

Artur Badyda  
Politechnika Warszawska  
Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

## Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Tomasza Macha pt. „Skład pierwiastkowy PM badany z wysoką rozdzielczością czasową (0,5-1h) jako narzędzie w ocenie pochodzenia pyłowych powietrza wybranych regionów Polski”.

---

Praca otrzymana do recenzji w dniu 5 czerwca 2023 roku.

### 1. Zasadność podjęcia pracy

Przedłożona do recenzji praca doktorska porusza ważną tematykę związaną z zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego, pomiarami stężeń zanieczyszczeń powietrza, jak również z nowymi rozwiązaniami (opartymi w szczególności na metodach bioindykatorowych), mogącymi wesprzeć skuteczność oceny jakości powietrza, a tym samym również oceny skali narażenia ludzi na szkodliwe czynniki w powietrzu, którym oddychają. Kluczowym elementem pracy jest kwestia identyfikacji źródeł/pochodzenia pyłu zawieszonego, co stanowi z kolei istotny aspekt w kontekście możliwości sprawnego weryfikowania źródeł emisji pyłów. Warto podkreślić, że co prawda Podsystem Monitoringu Jakości Powietrza będący elementem Państwowego Monitoringu Środowiska jest w Polsce dobrze rozwinięty, a rozwój ten jest nadal realizowany, to jego kluczowym celem nie jest identyfikowanie źródeł emisji, zwłaszcza na poziomie lokalnym. Dotychczasowe metody identyfikacji pochodzenia pyłu zawieszonego polegają głównie na modelowaniu matematycznym (modele statystyczne, czy receptorowe) lub pobieraniu próbek pyłu w celu ich dalszej analizy laboratoryjnej, co jednak nie umożliwia szybkiej identyfikacji źródła emisji.

Zaproponowane przez Doktoranta rozwiązania, przynajmniej częściowo, problem ten eliminuje. Z zastosowaniem bowiem odpowiednich urządzeń pomiarowych, możliwe jest szybkie określenie składu pierwiastkowego pyłu (profil chemiczny metali zaadsorbowanych na powierzchni pyłu) ze znaczną rozdzielczością czasową. Rozpowszechnienie tego typu pomiarów zapewniłoby nie tylko identyfikowanie określonych źródeł emisji pyłu, w oparciu o analizę profilu chemicznego obecnych w powietrzu zanieczyszczeń, ale mogłoby doprowadzić do bardziej skutecznego działania na rzecz poprawy jakości powietrza, które jak powszechnie wiadomo w Polsce stanowi poważny problem nie tylko środowiskowy, ale i społeczno-zdrowotny.

Stosowane dotychczas metody pomiarowe i modelowanie nie umożliwiają wykonania skutecznych analiz zwłaszcza w przypadku gdy emisje ze źródeł ulegają szybkim zmianom w czasie, czy też gdy w danej okolicy występuje wiele różnorodnych źródeł emisji, w szczególności cechujących się zbliżonym profilem chemicznym pyłu. Ograniczenia obserwowane w przypadku stosowania metod statystycznych, ale także metod wymagających zebrania próbki pyłu na filtr, który jest następnie poddawany analizie w laboratorium, zdają się być w znacznym stopniu eliminowane przy zastosowaniu

nowoczesnej aparatury pomiarowej i metod zaproponowanych przez Doktoranta. Wydaje się, że może to być pierwszy krok do wdrożenia nowoczesnym metod pomiarowych, które umożliwią szybsze i bardziej skuteczne identyfikowanie, a docelowo również eliminowanie uciążliwych źródeł emisji zanieczyszczeń powietrza. Za ciekawą propozycję można uznać wspomnienie tych metod badaniami bioindykatorowymi, opartymi np. na zaproponowanych przez Doktoranta sieciach pajęczych.

