieków ma w tym przypadku odmienny charakter. W latach siedemdziesiątych odsetek mieszkańców podłączonych do kanalizacji wynosił około 30%. Słabsze zurbanizowanie terenu oraz brak kanalizacji powodowały, że pomimo niewielkiego usunięcia ładunku zanieczyszczeń ich wpływ na jakość wody w tej rzece był niewielki [151]. Lata siedemdziesiąte i osiemdziesiąte to okres szybkiej urbanizacji tego obszaru. Powstały nowe zakłady przemysłowe, wzrosła liczba mieszkańców.

W następnym dziesięcioleciu skanalizowana oraz wyposażona w oczyszczalnie została większość zlokalizowanych tu miejscowości. Zgodnie z danymi administratorów na tych obiektach uzyskiwano zadowalające wyniki w zakresie usuwania zawiesiny, BZT<sub>5</sub>, ChZT [100, 101]. Ze względu na przepustowość (RLM poniżej 15 000) uruchamiane oczyszczalnie rzadko wyposażane były w urządzenia do usuwania związków biogennych [77, 78]. W dalszym ciągu całkowicie pozbawione kanalizacji i oczyszczalni ścieków były obszary wiejskie. Gospodarka ściekami komunalnymi polegała głównie na ich gromadzeniu w zbiornikach bezodpływowych. Część z nich trafiała do wód lub do gruntu przez nieszczelności. Część zaś była wywożona do oczyszczalni ścieków. Przerfermentowane osady były najczęściej wykorzystywane do nawożenia pól i użytków rolnych. Taki sposób działania pozwalał na utrzymanie stosunkowo dobrej jakości wody w Białej Przemszy.

Zmiany w gospodarce ściekowej na tym obszarze zaszły w pierwszej dekadzie XXI wieku. Uporządkowanie kanalizacji w większych miastach (Sosnowiec, Dąbrowa Górnicza) doprowadziło do przerzutu ścieków ze zlewni Białej Przemszy do zlewni Czarnej Przemszy przy jednoczesnym poddaniu ich wysokosprawnemu oczyszczaniu [77, 78]. Odnotować należy budowę oraz modernizację oczyszczalni ścieków głównie mechaniczno-biologicznych w ośrodkach miejskich oraz poprawę efektywności ich działania. Jednocześnie nieznacznie zmienił się poziom skanalizowania wsi [39]. Analizując zapisy Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych [117, 118] można dojść do wniosku, że sytuacja w tym zakresie w najbliższych latach ulegnie tylko niewielkiej poprawie.

W przeprowadzonej analizie przyjęto założenie, że w roku 2030 cała ilość ścieków winna być poddana oczyszczaniu, przy czym część musi być dowożona transportem kołowym. Zlokalizowane w zlewni Białej Przemszy oczyszczalnie mają rezerwę przepustowości, co sprawia, że dowożenie ścieków i osadów ze zbiorników bezodpływowych nie powinno negatywnie wpływać na proces oczyszczania. Alternatywą dla tego rozwiązania jest budowa oczyszczalni lokalnych oraz przydomowych. Wydaje się, że rozwiązanie to obarczone jest większym ryzykiem zanieczyszczenia środowiska niż transport i unieszkodliwianie ścieków w większych obiektach (zmienne warunki pracy oczyszczalni, wpływ temperatury, brak odpowiedniego nadzoru i kontroli pracy urządzeń, itp.) [17, 18, 102].

W przypadku oczyszczalni ścieków, to w zlewni Białej Przemszy, duży odsetek stanowią obiekty mechaniczno-biologiczne bez podwyższonego usuwania związków biogenych [118, 119]. Zapewnia to odpowiednie usunięcie zawiesiny,  $BZT_5$  i ChZT. W odniesieniu do związków azotu i fosforu efekt działania oczyszczalni będzie niewiele niższe niż dla zlewni omówionych poprzednio.

### 7.3.3. Zlewnie o niewielkim zurbanizowaniu

Do zlewni tego typu można zaliczyć niewielkie części zlewni położone w odcinkach źródłowych rzek. Są to z reguły tereny wiejskie, zalesione, parki krajobrazowe, itp. Przykładami w tym przypadku mogą być zlewnia Czarnej Przemszy i Brynicy powyżej zbiorników zaporowych. Obszary te do połowy lat dziewięćdziesiątych były pozbawione kanalizacji, zaś ścieki w różny sposób były odprowadzane do środowiska [39, 142, 144, 151]. Podobnie jak poprzednio najczęściej stosowanym rozwiązaniem były zbiorniki bezodpływowe. Rzadziej stosowane były trzykomorowe osadniki zespolone. W osadnikach tych dochodziło do usunięcia zawiesin i fermentacji wytrąconych osadów, zaś ścieki odprowadzano do wód lub do gruntu.

Dopiero na przełomie XX i XXI wieku rozpoczęto rozwiązywanie problemu transportu i oczyszczania ścieków na tych obszarach. W dalszym ciągu jednak ilość osób korzystających z kanalizacji i oczyszczalni ścieków jest stosunkowo niewielka [39]. Należy spodziewać się powolnych zmian w tym zakresie, przy czym tylko niektóre inwestycje są tu realizowane w ramach KPOŚK [78]. Ze względu na wielkość aglomeracji, najczęściej poniżej 2000 RLM, działania te nie są wymuszane przez prawo unijne i krajowe [30, 32, 112, 133]. Analiza danych dla roku 2015 wykazała, że z kanalizacji i oczyszczalni ścieków zlewni zbiornika w Przeczycach korzystać będzie około 60–70% mieszkańców. Usunięty ładunek  $BZT_5$  nie przekroczy 60%, zaś związków azotu i fosforu wyniesie około 25%.

Przyjmując, że część ścieków będzie dowożona po 2015 roku z oczyszczalni powinna korzystać prawie cała ludność. Założono, że zlokalizowane tu będą konwencjonalne oczyszczalnie mechaniczno-biologiczne bez podwyższonego usuwania związków biogenych. W rezultacie redukcja ładunku  $BZT_5$  wzrośnie do około 90%. Jednocześnie ładunek azotu i fosforu wprowadzony do odbiorników wzrośnie, pomimo zakładanego 45% usunięcia w projektowanych oczyszczalniach. W przypadku zlewni zbiorników zaporowych dojdzie do zwiększenia ich obciążenia ładunkiem azotu i fosforu, co doprowadzić może do intensyfikacji rozwoju fitoplanktonu (zakwit glonów). Celowe jest przeanalizowanie odpowiednich zmian w Krajowym Programie Oczyszczania Ścieków, polegających na wzbogaceniu planowanych oczyszczalni w zlewni zbiorników zaporowych o urządzenia do biologicznej denitryfikacji i defosfatacji lub przynajmniej o wprowadzenie chemicznego strącania fosforu.

W przypadku zbiorników zaporowych zlokalizowanych w zlewni Przemszy celowe wydaje się podjęcie decyzji, co do zagospodarowania przestrzennego obszaru zbiorników i terenów przyległych w przyszłości. Zbiornik Przeczyce to zbiornik stosunkowo płytki i nie występuje w nim stratyfikacja termiczna. Wydaje się, że w przyszłości zbiornik ten będzie wykorzystywany głównie do potrzeb rekreacyjnych. Gwałtowny rozwój glonów w sezonie letnim praktycznie uniemożliwia uprawianie sportów wodnych; możliwe jest natomiast prowadzenie gospodarki rybackiej oraz wędkarstwo. Podobne zjawiska występują w przypadku większości zbiorników zaporowych zlokalizowanych w zlewni Przemszy (Kozłowa Góra, Pogoria) [15, 16]. W korzystniejszej sytuacji jest zbiornik Kuźnica Warężyńska, gdzie jedynie w okresie wysokich stanów w Przemszy woda jest kierowana do zbiornika.



