

**dr hab. inż. Izabela Sówka, prof. uczelni**

**Politechnika Wroclawska  
Wydział Inżynierii Środowiska  
Katedra Inżynierii Ochrony Środowiska**



Plac Grunwaldzki 13  
50-377 WROCLAW  
tel. (71) 320 25 60  
e-mail: izabela.sowka@pwr.edu.pl

---

## **RECENZJA**

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Ewy Władysławy Anioł**

**pt. Wpływ zanieczyszczeń powietrza i warunków meteorologicznych na widzialność  
poziomą w Polsce**

opracowana w oparciu o uchwałę Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie z dnia 20. września 2023 roku na podstawie pisma Pana prof. dr hab. inż. Janusza Kubraka – przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka (nr pisma: IIŚ 50/2023) z dnia 25.09.2023 r.

Praca doktorska mgr inż. Ewy Władysławy Anioł dotyczy badań nad oceną wpływu wybranych zanieczyszczeń powietrza (PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> oraz SO<sub>2</sub>) oraz parametrów meteorologicznych (temperatura powietrza, wilgotność względna powietrza, prędkość wiatru, ciśnienie atmosferyczne, opad atmosferyczny) na widzialność poziomą w wybranych siedmiu obszarach miejskich (Białystok, Kielce, Warszawa, Katowice, Lublinie, Kraków, Zakopane) w Polsce w określonym przedziale czasowym (2010 – 2019). W rozprawie doktorskiej zaprezentowane zostały również - dla dwóch punktów pomiarowych zlokalizowanych w Warszawie oraz Zabrze - wyniki analiz dotyczących badań zmierzających do określenia zależności pomiędzy stężeniem pyłu frakcji PM<sub>1</sub>, stężeniem wybranych pierwiastków śladowych (V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Cd, Pb, Ga, Cr, Mo, Al, Mg, Ti), EC i OC (z ang. Elemental Carbon i Organic Carbon), parametrami meteorologicznymi (temperatura powietrza, wilgotność względna powietrza, prędkość wiatru, ciśnienie atmosferyczne, opad atmosferyczny) a widzialnością.

Realizacja pracy w określonym zakresie jest bez wątpienia bardzo istotna, zwłaszcza w świetle szeroko dyskutowanej, pogarszającej się okresowo w znaczny sposób jakości powietrza w Polsce, a także eksponowanej przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) tematyce związanej z wpływem zanieczyszczeń powietrza na zdrowie człowieka.

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Ewy Anioł została przygotowana w formie i układzie obejmującym opracowanie uwzględniające: podziękowanie; oświadczenia; streszczenie (w j. polskim oraz angielskim); spis treści; wstęp (rozdział 1); dwie główne części tj. część, którą można uznać za teoretyczną (rozdział 2) i w niej autorka rozprawy zawarła przegląd literatury w zakresie: definiowania widzialności (rozdział 2.1), dotychczasowego stanu wiedzy w zakresie widzialności w Polsce i na świecie (rozdział 2.2), metod i zakresu badania widzialności (rozdział 2.3), charakterystyki podstawowych pojęć związanych w zanieczyszczeniem powietrza (rozdział 2.4) z uwzględnieniem: źródeł zanieczyszczeń powietrza (rozdział 2.4.1), ich rodzajów (rozdział 2.4.2), jakości (rozdział 2.4.3) i kryteriów oceny jakości powietrza (rozdział 2.4.4), wpływu zanieczyszczeń powietrza na widzialność (rozdział 2.5), wpływu warunków meteorologicznych na widzialność (rozdział 2.6), zastosowania widzialności w ocenie jakości powietrza (rozdział 2.7) oraz związku składu chemicznego pyłu z widzialnością (rozdział 2.8); oraz część badawczą, w której zaprezentowane zostały: charakterystyka obszaru badań (rozdział 3), materiał źródłowy i metodyka badań własnych (rozdział 4) oraz wyniki badań własnych (rozdział 5). Część drugą pracy uwieńczają podsumowanie i wnioski z przeprowadzonych badań i analiz (rozdział 6).

