

Lublin, 30.01.2026 r.

dr hab. inż. Wojciech Durlak
Zakład Roślin Ozdobnych i Dendrologii
Instytut Produkcji Ogrodniczej
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Głęboka 28
20-612 Lublin

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Karoliny Kais

pt. „Usługi ekosystemowe alei Warszawy”

wykonanej w Instytucie Inżynierii Środowiska, Katedrze Architektury Krajobrazu,
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
pod kierunkiem dr hab. inż. arch. krajobrazu Marzeny Suchockiej

Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną opracowania recenzji jest pismo Pani dr hab. inż. Agnieszki Karczmarczyk, prof. SGGW, Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, z dnia 28.11.2025 r., z prośbą o przygotowanie recenzji wymienionej wyżej pracy doktorskiej i stwierdzenie czy odpowiada ona wymogom stawianym rozprawom doktorskim na podstawie ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2024 r. poz. 1571, z późn. zm.).

Ocena formalna

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr inż. Karoliny Kais pt. „Usługi ekosystemowe alei Warszawy” została wykonana w Instytucie Inżynierii Środowiska, Katedrze Architektury Krajobrazu, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, pod kierunkiem dr hab. inż. arch. Marzeny Suchockiej.

W skład rozprawy doktorskiej wchodzi cykl trzech tematycznie powiązanych ze sobą artykułów naukowych opublikowanych w języku angielskim.

Artykuł nr 1: Kais, K.; Gołaś, M.; Suchocka, M. Awareness of Air Pollution and Ecosystem Services Provided by Trees: The Case Study of Warsaw City. *Sustainability* 2021, 13, 10611. <https://doi.org/10.3390/su131910611>.

Artykuł nr 2: Kais, K.; Gołaś, M.; Suchocka, M.; Ziemiański, M.; Kalaji, H. M. The Role of Urban Trees in PM_{2.5} Mitigation: Air Quality Assessment and Absorption Capacity Comparison in Warsaw Alleys. *JSPAЕ* 2025, 4, 75–94 <https://doi.org/10.56946/jspae.v4i2.730>.

Artykuł nr 3: Kais, K.; Suchocka, M.; Balcerzak, O.; Przybysz, A. Street Trees as Sustainable Urban Air Purifiers: A Methodological Approach to Assessing Particulate Matter Phytofiltration. *Sustainability* 2025, 17, 7451. <https://doi.org/10.3390/su17167451>.

Przedstawione i następnie omówione przez Doktorantkę jako rozprawa doktorska publikacje ukazały się w międzynarodowych czasopismach naukowych o charakterze otwartym: *Sustainability* – 2 pozycje i *Journal of Soil, Plant and Environment* – 1 pozycja. Czasopismo *Sustainability* znajduje się na liści ministerialnej MNiSW i jest oceniane na 100 pkt. a wg roku wydania współczynnik wpływu Impact Factor (IF) wynosi odpowiednio: 3,889 (2021 r.) i 3,300 pkt. (2025 r.). Natomiast *Journal of Soil, Plant and Environment* (JSPAЕ) (informacje podane przez Autorkę) wg bazy SCOPUS na rok 2024 charakteryzuje się wskaźnikiem SCImago Journal Rank (SJR) równym 0,525. Sumaryczny Impact Factor zbioru publikacji, zgodnie z rokiem wydania, wynosi 7,189 a liczba punktów wg MNiSW – 200.

Publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej są wieloautorskie, przy czym we wszystkich mgr inż. Karolina Kais jest pierwszym autorem a w dwóch dodatkowo autorem korespondencyjnym przyjmując obowiązek kontaktu z redakcjami poszczególnych czasopism i współautorami. Udział Doktorantki w powstawaniu publikacji, zgodnie z załączonymi oświadczeniami, jest znaczący. Wkład Doktorantki w powstawaniu publikacji polegał na konceptualizacji, opracowaniu metodyki, zarządzaniu danymi, walidacji, formalnej analizie, wizualizacji, pisaniu oryginalnej wersji pracy a także jej edycji i recenzji co w ogólnym rozrachunku wskazuje na jej kluczową rolę.