## **8. Udział poszczególnych źródeł w emisji związków biogenych do wód powierzchniowych w zlewni Przemszy**

### **8.1. Metodyka obliczeń**

Ograniczenie zawartości azotu i fosforu w wodach powierzchniowych od lat zaliczane jest do priorytetów w zakresie ochrony wód. Wynika to ze zobowiązań międzynarodowych (umowa Helcom) [38, 57] oraz obowiązujących dyrektyw Unii Europejskiej [30, 31, 32]. Zapisy te zostały wprowadzone do polskiego prawa [110, 111, 112, 134]. Celowe wydaje się w tym przypadku określenie przybliżonego wpływu poszczególnych źródeł zanieczyszczeń na ładunek azotu i fosforu wprowadzany do odbiorników w zlewni Przemszy. Ładunki te określono dla zlewni Przemszy oraz zlewni zbiorników zaporowych w Przeczycach i Kozłowej Górze, wykorzystując metodykę zgodną z modelem Moneris [9, 10, 63, 64]. Przybliżone obliczenia wykonano przyjmując wartości ładunków azotu i fosforu odnoszące się do zlewni Górnej Wisły (powierzchnia – 13 125,9 km<sup>2</sup>, ludność – 4 563 770 mieszkańców) podane przez T. Kowalkowskiego [63]. Przyjęto, że wartości ładunków tych pierwiastków w przeliczeniu na jednostkę powierzchni (km<sup>2</sup>) takich części składowych bilansu, jak: depozycja atmosferyczna, spływ powierzchniowy, wpływ дренаżu, erozji oraz wód podziemnych – są identyczne dla całej zlewni Górnej Wisły oraz że nie będą ulegały one znaczącej zmianie w latach 2000–2030.

W przeprowadzonym bilansie ładunki azotu i fosforu wprowadzane do odbiorników z oczyszczalni ścieków określono na podstawie obliczeń zawartych w rozdziale 5. W przypadku spływu z terenów zurbanizowanych przyjęto zasadę, że stanowi on sumę ładunku kierowanego do wód systemami kanalizacyjnymi bez oczyszczania oraz ładunku obliczonego dla spływu z powierzchni zurbanizowanych. Zgodnie z danymi podanymi przez Behrendta i in. [10] jednostkowy spływ azotu i fosforu wynosi odpowiednio: 4 kgN/ha·rok dla azotu, 2,5 kgP/ha·rok dla fosforu.

## 8.2. Zlewnia Przemszy

W roku 2000 całkowity ładunek azotu wprowadzony do Przemszy i jej dopływów oszacowano na 5175,9 tN/rok. Wartości dla lat 2010 i 2030 były niższe i równe odpowiednio 3790,9 tN/rok (spadek o 26,8% w stosunku do roku 2000) oraz 3245,0 tN/rok (spadek o 37,3%).

W roku 2000 ładunek azotu wprowadzany do Przemszy wyniósł 1765 tN/rok, zaś w roku 2010 1310 tN/rok. Dalsze działania powinny pozwolić na ograniczenie tego ładunku do 764,1 tN/rok. Daje to więc obniżenie o około 56,7%. Dodatkowo uporządkowanie w zakresie transportu ścieków spowoduje obniżenie wartości tego ładunku z terenów zurbanizowanych. W roku 2000 jego wartość oszacowano na 1124,5 tN/rok, zaś wartość przewidywana na rok 2030 wyniesie 194,5 tN/rok. W rezultacie uporządkowanie gospodarki ściekami komunalnymi oraz wprowadzenie nowoczesnych metod ich oczyszczania pozwoli na redukcję z 2889,5 tN/rok do 958,6 tN/rok, a więc o 66,8% (tabela 18).

Tabela 18. Źródła zanieczyszczenia oraz ich udział w ładunku azotu wprowadzanym do odbiorników w zlewni Przemszy

Lp.	Wyszczególnienie	Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku azotu wytwarzanym w zlewni Przemszy					
		Rok 2000		Rok 2010		Rok 2030	
		tN/rok	%	tN/rok	%	tN/rok	%
1	Depozycja atmosferyczna	94,9	1,8	94,9	2,5	94,9	2,9
2	Spływ powierzchniowy	278,7	5,4	278,7	7,4	278,7	8,6
3	Drenaż	563,0	10,9	563,0	14,9	563,0	17,3
4	Erozja	83,6	1,6	83,6	2,2	83,6	2,6
5	Wody podziemne	1 266,2	24,5	1 266,2	33,4	1 266,2	39,1
6	Oczyszczalnie	1 765,0	34,1	1 310,0	34,6	764,1	23,5
7	Tereny zurbanizowane	1 124,5	21,7	194,5	5,1	194,5	6,0
Suma		5 175,9	100,0	3 790,9	100,00	3 245,0	100,0

W podobny sposób określono te wielkości dla fosforu ogólnego. Emisję całkowitą fosforu do wód powierzchniowych w zlewni Przemszy w latach 2000, 2010 i 2030 oszacowano na odpowiednio 680,21 tP/rok, 461,61 tP/rok i 381,91 tP/rok. W roku 2000 ładunek fosforu wprowadzany do wód w ściekach oczyszczonych wyniósł 252,2 tP/rok. Później, odnotować należy jego spadek do 192,3 tP/rok w roku 2010 oraz do 112,6 tP/rok w roku 2030. Dodatkowo uwzględnić należy obniżenie ładunku wprowadzanego z terenów zurbanizowanych. W roku 2000 ładunek ten wyniósł 280,1 tP/rok, zaś w roku



2030 spadnie do 121,4 tP/rok. W wyniku podjętych działań dojdzie więc do obniżenia jego wartości z 532,3 tP/rok do 234 tP/rok, a więc o 56% (tabela 19).

Tabela 19. Źródła zanieczyszczenia oraz ich udział w ładunku fosforu wprowadzanym do odbiorników w zlewni Przemśy

Lp.	Wyszczególnienie	Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku fosforu wytwarzanym w zlewni Przemśy					
		Rok 2000		Rok 2010		Rok 2030	
		tP/rok	%	tP/rok	%	tP/rok	%
1	Depozycja atmosferyczna	1,70	0,25	1,70	0,4	1,70	0,4
2	Spływ powierzchniowy	59,60	8,76	59,60	12,9	59,60	15,6
3	Drenaż	5,38	0,79	5,38	1,2	5,38	1,4
4	Erozja	66,58	9,79	66,58	14,4	66,58	17,4
5	Wody podziemne	14,65	2,15	14,65	3,2	14,65	3,8
6	Oczyszczalnie	252,20	37,08	192,30	41,7	112,60	29,5
7	Tereny zurbanizowane	280,10	41,18	121,40	26,3	121,40	31,8
Suma		680,21	100,0	461,61	100,0	381,91	100,0

### 8.3. Zlewnie zbiorników zaporowych

Oszacowania ładunków azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego dokonano także dla zlewni zbiorników zaporowych – Kozłowa Góra na Brynicy oraz Przeczycze na Czarnej Przemśy. Analiza danych zawartych w tabelach wskazuje na możliwość wzrostu ładunku wprowadzanego do wód powierzchniowych w obu zlewniach, w wyniku porządkowania gospodarki ściekami komunalnymi. Dla unieszkodliwiania zanieczyszczeń zawartych w ściekach komunalnych na tych obszarach zakłada się budowę konwencjonalnych oczyszczalni mechaniczno-biologicznych [77, 78]. Jest to zgodne z obowiązującym w UE i Polsce prawem [30, 112], w którym konieczność uzyskania podwyższonego usunięcia związków biogennych występuje w przypadku oczyszczalni powyżej 10 000 RLM lub 15 000 RLM. Ograniczenie ładunków azotu i fosforu wprowadzanych do wód powierzchniowych ze źródeł punktowych to podstawowy warunek działań związanych z rekultywacją zbiorników zaporowych [54, 150]. Biorąc to pod uwagę, wydaje się, że założenia KPOŚK należałoby pod tym względem zweryfikować. Wprowadzenie ostrzejszych wymagań w stosunku do jakości ścieków oczyszczonych dotyczących azotu i fosforu w przypadku oczyszczalni zlokalizowanych w zlewniach zbiorników i to niezależnie od ich przepustowości wydaje się być koniecznością. Budowa i eksploatacja tych urządzeń to ułamek kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych kanalizacji i oczyszczalni ścieków [44].

Problem ograniczenia stężeń związków biogennych w wodach powierzchniowych wykorzystywanych do zasilania zbiorników zaporowych należy zali-

czyć do priorytetów w gospodarce wodnej zlewni Przemszy. Zbiorniki te są najczęściej zasilane wodą o wysokiej zawartości związków azotu i fosforu. Wpływ na zawartość tych związków wywierają między innymi zurbanizowanie terenu oraz rolnictwo.