## **2. Ogólna charakterystyka i ocena rozprawy**

Oceniana praca doktorska została przedłożona jako cykl 12 publikacji (prac oryginalnych), na które składają się zarówno artykuły opublikowane w czasopiśmie naukowych, rozdziały w monografiach naukowych, jak również prace, które ukazały się w formie materiałów konferencyjnych. Z tego też głównie względu praca jest dość obszerna (załączony cykl publikacji stanowi ok. 75% całego opracowania).

Rozprawa rozpoczyna się od krótkiego, około 1-stronicowego, streszczenia przedstawionego w języku polskim oraz angielskim, w którym Doktorant przedstawił pokrótce tło poruszanej problematyki, a następnie nieco szerzej omówił zakres zrealizowanych prac badawczych. W streszczeniu przewijają się krótkie informacje o celu realizacji poszczególnych badań, jednak brakuje jasno sformułowanego celu ogólnego, który tyczyłby się całej rozprawy. Streszczenie kończy się krótką wzmianką o użyteczności i zasadności stosowania zaproponowanej przez Doktoranta metody.

Kolejny rozdział rozprawy to syntetyczne przedstawienie dotychczas uzyskanych przez Autora pracy dyplomów oraz wyszczególnienie elementów cyklu publikacji. Jak będzie o tym mowa w dalszej części recenzji (w uwagach krytycznych) mankamentem jest brak umieszczenia poszczególnych elementów cyklu w spisie treści, jak również brak czytelnego uszeregowania prac stanowiących elementy cyklu. W końcowej części tego rozdziału znajduje się jeszcze krótkie zaprezentowanie pozostałych form upowszechniania wyników pracy.

Kluczowym elementem rozprawy jest rozdział trzeci, w którym zaprezentowano cel naukowy pracy i uzyskane wyniki. Na początku tego rozdziału Autor rozprawy charakteryzuje tło problematyki zanieczyszczenia powietrza w Polsce oraz metod identyfikacji źródeł emisji pyłu zawieszonego. Część poświęcona tłu problemu kończy się krótkim podsumowaniem zasadności zaproponowanego przez Doktoranta rozwiązania. Kolejnym elementem tego rozdziału jest omówienie celu pracy badawczej, gdzie został wskazany główny cel pracy oraz cele cząstkowe. Autor sformułował tu również najważniejsze problemy badawcze.

W ostatniej części tego rozdziału omówione zostały poszczególne prace wchodzące w skład cyklu publikacji. W większości przypadków omówione zostały zakresy publikacji, cele badawcze, jakie były z nimi związane, najważniejsze wyniki oraz płynące z zaprezentowanych prac wnioski. Mając na uwadze wspomniany już niejasny dla recenzenta sposób prezentacji elementów cyklu w tej konkretnej kolejności, dostrzec tu można również brak klarownego powiązania ze sobą poszczególnych prac. Wydaje się, że omówienie cyklu publikacji zyskałoby na jakości, gdyby Doktorant przejrzysto przedstawił zagadnienia łączące poszczególne elementy cyklu. W obecnym kształcie można odczuwać w tym zakresie pewien niedosyt, mając wrażenie, że kolejne publikacje stanowią niezależne od siebie, osobne elementy, a nie zaś, że są częścią jednolitego cyklu, który jednak z założenia powinien być w zauważalnym stopniu spójny.

Całość rozprawy kończy syntetyczne podsumowanie i wnioski wynikające z poszczególnych elementów cyklu. Uzupełnieniem rozprawy jest spis literatury. Spis ten sam w sobie jest dość obszerny, bowiem zawiera 149 pozycji (ponumerowanych od 1 do 150, jednak bez pozycji 113). Niemniej jednak zyskałby on na wartości, gdyby został podzielony choćby na prace naukowe i pozostałe elementy (w tym znajdujące się w spisie np. akty prawne, raporty, normy czy publikacje w mediach masowych). Oczywiście warto podkreślić, że większość zacytowanej literatury stanowią prace naukowe (artykuły, monografie czy rozdziały w monografiach), jednak czytelny podział byłby tu bardziej wskazany. Stosunkowo niski jest również udział najnowszej literatury naukowej. Wśród publikacji stricte naukowych prace opublikowane w ciągu ostatnich 5 lat stanowią jedynie nieco ponad 13%. Większy jest udział prac opublikowanych w ostatnich 10 latach, stanowiący 40% zacytowanej literatury naukowej. Wydaje się, że warto byłoby w pracy podejmującej tak nowatorski temat, położyć większy nacisk na przedstawienie najnowszych doniesień naukowych.

