

dr hab. inż. Janusz Władysław Bohatkiewicz, prof. ucz.
Politechnika Lubelska
Katedra Dróg i Mostów
ul. Nadbystrzycka 40
20-618 Lublin
email: j.bohatkiewicz@pollub.pl

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr. inż. Piotra BUCZKA
pt. „Klimat akustyczny jako kryterium kształtowania układu dróg
i ich otoczenia”

Podstawą opracowania jest zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Lubelskiej, dr. hab. inż. Andrzeja Szaraty, prof. PK z dnia 18.09.2019 r.

Promotorem rozprawy jest Prof. dr hab. inż. Marian Tracz.

Promotorem pomocniczym jest dr inż. Mariusz Kieć.

W recenzji skupiono się nad zagadnieniami, które dotyczą wiedzy i umiejętności Pana mgr. inż. Piotra Buczka w zakresie: wymaganej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport, umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i zawartości rozprawy doktorskiej, która powinna być oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego.

1. Treść rozprawy doktorskiej i jej ogólna charakterystyka

Recenzowana rozprawa liczy 178 stron maszynopisu formatu A4 i została podzielona na 7 rozdziałów oraz zawiera spis literatury zawierający 125 pozycji. Ponadto praca zawiera streszczenie w języku polskim i angielskim.

Rozdział 1 w pierwszej części jest wprowadzeniem do zagadnień poruszanych w dalszych częściach pracy. Autor przedstawił rozwój i rolę dróg klasy GP i G, które stanowią istotną część sieci drogowej. Wymienienie zostały także główne przyczyny powstawania hałasu drogowego oraz problemy dotyczące niewłaściwego kształtowania zabudowy w stosunku do drogi. Autor opisuje także szczególne sytuacje, które mają wpływ na kształtowanie klimatu akustycznego wokół drogi a także ogólnie określa sposoby i metody ochrony wrażliwej zabudowy mieszkaniowej oraz terenów związanych z odpoczynkiem i rekreacją.

W drugiej części tego rozdziału Autor sformułował cele, tezy i zakres pracy. Głównym przedmiotem badań i jednocześnie głównym celem pracy jest ocena klimatu akustycznego przy różnych wariantach lokalizacji układów drogi i zabudowy. Do podstawowych celów pracy Autor zaliczył m.in.: klasyfikację istniejących układów zabudowy z wykorzystaniem analizy dyskryminacyjnej, wypracowanie metody oceny klimatu akustycznego w otoczeniu dróg głównie klasy GP i G, wykonanie pomiarów hałasu w celu weryfikacji kalibracji modeli obliczeniowych, opracowanie zasad wyznaczenia linii referencyjnej z uwagi na hałas drogowy, stworzenie podstaw do zaleceń kształtowania zagospodarowania wokół dróg, ocenę efektywności zastosowania wybranych form ochrony akustycznej.

Tezy pracy zostały sformułowane na podstawie istniejących układów droga-zabudowa, analizy literatury oraz wstępnych badań hałasu. Autor sformułował 3 tezy związane z: zastosowaniem metody wskaźnikowej do oceny ekspozycji na hałas drogowy, zastosowaniem tzw. linii referencyjnych mających na celu wyznaczenie w otoczeniu dróg bezpiecznej odległości

DZIEKANAT
Wydziału Inżynierii Lądowej

Wpłynęło dnia 18.11.2019
L. dz. 10.1400.510.28.2.2019
podpis Panuz

zabudowy od rogi z uwagi na hałas, możliwości optymalizacji położenia drogi i zabudowy względem siebie.

W ramach zakresu pracy Autor określił poszczególne zadania niezbędne do realizacji założonych celów.

W rozdziale 1 Autor przedstawił także syntetycznie genezę tematu i studia literatury. We wprowadzeniu do tej części Autor przedstawił wpływ hałasu (nie tylko drogowego) na człowieka. Dodatkowo opisał informacje na podstawie studiów literatury związane z wpływem hałasu na wartość gruntów i nieruchomości. W rozdziale tym wprowadzono także analizę lokalizacji zabudowy wrażliwej na hałas w otoczeniu dróg krajowych. Analiza ta obejmuje wskazanie możliwych do stosowania w przypadku istniejącego zagospodarowania terenów środków redukcji hałasu. W części tej Autor odnosi się do pojęcia linii rozgraniczających i w przykładzie wskazuje bezpieczne odległości drogi od zabudowy w zależności od wartości dopuszczalnych hałasu i sytuacji ruchowej. Wskazywana jest także na podstawie wstępnych badań własnych klasyfikacja odcinków uzależniona od rodzaju obudowy dróg zabudową. W ramach analiz Autor w tej części odnosi się do sposobów kształtowania i kontroli nad terenami bezpośrednio zlokalizowanymi w sąsiedztwie drogi. W końcowej części tego rozdziału Autor zestawia metody i środki stosowane w celu ochrony akustycznej oraz podaje ich skuteczność. Zestawienie to zostało oparte na wielu pozycjach literatury związanej z metodami i sposobami redukcji hałasu drogowego. W podsumowaniu tego rozdziału Autor porównał sposoby kształtowania zabudowy względem drogi w Polsce i innych krajach, wskazał na przyczyny problemów ochrony przed hałasem zwłaszcza dla dróg klasy GP i G oraz przyczyny niewłaściwego stosowania ekranów akustycznych. Ponadto wskazał na efekty praktyczne jakie przyniesie rozprawa w zakresie kształtowania układu droga-zabudowa.

