

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Świt
Katedra Wytrzymałości Materiałów i Analiz Konstrukcji Budowlanych
Wydział Budownictwa i Architektury
Politechnika Świętokrzyska
Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce
e-mail: gswit@tu.kielce.pl
tel. 881 290 171



Kielce, dn. 26.08.2022 r.

RECENZJA

osiągnięć naukowych oraz istotnej aktywności naukowej

dr inż. Anny RAKOCZY

w związku z postępowaniem o nadanie mu stopnia naukowego doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie *Inżynieria Lądowa i Transport*

1. PODSTAWA OPRACOWANIA RECENZJI

Podstawą opracowania recenzji jest pismo z uchwałą nr 494/2022 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 5 I 2020 roku, przesłane mi przez Pana dra hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. uczelni - Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej, informujące, że zostałem powołany przez Radę Doskonałości Naukowej pismem DRKN.Z2.400.14.2022 na recenzenta dorobku naukowego w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Anny Rakoczy.

Recenzja została opracowana na podstawie dokumentacji złożonej przez dr inż. Annę Rakoczy w Radzie Doskonałości Naukowej wraz z wnioskiem o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego z dnia 04 lutego 2022r.

Podstawę merytoryczną opracowania opinii stanowi dostarczony w wersji elektronicznej (pendrive) komplet dokumentów przygotowany przez Habilitantkę.

Podstawę prawną mojej oceny stanowią:

- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668),
- Ustawa z dnia 3 lipca 2018 r. przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1669),
- Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych

2. CHARAKTERYSTYKA SYLWETKI HABILITANTKI

Dr inż. Anna Rakoczy w 2008 roku ukończyła studia magisterskie i uzyskała stopień magistra inżyniera na Wydziale Budownictwa, Uniwersytetu Technologiczno – Przyrodniczego im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy za pracę pt. „Ocena stanu technicznego istniejącego mostu żelbetowego na podstawie badań in-situ i analizy konstrukcji”.

Stopień naukowy doktora nauk technicznych uzyskała w 2012 r., na Wydziale Inżynierii Lądowej, UNIVERSITY OF NEBRASKA – LINCOLN, za rozprawę doktorską pt.: „Opracowanie

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Świt
Katedra Wytrzymałości Materiałów i Analiz Konstrukcji Budowlanych
Wydział Budownictwa i Architektury
Politechnika Świętokrzyska
Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce
e-mail: gswit@tu.kielce.pl
tel. 881 290 171

modeli oceny niezawodności dla mostów kolejowych”, której promotorem był Prof. Andrzej S. Nowak.

Dr inż. Anna Rakoczy od maja 2009 do sierpnia 2012 roku była pracownikiem naukowym zatrudnionym na stanowisku asystenta naukowego a od sierpnia 2012 do maja 2013 roku pracownikiem naukowo-dydaktycznym na Wydziale Budownictwa Uniwersytetu Nebraska w Lincoln. W latach 2013-2020 była zatrudniona najpierw na stanowisku starszego specjalisty a następnie kierownika projektów badawczych w TRANSPORTATION TECHNOLOGY CENTER, INC., Pueblo, CO w Stanach Zjednoczonych. Od października 2020 do września 2021 roku, była pracownikiem naukowym zatrudnionym na stanowisku adiunkta w Instytucie Budowy Dróg i Mostów. Od października 2021 roku do chwili obecnej jest zatrudniona na stanowisku adiunkta w Zakładzie Geotechniki, Mostów i Budowli Podziemnych w Instytucie Dróg i Mostów na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej. Ponadto od lutego 2020 do chwili obecnej pełni funkcję zastępcy Redaktora Naczelnego *Kwartalnika Drogi i Mosty – ROADS and BRIDGES*.

Tematyka naukowo-badawcza dr inż. Anny Rakoczy, po uzyskaniu stopnia doktora związana jest głównie z opracowaniem, przedstawieniem i zastosowaniem metody probabilistycznej do oceny poziomu niezawodności istniejących stalowych mostów i wiaduktów kolejowych w aspekcie ich dalszej eksploatacji, bazującej na określeniu prawdopodobieństwa wystąpienia awarii uwzględniając poziom niezawodności pojedynczych elementów konstrukcji oraz całego rozpatrywanego obiektu, uwzględniając dane uzyskane z badania i monitorowania stanu konstrukcji z użyciem różnych technik, metod i urządzeń do wykrywania uszkodzeń „*in-situ*”.

W zainteresowaniach naukowych dr inż. Anny Rakoczy wyróżnić można następujące obszary tematyczne:

- Zastosowanie metody probabilistycznej do oceny poziomu niezawodności istniejących stalowych mostów i wiaduktów kolejowych,
- Określenie prawdopodobieństwa wystąpienia awarii uwzględniając poziom niezawodności pojedynczych elementów konstrukcji oraz całego rozpatrywanego obiektu, uwzględniając dane uzyskane z badania i monitorowania stanu konstrukcji z użyciem różnych technik, metod i urządzeń do wykrywania uszkodzeń „*in-situ*”,
- Badania nitowanych stalowych przęślach mostów kolejowych pod kątem wytrzymałości zmęczeniowej i bezpiecznej eksploatacji,
- Weryfikacja wytrzymałości zmęczeniowej istniejących nitowanych mostów stalowych przy użyciu aktualnych zaleceń Eurokodu i AREMA bazujących na krzywych S-N, opisanych przez liczbę cykli do zniszczenia w funkcji stałych zakresów naprężeń dla różnych kategorii elementów,
- Opracowanie modelu statystycznego nośności zmęczeniowej dźwigarów blachownicowych,
- Wdrożenie metody probabilistycznej do oceny zmęczenia istniejących mostów poprzez zastosowanie algorytmu opracowanego na bazie badań rzeczywistych obiektów mostowych.