Podsumowując ogólną charakterystykę rozprawy warto podkreślić, że w większości prac (7 na 12) stanowiących elementy cyklu Doktorant występuje jako pierwszy autor, zaś generalnie Jego wkład w realizację prac badawczych będących przedmiotem tych publikacji, jak również wkład w przygotowanie samych publikacji jest znaczący. Należy również zaznaczyć, że realizacja badań do pracy doktorskiej wymagała zaplanowania i przeprowadzenia licznych pomiarów polowych, a następnie przeanalizowania dużej liczby wyników, co z pewnością stanowiło dla Doktoranta poważne wyzwanie i wymagało poświęcenia znacznej ilości czasu. Za kluczowe osiągnięcia przedłożonej do oceny rozprawy należy uznać wykazanie przez Doktoranta:

- Możliwości oznaczenia w krótkim okresie pomiarowym stężenia masowego pierwiastków w cząstkach pyłu zawieszonego ze znaczną rozdzielczością czasową, co umożliwi powiązanie zidentyfikowanych zanieczyszczeń ze źródłami ich emisji;
- Możliwości zastosowania zaproponowanego rozwiązania w systemie monitoringu jakości powietrza i stworzenie automatycznego systemu szybkiego wykrywania i identyfikacji źródeł emisji, także z uwzględnieniem pomiarów wspomagających opartych o bioindykatory;
- Możliwości zastąpienia wieloletnich pomiarów w stałych punktach, pomiarami sezonowymi bez utraty jakości wyników i dokładności oceny pochodzenia pyłu, co dodatkowo mogłoby umożliwić wykorzystanie mobilnego urządzenia pomiarowego do zastosowania w kilku punktach;
- Możliwości zwiększenia precyzji wyznaczania przestrzennych zmian stężeń zanieczyszczeń powietrza, co z kolei pozwoliłoby również na lepsze oszacowanie narażenia zdrowotnego na substancje zanieczyszczające powietrze.

### **3. Uwagi redakcyjne**

Mając na uwadze, że pracę doktorską stanowi cykl prac, które zostały już poddane recenzji i opublikowane po odpowiednim procesie redakcyjnym, nie analizowano prac stanowiących jednolity cykl publikacji pod kątem uwag redakcyjnych. Niemniej jednak pewne uwagi tej natury występują w odniesieniu do opisu charakteryzującego pracę, a dokładniej do części stanowiącej omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników.

Co do zasady omówienie to przedstawione zostało w sposób czytelny i raczej spójny, a w większości treść tej części pracy umożliwia płynny jej odbiór oraz łatwe podążanie za przemyśleniami Autora. W pracy nie uniknięto jednak pewnych uchybień natury redakcyjnej. W swoich uwagach recenzent

pominął drobne uchybienia edytorskie, jak tzw. literówki czy błędy związane z interpunkcją, których co należy wyraźnie podkreślić, jest stosunkowo niewiele. W przypadku kilku zdań (np. na str. 22 w akapitach 1. („Większość badań dotyczy...”) i 3. („Głównym celem badań naszych...”)) sposób ich sformułowania nie jest zbyt czytelny i wymagałyby one pewnych modyfikacji. Kilukrotnie zdarza się również, że w niektórych zdaniach brakuje pojedynczych wyrazów (np. na str. 34 w pierwszym zdanie dotyczącym publikacji nr 12), co wymaga chwilowego zatrzymania się nad danym fragmentem tekstu, aby dokładnie zrozumieć intencję Autora, niemniej jednak to również są nieliczne przypadki. Ograniczono się więc dosłownie do trzech uwag, które recenzent uznał za bardziej istotne, choć w żadnym stopniu niewpływające na wysoką ogólną ocenę rozprawy:

1. Na str. 10 (akapit 1) pojawia się sformułowanie „Badania WHO wykazały...”. Warto mieć na uwadze, że Światowa Organizacja Zdrowia, mimo tego, że przywiązuje bardzo dużą wagę do kwestii związanych z zanieczyszczeniem powietrza i ryzyka występowanie określonych następstw zdrowotnych związanych z narażeniem na te zanieczyszczenia, w zasadzie nie prowadzi własnych badań. Szereg ważnych publikacji, w tym licznych raportów WHO, a zwłaszcza wytycznych dotyczących jakości powietrza, opiera się na materiałach badawczych zawartych w licznych publikacjach naukowych dotyczących wspomnianych zagadnień, prezentujących wyniki prac, w tym badań epidemiologicznych i klinicznych realizowanych w wielu miejscach świata. Stąd też zapewne sformułowanie przywołujące „badania WHO” jest skrótem myślowym, mającym na celu wskazanie wyników badań zawartych w raportach opublikowanych przez Światową Organizację Zdrowia. Niemniej jednak, dla zachowania poprawności wydaje się, że znacznie lepszym rozwiązaniem jest przywołanie odpowiedniego raportu WHO, wskazując np. „Badania, których wyniki zebrano w raporcie WHO..., wykazały...”;
2. Na str. 12 (trzeci punkt w wypunktowaniu) przytoczono informację dotyczącą emisji pochodzących z koksowni i zawierającą następujący fragment: „...emisja bardzo rakotwórczych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, czy też benzo(a)pirenu”. Przede wszystkim należy tu podkreślić, że benzo(a)piren jest jednym ze związków z grupy WWA, stanowiącym zresztą indykatorem zanieczyszczenia powietrza związkami z tej grupy. Jest to również związek z jednym z najwyższych potencjałów kancerogenności spośród wszystkich WWA. Wydaje się zatem, że należałoby nieco inaczej sformułować ten fragment, wskazując na BaP jako jeden ze związków z grupy WWA i nie pisząc o „bardzo rakotwórczych WWA”, mając na uwadze, że do grupy 1 czynników cechujących się kancerogennym wpływem na organizm człowieka należy jednak niewiele związków z tej grupy;
3. W kilku miejscach pracy (np. na str. 33) Autor stosuje termin „cząsteczki” w odniesieniu do pyłu. W przypadku pyłu jednak zwykło się stosować termin „cząstki”, czy też „cząstki stałe”, zaś termin „cząsteczki” pozostaje raczej do określenia „cząsteczek chemicznych”, czyli „molekuł”.

W celu dopełnienia omówienia uwag redakcyjnych, recenzent pragnie jeszcze zwrócić uwagę Autora na stosowanie właściwego, tj. oficjalnego nazewnictwa niektórych instytucji. W treści pracy znaleźć można bowiem choćby wzmiankę o współpracy z Wyższą Szkołą Służby Pożarniczej, podczas gdy chodzi najpewniej o Szkołę Główną Służby Pożarniczej, którą to nazwę Uczelnia ta nosi już od ponad 40 lat (od 1982 roku), choć już niedługo nazwa ta zostanie zmieniona na Akademię Pożarniczą. Doktorant przywołuje również wyniki klasyfikacji Międzynarodowej Agencji Badań nad Nowotworami, której oficjalna polska nazwa brzmi Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (*International Agency for Research on Cancer*).

## 4. Uwagi krytyczne i pytania

Zasadniczo przedłożoną do oceny pracę doktorską należy ocenić wysoko, zaś temat podjęty przez Doktoranta za istotny i wnoszący znaczny wkład oraz nową wiedzę w problematykę ustalania źródeł pochodzenia pyłu zawieszonego w powietrzu atmosferycznym oraz dobór właściwych metod pomiarowych umożliwiających skuteczne wykonanie oceny pochodzenia pyłu. Jako recenzent odniosłem wrażenie, że praca doktorska została starannie zaplanowana, przemyślana i prezentuje bogaty warsztat naukowy Doktoranta.