Rozdział 2 to część rozprawy, w której Autor dokonał próby określenia charakterystyki układów droga-zabudowa pod względem akustycznym. Do tego celu wykorzystał analizę dyskryminacyjną dla wybranych układów droga-zabudowa. Dzięki sporządzeniu map akustycznych dla wybranych przypadków jak i na elewacjach budynków Autor podjął próbę zdefiniowania wskaźników, które umożliwiłyby ocenę ekspozycji na hałas w sklasyfikowanych wcześniej układach droga-zabudowa. Na początku tego rozdziału Autor przedstawił schemat postępowania dla lepszego zwizualizowania wykonanych zadań dotyczących oceny układów droga-zabudowa. W ramach analizy dyskryminacyjnej dla przyjętych typów odcinków z zabudową Autor dokonał potwierdzenia przyjętej klasyfikacji. W dalszej części rozdziału opisane zostały pomiary rozprzestrzeniania się poziomu hałasu na wybranych poligonach pomiarowych oraz pomiary hałasu od pojedynczych pojazdów. W tej części rozprawy Autor podaje także założenia i sposób wykorzystania map hałasu w dalszych badaniach i analizach. Wyniki obliczeń zawartych w dalszych rozdziałach poparte zostały kalibracją modelu obliczeniowego wykorzystywanego do sporządzenia map hałasu.

Rozdział 3 zawiera analizę typowych układów droga-zabudowa z uwagi na emisję hałasu. W tej części rozprawy Autor analizuje na podstawie różnych układów droga-zabudowa oraz ustalonych wartości poziomu hałasu (mocy akustycznej). Ponadto każdy z układów oraz wartości poziomu hałasu obliczany jest jeszcze dla pory dnia i nocy. Tworzy to wiele kombinacji obliczeń równoważnego poziomu hałasu oraz map hałasu. Dodatkowo obliczenia zostały wykonane na elewacjach budynków na wysokości 4 m. Dla uproszczenia Autor przyjął założenia dotyczące parametrów ruchu oraz przekroju drogi (1x2). Obliczenia i analizy zostały wykonane dla konkretnych przypadków oraz przebiegów dróg. W wyniku obliczeń i analiz możliwe było sformułowanie istotnych wniosków związanych z wpływem hałasu na poszczególne typy zabudowy oraz wskazanie ogólnych zaleceń do stosowania określonych układów droga-zabudowa.

W **Rozdziale 4** Autor wykonał ocenę lokalizacji różnych typów zabudowy zlokalizowanej przy drodze z uwagi na hałas od ruchu pojazdów. W początkowej części tego rozdziału zostały podane wskaźniki oceny poziomu hałasu (klimatu akustycznego) w podziale na: wskaźniki charakteryzujące sieć drogową, wskaźniki ekranowania budynków mieszkalnych inną zabudową, wskaźniki degradacji klimatu akustycznego, wskaźniki związane z mapami akustycznymi (wskaźnik M i jego modyfikację), wskaźniki powierzchni zagrożonej hałasem oraz wskaźniki z uwagi na koszty zabezpieczeń i utraty wartości budynków. W opisie uwzględnione zostały wskaźniki stosowane zagranicą jak np. holenderski wskaźnik NDI dla którego Autor wykonał przykładowe obliczenia dla założonej sytuacji droga-zabudowa. W tej części tego rozdziału Autor przedstawił także własny wskaźnik, jak np. wskaźnik zagrożenia budynków WZB. Przed przystąpieniem do analiz wykonanych w ramach tego rozdziału Autor podał autorski schemat jaki zastosował w ocenie wskaźnikowej modelu droga-zabudowa narażenia na hałas drogowy. Wyniki obliczeń umożliwiły sformułowanie wniosków zarówno z obliczeń dla przyjętych przykładów jak i wniosków o charakterze ogólnym. Autor przeanalizował łącznie 70 poligonów rzeczywistych i modyfikowanych na podstawie, których przyjął do analiz szczegółowych wskaźników 7 istniejących dróg i ulic reprezentujących różne typy układów droga-zabudowa. Do oceny narażenia na hałas tych 7 lokalizacji dróg Autor przyjął wybrane wskaźniki, które w najlepszym stopniu opisują stan klimatu akustycznego dla układów droga-zabudowa. Wyniki analiz wskazały, że decydującym czynnikiem w układach droga-zabudowa jest typ układu i najlepszym z nich jest układ sięgaczowy. W tej części badań Autor wykonał również analizy kosztów w przypadku stanów istniejących a także po przyjęciu 3 rodzajów zabezpieczeń (cicha nawierzchnia, ekrany akustyczne, cicha nawierzchnia i jednocześnie ekrany akustyczne). Ostatecznie umożliwiło to wskazanie zarówno najlepszych rozwiązań, jak i różnicy kosztów (spadku lub wzrostu wartości nieruchomości) oraz określenie dużej czułości przyjętego schematu analiz na niewielkie zmiany i modyfikacje.

Rozdział 5 zawiera na podstawie wykonanych analiz podstawy do określania minimalnych odległości zabudowy od drogi z uwagi na uciążliwość hałasu. Analizy zostały wykonane na podstawie badań dla trzech sytuacji ruchowych i geometrycznych odcinków dróg (klasy G i GP). Na podstawie tych przykładowych analiz otrzymano wykresy zawierające krzywe poziomów hałasu dla punktów odbioru hałasu zlokalizowanych na wysokości 4 m i 10 m z i bez ekranów akustycznych oraz wałów ziemnych a także cichych nawierzchni. Następnie Autor wykonuje analizy niezbędnej odległości zabudowy od drogi w zależności od poziomu emisji hałasu (mocy akustycznej) oraz różnych przykładowych form zabezpieczeń. We wniosku końcowym na podstawie wyników analiz formułuje wniosek związany z koniecznością stosowania tzw. linii referencyjnej (odległości minimalnej od drogi zabudowy) jakie powinny być stosowane w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego.

