

ZAŁĄCZNIK NR 3A

do wniosku w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego

AUTOREFERAT

dr inż. Anna Maria Sulej-Suchomska

**Nowe narzędzia monitorowania, kontroli oraz oceny ryzyka ekotoksykologicznego
ksenobiotyków organicznych w matrycach o dominującej fazie wodnej**

New tools for monitoring, control and ecotoxicological risk assessment
of organic xenobiotics in predominantly aqueous matrices

1. Imię i nazwisko.

Anna Sulej-Suchomska

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- a) **2014 r.: Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny:** uzyskanie stopnia doktora nauk chemicznych; dyscyplina naukowa: chemia, tytuł rozprawy doktorskiej: „*Nowe metodyki analityczne do oznaczania zawartości różnych składników lotniskowych wód spływnych*”; Promotor: prof. dr hab. inż. Jacek Namieśnik (Wyróżnienie pracy nadane przez Radę Wydziału Chemicznego PG);
- b) **2010 r.: Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny;** uzyskany tytuł: magister inżynier, kierunek: Technologie Ochrony Środowiska, specjalność: Systemy Ochrony Środowiska, tytuł pracy dyplomowej: „Walidacja metodyki oznaczania analitów z grupy polichlorowanych bifenyli i pestycydów chloroorganicznych z wykorzystaniem ekstrakcji za pomocą rozpuszczalnika wspomaganą promieniowaniem mikrofalowym”. Promotor: prof. dr hab. inż. Marek Biziuk.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

- 01.10.2018 – obecnie** - Adiunkt, Katedra Zarządzania Jakością, Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości, Uniwersytet Morski w Gdyni (urlop macierzyński, rodzicielski: 21.10.2020 r. - 19.10.2021 r.);
- 31.01.2015 – 30.10.2018**– Adiunkt, Katedra i Zakład Chemii Nieorganicznej i Analitycznej, Wydział Farmaceutyczny, Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu (urlop macierzyński, rodzicielski: 28.02.2017 r. - 26.02.2018 r.);
- 01.10.2014 – 31.01.2015**– Asystent, Katedra i Zakład Chemii Nieorganicznej i Analitycznej, Wydział Farmaceutyczny, Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu;
- 21.11.2011 - 23.11.2014**- Kierownik projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki, Preludium I, Nr 2011/01/N/ST4/01913; Katedra Chemii Analitycznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska;
- 04.04.2012 - 03.04.2014**- Kierownik projektu badawczego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, *Iuventus Plus* Nr 0528/IP3/2011/7; Katedra Chemii Analitycznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska.

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Nowe narzędzia monitorowania, kontroli oraz oceny ryzyka ekotoksykologicznego ksenobiotyków organicznych w matrycach o dominującej fazie wodnej.

4.2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy

[H1] A. M. Sulej-Suchomska[✉], Ż. Polkowska, Z. J. Kokot, M. de la Guardia, J. Namieśnik, Determination of antifreeze substances in the airport runoff waters by solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry method, *Microchemical Journal*, 126, 466, 2016.

- IF₂₀₂₅ = 5,1;
- IF_{5-year} = 4,7;
- punkty MNiSW₂₀₁₆ = 35;
- punkty MNiSW₂₀₂₅ = 70.

Mój wkład w powstanie publikacji:

- *tworzenie koncepcji całościowej badań i kierowanie nimi;*
- *organizowanie kampanii i realizacja pobierania próbek do analizy;*
- *przeprowadzenie badań;*
- *przygotowanie zbioru danych do analizy;*
- *przeprowadzenie obliczeń modelowych;*
- *interpretacja wyników badań;*
- *przygotowanie tekstu manuskryptu (wersji wstępnej, jak i późniejsza korekta oraz redakcja);*
- *przygotowanie wszystkich rycin i tabel manuskryptu;*
- *opracowanie wniosków;*
- *przygotowanie odpowiedzi na uwagi recenzentów;*
- *autor korespondencyjny.*

[H2] A. M. Sulej-Suchomska[✉], Ż. Polkowska, T. Chmiel, T.M. Dymerski, Z.J. Kokot, J. Namieśnik, Solid phase microextraction–comprehensive two-dimensional gas chromatography–time-of-flight mass spectrometry: A new tool for determining polycyclic aromatic hydrocarbons in airport runoff water samples, *Analytical Methods*, 8, 4509, 2016.

- $IF_{2025} = 2,7$;
- $IF_{5\text{-year}} = 2,8$;
- punkty MNiSW₂₀₁₆ = 25;
- punkty MNiSW₂₀₂₅ = 70.

Mój wkład w powstanie publikacji:

- *tworzenie koncepcji całościowej badań i kierowanie nimi;*
- *organizowanie kampanii i realizacja pobierania próbek do analizy;*
- *przeprowadzenie badań;*
- *przygotowanie zbioru danych do analizy;*
- *przeprowadzenie obliczeń modelowych;*
- *współudział w interpretacji wyników badań;*
- *przygotowanie tekstu manuskryptu (wersji wstępnej, jak i późniejsza korekta oraz redakcja);*
- *przygotowanie rycin 1, 4, 5, 6 manuskryptu;*
- *przygotowanie tabel manuskryptu;*
- *współudział w opracowaniu wniosków;*
- *współudział w przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów;*
- *autor korespondencyjny.*

[H3] A. M. Sulej-Suchomska[✉], Ż. Polkowska, A. Przyjazny, Z.J. Kokot, J. Namieśnik, Determination of fuel combustion product in airport runoff water samples using liquid–liquid extraction with gas chromatography–spectrometry, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13, 1475, 2016.

- $IF_{2025} = 3,4$;
- $IF_{5\text{-year}} = 3,3$;
- punkty MNiSW₂₀₁₆ = 30;
- punkty MNiSW₂₀₂₅ = 70.

Mój wkład w powstanie publikacji:

- *tworzenie koncepcji całościowej badań i kierowanie nimi;*
- *organizowanie kampanii i realizacja pobierania próbek do analizy;*
- *przeprowadzenie badań;*
- *przygotowanie zbioru danych do analizy;*
- *przeprowadzenie obliczeń modelowych;*
- *interpretacja wyników badań;*
- *przygotowanie tekstu manuskryptu (wersji wstępnej, jak i późniejsza korekta oraz redakcja);*
- *przygotowanie rycin i tabel manuskryptu;*
- *opracowanie wniosków;*
- *współudział w przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów;*
- *autor korespondencyjny.*

[H4] A.M. Sulej-Suchomska[✉], K. Koziol, Ż. Polkowska[✉], Comprehensive Analysis and Environmental Risk Assessment of Benzotriazoles in Airport Stormwater: A HS-SPME-GC × GC-TOF-MS-Based Procedure as a Tool for Sustainable Airport Runoff Water Management. Sustainability, 16 (12), 5152, 2024.

- $IF_{2025} = 3,3;$
- $IF_{5\text{-year}} = 3,6;$
- punkty MNiSW₂₀₂₄ = 100;
- punkty MNiSW₂₀₂₅ = 100.

Mój wkład w powstanie publikacji:

- *tworzenie koncepcji całościowej badań i kierowanie nimi;*
- *organizowanie kampanii i realizacja pobierania próbek do analizy;*
- *przeprowadzenie badań;*
- *przygotowanie zbioru danych do analizy;*
- *przeprowadzenie obliczeń modelowych;*
- *współudział w interpretacji wyników badań;*
- *przygotowanie tekstu manuskryptu (wersji wstępnej, jak i późniejsza korekta oraz redakcja);*
- *przygotowanie rycin, wykresów i tabel manuskryptu;*
- *opracowanie wniosków;*

- *przygotowanie odpowiedzi na uwagi recenzentów;*
- *autor korespondencyjny.*

[H5] A. M. Sulej-Suchomska[✉], D. Szumińska[✉], M. de la Guardia, P. Przybyłowski, Ż. Polkowska, Airport Runoff Water: State-of-the-Art and Future Perspectives, Sustainability, 16 (18), 8176, 1-22, 2024.

- $IF_{2025} = 3,3$;
- $IF_{5\text{-year}} = 3,6$;
- punkty MNiSW₂₀₂₄ = 100;
- punkty MNiSW₂₀₂₅ = 100.

Mój wkład w powstanie publikacji:

- *tworzenie koncepcji całościowej prac badawczych i kierowanie nimi;*
- *przygotowanie zbioru danych do analizy;*
- *przeprowadzenie obliczeń modelowych;*
- *współdział w interpretacji wyników badań;*
- *przygotowanie tekstu manuskryptu (wersji wstępnej, jak i późniejsza korekta oraz redakcja);*
- *przygotowanie wszystkich rycin, wykresów i tabel manuskryptu;*
- *opracowanie wniosków;*
- *przygotowanie odpowiedzi na uwagi recenzentów;*
- *autor korespondencyjny.*

[H6] A. M. Sulej-Suchomska[✉], P. Przybyłowski, Ż. Polkowska, Potential toxic effects of airport runoff water samples on the environment, Sustainability, 13, 7490, 2021.

- $IF_{2025} = 3,3$;
- $IF_{5\text{-year}} = 3,6$;
- punkty MNiSW₂₀₂₁ = 100;
- punkty MNiSW₂₀₂₅ = 100.

Mój wkład w powstanie publikacji:

- *tworzenie koncepcji całościowej badań i kierowanie nimi;*
- *organizowanie kampanii i realizacja pobierania próbek do analizy;*
- *przygotowanie zbioru danych do analizy;*
- *przeprowadzenie obliczeń modelowych;*

- *interpretacja wyników badań;*
- *przygotowanie tekstu manuskryptu (wersji wstępnej, jak i późniejsza korekta oraz redakcja);*
- *przygotowanie rycin, wykresów i tabel manuskryptu;*
- *opracowanie wniosków;*
- *przygotowanie odpowiedzi na uwagi recenzentów;*
- *autor korespondencyjny*

[H7] A. M. Sulej-Suchomska[✉], J. K. Józwiak, K. Kozłowska-Tylingo, M. Ruman, S. Lehmann-Konera, P. Przybyłowski, A. M. Astel, Ż. Polkowska[✉], Assessment of Glyphosate Runoff Pollution in Water Samples from Agricultural, Touristic and Ecologically Protected Areas, Sustainability, 17 (22), 10054, 1-23, 2025.

- IF₂₀₂₅ = 3,3;
- IF_{5-year} = 3,6;
- punkty MNiSW₂₀₂₄ = 100;
- punkty MNiSW₂₀₂₅ = 100.

Mój wkład w powstanie publikacji:

- *tworzenie koncepcji całościowej badań i kierowanie nimi;*
- *przygotowanie zbioru danych do analizy;*
- *przeprowadzenie obliczeń modelowych;*
- *współudział w interpretacji wyników badań;*
- *przygotowanie tekstu manuskryptu (wersji wstępnej, jak i późniejsza korekta oraz redakcja);*
- *przygotowanie rycin, wykresów i tabel manuskryptu;*
- *opracowanie wniosków;*
- *współudział w przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów;*
- *autor korespondencyjny.*

[H8] F. Pawlak[✉]; K. Koziol[✉], M. Frankowski, L. Nowicki, C. Marlin, A.M. Sulej-Suchomska, Z. Polkowska, Sea spray as a secondary source of chlorinated persistent organic pollutants? -Conclusions from a comparison of seven fresh snowfall events in 2019 and 2021, Science of the Total Environment, 891, nr 164357, 2023.

- IF₂₀₂₅ = 8,0;

- $IF_{5\text{-year}} = 8,7$;
- punkty MNiSW₂₀₂₃ = 200;
- punkty MNiSW₂₀₂₅ = 200.

Mój wkład w powstanie publikacji:

- *zastosowanie strategii opracowywania i walidacji metodyk analitycznych w przygotowaniu treści rozdziału 2.3, 2.3.1 (wersji wstępnej, jak i późniejsza korekta oraz redakcja);*
- *przygotowanie tabel S1, S2, S4;*
- *współudział w przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów.*

[H9] J. Potapowicz[✉], M. Szopińska, D. Szumińska, R. J.Bialik, M. Frankowski, A. Ziola-Frankowska, S. Lehmann-Konera, **A. M. Sulej-Suchomska**, M. Wołyński, Ż. Polkowska[✉], Freshwater Chemistry Shaped by Periglacial Conditions at Lions Rump, King George Island (Maritime Antarctica), *Water*, 17, 3549, 2025.

- $IF_{2025} = 3,0$;
- $IF_{5\text{-year}} = 3,3$;
- punkty MNiSW₂₀₂₅ = 100.

Mój wkład w powstanie publikacji:

- *współudział w przeprowadzeniu badań dotyczących opracowania i walidacji metodyki;*
- *współudział w przygotowaniu zbioru danych do analizy;*
- *współudział w przeprowadzeniu obliczeń modelowych;*
- *przygotowanie treści rozdziału 1 manuskryptu;*
- *współudział w interpretacji wyników badań;*
- *współudział w opracowaniu wniosków;*
- *współudział w przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów.*

[H10] **A. M. Sulej-Suchomska**[✉], A. Klupczynska, P. Dereziński, J. Matysiak, P. Przybyłowski, Z. J. Kokot, Urban wastewater analysis as an innovative tool for detecting and monitoring new psychoactive substances in wastewater samples, *Scientific Reports*, 10, 4885, 2020.

- $IF_{2025} = 3,9$;
- $IF_{5\text{-year}} = 4,3$;

- punkty MNiSW₂₀₂₀ = 140;
- punkty MNiSW₂₀₂₅ = 140.

Mój wkład w powstanie publikacji:

- *zaplanowanie programu badawczego;*
- *koordynowanie projektem;*
- *organizowanie kampanii i realizacja pobierania próbek do analizy;*
- *przeprowadzenie walidacji metodyki analitycznej;*
- *przygotowanie zbioru danych do analizy;*
- *przeprowadzenie obliczeń modelowych;*
- *współudział w interpretacji wyników badań;*
- *przygotowanie tekstu manuskryptu (wersji wstępnej, jak i późniejsza korekta oraz redakcja);*
- *przygotowanie wszystkich rycin, wykresów i tabel manuskryptu;*
- *opracowanie wniosków;*
- *przygotowanie odpowiedzi na uwagi recenzentów;*
- *autor korespondencyjny*

[H11] A. Klupczyńska, **A.M. Sulej-Suchomska**, H. Piotrowska, M. Wierzchowski, J. Jodynis-Liebert, Z.J. Kokot[✉], Development and validation of HPLC-MS/MS procedure for determination of 3,4,4',5-tetra-methoxystilbene (DMU-212) and its metabolites in ovarian cancer cells and culture medium, Journal of Chromatography B, Analytical technologies in the biomedical and life sciences, 1060, 30, 2017.

- IF₂₀₂₅ = 2,8;
- IF_{5-year} = 2,8;
- punkty MNiSW₂₀₁₇ = 30;
- punkty MNiSW₂₀₂₅ = 70.

Mój wkład w powstanie publikacji:

- *współudział w przeprowadzeniu badań;*
- *współudział w przygotowaniu zbioru danych do analizy;*
- *współudział w przeprowadzeniu obliczeń modelowych;*
- *współudział w interpretacji wyników badań;*
- *przygotowanie treści rozdziału 1, 2.3, 2.5, 3.3, 3.4 manuskryptu (wersji wstępnej, jak i późniejsza korekta oraz redakcja);*

- *przygotowanie ryciny 2 manuskryptu;*
- *przygotowanie tabeli 2 publikacji;*
- *współudział w opracowaniu wniosków;*
- *współudział w przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów.*

[H12] H. Piotrowska, A. Klupczyńska, D. Trzybulska, K. Kulcenty, **A.M. Sulej-Suchomska**, M.Kucińska, R. Mikstacka, M. Wierzchowski, M. Murias, W. Baer-Dubowska, Z.J.Kokot, J. Jodynis-Liebert[✉], Role of CYP1A1 in the biological activity of metylazę resveratrol analogue, 3,4,4',5-tetra-methoxystilbene (DMU-212) in ovarian cancer A-2780 and non-cancerous HOSE cells, Toxicology Letters, 267, 59, 2017.

- IF₂₀₂₅ = 2,9;
- IF_{5-year} = 3,2;
- punkty MNiSW₂₀₁₇ = 35;
- punkty MNiSW₂₀₂₅ = 100.

Mój wkład w powstanie publikacji:

- *współudział w przeprowadzeniu badań dotyczących opracowania i walidacji oznaczania związków DMU-212, DMU-214, DMU-281, DMU-291;*
- *współudział w przygotowaniu zbioru danych do analizy;*
- *współudział w przeprowadzeniu obliczeń modelowych;*
- *współudział w interpretacji wyników badań;*
- *przygotowanie treści rozdziału 2.3 oraz fragmentu rozdziału 3 manuskryptu;*
- *przygotowanie rycin 1,3 manuskryptu;*
- *przygotowanie tabel 2,3 publikacji;*
- *współudział w opracowaniu wniosków.*

4.3. Monografia naukowa wchodząca w skład osiągnięcia naukowego, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy

[HM] A. M. Sulej-Suchomska[✉], Wody spływne z terenu portów lotniczych - kontrola jakości i wyzwania analityczne, Wyd. Uniwersytet Morski w Gdyni, 2023. ISBN 978-83-67428-15-6

- punkty MNiSW₂₀₂₅ = 120.

Mój wkład w powstanie monografii:

- *Jednoosobowe autorstwo: całościowa koncepcja badawcza, struktura treści, analiza danych, interpretacja wyników i redakcja monografii.*

DANE NAUKOMETRYCZNE*	
Suma IF cyklu publikacji	41,83 (wg IF z roku publikacji) 47,50 (wg 5-letniego IF)
Suma IF wszystkich publikacji	61,16 (wg IF z roku publikacji) 88,00 (wg 5-letniego IF)
H-indeks	12 (wg Scopus) 11 (wg Web of Science)
Całkowita ilość cytowań	517 (465 bez autocytowań, wg Web of Science) 599 (546 bez autocytowań, wg Scopus)
Suma punktów MNiSW cyklu publikacji	1115 (wg roku publikacji) 1340 (wg obecnej punktacji)
Suma punktów MNiSW wszystkich publikacji	1369 (wg roku publikacji) 2120 (wg obecnej punktacji)

* dane z dnia 20.03.2026 wg Web of Science

4.4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

4.4.1. Wykaz ważniejszych skrótów i akronimów

Skrót	Termin w języku angielskim	Termin w języku polskim
BT	Benzotriazoles	Benzotriazole
1H-BT	1H-benzotriazole	1H-benzotriazol
4-Me-1H-BT	4-methyl-1H-benzotriazole	4-metylo-1H-benzotriazol
5-Me-1H-BT	5-methyl-1H-benzotriazole	5-metylo-1H-benzotriazol
5,6-diMe-1H-BT	5,6-dimethyl-1H-benzotriazole,	5,6-dimetylo-1H-benzotriazol
BEC	Benzoylecgonine	Benzoiloekgonina
DEG	Diethylene glycol	Glikol dietylenowy
DDD	Dichlorodiphenyldichloroethane	Dichlorodifenyldichloroetan
DDE	Dichlorodiphenyldichloroethylene	Dichlorodifenyldichloroetylen
DDT	Dichlorodiphenyltrichloroethane	Dichlorodifenyiltrichloroetan
DMU-212	3,4,4',5-tetramethoxystilbene	3,4,4',5-tetrametoksystylben
DMU-214	3'-hydroxy- 3,4,5,4'-tetramethoxystilbene	3'-hydroksy-3,4,5,4'-tetrametoksystylben
DMU-281	4'-hydroxy-3,4,5-trimethoxystilbene	4'-hydroksy-3,4,5-trimetoksystylben
DMU-291	4-hydroxy-3,5,4'-trimethoxystilbene	4- hydroksy-3,5,4'-tri-metoksystylben
EG	Ethylene glycol	Glikol etylenowy
EMPs	Emerging Micropollutants	Nowo pojawiające się mikrozanieczyszczenia
GC × GC-TOF-MS	Comprehensive two-dimensional gas chromatography–time of flight–mass spectrometry	Dwuwymiarowa chromatografia gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas z analizatorem czasu przelotu
GC-MS	Gas chromatography–mass spectrometry	Chromatografia gazowa sprzężona z spektrometrią mas
GC-MS/MS	Gas chromatography–tandem mass spectrometry	Chromatografia gazowa sprzężona z tandemową spektrometrią mas
GLY	Glyphosate (N-phosphonomethylglycine)	Glifosat (N-fosfonometyloglicyna)
α-, β-, γ-HCH	Hexachlorocyclohexane	Heksachlorocykloheksan
HCB	Hexachlorobenzene	heksachlorobenzen
HPLC-MS/MS	High-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry	Chromatografia cieczowa sprzężona z tandemową spektrometrią mas
HS-SPME	Headspace-Solid phase microextraction	Mikroekstrakcja do fazy stacjonarnej z fazy nadpowierzchniowej
KET	Ketamine	Ketamina
LLE	Liquid-Liquid Extraction	Ekstrakcja ciecz-ciecz
LOD	Limit of detection	Granica wykrywalności
LOQ	Limit of quantification	Granica oznaczalności
MDA	3,4-methylenedioxyamphetamine	3,4-metylenodioksyamfetamina
MDEA	3,4-methylenedioxy-ethylamphetamine	3,4-metylenodioksyetyloamfetamina
MDMA	3,4-methylenedioxy-methamphetamine (ecstasy)	3,4-metylenodioksymetamfetamina (ecstasy)
MEPH	Mephedrone	Mefedron
METH	Methamphetamine	Metamfetamina
6-AM	6-acetylmorphine	6-acetylmorfina
THC-COOH	11-nor-9-carboxy-Δ ⁹ -tetrahydrocannabinol	11-nor-9-karboksy-Δ ⁹ -tetrahydrokannabinol
MDL	Method Detection Limit	Granica wykrywalności metodyki analitycznej
OCPs	Organochlorine pesticides	Pestycydy chloroorganiczne
PG	Propylene glycol	Glikol propylenowy
PIDs	Psychopharmaceuticals and illicit drugs	Psychofarmaceutyki i nielegalne narkotyki
QA/QC	Quality Assurance/ Quality Control	Kontrola i zapewnienie jakości wyników pomiarów
SPE	Solid Phase Extraction	Ekstrakcja do fazy stałej
US EPA	United States Environmental Protection Agency	Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska
WWA	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

4.4.2. Wprowadzenie w problematykę badawczą osiągnięcia naukowego

Urbanizacja, dynamiczny rozwój przemysłowy i technologiczny przyniosły wiele korzyści społecznych i gospodarczych. Pomimo znacznych korzyści, procesy te jednocześnie prowadzą do poważnych, często nieodwracalnych zmian w środowisku oraz zwiększonego ryzyka dla zdrowia ludzkiego [1–3]. Ciągły rozwój technologiczny i przemysłowy prowadzi do powstania nowych związków chemicznych, które mogą być wykorzystywane w różnych dziedzinach. Jednocześnie, proces ten zwiększa skalę wyzwań związanych z ich szczegółową identyfikacją, charakterystyką oraz oceną wpływu na ludzkie zdrowie i środowisko. Zgodnie z danymi dostępnymi w bazach rejestru substancji chemicznych CAS (z ang. Chemical Abstracts Service), liczba zarejestrowanych substancji chemicznych jest bardzo wysoka i wynosi ponad 219 milionów związków chemicznych [4]. W związku z rosnącą aktywnością antropogeniczną, do powietrza, wód oraz gleb przedostaje się coraz większa ilość zanieczyszczeń [5,6].

Współczesne społeczeństwo każdego dnia narażone jest na działanie tysięcy ksenobiotyków poprzez żywność, leki i środowisko [1,5,6]. W wyniku rozprzestrzeniania się ksenobiotyków w środowisku oraz ich chemicznych, biochemicznych i fotochemicznych transformacji obserwuje się kumulację zróżnicowanej gamy substancji szkodliwych przede wszystkim w wodzie oraz glebie. Ksenobiotyki przedostają się do roślin, dalej przemieszczają się w łańcuchu troficznym do organizmów zwierzęcych oraz w końcowym etapie do organizmów ludzkich [5,7,8]. Konieczne jest opracowywanie odpowiednich metodyk analitycznych oznaczania szerokiego spektrum ksenobiotyków w różnego typu matrycach pochodzenia abiotycznego i biotycznego, służących jako narzędzia do oceny oddziaływania na środowisko.

4.4.2.1. Ksenobiotyki organiczne o istotnym znaczeniu środowiskowym i zdrowotnym

W ostatnich latach obserwuje się rosnący trend wykrywania nowych mikrozanieczyszczeń (EMPs, z ang. emerging micropollutants) w wodzie, glebie i powietrzu [9–13]. Znaczny wzrost zainteresowania nowo pojawiającymi się mikrozanieczyszczeniami w środowisku spowodowany jest rosnącą koniecznością kontroli poziomu stężeń ksenobiotyków o potencjale toksycznym oraz kancerogennym. Ponadto, rozwój nowych technologii i zaawansowanych metod analitycznych umożliwia skuteczniejsze wykrywanie mikrozanieczyszczeń w środowisku, organizmach żywych oraz ludzkim organizmie na coraz niższych poziomach stężeń [5,8,14,15]. Nowo pojawiające się zanieczyszczenia

(ECs, z ang. Emerging Contaminants), to szeroka grupa substancji pochodzenia antropogenicznego i naturalnego, które z powodu swoich właściwości i zastosowań stają się coraz bardziej powszechne w środowisku [1,10,16,17]. Chociaż część zanieczyszczeń mogła być znana jako istniejąca w środowisku, dotychczasowa wiedza o nich była jednak ograniczona i niepełna [16]. Nowo pojawiające się mikrozanieczyszczenia mogą wywierać negatywny wpływ na środowisko i zdrowie ludzkie, zarówno w momencie ekspozycji, jak i w dłuższej perspektywie, powodując skutki toksyczne, mutagenne i kancerogenne [1,10,18,19].

