

Gliwice, 30 sierpnia 2022 r.

prof. dr hab. inż. Marek Salamak  
Katedra Mechaniki i Mostów  
Wydział Budownictwa  
Politechnika Śląska  
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice



## OPINIA nt.

osiągnięcia i dorobku naukowego w ramach postępowania o nadanie  
p. dr. inż. Annie Rakoczy stopnia naukowego doktora habilitowanego  
nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport

### 1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzja wykonana została na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej (pismo WTBD.524.HAB.144.2022 z dnia 11.07.2022). Jej Przewodniczący dr hab. inż. Konrad Lewczuk prof. PW zwrócił się z prośbą o przygotowanie opinii na temat osiągnięcia i dorobku naukowego w ramach postępowania o nadanie p. dr. inż. Annie Rakoczy stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport. Niniejsza opinia została wykonana z uwzględnieniem Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574).

### 2. Sylwetka kandydatki

Dr inż. Anna Rakoczy uzyskała dyplom magistra inżyniera budownictwa w specjalności konstrukcje budowlane i inżynierskie na Wydziale Budownictwa Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy w 2008 roku. W 2012 r. zdobyła stopień doktora nauk technicznych na Wydziale Inżynierii Lądowej Uniwersytetu Nebraska-Lincoln (UNL) w Stanach Zjednoczonych. Przedmiotem jej rozprawy doktorskiej było opracowanie modeli oceny niezawodności mostów kolejowych, a promotorem był prof. Andrzej Nowak. Po zakończeniu doktoratu Habilitantka pracowała jeszcze przez rok w UNL na stanowisku naukowo-badawczym. Chcąc kontynuować swoje badania nad niezawodnością mostów kolejowych zatrudniła się w Transportation Technology Center Inc. w Pueblo, Kolorado. Tam pracowała przez siedem lat kończąc w 2020 roku na stanowisku kierownika projektów badawczych. Po powrocie do kraju rozpoczęła pracę w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów, gdzie do dziś pełni funkcję zastępcy Redaktora Naczelnego Kwartalnika *Roads and Bridges – Drogi i Mosty*. Od 2021 roku jest adiunktem w Zakładzie Geotechniki Instytutu Dróg, Mostów i Budowli Podziemnych na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej.

### 3. Ocena głównego osiągnięcia naukowego

#### 3.1. Główne osiągnięcia naukowe

Główne osiągnięcia naukowe p. dr A. Rakoczy obejmują cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych (jest to sześć pozycji oznaczonych we wniosku od A1 do A6) oraz oryginalne osiągnięcie badawcze, które zostało opisane w dwóch dodatkowych artykułach oznaczonych jako A7 i A8. Prawie wszystkie artykuły zostały opublikowane w czasopiśmie z listy JCR. Tylko jedna pozycja (A2) ukazała się w angielskojęzycznym wydaniu cenionego przez krajowe środowisko mostowców czasopiśmie *Roads and Bridges – Drogi i Mosty*. Sumaryczna liczba punktów wynikająca z przedłożonych artykułów wynosi 710, natomiast odpowiadający im sumaryczny wskaźnik IF (w roku publikacji) wyliczony został na 12,618. Tylko jedna z tych prac (A1) jest samodzielna, a pozostałe – współautorskie. Jednak udział Habilitantki jest w nich przeważający i wynosi od 60 do 80 procent. Poza tym, tematykę tę Kandydatka prezentowała na siedmiu międzynarodowych konferencjach, które również zostały zestawione we wniosku. W dwóch kolejnych podpunktach szczegółowo oceniono obydwa główne osiągnięcia naukowe.

#### 3.2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych

Jeśli chodzi o cykl powiązanych ze sobą tematycznie artykułów, to obejmuje on sześć pozycji pod wspólnym tytułem *Metoda probabilistyczna wspomagana pomiarami in-situ i analizą MES w ocenie poziomu niezawodności eksploatowanych, kolejowych, stalowych konstrukcji mostów i wiaduktów*. Należy przy tym podkreślić, że problemem niezawodności mostów kolejowych Kandydatka zajmuje się już ponad 10 lat. Te zagadnienia były przecież przedmiotem jej rozprawy doktorskiej zatytułowanej *Development of System Reliability Models for Railway Bridges*, którą pozytywnie obroniła w 2012 roku na University of Nebraska-Lincoln w USA.

