

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i
Inżynierii Środowiska
Politechnika Warszawska
Ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa
(nazwa i dane adresowe podmiotu habilitującego,
wybranego do przeprowadzenia postępowania)
za pośrednictwem:
Rady Doskonałości Naukowej
pl. Defilad 1
00-901 Warszawa
(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

Radosław Barczak
Wydział Chemii, Uniwersytet Warszawski
Ul. Pasteura 1, 02-093 Warszawa

Wniosek

z dnia 18 05 2023 r.

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego:

Cykl publikacji pt. *Identyfikacja istotnych odorantów w emisji odorów z ustabilizowanych i odwodnionych komunalnych osadów ściekowych z wykorzystaniem metod instrumentalnych i sensorycznych.*

Wniosuję – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu **tajnym/jawnym***

Zostałem poinformowany, że:

Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).

Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl, tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu. Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c) Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art.

232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu przeprowadzenia postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.

Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html

.....
(podpis wnioskodawcy)

Załączniki:

1. Dane wnioskodawcy w języku polskim.
- 1a. Dane wnioskodawcy w języku angielskim.
2. Poświadczona kopia odpisu dyplomu doktorskiego.
3. Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych w języku polskim.
- 3a. Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych w języku angielskim.
4. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego.
5. Oświadczenia współautorów publikacji naukowych wskazanych jako osiągnięcie naukowe.
6. Wykaz osiągnięć naukowych w języku polskim.
- 6a. Wykaz osiągnięć naukowych w języku angielskim.

Dr inż. Radosław Barczak
Uniwersytet Warszawski
Wydział Chemii

AUTOREFERAT
dotyczący osiągnięć naukowo
badawczych, organizacyjnych i
dydaktycznych

Warszawa, 2023 r.

1. Imię i nazwisko

Radosław Barczak

ORCID ID: 0000-0002-6330-9473

Researcher ID: D-3984-2019

Scopus Author ID: 57195737419

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

2014 Stopień doktora nauk technicznych w zakresie inżynierii środowiska, nadany uchwałą Rady Wydziału Inżynierii Środowiska (WIŚ) Politechniki Warszawskiej (PW) dn. 21 października 2014 r.

Tytuł pracy doktorskiej: „*Analiza porównawcza olfaktometrii terenowej z innymi metodami badawczymi w ocenie oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków*”. Promotor: dr hab. inż. Andrzej Kulig, prof. PW

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Joanna Kośmider, dr hab. inż. Jolanta Podedworna, prof. PW

2012 Studium podyplomowe *Zastosowania Chemii w Ochronie Środowiska. Kurs chromatograficzny*, Uniwersytet Warszawski (UW), Wydział Chemii (WCh)

2007 Studia Podyplomowe *Zarządzanie Ochroną Środowiska*, Warszawska Szkoła Zarządzania – Szkoła Wyższa

2003 Tytuł zawodowy: magister inżynier w inżynierii środowiska, uzyskany na WIŚ PW (ukończone z wyróżnieniem).

Tytuł pracy magisterskiej: „*Koncepcja technologiczna segregacji i stacji przeładunku odpadów komunalnych dla gminy Stare Babice oraz dzielnic Warszawa Bemowo i Warszawa Bielany*”

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

Od 2022 Adiunkt, UW, WCh

Od 2021 Nauczyciel akademicki, Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

Od 2018 Naukowiec wizytujący, The University of New South Wales (UNSW), Water Research Centre, School of Civil and Environmental Engineering, Sydney, Australia; 10.2018 – 3.2019 stypendysta programu Australijskiego Ministerstwa Nauki Australian Endeavour Leadership Program,

2019 Adiunkt, UW, WCh

2014 – 2017 Asystent, PW, WIŚ, 10.2014 – 10.2016

2014 – 2016	Naukowiec wizytujący, UNSW, WRC, Sydney, Australia
2007 – 2014	Studia doktoranckie, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej

4. Wskazanie osiągnięć wynikających z 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.).

Osiągnięciem naukowym wynikającym z 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.) jest jednotematyczny cykl 12 publikacji naukowych.

a. Tytuł osiągnięcia naukowego:

Identyfikacja istotnych odorantów w emisji odorów z ustabilizowanych i odwodnionych komunalnych osadów ściekowych z wykorzystaniem metod instrumentalnych i sensorycznych.

b. Publikacje wchodzące w skład rozprawy habilitacyjnej

H1. **Barczak R.J.***, Fisher R.M., Stuetz R.M., 2022, Importance of Musty Odour Character in the Emissions from Anaerobically Stabilized Dewatered Biosolids. Towards the Identification of Unknown Odour Components, Chemical Engineering Transactions, 95, 193-198, <https://doi.org/10.3303/CET2295033>, * autor korespondencyjny, MNiSW = 20

H2. **Barczak R.J.***, 2022, Zastosowanie metody chromatografii gazowej sprzężonej z detektorem chemicznym i sensorycznym w analizach odorantów z obiektów gospodarki komunalnej – możliwości i perspektywy zastosowania, in Janiszewska M. (ed.) Ochrona środowiska – nowe rozwiązania i perspektywy na przyszłość, Wydawnictwo Naukowe TYGIEL sp. z o.o., <https://bc.wydawnictwo-tygiel.pl/publikacja/15B1B65B-184A-E7A0-2F64-C2E288DC1EA6>, * autor korespondencyjny, MNiSW = 80

H3. **Barczak R.J.***, Możaryn J., Fisher R.M., Stuetz R.M., 2022, Odour Concentrations Prediction Based on Odorants Concentrations from Biosolid Emissions, Environmental Research, Vol. 214, 113871, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113871>, IF2021 = 8.431, * autor korespondencyjny, MNiSW = 100

H4. **Barczak R.J.***, Fisher R.M., Le-Minh N., Stuetz R.M., 2022, Identification of Volatile Sulfur Odorants Emitted from Ageing Wastewater Biosolids, Chemosphere, 287, 132210,

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132210>, IF2021 = 8.943, * autor korespondencyjny, MNiSW = 140

H5. **Barczak R.J.***, Byliński H., Dymerski T., Gębicki J., Namieśnik J., 2021, Odorous VOCs Identification from Ageing Dewatered Anaerobically Stabilised Biosolids from Polish WWTP by Two-dimensional Gas Chromatography Couple with Time-of-Flight Mass Spectrometry, Chemical Engineering Transactions, Vol. 85, p. 43-48, <https://doi.org/10.3303/CET2185008>, * autor korespondencyjny, MNiSW = 20

H6. **Barczak R.J.***, Fisher R.M., Le-Minh N., Stuetz R.M., 2019, Importance of 2, 4, 6-Trichloroanisole (TCA) as an odorant in the emissions from anaerobically stabilized dewatered biosolids, Chemosphere, Vol. 236, 124340, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.07.071>, IF2019 = 5.778 (IF2021 = 8.943), * autor korespondencyjny, MNiSW = 100

H7. Byliński H., **Barczak R.J.**, Gębicki J., Namieśnik J., 2019, Monitoring of odors emitted from stabilized dewatered sludge subjected to aging using proton transfer reaction–mass spectrometry, Environmental Science and Pollution Research Vol. 26 (6), p. 5500-5513, <https://doi.org/10.1007/s11356-018-4041-4>, IF2019 = 3.056 (IF2022 = 5.190), MNiSW = 70

H8. Fisher R.M., **Barczak R.J.**, Hayes J.E., Stuetz R.M., 2018, Framework for the use of odour wheels to manage odours throughout wastewater biosolids processing, Science of The Total Environment Vol. 634, p. 214-223, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.352>, IF2018 = 5.589 (IF2021 = 10.754), MNiSW = 200

H9. Fisher, R.M., **Barczak, R.J.**, Stuetz, R.M., 2018. Identification of odorant characters using GC-MS/O in biosolids emissions from aerobic and anaerobic stabilisation. Water Science and Technology Vol. 2017 (3), p. 736-742, <https://doi.org/10.2166/wst.2018.245>, IF2018 = 1.624 (IF2021 = 2.430), MNiSW = 20

H10. Fisher R.M., **Barczak R.J.**, Alvarez-Gaitan J.P., Le-Minh N., Stuetz R.M., 2017, Odorous volatile organic compound (VOC) emissions from ageing anaerobically stabilised biosolids, Water Science and Technology Vol. 75 (7), p. 1617-1624, <https://doi.org/10.2166/wst.2017.030>, IF2017 = 1.247 (IF2021 = 2.430), MNiSW = 20

H11. **Barczak R.J.***, Fisher R.M., Wang X., Stuetz R.M., 2017, Variations of odorous VOCs detected by different assessors via gas chromatography coupled with mass spectrometry and olfactory detection port (ODP) system, Water Science and Technology, Vol. 77(3), p. 759-765, <https://doi.org/10.2166/wst.2017.569>, IF2017 = 1.247 (IF2021 = 2.430), MNiSW = 20, * autor korespondencyjny

H12. Fisher R.M., **Barczak R.J.**, Alvarez-Gaitan J.P., Stuetz R.M., 2016, Comparing static headspace and dynamic flux hood measurements of biosolids odour emissions, Chemical Engineering Transactions Vol. 54, p. 43-48, <https://doi.org/10.3303/CET1654008>

Łączny Impact Factor (IF) dla 12 prac wynosi 35.915. Suma punktów według polskiej oceny czasopism MNiSW wynosi 790. Wartość IF podano zgodnie z rokiem publikacji. W przypadku publikacji z roku 2022, dla których IF nie został obliczony, podano ostatni aktualny IF. Punktację podano zgodnie z listą MNiSW, zgodnie z punktacją MNiSW obowiązującą w roku publikacji.

Prace H1 – H3 oraz H1, H3 – H12 zostały wykonane w ramach kierowanych przeze mnie projektów, odpowiednio OPUS-21 N N523 740140 (**II.5.a**) oraz FP7-PEOPLE-2013-IOF 622523 (**II.5.b**). Mój wkład w publikacje obejmuje: autorstwo hipotez i koncepcji badań, wykonanie doświadczeń oraz oznaczeń, analizę i opracowanie wyników, wyciągnięcie wniosków i napisanie rękopisów (załączono oświadczenia współautorów).

c. Syntetyczne omówienie publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego:

Wprowadzenie

W większości krajów rozwiniętych, takich jak państwa członkowskie Unii Europejskiej, rośnie liczba skarg związanych z uciążliwością zapachową (Bokowa i wsp. 2021). Do najbardziej uciążliwych zapachowo należą obiekty przemysłowe, rolnicze czy gospodarki komunalnej (OGK), takie jak składowiska odpadów, kompostownie czy oczyszczalnie ścieków komunalnych (OŚK) (Duan i wsp. 2021, Gozalez i wsp. 2019, Kulig i wsp. 2022). Skargi na uciążliwość zapachową są obecnie drugim, po hałasie, najczęstszym przedmiotem skarg publicznych dotyczącym środowiska w Unii Europejskiej. Ilość skarg wzrasta wraz z ekspansją przedmieść w stronę obszarów wiejskich, przemysłowych i OGK, co powoduje, że nieruchomości mieszkalne i komercyjne znalazły się bliżej obiektów uciążliwych zapachowo (Ranau i wsp., 2005). Wymagania dotyczące jakości ścieków oczyszczonych odprowadzanych do wód powierzchniowych i gleby zostały zaostrzone w wyniku wprowadzenia regulacji prawnych takich jak Ramowa Dyrektywa Wodna UE. Na przestrzeni ostatnich 20-tu lat skutkowało to wzrostem ilości produkowanych osadów ściekowych. Projekt Dyrektywy Wodnej uwzględnia nowe grupy zanieczyszczeń (np. mikroplastiki) oraz źródła ścieków poniżej 2 000 RLM. Wprowadzenie w życie wymagań Dyrektywy Wodnej może prowadzić do dalszego wzrostu ilości OŚK i osadów ściekowych.