Nowo pojawiające się mikrozanieczyszczenia środowiska, takie jak związki z grupy benzotriazoli (BT), glikoli, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), substancji psychoaktywnych oraz pestycydów, są to grupy związków organicznych o szczególnie istotnym znaczeniu środowiskowym [20–26]. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne spośród wszystkich zanieczyszczeń organicznych należą do najczęściej wykrywanych zanieczyszczeń w skali globalnej. W ciągu ostatnich 50 lat ilość oznaczonych związków z grupy WWA zwiększyła się o około 45%, czyniąc je jednymi z najbardziej niebezpiecznych zanieczyszczeń powstających w wyniku procesów spalania [27]. Z kolei związki z grupy benzotriazoli są jednymi z najbardziej rozpowszechnionych zanieczyszczeń wodnych, zajmując czwarte miejsce pod względem ilości występowania [28,29]. Ksenobiotyki z grupy benzotriazoli produkowane są w dużych ilościach w skali globalnej i klasyfikuje się je jako substancje o dużym obrocie (HPV, z ang. high production volume) [30,31]. Roczne zużycie benzotriazoli w Stanach Zjednoczonych przekracza 9 000 ton. Globalny rynek benzotriazoli został oszacowany na 348,1 mln USD w roku 2020, z prognozowanym wzrostem do 610,1 mln USD w roku 2027. Związki z grupy glikoli, w szczególności glikol etylenowy (EG, z ang. ethylene glycol), glikol dietylenowy (DEG, z ang. diethylene glycol), glikol propylenowy (PG, z ang. propylene glycol) są kolejnymi mikrozanieczyszczeniami organicznymi o bardzo wysokiej mobilności w środowisku wodnym, które znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle [2,26]. Na podstawie analizy dostępnych źródeł literaturowych można stwierdzić, że globalna produkcja glikoli (EG, DEG, PG) przekracza 50 milionów ton rocznie, przy czym glikol etylenowy stanowi około 80 % wyżej wymienionej wielkości produkcji [32]. Kolejną grupą mikrozanieczyszczeń o istotnym znaczeniu środowiskowym są pestycydy, które stanowią zróżnicowaną grupę substancji chemicznych. We współczesnym rolnictwie przemysłowym stosuje się pestycydy syntetyczne (herbicydy, fungicydy, insektycydy), co stanowi poważne zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludzi na całym świecie [33]. Spośród wszystkich dostępnych herbicydów glifosat jest obecnie najbardziej rozpowszechnionym herbicydem na świecie. Glifosat jest komercyjnie dostępny

pod nazwami handlowymi takimi jak Roundup[®], Faena[®] a jego obecność została odnotowana w co najmniej 130 krajach na całym świecie [34]. Roczne zużycie glifosatu w skali globalnej jest szacowane na 740-920 milionów kilogramów w roku 2025 [35]. Z kolei pestycydy chloroorganiczne (OCPs, z ang. organochlorine pesticides) w ujęciu historycznym stanowiły ok. 40 % wszystkich pestycydów stosowanych globalnie. Jednak ze względu na udokumentowane kancerogenne oraz toksyczne działanie tych pestycydów na mocy Konwencji Sztokholmskiej wprowadzono zakaz produkcji oraz stosowania (wyjątek stanowi użycie DDT do kontroli malarii). Psychofarmaceutyki i nielegalne narkotyki (PIDs, z ang. psychopharmaceuticals and illicit drugs) są również bardzo istotną grupą nowo pojawiających się mikrozanieczyszczeń środowiska wodnego. W ostatnich dekadach ich stosowanie znacząco wzrosło na całym świecie, co związane jest między innymi z rosnącym dostępem do leczenia zdrowia psychicznego oraz zmniejszeniem negatywnego nastawienia społeczeństwa wobec osób uzależnionych [36]. Zgodnie z dostępnymi danymi literaturowymi z 2021 roku, 296 milionów osób w wieku 15-64 lat używało przynajmniej raz nielegalnych substancji odurzających [37]. Zanieczyszczenia powstające w trakcie produkcji narkotyków, jak również narkotyki zażywane i wydalane przez człowieka dostają się do środowiska wodnego (rzeki, jeziora, woda morska, woda gruntowa), gdyż nie są całkowicie usuwane w oczyszczalniach ścieków [36]. Nielegalne środki odurzające oraz ich metabolity mogą kumulować się nie tylko w środowisku wodnym, ale również w innych elementach środowiska, co w dalszej kolejności może powodować oddziaływanie niebezpiecznych substancji odurzających na ludzi, których zażywanie narkotyków nie dotyczy [38–40]. Wyszczególnione mikrozanieczyszczenia organiczne ze względu na potencjalną toksyczność, długotrwałe skutki oddziaływania, w tym kancerogenność, mutagenność, teratogenność, zaburzenia endokryne, neurotoksyczność i immunotoksyczność, a także zdolność do rozprzestrzeniania się na szeroką skalę, mogą powodować szereg negatywnych skutków zdrowotnych oraz środowiskowych (Tabela 1) [3,25,36,41–45].

Wyniki szeroko prowadzonych prac badawczych wskazują, że zanieczyszczenia środowiskowe pochodzenia antropogenicznego, w tym wyszczególnione powyżej nowo pojawiające się mikrozanieczyszczenia są istotnymi źródłami kancerogenów środowiskowych i jednymi z głównych czynników przyczyniających się do wzrostu globalnego obciążenia chorobami nowotworowymi [25,46]. Choroby nowotworowe są obecnie poważnym problemem zdrowia publicznego, jak również istotnym problemem gospodarczym [47]. Zgodnie z najbardziej aktualnymi danymi zawartymi w globalnej bazie danych GLOBOCAN 2022 (WHO/IARC, z ang. World Health Organization/ International Agency for Research

on Cancer) w 2022 roku wśród nowych przypadków nowotworowych można wyróżnić 20 milionów osób, z czego 9,7 miliona zgonów. Na podstawie dostępnych danych literaturowych szacuje się, że liczba nowych przypadków chorób o podłożu nowotworowym do 2050 roku wzrośnie do 35 milionów [48]. Badania z zakresu epidemiologii nowotworów wykazały, że wystąpieniu wielu powszechnych nowotworów można zapobiec [49,50]. W tym aspekcie koncepcja chemoprewencji staje się coraz bardziej popularna [51]. Obecnie zakres chemoprewencji został rozszerzony między innymi o stosowanie związków otrzymanych drogą syntezy chemicznej w celu blokowania, opóźniania lub odwracania kancerogenezy [47,52]. Poszukiwane są ksenobiotyki biologicznie aktywne, które same lub w połączeniu z chemioterapią mogłyby przyczynić się do zapobiegania bądź do poprawy efektów leczenia nowotworów [53,54]. Przykładem substancji, wykazującej obiecujące właściwości chemoprewencyjne jest resweratrol [55–57]. Resweratrol zyskał popularność głównie za sprawą tzw. paradoksu francuskiego [58]. Jednak szeroki zakres działania chemoprewencyjnego resweratrolu jest istotnie ograniczony ze względu na jego niską biodostępność. Badania nad możliwością zwiększenia biodostępności resweratrolu przyczyniły się do syntezy analogów tego związku. Metylowe analogi resweratrolu, a mianowicie DMU-212 oraz jego metabolity (DMU-214, DMU-281, DMU-291) stanowią obiecującą klasę związków o potencjale chemoprewencyjnym [59,60].

W odpowiedzi na globalny wzrost obciążenia chorobami nowotworowymi oraz istotne zagrożenie wynikające z wprowadzanych do środowiska wymienionych wyżej kancerogenów środowiskowych bardzo istotną kwestią jest prowadzenie szerokiego zakresu badań jakościowych oraz ilościowych z zastosowaniem zaawansowanych technik analitycznych. Tego typu badania ksenobiotyków biologicznie aktywnych mogą mieć szerokie zastosowania w medycynie, farmakologii, biotechnologii, toksykologii, prowadząc do wdrażania nowych terapii, leków i strategii leczenia chorób [61].

4.4.2.2. Problemy i wyzwania analityczne związane z badaniami próbek o dominującej fazie wodnej oraz wysokim stopniu złożoności

Dynamiczny rozwój transportu lotniczego, rolnictwa, przemysłu, jak również produkcji, dystrybucji oraz konsumpcji narkotyków prowadzi do stałego wzrostu ilości oraz różnorodności ksenobiotyków biologicznie aktywnych oraz ich metabolitów w środowisku na poziomie globalnym, regionalnym i lokalnym. Na podstawie przeprowadzonej krytycznej analizy dostępnych doniesień literaturowych można stwierdzić, że mimo intensywnego postępu

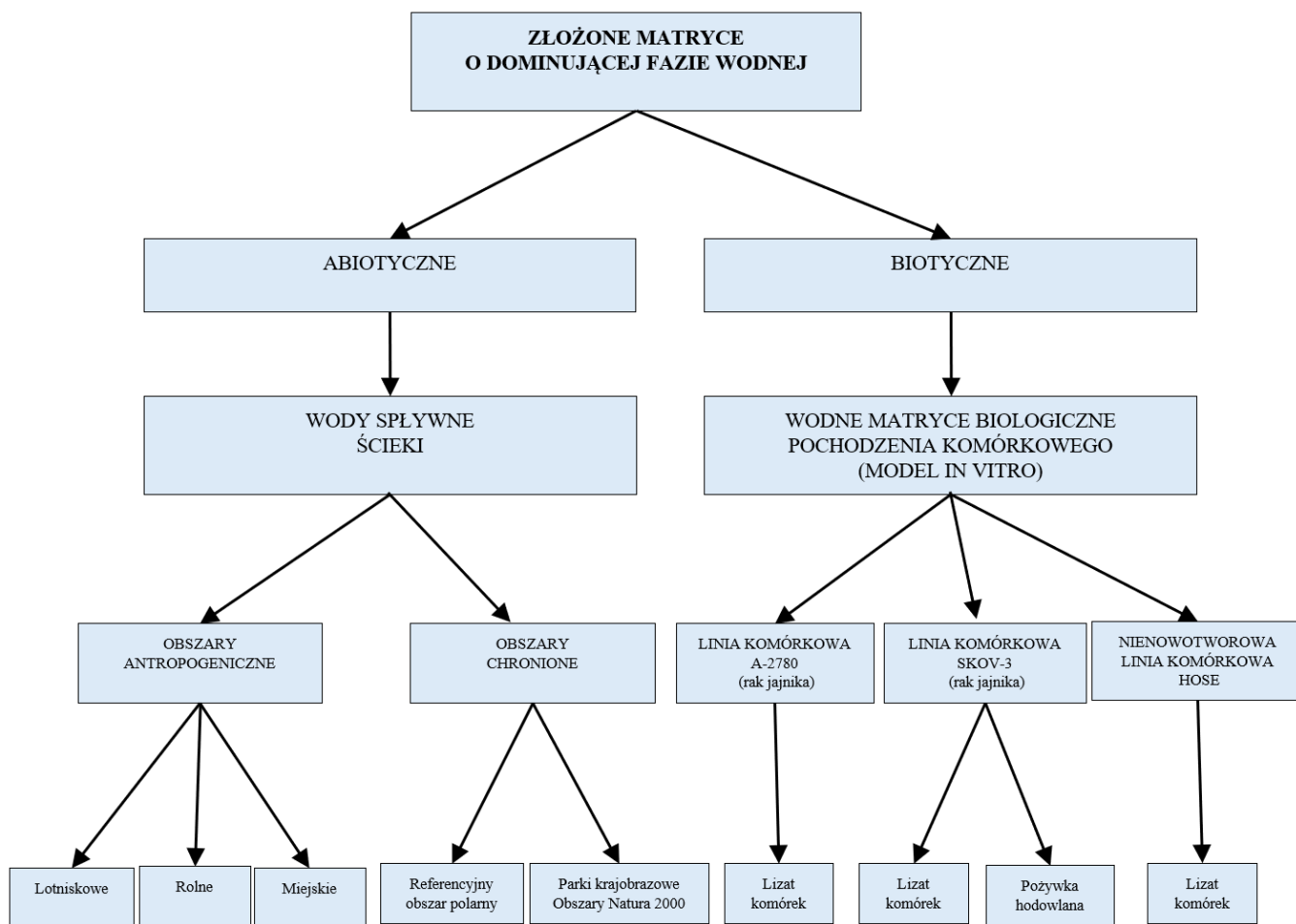
w rozwoju badań w ostatnich latach, istnieją istotne luki wiedzy w zakresie analityki ksenobiotyków biologicznie aktywnych, które odgrywają istotną rolę w środowisku. Pojawiają się nowe wyzwania, związane głównie z koniecznością oznaczania szerokiej gamy związków chemicznych w próbkach o zmiennym i złożonym składzie matrycy, co wymaga rozwijania nowych metod i strategii analitycznych. Aktualnie istotnym problemem badawczym jest brak wiarygodnych oraz precyzyjnych metod oznaczania mikrozanieczyszczeń w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej pochodzenia abiotycznego i biotycznego. Brak odpowiednich metod analitycznych ogranicza możliwość precyzyjnego określania wpływu mikrozanieczyszczeń na środowisko i zdrowie ludzkie. Realizacja prac badawczych obejmujących oznaczenia analitów na poziomie śladowym w różnego typu matrycach środowiskowych oraz biologicznych, a jednocześnie z zastosowaniem nowoczesnych metod analitycznych, stanowi obszar o szczególnym znaczeniu w współczesnej chemii analitycznej, która ewaluuje w kierunku coraz bardziej złożonych, interdyscyplinarnych oraz problemowo zorientowanych programów badawczych [62,63]. Przed analityką ksenobiotyków o istotnym znaczeniu środowiskowym stoją coraz to nowe wyzwania począwszy od zasad i narzędzi do pobierania reprezentatywnych próbek poprzez transport próbek do laboratorium, aż do ich właściwego przygotowania do analizy w celu wykrycia, identyfikacji oraz ilościowego oznaczania szerokiego spektrum ksenobiotyków w próbkach o dominującej fazie wodnej.

Różnego typu matryce o dominującej fazie wodnej pochodzenia abiotycznego i biotycznego, charakteryzują się złożonym oraz odmiennym składem chemicznym oraz właściwościami fizykochemicznymi. Różnorodność analizowanych typów matryc o dominującej fazie wodnej istotnie wpływa na przebieg poszczególnych etapów związanych z opracowywaniem metodyk analitycznych oznaczania ksenobiotyków w próbkach analizowanych w ramach przeprowadzonych prac badawczych (Rysunek 1). Odpowiednio zaprojektowane, zoptymalizowane procedury analityczne, jak również szczegółowy proces walidacji nowej bądź modyfikowanej procedury analitycznej dostosowanej do charakteru badanej matrycy oraz rodzaju analizowanych związków pozwala uzyskać miarodajne wyniki oznaczenia szerokiego spektrum ksenobiotyków występujących w badanych próbkach na poziomie śladów a nawet ultraśladów.

Tabela 1. Ogólna charakterystyka wybranych ksenobiotyków organicznych o istotnym znaczeniu środowiskowym i zdrowotnym.

Grupa związków/ charakterystyka	Wybrane analizy/metabolity badanych ksenobiotyków	Główne zastosowania	Toksyczność	Kancerogenność	Biodegradowalność	Klasyfikacja
Benzotriazole	1H-BT, 4-Me-1H-BT, 5-Me-1H-BT, 5,6-diMe-1H-BT,	-składniki płynów odladzających i przeciwoblodzeniowych, -inhibitory korozji, -środki przeciwmgielne, -płyny chłodnicze, hydrauliczne i chłodząco- smarujące,	+	IARC*: grupa 3	±	-nowe mikrozanieczyszczenia antropogeniczne, -ksenobiotyk biologicznie aktywny,
Glikole	PG, EG, DEG,	-substancje odladzające/chroniące przed ponownym oblodzeniem,	+ (EG, DEG)	IARC: grupa 3	+	-nowe mikrozanieczyszczenia antropogeniczne, -ksenobiotyk biologicznie aktywny,
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, chryzen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, indeno(123-cd)piren, dibenzo(ah)antracen, benzo(ghi)perylene	-spalanie paliwa lotniczego, samochodowego, -rozlewy paliw i smarów lotniczych,	+	IARC: grupa 1-2B	±	-nowe mikrozanieczyszczenia antropogeniczne, - ksenobiotyk biologicznie aktywny,
Psychofarmaceutyki i nielegalne środki odurzające	KET, MEPH, AMPH, METH MDA, MDEA, MDMA, BEC, 6- AM, THC-COOH,	-nielegalne środki odurzające,	+	- IARC: grupa 3 - IARC: grupa 2B (amfetamina)	-	-nowe mikrozanieczyszczenia antropogeniczne, - ksenobiotyk biologicznie aktywny,
Pestycydy	Herbicyd: N-(fosfonometylo)glicyna (GLY) Pestycydy chloroorganiczne (OCPs): DDE; DDT; DDD; α -, β -, γ -HCH (lindan); HCB; heptachlor; poksyd heptachloru, aldrin; mireks; trans-chlordan; cis- chlordan	-glifosat: rolnictwo, zwalczanie chwastów przed siewem i przed zbiorem; najczęściej używany herbicyd w skali globalnej, - OCPs: zastosowanie historyczne: rolnictwo, zwalczanie insektów, grzybów (ok. 40 % wszystkich pestycydów stosowanych globalnie); obecny status: produkcja, stosowanie zakaz/ściśle ograniczenie (Konwencja Sztokholmska),	+	IARC: grupa 1-2B	-	-nowe mikrozanieczyszczenia antropogeniczne, - OCPs: trwałe zanieczyszczenia organiczne (z ang. POPs), - ksenobiotyk biologicznie aktywny,
Metylowe analogi resweratrolu	DMU-212, DMU-214, DMU-281, DMU-291,	-farmakologiczne (potencjalne działanie przeciwnowotworowe i chemoprewencyjne),	-	IARC: grupa 3	brak danych	- ksenobiotyk biologicznie aktywny,

* Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IRAC, z ang. International Agency for Research on Cancer); Klasyfikacja: Grupa 1- kancerogenne dla ludzi, Grupa 2A – prawdopodobnie kancerogenne, 2B- możliwe kancerogenne, Grupa 3 – nieklasyfikowalny (brak danych)



Rysunek 1. Zestawienie matryc o dominującej fazie wodnej oraz wysokim stopniu złożoności, analizowanych w ramach przeprowadzonych badań.

Jak do tej pory w dalszym ciągu dostępna jest stosunkowo mała ilość danych i informacji na temat wyników badań analitycznych próbek wód spływnych [64–67]. Jednak biorąc pod uwagę dostępne dane literaturowe można stwierdzić, że tego typu obiekty materialne cieszą się coraz większym zainteresowaniem jako źródło informacji o potencjalnym negatywnym wpływie postępującej urbanizacji na stan środowiska [68,69]. Wody spływne powstają na skutek zetknięcia się opadów i osadów atmosferycznych (m.in. deszcz, topniejący śnieg) z podłożem naturalnym lub sztucznym [70]. Na terenach zurbanizowanych dominują powierzchnie nieprzepuszczalne (m.in. jezdnie, parkingi, chodniki, dachy budynków) w wyniku czego znaczna część opadów atmosferycznych, w tym sezonowo topniejący śnieg przekształcany jest w spływ powierzchniowy, który coraz częściej prowadzi do obciążeń kanalizacji oraz powodzi [71,72]. Wody spływne zarówno z terenów zurbanizowanych, jak i rolniczych mogą zawierać szerokie spektrum zanieczyszczeń na różnych poziomach zawartości [73–75]. Wraz z postępującym procesem urbanizacji obserwowany jest wzrost udziału powierzchni uszczelnionych,

co prowadzi do zasadniczych zmian naturalnego obiegu wody poprzez ograniczenie infiltracji oraz retencji i w rezultacie do zwiększenia objętości oraz dynamiki spływu powierzchniowego. Biorąc pod uwagę coraz częściej występujące intensywne opady wody spływne z terenów miejskich stanowią poważny problem i wyzwanie, w ujęciu ilościowym oraz jakościowym [76,77].

Szczególnym typem wodnej matrycy o bardzo złożonym, często zmiennym składzie są wody spływne z terenu portów lotniczych. Wody spływające z terenów lotnisk zazwyczaj zawierają bardzo dużą ilość toksycznych, jak również kancerogennych związków chemicznych zmywanych z powierzchni platformy lotniska (m.in. pasów startowych, kołowania, płyt postojowych, mycia i odladzania samolotów; warsztatów naprawczych; stacji przeładunkowych, magazynowania paliw) [78–80]. Zdecydowana większość portów lotniczych (niezależnie od intensywności ruchu oraz wielkości) nie posiada własnych oczyszczalni ścieków. W konsekwencji strumień powstających ścieków, zawierających m.in. związki z grupy benzotriazoli, glikoli oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych jest kierowany wraz z szeroką gamą zanieczyszczeń do rowów melioracyjnych, co często prowadzi do przedostawania się tego typu zanieczyszczeń do poszczególnych elementów środowiska (powietrze, woda, gleba). W najlepszym wypadku lotniskowe wody spływne trafiają do oczyszczalni ścieków komunalnych, zwiększając objętość ścieków oraz ich obciążenie chemiczne [80].

Kolejnym typem próbek o złożonym, zmiennym składzie matrycy, na który trzeba szczególnie zwrócić uwagę są wody spływne z terenów rolniczych [81]. Szeroko stosowany glifosat wraz z innymi związkami agrochemicznymi w połączeniu z nadmiernym dopływem biogenów oraz metali, może przyczyniać się do degradacji gleb, zanieczyszczenia wód oraz istotnego zagrożenia dla ekosystemów oraz zdrowia ludzi w skali globalnej [82]. Ścieki miejskie również stanowią złożoną wieloskładnikową matrycę wodną zawierającą szerokie spektrum różnego typu ksenobiotyków. Badanie tego typu próbek środowiskowych jest bardzo trudnym zadaniem analitycznym, ze względu na zmienność składu matrycy, dużą ilość związków interferujących. W ostatnim czasie jednym z najbardziej wymagających wyzwań jest oznaczanie nowo pojawiających się mikrozanieczyszczeń (m.in. glifosatu, narkotyków oraz ich metabolitów) w ściekach, stanowiących jedną z najbardziej wymagających matryc w chemii środowiska oraz w dalszej kolejności usuwanie trwałych zanieczyszczeń z ścieków [83].

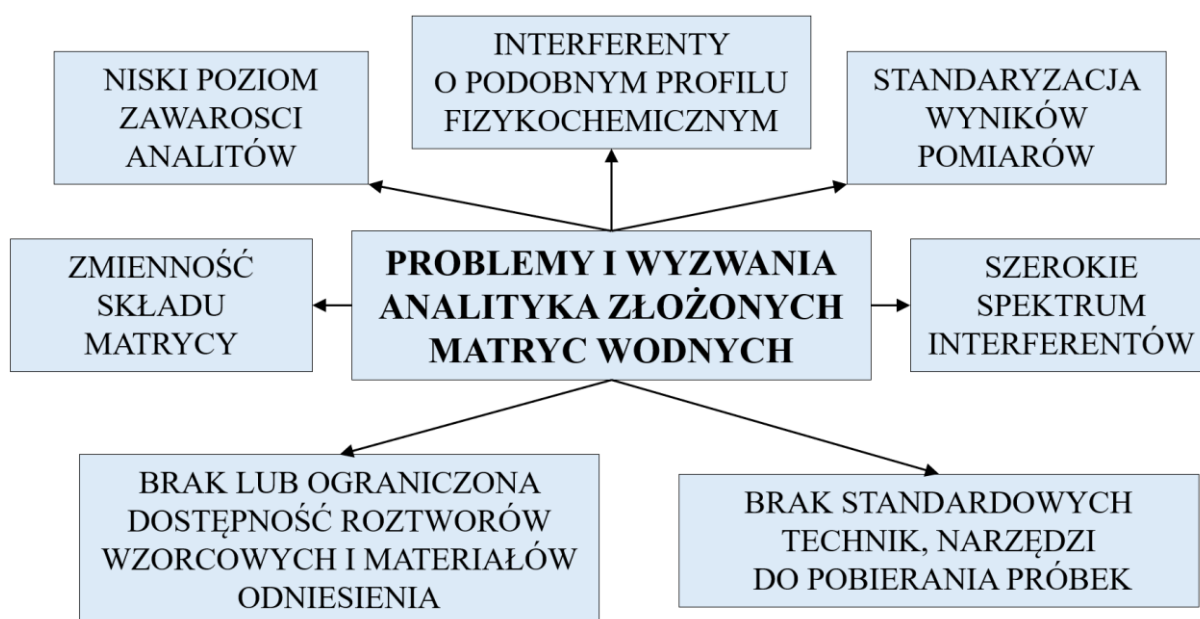
W kontekście prowadzenia badań próbek o złożonych matrycach z dominującą fazą wodną, a mianowicie wód spływnych z terenów portów lotniczych, obszarów rolniczych, silnie zanieczyszczonych ścieków miejskich, istotnym uzupełnieniem są badania ilościowe

i jakościowe próbek z terenów chronionych o minimalnym wpływie antropopresji (wody spływne z lodowców, topniejący śnieg z obszarów referencyjnych, chronionych m.in. Antarktyczny Obszar Specjalnie Chroniony-ASPA No. 151, rezerwaty przyrody i obszary Natura 2000). Matryce tych próbek charakteryzują się niską mineralizacją i często bardzo niskimi stężeniami zanieczyszczeń, co stanowi niezwykle wyzwanie analityczne. Jednocześnie próbki o tego typu matrycach pełnią funkcję czułych wskaźników antropopresji oraz zmian środowiskowych.

