

*Recenzja spełnia wymogi formalne*

Przewodniczący Rady Dyscypliny  
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport

dr hab. inż. Marcin Staniek, prof. PŚ

Prof. dr hab. inż. Wojciech Batko  
Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie

Kraków, 2023-09-20.

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Pudełki

pt. „Kształtowanie poziomu hałasu komunikacyjnego w funkcji rozkładu natężenia ruchu przy istniejących i projektowanym układzie dróg krajowych”

Promotor pracy : dr hab. inż. Artur Nowoświat, prof. PŚ

Promotor pomocniczy : dr inż. Rafał Żukowski

**Podstawa prawna oceny :** *Pismo RDILGT.512.16.2023 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa Geodezja i Transport Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej dr hab. inż. Marcina Staniek, prof. PŚ z dnia 21.07.2023 r.*

### 1. Ocena problematyki rozprawy.

Problemy badawcze związane z doskonaleniem i pozyskiwaniem nowej wiedzy wspomagającej możliwości rozpoznania uwarunkowań wpływających na poziom hałasu w otoczeniu dróg, należy do grupy zagadnień badawczych ważnych dla projektowania i bezpiecznej dla środowiska ich eksploatacji. Są one ciągle obecne w kręgu zainteresowania specjalistów z różnych ośrodków naukowo-badawczych, projektowych oraz służ ochrony środowiska w kraju i zagranicą, zajmujących się zagadnieniami projektowania inwestycji drogowych, ich utrzymaniem oraz analizami ich akustycznych oddziaływań środowiskowych.

Realizowane rozpoznania w tym obszarze badawczym; (w sytuacji złożoności uwarunkowań kształtujących generację i propagację hałasu komunikacyjnego, kształtowanego niestacjonarnymi wymuszeniami wynikającymi z rozkładów obecnych na nich natężeń ruchu) są niezbędnym warunkiem rozwoju nowej wiedzy diagnostycznej, pomocnej w procesach zapewnienia bezpiecznych warunków hałasowych w otoczeniu istniejącego i projektowanego układu dróg krajowych. Wpisują się w poszukiwania efektywnych metod tworzenia map i analiz akustycznych wymaganych w administracyjnym systemie zarządzania środowiskiem, w tym w realizacji raportów OO Ś (Ocen oddziaływań na środowisko) dotyczących istniejących i projektowanych inwestycji drogowych oraz przeglądów ekologicznych.

Dają możliwość pełniejszej weryfikacji skuteczności obecnie obowiązujących wytycznych i wskaźników wykorzystywanych w prognozowaniu hałasu drogowego, kształtowanego natężeniem ruchu. Tworzą wiedzę pomocną dla pełniejszej oceny wpływu błędów związanych z prognozami natężenia ruchu, na ryzyko wystąpienia zagrożeń środowiska tym czynnikiem. Można więc podjęte w pracy przez Doktoranta poszukiwania badawcze zaliczyć do pożądaných poznawczo i aplikacyjnie. Związane z nią rezultaty określają nową bazę wiedzy pomocną i ważną dla pełniejszej oceny ryzyka podejmowanych decyzji środowiskowych w obszarze zarządzania hałasem. Jej rezultaty mają wymiar narzędzi i wskazań projektowych do analiz, pomocnych w opracowaniach różnych wariantów zarządzania ochroną akustyczną środowiska w otoczeniu

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

Rada Dyscypliny Inżynieria Lądowa,  
Geodezja i Transport

wpłynęło dnia 20.09.2023

nr 203 zał. —

sieci dróg, zapewniających uzyskanie pożądaných rezultatów warunkowanych występującymi na nich rozkładami natężenia ruchu.

Z punktu widzenia walorów poznawczych i aplikacyjnych recenzowana praca doktorska **jest poznawczo istotna i aktualna**. Dobrze wkomponowując się w współczesne potrzeby i trendy badawcze obecnych w polskim sektorze transportu drogowego. Należy więc temat podjęty przez Doktoranta i jego realizację ocenić pozytywnie.