Emisja odorów występuje nie tylko w otoczeniu OŚK i zakładów przetwarzania osadów ściekowych, ale także w miejscach ich stosowania jako nawozów (Visan i Parker, 2004; Hayes i wsp., 2014; Fisher i wsp., 2019; Byliński i wsp., 2019). Zawartość składników odżywczych oraz zdolność do poprawy właściwości gleby (porowatość, gęstość objętościowa, stabilność i zatrzymywanie wody) umożliwia stosowanie osadów ściekowych jako nawozu a tym samym, recykling substancji organicznej i jest zrównoważoną metodą ich unieszkodliwiania (Major i wsp. 2022, Orner i wsp, 2023). Ponieważ aplikacja osadów do gruntów związana jest z sezonowymi ograniczeniami, są one często przechowywane w oczyszczalniach ścieków nawet przez kilka miesięcy (Willén i wsp., 2017). Uciążliwość zapachowa jest jednym z głównych powodów skarg opinii publicznej podczas aplikacji osadów ściekowych do gruntów (Bob i wsp., 2006). Parametry jakościowe osadów ściekowych wykorzystywanych w celach rolniczych, takie jak np. zawartość metali ciężkich, są regulowane przepisami. Powstawanie odorów podczas przetwarzania, przechowywania, transportu i stosowania osadów na gruntach jest nadal obszarem o ograniczonej wiedzy. Emisja odorów z osadów ściekowych jest złożonym procesem, na który wpływa kilka czynników, w tym m.in.: zmienne procesowe podczas ich stabilizacji i przetwarzania (np. w procesie fermentacji beztlenowej i odwadniania) (Fisher i wsp. 2018). Określenie emisji odorów utrudniają również skomplikowane zależności między odczuwaniem zapachu a stężeniem odorantów (Brancher i wsp. 2017). Odory pochodzące z emisji z osadów ściekowych są mieszaniną licznych lotnych związków chemicznych zawierających m.in. lotne związki siarki czy lotne związki organiczne (LZO) (Fisher i wsp., 2017). Odoranty występujące w wysokich stężeniach takich jak niektóre związki siarki i azotu, kwasy, aldehydy, ketony, indol i skatol (Rosenfeld i Suffet, 2004) są dobrze rozpoznane. Jednakże, udział innych LZO w odorach nie został do tej pory dobrze scharakteryzowany. Istotnym jest, że odoranty występujące w ilościach śladowych mogą przyczyniać się do zmian właściwości odorów (Ryan i wsp., 2008; Zhou i wsp., 2016). Dlatego niezbędna jest identyfikacja i ilościowe oznaczenie śladowych LZO.

Ze względu na różnorodny i zmienny skład chemiczny w smudze odorów, żadna indywidualna technika analityczna nie może być stosowana kompleksowo do ich monitoringu czy oceny skuteczności redukcji. Brak uniwersalnych metod oceny odorów i/lub odorantów uniemożliwia wdrożenie odpowiedniej metodologii do przepisów prawa. Rozwój metod analitycznych, w szczególności chromatografii gazowej, metod sensorycznych oceny odorów (koła zapachowe, metoda profilu zapachowego, olfaktometria dynamiczna) oraz połączonej chromatografii gazowa z analizą sensoryczną, przyczyniły się do poprawy oceny emisji zapachowych pod względem stężenia i składu odorantów. Metody te pomagają zrozumieć wpływ poszczególnych

lotnych związków na cechy zapachów. Wiedza na temat czy dany związek jest obecny w smudze odorów nie jest wystarczająca do oceny jego wpływu na cechy zapachu. Kluczowe znaczenie ma wiedza o tym, jak dany związek jest postrzegany przy danym stężeniu. Powyżej jakiego stężenia związek przyczyni się bezpośrednio do odczuwania zapachu? Jak będzie postrzegane natężenie, gdy stężenie tego związku będzie nadal wzrastać powyżej progu wyczuwalności węchowej C_{th} ?

Celem głównym monotematycznego cyklu publikacji była identyfikacja odorantów z emisji z osadów ściekowych istotnych z punktu widzenia uciążliwości zapachowej. W tym celu scharakteryzowano emisje z osadów ściekowych pochodzących z dziesięciu różnych OŚK. Przeprowadzono szereg badań z wykorzystaniem różnych metod sensorycznych i/lub analitycznych. Wskazano zalety i ograniczenia każdej wykorzystanej metody pomiarowej. W celu rozróżnienia i identyfikacji istotnych odorantów do analizy danych pomiarowych wykorzystano metody wspomagane komputerowo, takie jak m.in. analiza statystyczna, metody chemometryczne, techniki wielowymiarowej analizy danych i modele probabilistyczne. Wiedza uzyskana z szeregu badań będących składową osiągnięcia naukowego może zostać wykorzystana do pogłębienia zrozumienia procesów zachodzących w źródle i smudze odorów, opracowania technik ograniczania i zmniejszania uciążliwości zapachowej związanej z emisją odorów/odorantów oraz wykorzystana w przepisach prawnych. Zakres i skala przeprowadzonych pomiarów w ramach osiągnięcia naukowego stanowiły jedną z największych na świecie kampanii badawczych dotyczącą tematyki odorów i odorantów z osadów ściekowych.

Wyniki przeprowadzonych badań zaowocowały publikacjami w czasopismach naukowych, w tym w czterech z pierwszego decyłu czasopism dotyczących badań środowiskowych oraz wystąpieniami na konferencjach krajowych i międzynarodowych w latach 2015-2022.

Publikacja:

H12. Fisher R.M., **Barczak R.J.**, Alvarez-Gaitan J.P., Stuetz R.M., 2016, Comparing static headspace and dynamic flux hood measurements of biosolids odour emissions, Chemical Engineering Transactions Vol. 54, p. 43-48, <https://doi.org/10.3303/CET1654008>

W pracy zostały porównane metody pobierania próbek powietrza: statyczna metodami analizy fazy nadpowierzchniowej (z ang. headspace, HS) oraz dynamiczna wykorzystująca wymywanie odorantów z powierzchni próbek przy użyciu metody osłony strumienia zgodnie z normą AS/NZS 4323.4 (2009) będącej analogiem normy Amerykańskiej Agencji Ochrony

Środowiska. Próbkę pobraną obiema metodami analizowano przy użyciu termicznej desorpcji w połączeniu z chromatografią gazową oraz detektorami chemiluminescencyjnymi siarki i azotu (TD-GC-SCD/NCD). Statyczna metoda HS opiera się na symulacji warunków beztlenowych w pryzmach osadów ściekowych, w przeciwieństwie do dynamicznej metody osłony strumienia uwzględniającej wzajemne oddziaływania obszarów beztlenowych i tlenowych na powierzchni próbki.

Za pomocą obu metod, w emisji z ustabilizowanych tlenowo i odwodnionych osadów ściekowych wykryto szereg lotnych organicznych związków siarki (LOZS): siarczek dimetylu (DMS), trisiarczek dimetylu (DMTS), metanotiol (MeSH), etanotiol (EtSH), propyl mercaptan (n-PT). Zastosowanie obu metod jednocześnie oraz ich porównanie stanowi wkład w rozwój dotychczasowej wiedzy. Potencjalny udział poszczególnych odorantów w emisji odorów oceniono, przeliczając stężenia odorantów na wartości wskaźnika teoretycznego stężenia zapachowego, zwanego również wartościami aktywności odorowej (z ang. Odour Activity Value, OAV) lub indeksem odorowym (z ang. Odour Index, OI) (Sivret i wsp., 2016). OAV wyrażony jest wzorem:

$$OAV = \frac{\text{Stężenie odoranta}}{\text{Próg detekcji węchowej}}$$

W tej oraz w pozostałych przedmiotowych pracach z monotematycznego cyklu stonującego osiągnięcie naukowe wartości OAV zostały wykorzystane jako jedna z metod priorytetyzacji odorantów. Określenie istotności odorantów z emisji z osadów ściekowych na podstawie ich wartości OAV nie było przedmiotem publikacji innych autorów.

Porównanie wyników uzyskanych obiema metodami wykazało znaczące różnice w wartościach stężeń poszczególnych odorantów oznaczanych w czasie 14-dniowego okresu przechowywania. Podczas gdy obie metody wykazały podobne trendy emisji odorantów w miarę upływu czasu ich magazynowania, to wartości stężeń poszczególnych odorantów różniły się znacznie między metodami. W statycznej metodzie HS odnotowano wyższy udział MeSH w porównaniu z pozostałymi związkami. Jego większa obecność w próbkach fazy gazowej nad roztworem jest prawdopodobnie spowodowana zarówno jego lotnością, jak i niestabilnością w warunkach tlenowych, które w wyniku utleniania i dimeryzacji są przekształcane w DMDS i DMTS (Lomans i wsp., 2002). Większą różnorodność oznaczonych lotnych związków siarki (LZS) zaobserwowano przy użyciu statycznej HS z powodu wyższych stężeń typowych dla metody HS, w której nie ma rozcieńczania próbki. Wartości stężeń LZS uzyskane przy użyciu metody HS zmniejszały się po pierwszych dniach przechowywania, aż stały się niewykrywalne. W metodzie dynamicznej LZS były obserwowane podczas całego okresu pomiarowego.

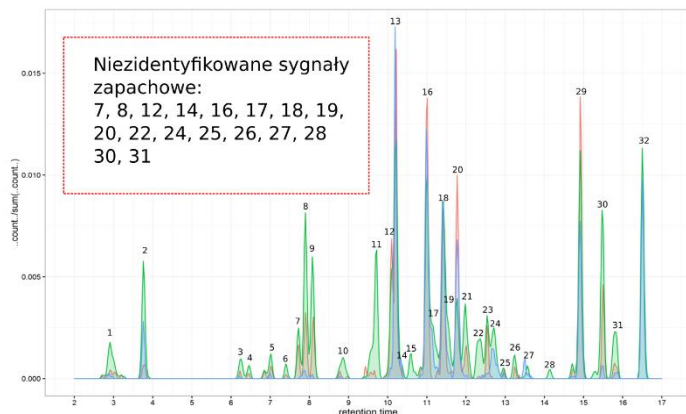
W dalszych pracach wykorzystywano metodę dynamiczną osłony strumienia ze względu na warunki podczas pobierania próbek zbliżone do warunków rzeczywistych w środowisku.

Publikacja:

H11. **Barczak R.J.**, Fisher R.M., Wang X., Stuetz R.M., 2017, Variations of odorous VOCs detected by different assessors via gas chromatography coupled with mass spectrometry and olfactory detection port (ODP) system, *Water Science and Technology*, Vol. 77(3), p. 759-765, <https://doi.org/10.2166/wst.2017.569>

Emisja z ustabilizowanych i odwodnionych osadów ściekowych analizowana była podczas 35-dniowego okresu przechowywania. 218 emisyjnych próbek powietrza z osadów ściekowych pobierano dynamicznie przy użyciu metody osłony strumienia. Próbki powietrza pobierane były w trzech powtórzeniach do rurek sorpcyjnych z wypełnieniem z materiału Tenax TA. Odorowe lotne związki organiczne (OLZO) analizowano za pomocą chromatografu gazowego z termiczną desorpcją połączonego ze spektrometrem masowym i portem detekcji węchowej (TD-GC-MS/PDW). W tej pracy, jak również we wszystkich pozostałych pracach wykorzystujących metodą GC-MS/PDW z monotematycznego cyklu stanowiącego osiągnięcie naukowe, analizę sensoryczną wykonywały trzy przeszkolone osoby oceniające, w tym autor niniejszego autoreferatu, spełniające kryteria dla panelistów zgodnie z normą EN: 13725:2007 *Jakość powietrza. Oznaczenie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej*. Ich indywidualne progi węchowej wyczuwalności n-butanolu (z ang. Individual Threshold Estimate, ITE), jako substancji odniesienia, wynosiły: 21, 25 and 41 ppb. Każda z osób oceniających analizowała jedną próbkę w tych samych warunkach analizy. Intensywność zapachu była mierzona zgodnie z 4 stopniową skalą od 1 do 4, gdzie 1 oznaczał najslabszą intensywność zapachu. Oceniający używali deskryptorów zapachu opartych na własnym doświadczeniu, jak również deskryptorów referencyjnych w opublikowanych kołach odorowych dla kompostu i ścieków (Suffet i wsp. 2004, Suffet i wsp. 2009, Suffet and Rosenfeld 2007). Dla potrzeb badań opracowano autorskie szkolenie dotyczące analizy instrumentalno-sensorycznej wykorzystującej PDW składające się z czterech etapów: 1 – wprowadzenie metody PDW; 2 – naukę deskryptorów przy użyciu standardowych związków; 3 – trening z mieszanką wzorcową i nauka obsługi systemu PDW; 4 – trening z mieszanką wzorcową o różnych stężeniach.