W dostarczonych przez Panią dr inż. Annę Rakoczy materiałach brak jest informacji, aby kandydatka ubiegała się wcześniej o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

3. OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO WSKAZANEGO WE WNIOSKU O PRZEPROWADZENIE POSTĘPOWANIA HABILITACYJNEGO

3.1. Uwagi wstępne

Osiągnięciem naukowym wskazanym przez Habilitantkę jako spełniającym wymóg, o którym mowa w art. 219 ust.1 pkt. 2b Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668), jest cykl publikacji powiązanych tematycznie pt. *„Metoda probabilistyczna wspomagania pomiarami in-situ i analizą mes w ocenie niezawodności eksploatowanych kolejowych, stalowych konstrukcji mostów i wiaduktów”*.

Prezentowany cykl powiązanych tematycznie publikacji obejmuje sześć autorskich i współautorskich pozycji:

1. **Rakoczy, A.M.**, (2021), „Fatigue Safety Verification of Riveted Built-up Girder in bending using AREMA, Eurocode, and Probabilistic Method”, Archives of Civil Engineering, Vol. 67, No 4, 2021. pp. 625 – 642; ISSN 1230-2945, https://ace.il.pw.edu.pl/wp-content/uploads/2021/12/art40_corr.pdf. (Punktacja MNiSW - 100 pkt, IF=0,8)
2. **Rakoczy, A.M.**, Jivan-Coteti, A., (2021), „Estimation of the current structural reliability level of existing railway bridges and viaducts.” Roads and Bridges - Drogi i Mosty, [S.l.], Vol. 20, No. 3, pp. 289-309, Sep. 2021. ISSN 2449-769X. <https://www.rabdim.pl/index.php/rb/article/view/v20n3p289/615>, (80%, 20%), (Punktacja MNiSW - 70 pkt, IF=0)
3. **Rakoczy, A.M.**; Otter, D.E.; Dick, S.M. (2021), “Analytical and Measured Effects of Short and Heavy Rail Cars on Railway Bridges in the USA.”, MDPI, Applied Sciences, Vol. 11, No. 7: 31261, <https://doi.org/10.3390/app11073126>, (60%, 20%, 20%) (Punktacja MNiSW - 100 pkt, IF=2,679)
4. **Rakoczy, A. M.**, Otter, D. E., and Dick, S., (2020), “Railroad Bridge Fatigue Life Estimation Using the Probabilistic Method and New Fatigue Resistance for Riveted Details.” Structure and Infrastructure Engineering Maintenance, Management, LifeCycle Design and Performance, Vol. 16, 2020 – Issue 3, pp. 381-393, (70%, 15%, 15%), <https://doi.org/10.1080/15732479.2019.1663220>, (Punktacja MNiSW - 100 pkt, IF=3,087) – 4 cyt.
5. **Rakoczy, A. M.**, Nowak, A. S., and Dick, S., (2016) “Fatigue Reliability Model for Steel Railway Bridges,” Structure and Infrastructure Engineering, Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance, Vol. 12, 2016 - Issue 12, pp. 1602-1613, <https://doi.org/10.1080/15732479.2016.1153664>, (70%, 15%, 15%), (Punktacja MNiSW - 100 pkt, IF=1.565) - 10 cyt.
6. **Rakoczy, A. M.**, and Nowak, A. S., (2014) “Reliability-Based Strength Limit State for Steel Railway Bridge,” Structure and Infrastructure Engineering, Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance, Vol. 10, 2014 - Issue 9, pp. 1–14, <https://doi.org/10.1080/15732479.2013.807291>, (80%, 20%), (Lista A, 25 pkt, IF=1.454) - 5 cyt.

Publikacje ukazały się w czasopismach o znacznym impact factor – łączny 6 publikacji wynosi 9,582 co świadczy o zainteresowaniu prezentowanymi treściami naukowymi na arenie międzynarodowej. Spośród 6 prezentowanych prac, 5 znajduje się w bazie czasopism Journal Citation Reports. Wszystkie prace opublikowano w języku angielskim. Spośród przedstawionych prac 3 (A.4-A.6) były cytowane łącznie 19 razy (wg bazy Scopus, stan na 04.02.2022). W przypadku publikacji 2-6 Habilitantka wskazana była jako współautor korespondent a udział w przygotowaniu prac, według oświadczeń, wynosił od 70 do 80%. Z treści oświadczeń współautorów nie wynika jasno udział procentowy Habilitantki w przygotowaniu publikacji. W oświadczeniach podkreślany jest udział w opracowanie poszczególnych elementów badań i publikacji.

Ponadto Habilitantka dołączyła dodatkowo dwa artykuły:

7. **Rakoczy, A. M.**, X. Shu, and D. Otter. (2017), "Vehicle/Bridge Interaction Modeling and Validation for short Railway Bridges." Transportation Research Record, No. 2642: Structures, Print ISSN: 0361-1981, pp. 127-138, Washington D.C., <https://doi.org/10.3141/2642-14>, (80%, 20%), (Punktacja MNiSW – 40 pkt, IF=0.912) - 1 cyt.
8. **Rakoczy, A. M.**, Otter, D. E., Malone, J. J., and Farritor, S., (2016), "Railroad Bridge Condition Evaluation Using Onboard Systems," ASCE Journal of Bridge Engineering, ISSN (print): 1084-0702, Vol. 21, Issue 9 - September 2016. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0000881](https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000881), (80%, 20%), (Punktacja MNiSW – 100 pkt, IF=2.121) - 1 cyt.

które przedstawiają nowatorską metodę oceny stanu konstrukcji nośnej mostu z zastosowaniem systemów pomiarowych montowanych na pojazdach kolejowych. Ich IF wynosi 3.033 a liczba cytowani wynosi 2.

