

Recenzja spełnia wymogi formalne

25.03.2024

Przewodniczący Rady
Dyscypliny Naukowej
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport
prof. dr hab. inż. Wojciech Puła

Bydgoszcz, 14 marca 2024 roku

dr hab. inż. Magdalena Dobiszewska
Holcim Polska S.A.
Bielawy 1, 88-192 Piechcin

RECENZJA

**dorobku naukowego Pana dr. inż. Łukasza Jana Bednarza
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport**

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji dorobku naukowego dr. inż. Łukasza Jana Bednarza stanowi pismo z dnia 17.01.2024 roku nr W2/109/2024 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, Pana prof. dr. hab. inż. Wojciecha Puły informujące, że Rada Doskonałości Naukowej na posiedzeniu w dniu 7.12.2023 roku wyznaczyła mnie do pełnienia funkcji Recenzenta Komisji Habilitacyjnej.

Podstawę prawną stanowi Ustawa z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późniejszymi zmianami).

2. Ogólna charakterystyka sylwetki oraz ogólna ocena aktywności naukowo-badawczej Kandydata

Pan dr inż. Łukasz Jan Bednarz jest absolwentem Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej, gdzie w 2002 roku uzyskał dyplom magistra inżyniera. Jego praca dyplomowa dotyczyła problematyki zabezpieczenia przeciwwilgociowego obiektu zabytkowego. W 2005 roku Pan dr Łukasz Bednarz ukończył kurs pedagogiczny i uzyskał kwalifikacje nauczycielskie. W 2008 roku Habilitant rozpoczął swoją pracę naukową i dydaktyczną w Politechnice Wrocławskiej na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego. W 2008 roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych w macierzystej uczelni, na podstawie rozprawy doktorskiej p.t. „Praca statyczna zabytkowych zakrzywionych konstrukcji ceglanych poddanych zabiegom naprawy i wzmocnienia”. Po uzyskaniu stopnia doktora, Pan dr Łukasz Bednarz kontynuował swoją pracę naukową z zakresu monitoringu, badania i analizy stanu technicznego obiektów zabytkowych oraz metod ich konserwacji, naprawy i wzmocnienia.

Opublikował jedną współautorską monografię p.t. „Ocena i profilaktyka zagrożeń hydrologicznych dla obiektów oraz zespołów zabytkowych w aspekcie ograniczania negatywnego wpływu zmian klimatycznych i antropopresji”. Jest także współautorem 16 rozdziałów w monografiach i książkach naukowych. Habilitant opublikował w czasopiśmie naukowych łącznie 57 artykułów (w tym 9 artykułów wchodzi w skład tematycznego cyklu

1

WPEŁNYŁO - WBLIW

25-03-2024

nr 112/2024

publikacji), w których w 18 przypadkach jest pierwszym autorem, a 6 publikacji to artykuły autorskie.

Habilitant brał także udział w następujących projektach badawczych finansowanych w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych:

1. Grant badawczy promotorski nr GRANT 4 T07E 071 28, p.t. „*Praca statyczna zabytkowych, zakrzywionych konstrukcji ceglanych poddanych zabiegom naprawy i wzmacniania*”, pełniona funkcja: wykonawca
2. Grant na badania naukowe lub prace rozwojowe realizowane na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej służące rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich, finansowany w wewnętrznym trybie konkursowym p.t. „*Efektywność wzmacniania łuków murowanych z cegły wzmacnianych różnymi materiałami kompozytowymi*”, pełniona funkcja: kierownik i wykonawca
3. Grant The Getty Foundation realizowany wraz z Muzeum Architektury we Wrocławiu w ramach programu „Keeping it Modern” p.t. „*For the preparation of a conservation management plan for Max Berg’s Centennial Hall in Wrocław, Poland*”, pełniona funkcja: wykonawca i koordynator zespołu badawczego z ramienia Politechniki Wrocławskiej
4. „MiniGrant” Katedry Konstrukcji Budowlanych Politechniki Wrocławskiej p.t. „*Wykorzystanie technologii IoT w monitoringu diagnostycznym obiektów historycznych*”, pełniona funkcja: kierownik i wykonawca

Uczestniczył również w trzech zespołach badawczych realizujących projekty badawcze, które nie były finansowane w drodze konkursów, a których problematyka badawcza miała ścisły związek z prowadzoną działalnością naukową:

1. Zespół naukowy ds. odbudowy historycznej zabudowy miasta Christchurch w Nowej Zelandii, powołany przez Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego
2. Międzyuczelniana Grupa Ekspercka powołana przez Politechnikę Krakowską do prac w Komisji interdyscyplinarnej w sprawie opracowania i uzgodnienia wspólnego rozwiązania dla potrzeb remontu historycznego wiaduktu kolejowego w Krakowie objętego ochroną konserwatorską
3. Zespół naukowy do spraw opracowania rekomendacji hydrologicznych w postępowaniach przy inwestycjach na terenach podlegających ochronie konserwatorskiej, powołany przez Departament Ochrony Zabytków Ministerstwa Kultury i Dziedzictwa Narodowego

Pan dr inż. Łukasz Bednarz wygłosił na zaproszenie cztery wykłady oraz jeden trzyczęściowy cykl wykładów naukowych w następujących uczelniach: University of Northumbria (Newcastle) w Wielkiej Brytanii, Kiev National University of Construction and Architecture w Ukrainie oraz Georgian Technical University w Gruzji, a także wykład zamawiany podczas międzynarodowej konferencji w Bośni i Hercegowinie. Habilitant wziął czynny udział w 27 krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych oraz naukowo-technicznych, na których wygłosił referat lub zaprezentował pracę w formie posterowej. Jest także współautorem 24 publikacji w materiałach z krajowych i międzynarodowych konferencji naukowych i naukowo-technicznych. Uczestniczył w pracach komitetów organizacyjnych lub

komitetów naukowych 19 krajowych oraz międzynarodowych konferencji naukowych. Dwukrotnie był członkiem międzynarodowego panelu recenzentów.