Osoby oceniające wykryły 32 różne sygnały zapachowe potencjalnie pochodzące od 32 różnych LZO. Jedynie 9 z nich udało się zidentyfikować przez porównanie ich widm masowych z charakterystycznymi widmami z bazami widm NIST i Willey. Na podstawie sygnałów zapachowych wykonano nowatorski profil zapachowy odorów z beztlenowo ustabilizowanych



Rys. 1 Profil zapachowy odorów z beztlenowo ustabilizowanych osadów ściekowych. Wykres jądrowego estymatora gęstości sygnałów zapachowych wskazanych przez trzy osoby oceniające w zależności od czasów retencji chromatogramu (minutach).

osadów ściekowych (rys 1.). Profil zapachowy na podstawie częstotliwości wykrywania oraz charakteru zapachu umożliwia wybranie istotnych odorantów lub sygnałów zapachowych wywołanych niezidentyfikowanymi odorantami. Częstość wykrywania poszczególnych sygnałów zapachowych i przypisywana im miara intensywności

była różna dla każdego oceniającego. Nie wszyscy oceniający wykrywali wszystkie sygnały zapachowe, np. geosmina została wykryta tylko przez dwóch z trzech oceniających. W przedstawionym przykładzie identyfikacji sensorycznej geosminy pokazano, że zwiększenie czułości metody TD-GC-MS/PDW możliwe jest poprzez wykonywanie powtórzeń przez różnych oceniających. Jednakże, metoda sensoryczna nie zapewnia wysokiej powtarzalności wyników nawet przy starannej selekcji i szkoleniu osób oceniających w zakresie wykrywania i opisywania odorantów. Metodyczny dobór osób oceniających zwiększa szansę na wyeliminowanie indywidualnych anosmii.

Aby zmniejszyć subiektywny charakter analizy sensorycznej związany ze zmiennością odczuwania przez poszczególne osoby oceniające, w dalszych badaniach z wykorzystaniem PDW wszystkie próbki analizowane były w trzech powtórzeniach, po jednym powtórzeniu dla każdej z osób oceniających.

Publikacja:

H10. Fisher R.M., **Barczak R.J.**, Alvarez-Gaitan J.P., Le-Minh N., Stuetz R.M., 2017, Odorous volatile organic compound (VOC) emissions from ageing anaerobically stabilised biosolids, *Water Science and Technology* Vol. 75 (7), p. 1617-1624, <https://doi.org/10.2166/wst.2017.030>

W pracy zmierzono stężenia OLZO składające się na ogólny charakter odorów z beztlenowo ustabilizowanych i odwodnionych osadów ściekowych. Analizowano emisję z dwóch próbek osadów ściekowych podczas 50-dniowego okresu ich przechowywania.

Nowatorsko dla emisji z osadów ściekowych przeanalizowano wartości stężeń zarówno dla indywidualnych odorantów jak i sumaryczne dla wybranych grup odorantów, tj. kwasy, alkohole i aldehydy; alkany i alkeny; aromatyczne; cykliczne alkany i alkeny; halogenowane; ketony; azotowe; terpeny; siarkowe. Wartości stężeń dla poszczególnych odorantów były zmienne w czasie dla analizowanych starzejących się próbek osadów ściekowych. Wysokie wartości stężeń cyklicznych alkanów (od ok 2 do ok $8 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zostały obserwowane w emisjach z obu próbek osadów ściekowych podczas całego okresu przechowywania. Bicykliczny undekan, dekahydronaftalen, metylodekahydronaftalen, dimetylodekahydronaftalen, metylodekalina i etylodekalina były obserwowane we wszystkich emisyjnych próbkach powietrza. Wysokie wartości stężeń (ok $1 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) związków aromatycznych (1,3,5-trimetylobenzenu, p-ksylenu, toluenu, etylometylobenzenu, cymenu i etylobenzenu) oraz terpenów (limonenu, γ -terpinenu, α -pinenu, karenu i kariofilenu) zostały zaobserwowane podczas pierwszego dnia pomiarów i sukcesywnie się zmniejszały w miarę upływu czasu. Spośród zidentyfikowanych siarczków tj. siarczek dimetylu DMS, disiarczek dimetylu DMDS i trisiarczek dimetylu (DMTS), najczęściej wykrywanym był DMDS, przy czym jego największe wartości stężeń wynoszące ok $0,5 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ obserwowane były w dniach 3 – 6 po czym zmniejszały się wraz ze starzeniem osadów ściekowych. Brak identyfikacji merkaptanów można wytłumaczyć ich przekształceniem się w siarczki podczas etapu zatężania i desorpcji próbek emisyjnych (Murphy et al. 2012).

Do porównania potencjału odorowego oznaczonych odorantów wykorzystano wartości OAV. Pioniersko dla matrycy odorów z osadów ściekowych na podstawie wartości OAV zostały wskazane związki chemiczne będące istotnymi odorantami. Trimetyloamina (TMA) została wykryta w stężeniu o cztery rzędy wielkości większym niż jej próg wykrywalności zapachu i była jedynym LZO, który przewyższał wykryte związki siarki pod względem wartości OAV. Inne związki, takie jak limonen, etylometylobenzen i kwas octowy, wykryto w stężeniach przekraczających ich C_{th} , jednak w niższych wartościach OAV niż związki siarki.

Publikacja:

H9. Fisher, R.M., **Barczak, R.J.**, Stuetz, R.M., 2018. Identification of odorant characters using GC-MS/O in biosolids emissions from aerobic and anaerobic stabilisation. Water Science and Technology Vol. 2017 (3), p. 736-742, <https://doi.org/10.2166/wst.2018.245>

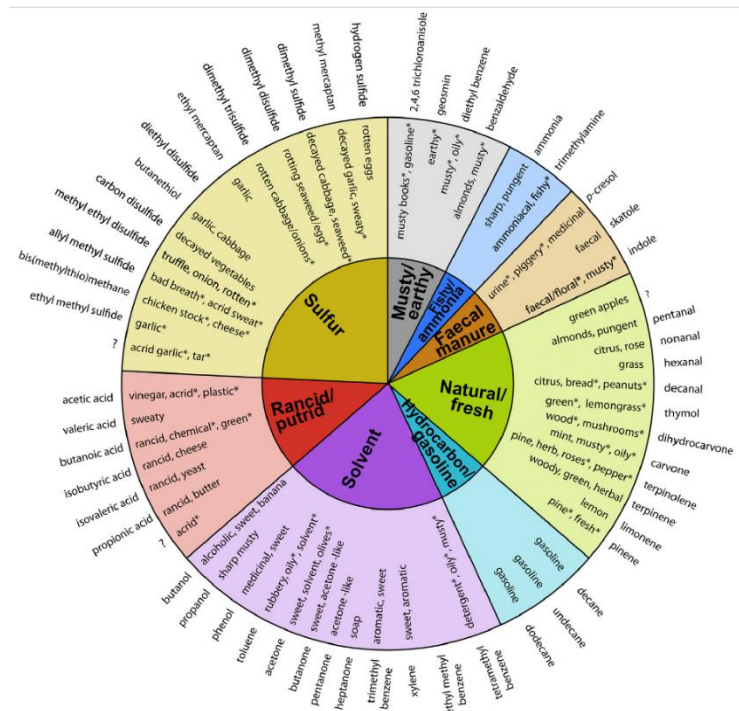
W pracy nowatorsko porównywano potencjalne składowe charakteru emisji odorów z osadów ściekowych stabilizowanych tlenowo i beztlenowo. Charakterystyka rodzajów odorów emitowanych z osadów ściekowych stabilizowanych tlenowo, w przeciwieństwie do stabilizowanych beztlenowo, nie była w przeszłości przedmiotem prac badawczych. Próbkę osadów ściekowych pochodziły z dwóch różnych OŚK. OŚK różniły się m.in. wielkością, charakterem zlewni i technologią odwadniania. Do wykrywania poszczególnych substancji zapachowych wykorzystano TD-GC-MS/PDW. Analiza danych uzyskanych od osób oceniających odbywała się zgodnie z metodą zmodyfikowanej częstotliwości (z ang. Modified frequency MF%), zgodnie z równaniem $MF\% = \sqrt{F\% \times I\%}$ gdzie F% to częstotliwość (liczba wykrytych sygnałów zapachowych spośród wszystkich powtórzeń), a I% to intensywność (intensywność podzielona przez najwyższą możliwą intensywność) (Brattoli i wsp. 2013). Metodę tę wykorzystano do zidentyfikowania sygnałów zapachowych wykrywanych wspólnie przez osoby oceniające lub najbardziej intensywnych wykrywanych przez pojedynczych oceniających.

Emisyjne próbki powietrza różniły się między sobą pod względem liczby sygnałów zapachowych oraz ich intensywnością. Mniejsza ilość zidentyfikowanych sygnałów zapachowych oraz mniejsza intensywność została zaobserwowana w osadach ściekowych stabilizowanych tlenowo. W skład odorów z osadów ściekowych po procesach fermentacji tlenowej wchodziły substancje cechujące się rodzajami zapachów takimi jak: lecznicze, gryzące lub zgniłe, których to nie odnotowano w emisji z osadów ściekowych po procesach fermentacji beztlenowej. Deskryptory odorów z osadów ściekowych stabilizowanych beztlenowo były określane jako: zgniłe warzywa, wodorosty, śmieci, czosnek lub nieświeży oddech. Wiele deskryptorów było związanych z obecnością związków siarki. Rodzaj zapachu typowy dla związków siarki był wykrywany we wszystkich emisyjnych próbkach powietrza przez wszystkich oceniających. Ze względu na hedoniczny ton zapachu oraz częstotliwość występowania rodzaj zapachu właściwy dla związków siarkowych jest istotnym komponentem w odorach z osadów ściekowych.

Publikacja:

H8. Fisher R.M., **Barczak R.J.**, Suffet "Mel" I.H., Hayes J.E., Stuetz R.M., 2018, Framework for the use of odour wheels to manage odours throughout wastewater biosolids processing, Science of The Total Environment Vol. 634, p. 214-223, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.352>

Koła odorowe, czyli graficzne przedstawienie połączonych danych sensorycznych i chemicznych, są skutecznym narzędziem wspomagającym zarządzanie odorami w środowisku. W niniejszej pracy, na podstawie pomiarów chemicznych i sensorycznych oraz właściwości zidentyfikowanych odorantów oraz sygnałów zapachowych, zostały utworzone koła odorowe powiązane z parametrami procesów przetwarzania osadów ściekowych, ogólne dla osadów ściekowych



Rys. 2 Koło odorowe procesów przetwarzania osadów ściekowych. Na podstawie analizy odorantów i sygnałów zapachowych pochodzących z 8 oczyszczalni ścieków. (*) deskryptory oceniających PDW.

(rys. 2), jak również specyficzne dla poszczególnych procesów ciągu technologicznego. Do zaproponowanych kół odorowych włączono istotne odoranty tj. odoranty, dla których wartość $OAV > 0,1$ oraz sygnały zapachowe wykrywane przez osoby oceniające PDW. Włączenie do kół odorowych danych z analizy sensorycznej wykorzystującej PDW jest podejściem innowacyjnym. Ponadto w publikacji pioniersko szczegółowo opisano ramy, które pokazują w jaki sposób koła odorowe mogą pomóc w identyfikacji przyczyn uciążliwości zapachowej w określonych miejscach ciągu technologicznego, procesach ciągu technologicznego lub ich kombinacjach. Przebadano emisje pochodzące z przetwarzania osadów ściekowych z ośmiu różnych oczyszczalni ścieków posiadających zróżnicowane ciągi technologiczne oczyszczania ścieków i przetwarzania osadów ściekowych. W badanych lokalizacjach zazwyczaj wykrywano rodzaje zapachów właściwe dla związków siarkowych określane jako zgniłe jaja lub kapusta. Występowała zmienna obecność rodzajów zapachów zjełczałych/zgniłych i odchodów/obornika. Wyniki pracy znacząco rozwijają wiedzę na temat zrozumienia okoliczności występowania różnych grup odorantów, rodzajów odorów i sygnałów zapachowych w różnych warunkach procesu przetwarzania osadów ściekowych co może ułatwić skuteczniejsze zarządzanie odorami na oczyszczalniach ścieków.