Na podstawie dostępnej literatury można stwierdzić, że różnego typu próbki wód spływnych, ścieków są istotnie obciążone szeroką gamą różnego rodzaju ksenobiotyków o udokumentowanym bądź potencjalnym działaniu kancerogennym. Liczne wyniki badań wskazują, że ekspozycja człowieka na ksenobiotyki kancerogenne ma charakter wielowymiarowy, jak również długoterminowy [61,84]. Z tego powodu współcześnie wymagane jest holistyczne oraz zintegrowane podejście badawcze, które obejmuje badania nie tylko źródeł i poziomów ksenobiotyków o istotnym znaczeniu środowiskowym w próbkach środowiskowych, ale również badania substancji o potencjale chemoprewencyjnym, które mogą hamować procesy kancerogenezy na poziomie komórkowym [84–87]. W związku z potrzebą kompleksowego ujęcia oraz uzupełnienia zakresu prac badawczych nad ksenobiotykami kancerogennymi zakres badań został poszerzony o identyfikację oraz ilościowe oznaczenie ksenobiotyków o potencjale chemoprewencyjnym w matrycach biologicznych pochodzenia komórkowego, również o dominującej fazie wodnej. Zasadniczymi wyzwaniami analitycznymi w badaniach matryc biologicznych pochodzenia komórkowego o dominującej fazie wodnej jest wysoka złożoność biologiczna. Lizaty komórkowe zawierają białka, lipidy białkowe, metabolity endogenne, jak również sole oraz bufory, co w konsekwencji prowadzi do silnych efektów matrycowych. Badane związki o potencjalnym działaniu chemoprewencyjnym zazwyczaj występują w bardzo niskich stężeniach, często są nierównomiernie dystrybuowane w komórkach, jak również mogą być metabolizowane w bardzo szybkim tempie. Linie komórkowe SKOV-3, A-2780 oraz HOSE różnią się między sobą zawartością lipidów oraz białek, ekspresją enzymów metabolicznych oraz szybkością metabolizmu. W związku z tym analizy zachowują się w odmienny sposób w każdej z tych matryc i wymagane jest przeprowadzenie procesu walidacji dla każdego typu matrycy.

Biorąc pod uwagę dostępne odniesienia literaturowe można stwierdzić, że zagadnienie dotyczące oznaczania zawartości ksenobiotyków w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej jest zadaniem bardzo złożonym, a jednocześnie analityka ksenobiotyków biologicznie aktywnych pochodzących ze źródeł przemysłowych, rolniczych oraz komunikacyjnych staje się

koniecznością ze względu na rosnące zagrożenie związane ze wzrostem antropopresji. Konieczne jest opracowanie odpowiednich metodyk analitycznych oznaczania szerokiego spektrum ksenobiotyków biologicznie aktywnych w różnego typu matrycach zarówno pochodzenia biotycznego i abiotycznego, służących jako narzędzia do oceny oddziaływania na środowisko [68,88,89]. Jednak badanie nowo pojawiających się mikrozanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego w złożonych matrycach niesie obecnie wyraźne wyzwania metodologiczne. Dotyczą one wyboru odpowiednich procedur pobierania reprezentatywnych próbek, zapewnienia optymalnego transportu próbek do laboratorium, odpowiedniego przygotowania próbek do analizy w celu wykrycia, identyfikacji oraz ilościowego oznaczenia szerokiego spektrum ksenobiotyków (Rysunek 2). Należy podkreślić, że w tego typu badaniach istotne jest również oznaczenie toksycznych właściwości badanych próbek oraz przeprowadzenie oceny ryzyka ekotoksykologicznego analizowanych ksenobiotyków w badanych próbkach. Tego typu zintegrowane chemiczno-toksykologiczne podejście do oceny zanieczyszczenia środowiska w zakresie badanych obszarów umożliwia bardziej precyzyjne określenie wpływu mikrozanieczyszczeń na środowisko i zdrowie ludzkie. Podjęcie się tego typu tematyki badawczej jest odpowiedzią na poważne globalne problemy w zakresie jakości środowiska przyrodniczego oraz ochrony zdrowia określonych w celach Agendy Zrównoważonego Rozwoju Organizacji Narodów Zjednoczonych (ONZ) do roku 2030, Polityce ekologicznej państwa 2030 i Strategii Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku [62–64].



Rysunek 2. Graficzny model problemów i wyzwań związanych z oznaczaniem ksenobiotyków organicznych w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej.

4.4.3. Cel i zakres przeprowadzonych prac badawczych

Przeprowadzona krytyczna analiza zakresu dotychczasowo przeprowadzonych prac badawczych pozwoliła na wskazanie niedostatecznie rozpoznanych obszarów badawczych w zakresie analityki ksenobiotyków biologicznie aktywnych o istotnym znaczeniu środowiskowym i zdrowotnym. W związku z ograniczonym zakresem dotychczasowej wiedzy pojawiają się coraz to nowe wyzwania, dotyczące przede wszystkim konieczności oznaczania szerokiej gamy analitów w próbkach o bardzo złożonym (zazwyczaj zmiennym) składzie matrycy. Istotnym problemem badawczym jest brak odpowiednich metodyk analitycznych, które umożliwiłyby uzyskanie wiarygodnych informacji o poziomie stężeń mikrozanieczyszczeń w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej pochodzenia zarówno biotycznego, jak i abiotycznego. Określenie obszarów wymagających dalszych badań o charakterze metodologicznym, stanowiły dla mnie punkt wyjścia do opracowania koncepcji programu badawczego, którego celem było opracowanie, modyfikacja oraz walidacja procedur analitycznych do oznaczania ksenobiotyków organicznych w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej jako narzędzi do monitorowania, kontroli oraz oceny ryzyka ekotoksykologicznego. Realizacja opracowanego programu badawczego pozwoliła na przedstawienie wyników, które zostały opublikowane w cyklu dwunastu artykułów naukowych [H1-H12] oraz monografii naukowej [HM]. W ramach przestawianego osiągnięcia naukowego zrealizowano następujące zadania badawcze:

- opracowano odpowiednie zasady i schemat pobierania reprezentatywnych próbek [H1-H4, H6, HM];
- zorganizowano kampanie pobierania próbek oraz ich transportu do laboratorium [H1-H4, H6, H10];
- zoptymalizowano warunki procesu izolacji i wzbogacania ksenobiotyków organicznych z wykorzystaniem różnych technik:
 - ✓ mikroekstrakcji do fazy stacjonarnej z fazy nadpowierzchniowej (HS-SPME, z ang. headspace-solid phase microextraction) - ksenobiotyki z grupy benzotriazoli, glikoli, WWA [H1, H2, H4];
 - ✓ ekstrakcji do fazy stałej (SPE, z ang. solid phase extraction) - ksenobiotyki z grupy narkotyków oraz pestycydów [H8, H10];
 - ✓ ekstrakcji ciecz-ciecz (LLE, z ang. liquid-liquid extraction) - ksenobiotyki z grupy WWA [H3, H9];
- zoptymalizowano warunki chromatograficznego rozdzielania analitów przy użyciu technik:

- ✓ chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC-MS, z ang. gas chromatography–mass spectrometry) [H1, H3, H9];
- ✓ dwuwymiarowej chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas z analizatorem czasu przelotu (GC × GC-TOF-MS, z ang. comprehensive two-dimensional gas chromatography–time of flight–mass spectrometry) [H2, H4];
- ✓ chromatografii gazowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas z potrójnym analizatorem kwadrupolowym (GC-MS/MS, z ang. gas chromatography–tandem mass spectrometry) [H8];
- ✓ chromatografii cieczerwowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas z potrójnym analizatorem kwadrupolowym (HPLC-MS/MS, z ang. high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry) [H7, H10, H11, H12];
- zidentyfikowano wybrane anality z grupy benzotriazoli, glikoli, WWA, pestycydów, substancji psychoaktywnych, metylowych analogów resweratrolu [H1-H12];
- opracowano metody ilościowego oznaczania analitów z wykorzystaniem układów pomiarowych GC-MS, GC × GC-TOF-MS, GC-MS/MS, HPLC-MS/MS [H1-H12];
- wyznaczono parametry walidacyjne opracowanych metodyk oznaczania związków z grupy benzotriazoli, glikoli, WWA, pestycydów, narkotyków, metylowych analogów resweratrolu [H1-H12];
- wykorzystano opracowane procedury analityczne do oznaczania ksenobiotyków organicznych w próbkach:
 - ✓ wód spływnych pobranych z terenu międzynarodowych portów lotniczych funkcjonujących w kraju oraz zagranicą:
 - Portu Lotniczego im. F. Chopina w Warszawie;
 - Portu Lotniczego im L. Wałęsy w Gdańsku;
 - Portu Lotniczego im. I. Paderewskiego w Bydgoszczy;
 - Portu Lotniczego Gatwick w Londynie;
 - ✓ wód spływnych pobranych z terenów rolniczych oraz obszarów chronionych:
 - Rezerwatu Przyrody Beka, Nadmorskiego Parku Krajobrazowego, obszarów Natura 2000 w Polsce;
 - Specjalnie Chronionego Obszar Antarktyki (ASPA No. 151);
 - Parku Narodowego Południowego Spitsbergenu w Arktyce;
 - ✓ ścieków miejskich pobranych z Oczyszczalni Ścieków Aquanet S.A. w Poznaniu;

✓ liniach komórkowych raka jajnika SKOV-3, A-2780 oraz nienowotworowej linii komórkowej HOSE.

- dokonano oceny potencjału toksycznego oraz oceny ryzyka ekotoksykologicznego lotniskowych oraz rolniczych wód spływnych [H4, H5, H6, H7, HM].

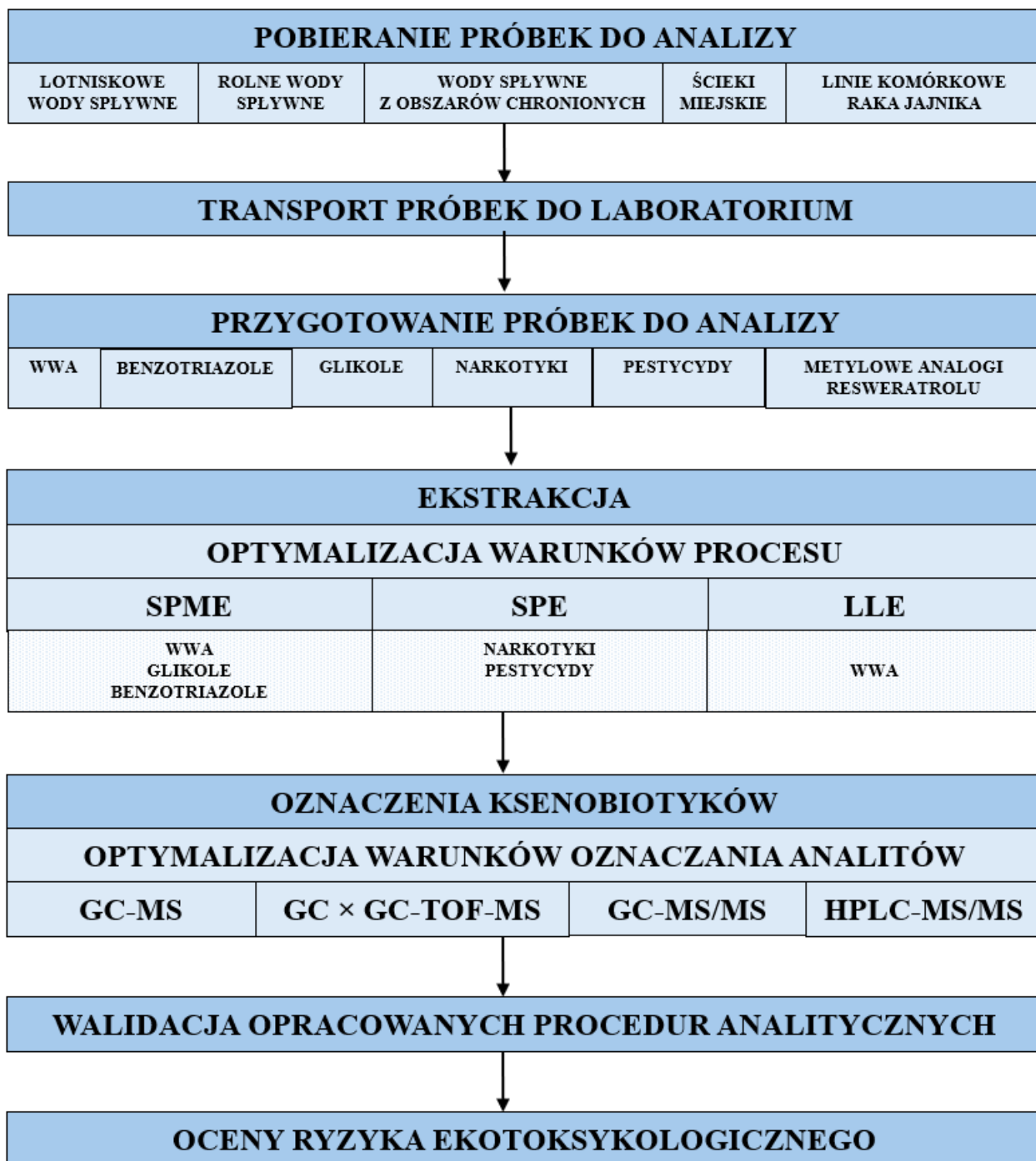
Przygotowanie próbki do analizy jest niezmiernie istotnym etapem procedury analitycznej i obejmuje różnorodne podejścia metodologiczne, w tym techniki ekstrakcji. Zasadniczym etapem powyższych metodyk analitycznych stanowił etap przygotowania próbki w celu wykrycia, identyfikacji oraz oznaczania analitów. Dobranie odpowiedniej techniki ekstrakcji w ramach programu badawczego było kluczowym zadaniem w celu wykrycia oraz ilościowego oznaczenia wybranych ksenobiotyków w próbkach charakteryzujących się złożonym składem matrycy (duża ilość związków przeszkadzających o zbliżonych właściwościach fizyko-chemicznych, występujących na wyższych poziomach zawartości niż anality). Zastosowanie różnego typu technik ekstrakcyjnych w celu przygotowania próbek do oznaczania analitów w próbce może mieć wpływ m.in. na selektywność, czułość oraz precyzję procedury analitycznej. Optymalizacja warunków ekstrakcji ma na celu skuteczne usunięcie składników interferujących, polepszenie wykrywalności, ułatwienie procesu rozdzielania analitów w trakcie analizy chromatograficznej, jak również skrócenie czasu eksploatacji sprzętu kontrolno- pomiarowego. Dokładną charakterystykę przeprowadzonego procesu optymalizacji warunków pracy zestawu HS-SPME, SPE oraz LLE w metodykach oznaczania związków o istotnym znaczeniu środowiskowym zamieszczono w publikacjach [H1-H4, H8-H10].

Kluczową rolę w skutecznej identyfikacji oraz oznaczaniu ilościowym ksenobiotyków o istotnym znaczeniu środowiskowym odgrywa również dobór właściwej techniki oznaczeń do specyfiki badanych analitów oraz celów badawczych, a w tym zakresie zasadniczą rolę odgrywają techniki chromatograficzne. Kluczową zaletą techniki chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas, którą zastosowano w programie badawczym w zakresie oznaczanych związków z grupy WWA oraz glikoli było uzyskanie niskiej granicy oznaczalności procedury analitycznej. Ponadto w celu rozdzielania złożonych mieszanin różnych związków, charakteryzujących się podobnymi właściwościami fizykochemicznymi, na poszczególne składniki zastosowano technikę chromatografii dwuwymiarowej (GC × GC). Dzięki dwuwymiarowej analizie chromatograficznej, eliminacji nakładania się pików chromatograficznych możliwa była identyfikacja oraz ilościowe oznaczenie analitów z grupy benzotriazoli oraz WWA, gdyż we wcześniejszych przeprowadzonych analizach z wykorzystaniem zestawu GC-MS identyfikacja oraz oznaczenie ilościowe było utrudnione.

W przypadku oznaczania pestycydów chloroorganicznych zastosowano układ GC-MS/MS, gdyż jest to technika referencyjna w ujęciu regulacyjnym oznaczania pestycydów, ze względu na bardzo wysoką selektywność oraz czułość na poziomie śladowym. Z kolei do oznaczeń narkotyków, glifosatu oraz metylowych analogów resweratrolu zastosowano selektywną i czułą technikę HPLC-MS/MS, jako metodę szczególnie przydatną do ilościowych oznaczeń związków wysoce polarnych i nietlotnych. Dokładną charakterystykę zoptymalizowanych warunków prowadzenia analiz z zastosowaniem technik GC-MS, GC × GC-TOF-MS, GC-MS/MS oraz HPLC-MS/MS przedstawiono w publikacjach [H1-H4, H7-H12].

Priorytetowym celem przeprowadzanych prac badawczych była kontrola oraz zapewnienie odpowiedniej jakości uzyskanych danych pomiarowych (QA/QC, z ang. quality assurance/quality control) [HM, H5]. Opracowane procedury zostały poddane procesowi walidacji. Po szczegółowej weryfikacji przeprowadzonych procesów walidacji dla każdej z opracowanych metodyk można stwierdzić, że stanowią one użyteczne narzędzia do uzyskania wiarygodnych informacji na temat zawartości badanych ksenobiotyków o istotnym znaczeniu środowiskowym i zdrowotnym w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej.

W celu określenia stopnia skażenia środowiska w wyniku działalności antropogenicznej, oprócz identyfikacji oraz ilościowego oznaczenia emitowanych ksenobiotyków, bardzo istotne jest również określenie stopnia toksyczności badanych próbek oraz przeprowadzenie możliwie szerokiej oceny ryzyka ekologicznego (w tym oszacowanie ryzyka dla zdrowia człowieka) [HM, H4, H5, H6, H7]. Schemat prac badawczych związanych z opracowaniem metodyk oznaczania ksenobiotyków o istotnym znaczeniu środowiskowym w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej oraz dodatkowe uwzględnienie w programie badawczym oceny ryzyka ekotoksykologicznego przedstawiono na Rysunku 3.



Rysunek 3. Schemat prac badawczych związanych z opracowaniem metodyk oznaczania ksenobiotyków o istotnym znaczeniu środowiskowym w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej.

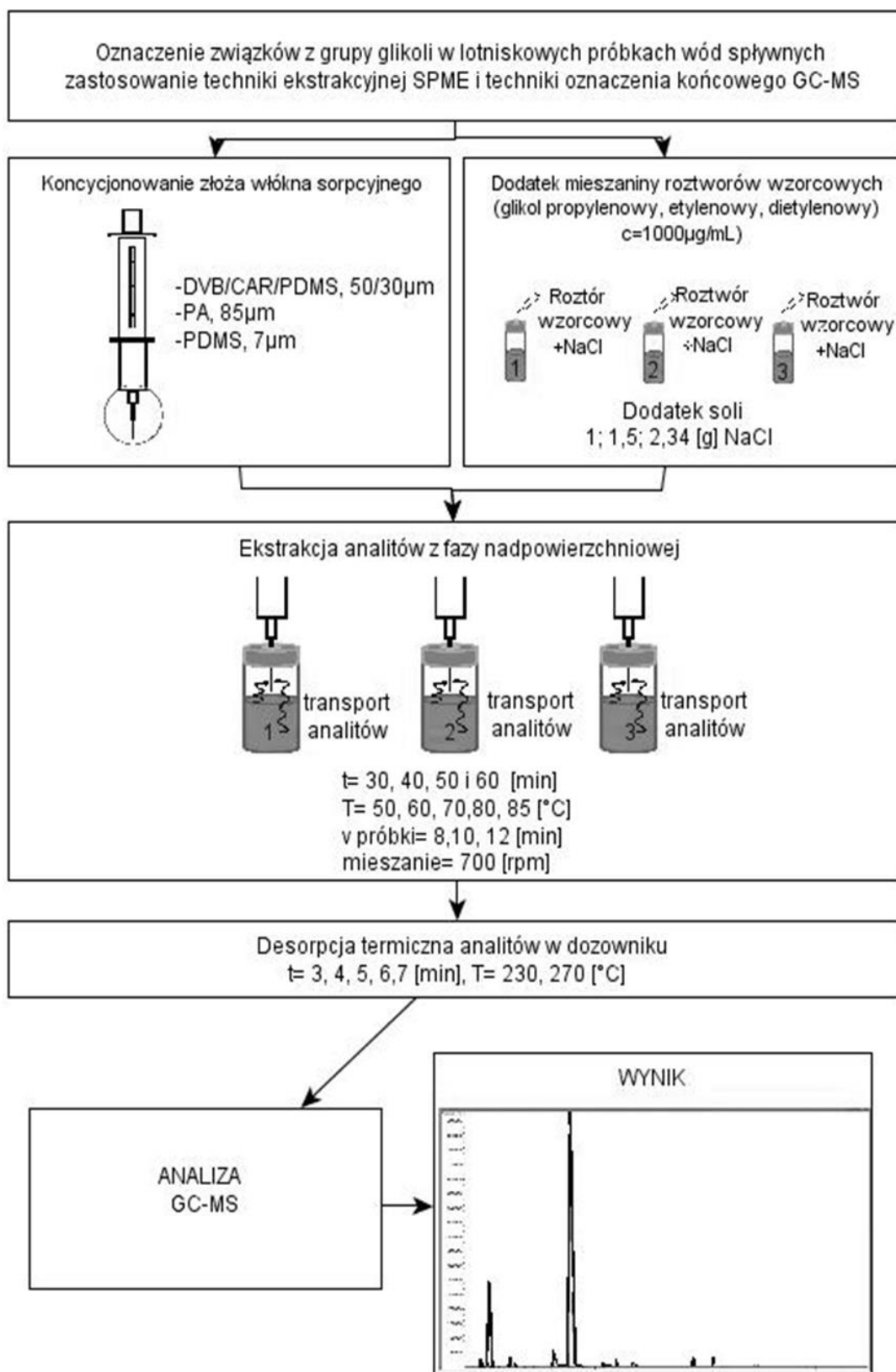
4.4.4. Najważniejsze wyniki badań stanowiących podstawę osiągnięcia naukowego [H1-H12, HM]

W ramach prac [H1, H2, H3, H4] zaprojektowałam i zrealizowałam badania mające na celu opracowanie, modyfikację oraz walidację metodyk analitycznych do oznaczania najbardziej toksycznych zanieczyszczeń, a mianowicie związków z grupy benzotriazoli (środki przeciwkorozyjne, odladzające), glikoli (środki odladzające/chroniące przed ponownym oblodzeniem), WWA (produkty rozlewów, spalania paliw lotniczych) w próbkach wód spływnych z terenu lotnisk. Prace [H1, H2, H4] obejmują szczegółowo zaprojektowany przeze mnie oraz zrealizowany program badawczy w zakresie optymalizacji i walidacji innowacyjnych metodyk analitycznych, opartych na zastosowaniu zielonej techniki ekstrakcyjnej HS-SPME oraz układów pomiarowych GC-MS, GC × GC-TOF-MS, do oznaczania związków z grupy glikoli, WWA oraz benzotriazoli w próbkach lotniskowych wód spływnych (Rysunki 4-6). Szczegółową analizę uzyskanych wyników oraz ich dyskusję zamieszczono w publikacjach [H1, H2, H4].