W **Rozdziale 6** na koniec rozprawy Autor podsumowuje całą pracę, formułuje wnioski oraz wskazuje kierunki dalszych badań. W podsumowaniu pracy Autor odnosi się do: wpływu rozwoju ruchu drogowego oraz zmian w sieci drogowej i ich wpływu na otoczenie, niedostosowania otoczenia dróg do wzrostu ruchu, zastosowanych metod i efektów zrealizowanych badań w pracy. Na końcu tego rozdziału Autor formułuje wnioski, które dzieli na wnioski naukowe oraz praktyczne a także wskazuje na kierunki dalszych badań.

Rozdział 7 zawiera spis literatury wraz z danymi bibliograficznymi. Literatura zawiera 125 pozycji z czego blisko połowa z nich to pozycje angielskojęzyczne. Zbiór cytowanej literatury zawiera zarówno opracowania dotyczące drogownictwa, planowania przestrzennego, zagadnień kosztów, jak i akustyki. Uwzględnione w literaturze pozycje w pełni i kompleksowo opisują problem badawczy podejmowany przez Autora w rozprawie.

Na końcu rozprawy Autor zamieszcza streszczenie pracy doktorskiej w języku polskim i w języku angielskim.

2. Ogólna ocena rozprawy

2.1. Przedmiot i zakres rozprawy

Przedmiotem rozprawy jest zagadnienie kształtowania i lokalizacji dróg oraz zabudowy mieszkaniowej względem siebie. Rozwój współczesnych rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym nastąpił z początkiem lat 70-tych XX w. Już wówczas wskazywano na metody związane z odpowiednim kształtowaniem odległości zabudowy od drogi. Wzrost liczby samochodów i co z tym związane natężenie ruchu, brak ładu przestrzennego to podstawowe przyczyny współczesnych problemów. Poza różnymi zagrożeniami ruchu drogowego powoduje znaczące niekorzystne oddziaływania. Jednym z ważniejszych oddziaływań jest hałas drogowy. Problemy niekorzystnego oddziaływania hałasu dotyczą głównie dróg klasy G, GP i Z (zarówno krajowych jak i wojewódzkich), które w bardzo wielu sytuacjach przenoszą duże natężenia ruchu w terenach zabudowanych. Zróżnicowana, często chaotyczna zabudowa otoczenia dróg, brak właściwej hierarchizacji sieci dróg tylko pogłębiają problemy wpływu hałasu na ludzi mieszkających w otoczeniu dróg. Szacuje się, że obecnie w Polsce blisko jedna trzecia populacji przebywa i mieszka w obszarach przekroczeń wartości dopuszczalnych hałasu. Starania polegające na ograniczaniu poziomu hałasu drogowego zwykle kończą się stosowaniem ekranów akustycznych, które nie zawsze odpowiednio pełnią swoją rolę a często prowadzą do powstawania kolejnych problemów i oddziaływań. Spośród obecnie znanych metod ochrony przed hałasem najbardziej efektywne metody to właściwe ukształtowanie otoczenia drogi wraz z odpowiednimi odległościami zabudowy od drogi. Brak takich badań ukierunkowanych na oddziaływanie hałasu na różne konfiguracje zabudowy mieszkalnej w otoczeniu drogi z uwzględnieniem zmian ruchu (natężenia i struktury) uzasadniają ich podjęcie przez Autora rozprawy. W mojej ocenie podjęcie tematu właściwego kształtowania klimatu akustycznego w zależności od konfiguracji droga-zabudowa oraz wprowadzenie do analiz kryterium klimatu akustycznego stanowi zadanie naukowe o cechach oryginalności, pomimo iż wielu badaczy podejmowało te zagadnienia. Były to jednak próby w zakresie rozwiązywania konkretnych lokalizacji drogi w stosunku do zabudowy bez analiz różnych jej układów i możliwości ochrony. O oryginalności pracy świadczą choćby próby wprowadzenia kryteriów dla określenia typowych układów zabudowy względem drogi z uwagi na oddziaływanie hałasu, wprowadzenie schematu postępowania oceny narażenia na hałas układu droga-zabudowa przy użyciu analizy wskaźnikowej oraz analizy związanej z odpowiednią odległością zabudowy od drogi prowadzące do propozycji stosowania w planowaniu przestrzennym tzw. linii referencyjnej. Należy również zwrócić uwagę, że podjęty temat jest niezwykle ważny społecznie i powinien mieć wpływ na rozwiązania formalne oraz zasady projektowania dróg i lokalizacji obiektów mieszkalnych.

Autor postawił przed sobą bardzo ambitne cele, które otwierają możliwości oceny lokalizacji zabudowy względem drogi i drogi względem zabudowy. Właściwe było na początku wykonanie przez Autora klasyfikacji układów zabudowy względem drogi z wykorzystaniem analizy dyskryminacyjnej. Aby jednak wyselekcjonować odpowiednie układy droga-zabudowa Autor musiał zaplanować badania wstępne, które związane były z użyciem wielu obrazów satelitarnych oraz wykonaniem wizji w terenie. Autor wykonał przegląd około tysiąca potencjalnych poligonów badawczych. Analiza wybranych obrazów satelitarnych, która doprowadziła do wybrania 770 poligonów obejmujących około 800 km dróg krajowych poza klasyfikacją układów droga-zabudowa dała w efekcie w dalszej części rozprawy wiele ważnych i dotychczas niesformułowanych wniosków o charakterze naukowym i praktycznym. Ważnym wnioskiem z tych badań jest to, że 41% układów zabudowy stanowi gęsta zabudowa, równoległa do drogi. Wynik, który można obserwować dla dróg klasy G i Gp wskazuje na rzeczywisty problem obudowy polskich dróg. Należy również zauważyć, że Autor prawidłowo

zinterpretował przepisy dotyczące lokalizacji zabudowy względem drogi. Interpretacja i przykłady wskazują na dużą wiedzę Autora w tym zakresie.