Publikacja:

H7. Byliński H., **Barczak R.J.**, Gębicki J., Namieśnik J., 2019, Monitoring of odors emitted from stabilized dewatered sludge subjected to aging using proton transfer reaction–mass spectrometry, *Environmental Science and Pollution Research* Vol. 26 (6), p. 5500-5513, <https://doi.org/10.1007/s11356-018-4041-4>

W pracy przedstawiono wyniki monitoringu emisji odorantów emitowanych podczas 21-dniowego okresu przechowywania ustabilizowanych i odwodnionych osadów ściekowych z 2 OŚK z wykorzystaniem spektrometrii mas z jonizacją poprzez przeniesienie protonu (PTR-MS, z ang. Proton Transfer Reaction - Mass Spectrometry). Wykorzystana metoda analityczna po raz pierwszy została użyta do analizy składu odorów z osadów ściekowych. Monitorowano zmiany stężeń 17 oznaczonych odorantów. Dla wybranych odorantów na podstawie oznaczonych ich stężeń i literaturowych wartości C_{th} obliczono wskaźniki OAV. Związki siarki, takie jak siarczek dietylu (DES), DMS, MeSH i EtSH, zostały ocenione jako istotne składniki odorów. Przykładowe wartości OAV wyniosły średnio 178 ou/m^3 dla MeSH i 184 ou/m^3 dla DES. Przedstawiono korelacje między wartościami stężeń odorantów. Stwierdzono, że związki siarkoorganiczne (niezależnie od stopnia zaawansowania starzenia osadów) miały największy udział w wartościach sum teoretycznych stężeń zapachowych, mimo że ich stężenia były niższe od pozostałych emitowanych substancji. Wykazano, że po 21 dniach magazynowania osadów suma teoretycznych stężeń zapachowych monitorowanych odorantów nadal posiadała wysoką wartość wynoszącą 100 ou/m^3 . Wysoka wartość OAV związków siarkoorganicznych utrudnia dalsze zagospodarowywanie osadów ściekowych a termiczna utylizacja osadów ściekowych zawierających związki siarkoorganiczne prowadzi do dalszej emisji zanieczyszczeń do atmosfery w postaci dwutlenku siarki.

Publikacja:

H6. **Barczak R.J.**, Fisher R.M., Le-Minh N., Stuetz R.M., 2019, Importance of 2, 4, 6-Trichloroanisole (TCA) as an odorant in the emissions from anaerobically stabilized dewatered biosolids, *Chemosphere*, Vol. 236, 124340, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.07.071>

Oprócz dobrze znanych odorantów, takich jak związki siarki i amoniak, wiedza na temat udziału innych LZO w percepcji odorów z osadów ściekowych jest ograniczona. Obecność związków o niskich C_{th} występujących w niskich stężeniach, rzędu ppb czy ppt stanowi wyzwanie dla identyfikacji analitycznej i jest trudne przy użyciu podstawowej chromatografii

gazowej połączonej z powszechnymi detektorami chemicznymi (tj. MS lub FID). Obecnie brak jest wiedzy na temat składu chemicznego odorów przyczyniających się do powstawania ziemistego/stęchłego/spleśniałego charakteru zapachu, który Suffet et al. (2009) opisuje jako jeden z 11 dominujących charakterów zapachów pochodzących z emisji osadów ściekowych. W pracy przebadano emisje z 36 próbek beztlenowo ustabilizowanych i odwodnionych osadów ściekowych. Próbki były przechowywane na zewnątrz w warunkach tlenowych w luźno przykrytych tacach, jednak bez interakcji z mikroorganizmami glebowymi, jak to miałyby miejsce w rzeczywistości. Wszystkie próbki były analizowane przez okres 35 dni. Próbki powietrza pobierano do rurek sorbcyjnych z wypełnieniem Tenax TA przy użyciu metody osłony strumienia. Wykorzystując metodę GC-MS/PDW na podstawie cech zapachu: intensywności i rodzaju zidentyfikowano sygnał zapachowy rodzaju stęchłego/spleśniałego/ziemistego pochodzący od odoranta - 2,4,6-trichloroanizolu (TCA). Potwierdzenie pochodzenia sygnału zapachowego od TCA zostało wykonane przez porównanie charakteru zapachu, czasu retencji oraz widma masowego ze standardem chemicznym. Przełomowo sensoryczną metodą GC-MS/PDW TCA wykryto we wszystkich próbkach powietrza z emisji z analizowanych osadów ściekowych. Zmierzone intensywności zapachu TCA nie zmieniały się istotnie w miarę upływu okresu starzenia się, jednak różniły się w zależności od próbek osadów ściekowych. Pioniersko stwierdzono, że ze względu na intensywność zapachu, częstotliwość wykrywania (85%) i niski ODT, który jest o rząd wielkości niższy niż związki siarki, TCA należy uznać za istotny odorant w emisjach z beztlenowo stabilizowanych odwodnionych osadów ściekowych. Potwierdzono tym samym, że TCA jest składowym związkiem wpływającym na charakter zapachu określany jako stęchły/spleśniały/ziemisty. TCA został zidentyfikowany jakościowo w innych matrycach (takich jak ścieki komunalne), jednakże niniejsze badanie jest pierwszym, które wyraźnie dokumentuje jego powszechne wykrywanie w emisjach z osadów ściekowych.

Publikacja:

H5. **Barczak R.J.**, Byliński H., Dymerski T., Gębicki J., Namieśnik J., 2021, Odorous VOCs Identification from Ageing Dewatered Anaerobically Stabilised Biosolids from Polish WWTP by Two-dimensional Gas Chromatography Couple with Time-of-Flight Mass Spectrometry, Chemical Engineering Transactions, Vol. 85, p. 43-48, <https://doi.org/10.3303/CET2185008>

W pracy przedstawiono wyniki monitoringu emisji odorantów emitowanych podczas 21-dniowego okresu przechowywania w warunkach otoczenia z ustabilizowanych i odwodnionych

osadów ściekowych z OŚK. Zaabsorbowane na złożę Tenax TA próbki powietrza analizowano metodą dwuwymiarowej chromatografii gazowej (GCxGC) ze spektrometrią mas z analizatorem czasu przelotu (ang. Time Of Flight, TOF). Wykorzystana metoda analityczna po raz pierwszy została użyta do analizy składu odorów z osadów ściekowych. Zaproponowana metoda analityczna umożliwia lepsze rozdzielenie analitów w porównaniu do jednowymiarowej GC. Wykryto 55 LZO pochodzących z różnych kategorii związków chemicznych, takich jak węglowodory alifatyczne i aromatyczne, alkohole, aldehydy, ketony, siarczki i estry. Oprócz znanych substancji zapachowych, takich jak metanotiol, etanol, DMS, DMDS, styren, pirydyna, α -pinen, po raz pierwszy w odorach z osadów ściekowych zidentyfikowano acetofenon - odorant o nieznanym progu wykrywalności zapachu. Wyniki dla obu próbek osadów ściekowych były różne. Podczas pierwszego dnia przechowywania próbek wykryto 2-metylotiofen i 2-metyloheptan w obu próbkach, podczas gdy MeSH i siarczek metylo-etylowy tylko w jednej próbce. Podczas całego okresu przechowywania wykryto tylko kilka związków: toluen, styren, siarczek dimetylu (oprócz pierwszego dnia z próbki osadów ściekowych nr 1) i heksadekanal (z wyjątkiem dnia siódmego z próbki osadów ściekowych nr 2). Większość związków wykrywano nieregularnie w całym okresie pomiarowym.

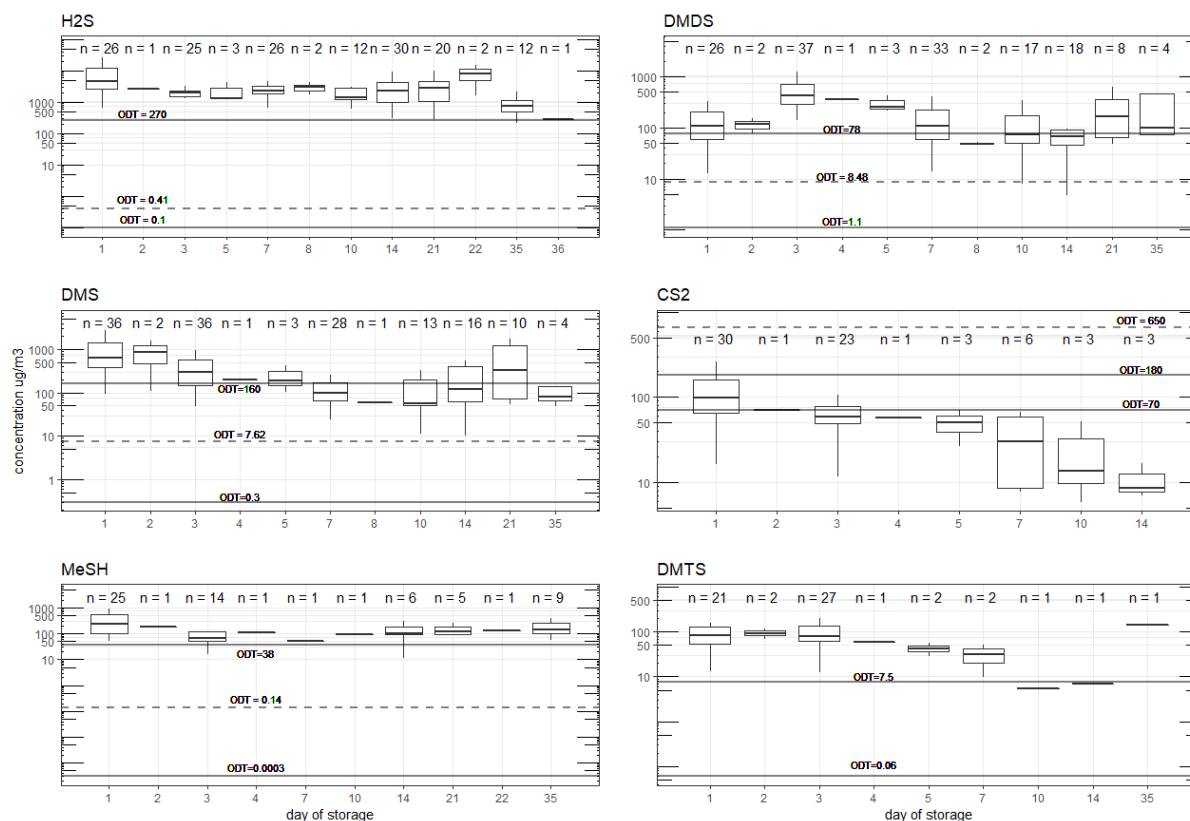
Publikacja:

H4. **Barczak R.J.**, Fisher R.M., Le-Minh N., Stuetz R.M., 2022, Identification of Volatile Sulfur Odorants Emitted from Ageing Wastewater Biosolids, *Chemosphere*, 287, 132210, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132210>

LZS są ważnymi składnikami odorów w emisjach z osadów ściekowych. Analiza LZS w fazie gazowej jest trudna ze względu na ich reaktywność i niestabilność. LZS z emisji z ustabilizowanych i odwodnionych osadów ściekowych monitorowano podczas 35-dniowego okresu przechowywania w warunkach otoczenia za pomocą TD-GC-SCD oraz GC-MS/PDW. Ponadto H_2S był oznaczany analizatorem siarkowodoru Jerome®. Łącznie zidentyfikowano 10 LZS, z których dziewięć oznaczono ilościowo. Dwa lotne związki organiczne siarki (LZOS): siarczek allilu metylu (AMS) i siarczek metylu propylu (MPS), zostały wykryte w emisji z ustabilizowanych tlenowo i odwodnionych osadów ściekowych po raz pierwszy. Również po raz pierwszy zbadano trwałość AMS i MPS w pobranych próbkach do rurek sorpcyjnych Tenax TA. Po 36 dniach przechowywania próbki AMS stracił od 35 do 38%, natomiast MPS straciły 54% po 35 dniach.

DMS, DMDS i DMTS zidentyfikowano za pomocą TD-GC-SCD i TD-GC-MS. Dodatkowo TD-GC-SCD wykorzystano do ilościowego oznaczenia EtSH, MeSH i CS₂, podczas gdy identyfikacja MPS i AMS była możliwa tylko przy użyciu metody TD-GC-MS/PDW.

Wartości stężeń emisji poszczególnych LZS zmieniały się indywidualnie wraz ze starzeniem osadów ściekowych. Początkowo mediany stężeń H₂S, DMS, DMTS, MeSH i EtSH były o rzędy wielkości większe niż ich C_{th} , co sugeruje, że przyczyniały się one do intensywności i charakteru odorów z osadów ściekowych (rys. 3).



Rys. 3 Stężenia VSCs w emisjach z odwodnionych osadów ściekowych. Linie ciągłe przedstawiają zakres wartości progu detekcji węchowej (ODT) podanych przez van Gemert (2003). Linie przerywane reprezentują wartości ODT według Nagata (2003). Wartości n reprezentują liczbę detekcji poszczególnych VSC.

Maksymalna wartość H₂S wyniosła $59,9 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i była co najmniej o jeden rząd wielkości wyższa w porównaniu z innymi LZOS, takimi jak DMDS ($3,8 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), DMS ($4,53 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), EtSH ($2,83 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i MeSH ($3,25 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Wśród zidentyfikowanych VSC H₂S był dominującym odorantem pod względem wielkości wartości stężeń i częstotliwości wykrywania, zarówno na początku, jak i podczas całego okresu przechowywania. W 93% próbek osadów ściekowych DMTS został wykryty przez osoby oceniające PDW, podczas gdy tylko 26% i 24% przez TD-GC-SCD i TD-GC-MS. Przełomowo stwierdzono, że DMTS należy uznać za istotny odorant w emisji z osadów ściekowych ze względu na jego wartości OAV i częstotliwość wykrywania (wykrywany sensorycznie w ponad 75% próbek z OAV > 1).

