



**dr hab. inż. Bartłomiej Stępień, prof. AGH**

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE  
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki  
Katedra Mechaniki i Wibroakustyki

*Recenzja spełnia wymogi formalne*

Przewodniczący Rady Dyscypliny  
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport

dr hab. inż. Marcin Staniek, prof. PŚ

Kraków, 19 września 2023 r.

## **Recenzja pracy doktorskiej**

**mgr. inż. Bartłomieja Pudełki**

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

### **1. Podstawa formalna opracowania recenzji**

Podstawę formalną opracowania niniejszej recenzji stanowi Pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej, dr. hab. inż. Marcina Stańka, prof. PŚ, z dnia 21 lipca 2023 r., nawiązujące do Uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport z dnia 13 lipca 2023 r., przesłanego wraz z egzemplarzem rozprawy doktorskiej i umową.

### **2. Przedmiot recenzji**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr. inż. Bartłomieja Pudełki pt. „Kształtowanie poziomu hałasu komunikacyjnego w funkcji rozkładu natężenia ruchu przy istniejącym i projektowanym układzie dróg krajowych”. Praca została napisana pod kierunkiem dr. hab. inż. Artura Nowoświata, prof. PŚ jako promotora oraz dr. inż. Rafała Żuchowskiego, będącego promotorem pomocniczym.

Recenzowana praca napisana jest w języku polskim, zawarta jest w jednym tomie liczącym 222 strony, na które składa się 6 stron zawierających stronę tytułową, podziękowania, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz spis treści, 132 strony zasadniczej części pracy, 12 stron zawierających wykaz 141 pozycji literatury, 10 stron zawierających spis tabel i rysunków, 55 stron stanowiących Załącznik 1 oraz 7 stron stanowiących Załącznik 2.

Tematem recenzowanej dysertacji jest ocena różnych sposobów szacowania natężenia ruchu drogowego i jego wpływ na wartości obliczonego równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego na terenach sąsiadujących z drogami, generowanego przez potok poruszających się pojazdów przy wykorzystaniu modelu obliczeniowego NBPB-Routes – 96



al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
bud. D-1, p. 312  
tel. + 48 12 617 50 36  
e-mail: bstepien@agh.edu.pl

POLITECHNIKA ŚLĄSKA  
Rada Dyscypliny Inżynieria Lądowa,  
Geodezja i Transport

wpłynęło dnia 5.10.2023  
nr 218 zał. —

Wpłynęło dnia 5.10.2023 r.

(SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), który jest zalecany do stosowania przez Dyrektywę 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. odnoszącą się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku. Wyznaczone wartości równoważnego poziomu dźwięku A pozwoliły Doktorantowi na ocenę szkodliwych skutków hałasu drogowego poprzez wyznaczenie znacznej uciążliwości (HA) i znacznego zaburzenia snu (HSD) oraz liczby osób dotkniętych tymi skutkami. Parametry te również zostały poddane ocenie w zależności od sposobu szacowania natężenia ruchu drogowego.

Moim zdaniem tytuł rozprawy doktorskiej jest dobrze sformułowany i odzwierciedla zakres pracy. Zagadnienia związane z dokładnością modelowania hałasu drogowego są ciągle aktualne, istotne i szeroko opisywane w literaturze krajowej i światowej. Potwierdzeniem tego jest wprowadzenie Dyrektywy Komisji (UE) 2015/996 z dnia 19 maja 2015 r. ustanawiającą wspólne metody oceny hałasu zgodnie z dyrektywą 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, która wprowadza nową metodę modelowania hałasu, tzw. metodę CNOSSOS-EU, która docelowo ma zastąpić wyżej wspomnianą metodę NBPB-Routes – 96.

Podstawowym parametrem wykorzystywanym we wszystkich metodach obliczeniowych hałasu drogowego jest natężenie ruchu drogowego, na podstawie, którego wyznaczany jest poziom mocy akustycznej źródła. Z tego względu dokładna estymacja natężenia ruchu jest bardzo istotna.

Ze względu na powyższe, zakres tematyczny recenzowanej dysertacji uważam za niezwykle istotny dla rozwoju Akustyki Środowiska.

W pracy doktorskiej poprawnie sformułowany został cel oraz teza pracy, która została udowodniona, a cel pracy został osiągnięty.