Analiza zawartego w pracy materiału oraz jego omówienia dokonanego przez Doktoranta prowadzi w zasadzie do wniosku, że niewiele jest tu aspektów, które budziłyby istotne zastrzeżenia i wymagały zgłoszenia poważnych uwag krytycznych.

### Uwagi krytyczne:

Jednym z kluczowych mankamentów pracy, który częściowo można sklasyfikować po stronie uwag merytorycznych, częściowo zaś redakcyjnych, jest brak klarownego algorytmu, wedle którego prezentowane w cyklu prace naukowe są ułożone w takiej właśnie, a nie innej kolejności. Przede wszystkim brakuje wyszczególnienia kolejnych prac w spisie treści, co powoduje, że czytając omówienie danej pozycji literaturowej i chcąc zajrzeć do źródła, niezbędne jest długotrwałe niekiedy wertowanie dość obszernego w końcu opracowania, aby znaleźć właściwą pozycję. Bardzo pomocne byłoby w tej sytuacji wskazanie w spisie treści strony, na której należy szukać danej pracy. Kolejność poszczególnych elementów cyklu wydaje się być nieco przypadkowa, choć być może jako recenzent, nie zdołałem tylko odkryć „klucza” wedle którego poszczególne publikacje zostały w takim porządku zaprezentowane. Wydaje się, że są one przemieszane tematycznie (w cyklu omawianych jest kilka aspektów, które prezentowane są zarówno w publikacjach przedstawionych na początku, jak i na końcu cyklu), czasowo (tj. pod względem roku publikacji, czyli prace nie są ułożone chronologicznie ze względu na rok publikacji), czy też pod względem rodzaju publikacji (przemieszane są prace prezentowane w czasopiśmie krajowych, zagranicznych, rozdziały z monografii i prace prezentowane w materiałach konferencyjnych). Z pewnością więc pomocne byłoby choćby jedno zdanie wprowadzenia przed prezentacją cyklu, ze wskazaniem logicznego porządku prezentowania kolejnych elementów cyklu.

Za drugi dość ważny mankament, wskazany już we wcześniejszej części recenzji, należy uznać stosunkowo liczne prezentowanie relatywnie wiekowej literatury. Samo w sobie cytowanie starszej literatury nie jest oczywiście niczym zdrożnym, jednak wydaje się, że powinno ono mieć zastosowanie przede wszystkim w celu przedstawienia pewnych fundamentalnych, niezmiennych lub wolnozmiennych w czasie uwarunkowań czy też przełomowych w danej dziedzinie wyników badań. Warto również prezentować starszą literaturę w przypadku przedstawiania określonych zjawisk, czy nasilenia tych zjawisk na przestrzeni czasu w celu wskazania np. zachodzących zmian lub też po prostu scharakteryzowania pewnych uwarunkowań, które miały miejsce w dalszej przeszłości. W tym jednak przypadku Doktorant w wielu miejscach przywołuje literaturę ponad 10-, 20-, a nawet 30-letnią (np. pozycje 39-45) w celu scharakteryzowania uwarunkowań dotyczących np. źródeł emisji zanieczyszczeń do powietrza, określenia jakości powietrza czy też profilu chemicznego pyłu. Są to jednak w dużej mierze zjawiska, które uległy istotnym zmianom, nie tylko na przestrzeni ostatnich 30 lat, ale nawet ostatnich kilku lat. Udział poszczególnych źródeł emisji, charakteryzowanych np. obszarami gospodarki narodowej, uległ w ciągu ostatnich lat wyraźnej zmianie, co przyczyniło się również do zmiany profilu

chemicznego pyłu. Zauważalna poprawa nastąpiła również w kontekście samej jakości powietrza. Zatem w tej sytuacji posiłkowanie się wartościową skądinąd, ale jednak dość starą literaturą, nie jest uzasadnione i Doktorant zdecydowanie powinien był przytoczyć w omawianym materiale, zwłaszcza na stronach 11-13, najnowszą literaturę prezentującą te zagadnienia.