Część opisowa rozprawy jest zawarta na 124 stronach maszynopisu, uwzględniając w skomasowany sposób charakterystykę przeprowadzonych prac badawczych i uzyskanych na ich podstawie wyników. Układ pracy jest typowy dla tego typu opracowań. W rozprawie Doktorantka zamieściła główne elementy składowe dysertacji: „Streszczenie” w języku polskim i angielskim („Abstract”), „Wstęp”, „Cel badań i hipotezy badawcze”, „Zarys rozprawy doktorskiej wraz z wykazem publikacji naukowych”, „Materiały i metodyka”,



„Wyniki i dyskusja”, „Wnioski”, „Wpływ badań na rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka” oraz „Literatura”. W dalszej części pracy Doktorantka umieściła wykaz swoich innych osiągnięć a także kopie artykułów w postaci cyklu publikacji stanowiących rozprawę doktorską wraz z oświadczeniami współautorów, określającymi w opisowy sposób wkład każdego z nich w powstanie artykułów będących podstawą pracy doktorskiej.

Ocena merytoryczna

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska dotyczy problematyki usług ekosystemowych świadczonych przez drzewa miejskie na przykładzie wybranych alei Warszawy.

Wstęp pracy wprowadza w zagadnienia związane z usługami ekosystemowymi świadczonymi przez drzewa miejskie. Zielona infrastruktura jest jednym z głównych generatorów usług ekosystemowych wpływających na poprawę jakości życia mieszkańców aglomeracji miejskich. W tej części pracy wskazano także na różne postawy mieszkańców pod kątem świadomości społecznej w zakresie korzyści środowiskowych świadczonych przez drzewa, co wiąże się ściśle z problemem postępującego zanieczyszczenia powietrza posiłkując się danymi z różnych źródeł bibliograficznych. Problem zanieczyszczenia powietrza w miastach jak i walka ze smogiem są dobrze udokumentowane literaturowo.

Doktorantka przedstawiła także narzędzia (sposoby) wykorzystywane do pomiaru zdolności drzew w usuwaniu zanieczyszczeń a także działania polityczne skłaniające do poprawy jakości powietrza w miastach.

Celem badań była weryfikacja kilku założeń badawczych, które wynikają z:

- niskiej świadomości społecznej na temat pełnionych przez drzewa miejskie funkcji i ich udziału w oczyszczaniu powietrza;
- procentowego pokrycia terenu przez korony drzew (ang. *Tree Canopy Cover*);
- lokalizacji rosnących drzew i tym samym skuteczności usuwania przez nie zanieczyszczeń;
- zastosowania różnych narzędzi do oceny skuteczności fitofiltracji powietrza przez rośliny.

W celu weryfikacji przyjętych założeń badawczych Doktorantka skupiła się na realizacji trzech zadań, które uwzględniono w publikacjach stanowiących rozprawę doktorską:



1. analizę świadomości społecznej połączonej z analizą usług ekosystemowych świadczonych przez drzewa,
2. analizę empiryczną zanieczyszczeń powietrza na wybranych alejach Warszawy wraz z analizą pochłaniania zanieczyszczeń przez drzewa rosnące w tych alejach,
3. badania porównawcze metod oceny fitofiltracji cząstek stałych.

W rozdziale „Wyniki i dyskusja” podsumowano realizację poszczególnych założeń badawczych. W pierwszym etapie przeprowadzono badania ankietowe wśród mieszkańców Warszawy dotyczące świadomości społecznej pod kątem zanieczyszczeń powietrza i usług systemowych świadczonych przez drzewa. Na podstawie uzyskanych wyników wykazano, że 75% badanych zwróciło uwagę na nadmierne zanieczyszczenie powietrza, chociaż nie postrzegają tego za wysoce niepokojącą sytuację. Nie jest to dobry prognostyk na przyszłość, tym bardziej że grupa najmłodszych respondentów (18-25 lat) nie wiąże tego zjawiska jako znaczne zagrożenie. Podobnie traktowane są przez ankietowanych informacje odnoszące się do zdolności pochłaniania zanieczyszczeń przez drzewa. Świadomość społeczna jest zatem niska co wskazuje na potrzebę zwiększenia aktywności mediów i administracji publicznej w celu promowania poprawy jakości powietrza poprzez ograniczenie wprowadzania do środowiska zanieczyszczeń i zwiększanie ilości nasadzeń roślinnych w miejscach szczególnie narażonych na emisję szkodliwych gazów i pyłów zawieszonych $PM_{2,5}$ i PM_{10} .