Bardzo wysoko oceniam aktywność naukową Kandydata w zakresie współpracy zarówno z polskimi, jak i zagranicznymi uczelniami i jednostkami naukowymi oraz instytucjami kultury, wśród których wymienić można m.in. Politechnikę Krakowską, Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie, Politechnikę Śląską, Uniwersytet w Padwie, Uniwersytet w Bolonii, Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego oraz Narodowy Instytut Dziedzictwa. Efektem współpracy z tymi ośrodkami jest wiele artykułów naukowych oraz współorganizacja krajowych i międzynarodowych konferencji naukowych i naukowo-technicznych.

Bardzo cennym w dorobku Kandydata jest również odbycie trzech staży zagranicznych w Kiev National University of Construction and Architecture w Ukrainie, gdzie przebywał na dwóch 3 i 5-cio miesięcznych stażach oraz w Hellenic Mediterranean University w Grecji, gdzie odbył 18 dniowy staż. Podczas staży prowadził badania naukowe dotyczące analizy obiektów zabytkowych, diagnostyki i monitoringu oraz problemów związanych z rekonstrukcją i wzmocnieniem konstrukcji budynków przy wykorzystaniu materiałów kompozytowych. Efektem tej międzynarodowej współpracy jest sześć artykułów opublikowanych w czasopiśmie naukowych. Działalność międzynarodowa Pana dr. Łukasza Bednarza obejmuje również członkostwo w trzech następujących międzynarodowych organizacjach i towarzystwach naukowych:

1. International Council on Monuments and Sites (ICOMOS) Polski Komitet Narodowy
2. Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage (ISCARSAH) ICOMOS
3. Heritage Documentation (CIPA) ICOMOS

Trzykrotnie uczestniczył także w europejskim programie wymiany międzynarodowej Erasmus + „Staff Mobility for Training” w Irlandii, Grecji oraz w Gruzji.

Habilitant pełni funkcję redaktora tematycznego czasopisma „*Wiadomości konserwatorskie - Journal of Heritage Conservation*” (100 pkt), jest członkiem tematycznego panelu doradczego czasopisma „*Energies*” (140 pkt) oraz członkiem rady naukowej czasopism „*Problems of Architecture and Urban Planning Today*” i „*e-ZBORNIK*”. Jest także członkiem czterech krajowych organizacji i towarzystw naukowych i naukowo-technicznych:

1. Polskie Stowarzyszenie Mykologów Budownictwa (PSMB), w latach 2012–2015 członek Zarządu Głównego Stowarzyszenia
2. Stowarzyszenie Konserwatorów Zabytków (SKZ),
3. Polska Izba Inżynierów Budownictwa (PIIB) Oddział w Opolu
4. Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa (PZITB) Oddział w Opolu

Dane naukometryczne

W dniu wszczęcia postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego, Kandydat legitymował się następującymi parametrami naukometrycznymi:

- sumaryczny wskaźnik Impact Factor: 31,278
- liczba cytowań (bez autocytaowań) wg następujących baz danych:
 - Scopus - 147

- Web of Science - 140
 - Google Scholar - 409 (łącznie z autocytowaniami)
 - Research Gate - 276 (łącznie z autocytowaniami)
 - DONA Politechnika Wroclawska – 142
- indeks Hirscha wg następujących baz danych:
 - Scopus - 8
 - Web of Science - 8
 - Google Scholar - 11
 - Research Gate - 9

Podsumowując ogólną ocenę sylwetki Kandydata należy podkreślić, że od początku swojej pracy naukowej konsekwentnie realizował obraną tematykę badawczą z zakresu monitoringu, diagnostyki, badań i analizy stanu technicznego obiektów dziedzictwa kulturowego oraz problematyki związanej z konserwacją, wzmocnieniem i naprawą tego rodzaju budynków. Na podkreślenie zasługuje szeroko rozwinięta współpraca międzynarodowa mająca związek z problematyką prowadzonych badań naukowych. Dorobek naukowy i doświadczenie Habilitanta w zakresie „opieki” nad obiektami zabytkowymi dostrzeżone zostało przez różne gremia krajowe i międzynarodowe. Efektem tego jest udział w pracach naukowych trzech zespołów eksperckich oraz powierzenie do recenzji ponad 100 artykułów opublikowanych w wysoko punktowanych czasopismach krajowych i międzynarodowych a także ponad 50 referatów z krajowych i międzynarodowych konferencji naukowych i naukowo-technicznych. **Na podstawie szczegółowej analizy osiągnięć naukowych Kandydata stwierdzam, że spełnia w stopniu wystarczającym kryterium dotyczące wykazania się istotną aktywnością naukową.**

3. Analiza i ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

Podstawą do ubiegania się Kandydata o stopień doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport są następujące osiągnięcia naukowe:

1. Główne osiągnięcie naukowe p.n. **„Opracowanie autorskiej metody monitoringu diagnostycznego obiektów historycznych”**, zawarte w monografii naukowej: Łukasz J. Bednarz, Monitoring diagnostyczny obiektów historycznych, Oficyna Wydawnicza ATUT – Wrocławskie Wydawnictwo Oświatowe, Wrocław 2023 (ISBN 978-83-7977-768-6).
2. Zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowo-technologiczne p.t. **„Zaprojektowanie i wdrożenie systemu ciągłego monitoringu diagnostycznego zespołu obiektów historycznych zlokalizowanych w zabudowie śródmiejskiej, wykorzystującego zaawansowaną, bezprzewodową sieć IoT typu LoRaWAN”**.
3. Dodatkowe osiągnięcie naukowe zawarte w cyklu artykułów naukowych p.n. **„Opracowanie metody analizy, naprawy i wzmocnienia obiektów historycznych będących w stanie przedawaryjnym lub awaryjnym”**.