## 2. Analiza zawartości rozprawy.

Przechodząc do ogólnej charakterystyki rozprawy mgr inż. Bartłomieja Pudełko stwierdzam, że opiniowana praca doktorska stanowi obszerne analityczno-eksperymentalne studium problemu badania wpływu natężenia ruchu jaki ma miejsce na istniejących i projektowanych układach dróg krajowych, na poziomy hałasu w ich otoczeniu.

Ma ona egzemplifikację w zadaniach analizy różnic pomiędzy prognozowanym, a rzeczywistym natężeniu ruchu na przestrzeni lat 2005-2022 i ich wpływu na oceny hałasu i ryzyka ich uciążliwości, w tym występowanie zaburzeń snu wśród osób zamieszkałych w otoczeniu dróg, w zależności od estymowanego i zweryfikowanego eksperymentalnie natężenia ruchu.

Jej treści są ujęte na 222 stronach (*w tym 150 stronach będących zasadniczą częścią rozprawy*). Mają prezentacje w: 7 rozdziałach, 121 rysunkach (*w tym 58 ilustrujących materiał załącznika*), 143 tabelach (*w tym 81 zawartych w załączniku*) oraz 141 odnośnikami literaturowych. Całość prezentacji uzupełnia: spis treści, wykaz zamieszczonych w rozprawie tabel oraz rysunków oznaczeń, streszczenie pracy (*w jez. polskim i angielskim*), oraz pism związanych z zapewnieniem możliwości wykonawczych pracy.

**Rozdział 1** rozprawy doktorskiej stanowi wprowadzenie do badawczych zagadnień podjętych w rozprawie. Przedstawia problematykę hałasu drogowego oraz prawne uwarunkowania jego monitoringu. Umiejscawiają ideę programową rozprawy w tle obecnych w literaturze metod prognozowania hałasu drogowego i jego wykonawczych, informacyjnych ograniczeń. Ich wypunktowanie posłużyło Autorowi do sformułowania tezy pracy, jej celu oraz zakresu podjętych działań, ukierunkowanych na potrzeby pełniejszej analizy wpływu estymacji natężenia ruchu na szacowanie ryzyka wystąpienia szkodliwych skutków hałasu drogowego na mieszkańców, zamieszkałych w otoczeniu tych ciągów komunikacyjnych.

**Rozdział 2** skupia uwagę na analizie stanu wiedzy opisującej stosowane obecnie techniki i metody parametryzacji akustycznych oddziaływań drogowych. Szczegółowo omawia szkodliwe wpływy hałasu na człowieka, warunki ich parametryzacji i kwantyfikacji ze względu na dopuszczalne wartości, a także powiązane z nimi strategie pomiarowe.

Zwraca uwagę na kwestie oceny niepewności estymacji uzyskanych wyników, warunkowanych wybranymi metodami pomiaru natężenia ruchu jej kształtującymi. Prezentowany w tym rozdziale materiał nawiązuje ponadto do przedstawień ryzyka wystąpienia zaburzeń snu, osób żyjących w otoczeniu dróg narażonych na hałas drogowy. Treści tego rozdziału zawierają dobrze wybrane prezentacje i analizy pomocne w zadaniach oceny wpływu pomiaru natężenia ruchu na estymację tego czynnika zagrożeń zdrowotnych.

Prezentowany w tym rozdziale materiał dobrze nawiązuje do idei autorskich poszukiwań będących celem pracy.

Kolejny **rozdział 3** omawia obecne w literaturze przedmiotu modele do prognozowania hałasu drogowego. Prezentuje różne symulacyjne predykatory, wartościujące estymowane wskaźniki hałasu w zależności od parametrów opisujących: struktury natężenia ruchu, warunki środowiskowe, czy też możliwe konfiguracje przebiegu dróg w terenie wymagającym ochrony hałasowej. Skupiają uwagę czytelnika na zagadnieniach związanych z wpływem hałasu środowiskowego generowanego

przez środki transportu drogowego na zdrowie mieszkańców zamieszkałych w ich lokalizacjach, postrzeganego jako istotna przyczyna zaburzeń snu.