W drugim etapie Doktorantka oceniła jakość powietrza i zdolności absorpcyjne drzew rosnących w wybranych alejach Warszawy. Skupiono się na dwóch ważnych arteriach komunikacyjnych: ul. Marszałkowskiej oraz ul. Żwirki i Wigury. Monitorowano zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym $PM_{2,5}$ w dwóch przedziałach czasowych – w godzinach szczytu i poza nimi uwzględniając jednocześnie pokrycie terenu koronami drzew. Uzyskane wyniki potwierdzają, że większa skuteczność fitoremediacji, przy podobnym natężeniu ruchu zachodzi w układach alejowych, gdzie drzewa mają lepsze warunki do wzrostu i rozwoju, są w lepszej kondycji i gdzie pokrycie terenu koronami drzew jest większe.

Trzeci etap badań obejmował ocenę fitofiltracji cząstek stałych ($PM_{2,5}$ i PM_{10}) na terenie trzech układów alejowych obejmujących ul. Żwirki i Wigury, ul. Marszałkowską i ul. Puławską z wykorzystaniem narzędzia i-Tree i metody empirycznej (laboratoryjnej). W zależności od lokalizacji przy zastosowaniu obu metod najbardziej efektywne w pochłanianiu zanieczyszczeń były drzewa na ul. Puławskiej, potem na Żwirki i Wigury a najmniej na ul. Marszałkowskiej co potwierdza, że po pierwsze lokalizacja i czas pomiarów ma duże znaczenie w redukcji zanieczyszczeń przez drzewa a po drugie istotny jest gatunek.



Zanieczyszczenia najefektywniej pochłaniał jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.), który dominuje na ul. Puławskiej i lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill). rosnąca na ul. Żwirki i Wigury. Najślabszy zaś proces fitoremediacji notowano z kolei u robinii białej (*Robinia pseudoacacia* L.).

Przy porównywaniu lokalizacji pod kątem efektywności pochłaniania pyłów zawieszonych przez drzewa wykazano, że na ul Puławskiej proces fitoremediacji przebiegał najbardziej efektywnie. Najślabszą efektywnością w tym zakresie charakteryzowały się drzewa rosnące na ul. Marszałkowskiej. Doktorantka zanalizowała także zdolność poszczególnych gatunków rosnących w ocenianych alejach do pochłaniania zanieczyszczeń. Na podstawie analizy porównawczej uwzględniającej obie metody badawcze (narzędzie i-Tree i metodę laboratoryjną) wytypowano gatunki najbardziej efektywne pod kątem fitoremediacji. Najlepiej sprawdziły się: kasztanowiec zwyczajny (*Aesculus hippocastanum* L.) i jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.) oraz dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.) i lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill.).

Istotny jest fakt, że w dobie postępujących zmian klimatycznych, zwiększającego się ruchu samochodowego i działalności produkcyjnej zanieczyszczenie powietrza w miastach, szczególnie w ich centrach, będzie się nasilać.

Słusznym jest zatem podjęcie przez Doktorantkę badań obrazujących istniejącą świadomość społeczną na temat usług ekosystemowych świadczonych przez drzewa miejskie i ich roli w ograniczaniu zanieczyszczeń. Przy założeniu, że społeczeństwo będzie bardziej świadome jakie korzyści w perspektywie długoterminowej dają drzewa miejskie łatwiej będzie wskazać kierunki rozwoju edukacji ekologicznej i promować rozwiązania proekologiczne.

