

Prof. dr hab. Marzenna R. Dudzińska
Katedra Jakości Powietrza Wewnętrznego i Zewnętrznego
Wydział Inżynierii Środowiska
Politechnika Lubelska

Recenzja

Dorobku naukowego dr inż. Mariana Rogulskiego i jego osiągnięcia naukowego:
„Analiza i poprawa jakości pomiarów wykonywanych za pomocą niskokosztowych czujników zanieczyszczeń powietrza oraz wykorzystanie ich do budowy urządzeń pomiarowych i rozszerzania możliwości systemów pomiarowych”

Podstawa formalna

Podstawą opracowania recenzji jest pismo RND.IŚGiE.0131.2023 z dnia 19.10. 2023 r. (wpłynęło 29.10.2023) Przewodniczącego Rady Dyscypliny „Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka” Politechniki Warszawskiej, prof. dr hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego.

Recenzja została wykonana z uwzględnieniem wymagań określonych w art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2021 poz. 478 z późn. zm.).

Materiały wykorzystane

Recenzję przygotowano na podstawie:

- Cyklu publikacji nt.: *„Analiza i poprawa jakości pomiarów wykonywanych za pomocą niskokosztowych czujników zanieczyszczeń powietrza oraz wykorzystanie ich do budowy urządzeń pomiarowych i rozszerzania możliwości systemów pomiarowych*
- autoreferatu Habilitanta o dorobku naukowym, dydaktycznym i organizacyjnym;
- kserokopii wybranych publikacji;
- spisu publikacji, informacji o prezentacji wyników na konferencjach naukowych oraz współpracy z ośrodkami zagranicznymi i otoczeniem społeczno-gospodarczym.

Ogólna charakterystyka habilitanta

Dr inż. Mariusz Rogulski ukończył studia na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej i w roku 2001 uzyskał tytuł magistra inżyniera specjalności Systemy Informatyczne Wspomagania Decyzji. W tym samym roku rozpoczął studia doktoranckie w Instytucie Automatyki i Informatyki Stosowanej Wydziału Elektroniki i

Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej, które ukończył, broniąc z wyróżnieniem rozprawę doktorską „Analiza wybranych modeli zintegrowanego obrotu wielotowarowego w systemach rozproszonych na przykładzie rynku energii”, w roku 2007.

W roku 2008 podjął pracę (jako adiunkt) w Zakładzie Informatyki i Badań Jakości Środowiska, na Wydziale Inżynierii Środowiska (obecnie Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska) Politechniki Warszawskiej, gdzie na wyżej wymienionym stanowisku pracuje do chwili obecnej.

Znaczenie podjętej tematyki badawczej

Zanieczyszczenia powietrza to wyzwanie naszych czasów, zarówno jeśli chodzi o substancje powodujące długotrwałe efekty i wpływające na zmiany klimatyczne, jak i cząstki zawieszone, tlenki azotu, ozon i inne substancje zanieczyszczające powietrze głównie na terenach zurbanizowanych i mające bezpośredni wpływ na zdrowie ludzi. Pomiary zanieczyszczeń prowadzone przez stacje monitoringu są kosztowne, ograniczone do niewielkiej liczby zanieczyszczeń i pokazują wyniki z najbliższego otoczenia stacji. Zarówno naukowcy, zainteresowani wynikami z dużych obszarów, jak i obywatele zainteresowani wiarygodną, aktualną informacją o poziome zanieczyszczeń w ich okolicy, potrzebują tanich urządzeń pozwalających na pomiar w czasie rzeczywistym.

Z tego względu odnotowujemy od kilku lat rosnące zainteresowanie rynku tzw. „*low-cost sensors*” czyli przenośnymi, tanimi urządzeniami, które produkuje coraz więcej firm. Także naukowcy projektują, konstruują i testują własne urządzenia. Te przyrządy oparte są często o inne metody niż referencyjne, mają ograniczoną dokładność i malejącą w czasie stabilność, a wyniki zależą od zanieczyszczeń współistniejących i parametrów cieplno-wilgotnościowych.