Ograniczona obecność AMS i MPS podczas starzenia się osadów ściekowych sugeruje, że ich udział w odorach prawdopodobnie jest mało istotny. Jednakże, wpływ AMS na ogólny zapach może mieć znaczenie ze względu na jego niski C_{th} . Maksymalne i średnie wartości stężeń i OAV H_2S , co najmniej o jeden rząd wielkości wyższy niż inne VOSC świadczą, że H_2S jest najbardziej znaczącym odorantem z emisji z beztlenowo stabilizowanych osadów ściekowych. Jednakże inne VOSC również odgrywają ważną rolę jako odoranty w emisjach z osadów ściekowych.

Ponadto nowatorsko w pracy porównano metody pomiarowe GC-MS z GC-SCD wobec analizy DMS, DMDS i DMTS z emisji z osadów ściekowych.

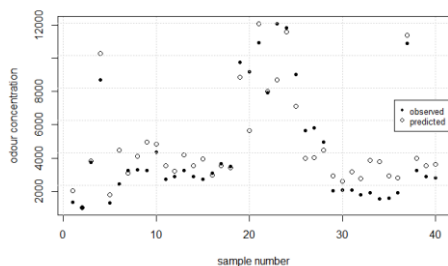
Publikacja:

H3. **Barczak R.J.**, Możaryn J., Fisher R.M., Stuetz R.M., 2022, Odour Concentrations Prediction Based on Odorants Concentrations from Biosolid Emissions, Environmental Research, Vol. 214, 113871, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113871>

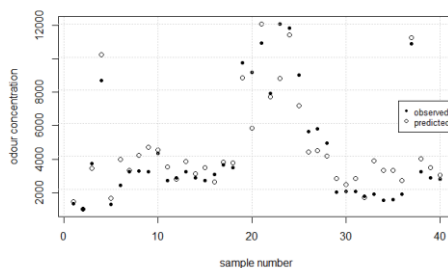
Większość przepisów prawnych związanych z uciążliwością zapachową opiera się na pomiarach stężenia zapachowego (C_{OD}) oznaczanych za pomocą olfaktometrii dynamicznej oraz matematycznym modelowaniem rozprzestrzeniania się odorów w powietrzu. Zrozumienie związku między stężeniami odorantów a C_{OD} stanowiłoby milowy krok do przeprowadzania pomiarów odorów przy użyciu obarczonych mniejszym błędem pomiarowym, prostszych i tańszych niż sensoryczne, technik analitycznych. Jednakże, w emisjach z osadów ściekowych niektóre odoranty są nieznane, co zwiększa niepewność w przewidywaniu C_{OD} . W pracy wykorzystano metody GC-MS/PDW, TD-GC-NCD/SCD, analizatora H_2S Jerome® oraz olfaktometrię dynamiczną. Wybranymi metodami zbadano aż 56 próbek powietrza z emisji z osadów ściekowych pobranych z dwóch oczyszczalni ścieków. Zakres symultanicznej analizy tymi metodami pomiarowymi jest unikatowy na skalę światową.

Stężenia 25 odorantów oraz dwie zmienne porządkowe stanowiące sygnały zapachowe wykryte przez osoby oceniające PDW zostały powiązane z wartościami C_{OD} . Ze względu na ograniczony rozmiar zbioru danych, a i tak bardzo duży jak na zakres badawczy, do modelowania zależności między C_{OD} a stężeniami odorantów zastosowano procedury modelowania probabilistycznego: metody uśredniania modelu bayesowskiego (z ang. Bayesian Model Averaging) i selekcji zmiennych z adaptacyjnym próbkowaniem bayesowskim (z ang. Variable Selection with Bayesian Adaptive Sampling).

Zastosowana analiza korelacji wykazała znaczenie H_2S , $MeSH$, DMS jako istotnych statystycznie odorantów w emisji z ustabilizowanych beztlenowo i odwodnionych osadów ściekowych. Uzyskane wyniki wskazują na wysoką dokładność zidentyfikowanych modeli ($R^2 \sim 0,78-0,88$, w zależności od zbioru danych). Włączenie wartości intensywności sygnałów zapachowych pochodzących od 2,4,6-trichloroanizolu (TCA, $r_p = 0,32$) oraz nieznanego odoranta o charakterze zapachu określanym przez osoby oceniające jako stęchłym, zielnym, chemicznym, bulionu (CX, $r_p = 0,47$) poprawiło zdolność predykcyjną modelu (rys. 4 i 5).



Rys. 4 Wartości stężeń zapachowych bez uwzględnienia wpływu TCA i CX.



Rys. 5 Wartości stężeń zapachowych z uwzględnieniem wpływu TCA i CX.

Zgodnie z zastosowaną metodą można zatem wnioskować, że te dwa związki istotne sensorycznie, które są trudne do określenia ilościowego wpływają na wartość C_{OD} . Zarówno zastosowanie metod probabilistycznych w przewidywaniu C_{OD} jak i włączenie do modelu danych sygnałów zapachowych jest podejściem nowatorskim. Wyniki wskazują na przydatność metod probabilistycznych i przekształceń nieliniowych w modelowaniu stężeń odorów na podstawie stężeń odorantów oraz danych sensorycznych z emisji osadów ściekowych oraz dokładności niewielkiego zbioru danych.

Publikacja:

H2. **Barczak R.J.**, 2022, Zastosowanie metody chromatografii gazowej sprzężonej z detektorem chemicznym i sensorycznym w analizach odorantów z obiektów gospodarki komunalnej – możliwości i perspektywy zastosowania, in Janiszewska M. (ed.) Ochrona środowiska – nowe rozwiązania i perspektywy na przyszłość, Wydawnictwo Naukowe TYGIEL sp. z o.o., <https://bc.wydawnictwo-tygiel.pl/publikacja/15B1B65B-184A-E7A0-2F64-C2E288DC1EA6>

W niniejszej pracy dokonano przeglądu literaturowego wykorzystania metody GC-MS/PDW w badaniach odorów z obiektów gospodarki komunalnej, takich jak np.: oczyszczalnie ścieków, składowiska odpadów czy zakłady uzdatniania wody. Stosowana metoda badawcza była rzadko stosowana w badaniach odorów i odorantów w matrycach środowiskowych. Wyniki prac badań

odorów środowiskowych zostały przedstawione w kilkudziesięciu publikacjach. Opisana metoda była stosowana w większości prac stanowiących osiągnięcie naukowe.

Zestawienie wyników analizy chemicznej i sensorycznej stwarza możliwości zgłębienia wiedzy na temat udziału poszczególnych substancji zapachowych w smudze odorów. Charakter, intensywność i hedoniczny ton zapachu można oceniać dla rozdzielanych związków jednocześnie z analizami chemicznymi. Umożliwia to dokładniejsze zrozumienie, w jaki sposób odoranty i ich względne stężenia są powiązane z cechami odorów. Dzięki wykorzystaniu tej metody w osiągnięciu naukowym możliwe było rozszerzenie i zgłębienie wiedzy na temat składu odorów. Zastosowana metoda posłużyła do nowatorskich podejść do identyfikacji istotnych odorantów w odorach z osadów ściekowych.

Poznanie składu odorów jest ważne dla zrozumienia wpływu na ich emisję procesów technologicznych instalacji, procesów zachodzących w źródle oraz procesów w atmosferze w smudze odorów w odległości od źródła. Identyfikacja nowych oraz wybór kluczowych odorantów w smudze odorów umożliwi lepsze zrozumienie procesów biologiczno-chemicznych zachodzących w źródle. Tym samym zdobyta wiedza jest potrzebna do projektowania ukierunkowanych na wybrane odoranty systemów ograniczania i eliminowania odorów a także metod monitoringu i wypracowania narzędzi prawnych.

Pomimo swoich ograniczeń takich jak np. brak możliwości oceny potencjalnych efektów synergicznych lub antagonistycznych między poszczególnymi składnikami smugi odorów wyniki stosowanej metody umożliwiają wyznaczenie kierunków dalszych badań nad uciążliwością zapachową. W dopełnieniu interpretacji otrzymanych wyników nieuwzględniających możliwego maskowania lub nakładania się zapachów pochodzących od różnych odorantów w smudze odorów, pomiary metodą olfaktometrii dynamicznej są interesującym podejściem, które należy uwzględnić w przyszłych badaniach.

Publikacja:

H1. **Barczak R.J.**, Fisher R.M., Stuetz R.M., 2022, Importance of Musty Odour Character in the Emissions from Anaerobically Stabilized Dewatered Biosolids. Towards the Identification of Unknown Odour Components, Chemical Engineering Transactions, 95, 193-198, <https://doi.org/10.3303/CET2295033>

Wiedza na temat składu chemicznego odorów przyczyniających się do powstawania ziemistego/stęchłego/spleśniałego charakteru zapachu z emisji osadów ściekowych jest ograniczona. W pracy przeanalizowano 36 próbek beztlenowo ustabilizowanych i

odwodnionych osadów ściekowych metodą GC-MS/PDW. Emisyjne próbki powietrza, pobierane do rurek sorbcyjnych Tenax TA, analizowane były przez 35 dniowy okres przechowywania w warunkach tlenowych w tackach z luźno przykrytym wiekiem. Zidentyfikowano sygnały zapachowe o charakterze zapachu stęchlizny jednak bez ich chemicznej identyfikacji detektorem MS. We wszystkich emisjach z próbek osadów ściekowych zidentyfikowano dwa oddzielne sygnały zapachowe o podobnym charakterze zapachu określanym jako zapach stęchlizny. Zmierzone wartości intensywności zapachu nie zmieniały się znacząco w miarę starzenia osadów ściekowych, jednak różniły się w zależności od poszczególnych próbek osadów ściekowych. W miarę starzenia się osadów ściekowych uśrednione wartości intensywności analizowanych sygnałów zapachowych nie wykazywały żadnego wzrostowego ani spadkowego trendu, pomimo ich stałej obecności w emisjach. Ze względu na intensywność zapachu, podobieństwo do ogólnego charakteru zapachu osadów ściekowych, częstotliwość wykrywania i prawdopodobnie niski C_{th} , odorant lub odoranty odpowiedzialne za te dwa sygnały zapachowe należy uznać za potencjalnie istotne w emisjach z odorów z ustabilizowanych i odwodnionych osadów ściekowych.

Literatura

Bob, F., Jay, W., Zeynep, E., Tim, S., Adams, G., Hargreaves, R., Morton, R., Novak, J., Higgins, M., 2006. Recent Findings on Biosolids Cake Odor Reduction - Midpoint Results of Werf Phase 3 Biosolids Odor Research. Proceedings of the Water Environment Federation 2006, 50-71.

Bokowa, A., Diaz, C., Koziel, J.A., McGinley, M., Barclay, J., Schauburger, G., Guillot, J.-M., Sneath, R., Capelli, L., Zorich, V., Izquierdo, C., Bilsen, I., Romain, A.-C., del Carmen Cabeza, M., Liu, D., Both, R., Van Belois, H., Higuchi, T., Wahe, L., 2021. Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide. Atmosphere 12, 206.

Brancher, M., Griffiths, K.D., Franco, D., de Melo Lisboa, H., 2017. A review of odour impact criteria in selected countries around the world. Chemosphere 168, 1531-1570.

Brattoli, M., Cisternino, E., Dambruoso, P.R., de Gennaro, G., Giungato, P., Mazzone, A., Palmisani, J., Tutino, M., 2013. Gas Chromatography Analysis with Olfactometric Detection (GC-O) as a Useful Methodology for Chemical Characterization of Odorous Compounds. Sensors 13, 16759-16800.