Dodatkowo pozytywnym aspektem jest udokumentowanie ilości pochłanianych zanieczyszczeń przez konkretne gatunki drzew rosnące w układach alejowych a także wykorzystanie do oceny fitofiltracji odpowiednich narzędzi, które mogą wzajemnie się uzupełniać i w miarę rozwoju technologii udoskonalać.

Wszystkie przeprowadzone badania mogą przyczynić się do odpowiedniego przygotowania terenu pod nasadzenia drzew, tak by miały one dobre warunki do wzrostu i rozwoju co pozwoli zwiększyć skuteczność usług ekosystemowych przez nie generowanych. Wyniki badań mogą przyczynić się także do zmobilizowania władz samorządowych i planistów do zastosowania odpowiedniego doboru gatunkowego przy planowaniu nasadzeń, projektowaniu ulic czy rewitalizacji przestrzeni miejskich w celu zmaksymalizowania potencjału filtracyjnego drzew. Wskażą one również firmom monitorującym poziom



zanieczyszczeń jakie ulepszenia w metodach wykorzystywanych do szacowania poziomu fitofiltracji należy wprowadzić by uzyskać większą dokładność prowadzonych obserwacji.

Podsumowując zakres przeprowadzonych badań stwierdzam, że założone zadania badawcze zostały zrealizowane w każdym z punktów. Doktorantka wykazała się znajomością tematyki i sposobów prowadzenia badań zarówno porównawczych, praktycznych jak i statystycznych co niewątpliwie podniosło wartość prezentowanych wyników. Autorka w syntetyczny sposób opisała rezultaty badań zawarte w poszczególnych publikacjach wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, które zostały ujęte w postaci „Wniosków”.

Wykorzystana bibliografia, z której korzystała Doktorantka przy pisaniu rozprawy zawiera najważniejsze publikacje dotyczące zakresu prowadzonych badań. Większość z nich to jednak opracowania pochodzące z pierwszej (38%) i drugiej (57%) dekady lat dwutysięcznych. Pozostałe 5% to opracowania najnowsze, z ostatnich 5 lat. Pani mgr inż. Karolina Kais umiejętnie wykorzystała zebraną literaturę.

Oceniając dysertację opartą na cyklu publikacji przedstawionym do recenzji stwierdzam, że wyniki uzyskane przez Doktorantkę pokazują aktualny poziom świadomości społecznej pod kątem usług ekosystemowych świadczonych przez drzewa, wskazując jednocześnie kierunek działań edukacyjnych, takich by świadomość ta rosła. Uzyskane dane mogą być też dobrym źródłem wiedzy dla decydentów, projektantów i wykonawców w zakresie zielonej infrastruktury. Mogą być także przydatne w udoskonalaniu metod pomiarowych w badaniu poziomu zanieczyszczeń powietrza na terenach miejskich.

Po zapoznaniu się otrzymaną rozprawą doktorską jako recenzentowi nasuwają się pewne przemyślenia i uwagi:

- tytuł przedstawionej rozprawy „Usługi ekosystemowe alei Warszawy” można by trochę rozwinąć tak by wiadomo było, że usługi te nie dotyczą wszystkich alei Warszawy a jedynie wybranych układów alejowych;
- w pracy pominięto informację, która wskazywałaby jaki obszar uwzględniono w badaniach. Czy brano pod uwagę całe aleje czy tylko ich fragmenty? W załączonych publikacjach jest jednak taka informacja, a więc w pracy też powinna się ona znaleźć dla lepszego zobrazowania skali badań;
- przy opisie wykorzystanej w badaniach aparatury pomiarowej i badawczej a także oprogramowania wskazane byłoby podanie pełnych nazw ich producenta i kraju pochodzenia;
- warto byłoby popracować jeszcze nad stroną edytorską pracy;