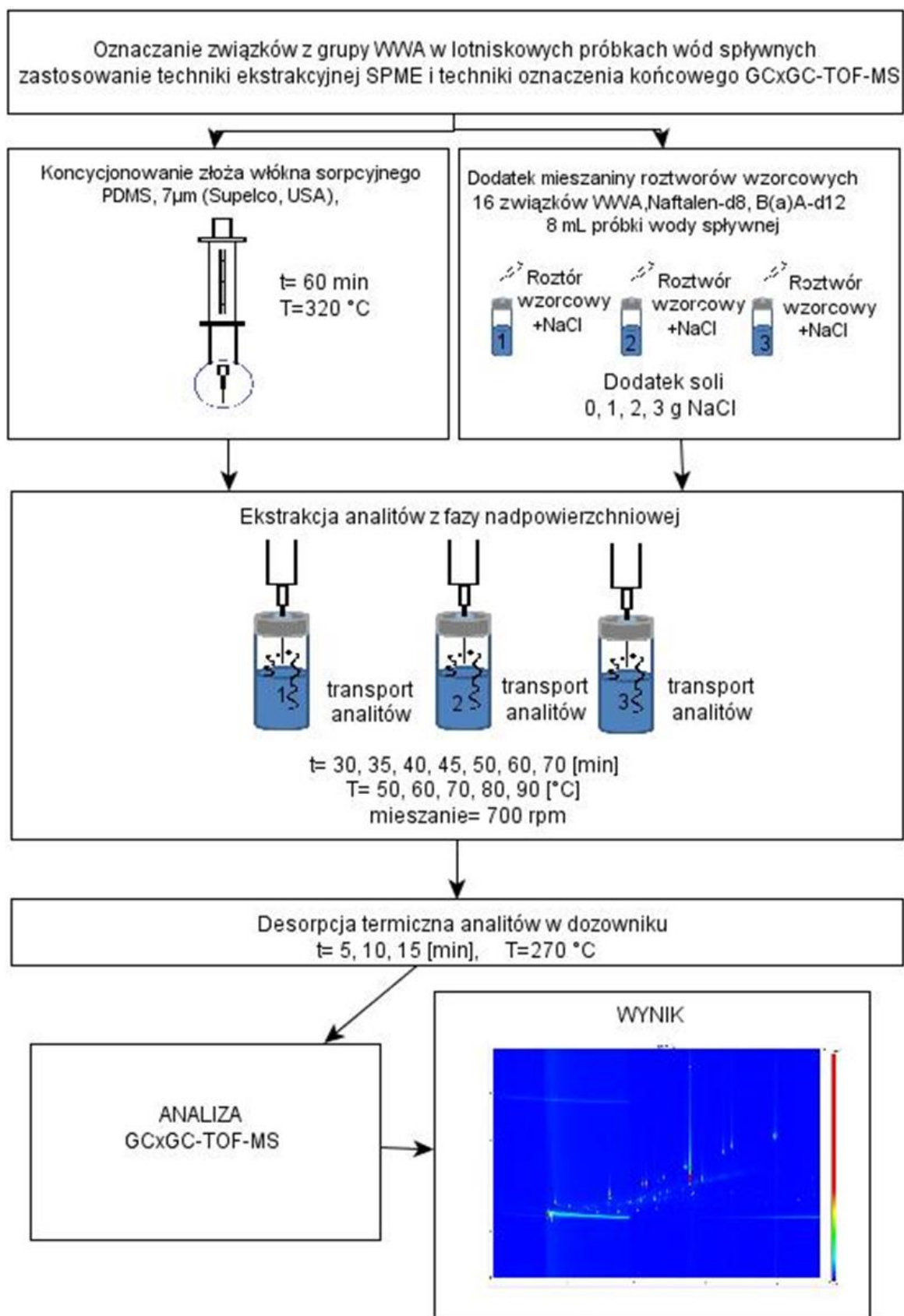
Na etapie projektowania nowych procedur analitycznych kluczowym aspektem było poszukiwanie oraz badania w zakresie rozwoju, optymalizacji nowoczesnych rozwiązań metodycznych, ale jednocześnie niezawodnych i wydajnych protokołów analitycznych [43,78,79]. W ramach przeprowadzonych prac badawczych jako pierwsza wykazałam, że bezrozpuszczalnikowa technika SPME spełniająca wymagania zielonej chemii stanowi skuteczne narzędzie analityczne, a jednocześnie jest efektywną alternatywą dla tradycyjnych metod ekstrakcji, które zastosowano do izolacji analitów z grupy glikoli, benzotriazoli oraz WWA z próbek lotniskowych wód spływnych [H1, H2, H4]. Z kolei zastosowanie układu pomiarowego GC×GC-TOF-MS umożliwiło przeprowadzenie kompleksowej oraz wysokorozdzielczej analizy analitów z grupy WWA oraz BT w próbkach lotniskowych wód spływnych, które charakteryzują się bardzo złożonym i zmiennym składem matrycy. W ramach przeprowadzonych prac badawczych po raz pierwszy wykazałam możliwość zastosowania procedury analitycznej opartej na wykorzystaniu techniki HS-SPME oraz układu pomiarowego GC × GC-TOF-MS do oznaczania analitów z grupy WWA oraz benzotriazoli w próbkach wód spływnych z lotnisk [H2, H4]. Jednym z celów cyklu badawczego było również przeprowadzanie analiz porównawczych zastosowania tradycyjnie wykorzystywanych technik ekstrakcji oraz oznaczania analitów w tego typu złożonych matrycach, a mianowicie ekstrakcji typu ciecz-ciecz oraz układu pomiarowego GC-MS. W związku z powyższym w pracy [H3] przedstawiono w sposób szczegółowy opracowanie, optymalizację oraz walidację procedury analitycznej

opartej na wykorzystaniu techniki ekstrakcji LLE oraz techniki GC- MS do oznaczania analitów z grupy WWA w próbkach wód spływnych z terenu portów lotniczych (Rysunek 7). W ramach przeprowadzonych prac badawczych wykazałam skuteczność zastosowanej techniki LLE oraz zestawu GC- MS do oznaczania mikrozanieczyszczeń z grupy WWA w próbkach wód spływnych z terenu portów lotniczych. Szczegółową analizę uzyskanych wyników oraz ich dyskusję zamieszczono w publikacji [H3]. Należy podkreślić, że wymienione wyżej publikacje [H1, H3] zostały przygotowane we współpracy z innymi ośrodkami naukowymi (w tym także międzynarodowymi). Ponadto, wyniki prowadzonych przeze mnie prac badawczych zamieszczonych w publikacjach [H1, H3] zostały wykorzystane jako źródło dowodów naukowych, eksperckich opinii i wsparcia procesu decyzyjnego w międzynarodowych dokumentach o charakterze regulacyjnym, normatywnym oraz wytycznych środowiskowych przez instytucje regulacyjne oraz rządowe:

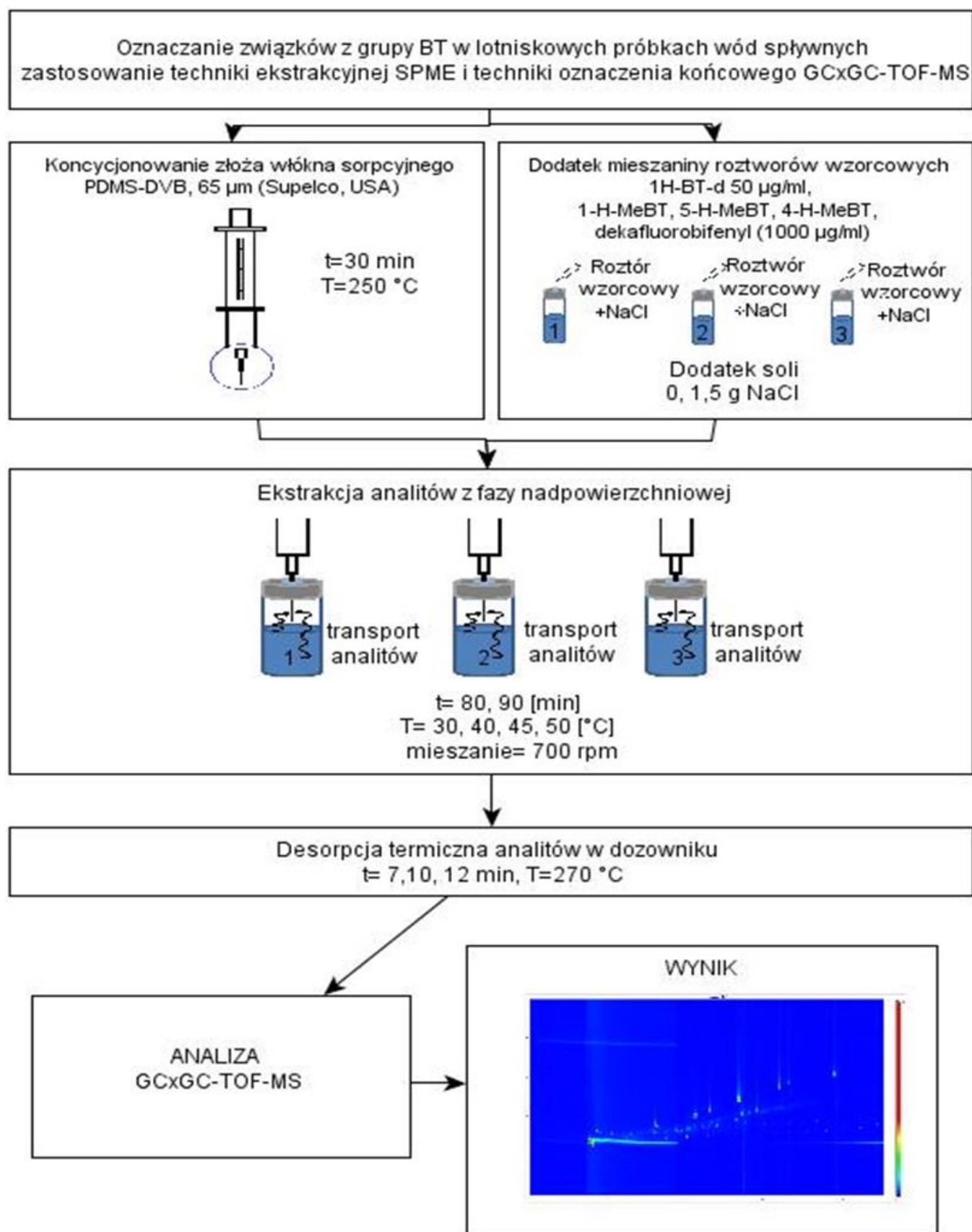
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USA)
 - ✓ *2021 Multi-Sector General Permit (MSGP) Fact Sheet – NPDES, 2021* [90] - dokument wytyczny/techniczny (z ang. policy & regulatory support), uzasadniający i interpretacyjny do ogólnego pozwolenia na odprowadzanie wód opadowych z działalności przemysłowej. Wyniki prac badawczych dotyczących oznaczania zanieczyszczeń z grupy WWA w wodach spływnych z terenu infrastruktury portów lotniczych zostały wykorzystane jako empiryczny punkt odniesienia w części dotyczącej sektora *Air Transportation Facilities* [H3].
- FEDERAL MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, NATURE CONSERVATION, NUCLEAR SAFETY AND CONSUMER PROTECTION, GERMAN ENVIRONMENT AGENCY, BLAUER ENGEL, GERMANY
 - ✓ *Umweltbundesamt (UBA), Hintergrundbericht zur Überarbeitung der Vergabekriterien für den Blauen Engel – DE-UZ 99: Bewegungsflächenenteiser für Flugplätze, Dessau-Roßlau, Niemcy./ DE-UZ 99 „Środki do odladzania powierzchni ruchu lotnisk, 2021* [91]- raport dotyczących kryteriów ekoznaku DE-UZ 99 uwzględniono wyniki badań prac badawczych, które stanowiły wkład merytoryczny do formułowania kryteriów środowiskowych dla produktów (środki do odladzania) stosowanych na terenie infrastruktury lotniskowej [H1].



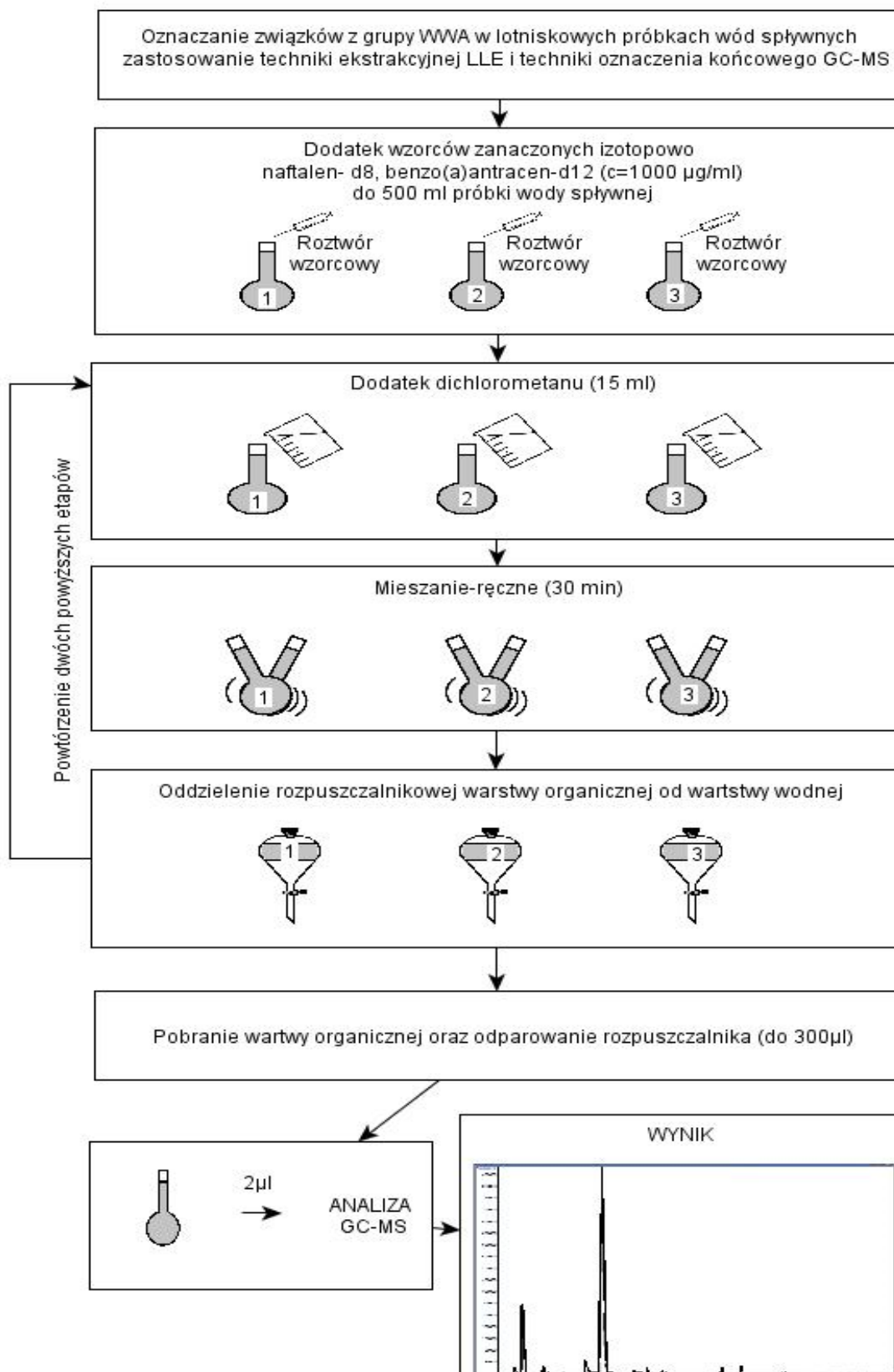
Rysunek 4. Schemat metodyki oznaczania ksenobiotyków z grupy glikoli przy pomocy techniki SPME oraz zestawu GC-MS.



Rysunek 5. Schemat metodyki oznaczania ksenobiotyków z grupy WWA przy pomocy techniki SPME oraz zestawu GC \times GC-TOF-MS.



Rysunek 6. Schemat metodyki oznaczania ksenobiotyków z grupy BT przy pomocy techniki SPME oraz zestawu GC \times GC-TOF-MS.



Rysunek 7. Schemat metodyki oznaczania ksenobiotyków z grupy WWA oraz przy pomocy techniki LLE oraz zestawu GC-MS.

Z analizy dostępnych danych literaturowych wynika, że do tej pory brak było odpowiednich metodyk analitycznych, które umożliwiłyby uzyskanie wiarygodnych informacji o poziomie stężeń mikrozanieczyszczeń z grupy glikoli, WWA oraz benzotriazoli w próbkach lotniskowych wód spływnych (ściekach lotniskowych), które dotychczas pozostawały niedostatecznie rozpoznane analitycznie. Biorąc pod uwagę odniesienia literaturowe można stwierdzić, że po raz pierwszy zrealizowano tego typu program badawczy zakrojony na tak szeroką skalę, w odniesieniu do opracowania nowych metodyk oznaczania szerokiego spektrum ksenobiotyków organicznych w wodach spływnych z lotnisk zgodnych z priorytetowymi celami Agendy Zrównoważonego Rozwoju ONZ do roku 2030 oraz jeśli chodzi o szczegółowe opracowanie ich charakterystyk metrologicznych. W efekcie przeprowadzonych prac badawczych zaprojektowano, opracowano i poddano walidacji:

- metodykę analityczną HS-SPME-GC/MS, jako innowacyjne narzędzie do monitorowania i kontroli mikrozanieczyszczeń z grupy glikoli w próbkach wód spływnych z terenu portów lotniczych [H1];
- metodykę analityczną HS-SPME-GC×GC-TOF-MS jako innowacyjne narzędzie do monitorowania i kontroli mikrozanieczyszczeń z grupy WWA w próbkach wód spływnych z terenu portów lotniczych [H2];
- metodykę analityczną HS-SPME-GC×GC-TOF-MS jako innowacyjne narzędzie do monitorowania i kontroli mikrozanieczyszczeń z grupy benzotriazoli w próbkach wód spływnych z terenu portów lotniczych [H4];
- metodykę analityczną LLE-GC/MS, jako narzędzie do monitorowania i kontroli mikrozanieczyszczeń z grupy WWA w próbkach wód spływnych z terenu portów lotniczych [H3].

Nowo opracowane procedury, charakteryzujące się odpowiednimi parametrami metrologicznymi stanowią dogodne narzędzia analityczne umożliwiające selektywne, precyzyjne oraz dokładne oznaczanie analitów z grupy glikoli, benzotriazoli oraz WWA na bardzo niskich poziomach stężeń w próbkach wód spływnych z terenu portów lotniczych. Opracowane metodyki oparte na zastosowaniu nowoczesnych technik analitycznych zostały wykorzystane jako narzędzia do badań próbek rzeczywistych pochodzących z czterech międzynarodowych portów lotniczych, a mianowicie Portu Lotniczego Gatwick w Londynie, Portu Lotniczego im. F. Chopina w Warszawie, Portu Lotniczego im L. Wałęsy w Gdańsku oraz Portu Lotniczego im. I. Paderewskiego w Bydgoszczy. Ponadto wyniki przeprowadzonych prac badawczych charakteryzują się nowością w zakresie skali wykonywanych prac,

gdyż obejmują one analizę próbek pobranych z terenów międzynarodowych portów lotniczych zlokalizowanych w różnych regionach geograficznych oraz z różnym stopniem przepustowości portów lotniczych. Nowo opracowane procedury dostosowane do zasad zielonej chemii analitycznej stanowią skuteczne narzędzia do szeroko zakrojonego monitorowania i kontroli środków przeciwkorozyjnych, odladzających/chroniących przed ponownym oblodzeniem oraz produktów rozlewów i spalania paliw lotniczych w wodach spływnych oraz ściekach. Wdrażanie nowych narzędzi w systemach zarządzania środowiskiem jest niezwykle ważne. Dzięki tego typu podejściu do oceny zanieczyszczenia środowiska w obrębie portów lotniczych, możliwe jest zmniejszenie negatywnego wpływu eksploatacji dynamicznie rozwijających się portów lotniczych na środowisko oraz zdrowie ludzi.

W celu dokonania analizy stopnia skażenia środowiska w wyniku działalności lotnisk, oprócz identyfikacji oraz ilościowego oznaczenia emitowanych ksenobiotyków, kluczowe jest także określenie stopnia toksyczności ścieków lotniskowych na organizmy żywe. Biomonitoring wód spływnych z portów lotniczych zapewnia możliwość analizowania wpływu ksenobiotyków na procesy metaboliczne, fizjologiczne, śmiertelność, rozwój, rozród, zdolność do bioakumulacji w organizmach żywych oraz obserwację zmian flory i fauny w obrębie lotnisk objętych kontrolą. Wyniki badań ekotoksykologicznych pozwalają na uzupełnienie i stworzenie pełnego systemu monitoringu, który tradycyjnie oparty jest na chemicznych oznaczeniach najbardziej niebezpiecznych zanieczyszczeń w ściekach lotniskowych. Przeprowadzona krytyczna analiza zakresu dotychczasowo przeprowadzonych prac badawczych dotyczących problematyki ksenobiotyków biologicznie aktywnych o istotnym znaczeniu środowiskowym pozwoliła na określenie luk badawczych w zakresie oceny ekotoksykologicznej wód spływnych z terenu portów lotniczych. Pobieranie próbek wód spływnych z terenu portów lotniczych stanowi szczególnie trudne zadanie ze względu na rygorystyczne procedury bezpieczeństwa obowiązujące na lotniskach oraz konieczność utrzymania ciągłości operacji lotniczych. Surowe przepisy bezpieczeństwa uniemożliwiają instalację automatycznych urządzeń do pobierania próbek na platformach portów lotniczych. Uzyskanie zgody na prowadzenie badań wymaga wykonywania szybkiego pobrania próbek wód spływnych z wyznaczonych punktów pomiarowych (w trakcie bieżących prac eksploatacyjnych służb utrzymania portu lotniczego). Ograniczenia te wynikają z potrzeby zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa oraz sprawnego funkcjonowania infrastruktury lotniskowej w warunkach intensywnego ruchu lotniczego. W skali światowej do tej pory została przeprowadzona bardzo ograniczona ilość badań dotycząca oszacowania toksyczności lotniskowych wód spływnych [92–97]. Wyniki przeprowadzonych prac badawczych ograniczają się w każdym wypadku do analizy co najwyżej

jednego portu lotniczego, gdzie kampanie zbierania próbek nie były organizowane w sposób systematyczny. Aktualnie dostępne doniesienia literaturowe nie dostarczają danych niezbędnych do analizy porównawczej oceny toksyczności wód spływających emitowanych w obrębie lotnisk zlokalizowanych w różnych regionach geograficznych oraz charakteryzujących się zróżnicowanym poziomem przepustowości [H5, HM, H6]. Zaobserwowane luki w wiedzy stanowiły podstawę do sformułowania kolejnego etapu prac badawczych ukierunkowanych na ocenę potencjału toksycznego wód spływających z terenu krajowych oraz zagranicznych portów lotniczych. Uzyskane wyniki badań zostały przedstawione w publikacji [H6] i stanowią kolejny element osiągnięcia naukowego.

Zaprojektowałam i zrealizowałam również program badawczy, w ramach którego dokonano oceny potencjału toksycznego wód spływających pochodzących z terenów czterech międzynarodowych portów lotniczych charakteryzujących się bardzo wysoką, wysoką, średnią i niską przepustowością lotniska, a mianowicie:

- Portu Lotniczego im. F. Chopina w Warszawie;
- Portu Lotniczego im. L. Wałęsy w Gdańsku;
- Portu Lotniczego im. I. Paderewskiego w Bydgoszczy;
- Portu Lotniczego Gatwick w Londynie [H6].

Procedury oparte na zastosowaniu dwóch mikrobiotestów, a mianowicie Microtox[®] oraz Thamnotoxkit F^T zostały wykorzystane jako narzędzia do oceny potencjału toksycznego wód spływających z terenu lotnisk. W ramach przeprowadzonych prac badawczych wykazałam, że próbki wód spływających w obrębie monitorowanych portów lotniczych w wielu przypadkach charakteryzowały się wysoką lub bardzo wysoką toksycznością (wg klasyfikacji toksyczności według G. Persoone i wsp.) [64]. Na podstawie analizy uzyskanych danych pomiarowych wykazałam, że próbki wód spływających pobieranych z miejsc odladzania samolotów oraz platform portów lotniczych, pasów startowych, okolicach terminali pasażerskich oraz miejsc postojowych charakteryzowały się najwyższym możliwym poziomem toksyczności wobec organizmów żywych. Szczegółową analizę uzyskanych wyników oraz ich dyskusję zamieszczono w publikacji [H6]. Uzyskane wyniki w wyniku przeprowadzonych przeze mnie prac badawczych potwierdziły konieczność implementacji środowiskowych procedur w zakresie operacji odladzania i czyszczenia (samolotów, platform portów lotniczych), technologii podczyszczania, oczyszczania ścieków lotniskowych oraz technologii wprowadzania ścieków lotniskowych do sieci kanalizacyjnych. Na podstawie dostępnych danych literaturowych można stwierdzić, że powyższe badania stanowią pierwsze w skali międzynarodowej tak szeroko zakrojone prace badawcze dotyczące oceny toksyczności lotniskowych wód spływających, uwzględniając różne

europejskie porty lotnicze, różnorodność miejsc, z których zbierane były próbki oraz zmienność sezonową [H6, HM].

Kolejne osiągnięcie naukowe przedstawione w niniejszym wniosku habilitacyjnym stanowi monografia naukowa pt. „Wody spływne z terenu portów lotniczych - kontrola jakości i wyzwania analityczne” [HM]. Monografia ta powstała jako rezultat prowadzonych przez mnie wieloletnich prac badawczych w zakresie badań analitycznych wód spływnych z terenu portów lotniczych, ze szczególnym uwzględnieniem nowoczesnych technik analitycznych. Monografia ta stanowi syntetyczne, autorskie ujęcie problematyki analityki wód spływnych z terenu portów lotniczych. Przygotowanie pracy monograficznej było odpowiedzią na luki w wiedzy w zakresie badań wód spływnych z terenów portów lotniczych, jak również konieczność kompleksowego ujęcia problematyki lotniskowych wód spływnych, które dotychczas było analizowane w sposób fragmentaryczny. Autorska koncepcja pracy monograficznej opiera się na integracji wyników badań własnych z krytyczną analizą aktualnego stanu wiedzy. W pracy zintegrowano identyfikację oraz charakterystykę źródeł emisji zanieczyszczeń emitowanych w wyniku eksploatacji portów lotniczych, problemy i wyzwania analityczne związane z badaniami tego typu złożonych matryc środowiskowych, metodologię badań wód spływnych, w tym autorskie podejście oparte na integracji nowoczesnych technik analitycznych oznaczenia zanieczyszczeń na poziomie śladowym oraz biotestów do kompleksowej oceny jakości próbek wód spływnych. W przedstawianym opracowaniu monograficznym po raz pierwszy przedstawiono kompleksowe podejście do badania próbek wód spływnych z portów lotniczych, które posiadają bardzo złożoną i specyficzną matrycę. Istotnym elementem monografii jest zaproponowanie nowego, zintegrowanego chemiczno-ekotoksykologicznego podejścia do oceny zanieczyszczenia środowiska obszaru portów lotniczych. Tego typu podejście pozwoliło wskazać konieczność zastosowania kompleksowej kontroli jakości wód spływnych z terenu portów lotniczych. Zastosowanie nowych zaawansowanych technik analitycznych oraz biotestów jako narzędzi do ich kontroli może stanowić podstawę do rozwiązania takich problemów, jak:

- identyfikacja skali problemu zanieczyszczenia środowiska w wyniku działalności dynamicznie rozwijającego się sektora transportu lotniczego;
- określenie skali toksyczności lotniskowych wód spływnych;
- ocena ryzyka oraz oszacowanie odległych skutków ekspozycji organizmu na czynniki toksyczne znajdujące się w wodach spływnych lotnisk (mutageny, kancerogeny, związki wykazujące właściwości embriotoksyczne, teratogenne).

Przedstawiane w monografii zagadnienia oraz wyniki prac badawczych dotyczące kompleksowego chemiczno-ekotoksykologicznego podejścia do oceny lotniskowych wód

spływnych poszerzają dotychczasowy stan wiedzy a jednocześnie stanowią propozycję wykorzystania ich w zintegrowanej strategii monitorowania obiektów infrastruktury krytycznej. Tego typu podejście badawcze łączy chemię analityczną z aspektami aplikacyjnymi w ochronie środowiska, co nie było do tej pory prezentowane w doniesieniach literaturowych w tak kompleksowej oraz spójnej formie, wpisując się w jednocześnie w rozwój współczesnej chemii analitycznej [HM].