**Rozdział 4** rozważa kwestie wpływu układu drogowego względem zabudowy, na warunki propagacji hałasu. Omawia różne układy drogowe i powiązane z nimi schematy zabudowy wzdłuż dróg, jakie występują w procesie projektowym. Daje przegląd metod ochrony przeciwhałasowej zabudowy mieszkaniowej na drodze emisji i immisji hałasu. Analizuje warunki pomiaru środowiskowego jakie należy dopełnić w eksperymentalnym procesie badawczym, oraz powiązane z nimi reguły estymacji niepewności uzyskiwanych rezultatów badawczych. Skupia uwagę na prezentacji wykorzystywanych w pracy narzędzi modelowych do wykonywania map hałasu i jego software'u w postaci oprogramowania SoundPLAN. Omawiany w tym rozdziale materiał jest dobrym objaśnieniem dla analiz będących celem podjętego przez Doktoranta zadania.

W kolejnym **rozdziale 5** ma miejsce prezentacja zasadniczego elementu idei rozprawy, tj. kwestii autorskich rozpoznań wpływu natężenia ruchu na hałas w sąsiedzie analizowanych odcinków dróg. Zostały one wykonywane na bazie wyników pomiaru i obliczeń symulacyjnych. Ich materiał określiły analizy raportów zawierających wyniki pomiarów hałasu i natężenia ruchu, przeprowadzone w latach 2005-2022 na zlecenie GDDKiA (*Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad*). Dotyczyły one różnych odcinków dróg, tj. fragmentów: autostrady A4, drogi ekspresowej S1, oraz dróg krajowych DK 44 i drogi DK1. Wybrane odcinki charakteryzowały ich akustyczne oddziaływania na różne konfiguracje zabudowy w ich otoczeniu.

Rozdział ten zawiera formalny opis metodologii pomiarów hałasu z charakterystyką ich realizacji w odniesieniu do analizowanych odcinków dróg. Omawia szczegółowo, kolejne wykonawcze czynności zaproponowanej metody, tj. użytą do badań instrumentalizację pomiarową, lokalizację punktów pomiarowych z charakterystyką: układu drogowego, źródeł hałasu i ich otoczenia, oraz parametrami struktury ruchu. Prezentuje wyniki pomiarów ruchu z charakterystyką struktury kształtującej jego natężenie, uwzględniającą: liczbę wszystkich pojazdów silnikowych, ich podział na motocykle, pojazdy osobowe, dostawcze, ciężarowe powyżej 3.5t, tiry autobusy i inne oraz średnią prędkość ich poruszania. Stanowiły one bazę dla opracowania prognoz wzrostu ruchu w kolejnych latach oraz ich odniesień do związanych z nimi wyników pomiaru hałasu oraz ich graficznej prezentacji w postaci map hałasu. Z analizami tymi związane oceny wpływu hałasu drogowego na zdrowie mieszkańców zabudowy mieszkaniowej w ich pobliżu, w tym oceny ryzyka wystąpienia znaczących dla nich uciążliwości charakteryzowanych ryzykiem wystąpienia zaburzeń snu. Analizy te związane z analizami liczby mieszkańców poddanych takim oddziaływaniom, wynikającą z liczby osób zamieszkałych w danym budynku na danym obszarze. Zaliczam ten element pracy i raportowane w nim autorskie analizy i wyniki do istotnego elementu rozpoznania autorskiego, będącego istotnym rezultatem rozprawy.

Całość koncepcyjną pracy dobrze uzupełniają treści **rozdziału 6**. Zawierają one analizy prognozowanego i rzeczywistego ruchu drogowego oraz oceny ich wpływów na estymowane wskaźniki hałasu. Ich przekaz raportuje autorskie wyniki pomiarów natężenia ruchu i poziomów hałasu generowanego przez pojazdy oraz ich odniesienia do wyników prognozowanego ruchu.