W większości analiz pracy Autor wykorzystał mapy akustyczne, które umożliwiają graficzne wskazanie obrazu rozprzestrzeniania się hałasu w otoczeniu drogi. Podejście to jest jeszcze rzadko spotykane w badaniach naukowych z uwagi na konieczną znajomość praktycznych zasad sporządzania takich map. Do realizacji celów pracy takie podejście jest jednak najbardziej właściwe pomimo dużej pracochłonności. Duża pracochłonność związana jest z gromadzeniem danych, obliczeniami i interpretacją wyników. Analizy zostały wykonane prawidłowo co świadczy m.in. o bardzo dużej znajomości i umiejętnościach przygotowania i przetwarzania danych, wykonywania skomplikowanych obliczeń wymagających wszechstronnej wiedzy (geometria dróg, modelowanie przestrzenne terenu, prognozowanie ruchu, warunki meteorologiczne itd.) przez Autora rozprawy.

Na uwagę zasługują także pracochłonne obliczenia imisji hałasu zawarte w rozdz. 3, gdzie Autor na realnych przykładach opiera swoje wnioski. Obliczenia oraz ich wizualizacja w postaci map akustycznych daje dobry obraz problemów akustycznych jakie występują w otoczeniu dróg krajowych (zwłaszcza klas G i GP). Zarówno wyniki obliczeń przekroczeń wartości dopuszczalnych hałasu na elewacjach budynków w porze dnia i nocy jak i wartości przekroczenia wartości dopuszczalnych hałasu umożliwiają Autorowi prawidłowe sformułowanie wniosków, które do tej pory w większości przypadków były formułowane (w literaturze) na podstawie obserwacji i pomiarów jako jedynie prawdopodobne. Analizy te umożliwiają dodatkowo jednak wskazanie dokładniejszych wniosków, które dotyczą m.in.: odległości drogi od zabudowy, rozmieszczenia budynków pomiędzy sobą (odległości), zastosowania typów układu droga-zabudowa w zależności od natężeń ruchu drogowego. Pomimo tego, że przykłady te oparte są na konkretnych lokalizacjach i skończonej kombinacji natężeń ruchu umożliwiły one sformułowanie wniosków mogących mieć wpływ na praktyczne zastosowania wyników rozprawy zwłaszcza w opracowaniach planistycznych.

Efektom pracy jest sformułowanie metody postępowania podczas oceny lokalizacji różnych typów zabudowy z uwagi na poziom hałasu przy użyciu wybranych wskaźników. Metoda postępowania umożliwia ocenę zarówno jakościowo jak i co ważne kosztowo. Na podstawie wskazanej metody możliwe jest oszacowanie spadku lub wzrostu wartości nieruchomości (terenu) dla różnych typów układów droga-zabudowa. Przykłady analiz wskazały także, że niewielkie modyfikacje polegające np. na wprowadzeniu środków ochrony przed hałasem umożliwiają prawidłową ocenę niekorzystnych oddziaływań. Taki sposób postępowania po jego dalszym testowaniu i rozwoju może być pomocny w zastosowaniach praktycznych podczas realizacji opracowań środowiskowych mających na celu ocenę stanu zagrożenia hałasem. Jednocześnie należy podkreślić postęp w wykonywaniu i wykorzystaniu map hałasu w analizach oddziaływania ruchu drogowego w fazie planowania rozbudowy drogi i/lub dociążenia drogi ruchem.

Jeden z najważniejszych wniosków w rozprawie, który wynika z analiz wskazuje, że wybór rozmieszczenia zabudowy (układu droga-zabudowa) w pierwszej kolejności wpływa na jakość klimatu akustycznego, natomiast dodatkowe środki zabezpieczające mogą poprawić jakość tego klimatu.

Badania symulacyjne dla określonych przypadków układów droga-zabudowa wskazały, że linia referencyjna powinna być stosowana w ramach analiz lokalizacji zabudowy w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego (mpzp). Stosowanie tej linii w mpzp powinno przyczynić się do zmniejszenia zabezpieczeń akustycznych oraz zwiększenia ich efektywności poprzez ustalanie odpowiedniej odległości zabudowy od drogi i na odwrót. Jednocześnie badania symulacyjne wykazały jak korzystne okazują się układy sięgaczowe

analizowane przez Autora coraz powszechniej stosowane przez deweloperów. Dobrą ilustracją tych zagadnień są również ciekawe wykresy pokazujące jak należałoby oddalić zabudowę od istniejącej drogi, gdy wzrasta ruch lub rośnie udział samochodów ciężkich i autobusów. Taka sytuacja obecnie ma nierzadko miejsce po zbudowaniu węzła na drodze klasy A lub S.

Na podstawie powyższych uwag można stwierdzić, że sformułowane przez Autora tezy rozprawy dotyczące zastosowania metody wskaźnikowej i optymalizacji wzajemnej lokalizacji drogi i zabudowy cechuje duża aktualność oraz oryginalność i wnoszą one nowe elementy do zagadnień dotyczących rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym. Teza dotycząca zastosowania linii referencyjnej ma charakter praktyczny, ponieważ z samej definicji linii referencyjnej wynika uzyskiwany efekt.

Oceniana rozprawa ma dobrze przygotowaną strukturę, tj.: rozpoznanie problemu badawczego, wybór i zastosowanie metod i badań, zebranie wielu danych empirycznych, przetwarzanie i analizy zgromadzonych danych, które zostały ukierunkowane na udowodnienie postawionych tez, wskazanie praktycznych zastosowań efektów badań oraz określenie kierunków dalszych badań.

Autor swobodnie wykorzystuje możliwości najnowszych modeli obliczeniowych hałasu takich jak metoda francuska, czy CNOSSOS-EU, która od początku tego roku jest metodą obowiązkową w Unii Europejskiej przy przygotowaniu map akustycznych dla m.in. dróg. Wykonane badania i analizy przez Autora potwierdzają Jego wiedzę merytoryczną oraz umiejętności w odpowiednim stopniu dla osób prowadzących badania naukowe.