Potrzeba prognozowania przydatności do użytkowania mostów (nie tylko kolejowych) wynika z faktu starzenia się naszej infrastruktury transportowej. W tym długim okresie eksploatacji, który może przekraczać nawet sto lat, następują stopniowe zmiany w zakresie obciążeń użytkowych, które wynikają po prostu z rozwoju środków transportu. Objawia się to przede wszystkim przez sukcesywne zwiększanie masy i prędkości pojazdów. Szczególnie dotyczy to obiektów kolejowych ze stalowymi przęsłami, które w najbardziej rozwiniętych krajach świata budowane były już nawet ponad 100 lat temu. Od tego czasu wiele zmieniło się w charakterystyce użytkowanego taboru. Choć powstały też nowe metody modelowania i szacowania nośności konstrukcji, to nie są one w stanie zatrzymać postępującej degradacji coraz bardziej starzejących się mostów. Przy racjonowaniu publicznych środków przeznaczanych na utrzymanie infrastruktury kolejowej zmuszeni jesteśmy do wydłużania okresu użytkowania poszczególnych obiektów mostowych. Z drugiej strony konieczne jest zapewnienie odpowiedniego poziomu ich bezpieczeństwa i funkcjonalności. To wszystko sprawia, że problem starzenia się obiektów mostowych stanowi coraz większe wyzwanie dla właścicieli i zarządców we wszystkich krajach eksploatujących infrastrukturę kolejową.

W ocenie nośności kolejowych obiektów inżynierskich obecnie najczęściej stosowane jest podejście deterministyczne lub metody półprobabilistyczne, które wykorzystują częściowe współczynniki bezpieczeństwa. Takie uproszczenia i nieuwzględnianie przy tym informacji o aktualnym stanie technicznym sprawiają, że nośność obiektu może być niedoszacowana.

Dlatego dr A. Rakoczy zdecydowała się, aby do oceny poziomu niezawodności istniejących mostów i wiaduktów kolejowych użyć metodę probabilistyczną. Sprowadza się to do określenia prawdopodobieństwa wystąpienia awarii przy określonym poziomie niezawodności wybranych elementów konstrukcji lub całego obiektu. Łatwiejsze jest też wykorzystanie do tego danych, jakie coraz częściej pozyskujemy z systemów monitorowania stanu technicznego konstrukcji typu SHM (Structural Health Monitoring).

Swoje zasadnicze badania w tym obszarze Kandydatka prowadziła w Stanach Zjednoczonych. Związane to było z Jej udziałem w wieloletnim projekcie badawczym zatytułowanym *Bridge Life Extension under Heavy Axle Load*. Był on realizowany przez Transportation Technology Center Inc., a Habilitantka pełniła w nim funkcję kierownika. Stąd też analizowane przez nią konstrukcje, to głównie przęsła blachownicowe lub kratowe, które od wielu lat były wyjątkowo często stosowane w Ameryce Północnej. Przez to dzisiaj stanowią duży udział wśród wszystkich eksploatowanych tam obiektów kolejowych.

Studiując przedstawiony we wniosku cykl powiązanych tematycznie artykułów można dostrzec, jak przez kolejne publikacje rozwijał się u dr A. Rakoczy warsztat badawczy i doskonaliła się też koncepcja probabilistycznej metody prognozowania przydatności do użytkowania konstrukcji mostów. W artykułach znaleźć można opisy licznych testów in-situ, przykładów dłuższego monitoringu stanu technicznego, zaawansowanego modelowania czy analiz zmęczeniowych, które Kandydatka wykonywała osobiście lub z zespołem. Ukoronowaniem tego było praktyczne wdrożenie w USA probabilistycznej metody do oceny zmęczenia istniejących mostów kolejowych z blachownicowymi przęsłami. Do tego celu opracowała w środowisku MatLAB autorski program komputerowy, który został nazwany *AAR DPG Bridge Fatigue Simulator Software*. Pozwala on obliczać skumulowane cykle zmęczeniowe w blachownicach z jazdą górą do rozpiętości 122 m z określeniem prawdopodobieństwa powstania rysy zmęczeniowej.

