

**Autoreferat
(w języku polskim)**

Załącznik nr 2a

Janusz Bohatkiewicz



Spis treści:

1. Imię i Nazwisko	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. W Dz. U. z 2016 r. poz. 1311).....	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego	4
4.2. Autor, tytuł, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy	4
4.3. Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	4
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	16
5.1. Aktywność naukowa	16
5.2. Aktywność dotycząca zrealizowanych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych, prac badawczych, ekspertyz, projektów badawczych.....	24
6. Informacje o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej, odbytych stażach krajowych lub zagranicznych i działalności popularyzującej naukę.....	25
7. Parametryczne podsumowanie dorobku naukowego.....	27
8. Podsumowanie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego	28

Janusz Bohatkiewicz

Lublin, 07.05.2018 r.

AUTOREFERAT

1. Imię i Nazwisko

Janusz Bohatkiewicz

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- 1988** **Tytuł magistra inżyniera**
Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej, Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej
Tytuł pracy magisterskiej: „Adaptacja i komputeryzacja metody TRRL obliczania przepustowości skrzyżowań z sygnalizacją świetlną” (z wyróżnieniem)
- 1999** **Stopień doktora nauk technicznych**
Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej, Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej
Tytuł pracy doktorskiej: „Wpływ geometrii, warunków i organizacji ruchu na klimat akustyczny w otoczeniu skrzyżowań” (z wyróżnieniem)

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 1988-1999** **asystent** w Katedrze Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu, Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej
- 1999-2003** **adiunkt** w Katedrze Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu, Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej
- od 2013** **adiunkt** w Katedrze Dróg i Mostów na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej (od 2017 r. p.o. kierownika Katedry Dróg i Mostów)

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. W Dz. U. z 2016 r. poz. 1311)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

„Modelowanie i ocena rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym”.

4.2. Autor, tytuł, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy

Janusz Bohatkiewicz, monografia: „Modelowanie i ocena rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym”. 2017, Monografie, Politechnika Lubelska.
ISBN: 978-83-7947-297-0

Recenzenci wydawniczy:

Prof. dr hab. inż. Jan Adamczyk, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Dr hab. inż. Andrzej Szarata, prof. Politechniki Krakowskiej

4.3. Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Cele i osiągnięcia naukowe

Podstawowym celem pracy jest modelowanie decyzji związanych z wyborem rozwiązań drogowych i środków zabezpieczających (rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym) oraz ocena tych rozwiązań ze względu na możliwość ich zastosowania przy uwzględnieniu kryteriów technicznych, środowiskowych i społecznych. Ocenę rozwiązań chroniących przed hałasem wykonałem po wprowadzeniu dla nich klasyfikacji oraz na podstawie określonych uwarunkowań ekonomicznych, społecznych, środowiskowych i technicznych. Modelowanie decyzji polegających na wyborze najlepszych i środowiskowo zrównoważonych rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym wykonałem wykorzystując hierarchiczny proces decyzyjny AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Modelowanie rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym oznacza w opracowaniu wypracowaną przeze mnie metodę postępowania, gdzie dzięki odpowiednio dobranym kryteriom i procesowi decyzyjnemu możliwy jest wybór najlepszych rozwiązań chroniących środowisko (w tym głównie zdrowie ludzi) w otoczeniu dróg.

Do osiągnięcia podstawowego celu zrealizowałem szereg celów cząstkowych. Należą do nich:

1. Identyfikacja wskaźników wpływu hałasu drogowego na zdrowie ludzi wraz ze wskazaniem, które z nich powinny być uwzględniane w opracowaniach środowiskowych, ocenach rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym i decyzji o ich wyborze.
2. Identyfikacja badań i opracowań środowiskowych w ochronie przed hałasem drogowym.
3. Identyfikacja rozwiązań drogowych i środków zabezpieczających przed hałasem

- z uwagi na lokalizację źródła emisji hałasu oraz odbiorcy hałasu z określeniem ich skuteczności akustycznej.
4. Identyfikacja uwarunkowań w planowaniu i projektowaniu dróg oraz w wyborze rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym.
 5. Opracowanie klasyfikacji i ocena rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym z uwzględnieniem uwarunkowań ekonomicznych, społecznych, środowiskowych i technicznych na podstawie wyników badań, analizy literatury i doświadczeń własnych z wykonywanych opracowań środowiskowych.
 6. Identyfikacja decyzji związanych z wyborem rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym.
 7. Opracowanie założeń do modelu decyzyjnego wyboru rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym.
 8. Opracowanie metody postępowania i budowa modelu decyzyjnego wspomagających wybór rozwiązań drogowych i środków zabezpieczających przed hałasem drogowym przy wykorzystaniu metody AHP.
 9. Opracowanie przykładu i testowanie kryteriów oraz modelu wyboru najlepszych rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym.

Dotychczasowa praktyka wyboru rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym wskazuje, że głównym kryterium są wartości dopuszczalne hałasu i tylko w niektórych szczególnych przypadkach inne kryteria (dostępność miejsca, uwarunkowania terenowe, koszty itp.). Ponadto w decyzjach związanych z wyborem urządzeń chroniących przed hałasem w większości przypadków nie stosuje się kryteriów technicznych, ekologicznych i społecznych, które powinny być uwzględnione w modelu decyzyjnym.

Charakterystyka monografii

Monografia obejmuje przede wszystkim tematykę ochrony otoczenia dróg przed wpływem hałasu od pojazdów. Jest ona wynikiem moich wieloletnich prac teoretycznych i praktycznych nad zagadnieniami ochrony środowiska przed negatywnymi oddziaływaniami pochodzącymi od ruchu samochodowego takimi jak hałas drogowy oraz zanieczyszczenia powietrza i wód od ruchu samochodowego.

Moja praca doktorska pt. „Wpływ geometrii, warunków i organizacji ruchu na klimat akustyczny w otoczeniu skrzyżowań” dotyczyła podobnej problematyki i związana była z hałasem drogowym w otoczeniu skrzyżowań, głównie z sygnalizacją świetlną. Opisywana monografia i rozprawa doktorska dotyczą jednak innych zagadnień związanych z zanieczyszczeniem hałasem drogowym. W pracy doktorskiej poszukiwałem przede wszystkim związków pomiędzy warunkami ruchu a poziomem hałasu w otoczeniu skrzyżowań natomiast w monografii zająłem się oceną rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym oraz modelowaniem decyzji związanych z ich wyborem.

Tematyka monografii dotyczy jednego z najbardziej rozległych i skomplikowanych oddziaływań jakim jest hałas drogowy, gdzie od etapu projektowania i doboru rozwiązań ochronnych będzie zależało zdrowie ludzi na etapie eksploatacji. Zakres tego zagadnienia wymaga podejścia interdyscyplinarnego i wiąże się ono z:

- projektowaniem geometrycznym dróg,
- zarządzaniem ruchem drogowym,
- materiałami budowlanymi stosowanymi w budownictwie drogowym (głównie nawierzchnie drogowe),
- utrzymaniem dróg,
- wpływem hałasu na zdrowie ludzi,
- zjawiskami akustycznymi zachodzącymi podczas ruchu pojazdów,

- rozprzestrzenianiem się hałasu w otoczeniu drogi,
- metodami pomiarowymi i modelowaniem ruchu drogowego oraz hałasu drogowego.

Monografia praktycznie zawiera wszystkie te elementy w stopniu, który umożliwia ocenę rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym oraz sformułowanie sposobów postępowania (podejmowania decyzji) przy ich wyborze. W związku z tym, że tematyka monografii jest rozległa i zawiera wiele wątków z różnych dyscyplin rozróżniłem osobno problematykę badawczą oraz zagadnienia dotyczące modelowania decyzji w wyborze rozwiązań chroniących przed hałasem. Schemat i zakres pracy przedstawiłem na rys. 1. Część badawcza obejmuje badania i analizy, których celem jest opracowanie klasyfikacji rozwiązań chroniących przed hałasem i ich ocena z uwzględnieniem różnych kryteriów.

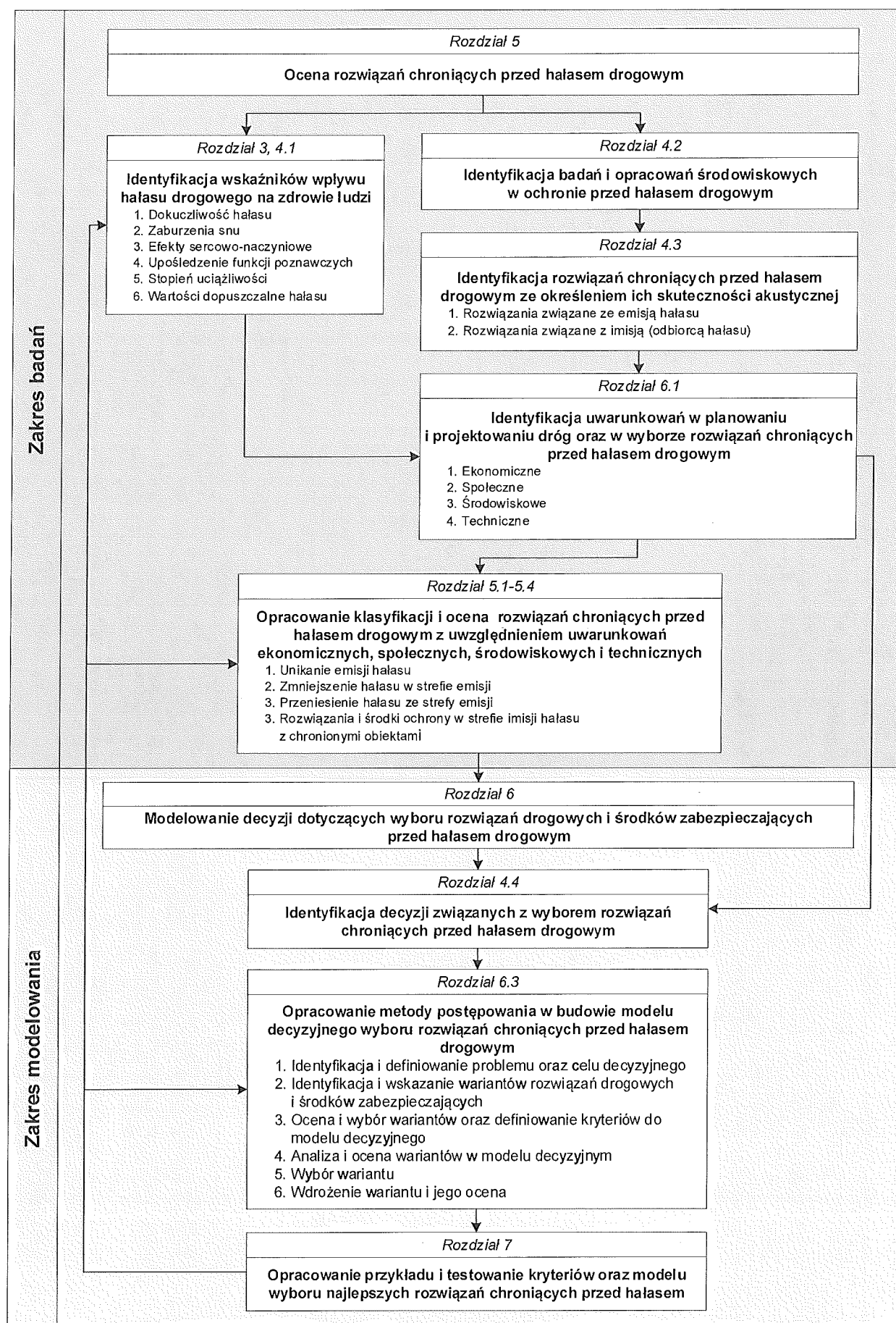
W ramach tej części wykonałem przegląd wskaźników wpływu hałasu drogowego na zdrowie ludzi (wskaźniki zdrowotne), jakie mogą mieć zastosowanie podczas oceny i przy wyborze rozwiązań ochronnych. Do wskaźników tych zaliczyłem przede wszystkim: dokuczliwość hałasu, zaburzenia snu, efekty sercowo-naczyniowe, wartości dopuszczalne hałasu oraz inne, które mogą określić stopień zagrożenia ludzi hałasem.