Efektom tej sytuacji jest przykładowo wskazywanie energetyki zawodowej, jako jednego z kluczowych źródeł emisji pyłu. Na str. 11-12 Doktorant wymienia energetykę na pierwszym miejscu najważniejszych źródeł emisji pyłów, następnie wskazując transport. W trzeciej kolejności pojawia się sektor komunalny. W opracowaniu, jako ważne źródło emisji pyłów wspomniane jest również rolnictwo. Biorąc jednak pod uwagę dane prezentowane choćby przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), energetyka zawodowa odpowiada za ok. 1,2% całkowitej emisji pyłów  $PM_{2,5}$  oraz 1,6% emisji pyłów  $PM_{10}$ . Transport (łącznie wszystkie obszary transportu) cechuje się udziałem w emisji pyłów na poziomie 4,3% i 4,5% odpowiednio dla pyłów  $PM_{2,5}$  i  $PM_{10}$ . Z kolei emisje pyłów z sektora komunalno-bytowego wynoszą dla tych samych frakcji odpowiednio 78% i 65%, zaś dla rolnictwa 1,3% i 8,7%. W dużych ośrodkach przemysłowych czy miejskich oczywiście te udziały mogą kształtować się zupełnie inaczej, jednak trudno uznać za uprawnione uogólnione stwierdzenie, że energetyka, transport czy rolnictwo należą do najważniejszych źródeł emisji pyłu. Lokalnie mogą mieć one istotne znaczenie (np. transport w dużych miastach, czy rolnictwo na terenach uprawnych), jednak mając na uwadze udziały poszczególnych sektorów gospodarki w ogólnym bilansie emisji na poziomie krajowym, zdecydowanie w pierwszej kolejności należy wspominać o procesach spalania poza przemysłem. Kilkuprocentowych udziałów pozostałych źródeł w całkowitym bilansie emisji nie należy oczywiście pomijać, jednak biorąc pod uwagę proporcje pomiędzy tymi udziałami a emisjami pochodzącymi z sektora komunalno-bytowego wydaje się, że należałoby przeprowadzić w tym miejscu zdecydowanie inną narrację dotyczącą kluczowych źródeł emisji pyłu.

#### Pytania:

W rozdziale prezentującym cel pracy badawczej (str. 17) w trzecim punkcie wypunktowania mowa jest o wyborze kilku reprezentatywnych receptorów pomiarowych. W pracy nie znaleziono klarownego wyjaśnienia sposobu, w jaki zapewniono reprezentatywność tych receptorów z punktu widzenia różnorodności źródeł emisji. Prośba o krótkie wyjaśnienie tej kwestii.

Z kolei w części omawiającej już poszczególne prace wchodzące w skład cyklu publikacji, na str. 21, Doktorant wskazuje, że „Wykonanie trzech sesji pozwoliło na zebranie bardzo dużego zestawu danych”. To oczywiście bardzo istotny aspekt, że dzięki wykonanym badaniom możliwe było zebranie znacznej ilości danych pomiarowych, niemniej jednak brak jest tu wyjaśnienia jakie wnioski wysnuto z analizy tego dużego zestawu danych. Tu również prośba o wyjaśnienie.

Na str. 23 Autor omawia możliwości zastosowania sieci pajęcznych jako swoistych bioindykatorów umożliwiających analizę składu pyłu zawieszzonego. Pytanie do Doktoranta, czy pajęczyny te same w sobie mogą być już zanieczyszczone, wskutek czego mogłoby to wpłynąć na wynik badania?