Przedstawiona monografia stanowi autorskie ujęcie problematyki badań niedostatecznie poznanego typu próbek środowiskowych, jakimi są wody spływne z portów lotniczych i stanowiła jednocześnie punkt wyjścia do dalszej refleksji naukowej i pogłębionej analizy rozwiniętej w kolejnej pracy przeglądowej w zakresie badań analitycznych wód spływnych z terenu lotnisk [H5]. W ramach przeprowadzonych prac badawczych opracowałam kompleksową koncepcję poświęconą rozwojowi innowacyjnych strategii analitycznych mających zastosowanie w badaniach lotniskowych wód spływnych. Przeprowadziłam krytyczną analizę dostępnych doniesień literaturowych, co w dalszej kolejności pozwoliło mi rozwinąć i sformułować kierunki dalszego rozwoju badań nad złożonymi matrycami wodnymi. W publikacji [H5] zaproponowałam nowy model zintegrowanego analityczno-ekotoksykologicznego protokołu kompleksowej oceny lotniskowych wód spływnych (w tym z zastosowaniem zielonych technik analitycznych). Wyniki przeprowadzonych przeze mnie prac badawczych stanowią osiągnięcie o charakterze koncepcyjnym, które rozwija zintegrowane podejście w chemii analitycznej do badania złożonych matryc wodnych. Publikacja przeglądowa [H5] została przygotowana z innymi ośrodkami naukowymi (w tym międzynarodowymi) i stanowi kolejne osiągnięcie naukowe w ramach przedstawianego cyklu publikacji. Opracowane tego typu zintegrowane podejście chemiczno-ekotoksykologiczne w dalszej kolejności było przeze mnie konsekwentnie rozwijane i zastosowane a następnie opisane w kolejnych publikacjach [H4, H7]. W powyższych pracach równoległe do opracowań metodycznych dotyczących oznaczania glifosatu oraz związków z grupy benzotriazoli przeprowadziłam szczegółową analizę oceny ryzyka ekotoksykologicznego oraz ocenę ryzyka dla zdrowia ludzi [H4, H7], co w sposób istotny rozszerzyło zakres interpretacyjny uzyskanych wyników badań.

Wyniki prowadzonych przez mnie wieloletnich badań w zakresie wód spływnych z terenu portów lotniczych zostały wykorzystywane jako źródło dowodów naukowych, eksperckich opinii i wsparcia procesu decyzyjnego w procesie formułowania rekomendacji strategicznych w dokumentach międzynarodowych o charakterze regulacyjnym, normatywnym oraz kryterialno-wytycznych środowiskowych przez instytucje regulacyjne oraz rządowe:

- MINNESOTA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (MNDOT), OFFICE OF RESEARCH & INNOVATION, USA
 - ✓ *Environmental Impacts of Potassium Acetate as a Road Salt Alternative, Final Report 2022-27A, 2022* [99];
 - ❖ raport ekspercki (z ang. policy-support) stanowiący podstawę merytoryczną dla decyzji administracyjnych oraz praktyk zarządzania utrzymaniem dróg i infrastruktury transportowej, w kontekście doboru środków odladzających z uwzględnieniem zasad zrównoważonego rozwoju;
 - ❖ wyniki badań zamieszczone w publikacji [D2] zostały wykorzystane jako źródło empirycznych danych środowiskowych, miały znaczenie aplikacyjne w procesie formułowania rekomendacji strategicznych oraz wspierały proces decyzyjny;
- PUBLIC HEALTH – SEATTLE & KING COUNTY, USA
 - ✓ *Community Health and Airport Operations–Related Noise and Air Pollution: Report to the Legislature in Response to Washington State HOUSE BILL 1109, 2020* [100];
 - ❖ raport ekspercki (z ang. policy-support) dotyczący kompleksowej oceny wpływu hałasu i zanieczyszczeń powietrza związanych z działalnością lotniska (Seattle–Tacoma International Airport – SeaTac) na zdrowie mieszkańców, rekomendacje interwencyjne, mające na celu ograniczenie negatywnych skutków środowiskowych na zdrowie;
 - ❖ wyniki badań zamieszczonych w publikacji [D1] miały znaczenie aplikacyjne w procesie formułowania rekomendacji strategicznych oraz wspierały proces decyzyjny, administracyjny w zakresie ochrony środowiska, zdrowia publicznego oraz planowania rozwoju lotnisk;
- DEPARTMENT FOR TRANSPORT, UNITED KINGDOM
 - ✓ *Health Impact Analysis – Shortlisted Schemes for Airports National Policy Statement, 2017* [101];
 - ✓ *Health Impact Analysis – Shortlisted Schemes for Airports National Policy Statement, 2018* [102];
 - ❖ raporty eksperckie/*Health Impact Assessment* (z ang. policy-support) w ramach prac nad Airports National Policy Statement (ANPS);
 - ❖ wyniki badań zamieszczonych w publikacji [D3] stanowiły wsparcie dowodowe (z ang. scientific evidence base), empiryczny punkt odniesienia w analizach środowiskowych oraz zdrowotnych w kontekście charakterystyki zanieczyszczeń wód spływających z infrastruktury lotniskowej i transportowej, identyfikacji presji chemicznej na środowisko wodne, oceny oddziaływania środowiskowego i pośrednio zdrowotnego

infrastruktury transportowej oraz metod analitycznych stosowanych w monitoringu środowiska wodnego;

- CITY OF TORONTO GOVERNMENT ADMINISTRATION, PARTNERSHIP WITH TORONTO PUBLIC HEALTH, CANADA

- ✓ *Health Impact Assessment – Proposed Expansion to Billy Bishop Toronto City Airport, Report No. 13-1151-0215, 2013* [103];

- ❖ raport ekspercki/Health Impact Assessment (z ang. policy-support);

- ❖ wyniki badań zamieszczonych w publikacji [D4] zostały wykorzystane jako dowód naukowy wspierający analizę oddziaływania planowanej rozbudowy lotniska na zdrowie publiczne i środowisko;

- AIRPORTS COMMISSION, UNITED KINGDOM

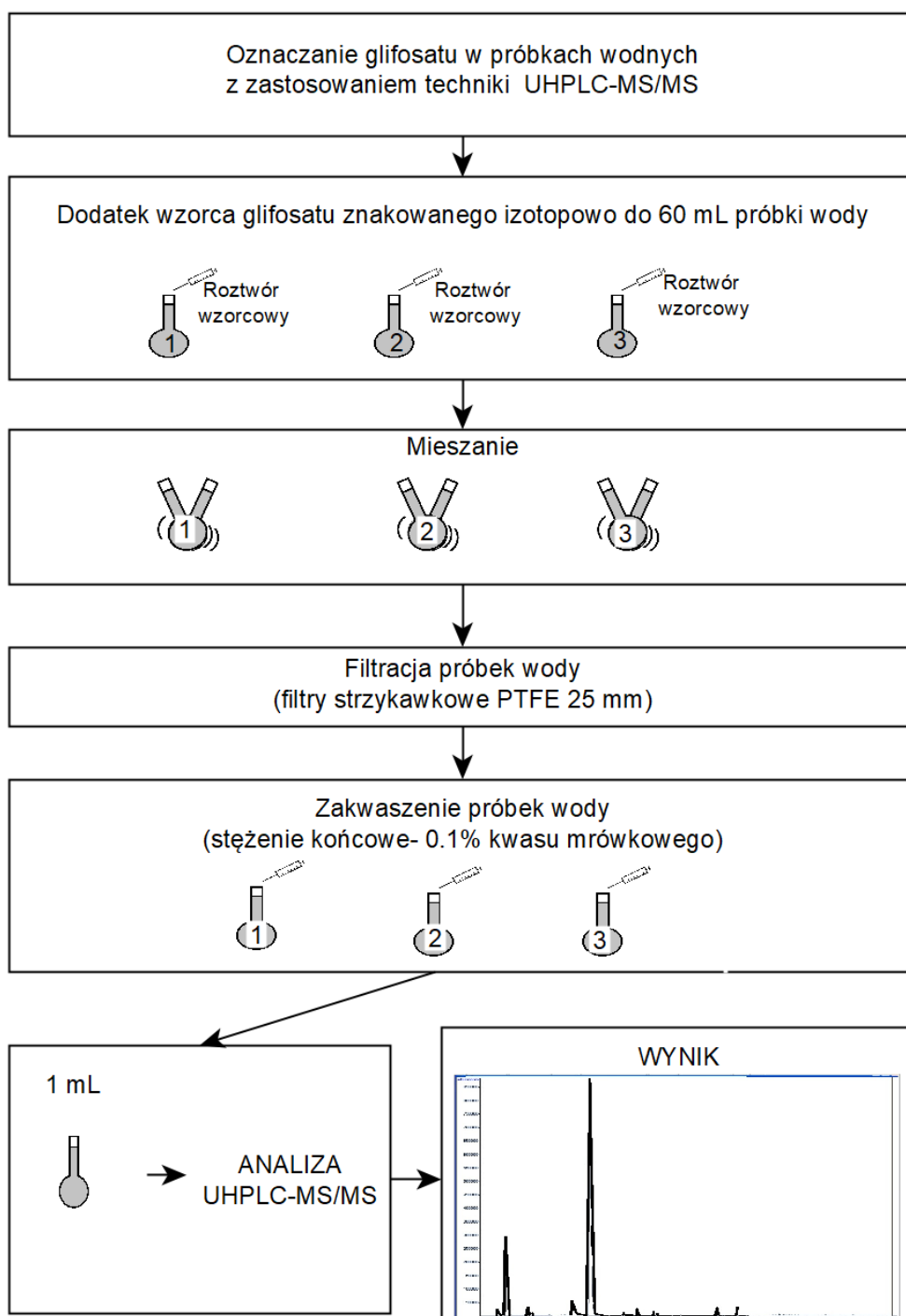
- ✓ Inner Thames Estuary Feasibility Study 1: Environmental Impacts, Airports Commission – Feasibility Studies, 2014 [104];

- ❖ raport ekspercki/*Environmental Impact Assessment* (z ang. policy-support) dotyczący oceny długoterminowych potrzeb w zakresie infrastruktury lotniskowej oraz przygotowania rekomendacji strategicznych dla rządu Wielkiej Brytanii;

- ❖ wyniki badań przedstawione w publikacji [D4] stanowiły empiryczny punkt odniesienia w analizach dotyczących oddziaływań środowiskowych infrastruktury lotniskowej, miały znaczenie aplikacyjne w procesie formułowania rekomendacji strategicznych oraz wspierały proces decyzyjny na poziomie rządowym w Wielkiej Brytanii.

Konsekwentnym rozwinięciem programu badawczego w zakresie badań analitycznych złożonych matryc środowiskowych o dominującej fazie wodnej było podjęcie prac badawczych w zakresie wód spływnych z terenów rolniczych, charakteryzujących się innym typem oddziaływania antropogenicznego, jednak porównywalnymi problemami oraz wyzwaniem metodycznymi. Publikacja [H7] dotycząca oznaczania glifosatu w próbkach wód spływnych z obszarów rolniczych, turystycznych oraz chronionych stanowi kolejny element spójnego programu badawczego. Rozszerzenie programu badawczego było odpowiedzią na luki w wiedzy dotyczące wpływu wód spływnych z terenów rolniczych na jakość wód, w szczególności w odniesieniu do skażenia glifosatem. Oznaczanie glifosatu w złożonych matrycach wodnych jest zadaniem bardzo trudnym ze względu na wysoką polarność, niską lotność, silne oddziaływanie z matrycą, brak właściwości chromoforowych, unikalne właściwości amfoteryczne, tendencje do tworzenia kompleksów z jonami metali, jak również występowanie na śladowym poziomie stężeń. Na podstawie dostępnych odniesień literaturowych stwierdzono,

że istnieje konieczność opracowania wiarygodnego protokołu analitycznego, który umożliwi dokładne oraz precyzyjne oznaczenie ilościowe tego szeroko stosowanego herbicydu w skali globalnej. W ramach publikacji [H7] zoptymalizowano oraz poddano procesowi walidacji metodykę analityczną opartą na minimalnym przygotowaniu próbek do analizy, bez konieczności przeprowadzania procesu derywatywacji oraz zastosowaniu zestawu pomiarowego UHPLC-MS/MS do oznaczania glifosatu w złożonych matrycach wodnych (Rysunek 8).



Rysunek 8. Schemat metodyki oznaczania glifosatu w p z zastosowaniem układu pomiarowego UHPLC-MS/MS.

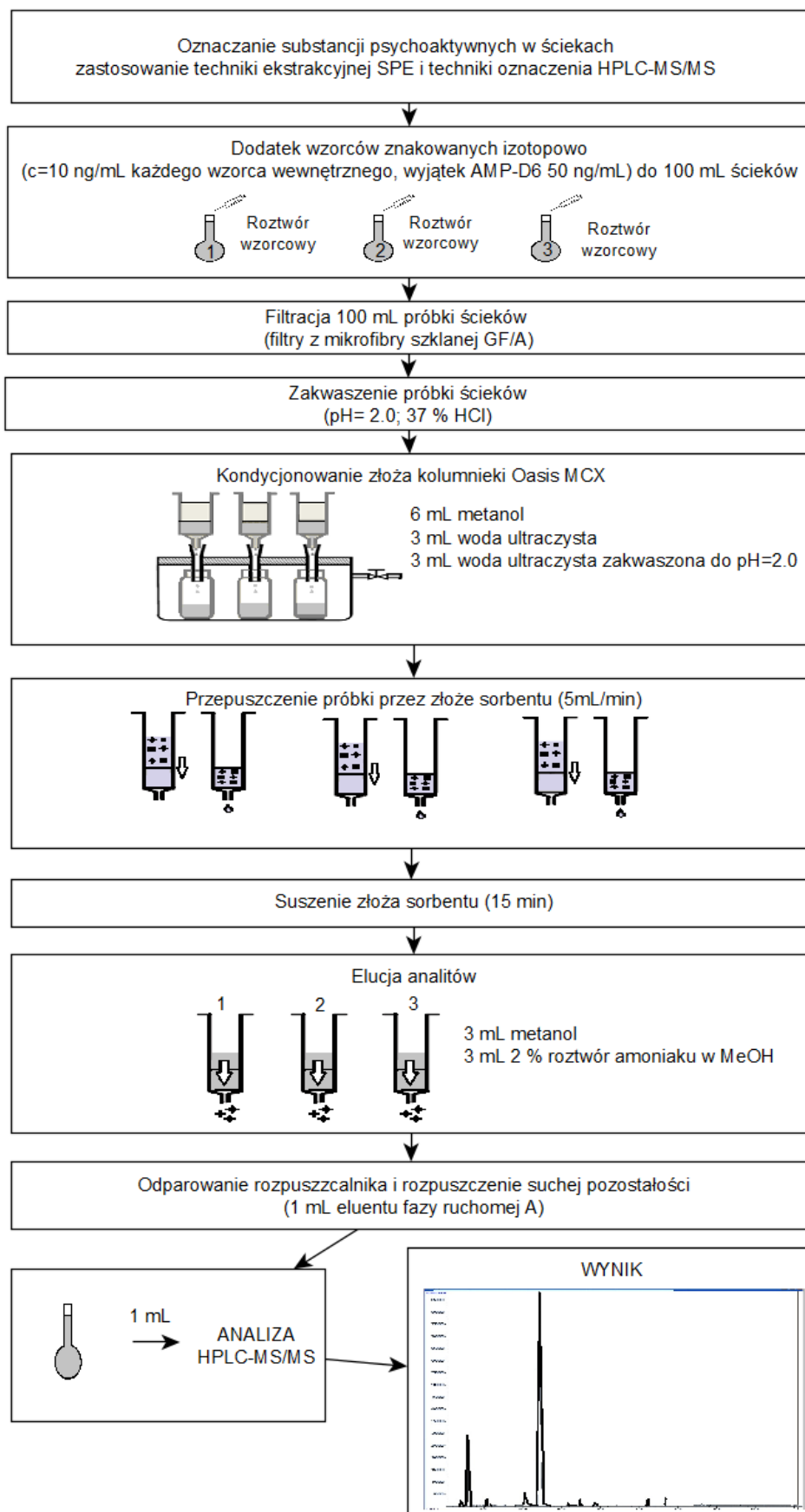
W ramach przeprowadzonych prac badawczych wykazano, że opracowana i poddana szczegółowemu procesowi walidacji procedura jest selektywna, wysoce czuła, dokładana oraz precyzyjna. Szczegółową analizę uzyskanych wyników oraz ich dyskusję zamieszczono w publikacji [H7]. W ramach wykonanych badań wykazano, że procedura ta znajduje szerokie zastosowanie w zróżnicowanych matrycach wodnych [H7, kolejna praca jest na etapie recenzji w czasopiśmie *Land Development and Degradation*, 200 pkt. MNiSzW). W ramach przedstawianego osiągnięcia naukowego zwalidowaną procedurę analityczną zastosowano jako narzędzie do oceny zanieczyszczenia glifosatem próbek wodnych w obrębie terenów rolniczych, miejskich, turystycznych terenów przybrzeżnych Morza Bałtyckiego, jak również chronionych (Rezerwat Przyrody Beka, Nadmorski Park Krajobrazowy, obszary Natura 2000 w Polsce). Nowością zawartą w publikacji [H7] jest rozszerzenie zakresu badań analitycznych nad wpływem i dynamiką rozprzestrzeniania się rolniczych wód spływających na tereny turystyczne oraz objęte ochroną, które dotychczas pozostawały niedostatecznie rozpoznane analitycznie. Ponadto, przeprowadzona przez mnie szczegółowa ocena ryzyka ekologicznego oraz zdrowotnego pozwoliła na wypełnienie istniejących luk badawczych w zakresie oceny wpływu presji antropogenicznej związanej z rolniczymi wodami spływnymi. Wyniki wykonanych prac badawczych w ramach przedstawianego osiągnięcia naukowego mają szczególne znaczenie poznawcze oraz aplikacyjne, wpisując się w aktualne debaty polityczne w Unii Europejskiej, zwłaszcza w kontekście proponowanych zakazów stosowania pestycydów w strefach chronionych, które korespondują z Agendą Zrównoważonego Rozwoju ONZ do roku 2030 [H7].

Kolejnym etapem realizowanego programu badawczego było zastosowanie opracowanych strategii analitycznych w badaniach związków z grupy WWA oraz pestycydów chloroorganicznych w próbkach o dominującej fazie wodnej z obszarów referencyjnych o minimalnej presji lokalnej, a mianowicie obszarów polarnych [H8, H9]. Podczas badania tego typu próbek o bardzo niskich poziomach stężeń ksenobiotyków wymagana jest bardzo wysoka czułość oznaczeń oraz rygorystyczna kontrola jakości pomiarów analitycznych, ze względu na ryzyko zanieczyszczenia wtórnego próbek poddanych badaniom. W rezultacie przeprowadzonych prac badawczych zoptymalizowano oraz poddano procesowi walidacji metodyki analityczne SPE/GC-MS/MS w przypadku oznaczania związków z grupy pestycydów chloroorganicznych oraz LLE/GC-MS w celu oznaczenia ksenobiotyków z grupy WWA. W ramach przeprowadzonych prac badawczych zwalidowane metodyki zastosowano jako narzędzia do oceny poziomu tła chemicznego w warunkach minimalnej presji antropogenicznej, jak również określenia poziomu stężeń ksenobiotyków organicznych

o istotnym znaczeniu środowiskowym, transportowanych na duże odległości [H8, H9]. Szczegółową analizę uzyskanych wyników oraz ich dyskusję zamieszczono w publikacjach [H8, H9]. Rozszerzenie prac badawczych w kierunku oznaczania pestycydów chloroorganicznych oraz związków z grupy WWA w próbkach pobranych z obszarów o charakterze referencyjnym, a mianowicie Specjalnie Chronionego Obszar Antarktyki (ASPA No. 151) oraz Parku Narodowego Południowego Spitsbergenu w Arktyce stanowiło kolejny etap rozszerzania zakresu prowadzonych badań dzięki któremu istnieje możliwość oceny poziomu stężeń ksenobiotyków na terenach o minimalnej presji antropogenicznej. W rezultacie przeprowadzonych prac badawczych możliwe było rozszerzenie zakresu interpretacyjnego uzyskiwanych wyników oznaczeń analitycznych o kwestie procesów środowiskowych, które zachodzą na terenach o minimalnej presji antropogenicznej.

Istotnym rozszerzeniem prowadzonych prac badawczych w ramach przedstawianego osiągnięcia naukowego były badania w zakresie oznaczania narkotyków, w tym nowych substancji psychoaktywnych w ściekach miejskich, które stanowią jedną z najbardziej złożonych matryc wodnych. Praca [H10] obejmuje szczegółowo zaprojektowany przeze mnie oraz zrealizowany program badawczy w zakresie optymalizacji i walidacji metodyki analitycznej opartej na zastosowaniu techniki ekstrakcyjnej SPE oraz wysokosprawnej chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas z potrójnym analizatorem kwadrupolowym (HPLC-MS/MS) do oznaczania substancji odurzających i ich metabolitów w próbkach ścieków miejskich (Rysunek 9). W ramach prac badawczych przeprowadziłam bardzo szczegółowy proces walidacji powyższej metodyki w celu pozyskania rzetelnej oraz wiarygodnej bazy danych pomiarowych. Wyzaczyłam szereg parametrów walidacyjnych, a mianowicie selektywność, liniowość, zakres, dokładność, limity wykrywalności i oznaczalności metodyki analitycznej, precyzję procedury analitycznej, jak również stabilność krótkoterminową, stabilność analitów w cyklach zamrażania i rozmrażania oraz stabilność analitów po przygotowaniu próbki do analizy. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że w wyniku przeprowadzonych przeze mnie prac badawczych opracowano selektywną, bardzo czułą, dokładną, precyzyjną, niedrogą, relatywnie szybką i użyteczną procedurę do monitorowania nowych substancji psychoaktywnych, jak również tradycyjnych narkotyków i ich metabolitów znajdujących się w ściekach miejskich. Przeprowadzone przez mnie prace badawcze charakteryzują się nowością, w szczególności w zakresie kompleksowej oceny stabilności w różnych warunkach przechowywania analitów, zwłaszcza jeśli chodzi o wyznaczenie stabilności w cyklach zamrażania–rozmrażania, jak i stabilności po przygotowaniu próbki do analizy. Stanowi to istotny aspekt zapewnienia jakości w przypadku

oznaczeń analitów na poziomie śladowych stężeń w złożonej matrycy wodnej, która dodatkowo podlega dynamicznym przemianom. W ramach przeprowadzonych prac badawczych wykazałam skuteczność zastosowanej procedury SPE/HPLC-MS/MS jako narzędzia do oznaczania mikrozanieczyszczeń należących do grupy środków odurzających w próbkach ścieków miejskich pobranych z oczyszczalni ścieków w Poznaniu. W rezultacie przeprowadzonych badań po raz pierwszy w Polsce wykryto i monitorowano nowe substancje psychoaktywne, a mianowicie mefedron oraz ketaminę, jak również główny metabolit heroiny oraz marihuany (tradycyjnie zażywane narkotyki). Na podstawie otrzymanych wyników badań potwierdziłam obecność na polskim rynku narkotykowym zarówno nowych substancji psychoaktywnych, jak i tradycyjnie zażywanych substancji odurzających. Po raz pierwszy przeprowadzono tego typu monitoring ścieków w ramach epidemiologii ściekowej (WBE z ang. wastewater-based epidemiology) we Wschodniej Europie. Wyniki przeprowadzonych prac badawczych jako pierwsze potwierdzają dane zawarte w raporcie Europejskiego Centrum Monitorowania Narkotyków i Narkomanii oraz EUROPOLu z 2019 r., które wskazują na ekspansję rynku kokainy we Wschodniej Europie. Ponadto, wyniki przeprowadzonych badań są również pierwszymi, które potwierdzają dane z raportu EMCDDA i EUROPOLu z 2019 r., wskazując na szeroką skalę dystrybucji amfetaminy w Polsce. Szczegółową analizę uzyskanych wyników oraz ich dyskusję zamieszczono w publikacji [H10]. Badania te stanowią integralną część kompleksowego podejścia do analitycznej oceny presji antropogenicznej z wykorzystaniem badania ksenobiotyków jako wskaźników różnych form aktywności człowieka. Poprzez badanie ksenobiotyków z grupy substancji odurzających w ściekach miejskich, możliwa jest weryfikacja hipotez dotyczących dynamiki konsumpcji substancji psychoaktywnych oraz zmian w środowisku miejskim. Wyniki przeprowadzonych prac badawczych oraz rozwijanie tego typu programów badawczych opartych na monitoringu ścieków mogą posłużyć jako podstawa do monitorowania wielkości zażywania narkotyków (uwzględniając w szczególności nowe substancje psychoaktywne), wykrywania trendów oraz profili zażywanych środków przez daną populację, jak również rozwoju kompleksowych strategii ochrony środowiska w aglomeracjach miejskich.



Rysunek 9. Schemat metodyki oznaczania substancji psychoaktywnych z zastosowaniem układu pomiarowego zestawu HPLC-MS/MS.

Wyniki prowadzonych przeze mnie prac badawczych zamieszczone w publikacji [H10] zostały wykorzystane jako źródło dowodów naukowych, eksperckich opinii i wsparcia procesu decyzyjnego w międzynarodowych dokumentach o charakterze regulacyjnym, normatywnym oraz wytycznych środowiskowych przez instytucje regulacyjne oraz rządowe:

- JOINT RESEARCH CENTRE (EUROPEAN COMMISSION) – EUROPEAN UNION
 - ✓ *Selection of substances for the 4th Watch List under the Water Framework Directive, Publications Office of the European Union, 1831-9424, 2022 [105]*
 - ❖ dokument wytyczny/techniczny wspierający regulacje Unii Europejskiej (UE) (z ang. policy & regulatory support), przygotowany na potrzeby wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej (WFD, z ang. Water Framework Directive);
 - ❖ wyniki prac badawczych przedstawionych w publikacji [H10] zostały wykorzystane jako empiryczny punkt odniesienia w kontekście strategii analitycznych w odniesieniu do monitoringu nowych substancji psychoaktywnych w środowisku wodnym z wykorzystaniem analizy ścieków komunalnych (WBE), miały znaczenie aplikacyjne w procesie formułowania rekomendacji strategicznych oraz wspierały proces decyzyjny w obszarze europejskiej polityki ochrony wód;
- U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION (NRC), USA
 - ✓ *International Benchmarking: A Global Perspective of Workplace Drug and Alcohol Testing (NRC/PNNL), 2023 [106]*
 - ❖ dokument/opracowanie eksperckie o zasięgu międzynarodowym, stanowi międzynarodową analizę najlepszych praktyk w zakresie testowania obecności substancji psychoaktywnych w środowisku pracy;
 - ❖ wyniki prac badawczych przedstawionych w publikacji [H10] zostały wykorzystane jako empiryczny punkt odniesienia w kontekście monitorowania problemu narkomani za pomocą narzędzi analitycznych, wyniki badań miały znaczenie aplikacyjne w procesie formułowania rekomendacji strategicznych.