Podstawą do określenia i dalszej klasyfikacji rozwiązań chroniących były prowadzone przeze mnie badania wykonywane przede wszystkim w opracowaniach środowiskowych dla rzeczywistych przypadków. Badania te umożliwiły mi sformułowanie spostrzeżenia, że ochrona przed hałasem nie powinna dotyczyć wyłącznie obszaru pomiędzy drogą (strefa emisji) a obiektem lub terenem chronionym (odbiorca – strefa imisji) a może być ona realizowana w całym obszarze drogi i jej otoczenia oraz bezpośrednio u odbiorcy.

Podejście do ochrony przed hałasem polegające na możliwości wykorzystania pełnego obszaru (droga-odbiorca) umożliwiło mi sformułowanie klasyfikacji rozwiązań ochronnych zarówno dla strefy emisji jak i imisji w zależności od możliwego sposobu działania. Zakwalifikowałem do nich działania związane z: unikaniem emisji hałasu, zmniejszeniem hałasu w strefie emisji oraz zastosowaniem rozwiązań i środków chroniących w strefie imisji hałasu z chronionymi obiektami.

Do poszczególnych grup działań chroniących przed hałasem w ramach opracowanej klasyfikacji przypisałem poszczególne typy rozwiązań zarówno związane z projektowaniem dróg i urządzeń drogowych jak i możliwością kształtowania otoczenia drogi i chronionego obiektu.

Wykonując analizy dotyczące opracowań środowiskowych (w tym planów ochrony przed hałasem dla miast) gdzie dokonywany jest wybór rozwiązań chroniących uwzględniłem możliwość określenia efektywności poszczególnych rozwiązań na podstawie różnych uwarunkowań, które nie są związane jak do tej pory wyłącznie ze spełnieniem wartości dopuszczalnych hałasu. Zaliczyłem do nich uwarunkowania: ekonomiczne, społeczne, środowiskowe i techniczne. Uwarunkowania te zostały następnie wykorzystane w części modelowej jako kryteria i podkryteria wyboru rozwiązań chroniących przed hałasem.



Rys. 1. Schemat zakresu i zagadnień poruszanych w pracy

Na podstawie przyjętej klasyfikacji rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym oraz uwarunkowań związanych z ich wyborem wykonałem szczegółową ocenę poszczególnych rozwiązań. Ocenę tych rozwiązań wykonałem w większości na podstawie badań i obserwacji rozwiązań już zastosowanych. W przypadku rozwiązań, które do tej pory nie są stosowane lub stosowane są sporadycznie ocenę oparłem na analizie danych z literatury. Dla wszystkich rozwiązań określiłem także jeden z ważniejszych elementów wyboru rozwiązań jakim jest efektywność akustyczna.

W części związanej z modelowaniem zidentyfikowałem jakie elementy obecnie wpływają na decyzje podejmowane przy wyborze rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym oraz jakie uwarunkowania (kryteria wyboru) powinny na nie wpływać, aby przyjmowane rozwiązania były najlepsze (zrównoważone).

W analizie kryteriów wyboru rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym uwzględniłem poza uwarunkowaniami ustalonymi w części badawczej także kryteria finansowe. Kryteria te oparte na analizach CBA (*Cost-Benefit Analysis*) i CEA (*Cost-Effectiveness Analysis*) umożliwiły opracowanie wskaźników finansowych, jakie mogą być stosowane przy wyborze rozwiązań ochronnych. Wskaźniki te stosowane wraz z innymi kryteriami umożliwiają w praktyce wybór rozwiązań optymalnych: ekonomicznie, społecznie, środowiskowo i technicznie.

Do modelowania decyzji związanych z wyborem najlepszych rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym wybrałem używaną obecnie w drogownictwie (do wyboru wariantów lokalizacyjnych drogi na etapie rozwiązań koncepcyjnych) metodę wspomagania decyzji AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Metoda ta umożliwiła wykorzystanie w procesie wyboru rozwiązań wcześniej opracowane kryteria.

W ramach części związanej z modelowaniem opracowałem założenia ogólne i metodę (schemat) postępowania wraz z opisem budowy modelu decyzyjnego w zakresie wyboru rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym do którego wykorzystałem metodę AHP. W schemacie modelu uwzględniłem wcześniej opracowane kryteria wyboru rozwiązań. Elementem wspomagającym model jest także opracowana klasyfikacja i ocena rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym.

W końcowej części wykonałem przykład oparty na realnych danych pochodzących z programu ochrony przed hałasem dla wybranego miasta, na podstawie którego możliwe było testowanie modelu wyboru rozwiązań chroniących przed hałasem. Przykład umożliwił także dokonanie korekt w części dotyczącej wykorzystania wskaźników zdrowotnych, klasyfikacji rozwiązań chroniących oraz schemacie postępowania budowy modelu wyboru rozwiązań.

Pracę podzieliłem na 10 rozdziałów. Po wstępie (rozdział pierwszy) oraz określeniu celu, zakresu i metody badań (rozdział drugi) w początkowej części pracy (rozdział trzeci) dokonałem przeglądu stanu wiedzy na temat wpływu hałasu na zdrowie ludzi. Przegląd ten dotyczył przede wszystkim badań i zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), które bazują na wielu programach badawczych, innych materiałach a także obowiązujących aktach prawnych w tym zakresie. Analiza tych materiałów umożliwiła mi sformułowanie stwierdzenia, iż poza obowiązującymi wartościami dopuszczalnymi hałasu istotne w analizach hałasu drogowego są również wskaźniki dotyczące wpływu hałasu drogowego na człowieka, które do tej pory praktycznie w większości opracowań środowiskowych nie były stosowane w kraju. W wielu sytuacjach oraz w dalszych analizach w pracy wykazano, że przy obecnie wysokich wartościach dopuszczalnych

hałasowi wskaźniki zdrowotne stanowią o wiele bardziej miarodajne źródło informacji oraz oceny stanu zagrożenia hałasem drogowym. Do wskaźników tych zaliczyłem przede wszystkim: dokuczliwość hałasu, zaburzenia snu, choroby układu krążenia (zawał mięśnia sercowego). Ponadto do wskaźników zaliczyłem także dotychczas stosowane wartości dopuszczalne hałasu oraz opisowe stopnie zagrożenia hałasem (również w części oparte na wpływie hałasu na zdrowie człowieka). Wskaźniki te zostały użyte w dalszej części pracy w badaniach nad możliwością ich zastosowania do praktycznej oceny rozwiązań drogowych i środków zabezpieczających.

W dalszej części pracy (rozdział czwarty) przedstawiłem syntezę dotychczas wykonanych prac dotyczącą wszystkich wymienionych zagadnień opisanych w ramach pracy. W syntezie przedstawiłem zakres poruszanych zagadnień dotyczący: stopnia zagrożenia hałasem w Polsce i krajach Unii Europejskiej oraz wartości dopuszczalne hałasu, prowadzonych dotychczas badań hałasu i opracowań środowiskowych stosowanych w drogownictwie (przede wszystkim programów ochrony środowiska dla miast i głównych tras komunikacyjnych), stosowanych rozwiązań i środków zabezpieczających przed hałasem drogowym wraz z ich orientacyjnymi kosztami, decyzji związanych z wyborem rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym. Na podstawie wykonanego przeglądu oraz syntezy stwierdziłem, że dotychczas wykonywane analizy, badania i opracowania środowiskowe w zbyt małym stopniu odnoszą się do wpływu hałasu drogowego na zdrowie człowieka. Jednocześnie stwierdziłem, że stosowane obecnie sposoby wyboru rozwiązań chroniących przed hałasem oparte głównie na spełnieniu wartości dopuszczalnych hałasu na granicy pasa drogowego powodują bardzo duże koszty i ograniczenia w stosowaniu innych rozwiązań chroniących niż ekrany akustyczne, które w dużej liczbie przypadków nie stanowią najlepszego rozwiązania. Dzięki temu mogłem sformułować cel pracy i zadania cząstkowe scharakteryzowane na wstępie autoreferatu.

W kolejnej części pracy (rozdział 5) zawarłem oryginalną klasyfikację rozwiązań ochronnych wraz z ich oceną przydatności w stosowaniu, którą uzależniłem od czterech uwarunkowań: ekonomicznego, społecznego, środowiskowego i technicznego.

W początkowej części tego rozdziału wykonałem analizę w jaki sposób obecnie dokonuje się wyboru rozwiązań chroniących przed hałasem. Obszar drogi i jej otoczenia podzielony jest na trzy strefy: emisji, rozwiązań ochronnych oraz imisji (odbiorcy). Takie podejście oraz niekorzystne przepisy wymagające dotrzymania standardów środowiskowych (wartości dopuszczalnych hałasu) na granicy pasa drogowego powodują do tej pory, że praktycznie pozostaje niewielka strefa w otoczeniu drogi, gdzie można zastosować rozwiązanie ochronne. W większości przypadków był to do tej pory ekran akustyczny jako rozwiązanie zajmujące najmniej miejsca i możliwie szybko realizowane. Jest to jednak rozwiązanie nie zawsze skuteczne akustycznie, wymagające dużych nakładów finansowych i przeważnie kłopotliwe w utrzymaniu podczas eksploatacji drogi. Spostrzeżenia te oraz możliwości zastosowania wielu innych rozwiązań chroniących umożliwiły sformułowanie innego podejścia. Zaproponowałem, aby jako obszar rozwiązań ochronnych uznać zarówno strefę emisji jak imisji hałasu drogowego. Taka zmiana podejścia umożliwia wybór najlepszych rozwiązań dostosowanych do wielu uwarunkowań (kryteriów), które zawsze występują w planowaniu i projektowaniu dróg oraz ich przebudowie. Dotyczy to zwłaszcza sytuacji w miastach.