Podsumowując przedmiot i zakres rozprawy stwierdzam, że dotyczy ona ważnego problemu naukowego z oryginalnymi cechami. Cele i zakres rozprawy zostały przyjęte właściwie do przeprowadzenia dowodu postawionych tez oraz pełnego osiągnięcia wyznaczonych celów naukowych i praktycznych.

2.2. Oryginalne i wartościowe osiągnięcia w rozprawie

Jako oryginalne i wartościowe osiągnięcia w rozprawie należy uznać:

- a) Sposób i efekty podejścia do klasyfikacji układów droga-otoczenie a także zastosowanie metody analizy jakim była analiza dyskryminacyjna. Wykonanie tej analizy wymagało od Autora wykonania bardzo pracochłonnych obserwacji, wstępnego określenia różnych typów odcinków droga-otoczenie, wykonanie analizy dyskryminacyjnej z przygotowaniem danych i jednocześnie wyselekcjonowaniem wielu zmiennych oraz ostateczne zakwalifikowanie analizowanych odcinków dróg do określonych typów. Tego typu podejście praktycznie nie było do tej pory stosowane w analizach związanych z klasyfikacją odcinków droga-zabudowa w analizach dotyczących analiz akustycznych. Jednocześnie można zauważyć, że tego rodzaju analiza może zostać zastosowana do wielu innych badań dotyczących niekorzystnych oddziaływań pochodzących od ruchu pojazdów.
- b) Zastosowanie metody wskaźnikowej do oceny oddziaływania hałasu różnych konfiguracji układów zabudowy względem drogi.
- c) Analizy bezpiecznej odległości zabudowy od drogi, które doprowadziły do sformułowania pojęcia tzw. linii referencyjnej z uwagi na hałas.
- d) Wykonanie szeregu badań parametrów ruchu oraz poziomu hałasu, które posłużyły do kalibracji i weryfikacji modeli obliczeniowych.
- e) Niestandardowe wykorzystanie modelu obliczania hałasu poprzez wprowadzenie w miejsce standardowych danych (parametry ruchu) wartości mocy akustycznej. Takie podejście znacznie uprościło skomplikowane analizy różnych przypadków ruchowych i geometrii odcinków dróg.

Istotne elementy poznawcze w rozprawie zawierają a), b) i e).

2.3. Studia literatury

Przeprowadzone przez Autora studia literatury oceniam pozytywnie. Ich zakres oraz dobór publikacji odpowiadają zakresowi i podstawowym celom pracy. Autor prawidłowo zidentyfikował krajowe i zagraniczne osiągnięcia naukowe w zakresie badań hałasu drogowego, rodzajów i sposobów zabezpieczeń przed hałasem, wskaźników oceny wpływu ruchu drogowego na klimat akustyczny. W poprawny sposób wykorzystał dotychczasowe doświadczenia z różnych prac (w tym prac własnych) do wyboru właściwych metod analiz hałasu drogowego.

2.4. Redakcja rozprawy

Redakcyjny układ rozprawy jest logiczny, czytelny i zawiera odpowiednią ilustrację graficzną (w postaci schematów, rysunków, map akustycznych). Wszystkie z zamieszczonych w rozprawie rysunków i tabel przedstawiają odpowiednią wartość merytoryczną i stanowią dopełnienie opisu badań i zjawisk. Praktycznie w każdym rozdziale oddane zostały wnioski dotyczące analizowanych zagadnień.

Pomimo, że układ pracy został dobrze przemyślany, jednakże jego realizacja nasuwa wątpliwości związane głównie z rozdziałem 1, gdzie Autor wprowadził zarówno wstęp, cele, tezy i zakres pracy oraz przedstawił genezę tematu i studia literatury. Te elementy pracy przedstawione w oddzielnych rozdziałach byłyby bardziej czytelne.

3. Uwagi szczegółowe

W pracy można dostrzec również braki oraz usterki takie jak:

1. Autor często stosuje sformułowania potoczne, niewłaściwe określenia oraz definicje, np.:
 - a) „*Pondnormatywny hałas*” w sytuacji, kiedy w większości sytuacji należy stosować „*hałas większy od wartości dopuszczalnych*” (np. rozdz. 1.3.2).
 - b) „*Brak trwałego powiązania z konstrukcją ziemi*” (tab. 4 przy opisie zastosowania ekranu ziemnego).
 - c) „*Cicha nawierzchnia*” – to potoczne określenie, które występuje w wielu miejscach w pracy i powinno ono być zastępowane w ważniejszych miejscach pracy określeniem „*nawierzchnia drogowa o cechach redukujących hałas*” lub „*nawierzchnia drogowa o własnościach redukujących hałas*”.
 - d) „*Moc akustyczna źródła hałasu*” – w rozdz. 2.5 Autor opisuje wykonane pomiary poziomu dźwięku. Jednocześnie stwierdza, że celem tych pomiarów było określenie rzeczywistego poziomu hałasu na poligonie badawczym. Trudno jest zatem stwierdzić jaki wskaźnik powinien być tutaj zastosowany, czy np. poziom dźwięku A od pojedynczych pojazdów, poziom równoważny mocy akustycznej pojedynczego zdarzenia, czy inny. występuje tutaj niespójność w nazewnictwie, oznaczeniach i oznaczeniu wartości na wykresach. Ponadto nie jest podana liczba poligonów pomiarowych, liczebność próby, współczynnik korelacji.
 - e) „*Strefowanie*” – występuje w tytule rozdz. 5 podczas gdy nie jest w praktyce stosowane w dalszej części tego rozdziału.
2. Autor często stosuje sformułowanie „...w literaturze występuje duża liczba publikacji...” (rozdz. 1.3.2), „*Problematyka dotycząca planowania osiedli ... była analizowana na wielu płaszczyznach w literaturze zagranicznej oraz polskiej*” (rozdz. 1.3.4) nie podając ich cytowań.