Łączny impact factor Habilitantki obejmujący wszystkie jej dotychczasowe publikacje wynosi IF=19.224 a index Hirscha wg. SCOPUS wynosi 5.

Oceniając powyższe wskaźniki naukometryczne należy stwierdzić, że wszystkie prace opublikowane po doktoracie są publikacjami w znaczących czasopismach naukowych, o czym świadczy nie tylko ranga samych czasopism ale i sumaryczny, wysoki IF=19.224. Z drugiej strony liczba publikacji jest mała, zwłaszcza jak na długi okres pracy (średnio 1,14 publikacje rocznie). Przy pracach wieloautorskich, gdzie każdy współautor wnosi swój niebagatelny wkład w publikację, nie jest to liczba imponująca, przy średnio 2 współautorach oczekiwałbym raczej wartości powyżej 2 publikacji rocznie w znaczących czasopismach naukowych a nie w większości materiałach konferencyjnych. Za tym idzie minimalna, akceptowana dzisiaj wartość index-u Hirscha.

Należy zadać także pytanie do Habilitantki co jest przedmiotem oceny dorobku bo moim zdaniem brak jest jasnego wydzielenia tego dzieła, czyli czy oceniam główny cykl publikacji pt. „*Metoda probabilistyczna wspomaganie pomiarami in-situ i analizą mes w ocenie niezawodności eksploatowanych kolejowych, stalowych konstrukcji mostów i wiaduktów*”, czy także dwa artykuły będące drugim głównym osiągnięciem pt. „Nowatorską metodę oceny stanu konstrukcji nośnej mostu z zastosowaniem systemów pomiarowych montowanych na pojazdach kolejowych”.

3.2. Ocena wartości merytorycznej publikacji i wkładu w rozwój dyscypliny

Problem starzenia się i jego wpływ na stany graniczne nośności i użytkowości kolejowych obiektów mostowych jest istotny szczególnie w dobie globalizacji gospodarek oraz walki ze skutkami zanieczyszczenia środowiska. Transport kolejowy jest jednym z najbardziej neutralnych dla środowiska, co dodatkowo powoduje wzrost liczby transportów kolejowych jak i przewożonego tonażu.

Z danych europejskich zarządców sieci kolejowej wynika, że ok. 140 tys. kolejowych obiektów mostowych ma ponad 50 lat, natomiast w Stanach Zjednoczonych aż 50% ma ponad 100 lat, stąd tak ważnym staje się problem opracowania procedur prognozowania przydatności do dalszej eksploatacji tychże konstrukcji.

Prognozowanie przydatności do użytkowania kolejowych obiektów mostowych, zaprojektowanych według norm i normatywów obowiązujących w tamtym okresie, a użytkowanych wg. nowych często bardziej wyostrzonych warunkach eksploatacyjnych (zwiększona liczba składów kolejowych), zwiększonego nacisku osi i prędkości pociągów towarowych i pasażerskich, jest istotne dla zarządcy obiektów kolejowych przy podejmowaniu decyzji o ich dalszej eksploatacji. Dlatego też, ważne staje się zagadnienie opracowania algorytmu określającego poziom niezawodności konstrukcji nośnej istniejących kolejowych obiektów mostowych w warunkach normalnej eksploatacji.

Uprozczone obliczenia i zachowawcze założenia często prowadzą do niedoszacowania nośności, a przez to, zaniżonej oceny kolejowych obiektów inżynierskich w kontekście dalszej eksploatacji. Wiele dostępnych procedur oceny kolejowych obiektów inżynierskich opiera się na podejściu deterministycznym lub pół-probabilistycznym (tj. z wykorzystaniem częściowych współczynników bezpieczeństwa). W obu przypadkach wpływ obciążenia jest określany na podstawie wyników analizy statycznej konstrukcji, przy użyciu norm projektowych, które nie uwzględniają informacji o stanie technicznym konstrukcji z badań in-situ. Metody te są często uważane za zachowawcze i dlatego też rekomenduje się nowe podejście, wykorzystujące metodę niezawodności konstrukcji, która uwzględnia niepewności zmiennych.

Prezentując w Autoreferacie swoje wyróżniające osiągnięcia naukowe Habilitantka zaprezentowała obszar tematyczny związany z jej dorobkiem badawczym, omówiła poszczególne prace, oraz wskazała swój wkład w znaczący rozwój dyscypliny naukowej inżynieria lądowa i transport. Z przedstawionych prac można wyróżnić dwa etapy badań własnych.

Pierwszy etap to prace dotyczące metod probabilistycznych bazujących na pomiarach „in-situ” i analizach z wykorzystaniem programów MES w ocenie niezawodności eksploatowanych stalowych kolejowych obiektów mostowych.