Mają one przedstawiane w licznych tabelach prezentujących wyniki autorskich pomiarów natężenia ruchu, z jego charakterystykami oraz przyporządkowanymi im wartościami równoważnego poziomu hałasu. Uzupełniają je ponadto liczne graficzne wykresy odwzorowujących związki pomiędzy zmierzonym a prognozowanym natężeniem ruchu pojazdów, i poziomami hałasu go reprezentującym. Umożliwiły one analizę: dokładności istniejących prognoz, poprawność przyjętego modelu oraz rozpoznanie możliwych rozbieżności występujących w procesie modelowym. Wykonane analizy powiązane z rozpoznanem wpływów wyestymowanych wskaźników struktury ruchu drogowego ze zmianami wartości  $AR_{HA}$  oraz  $AR_{HSD}$ ; (*określających absolutne ryzyka wystąpienia znacznych*

uciążliwości hałasowych i zaburzeń snu, wywołanych hałasem drogowym); na terenach zabudowy sąsiadującej z analizowanym układem drogowym. Prześlędzono ich zmiany na przestrzeni lat 2005, 2008, 2010, 2015 i 2020.

Zwarte w nich informacje są istotnym informacyjnym przekazem rozprawy. Ich treści określiły nowa bazę wiedzy, użyteczną w procesach identyfikacyjnych potencjalnych problemów związanych z ruchem drogowym. Jest ona użyteczną bazę informacji, pomocną w analizie i procesach decyzyjnych powiązanych z ochroną środowiska i zarządzaniem ruchem.

Kończący pracę **rozdział 7** zawiera podsumowanie autorskich wyników badawczych przedstawionych w rozprawie. Przedstawia wnioski wynikające z omówionych w rozprawie analiz i wykonanych badań eksperymentalnych; (*według dobrze zdefiniowanych i zaprogramowanych w doktoracie rozpoznawczych*); które mają wyraźnego adresata. Mogą być użyteczne w procesach projektowania zabezpieczeń akustycznych oraz wyznaczaniu ochronnych stref zamieszkania wokół ciągów drogowych, wolnych od niekorzystnego oddziaływania hałasu drogowego. Całość uzupełnia bogaty materiał faktograficzny dokumentujący wykonane analizy i pomiary, który przedstawiono w załączniku

Jak wynika z przedstawionej charakterystyki zawartości rozprawy jej tytuł ma właściwe brzmienie, a jej treści z nim korespondują. Zrealizowane i udokumentowane w rozprawie doktorskiej poszukiwania badawcze Autora: skalą złożoności podjętych zadań i realizacją wykonanych prac: analitycznych, eksperymentalnych, a także przekazem nowej bazy wiedzy o związkach hałasu drogowego; (kształtowanego rozkładem obecnego na nim natężenia ruchu); z jego uciążliwościami dla mieszkańców; (kwantyfikowanych wartościach absolutnego ryzyka wystąpienia znacznych uciążliwości i zaburzeń snu); spełniają wymogi stawiane rozprawom doktorskim.

### 3. Ocena merytoryczna.

Przechodząc do oceny merytorycznej rozprawy doktorskiej i sposobu rozwiązania podjętego w niej problemu badawczego należy podkreślić, że rozprawa mgr inż. Bartłomieja Pudełki stanowi wartościowe rozpoznanie jego uwarunkowań. Można jej przekaz uznać za istotne źródło informacji o możliwych rozbieżnościach szacunków natężenia ruchu na charakterystycznych odcinkach dróg i ich wpływie, na oceny uciążliwości hałasowych dla mieszkańców zamieszkałych w ich otoczeniu. W moim przekonaniu raportowany materiał badawczy znajdzie grono odbiorców wśród osób zajmujących się zarządzaniem ochroną akustyczną środowiska, w tym osób zajmujących się projektowaniem dróg i wyborem stowarzyszonych z ich realizacją zabezpieczeń akustycznych, a także odpowiedzialnych za opracowywanie Miejscowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego.