### 3.3. Oryginalne osiągnięcie badawcze

Natomiast oryginalne osiągnięcie badawcze nosi tytuł *Nowatorska metoda oceny stanu konstrukcji nośnej mostu z zastosowaniem systemów pomiarowych montowanych na pojazdach kolejowych*. Praca ta wynikała z doświadczenia Habilitantki, jakie zdobyła podczas modelowania interakcji między pojazdem a konstrukcją w zakresie dynamicznym. Analiza i symulacje tej interakcji prowadzone były w środowisku programu komputerowego NUCARS. Zostały one później potwierdzone w badaniach in-situ. Metoda tę opisano w dwóch artykułach (A7 i A8) i rzeczywiście można stwierdzić, że ma ona znamiona innowacji. Świadczy też o tym wyróżnienie drugiego z tych artykułów nagrodą im. Arthur M. Wellington w 2018 roku. Jest to prestiżowa nagroda, którą wręcza American Society of Civil Engineering (ASCE) za międzydyscyplinarne i innowacyjne osiągnięcie w dziedzinie transportu lądowego.

Idea tej metody polega na tym, że do wykrycia uszkodzenia konstrukcji podpór lub przęsła mostu można wykorzystać pokładowe systemy do pomiaru ugięcia i geometrii toru. W ten sposób, jednym i specjalnie opomiarowanym pojazdem można prowadzić obserwacje na dużej liczbie obiektów, a nie tylko na wybranym, jak to jest w przypadku systemów monitoringu stacjonarnego typu SHM. Należy jednak zaznaczyć, że wyniki takich pomiarów mają na celu raczej uzupełnienie tradycyjnych inspekcji i pomiarów, stanowiąc w ten sposób swoisty system wczesnego ostrzegania. Na podstawie pozyskanych w ten sposób wyników wskazywane są

obiekty, w których występują potencjalne zagrożenia wymagające bardziej szczegółowych badań lub inspekcji.

Analizy dynamiczne i symulacje prowadzone były na złożonych i zaawansowanych modelach, które obejmowały wielokadłubowy pojazd, tor z podsypką i podbudową oraz konstrukcję przęsła mostu w postaci dwubelkowego układu. Uszkodzenie belek symulowane było przez redukcję ich sztywności. Taki wielowarstwowy model pozwolił prowadzić analizy interakcji pojazdu z przęsłem mostu. Dzięki temu możliwe było zaproponowanie lokalizacji układu akcelerometrów mocowanych do bocznych ram pojazdu, co zostało później wykorzystane w badaniach terenowych.

Badania in-situ na potrzeby potwierdzenia skuteczności zaproponowanej lokalizacji akcelerometrów jak i całej metody prowadzone były na testowym obiekcie mostowym Bridge Deflection Test Facility (BTDF) w Stanach Zjednoczonych. Wykorzystywano do tego kilka typów pojazdów (specjalna platforma pomiarowa, wagon pasażerski, wagon towarowy) ze zróżnicowanymi układami pomiarowymi ugięcia i geometrii toru. Sprawdzane były różne metody pomiaru odpowiedzi mostu przez sensory umieszczone na pojeździe. Choć badania w tym zakresie były zadowalające, to jednak nie udało się jeszcze osiągnąć wystarczającej powtarzalności wyników, a prace są kontynuowane.

### 3.4. Wkład głównego osiągnięcia naukowego do dyscypliny

Analizując omówione powyżej prace można przyjąć, że wkład głównego osiągnięcia naukowego Habilitantki do dyscypliny inżynieria lądowa i transport obejmuje następujące elementy:

- opracowanie własnego modelu, w którym zastosowana została probabilistyczna metoda do określenia poziomu niezawodności stanu granicznego nośności kolejowych obiektów mostowych o konstrukcji blachownicowej,
- określenie nowych parametrów wytrzymałości zmęczeniowej dźwigarów nitowanych oraz opracowanie modelu niezawodnościowego dla stanu granicznego zmęczenia kolejowych przęseł blachownicowych,
- opracowanie programu komputerowego do obliczania skumulowanych cykli zmęczeniowych w konstrukcji mostów oraz określenia prawdopodobieństwa powstawania rysy zmęczeniowej,
- opracowanie nowatorskiej metody oceny stanu konstrukcji nośnej mostu z zastosowaniem systemów pomiarowych montowanych na pojazdach kolejowych,
- przeprowadzenie badań in-situ wielu użytkowanych obiektów mostowych, które w zależności od sytuacji miały na celu:
  - potwierdzenie tezy, że metoda probabilistyczna daje lepsze oszacowanie przydatności do użytkowania mostów niż inne metody analityczne,
  - określenie nośności resztkowej uszkodzonej stalowej blachownicy,
  - dobór optymalnej konfiguracji układów pomiarowych montowanych na pojazdach, które miały służyć do oceny stanu technicznego konstrukcji mostów kolejowych.