### **3. Treść rozprawy doktorskiej**

W Rozdziale 1 przedstawiono krótko dane statystyczne odnośnie narażenia ludzi na hałas drogowy oraz negatywne skutki jego oddziaływania na organizm człowieka. Wymieniono również podstawowe źródła hałasu generowanego przez przejeżdżający pojazd. Omówiono również podstawy prawne monitoringu hałasu wokół dróg oraz wskaźniki wykorzystywane do oceny hałasu w środowisku. Dodatkowo przedstawiono kategoryzację dróg publicznych obowiązującą w Polsce. Rozdział ten zawiera również cel, tezę oraz zakres pracy.

W Rozdziale 2 przedstawione zostały podstawowe definicje i zależności związane ze wskaźnikami hałasu. Omówiono wskaźniki hałasu, które mają bezpośredni wpływ na zdrowie człowieka. Rozdział ten zawiera również część poświęconą pomiarowi ruchu i ocenie jego wiarygodności.

Rozdział 3 zatytułowany *Studium literatury* zawiera opis modeli wykorzystywanych do wyznaczenia wskaźników hałasu na podstawie różnych parametrów ruchu i lokalizacji punktu, dla którego wskaźniki

hałasu są obliczane. W tym rozdziale znajduje się również podrozdział 3.2, w którym opisano wpływ hałasu na zdrowie człowieka.

W Rozdziale 4 zaprezentowano klasyfikację układów drogowych oraz przekroje poprzeczne poszczególnych kategorii dróg. Przedstawiono schematy zabudowy wzdłuż dróg oraz metody ochrony przeciwhałasowej. Poświęcono kilka stron pomiarowi hałasu przy drogach oraz modelowaniu map hałasu.

W Rozdziale 5 Autor przedstawił uzasadnienie wyboru układów drogowych, dla których przeprowadził pomiary, obliczenia i analizy. Wg Doktoranta, znajdują się tam podrozdziały związane z wynikami pomiarów natężenia ruchu, hałasu i map akustycznych. Zaprezentowano również lokalizację punktów obliczeniowych, w których wyznaczono wskaźniki hałasu wykorzystane do wyznaczenia znacznej uciążliwości (HA) i znacznego zaburzenia snu (HSD).

W Rozdziale 6 przeprowadzono analizę otrzymanych wyników, natomiast Rozdział 7 przedstawia wnioski wyciągnięte na podstawie przeprowadzonych analiz.

#### **4. Ocena merytoryczna rozprawy**

Uważam, że zaproponowany układ pracy nie został przez Doktoranta do końca starannie przemyślany. W dysertacji znajdują się 3 rozdziały (Rozdział 2, Rozdział 3 i Rozdział 4), które są opracowane na podstawie literatury, ale tylko Rozdział 3 jest zatytułowany *Studium literatury*. Dodatkowym potwierdzeniem mojego spostrzeżenia jest fakt, że niektóre tytuły rozdziałów nie odzwierciedlają jego zawartości. Przykładem może być Podrozdział 5.3.2 pod tytułem *Wyniki pomiaru hałasu*, w którym nie znajdują się żadne wyniki przeprowadzonych pomiarów. Autor przedstawia tam sposób wyznaczania niepewności wyników pomiarów oraz sposób ich wykorzystania. Dodatkowo podrozdział ten informuje czytelnika o metodzie jaka została zastosowana do modelowania hałasu drogowego oraz prezentuje schemat postępowania z wynikami pomiarów własnych i dokonanych prognoz (Rysunek 5.26). Uważam, że fragment dotyczący wykorzystanej metody obliczeniowej jest w tym podrozdziale niepotrzebny, ponieważ podrozdział miał dotyczyć wyników pomiarów, a nie metod obliczeniowych, którym jest poświęcony Podrozdział 5.4.

Na fakt mojej pozytywnej oceny przedmiotowej rozprawy doktorskiej wpływają przede wszystkim argumenty:

- wciąż aktualny wybór tematyki pracy, który ma bezpośrednie odniesienie do zastosowań inżynierskich, ponieważ przeszacowanie lub niedoszacowanie wartości wskaźników hałasu niesie za sobą poważne skutki społeczne i ekonomiczne,
- przeprowadzenie całodobowych badań akustycznych i pomiarów natężenia ruchu,

- budowa czterech kompletnych modeli geometryczno-akustycznych dla analizowanych odcinków autostrad, dróg ekspresowych i krajowych w oprogramowaniu SoundPlan,
- zgromadzenie, opracowanie oraz analiza wyników pomiarów i obliczeń z długiego horyzontu czasowego obejmującego okres od 2005 do 2022 roku,
- wykorzystanie metod naukowych do wyciągnięcia wniosków mających charakter aplikacyjny.