W niemalże 3 stronicowym wstępie (rozdział 1) autorka rozprawy uzasadniła wybór tematyki podjętych badań, a także przedstawia główną hipotezę i cele pracy jednocześnie podkreślając m.in. ilość wykorzystanych do przeprowadzonych analiz rekordów (danych) oraz metod analiz statystycznych. Realizacja założonych celów pracy była możliwa poprzez odpowiednie zaplanowanie badań i analiz, w których wykorzystano dane pochodzące z banku danych pomiarowych Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ) ze stanowisk pomiarowych funkcjonujących w ramach sieci pomiarowej Państwowego Monitoringu Środowiska (PMS), których charakterystyka została przedstawiona przez autorkę rozprawy w rozdziale 3.1., a w tym stacji w: Białymstoku w rozdziale 3.1.1, Lublinie w rozdziale 3.1.2, Katowicach w rozdziale 3.1.3, Kielcach w rozdziale 3.1.4, Krakowie w rozdziale 3.1.5, Warszawie w rozdziale 3.1.6 oraz Zakopanym w rozdziale 3.1.7. Następnie

w rozdziale nr 4 autorka rozprawy przedstawiła kolejno charakterystykę: źródeł i bazy danych w zakresie wyników pomiarów dotyczących widzialności, wybranych do analiz zanieczyszczeń powietrza i parametrów meteorologicznych (rozdział 4.1), podstawowe założenia PMS oraz wykorzystane w ramach monitoringu jakości powietrza i parametrów meteorologicznych wybrane standardy i metodyki pomiarowe (rozdział 4.2), metodyki badań laboratoryjnych (rozdział 4.3) m.in. w zakresie analiz składu pierwiastkowego i zawartości OC i EC w pyłe frakcji  $PM_{10}$  (rozdział 4.3.1), wybranych narzędzi wykorzystanych przez autorkę pracy w analizach statystycznych (rozdział 4.4) ze szczególnym uwzględnieniem analizy korelacji Pearsona (rozdział 4.4.1), analizy regresji (rozdział 4.4.2) oraz metod uczenia maszynowego (rozdział 4.4.3). Z kolei w rozdziale nr 5, w którym mgr inż. Ewa Anioł zaprezentowała wyniki badań i analiz ujęte zostały m.in.: wstępna analiza statystyczna danych pomiarowych (rozdział 5.1) obejmująca: ocenę wpływu sezonowości na zmienność poziomów stężeń analizowanych zanieczyszczeń (rozdział 5.1.1), analizę zmienności stężeń zanieczyszczeń (rozdział 5.1.2), wyniki obliczeń w zakresie średniorocznych wartości parametrów meteorologicznych (rozdział 5.1.3), wyniki analiz zależności widzialności z parametrami meteorologicznymi oraz wybranymi zanieczyszczeniami powietrza (rozdział 5.1.4); uzyskane wyniki i formuły matematyczne modeli statystycznych opisujące związek widzialności ze stężeniem zanieczyszczeń i parametrami meteorologicznymi (rozdział 5.2) z uwzględnieniem rezultatów w zakresie: analizy regresji pomiędzy widzialnością a zanieczyszczeniami powietrza oraz warunkami meteorologicznymi (rozdział 5.2.1), analizy skupień wykonanej metodą k-średnich (rozdział 5.2.2) oraz rankingów ważności zmiennych i ich wpływu na widzialność (rozdział 5.2.3). Następnie w podrozdziale nr 5.3. autorka rozprawy doktorskiej zaprezentowała wyniki badań i analiz w zakresie oceny wpływu składu chemicznego frakcji pyłu  $PM_{10}$  na widzialność, a w tym przedstawione zostały wyniki obliczeń dotyczące: podstawowych statystyk opisowych (rozdział 5.3.1), zależności pomiędzy stężeniami oznaczonych pierwiastków śladowych, stężeniem pyłu i parametrami meteorologicznymi a widzialnością w Warszawie i Zabrzu (rozdział 5.3.2) oraz analizy sieci współzależności (rozdział 5.3.3). W każdym z ww. podrozdziałów pracy doktorskiej dotyczących wyników badań i analiz pani mgr inż. Ewa Anioł przeprowadziła dyskusję oraz w 'jej trakcie' zaprezentowała porównanie wyników uzyskanych z własnych analiz i obliczeń z dostępnymi danymi literaturowymi.

W ostatniej, opisowej części rozprawy, jak już wspomniano powyżej, zawarto podsumowanie i wnioski końcowe (rozdział 6). Elementy ‘porządkowe’ tekstu pracy zawierające bibliografię (rozdział 7) oraz spisy tabel, rysunków i wykresów zamykają rozprawę doktorską mgr inż. Ewy Anioł.