W podsumowaniu można stwierdzić, że cykl przedstawionych prac ma charakter monotematyczny. Pokazuje umiejętności teoretyczne ich Autorki oraz pewną ciągłość prowadzonej przez nią analizy i stosunkowo obszerny zakres przeprowadzonych prac badawczych. Natomiast opisane osiągnięcie w postaci nowatorskiej metody oceny stanu

konstrukcji nośnej mostu z zastosowaniem systemów pomiarowych montowanych na pojazdach kolejowych cechuje się oryginalnością i innowacyjnością. W opinii recenzenta spełnione są w tym przypadku wymagania, jakie stawia się głównemu osiągnięciu naukowemu.

#### 4. Ocena pozostałych osiągnięć i aktywności naukowych

Oprócz przedłożonej serii publikacji oraz osiągnięcia badawczego, które razem stanowią główne osiągnięcia naukowe Habilitantki, ma ona jeszcze w dorobku szereg innych prac naukowych, które powstały przed i po uzyskaniu stopnia doktora. Można zauważyć wyraźny wzrost liczby istotnych publikacji, jaki nastąpił po doktoracie. Obejmują one artykuły z listy A i B MNiSW, referaty na konferencjach krajowych i zagranicznych, raporty badawcze oraz pracę w zespołach realizujących projekty badawcze finansowane ze środków krajowych i zagranicznych. Szczególnie warto docenić artykuły publikowane w periodykach amerykańskich, a także kierowanie projektami badawczymi w tym kraju.

Zamieszczony we wniosku wykaz projektów badawczych, w których Habilitantka brała udział obejmuje 10 pozycji. Początkowo, pracując na University of Nebraska-Lincoln w USA, jako pracownik naukowo-dydaktyczny, była po prostu członkiem zespołów badawczych w czterech różnych projektach realizowanych tam w latach 2012-2013. Po zatrudnieniu się w Transportation Technology Center Inc. raczej pełniła w nich już funkcję kierownika projektu. Właściwie wszystkie te projekty dotyczyły zagadnień związanych z infrastrukturą kolejową i charakteryzowały się budżetami rządu setek tysięcy dolarów, a w przypadku jednego (poz. 2) były to nawet miliony dolarów.

Nie brakuje też przykładów współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym. Habilitantka współtworzyła aż 39 raportów badawczych ściśle związanych z kolejnictwem. Były to badania i pomiary diagnostyczne wykonywane na istniejących obiektach kolejowych w USA. Natomiast program komputerowy z jej algorytmem, który służy do obliczania oceny zmęczenia przęseł blachownicowych, został udostępniony wszystkim właścicielom infrastruktury kolejowej w Ameryce Północnej.

Na koniec recenzji dorobku i osiągnięć p. dr A. Rakoczy należy podkreślić, że jej wyniki bibliometryczne na etapie starania się o stopień doktora habilitowanego są bardzo dobre. Oczywiście porównując je z innymi kandydatami w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport. Tak więc, według wg trzech zasadniczych baz indeks Hirscha wynosi kolejno: 5 (Scopus), 4 (WoS) i 8 (Google Scholar). Liczba cytowań, to odpowiednio 73 (Scopus), 45 (WoS) i 204 (Google Scholar). Sumaryczny współczynnik wpływu czasopism, w których Habilitantka po doktoracie publikowała swoje prace wynosi 19,224, natomiast liczba punktów wg wykazu czasopism MNiSW wynosi 1060. Kandydatka przeprowadziła też recenzje ponad 50 artykułów naukowych, a kilka jej publikacji uzyskało nagrody i wyróżnienia na międzynarodowych konferencjach. Podsumowując zbiór osiągnięć dr A. Rakoczy można stwierdzić, że jest on satysfakcjonujący i mający międzynarodowy charakter.