Istotnym osiągnięciem pracy jest wskazanie zmiany podejścia do kształtowania obszaru rozwiązań ochronnych i możliwości ich wyboru oraz opracowanie schematu opisującego kolejność postępowania przy wyborze rozwiązań drogowych i środków zabezpieczających przed hałasem drogowym. Schemat ten obejmuje kolejne cztery etapy postępowania, jakie powinno się analizować przy doborze rozwiązań chroniących

głównie z uwagi na sposób rozwiązania i na stopień redukcji hałasu drogowego, czyli: unikanie emisji hałasu, zmniejszenie hałasu w strefie emisji, przeniesienie hałasu ze strefy emisji oraz rozwiązania i środki ochrony w strefie imisji hałasu z chronionymi obiektami lub terenem. Działania podejmowane zgodnie z zaproponowanym przeze mnie schematem są działaniami o charakterze systemowym i powinny obejmować na początku analizy dotyczące efektów unikania emisji hałasu oraz zmniejszenia hałasu w strefie emisji. Dopiero po wyczerpaniu możliwości tych dwóch działań powinno rozważyć się przeniesienie hałasu ze strefy emisji. W przypadku, kiedy nie zostanie osiągnięty odpowiedni stopień redukcji hałasu po wykonaniu wcześniejszych analiz należy rozważyć ograniczenie hałasu w strefie imisji (bezpośrednio u odbiorcy). Taki schemat postępowania w opracowaniach środowiskowych dotyczących ochrony środowiska przed hałasem wymaga bardzo perspektywicznego spojrzenia nie tylko na problemy hałasu, ale i również inne związane z wieloma zagadnieniami funkcjonowania obszarów miejskich i zamieszkanych. Schemat postępowania, który zaproponowałem w większości sytuacji będzie wskazywał na kilka wariantów rozwiązań problemu nadmiernego hałasu przy użyciu zarówno rozwiązań drogowych jak i środków zabezpieczających – efekt ten opisałem w dalszej części autoreferatu.

Dodatkowo dla schematu postępowania przy wyborze rozwiązań ochronnych wykonałem analizę możliwości zastosowania odpowiednich działań w podziale na drogi nowoprojektowane i istniejące. W podziale tym uwzględniłem także klasy dróg. Celem tej analizy o charakterze oceny ogólnej było wskazanie możliwych do stosowania rozwiązań chroniących głównie z uwagi na możliwości techniczne i uwarunkowania formalne (obowiązujące przepisy). Analiza ta poprzedziła ocenę poszczególnych rodzajów rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym.

Dla każdego z etapów postępowania wprowadziłem także opis możliwych rozwiązań i środków ochrony przed hałasem wraz z ich wartościami redukcji hałasu, które stanowią oryginalną klasyfikację rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym. Wielkość redukcji hałasu dla danego rozwiązania określiłem na podstawie badań własnych oraz danych literaturowych. W ramach klasyfikacji opisałem 25 różnych rozwiązań i środków, które można zastosować w ochronie przed hałasem drogowym. Klasyfikację poprzedziłem wprowadzeniem, którego celem było określenie znaczenia redukcji hałasu drogowego na ludzi oraz wpływu parametrów ruchu (natężenie ruchu pojazdów, struktura rodzajowa, prędkości oraz styl jazdy) na poziom hałasu.

Dla każdego z rozwiązań chroniących w ramach ich klasyfikacji podałem tabelaryczne zestawienia z charakterystykami rozwiązań w zakresie danego etapu analiz wraz z oceną stopnia ich wpływu na wybrane uwarunkowania (ekonomiczne, społeczne, środowiskowe i techniczne). Każdemu z rozwiązań przypisałem w skali od 1 (wpływ obojętny) do 7 (wpływ całkowity) wartość wpływu rozwiązania na dany rodzaj uwarunkowań. Subiektywną ocenę skali wpływu rozwiązania na dane uwarunkowanie oparłem na analizie literatury oraz doświadczeniach własnych uzyskanych w trakcie wykonywania badań, projektów oraz opracowań środowiskowych. Celem określenia skali wpływu rozwiązania na uwarunkowania było stworzenie podstaw dla kryteriów, które są podstawowym elementem modelu decyzyjnego opisywanego w kolejnej części autoreferatu.

Kolejna część pracy (rozdział 6) dotyczy modelowania decyzji związanych z wyborem rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym. We wprowadzeniu do tej części pracy zestawiłem uwarunkowania i kryteria stosowane w planowaniu i projektowaniu dróg oraz kryteria i analizy rekomendowane przez WHO przy wyborze rozwiązań ochronnych – dotyczą one przede wszystkim analiz zdrowotno-ekonomicznych (analizy CBA i CEA) stosowanych rozwiązań i środków chroniących przed hałasem. W tej części dokonałem również przeglądu stosowanych kryteriów i analiz oraz wskaźników stosowanych już

w wykonanych w latach poprzednich krajowych programach ochrony środowiska przed hałasem dla wybranych miast. Uznałem, że w większości wskaźniki te mogą być wykorzystywane jedynie jako elementy ogólnej oceny rozwiązań chroniących ze względu na brak w nich powiązania zagadnień zdrowotno-ekonomicznych jak w przypadku analiz CBA i CEA. Dodatkowo zestawilem zalecenia jakie są rekomendowane przy podejmowaniu decyzji o wyborze rozwiązań i środków chroniących przed hałasem drogowym w różnych krajach UE. Celem tych analiz było określenie kryteriów i odpowiadających im wskaźników używanych w dalej opisywanym schemacie postępowania i modelu decyzyjnym związanym z wyborem rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym.

W ramach analiz wskaźników, które powinny stanowić podstawę kryteriów ekonomicznych wyboru rozwiązań ochronnych wprowadziłem szczegółowy opis algorytmu obliczeń wskaźnika efektywności kosztowej CER (*Cost-Effectiveness Ratio*) używanego w analizach CER. Algorytm ten jest zalecany do stosowania w krajach członkowskich CEDR (Konferencja Europejskich Dyrektorów Dróg – *Conference of European Directors of Roads*). Ponadto w tej części pracy wykonałem oryginalną analizę dotyczącą wskaźnika korzyści i kosztów, jaka powinna być wykonywana w ramach analiz CBA. Celem tej analizy było wykazanie, że wybór rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym powinno być oparte na idei zrównoważonego i trwałego rozwoju, którego podstawą jest uzyskanie najlepszych (optymalnych) rozwiązań uwzględniających uwarunkowania społeczne, ekonomiczne i ekologiczne. Takie podejście w wielu przypadkach eliminuje rozwiązania spełniające jedno lub dwa uwarunkowania bez uwzględniania pozostałych. Dzięki temu uwzględniając wskaźniki cząstkowe efektywności (społecznej, ekologicznej i ekonomicznej) możliwe jest wprowadzenie wskaźnika zintegrowanej efektywności, który obejmuje wszystkie trzy uwarunkowania. Użycie tego wskaźnika w analizach środowiskowych dotyczących zagrożeń oddziaływania hałasu drogowego na ludzi spowoduje, że możliwe jest wprowadzenie takich rozwiązań chroniących, które zapewnią najlepszą ochronę dla najbardziej zagrożonych ludzi przy uwzględnieniu możliwości ekonomicznych zarządzającego drogą. Wprowadzenie tego wskaźnika zgodnie z analizami zawartymi w literaturze powoduje, że opłacalne staje się eliminowanie 60-90% strat ekologicznych (zagrożenia nadmiernym hałasem drogowym) – pozostałe 10-40% wartości strat są wyższe od ewentualnych efektów i nieopłacalne. Takie podejście jest zupełnie nowe w stosunku do obecnie stosowanego w analizach hałasu drogowego, gdzie praktycznie za pomocą jednego rozwiązania chroniącego przed hałasem (np. ekranu akustycznego) usiłuje się uzyskać wyeliminowanie 100% strat ekologicznych, co w większości przypadków jest fikcją. Ostatecznie w tej części pracy, którą uznaję również za jedno z jej ważniejszych osiągnięć opracowałem algorytm oszacowania efektywności zintegrowanej w ramach prowadzonych analiz korzyści i kosztów CBA reprezentowanej przez wskaźnik *B/C* (*Benefit/Cost*). W ramach prowadzonych analiz uznałem, że analiza CBA i wskaźnik *B/C* są przydatne do określenia korzyści zastosowania rozwiązań chroniących przed hałasem w opracowaniu środowiskowym (głównie w programie ochrony środowiska przed hałasem) natomiast analiza CEA i wskaźnik *CER* powinny być stosowane w przypadku kosztów rozwiązań i mogą być pomocne w ich wyborze spośród wielu możliwych wariantów.

Jednym z zasadniczych elementów tego fragmentu pracy jest metoda (schemat) postępowania w budowie modelu wyboru rozwiązań drogowych i środków zabezpieczających przed hałasem drogowym. Struktura tego schematu została oparta na metodzie AHP co umożliwiło przede wszystkim zastosowanie wszystkich kryteriów wpływających na wybór najlepszego rozwiązania spośród możliwych wariantów tych rozwiązań. Jednocześnie struktura ta tworzy algorytm postępowania przy wyborze najlepszych rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym.

W ramach metody postępowania wydzieliłem sześć etapów, które opisują poszczególne elementy modelu decyzyjnego.

W etapie pierwszym następuje identyfikacja i definiowanie problemu i celu decyzyjnego. Etap ten w praktyce często jest pomijany lub upraszczany do jednego kryterium decyzyjnego (np. teoretycznej skuteczności), gdy tymczasem w większości przypadków decyduje on o prawidłowo podjętej decyzji dotyczącej wyboru rozwiązań ochronnych. W etapie tym wskazałem na potrzebę prawidłowo sformułowanego celu decyzyjnego, który powinien odpowiadać na pytanie, co się chce osiągnąć poprzez rozwiązanie chroniące w podejmowanej decyzji. W ramach tego etapu wyselekcjonowałem wskaźniki dotyczące oddziaływania hałasu na ludzi i otoczenie, które uwzględniają zarówno cechy zarówno jakościowe (głównie opisowe) jak i ilościowe dotyczące ludzi, terenu i obiektów mieszkalnych dla stanu istniejącego bez wprowadzania jakichkolwiek rozwiązań ochronnych (tzw. wariant zerowy). Wskaźniki te zostały zebrane i usystematyzowane na podstawie wcześniej opisanych zależności i informacji. Zestawione wskaźniki stanowią także listę sprawdzającą, którą można używać w częściach oceny wpływu inwestycji na zdrowie ludzi i zanieczyszczenie środowiska hałasem w opracowaniach środowiskowych.

W drugim etapie metody postępowania wprowadziłem identyfikację i wskazanie wariantów rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym. Podstawą tego etapu są wyniki analiz wskaźników z pierwszego etapu i prawidłowo sformułowany cel decyzyjny, od którego będą zależały warianty rozwiązań ochronnych. W ramach opisu tego etapu wskazałem na rolę wariantu zerowego (stanu istniejącego). Takie podejście umożliwia dalszą ocenę wariantów rozwiązań ochronnych i jej odniesienie do sytuacji, w której nie następuje jakakolwiek poprawa stanu zagrożenia hałasem drogowym.