W tak syntetycznie zaprezentowany przeze mnie sposób mgr inż. Ewa Anioł w rozprawie doktorskiej spójnie i chronologicznie:

1) sformułowała jako główne cele pracy (cyt.): ‘

- identyfikację czynników wpływających na kształtowanie się widzialności w wybranych obszarach w Polsce;

- opracowanie modeli identyfikujących wpływ zanieczyszczeń powietrza, parametrów meteorologicznych i dodatkowych czynników na widzialność;

- określenie związku pomiędzy składem chemicznym pyłu  $PM_{10}$  a widzialnością z uwzględnieniem lokalnych warunków meteorologiczno-klimatologicznych, w dwóch aglomeracjach miejskich w Polsce (Agglomeracja Górnośląska i Warszawska).’ oraz:

2) zdefiniowała następującą tezę naukową (cyt.): ‘Istnieje związek pomiędzy zanieczyszczeniami powietrza, parametrami meteorologicznymi i innymi czynnikami a widzialnością na tyle ścisły, że można go wykorzystać do prognozowania stężeń zanieczyszczeń w rejonach nieobjętych monitoringiem’;

3) przedstawiła wyniki prac w swoim zakresie polegających m.in. na:

przeglądzie bieżącej wiedzy w tematyce rozprawy doktorskiej;

przygotowaniu charakterystyki punktów pomiarowych pogłębionej o informacje nt. ich specyfiki i lokalizacji oraz czynników topograficznych, które mogą mieć wpływ zarówno rozprzestrzenianie zanieczyszczeń powietrza i zmienność czasowo-przestrzenną ich stężeń;

przygotowaniu i uporządkowaniu bazy danych obejmującej informacje w zakresie wartości: dobowych stężeń pyłu zawieszonego ( $PM_{10}$ ), dwutlenku siarki ( $SO_2$ ) oraz dwutlenku azotu ( $NO_2$ ) z siedmiu miast na terenie Polski tj.: Białegostoku, Warszawy, Kielc, Lublina, Katowic, Krakowa i Zakopanego z lat 2010 – 2019, co ostatecznie pozwoliło na uzyskanie dobowych wyników pomiarów stężeń zanieczyszczeń z lat 2010-2019 w ilości rekordów (danych): dla stężeń  $PM_{10}$  - 24 793 dla  $NO_2$  - 24 342 oraz dla  $SO_2$  - 24 315. Dodatkowo, wykorzystano dane pochodzące z badań (pobieranych zostało 240 prób pyłu i

wykonano w nich analizy składu pierwiastkowego ) przeprowadzonych na terenie Zabrze i Warszawy;

□ wykonaniu analiz i obliczeń mających na celu określenie zmienności czasowej i przestrzennej stężeń wybranych do analiz zanieczyszczeń powietrza;

□ wykonaniu analiz i obliczeń mających na celu określenie zależności pomiędzy stężeniami wybranych do analiz zanieczyszczeń powietrza, parametrami meteorologicznymi a widzialnością;

4) zaprezentowała efekty naukowe przeprowadzonych prac w zakresie określenia wpływu i zmienności stężeń wybranych zanieczyszczeń powietrza i parametrów meteorologicznych na widzialność na terenie obszarów wybranych do analiz.

Podsumowując, przeprowadzone i zaprezentowane w rozprawie doktorskiej badania wskazały na możliwość zastosowania widzialności jako wskaźnika, który może znaleźć zastosowanie w szybkich/doraźnych ocenach jakości powietrza, co jest nowatorskim pomysłem. Za szczególny element nowości uważam ukierunkowanie badań nad zależnością między widzialnością a stężeniami zanieczyszczeń powietrza zwłaszcza w zakresie stężeń pyłu zawieszonego frakcji  $PM_{10}$  i jego 'składników chemicznych' (dane pochodzące z dwóch miast na terenie Polski: Warszawy oraz Zabrze), a także zastosowanie analizy sieci współzależności do graficznego przedstawienia związku pomiędzy stężeniami i składem chemicznym pyłu zawieszonego frakcji  $PM_{10}$ , parametrami meteorologicznymi oraz widzialnością.