Badania naukowe Habilitanta obejmują zatem bardzo istotne z naukowego i aplikacyjnego punktu widzenia zagadnienia związane z porównaniem czujników niskokosztowych z urządzeniami profesjonalnymi i możliwościami rozbudowy sieci monitoringowych w oparciu o czujniki niskokosztowe.

W przedstawionym cyklu publikacji, dr. Rogulski koncertuje się głównie na czujnikach niskokosztowych, możliwościach ich wykorzystania i wiarygodności ich pomiarów.

Jego pełny dorobek publikacyjny dotyczy także zagadnień z zakresu narażenia na cząstki zawieszone i ich źródeł, a także aspektów ekonomicznych związanych z emisją zanieczyszczeń. Służył także swoimi kompetencjami informatycznymi w pracach zespołu zajmującego się rozwiązywaniem problemów uderzenia hydraulicznego w sieciach wodociągowych.

Należy podkreślić wagę także tej tematyki podjętej przez Habilitanta dla inżynierii środowiska i potencjalne praktyczne zastosowania wyników jego publikacji oraz efektów projektów badawczych.

Ocena dorobku naukowego

Osiągnięcie naukowe stanowi cykl 5-ciu publikacji, z których tylko jednej dr Rogulski jest jedynym autorem, a w dwóch – pierwszym autorem.

Poza pracami zgłoszonymi jako osiągnięcie, dr inż. Rogulski, po uzyskaniu stopnia doktora, opublikował 15 artykułów w czasopismach recenzowanych, 5 w materiałach konferencyjnych oraz 3 rozdziały w monografiach.

W spisie monografii habilitant wykazał także 5 książek (monoautorskich), jednak w danych bibliograficznych brak numerów ISBN. Wnioskując na podstawie tytułów i nazw wydawnictw, są to raczej podręczniki dla studentów, co zresztą autor potwierdza w części autoreferatu poświęconej działalności dydaktycznej i popularyzatorskiej.

Biorąc pod uwagę wszystkie artykuły indeksowane (5 zgłoszonych jako osiągnięcie i 15 pozostałych), w dwóch pracach jest jedynym autorem, a w siedmiu pierwszym autorem. Nie jest to zarzut, gdyż w dyscyplinie inżynieria środowiska, lub ogólniej w naukach doświadczalnych, praca w wieloosobowych zespołach jest naturalna i umiejętność pracy w zespole należy docenić. Także w zespołach międzynarodowych lub z kilku polskich jednostek, gdyż niektóre prace, sądząc po liście autorów, wskazują na współpracę z wieloma ośrodkami akademickimi z Polski i zagranicy.

Dorobek naukowy przed uzyskaniem stopnia doktora obejmuje 10 rozdziałów w monografiach oraz 3 publikacje w czasopismach nieindeksowanych.

Biorąc pod uwagę całkowity dorobek przed i po doktoracie (w tym prace zgłoszone jako osiągnięcie), publikacje Habilitanta były, w momencie składania wniosku, cytowane wg. WoS – 99 razy, wg. Scopus – 118 razy, a wg. Google Scholar 184 razy. Liczba cytowań bez autocytowań wynosiła 88 (WoS), 86 (Scopus) i 184 (Google Scholar). Recenzentka nie uważa autocytowań za zarzut, a raczej za potwierdzenie ciągłości prowadzonych badań i ich powiązanie.

Index H, niezależnie od bazy, w której publikacje były cytowane, wynosił 6 (w momencie składania wniosku).

Poziom cytowania (przy tej liczbie publikacji) oraz osiągnięty indeks Hirscha jest na poziomie średniego dla dyscypliny.

Habilitant prezentował swój dorobek na 28 konferencjach krajowych i międzynarodowych, (w tym na 17 po doktoracie), w wyniku czego publikował prace w materiałach konferencyjnych i jako rozdziały w monografiach.