Etap trzeci to ocena i wybór wariantów z uwagi na uwarunkowania ekonomiczne, ekologiczne i społeczne a także definiowanie kryteriów do modelu decyzyjnego. W tej części opracowałem listę kryteriów (społecznych, środowiskowych i technicznych) oraz przynależnych do nich najczęściej występujących podkryteriów, które w zależności od przypadku mogą być odpowiednio kształtowane i uwzględniane w dalszych analizach. Do podstawowych podkryteriów ekonomicznych oceny zaliczyłem: zintegrowaną efektywność ekonomiczną, ekologiczną i społeczną, korzyści-koszty (wskaźnik B/C), koszty-efektywność (wskaźnik CER). Do podkryteriów społecznych zaliczyłem: preferencję i akceptację społeczną, przestrzeń publiczną, warunki poruszania się osób niepełnosprawnych. Do podkryteriów środowiskowych zaliczyłem: zanieczyszczenie powietrza, wibracje i drgania, wpływ na świat roślinny i zwierzęta, wpływ na wody, wpływ na grunty rolne i leśne, zmiany krajobrazu i estetykę, wpływ na dobra materialne i kumulację oddziaływań. Do podkryteriów technicznych zaliczyłem: bezpieczeństwo ruchu drogowego, trwałość techniczną, trwałość efektów akustycznych w czasie (trwałość akustyczna), wypełnienie przepisów lokalnych i technicznych, przepustowość i warunki ruchu oraz płynność ruchu, względy konstrukcyjne, względy technologiczne i materiałowe, warunki budowy i montażu, warunki użytkowania i utrzymania. Powyższa lista kryteriów i podkryteriów jest efektem analiz i oceny poszczególnych rozwiązań chroniących, które opisałem w rozdziale szóstym pracy. Takie podejście do podziału i rodzaju kryteriów i odpowiadających im podkryteriów jest rozwiązaniem oryginalnym i dotychczas nie stosowanym w praktyce wykonywania opracowań środowiskowych – może ono powodować wybór najlepszych rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym i jednocześnie może być źródłem znaczących oszczędności finansowych. Badania i testy jakie wykonałem podczas opisywanego dalej w autoreferacie przykładu prowadzone na grupie specjalistów mające na celu wybór kryteriów i wariantów do dalszych analiz wykazały, że w tym etapie powinien nastąpić przegląd i ewentualna modyfikacja celu decyzyjnego. Obserwacje pracy specjalistów w przykładzie wykazały, że w pierwszym etapie metody postępowania koncentrują się oni nad celem decyzyjnym

mającym wskazać najlepsze warianty rozwiązań. Na tym etapie konieczne jest natomiast doprecyzowanie celu decyzyjnego, który będzie skupiony wokół wybranych kryteriów i podkryteriów oceny wariantów rozwiązań chroniących wybranych do budowy modelu decyzyjnego w kolejnym etapie.

W czwartym etapie metody postępowania zawarłem opis budowy modelu decyzyjnego oraz prowadzenie na jego podstawie analiz i obliczeń, których efektem są wagi (priorytety) dla poszczególnych kryteriów oraz wybranych do oceny wariantów rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym. Do budowy modelu decyzyjnego użyłem na metody AHP. Wybór metody AHP był podyktowany przede wszystkim jej jedną z najważniejszych cech związaną z możliwością wprowadzenia do modelu kryteriów ilościowych i jakościowych. Podstawowymi elementami modelu zgodnie z ideą metody AHP są: cel decyzyjny, który jednocześnie stanowi najważniejsze i podstawowe kryterium wyboru rozwiązania, kryteria i przynależne do nich podkryteria oraz warianty rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym. W ramach budowy modelu decyzyjnego konstruowana jest struktura hierarchiczna, która określa składowe elementy problemu, ich grupowanie w jednorodne zbiory na odpowiednich poziomach a następnie porządkowanie tych zbiorów na odpowiednich poziomach zgodnie z łączącymi je relacjami. W zaproponowanym przeze mnie modelu zastosowałem rozbudowaną strukturę do czterech poziomów z czego wyróżniłem dwa poziomy kryteriów i podkryteriów (w większości ocen wariantów rozwiązań lokalizacyjnych dróg stosowane są proste jednopoziomowe struktury kryteriów). W tej części opisałem także podstawowe zasady konstruowania poprawnej struktury hierarchicznej modelu decyzyjnego oraz jego walidację, która polega w tym przypadku przede wszystkim na porównaniu modelu z rzeczywistością. W opisie modelu zawarłem także informacje związane z: techniką i skalami stosowanymi podczas porównania parami elementów (głównie dziewięciostopniowa skala Saaty), które zostały wprowadzone do poszczególnych grup (poziomów modelu), podstawowymi zasadami pracy specjalistów zwłaszcza podczas sesji porównania parami pogrupowanych elementów, technikami i metodami obliczeniowymi (głównie podstawowymi elementami rachunku macierzowego i jego uproszczeń) stosowanymi w metodzie AHP zarówno w metodach obliczeń manualnych jak i komputerowych, weryfikacją poprawności porównań parami elementów modelu (macierzy porównań parami) głównie przy użyciu indeksu zgodności CI oraz współczynnika zgodności CR , sposobem prowadzenia analizy wrażliwości modelu.

W piątym etapie wprowadziłem wybór ostatecznego rozwiązania chroniącego przed hałasem drogowym na podstawie otrzymanych wag (priorytetów) z modelu decyzyjnego dla poszczególnych wariantów rozwiązań i kryteriów. W ostatnim etapie metody postępowania opisałem wdrożenie wariantu w sytuacji, kiedy jest on realizowany a obowiązek jego sprawdzenia może wynikać z zaleceń przepisów i decyzji administracyjnych nakazujących wykonanie analizy porealizacyjnej lub przeglądu ekologicznego.

Na zakończenie tej części pracy podałem zalety i wady modelu mając na względzie różne sytuacje jakie mogą występować w rzeczywistych warunkach podejmowania decyzji dotyczących wyboru rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym.

Efektem tej części pracy jest kompletny opis metody postępowania przy wyborze rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym, który oparłem na modelu decyzyjnym zrealizowanym na podstawie metody AHP. Zaproponowany przeze mnie schemat i model mogą być wykorzystywane do rozwiązywania problemów praktycznych nie tylko w zakresie wyboru rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym, ale również w przypadku wyboru rozwiązań chroniących w zakresie innych negatywnych oddziaływań ruchu drogowego na środowisko.

Każdy etap tworzenia modelu decyzyjnego został zastosowany i przetestowany

w przykładzie obliczeniowym, który zawarłem w rozdziale 7. Przykład ten przygotowałem na podstawie realnych danych z jednego ze zrealizowanych programów ochrony środowiska przed hałasem. Wyniki analiz modelu decyzyjnego wskazały jednoznacznie wpływ wybranych kryteriów na ostateczny wariant rozwiązań chroniących przed hałasem i potwierdziły, że takie podejście daje precyzyjne wyniki, często inne niż stosowane w praktyce podejście intuicyjne oparte na pojedynczych kryteriach.

Pracę podsumowałem w rozdziale 8 i wskazałem najważniejsze kierunki dalszych badań i analiz, które powinny dotyczyć przede wszystkim: ujednolicenia wskaźników dotyczących wartości dopuszczalnych hałasu dla różnych opracowań środowiskowych, niektórych rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym, których podstawowym celem są inne funkcje niż ochrona przed hałasem drogowym, zmian zachodzących w parku samochodowym, który ma wpływ na kształtowanie wielkości hałasu drogowego, wprowadzenia poszerzonych analiz uwzględniających cały okres funkcjonowania rozwiązania chroniącego przed hałasem (metody LCA, LCC i e-LCC) i innych, które spowodują doprecyzowanie kryteriów i modelu decyzyjnego wyboru rozwiązań chroniących.

Podsumowanie monografii

Głównym osiągnięciem i wkładem w dyscyplinę budownictwo monografii jest opracowanie klasyfikacji wraz z oceną rozwiązań drogowych i środków zabezpieczających przed hałasem drogowym a także opracowanie modelu z metodą postępowania wspomagającą decyzje wyboru tych urządzeń.

Monografia stanowiąca osiągnięcie naukowe w rozwiązaniu złożonego problemu ochrony przed hałasem zawiera oryginalne podejście do: sposobu kształtowania rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym w obszarze pomiędzy źródłem hałasu a odbiorcą, klasyfikacji rozwiązań drogowych i środków zabezpieczających przed hałasem drogowym oraz schematu postępowania przy ich wstępnym wyborze, metody postępowania i modelowania decyzji przy wyborze rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym. Elementy te stanowią praktyczny aspekt pracy i na ich podstawie możliwe jest realizowanie opracowań środowiskowych w zakresie ochrony przed hałasem drogowym, które będą wskazywały najlepsze rozwiązania lub grupy tych rozwiązań (warianty rozwiązań).

W pracy wskazałem, że ograniczanie obszaru stosowania rozwiązań chroniących do granicy pasa drogowego w większości przypadków prowadzi do rozwiązań mało efektywnych i często kosztownych oraz trudnych w budowie i utrzymaniu. Takie podejście spowodowało efekt obudowy dróg ekranami akustycznymi w skali nieznanej innym krajom (efekt ekranizacji dróg). Przyczyniło się to również do wystąpienia negatywnych oddziaływań wtórnych jak np. wzrost zagrożenia bezpieczeństwa ruchu drogowego (ograniczenia widoczności, monotonia jazdy itp.). Dodatkowy efekt, który wskazałem w pracy to dalsze kosztowne i trudne technicznie utrzymanie tych urządzeń w czasie eksploatacji.

Zmiana podejścia do wyboru rozwiązań chroniących, którą zaproponowałem powinna skutkować w praktyce znacznymi oszczędnościami oraz rozwiązaniami kształtowanymi w myśl zasad zrównoważonego i trwałego rozwoju. Dzięki zaproponowanej zmianie podejścia do sposobu kształtowania rozwiązań chroniących możliwe jest wykorzystywanie całej przestrzeni pomiędzy drogą i odbiorcą do stosowania odpowiednich rozwiązań. Aby było możliwe stosowanie takiego sposobu podejścia

w praktyce konieczne są zmiany w regulacjach prawnych, które obecnie zakładają jedynie stosowanie rozwiązań w ramach pasa drogowego bez możliwości ingerencji w teren i obiekt zlokalizowany poza nim.

Zastosowanie klasyfikacji rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym i schematu postępowania przy ich wstępnym wyborze, które zaproponowałem powinno ułatwić i umożliwić dobór różnych wariantów zabezpieczeń spełniających podstawowe uwarunkowania – ekonomiczne, społeczne, środowiskowe i techniczne. Klasyfikacja oraz informacje o wielkości redukcji hałasu oraz uwarunkowaniach związanych z ich zastosowaniem mogą być przydatne zarówno w projektowaniu nowych jak i ocenie istniejących rozwiązań.

W monografii wskazałem, że w celu najlepszej ochrony przed hałasem drogowym należy preferować przede wszystkim rozwiązania związane z unikaniem hałasu oraz zmniejszeniem hałasu w strefie emisji. Rozwiązania te mają bardzo znaczący potencjał w ochronie przed hałasem jednak wymagają dalszych szczegółowych badań w kierunku ich realnej redukcji hałasu. Są to głównie rozwiązania, które są planowane i projektowane głównie z powodu potrzeb rozwoju i optymalizacji sieci transportowych, optymalizacji komunikacji zbiorowej, promocji ruchu pieszego, rowerowego i innych form transportu itp.

Ze względu na znaczącą liczbę możliwych rozwiązań oraz występujące przypadki (zwłaszcza w złożonych sytuacjach w zakresie zagospodarowania otoczenia istniejącej lub nowoprojektowanej drogi) proponuję stosowanie kilku wariantów (zestawów) rozwiązań chroniących przed hałasem. Metoda wspomagająca podejmowanie decyzji, którą zaproponowałem umożliwi rozstrzygnięcie, który z wariantów spełnia preferowane kryteria ekonomiczne, środowiskowe i techniczne. W metodzie tej istnieje możliwość wprowadzania tych kryteriów, które najlepiej opisują problem decyzyjny: dla danej sytuacji ruchowej, lokalizacji oraz funkcji drogi, rodzaju użytkowników drogi, sposobu zagospodarowania i lokalizacji odbiorcy. Metoda ta ma charakter uniwersalny i jednocześnie jest oryginalnym wkładem pracy w opracowania środowiskowe i ekspertyzy, których celem jest jak najlepsze zabezpieczenie ludzi przed negatywnym wpływem hałasu na zdrowie ludzi.