W trakcie lektury tej dysertacji nasunęły mi się pewne wątpliwości, niejasności lub błędy, które powinny zostać wyjaśnione, a także wątpliwości natury dyskusyjnej. Zaznaczam przy tym, że pomimo wyrażonych poniżej uwag krytycznych i dyskusyjnych ocena pracy doktorskiej jest jednoznacznie pozytywna.

### **Uwagi ogólne, odnoszące się do całości pracy**

1. Moim zdaniem we wstępie brakuje szczegółowego wykazu nomenklatury matematycznej i oznaczeń stosowanych w pracy. Utrudnia to czytanie i zrozumienie pracy, a Autorowi umożliwiłoby uniknięcie stosowania tych samych oznaczeń dla różnych parametrów, np. na stronie 17  $T$  jest definiowane jako „czas uśredniania”, na stronie 21 oznacza „interwał czasowy” wykorzystywany do pomiarów metodą ekspozycyjną, natomiast na stronach 21, 22 i 24 jest „czasem odniesienia lub oceny”.
2. Według mnie w pracy brakuje syntetycznego opisu modelu obliczeniowego NBPB-Routes – 96, na podstawie którego został wyznaczony równoważny poziom dźwięku A hałasu drogowego.
3. W pracy bardzo często brak jest opisu zmiennych, które występują w równaniach, np. zależności (2.5), (2.6), (2.33), (3.13), (4.3), (4.4) lub zmienne występujące w równaniu są inaczej zapisane niż w opisie, np. równania (2.17), (2.18), (3.10).
4. W pracy znajduje się dużo wzorów, równań i zależności. W większości z nich brak jest podanej jednostki wielkości, która jest wyznaczana przy ich pomocy.
5. Przy niektórych równaniach brak jest odnośników literaturowych do źródeł skąd dana zależność została zaczerpnięta.
6. Autor używa sformułowań typu „z poniższego wzoru” (strona 28), „rysunek poniżej” (strona 96). W pracy doktorskiej nie powinno się używać tego typu sformułowań, powinny być użyte odniesienia do konkretnych rysunków czy wzorów.
7. W tekście Doktorant przywołuje bardzo dużo aktów prawnych (ustaw, rozporządzeń). Niektóre są przywoływane wraz z numerami dzienników ustaw, nie zawsze aktualnymi, inne bez tych numerów.

W dysertacji powinna być zachowana konsekwencja. Ta sama uwaga dotyczy przygotowania *Bibliografii*.

8. W pracy Autor bardzo często używa określenia „ilość” w stosunku do osób i pojazdów. Jest to błąd, ponieważ w stosunku do rzeczowników policzalnych powinno się stosować określenia „liczba”.
9. W pracy Doktorant bardzo często używa sformułowania metodologia zamiast metodyka. Proszę wyjaśnić różnice pomiędzy tymi słowami.
10. Na końcu Rozdziału 1 (Podrozdział 1.4) znajduje się akapit, który opisuje zawartość poszczególnych rozdziałów. Uważam, że on powinien znaleźć się gdzieś na początku pracy, ponieważ po przeczytaniu Rozdziału 1 czytelnik dowiaduje się o czym będzie czytał w Rozdziale 1.
11. Na stronie 43 znajduje się podrozdział zatytułowany „Wpływ hałasu na zdrowie”. Uważam, że ta część pracy powinna się znaleźć w innym miejscu, np. powinna zostać połączona z Podrozdziałem 2.5 zatytułowanym „Wskaźniki hałasu wpływające na zdrowie”.
12. Na stronach 45 i 46 jest cytowanych dużo aktów prawnych w sposób: „zgodnie z [100]; na mocy [102]; na podstawie ustawy [103] i rozporządzenia [108]”. To bardzo utrudnia studiowanie dysertacji. W takich sytuacjach powinno się podać tytuł aktu prawnego i numer pozycji w spisie bibliografii tego aktu prawnego, np. „na podstawie ustawy o drogach publicznych [103]”, co bardzo ułatwi lekturę pracy.
13. W całej pracy bardzo różnie zapisywane są te same zmienne: z indeksem dolnym lub bez, kursywą lub czcionką prostą.
14. W pracy bardzo często brakuje znaków interpunkcyjnych. W konsekwencji tego, niektóre równania wyglądają jak osobne byty lub wyraz w środku zdania napisany jest dużą literą.
15. W częściach pracy, gdzie znajdują się wypunktowania, czy to za pomocą znaczników, czy numerowane brak jest konsekwencji w ich składni. Niektóre z nich zakończone są kropką inne przecinkiem, ich pierwszy wyraz raz jest napisany dużą literą, raz małą.

