

# SPIS TREŚCI

Wykaz ważniejszych oznaczeń .....	5
Wstęp .....	7
1. Koncepcja rozwoju terenów zurbanizowanych.....	9
1.1. Wprowadzenie .....	9
1.2. Strategia zrównoważonego rozwoju .....	9
1.3. Program europejskiej sieci transportowej (TEN-T) .....	10
2. Systemy odprowadzania spływów deszczowych.....	13
2.1. Charakterystyka systemu kanalizacji deszczowej.....	13
2.2. Charakterystyka systemu kanalizacji ogólnospławnej.....	13
3. Charakterystyka jakościowa wód opadowych.....	15
3.1. Wprowadzenie .....	15
3.2. Zanieczyszczenia występujące w spływach deszczowych .....	15
3.3. Zanieczyszczenia ropopochodne w spływach deszczowych .....	19
3.3.1. Skład ropy naftowej.....	19
3.3.2. Wartości stężenia zanieczyszczeń ropopochodnych w spływach opadowych.....	22
3.4. Podsumowanie jakości spływów deszczowych.....	24
4. Aspekty prawne odprowadzania wód i ścieków do odbiornika.....	25
4.1. Pozwolenia wodnoprawne .....	25
4.2. Wskaźniki jakości wód odprowadzanych do odbiornika .....	25
5. Wpływ zanieczyszczeń ropopochodnych na ludzi i środowisko .....	29
6. Oczyszczanie ścieków pod kątem zanieczyszczeń ropopochodnych .....	31
6.1. Urządzenia do usuwania zanieczyszczeń ropopochodnych w oczyszczalniach ścieków.....	31
6.2. Separatory substancji ropopochodnych .....	33
7. Łódzki system odprowadzania i oczyszczania ścieków.....	37
7.1. Historia łódzkiego system kanalizacji ogólnospławnej i deszczowej.....	37
7.2. Ciąg technologiczny oczyszczania w Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi .....	38
8. Metodyka badań .....	41
8.1. Zakres badań .....	41
8.2. Pobór próbek .....	41
8.3. Oznaczanie węglowodorów ropopochodnych.....	42
8.3.1. Chromatografia gazowa .....	42
8.3.2. Norma PN-EN ISO 9377-2:2003 i jej zastosowanie .....	44
8.4. Metodyka badań dodatkowych wskaźników zanieczyszczeń.....	47
8.4.1. Chemiczne zapotrzebowanie tlenu, zawiesiny ogólne.....	47
8.5. Przyjęte założenia i dane wykorzystane przy opracowaniu wyników .....	48
8.5.1. Baza danych opadowych .....	48
8.5.2. Opad efektywny.....	48
8.5.3. Liczba dni pogody suchej.....	49

8.5.4.	Baza danych natężeń przepływu .....	49
8.5.5.	Ładunek zanieczyszczeń .....	49
8.5.6.	Pierwsza fala spływu zanieczyszczeń .....	50
8.5.7.	Regresja wielokrotna (analiza statystyczna) .....	52
9.	Koncepcja badań.....	53
9.1.	Lokalizacja oraz metodyka poboru próbek ścieków i wód opadowych.....	53
9.1.1.	Grupowa Oczyszczalnia Ścieków w Łodzi (GOŚ-ŁAM) – ścieki pogody suchej .....	54
9.1.2.	Kanał ogólnospławny przy ulicy Rogozińskiego .....	55
9.1.3.	Kanał wylotowy kanalizacji deszczowej przy ulicy Bławatnej (Dąbrowa).....	57
9.1.4.	Kanał wlotowy do osadnika przy ulicy Liściastej.....	59
9.1.5.	Spływy z dróg.....	60
10.	Wyniki badań.....	65
10.1.	Warunki pogody suchej .....	65
10.1.1.	Grupowa Oczyszczalnia Ścieków w Łodzi GOŚ-ŁAM .....	65
10.1.2.	Kanał ogólnospławny zlokalizowany w ulicy Rogozińskiego .....	67
10.2.	Warunki pogody mokrej.....	69
10.2.1.	Kanał wylotowy kanalizacji deszczowej przy ulicy Bławatnej (Dąbrowa).....	69
10.2.2.	Kanał wlotowy do osadnika przy ulicy Liściastej.....	84
10.2.3.	Spływy z dróg.....	112
10.2.4.	Przelew burzowy przy ulicy Rogozińskiego .....	125
10.3.	Wyznaczenie tła pogody suchej indeksu oleju mineralnego.....	159
10.4.	Ustalenie najbardziej zanieczyszczonego obszaru w odniesieniu do zanieczyszczenia węglowodorami ropopochodnymi .....	162
10.5.	Interpretacja charakterystyki opadu .....	163
10.6.	Wpływ zagospodarowania zlewni na zanieczyszczenia występujące w spływach wód opadowych.....	164
10.7.	Analiza statystyczna .....	166
11.	Podsumowanie .....	170
12.	Wnioski.....	175
	Literatura .....	177
	Spis rysunków.....	188
	Spis tabel .....	188
	Spis wykresów .....	190
	Spis zdjęć.....	196

## WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

BZT	– biologiczne zapotrzebowanie na tlen [ $\text{mgO}_2/\text{dm}^3$ ],
ChZT	– chemiczne zapotrzebowanie na tlen [ $\text{mgO}_2/\text{dm}^3$ ],
FID	– flame ionization detector (detektor płomieniowo-jonizacyjny),
GC	– gas chromatography (chromatografia gazowa),
GOŚ-ŁAM	– Grupowa Oczyszczalnia Ścieków Łódzkiej Aglomeracji Miejskiej,
HEM	– substancje ekstrahujące się heksanem [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ],
IOM	– indeks oleju mineralnego [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ],
LDPS	– liczba dni pogody suchej [d],
SEEN	– substancje ekstrahujące się eterem naftowym [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ],
WWA	– wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne [ $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ],
ZWiK	– Zakład Wodociągów i Kanalizacji.