Temat pracy można uznać za rozwiązany; (*na etapie zadania doktorskiego*); z oczekiwaną od niego problemową dociekliwością, który ma szereg szczegółowych odniesień do prezentowanych i rozwiązywanych przez Doktoranta zagadnień. Poszczególne rozdziały rozprawy w sposób zrozumiały referują Je myślowy scenariusz badawczy prowadzący do sformułowania odpowiedzi na nakreślony cel pracy.

Rozprawa napisana jest w sposób nie budzący istotnych zastrzeżeń, a jej materiał jest w zrozumiały sposób wyeksponowany. Jej objętość jest wyważona, a jej część ilustracyjna jest właściwie rozbudowana i udokumentowana, co ułatwia zrozumienie istoty realizowanych poszukiwań badawczych. Widać w edycji rozprawy starania Autora do przekonania czytelnika o potrzebie podjętych w rozprawie rozpoznawczych, które obudował: prezentowanymi w niej licznymi odnośnikami do istniejących w praktyce rozwiązań, wynikami przeprowadzonych analiz oraz zrealizowanymi eksperymentami obliczeń numerycznych i pomiarowych.

Rozprawa swoimi treściami przekazuje **nowe wskazania metodyczne oraz informacje wykonawcze** dla procesów analizy i prognozowania bezpiecznych akustycznych warunków środowiskowych w otoczeniu dróg, kształtowanych strukturą natężenie ruchu obecną na nich. Mają one **istotną wartość poznawczą** dla dziedziny wiedzy jaką jest Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, i rozwiązywania występujących w niej problemów projektowych.

Do istotnych rezultatów rozprawy doktorskiej zaliczam :

1. wypunktowanie roli procedur estymacji natężenia ruchu pojazdów na szacunki liczby osób zagrożonych niekorzystnymi skutkami hałasu drogowego;
2. stworzenie; *(na bazie obszernego, autorskiego materiału analitycznego i eksperymentalnego)*; nowego przekazu informacji pomocnej w lepszym zrozumieniu roli procesu estymacji natężenia ruchu pojazdów i ich struktur; *(na analizowanych i projektowanych odcinkach dróg)*; na oceny ryzyka narażenia na hałas mieszkańców zamieszkałych w ich sąsiedztwie;
3. rozpoznanie odniesień zachodzących pomiędzy wartościami  $AR_{HA}$  oraz  $AR_{HSD}$ , tj. absolutnego ryzyka wystąpienia znaczących uciążliwości  $AR_{HA}$  oraz absolutnego ryzyka wystąpienia znaczących zaburzeń snu  $AR_{HSD}$  i liczby osób na nie narażonych, związanych z oddziaływaniami hałasu drogowego;
4. wskazanie istotnych kierunków aplikacji uzyskanych rozpoznań badawczych w odniesieniu do zadań planowania stref, w których zamieszkanie będzie minimalizowało wystąpienie ryzyka znaczących uciążliwości i zaburzeń snu, spowodowanego wpływ hałasu drogowego dla mieszkańców zamieszkałych w ich otoczeniu;

Mam świadomość, że w edycji obszernego materiału badawczego Doktoranta zawsze może pojawić się pewien niedosyt u czytelnika. Dla mnie związać go z brakiem szerszych odniesienie do możliwych zastrzeżeń jakie generują obecne w normach i przepisach - reguł estymacji niepewności wyników akustycznych pomiarów środowiskowych które Autor stosuje. Warto byłoby mieć na uwadze doniesienia literaturowe kwestionujące poprawność przyjęcia rozkładu normalnego dla losowej reprezentacji wyników pomiaru hałasu drogowego, które w istotny sposób zmieniają możliwe do wykorzystania procedury estymacji niepewności wyniku pomiarowego. W szczególności sygnalizuje potrzebę korzystania z nieklasycznych statystycznych metod estymacji niepewności wyników pomiarów hałasudrogowego, odrębnych od zadekretowanych w istniejących rozwiązaniach.