Tabela 20. Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku azotu wytwarzanym w zlewni zbiornika Kozłowa Góra

Lp.	Wyszczególnienie	Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku azotu wytwarzanym w zlewni zbiornika Kozłowa Góra					
		Rok 2000		Rok 2010		Rok 2030	
		tN/rok	%	tN/rok	%	tN/rok	%
1	Depozycja atmosferyczna	8,45	3,8	8,45	3,5	8,45	2,6
2	Spływ powierzchniowy	24,81	11,1	24,81	10,2	24,81	7,5
3	Drenaż	50,12	22,5	50,12	20,6	50,12	15,1
4	Erozja	7,44	3,3	7,44	3,1	7,44	2,2
5	Wody podziemne	112,72	50,6	112,72	46,4	112,72	34,0
6	Oczyszczalnie	0	0,0	34,34	14,1	122,6	37,0
7	Tereny Zurbanizowane	19,32	8,7	4,99	2,1	4,99	1,5
	Suma	222,86	100,0	242,87	100,0	331,13	100,0

Ładunek azotu ogólnego wprowadzany w zlewni zbiornika w Kozłowej Górze w latach 2000, 2010 i 2030 wyniósł odpowiednio 222,86 tN/rok, 242,87 tN/rok i 331,13 tN/rok, zaś ładunek fosforu – 18,41 tP/rok, 19,65 tP/rok, 28,28 tP/rok. W przypadku obu analizowanych wskaźników w wyniku porządkowania kanalizacji należy spodziewać się wzrostu ładunków wprowadzanych do wód na tym obszarze.

Tabela 21. Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku fosforu wytwarzanym w zlewni zbiornika Kozłowa Góra

Lp.	Wyszczególnienie	Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku fosforu wytwarzanym w zlewni zbiornika Kozłowa Góra					
		Rok 2000		Rok 2010		Rok 2030	
		tP/rok	%	tP/rok	%	tP/rok	%
1	Depozycja atmosferyczna	0,15	0,8	0,15	0,8	0,15	0,5
2	Spływ powierzchniowy	5,31	28,8	5,31	27,0	5,31	18,8
3	Drenaż	0,48	2,6	0,48	2,4	0,48	1,7
4	Erozja	5,94	32,3	5,94	30,2	5,94	21,0
5	Wody podziemne	1,31	7,1	1,31	6,7	1,31	4,6
6	Oczyszczalnie	0	0,0	3,35	17,0	11,98	42,4
7	Tereny Zurbanizowane	5,22	28,4	3,11	15,8	3,11	11,0
	Sum a	18,41	100,0	19,65	100,0	28,28	100

Tabela 22. Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku azotu wytwarzanym w zlewni zbiornika Przeczyce

Lp.	Wyszczególnienie	Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku azotu wytwarzanym w zlewni zbiornika Przeczyce					
		Rok 2000		Rok 2010		Rok 2030	
		tN/rok	%	tN/rok	%	tN/rok	%
1	Depozycja atmosferyczna	13,71	3,1	13,71	3,1	13,71	2,1
2	Spływ powierzchniowy	40,29	9,1	40,29	9,1	40,29	6,1
3	Drenaż	81,37	18,4	81,37	18,3	81,37	12,4
4	Erozja	12,08	2,7	12,08	2,7	12,08	1,8
5	Wody podziemne	183,01	41,4	183,01	41,1	183,01	27,8
6	Oczyszczalnie	52,9	12,0	95,87	21,5	309,27	47,0
7	Tereny Zurbanizowane	58,39	13,2	18,79	4,2	18,79	2,9
	Suma	441,75	100,0	445,12	100,0	658,52	100,0

Tabela 23. Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku fosforu wytwarzanym w zlewni zbiornika Przeczyce

Lp.	Wyszczególnienie	Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia w ładunku fosforu wytwarzanym w zlewni zbiornika Przeczyce					
		Rok 2000		Rok 2010		Rok 2030	
		tP/rok	%	tP/rok	%	tP/rok	%
1	Depozycja atmosferyczna	0,25	0,5	0,25	0,6	0,25	0,3
2	Spływ powierzchniowy	8,62	18,7	8,62	19,4	8,62	11,4
3	Drenaż	0,78	1,7	0,78	1,8	0,78	1,0
4	Erozja	9,63	20,9	9,63	21,7	9,63	12,7
5	Wody podziemne	2,12	4,6	2,12	4,8	2,12	2,8
6	Oczyszczalnie	9,01	19,5	14	31,5	45,55	60,0
7	Tereny Zurbanizowane	15,72	34,1	8,98	20,2	8,98	11,8
		46,13	100,0	44,38	100,0	75,93	100

Podobna sytuacja wystąpi w przypadku zbiornika w Przeczykach. Oszacowane dla tej zlewni ładunki azotu wyniosą odpowiednio 441,75 tN/rok, 445,12 tN/rok i 658,52 tN/rok, zaś fosforu odpowiednio 46,18 tP/rok, 44,38 tP/rok i 75,93 tP/rok.

Uporządkowanie gospodarki wodno-ściekowej w ich zlewniach spowoduje zwiększenie ładunku wprowadzanego do zbiorników. Budowa kanalizacji i oczyszczalni ścieków w zlewni doprowadzi do punktowego zrzutu ładunków azotu i fosforu do wód powierzchniowych w zlewni zbiornika. Dotychczas znaczna jego część była odprowadzana do ziemi, wywożona na istniejące oczyszczalnie lub wykorzystywana do nawożenia. Zmiana sposobu gospodaro-

wania ściekami spowoduje więc wzrost ładunku związków biogenych wprowadzanego bezpośrednio do wód powierzchniowych.

Zlokalizowane tu zbiorniki są stosunkowo płytkie, zaś część z nich jest poddana silnej eutrofizacji. Zakwity glonów występowały tu z różnym nasileniem już w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku [15, 55]. Dodatkowo brak stratyfikacji termicznej wody, uniemożliwia zastosowanie urządzeń do rekultywacji zbiorników stosowanymi w praktyce metodami [60, 61].

Określone dla zbiorników Kozłowa Góra i Przeczyce na podstawie danych z tabel 20–23 obciążenie powierzchni zbiorników ładunkiem azotu i fosforu jest bardzo wysokie i wielokrotnie przekracza wartości zalecane przez Vollenweidera, wynoszące przy średniej głębokości zbiornika do 5 m dla azotu – obciążenie dopuszczalne –  $1,0 \text{ gN/m}^2 \cdot \text{r}$ , obciążenie niebezpieczne –  $2,0 \text{ g/m}^2 \cdot \text{r}$ , a dla fosforu odpowiednio  $0,07 \text{ gP/m}^2 \cdot \text{r}$  i  $0,13 \text{ gP/m}^2 \cdot \text{r}$  [136]. Uzyskane w przypadku obu zbiorników wartości są zdecydowanie wyższe i co gorsza w wyniku uporządkowania gospodarki ściekowej w zlewniach tych zbiorników należy spodziewać się ich wzrostu. W tej sytuacji konieczne wydaje się podjęcie decyzji o wyposażeniu oczyszczalni, które mają być zbudowane w ich zlewniach w urządzenia do denitryfikacji i defosfatacji oraz chemicznego strącania fosforanów. Przy braku możliwości ograniczenia ładunków azotu i fosforu celowe jest zrezygnowanie z niektórych funkcji (retencja wody na potrzeby zaopatrzenia ludności, uprawianie niektórych sportów wodnych – pływanie) na rzecz funkcji wymagających wody gorszej jakości (żeglarstwo, kajakarstwo, wędkarstwo). Te działania mogą pozwolić na znaczne oszczędności środków, przy maksymalnym efekcie społecznym.

Tabela 24. Obciążenie powierzchni zbiorników zaporowych w Kozłowej Górze i Przeczycach ładunkiem związków biogenych

Lp.	Zbiornik	Obciążenie powierzchni zbiornika azotem, $\text{g/m}^2 \cdot \text{rok}$			Obciążenie powierzchni zbiornika fosforem, $\text{g/m}^2 \cdot \text{rok}$		
		2000	2010	2030	2000	2010	2030
1	Kozłowa Góra	37,96	41,37	56,41	3,13	3,35	5,12
2	Przeczyce	102,73	103,51	153,14	10,80	10,32	17,56

## 9. Podsumowanie i wnioski

Przez wiele lat utrzymywano, że podstawowym źródłem zanieczyszczenia wód powierzchniowych w zlewni Przemszy były ścieki przemysłowe. Rozwinięte tu gałęzie przemysłu były szczególnie wodochłonne, zaś odprowadzane do odbiorników ścieki przemysłowe zawierały znaczące ładunki substancji szkodliwych i niebezpiecznych dla środowiska. Przeprowadzona w ramach prezentowanej pracy analiza pokazuje znaczenie emisji komunalnej. Od połowy XIX wieku do połowy lat dziewięćdziesiątych do odbiorników w analizowanej zlewni były odprowadzane znaczne ilości nieoczyszczonych lub słabo oczyszczonych ścieków z gospodarstw domowych z położonych na tym terenie miast i osiedli. Wpływało to w znaczący sposób na jakość wód w rzekach i potokach, sprawiało, że obszary położone w pobliżu cieków stały się nieatrakcyjne dla społeczności lokalnej.