Uznaję, że zarówno zakres, jak i realizacja przeprowadzonych prac zostały zaplanowane i przeprowadzone we właściwy, kompleksowy sposób oraz rozprawa doktorska mgr inż. Ewy Anioł jest przygotowana w przemyślany sposób – poniżej zwrócę tylko uwagę na najważniejsze zagadnienia o naturze polemicznej:

1. We wstępie do pracy (rozdział nr 1) oraz przeglądzie literatury (rozdział nr 2) autorka rozprawy zaprezentowała m.in. podstawowe definicje, informacje dot. pojęć w obszarze tematyki badawczej etc. Nie mniej w ww. rozdziałach, w pewnych miejscach brakuje wg. mojej oceny wyraźnego wskazania źródeł literaturowych i stosowane są przez autorkę pracy niefortunne i nie do końca precyzyjne oraz w ujęciu poprawności stylistycznej niejasne sformułowania. Poniżej wskazuję wybrane przykłady (cyt.):

- ‘ (...) Wciąż istnieją obszary na świecie gdzie występują luki w ciągłych pomiarach jakości powietrza ze względu na wysokie koszty zakupu sprzętu, utrzymania w tym jego właściwej kalibracji i certyfikacji a także, braku wykwalifikowanego personelu do obsługi urządzeń. (...)’ *Wg mojej oceny brakuje wyraźnego wskazania na jakich obszarach.*
- ‘ (...) Wiele krajów uważa widzialność jako zamiennik do oceny jakości powietrza, w miejscach, gdzie podstawowy monitoring jest niemożliwy. (...)’ *Wiele krajów ‘uważa’?*
- ‘ (...) Mimo tego, po wnikliwej analizie przedmiotowej literatury dostępnej w Internecie, zauważono brak wystarczającej ilości prac naukowych dotyczących widzialności. W związku z niedostatkami aktualnych publikacji naukowych w pracy powołano się zarówno na najnowsze przedmiotowe publikacje jak i na te sprzed kilku lat. (...)’ *Wg mojej oceny zastosowanie określenia ‘w Internecie’, w miejsce wskazania dokładnych zasobów i baz literaturowych jest niefortunne.*
- ‘ (...) Widzialność w głównej mierze kształtowa jest przez zanieczyszczenia powietrza, na które największy wpływ mają czynniki antropogeniczne – powstałe na skutek działalności człowieka. (...)’ *Proszę o doprecyzowanie sformułowania.*
- ‘ (...) Nakładanie się wysokich stężeń zanieczyszczeń w dużych populacjach ma ogromny wpływ na zdrowie publiczne, (...)’ *Proszę o doprecyzowanie sformułowania.*
- ‘ (...) Emisja zanieczyszczeń pyłowych powoduje pogorszenie widzialności, co sprawia, że widzialność jest istotnym wskaźnikiem zastępczym dla zanieczyszczenia pyłem zawieszonym (Hu in., 2017). (...)’ *Rozumiem, że widzialność może wskaźnikiem zastępczym przy określonym poziomie zanieczyszczenia powietrza np. pyłem zawieszonym? Proszę o doprecyzowanie sformułowania.*
- ‘ (...) Opady atmosferyczne obniżają stężenie zanieczyszczeń powietrza poprzez oczyszczanie, zwiększając w ten sposób widzialność. (...)’ *Proszę o doprecyzowanie sformułowania.*
- ‘ (...) w Afryce Wschodniej jest stosunkowo niewiele miejsc monitorowania jakości powietrza co skutkuje brakiem długoterminowych danych dotyczących

jakości powietrza, które pozwoliłyby zrozumieć zarówno tendencje jakości powietrza oraz ich wpływu na zdrowie publiczne, nie brak natomiast danych dotyczących widzialności, które są dostępne na lotniskach, znajdujących się w miastach lub w ich pobliżu (Singh i in., 2020). (...)’ *Proszę o bardziej precyzyjną informację.*

- ‘ (...) Pogorszona widzialność zmniejsza dbałość o szczegóły. (...)’ *Rozumiem, w kontekście treści akapitu, że w tak sposób zastosowany zapis dotyczy kwestii ostrości widzenia i możliwości identyfikacji obiektów? Proszę o doprecyzowanie sformułowania.*