Habilitant nie wykazał w dorobku patentu ani wdrożenia, na uwagę jednak zasługuje jego współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym, w tym ekspertyzy dla Miasta Warszawa i stołecznych instytucji oraz *Skanska Property Poland* i *Solutions for Technology*.

W ramach współpracy z Polską Spółką Gazownictwa wykonał 70 urządzeń pomiarowych, które podłączone do wyświetlaczy informują o aktualnym poziomie jakości powietrza atmosferycznego. W zakresie zastosowań niskokosztowych sensorów jakości powietrza współpracował z GIOŚ, Urzędem Miasta Stołecznego Warszawa, Miastem Nowy

Sącz (budowa prototypowej sieci pomiarowej), a w zakresie tworzenia sieci monitoringu z *Kapitech, Integrated Solutions* oraz *Weather Force*.

Habilitant podaje także informacje o swoim zaangażowaniu w realizację projektów. Swoją wiedzę w zakresie pomiarów stężeń zanieczyszczeń powietrza wykorzystuje w aktualnie realizowanym projekcie K-HEALTHinAIR, finansowanym z Horyzontu 2020 (HORIZON-HLTL-2021-ENVHLTH-02-02).

Był zaangażowany w realizację dwóch zakończonych projektów realizowanych w ramach lokalnych programów operacyjnych „*Human Smart Cities*”, jako kierownik projektu „Pilotażowe wdrożenie inteligentnych i innowacyjnych rozwiązań Human Smart City” dla miasta Rawicza, i jako wykonawca w projekcie „Podkowa Leśna = Human Smart City”.

W ramach informacji o pracy w zespołach badawczych realizujących inne projekty, podaje listę trzech projektów realizowanych po uzyskaniu stopnia doktora - dla Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska i dla Miasta Stołecznego Warszawa oraz dwóch projektów, realizowanych przez doktoratem dla Polskich Sieci Energetycznych .

Jak już podkreślono oceniając wagę tematyki badawczej, prowadzone badania i ich wyniki mają istotne znaczenie praktyczne, społeczne i naukowe dla dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe, przedstawione przez Habilitanta to cykl pięciu publikacji, połączonych w serię pod wspólnym tytułem: „*Analiza i poprawa jakości pomiarów wykonywanych za pomocą niskokosztowych czujników zanieczyszczeń powietrza oraz wykorzystanie ich do budowy urządzeń pomiarowych i rozszerzania możliwości systemów pomiarowych*”.

Dr Rogulski jest jedynym autorem jednej z pięciu publikacji, a dwóch – pierwszym autorem. We wszystkich 5-ciu publikacjach, Habilitant jest autorem koncepcji badań (tez badawczych i koncepcji eksperymentu), jakkolwiek brak danych o oszacowaniu wkładu procentowego.

Publikacje ukazały się w latach 2018 – 2022. Wszystkie ukazały się w czasopiśmie z listy Ministerstwa posiadających IF (od 1,186 do 3,031). Spośród 5-ciu publikacji w czasopiśmie, czterech wydawcą jest MDPI, a jedno wydawane jest w Polsce, jakkolwiek posiada międzynarodową Radę Wydawniczą.

Dwie z publikacji zgłoszonych jako osiągnięcie powstały w wyniku współpracy – jedna z zespołem z Portugalii, druga z Uniwersytetu Morskiego w Gdyni, co świadczy z jednej strony o umiejętnościach pracy w wielonarodowych i krajowych zespołach, z drugiej o szerokim zainteresowaniu problemem, który jest przedmiotem prezentowanego osiągnięcia.

W autoreferacie podsumowującym badania, Habilitant podzielił prezentowane prace na dotyczące badań porównawczych wybranych niskokosztowych czujników zanieczyszczeń powietrza z urządzeniami profesjonalnymi i propozycji matematycznej poprawy dokładności

wykonywanych za ich pomocą pomiarów (3 publikacje) oraz na dotyczące wykorzystania wybranych niskokosztowych czujników zanieczyszczeń powietrza do rozszerzania możliwości sieci i systemów pomiarowych (2 publikacje).