Jako narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji zaproponowałem metodę AHP dzięki której mogłem stworzyć wielokryterialny model decyzyjny. Model ten uwzględnia kryteria ekonomiczne, środowiskowe oraz techniczne i ich podkryteria, które opisują uwarunkowania w jakich podejmowana jest decyzja o wyborze rozwiązania chroniącego przed hałasem drogowym. Ze względu na interdyscyplinarny charakter podejmowanej decyzji proponuję, aby porównania parami kryteriów, podkryteriów, wariantów były prowadzone przez grupę specjalistów z różnych dziedzin. Dalsze badania powinny być prowadzone w kierunku uwzględnienia udziału społeczeństwa w analizach wariantów rozwiązań głównie w skomplikowanych sytuacjach. Uzyskane wagi (priorytety) dla wariantów jako wynik prac specjalistów przy ewentualnym udziale społecznym powinny stanowić bezpośrednią podstawę do podejmowania decyzji.

Opracowana w pracy metodologia ma charakter aplikacyjny i jest przydatna zarówno w projektowaniu, jak i ocenie nowych oraz istniejących rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym. Obejmuje ona zarówno rozwiązania drogowe, które można wprowadzać w celu redukcji hałasu, jak i środki typowo zorientowane na ochronę przed hałasem drogowym.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Aktywność naukowa

Pozostałą aktywność naukową omówiłem w dalszej części autoreferatu i powołałem się na publikacje z wykazu opublikowanych prac naukowych – załącznik 3 (prace oznaczone jako I i II) oraz w załączniku 4 (prace oznaczone jako III).

W ramach aktywności naukowej należących do pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych wyróżniłem następujące grupy tematyczne:

- a) badania i modelowanie ruchu drogowego i warunków ruchu na poziom hałasu w otoczeniu obiektów budownictwa komunikacyjnego,
- b) badania wpływu rozwiązań drogowych i metod ochrony na hałas drogowy,
- c) badania niekorzystnych oddziaływań od dróg i ruchu drogowego na środowisko wraz zagadnieniami opracowań środowiskowych wykonywanych w budownictwie komunikacyjnym,
- d) zagadnienia projektowania dróg z uwzględnieniem technologii BIM oraz nowoczesnych systemów zarządzania ruchem ITS (Intelligent Transportation Systems).

Badania i modelowanie ruchu drogowego i warunków ruchu na poziom hałasu w otoczeniu obiektów budownictwa komunikacyjnego

Problematyką dotyczącą badań i modelowania hałasu drogowego w otoczeniu obiektów budownictwa komunikacyjnego zainteresowałem się przed uzyskaniem doktora nauk technicznych [II.E-43, II.E-45, II.E-50, II.E-53–II.E-57, II.L-77, II.L-78]. Tematykę tą rozwijałem w ramach prac badawczych i rozważań naukowych. Zwieńczeniem tych prac była rozprawa doktorska pt. „Wpływ geometrii, warunków i organizacji ruchu na klimat akustyczny w otoczeniu skrzyżowań” (Politechnika Krakowska, Kraków, 1999 r.), której promotorem był Prof. zw. dr hab. inż. Marian Tracz.

Najważniejszym osiągnięciem pracy było określenie zależności pomiędzy geometrią, ruchem i jego sterowaniem a klimatem akustycznym w otoczeniu skrzyżowań z sygnalizacją świetlną.

W ramach pracy stworzyłem stanowisko do realizacji pomiarów i obróbki laboratoryjnej danych związanych z parametrami oraz miernikami warunków ruchu i równoważnym poziomem dźwięku. Stanowisko to wykonałem opracowując program komputerowy do obróbki i analizy danych pomiarowych przy wykorzystaniu specjalistycznego sprzętu magnetowidowego. Dzięki temu mogłem wykonać badania równoczesne parametrów i warunków ruchu oraz hałasu w otoczeniu skrzyżowań bez ich rozdzielania na pojedyncze pomiary. Umożliwiło mi to wykonanie złożonych badań empirycznych w celu wstępnego określenia najgłośniejszych punktów rozlokowanych wzdłuż wlotu i wylotu skrzyżowania oraz w innych punktach jego otoczenia a także w dalszych działaniach wykonanie badań symulacyjnych, które zweryfikowałem wynikami badań empirycznych. W zbudowanym przeze mnie modelu symulacyjnym uwzględniłem istniejące modele ruchu i prognozowania hałasu dla odcinka drogi. Na ich podstawie wykonałem model symulacyjny dla potrzeb analiz hałasu drogowego w otoczeniu skrzyżowań z sygnalizacją świetlną. W modelu stworzyłem nowe moduły, w których analizowane były trajektorie przejazdu pojazdu przez skrzyżowanie oraz emisja od pojedynczych pojazdów. Aby przygotować te moduły wykonałem badania empiryczne emisji hałasu od pojedynczych pojazdów różnych kategorii na zamkniętym dla ruchu odcinku autostrady. Badania te objęły różne manewry i sposób poruszania się pojazdów i w dużej części uwzględniły sposób poruszania się pojazdów na skrzyżowaniu z sygnalizacją świetlną.

Model symulacyjny zweryfikowany został w oparciu o pomiary wskaźników hałasu

i parametrów ruchu na wybranych skrzyżowaniach. Do oceny wpływu geometrii, ruchu i warunków sterowania ruchem na mierniki hałasu drogowego na skrzyżowaniach użyłem przede wszystkim mierników warunków ruchu głównie związanych z koncepcją poziomów swobody ruchu [II.E-39].

Zależności pomiędzy geometrią, ruchem i jego sterowaniem a klimatem akustycznym w otoczeniu skrzyżowań z sygnalizacją świetlną uzyskano na podstawie opisywanego powyżej numerycznego modelu symulacyjnego do prognozowania hałasu drogowego w otoczeniu skrzyżowań. Model symulacyjny umożliwił także identyfikację na drodze analizy korelacji parametrów ruchu i warunków ruchu najsilniej wpływających na powstawanie hałasu w otoczeniu skrzyżowań [II.E-41, III.B-23] a także wskazanie czynników mogących mieć wpływ na występowanie najgłośniejszych obszarów i punktów w otoczeniu skrzyżowania wraz próbą lokalizacji tych punktów [II.E-38, III.B-24].

Po zakończeniu powyżej opisywanych prac prowadziłem dalsze badania o podobnym charakterze dla rond [E.II-24]. Badania teoretyczne przy wykorzystaniu modelu symulacyjnego oraz obliczeń przy użyciu metod prognozowania hałasu umożliwiły stwierdzenie, że w otoczeniu rond w stosunku do zwykłych skrzyżowań może następować redukcja hałasu o 2-4 dB, natomiast w przypadku zamiany skrzyżowania z sygnalizacją na rondo efekt ten może być jeszcze większy (do około 10 dB – wartość teoretyczna bez potwierdzenia wynikami badań dotyczy nieskoordynowanych, odosobnionych skrzyżowań z sygnalizacją). Doświadczenia wynikające z analiz teoretycznych, jak i empirycznych (badania przed i po przebudowie skrzyżowań na rondo) pozwoliły na jednoznaczne stwierdzenie o redukującym hałas wpływie rond. Uzyskane wielkości redukcji hałasu mają zbliżoną skuteczność do dobrze zaprojektowanych i wykonanych ekranów akustycznych. W ramach badań i analiz stwierdzono, że efekty wpływu ronda na hałas są trudne do modelowania i wymagają wielu dodatkowych badań oraz modyfikacji pakietów obliczeniowych, które powinny uwzględniać przede wszystkim warunki ruchu (w przypadku stosowania sygnalizacji świetlnej), a także wpływu niskich prędkości przy utrzymaniu płynności ruchu w przypadku rond [E.II-15].

Badania wpływu warunków ruchu na hałas drogowy nadal kontynuuję w ramach analiz dla odcinków dróg [II.E-1, III.B-1]. W badaniach tych na odcinkach dróg, na których dochodzi do dużych różnic w obciążeniu ruchem drogowym poszukiwane są zależności pomiędzy poziomami swobody ruchu a poziomem hałasu drogowego. Wstępne wyniki badań wskazują, iż wraz ze wzrostem natężenia ruchu i pogorszeniem warunków ruchu może następować spadek poziomu hałasu – podobnie jak w przypadku skrzyżowań z sygnalizacją świetlną. W przypadku niskich poziomów swobody ruchu (mniejsze obciążenie ruchem) dla których projektowane są drogi poziom hałasu drogowego jest znacznie niższy jednak uzyskiwany rozrzut tych wyników jest bardzo duży (nawet w ramach tego samego poziomu swobody ruchu).

Badania wpływu rozwiązań drogowych i metod ochrony na hałas drogowy

Jednym z najistotniejszych przedmiotów moich badań były zagadnienia dotyczące rozwiązań drogowych oraz różnego rodzaju metod ochrony, które mogą mieć wpływ na ograniczenie hałasu w otoczeniu drogi. Znaczący przyrost ruchu i rosnące oddziaływania hałasu na otoczenie w wielu przypadkach spowodowały konieczność zastosowania środków ochrony przed hałasem drogowym.

O skali i ważności problemu zanieczyszczenia hałasem i konieczności stosowania zabezpieczeń przekonały mnie wyniki badań jakie uzyskałem i przedstawiłem

w opracowaniu [II.E-40] a także późniejsze analizy i prace praktyczne z których wynikało wiele wniosków dotyczących środków zabezpieczających przed hałasem drogowym. Skala zagrożenia ludności hałasem drogowym w Polsce, która nie maleje od wielu lat obejmuje ponad 30% społeczeństwa i powoduje, że stosowanie odpowiednich rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym jest konieczne i jednocześnie z uwagi na skalę problemu bardzo kosztowne. Tematykę tą nadal badam wskazując jak problemy hałasu drogowego wpływają na rozwój infrastruktury w Polsce [II.E-18].

Początkowe moje prace w tym zakresie dotyczyły identyfikacji zarówno czynników mających wpływ na powstawanie hałasu drogowego jak i możliwych do stosowania środków ochrony. W publikacji [II.E-46] wskazałem czynniki odpowiadające za hałas drogowy. Do najważniejszych z nich zaliczyłem wówczas natężenie ruchu drogowego, udział w potoku pojazdów hałaśliwych (pojazdy ciężkie i motocykle), prędkość, warunki ruchu, oraz inne czynniki związane z samą drogą jak nawierzchnia drogowa, jej stan a także czynniki związane z geometrią drogi takie jak pochylenie, lokalizacja w wykopie lub nasypie.

Dalsze moje zainteresowania badawcze były zorientowane na badania oraz analizy problemów skutecznej ochrony środowiska. Problemy te opisałem w publikacjach [II.E-32, II.E-33, II.F-2, II.L-30, II.L-32, II.L-35, II.L-38] oraz ostatnio w [II.E-3, II.L-2, II.L-15], w których sklasyfikowałem rozwiązania chroniące przed hałasem drogowym jak i kryteria ich doboru. W publikacjach tych podobnie jak w [II.E-19] wykonałem analizy i wskazałem przykłady zarówno dobrych jak i złych rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym. Z analiz tych wynika jednoznacznie, że w wielu sytuacjach istnieje błędne podejście spowodowane stosowaniem ekranów akustycznych zarówno w drogownictwie [II.L-71, II.L-68] jak i kolejnictwie [II.L-60]. U podstaw tego błędu występuje przeświadczenie, iż jedynym miejscem, gdzie możliwe jest lokalizowanie urządzeń chroniących jest bezpośrednie otoczenie drogi [II.L-31, II.L-58] a także niektóre przepisy [II.L-37].