Głównym osiągnięciem naukowym Kandydata, które stanowi przedmiot monografii jest **„Opracowanie autorskiej metody monitoringu diagnostycznego obiektów historycznych”**. Celem tego osiągnięcia naukowego było opracowanie autorskiej metody monitoringu diagnostycznego obiektów historycznych oraz systemu pozyskiwania szerokiego zakresu danych na temat kondycji konstrukcji obiektów historycznych oraz ich trwałości. Opracowany system umożliwia ciągły pomiar zmieniających się w czasie parametrów opisujących geometrię konstrukcji oraz właściwości mechanicznych i fizycznych materiałów, na podstawie których ocenić można stan techniczny obiektu, prognozować jego bezpieczeństwo a także optymalnie dobrać metody konserwacji oraz wzmocnienia i naprawy obiektów.

Podjęta przez Habilitanta problematyka badawcza jest szczególnie istotna i aktualna w aspekcie ochrony obiektów dziedzictwa kulturowego i konieczności zachowania ich w dobrym stanie technicznym dla przyszłych pokoleń. Wszelkie decyzje dotyczące konserwacji, naprawy, wzmocnienia, czy też ewentualnej rozbiórki obiektów zabytkowych muszą być podjęte po wnikliwej analizie stanu zachowania obiektu z poszanowaniem zasad ochrony zabytków. Implementacja autorskiej metody monitoringu diagnostycznego obiektów historycznych wraz z analizą pozyskiwanych danych dotyczących kondycji budynku, znacznie ułatwi prowadzenie racjonalnej polityki zarządzania tymi obiektami a także planowanie działań prewencyjnych oraz konserwatorskich i naprawczych przez właścicieli i użytkowników obiektów. Zastosowanie zaawansowanych metod diagnostycznych ma ogromny wpływ na zachowanie obiektów dziedzictwa kulturowego dla przyszłych pokoleń.

Rozdział pierwszy monografii stanowią ogólne rozważania Habilitanta na temat potrzeby prowadzenia monitoringu obiektów historycznych oraz analizy dotyczące przydatności monitoringu diagnostycznego do obserwacji i oceny stanu zachowania obiektu historycznego w czasie rzeczywistym. Metoda ta, obok badań materiałowych i analiz statyczno-wytrzymałościowych konstrukcji jest podstawowym narzędziem diagnostycznym umożliwiającym wczesne wykrywanie uszkodzeń elementów konstrukcyjnych, które stwarzają potencjalne zagrożenie dla bezpieczeństwa konstrukcji obiektów oraz osób przebywających w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Aktualnie jest to intensywnie rozwijane narzędzie wspomagające zarządzanie i właściwe utrzymanie nie tylko budynków historycznych, ale wszelkich obiektów budowlanych.

W rozdziale drugim, który dotyczy oceny bezpieczeństwa konstrukcji obiektów historycznych, Habilitant przedstawił wnikliwą analizę przyczyn powstawania uszkodzeń poszczególnych budynków historycznych opierając się głównie na wnioskach z samodzielnie przeprowadzonych badań i analiz istniejących obiektów historycznych nie tylko w Polsce, ale także na świecie. Analizując przyczyny uszkodzeń, które obejmują m.in. oddziaływania środowiskowe, zjawiska starzeniowe, niewłaściwe użytkowanie budynku, czy też czynniki antropogeniczne, Habilitant podał również środki zaradcze, które mają przeciwdziałać lub w maksymalnym stopniu ograniczać wpływ tych czynników na stan techniczny budynku. Nieodzownym elementem właściwej oceny stanu zachowania obiektu historycznego jest szczegółowe rozpoznanie „przeszłości” budynku obejmujące analizę istniejącej dokumentacji oraz kwerendę historyczną. Pozwoli to na odtworzenie wszystkich działań związanych z utrzymaniem i modyfikacją materiałowo-konstrukcyjną obiektu, co ma istotny wpływ na zakres planowanego monitoringu danego obiektu oraz zakres działań konserwatorskich, naprawczych oraz wzmocniających. Zachowanie obiektów historycznych w dobrej kondycji technicznej dla przyszłych pokoleń wymaga przeprowadzania przez , odpowiednio

wykwalifikowane osoby okresowych kontroli stanu technicznego, inspekcji oraz inwentaryzacji, które powinny być wykonywane zgodnie z obowiązującymi przepisami. Wszystkie te czynności są niezbędnym elementem diagnostycznego monitoringu obiektów historycznych. Habilitant w swojej monografii przybliży czytelnikowi oprócz tradycyjnych metod wizualnych, także zaawansowane metody inwentaryzacji konstrukcji obiektów budowlanych przy zastosowaniu tachimetrii, fotogrametrii, skaningu optycznego i laserowego 3D oraz bezzałogowych statków powietrznych, które wspomagają proces inspekcji, inwentaryzacji i monitoringu diagnostycznego. Opisując metodologię prowadzenia badań przy zastosowaniu tych narzędzi, Habilitant przytoczył wyniki autorskich badań i analiz wybranych obiektów polskiego i światowego dziedzictwa kulturowego. Zademonstrował także opracowane na podstawie szczegółowych pomiarów rysunki inwentaryzacyjne poszczególnych budynków a także modele obliczeniowe, umożliwiające przeprowadzenie analizy numerycznej konstrukcji obiektów. Praktyczne przedstawienie możliwości wykorzystania tych technologii do analizy stanu zachowania obiektu, pozwoli na dobór właściwej metody inwentaryzacji konstrukcji konkretnego obiektu, co z kolei umożliwi sprawniejsze projektowanie i planowanie prac budowlanych i konserwatorskich.

