



Zabrze, 08.05.2023 r.

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska  
Polskiej Akademii Nauk  
ul. M. Skłodowskiej-Curie 34  
41-819 Zabrze  
[ipis@ipispan.edu.pl](mailto:ipis@ipispan.edu.pl)

## Recenzja

rozprawy doktorskiej autorstwa mgr inż. Tomasza Macha zatytułowanej  
*„Skład pierwiastkowy PM badany z wysoką rozdzielczością czasową (0,5-1h) jako narzędzie  
w ocenie pochodzenia zanieczyszczeń pyłowych powietrza wybranych regionów Polski”*

Postępowanie w sprawie nadania Panu mgr inż. Tomaszowi Macha stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka jest prowadzone na podstawie przepisów ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2021 poz. 478 z późn. zm).

Dynamiczny rozwój cywilizacji spowodował wzrost zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Jednym z najważniejszych czynników wpływających na jakość życia człowieka jest zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego. Dlatego tematyka, z którą związana jest niniejsza rozprawa doktorska jest ważna i aktualna. Głównym czynnikiem wpływającym na jakość powietrza atmosferycznego jest pył zawieszony, w skrócie PM (ang. *particulate matter*). Identyfikacja źródeł pochodzenia tego pyłu pozwala na dokładniejsze opracowanie w przyszłości programów i scenariuszy redukcji emisji pyłów i na kompleksowe podejście do zagadnień związanych ze składem pyłu z różnych źródeł. Biorąc pod uwagę stan powietrza

atmosferycznego w Polsce badania, które podjęto w niniejszej rozprawie wpisują się w cele Europejskiego Zielonego Ładu w zakresie środowiska i klimatu i wspiera ich osiągnięcie.

Przedmiotem badań niniejszej pracy doktorskiej Pana mgr inż. Tomasza Macha, wykonanej pod kierunkiem dr hab. Justyny Rybak, profesora Politechniki Wrocławskiej z Katedry Ochrony Środowiska Wydziału Inżynierii Środowiska, przy pomocy opiekuna pomocniczego Pana mgr inż. Krzysztofa Grabowskiego perfekcyjnie wpisuje się w wyżej wymienioną problematykę i szeroko pojęty obszar badawczy. Pani dr hab. Justyna Rybak, prof. PWr to wybitny specjalista w zakresie biomonitoringu i bioindykacji środowiska, autorka i współautorka wielu prac z zakresu ochrony i inżynierii środowiska, w tym ochrony powietrza. Niniejsza rozprawa doktorska jest podsumowaniem kilku lat badań związanych z identyfikacją źródeł pochodzenia pyłu zawieszonego (PM10 oraz PM2.5) na podstawie analizy elementarnej badanych próbek pyłu. Do wykonania tych badań wykorzystano analizator Horiba PX-375, który umożliwia pomiar składu pierwiastkowego pyłu z wysoką rozdzielczością czasową (0,5-1,0h). Badania prowadzono w kilku kampaniach pomiarowych w latach 2019-2021, we współpracy z kilkoma ośrodkami naukowymi w Polsce: Szkołą Główną Służby Pożarniczej w Warszawie, Politechniką Opolską, Szkołą Główną Gospodarstwa Wiejskiego, Uniwersytetem Wrocławskim oraz Instytutem Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk.

Wyniki badań eksperymentalnych Doktoranta opublikowane zostały w cyklu publikacji składającym się z 12 prac oryginalnych o łącznej punktacji IF: 20.18 oraz MNiSW/KBN=925 pkt. Doktorant opublikował jako współautor wyniki pracy doktorskiej w czasopismach takich jak: *Minerals*, *Zeszyty Naukowe SGSP*, *Energies*, *Materials*, *Journal of Ecological Engineering*, *Environmental Protection Engineering*. Ponadto w skład dorobku publikacyjnego Doktoranta wchodzi materiały z konferencji w tym z: *10th Jubilee Scientific Conference InfoGlob 2018*, *XI Konferencja Naukowa Ochrona Powietrza w Teorii i Praktyce*, *11th International Aerosol Conference*.

Merytoryczny opis wkładu pracy Doktoranta wyraźnie wskazany w dysertacji, potwierdzają istotną rolę oraz wiodące zaangażowanie mgr inż. Tomasza Macha w realizację badań i powstawanie prac. W większości z prezentowanych 12 oryginalnych prac Doktorant jest głównym autorem (na pierwszym miejscu). Jego zaangażowanie w badania naukowe jak i powstawanie publikacji odnoszą się zarówno do etapu koncepcji, planowania i projektowania eksperymentów, ale też przygotowania i prowadzenia kampanii pomiarowych, przeprowadzania bezpośrednich badań i pisanie samych prac.

Rozprawa doktorska mgr inż. Tomasza Macha jest napisana w języku polskim i ma charakter 12 opublikowanych i powiązanych ze sobą tematycznie artykułów naukowych. We

wstępie teoretycznym, zatytułowanym „Tło problemu”, który obejmuje ok. 6 stron przedstawione zostały podstawowe informacje związane z zanieczyszczeniem powietrza przez pyły, metodologii stosowanej do identyfikacji źródeł PM, stosowanych modelach, automatycznych metodach wykorzystywanych do pomiaru masy pyłu, metod w zakresie oznaczania składu pierwiastkowego pyłu oraz wykorzystania bioindykatorów do identyfikacji źródeł emisji pyłu. Następnie w zwięzły sposób przedstawiony został cel pracy doktorskiej z wyszczególnieniem problemów badawczych i kolejnych etapów prowadzenia badań. W skróty sposób omówione zostały wyniki i wnioski 12 prac wchodzących w skład jednolitego cyklu publikacji i zagadnień podnoszonych w tych publikacjach. Następnie Doktorant przedstawił podsumowanie i wnioski wynikające z wszystkich przeprowadzonych badań. Jest to bardzo dobre podejście, ponieważ pozwala całościowo spojrzeć na problematykę badawczą podejmowaną w badaniach i przedstawioną w publikacjach, jak również ocenić efekty i jakość realizowanych badań. Rozprawę uzupełniają streszczenie w języku polskim i angielskim, literaturę zastosowaną w niniejszej dysertacji (150 pozycji), zestawienie dorobku naukowego Doktoranta. Całość dysertacji bez cyklu publikacji to 48 stronicowe opracowanie.