- w „Spisie treści” pominięto rozdział 1 „Wstęp”, co należy uzupełnić;
- w rozdziale „Wstęp” Doktorantka definiuje usługi ekosystemowe jako warunki i procesy zapewniane przez naturalne ekosystemy i ich gatunki... Nie można mówić o gatunkach ekosystemów a raczej gatunkach, które tworzą te ekosystemy;
- w pracy należałoby ujednoczyć sposób cytowania źródeł, ponieważ występują różne wersje – raz jest uwzględniony tylko jeden autor a w rzeczywistości jest ich kilku, więc powinno być wymienione nazwisko i.in. Spotyka się także określenia „i.in.”, „et al.” lub znak tzw. etki „&”. Należy to poprawić by wszędzie było jednakowo. Nie stosuje się ponadto inicjałów imion autora publikacji przy cytowaniach w tekście.
- występują także sytuacje, gdzie brakuje w tekście roku publikacji przy nazwisku autora np. na str. 9, wiersz 4 od góry Reid ... lub współautorów np. La Rosa ...2013, Jennings...2016 czy Benedict...2013 a w kilkunastu przypadkach cytowane źródła nie są umieszczone w spisie literatury co należy uzupełnić, bo widnieją one w opublikowanych pracach stanowiących podstawę dysertacji (np.: Kim 2021, Seamans 2013, Villareal 2004, Jones 2012, Frank 2005, Tzoulas 2007, Selmi i in. 2016, Wang i in. 2018, Han i in. 2021, Andersson-Sköld i in. 2015). Kilku źródeł nie ma ani w pracy ani w opublikowanych pracach (np. Querol i in. 2007, Nenhuis i Barthlott 1998);
- w przypadku autora lub autorów, którzy opublikowali artykuły w tym samym roku należy je oznaczyć dodatkowo w sposób literowy np. Daily 1997a, Daily 1997b czy Novak i in. 2013a, Novak i in. 2013b, co znacznie ułatwia odnalezienie konkretnej pozycji odnoszącej się do danej tematyki;
- na str. 12, wiersz 15 i 16 wskazane byłoby wyjaśnienie w jakich jednostkach podano poszczególne wartości liczbowe - 1,055 i 1,149, bo nie wiadomo o co chodzi czy o liczbę osób, czy procent populacji czy jeszcze coś innego;
- na str. 14 widnieje powtarzający się akapit zamieszczony już wcześniej;
- oznaczenia pyłów zawieszonych PM_{2,5} i PM₁₀ powinny być pisane w dolnym indeksie, czyli PM_{2,5} i PM₁₀ podobnie jak oznaczenia jednostek, które powinny być zgodne z obowiązującą aktualnie nomenklaturą, czyli nie 0,1 µg/m³ a 0,1 µg·m⁻³;
- w podrozdziale 5.2 wskazano, że wyniki stężeń pyłu zawieszonego przedstawiono na rys. X i Y a takie nie istnieją w pracy. Wykresy obrazujące te wyniki są umieszczone na rysunkach 3 i 4. Myślę, że tytuły rysunków powinny raczej brzmieć: „Poziom zanieczyszczeń pyłami zawieszonymi PM_{2,5} na ul. ...”. Dalej Doktorantka wskazuje dwukrotnie na przekroczenia limitów PM_{2,5} o wartościach wyższych niż 15 µg·m⁻³,



a powinno być poniżej i powyżej podanego limitu. Przekroczenia limitów powyżej $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ nie są uwzględnione w tabelach 1 i 2 co jest sugerowane w tekście;