Tak sformułowane tematy badań tylko pozornie są różne, mówią raczej o konsekwentnym realizowaniu naczelnego celu, czyli poszerzeniu możliwości wykorzystania czujników niskokosztowych, czego jednak Habilitant w ten sposób nie sformułował.

Omówienie cyklu publikacji

Publikacja (A1), pt.: *Investigation of Low-Cost and Optical Particulate Matter Sensors for Ambient Monitoring*, opublikowana w *Atmosphere*, autorzy: M. Rogulski, A. J. Badyda, to pierwsza z prac w części poświęconej badaniom porównawczym wybranych niskokosztowych czujników zanieczyszczeń powietrza z urządzeniami profesjonalnymi oraz propozycji matematycznej poprawy dokładności wykonywanych za ich pomocą pomiarów. Zaprezentowano wyniki kampanii pomiarowych na południu Polski (stacje pomiarowe Rabka i Nowy Sącz) prowadzonych zimą i wiosną 2017 (Rabka) i 2018 (nowy Sącz). Wyniki ze stacji (urządzenia referencyjne) porównywano z wynikami z dwóch *low-cost sensors* i określono błędy pomiarowe (w porównaniu do urządzeń referencyjnych) oraz korelacje Pearsona odchyłeń z wartościami czynników meteorologicznych (temperatura, wilgotność względna i siła wiatru). Na podstawie uzyskanych wyników zaproponowano matematyczne korelacje dla sensorów niskokosztowych, w celu minimalizacji błędu pomiarowego.

W kolejnej publikacji (A2), zatytułowanej *Improving the Quality of Measurements Made by Alphasense NO₂ Non-Reference Sensors Using the Mathematical Methods*, opublikowanej w *Sensors, Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, autorzy: M. Rogulski, A.J. Badyda, A. Gayer, J. Reis, zaprezentowano wyniki podobnych badań porównawczych, tym razem dla czujników NO₂, prowadzonych w Nowym Sączu i w Warszawie w roku 2019. Czujniki NO₂ działają na innej zasadzie niż czujniki PM. Wykazano, że istotny czynnik zakłócający wskazania czujników stanowi temperatura oraz, że podane przez producenta wartości parametrów korygujących nie spełniają swojej funkcji i przy wysokich temperaturach mogą prowadzić do wykazania ujemnych stężeń. Funkcje korygujące zaproponowane przez habilitanta zmniejszyły błędy pomiarowe.

W pracy (A3) pt.: *Assessment of the Equivalence of Low-Cost Sensors with the Reference Method in Measuring PM₁₀ Concentration Using Selected Correction Functions*, opublikowanej w *Sustainability*, autorzy: T. Owczarek, M. Rogulski, P.O. Czechowski, wykorzystano pomiary z pierwszej publikacji cyklu (A1) i zaprezentowano analizę oceny równoważności wskazań czujników niskokosztowych do pomiaru PM i metod referencyjnych przy zastosowaniu różnych funkcji korygujących. Wykazano, że zastosowanie nawet prostej funkcji korygującej przynosi poprawę i prowadzi do zmniejszenia błędu pomiaru. Funkcje korygujące wymagają jednak poznania wartości temperatury i wilgotności względnej, co jest możliwe przy rozbudowywaniu sieci monitoringu o punkty wyposażone w sensory niskokosztowe, jednak ogranicza zastosowanie czujników przez indywidualnych użytkowników, chcących sprawdzić poziom zanieczyszczeń w swojej okolicy.

Uzyskanie wiarygodnych wyników z czujników niskokosztowych umożliwi rozbudowę sieci monitoringowych i uzyskiwanie dużej liczby danych w czasie rzeczywistym. Zatem kolejnym etapem badań Habilitanta było wykorzystanie wybranych niskokosztowych czujników zanieczyszczeń powietrza do rozszerzania możliwości sieci i systemów pomiarowych.