Mało też w edycji rozprawy Autora poświęciła ocenie palety możliwych błędów, które potencjalnie są związane z realizacją jego badań. Uwaga ta dotyczy kwestii: zarówno oceny możliwych błędów w odniesieniu do uwarunkowań realizowanych eksperymentów pomiarowych, jak i stosowanych przetworzeń numerycznych, czy też pełniejszej interpretacji przyjętych założeń w procesie badawczym. Określają one składniki budżetu niepewności „*typu B*”. Ich poziom jak wynika z raportu: N.J. Craven and G. Kerry, *The Uncertainty of environmental acoustics measurement in research studies. A Good Practice Guide on the Sources and Magnitude on Uncertainty in the Practical Measurement of Environmental Noise. School of Computing, Science & Engineering 2007, The University of Saalford*”, może być dominujący. Szkoda, że ten element nie został wypunktowany jako istotny element przyszłych badań. Stanowi on bowiem istotnym elementem naukowego rozpoznania. Mam nadzieję, że Autor weźmie tą kwestię pod uwagę w swoich dalszych pracach badawczych, co pozwoli na pełniejszą ocenę wiarygodności uzyskanych rozpoznań badawczych.

Dobrze byłoby też uzupełnić materiał rozprawy wykazem ważniejszych skrótów, których brak może utrudnić czytanie i zrozumienie przekazu informacji u czytelnika.

W edycyjnym raportowaniu wyników pracy badawczej doktorant nie wykorzystał możliwości prezentacji wyników badań na dołączonym do pracy nośniku elektronicznym CD, w formie załącznika. Ta forma edycji wyników rozprawy byłaby zdaniem moim bardziej czytelną dla prezentacji dokonań

badawczych Doktoranta -wyników eksperymentów i ich analiz , a także ich graficznych reprezentacji, pozwalającą czytelnikowi na pełniejszą ocenę i weryfikację rezultatów rozprawy .

Reasumując moje oceny treści 3 punktu recenzji ; (*Ocena merytoryczna rozprawy*); **stwierdzam**, że zarówno wyniki poznawcze, jak i praktyczne dokonania Doktoranta prezentowane w rozprawie zasługują na **pozytywną opinię**. Dotyczą one zagadnień istotnych dla procesów decyzyjnych obecnych w procesie zarządzania ochroną akustyczną środowiska.

Uznaję, że stanowią one istotny **wkład informacyjny** mgr inż. Bartłomieja Pudełki w rozwój aktualnej wiedzy projektowej, przeznaczonej dla kształtowania bezpiecznych akustycznych warunków w otoczeniu dróg, ważnej dla rozwoju polskiego sektora gospodarki budowy infrastruktury drogowej.

#### **4. Konkluzja.**

Biorąc pod uwagę omówione i ocenione rezultaty rozprawy doktorskiej pracy mgr inż. Bartłomieja Pudełki stwierdzam, że rozwinął pewien obszar poznawczy o widocznych walorach aplikacyjnych i naukowych, ukierunkowanych na potrzeby procesu prognozowania hałasu drogowego kształtowanego wpływem rozkładu obecnych na nich natężeń ruchu .

Wyniki rozprawy spełniają wymagania stawiane przez *Ustawę o stopniach i naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14.03.2003 r. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789*.

Moje stanowisko uzasadniają stwierdzenia które zawarłem w poszczególnych punktach recenzji. Odnosiły się one do kwestii: istotności podjętego w rozprawie zadania badawczego, oceny jego materiału informacyjnego i powiązanych z nimi konkluzji. Ich wypunktowanie w poszczególnych punktach recenzji upoważniają mnie do opowiedzenia się **za przyjęciem rozprawy i skierowaniem jej do dalszego procedowania**.

Wypracowany przez Doktoranta przekaz wiedzy **nie miał** dotychczas miejsca w przekazie literaturowym. Został wypracowany w badaniach cechujących się rzetelnością i właściwym poziomem merytorycznym.

*Dariusz Szlach*