W prezentowanym cyklu publikacji Habilitantka przedstawiła wyniki badań na nitowanych stalowych przęsłach mostów kolejowych DPG pod kątem wytrzymałości zmęczeniowej i bezpiecznej eksploatacji. Analizy te potwierdziły, że uproszczone obliczenia i zachowawcze założenia prowadzą do znacznego obniżenia szacowanego bezpieczeństwa konstrukcji. Obecne metody oceny zmęczenia zostały opracowane na podstawie niskiego prawdopodobieństwo zmęczenia, co oznacza, że nawet jeśli element konstrukcji mostu osiągnie granicę zmęczenia, konstrukcja prawdopodobnie będzie zdolna do dalszej eksploatacji pod warunkiem częstszych inspekcji. Weryfikacja zmęczenia istniejących nitowanych mostów stalowych przy użyciu aktualnych zaleceń Eurokodu i AREMA bazują na podobnych krzywych S-N, które przedstawiają liczbę cykli do zniszczenia w funkcji stałych zakresów naprężeń dla różnych kategorii elementów konstrukcyjnych oraz podobnych przedziałach ufności na

poziomie 95%. Na podstawie dwóch przykładów przedstawionych w tym artykule stwierdzono, że zapisy podane w Eurokodzie są bardziej konserwatywne dla zakresu naprężeń poniżej 48 MPa, podczas gdy dla wyższych zakresów naprężeń wyniki odporności na zmęczenie jest na podobnym poziomie dla obu norm.

Ponadto przedstawiono metody probabilistycznej zastosowane do oceny istniejących kolejowych obiektów mostowych w aspekcie ich dalszej eksploatacji. To podejście określa prawdopodobieństwo wystąpienia awarii (bezpieczeństwo) oraz ryzyko konsekwencji związanych z awarią. Poziom niezawodności istniejących konstrukcji może być określony w oparciu o teorię prawdopodobieństwa. Algorytm oceny przydatności konstrukcji do użytkowania, który wykorzystuje metody probabilistyczne i jest uzupełniany przez szczegółowe inspekcje techniczne konstrukcji (dokładna inwentaryzacja stanu istniejącego), zapewnia dokładniejsze prognozowanie i daje lepsze podstawy do podejmowania decyzji finansowych o zakresie, kosztach i terminach modernizacji, renowacji lub wymiany tych konstrukcji. Metoda probabilistyczna (niezawodnościowa) przy użyciu funkcji stanu granicznego określa granicę między akceptowalnym i nieakceptowalnym stanem konstrukcji. Przez pojęcie konstrukcji inżynierskiej rozumiemy układ wielu współpracujących ze sobą elementów, stąd poziom jej niezawodności zależy nie tylko od poziomu niezawodności każdego z nich, ale także od sposobu, w jaki z sobą współpracują. Podejście probabilistyczne do oddziaływania (obciążenia) i nośności to metoda, która z powodzeniem została zastosowana do projektowania nowych konstrukcji. Obecnie obowiązujące normy dotyczące projektowania kolejowych obiektów inżynierskich w Polsce i Europie uwzględniają niepewności związane z materiałem, prefabrykacją (produkcją), fazami budowy, a także przyłożonym obciążeniem. Jednak stosowanie tych samych norm do projektowania nowych i oceny stanu istniejących konstrukcji nie jest właściwe; mimo to często stosuje się te same procedury i wskaźnik bezpieczeństwa. Nowe konstrukcje projektowane są tak, aby zapewnić zapas nośności na wzrost obciążenia przewidywany w przyszłości (100 lat). Jednak metody stosowane do istniejących konstrukcji powinny umożliwiać realistyczną ocenę przydatności do dalszej ich eksploatacji oraz przewidzieć prawdopodobieństwo ewentualnej awarii.

W przypadku konstrukcji nitowanych, w których dźwigary są zbudowane z wielu elementów, dlatego też bezpośrednie konsekwencje pęknięcia zmęczeniowego mogą nie być tak poważne, jak w przypadku konstrukcji spawanych. Nitowane blachownice i połączenia mają większą niezawodność wynikającą z nadmiarowej nośności równoległego systemu wielu elementów. Dlatego też, jeśli jeden element ulegnie awarii, zwykle nośność pozostałych elementów jest wystarczająca do redystrybucji sił wewnętrznych. Element z zainicjowanym pęknięciem zwykle może utrzymać stateczność wystarczająco długo, do momentu wykrycia pęknięcia podczas rutynowej inspekcji, umożliwiając tym samym podjęcie działań naprawczych, zanim rozwiną się poważniejsze uszkodzenia. Jeżeli nie ma konieczności podjęcia natychmiastowych działań naprawczych, prawdopodobny czas między pierwszym wykrywalnym pęknięciem a niekontrolowaną propagacją powinien być uwzględniony przy ustalaniu częstotliwości inspekcji.

Prawdopodobieństwo uszkodzenia zmęczeniowego elementu konstrukcji pozwala na bardziej kompleksowe oszacowanie dalszego bezpiecznego okresu użytkowania przęsła, które zależy od kategorii zmęczeniowej i obciążenia eksploatacyjnego dla różnych poziomów bezpieczeństwa (prawdopodobieństwo zainicjowania pęknięć zmęczeniowych). W okresie eksploatacji obiektu mostowego, skumulowane zmęczenie wzrasta z czasem w różnym tempie, w zależności od natężenia ruchu (ilość cykli), ciężaru wagonów i nacisków na oś (amplituda naprężenia). Wszystkie te czynniki

należy określić, aby uzyskać dokładne wyniki analizy niezawodności. Metodą probabilistyczną szacuje się prawdopodobieństwo zapoczątkowania pęknięcia zmęczeniowego jako funkcji skumulowanej liczby cykli w danym zakresie amplitudy naprężenia. Analiza niezawodności może być wykorzystana do oszacowania pozostałego okresu użytkowania mostu o różnych poziomach bezpieczeństwa. Metodę można również zastosować do bardziej złożonych konstrukcji, takich jak mosty typu TPG z pomostem otwartym oraz kratownice.