W artykule (A4) pt.: *Using Low-Cost PM Monitors to Detect Local Changes of Air Quality*, opublikowanym w *Polish Journal of Environmental Studies*, autor M. Rogulski, przedstawiono, na przykładzie Nowego Sącza, możliwość wykorzystania urządzeń z niskokosztowymi czujnikami stężeń zanieczyszczeń do wykrywania lokalnych zmian jakości powietrza, a w szczególności do identyfikacji tzw. *hot-spotów*, czyli terenów, na których występują szczególnie wysokie stężenia zanieczyszczeń. Urządzenia zamontowano w dodatkowych (do oficjalnej sieci) punktach miasta, i oprócz pomiaru poziomu PM₁₀, badano także siłę i kierunki wiatru. Zidentyfikowano obszar, gdzie w okresach, gdy występował słaby wiatr, niska temperatura i duża wilgotność, a zatem warunki sprzyjające do gromadzenia się pyłów w powietrzu, odnotowano największe różnice w porównaniu do stacji PMŚ. Publikacja była zatem, z punktu widzenia uzyskanych wyników, pracą typu „*case study*”, jednak potwierdzenie możliwości wykorzystania sensorów niskokosztowych ma ogólniejsze znaczenie, a prowadzone pomiary wpisują się w długoterminowe badania czujników i możliwości uzyskiwania rzetelnych wyników.

W drugim artykule na temat wykorzystania czujników do rozszerzania możliwości sieci i systemów pomiarowych. (A5), zatytułowanym *The Influence of Marine Traffic on Particulate Matter (PM) Levels in the Region of Danish Straits, North and Baltic Seas*, opublikowanym w *Sustainability*, autorzy: S. Firląg, M. Rogulski, A.J. Badyda, przedstawiono praktyczne zastosowanie zaprojektowanego i wykonanego przez Habilitanta urządzenia do zebrania danych umożliwiających analizę stężeń PM₁₀ nad powierzchnią Morza Północnego i Bałtyckiego oraz cieśnin duńskich, w porównaniu z sytuacją w portach, po zamontowaniu go na żaglowcu STS Fryderyk Chopin. Badano także wpływ emisji z przepływających statków na poziom zanieczyszczeń.

Wykazano istotne różnice w poziomie zanieczyszczenia powietrza między obszarem Morza Północnego, począwszy od wybrzeży Szkocji, aż po wybrzeże Danii czy Szwecji a Morzem Bałtyckim. Na podstawie analizy pomiarów chwilowych i danych z dziennika rejsu, zaobserwowano również wpływ zanieczyszczeń pochodzących z emisji z przepływających statków na rejestrowane wyniki pomiarów. Jest to interesujący aspekt, gdyż brak jest szerokich badań wpływu żeglugi na zanieczyszczenie środowiska poza badaniami wód w portach. Wykazano także możliwość zastosowania sensorów niskokosztowych w warunkach, w których użycie sprzętu profesjonalnego byłoby raczej niemożliwe.

Osiągnięcie, zgłoszone przez Habilitanta wynika z jego badań obejmujących:

- projektowanie i konstruowanie prototypowych urządzeń pomiarowych zawierających różne modele niskokosztowych sensorów jakości powietrza, elementy elektroniczne umożliwiające ich poprawną pracę i gromadzenie i wysyłanie danych oraz integrację z instrumentami do pomiaru parametrów meteorologicznych;
- projektowanie i zbudowanie w Nowym Sączu prototypowej sieci składającej się z urządzeń zawierających niskokosztowe sensory badające stężenie PM oraz parametry meteorologiczne;

- przeprowadzenie kilkumiesięcznych kampanii pomiarów porównawczych wybranych niskokosztowych czujników PM oraz NO₂ z urządzeniami prowadzącymi pomiary z użyciem metod referencyjnych (lub równoważnych referencyjnym) w zróżnicowanych warunkach klimatycznych i w różnych lokalizacjach w Polsce i za granicą;
- przetestowanie możliwości wykorzystania niekonwencjonalnych nośników do montażu i przeprowadzenia pomiarów z użyciem urządzeń zawierających niskokosztowe czujniki.