Elementem koniecznym właściwej oceny stanu technicznego każdego obiektu, oprócz identyfikacji geometrii budynku i układu konstrukcyjnego, jest szczegółowe rozpoznanie substancji materiałowej. Ma to szczególne znaczenie w przypadku obiektów historycznych, gdzie identyfikacja materiału wraz z określeniem właściwości fizycznych i mechanicznych jest dość złożona, głównie z uwagi na wpływ zmęczenia i starzenia materiałów na ich właściwości. Archiwalna dokumentacja dotycząca analizowanego budynku oraz badania historyczne są niezbędne, ale jednak niewystarczające do obiektywnej oceny struktury, stanu zachowania oraz właściwości wbudowanych materiałów. Problematyka ta jest przedmiotem rozdziału trzeciego monografii Habilitanta. W pierwszej części tego rozdziału Kandydat przedstawił ogólne informacje dotyczące wpływu procesów reologicznych, efektu skali oraz starzenia i zmęczenia na właściwości materiałów a także wpływu współczynników bezpieczeństwa na ocenę bezpieczeństwa stanu konstrukcji obiektów budowlanych. Wpływ procesów reologicznych, tj. pełzanie i relaksacja należy uwzględnić przy analizowaniu stanu zachowania obiektów zabytkowych. Z uwagi na długotrwały okres użytkowania tego typu budynków wpływ procesów reologicznych na właściwości materiałów jest szczególnie istotny. Równie duży wpływ na właściwości materiałów ma proces starzenia oraz zjawiska zmęczeniowe. Wraz z upływem czasu użytkowania obiektu, zachodzą naturalne procesy degradacji struktury materiału. Szybkość zachodzących zmian zależy także od rodzaju materiału i jego odporności ma warunki klimatyczne, sposobu użytkowania obiektu oraz intensywności oddziaływań zewnętrznych (czynników biologicznych, chemicznych, fizycznych). W przypadku użytkowanych obiektów budowlanych, a w tym w szczególności budynków zabytkowych koniecznym jest obiektywne określenie właściwości materiałów, co stanowi podstawę do określenia nośności oraz trwałości analizowanej konstrukcji. Szczegółowa charakterystyka metod badawczych dotyczących określenia wybranych parametrów materiałowych przedstawiona została w drugiej części tego rozdziału. Kandydat szczególną uwagę poświęcił grupie nieniszczących badań materiałowych, które z uwagi na brak możliwości pobrania próbek materiałów są szczególnie przydatne przy analizie materiałowej obiektów historycznych.

W rozdziale czwartym Habilitant przedstawił przykłady wykorzystania autorskiej metody statycznego i dynamicznego monitoringu diagnostycznego wybranych obiektów historycznych. Zaprojektował m.in. system monitoringu zabytkowego wiaduktu kolejowego

w Krakowie, który posłużył do ciągłej (automatycznej) rejestracji przemieszczeń oraz odchyień od pionu poszczególnych elementów konstrukcji obiektu w trakcie wykonywania prac budowlano-konserwatorskich oraz po ich zakończeniu. Zaplanowano gromadzenie wyników pomiarów w Lokalnej Stacji Akwizycji Danych i następnie w Centrum Gromadzenia Danych, gdzie spływające dane można analizować w czasie rzeczywistym. W przypadku przekroczenia przez zarejestrowane dane wartości granicznych, automatycznie wysyłany jest alert do osób obsługujących system monitoringu, co umożliwi podjęcie stosownych działań. Inny obiekt, to Hala Stulecia we Wrocławiu, gdzie w celu monitoringu diagnostycznego zastosowano metodę pomiarów geodezyjnych z wykorzystaniem tachimetrii elektronicznej. Na podstawie zgromadzonych danych przygotowano model obiektu w technologii BIM oraz przeprowadzono numeryczną analizę statyczną konstrukcji Hali. Zaprojektowano także ciągły system pomiarowy do oceny zmian deformacji, odkształceń oraz osiadania konstrukcji Hali Stulecia, co pozwala określić stan wyężenia poszczególnych elementów konstrukcji obiektu. Metodę monitoringu z wykorzystaniem skaningu laserowego 3D Habilitant wykorzystał w celu diagnostyki dawnego kasyna wojskowego w Łambinowicach oraz konstrukcji prezbiterium kościoła p.w. Św. Anny w Ząbkowicach Śląskich. Kandydat zaproponował również wykorzystanie do monitoringu korelacji obrazów cyfrowych (DIC), za pomocą których precyzyjnie można określić odkształcenia, przemieszczenia i geometrię analizowanych obiektów.

Habilitant opracował także metodę monitoringu przy wykorzystaniu mierników bezprzewodowych w technologii IoT z zastosowaniem protokołu do przesyłu danych typu LoRaWAN. Zastosowanie tej technologii pozwala na prawie bezobsługowy monitoring konstrukcji oraz automatyczny pobór danych i wizualizację wyników pomiarów. Umożliwia to ciągłe badanie zachowania konstrukcji podczas zmieniających się warunków oraz sygnalizowanie przypadków przekroczenia przez mierzone parametry wartości progowych. Zwraca się uwagę, że zaprojektowany i wdrożony system ciągłego monitoringu diagnostycznego zespołu obiektów historycznych zlokalizowanych w zabudowie śródmiejskiej, wykorzystujący zaawansowaną bezprzewodową sieć IoT typu LoRaWAN przedstawiony został w Autoreferacie również jako odrębne zrealizowane osiągnięcie projektowo-technologiczne. Celem opracowanego systemu było monitorowanie stanu uszkodzeń, zapewnienie bieżących informacji o stanie uszkodzonych elementów konstrukcyjnych w trakcie eksploatacji, co wpływa na usprawnienie zarządzania obiektami w zakresie podejmowania decyzji dotyczących ewentualnych konserwacji, napraw i renowacji. Autorska metoda monitorowania wykorzystana została do badań diagnostycznych zlokalizowanego w Nysie zespołu obiektów szkoły diecezjalnej, kamienicy, klasztoru Sióstr Elżbietanek oraz kościoła pw. Wniebowzięcia NMP. System zaprojektowano tak, że przy wykorzystaniu jednego punktu dostępowego LoRaWAN można było zbierać dane pomiarowe z wielu obiektów znacznie oddalonych od siebie. Wyniki pomiarów przesyłane były do serwera w chmurze danych, a następnie po automatycznej obróbce, przekazywane były do serwisu wizualizacji danych pomiarowych. Zaproponowany system mierników bezprzewodowych i sieci o dużym zasięgu wpływa istotnie na zwiększenie efektywności diagnostyki obiektów historycznych w zakresie identyfikacji uszkodzeń konstrukcji.