W trakcie eksploatacji, na konstrukcję mostów i wiaduktów wpływa wiele procesów degradacyjnych i oddziaływań środowiskowych, które powodują, że ich poziom niezawodności i trwałość maleje z czasem. Dlatego też, poziom niezawodności konstrukcji powinien być określony biorąc pod uwagę stan techniczny konstrukcji i przewidywany okres eksploatacji. Następnie, poziom niezawodności istniejących konstrukcji może być określony w oparciu o teorię prawdopodobieństwa. Algorytm oceny przydatności konstrukcji do użytkowania, który wykorzystuje metody probabilistyczne i jest uzupełniany przez szczegółowe inspekcje techniczne konstrukcji (dokładna inwentaryzacja stanu istniejącego), zapewnia dokładniejsze prognozowanie i daje lepsze podstawy do podejmowania decyzji finansowych o zakresie, kosztach i terminach modernizacji, renowacji lub wymiany tych konstrukcji.

Przy takim podejściu wskaźnik niezawodności jest ograniczony do uszkodzenia jednego elementu w jednym stanie awarii, jest jedną funkcją stanu granicznego. Najprostszą metodą obliczania wskaźnika niezawodności jest metoda drugiego momentu pierwszego rzędu. Metoda ta uwzględnia liniowe funkcje stanu granicznego lub ich liniowe przybliżenie za pomocą szeregu Taylora. Metody symulacji matematycznej (np. Metoda Monte Carlo) stosuje się w przypadkach, gdy obliczenie wskaźnika niezawodności metodami uproszczonymi jest zbyt skomplikowane lub niemożliwe, na przykład w przypadku, w których wiele zmiennych losowych jest powiązanych za pomocą równania nieliniowego. W takich sytuacjach metody symulacji matematycznej mogą być przydatne do oszacowania wskaźnika niezawodności bez utraty dokładności. Ponadto, procedura ta może być stosowana do liniowych i nieliniowych funkcji stanu granicznego. Metoda Monte Carlo zapewnia skuteczny sposób określenia wskaźnika niezawodności i prawdopodobieństwa awarii.

W artykule [A6] zaprezentowano identyfikację podstawowych parametrów obciążenia mostów kolejowych w USA i nośności oraz przedstawiono procedury analityczne zastosowane do modelowania zachowania konstrukcji. Do zbadania nośności elementów konstrukcyjnych ocenianego obiektu wykorzystano metodę elementów skończonych (MES). Opracowano trójwymiarowy model konstrukcyjny w celu określenia rozkładu naprężeń w elementach i połączeniach. Na podstawie wyników analizy MES obliczono wskaźniki niezawodności dla elementów krytycznych. Model MES został wykorzystany do zbadania zachowania i wytężenia elementów konstrukcyjnych obiektu pod obciążeniem projektowym. Wykorzystując parametry statystyczne obciążenia, rozstaw osi wagonów oraz technikę symulacji Monte Carlo, wygenerowano losowe obciążenie, które następnie przyłożono do konstrukcji mostu. Widma obciążenia wagonów zostały przypisane do nacisku na oś poszczególnych wagonów lub lokomotyw. Symulowano obciążenie nacisku osi zgodnie z rozkładem i parametrami statystycznymi. W analizie uwzględniono naprężenia w głównych elementach konstrukcji mostu. Wskaźnik niezawodności obliczono dla ośmiu krytycznych lokalizacji konstrukcji.

Głównym osiągnięciem tych badań jest opracowanie modelu niezawodności dla konstrukcji mostów kolejowych. Badania obejmowały opracowanie modeli obciążenia i nośności konstrukcji stalowej, w tym parametrów statystycznych zmiennych i ich rozkładu w postaci dystrybuanty (CDF).

Podejście to zostało zademonstrowane na obiekcie mostowym o układzie szeregowym, w którym awaria jednego elementu może prowadzić do awarii całego systemu. Analiza potwierdziła, że połączenia były najsłabszym ogniwem w układzie konstrukcyjnym. Analiza MES wykazała, że dwukątownikowe połączenie podłużnicy z belką poprzeczną wykazuje pewien stopień sztywności obrotowej, który powoduje powstawanie naprężeń wywołanych momentem zginającym. Wskaźnik niezawodności dla połączeń dwukątownikowych wynosi 2,5 przy współczynniku dynamicznym o zmienności (COV) 50%. Była to konsekwentnie najniższa wartość spośród wszystkich badanych komponentów, co oznacza, że połączenie dwukątownikowe jest krytycznym elementem (najsłabszym ogniwem) w całej konstrukcji.

W artykule [A5] zaprezentowano wyniki analizy niezawodności dla różnych okresów eksploatacji od 10 do 100 lat i trzech przypadków warunków eksploatacyjnych oraz opracowanie modelu niezawodnościowego dla stanu granicznego zmęczenia przedstawionego na stalowym moście kolejowym typu TPG.

Parametry statystyczne dla obciążenia zostały opracowane na podstawie statystyk podanych w literaturze. Ważnym wkładem tych badań było opracowanie modelu symulacyjnego dla efektu obciążenia taborem kolejowym przejeżdżającym po moście. Dla różnych elementów i połączeń rozpatrywanej konstrukcji wygenerowano widmo naprężeń w czasie oraz zastosowano algorytm zliczania cykli przypadkowych przy użyciu metody „Rainflow”. Trwałość zmęczeniową elementów konstrukcyjnych oszacowano na podstawie krzywych S-N, które przedstawiają liczbę cykli do zniszczenia w funkcji stałej amplitudy naprężeń. W analizie niezawodności zarówno obciążenie, jak i siły wewnętrzne potraktowano jako zmienne losowe. Odpowiedź elementów i połączeń mostu była symulowana za pomocą linii wpływu opracowanych przy pomocy analizy MES i algorytmu napisanego w oprogramowaniu Mat Lab. Prawdopodobieństwo zniszczenia ze względu na zmęczenie obliczono przy użyciu zoptymalizowanego współczynnika uszkodzeń jako funkcji stanu granicznego oraz rozkładu statystycznego obciążenia i nośności.