Prowadzone w ostatnich latach działania doprowadziły do wyraźnej poprawy jakości wód w rzekach i potokach na tym obszarze. Jest to efekt zmian prawnych i organizacyjnych. Szczególną rolę odgrywają w tym przypadku oddane do użytku w latach 2000–2010 oczyszczalnie ścieków. W rezultacie wzrasta zainteresowanie społeczne tymi obszarami. Tereny te stają się coraz bardziej użyteczne dla społeczeństwa. Dotyczy to zwłaszcza uprawiania sportów wodnych i rekreacji. Ten czynnik decyduje, że warto obecnie przedstawić diagnozę dotyczącą jakości wody w Przemszy, rzece odwadniającej najbardziej zurbanizowany fragment Górnego Śląska.

### Wnioski

1. Zlewnia Przemszy jest obecnie obszarem silnych zmian demograficznych. Zmniejszająca się liczba mieszkańców sprawia, że region nie odczuwa deficytów wody do picia. Nie należy się spodziewać znaczących zmian w zapotrzebowaniu wody do roku 2030.
2. Znaczący problem występuje w transporcie ścieków. W roku 2005 z kanalizacji korzystało około 75,8% mieszkańców. Za celowy należy uznać zawarty w Krajowym Programie Oczyszczania Ścieków priorytet związany z budową kanalizacji. Zwiększenie skanalizowania na obszarze zlewni pozwoli na poprawę wykorzystania istniejącego już potencjału w zakresie oczyszczania ścieków.

3. Pomimo szerokiego stosowania nowych rozwiązań transportu ścieków (kanalizacja ciśnieniowa, itp.) oszacowano, że w roku 2030 z kanalizacji nie będzie mogło skorzystać około 8% mieszkańców zlewni Przemszy. Dla tej grupy ludności zastosowane będą rozwiązania alternatywne (oczyszczalnie przydomowe, magazynowanie ścieków w zbiornikach bezodpływowych i ich transport do oczyszczalni). Rozwiązania takie powinny być stosowane na obszarach o mniejszej gęstości zaludnienia zlokalizowanych w zlewniach Białej Przemszy oraz Przemszy i Brynicy powyżej zbiorników zaporowych.
4. Oczyszczanie ścieków w zlewni Przemszy do połowy lat dziewięćdziesiątych XX wieku było nieskuteczne. Odsetek usuwanego ładunku zanieczyszczeń w przypadku związków węgla ( $BZT_5$ , ChZT), nie przekraczał 30%, zaś w przypadku związków biogenych był niższy od 10%. Do najważniejszych czynników wpływających na ten stan należy zaliczyć zbyt małą przepustowość oczyszczalni, nieefektywne rozwiązania technologiczne, brak profesjonalnej kadry. W rezultacie w wodach cieków powierzchniowych występowały bardzo wysokie zawartości zawiesiny,  $BZT_5$ , ChZT, oraz związków biogenych; wysokie były deficyty tlenowe. Wpływało to negatywnie na proces samooczyszczania się wód i decydowało o własnościach organoleptycznych wody oraz o składzie flory i fauny wodnej.
5. Znacząca poprawa w zakresie efektywności oczyszczania nastąpiła dopiero w połowie lat dziewięćdziesiątych. Wiązać ją należy z szerokim zastosowaniem oczyszczalni z niskoobciążonym osadem czynnym oraz z coraz powszechniejszym wyposażaniem oczyszczalni w urządzenia do podwyższonego usunięcia związków biogenych. W wodach powierzchniowych zdecydowanie wzrosło stężenie tlenu, obniżyły się zawartości  $BZT_5$  i fosforu.
6. Zrealizowanie całości założeń Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych pozwoli na usunięcie ponad 90% ładunku  $BZT_5$  oraz 75% związków biogenych wytwarzanych w gospodarstwach domowych w zlewni Przemszy. Takie usunięcie powinno przynieść znaczącą poprawę jakości wody w ciekach na tym obszarze.
7. Zlokalizowane w zlewni Przemszy zbiorniki zaporowe należą do silnie narażonych na eutrofizację. Uporządkowanie gospodarki ściekami komunalnymi przy wykorzystaniu do oczyszczania ścieków konwencjonalnych oczyszczalni mechaniczno-biologicznych doprowadzi do wzrostu obciążenia zbiorników ładunkiem azotu i fosforu. Koniecznym staje się opracowanie i wdrożenie programu ochrony zbiorników polegającego na zmniejszeniu ładunku biogenów wprowadzanych do rzek oraz takie zagospodarowanie terenu, aby zagrożenie wystąpienia zakwitów glonów było jak najmniejsze.
8. Poprawa jakości wody w Przemszy sprawia, że jej wpływ na jakość wody w Wiśle poniżej ujścia jest obecnie znacznie mniejszy niż w latach 1970–2000. Najbliższe lata powinny przynieść dalszą poprawę sytuacji.

## 10. Literatura

- [1] Absalon D.: *Dynamika zmian jakości wody w górnym odcinku Wisły w okresie 1973–2005*, W: Przeobrażenia stosunków wodnych w warunkach zmieniającego się środowiska, Uniwersytet Śląski Wydział Nauk o Ziemi, Polskie Towarzystwo Geograficzne, RZGW Gliwice, Sosnowiec, 11–22 (2009).
- [2] Andersen T.: *Report on research and development on phosphorus and nitrogen removal Denmark*, Baltic Sea Environment Proceedings No. 36. Seminar on Nutrients Removal from Municipal Waste Water, 4–6 September 1989, Tampere, Finland, 3–20 (1990).
- [3] Bak S.N., J. Jansen: *Temperature effects on biological nitrogen removal. Nitrification under danish climate conditions*, Baltic Sea Environment Proceedings No. 36. Seminar on Nutrients Removal from Municipal Waste Water, 4–6 September 1989, Tampere, Finland, 145–158 (1990).
- [4] Barnard J.L.: 1997: *Przegląd i systematyka współczesnych metod usuwania związków biogenych ze ścieków*, Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej, Usuwanie związków biogenych ze ścieków, Kraków 16–18 czerwiec, 2, 1–19 (1997).
- [5] Barnard J.L.: *Biologiczne usuwanie fosforu*, Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej, Usuwanie związków biogenych ze ścieków, Kraków 16–18 czerwiec, 4, 1–18 (1997).
- [6] Barnard J.L.: *Zintegrowane usuwanie azotu i fosforu*, Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej, Usuwanie związków biogenych ze ścieków, Kraków 16–18 czerwiec, 5, 1–18 (1997).
- [7] Bartkowska I., L. Dzienis.: *Doświadczenia eksploatacyjne oczyszczalni ścieków działających w układzie sekwencyjnych reaktorów biologicznych (SBR)*, Promocje 1996, III Konferencja Naukowo-Techniczna, Ustroń-Jaszowiec (1996).
- [8] Bartoszewski K., E. Kempa, R. Szpadt: *Systemy oczyszczania ścieków*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław (1981).
- [9] Behrendt H., M. Venohr, U. Hirt, J. Hofmann, D. Opitz, A. Gericke: *The model system Moneris. Version 2.0. User's Manual*, Leibniz Institute of Freshwater Technology and Inland Fisheries, Berlin (2007).