3. Ze środków redukcji hałasu u źródła wydzielona została nieprawidłowo zmiana rodzaju nawierzchni drogowych. Wymiana nawierzchni, która redukuje poziom hałasu jest także metodą walki z hałasem drogowym u źródła (rozdz. 1.3.3).
4. Brak jednostek w opisach i rysunkach, np. wzory nr: 25, 30, 31, 32 oraz w opisach elementów wzorów. Można również zauważyć niekonsekwentne stosowanie jednostek w rozprawie – np. poj./dobę i poj./24 h.
5. Prawdopodobnie błędnie sporządzone, interpretowane lub cytowane wyniki obliczeń;
 - a) Na rys. 10 bezpieczne odległości zabudowy od drogi są mniejsze dla terenu odbijającego niż dla terenu pochłaniającego w sytuacji, kiedy cechy pochłaniającego terenu powinny powodować, że odległość powinna być mniejsza niż w terenie odbijającym.
 - b) Na str.164 Autor wskazuje, że bezpieczna odległości zabudowy od drogi wynosi 0-130 m w sytuacji, gdy wykres 100 na str. 165 wskazuje początek obliczeń od 10 m a w dalszej części analiz i opisów Autor wskazuje, że te odległości przekraczają nawet 200 m.
6. Autor przy tłumaczeniu z języka angielskiego niektórych pojęć głównie związanych z wpływem na człowieka popełnił drobne błędy wprowadzając w miejsce np. „bardzo dużej dokuczliwości hałasu” własne pojęcie „ciężkiej irytacji” (podpis pod rys 6 na str. 17). Ponadto wskaźnik „Noise Depreciation Index” przetłumaczony został jako „współczynnik wrażliwości na hałas”, gdy wskaźnik ten bardziej opisuje utratę wartości (rozdz. 1.3.2).
7. Błędne bądź omyłkowe opisy i wartości, np.;
 - a) Różne wartości dla tego samego wskaźnika – np. w rozdz. 1.3.3 podano informację o pokryciu powierzchni Polski mpzp jako 27,9% wg literatury [[17], w rozdz. 1.3.4 natomiast 27,2% wg literatury 27,2%. Usterki te jednak nie mają wpływu na analizy w rozprawie i jej wartość merytoryczną.
 - b) W rozdz. 3 (str. 88) podano 5 najczęściej spotykanych typów układów droga-zabudowa, opis i obliczenia dotyczą 4 typów, a wykres podsumowujący obliczenia zawiera już 7 typów.
 - c) Na rysunku 100 pokazano w legendzie 92 dB podczas gdy w założeniach wartość ta została założona jako 93 dB.
8. Drobne błędy pisarskie, które mogą tworzyć efekt błędów merytorycznych – np. w rozdz. 1.3.4. podano informację, że „...spadek wartości gruntów o 1,3% na każdy wzrost o 1% poziomu dźwięku”. Prawdopodobnie powinien być tutaj 1 dB a nie 1%.
9. Braki i nieścisłości;
 - a) w opisie literatury związane z brakiem wszystkich danych bibliograficznych w niektórych pozycjach literatury.
 - b) W rozdz. 2.4 Autor opisuje pomiary rozprzestrzeniania się hałasu jakie wykonał w ramach realizacji pracy. Podaje, że pomiary zostały wykonane na wybranych poligonach pomiarowych zlokalizowanych w 6 województwach. Brak jest informacji jakie i ile faktycznie tych pomiarów wykonano, czy wykonywał je osobiście Autor (czy korzystał z bazy wyników np. GDDKiA). Opis pojedynczego poligonu pomiarowego i sposobu wykonywania pomiarów nie daje pełnego obrazu wykonanych pomiarów. Podobne uogólnienie występuje w rozdz. 2.5 Określenie poziomu mocy akustycznej źródła hałasu, cyt. „W ramach tego zadania wykonano pomiary w terenie na kilkudziesięciu poligonach badawczych”. Brak tej informacji niestety wstępuje przy wzorach 8 i 9, gdzie nie podano podstawowych statystyk oraz współczynnika korelacji dla zależności.
 - c) W rozdziale 3 brak jest informacji jaki do obliczeń podział natężenia ruchu został przyjęty w przypadku pory dnia i pory nocy.

4. Uwagi krytyczne

Przy ogólnie pozytywnej ocenie rozprawy zawiera ona nieścisłości i usterki. Ważniejsze z krytycznych uwag lub wątpliwości podano poniżej – są one wymienione w kolejności występowania w tekście.

Od pierwszego rozdziału można zauważyć mankamenty dotyczące redakcji i edycji pracy. Autor w wielu miejscach wymieniając pozycje literatury nie zachowuje ich kolejność występowania w spisie literatury na końcu rozprawy. W rozprawie można dostrzec także usterki edycyjne oraz mało czytelne fragmenty (np. niektóre wzory).

W genezie tematu jak i pozostałej części rozprawy Autor bardzo dużo miejsca poświęca niewłaściwemu kształtowaniu otoczenia drogi zabudową mieszkalną. Jednocześnie niewiele miejsca poświęca niewłaściwej hierarchizacji sieci dróg oraz dopuszczaniu do dróg niższych klas nawet ruchu tranzytowego. Hierarchizacja dróg również należy do działań planistycznych w przypadku sposobów ochrony przed hałasem drogowym. Być może, że Autor powinien w przyszłości kontynuować ten bardzo ważny wątek badań, które są bardzo istotne w rozwiązywaniu problemów kształtowania sieci transportowych w miastach.