### **Uwagi szczegółowe**

1. Doktorant pisze, że pomiary poziomu hałasu w środowisku zostały wykonane zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem. Zgodnie z tym aktem prawnym mikrofon pomiarowy powinien zostać umieszczony na wysokości 4 m n.p.t. W pracy, w tabelach opisujących położenie punktów pomiarowych znajduje

się pozycja „Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]”. W terenie płaskim te dwie wysokości będą tożsame, natomiast gdy droga jest prowadzona na nasypie/estakadzie lub w wykopie, to te wysokości będą różne. Rozporządzenie daje możliwość usytuowania punktu pomiarowego na innej wysokości po wprowadzeniu odpowiednich poprawek. Czy były stosowane poprawki w przypadku punktów pomiarowych zlokalizowanych na innej wysokości niż 4 m n.p.t (np. punkt pomiarowy PPH\_1\_A4, Rysunek 5.7)? W Załączniku 1 można przeczytać, że punkty pomiarowe zostały zlokalizowane również na innych wysokościach nad poziomem jezdni, a mianowicie 2,5 m (Tabela Z.7.73), 5 m (Tabele: Z.7.16, Z.7.37), 6 m (Tabele: Z.7.34, Z.7.61, Z.7.64, Z.7.76), 15 m (Tabele: Z.7.70, Z.7.79). Proszę o wyjaśnienie jak te wysokości punktów pomiarowych mają się do przepisów zawartych w ww. rozporządzeniu i wytycznych Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA), co do pomiarów hałasu wykonywanych w ramach GPH.

2. Jeżeli punkty pomiarowe były lokalizowane na różnych wysokościach nad poziomem terenu, to w jaki sposób przebiegała walidacja opracowanego modelu akustycznego? Czy punkty obliczeniowe w modelu zostały umieszczone na tej samej wysokości nad poziomem terenu co punkty pomiarowe?
3. Przy sporządzaniu map akustycznych obliczenia wykonuje się na płaszczyźnie umieszczonej na wysokości 4 m n.p.t w celu jej weryfikacji pomiarowej. Jeżeli punkty pomiarowe znajdowały się na różnych wysokościach nad poziomem terenu, to w jaki sposób wyniki odczytane z mapy akustycznej można odnieść do wyników pomiarów?
4. W Tabeli 1.2 znajduje się zestawienie dróg publicznych według kategorii. Kategorie są podane w języku polskim i angielskim. Dlaczego? Tytuł tej tabeli brzmi „*Drogi publiczne ogółem według kategorii dróg i rodzajów nawierzchni. Stan w dniu 31 grudnia 2021 r.*”, to dlaczego znajdują się tam dane dla stanu z 31 grudnia 2020 r.?
5. Na stronie 17 znajduje się zdanie: „*W przypadku oceny hałasu drogowego czas uśredniania wynosi  $T = 0,125$  s, co odpowiada stałej czasowej FAST*”. Jak należy rozumieć to zdanie? Czy w związku z tym hałas drogowy jest oceniany tylko na podstawie pomiaru trwającego tylko 1/8 sekundy?
6. Na stronie 18 Autor używa symboli  $\omega_0$  i  $\omega_1$  w stosunku do częstotliwości. W technice grecka litera omega raczej jest zarezerwowana dla prędkości kątowej, a w stosunku do częstotliwości używana jest litera  $f$ .