- Byliński, H., Gębicki, J., Namieśnik, J., 2019. Evaluation of Health Hazard Due to Emission of Volatile Organic Compounds from Various Processing Units of Wastewater Treatment Plant. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 16, 1712.
- Duan, Z., Scheutz, C., Kjeldsen, P., 2021. Trace gas emissions from municipal solid waste landfills: A review. *Waste Management* 119, 39-62.
- Fisher, R.M., Alvarez-Gaitan, J.P., Stuetz, R.M., 2019. Review of the effects of wastewater biosolids stabilization processes on odor emissions. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 49, 1515-1586.
- Fisher, R.M., Le-Minh, N., Alvarez-Gaitan, J.P., Moore, S.J., Stuetz, R.M., 2018. Emissions of volatile sulfur compounds (VSCs) throughout wastewater biosolids processing. *Science of The Total Environment* 616-617, 622-631.
- Fisher, R.M., Le-Minh, N., Sivret, E.C., Alvarez-Gaitan, J.P., Moore, S.J., Stuetz, R.M., 2017. Distribution and sensorial relevance of volatile organic compounds emitted throughout wastewater biosolids processing. *Sci Total Environ* 599-600, 663-670.
- González, D., Colón, J., Sánchez, A., Gabriel, D., 2019. A systematic study on the VOCs characterization and odour emissions in a full-scale sewage sludge composting plant. *Journal of Hazardous Materials* 373, 733-740.
- Hayes, J.E., Stevenson, R.J., Stuetz, R.M., 2014. The impact of malodour on communities: A review of assessment techniques. *Science of The Total Environment* 500-501, 395-407.
- Kulig, A., Szyłak-Szydłowski, M., Wiśniewska, M., 2022. Application of Field Olfactometry to Monitor the Odour Impact of a Municipal Sewage System. *Energies* 15, 4015.
- Lomans, B.P., van der Drift, C., Pol, A., Op den Camp, H.J.M., 2002. Microbial cycling of volatile organic sulfur compounds. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS* 59, 575-588.
- Major, N., Jechalke, S., Nesme, J., Ban, S.G., Cerne, M., Sorensen, S.J., Ban, D., Grosch, R., Schikora, A., Schierstaedt, J., 2022. Influence of sewage sludge stabilization method on microbial community and the abundance of antibiotic resistance genes. *Waste Management* 154, 126-135.
- Murphy, K.R., Wenig, P., Parcsi, G., Skov, T., Stuetz, R.M., 2012. Characterizing odorous emissions using new software for identifying peaks in chemometric models of gas chromatography-mass spectrometry datasets. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 118, 41-50.
- Orner, K.D., Smith, S., Nordahl, S., Chakrabarti, A., Breunig, H., Scown, C.D., Leverenz, H., Nelson, K.L., Horvath, A., Environmental and Economic Impacts of Managing Nutrients in

Digestate Derived from Sewage Sludge and High-Strength Organic Waste. Environmental Science & Technology.

Ranau, R., Kleeberg, K.K., Schlegelmilch, M., Streese, J., Stegmann, R., Steinhart, H., 2005. Analytical determination of the suitability of different processes for the treatment of odorous waste gas. Waste Management 25, 908-916.

Rosenfeld, P.E., Suffet, I.H., 2004. Understanding odorants associated with compost, biomass facilities, and the land application of biosolids. Water Science and Technology, pp. 193-199.

Ryan, D., Prenzler, P.D., Saliba, A.J., Scollary, G.R., 2008. The significance of low impact odorants in global odour perception. Trends in Food Science and Technology 19, 383-389.

Singh, R.P., Agrawal, M., 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. Waste Management 28, 347-358.

Sivret, E.C., Wang, B., Parcsi, G., Stuetz, R.M., 2016. Prioritisation of odorants emitted from sewers using odour activity values. Water Research 88, 308-321.

Suffet, I.H. and Rosenfeld, P., 2007. The anatomy of odour wheels for odours of drinking water, wastewater, compost and the urban environment. Wat Sci Tech 55, 335-344.

Suffet, I.H., Burlingame, G.A., Rosenfeld, P.E. and Bruchet, A., 2004. The value of an odor-quality-wheel classification scheme for wastewater treatment plants. Wat Sci Tech 50, 25-32.

Suffet, I.H., Decottignies, V., Senante, E., Bruchet, A., 2009. Sensory Assessment and Characterization of Odor Nuisance Emissions during the Composting of Wastewater Biosolids. Water Environment Research 81, 670-679.

Visan, M., Parker, W.J., 2004. An evaluation of solid phase microextraction for analysis of odorant emissions from stored biosolids cake. Water Research 38, 3800-3808.

Willén, A., Junestedt, C., Rodhe, L., Pell, M., Jönsson, H., 2017. Sewage sludge as fertiliser - environmental assessment of storage and land application options. Water Science and Technology 75, 1034-1050.

Zhou, Y., Braithwaite, S., Vitko, T., Suffet, I.H., 2016. Investigation of Losses of Odorants in the Tedlar and Teflon Sampling Bags for. Proceedings of the Water Environment Federation 2016, 6089-6101.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, w szczególności zagranicznej.

W 2010 odbyłem 4 miesięczny staż w Departamencie Chemii, Materiałów i Inżynierii Chemicznej „Giulio Natta” Politechniki Mediolańskiej. Po obronie doktoratu realizując

prestżowy grant w ramach Międzynarodowego Stypendium Wyjazdowego na Rzecz Rozwoju Kariery (IOF) - działania „Marie Curie” z 7 Programu Ramowego UE pt.: *OdourCOB – Odorant Characterization of Odorants from Biosolids* dwa lata spędziłem na UNSW w Sydney w Australii znajdującego się w pierwszej 50 najlepszych uczelni na świecie. Ponownie w 2018 roku w UNSW rozpocząłem realizację prestiżowego stypendium rządu australijskiego Endeavour Leadership Program.

Nawiązałem i kontynuuję współpracę z wieloma naukowcami z renomowanych ośrodków polskich i zagranicznych (Politecnico di Milano, UNSW, UCLA, IMT Mines Ales, PG, PWR) czego rezultatem są publikacje w uznanych czasopismach m.in.: *Chemosphere*, *Science of the Total Environment*, *Environmental Research*, *Environmental Science and Pollution Research*, *Water Science & Technology*.

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

Byłem przewodniczącym komitetu organizacyjnego oraz członkiem komitetu naukowego międzynarodowej konferencji 7th IWA Odours and Air Emissions odbywającej się w Warszawie w 2017 r., która była kolejną edycją serii największych na świecie konferencji o tematyce odorowej. Podczas 3 dni w konferencji wzięło udział prawie 100 uczestników z 5 kontynentów.

W 2021 r. rozpocząłem pracę jako nauczyciel akademicki w WSEiZ gdzie prowadzę wykłady i ćwiczenia projektowe: *Raport i ocena oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko* oraz wykłady i ćwiczenia audytoryjne: *Gospodarka odpadami w przedsiębiorstwie produkcyjnym* i *Gospodarka wodą i ściekami w przedsiębiorstwie*.

Przed uzyskaniem stopnia doktora prowadziłem na WIŚ PW ćwiczenia laboratoryjne: w roku 2009 - *Rekultywacja i oczyszczanie gruntów*, w roku 2008 - *Rekultywacja i zagospodarowywanie gruntów*, w latach 2010-2013 - *Soil Protection* (w j. angielskim), oraz projektowe: w latach 2010-2013 - *Ocena oddziaływania na środowisko obiektów komunalnych*, w roku 2012 *Environmental Impact Assessment* (w j. angielskim), i w latach 2008-2012 - *Oceny oddziaływania na środowisko*.

Prowadzona przeze mnie dydaktyka wpisuje się w problematykę badawczą mojej pracy naukowej.

W 2020 r. na WCh UW byłem opiekunem pracy inżynierskiej pt: *Metody przygotowania próbek osadów ściekowych w celu identyfikacji odorantów za pomocą HS-GC-MS*. Od 2022 r. jestem promotorem dwóch prac magisterskich: w Centrum Nauk Sądowych UW pt. *Wpływ*

modyfikacji śladu osmologicznego na pracę psów tropiących oraz w WSEiZ pt. Koncepcja rozwiązań technologicznych poprawy jakości wody do spożycia na przykładzie gminy Łyse.

7. Inne informacje, ważne z mojego punktu widzenia, dotyczące mojej kariery zawodowej.

Po ukończonych z wyróżnieniem studiach magisterskich na Wydziale Inżynierii Środowiska (WIŚ) Politechniki Warszawskiej, rocznym zatrudnieniu w przemyśle oraz dwuletnim w Ministerstwie Środowiska w 2007 roku rozpocząłem studia doktoranckie na macierzystej uczelni. Do 2014 roku, w którym to obroniłem doktorat byłem laureatem 11 programów stypendialnych, w tym wielokrotnie dla najlepszych doktorantów Wydziału Inżynierii Środowiska oraz Politechniki Warszawskiej. W tym okresie brałem udział w 8 pracach badawczych i badawczo wdrożeniowych. Wykazywałem się aktywnością w staraniach o granty. W 2011 r. wraz z promotorem otrzymałem grant promotorski z Narodowego Centrum Nauki pt. *Analiza porównawcza olfaktometrii terenowej z innymi metodami badawczymi w ocenie oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków*. W 2019 w ramach dotacji Prorektora UW ds. Naukowych na podniesienie zdolności uzyskania prestiżowych, międzynarodowych grantów badawczych zostałem zatrudniony na stanowisko adiunkta w Wydziale Chemii UW, czego rezultatem było złożenie wniosku pt. *MODourELLING. Odorous range of municipal waste and wastewater management facilities based on conversion from modelled dispersion of all identified odorants to odour concentrations.*, w konkursie ERC Starting Grants w Programie Ramowym Horyzont 2020. Ponadto aplikowałem w konkursach NCN: Sonata (2019, 2020, wnioski przeszły do drugiego etapu oceny) i SonataBis (2020). Od lutego 2022 r., zgodnie z umową UMO-2021/41/B/ST8/03440, na Wydziale Chemii UW, jako PI rozpocząłem realizację grantu OPUS pt. *Wybór kluczowych odorantów na podstawie ich kinetyki i degradacji z komponentami atmosfery w przewidywaniu zasięgu oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków*. W 2018 oraz ponownie w 2019 i 2022 wraz z zespołem eksperckim złożyłem wnioski w konkursie COST pt. *NEOdourGOV, Network of Europeans for Odour Pollution Measurement, Abatement, increased Sustainability and Governance* (wyniki ostatniego spodziewane są w połowie 2023 r.).

W czasie swojej kariery naukowej przedstawiłem 18 prezentacji ustnych oraz 2 postery na seminariach oraz krajowych i międzynarodowych konferencjach. Ponadto zostałem członkiem komitetów naukowych 8 międzynarodowych konferencji oraz przewodniczyłem w sesjach konferencyjnych.

Jestem członkiem organów doradczych/oceniających, m.in. International Water Association gdzie pełniłem funkcję przewodniczącego grupy specjalistów Odours and Volatile Emissions, Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej, Grupy ekspertów programu Horyzont 2020.

.....

(podpis wnioskodawcy)

Wykaz osiągnięć naukowych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny

Osiągnięcia i dorobek autora z okresu po uzyskaniu stopnia doktora powyżej linii, poniżej dorobek z lat wcześniejszych.

I. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY

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

H1. **Barczak R.J.***, Fisher R.M., Stuetz R.M., 2022, Importance of Musty Odour Character in the Emissions from Anaerobically Stabilized Dewatered Biosolids. Towards the Identification of Unknown Odour Components, Chemical Engineering Transactions, 95, 193-198, <https://doi.org/10.3303/CET2295033>, * autor korespondencyjny, MNiSW = 20.

H2. **Barczak R.J.***, 2022, Zastosowanie metody chromatografii gazowej sprzężonej z detektorem chemicznym i sensorycznym w analizach odorantów z obiektów gospodarki komunalnej – możliwości i perspektywy zastosowania, in Janiszewska M. (ed.) Ochrona środowiska – nowe rozwiązania i perspektywy na przyszłość, Wydawnictwo Naukowe TYGIEL sp. z o.o., <https://bc.wydawnictwo-tygiel.pl/publikacja/15B1B65B-184A-E7A0-2F64-C2E288DC1EA6>, * autor korespondencyjny, MNiSW = 80.

H3. **Barczak R.J.***, Możaryn J., Fisher R.M., Stuetz R.M., 2022, Odour Concentrations Prediction Based on Odorants Concentrations from Biosolid Emissions, Environmental Research, Vol. 214, 113871, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113871>, IF2021 = 8.431, * autor korespondencyjny, MNiSW = 100, pierwszy decyl czasopism w naukach środowiskowych.

H4. **Barczak R.J.***, Fisher R.M., Le-Minh N., Stuetz R.M., 2022, Identification of Volatile Sulfur Odorants Emitted from Ageing Wastewater Biosolids, Chemosphere, 287, 132210, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132210>, IF2021 = 8.943, * autor korespondencyjny, MNiSW = 140, pierwszy decyl czasopism w naukach środowiskowych.