W wielu badaniach teoretycznych jak i praktycznych prowadzę analizy wariantowe zastosowania różnych rodzajów rozwiązań. Dotyczą one także dróg kolejowych oraz tramwajów, gdzie możliwe są do wykorzystania poza rozwiązaniami stosowanymi w drogownictwie również inne rozwiązania dotyczące stosowania odpowiedniego taboru, klocków hamulcowych, konstrukcji wiaduktów i mostów itp. Wyniki tych badań, które mają również zastosowania praktyczne przedstawiłem w [II.L-22, II.L-23, II.L-48, II.L-54].

Tematykę tych badań dotyczących drogownictwa kontynuuję nadal m.in. w projekcie badawczym wykonywanym na zlecenie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) a także Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) [II.J-2].

Do istotnych osiągnięć związanych z badaniami pojedynczych rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym zaliczam badania związane z wpływem na hałas drogowy:

- nawierzchni drogowych (głównie nawierzchni redukujących hałas, tzw. cichych nawierzchni),
- uspokojenia ruchu za pomocą fizycznych środków technicznych,
- zmian jakości parku samochodowego w Polsce,

Jednym z bardziej obiecujących rozwiązań chroniących przed hałasem są tzw. ciche nawierzchnie. Badania wpływu nawierzchni cichych na poziom hałasu wykonałem na kilkunastu odcinkach dróg wojewódzkich w okresach pełnej doby pomiarowej. Badania, które opisałem w publikacji [II.E-14] wskazują, że tego rodzaju rozwiązania mają istotny wpływ na redukcję hałasu w otoczeniu dróg. Badania wykonane przed przebudową drogi i po przebudowie po zastosowaniu cichej nawierzchni wskazują, że średnio redukcja

poziomu hałasu wyniosła ponad 4 dB a w niektórych przypadkach ponad 8 dB. Efekt ten potwierdziły szeroko prowadzone badania ankietowe wśród mieszkańców tych odcinków dróg. Wykazały one, że redukcja hałasu jest nie tylko słyszalna, ale i prowadzi do znaczącej poprawy komfortu życia mieszkańców w otoczeniu dróg. Tematykę tych badań kontynuuję m.in. w ekspertyzie naukowej [II.F-3], która dotyczyła możliwości kształtowania sieci drogowej z punktu widzenia kilku kryteriów w tym hałas drogowy. Badania kryteriów dotyczących przede wszystkim stanu nawierzchni oraz planów inwestycyjnych i wyników analiz zagrożenia hałasem wzdłuż dróg wojewódzkich Województwa Śląskiego [II.F-3] umożliwiły mi stworzenie algorytmu postępowania związanego zarządzaniem i planowaniem przebudów tych dróg – efektem jest także wdrożenie wyników ekspertyzy naukowej [II.F-3], której wyniki opublikowano w [II.E-5]. Istotnym elementem moich badań był udział w programie badawczym realizowanym przez Politechnikę Warszawską, gdzie przygotowałem analizy dotyczące uwarunkowań przyrodniczych i środowiskowych w rozwoju nawierzchni drogowych [II.J 1]. Zagadnienia wpływu różnego rodzaju nawierzchni drogowych na hałas kontynuuję w badaniach w projekcie badawczym wykonywanym na zlecenie NCBiR i GDDKiA [II.J 2].

Moje zainteresowania uspokojeniem ruchu drogowego początkowo związane były projektowaniem geometrycznym, efektami dotyczącymi wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego oraz na przestrzeń publiczną [I.E-23, II.E-25, II.L-25, II.L-26, II.L-33, II.L-42, II.L-52, III.B-15]. Jestem współautorem zrealizowanego projektu obszarowego uspokojenia ruchu w Puławach, tzw. „Miasteczko Holenderskie”. Projekt ten jest jednym z największych tego rodzaju w skali kraju, gdzie zastosowano w obszarze całego osiedla mieszkaniowego (dzielnicy Włostowice) ponad kilkadziesiąt fizycznych środków uspokojenia ruchu. Doświadczenia związane z projektowaniem i realizacją umożliwiły mi opublikowanie opracowania o charakterze poradnika dla projektantów na zlecenie Ministerstwa Infrastruktury [II.F-8], który do dziś jest zalecany do stosowania przez Sekretariat Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego. Obserwacje porealizacyjne, które miałem okazję wykonywać wskazały mi nowy obszar badań związany z hałasem drogowym [II.E-22]. Wyniki tych badań zaliczam do jednych z moich istotniejszych osiągnięć. W trakcie prowadzonych pomiarów hałasu środowiskowego głównie w otoczeniu drogi wojewódzkiej nr 824 a następnie próby prognozowania hałasu dla tych samych parametrów ruchu okazało się, że w większości przypadków występują bardzo duże różnice pomiędzy poziomem hałasu pomierzonym i obliczonym. Dotychczasowe analizy i badania błędów prognoz hałasu [II.E-26, II.L-14], które prowadziłem nie potwierdziły, że uzyskane różnice są błędem pomiarowym lub błędnym sposobem wykonywania obliczeń lub danych. Jak okazało się na podstawie wyników badań istotnym problemem metod obliczeniowych jest sposób uwzględniania ruchu pojazdów w obszarze ruchu uspokojonego [II.E-8, II.E-9, II.E-11]. Niska prędkość pojazdów, ich niewielkie przyspieszenia (niewielkie moce silnika) powodują, że poziom hałasu w typowych modelach obliczeniowych, które nie uwzględniają tych efektów jest wyższy nawet o 7 dB [II.E-11, II.E-16, II.L-1]. W tym przypadku istotnym wynikiem badań jest wpływ fizycznych środków uspokajania ruchu na redukcję hałasu. Dotyczy to jednak przypadków działań o charakterze obszarowym z wyeliminowaniem rozwiązań pojedynczych (np. stosowanie wyłącznie progów zwalniających). Badania te nadal są przeze mnie kontynuowane w kierunku określenia wartości redukcji poszczególnych rodzajów środków uspokojenia ruchu na hałas drogowy.

Do istotnych osiągnięć naukowych zaliczam także wyniki badań wpływu zmian jakości parku samochodowego w Polsce na hałas drogowy. Wieloletnie badania prowadzone przeze mnie wskazały, że wraz z rozwojem motoryzacji poziom hałasu drogowego będzie się zmniejszał w zakresie emisji. Potwierdziły to wcześniej wyniki badań porównawczych

w mojej rozprawie doktorskiej a następnie badań prowadzonych w kolejnych latach. W ramach badań (finansowane w całości ze środków firmy EKKOM Sp. z o.o.) zostały także wykonane pomiary wpływu prędkości pojazdów na emisję hałasu, gdzie efektem są zależności funkcyjne tak skonstruowane, aby można je było porównać do wyników badań prowadzonych począwszy od połowy lat osiemdziesiątych XX w. Zależności te opisałem w publikacji [II.E-20], gdzie wskazałem, że spadek poziomu emisji hałasu jest zależny od rodzaju pojazdów oraz ich prędkości i na przestrzeni ponad 25 lat wynosi on od 5,2-6,2 dB, a w przypadku samochodów ciężarowych 5,6-8,2 dB. Dodatkowo badaniami emisji hałasu objąłem pierwsze modele dostępnych w kraju samochodów hybrydowych, których emisja była mniejsza od typowych samochodów osobowych od 0,5-5,7 dB (w zależności od prędkości). Wyniki tych badań są bardzo istotne w prognozach poziomu hałasu jakie wykonywane są w opracowaniach środowiskowych mających na celu wykazanie rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym w perspektywie 10-15 lat po uruchomieniu obiektu do eksploatacji. Dzięki tym badaniom możliwe jest unikanie błędów prognoz hałasu i co z tym związane zapobieganie błędnemu wyborowi rozwiązań chroniących.

Powyższa tematyka dotycząca badań wpływu rozwiązań drogowych i metod ochrony na hałas drogowy stała się moją główną aktywnością naukową i w nawiązaniu do niej opracowałem wcześniej zaprezentowaną monografię.

Badania niekorzystnych oddziaływań od dróg i ruchu drogowego na środowisko wraz z zagadnieniami opracowań środowiskowych wykonywanych w budownictwie komunikacyjnym

Kolejną tematyką jaką zajmuję się od początku mojej pracy naukowej i działalności praktycznej (zawodowej) są badania innych niekorzystnych oddziaływań od dróg i ruchu samochodowego niż hałas drogowy a także zagadnienia opracowań środowiskowych wykonywanych w budownictwie komunikacyjnym. W tej grupie badań i zagadnień do istotnych osiągnięć naukowych i praktycznych zaliczam:

a) Badania i zagadnienia dotyczące niekorzystnych oddziaływań i oceny wpływu tych oddziaływań na środowisko

Badania te zostały zapoczątkowane przeze mnie w trakcie przygotowania rozprawy doktorskiej. Pierwsze publikacje [II.E-52] i kolejne [II.E-30] dotyczyły identyfikacji niekorzystnych oddziaływań i ich wielkości jakie występują w wyniku budowy oraz ruchu drogowego na drogach i kolejach [II.E-13].

Oceny oddziaływania ze względu na ich charakter związany z przepisami ochrony środowiska muszą być wykonywane z dużą precyzją oraz według z góry ustalonych procedur. W pierwszych latach tych badań swoją uwagę skupiałem nad procedurami zagranicznymi (szwajcarskimi, francuskimi i kanadyjskimi itd.), które stały się dalej wzorcem do tworzenia krajowych procedur w ocenach oddziaływania na środowisko [II.E-49]. W trakcie pierwszych badań okazało się także, że jednym z istotniejszych elementów w ochronie środowiska przed niekorzystnymi oddziaływaniami dróg na środowisko jest prawidłowe projektowanie nazywane również przyjaznym środowisku projektowaniem dróg [II.E-48]. Sformułowanie zasad przyjaznego środowisku projektowania dróg dokonałem m.in. wykorzystując poza hałasem drogowym wyniki pomiarów wpływu dróg i ruchu drogowego na zanieczyszczenia powietrza, wód oraz gleb. Istotnym w tym zakresie były trzyletnie badania tych oddziaływań na obwodnicy Piasek, na drodze krajowej nr 12. Wyniki tych badań opublikowanych w [II.E-27, II.E-31] wykazały, że właściwie zaprojektowana inwestycja drogowa może w niewielkim stopniu oddziaływać na środowisko (powietrze, wody, gleby) potwierdzając jednocześnie, że najbardziej istotne są oddziaływania w zakresie hałasu

drogowego, jeśli w pobliżu występuje zabudowa mieszkaniowa.

W zakresie moich zainteresowań naukowych znalazły się także inne efekty jak np. estetyka rozwiązań drogowych [II.E-34, II.E-35], które są oddziaływaniami coraz częściej ocenianymi a efekty ocen są często publikowane w ramach konsultacji społecznych, które miałem okazję często wykonywać w praktyce. Badania nad tym zagadnieniem przeprowadziłem w związku z koniecznością identyfikacji niezbędnych czynności jakie powinno się podejmować w konsultacjach społecznych. Czynniki te i efekty z nimi związane opublikowałem w Podręczniku dobrych praktyk wykonywania opracowań środowiskowych dla dróg krajowych [II.F-6].

Kolejnym zagadnieniem związanym z badaniami rozszerzającymi pojęcie przyjaznego projektowania dróg były analizy dotyczące zrównoważonego projektowania mostów i ekorozwoju, które skupiły wyniki badań dotyczące niekorzystnych oddziaływań, estetyki, elementów projektowania – wyniki te opublikowano w [A.II-3].