- [10] Behrendt H., M. Kornmilch, D. Opitz, O. Schmoll, G. Scholtz: *Estimation of the nutrients inputs into river systems – experiences from German rivers*, Regional Environmental Change, **3**, 107–117 (2002).
- [11] Bielak S.: *Zagrożony Raj*, Zielona Polska, 92–101 (www.sebastianbielak.pl).
- [12] Bień J., Ł. Fukas-Płonka, U. Szymura, K. Szymański: *Wybrane aspekty projektowania sieci kanalizacyjnych na terenach czynnej eksploatacji górniczej*, Ochrona Środowiska, **424/3–4**, 20–21 (1984).
- [13] Bień J., Ł. Fukas-Płonka, U. Szymura, K. Szymański: *Napężenia w rurociągach kanalizacyjnych na terenach intensywnej eksploatacji górniczej*, Ochrona Środowiska, **488/1–2**, 27–28 (1986).
- [14] Błaszczyk P.: *Strategia ograniczania zanieczyszczeń z miejskich źródeł punktowych w dostosowaniu do wymagań Unii Europejskiej 91/271/EEC w sprawie oczyszczania ścieków z terenów zurbanizowanych i konwencji międzynarodowych*, Materiały na XXX Jubileuszową Konferencję „Postęp techniczny w dziedzinie oczyszczania ścieków”, Katowice, 7–21 (1999).
- [15] Bucka H.: *Ecological aspects of the mass appearance of planctonic algae in dam reservoirs of southern Poland*, Acta Hydrobiologica, **29**, 149–191 (1987).
- [16] Bucka H., R. Żurek, H. Kasza: *The effect of physical and chemical parameters on the dynamics of phyto- and zooplankton development in the Goczałkowice Reservoir (southern Poland)*, Acta hydrobiologica, **35**, 133–151 (1993).
- [17] Bugajski P., G. Kaczor: *Struktura zużycia wody przez użytkowników wodociągu w gminie Drwinia*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, **2**, 81–88 (2007).
- [18] Bugajski P., A. Wałęga: *Ocena niezawodności działania przydomowej oczyszczalni ścieków*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, **2**, 45–53 (2010).
- [19] Bujok R., J. Suschka: *Zmiany zanieczyszczenia wód rzeki Przemszy i jej dopływów w latach 1981–1986*, Materiały na sympozjum „Metody badań i oceny jakości wód powierzchniowych”, Warszawa 1989, 189–202 (1989).
- [20] Buszewski B., T. Buszewska, A. Chmarzyński, T. Kowalkowski, J. Kowalska, P. Kosobucki, R. Zbytniewski, J. Namieśnik, A. Kot-Wasik, J. Pacyna, D. Panasiuk: *The present condition of the Vistula River catchment area and its impact on the Baltic Sea coastal zone*, Regional Environment Change, **5**, 97–110 (2005).
- [21] Buszewski B., T. Kowalkowski: *Poland's environment – past, present and future state of the environment in the Vistula and Odra River basins*, Environmental Science and Pollution Research, **10**, 343–349 (2003).
- [22] Coleman P.: *Chemiczne usuwanie fosforu*, Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej, Usuwanie związków biogennych ze ścieków, Kraków 16–18 czerwiec, 8, 1–18 (1997).



- [23] Cywiński B., S. Gdula, E. Kempa, J. Kurbiel, H. Płoszański: *Oczyszczanie ścieków cz. I. Oczyszczanie mechaniczne i chemiczne*, Arkady, Warszawa 1983.
- [24] Dąbrowska J.: *Ocena zawartości związków azotu i fosforu w wodach rzeki Trzemny*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, **7**, 57–68 (2008).
- [25] de Wit M., H. Behrendt: *Nitrogen and phosphorus emissions from soil to surface water in the Rhine and Elbe basins*, Water Science & Technology, **39**, 109–116 (1999).
- [26] Dojlido J.: *Chemia wody*, Arkady, Warszawa 1987.
- [27] Dojlido J.R.: *Chemia wód powierzchniowych*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 1997.
- [28] Dymaczewski Z., M.M. Sozański (red.): *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*, PZiTS, Poznań 1995.
- [29] Dynowska I., M. Maciejewski (red.): *Dorzecze Górnej Wisły*, PWN, Warszawa–Kraków 1991.
- [30] Dyrektywa Rady 91/271/EWG z dnia 21 maja 1991 roku dotycząca oczyszczania ścieków komunalnych, Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich L.135/40.
- [31] Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniem powodowanym przez azotany pochodzące ze źródeł rolniczych
- [32] Dyrektywa 2000/60 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej. Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich. L 327/1.
- [33] Dziubek A.M. (red.): *Gospodarka zasobami wodnymi dorzecza Górnej i Środkowej Odry*, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej we Wrocławiu (1993).
- [34] Ellis J.B.: *The quality of urban stormwater: a state of the art review*, Baltic Marine Environment Protection Commission-Helsinki Commission – 1989, Second seminar on Wastewater Treatment in Urban Areas, 6–8 September 1987, Visby Sweden, Baltic Sea Environment Proceedings No. 30, 32–45.
- [35] Falk J.: Slide rule methods for estimation of pollution load due to storm water, Baltic Marine Environment Protection Commission-Helsinki Commission – 1989, Second seminar on Wastewater Treatment in Urban Areas, 6–8 September 1987, Visby Sweden, Baltic Sea Environment Proceedings No. 30, 75–78.
- [36] Fogelberg S., B. Arheimer, M. Venohr, H. Behrendt: Catchment modeling of nitrogen flow with two different conceptual models.
- [37] Ganoulis J., K. Zardava, C. Kiourtsidis: *Modelling river water quality from diffuse sources at the catchment scale*, XXXI IAHR Congress, September 11–16, 2005, Seoul, Korea, 4586–4596 (2005).
- [38] Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Działania na rzecz ochrony Środowiska morskiego Morza Bałtyckiego, *Aura*, **9**, 19–22 (2010).

- [39] Główny Urząd Statystyczny, Bank Danych Lokalnych ([www.stat.gov.pl](http://www.stat.gov.pl)).
- [40] Gołębiowska K., A. Niespodziewany, T. Reczek: *Wskazówki metodyczne do projektowania regionalnego monitoringu wód powierzchniowych płynących*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1994.
- [41] Gromiec M.J.: *Modelowanie jakości zasobów wodnych*, Materiały na Sympozjum Hydroforum III, Wisła, 6–16, 1996.
- [42] Gunnarson L., B. Rosen, H. Rybczyński: *Critical factors for nitrogen removal-report on six years full scale operation in Falkenberg*, Baltic Sea Environment Proceedings No. 36. Seminar on Nutrients Removal from Municipal Waste Water, 4–6 September 1989, Tampere, Finland, 196–214 (1990).
- [43] Hebrowska-Grzesiak A.: *Możliwości oczyszczania wód drenażowych w stawach*, Ochrona Środowiska, 463/2–3, 29–31 (1985).
- [44] Heidrich Z., M. Roman: *Skutki zaostrzenia przepisów dotyczących jakości ścieków oczyszczonych*, Materiały na XXX Jubileuszową Konferencję „Postęp techniczny w dziedzinie oczyszczania ścieków”, Katowice, 65–73 (1999).
- [45] Heidrich Z., J. Jędrzejkiewicz: *Analiza zużycia wody w miastach polskich w latach 1995–2005*, Ochrona Środowiska, 29/4, 29–34 (2007).
- [46] Hołda I., L. Ośródk: *Próba określenia odpływu antropogenicznego wybranych rzek województwa katowickiego*, Archiwum Ochrony Środowiska, 1–2, 73–89 (1989).
- [47] Instytut Kształtowania Środowiska, Oddział Katowice, 1983, *Wieloletni program ochrony i kształtowania środowiska w województwie katowickim* (maszynopis).
- [48] Instytut Kształtowania Środowiska Oddział w Katowicach, Biuro Projektów Gospodarki Wodnej i Ściekowej „Biprowod” Oddział w Zabrze, Wydział Ochrony Środowiska, Gospodarki Wodnej i Geologii Urzędu Wojewódzkiego w Katowicach, 1995, *Wieloletni program ochrony i kształtowania środowiska w województwie katowickim na lata 1986–1990 i 1991–1995*, Katowice.
- [49] Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, *Atlas podziału hydrograficznego Polski*, Atlasy Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2005.
- [50] Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB, *Katalog przepływu i odpływu wód w wieloleciu 1971–2010 dla wybranych jednostek hydrologicznych do oceny zanieczyszczeń obszarowych i przeglądu warunków hydromorfologicznych*, IMGW, Warszawa 2012.
- [51] Jabłoński J.: *Zaawansowane systemy oczyszczania ścieków*, Materiały na Sympozjum Hydroforum III, Wisła 1996, 189–196 (1996).
- [52] Jarzębski L. (red.): *Raport o stanie środowiska w województwie katowickim w 1994 roku*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice 1995.
- [53] Jarzębski L. (red.): *Raport o stanie środowiska w województwie katowickim w latach 1995–1996*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice 1997.