7. Na stronie 19 Doktorant napisał: „Skorygowany poziom ciśnienia akustycznego hałasu zdefiniowany wzorem (2.4) nosi nazwę poziomu dźwięku, a jego jednostką jest decybel A, w skrócie dB (A).” To stwierdzenie jest prawdziwe tylko w części dotyczącej definicji poziomu dźwięku, natomiast nie jest prawdą, że jednostką jest decybel A, ponieważ to zależy od zastosowanej krzywej korekcyjnej. Poza tym nastąpiła standaryzacja tego parametru. W normie PN-B-02153:2022 można znaleźć informację, że jednostką poziomu dźwięku jest decybel. Prawdłowo powinno być zapisane, że jest to poziom dźwięku A w decybelach. W publikacjach autorzy jeszcze stosują zapis dB(A), ale jest on nieprawidłowy.
8. Na stronie 23 znajduje się błędny odnośnik do wzoru, na podstawie którego wyznaczany jest wskaźnik hałasu  $L_{DWN}$ . Autor napisał, że ten wskaźnik jest definiowany równaniem (2.9), a prawidłowo powinno być odwołanie do równania (2.13).
9. Na stronie 29 znajduje się równanie opisujące wskaźnik RR. Co to jest za wskaźnik?
10. Na stronie 36 występuje zmienna  $L_{Gradient}$  i jest opisana jako „parametr gradientu”. Nie wskazano jakiego parametru jest to gradient.
11. Na stronie 37 zostały wprowadzone dwa parametry  $Leq10s$  i  $Leq20s$ . Nie zostały one w żaden sposób opisane i zdefiniowane.
12. Na stronie 38 Doktorant napisał „...”, że model (3.10) nadaje się do prognozowania hałasu ruchu ulicznego na prostej drodze, która jest liniowa w poziomie i łagodnie przebiega w pionie w stosunku do istniejącej zabudowy.” Proszę o wyjaśnienie co to jest za droga? Jaki jest jej przebieg? Kształt?
13. Na stronie 39 Autor użył sformułowania „rozptyw prędkości”. Proszę o wyjaśnienie co to jest rozptyw prędkości.
14. Na stronach 45 i 46 znajduje się informacja, że przeprowadzono analizy „dla hałasu źródła 87 dB ... i 93 dB”. Co to jest za wskaźnik źródła wyrażony w decybelach?
15. Na stronach 49-54 (Rysunki 4.1-4.7) znajdują się przekroje poprzeczne różnego rodzaju dróg. Są one zapożyczone ze 128 pozycji literatury. Na Rysunkach 4.1, 4.2 i 4.7 występują błędy w wymiarowaniu. Można się dowiedzieć, że  $2 \times 3,75 = 7$ ,  $3 \times 3,5 = 10$  lub również, że droga o dwóch pasach ruchu, każdy o szerokości 2,5-2,75 m ma całkowitą szerokość w przedziale 3,0-3,5 m. W dysertacji nie można bezkrytycznie wykorzystywać zapożyczonych rysunków. Zawsze trzeba je przeanalizować i sprawdzić, czy nie zawierają jakiś błędów.

16. Na stronie 58 Autor zamieścił rysunek przedstawiający lokalizację punktów pomiarowych dla drogi przebiegającej na poziomie terenu (Rysunek 4.12). Droga nie zawsze przebiega na poziomie terenu. Z tego powodu warto też umieścić rysunki w przypadkach, kiedy droga przebiega na nasypie/estakadzie lub w wykopie.
17. Na stronie 60 Doktorant wymienia warunki meteorologiczne, które powinny panować podczas wykonywania pomiarów. W pierwszym wypunktowaniu Autor napisał „*prędkość wiatru 0-5 m/s określona na wysokości położenia najwyższego punktu lokalizacji*”. O czego lokalizację chodzi? Jak ten punkt pomiarów meteorologicznych ma być wyznaczony?
18. Na stronie 61 Autor napisał, że modelowanie wykonuje się za pomocą programu SoundPlan. Czy tylko za pomocą tego programu można modelować rozkład równoważnego poziomu dźwięku A w środowisku?
19. Na stronie 62 Autor używa skrótu GUGiK. Przy pierwszym użyciu powinno się podać pełne rozwinięcie, a następnie wprowadzić skrót. Później już można korzystać tylko ze skrótu.
20. Na stronie 65 Autor pisze „... z autostradą A1 przebiegającą południowo przez cały kraj.” Co to jest za przebieg? Wg mnie powinno się użyć słowa *południkowy* lub *z północy na południe* lub *z południa na północ*.
21. Rysunki 5.1-5.4, 5.24 są bardzo słabej jakości.
22. W Podrozdziale 5.2 na stronach 68 i 69 oraz na Rysunku 5.5 Autor przedstawia założenia co do warunków meteorologicznych jakie powinny panować podczas wykonywania pomiarów akustycznych. Dlaczego te warunki są inne niż wymienione w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem?
23. Na stronie 70 Autor wymienia kategorie pojazdów na jakie są dzielone pojazdy poruszające się po badanym odcinku drogi. W tym zestawieniu znajduje się kategoria TIR. Co to jest za kategoria? W wytycznych GDDKiA przeprowadzania Generalnego Pomiaru Hałasu (GPH) i Generalnego Pomiaru Ruchu (GPR) brak jest takiej kategorii. Natomiast w tym zestawieniu brakuje kategorii pojazdów ciężarowych o dopuszczalnej masie całkowitej do 3,5 Mg. Na stronie 97 też są wymienione kategorie pojazdów: samochody ciężarowe o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 3,5 Mg oraz „TIR-y”. Czy pojazd kategorii „TIR” nie mieści się w kategorii pojazdów ciężarowych o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 3,5 Mg?