Podsumowanie/ uwagi

Cykl, przedstawiony jako osiągnięcie, stanowi ciekawe studium badań rzetelności pomiarów wykonywanych za pomocą wybranych niskokosztowych czujników zanieczyszczeń, w szczególności czujników pyłu zawieszonego, oraz opracowanie matematycznych algorytmów poprawy ich dokładności.

Stwierdzony wpływ, szczególnie wilgotności względnej, na wyniki, potwierdzają badania światowe, a także informacje niektórych producentów. To że współczynniki korelacji spełniają swoje zadanie dla różnych czujników tego samego producenta i modelu (pomiary w 2018 w Nowym Sączu prowadzono na innych egzemplarzach niż w 2017 w Rabce) świadczy o poprawności tezy, że można matematycznie „poprawić” odczyt. Jednak ze względu na znany fakt pogorszenia się dokładności i stabilności w czasie, ciekawe byłoby przeprowadzenie pomiarów w tym samym miejscu przy pomocy tych samych czujników przez ponad rok i ewentualna korekcja współczynników w czasie.

Z punktu widzenia nauk inżynierjno-technicznych istotne są możliwości wykorzystania praktycznego uzyskanych wyników, co potwierdziła budowa prototypowej sieci pomiarowej w Nowym Sączu oraz badania prowadzone na statku.

Do najważniejszych oryginalnych efektów badań Habilitanta można zatem zaliczyć:

- określenie dokładności wskazań niskokosztowych czujników pyłów oraz ditlenku azotu w różnych warunkach klimatycznych, na podstawie badań prowadzonych w Polsce, Hiszpanii i Portugalii,
- wykazanie wzajemnej korelacji niskokosztowych czujników pyłów oraz wzajemnej korelacji niskokosztowych czujników ditlenku azotu,
- zidentyfikowanie zewnętrznych czynników wpływających na wskazania niskokosztowych czujników pyłów,
- sformułowanie i zweryfikowanie zależności, które na podstawie wartości pomiaru pochodzącego bezpośrednio z niskokosztowego czujnika pyłów lub czujnika ditlenku azotu oraz wartości zidentyfikowanych, istotnych parametrów meteorologicznych, korygują wskazania niskokosztowego sensora pyłów i ditlenku azotu oraz minimalizują błędy pomiarowe.

Aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni naukowej, w szczególności zagranicznej

Dr Rogulski współpracował z dwoma instytucjami zagranicznymi. W latach 2018-2019 z Uniwersytetem w Sewilli, Hiszpania, gdzie prowadził pomiary porównawcze sensorów NO₂

i O₃ na stacjach lokalnej agencji ochrony środowiska. W roku 2012 odbył staż na Uniwersytecie w Aveiro, Portugalia, gdzie również prowadził badania porównawcze sensorów niskokosztowych, czego rezultatem była publikacja w *Sensors*, której jest współautorem i która stanowi jedną z cyklu, przedstawionego jako osiągnięcie.

Badania prowadził także we współpracy z Zespołem Metod Ilościowych, Finansów i Zarządzania Środowiskiem Uniwersytetu Morskiego w Gdyni, czego rezultatem jest również publikacja zaliczona do osiągnięcia naukowego.

Analizując przedstawioną listę publikacji można zauważyć także prace przygotowywane w zespołach wieloosobowych, złożonych z badaczy reprezentujących różne zespoły z Politechniki Warszawskiej oraz inne uczelnie polskie i zagraniczne (Włochy).