Stosując metodę niezawodności można zidentyfikować krytyczne elementy konstrukcji mostu w celu bardziej szczegółowej inspekcji, a częstotliwość inspekcji można zaplanować częściej, jeśli analiza wykaże, że element konstrukcji mostu ma wyższe prawdopodobieństwo zainicjowania pęknięć. Analiza niezawodności może być również wykorzystana do oszacowania przewidywanego okresu eksploatacji mostu przy różnych poziomach niezawodności.

W pracy [A4] przedstawiono analizę zmęczeniową obiektów mostowych, nitowanych typu DPG z otwartym pomostem oraz blachownicowych. Głównym osiągnięciem tych badań było opracowanie modelu statystycznego nośności zmęczeniowej dźwigarów blachownicowych. Krzywe S-N przedstawiają liczbę cykli do zniszczenia jako funkcję stałych cykli naprężeń dla różnych kategorii detali zmęczeniowych. Koncepcja S-N prowadzi do konserwatywnego szacowania przydatności do dalszej eksploatacji. Dlatego optymalnie zaprojektowany detal zgodnie z krzywymi S-N i pod działaniem obciążeń cyklicznych wywołujących naprężenia projektowe ma 2,5-procentowe prawdopodobieństwo zapoczątkowania pęknięcia zmęczeniowego w określonym czasie eksploatacji. Rozproszony, losowy charakter danych SN jest jednym z czynników wpływających na niepewność szacowanej trwałości zmęczeniowej. W tej sytuacji wytrzymałość zmęczeniową należy traktować jako zmienną losową. Przedstawione przykłady potwierdzają, że weryfikacja zmęczenia oceniana aktualnymi metodami jest zbyt zachowawcza. Natomiast, metoda probabilistyczna pozwala na szacowanie prawdopodobieństwa wykrycia zainicjowania pęknięcia zmęczeniowego jako funkcji

zależnej od wielkości amplitudy naprężeń i ilości cykli. Inspekcje należy planować częściej, jeśli element mostu wykazuje większe prawdopodobieństwo rozwoju pęknięcia zmęczeniowego. Analiza niezawodności może być również wykorzystana do oszacowania przewidywanego okresu eksploatacji mostu o różnych poziomach bezpieczeństwa. Metoda probabilistyczna pozwala na bardziej kompleksową ocenę zmęczenia i określa z większą dokładnością przewidywany okres dalszej eksploatacji.

Przedstawione przykłady potwierdzają, że weryfikacja nośności konstrukcji nie zależy od wieku konstrukcji, ale od jej aktualnego stanu technicznego oraz widma obciążenia eksploatacyjnego, jakie było, jest i jakie będzie w przyszłości.

W artykule [A3] przedstawiono wyniki danych z monitoringu oraz analizę dwóch mostów kolejowych, które pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- Ocenę nośności mostów i ograniczenia eksploatacji kolei powinna uwzględniać nie tylko ciężar wagonów i naciski na oś, ale również długość wagonów.
- Krótsze wagony mogą ograniczyć nośność mostu ze względu na zwiększone natężenie obciążenia na przęsła (nawet o 20%).
- Dłuższe wagony mogą skrócić trwałość zmęczeniową mostu ze względu na większe amplitudy naprężeń spowodowany dłuższą odległością między osiami a tym samym odciążeniem elementów.
- Kluczowym parametrem jest stosunek długości wagonu do rozpiętości przęsła i długości elementu konstrukcji.

Na podstawie przedstawionego cyklu publikacji powiązanych tematycznie pt. *”Metoda probabilistyczna wspomagania pomiarami in-situ i analizą MES w ocenie niezawodności eksploatowanych kolejowych, stalowych konstrukcji mostów i wiaduktów”* można wskazać znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej budownictwo, który polega na:

- 1) Opracowaniu autorskiego modelu zastosowania metody probabilistycznej do określenia poziomu niezawodności stanu granicznego nośności kolejowych, stalowych konstrukcji mostów typu TPG,
- 2) Określeniu nowych parametrów wytrzymałości zmęczeniowej dźwigarów nitowanych na podstawie badań laboratoryjnych a następnie opracowaniu modelu niezawodnościowego dla stanu granicznego zmęczenia dla stalowych konstrukcji mostów typu TPG and DPG,
- 3) Potwierdzeniu tezy, że metoda probabilistyczna daje lepsze oszacowanie przydatności do użytkowania mostów niż inne metody analityczne na podstawie własnych badań „in-situ” na obiektach mostowych przy obciążeniu eksploatacyjnym,
- 4) Opracowaniu oprogramowania do obliczania skumulowanych cykli zmęczeniowych w konstrukcji mostów (DPG Fatigue software) oraz określenia prawdopodobieństwa powstawania rysy zmęczeniowej,

- 5) Potwierdzenie, że obecność wielu elementów konstrukcyjnych w blachownicowym dźwigarze stalowym zapewnia mu redundancję na poziomie całej konstrukcji (in-membr redundancy).