- [54] Kajak Z.: *Skuteczność różnych metod rekultywacji jezior w celu poprawy czystości ich wód*, Wiadomości Ekologiczne, **278**, 331–357 (1981).
- [55] Kasza H.: *Changes in the aquatic environment over many years in three dam reservoirs in Silesia (Southern Poland) of their existence – causes and effects*, Acta Hydrobiologica, **34**, 1/2, 65–114 (1992).
- [56] Klimaszczyk P., Rzymiski P.: *Właściwości fizyczno-chemiczne spływu powierzchniowego z leśnej zlewni – potencjalna rola spływu w kształtowaniu jakości wody drobnego zbiornika wodnego*, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, **49**, 338–344 (2011).
- [57] Konwencja o ochronie środowiska morskiego obszaru Morza Bałtyckiego z 9 kwietnia 1992 . Dz.U. 2000, Nr 28, poz. 346.
- [58] Kosarewicz O., I. Firlus, G. Uniejewska.: *Ocena porównawcza metod usuwania fosforu ze ścieków miejskich*, Materiały na XXIX konferencję „Postęp techniczny w dziedzinie oczyszczania ścieków”, Katowice 12–14 października 1995, 141–155 (1995).
- [59] Kostecki M.: *Problemy jakości zasobów wodnych i ochrony zbiornika zaporowego Dzierżno Małe*, Materiały na Sympozjum Hydroforum IV, Wisła 1997, 155–172 (1997).
- [60] Kostecki M.: *Zbiornik Pławniowice – antropopresja rolnicza i przemysłowa*, Materiały XVI Sympozjum IAWQ „Problemy ochrony, zagospodarowania i rekultywacji antropogenicznych zbiorników wodnych”, Zabrze 1995. Polski Komitet Międzynarodowego Stowarzyszenia Jakości Wody, Warszawa, 53–72 (1995).
- [61] Kostecki M.: *Rekultywacja antropogenicznego zbiornika wodnego Pławniowice metodą usuwania hipolimnionu – studium limnologiczne*, Prace i Studia, IPIŚ PAN, Zabrze 2014.
- [62] Koszelnik P., J.A. Tomaszek: *Spływy powierzchniowe azotu do wód Sanu i jego dopływów*. W: Turystyka wiejska i dziedzictwo kulturowe Pogórza Dynowskiego, Związek Gmin Pogórza Dynowskiego, Dynów, 179–186 (2011).
- [63] Kowalkowski T.: *Classification of nutrient emission sources in the Vistula River system*, Environmental Pollution, **157**, 1867–1872 (2009).
- [64] IKowalkowski T., M. Pastuszak, J. Igras, B. Buszewski: *Differences in emission of nitrogen and phosphorus into the Vistula and Oder basins in 1995–2008 – Natural and anthropogenic causes (MONERIS model)*, Journal of Marine Systems, **89**, 48–60 (2012).
- [65] Królikowska J., A. Królikowski: *Wody opadowe. Odprowadzanie, zagospodarowanie, podczyszczanie i wykorzystanie*, Wydawnictwo Seidel-Przyweczki, Lublin 2012.
- [66] Kubiak J.: *Rekultywacja wód jeziornych przy użyciu koagulantów*, Konferencja „Postęp techniczny w uzdatnianiu wody pitnej i przemysłowej”, Kazimierz Dolny, 16–17 czerwiec 2014, (www.kemipol.com.pl.).
- [67] Kurbiel J., K. Żeglin: *Technologie wysokoefektywnego biologicznego usuwania azotu i fosforu wdrażane w Polsce*, Materiały Międzynarodowej

- Konferencji Naukowo-Technicznej – Usuwanie związków biogenych ze ścieków, Kraków 16–18 czerwiec, 2, 1–19 (1997).
- [68] Kurbiel J., M.Jastrzębski, K. Żeglin, I. van Veen: *Analiza efektywności oczyszczania ścieków w Oczyszczalni Ścieków w Jaworznie eksploatowanej przy sukcesywnie wzrastającym obciążeniu*, Materiały na XXX Jubileuszową Konferencję „Postęp techniczny w dziedzinie oczyszczania ścieków”, Katowice, 150–163 (1999).
- [69] Kuszniak W., J. Sikora: *Problemy modernizacji mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków*, Materiały na XXIX konferencję „Postęp techniczny w dziedzinie oczyszczania ścieków”, Katowice 12–14 października, 79–88 (1995).
- [70] Kuszniak W.: *Aktualne kierunki rozwoju technologii oczyszczania ścieków*, Materiały na Konferencję „Promocje 1996”, III Konferencja Naukowo-Techniczna, Ustroń-Jaszowiec 1996.
- [71] Kuszniak W.: *Oczyszczalnia rzeczna „Klimzowiec” problemy techniczne i prawne*, Materiały na XXX Jubileuszową Konferencję „Postęp techniczny w dziedzinie oczyszczania ścieków”, Katowice, 173–185 (1995).
- [72] Lampert W., U. Sommer: *Ekologia wód śródlądowych*, PWN, Warszawa 1996.
- [73] Leśniak M.: *Zanieczyszczenie wód opadowych w obrębie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 1996.
- [74] Malkowska B., F. Pistelok, E. Gubała: *Efekty pracy wybranych oczyszczalni komunalnych objętych badaniami monitoringu w województwie katowickim w 1997 roku*, Biuletyn Regionalnego Monitoringu środowiska (wody powierzchniowe, ziemia), 75–86 (1998).
- [75] Mąkinia J.: *Przykłady zastosowania nowoczesnych metod usuwania nadmiaru azotu i fosforu ze ścieków*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, **12**, 298–302 (1993).
- [76] Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, *Polityka ekologiczna państwa*, Warszawa, 1990 (maszynopis).
- [77] Ministerstwo Środowiska, *Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych*, Warszawa 2003.
- [78] Ministerstwo Środowiska, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, *Roboczy projekt IV aktualizacja Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych – IV AKPOŚK*, Warszawa 2013.
- [79] Mosiej J., H. Komorowski, A. Kaczmarski, A. Suska: *Wpływ zanieczyszczeń z Aglomeracji Łódzkiej na jakość wody w rzekach Ner i Warta*, Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumiectus, **6(2)**, 2007, 19–30 (2007).
- [80] Niemirycz E., R. Taylor, Z. Makowski: *Zagrożenie substancjami biogenymi wód powierzchniowych*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1993.

- [81] Nowakowski K.: Zaopatrzenie w wodę Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, „Zagadnienia Gospodarcze Śląska. Odczyty i rozprawy 13” Wydawnictwa Instytutu Śląskiego, Katowice 1938.
- [82] Oleszkiewicz J.: *Obiegi związków biogenych i ich wpływ na środowisko wodne*, Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Usuwanie związków biogenych ze ścieków”, Kraków 16–18 czerwiec, **1**, 11–16 (1997).
- [83] Oleszkiewicz J.: *Biologiczne usuwanie azotu*, Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Usuwanie związków biogenych ze ścieków”, Kraków 16–18 czerwiec, **3**, 1–37 (1997).
- [84] Oleszkiewicz J.: *Usuwanie związków biogenych w niskiej temperaturze*, Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Usuwanie związków biogenych ze ścieków”, Kraków 16–18 czerwiec, **13**, 1–11 (1997).
- [85] Olsński A.: *Zużycie wody w mieszkalnictwie po wprowadzeniu indywidualnego opomiarowania odbiorców wody*, Materiały na „Hydroforum II ’95”, Wisła 1995, 213–224 (1995).
- [86] Olsński A.: *Analiza zużycia wody w budownictwie wielorodzinnym*, Materiały na „Hydroforum IV ’97”, Wisła 1997.
- [87] O’Neill P.: *Chemia Środowiska*, PWN, Warszawa–Wrocław 1997.
- [88] Ośrodek Badań i Kontroli Środowiska, 1979–1994, *Stan i ocena stanu czystości wód powierzchniowych województwa katowickiego*, Sprawozdania z wyników monitoringu z lat 1979–1994, Katowice (maszynopisy z lat 1979–1994).
- [89] Ośrodek Badań i Kontroli Środowiska, 1995–2000, *Monitoring powierzchniowych wód płynących w województwie katowickim*, Sprawozdania wyników monitoringu z lat 1995–2000, Katowice (maszynopisy z lat 1995–2000).
- [90] Ośrodek badań i Kontroli Środowiska, 1995–1999, *Monitoring najważniejszych źródeł zanieczyszczenia rzek w województwie katowickim*, Sprawozdania z wyników badań z lat 1995–1999.
- [91] Paluch J.: *Mikrobiologia wód*, PWN, Warszawa 1973.
- [92] Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, 1998, *Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 1998–2002*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- [93] Pistelok F., E. Gubała: *Ocena sprawności działania wybranych oczyszczalni ścieków w województwie katowickim cz. I: Oczyszczalnie z osadem czynnym*, Urząd Wojewódzki Katowice, Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Katowice (maszynopis) (1994).
- [94] Pistelok F.: *Jakość wód powierzchniowych w rzekach województwa katowickiego w 1994 roku*, Materiały na Sympozjum „Hydroforum II”, Wisła 1995, 20–34 (1995).