- H5. **Barczak R.J.***, Byliński H., Dymerski T., Gębicki J., Namieśnik J., 2021, Odorous VOCs Identification from Ageing Dewatered Anaerobically Stabilised Biosolids from Polish WWTP by Two-dimensional Gas Chromatography Couple with Time-of-Flight Mass Spectrometry, *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 85, p. 43-48, <https://doi.org/10.3303/CET2185008>, * autor korespondencyjny, MNiSW = 20.
- H6. **Barczak R.J.***, Fisher R.M., Le-Minh N., Stuetz R.M., 2019, Importance of 2, 4, 6-Trichloroanisole (TCA) as an odorant in the emissions from anaerobically stabilized dewatered biosolids, *Chemosphere*, Vol. 236, 124340, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.07.071>, IF₂₀₁₉ = 5.778 (IF₂₀₂₁ = 8.943), * autor korespondencyjny, MNiSW = 100, pierwszy decyl czasopism w naukach środowiskowych.
- H7. Byliński H., **Barczak R.J.**, Gębicki J., Namieśnik J., 2019, Monitoring of odors emitted from stabilized dewatered sludge subjected to aging using proton transfer reaction–mass spectrometry, *Environmental Science and Pollution Research* Vol. 26 (6), p. 5500-5513, <https://doi.org/10.1007/s11356-018-4041-4>, IF₂₀₁₉ = 3.056 (IF₂₀₂₂ = 5.190), MNiSW = 70.
- H8. Fisher R.M., **Barczak R.J.**, Hayes J.E., Stuetz R.M., 2018, Framework for the use of odour wheels to manage odours throughout wastewater biosolids processing, *Science of The Total Environment* Vol. 634, p. 214-223, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.352>, IF₂₀₁₈ = 5.589 (IF₂₀₂₁ = 10.754), MNiSW = 200, pierwszy decyl czasopism w naukach środowiskowych.
- H9. Fisher, R.M., **Barczak, R.J.**, Stuetz, R.M., 2018. Identification of odorant characters using GC-MS/O in biosolids emissions from aerobic and anaerobic stabilisation. *Water Science and Technology* Vol. 2017 (3), p. 736-742, <https://doi.org/10.2166/wst.2018.245>, IF₂₀₁₈ = 1.624 (IF₂₀₂₁ = 2.430), MNiSW = 20.
- H10. Fisher R.M., **Barczak R.J.**, Alvarez-Gaitan J.P., Le-Minh N., Stuetz R.M., 2017, Odorous volatile organic compound (VOC) emissions from ageing anaerobically stabilised biosolids, *Water Science and Technology* Vol. 75 (7), p. 1617-1624, <https://doi.org/10.2166/wst.2017.030>, IF₂₀₁₇ = 1.247 (IF₂₀₂₁ = 2.430), MNiSW = 20.
- H11. **Barczak R.J.***, Fisher R.M., Wang X., Stuetz R.M., 2017, Variations of odorous VOCs detected by different assessors via gas chromatography coupled with mass

spectrometry and olfactory detection port (ODP) system, *Water Science and Technology*, Vol. 77(3), p. 759-765, <https://doi.org/10.2166/wst.2017.569>, IF₂₀₁₇ = 1.247 (IF₂₀₂₁ = 2.430), * autor korespondencyjny, MNiSW = 20.

H12. Fisher R.M., **Barczak R.J.**, Alvarez-Gaitan J.P., Stuetz R.M., 2016, Comparing static headspace and dynamic flux hood measurements of biosolids odour emissions, *Chemical Engineering Transactions* Vol. 54, p. 43-48, <https://doi.org/10.3303/CET1654008>.

II. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ

1. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych.

a. **Barczak R.J.**, Fisher R.M., X Wang, Stuetz R.M., 2016, Odorous VOCs From Biosolids Detected By GC-MS/ODP, p. 647-658, *Water Environment Federation (WEF), Curran Associates, Inc.* ISBN: 9781510871571.

b. **Barczak R.**, Kulig A., 2012, Klasyfikacja metod badawczych stosowanych w ocenie oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków komunalnych, *Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska 2*, red. T. M. Traczewska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, Poland, p. 65-72.

2. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.1).

a. **Barczak R.J.***, Kulig A., 2017, Comparison of different measurement methods of odour and odorants used in the odour impact assessment of wastewater treatment plants in Poland, *Water Science and Technology* Vol. 75 (4), p. 944-951, <https://doi.org/10.2166/wst.2016.560>, IF₂₀₁₇ = 1.247 (IF₂₀₂₁ = 2.430), * autor korespondencyjny.

b. **Barczak R.J.**, Kulig A., 2017, Charakterystyka metod badawczych wykorzystywanych w ocenie oddziaływania zapachowego, *Współczesne problemy inżynierii i ochrony środowiska* Vol. 74, p. 25-62.

c. **Barczak R.J.**, Fisher R.M., Le-Minh N., Stuetz R.M., 2017, Occurrence of 2,4,6-Trichloroanisole in anaerobically stabilised dewatered biosolids emission, *Proceedings of 15th International Conference on Environmental Science and Technology, CEST2017*.

- d. Byliński H., **Barczak R.J.**, Dymerski T., Gębicki J., Namieśnik J., 2017, Direct Measurements of Odorous Volatile Organic Compounds Present in Biosolids Cakes by Proton Transfer Reaction – Mass Spectrometry Technique, Proceedings of the 13th International Students Conference Modern Analytical Chemistry, 205-209.
 - e. **Barczak R.J.***, Kulig A., 2016, Odour Monitoring of a Municipal Wastewater Treatment Plant in Poland by Field Olfactometry, Chemical Engineering Transactions Vol. 54, p. 331-336, <https://doi.org/10.3303/CET1654056>, * autor korespondencyjny.

 - f. **Barczak R.**, Kulig A., Szyłak-Szydłowski M., 2012, Olfactometric Methods Application for Odour Nuisance Assessment of Wastewater Treatment Facilities in Poland, Chemical Engineering Transactions, Vol. 30, p. 187-192.
 - g. Capelli L., Sironi S., **Barczak R.**, Il Massimiliano M. G., Del Rosso R., 2012, Validation of a Method for Odor Sampling on Solid Area Sources, Water Science and Technology Vol. 66 (8) p. 1607-1613, <https://doi.org/10.2166/wst.2012.361>, IF₂₀₁₂ = 1.102 (IF₂₀₂₁ = 2.430).
 - h. **Barczak R.***, Sówka I., Nych A., Skrętowicz M., Zwoździak P., 2010, Application of the Standard Sniffin' Sticks Method to the Determination Odor Inspectors' Olfactory Sensitivity in Poland, Chemical Engineering Transactions, Vol. 23, p. 13-18, * autor korespondencyjny.
 - i. **Barczak R.***, 2010, Metody pobierania próbek do oznaczeń olfaktometrycznych, Współczesne problemy inżynierii i ochrony środowiska (Prace Naukowe PW serii Inżynieria Środowiska), Vol. 58, p. 61-75, * autor korespondencyjny.
 - j. Kulig A., **Barczak R.**, 2010, Effective Microorganisms (EM) in Reducing Noxiousness of Selected Odorant Sources, Environment Protection Engineering, Vol. 36 (1), p. 12-24, IF₂₀₁₀ = 0.427 (IF₂₀₂₁ = 0.887).
3. Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych.
 - a. NOSE2022 8th International Conference on Environmental Odour Monitoring & Control, 11 -14 września 2022, Giardini Naxos, Taormina, Włochy, Importance of Musty Odour Character in the Emissions from Anaerobically Stabilized

- Dewatered Biosolids. Towards the Identification of Unknown Odour Components.
- b. V Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nauki przyrodnicze na rzecz człowieka i środowiska”. 29 kwietnia 2022, (konferencja wirtualna), Zastosowanie metody chromatografii gazowej sprzężonej z detektorem chemicznym i sensorycznym w analizach odorantów z obiektów gospodarki komunalnej – możliwości i perspektywy zastosowania.
 - c. NOSE2020, (konferencja wirtualna), 18 – 21 kwietnia 2021, Włochy, Odorous VOCs Identification from Ageing Dewatered Anaerobically Stabilised Biosolids from Polish WWTP by Two-dimensional Gas Chromatography Couple with Time-of-Flight Mass Spectrometry.
 - d. 7th IWA Odours and Air Emissions Conference, 25 – 27 października 2017, Warszawa, Presence of 2-Isopropyl-3-methoxypyrazine (IPMP) in emissions from anaerobically stabilised dewatered biosolids.
 - e. 15th International Conference on Environmental Science and Technology 31 sierpnia – 2 września 2017, Rhodes, Grecja, Occurrence of 2,4,6-Trichloroanisole in anaerobically stabilised dewatered biosolids emission.
 - f. The 11th IWA Symposium on Tastes, Odours and Algal Toxins in Water: Occurrence and Control, 14 – 16 lutego 2017, Sydney, Australia, Variations of odorous VOCs detected by different assessors via gas chromatography coupled with mass spectrometry and olfactory detection port (ODP) system.
 - g. NOSE2016 5th International Conference on Environmental Odour Monitoring & Control, 28 – 30 września 2016, Ischia, Italy. Odour Monitoring of a Municipal Wastewater Treatment Plant in Poland by Field Olfactometry, poster.
 - h. WEF Odors and Air Pollutants Conference, 21 – 24 marca 2016, Milwaukee, Wisconsin, USA. Odorous VOCs From Biosolids Detected By GC-MS/ODP.
 - i. 6th IWA Odour and Air Emissions Conference, 16 – 18 listopada 2015, Paris, Francja (konferencja została odwołana). Comparison of different measurement methods of odour and odorants used in the odour impact assessment of wastewater treatment plants in Poland.
-
- j. Uciążliwości odorowe. Występowanie, zapobieganie, aspekty prawne 16 – 17 kwietnia, 2013, Sopot. Metoda olfaktometrii terenowej i jej zastosowanie do badania i oceny oddziaływania zapachowego obiektów gospodarki komunalnej, w tym oczyszczalni ścieków.

- k. NOSE2012, 23 – 26 września, 2012, Palermo, Włochy. Olfactometric Methods Application for Odour Nuisance Assessment of Wastewater Treatment Facilities in Poland, poster.
 - l. Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska EKO-DOK, 15 – 18 kwietnia, 2012, Szklarska Poręba. Klasyfikacja metod badawczych stosowanych w ocenie oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków komunalnych.
 - m. NOSE2010, 22 – 24 września, 2010, Firenze, Włochy. Application of the Standard Sniffin' Sticks Method to the Determination Odor Inspectors' Olfactory Sensitivity in Poland.
 - n. Seminarium Probiotechnologia w rewitalizacji środowiska – mechanizmy działania: nauka i praktyka, 9 kwietnia, 2010, Warszawa. Ocena skuteczności likwidacji odorów przy zastosowaniu kompozycji pożytecznych mikroorganizmów Metodą KWADRANT-EkosystEM.
 - o. Postęp w Inżynierii Środowiska – V Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna, 25 – 27 września, 2008, Polańczyk. Badanie wpływu Efektywnych Mikroorganizmów (EM) na ograniczenie uciążliwości zapachowej wybranych źródeł odorantów.
 - p. Biotechnologia EM-Farming™ w życiu Ziemi i jej Mieszkańców, 16 – 17 czerwca, 2008, Licheń. Ocena skuteczności likwidacji odorów metodą wykorzystującą Efektywne Mikroorganizmy.
4. Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji.
- a. NOSE2022 8th International Conference on Environmental Odour Monitoring & Control, 11-14 września 2022 - Giardini Naxos, Taormina, Włochy – członek komitetu naukowego.
 - b. International Symposium on Water, Ecology and Environment (ISWEE), 15 – 18 października 2021, Beijing, Chiny – członek komitetu programowego.
 - c. 9th IWA Conference on Odours and VOCs/Atmospheric Emissions, 6 – 7 października 2021, Bilbao, Hiszpania – członek komitetu naukowego.
 - d. NOSE2020, 13 – 16 września 2020, Taormina, Włochy – członek komitetu naukowego.