Opracowaną bezprzewodową technologię IoT wraz z digitalizacją diagnozowanego obiektu Habilitant wykorzystał również do monitoringu budynku kościoła pw. Wniebowzięcia NMP w Nysie. System ten posłużył do monitorowania rozwarości rys oraz temperatury i wilgotności powietrza wewnątrz i na zewnątrz budynku. Zaproponowany przez Habilitanta system

monitoringu diagnostycznego zaimplementowany został także w bazylice pw. Św. Bartłomieja i Jadwigi w Trzebnicy w celu bieżącej oceny stanu konstrukcji obiektu. System składał się z dwóch rodzajów optycznych układów pomiarowych umożliwiających monitorowanie przemieszczeń poszczególnych elementów budynku oraz bezprzewodowych czujników/mierników rozwarości rys, temperatury i wilgotności powietrza a także wielkości opadów atmosferycznych oraz poziomu wód gruntowych i ich przepływu. Na podstawie wyników pomiarów dokonano analizy deformacji budynku kościoła oraz wpływu zmian temperatury i wilgotności na rozwarość zarysowań.

W ostatnim, piątym rozdziale monografii Habilitant przedstawił analizę zebranych w toku monitoringu diagnostycznego pomiarów i ich wykorzystanie do wizualizacji monitorowanych obiektów oraz budowy modeli numerycznych. W celu prowadzenia ciągłego monitoringu diagnostycznego oraz analizy i interpretacji danych, Habilitant opracował algorytm automatyzacji analizy wyników, predykcji oraz wizualizacji danych pomiarowych. W pracy przedstawiony został także algorytm symulacji brakujących danych w pomiarach systemu monitoringu diagnostycznego. Algorytm ten może zostać wykorzystany w sytuacji, kiedy np. w wyniku awarii czujnika/miernika, przerwania transmisji danych lub czynników środowiskowych brakuje części danych pomiarowych niezbędnych do oceny stanu diagnozowanej konstrukcji. Bardzo istotnym problemem przy tak dużej liczbie danych, jak w przypadku monitoringu diagnostycznego, jest ich właściwa analiza i porządkowanie, a w konsekwencji obiektywna ocena stanu technicznego obiektu. Habilitant przedstawił przykład wykorzystania zaawansowanej analizy wyników danych pomiarowych pochodzących z bezprzewodowych mierników systemu monitoringu diagnostycznego zamontowanych w kościele pw. Wniebowzięcia NMP w Nysie. W tym celu zastosował metody analizy danych wykorzystujące algorytmy sztucznej inteligencji, a w tym metody oparte na sieciach neuronowych oraz uczeniu maszynowym. Bardzo cennym jest przeprowadzona przez Kandydata analiza dotycząca zdolności tych metod do predykcji zmian rozwarości zarysowań w czasie a także opracowanie metod wizualizacji wyników pomiarów. Na podkreślenie zasługuje również zbudowanie przez Habilitanta na podstawie danych z monitoringu diagnostycznego numerycznego modelu 3D kościoła, za pomocą którego dokonano symulacji zarysowań poszczególnych elementów kościoła wywołanych osiadaniem budynku wraz z mapami naprężeń. Na tej podstawie określono lokalizację najbardziej wyężonych stref w konstrukcji kościoła.

Poniżej przedstawiam uwagi krytyczne (dyskusyjne) odnoszące się do zaprezentowanego przez Kandydata głównego osiągnięcia naukowego:

1. Głównym osiągnięciem naukowym Habilitanta jest opracowanie autorskiej metody monitoringu diagnostycznego obiektów historycznych. Szkoda, że w Autoreferacie nie przedstawiono wprost idei tej metody oraz nie wskazano czym ta autorska metoda istotnie różni się od powszechnie stosowanych metod monitoringu i diagnostyki. Takie informacje można jednak uzyskać po wnikliwej analizie autorskiej monografii Habilitanta, gdzie bardzo szczegółowo opisano technologię monitoringu diagnostycznego oraz przykłady jej wykorzystania w obiektach historycznych.
2. Współczynniki bezpieczeństwa przyjęte do analizy konstrukcji budynków istotnie wpływają na określenie wymaganego poziomu bezpieczeństwa. W Autoreferacie na str. 13 Habilitant podaje: „*W badaniach konstrukcji historycznych występujących w Polsce dominują analizy*

statyczne, które można podzielić na trzy główne grupy: analizę liniową, analizę nieliniową oraz analizę przeprowadzoną na podstawie nośności granicznej. Wykonuje się również analizy dynamiczne, szczególnie jeśli mamy do czynienia z obiektami zlokalizowanymi w strefach sejsmicznych, parasejsmicznych lub narażonych na drgania. Nierzadko różne metody prowadzenia analizy prowadzą do otrzymania różnych współczynników bezpieczeństwa i często odmiennych wyników”. Trudno zgodzić się ze stwierdzeniem, że dobór metody analizy konstrukcji może skutkować w odmiennej ocenie dotyczącej stanu zachowania bezpieczeństwa konstrukcji budynku. Pozostawienie takiego stwierdzenia budzi w mojej opinii pewien niedosyt. Warto byłoby zatem dokonać analizy porównawczej tych metod w celu określenia korelacji między współczynnikami bezpieczeństwa oraz ocenić, która z metod jest bardziej odpowiednia do analizy obiektów historycznych.