- na str. 28 trochę nieprecyzyjnie wyjaśniono przekroczenie limitów zanieczyszczeń powietrza ($\text{PM}_{2,5}$), ponieważ wg uzyskanych wyników przekroczenia tych norm występowały 1,5 razy częściej na ulicach, gdzie pokrycie koronami drzew (TCC) wyniosło 6% w porównaniu z ulicami, gdzie TCC przekraczało ponad 30%;
- tytuły tabel 1, 2 i 3 powinny się znaleźć w ich nagłówkach a nie pod nimi;
- na str. 30 w wierszu 4 od góry warto doprecyzować, że chodzi o pokrycie koronami drzew a nie pokrycie drzewami;
- na str. 32 w 2 wierszu od dołu istnieje wyrażenie „...wyniesioną metodą laboratoryjną”. Powinno być raczej „...ocenioną metodą laboratoryjną”;
- we „Wnioskach” sugerowałbym zastąpienie określenia „...przy zagęszczeniu drzew uznanych za optymalne” na „...przy pokryciu koronami drzew uznanych za optymalne”;
- szkoda, że Doktorantka nie zamieściła w pracy jako załącznika wzoru ankiety społecznej co zobrazowałoby pełny zakres pytań o usługi ekosystemowe świadczone przez drzewa;
- w rozdziale „Literatura” należy ujednoczyć sposób cytowania pozycji bibliograficznych (np. jednolita czcionka, rok publikacji – w nawiasie lub bez, przed tytułem artykułu bądź po tytule czasopisma czy też pełne inicjały imion przy niektórych nazwiskach autorów). Publikacja autorstwa Roy S., Byrne J., Pickering C. z 2012 r. jest podana dwukrotnie bezpośrednio po sobie. W spisie powinny być także uwzględnione odnośniki do innych źródeł odnoszących się np. do opracowań programowych w Szczecinie czy Warszawie.

Na szczególną uwagę zasługują inne osiągnięcia Doktorantki umieszczone w rozdziale 9. Pani mgr inż. Karolina Kais wymienia dodatkowe kilka artykułów, których była współautorką a także osiem konferencji i seminariów naukowych, w których czynnie uczestniczyła wygłaszając m.in. referaty.

Dodatkowo brała udział w pięciu projektach badawczych w roli wykonawcy oraz w projekcie badawczo-edukacyjnym jako członek zespołu projektowego w ramach programu Erasmus+. Niewątpliwie należy tu wspomnieć też o sześciu zrealizowanych projektach, w których Doktorantka pełniła nadzór przyrodniczy nad realizowanymi inwestycjami.



Wysocenie cennym doświadczeniem było kierowanie robotami wraz z koordynacją projektu przy budowie terenów zieleni na 10 osiedlach mieszkaniowych w Warszawie i okolicach w ramach współpracy z firmą Novisa Development.

Dalsze doświadczenia projektowe mgr inż. Karolina Kais zdobyła w trakcie projektowania i inwentaryzacji zieleni dla podmiotów takich jak: EKOSYSTEM Sp. z o.o. czy Land Art. Architektura Krajobrazu.

Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Karoliny Kais pt. „Usługi ekosystemowe alei Warszawy” to spójny zbiór informacji uwzględniający badania socjologiczne (ankietowe) wśród różnych grup respondentów, pomiary terenowe na wybranych alejach Warszawy oraz porównanie technik do oceny poziomu fitofiltracji cząstek stałych przez drzewa miejskie. Doktorantka podjęła ważny problem pod względem społecznym umiejętnie prowadząc poszczególne etapy badań z wykorzystaniem licznych metod i źródeł literaturowych.

Założone zadania badawcze zostały zrealizowane a duża znajomość tematyki, w której Doktorantka się poruszała oraz sposobu prowadzenia badań i interpretacji uzyskanych wyników wskazują na dobre przygotowanie do pracy naukowej.

Podsumowując, mgr inż. Karolina Kais w czasie dotychczasowej kariery zdobyła już znaczne doświadczenie w ramach projektowania, nadzoru i kierowania pracami w zakresie zieleni miejskiej i umiejętnego wypowiedzania się podczas głoszenia referatów, co jest pożądaną cechą ułatwiającą wejście na rynek pracy czy rozmowy z potencjalnymi inwestorami.

Oceniając całokształt dysertacji mgr inż. Karoliny Kais pt. „Usługi ekosystemowe alei Warszawy”, stwierdzam, że spełnia ona wymogi stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zmianami).

W związku z tym wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o dopuszczenie mgr inż. Karoliny Kais do dalszych etapów przewodu doktorskiego.


dr hab. inż. Wojciech Durlak