Badania i obserwacje sposobów wykonywania ocen oddziaływania pozwoliły mi również na sformułowanie list kontrolnych jakie powinno się stosować w opracowaniach środowiskowych – listy te opublikowałem w [II.E-12].

Jednym z istotniejszych moich dokonań naukowych był udział w badaniach oraz analizach wpływu hałasu drogowego i kolejowego na ptaki. Badania te zostały zrealizowane w zespole wraz ornitologami z Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Zagadnienie to może wydawać się nieco odległe od dotychczas realizowanych przeze mnie badań jednak stanowiło ono jedno z najtrudniejszych zadań naukowych wykonywanych przeze mnie do tej pory w zakresie badań i modelowania hałasu drogowego. W dotychczas wykonywanych tego typu badaniach ornitolodzy używali orientacyjnych wskaźników hałasu i parametrów ruchu drogowego. Powodowało to, że wyniki badań wpływu hałasu drogowego m.in. na sukces lęgowy ptaków nie wykazywały dotychczas istotnych zależności. Badania wykonane zgodnie z regułami stosowanymi w badaniach jak dla dróg i możliwość wizualizacji zagrożenia hałasem za pomocą map hałasu umożliwiły sformułowanie wniosków o dużym wpływie hałasu drogowego i kolejowego na ptaki. Badania te otworzyły nowe możliwości badawcze w ornitologii i jednocześnie w budownictwie komunikacyjnym (drogowym i kolejowym) rozwinęły wiedzę w zakresie trudnych badań i modelowania hałasu w terenach leśnych przy zmiennych warunkach ruchu drogowego i kolejowego. Wyniki te zostały opublikowane w [I.A-1, I.A-2].

b) *Zagadnienia opracowań środowiskowych wykonywanych w budownictwie komunikacyjnym*

Badania i analizy oraz opracowania, które wykonałem objęły przede wszystkim procesy i procedury nakazane do realizacji poprzez zapisy prawa. Opracowania najczęściej wykonywane w drogownictwie i kolejnictwie objęte tymi procesami i procedurami, które objąłem moimi badaniami i analizami to:

- karty informacyjne przedsięwzięcia,
- raporty o oddziaływaniu przedsięwzięć na środowisko,
- analizy porealizacyjne i przeglądy ekologiczne,
- mapy akustyczne i programy ochrony środowiska przed hałasem.

Pierwsze moje analizy związane z opracowaniami środowiskowymi rozpocząłem w zakresie procesu ocen oddziaływania na środowisko [II.E-42, II.E-47]. Analizy te opisywały zarówno proces ocen jak i uwarunkowania prawne, które były bardzo niedoskonałe i powodowały wiele problemów w realizacji inwestycji drogowych i kolejowych. Kolejne analizy jakie wykonywałem zorientowane były na możliwość

zmian przepisów i usprawnienia procesów i procedur związanych z ochroną środowiska w budownictwie komunikacyjnym [II.E-36, II.E-37, II.L-44, II.L-49, II.L-76, II.L-79, II.L-80].

Jednym z istotniejszych osiągnięć praktycznych, które wynikają z prowadzonych przeze mnie badań naukowych w zakresie ocen oddziaływania dróg na środowisko i niekorzystnych oddziaływań była realizacja cyklu opracowań na potrzeby drogownictwa [II.F-6, II.F-7, II.F-10, II.F-11, II.F-12], która obejmowała głównie metodyki dotyczące wykonywania pomiarów hałasu oraz metodyki obliczeniowe dla innych oddziaływań (zanieczyszczenia wód i powietrza) a także procedury postępowania, które zostały dokładniej opisane w następnym punkcie 5.2.

W kolejnych badaniach i towarzyszących im publikacjach zająłem się opracowaniami, które związane są ze zrealizowanymi drogami i obiektami drogowymi (analizy porealizacyjne i przeglądy ekologiczne oraz mapy akustyczne i programy ochrony środowiska przed hałasem). Do najistotniejszych osiągnięć w tym zakresie zaliczam badania i prace związane z wykonywaniem map akustycznych dla dróg krajowych [II.E-29] oraz programów ochrony środowiska przed hałasem drogowym [II.E-2, II.E-17], które stały się też częścią zagadnień opisywanej wcześniej monografii. Wykonanie tych opracowań wymagało stworzenia interdyscyplinarnej metodyki [II.F-9], która musiała zawierać m.in. zagadnienia:

- wykonywania pomiarów hałasu,
- znajomości parametrów ruchu drogowego o dużym stopniu dokładności (podział natężenia ruchu, udziału pojazdów hałaśliwych oraz prędkości na pory dnia, wieczoru i nocy),
- zastosowania GIS (Geographical Information System) w analizach,
- dodatkowych czynników wpływających na hałas, jak np. warunki meteorologiczne,
- prognoz demograficznych związanymi z koniecznością oszacowania liczby ludności zamieszkującej w otoczeniu dróg i linii kolejowych.

Większość znaczących osiągnięć o charakterze praktycznym w tym zakresie została opisana w kolejnym punkcie niniejszego autoreferatu (p. 5.2) a duża liczba wystąpień konferencyjnych w tym zakresie została wymieniona w wykazie dorobku habilitacyjnego (pkt II.L) i innych osiągnięć (zał. 4).

Powyżej opisane zagadnienia uznałem jako znaczący dorobek naukowy i praktyczny, który miał również istotny wpływ na dyscyplinę budownictwo.

Zagadnienia projektowania dróg z uwzględnieniem technologii BIM oraz nowoczesnych systemów zarządzania ruchem ITS (Intelligent Transportation Systems)

Zagadnienia związane z projektowaniem dróg są pośrednio związane z wcześniej prezentowaną tematyką mojej pracy naukowej. Tematyce tej również poświęcam aktywność naukową a także zawodową. W większości przypadków moja działalność zawodowa (praktyczna) stanowi źródło inspiracji do prowadzenia badań w zakresie projektowania dróg (pod pojęciem „projektowanie dróg” rozumiem w tym opisie również pozostałą infrastrukturę drogową). Do najważniejszych osiągnięć naukowych w tym zakresie zaliczam:

a) Możliwości zastosowania technologii BIM w projektowaniu dróg i ochronie środowiska w budownictwie komunikacyjnym

Badania jakie podjąłem kilka lat temu dotyczą zastosowania technologii

projektowania BIM (Building Information Modelling) w drogownictwie. Technologia ta odchodzi od płaskiego (2D) projektowania dróg i obiektów drogowych na rzecz projektowania przestrzennego (3D) z uwzględnieniem parametryzacji projektowanych elementów (obiektów) projektu. Daje to dotychczas niespotykane możliwości eliminacji błędów i kolizji projektowych, kształtowania informacji o obiekcie a także organizacji procesu budowy jaki dotychczas w praktyce nie był możliwy do zastosowania. Moje badania w tym zakresie rozpocząłem od porównania BIM w architekturze i budownictwie liniowym [II.E-7] oraz korzyści jakie może przynieść drogownictwu technologia BIM [II.E-4, II.L-4, II.L-17, II.L-18]. Dalsze badania teoretyczne polegały na określeniu roli BIM w opracowaniach środowiskowych w budownictwie drogowym jak również aspektów zarządzania i ekonomii rozwiązań [II.E-7]. W przyszłości badania te posłużą mi w połączeniu zagadnień opisywanych powyżej w monografii w zakresie poszukiwania kolizji środowiskowych oraz optymalizacji rozwiązań chroniących nie tylko przed hałasem, ale i innymi niekorzystnymi oddziaływaniami dróg i ruchu drogowego na środowisko.

b) Systemy zarządzania ruchem drogowym ITS

Pierwsze moje badania i zadania w karierze naukowej były związane z analizami przepustowości i warunków ruchu na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną. W wyniku prac nad implementacją brytyjskiej metody TRRL do warunków polskich wykonałem w zespole badawczym Politechniki Krakowskiej algorytmy obliczeń i program komputerowy (CASINO) służące projektowaniu sygnalizacji świetlnej [II.E-44]. Działania te dały mi podstawy w tych działaniach i umożliwiły w późniejszym czasie realizację badań dotyczących możliwości sterowania ruchem na odcinkach dróg oraz w miastach [II.E-21, II.L-56, II.B-43]. Efekty tych działań umożliwiły mi wprowadzenie tego rodzaju rozwiązań jako również rozwiązań chroniących przed hałasem w opisywanej wcześniej monografii.

Podsumowanie

Moja aktywność naukowa oraz zawodowa (praktyczna) w zakresie zaprezentowanych powyżej zagadnień tematycznych jest dość rozległa, aczkolwiek w większości skupiona wokół zagadnień ochrony środowiska w budownictwie komunikacyjnym ze szczególnym uwzględnieniem hałasu drogowego i rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym. Moje zainteresowania naukowe i prace badawcze często są związane z działalnością praktyczną z której wynika konieczność prowadzenia badań naukowych w celu rozwiązania zarówno celu naukowego jak i praktycznego.

W moich opracowaniach wykorzystuję zarówno badania terenowe jak i nowoczesne techniki obliczeniowe oraz symulacyjne. W badaniach często wykorzystuję wyniki analiz wykonywane przed realizacją i po realizacji inwestycji drogowej. Daje mi to szereg możliwości: weryfikacji założeń na etapie projektowania określonych rozwiązań, oceny tych założeń po realizacji, oceny funkcjonowania rozwiązań w praktyce, jak również prowadzenia badań naukowych.

Aktualnie rozwijam zagadnienia dotyczące wpływu ruchu drogowego na drogach o znacznych wahaniach ruchu [II.E-1] a także zastosowania technologii projektowania BIM w zagadnieniach ochrony ludzi przed niekorzystnymi oddziaływaniami pochodzącymi od dróg i ruchu drogowego.

W zakresie osiągnięć naukowych zrealizowałem 61 publikacji (1 monografia, 3 artykuły JCR, 57 artykułów w czasopismach recenzowanych i nierecenzowanych). Szczegółowe zestawienie publikacji znajduje się w załączniku 3, natomiast w punkcie 7 autoreferatu zestawienie parametryczne.

5.2. Aktywność dotycząca zrealizowanych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych, prac badawczych, ekspertyz, projektów badawczych

Opracowania dotyczące niniejszej aktywności zostały podane w załączniku 3 w punktach: II.B, II.F, II.J (opisane we wcześniejszym punkcie niniejszego autoreferatu).

W części II.B wyszczególniłem mój udział jedynie w najważniejszych projektach stanowiących oryginalne osiągnięcia, które zostały już zrealizowane w ramach mojej pracy w firmie EKKOM Sp. z o.o.

W każdym z projektów pomimo częstego ich powtarzalnego charakteru niezbędne są elementy wiedzy naukowej, przeglądu literatury, analiz możliwych rozwiązań w których przygotowaniu uczestniczę. Często też projekty te wymagają dodatkowych analiz a także są inspiracją do dalszych badań i opracowań.