Publikacje [H1-H10] ukierunkowane były na identyfikację, ilościowe oznaczenie ksenobiotyków organicznych o udokumentowanej toksyczności oraz potencjale kancerogennym w złożonych matrycach wodnych. Prace badawcze obejmowały również ocenę ryzyka ekotoksykologicznego oraz potencjalnych konsekwencji zdrowotnych związanych z emisją kancerogennych ksenobiotyków w wyniku działalności antropogenicznej. Badania ksenobiotyków o charakterze kancerogennym oraz ich rozpowszechnienia w próbkach środowiskowych nawet na terenach chronionych o minimalnej presji antropogenicznej, stanowi

podstawę do sformułowania pytania badawczego o istniejące możliwości przeciwdziałania skutkom kancerogennego oddziaływania na organizmy. W obliczu rosnącej zachorowalności na nowotwory i coraz większej potrzeby poszukiwania skutecznych strategii chemoprewencji, rozszerzenie programu badawczego o analizę związków o potencjale przeciwnowotworowym stanowiło etap pogłębiania wyznaczonego kierunku badań. Program badawczy został rozszerzony o opracowanie i walidację innowacyjnej metodyki analitycznej opartej na zastosowaniu HPLC-MS/MS do oznaczania wybranych związków o potencjale chemoprewencyjnym, a mianowicie metylowych analogów resweratrolu (DMU-212 oraz jego metabolitów DMU-214, DMU-281, DMU-291) w liniach komórkowych raka jajnika SKOV-3, A-2780 oraz nienowotworowej linii komórkowej HOSE [H11, H12]. Wspólnym mianownikiem przeprowadzonych prac badawczych w zakresie oznaczania ksenobiotyków o udokumentowanym działaniu kancerogennym, jak i w przypadku ksenobiotyków o potencjale przeciwnowotworowym pozostaje rozwój i zastosowanie zaawansowanych technik analitycznych badań ksenobiotyków organicznych w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej z wykorzystaniem technik chromatograficznych sprzężonych ze spektrometrią mas. W ramach przedstawianego osiągnięcia naukowego konsekwentne rozwijanie kompetencji w zakresie ilościowych badań ksenobiotyków organicznych na śladowych poziomach stężeń, pozwoliło na zrealizowanie badań, w rezultacie których zaprojektowano, zoptymalizowano oraz poddano walidacji metodykę oznaczania metylowych analogów resweratrolu (DMU-212, DMU-214, DMU-281, DMU-291) w liniach komórkowych raka jajnika SKOV-3, A-2780 oraz nienowotworowej linii komórkowej HOSE. Kluczowym zadaniem w powyższym programie badawczym było przeprowadzanie procesu walidacji procedury analitycznej, aby zapewnić odpowiedni poziom kontroli i jakości otrzymanych wyników pomiarowych. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że opracowana metodyka stanowiąca narzędzie do ilościowej analizy ksenobiotyków z grupy metylowych analogów resweratrolu w liniach komórkowych raka jajnika charakteryzuje się dobrą selektywnością, dokładnością, precyzją oraz niskimi wartościami liczbowymi granic wykrywalności i oznaczalności. Opracowane narzędzie oparte na wykorzystaniu nowoczesnych technik analitycznych charakteryzuje się nowością w zakresie oznaczania związków o potencjale przeciwnowotworowym (DMU-212, DMU-214, DMU-281, DMU-291) w złożonej białkowo-lipidowej matrycy o dominującej fazie wodnej. Szczegółową analizę uzyskanych wyników oraz ich dyskusję zamieszczono w pracach [H11, H12]. Tego typu badania pozwalają na rozszerzenie problematyki badawczej o ocenę potencjalnego oddziaływania ksenobiotyków o potencjale chemoprewencyjnym w złożonych matrycach pochodzenia komórkowego, których analiza

odbywa się w układzie o dominującej fazie wodnej. Przeprowadzane powyżej prace badawcze stanowią istotne uzupełnienie prowadzonych badań środowiskowych. Wyniki uzyskane w ramach przeprowadzonych prac badawczych wypełniają luki poznawcze w zakresie dostępnych metodyk analitycznych jako wiarygodnych narzędzi do oznaczania ksenobiotyków o potencjale chemoprewencyjnym w próbkach pochodzenia biotycznego. Zrealizowane powyżej prace badawcze stanowią konsekwentne rozszerzenie spójnego programu naukowego, ukierunkowanego na rozwijanie metodyk analitycznych opartych na zastosowaniu zaawansowanych technik chromatograficznych sprzężonych ze spektrometrią mas do oznaczania ksenobiotyków organicznych o istotnym znaczeniu środowiskowym w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej.

Należy podkreślić, że powyższe opracowanie stanowi jedynie zwięzłe podsumowanie i opis osiągnięcia naukowego, na które składa się tematycznie powiązany cykl dwunastu publikacji naukowych [H1-H12] oraz monografii naukowej [HM]. Szczegółowe informacje dotyczące opracowania i walidacji metodyk analitycznych oznaczania ksenobiotyków organicznych w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej jako narzędzi do monitorowania, kontroli oraz oceny ryzyka ekotoksykologicznego zostały przedstawione w załączonych kopiach publikacji, zawartych w Załączniku nr 5.

4.4.5. Podsumowanie – najważniejsze osiągnięcia

Podjęcie się tematyki badawczej dotyczącej analityki ksenobiotyków organicznych pochodzących z różnego typu źródeł antropogenicznych jest odpowiedzią na poważne globalne problemy w zakresie jakości środowiska przyrodniczego oraz ochrony zdrowia określonych w celach Agendy Zrównoważonego Rozwoju ONZ do roku 2030, Polityce ekologicznej państwa 2030 i Strategii Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku. Pomimo intensywnego postępu w rozwoju badań w ostatnich latach, aktualnie istotnym problemem badawczym jest brak odpowiednich metodyk analitycznych, które umożliwiłyby uzyskanie wiarygodnych informacji o poziomie stężeń ksenobiotyków organicznych o istotnym znaczeniu środowiskowym i zdrowotnym w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej pochodzenia abiotycznego i biotycznego. Realizacja konsekwentnie pogłębianego i rozbudowywanego oryginalnego programu badawczego w zakresie rozwoju metodyk analitycznych, opartych na zastosowaniu zaawansowanych technik chromatograficznych sprzężonych ze spektrometrią mas do oznaczania ksenobiotyków organicznych w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej,

jako narzędzi do monitorowania, kontroli oraz oceny ryzyka ekotoksykologicznego, pozwala na przedstawienie osiągnięcia naukowego, na które składa się spójny oraz tematycznie powiązany cykl dwunastu artykułów naukowych [H1-H12] oraz monografii naukowej [HM].

Za najważniejsze osiągnięcia naukowe w rezultacie przeprowadzonych przeze mnie prac badawczych uważam:

- zaprojektowanie, opracowanie i poddanie procesowi walidacji nowej metodyki analitycznej HS-SPME-GC/MS, jako innowacyjnego narzędzia do monitorowania i kontroli mikrozanieczyszczeń z grupy glikoli w próbkach wód spływnych z terenu portów lotniczych [H1];
- zaprojektowanie, opracowanie i poddanie procesowi walidacji nowej metodyki analitycznej HS-SPME- GC × GC-TOF-MS, jako innowacyjnego narzędzia do monitorowania i kontroli mikrozanieczyszczeń z grupy WWA w próbkach wód spływnych z terenu portów lotniczych [H2];
- zaprojektowanie, zoptymalizowanie i poddanie procesowi walidacji metodyki analitycznej LLE-GC/MS, jako narzędzia do monitorowania i kontroli mikrozanieczyszczeń z grupy WWA w próbkach wód spływnych z terenu portów lotniczych [H3];
- zaprojektowanie, opracowanie i poddanie procesowi walidacji nowej metodyki analitycznej HS-SPME- GC × GC-TOF-MS, jako innowacyjnego narzędzia do monitorowania i kontroli mikrozanieczyszczeń z grupy benzotriazoli w próbkach wód spływnych z terenu portów lotniczych [H4];
- zastosowanie zwalidowanych procedur analitycznych (opartych na wykorzystaniu nowoczesnych technik analitycznych) jako skutecznych narzędzi do oznaczania nowo pojawiających się mikrozanieczyszczeń w próbach rzeczywistych pochodzących z terenu międzynarodowych portów lotniczych funkcjonujących w kraju oraz zagranicą:
 - ✓ Portu Lotniczego im. F. Chopina w Warszawie;
 - ✓ Portu Lotniczego im L. Wałęsy w Gdańsku;
 - ✓ Portu Lotniczego im. I. Paderewskiego w Bydgoszczy;
 - ✓ Portu Lotniczego Gatwick w Londynie;
- opracowanie zintegrowanego analityczno-ekotoksykologicznego protokołu kompleksowej oceny niedostatecznie przebadanych próbek środowiskowych, jakimi są wody spływne z portów lotniczych;

- zastosowanie nowych zaawansowanych technik analitycznych, w tym zielonych technik analitycznych oraz biotestów jako narzędzi do kontroli jakości w zintegrowanej strategii monitorowania obiektów infrastruktury krytycznej, pozwoliło na wzmocnienie interpretacyjnej roli chemii analitycznej w badaniach środowiskowych oraz zdrowotnych, co w dalszej kolejności może stanowić podstawę do rozwiązania takich problemów, jak:
 - ✓ identyfikacja skali problemu zanieczyszczenia środowiska w wyniku działalności dynamicznie rozwijającego się sektora transportu lotniczego;
 - ✓ określenie skali toksyczności wód spływnych z terenu portów lotniczych;
 - ✓ ocena ryzyka oraz oszacowanie odległych skutków ekspozycji organizmu na czynniki toksyczne znajdujące się w wodach spływnych lotnisk (mutageny, kancerogeny, związki wykazujące właściwości embriotoksyczne, teratogenne) [HM, H5];
- przeprowadzenie oceny potencjału toksycznego oraz oceny ryzyka ekotoksykologicznego wód spływnych pochodzących z terenów wyżej wymienionych czterech międzynarodowych portów lotniczych charakteryzujących się bardzo wysoką, wysoką, średnią i niską przepustowością lotniska:
 - ✓ wykazanie, że większość (~70%) badanych miejsc z terenu portów lotniczych charakteryzowało się wysokim poziomem ryzyka ekotoksykologicznego (RQ, z ang. risk quotient ≥ 1) [H4];
 - ✓ wykazanie, że próbki wód spływnych pobieranych z miejsc odladania samolotów oraz platform portów lotniczych, pasów startowych, okolicach terminali pasażerskich oraz miejsc postojowych charakteryzowały się najwyższym możliwym poziomem toksyczności wobec organizmów żywych [H6];
- zaimplementowanie wyników prowadzonych przez mnie wieloletnich badań w zakresie wód spływnych z terenu portów lotniczych jako źródło dowodów naukowych, eksperckich opinii i wsparcia procesu decyzyjnego, w procesie formułowania rekomendacji strategicznych w dokumentach międzynarodowych o charakterze regulacyjnym, normatywnym oraz kryterialno-wytycznych środowiskowych przez instytucje regulacyjne oraz rządowe:
 - ✓ United States Environmental Protection Agency (USA);
 - ✓ Federal Ministry for The Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection, German Environment Agency, Blauer Engel, Germany;
 - ✓ Minnesota Department of Transportation, Office of Research & Innovation, USA;
 - ✓ Public Health – Seattle & King County, USA;
 - ✓ Department for Transport, United Kingdom;

- ✓ City of Toronto Government Administration, Partnership with Toronto Public Health, Canada;
- ✓ Airports Commission, United Kingdom;
- wykazanie, że opracowana i poddana procesowi walidacji procedura oparta na minimalnym przygotowaniu próbek do analizy oraz zastosowaniu zestawu pomiarowego UHPLC-MS/MS, znajduje zastosowanie jako narzędzie oceny zanieczyszczenia glifosatem próbek wodnych w obrębie terenów rolniczych, miejskich, turystycznych, jak również chronionych;
- zastosowanie opracowanej strategii analitycznej w badaniach związków z grupy WWA oraz pestycydów chloroorganicznych transportowanych na duże odległości, w próbkach o dominującej fazie wodnej z obszarów referencyjnych o minimalnej presji lokalnej, a mianowicie obszarów polarnych [H8, H9];
- zaprojektowanie, zoptymalizowanie i poddanie procesowi walidacji metodyki analitycznej SPE/HPLC-MS/MS, jako narzędzia do oznaczania mikrozanieczyszczeń należących do grupy środków odurzających w ściekach miejskich:
 - ✓ dokonanie oceny stabilności analitów w różnych warunkach przechowywania, zwłaszcza jeśli chodzi o wyznaczenie stabilności w cyklach zamrażania–rozmrężania, jak i stabilności po przygotowaniu próbki do analizy;
 - ✓ po raz pierwszy w Polsce wykrycie i monitorowanie nowych substancji psychoaktywne (mefedronu oraz ketaminy), jak również głównego metabolitu heroiny oraz marihuany;
 - ✓ potwierdzenie na polskim rynku narkotykowym obecności zarówno nowych substancji psychoaktywnych, jak i tradycyjnie zażywanych substancji odurzających;
 - ✓ potwierdzenie danych zawartych w raporcie Europejskiego Centrum Monitorowania Narkotyków i Narkomanii oraz EUROPOLu z 2019 r., wskazujących na ekspansję rynku kokainy we Wschodniej Europie oraz szeroką skalę dystrybucji amfetaminy w Polsce [H10];
- zaimplementowanie wyników prowadzonych przez mnie badań w zakresie oznaczania substancji odurzających w ściekach miejskich [H10] jako źródło dowodów naukowych, eksperckich opinii i wsparcia procesu decyzyjnego w procesie formułowania rekomendacji strategicznych w dokumentach międzynarodowych o charakterze regulacyjnym, normatywnym oraz kryterialno-wytocznych środowiskowych przez instytucje regulacyjne oraz rządowe:
 - ✓ Joint Research Centre (European Commission) – European Union;
 - ✓ U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), USA;

- opracowanie, zoptymalizowanie i poddanie walidacji nowej metodyki analitycznej opartej na wykorzystaniu zestawu pomiarowego HPLC-MS/MS, jako innowacyjnego narzędzia do oznaczania związków o potencjale chemoprewencyjnym (DMU-212, DMU-214, DMU-281, DMU-291) w złożonej matrycy pochodzenia komórkowego o dominującej fazie wodnej [H11, H12];
- rozszerzenie zakresu aplikacyjnego technik chromatograficznych sprzężonych z spektrometrią mas do analizy ksenobiotyków o istotnym znaczeniu środowiskowym w zróżnicowanych, złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej pochodzenia zarówno biotycznego jak i abiotycznego [H1, H2, H3, H4, H5, H7, H8, H9, H10, H11, H12, HM].

W wymiarze poznawczym wyniki uzyskane w rezultacie zrealizowanego programu badawczego przyczyniają się do pogłębienia wiedzy w zakresie uzyskania wiarygodnych informacji o poziomie stężeń nowych mikrozanieczyszczeń antropogenicznych, ich przemian, jak również transportu ksenobiotyków o udokumentowanym potencjale kancerogennym oraz toksycznym w środowisku, uwzględniając również obszary o charakterze referencyjnym. Dzięki opracowaniu metodyk analitycznych opartych na zastosowaniu zaawansowanych technik chromatograficznych sprzężonych ze spektrometrią mas do oznaczania ksenobiotyków organicznych o istotnym znaczeniu środowiskowym w złożonych matrycach o dominującej fazie wodnej, możliwe jest:

- opracowanie i uzupełnienie baz danych międzynarodowych systemów informacji środowiskowej stanowiących podstawę racjonalnego zarządzania środowiskowego zgodnie z celami Agencji Zrównoważonego Rozwoju ONZ do roku 2030;
- przeprowadzenie szybkiej oceny ryzyka ekologicznego związanego ze strumieniem ścieków lotniskowych, rolniczych oraz ścieków miejskich (na skutek zanieczyszczeń generowanych poprzez działalność rolniczą, eksploatację portów lotniczych, produkcję narkotyków w nielegalnych laboratoriach oraz w efekcie wydalania narkotyków do ścieków przez społeczność zażywającą narkotyki);
- wdrożenie systemu monitoringu oraz kontroli rolniczych, lotniskowych wód spływnych oraz ścieków miejskich umożliwiającego w dalszej kolejności:
 - ✓ wyjaśnienie i oszacowanie zależności przyczynowo- skutkowej odległych efektów oddziaływania nowych mikrozanieczyszczeń antropogenicznych;
 - ✓ uwzględnienie nowego podejścia w procesie zarządzania infrastrukturą portów lotniczych oraz przedsiębiorstw rolniczych w aspekcie ich oddziaływania na środowisko, uwzględniające:

- ❖ propozycje sposobów zmniejszania stopnia obciążenia ścieków przez ksenobiotyki należące do różnych grup związków chemicznych;
 - ❖ propozycję zakazu stosowania pestycydów w strefach wrażliwych ekologicznie, w odniesieniu do aktualnych debat politycznych toczących się w Unii Europejskiej w ramach planowanego rozporządzenia w sprawie zrównoważonego stosowania pestycydów (*Sustainable Use Regulation for Plant Protection Products*);
 - ❖ propozycje stosowania proekologicznych środków ochrony roślin;
 - ❖ propozycje innowacyjnych technologii oczyszczania ścieków rolniczych, lotniskowych oraz recykulacji odpadów;
 - ❖ propozycje stosowania proekologicznych substancji odladzających/chroniących przed ponownym oblodzeniem;
 - ❖ propozycje technologii wprowadzania ścieków lotniskowych, rolniczych do sieci kanalizacyjnych;
- poszerzenie zakresu wiedzy w zakresie stosowanych substancji odurzających, w tym nowych substancji psychoaktywnych;
 - rozszerzenie ściekowej bazy epidemiologicznej;
 - poszerzenie stanu wiedzy w zakresie intensywności zmian zażywania narkotyków w zależności od dni tygodnia oraz trendów w skali roku;
 - oszacowanie dziennego zażywania poszczególnych substancji odurzających w społecznościach, biorąc pod uwagę zarówno poszczególne miasta, państwa jak i kontynenty;
 - identyfikowanie źródeł emisji związanych z produkcją nielegalnych środków odurzających oraz rodzaju zażywanych narkotyków w czasie rzeczywistym, co w rezultacie może przyczynić się do zwiększenia skuteczności w zakresie polityki antynarkotykowej;
 - powiązanie oznaczonego stężenia ksenobiotyku o potencjale chemoprewencyjnym z obserwowaną aktywnością przeciwnowotworową oraz wsparcie dalszych badań farmakokinetycznych oraz przedklinicznych w zakresie terapii oraz sposobów leczenia chorób nowotworowych.

Przedstawione osiągnięcie naukowe potwierdza, że nowoczesna chemia analityczna stanowi kluczową rolę w ocenie presji antropogenicznej, identyfikacji różnego rodzaju zagrożeń środowiskowych oraz śledzenia losu środowiskowego ksenobiotyków kancerogennych i toksycznych, jak również ksenobiotyków o potencjale terapeutycznym.

LITERATURA

1. Rusiňáková, K.; Brenkus, M.; Návojková, V.K.; Kirchner, M.; Hrouzková, S. *Present Trends in Analytical Methods for Determination of Multi-Groups Environmental Contaminants Polyaromatic Hydrocarbons, Phthalates, Alkylphenol Ethoxylates, Alkylphenols, and Butylated Hydroxytoluene in River Sediments*; 2024; Vol. 235; ISBN 0123456789.
2. Sulej, A.M.; Polkowska, Z.; Namieśnik, J. Pollutants in Airport Runoff Waters. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2012, *42*, 1691–1734.
3. Sulej, A.M.; Polkowska, Z.; Namieśnik, J. Analysis of Airport Runoff Waters. *Crit. Rev. Anal. Chem.* 2011, *41*, 190–213.
4. Anagnostopoulou, K.; Alampanos, V.; Evgenidou, E.; Lambropoulou, D.A. Liquid Chromatography-High Resolution Mass Spectrometry Based Analysis of Persistent Mobile Organic Compounds in Aqueous Samples: Method Development and Optimization. *Green Analytical Chemistry* **2025**, *12*, doi:10.1016/j.greeac.2025.100214.
5. Fared, Y.; Braun, D.; Flasch, M.; Globisch, D.; Warth, B. A Broad, Exposome-Type Evaluation of Xenobiotic Phase II Biotransformation in Human Biofluids by LC-MS/MS. *Exposome* **2022**, *2*, doi:10.1093/exposome/osac008.
6. Zhu, X.; Tang, X.; Ng, C.; Li, L.; Lai, Y.; Miller, G.W.; Jiang, C.; Barchowsky, A.; Buchanich, J.; Gao, P. Biomonitoring Xenobiotics in Human Biospecimens: Challenges, Advances, and the Future of Exposome Characterization. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* **2025**, *263*, doi:10.1007/s44169-025-00088-2.
7. Ekelund, N.G.A.; Häder, D.P. Environmental Monitoring Using Bioassays. *Bioassays: Advanced Methods and Applications* **2017**, 419–437, doi:10.1016/B978-0-12-811861-0.00021-8.
8. Włodarczyk-Makula, M. Selected Organic Micropollutants in the Aquatic Environment. *Desalination Water Treat.* **2024**, *317*, doi:10.1016/j.dwt.2024.100061.
9. Miksch, K.; Felis, E.; Kalka, J.; Sochacki, A.; Borjaniec, W. Micropollutants in the Environment : Occurrence , Interactions and Elimination. **2016**.
10. Nishmitha, P.S.; Akhilghosh, K.A.; Aiswriya, V.P.; Ramesh, A.; Muthuchamy, M.; Muthukumar, A. Understanding Emerging Contaminants in Water and Wastewater: A Comprehensive Review on Detection, Impacts, and Solutions. *Journal of Hazardous Materials Advances* **2025**, *18*, doi:10.1016/j.hazadv.2025.100755.

11. Jak, S.; Jacek, R. Occurrence of Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Water Environment of Poland : A Review. **2021**.
12. Anna Białk-Bielińska; Magda Caban *Leki w Środowisku – Zagrożenia i Wyzwania*; 2024;
13. Kruć-Fijałkowska, R.; Drożdżyński, D.; Matusiak, M. Occurrence and Temporal Changes of Pharmaceuticals in the Warta River in Poland during and after the COVID-19 Pandemic. **2025**, 1–16.
14. Pal, S.; Mohammed, S. Unraveling the Role of Heavy Metals Xenobiotics in Cancer : A Critical Review. *Discover Oncology* **2024**, doi:10.1007/s12672-024-01417-y.
15. Liu, Z.; Gan, Y.; Luo, J.; Luo, X.; Ding, C.; Cui, Y. Current Status of Emerging Contaminant Models and Their Applications Concerning the Aquatic Environment: A Review. *Water (Switzerland)* **2025**, *17*, doi:10.3390/w17010085.
16. Liu, Z.; Gan, Y.; Luo, J.; Luo, X.; Ding, C.; Cui, Y. Current Status of Emerging Contaminant Models and Their Applications Concerning the Aquatic Environment: A Review. *Water (Switzerland)* **2025**, *17*, doi:10.3390/w17010085.
17. Gomes, I.B.; Simões, L.C.; Simões, M. The Effects of Emerging Environmental Contaminants on *Stenotrophomonas Maltophilia* Isolated from Drinking Water in Planktonic and Sessile States. *Science of the Total Environment* **2018**, *643*, 1348–1356, doi:10.1016/j.scitotenv.2018.06.263.
18. Ramadan, L.; Ozturk-Ufuk, I.; Yuksel, E.; Topuz, E. Development of LC–MS/MS Method for the Simultaneous Detection of Emerging Contaminants in Aquatic Matrices. *Water Air Soil Pollut.* **2024**, *235*, 1–19, doi:10.1007/s11270-024-07342-8.
19. Makala, A.; Uwimpaye, F.; Dymaczewski, Z.; Jeż-walkowiak, J. Influence of Artificial Infiltration on the Removal of Surfactants from Surface Waters. **2023**, *315*, 190–204, doi:10.5004/dwt.2023.30126.
20. Baimei Tan, Lei Guo, Da Yin, Tengda Ma, Shihao Zhang, C.W. 18- Environmentally Sustainable Corrosion Inhibitors Used for Electronics Industry. *Environmentally Sustainable Corrosion Inhibitors* **2022**, 359–381, doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85405-4.00007-0.
21. Olds, H.T.; Corsi, S.R.; Rutter, T.D. Benzotriazole Concentrations in Airport Runoff Are Reduced Following Changes in Airport Deicer Formulations. *Integr. Environ. Assess. Manag.* **2022**, *18*, 245–257, doi:10.1002/ieam.4468.
22. Cantwell, M.G.; Sullivan, J.C.; Burgess, R.M. *Benzotriazoles: History, Environmental Distribution, and Potential Ecological Effects*; Elsevier, 2015; Vol. 67; ISBN 9780444632999.