## WSTĘP

Występowanie zanieczyszczeń ropopochodnych w środowisku związane jest z niezwykle dużym zastosowaniem produktów rafineryjnych w wielu dziedzinach życia codziennego (Kumar 2021; Ptak 2016; Speight 2011). Wraz ze wzrostem zużycia ropy naftowej potencjalnie rośnie zagrożenie dla środowiska naturalnego. Zagrożeniu temu należy bezwzględnie zapobiegać, aby zachować jak najlepsze warunki życia organizmów żywych, w tym człowieka. Niektóre obiekty infrastruktury na terenach zurbanizowanych odpowiadają za zwiększone stężenie węglowodorów ropopochodnych odprowadzanych do środowiska (Piekutin 2013; Gadziński 2011; Kołodziejczyk 2009), a tym samym wpływają na mieszkańców danego obszaru (Rakowska 2012; Konieczko 2006).

Zmiany w aktach prawnych, koszty oraz złożona procedura oznaczania zanieczyszczeń ropopochodnych spowodowały, że dostępność danych literaturowych jest stosunkowo niewielka i bardzo zróżnicowana (oznaczanie substancji ekstrahujących się eterem naftowym substancji ropopochodnych i węglowodorów ropopochodnych), co wpływa na możliwość ich wykorzystania do porównań.

Rozwój infrastruktury transportowej (Paturalska-Nowak 2016), który związany jest z rozwojem regionu łódzkiego, może przyczynić się do zmiany poziomu zanieczyszczeń ropopochodnych odprowadzanych do środowiska wodnego. Analizy wpływu przeprowadzanych zmian są możliwe jedynie w przypadku stałego monitoringu jakości wód opadowych. Podejmowanie decyzji związanych z podczyszczaniem wód opadowych z terenów zurbanizowanych na podstawie prognoz, opartych na stwierdzeniu wysokiego stężenia innych zanieczyszczeń (substancji ekstrahujących się eterem naftowym, zawiesin) lub na danych ze zlewni o innym sposobie zagospodarowania, nie jest wiarygodne oraz powoduje wzrost kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych sieci kanalizacyjnej. Możliwość szacowania ilości zanieczyszczeń skutkuje ograniczeniem liczby wykonywanych badań lub całkowitym ich zaniechaniem, czego konsekwencją jest stosowanie urządzeń podczyszczających na obszarach, na których występuje niskie stężenie węglowodorów ropopochodnych.

Wsparciem w poznaniu rzeczywistego stężenia węglowodorów ropopochodnych, występującego w wodach opadowych, jest wyznaczenie zależności pomiędzy obserwowanym stężeniem węglowodorów ropopochodnych i wielkościami charakteryzującymi każde zjawisko opadowe. Oprócz poziomu stężenia zanieczyszczeń ropopochodnych istotne jest również określenie ładunku tych zanieczyszczeń, które gromadzą się na powierzchni zlewni i następnie kierowane są do odbiornika.

Wobec powyższego zdecydowano się na określenie rzeczywistego poziomu węglowodorów ropopochodnych odprowadzanych do środowiska

wodnego z terenu miejskiego oraz odniesienie otrzymanych wyników do obowiązującego prawa i stosowanych rozwiązań technicznych.

W pracy dokonano analizy trzech zlewni miejskich o różnym sposobie zagospodarowania:

- 1) zlewnia z terenu przemysłowo-usługowego z systemem kanalizacji rozdzielczej (zlewnia Dąbrowa),
- 2) zlewnia miejska mieszkaniowa z systemem kanalizacji rozdzielczej (zlewnia Liściasta),
- 3) zlewnia miejska mieszkaniowa z systemem kanalizacji ogólnospławnej (zlewnia Rogozińskiego).

We wszystkich przypadkach odbiornikiem wód opadowych są rzeki miejskie. Uzpełnienie analiz stanowią badania spływów ze zlewni drogowych, w których potencjalnie występuje zwiększona emisja zanieczyszczeń ropopochodnych – usytuowanych na terenie miejskim mieszkaniowym, w pobliżu stacji paliw oraz na terenie pętli autobusowych.

W monografii przedstawiono również analizę innych czynników, wpływających na stężenie węglowodorów ropopochodnych. Zaprezentowano wyniki oznaczeń ChZT i zawiesin ogólnych w próbkach spływów deszczowych oraz podstawową charakterystykę każdego zjawiska opadowego, obejmującą między innymi natężenie opadu, czas trwania zjawiska oraz okres pogody suchej poprzedzającej opad. Ponadto dokonano identyfikacji zjawiska pierwszej fali spływu zanieczyszczeń oraz wyznaczono ładunki zanieczyszczeń kierowane do odbiorników.

Aktualny poziom zanieczyszczeń ropopochodnych odprowadzanych do środowiska wodnego, a wynikający z rozwoju obszarów zurbanizowanych, jest podstawą dla przyszłych badań prowadzonych w kierunku ochrony środowiska oraz uregulowań prawnych z tym związanych.

Indywidualne i wieloaspektowe podejście do każdej zlewni stanowi bazę do stworzenia jej charakterystyki i ewentualnego odniesienia uzyskanych wyników do innych zlewni na terenie miasta, a, w konsekwencji, do stworzenia mapy potencjalnych punktów emisji zanieczyszczeń ropopochodnych do środowiska wodnego.