W zestawieniu II.B ujęto projekty z zakresu:

- opracowań środowiskowych dla realizacji przedsięwzięcia drogowego lub kolejowego – przykładowo są to projekty [II.B-1, II.B-17, II.B-26],
- analiz porealizacyjnych i przeglądów ekologicznych w zakresie niektórych oddziaływań dróg i ruchu drogowego oraz kolejowego na środowisko – przykładowo są to projekty [II.B-3, II.B-33, II.B-49],
- map akustycznych i programów ochrony środowiska – przykładowo są to projekty [II.B-2, II.B-9, II.B-14],
- pomiarów hałasu i innych oddziaływań środowiskowych – przykładowo są to [II.B-7, II.B-52],
- projektów budowlanych i wykonawczych budowy lub przebudowy dróg i skrzyżowań drogowych – przykładowo są to projekty [II.B-4, II.B-5, II.B-8],
- koncepcji projektowych i studiów związanych z budową lub przebudową dróg lub skrzyżowań drogowych – przykładowo są to projekty [II.B-11, II.B-38, II.B-58],
- projektów organizacji ruchu drogowego i ich aktualizacji – przykładowo są to [II.B-19, II.B-28, II.B-44],
- innych opracowań o oryginalnym charakterze wymagającego wkładu naukowego i przeglądu literatury – przykładowo są to projekty [II.B-13, II.B-20, II.B-54].

W części opracowań zbiorowych, dokumentacji prac badawczych i ekspertyz wykonałem 16 istotnych opracowań zarówno dla dyscypliny budownictwo jak i gospodarki. Należą do nich opracowania o charakterze:

- monografii [II.F-5],
- wytycznych [II.F-6, II.F-13, II.F-14],
- metodyk wykonywania obliczania, prognozowania oraz pomiarów parametrów ruchu i oddziaływań, wykonywania określonych opracowań środowiskowych [II.F-7, II.F-9, II.F-10, II.F-11, II.F-12],
- ekspertyz naukowych wieloosobowych, które mają swoją kontynuację w dalszych opracowaniach (np. wytycznych) [II.F-1] lub wdrożeniach [II.F-3],
- poradników [II.F-2, II.F-4, II.F-8],
- zasad ochrony środowiska w projektowaniu, budowie i utrzymaniu dróg [II.F-15, II.F-16].

W dużej części tych prac byłem osobą kierującą i redagującą często prowadząc także badania związane z daną tematyką a w części byłem współautorem.

Sumaryczna liczba wszystkich opracowań z zakresu osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, badawczych ([II.B], [II.F] i [II.J]) wynosi 76.

6. Informacje o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej, odbytych stażach krajowych lub zagranicznych i działalności popularyzującej naukę

Informacje o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej, stażach i działalności popularyzującej naukę omówiłem poniżej i powołałem się na publikacje z wykazu zawartego w załączniku 4 (prace oznaczone jako III).

W ramach pracy naukowo-dydaktycznej prowadziłem podobne zajęcia dydaktyczne jak w pracy na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej (PK) jak i obecnie na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej (PL). Należą do nich:

- projektowanie dróg (PK),
- projektowanie ulic (PK),
- inżynieria ruchu drogowego (PK),
- ochrona środowiska w budownictwie drogowym (PK),
- estetyka w projektowaniu dróg (PK),
- komputerowe metody wspomagania projektowania dróg (PK),
- drogi i ulice (PL),
- budownictwo drogowe (PL),
- inżynieria ruchu drogowego z elementami ochrony środowiska (PL),
- skrzyżowania, węzły i urządzenia drogowe przyjazne środowisku (PL),
- lotniska (PL),
- BIM w budownictwie komunikacyjnym (PL),
- seminaria dyplomowe (PL).

Zakres moich godzin dydaktycznych przekracza pensum dydaktyczne (240 godzin). Wypromowałem do tej pory łącznie 29 dyplomantów w ramach prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich.

Brałem udział i byłem koordynatorem nowej specjalności w projekcie realizowanym w ramach Fundacji Rozwoju Systemu Edukacji pt. „Budujemy ekologiczną Europę – programy studiów magisterskich w języku angielskim na kierunku Budownictwo” [III.A-1]. W ramach tego projektu byłem redaktorem i współautorem 13 podręczników w języku angielskim [III.I-2] a także współtwórcą: sylabusów, efektów kształcenia, pytań egzaminacyjnych dyplomowych, siatek godzin.

Byłem także inicjatorem zmian dotychczasowej specjalności „Drogi i mosty” na specjalność „Drogi, mosty i ekoinfrastruktura” w ramach Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej [III.I-3]. Wykonane zmiany miały na celu wprowadzenie do treści programowych zagadnień projektowania oraz utrzymania urządzeń należących do obiektów chroniących środowisko przed niekorzystnymi oddziaływaniami dróg i ruchu drogowego (zwane także ekoinfrastrukturą).

Realizuję także szereg działań w zakresie działalności studenckiego Koła Naukowego Drogowców i Mostowców a także spraw organizacyjnych w ramach pełnionych przeze mnie obowiązków kierownika Katedry Dróg i Mostów Politechniki Lubelskiej [III.I]

W ramach działalności zawodowej w EKKOM sp. z o.o. byłem opiekunem praktyk i staży 5 studentów z Włoch, Niemiec i Holandii głównie w ramach programu ERASMUS. Byłem także opiekunem 3 staży zawodowych pracowników uczelni (Politechnika Krakowska, Akademia Górniczo-Hutnicza) – dodatkowe informacje podano w [III.J].

Jestem promotorem pomocniczym w jednym przewodzie doktorskim od 2016 r. [III.K-1].

Brałem czynny udział w 26 krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych [III.B]. Byłem także członkiem komitetu naukowego, organizacyjnego a także sekretarzem naukowym w 24 konferencjach naukowych [III.C], a w tym byłem inicjatorem i głównym organizatorem 5 konferencji dla których uzyskałem patronat Sekcji Inżynierii Komunikacyjnej Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk.

Popularyzowałem naukę w ramach 38 wykładów, seminariów, warsztatów, szkoleń i studiów podyplomowych organizowanych przez 3 uczelnie [III.I-9–III.I-47]. Recenzowałem publikacje w łącznie 13 czasopismach krajowych i zagranicznych. Recenzje te zestawilem w [III.P].

Jestem także założycielem (2005 r.) i redaktorem naczelnym wydawnictwa internetowego – Portalu drogowego: www.edroga.pl, które do tej pory opublikowało ponad 15 tysięcy artykułów, przesłało do ponad 2500 użytkowników ponad 1600 Biuletynów informacyjnych i moderuje Forum dyskusyjne (ponad 5 tysięcy komentarzy) [III.G-1].

Brałem udział w jednym konsorcjum naukowo-badawczym w ramach projektu Rozwój Innowacji Drogowych pn. „Ochrona przed hałasem drogowym” finansowanym przez NCBiR oraz GDDKiA jako współwykonawca projektu oraz kierownik zespołu badawczego Politechniki Lubelskiej [III.E-1]. Byłem także inicjatorem i współzałożycielem w 2011 r. Konsorcjum Naukowo-Przemysłowego Inżynierii Lądowej w skład, którego wchodzi: Politechnika Krakowska, Województwo Małopolskie reprezentowane przez Zarząd Dróg Wojewódzkich w Krakowie, EKKOM Sp. z o.o. [III.E-2], które prowadzi do tej pory projekty głównie związane z działalnością konferencyjną, a zostało zawarte w celu prowadzenia prac związanych z rozwojem inżynierii lądowej rozumianych jako innowacyjne rozwiązania opatentowane, systemowe, służące tworzeniu typowych i standardowych rozwiązań oraz ich wdrażaniu, a także przekazywaniu informacji i wiedzy związanej z tym rozwojem.

Kierowałem w ramach konsorcjum i współpracy gospodarczej pracami finansowanymi przez GEVAS GmbH (Niemcy) i EKKOM Sp. z o.o. w projekcie zarządzania obszarowego ruchem drogowym oraz zarządzania komunikacją zbiorową [III.F-1], którego efektem była polska wersja programu do projektowania sygnalizacji świetlnych CROSSIG 5 PL a także projekty praktyczne w zakresie sterowania ruchem (ITS).

Wykonałem 21 ekspertyz na zamówienie administracji publicznej oraz prywatnych zamawiających. Prace te zestawilem w [III.M].

Od 2007 roku jestem czynnym członkiem Sekcji Inżynierii Komunikacyjnej Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk [III.H-1] w ramach której miałem okazję wygłosić dwie prezentacje. Jestem także członkiem Rady Naukowej Polskiego Klubu Ekologicznego – Okręg Małopolska, Rady Programowej Fundacji Europejskie Centrum Certyfikacji BIM, Stowarzyszenia Polski Kongres Drogowy. Byłem członkiem Rady Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej a obecnie jestem także członkiem Rady Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej. Brałem także udział w pracach zespołu ekspertów i jednej kapitule konkursu organizowanego dla studentów [III.N].

W ramach innych osiągnięć chciałbym wskazać recenzje dwóch monografii z czego jedna była napisana w języku angielskim [III.Q-1, III.Q-2]. Pozostałe osiągnięcia zestawilem w [III.Q].

7. Parametryczne podsumowanie dorobku naukowego

Parametryczne podsumowanie dorobku naukowego oraz prac badawczych opracowałem wg wykazu osiągnięć zebranych w załączniku nr 3 i zestawilem w poniższej tabeli 1.

Tabela 1. Parametryczne zestawienie całkowitego dorobku (zgodnie z załącznikiem 3)

Rodzaj osiągnięcia	Oznaczenie zgodnie z załącznikiem 3	Liczba
Monografie habilitacyjne	I.B	1
Publikacje naukowe w bazie JCR	II.A	3
Pozostałe publikacje w czasopismach recenzowanych	II.E	14
Pozostałe publikacje w czasopismach i wydawnictwach nierecenzowanych	II.E	43
Osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	II.B	58
Udzielone patenty międzynarodowe i krajowe	II.C	-
Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe	II.D	-
Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz	II.F	16
Kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach	II.J	2
Liczba prac ogółem [I.B]+[II.A]+[II.B]+[II.C]+[II.D]+[II.E]+[II.F]+[II.J]	137	
Liczba punktów wg listy MNiSW oraz kryteriów oceny jednostek naukowych (dla monografii, rozdz. książki)	80 (JCR) + 94 = 174	
Sumaryczny Impact Factor	II.G	6,172
Liczba cytowań według bazy Web of Science	II.H	12 (bez autocytowań)
Indeks Hirscha według bazy Web of Science	II.I	2
Liczba cytowań wg bazy Scopus	II.H	20
Indeks Hirscha według bazy Scopus	II.I	2
Liczba cytowań wg bazy Google Scholar	II.H	129
Indeks Hirscha według bazy Google Scholar	II.I	5

Liczba prac zrealizowanych przed doktoratem:

- publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych [II.E]: 16
- prace badawcze, ekspertyzy [II.F]: 4
- publikacje i udział w konferencjach [II.L]: 4

8. Podsumowanie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego

Podsumowanie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego opracowałem wg wykazu osiągnięć zebranych w załączniku nr 4 i zestawilem w poniższej tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego (zgodnie z załącznikiem 4)

Rodzaj osiągnięcia	Oznaczenie zgodnie z załącznikiem 4	Liczba
Udział w projektach europejskich	III.A	1
Udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych	III.B	26
Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych	III.C	24
Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	III.E	2
Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych oraz we współpracy z przedsiębiorcami	III.F	1
Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	III.G	1
Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	III.H	4
Osiągnięcia dydaktyczne	III.I	8
Osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki	III.I	39
Opieka naukowa nad studentami i pracownikami uczelni w ramach stażu zawodowego	III.J	10
Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze promotora pomocniczego	III.K	1
Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich	III.L	5
Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie	III.M	41
Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	III.N	8
Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych	III.P	29