3. Podane w monografii na str. 63 sformułowanie: „Według [351] odpowiednio dobrane współczynniki bezpieczeństwa powinny nie tylko pomagać spełniać warunki bezpieczeństwa w zakresie wytrzymałości i sztywności, lecz także informować o przeciążeniach w konstrukcji.” jest trochę niefortunne. Sugeruje to, że współczynniki bezpieczeństwa pełnią swego rodzaju funkcję monitorującą (czujniki/mierniki) stan bezpieczeństwa konstrukcji.
4. Habilitant słusznie zwraca uwagę na konieczność uwzględnienia przy analizach właściwości materiałów zjawiska starzenia i zmęczenia. Brakuje natomiast informacji, czy wpływ tych zjawisk został wzięty pod uwagę przy badaniach materiałowych poszczególnych obiektów historycznych analizowanych przez Kandydata, a jeśli tak, to w jaki sposób wpływy te uwzględniono, szczególnie w zakresie opracowywania modeli numerycznych do predykcji stanu bezpieczeństwa konstrukcji.
5. Zastrzeżenia wzbudza podane przez Habilitanta na str. 66 monografii stwierdzenie, że optymalny poziom bezpieczeństwa obiektów historycznych zależy od względów politycznych i społecznych.

Kolejnym osiągnięciem naukowym Kandydata, które przedstawił w pkt. 4.2. Autoreferatu, jest zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowo-technologiczne p.n. „**Zaprojektowanie i wdrożenie systemu ciągłego monitoringu diagnostycznego zespołu obiektów historycznych zlokalizowanych w zabudowie śródmiejskiej, wykorzystującego zaawansowaną, bezprzewodową sieć IoT typu LoRaWAN.**” Osiągnięcie to niewątpliwie jest bardzo istotne z punktu widzenia konieczności ochrony obiektów dziedzictwa kulturowego i stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny w tym zakresie. Nie mniej jednak, osiągnięcie to zostało również szczegółowo przedstawione w Autoreferacie w opisie głównego przedstawionego przez Habilitanta osiągnięcia dotyczącego autorskiej metody monitoringu diagnostycznego obiektów historycznych, o czym pisano wyżej w Recenzji. Na str. 21 Autoreferatu, przedstawiając wkład głównego osiągnięcia naukowego w rozwój naukowy dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, Habilitant podaje „*opracowanie autorskiej metody monitorowania diagnostycznego konstrukcji obiektów historycznych z wykorzystaniem bezprzewodowej sieci IoT; dzięki zastosowaniu mierników bezprzewodowych można znacząco przyspieszyć uzyskanie istotnych danych w zakresie identyfikacji uszkodzeń.*” Stanowi to w zasadzie istotę kolejnego sformułowanego przez Kandydata osiągnięcia, które określił jako zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowo-technologiczne. Moim zdaniem zaprojektowany i wdrożony przez Habilitanta system ciągłego monitoringu jest niewątpliwie

odrębnym oryginalnym osiągnięciem projektowo-technologicznym, które nie powinno w treści Autoreferatu być przedstawione jako element głównego osiągnięcia naukowego.

Dodatkowym, trzecim osiągnięciem naukowym Habilitanta przedstawionym w pkt. 4.3 Autoreferatu jest osiągnięcie p.n. „**Opracowanie metody analizy, naprawy i wzmacniania obiektów historycznych będących w stanie przedawaryjnym lub awaryjnym**”. Osiągnięcie to stanowi przedmiot rozważań przedstawionych w cyklu dziewięciu powiązanych tematycznie artykułów [A1-A9].

[A1] Bajno D., Bednarz Ł. (2014). *Remains of urban heritage defence structures - conservation, monitoring and use*. 9th International Conference on Structural Analysis of Historic Constructions, F. Peña & M. Chávez (eds.) Mexico City, Mexico, 14–17 October 2014

IF - ; punktacja MNiSW (obecnie MEiN): -

W artykule przedstawiono analizę stanu technicznego wybranych historycznych mурowanych budowli obronnych zlokalizowanych w południowej Polsce. W pracy omówiono stosowane współcześnie metody naprawy, konserwacji i wzmacniania zabytkowych murów obronnych, które zgodne są z obowiązującą doktryną konserwatorską. Omówiono metody monitorowania stanu technicznego obiektów, które mają na celu zachowanie trwałości i użyteczności konstrukcji dla przyszłych pokoleń.

[A2] Bednarz Ł.J., Jasieńko J., Rutkowski M., Nowak T.P. (2014). *Strengthening and long-term monitoring of the structure of an historical church presbytery*. *Engineering Structures*, 81, 62–75.

IF: 1,838; punktacja MNiSW (obecnie MEiN): 40

W artykule przedstawiono wyniki prowadzonego w latach 2009-2013 monitoringu przemieszczeń konstrukcji zabytkowego obiektu prezbiterium kościoła Św. Anny w Ząbkowicach Śląskich. Na podstawie danych pomiarowych ze skaningu laserowego opracowano model 3D obiektu, co umożliwiło przedstawienie symulacji pracy konstrukcji i wskazanie najbardziej wyężonych elementów, które wymagają wzmocnienia. W pracy zaproponowano wzmocnienie i konsolidację spękaných ceglanych ścian i sklepień prezbiterium przy zastosowaniu stalowych ściągow oraz technologii C-FRP (polimery wzmocniony włóknem węglowym) i C-FRCM (matryca cementowa wzmocniona włóknem węglowym).

[A3] Jasieńko J., Di Tommaso A., Bednarz Ł.J., Casacci S., Raszczuk K.A. (2015). *Comparative analysis of collapsing towers in Poland and Italy different causes, similar problems*. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation*” nr 43, s. 38–50.

IF: -; punktacja MNiSW (obecnie MEiN): 13

W artykule przedstawiono analizę porównawczą dotyczącą stanu technicznego dwóch wzniesionych w podobnym okresie wież mурowanych w Polsce i we Włoszech. Brak monitoringu oraz odpowiednich działań konserwatorskich doprowadził do zawalenia się wieży w Polsce. Podjęcie natomiast natychmiastowych działań interwencyjnych po stwierdzeniu stanu zagrożenia katastrofą budowlaną, pozwoliło uchronić przed awarią wieżę mурowaną zlokalizowaną we Włoszech. W artykule przedstawiono sposób wzmocnienia obiektu przy wykorzystaniu materiałów kompozytowych. Zastosowanie tej techniki

wzmocnienia konstrukcji obiektu pozwoliło podjąć działania renowacyjne wewnątrz budynku.