2. W rozdziale nr 3 autorka rozprawy koncentruje się na charakterystyce obszaru badań i wskazane zostały wybrane do analiz obszary miejskie. Zabrakło jednak opisu dotyczącego miasta Zabrze (str. 42-45). W przypadku informacji dot. stacji/punktów pomiarowych (str. 47-64) nie odnalazłam również informacji w zakresie dot. odległości do punktów/stacji, gdzie wykonywane były pomiary parametrów meteorologicznych. Uważam również iż w opisach w tym rozdziale zabrakło dokładniejszej charakterystyki analizowanych miast pod kątem ‘emisyjnym’ tzn. wskazania np. jakie są udziały poszczególnych kategorii źródeł na wybranych obszarach. Dlatego chciałabym zapytać: czy takie dane wg opinii autorki rozprawy doktorskiej można było pozyskać na potrzebę realizacji pracy?
3. W rozdziale nr 4.1. oraz 4.2. autorka pracy zestawiała informacje nt. źródeł danych i monitoringu jakości powietrza oraz pomiarów parametrów meteorologicznych. Wg mojej oceny w zaprezentowanych informacjach zabrakło informacji szczegółowych np. dotyczących zastosowanych typów urządzeń tj. ich rodzaju i modeli. Czy takie dane wg opinii autorki rozprawy doktorskiej można było pozyskać? Poza tym uważam iż w tabeli nr 9 powinny się znaleźć jako np. dodatkowy wiersz/e informacje dot. stacji pomiarowej w Zabrzu – wówczas zostałyby ujęte wszystkie punkty pomiarowe ujęte w dalszych analizach.
4. W rozdziale 4.3.1. autorka pracy nawiązuje do analiz składu pierwiastkowego i zawartości OC i EC – przedstawiając na rys. nr 17 lokalizacje punktów pomiarowych. Jednak, zarówno z wcześniejszych opisów, jak i treści ww. rozdziału nie można się dowiedzieć, gdzie zlokalizowane dokładnie były punkty pobierania prób pyłu. Nie odnalazłam również informacji nt. struktury bazy danych tj. ile

rekordów zawierała baza z pomiarów i analiz prób pyłu pobranych w Warszawie i Zabrzu? W związku z tym proszę o przedstawienie tych informacji podczas obrony rozprawy doktorskiej.

5. W rozdziale 5.1.1. autorka rozprawy prezentuje w zestawieniach tabelarycznych (tab. 11 – tab. 13) podstawowe statystyki opisowe dla danych z okresu 2010-2019. Wg mojej oceny zaprezentowanie tych danych byłoby czytelniejsze gdyby zostały przedstawione w postaci graficznej. Proszę autorkę pracy o informację, czy w przypadku analiz statystycznych została wyznaczona również wartość mediany? Ww. sugestia i pytanie dotyczy również danych zaprezentowanych w tabelach nr 28-27 w rozdziale nr 5.3.1.
6. Proszę o opinię autorki rozprawy i wypowiedź podczas obrony dotyczącą zaprezentowanych przez autorkę wniosków z przeprowadzonych badań i analiz tzn. czy można je odnieść/’przełożyć’ bezpośrednio lub pośrednio i uznać za słuszne dla innych obszarów miejskich w Polsce?

Oceniając tekst rozprawy doktorskiej pragnę podkreślić iż źródła literaturowe są dobrane w prawidłowy sposób.

Pragnę zwrócić uwagę na błędy redakcyjne, w tym związane ze znakami interpunkcyjnymi. Ich ilość wg mojej opinii nie jest jednak tak znaczna aby umniejszać wartości wykonanych badań oraz zaprezentowanych wyników analiz i przeprowadzonej dyskusji.

Oceniając pracę ‘całościowo’ pragnę podkreślić iż wskazane przeze mnie pewnego rodzaju niejasności, czy niedociągnięcia nie pomniejszają w żaden sposób osiągnięć naukowych w niej przedstawionych.

## **Wnioski**

Mgr inż. Ewa Władysława Anioł w pracy doktorskiej, przygotowanej pod opieką promotora dr hab. inż. Grzegorza Majewskiego, prof. SGGW oraz promotorki pomocniczej dr Doroty Kuli oryginalnie rozwiązała problem naukowy. Doktorantka podsumowała stan wiedzy w tematyce swojej pracy doktorskiej, co potwierdziło jej określony poziom ogólnej wiedzy teoretycznej w poruszanej tematyce badań i analiz. Pani mgr inż. Ewa Władysława Anioł



określiła cele dysertacji doktorskiej. Zrealizowane przez doktorantkę prace oraz analizy pozwoliły na zaproponowanie i wskazanie możliwości zastosowania widzialności jako wskaźnika, który może znaleźć zastosowanie w szybkich/doraźnych ocenach jakości powietrza. Poprzez użycie odpowiednich metod i przeprowadzenie określonych w zakresie dysertacji badań i analiz doktorantka umożliwiła m.in. praktyczne posługiwanie się nimi w zakresie danych dla określonych przedziałów czasowych i obszarów miejskich, co przy analizach na szerszą skalę ma potencjał aplikacyjny.

**Reasumując, stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Ewy Władysławy Anioł spełnia wymogi ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. z dnia 10 marca 2023 r. Dz. U. 2023 poz. 742 ze zm.). W związku z tym wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Ewy Władysławy Anioł do publicznej obrony przedstawionej pracy doktorskiej.**

Wrocław, 5. grudnia 2023 r.