24. Na stronie 70 Doktorant napisał: „Do pomiarów ruchu wykorzystano:”, a później wymienia mierniki prędkości. To stwierdzenie sugeruje, że za pomocą tych mierników rejestrowano również natężenie ruchu. W rzeczywistości co rejestrowały te wymienione mierniki prędkości?
25. Autor na stronie 70 napisał: „Pomiary hałasu komunikacyjnego zostały przeprowadzone w większości układów drogowych zgodnie z wytycznymi ujętymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 roku...” Jeżeli w większości to znaczy, że nie wszystkie. Pomiary, w których punktach nie były przeprowadzone zgodnie z tym rozporządzeniem i dlaczego?
26. W Podrozdziale 5.2.2 Autor napisał, że pomiary były wykonywane w punktach referencyjnych i dodatkowych. Liczba punktów dodatkowych jest większa niż wynika to z wytycznych GDDKiA. Z jakiego powodu zwiększono liczbę punktów dodatkowych?
27. Doktorant w Podrozdziale 5.2.2 wymienia zestawy pomiarowe, które były wykorzystywane do pomiarów akustycznych. W Tabelach 5.34, 5.37, 5.40 są wymienione odpowiednio 1 miernik i 2 mikrofony, 2 mierniki i 3 mikrofony oraz 2 mierniki i 4 mikrofony. Świadectwo wzorcowania jest wydawane na konkretny zestaw pomiarowy mikrofon-przedwzmacniacz-miernik. Dlaczego do jednego miernika były stosowane różne mikrofony? Czy to nie wpłynęło na wyniki pomiarów akustycznych?
28. Autor na stronie 99 napisał, że na Rysunku 5.25 przedstawił schemat postępowania z wynikami własnych pomiarów. Jednak na tym rysunku nie znajduje się żaden schemat postępowania, tylko przyporządkowane zbiory danych do odpowiednich kategorii (pomiar własny, prognoza, GPR), co zostało zauważone przez Doktoranta, ponieważ ten rysunek został zatytułowany jako „Zakres prowadzonych analiz [opracowanie własne]”.
29. Na stronie 99 znajduje się równanie (5.2), na podstawie którego wyznacza się, jak napisał Autor, niepewność rozszerzoną. Moim zdaniem jest to równanie opisujące niepewność złożoną, ponieważ brakuje w nim współczynnika rozszerzenia. Proszę o wyjaśnienie.
30. Na stronie 103 znajdują się dwa rysunki, które mają przedstawiać lokalizację punktów obliczeniowych, w których wykonano ocenę wpływu hałasu na zdrowie. Punkty te są bardzo słabo widoczne na tych rysunkach.
31. Na stronie 103 Autor wprowadził oznaczenia  $AR_{HA}$  oraz  $AR_{HSD}$  odpowiednio dla znacznej uciążliwości i znacznych zaburzeń snu. Czy to są te same wskaźniki, które zostały opisane na stronach 26 i 27, oznaczone jako  $AR_{HA, drogowy}$  oraz  $AR_{HSD, drogowy}$ ?