[A4] Bednarz Ł.J., Jackiewicz M., Wojciechowska G., Rutkowski M. (2016). *Możliwość aplikacji kompozytów FRCCM w żelbetowych obiektach historycznych*. Materiały Budowlane, nr 11, s. 136–139

IF: -; punktacja MNiSW (obecnie MEiN): 8

W artykule przedstawiono koncepcję naprawy konstrukcji historycznego żelbetowego sklepienia niecki basenowej w obiekcie zabytkowej pływalni przy wykorzystaniu materiałów kompozytowych. Zaletą tej metody wzmocnienia konstrukcji jest niewielki stopień ingerencji w substancję konstrukcyjną oraz odwracalność procesu aplikacji przy jednoczesnym zapewnieniu znacznego przyrostu nośności wzmacnianego elementu.

[A5] Bednarz Ł.J., Opalka P. (2019). *Construction disaster in a historic building... and what next?* Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation, nr 60, s. 122–129.

IF: -; punktacja MNiSW (obecnie MEiN): 100

W pracy przedstawiono analizę dotyczącą przyczyn i skutków katastrofy budowlanej XIV-wiecznego budynku kościoła ze zwróceniem szczególnej uwagi na błędy popełnione przy prewencyjnym zabezpieczeniu sklepień oraz nawy głównej kościoła. Wykazano również jakie konsekwencje ma projektowanie i wykonywanie prac naprawczych bez uwzględniania zapisów obowiązujących doktryn konserwatorskich oraz brak wiedzy i świadomości wagi problematyki konserwatorskiej. Zaproponowano także procedurę postępowania po katastrofie budowlanej obiektu zabytkowego oraz działania związane z odbudową obiektu.

[A6] Bajno D., Bednarz Ł.J., Matkowski Z., Raszczyk K.A. (2020). *Monitoring of thermal and moisture processes in various types of external historical walls*. Materials, 13, 3, art. 505, s. 1–16.

IF: 3,623; punktacja MNiSW (obecnie MEiN): 140

Artykuł dotyczy problemu zawilgocenia przegród budowlanych w obiektach historycznych i wpływu migracji wilgoci w ścianach murowanych na bezpieczeństwo i trwałość budynków. Zaproponowano technikę monitoringu i analizy stanu zawilgocenia przegród, strat ciepła przez ściany oraz metody poprawy komfortu termiczno-wilgotnościowego pomieszczeń.

[A7] Bednarz Ł.J., Drygała I.J., Dulińska J.M., Jasieńko J. (2021). *Study of materials behavior in a monumental vault strengthened by a carbon net in a mineral matrix subjected to seismic influence*. Applied Sciences, 11, 3, art 1015, s. 1–15.

IF: 2,838; punktacja MNiSW (obecnie MEiN): 100

W pracy dokonano analizy porównawczej odporności na oddziaływanie sejsmiczne dwóch wariantów konstrukcji sklepień ceglanych, tj. konstrukcji wzmocnionej kompozytami z włókien węglowych C-FRCM oraz sklepienia bez żadnych wzmocnień. W celu oceny zachowania konstrukcji opracowano trójwymiarowy model sklepienia w metodzie elementów skończonych (MES) przy wykorzystaniu programu ABAQUS/Standard. Na podstawie przeprowadzonych analiz symulacyjnych wykazano, że analiza numeryczna z wykorzystaniem nieliniowych modeli materiałowych elementów murowych jest praktycznym i efektywnym narzędziem matematycznym do analizy tego rodzaju konstrukcji. Zaproponowana metoda analizy numerycznej umożliwia określenie

prawdopodobnej lokalizacji stref uszkodzonych w wyniku oddziaływań sejsmicznych, co pozwala z kolei na dobór odpowiedniego wzmocnienia konstrukcji murewej.

[A8] Bednarz L., Bajno D., Matkowski Z., Skrzypczak I., Leśniak A. (2021). *Elements of pathway for quick and reliable health monitoring of concrete behavior in cable post tensioned concrete girders*. *Materials*, 14, 6, art 1503, s. 1–29.

IF: 3,748; punktacja MNiSW (obecnie MEiN): 140

W artykule omówiono problemy związane z długotrwałą eksploatacją wybudowanych w latach 50. XX wieku i nadal użytkowanych żelbetowych dźwigarów sprężonych. Zaproponowano sposób postępowania przy ocenie stanu technicznego tego rodzaju obiektów, obejmujący wykorzystanie metody kompleksowych badań diagnostycznych oraz naprawy i wzmocnienia konstrukcji. Przedstawiono analizę wyników prowadzonego w latach 2009-2020 monitoringu obejmującego pomiary ugięcia oraz wytrzymałości i jednorodności betonu w dźwigarach dachowych kablowo-betonowych wybranych hal przemysłowych zlokalizowanych w Polsce. Do określenia wytrzymałości betonu na ściskanie zastosowano metody nieniszczące, niszczące i pośrednie.

[A9] Bajno D., Grzybowska A., Bednarz L.J. (2021). *Old and modern wooden buildings in the context of sustainable development*. *Energies*, 14, 18, 5975, s. 1–33.

IF: 3,252; punktacja MNiSW (obecnie MEiN): 140

W artykule przedstawiono rozważania dotyczące wykorzystania drewna jako materiału konstrukcyjnego zarówno w nowoczesnych, jak i historycznych obiektach w kontekście zrównoważonego rozwoju. Dokonano analizy wpływu procesów fizycznych zachodzących w strukturze drewna oraz oddziaływań środowiskowych na bezpieczeństwo konstrukcji trzech wybranych obiektów: budynku magazynu pasz i kasyna oficerskiego pochodzących z drugiej połowy XIX wieku oraz budynku zagrody wiejskiej z XVIII wieku. Wyniki przeprowadzonych „in situ” badań przedmiotowych obiektów zweryfikowano za pomocą modeli symulacyjnych, które pozwoliły przedstawić początkowy i aktualny stan techniczny budynków. Wykorzystano także metody sztucznej inteligencji do przewidywania rozwoju korozji biologicznej w elementach drewnianych.