3.3. Podsumowanie i ocena końcowa osiągnięcia naukowego w postaci cyklu publikacji

Zarówno tytuł osiągnięcia naukowego jak i przeanalizowana treść publikacji dowodzą, że podjęta tematyka naukowa odpowiada aktualnym kierunkom rozwoju badań nad złożonym problemem zastosowania metod probabilistycznych w ocenie niezawodności eksploatowanych kolejowych, stalowych obiektów mostowych. Tematyka ujęta w ramach cyklu wybranych publikacji wskazuje na dogłębną znajomość zagadnień związanych ze złożonym problemem stosowania metod probabilistycznych w ocenie niezawodności eksploatowanych kolejowych, konstrukcji stalowych obiektów mostowych. Recenzowany cykl publikacji prezentuje wiele wartościowych wyników badań laboratoryjnych, polowych, numerycznych i symulacyjnych, które zostały dokładnie przeanalizowane przy zastosowaniu, między innymi, algorytmów stworzonych przez Habilitantkę. Pozwoliło to na bazie tego algorytmu zbudować program o nazwie „AAR DPG Bridge Fatigue Simulator Software”, który ma zastosowanie do analizy przęseł typu DPG o długości do 122 metrów, z dwoma lub więcej dźwigarami blachownicowymi przenoszącymi typowe obciążenia kolejowe określone przez Użytkownika.

Zagadnienia analizowane w ocenianym cyklu publikacji mają charakter zarówno poznawczy jak i aplikacyjny.

Stwierdzam, że w moim odczuciu, na podstawie przedłożonego Autoreferatu oraz oświadczeń Habilitantki i współautorów publikacji, można jednoznacznie określić, co stanowi osobiste osiągnięcie Habilitantki i można jednoznacznie stwierdzić, że Jej działalność naukowa wniosła istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa i transport.

Dlatego też stwierdzam, że przedstawiony do oceny jako osiągnięcie naukowe cykl publikacji powiązanych tematycznie pt. *„Metoda probabilistyczna wspomagania pomiarami in-situ i analizą mę w ocenie niezawodności eksploatowanych kolejowych, stalowych konstrukcji mostów i wiaduktów”*. spełnia wymóg, o którym mowa w art. 219 ust.1 pkt. 2b Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668) i może stanowić podstawę do nadania dr inż. Annie Rakoczy stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport.

4. OCENA ISTOTNEJ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ HABILITANTKI PO DOKTORACIE

4.1. Ocena osiągnięć naukowo-badawczych i dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej

4.1.1. Wykaz opublikowanych monografii naukowych

Przedłożona dokumentacja nie wykazuje dorobku Habilitantki w tym zakresie.

4.1.2. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych

Przedłożona dokumentacja nie wykazuje dorobku Habilitantki w tym zakresie

4.1/3. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych innych niż wskazane jako dzieło do oceny

- 11 artykułów w tym: 2 artykuły z listy JCR, 9 artykułów opublikowanych w recenzowanych materiałach konferencyjnych

4.1.4. Wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych

W 2020 Instytut Badawczy TTCI udostępnił, opracowany na podstawie algorytmu autorstwa Habilitantki, program komputerowy do obliczania oceny zmęczenia pręseł blachownicowych wszystkim właścicielom kolei w Ameryce Północnej zrzeszonych w AAR. Program o nazwie „AAR DPG Bridge Fatigue Simulator Software” ma zastosowanie do pręseł typu DPG o długości do 122 metrów.

4.1.5. Informacja o wystąpieniach na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych

Po obronie doktoratu Habilitantka była autorką i współautorką 19 referatów (wygłoszonych lub prezentowanych w trakcie sesji posterowych). Przedłożona dokumentacja nie zawiera informacji, które z nich Habilitantka wygłosiła osobiście. Na podkreślenie zasługuje aktywność Habilitantki na najważniejszych z punktu widzenia zainteresowań naukowych, krajowych i zagranicznych konferencjach, sympozjach, na których prezentowała wyniki swoich prac.

4.1.6. Informacja o udziale w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji

Przedłożona dokumentacja nie wykazuje dorobku Habilitantki w tym zakresie.

4.1.7. Informacja o uczestnictwie w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów

Habilitationka realizowała lub uczestniczyła w 10 projektach badawczych uzyskanych w drodze konkursów krajowych i zagranicznych.

4.1.8. Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach

- od 2015 Członek Komisji Naukowej nr 15 Konstrukcje Stalowe, Member of Committee 15 Steel Structure, American Railroad Engineering and Maintenance-of-Way Association, AREMA, USA,
- od 2014 Standing Committee on Steel Bridges AFF20, Transportation Research Board, USA,
- od 2011 Associate Member, American Society of Civil Engineering, USA.

4.1.9. Informacja o odbytych stażach w instytucjach naukowych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru

- 2009–2013: współpraca naukowa z prof. Andrzejem S. Nowakiem z Uniwersytetu Nebraska w Lincoln, w zakresie stosowania metod probabilistycznych wspomagania pomiarami in-situ i analizą MES w ocenie niezawodności eksploatowanych kolejowych, stalowych konstrukcji mostów i wiaduktów (wspólna działalność publikacyjna, wspólne udziały w konferencjach krajowych i zagranicznych)
- 04.2019 - Tygodniowe Stypendium dla Młodych Naukowców, INFRASTAR training school, Horizon 2020, Nantes, France

4.1.10. Członkostwo w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach

- 2021–nadal - Zastępca Redaktora Naczelnego Kwartalnika Roads and Bridges – Drogi i Mosty.
- Członek Rady Naukowej czasopisma Problemy Kolejnictwa
- Guest Editor in Applied Sciences,
- Guest Editor in Materials,
- Guest Editor in Infrastructures.