32. Na stronie 104 Autor wprowadził oznaczenia  $N_{HA}$  oraz  $N_{HSD}$  odpowiednio dla liczby osób dotkniętych znaczną uciążliwością i liczby osób dotkniętych znacznymi zaburzeniami snu. Czy to są te same wskaźniki, które zostały opisane na stronie 27, oznaczone jako  $N_{HA, \text{drogowy}}$  oraz  $N_{HSD, \text{drogowy}}$ ?
33. W Tabelach 6.1-6.4 oraz 6.6-6.10 znajdują się oznaczenia M, SO, SD, C, CC, A, Inne. Co one oznaczają? Te oznaczenia nie były opisane i użyte wcześniej w pracy.
34. W Tabeli 6.7 w wierszach oznaczonych liczbą 1 i 4 brak jest numeru punktu. Z jakiego powodu?
35. Na Rysunkach 6.1-6.4 brak jest opisów osi. W tych tabelach został również wprowadzony wskaźnik SDRR. Czy to jest ten sam wskaźnik co wcześniej używany w pracy SDR?
36. Na Rysunku 6.3 w tabeli danych została zaprezentowana średnia wartość równoważnego poziomu dźwięku A. Co to jest za wartość? Z jakich wartości została ona wyznaczona?
37. Na stronie 121 w punkcie 1, Autor napisał, że wyniki pomiarów GPR wykonanych w 2005 różnią się dwukrotnie (punkt PPH\_1\_A4) i półtorakrotnie (punkt PPH\_2\_A4) od wyników pomiarów wykonanych przez Doktoranta w tym samym roku. Proszę wyjaśnić co jest źródłem tak dużych rozbieżności.
38. Na stronie 121 w punkcie 3, jest napisane, że wyniki prognoz natężenia ruchu dla 2008 i 2010 roku wykonane na podstawie pomiarów własnych z 2005 roku nie różnią się istotnie. Czy był wykonywany jakiś test statystyczny stwierdzający brak istotnych statystycznie różnic? Jeżeli tak, to na jakim poziomie istotności?
39. Na stronie 121 w punkcie 7, Doktorant napisał „*poziom dźwięku w obrębie...*”. Jaki jest to poziom dźwięku: A, C, G, Z? Ta sama uwaga dotyczy punktu 8 na tej samej stronie oraz punktów 2 i 3 na stronie 123 i punktu 4 na stronie 124.
40. Na stronie 121 w punkcie 7, Autor użył jednostki „sB”. Czy tu powinna zostać użyta jednostka dB?
41. Na stronie 125 Autor napisał, że „*Wyniki pokazano dla 14 metod pomiaru natężenia ruchu...*”. Myślę, że tu powinno zostać użyte sformułowanie „14 metod szacowania”.
42. W tytułach Rysunków 6.6-6.11, Autor na końcu używa stwierdzenia „*Linia czerwoną zaznaczono zakres występowania wskaźnika.*” Te linie nie pokrywają się z najmniejszą i największą wartością prezentowanego wskaźnika. Proszę o wyjaśnienie.

43. Na stronie 130 Doktorant wprowadza nowy „wskaźnik szacowania natężenia ruchu”. Wcześniej nie został on zdefiniowany ani opisany. Proszę zdefiniować ten wskaźnik.
44. W Tabelach 6.12-6.16 w kolumnach zatytułowanych: „Wartości LD, [dB]; Wartości Lw, [dB]; Wartości LN, [dB]” znajdują się wartości procentowe, odpowiednio 72%, 15%, 13%. Co to są za wartości? Co one reprezentują?
45. Na stronie 138 w punkcie 6 Doktorant napisał: „Odległość obszarów zamieszkałych od drogi wpływa na zmniejszenie obszaru negatywnego oddziaływania zdrowotnego hałasu drogowego na ludzi, ale nie eliminuje go całkowicie”. Czy na podstawie wyników badań zaprezentowanych w dysertacji można wskazać zależność pomiędzy tymi wielkościami?