W cyklu artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe p.n. „Opracowanie metody analizy, naprawy i wzmocnienia obiektów historycznych będących w stanie przedawaryjnym lub awaryjnym” dokonano analizy metod diagnostycznych oraz technologii naprawy i wzmocnienia konstrukcji pod kątem możliwości ich zastosowania w obiektach historycznych. Przedstawiono szczegółową charakterystykę konstrukcyjno-materiałową różnych obiektów historycznych, analizy dotyczące oceny stanu technicznego poszczególnych obiektów zabytkowych oraz określono przyczyny powstałych uszkodzeń. Dokonano również analizy możliwości zastosowania nowoczesnych metod wzmocnienia konstrukcji obiektów historycznych przy wykorzystaniu materiałów kompozytowych. W mojej ocenie jednak przedstawione w cyklu artykułów rozważania nie stanowią w pełni odrębnego osiągnięcia naukowego. Dotyczą raczej sformułowanego przez Habilitanta głównego osiągnięcia naukowego dotyczącego metod monitoringu diagnostycznego obiektów historycznych. Natomiast zaproponowana przez Habilitanta metoda wzmocnienia obiektów historycznych materiałami kompozytowymi oraz opracowanie metod analizy wzmocnionych w ten sposób obiektów stanowi na pewno oryginalne osiągnięcie naukowe.

4. Ocena osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych, popularyzatorskich oraz zawodowych Kandydata

Od początku zatrudnienia w Politechnice Wrocławskiej Kandydat prowadzi lub prowadził w języku polskim oraz angielskim zajęcia dydaktyczne z następujących przedmiotów: Awarie i naprawy obiektów budownictwa ogólnego, Conservation and strengthening of monumental heritage structure, Materiały budowlane, Technologia betonów i zapraw, Technologie informacyjne, Timber structures, Trwałość i ochrona budowli oraz Naprawa, wzmocnianie i konserwacja konstrukcji historycznych. Tak szeroki zakres zajęć dydaktycznych świadczy o wszechstronności Kandydata i bardzo dobrym przygotowaniu do prowadzenia zajęć dydaktycznych. Habilitant pełnił funkcję promotora 47 prac magisterskich (w tym 9 napisanych zostało w języku angielskim) oraz 9 prac inżynierskich. Trzy z prowadzonych prac magisterskich zostały nagrodzone w konkursach na najlepszą pracę dyplomową organizowanych przez Oddział Wrocławskiego PZiTB oraz Przewodniczącego Dolnośląskiej Izby Inżynierów Budownictwa.

Habilitant brał udział w organizacji kilku krajowych i międzynarodowych konferencji naukowych i naukowo-technicznych pełniąc funkcję członka komitetu organizacyjnego. Tematyka konferencji miała ścisły związek z prowadzoną przez Kandydata działalnością naukową.

Popularyzatorska działalność Kandydata ma związek przede wszystkim z aktywnym udziałem w cyklicznych Festiwalach Nauki organizowanych na terenie Dolnego Śląska przez wrocławskie uczelnie, instytuty PAN oraz środowiska pozauczelniane. Brał także udział w dniu otwartym Filii Politechniki Wrocławskiej w Wałbrzychu, podczas którego wygłosił wykład dotyczący wykorzystania dronów w praktyce inżynierskiej. Jest także współautorem artykułu popularnonaukowego.

Kandydat ma uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej, które uzyskał w 2010 roku. W 2008 roku ukończył kurs „Ochrona budynków przed korozją biologiczną” zorganizowany przez Polskie Towarzystwo Mykologów Budownictwa zdobywając kwalifikacje specjalisty mykologiczno-budowlanego. Jest autorem i współautorem ponad 100 projektów, ekspertyz, raportów badawczych i opracowań technicznych z zakresu budownictwa.

5. Wniosek końcowy

Na podstawie szczegółowej analizy dokumentów zawartych we Wniosku Kandydata oraz oceny aktywności naukowej, dydaktycznej, popularyzatorskiej i zawodowej stwierdzam, co następuje.

1. Główne osiągnięcie naukowe p.n. **„Opracowanie autorskiej metody monitoringu diagnostycznego obiektów historycznych”** będące przedmiotem monografii naukowej dr. Łukasza Bednarza stanowi niewątpliwie wkład w stan wiedzy w obszarze dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport w zakresie diagnostyki i analizy stanu zachowania obiektów historycznych. Szczególnie istotnym jest opracowanie i wdrożenie algorytmu postępowania wykorzystywanego przy ocenie, diagnostyce oraz predykcji stanu zachowania konstrukcji obiektów historycznych.

2. Bardzo wysoko oceniam również oryginalne osiągnięcie projektowo-technologiczne Habilitanta p.n. „**Zaprojektowanie i wdrożenie systemu ciągłego monitoringu diagnostycznego zespołu obiektów historycznych zlokalizowanych w zabudowie śródmiejskiej, wykorzystującego zaawansowaną, bezprzewodową sieć IoT typu LoRaWAN**”. Opracowanie i zaimplementowanie algorytmów obliczeniowych służących do oceny bezpieczeństwa konstrukcji obiektów oraz wykorzystanie modeli opartych na sztucznej inteligencji pozwoli na wczesne wykrywanie uszkodzeń poszczególnych elementów a tym samym monitorowanie i ochronę obiektów dziedzictwa kulturowego.
3. Habilitant posiada dorobek publikacyjny charakteryzujący się wysokimi parametrami naukowymi oraz brał udział w projektach badawczych, których finansowanie uzyskano w ramach konkursów zewnętrznych. Wysoko oceniam również prowadzoną przez Kandydata szeroką współpracę naukową z wieloma ośrodkami krajowymi oraz międzynarodowymi.
4. Dorobek dydaktyczny, popularyzatorski, organizacyjny i zawodowy oceniam pozytywnie.

Dorobek Habilitanta w stopniu wystarczający spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późniejszymi zmianami). W związku z powyższym popieram wniosek Kandydata o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Magdalena Podurka