23. Nishmitha, P.S.; Akhilghosh, K.A.; Aiswriya, V.P.; Ramesh, A.; Muthuchamy, M.; Muthukumar, A. Understanding Emerging Contaminants in Water and Wastewater: A Comprehensive Review on Detection, Impacts, and Solutions. *Journal of Hazardous Materials Advances* **2025**, *18*, doi:10.1016/j.hazadv.2025.100755.
24. Fontes, M.K.; Maranhão, L.A.; Pereira, C.D.S. Review on the Occurrence and Biological Effects of Illicit Drugs in Aquatic Ecosystems. *Environmental Science and Pollution Research* **2020**, *27*, doi:10.1007/s11356-020-08375-2.
25. Pérez-Pereira, A.; Carrola, J.S.; Tiritan, M.E.; Ribeiro, C. Enantioselectivity in Ecotoxicity of Pharmaceuticals, Illicit Drugs, and Industrial Persistent Pollutants in Aquatic and Terrestrial Environments: A Review. *Science of the Total Environment* **2024**, *912*.
26. Rajput, S.K.; Bhardwaj, R.; Madan, S.; Singh, R. Ethylene Glycol: Industrial Application and Risk Assessment. In *Hazardous Chemicals: Overview, Toxicological Profile, Challenges, and Future Perspectives*; 2024.
27. Janarthanam, V.A.; Issac, P.K.; Guru, A.; Arockiaraj, J. Hazards of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: A Review on Occurrence, Detection, and Role of Green Nanomaterials on the Removal of PAH from the Water Environment. *Environ. Monit. Assess.* **2023**, *195*.
28. Olds, H.T.; Corsi, S.R.; Rutter, T.D. Benzotriazole Concentrations in Airport Runoff Are Reduced Following Changes in Airport Deicer Formulations. *Integr. Environ. Assess. Manag.* **2022**, *18*, 245–257, doi:10.1002/ieam.4468.
29. Cantwell, M.G.; Sullivan, J.C.; Burgess, R.M. Benzotriazoles: History, Environmental Distribution, and Potential Ecological Effects. *Comprehensive Analytical Chemistry* **2015**, *67*, 513–545, doi:10.1016/B978-0-444-63299-9.00016-8.
30. Tan, B.; Guo, L.; Da Yin; Ma, T.; Zhang, S.; Wang, C. Environmentally Sustainable Corrosion Inhibitors Used for Electronics Industry. *Environmentally Sustainable Corrosion Inhibitors: Fundamentals and Industrial Applications* **2022**, 359–381, doi:10.1016/B978-0-323-85405-4.00007-0.
31. Kotowska, U.; Struk-Sokołowska, J.; Piekutin, J. Simultaneous Determination of Low Molecule Benzotriazoles and Benzotriazole UV Stabilizers in Wastewater by Ultrasound-Assisted Emulsification Microextraction Followed by GC-MS Detection. *Sci. Rep.* **2021**, *11*, doi:10.1038/s41598-021-89529-1.
32. Mordor Intelligence Ethylene Glycol Market Size & Share Analysis.
33. Masci, M.; Caproni, R.; Nevigato, T. Chromatographic Methods for the Determination of Glyphosate in Cereals Together with a Discussion of Its Occurrence, Accumulation, Fate, Degradation, and Regulatory Status. *Methods Protoc.* **2024**, *7*, doi:10.3390/MPS7030038.

34. Leyva-Soto, L.A.; Balderrama-Carmona, A.P.; Moran-Palacio, E.F.; Diaz-Tenorio, L.M.; Gortares-Moroyoqui, P. Glyphosate and Aminomethylphosphonic Acid in Population of Agricultural Fields: Health Risk Assessment Overview. *Appl. Ecol. Environ. Res.* **2018**, *16*, 5127–5140, doi:10.15666/aeer/1604_51275140.
35. Maggi, F.; Tang, F.H.M.; la Cecilia, D.; McBratney, A. PEST-CHEMGRIDS, Global Gridded Maps of the Top 20 Crop-Specific Pesticide Application Rates from 2015 to 2025. *Scientific Data 2019 6:1* **2019**, *6*, 170–, doi:10.1038/s41597-019-0169-4.
36. Zhang, Y.; Guo, C.; Wu, R.; Hou, S.; Liu, Y.; Zhao, J.; Jiang, M.; Xu, J.; Wu, F. Global Occurrence, Distribution, and Ecological Risk Assessment of Psychopharmaceuticals and Illicit Drugs in Surface Water Environment: A Meta-Analysis. *Water Res.* **2024**, *263*, 122165, doi:10.1016/J.WATRES.2024.122165.
37. Busse, A. Update From Who on Public Health Responses to Psychoactive Substance Use. *Emerging Trends in Drugs, Addictions, and Health* **2025**, *5*, 100203, doi:10.1016/J.ETDAH.2025.100203.
38. Europol; European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction *EU Drug Markets Report*; 2019;
39. Europejskie Centrum Monitorowania Narkotyków i Narkomanii *Europejski Raport Narkotykowy, Najważniejsze Kwestie.*; Luxemburg, 2020;
40. Horký, P.; Grabic, R.; Grabicová, K.; Brooks, B.W.; Douđa, K.; Slavík, O.; Hubená, P.; Santos, E.M.S.; Randák, T. Methamphetamine Pollution Elicits Addiction in Wild Fish. *J. Exp. Biol.* **2021**, *224*, doi:10.1242/jeb.242145.
41. Tarazona, J. V.; Court-Marques, D.; Tiramani, M.; Reich, H.; Pfeil, R.; Istace, F.; Crivellente, F. Glyphosate Toxicity and Carcinogenicity: A Review of the Scientific Basis of the European Union Assessment and Its Differences with IARC. *Archives of Toxicology 2017 91:8* **2017**, *91*, 2723–2743, doi:10.1007/S00204-017-1962-5.
42. Sulej-Suchomska, A.M.; Polkowska, Z.; Kokot, Z.J.; de la Guardia, M.; Namieśnik, J. Determination of Antifreeze Substances in the Airport Runoff Waters by Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry Method. *Microchemical Journal* **2016**, *126*, 466–473, doi:10.1016/j.microc.2016.01.003.
43. Sulej, A.M.; Polkowska, Z.; Astel, A.; Namieśnik, J. Analytical Procedures for the Determination of Fuel Combustion Products, Anti-Corrosive Compounds, and de-Icing Compounds in Airport Runoff Water Samples. *Talanta* **2013**, *117*, 158–167, doi:10.1016/j.talanta.2013.07.045.

44. Liu, L.; Xiao, Q.; Chen, A.; Zeng, S.; Gao, J.; Liu, L.; Xiao, Q.; Chen, A.; Gao, J.; Zeng, S. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Seafoods: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Health Risk Assessment. *Environmental Geochemistry and Health* 2025 48:2 **2025**, 48, 55-, doi:10.1007/S10653-025-02943-6.
45. Liao, C.; Kim, U.J.; Kannan, K. A Review of Environmental Occurrence, Fate, Exposure, and Toxicity of Benzothiazoles. *Environ. Sci. Technol.* **2018**, 52, 5007–5026, doi:10.1021/ACS.EST.7B05493.
46. Wołowicz, A.; Munir, H.M.S. Emerging Organic Micropollutants as Serious Environmental Problem: A Comprehensive Review. *Science of the Total Environment* 2025, 958.
47. Ren, J.; Yan, G.; Yang, L.; Kong, L.; Guan, Y.; Sun, H.; Liu, C.; Liu, L.; Han, Y.; Wang, X. Cancer Chemoprevention: Signaling Pathways and Strategic Approaches. *Signal Transduct. Target. Ther.* **2025**, 10, doi:10.1038/S41392-025-02167-1.
48. Bray, F.; Laversanne, M.; Sung, H.; Ferlay, J.; Siegel, R.L.; Soerjomataram, I.; Jemal, A. Global Cancer Statistics 2022: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J. Clin.* **2024**, 74, 229–263, doi:10.3322/CAAC.21834.
49. Islami, F.; Ann, ; Sauer, G.; Miller, K.D.; Siegel, R.L.; Fedewa, S.A.; Jacobs, E.J.; Mccullough, M.L.; Alpa, ; Patel, V.; et al. Proportion and Number of Cancer Cases and Deaths Attributable to Potentially Modifiable Risk Factors in the United States. *CA Cancer J. Clin.* **2018**, 68, 31–54, doi:10.3322/caac.21440.
50. Bray, F.; Ferlay, J.; Soerjomataram, I.; Siegel, R.L.; Torre, L.A.; Jemal, A. Global Cancer Statistics 2018: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J. Clin.* **2018**, 68, 394–424, doi:10.3322/caac.21492.
51. Mohan Shankar, G.; Swetha, M.; Keerthana, C.K.; Rayginia, T.P.; Anto, R.J. Cancer Chemoprevention: A Strategic Approach Using Phytochemicals. *Front. Pharmacol.* **2022**, 12, 809308, doi:10.3389/fphar.2021.809308.
52. Rothwell, P.M.; Cook, N.R.; Gaziano, J.M.; Price, J.F.; Belch, J.F.F.; Roncaglioni, M.C.; Morimoto, T.; Mehta, Z. Effects of Aspirin on Risks of Vascular Events and Cancer According to Bodyweight and Dose: Analysis of Individual Patient Data from Randomised Trials. *The Lancet* **2018**, 392, 387–399, doi:10.1016/S0140-6736(18)31133-4.

53. Elwood, P.; Protty, M.; Morgan, G.; Pickering, J.; Delon, C.; Watkins, J. Aspirin and Cancer: Biological Mechanisms and Clinical Outcomes. *Open Biol.* **2022**, *12*, 220124, doi:10.1098/rsob.220124.
54. Aasen, T.; Mesnil, M.; Naus, C.C.; Lampe, P.D.; Laird, D.W. Gap Junctions and Cancer: Communicating for 50 Years. *Nature Reviews Cancer* *2016 16:12* **2016**, *16*, 775–788, doi:10.1038/nrc.2016.105.
55. Sale, S.; Tunstall, R.G.; Ruparelia, K.C.; Potter, G.A.; Steward, W.P.; Gescher, A.J. Comparison of the Effects of the Chemopreventive Agent Resveratrol and Its Synthetic Analog Trans 3,4,5,4'-Tetramethoxystilbene (DMU-212) on Adenoma Development in the Apc(Min+) Mouse and Cyclooxygenase-2 in Human-Derived Colon Cancer Cells. *Int. J. Cancer* **2005**, *115*, 194–201, doi:10.1002/ijc.20884.
56. Sale, S.; Verschoyle, R.D.; Boocock, D.; Jones, D.J.L.; Wilsher, N.; Ruparelia, K.C.; Potter, G.A.; Farmer, P.B.; Steward, W.P.; Gescher, A.J. Pharmacokinetics in Mice and Growth-Inhibitory Properties of the Putative Cancer Chemopreventive Agent Resveratrol and the Synthetic Analogue Trans 3,4,5,4'-Tetramethoxystilbene. *Br. J. Cancer* **2004**, *90*, 736–744, doi:10.1038/sj.bjc.6601568.
57. Patel, K.R.; Brown, V.A.; Jones, D.J.L.; Britton, R.G.; Hemingway, D.; Miller, A.S.; West, K.P.; Booth, T.D.; Perloff, M.; Crowell, J.A.; et al. Clinical Pharmacology of Resveratrol and Its Metabolites in Colorectal Cancer Patients. *Cancer Res.* **2010**, *70*, 7392–7399, doi:10.1158/0008-5472.CAN-10-2027.
58. Yang, X.; Li, X.; Ren, J. From French Paradox to Cancer Treatment: Anti-Cancer Activities and Mechanisms of Resveratrol. *Anticancer Agents Med. Chem.* **2014**, *14*, doi:10.2174/1871520614666140521121722.
59. Androutsopoulos, V.P.; Ruparelia, K.C.; Papakyriakou, A.; Filippakis, H.; Tsatsakis, A.M.; Spandidos, D.A. Anticancer Effects of the Metabolic Products of the Resveratrol Analogue, DMU-212: Structural Requirements for Potency. *Eur. J. Med. Chem.* **2011**, *46*, 2586–2595, doi:10.1016/j.ejmech.2011.03.049.
60. Lin, H.S.; Spatafora, C.; Tringali, C.; Ho, P.C. Determination of Trans-2,4,3',4',5'-Pentamethoxystilbene in Rat Plasma and Its Application to a Pharmacokinetic Study. *J. Pharm. Biomed. Anal.* **2012**, *57*, 94–98, doi:10.1016/j.jpba.2011.08.020.
61. Landrigan, P.J.; Fuller, R.; Acosta, N.J.R.; Adeyi, O.; Arnold, R.; Basu, N. (Nil); Baldé, A.B.; Bertollini, R.; Bose-O'Reilly, S.; Boufford, J.I.; et al. The Lancet Commission on Pollution and Health. *The Lancet* **2018**, *391*, 462–512, doi:10.1016/S0140-6736(17)32345-0.

62. Raposo, F.; Barceló, D. Challenges and Strategies of Matrix Effects Using Chromatography-Mass Spectrometry: An Overview from Research versus Regulatory Viewpoints. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* 2021, 134.
63. Williams, M.L.; Olomukoro, A.A.; Emmons, R. V.; Godage, N.H.; Gionfriddo, E. Matrix Effects Demystified: Strategies for Resolving Challenges in Analytical Separations of Complex Samples. *J. Sep. Sci.* **2023**, 46, 2300571.
64. Anurag, H.; Ng, G.H.C. Assessing Future Climate Change Impacts on Groundwater Recharge in Minnesota. *J. Hydrol. (Amst)*. **2022**, 612, 128112, doi:10.1016/j.jhydrol.2022.128112.
65. Zhang, Y.; Zhao, W.; Chen, X.; Jun, C.; Hao, J.; Tang, X.; Zhai, J. Assessment on the Effectiveness of Urban Stormwater Management. *Water* 2021, Vol. 13, **2020**, 13, doi:10.3390/w13010004.
66. Barszcz, M.P. Application of Dynamic and Conceptual Models for Simulating Flow Hydrographs in an Urbanized Catchment under Conditions of Controlled Outflow from Stormwater Tanks. *Journal of Water and Climate Change* **2021**, 12, 3899–3914, doi:10.2166/wcc.2021.211.
67. Pistocchi, A. A Preliminary Pan-European Assessment of Pollution Loads from Urban Runoff. *Environ. Res.* **2020**, 182, doi:10.1016/j.envres.2020.109129.
68. Müller, A.; Österlund, H.; Marsalek, J.; Viklander, M. The Pollution Conveyed by Urban Runoff: A Review of Sources. *Science of The Total Environment* **2020**, 709, 136125, doi:10.1016/J.SCITOTENV.2019.136125.
69. Müller, A.; Österlund, H.; Marsalek, J.; Viklander, M. The Pollution Conveyed by Urban Runoff: A Review of Sources. *Science of The Total Environment* **2020**, 709, 136125, doi:10.1016/j.scitotenv.2019.136125.
70. Walsh, C.J.; Booth, D.B.; Burns, M.J.; Fletcher, T.D.; Hale, R.L.; Hoang, L.N.; Livingston, G.; Rippy, M.A.; Roy, A.H.; Scoggins, M.; et al. Principles for Urban Stormwater Management to Protect Stream Ecosystems. *Freshwater Science* **2016**, 35, 398–411, doi:10.1086/685284.
71. Ferreira, C.S.S.; Kalantari, Z.; Seifollahi-Aghmiuni, S.; Ghajarnia, N.; Rahmati, O.; Solomun, M.K. Rainfall-Runoff-Erosion Processes in Urban Areas. *Precipitation: Earth Surface Responses and Processes* **2021**, 481–498, doi:10.1016/B978-0-12-822699-5.00018-5.
72. Marsalek, J. Urban Water Cycle Processes and Interactions. *Urban Water Cycle Processes and Interactions* **2014**, doi:10.1201/9781482288544.

73. Smith, J.S.; Winston, R.J.; Tirpak, R.A.; Wituszynski, D.M.; Boening, K.M.; Martin, J.F. The Seasonality of Nutrients and Sediment in Residential Stormwater Runoff: Implications for Nutrient-Sensitive Waters. *J. Environ. Manage.* **2020**, *276*, 111248, doi:10.1016/J.JENVMAN.2020.111248.
74. Peng, J.; Yu, L.; Zhong, X.; Dong, T. Study on Runoff Control Effect of Different Drainage Schemes in Sponge Airport. *Water Resources Management* **2022**, *36*, 1043–1055, doi:10.1007/s11269-022-03072-w.
75. Sulej, A.M.; Polkowska, Z.; Namieśnik, J. Pollutants in Airport Runoff Waters. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* **2012**, *42*, 1691–1734, doi:10.1080/10643389.2011.569873.
76. Salerno, F.; Viviano, G.; Tartari, G. Urbanization and Climate Change Impacts on Surface Water Quality: Enhancing the Resilience by Reducing Impervious Surfaces. *Water Res.* **2018**, *144*, 491–502, doi:10.1016/J.WATRES.2018.07.058.
77. Charters, F.J.; Cochrane, T.A.; O’Sullivan, A.D. The Influence of Urban Surface Type and Characteristics on Runoff Water Quality. *Science of The Total Environment* **2021**, *755*, 142470, doi:10.1016/J.SCITOTENV.2020.142470.
78. Sulej, A.M.; Polkowska, Z.; Namieśnik, J. Contamination of Runoff Water at Gdańsk Airport (Poland) by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs). *Sensors* **2011**, *11*, 11901–11920, doi:10.3390/s111211901.
79. Sulej, A.M.; Polkowska, Z.; Wolska, L.; Cieszynska, M.; Namieśnik, J. Toxicity and Chemical Analyses of Airport Runoff Waters in Poland. *Environ. Sci. Process. Impacts* **2014**, *16*, 1083–1093, doi:10.1039/c3em00448a.
80. Shi, X.; Quilty, S.M.; Long, T.; Jayakaran, A.; Fay, L.; Xu, G. Managing Airport Stormwater Containing Deicers: Challenges and Opportunities. *Frontiers of Structural and Civil Engineering 2017 11:1* **2017**, *11*, 35–46, doi:10.1007/s11709-016-0366-6.
81. Lupi, L.; Bedmar, F.; Puricelli, M.; Marino, D.; Aparicio, V.C.; Wunderlin, D.; Miglioranza, K.S.B. Glyphosate Runoff and Its Occurrence in Rainwater and Subsurface Soil in the Nearby Area of Agricultural Fields in Argentina. *Chemosphere* **2019**, *225*, 906–914, doi:10.1016/j.chemosphere.2019.03.090.
82. Brovini, E.M.; Cardoso, S.J.; Quadra, G.R.; Vilas-Boas, J.A.; Paranaíba, J.R.; Pereira, R. de O.; Mendonça, R.F. Glyphosate Concentrations in Global Freshwaters: Are Aquatic Organisms at Risk? *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* **2021**, *28*, 60635–60648, doi:10.1007/s11356-021-14609-8.
83. Finnerty, C.T.K.; Childress, A.E.; Hardy, K.M.; Hoek, E.M.V.; Mauter, M.S.; Plumlee, M.H.; Rose, J.B.; Sobsey, M.D.; Westerhoff, P.; Alvarez, P.J.J.; et al. The Future of

- Municipal Wastewater Reuse Concentrate Management: Drivers, Challenges, and Opportunities. *Environ. Sci. Technol.* **2023**, *58*, 3–16, doi:10.1021/ACS.EST.3C06774.
84. Rider, C. V.; McHale, C.M.; Webster, T.F.; Lowe, L.; Goodson, W.H.; La Merrill, M.A.; Rice, G.; Zeise, L.; Zhang, L.; Smith, M.T. Using the Key Characteristics of Carcinogens to Develop Research on Chemical Mixtures and Cancer. *Environ. Health Perspect.* **2021**, *129*, 035003, doi:10.1289/EHP8525.
85. Mohan Shankar, G.; Swetha, M.; Keerthana, C.K.; Rayginia, T.P.; Anto, R.J. Cancer Chemoprevention: A Strategic Approach Using Phytochemicals. *Front. Pharmacol.* **2022**, *12*, 809308, doi:10.3389/FPHAR.2021.809308/FULL.
86. Thessen, A.E.; Grondin, C.J.; Kulkarni, R.D.; Brander, S.; Truong, L.; Vasilevsky, N.A.; Callahan, T.J.; Chan, L.E.; Westra, B.; Willis, M.; et al. Community Approaches for Integrating Environmental Exposures into Human Models of Disease. *Environ. Health Perspect.* **2020**, *128*, 125002, doi:10.1289/EHP7215.
87. Ciffroy, P.; Péry, A.R.R.; Roth, N. Perspectives for Integrating Human and Environmental Exposure Assessments. *Science of The Total Environment* **2016**, *568*, 512–521, doi:10.1016/J.SCITOTENV.2015.11.083.
88. Richardson, S.D.; Ternes, T.A. Water Analysis: Emerging Contaminants and Current Issues. *Anal. Chem.* **2021**, *94*, 382–416, doi:10.1021/ACS.ANALCHEM.1C04640.
89. Richardson, S.D.; Manasfi, T. Water Analysis: Emerging Contaminants and Current Issues. *Anal. Chem.* **2024**, *96*, 8184–8219, doi:10.1021/ACS.ANALCHEM.4C01423.
90. United States Environmental Protection Agency (EPA) *Multi-Sector General Permit (MSGP) for Stormwater Discharges Associated with Industrial Activity Fact Sheet*; 2021;
91. Federal Ministry for the Environment *Umweltbundesamt (UBA), Hintergrundbericht Zur Überarbeitung Der Vergabekriterien Für Den Blauen Engel – DE-UZ 99: Bewegungsflächenenteiser Für Flugplätze, Dessau-Roßlau/DE-UZ 99*; Germany, 2021;
92. Sulej, A.M.; Polkowska, Z.; Wolska, L.; Cieszynska, M.; Namieśnik, J. Toxicity and Chemical Analyses of Airport Runoff Waters in Poland. *Environ. Sci. Process. Impacts* **2014**, *16*, 1083–1093, doi:10.1039/c3em00448a.
93. Corsi, S.R.; Geis, S.W.; Bowman, G.; Failey, G.G.; Rutter, T.D. Aquatic Toxicity of Airfield-Pavement Deicer Materials and Implications for Airport Runoff. *Environ. Sci. Technol.* **2008**, *43*, 40–46, doi:10.1021/es8017732.
94. Koryak, M.; Stafford, L.J.; Reilly, R.J.; Hoskin, R.H.; Haberman, M.H. The Impact of Airport Deicing Runoff on Water Quality and Aquatic Life in a Pennsylvania Stream. *J. Freshw. Ecol.* **1998**, *13*, 287–298, doi:10.1080/02705060.1998.9663621.

95. Ferguson, L.; Corsi, S.R.; Geis, S.W.; Anderson, G.; Joback, K.; Gold, H.; Mericas, D.; Cancilla, D.A. Formulations for Aircraft and Airfield Deicing and Anti-Icing: Aquatic Toxicity and Biochemical Oxygen Demand 2008.
96. Corsi, S.R.; Geis, S.W.; Loyo-Rosales, J.E.; Rice, C.P.; Sheesley, R.J.; Failey, G.G.; Cancilla, D.A. Characterization of Aircraft Deicer and Anti-Icer Components and Toxicity in Airport Snowbanks and Snowmelt Runoff. *Environ. Sci. Technol.* **2006**, *40*, 3195–3202, doi:10.1021/es052028m.
97. Mohiley, A.; Franzaring, J.; Calvo, O.C.; Fangmeier, A. Potential Toxic Effects of Aircraft De-Icers and Wastewater Samples Containing These Compounds. *Environmental Science and Pollution Research 2015 22:17* **2015**, *22*, 13094–13101, doi:10.1007/s11356-015-4358-1.
98. Persoone, G.; Marsalek, B.; Blinova, I.; Törökne, A.; Zarina, D.; Manusadzianas, L.; Nalecz-Jawecki, G.; Tofan, L.; Stepanova, N.; Tothova, L.; et al. A Practical and User-Friendly Toxicity Classification System with Microbiotests for Natural Waters and Wastewaters. *Environ. Toxicol.* **2003**, *18*, 395–402, doi:10.1002/tox.10141.
99. Gulliver, J.; Anthony, S. *Environmental Impacts of Potassium Acetate as a Road Salt Alternative (University of Minnesota Evaluation)*; 2022;
100. Austin, E.; Blanco, M.; Firth, M.; Larson, T.; Lorenzana, R.; Seto, E.; Sheppard, L.; Bernard, N.; Cunningham, R.; Fox, J.; et al. *Community Health and Airport Operations Related Noise and Air Pollution: Report to the Legislature in Response to Washington State HOUSE BILL 1109*; 2020;
101. Airports National Policy Statement *Health Impact Analysis Shortlisted Schemes for Draft Airports National Policy Statement*; United Kingdom, 2017;
102. Airports National Policy Statement *Health Impact Analysis Shortlisted Schemes for Airports National Policy Statement*; United Kingdom, 2018;
103. City of Toronto Government Administration Partnership with Toronto Public Health *Health Impact Assessment Proposed Expansion to Billy Bishop Toronto City Airport REPORT*; Canada, 2013;
104. Airports Commission *Airports Commission Inner Thames Estuary Feasibility Study 1: Environmental Impacts*; United Kingdom, 2014;
105. Joint Research Centre (European Commission) *Selection of Substances for the 4 Th Watch List under the Water Framework Directive*; Luxemburg, 2022;
106. U.S. Nuclear Regulatory Commission *International Benchmarking A Global Perspective of Workplace Drug and Alcohol Testing*; Washington, 2023;

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

5.1 Po uzyskaniu stopnia doktora

- **Współpraca naukowa z zespołem prof. Jacka Namieśnika, Katedra Chemii Analitycznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska (2014-2019)**

W ramach współpracy naukowej przygotowano i opublikowano 3 publikacje naukowe [H1, H2, H3].