### Wybrane szczegółowe uwagi edytorskie

1. W pracy znajdują się mniejszej wagi liczne literówki, np. „transportowanie” zamiast „transponowanie” (strona 14), „dobry” zamiast „doby” (strona 22), „ruchy” zamiast „ruchu” (strona 35), „kreślona” zamiast „określona” (strona 35), „konstrukcji” zamiast „konstrukcją” (strona 38), „nam” zamiast „na” (strona 65), „to” zamiast „ta” (strona 100), „ruchowej” zamiast „ruchu” (strona 123)
2. W pracy znajdują się również niefortunne sformułowania, np. „w dla” (strona 110) oraz „na drodze” (tytuły Rysunków 6.1-6.4).
3. W pracy można znaleźć nieodpowiednie formy zaimków: „który” (strony 30, 137), „ta” (strona 34).
4. W pracy występują także powtórzenia słów w jednym zdaniu lub jego krótkiej części, np. „szacowanie” (strona 33), „obserwator” (strona 39).
5. Na stronie 30 w sformułowaniu „... zaś interwałem rejestracji na ogół przyjmuje się 15 minut.”. Poprawnie powinno być „...zaś za interwał rejestracji na ogół przyjmuje się 15 minut.”
6. Na stronie 34 Autor nie podał przy wartościach 35 i 45 jednostek, natomiast zaraz po wartości w nawiasie znajduje się wartość w km/h. Można się domyślać, że wartościom tym należy przypisać jednostkę mph. Jeżeli są to wartości prędkości w mph, to wartość 35 mph została błędnie przeliczona na km/h. Zamiast ok. 65 km/h, powinno być ok. 56 km/h.
7. Na stronie 36 nazwa państwa Chiny jest napisana małą literą.
8. Na stronie 37 Autor używa czasownika „zauważać” w 3 osobie liczby mnogiej czasu teraźniejszego w stosunku do autorów modelu, który został opublikowany w 2002. Powinna zostać użyta forma w 3 osobie

liczby mnogiej czasu przeszłego czasownika „zauważyć”, czyli „zauważyli”.

9. Na stronie 40 w dwóch zdaniach następujących po sobie jest powtórzenie tych samych informacji.
10. Na stronie 121 w punkcie 8 Autor napisał „... pomiędzy wysokością równoważnego poziomu dźwięku ...”. Zamiast rzeczownika „wysokość” lepiej użyć „wartość”. Ta sama uwaga odnosi się do punktu 6 na stronie 122.
11. Na stronie 122 w punktach 3 i 4 oraz na stronie 124 w punktach 2 i 3 Autor napisał, że „prognoza oszacowała”. Jest to nieprawidłowe określenie, ponieważ prognoza nie szacuje, tylko na podstawie prognozy otrzymujemy oszacowania pewnych wartości.
12. Na stronie 122 w punkcie 5 Doktorant napisał: „Największy hałas oznaczono w pomiarach ...”. Do tej części zdania mam dwa zastrzeżenia. Hałas to pojęcie względne, dlatego powinno się podać jakiś wskaźnik poziomu ciśnienia akustycznego lub poziomu dźwięku. Natomiast drugie zastrzeżenie odnosi się do słowa „oznaczono”. W tym kontekście lepiej użyć słowa, np. „zarejestrowano”.
13. Strona 137 punkt 2 wniosków „Opracowanie, w oparciu o aktualnie obowiązujące wytyczne, długoterminowych prognoz natężenia ruchu pojazdów na projektowanych odcinkach dróg i tym samym ocena ryzyka narażenia na hałas drogowy okolicznych ich mieszkańców jest bardzo trudne i zwykle niedoszacowane”. To zdanie nie jest poprawne stylistycznie i do końca zrozumiałe. Myślę, że zdanie można zastąpić następującym: „Opracowanie, w oparciu o aktualnie obowiązujące wytyczne, długoterminowych prognoz natężenia ruchu pojazdów na projektowanych odcinkach dróg i tym samym ocena ryzyka narażenia na hałas drogowy okolicznych mieszkańców są zadaniami bardzo trudnymi i zwykle wartości te są niedoszacowane”, które będzie bardziej poprawne i zrozumiałe dla czytelnika.

## **5. Podsumowanie recenzji**

Pomimo wskazania szeregu usterek i uwag natury polemicznej stwierdzam, że one nie wpływają na moją pozytywną ocenę pracy, a Pan mgr inż. Bartłomiej Pudełko wykazał się odpowiednią wiedzą z zakresu akustyki środowiska, wykonywania pomiarów akustycznych, modelowania akustycznego, a także zdolnością do twórczej analizy otrzymanych wyników.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr. inż. Bartłomieja Pudełki pt. „Kształtowanie poziomu hałasu komunikacyjnego w funkcji rozkładu natężenia ruchu przy istniejącym i projektowanym układzie dróg krajowych” w podstawowym

stopniu spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2017, poz. 1789 z późn. zm.) oraz Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2023, poz. 742 z późn. zm.).

W związku z powyższym wnoszę o przyjęcie recenzowanej rozprawy doktorskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.



dr hab. inż. Bartłomiej Stępień, prof. AGH  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki  
Katedra Mechaniki i Wibroakustyki