4.1.11. Informacja o recenzowanych pracach naukowych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych

Habilitationka uczestniczyła w recenzjach 29 artykułów w czasopismach zagranicznych i krajowych, m.in. Structure and Infrastructure Engineering, ASCE Journal of Bridge Engineering, Journal of the Transportation Research Record, ACI Structural Journal, Materiały Budowlane, Problemy Kolejnictwa.

4.1.12. Informacja o uczestnictwie w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Świt
Katedra Wytrzymałości Materiałów i Analiz Konstrukcji Budowlanych
Wydział Budownictwa i Architektury
Politechnika Świętokrzyska
Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce
e-mail: gswit@tu.kielce.pl
tel. 881 290 171

1.	04.2017 – 07.2020	<i>Specyfikacje i wytyczne dotyczące inspekcji, konserwacji, napraw i remontów tuneli kolejowych (Specifications and Guidelines for Rail Tunnel Inspection, Maintenance, Repair, Rehabilitation), FTA/CUTR - Kierownik projektu</i>
2.	06.2013 – 07.2020	<i>Prognozowanie przydatności do użytkowania mostów kolejowych pod dużymi obciążeniami (Bridge Life Extension under Heavy Axle Load), AAR (SRI 10A) – Główny wykonawca</i>
3.	01.2018 – 07.2020	<i>Wpływ dużych sił wewnętrznych pociągu na stabilność toru (Effect of High in-Train Forces on Track Stability), AAR (SRI 12C), - Kierownik projektu</i>
4.	01.2015 – 12.2016	<i>Wpływ długości pojazdów kolejowych na kolejowe obiekty inżynierskie (Effects of Short Cars on Track and Bridges), AAR (SRI 3A), Kierownik projektu - Principal Investigator</i>
5.	03.2015 – 12.2015	<i>Cant Excess for Freight Train Operation on Shared Track, FRA (TO 368) - Kierownik projektu</i>
6.	09.2013 – 08.2014	<i>Heavy Point Frog Performance, FRA (TO 347), - Kierownik projektu</i>
7.	08.2012 - 05.2013	<i>Opracowanie przewodnika dotyczącego priorytetyzacji mostów kolejowych do naprawy i wymiany (The Development of a Guide for Prioritization of Railway Bridges for Repair and Replacement), - Główny wykonawca</i>
8.	08.2012 - 05.2013	<i>Review of the FHWA Guidelines for Load and Resistance Factor Design and Rating of Riveted, Bolted, and Welded Gusset-Plate Connections for Steel Bridges, NCHRP 12-84 - Główny wykonawca</i>
9.	08.2012 - 05.2013	<i>New Specifications for Structural Supports for Highway Signs, Luminaires, and Traffic Signals, NCHRP 10-80 - Główny wykonawca</i>
10.	08.2012 - 05.2013	<i>Review the Safety Concept and the Operational Risk Assessment of the Puente Nigale – Lake Maracaibo – Venezuela prepared by COWI - Główny wykonawca</i>

4.1.13. Informacja o współpracy z sektorem gospodarczym

Habilitantka pracowała w latach 2013- 2020 w TRANSPORTATION TECHNOLOGY CENTER, Inc., Pueblo, CO, USA jako starszy specjalista i Kierownik Projektów Badawczych (Principal Investigator I).

4.1.14. Informacja o wykonanych ekspertyzach lub innych opracowaniach wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców

Przedłożona dokumentacja wykazuje, że Habilitantki uczestniczyła w realizacji i opracowaniu 39 raportów badawczych z prac realizowanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorstw.

4.1.15. Informacja o udziale w zespołach eksperckich lub konkursowych

Przedłożona dokumentacja nie wykazuje dorobku Habilitantki w tym zakresie.

4.2. Podsumowanie i ocena istotnej aktywności naukowej

W zakresie dorobku naukowo-badawczego, udokumentowanego publikacjami, a także w świetle wskaźników naukometrycznych osiągnięcia Habilitantki należy ocenić jako zadawalające. W pozostałym zakresie, istotną aktywność naukową Habilitantki należy ocenić jako wyróżniającą. Dostrzegalny jest dorobek Habilitantki w zakresie publikacji wyników badań w czasopismach z listy JCR oraz działalność w celu uzyskania akceptacji środowiska naukowego poprzez prezentację wyników badań na znaczących konferencjach z zakresu inżynierii lądowej i transportu. Na uznanie zasługuje udział Habilitantki w realizacji zagranicznych i krajowych projektów badawczych oraz współpraca z zagranicznymi ośrodkami naukowymi.

Rozpatrując łącznie osiągnięcia naukowo-badawcze oraz dorobek dydaktyczny i popularyzatorski Habilitantki, uważam, że dr inż. Anna Rakoczy wykazuje się (w wystarczającym stopniu) istotną aktywnością naukową, o której mowa w art. 16 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytułach w zakresie sztuki z późniejszymi zmianami (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789).

5. PODSUWMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Podsumowując uważam, że przedstawiony cykl publikacji powiązanych tematycznie pt. „*Metoda probabilistyczna wspomagania pomiarami in-situ i analizą mas w ocenie niezawodności eksploatowanych kolejowych, stalowych konstrukcji mostów i wiaduktów*”, stanowi istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej i wraz z pozostałymi elementami dorobku naukowego i dydaktycznego dr inż. Anny Rakoczy spełniają wymagania stawiane dla kandydatów do stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych sformułowane w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018, poz. 1668) i Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. RP z 30 stycznia 2018 r., poz.261). Nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport dla dr. inż. Anny Rakoczy uważam za w pełni uzasadnione.

Grzegorz Świt

Kielce, dn. 26.08.2022