Na str. 26, przy omawianiu publikacji nr 5, mowa jest o zaobserwowanym wyraźnym wpływie emisji komunalnej na skład pierwiastkowy pyłu  $PM_{10}$ , a jako prawdopodobną przyczynę podano wykorzystanie węgla w elektrowniach i elektrociepłowniach do produkcji energii elektrycznej i ciepłej. Wydaje się jednak, że tu mowa jest o dwóch kompletnie różnych źródłach emisji. Owszem w obu występować może spalanie węgla w celu produkcji energii, jednak udziały sektora komunalnego oraz procesów spalania w energetyce zawodowej w emisji pyłu są znacząco różne, a i zapewne profil

chemiczny pyłu pochodzącego z obu tych źródeł będzie inny. Prośba więc do Autora o ustosunkowanie się do tej kwestii.

Na str. 30 Autor pisze z kolei „W zurbanizowanych obszarach Polski najpoważniejszym źródłem pierwiastków śladowych... jest spalanie paliw stałych i płynnych. Emisja zanieczyszczeń pochodzenia komunikacyjnego... stanowi w wielu polskich miastach zasadniczy problem zanieczyszczenia powietrza większością metali”. Z danych ogólnokrajowych wynika, że w ogólnym bilansie emisji wielu metali kluczową rolę odgrywają jednak źródła przemysłowe. Oczywiście lokalnie, w dużych ośrodkach miejskich, sytuacja może być inna. Prośba jednak do Doktoranta, aby sprecyzował, czy przytoczona przez niego informacja wynika z przeprowadzonych badań, czy też stanowi jedynie swego rodzaju obiegową opinię.

Na str. 31 pisząc o markerach oddziaływania emisji komunikacyjnej, Doktorant zaznaczył, że do przeprowadzenia badań wytypowany został punkt pomiarowy w ośrodku miejskim pod Warszawą. Prośba o informację, z jakiego powodu wybrano miejscowość podwarszawską, a nie np. samą Warszawę, gdzie z reguły natężenie ruchu pojazdów będzie znacznie większe, aniżeli w miejscowościach podwarszawskich. Uzasadnia to również informacja zaprezentowana na str. 33, gdzie Autor wskazuje na widoczny wpływ emisji ze źródeł komunalno-bytowych.

## 5. Wniosek końcowy

Oceniana praca stanowi przykład kompleksowego podejścia do problematyki zanieczyszczenia powietrza w kontekście identyfikacji źródeł emisji pyłu zawieszonego. Zdecydowanie należy podkreślić dużą wartość pracy, jak również znaczący wkład Doktoranta w proces badawczy oraz przygotowanie poszczególnych publikacji stanowiących elementy jednolitego cyklu. Nowatorski pomysł, wartościowe wyniki i możliwość wykorzystania uzyskanych rezultatów w praktyce monitoringu jakości powietrza, to kluczowe atuty przedłożonej do oceny rozprawy doktorskiej.

Choć Doktorant nie uniknął pewnych błędów i niedociągnięć, to przede wszystkim należy podkreślić, że zdarzają się one w każdej tego typu pracy, zaś przedstawione w poprzednim rozdziale recenzji uwagi krytyczne nie stanowią podważenia bardzo pozytywnej oceny rozprawy.

Mając powyższe na uwadze, stwierdzam, że będąca przedmiotem oceny rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Tomasza Macha, pt. „Skład pierwiastkowy PM badany z wysoką rozdzielczością czasową (0,5-1h) jako narzędzie w ocenie pochodzenia pyłowych powietrza wybranych regionów Polski” spełnia wymogi określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668). W oparciu o powyższe stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie Pana mgr. inż. Tomasza Macha do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ponadto, mając na uwadze wspomniany już wcześniej nowatorski charakter rozprawy, istotny wkład Doktoranta w przygotowanie prac badawczych i publikacji prezentujących ich wyniki, jak również znaczny potencjał wdrożeniowy zaproponowanego rozwiązania wkładam wniosek o wyróżnienie przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

 **PODPIS ZAUFANY**  
ARTUR JERZY  
**BADYDA**  
14.07.2023 19:31:13 [GMT+2]  
Dokument podpisany elektronicznie  
podpisem zaufanym

Artur Badyda.