- e. IWA Odour & VOC/Air Emission Conference 14 – 17 października 2019, Hangzhou, Chiny – członek komitetu naukowego.
 - f. XIV CNEA – ODOURS 19 International Conference on Odours, 16 – 17 maja 2019, Lisboa, Portugalia – członek komitetu naukowego.
 - g. NOSE2018 6th, 9 – 12 września 2018, Milan, Włochy – członek komitetu naukowego.
 - h. 7th IWA Conference on Odours and Air Emissions, 25 – 27 września 2017, Warszawa – **przewodniczący komitetu organizacyjnego**, członek komitetu naukowego.
5. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów.
- a. 2022 – obecnie, Wybór kluczowych odorantów na podstawie ich kinetyki i degradacji z komponentami atmosfery w przewidywaniu zasięgu oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków. **Kierownik projektu**, OPUS-21, NCN, UMO-2021/41/B/ST8/03440, budżet PLN 1 572 174.
 - b. 2014 – 2017 OdourCOB – Odorant Characterization of Odorants from Biosolids. Indywidualne stypendium wyjazdowe dla rozwoju kariery Marie Curie, 7 Program Ramowy, **Kierownik Projektu**, FP7-PEOPLE-2013-IOF, PIOF-GA-2013-622523, budżet € 250 000.
 - c. 2014 – 2017 Beneficial Reuse of Solids from Wastewater Treatment Operations w ramach programu Australian CRC for Low Carbon Living, for Cooperative Research Centres (CRC), Australia, wykonawca.
-
- d. 2011 – 2013 Analiza porównawcza olfaktometrii terenowej z innymi metodami badawczymi w ocenie oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków, numer umowy: 7401/B/T02/2011/40, numer wniosku: N N523 740140, **Grant promotorski, główny wykonawca**, budżet PLN 58 575.
 - e. 2009 – Nowe metody i technologie dezodoryzacji w produkcji przemysłowej, rolnej i gospodarce komunalnej; Zadanie badawcze Nr 1/2: „Szczegółowa identyfikacja, inwentaryzacja i charakterystyka źródeł odorantów w gospodarce komunalnej.”, projekt badawczy zamawiany PBZ-MEiN-5/2/2006, wykonawca.

6. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach.
 - a. 10.2018 – obecnie – Członek zespołu eksperckiego Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej.
 - b. 10.2014 – obecnie – Członek IWA, od 9.2017 do 10.2019 Przewodniczący Grupy Specjalistów Odours and Volatile Emissions IWA, od 10.2019 Członek Komitetu Grupy Specjalistów Odours and Volatile Emissions IWA.
 - c. 2014 – obecnie – Członek zespołu eksperckiego Programu Ramowego Badań i Innowacji Unii Europejskiej Horyzont 2020.

 - d. 2012 – Członek zespołu eksperckiego Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka, 2007-2013 w ramach Pilotażu Wsparcie na pierwsze wdrożenie wynalazku w ramach osi priorytetowej 4. Inwestycje w innowacyjne przedsięwzięcia,

7. Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru.
 - a. 10.2018 – 3.2019, Stypendysta programu Australian Endeavour Leadership Program. Australia, Naukowiec wizytujący, The University of New South Wales, Water Research Centre, School of Civil and Environmental Engineering.
 - b. 10.2014 – 10.2016, Stypendysta programu Marie Curie International Outgoing Fellowships for Career Development, under 7 EU Framework Programme Australia, The University of New South Wales, Water Research Centre, School of Civil and Environmental Engineering, Naukowiec wizytujący.

 - c. 09.2010 - 01.2011, Stypendysta indywidualnego naukowego stypendium wyjazdowego dla doktorantów i nauczycieli akademickich „Program Rozwojowy Politechniki Warszawskiej” w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta", Politechnika Mediolańska.

8. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach (np. redaktora naczelnego, przewodniczącego rady naukowej, itp.).

- a. Redaktor specjalnego numeru czasopisma Atmosphere (IF 3.11, Citescore 3.7) pt.: „Odorants Prioritization from the Environmental Odours Emissions”.
 - b. Członek Komitetu Tematycznego czasopisma Atmosphere.
9. Wykaz recenzowanych prac naukowych publikowanych w czasopismach międzynarodowych.
- a. A critical review on odor measurement and prediction, Journal of Environmental Management, 2023.
 - b. Study on combined ultrasound-ozone oxidation for metallurgical flue gas desulfurization gypsum, Environmental Pollution, 2023.
 - c. Revealing the Inner Changes of Molecules Composition Derived from DOM PARAFAC Based on Two-Dimensional Correlation Spectroscopy, Molecules, 2022.
 - d. Assessment of Solid Waste Management System in Pakistan by Applying Waste-aware Benchmark Indicators and Sustainable Model from Environmental and Economic Perspective, Sustainability, 2022.
 - e. Does Environmental Regulation Improve Carbon Emission Efficiency? Inspection of Panel Data from Inter-Provincial Provinces in China, Sustainability, 2022.
 - f. Energy Security, Sustainable Development and the Green Bond Market, Energies
 - g. The readiness of the water utilities in Bulgaria for transition towards circular economy, Processes, 2022.
 - h. Removal of drugs of abuse through tertiary or advanced treatment in a WWTP, Water, 2022.
 - i. Circularity of wastewater sector in Lithuania, Sustainability, 2022.
 - j. Removal of Hydrogen Sulfide in Biogas from Wastewater Treatment Sludge by Real Scale Biotrickling Filtration Desulfurization Process, Water Science and Technology, 2022.
 - k. Micrometeorological Methods for the Indirect Estimation of Odorous Emissions, Critical Reviews in Analytical Chemistry, 2021.
 - l. Volatile organic compounds emission in the rubber products manufacturing processes, Journal of Hazardous Materials, 2021.
 - m. Toward Development of a Framework for Prediction System of Local-Scale Atmospheric Dispersion Based on a Coupling of LES-Database and On-Site Meteorological Observation, Atmosphere, 2021.

- n. Mitigation of Odor and Gaseous Emissions from Swine Barn with UV-A and UV-C Photocatalysis, *Atmosphere*, 2021.
- o. Development and evaluation of a Fluctuating Plume Model for Odour Impact Assessment, *Applied Sciences*, 2021.
- p. Soybean hulls as carbohydrate feedstock for high-value biomolecule production in biorefineries, *Environmental Pollution*, 2021.
- q. A Systemic view on Circular Economy in the water industry, *Sustainability*, 2021
- r. Maximum Resource Recovery from Obsolete Computers and Waste Printed Circuit Boards (WPCBs) and Toxicity Assessment of its Waste Residues: An Approach Towards Sustainable and Zero-waste Environment, *Environmental Pollution*, 2021.
- s. Determination of dose-response relationship by odour exposure calculated by a dispersion model and an annoyance survey for a wastewater treatment plant (to derive odour impact criteria to determine separation distances), *Atmosphere*, 2021.
- t. Ferric sulphate flocculation as a concentration method for *Giardia* and *Cryptosporidium* in filter backwash water, *Water Practice and Technology*, 2020
- u. Evaluating the Eco-Efficiency of Wastewater Treatment Plants: Comparison of Optimistic and Pessimistic Approaches, *Sustainability*, 2020.
- v. Odour Control in Wastewater Treatment Plants: Effects of Ferric Chloride Treatment on Hydrogen Sulfide, *Water Science and Technology*, 2020.
- w. GC-MS/O for the characterization of odours from cheese-production wastewater: A case study, *Water Science and Technology*, 2020.
- x. Characterization of Odorous Volatile Sulfur Compound Emissions at the Water-air Interface from a Full-scale Sequencing Batch Reactor Wastewater Treatment Plant, *Journal of Hazardous Materials*, 2020.
- y. Integral evaluation of granular activated carbon at four stages of a full-scale WWTP deodorization system, *Science of the Total Environment*, 2020.
- z. Performance and Mechanism of Hydrogen Sulfide Removal By Sludge Based Activated Carbons Prepared By Recommended Modification Methods, *Environmental Pollution*, 2020.
- aa. Uncertainties in Regulatory Odour Impact Assessment: a WWTP Case Study, *Atmosphere*, 2020.

- bb. Microbial Activity and Malodor Precursor Significantly Impact the Potential of Malodor Emission from Activated Sludge, Environmental Pollution, 2020.
 - cc. Statistical Analysis of Sewer Odour Based On Ten-Year Complaint Data, Water Science and Technology, 2020.
 - dd. Advanced Water Scrubber for Odorous VOC Treatment in WWTP, Water Science and Technology, 2020.
 - ee. Odorant composition of post-consumer LDPE bags originating from different collection systems, Waste Management, 2019.
 - ff. Agglomeration, Environmental Policies and the Reduction of Wastewater Emission in China: A Study Based on Quasi-natural Experiment, Sustainability, 2019.
 - gg. Wind tunnel measurements of VOC emissions from aerated liquid surface, Chemosphere, 2019.
 - hh. Odours in Sewerage-A Description of Emissions and of Technical Abatement Measures, Environments, 2019.
 - ii. Evaluation of the efficiency of odor removal from recycled HDPE using a modified recycling process, Resources, Conservation and Recycling, 2019.
10. Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny.
- a. 10.2018 – obecnie – Członek zespołu eksperckiego Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej.
 - b. 2014 – obecnie – Członek zespołu eksperckiego Programu Ramowego Badań i Innowacji Unii Europejskiej Horyzont 2020.
-
- c. 2012 – Członek zespołu eksperckiego Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka, 2007-2013 w ramach Pilotażu Wsparcie na pierwsze wdrożenie wynalazku w ramach osi priorytetowej 4. Inwestycje w innowacyjne przedsięwzięcia.

III. WSPÓŁPRA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

- 1. Współpraca z sektorem gospodarczym.
-

- a. 2013 – uczestnictwo w projekcie Badanie i ocena oddziaływania na otoczenie Oczyszczalni Ścieków „CZAJKA” w Warszawie po modernizacji, dla Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie S.A.
 - b. 2012 – uczestnictwo w projekcie Badanie i ocena oddziaływania na otoczenie Oczyszczalni Ścieków „CZAJKA” w Warszawie, dla Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie S.A.
 - c. 2011 – uczestnictwo w projekcie Ocena oddziaływania zapachowego Stacji Techniczno-Postojowej Kabaty w Warszawie (dla Przedsiębiorstwa Robót Górniczych „Metro” Sp. z o.o.).
 - d. 2010 – uczestnictwo w projekcie Badanie i ocena oddziaływania na otoczenie Oczyszczalni Ścieków „CZAJKA” w Warszawie (okres przed i podczas modernizacji oraz rozbudowy) dla Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie S.A.
 - e. 2008 – uczestnictwo w projekcie Badania olfaktometryczne i ocena oddziaływania zapachowego źródeł odorów w Zakładzie Przetwórstwa Tłuszczowego w Warszawie, for ZPT w Warszawie S.A.
2. Wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców.
-
- a. Kulig A., Szyłak-Szydłowski M., Pusz A., **Barczak R.**, Ocena oddziaływania zapachowego Stacji Techniczno-Postojowej Kabaty w Warszawie (dla Przedsiębiorstwa Robót Górniczych “Metro” Sp. z o.o.), Raport WIŚ PW 02-11/KOiKŚ, 2011, Warszawa.
 - b. Kulig A., Szyłak-Szydłowski M., Miaśkiewicz-Pęska E., **Barczak R.**, Sternicka-Kantor M., Dąbrowska M., Badanie i ocena oddziaływania na otoczenie Oczyszczalni Ścieków “CZAJKA” w Warszawie, okres przed i podczas modernizacji oraz rozbudowy (dla Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie S.A.), Raport WIŚ PW 06-10/ZOiKŚ, 2010, Warszawa.
 - c. Kulig A., Sternicka-Kantor M., Pusz A., Dmochowska A., **Barczak R.**, Dąbrowska M., Wyniki czterech serii badań wód podziemnych, wykonanych w 2008 roku w ramach prowadzonego monitoringu lokalnego wód w rejonie składowiska odpadów w Krzemionkach (dla Huty Ostrowiec S.A. w upadłości w Ostrowcu Świętokrzyskim), Raport WIŚ PW 9-08/ZOiKŚ, 2010, Warszawa.

- d. Kulig A., **Barczak R.**, Dąbrowska M., Badania odorymetryczne i ocena oddziaływania zapachowego źródeł odorantów w Zakładach Przemysłu Tłuszczowego w Warszawie S.A. (dla ZPT w Warszawie S.A.), Raport WIŚ PW 5-08/ZOiKŚ, 2008, Warszawa.
- e. Kulig A., Sternicka-Kantor M., **Barczak R.**, Dąbrowska M., Badania potwierdzające skuteczność likwidacji odorów metodą wykorzystującą efektywne mikroorganizmy (dla firmy “EM-WORLD Polska”), Raport WIŚ PW 1-08/ZOiKŚ, 2008, Warszawa.

IV. DANE NAUKOMETRYCZNE

Całkowita liczba publikacji oryginalnych	21
Rozdziały w książkach	3
Liczba publikacji po uzyskaniu stopnia doktora	18
Sumaryczny IF (zgodnie z rokiem publikacji)	38.691
IF publikacji po uzyskaniu stopnia doktora	37.162
Sumaryczna liczba cytowani *	145
Sumaryczna liczba cytowań bez autocytowań *	122
Indeks Hirscha *	7

* Na podstawie bazy Web of Knowledge (19.04.2023)

.....

(podpis wnioskodawcy)