Podstawowymi celami pracy doktorskiej były ustalenie źródeł pochodzenia pyłu zawieszonego w powietrzu atmosferycznym i ustalenie aktualnej hierarchii źródeł pyłu oraz wykazanie możliwości wykorzystania wyników o wysokiej rozdzielczości czasowej zmienności stężenia pyłu i związanych z nim pierwiastków do prostej i szybkiej oceny jakościowej wpływu źródła emisji na ich stężenie w powietrzu. Ponadto w czasie prowadzenia badań Doktorant zmagał się z wieloma problemami badawczymi takimi jak: dobór odpowiedniego sprzętu pomiarowego, który umożliwia w sposób automatyczny i z wysoką rozdzielczością czasową prowadzić pomiary ilości i składu pierwiastkowego pyłu; doбором sprzętu pomocniczego wspomagającego pomiary parametrów środowiska i warunków otoczenia badanego receptora; wyborem kilku reprezentatywnych źródeł pochodzenia pyłu; zapewnieniem wiarygodności danych (dobór metodyk pomiarowych, badań porównawczych z innymi metodami); doбором metodyk analizy danych (metod statystycznych) oraz weryfikacji badan i walidacji wyników uzyskanych innymi metodami.

Do wymiernych efektów prowadzonych badań Doktoranta opisanych w rozprawie oraz w załączonych publikacjach stanowiących podstawę dysertacji należą:

- wykazanie, że w krótkim okresie pomiarowym, wykorzystanie spektrometru PX-375 umożliwiającego pomiar stężenia masowego pierwiastków w cząstkach pyłu z dużą rozdzielczością czasową, pozwala na jakościowe powiązanie badanych pierwiastków w powietrzu z ich źródłami pochodzenia;

- zastosowanie badanego rozwiązania w systemie jakości monitoringu powietrza w Polsce pozwoli prowadzić w przyszłości ten monitoring znacznie wydajniej i efektywniej;
- zamiast wieloletnich pomiarów w pojedynczych, stałych receptorach można wykonywać pomiary w krótkich okresach czasowych i na podstawie tych pomiarów z dobrą dokładnością ocenić pochodzenie pyłu i związanych z nim priorytetowych metali w wielu lokalizacjach;
- zastosowanie tego narzędzia pozwala precyzyjnie wyznaczyć przestrzenne zmiany stężenia zanieczyszczeń powietrza w Polsce i na tej podstawie szacować narażenie zdrowotne mieszkańców ze względu na zanieczyszczenie powietrza;
- dane porównawcze pozyskane przy pomocy bioindykatorów pozwoliły poszerzyć wiedzę na temat innych alternatywnych metod stosowanych do oceny źródeł, pochodzenia i identyfikacji zanieczyszczeń.

Czytając dysertację i podsumowanie badań niezrozumiały wydaje się wniosek dotyczący zinventaryzowania większości emitorów w Polsce. Należy wyjaśnić idee propozycji budowy automatycznego systemu szybkiego wykrywania i identyfikacji źródeł emisji. Ponadto czy nie jest nadinterpretacją stwierdzenie w podsumowaniu uzyskanych wyników badań, że „w bardzo krótkim okresie pomiarowym, wykorzystanie spektrometru PX-375 lub dowolnie innego analizatora” pozwoli na jakościowe powiązanie pierwiastków z ich źródłami pochodzenia? Czy Doktorant sprawdzał dowolną ilość analizatorów?

W dysertacji pojawia się (na stronie 37) pojęcie koncentracji pobranego pyłu, co z pewnością ma związek z tłumaczeniem tego pojęcia z języka angielskiego, jednak w chemii stosuje się pojęcie stężenia a nie koncentracji.

Ponadto w związku z nielicznymi błędami stylistycznymi pojawiały się w dysertacji takie fragmenty jak: „długotrwały wpływ pyłu zawzonego”, co z pewnością jest omyłką pisarską.

W części pracy dotyczącej tła problemu mgr inż. Tomasz Macha wprowadza do tematyki związanej z zanieczyszczeniem powietrza przez pyły. Na wstępie doktorant powinien opisać znaczenie skrótu PM i wyjaśnić nomenklaturę PM2.5 czy PM10.

W pracy pojawiają się nieliczne błędy interpunkcyjne, które nie wpływają znacząco na jej merytoryczną jakość.

Biorąc powyższe pod uwagę wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie mgr inż. Tomasza Macha do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Jednocześnie mając na uwadze bardzo duże zaangażowanie Doktoranta w pracę badawczą, wyrażone w m. in w postaci pierwszego autorstwa wielu prac eksperymentalnych przedstawionych jako cykl doktoratu oraz

pracy pogładowej, rangę problematyki i potencjał innowacyjny uzyskanych wyników oraz znaczący dotychczasowy dorobek naukowy Doktoranta, wnioskuje o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

Magdalena Jabłońska-Czapla

dr hab. Magdalena Jabłońska-Czapla, Prof. IPIS PAN