Działalność dydaktyczna, organizacyjna oraz popularyzująca naukę i sztukę

Dr inż. Mariusz Rogulski prowadzi działalność dydaktyczną na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, a od roku 2023 także na Wydziale Zarządzania PW. W latach 2010-2020 pełnił funkcję Pełnomocnika Dziekana ds. Informatyki na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska oraz administratora serwera w Zakładzie Informatyki i Badań Jakości Środowiska.

Zarówno do działalności dydaktycznej, jak i popularyzatorskiej zaliczyć można także autorstwo podręczników dla studentów.

Habilitant działa w organizacjach krajowych, związanych z jego zainteresowaniami naukowymi. I tak, od roku 2015 jest członkiem Polskiego Towarzystwa Informatyki Przestrzennej, a od 2016 członkiem Polskiego Stowarzyszenia Informatyki Środowiska, które współtworzył. Jest także przedstawicielem Polskiego Komitetu Normalizacyjnego w CEN/TC 264/WG 45 (*Ambient air – Air quality sensors*).

Dr Rogulski był współorganizatorem dwóch konferencji krajowych oraz członkiem komitetu organizacyjnego trzech edycji międzynarodowej konferencji „*Young scientists towards the challenges of modern technology*”, organizowanej przez Radę Doktorantów PW.

Za osiągnięcia organizacyjne i dydaktyczne (oraz naukowe) był nagradzany przez Rektora Politechniki Warszawskiej (nagrody zespołowe i indywidualne).

Podsumowanie

Podsumowując cykl publikacji, zgłoszony jako osiągnięcie, oraz całościowy dorobek, należy podkreślić wkład habilitanta w rozwój praktycznych aspektów inżynierii środowiska, a w szczególności w zagadnienia związane z:

- określeniem dokładności wskazań niskokosztowych czujników pyłów oraz ditlenku azotu w różnych warunkach klimatycznych,
- zbadaniem wzajemnej korelacji niskokosztowych czujników pyłów oraz wzajemnej korelacji niskokosztowych czujników ditlenku azotu,

- zidentyfikowaniem zewnętrznych czynników o znaczącym wpływie na wskazania niskokosztowych czujników pyłów i czujników ditlenku azotu,
- sformułowaniem matematycznych zależności, które na podstawie wartości pomiarów pochodzących bezpośrednio z niskokosztowych czujników pyłów oraz ditlenku azotu i istotnych parametrów meteorologicznych, korygują wskazania niskokosztowego sensora i minimalizując błędy pomiarowe.

Przedstawione badania mają potencjał aplikacyjny, co w naukach inżyniersko-technicznych jest bardzo istotne.

Jednocześnie należy docenić:

- parametry naukometryczne na przyzwoitym poziomie biorąc pod uwagę, że badania *low-cost sensors* dopiero się rozwijają (liczbę cytowań wg. WoS = 99 (bez autocytowań 88) i index Hirscha H = 6);
- wykorzystanie wiedzy w praktyce, co potwierdzają raporty i oceny eksperckie oraz budowa prototypowej sieci monitoringowej w Nowym Sączu;
- współpracę międzynarodową oraz prowadzenie badań czujników zarówno w warunkach polskich, jak i hiszpańskich oraz portugalskich;
- publikowanie wyników wspólnie z badaczami z różnych jednostek krajowych i zagranicznych;
- autorstwo podręczników dla studentów.

Wniosek końcowy

Habilitant wykazał się dorobkiem naukowym i umiejętnością prezentacji wyników. Rozwijaniu aktywności naukowej towarzyszyły osiągnięcia dydaktyczne oraz organizacyjne. Badania prowadził we współpracy z ośrodkami zagranicznymi i polskimi.

Dorobek naukowy i osiągnięcia Habilitanta stanowią wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, i spełniają kryteria Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*, art. 219 ust. 1 pkt. 2 i 3 (Dz. U. z 2021 poz. 478 z późn. zm.).

Lublin, 28.12.2023 r.