- [95] Pistelok F.: *Zasady prowadzenia monitoringu wód powierzchniowych w województwie katowickim w latach 1995–1997* (maszynopis) (1995).
- [96] Pistelok F.: *Zanieczyszczenie wód ze źródeł komunalnych w województwie katowickim*, Materiały na III Konferencję Naukowo-Techniczną „Promocje 96 – Oczyszczanie ścieków”, Ustroń Jaszowiec, 16–18 październik 1996.
- [97] Pistelok F.: *Oszacowanie ładunku zanieczyszczeń wprowadzonego do Kłodnicy i jej dopływów ze źródeł komunalnych*, Materiały na Sympozjum „Hydroforum IV”, Wisła 1997, 101–110 (1997).
- [98] Pistelok F.: *Ocena stanu zanieczyszczenia rzek w województwie katowickim w latach 1996–1997*, Biuletyn Regionalnego Monitoringu Środowiska (wody powierzchniowe, ziemia), 15–39 (1998).
- [99] Pistelok F.: *Oczyszczanie ścieków w zlewni Wisły na obszarze dawnego województwa katowickiego*, Materiały na XXX Jubileuszową Konferencję „Postęp techniczny w dziedzinie oczyszczania ścieków”, Katowice, 42–56 (1999).
- [100] Pistelok F.: *Oczyszczanie ścieków komunalnych w zlewni Wisły w regionie katowickim, IV Międzynarodowe Seminarium Ekologiczne*, „Gospodarka wodno-ściekowa a walory przyrodnicze”, Siemianowice Śląskie, 13 października 2000, 79–93 (2000).
- [101] Pistelok F.: *Analiza zależności pomiędzy zanieczyszczeniem ze źródeł komunalnych a jakością powierzchniowych wód płynących na obszarach silnie zurbanizowanych na przykładzie zlewni Górnej Wisły*, Monografie i Rozprawy Naukowe, Instytut Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy 2001.
- [102] Pistelok F.: *Kilka uwag na temat przydomowych oczyszczalni ścieków*, Gospodarka Wodna, **5**, 195–198 (2013).
- [103] Plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły. Monitor Polski, Nr 49/2011, poz. 549.
- [104] Psiuk J. (red.): *Monografia rzeki Rawy, Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Katowice*, Katowice 2006.
- [105] Psiuk J. (red.): *Katowickie wodociągi, Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Katowice*, Katowice 2007.
- [106] Rauba M.: *Zawartość związków azotu i fosforu w wodach gruntowych zlewni użytkowanej rolniczo na przykładzie rzeki Śliny*, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, **40**, 505–512 (2009).
- [107] Rennerfelt R.: *Ekonomiczne i ekologiczne aspekty chemicznego oczyszczania ścieków*, Materiały na XXIX konferencję „Postęp techniczny w dziedzinie oczyszczania ścieków”, Katowice 12–14 października, 157–161 (1995).
- [108] Roman M.: *Strategiczne problemy ograniczenia ładunku fosforu odprowadzanego do wód powierzchniowych*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, **1**, 13–18 (1993).

- [109] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 27 grudnia 1993 w sprawie opłat za szczególne korzystanie z wód i urządzeń wodnych. Dz. U. Nr 133, poz. 637, 1993.
- [110] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z 5 listopada 1991 roku w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi, Dz. U. 116, 1991.
- [111] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 w sprawie klasyfikacji jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. Dz. U. Nr 257 poz. 1545, 2011.
- [112] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz. U. Nr 137, poz. 984, 2006.
- [113] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 27 grudnia 1993 w sprawie opłat za szczególne korzystanie z wód i urządzeń wodnych. Dz. U. Nr 133, poz. 637, 1994.
- [114] Rybiński J.: *Odpyływ zanieczyszczeń do morza ich źródła i możliwości ograniczenia*, Materiały pokonferencyjne, I Krajowa Konferencja Gospodarki Wodnej, Kraków, 17–18 czerwiec 1991.
- [115] Rzętała M.: *Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 2008.
- [116] Saarinen R.: *Simultaneous precipitation*, Baltic Sea Environment Proceedings No. 36. Seminar on Nutrients Removal from Municipal Waste Water, 4–6 September 1989, Tampere, Finland, 73–81 (1990).
- [117] Sikora J., W. Kuszniak: *Doświadczenia na temat usuwania azotu i fosforu w oczyszczalni ścieków Siemianowice-Centrum*, Materiały na XXIX konferencję „Postęp techniczny w dziedzinie oczyszczania ścieków”, Katowice 12–14 października, 125–140 (1995).
- [118] Sprawozdanie z wykonania KPOŚK za rok 2010. Województwo Śląskie. ([www.kzgw.gov.pl](http://www.kzgw.gov.pl))
- [119] Sprawozdanie z wykonania KPOŚK za rok 2010. Województwo Małopolskie. ([www.kzgw.gov.pl](http://www.kzgw.gov.pl))
- [120] Stelmach K., K. Bonetyński, J. Malicki.: *Specyfika przystosowania dużej oczyszczalni ścieków do wysokoefektywnej redukcji biogenów*, „Promocje 1996”. III Konferencja Naukowo-Techniczna, Ustroń-Jaszowiec 1996.
- [121] Storhaug R.: *Phosphorus removal in small treatment units*. Baltic Sea Environment Proceedings No.36. Seminar on Nutrients Removal from Municipal Waste Water, 4–6 September 1989, Tampere, Finland, 99–111 (1990).

- [122] Szachulowicz J.: *Prawo wodne*, Wydawnictwo Prawnicze Lexis Nexis, Warszawa 2006.
- [123] Szczepański W.: *Charakterystyka zbiorników zaporowych w województwie katowickim*, Katowice (maszynopis).
- [124] Szczepański W. (red.): *Atlas posterunków wodowskazowych dla potrzeb państwowego monitoringu środowiska*, Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 1996.
- [125] Taylor R.: *Odpyływ związków azotu ze zlewni rzecznych Polski północnej*, Materiały pokonferencyjne. I Krajowa Konferencja Gospodarki Wodnej, Kraków, 17–18 czerwca 1991.
- [126] Taylor R., T. Bogacka, J. Rybiński, E. Niemirycz, A. Żelechowska, Z. Makowski, E. Korzec: *Rolnicze zanieczyszczenia obszarowe w wodach powierzchniowych*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1992.
- [127] Twarowski R., E. Liana: *Obciążenie dorzecza środkowej Odry związkami biogennymi pochodzącymi z opadów atmosferycznych*, „Problemy oczyszczania ścieków i ochrony wód w dorzeczu Odry” Materiały z V Konferencji Naukowo-Technicznej w Piechowicach k/Szklarskiej Poręby, 20–23 czerwca, 281–290 (1999).
- [128] Urząd Statystyczny w Katowicach, 1971. „Rocznik Statystyczny Województwa Katowickiego 1970”. Wojewódzki Urząd Statystyczny w Katowicach.
- [129] Urząd Statystyczny w Katowicach, 1981. „Rocznik Statystyczny Województwa Katowickiego 1970”. Wojewódzki Urząd Statystyczny w Katowicach.
- [130] Urząd Wojewódzki w Katowicach, 1975. „Stan istniejący oraz kierunki działania na rzecz ochrony i kształtowania środowiska jako podstawowego czynnika dalszej poprawy warunków socjalno-bytowych mieszkańców województwa katowickiego”. Katowice, maszynopis.
- [131] Ustawa o ochronie i kształtowaniu środowiska z 31 stycznia 1980. Dz. U. nr 3, poz. 6 (z późniejszymi zmianami).
- [132] Ustawa o samorządzie gminnym z dnia 8 marca 1990. Dz. U. poz. 594, 2013.
- [133] Ustawa prawo wodne z dnia 18 lipca 2001. Dz.U. poz. 145, 2012.
- [134] Ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach z dnia 13 września 1996. Dz. U. poz. 1399, 2013.
- [135] Ustawa o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzeniu ścieków.
- [136] US Environmental Protection Agency, „Technical support manual: waterbody surveys and assessments for conducting use attainability analyses. Volume III: Lake systems”. Waszyngton 1984.
- [137] „Wieloletni program ochrony i kształtowania środowiska w województwie katowickim na lata 1996–2005 oraz kierunki działań do roku 2020”. Urząd Wojewódzki, Katowice.