- **Współpraca naukowa z zespołem prof. dr hab. inż. Żanety Polkowskiej, Katedra Chemii Analitycznej, Politechnika Gdańska (2014 – obecnie)**

W ramach współpracy naukowej przygotowano i opublikowano 9 publikacji naukowych [H1-H9], kolejny manuskrypt jest na etapie recenzji:

A.M. Sulej-Suchomska[✉], J. K. Józwik, K. Kozłowska-Tylingo, P. Konieczka, K. Kozioł, P. Przybyłowski, Ż. Polkowska[✉], Analytical Tool for Risk Assessment of Glyphosate Runoff Pollution, *Land Degradation & Development*, MNiSW₂₀₂₅ = 200 pkt.

- **Współpraca naukowa i zatrudnienie w zespole prof. dr hab. Zenona Kokota, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej, Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu (2014–2020)**

W ramach współpracy naukowej przygotowano i opublikowano 6 publikacji naukowych [H1-H3, H10, H11, H12].

- **Współpraca naukowa z zespołem prof. Miguela de la Gúardia, Department of Analytical Chemistry, Group "Solutions and Innovations in Analytical Chemistry", University of Valencia (Hiszpania) (2016-obecnie)**

❖ Staż naukowy w okresie 03.07.2024 – 05.08.2024

Opiekun naukowy: prof. Miguel de la Gúardia

Zakres prac badawczych w ramach stażu obejmował wykorzystanie nowoczesnych metod instrumentalnych jako narzędzi jakościowych w monitorowaniu i kontroli jakości środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem analizy próbek wodnych oraz gazowych. Zakres obejmował strategię opracowywania i doskonalenia metod analitycznych, wykorzystanie technik LC/MS oraz przenośnych czujników gazu do oznaczania związków organicznych.

❖ W ramach współpracy przygotowano i opublikowano 2 publikacje naukowe [H1, H5].

- **Współpraca naukowa z zespołem prof. Erwina Rosenberg, Institute of Chemical Technologies and Analytics, Vienna University of Technology (2024-obecnie)**

- ❖ Staż naukowy w okresie 30.06.2025 – 04.07.2025

Opiekun naukowy: Prof. Erwin Rosenberg

Zakres prac badawczych realizowanych w ramach stażu w programie Erasmus+ Staff Mobility for Training obejmował rozwój i zastosowanie zielonych technik analitycznych, począwszy od etapu przygotowania próbek aż po końcowe analizy instrumentalne, jako narzędzi projakościowych wspierających ocenę stanu środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem analizy próbek wód.

- ❖ W ramach współpracy obecnie przygotowywana jest współautorska publikacja naukowa:

A. Sulej-Suchomska, Erwin Rosenberg, Żaneta Polkowska, Glyphosate, AMPA in Agriculture Runoff: State-of-the-Art and Future Perspectives, Trends in Environmental Analytical Chemistry.

- **Współpraca naukowa z zespołem prof. dr hab. inż. Andrzeja Przyjaznego, Department of Chemistry and Biochemistry, Kettering University, USA (2015-2016)**

W ramach współpracy naukowej przygotowano i opublikowano 1 publikację [H3].

- **Współpraca z europejską siecią badawczą SCORE (Sewage Analysis Core group Europe) w ramach programu COST (European Cooperation in Science and Technology, 2016).**

Udział w projekcie SCORE Interlaboratory Test 2016 w ramach programu COST – jako koordynator i wykonawca z ramienia jednostki krajowej. Badania międzylaboratoryjne (28 laboratoriów) dotyczyły oznaczania narkotyków w ściekach oraz analizy trendów ich konsumpcji.

- **Współpraca naukowa z zespołem Prof. Toshio Tsuchiya, Japan Analytical Industry Co., Ltd (GC Lab Team, Japonia, 2019-2020)**

W ramach współpracy z zespołem Japan Analytical Industry Co., Ltd. zrealizowano prace badawcze w zakresie oznaczania mikro- i nanoplastików w różnego typu próbkach soli jadalnej z wykorzystaniem hybrydowego pirolizera (model JHI-08) oraz GC/MS.

5.2 Przed uzyskaniem stopnia doktora

- **Staż naukowy/kurs w Université Joseph Fourier of Grenoble, Le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Grenoble, Francja**

Staż naukowy/kurs w okresie 07.01-08.02.2013

Opiekun naukowy: Prof. Paolo Laj

Zakres prac badawczych w ramach stażu obejmował zastosowania chemii analitycznej w ocenie transportu i transformacji zanieczyszczeń atmosferycznych, ze szczególnym uwzględnieniem ich przechodzenia do środowiska wodnego; zdobyta wiedza stanowiła podstawę do dalszych badań nad opracowaniem metod oznaczania zanieczyszczeń w wodach spływających z terenów lotniskowych oraz oceną ich wpływu na wody powierzchniowe i podziemne.

- **Współpraca naukowa z zespołem prof. dr hab. inż. Tadeusza Góreckiego, Water Institute, University of Waterloo Canada, USA (2012-2013)**

W efekcie powyższej współpracy naukowej powstała 1 współautorska publikacja [D6].

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

6.1. Osiągnięcia organizacyjne

6.1.1 Współpraca z otoczeniem gospodarczym/jednostkami infrastruktury krytycznej w ramach badań środowiskowych

W ramach działalności naukowo-badawczej nawiązałam współpracę z wybranymi portami lotniczymi oraz przedsiębiorstwami komunalnymi w celu pozyskiwania rzeczywistych próbek środowiskowych do opracowania, optymalizacji oraz walidacji metodyk analitycznych. Współpraca obejmowała dostęp do infrastruktury, planowanie i realizację kampanii pobierania próbek środowiskowych oraz ich wykorzystanie w badaniach nad jakością środowiska w kontekście presji antropogenicznej.

Współpraca z przedsiębiorstwami:

- Port Lotniczy im. F. Chopina w Warszawie;
- Port Lotniczy im. L. Wałęsy w Gdańsku;
- Port Lotniczy im. I. Paderewskiego w Bydgoszczy;
- London Gatwick Airport;
- Oczyszczalnia Ścieków Aquanet S.A. w Poznaniu.

Efektom współpracy było pozyskanie reprezentatywnego materiału badawczego z realnych układów infrastrukturalnych, co umożliwiło prowadzenie wysoko aplikacyjnych badań nad opracowaniem i walidacją zaawansowanych procedur analitycznych jako narzędzi do oceny jakości środowiska.

6.1.2. Projekty i granty

1. Tytuł projektu: Nowe metodyki oznaczania związków z grupy glikoli, benzotriazoli, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w próbkach wód spływających jako narzędzie do śledzenia losu środowiskowego i oceny oddziaływania portów lotniczych na środowisko.

Numer projektu: 0528/IP3/2011/71

Okres realizacji: 04.2012 – 04.2014

Finansowanie: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, program „Juventus Plus”

Rola w projekcie: Kierownik projektu badawczego

Status: Projekt zrealizowany

2. Tytuł projektu: Nowe metodyki oznaczania związków z grupy glikoli, benzotriazoli, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w próbkach wód spływnych, jako narzędzie do śledzenia losu środowiskowego i oceny oddziaływania portów lotniczych na środowisko.

Numer projektu: 2011/01/N/ST4/01913

Okres realizacji: 11.2011-11.2014

Finansowanie: Narodowe Centrum Nauki, konkurs „Preludium 1”

Rola w projekcie: Kierownik projektu badawczego

Status: Projekt zrealizowany

3. Tytuł projektu: Sewage biomarker analysis for community health assessment

Numer projektu: COST Action ES1307, SCORE illicit drug monitoring 2016

Okres realizacji: 03.2016-12.2016

Finansowanie: Europejskie Centrum Monitorowania Narkotyków i Narkomanii (EMCDDA)/ Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu

Rola w projekcie: Koordynator oraz wykonawca projektu jednostki uczestniczącej w projekcie.

Status: Projekt zrealizowany

4. Tytuł projektu: Sea-snow POPs: wtórny obieg trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO) w Arktyce

Numer projektu: NCN 2017/26/D/ST10/00630

Okres realizacji: 31.01.2020 r. -30.09.2021 r.

Finansowanie: Narodowe Centrum Nauki

Rola w projekcie: Wykonawca projektu.

Status: Projekt zrealizowany

5. Wewnętrzne projekty badawcze (2015–2025)

Łącznie **8 projektów uczelnianych** finansowanych przez:

- Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu,
- Uniwersytet Morski w Gdyni.

Rola w projekcie: kierownik projektu lub wykonawca

Zakres tematyczny: chemia analityczna, monitoring środowiska, bezpieczeństwo i jakość żywności

Status: Projekty zrealizowane

6.1.3. Pełnienie funkcji redakcyjnych i udział w pracach rad naukowych czasopism indeksowanych w wykazie MNiSW

Guest Editor w czasopiśmie *Water* (IF=3.0; 100 pkt. MNiSW)

Special Issue: Water Quality Studies: Assessing the Presence of Nutrients and Pollutants
Okres pełnienia funkcji: 09.2023 – 11.2025
Status: 14 opublikowanych artykułów.

6.1.4. Członkostwo w organizacjach naukowych

- 1. Polskie Towarzystwo Farmaceutyczne,**
członkostwo w okresie: 10.2014 – 03.2015
- 2. Polska Akademia Nauk, Komitet Chemii Analitycznej, Zespół Nauczania Chemii Analitycznej,** członkostwo w okresie: 12.2015- 12.2018
- 3. Polskie Towarzystwo Towaroznawcze,** członkostwo w okresie: 10.2021 – 03.2015
- 4. Polskie Towarzystwo Chemiczne,** członkostwo w okresie: 03.2024 – obecnie

6.1.5. Udział w komitetach organizacyjnych krajowych konferencji naukowych

Konferencja: Współczesna analityka farmaceutyczna i biomedyczna w ochronie zdrowia
Miejsce i data: Poznań, 17–18 września 2015
Rola: współudział w przygotowaniu materiałów informacyjnych (członkostwo w zespole organizacyjnym)

6.2 Osiągnięcia dydaktyczne

6.2.1. Prowadzone zajęcia dydaktyczne

Katedra Chemii Analitycznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska-współprowadząca przedmiot (2010-2014):

1. Chemia analityczna- ćwiczenia laboratoryjne, kierunek: Biotechnologia II rok, Technologia Chemiczna III rok, Technologie Ochrony Środowiska III rok; (Współprowadzenie przedmiotu)
2. Nowoczesne Techniki Analityczne- ćwiczenia laboratoryjne, kierunek: Technologie Ochrony Środowiska IV rok; (Współprowadzenie przedmiotu)
3. Analiza Instrumentalna i Opracowanie Wyników- ćwiczenia laboratoryjne, kierunek: Technologia Chemiczna III rok; (Współprowadzenie przedmiotu)
4. Analiza elementarna- ćwiczenia laboratoryjne, kierunek: Biotechnologia II rok, Technologia Chemiczna III rok, Technologie Ochrony Środowiska III; (Współprowadzenie przedmiotu)
5. Chemia analityczna- zajęcia seminaryjne, kierunek: Technologia Chemiczna III rok, Biotechnologia II rok, Technologie Ochrony Środowiska III rok; (Współprowadzenie przedmiotu)

Katedra i Zakład Chemii Nieorganicznej i Analitycznej, Wydział Farmaceutyczny, Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu (2014-2018):

1. Chemia analityczna- ćwiczenia laboratoryjne, kierunek: Farmacja II rok; (Współprowadzenie przedmiotu)

2. Chemia I (Statystyczne kryteria oceny wyników analizy) - ćwiczenia laboratoryjne, kierunek: Biotechnologia I rok; (Współprowadzenie przedmiotu)
3. Chemia w życiu codziennym- zajęcia fakultatywne, kierunek Farmacja I; (Współprowadzenie przedmiotu)
4. Chemical, Instrumental and Pharmaceutical Analysis Including Calculations- Pharmacy English Program– PharmD; (Współprowadzenie przedmiotu)
5. General Chemistry I + General Chemistry II Pharmacy English Program– PharmD. (Współprowadzenie przedmiotu)

Katedra Zarządzania Jakością, Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości, Uniwersytet Morski w Gdyni (2018-2025):

1. Ochrona środowiska- ćwiczenia laboratoryjne, kierunek: Towaroznawstwo i Zarządzanie Jakością; Inżynieria Jakości (Koordynator przedmiotu)
2. Metody Badań Produktów- wykład oraz ćwiczenia laboratoryjne, kierunek: Towaroznawstwo i Zarządzanie Jakością; Usługi Żywieniowe i dietetyka; Menadżer Produktu (Koordynator przedmiotu)
3. Metody oceny jakości towarów, wykład oraz laboratoria, kierunek: Zarządzanie, Marketing i Handel (Koordynator przedmiotu)
4. Wybrane Metody Analityczne- wykład oraz ćwiczenia laboratoryjne, kierunek: Towaroznawstwo i Zarządzanie Jakością; Usługi żywnościowe i dietetyka; Inżynieria Jakości; Menadżer Produktu (Koordynator przedmiotu)
5. Ekologia w naukach o jakości- laboratoria oraz ćwiczenia, kierunek: Usługi żywnościowe i dietetyka; Inżynieria Jakości; Menadżer Produktu (Koordynator przedmiotu)
6. Wprowadzenie do Nowoczesnych Metod Analitycznych- wykład, kierunek: Usługi żywnościowe i dietetyka; Inżynieria Jakości; Menadżer Produktu (Koordynator przedmiotu)
7. Projakościowe techniki analityczne w zarządzaniu środowiskiem- wykład, kierunek: kierunek: Inżynieria Jakości; (Koordynator przedmiotu)
8. Seminarium dyplomowe- ćwiczenia laboratoryjne, kierunek: Usługi żywnościowe i dietetyka; Inżynieria Jakości; Menadżer Produktu (Koordynator przedmiotu)

6.2.2. Opieka naukowa i promotorska nad pracami dyplomowymi

Promotor 9 prac inżynierskich

1. Julia Arendt, Suplementacja żelaza w diecie człowieka: aspekty jakościowe oraz analiza świadomości konsumentów. (praca dyplomowa obroniona z wyróżnieniem)
2. Maria Baliszewska, Jakość wód powierzchniowych w regionie Wdzydzkiego Parku Krajobrazowego- zanieczyszczenie wód glifosatem jako problem dla turystyki rekreacyjnej i ochrony zdrowia.
3. Arkadiusz Bedynek, Projakościowe narzędzia monitorowania i oceny jakości wód jeziornych.

4. Marcel Obielecki, Wpływ zanieczyszczenia glifosatem na jakość i bezpieczeństwo spożycia ryb jeziornych w świetle dotychczasowych badań.
5. Paulina Górecka, Zarządzanie Jakością Wód Jeziornych w turystyce rekreacyjnej na przykładzie Wdzydz Południowych.
6. Łukasz Zaboroski, Jakość środowiska wodnego a ryzyko zdrowotne konsumentów ryb- analiza literatury dotyczącej zanieczyszczeń metalami ciężkimi.
7. Jakub Wągiel, Monitoring jakości wód jeziornych na terenach chronionych w aspekcie poprawy oferty turystycznej na przykładzie jezior Schodno, Kramsko Duże oraz Kramsko Małe.
8. Kacper Bartosiewicz, Monitorowanie i kontrola jakości wód jeziora Wielewskiego oraz Czystego (gmina Karsin, woj. pomorskie) na potrzeby decyzji zarządczych.
9. Eliza Juchniewicz, Suplementacja w diecie sportowców: aspekty jakościowe w świetle dotychczasowych badań.
10. Dominika Kwiatkowska, Mikrobiologiczne zanieczyszczenie jezior jako czynnik wpływający na jakość i bezpieczeństwo spożycia ryb w świetle dotychczasowych badań.

Opieka nad 8 dyplomantami prac magisterskich

1. Anna Stenke, Krzysztof Rudziński, Zagrożenia środowiskowe spowodowane działalnością portu lotniczego (wykorzystanie wyników analizy próbek zebranych na terenie dwóch portów lotniczych).
2. Anna Borchardt, Katarzyna Okraszewska, Optymalizacja metod przygotowania próbek wód spływnych (SPME, LLE) do oznaczania zawartości związków z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), benzotriazoli (BT) i glikoli.
3. Katarzyna Wojciechowska, Kamila Herkt, Optymalizacja metody SPE zastosowanej do przygotowania próbek wód spływnych pobranych na terenach portów lotniczych w celu oznaczenia zawartości związków z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), benzotriazoli (BT) i glikoli.
4. Michał Bielski, Mikołaj Gierszewski, Ocena stopnia zanieczyszczenia środowiska na terenach portów lotniczych (Gdańsk, Warszawa, Bydgoszcz, Londyn) w oparciu o wyniki analiz próbek wód spływnych.

Opiekun naukowy pracy naukowej monografii oraz prezentacji konferencyjnej dla studentów

1. Julia Arendt pt. „Ocena świadomości konsumentów dotycząca roli żelaza w organizmie człowieka oraz form jego suplementacji” 52. Międzynarodowe Seminarium Kół Naukowych w Olsztynie „Przepływ informacji gwarancją rozwoju nauki”, Tom I, Aktualne Problemy Badawcze Nauki Biomedycznej I Technicznej, str.133-140, 2023 r.
2. Julia Arendt, II miejsce, Sekcja Nauk o Żywności pt. „Ocena świadomości konsumentów dotycząca roli żelaza w organizmie człowieka oraz form jego suplementacji”, 52. Międzynarodowe Seminarium Kół Naukowych w Olsztynie, 26-27 czerwca, 2023 r. Olsztyn.

6.2.3. Zaprojektowanie i wykonanie nowych stanowisk laboratoryjnych

1. **A. M. Sulej-Suchomska**, Wybrane metody analityczne, Analiza ilościowa oraz jakościowa lotnych związków organicznych metodą chromatografii gazowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (GC-MS/MS).
2. **A. M. Sulej-Suchomska**, Wybrane metody analityczne, Ocena i kontrola jakości wyników pomiarów analitycznych.
3. **A.M. Sulej-Suchomska**, Wybrane metody analityczne, Ekstrakcja do fazy stałej (SPE), jako technika przygotowania próbek do oznaczania pestycydów w próbkach wody pitnej.
4. **A. M. Sulej-Suchomska**, Przedmiot: Metody badań produktów, Badanie lepkości produktów spożywczych.
5. **A. M. Sulej-Suchomska**, Przedmiot: Metody badań produktów, Oznaczanie zawartości chlorku sodu w wybranych konserwach warzywnych.
6. **A.M. Sulej-Suchomska**, Przedmiot: Metody badań produktów, Oznaczanie zawartości popiołu w produktach zbożowych.

6.2.4. Uczestnictwo w programach europejskich oraz działaniach dydaktyczno-organizacyjnych

1. Erasmus Mundus Programme

Finansowanie: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA, UE)

Okres: 07–08.2012

Rola: opiekun merytoryczny zagranicznego studenta realizującego praktykę naukową

2. Letnie praktyki studenckie (PG – Intern)

Finansowanie: Katedra Chemii Analitycznej, Politechnika Gdańska

Okres: 07–08.2012

Rola: opiekun merytoryczny studenta odbywającego praktykę naukową

3. Obóz Naukowego Koła Chemików Studentów PG

Miejsce: Władysławowo

Okres: 07–08.2011

Rola: opiekun naukowy studentów podczas obozu naukowego

6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę

6.3.1. Udział w wydarzeniach edukacyjnych (pokazy, prezentacje, dni otwarte)

- **A.M Sulej-Suchomska**, Dni Otwarte UMG, 20-21.04.2023, temat: Czy pestycydy są obecne w wodzie pitnej? Przygotowanie próbek do analizy. Pokaz, zwiedzanie laboratorium.
- **A.M Sulej-Suchomska**, Dni Otwarte UMG, 08.03.2024 Pokaz, zwiedzanie laboratorium, temat: Przygotowanie próbek do oznaczania narkotyków, substancji odładowujących oraz przeciwkorozyjnych w ściekach.

- **A.M Sulej-Suchomska**, Dni Otwarte UMG, 13.12.2024 Pokaz, zwiedzanie laboratorium, Laboratorium badawcze – metody chromatograficzne.
- **A.M Sulej**, IX Bałtyckiego Festiwalu Nauki, 2011 Pokaz, temat: Chromatografia jonowa, zastosowanie spektrofotometrii w analizie próbek środowiskowych.
- **A.M Sulej**, Zajęcia dla młodzieży szkół ponadpodstawowych, 2011, Pokaz, temat: Oznaczanie żelaza w próbkach wód spływających z terenu lotnisk metodą spektrofotometryczną.

6.3.2. Materiały edukacyjne i wizualne (postery, nagrania, 3D spacer)

- Poster popularno-naukowy: **A.M Sulej Suchomska**, P Przybyłowski Mikroplastiki w żywności i różnych elementach środowiska.
- Poster popularno-naukowy: **A. M. Sulej-Suchomska**, A.Kłupczyńska, P.Dereziński, J.Matysiak, P. Przybyłowski, Z.J. Kokot monitoring występowania środków odurzających w próbkach ścieków miejskich
- **A.M Sulej-Suchomska**, Spacer 3D po laboratorium i nagrania: 1 zestaw materiałów

6.3.3. Prace popularno-naukowe

- **A.M. Sulej**, Ż. Polkowska, Ż. Polkowska, J. Namieśnik, Analityka próbek wód spływających z terenu portów lotniczych, Analityka, 1, 66-69, 2012.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

7.1. Nagrody i wyróżnienia

1. Stypendium zagraniczne na odbycie stażu naukowego

Organizator: Université Joseph Fourier / CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique)

Finansowanie: French Ministère for Higher Education and Research

Miejsce: Francja

Data: 07.01-08.02.2013

2. Stypendium na odbycie stażu naukowego

Organizator: Uniwersytet Morski w Gdyni

Finansowanie: Ministerstwo Nauki – Program „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” (projekt „PROGRESS”)

Miejsce: Walencja, Hiszpania

Data: 03.07–05.08.2024

Nr umowy: RID/SP/0023/2024/01

2. I nagroda za najlepszą prezentację ustną wyników badań na konferencji międzynarodowej

Wydarzenie: 6th Black Sea Basin Conference on Analytical Chemistry

Miejsce: Trabzon, Turcja

Data: 10–14.09.2013 r.

3. Stypendium „InnoDoktorant” – IV edycja

Przyznane przez: Departament Rozwoju Gospodarczego Urzędu Marszałkowskiego Województwa Pomorskiego

Program: Program Operacyjny Kapitał Ludzki, Priorytet VIII

Rok: 2011/2012

4. Wyróżnienie wydawnictwa *Nature* w konkursie TOP 100 Articles

Publikacja: “Urban wastewater analysis as an effective tool for monitoring illegal drugs, including new psychoactive substances, in the Eastern European region”

Czasopismo: Scientific Reports, Nature Publishing Group

Rok: 2020

5. Nagroda „Żagle nauki” JM Rektora Uniwersytetu Morskiego w Gdyni

Za największą liczbę cytowań w roku 2024 wśród pracowników Wydziału Zarządzania i Nauk o Jakości

Institucja: Uniwersytet Morski w Gdyni

Rok: 2024

6. Nagrody JM Rektora Uniwersytetu Morskiego w Gdyni za osiągnięcia naukowe

- Nagroda indywidualna II stopnia – 2020 r.
- Nagroda indywidualna III stopnia – 2024 r.
- Nagroda indywidualna III stopnia – 2025 r.

7. Stypendia Rektora Politechniki Gdańskiej za osiągnięcia naukowe

- Stypendium za osiągnięcia naukowe przyznane przez Rektora Politechniki Gdańskiej -2011 r.
- Stypendium za osiągnięcia naukowe przyznane przez Rektora Politechniki Gdańskiej -2012 r.
- Stypendium za osiągnięcia naukowe przyznane przez Rektora Politechniki Gdańskiej -2013 r.
- Stypendium za osiągnięcia naukowe przyznane przez Rektora Politechniki Gdańskiej -2014 r.

8. Stypendia doktoranckie z dotacji projakościowej

- Stypendium doktoranckie z dotacji projakościowej- 2011 r.
- Stypendium doktoranckie z dotacji projakościowej- 2012 r.
- Stypendium doktoranckie z dotacji projakościowej- 2013 r.
- Stypendium doktoranckie z dotacji projakościowej- 2014 r.

9. Stypendia za osiągnięcia naukowe w ramach Projektu „Rozwój interdyscyplinarnych studiów doktoranckich na Politechnice Gdańskiej w zakresie nowoczesnych technologii” (Projekt InterPhD)

- II edycja- 2010 r.
- III edycja-2011 r.
- IV edycja-2012 r.
- V edycja-2013 r.

7.2. Kursy, certyfikaty, studia podyplomowe

- Ukończenie studiów podyplomowych, Zarządzanie oświatą, Wyższa Szkoła Nauk Pedagogicznych, Warszawa.
- Kurs pedagogiczny, Politechnika Gdańska.
- Kurs języka angielskiego- poziom zaawansowany (C1.2).
- Certyfikat Auditor Wewnętrzny Zarządzania Jakością ISO 9001.
- Certyfikat Auditor Wewnętrzny Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem i Higieną Pracy OHSAS 18001:2007/PN 18001:2004.
- Certyfikat Auditor Wewnętrzny Systemu HACCP.
- Certyfikat Auditor Wewnętrzny Systemu Zarządzania Środowiskiem ISO 14001.
- Kurs, Metodyka zarządzania międzynarodowymi projektami badawczymi realizowanymi w ramach programów ramowych UE. Pisanie wniosków projektowych do 7. PR UE.
- Kurs, ExTech Course, Extraction technique: Solid Phase Microextraction Course (Messina, Włochy).
- Kurs, Contemporary Ion-Exchange Chromatography- From Standard Inorganic Anions and Cations to Carbohydrates and Proteins (Toruń).
- Kurs, Nowe trendy w technice LC/MS/MS (Warszawa).
- Kurs, Spektrometria mas- nowy standard w nowoczesnym laboratorium diagnostycznym (Poznań).

.....
(podpis wnioskodawcy)