W studiach literatury i dalszych analizach Autor pomimo uwzględnienia wpływu poziomu hałasu na wartość nieruchomości pominął niektóre pozycje dotyczące powiązania wpływu wielkości poziomu hałasu z aspektami społecznymi dotyczącymi m.in. zakłóceń i efektów zdrowotnych jakie powoduje hałas. Są to m.in. zalecenia WHO, wyniki programu badawczego HEATCO obejmujące ocenę wartości utraty zdrowia (*HEATCO. Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. University of Stuttgart. Stuttgart, 2006*) czy stosowana dla inwestycji drogowych w trakcie oceny inwestycji Niebieska Księga Jaspers (*Niebieska Księga. Infrastruktura drogowa. Jaspers, 2015*).

W analizowanej literaturze autor wskazuje na brak literatury dotyczącej planowania układów zabudowy z uwzględnieniem minimalizacji oddziaływania akustycznego od ruchu drogowego (ostatnie zdanie w rozdz. 1.3.4). Faktycznie trudno jest doszukać się w literaturze krajowej materiałów dotyczących tego zagadnienia. W dostępnej literaturze zagranicznej są jednak pozycje o charakterze zaleceń takie jak choćby: w programie badawczym SILENCE gdzie jego efektem jest publikacja „Kloth M., Vanchuisen, K., Clement F., Ellebjerg L. et al. *Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans. Recommendations from the SILENCE Project. Polise. 2008*”. Materiał ten jak również niektóre raporty CEDR związane są z obowiązkowymi do realizacji co 5 lat w krajach członkowskich UE Programami ochrony środowiska przed hałasem.

Klasyfikacja wstępna układów droga-zabudowa opisywana w rozdziale 1.3.3 powstała na podstawie różnych rodzajów materiałów i wizji w terenie. Autor wymienia numery dróg, które podlegały sprawdzeniu. Brak jest natomiast informacji jak dużą próbą dysponował Autor w tych analizach (czy uwzględniał je jako liczbę odcinków, czy określał je jako długość). Nie wiadomo również jaki był klucz doboru tych odcinków do badań (nie znalazło się to w opisie) z uwagi na duże różnice w obudowie dróg zabudową mieszkalną w poszczególnych regionach Polski. Przyjęcie w sposób losowy 6 odcinków dróg z czego 5 to drogi krajowe (w tym 2 odcinki autostrad) i tylko jednej drogi wojewódzkiej powoduje prawdopodobnie dysproporcję w liczbie analizowanych typów odcinków – świadczą o tym wyniki analizy dyskryminacyjnej, gdzie spośród 78 badanych odcinków tylko 11 należy do grupy A (zabudowa rozproszona) i 12 do grupy B (zabudowa zwarta wzdłuż drogi - najniższe prawdopodobieństwo poprawnej kwalifikacji 66,7%). Prawdopodobnie wprowadzenie jednej lub dwóch dróg wojewódzkich do analiz w miejsce jednej autostrady i drogi krajowej zmieniłoby ten obraz.

Zestawienie metod i środków stosowanych w celu ochrony akustycznej w rozdz. 1.3.4 i 1.3.5 wraz z określeniem ich skuteczności pomimo tego, że jest cennym i ważnym elementem pracy nasuwa kilka uwag:

- a) Przyjęty podział na metody administracyjne i fizyczne ograniczające hałas u odbiorcy stanowi duże uproszczenie. W rozdz. 1.3.5 Autor odsyła czytelnika do rozdz. 1.3.4 w którym brak jest podobnego zestawienia metod administracyjnych jak w rozdz. 1.3.5 dla metod fizycznych.
- b) W zestawieniu metod fizycznych (tekst i tabela 4) nie podano wszystkich możliwych rozwiązań, które mogą być stosowane – np. odsunięcie trasy na odpowiednią odległość (pomimo tego, że jest to podstawowe rozwiązanie teoretyczne), uspokojenie ruchu uzyskiwane za pomocą środków technicznych.
- c) W przypadku stosowania tzw. cichych nawierzchni (tabela 4) nie podano co stanowi poziom odniesienia dla wartości redukcji hałasów – czy jest to jakiś rodzaj nawierzchni referencyjnej czy jest to odniesienie do istniejącej nawierzchni.
- d) W przypadku stosowania pasów zieleni (tabela 4) podano bardzo optymistyczną wartość redukcji poziomu hałasu, gdzie w przypadku pasów ochronnych o szerokości 100 m można osiągać redukcję nawet 10 dB. Tak duża wartość redukcji jest osiągana bardzo rzadko w praktyce i należałoby to zaznaczyć w tej części pracy. Podobnie optymistyczny efekt redukcji podano dla ograniczenia prędkości – do 3,6 dB. W tym miejscu należałoby podać dla jakiej struktury rodzajowej i ograniczenia prędkości można uzyskać tak duży efekt.

W części dotyczącej badań droga-zabudowa (rozdz. 2) Autor podał 25 parametrów podlegających badaniu w ramach analizy dyskryminacyjnej. Niestety poza rysunkiem nr 35 wyjaśniającym niektóre te zmienne zabrakło definicji pozostałych zmiennych oraz informacji jak je pozyskiwano oraz obliczano. Jest to przeszkodą w interpretacji wyników, kiedy np. nie podano co oznacza I linia i II linia zabudowy lub miąższość zabudowy, której jednostką są metry. Z tego też względu Autor prawdopodobnie zmuszony był do zmniejszenia współczynnika korelacji R Spearmana z 0,7 do 0,5. W analizie dyskryminacyjnej zabrakło sprawdzenia czy przyjęte zmienne mają rozkład normalny co uwiarygadnia wyniki i wnioski. W najprostszy sposób można to było zaprezentować za pomocą rozkładów częstości oraz wykonać jeden z testów do oceny normalności rozkładu.