## 5. Ocena dorobku dydaktycznego i organizacyjnego

Dorobek dydaktyczny Habilitantki jest nietypowy w porównaniu z innymi pracownikami dydaktycznymi wyższych uczelni w Polsce. Wynika to z tego, że w jej karierze dominowała aktywność naukowo-badawcza, a doświadczenie dydaktyczne początkowo związane było z prowadzeniem zajęć na University of Nebraska-Lincoln w USA. Przy tej okazji docenić należy gruntowne przygotowanie dydaktyczne w postaci ukończonego tam szkolenia ze skutecznych technik nauczania i strategii interaktywnych. W następstwie tego, Kandydatka prowadziła później liczne zajęcia dydaktyczne w języku angielskim, które obejmowały takie zagadnienia jak: analiza statyczna, wytrzymałość materiałów, konstrukcje stalowe, niezawodność konstrukcji, podstawy projektowania mostów. W tym czasie gościnnie wykładała też na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym w Bydgoszczy. Natomiast od 2021 roku dr A. Rakoczy objęła stanowisko adiunkta w Zakładzie Geotechniki, Mostów i Budowli Podziemnych na Politechnice Warszawskiej. Prowadzi tam zajęcia związane z konstrukcjami mostowymi.

Do osiągnięć organizacyjnych Habilitantki należy zaliczyć członkostwo w dwóch komitetach – w Amerykańskim Stowarzyszeniu Inżynierii Kolejowej i Utrzymania Dróg oraz w Amerykańskiej Radzie ds. Badań Transportu. Jest ona także członkiem wiodącego stowarzyszenia inżynierów budowlanych w USA, jakim jest American Society of Civil Engineering (ASCE). Od wielu lat pełni funkcję zastępcy Redaktora Naczelnego Kwartalnika *Roads and Bridges – Drogi i Mosty* oraz członka Rady Naukowej czasopisma *Problemy Kolejnictwa*. Dzięki stypendium dla młodych naukowców odbyła tygodniowy staż w ramach europejskiego projektu INFRASTAR w Nantes we Francji. Projekt finansowany był z programu Horizon 2020.

Podsumowując dorobek dydaktyczny i organizacyjny Habilitantki należy jednoznacznie stwierdzić, że jest ona dobrym organizatorem procesu dydaktycznego, posiada umiejętności przekazywania wiedzy studentom i predyspozycje do wykonywania zawodu nauczyciela akademickiego. Wykazuje też aktywność organizacyjną i inżynierską, która ma wyjątkowo międzynarodowy charakter.

## 6. Wniosek końcowy

Na podstawie szczegółowej analizy dorobku naukowego, dydaktycznego, organizacyjnego i inżynierskiego stwierdzam, że dr inż. Anna Rakoczy

- Posiada w dorobku osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa i transport. Przedłożyła do oceny jako główne osiągnięcia naukowe dwa elementy: cykl powiązanych tematycznie publikacji naukowych, który został zatytułowany *Metoda probabilistyczna wspomagana pomiarami in-situ i analizą MES w ocenie poziomu niezawodności eksploatowanych, kolejowych, stalowych konstrukcji mostów i wiaduktów* oraz oryginalne osiągnięcie badawcze, które nosi tytuł *Nowatorska metoda oceny stanu konstrukcji nośnej mostu z zastosowaniem systemów pomiarowych montowanych na pojazdach kolejowych*. Obydwa zasługują na wysokie uznanie i ocenione zostały pozytywnie.
- Posiada dorobek w postaci wielu innych artykułów naukowych, publikowanych głównie z zagranicznych czasopismach z listy JCR oraz referatów wygłaszanych na licznych konferencjach międzynarodowych i krajowych.

- Osiągnęła wysokie parametry bibliometryczne, które są podobne do innych wartości odniesienia w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport.
- Wykazuje się istotną aktywnością realizowaną w więcej niż jednej uczelni (instytucji) i to zagranicznej. Brała udział w wielu zagranicznych projektach badawczych, które były finansowane w drodze konkursów. Przy czym bardzo często pełniła w nich funkcje kierownicze.
- Posiada wystarczający dorobek dydaktyczny, organizacyjny i inżynierski.

Wszystkie te osiągnięcia przemawiają za tym, żeby uznać, że zarówno główne osiągnięcia naukowe jak i pozostała działalność naukowa, dydaktyczna i organizacyjna spełniają wymagania potrzebne do uzyskania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych we wnioskowanej dyscyplinie inżynieria lądowa i transport. Z tego powodu popieram wniosek p. dr. inż. Anny Rakoczy o stopień doktora habilitowanego i wnioskuję też o jego poparcie przez Komisję Habilitacyjną.

prof. dr hab. inż. Marek Salamak