- [138] Wilderer P.A.: Effects of low temperature on nitrogen removal processes”. Baltic Marine Environment protection Commission-Helsinki Commission – 1989, Second seminar on Wastewater Treatment in Urban Areas 6–8 September 1987, Visby Sweden. Baltic Sea Environment Proceedings No. 30, 170–180.
- [139] Wind T.: *The role of detergents in the phosphate-balance of European surface water*, EWA 2007.
- [140] Włoch D., M. Konopka, A. Szumowska, F. Pistelok, E. Gubała.: *Ocena sprawności działania wybranych oczyszczalni ścieków w województwie katowickim cz. I : Oczyszczalnie ze złożami biologicznymi*, Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Ośrodek Badań i Kontroli Środowiska, Katowice 1994 (maszynopis).
- [141] Włodarczyk J., L. Ośródk: *Udział wód obcych w przepływach województwa katowickiego*, Archiwum Ochrony Środowiska, 1–2, 1988, 39–53 (1988).
- [142] Wojewoda Katowicki, Urząd Statystyczny w Katowicach, Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, *Ochrona środowiska w województwie katowickim w 1995*, Urząd Statystyczny w Katowicach, Katowice 1996.
- [143] Wojewoda Katowicki, Ośrodek Badań i Kontroli Środowiska, Ocena realizacji efektów wieloletniego programu ochrony i kształtowania środowiska w województwie katowickim w latach 1986–1995, Katowice 1997 (maszynopis).
- [144] Wojewoda Katowicki, Urząd Statystyczny Katowice, Ośrodek Badań i Kontroli Środowiska Katowice, *Ochrona Środowiska. Województwo Katowickie 1996–1997*, Katowice 1997.
- [145] Wojewoda Śląski, *Stan środowiska w województwie śląskim w 2011 roku*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice 2012.
- [146] Wojewoda Śląski, *Stan środowiska w województwie śląskim w 2012 roku*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice 2013.
- [147] Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, 2014, *Informacje o stanie środowiska w województwie śląskim* ([www.katowice.pios.gov.pl](http://www.katowice.pios.gov.pl)).
- [148] Wójcik A.R., F. Pistelok: *Zarządzanie gospodarką wodną w warunkach zmieniającego się środowiska*, W: *Przeobrażenia stosunków wodnych w warunkach zmieniającego się środowiska*, Uniwersytet Śląski Wydział Nauk o Ziemi, Polskie Towarzystwo Geograficzne, RZGW Gliwice, Sosnowiec, 293–305 (2009).
- [149] Vollertsen J.: *Koncepcja procesu i modelu dla przemian mikrobiologicznych zachodzących w ściekach w kanalizacjach grawitacyjnych*, Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej – Usuwanie związków biogenych ze ścieków, Kraków 16–18.06.1997, 12.1–13 (1997).
- [150] Vollenweider R.A.: *Scientific Fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorus*

*as factor of eutrophication*, Water Management Research, OECD-DSA, Paris 1968.

- [151] Zakład Ochrony Środowiska Regionów Przemysłowych PAN, *Analiza zanieczyszczeń rzek w województwie katowickim możliwości osiągnięcia w latach 1971–1980 planowanego stanu czystości według obowiązującej klasyfikacji*, Zabrze 1973 (maszynopis).
- [153] Zuber T.: *Wpływ eksploatacji górniczej na uszkodzalność sieci wodociągowych i kanalizacyjnych na obszarze wybranych miast Śląska*, IV Międzynarodowe Seminarium Ekologiczne, „Gospodarka wodno-ściekowa a walory przyrodnicze”, Siemianowice Śląskie, 13 października, 59–78 (2000).

## 11. Streszczenie

Działania w zakresie transportu i oczyszczania ścieków w Polsce od lat siedemdziesiątych XX wieku należały do priorytetów w dziedzinie ochrony środowiska. Wiele z nich nie przyniosło spodziewanych efektów. Były to działania przypadkowe, odnoszące się do pojedynczych inwestycji, które nie mogły przynieść korzystnych zmian jakości powierzchniowych wód płynących w obrębie poszczególnych zlewni. Szczególnie niekorzystnie sytuacja dotycząca gospodarki ściekami komunalnymi przedstawiała się na terenie dzisiejszego województwa śląskiego.

Dla scharakteryzowania problemu transportu i oczyszczania ścieków w przeszłości oraz w najbliższej perspektywie przeanalizowano sytuację w zlewni Przemszy. Wybór tej zlewni był podyktowany jej zróżnicowanym zurbanizowaniem. Obszar ten zamieszkały jest przez około 1,5 mln mieszkańców. Jego cechą jest to, że obok terenów silnie zmienionych w wyniku antropopresji o dużej gęstości zaludnienia (południowa część zlewni), znajdują się tu obszary wiejskie i zalesione (tereny powyżej zbiorników zaporowych w Kozłowej Górze i Przeczycach). Dodatkowo cechuje się ona znacznym rozdrobnieniem administracyjnym – znaczna ilość miast sąsiadujących z sobą – nietworzących jednak wspólnego organizmu miejskiego, niepowiązanych ze sobą jakimikolwiek związkami.

Analizie poddano lata 1970–2010 z prognozą dla lat 2015 i 2030. Jej przedmiotem było określenie usunięcia związków węgla, azotu i fosforu w trakcie oczyszczania oraz wpływu emisji komunalnej na jakość wód powierzchniowych. Możliwość przeprowadzenia takiej analizy wynikała z faktu istnienia dokumentów archiwalnych pozwalających na prześledzenie zmian w sektorze komunalnym w stosunkowo długim okresie czasu. Jej przeprowadzenie obecnie daje dodatkowo możliwość oceny realizacji Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych.

W latach siedemdziesiątych XX wieku eksploatowano w omawianej zlewni ponad 20 oczyszczalni ścieków. Część z nich zbudowana została jeszcze przed I wojną światową, część zaś oddano do eksploatacji w latach sześćdziesiątych. Obiekty te usuwały zaledwie 10% ładunku BZT<sub>5</sub> wprowadzanego do ścieków w gospodarstwach domowych. W rezultacie większość przepływających przez

obszar zurbanizowany rzek była silnie zanieczyszczona związkami węgla azotu i fosforu.

Do połowy lat dziewięćdziesiątych sytuacja nie uległa znaczącej poprawie. Wzrost liczby mieszkańców, poprawa komfortu życia doprowadziła do zwiększania ładunku zanieczyszczeń kierowanego do rzek i potoków na tym obszarze. Przez cały ten okres liczba mieszkańców korzystających z kanalizacji i oczyszczalni ścieków była niewielka, zaś na obszarach wiejskich śladowa. Wykonane początku lat dziewięćdziesiątych badania, wykazały, że żadna z działających wówczas w zlewni Przemszy oczyszczalni nie spełniała obowiązujących wówczas wymagań dotyczących jakości ścieków oczyszczonych.

Pierwsze symptomy poprawy jakości wody w analizowanych rzekach obserwowano w połowie lat dziewięćdziesiątych po oddaniu do użytku szeregu dużych mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków. Część z nich wyposażona była w urządzenia służące do biologicznej denitryfikacji i defosfatacji. Dodatkowo w części obiektów istniała możliwość chemicznego strącania fosforu.

Do roku 2010 oddano do użytku znaczną część przewidzianych do realizacji w ramach KPOŚK oczyszczalni. Większość z nich uzyskuje odpowiednie wyniki w zakresie usuwania BZT<sub>5</sub>, zawiesiny i związków biogennych. Do rozwiązania pozostało jednak szereg problemów związanych z transportem ścieków (brak kanalizacji w części miast) oraz z kanalizacją i oczyszczaniem ścieków na wsi. Odczuwalna jest poprawa jakości wody w większości analizowanych przekrojów badawczych zlokalizowanych na ciekach powierzchniowych. Dalszą poprawę w tym zakresie powinny przynieść prace realizowane obecnie.

Obok analizy wykonanej dla całej zlewni w opracowaniu przedstawiono dane odnoszące się do zlewni cząstkowych. Pozwala to prześledzenie zmian w gospodarce ściekowej dla obszarów o różnym zurbanizowaniu.

Realizacja KPOŚK prawdopodobnie spowoduje wzrost obciążenia związkami biogennymi zlokalizowanych w zlewni zbiorników zaporowych. Konieczne wydaje się wprowadzenie zasady, że nawet dla niewielkich oczyszczalni posadowionych na tych obszarach konieczne jest ich wyposażenie w urządzenia do usuwania związków biogennych. W przeciwnym przypadku można się spodziewać wzrostu eutrofizacji wody, a w konsekwencji wystąpienia intensywnych zakwitów glonów.