W analizach dotyczących układów droga-zabudowa pod względem emisji hałasu można dostrzec kilka nieścisłości – rozdz. 3. W części tej Autor analizuje kombinacje układów droga-zabudowa w powiązaniu z różnymi obciążeniami (natężeniami) ruchem. Szkoda, że przyjęte do analizy przykłady nie zostały skalsyfikowane literowo (A-D) na podstawie klasyfikacji przyjętej w rozdz. 2. W ten sposób można byłoby uzyskać większe powiązanie i spójność pomiędzy rozdziałami. Ponadto w ostatnim przypadku dotyczącym natężenia ruchu o wielkości 43500 P/d przy udziale pojazdów ciężkich 20% jest mało prawdopodobne, aby droga jednojezdniowa dwupasowa (1x2) funkcjonowała z uwagi na przepustowość i warunki ruchu. Ponadto dla takiego zestawu danych i przekroju Autor przyjął do obliczeń prędkość 120 km/h w przypadku pojazdów lekkich i 80 km/h w przypadku pojazdów ciężkich. Przyjęte prędkości pojazdów nie są możliwe do uzyskania przy takim natężeniu ruchu i przekroju drogi. Wobec powyższego wyniki dotyczące wartości mocy akustycznej 93 dB nie powinny być brane pod uwagę w tabelach 14-16. Wnioski z analiz praktycznie jednak nie uwzględniają tych wartości, wobec czego należy je uznać za prawidłowe.

Autor tworzy własny model oceny układów zabudowy przy drodze z uwagi na poziom hałasu (klimat akustyczny) – rozdz. 4. Pomimo bardzo dużej pracowitości i ciekawych wyników analiz oraz wniosków nie ustrzegł się nieścisłości a także usterek. Autor podaje, że wykonał analizy dla 70 poligonów (ich spis znajduje się na str. 138-141). Do dalszych prac

wyselekcjonował 7. Niezrozumiałe jest na czym ta selekcja miała polegać w sytuacji, kiedy w zestawie tzw. poligonów modyfikowanych znalazły się poligony rzeczywiste, którym zmieniano któryś z elementów. Niewłaściwym wydaje się wybór niektórych wskaźników (m.in. percentyl przekroczeń wartości L_{Aeq} dla 55 dB – nie wszystkie zostały przedstawione, str. 97-99), które należą do wybranego zestawu wskaźników do oceny narażenia na hałas. Pomimo, że zostały one wyselekcjonowane na podstawie (prawdopodobnie) analizy dyskryminacyjnej (Autor nie podaje w opisie jak to zostało wykonane) to w przypadku przejścia na ocenę jakościową wskaźnik ten powoduje zmianę oceny jakościowej na niższą w przypadku wprowadzenia dodatkowych środków chroniących także dla zabudowy sięgaczowej (tabela 25, str. 154). Dotyczy to przede wszystkim przypadków Nr 4, 5 i 7, czyli praktycznie zabudowy sięgaczowej, gdzie wydaje się, że po zastosowaniu tzw. cichej nawierzchni oraz ekranów akustycznych przypadki te powinny uzyskać jeszcze wyższą ocenę. Przykładem nieścisłości może być także opis wskaźnika M obowiązkowo stosowanego w opracowaniach związanych z mapami akustycznymi. Według Autora „*Nie nadaje się on do jednak do bezwzględnej oceny efektywności tych działań.*” Wskaźnik M jest powszechnie używany w Programach ochrony środowiska przed hałasem. Do oceny klimatu akustycznego Autor mógł użyć także wskaźników uwzględniających zależności zdrowotno-ekonomiczne, jakie zostały opisane w programie badawczym HEATCO o raz Niebieskiej Księżdzce Jaspers.

5. Wniosek końcowy i jego uzasadnienie

Podane w opinii uwagi krytyczne, które odnoszą się głównie do usterek redakcyjnych oraz braku precyzji w prezentowaniu niektórych zagadnień nie zmieniają pozytywnej oceny rozprawy. Ocena ta została oparta na następujących wnioskach wynikających z analizy rozprawy:

- Autor rozprawy zajął się jednym z ważniejszych zagadnień dotyczących planowania i projektowania dróg względem zabudowy oraz zabudowy względem dróg z uwagi na klimat akustyczny. W tym celu wykonał szereg badań i analiz przy użyciu odpowiednich metod badawczych. Sformułował kryteria kwalifikacji układów droga-zabudowa przy użyciu metody dyskryminacyjnej, wskazał na możliwość zastosowania w planowaniu zabudowy i dróg tzw. linii referencyjnej oraz sformułował metodę analizy wskaźnikowej narażenia na hałas układu droga-zabudowa. Podjęte analizy zostały poprzedzone studiami dotychczasowych prac związanych z problematyką własnych badań i analiz.
- Autor posiada umiejętności formułowania problemu naukowego dotyczącego złożonego obiektu badań, jaki jest układ droga-zabudowa.
- Treści i wnioski rozprawy można uznać za wartościowe z uwagi na rozwój metody oceny wpływu hałasu drogowego na otoczenie we wzajemnym powiązaniu zarówno w kontekście naukowym, jaki i praktycznym.
- Metody badawcze i analizy, jakie zostały zastosowane, wskazują na duży stopień zaawansowania, dotyczą kilku specjalności i potwierdzają zdolność do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Uwzględniając podane wcześniej zalety i oryginalne elementy rozprawy, stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska mgr. inż. Piotra Buczka „*Klimat akustyczny jako kryterium kształtowania układu dróg i ich otoczenia*” spełnia wymagania określone przez ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym. W ślad za tym stwierdzeniem przedkładam wniosek o przyjęcie pracy jako rozprawy doktorskiej w dyscyplinie „*inżynieria lądowa i transport*” oraz o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Kraków, 15.11.2019 r.

