

Załącznik 2a.

do Wniosku z dnia 07.01.2019 r. o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

AUTOREFERAT

dr inż. Bogusław Franciszek Zając

Politechnika Krakowska
Wydział Inżynierii Lądowej
Instytut Mechaniki Budowli
Zakład Wytrzymałości Materiałów

Kraków, styczeń 2019 r.

B. Zając

Spis treści

1.	Imię i nazwisko, data i miejsce urodzenia.....	3
2.	Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	3
3.	Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych / artystycznych.....	3
3.1.	Informacje o pełnionych funkcjach w Politechnice Krakowskiej.....	3
4.	Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.).....	3
5.	Aktywność dotycząca zrealizowanych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych, prac badawczych, ekspertyz, projektów badawczych.....	8
5.1.	Aktywność naukowa.....	8
5.2.	Aktywność dotycząca zrealizowanych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych, prac badawczych, ekspertyz, projektów badawczych.....	10
6.	Informacje o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej, odbytych stażach krajowych lub zagranicznych i działalności popularyzującej naukę.....	11
7.	Parametryczne podsumowanie dorobku naukowego.....	11
8.	Podsumowanie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego.....	12

1. Imię i nazwisko, data i miejsce urodzenia:

Bogusław Franciszek Zając, ur.28.07.1964 r. w Krakowie

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

1989 Dyplom magistra inżyniera technologa materiałów, specjalność: ceramika specjalna, uzyskany po pięcioletnich studiach na wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Praca magisterska: *"Otrzymywanie mikroproszków SiC w drodze karbotermicznej redukcji krzemionki"*, promotor dr Ludosław Stobierski

2008 Dyplom doktora nauk technicznych, specjalność: mechanika ciała stałego. Rozprawa doktorska: *"Doświadczalno-analityczne określenie wyężenia polimerowej skleiny w belkach zespolonych"*, Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Promotor: prof. dr hab. inż. Ryszard B. Pęcherski, recenzenci; dr hab. inż. Wojciech Karmowski, prof. PK, dr hab. inż. Mieczysław Kuczma, prof. UZ

inne:

1997/98 Ukończenie I i II etapu Uczelnianego Studium Pedagogicznego Politechniki Krakowskiej, oraz praktyka dydaktyczna w Technikum Budowlanym

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych

1990÷1998	asystent
1998÷2008	wykładowca
2008 ÷ obecnie	adiunkt naukowo-dydaktyczny

Cały okres zatrudnienia w Katedrze / Zakładzie Wytrzymałości Materiałów Instytutu Mechaniki Budowli na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej.

3.1. Informacje o pełnionych funkcjach w Politechnice Krakowskiej

1. Członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej w roku akademickim 2009/2010
2. Sekretarz Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej w roku akademickim 2010/2011

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego / artystycznego

"Ścinane połączenia sztywne i podatne pracujące w podwyższonej temperaturze"

b) (autor / autorzy, tytuł / tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)

Bogusław Zajac, Monografia: "Ścinane połączenia sztywne i podatne pracujące w podwyższonej temperaturze", Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Seria Inżynieria Lądowa, Kraków 2018, ISBN 978-83-65991-31-7

Redaktor naukowy: dr hab. inż. Wit Derkowski

Recenzenci: dr hab. inż. Elżbieta Horszczaruk, prof. ZUT

dr hab. inż. Jacek Hulimka, prof. PŚ

c) omówienie celu naukowego / artystycznego w/w. prac / pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich praktycznego wykorzystania.

Cel i osiągnięcia naukowe

Celem pracy jest analiza pracy doklejanego zewnętrznego wzmocnienia elementów budowlanych konstrukcji inżynierskich, pracujących w podwyższonej temperaturze do 80°C, nie obejmujących zagadnień pożarowych. Przebadanie wpływu przemiany szklistej materiałów epoksydowych (związane ze zmianami ich wartości parametrów mechanicznych) na rozkłady odkształceń oraz wpływu podłoża zastosowanie wykonanego z materiałów o różnej sztywności (betonu, cegły i drewna). Próba opisu materiału poliuretanowego modelem Darijani-Nadghabadi w badanym zakresie temperatury. Zbudowanie modelu numerycznego połączenia oraz jego weryfikacja wynikami badań eksperymentalnych. Sprawdzenie przydatności metody cyfrowej korelacji obrazu do badań połączeń ścinanych. Zaproponowanie prostej metody inżynierskiej do wyznaczania maksymalnych wartości naprężeń w warstwie skleiny.

Do osiągnięcia zamierzonego celu naukowego zrealizowałem szczegółowe zadania częściowe, w ramach których:

1. Przeprowadziłem studium literatury obejmujące zagadnienia ujęte w ramach pracy habilitacyjnej
2. Zaprojektowałem i wykonałem komorę temperaturową, umieszczoną w maszynie wytrzymałościowej, umożliwiającą przeprowadzenie badań oraz pomiarów wybranych elementów i połączeń pod obciążeniem, w zakresie temperatury do 100°C.
3. Wykonałem samodzielnie wszystkie próbki oraz elementy do badań
4. Zainstalowałem wszystkie czujniki i przyrządy pomiarowe
5. Skalibrowałem układ pomiarowy do pracy w podwyższonej temperaturze
6. Przeprowadziłem badania wstępne dla czterech klei epoksydowych oraz siedmiu poliuretanowych w statycznej próbie rozciągania w temperaturze 20°C, w celu wyznaczenia maksymalnych wartości wytrzymałości i odkształcenia oraz modułu Younga.
7. Przeprowadziłem dalsze badania dla wszystkich materiałów w zakresie temperatury od 20°C do 100°C obejmujące:
 - wyznaczenie zmian wartości modułu Younga w próbie ściskania
 - pomiary twardości Shore'a
 - wyznaczenie wartości współczynnika rozszerzalności liniowej,
 - wyznaczenie wartości temperatury przemiany szklistej dla materiałów epoksydowych
 - wytypowałem do dalszych badań materiały w skleinie: dwa kleje epoksydowe Sikadur-30 i Sikadur-330 oraz jeden poliuretanowy Sika®PS (PS).
8. Badania połączeń ścinanych przeprowadziłem w temperaturze 20, 40, 60 i 80°C, obejmujące temperaturę T_g przemiany szklistej, odpowiednio 43°C dla Sikadur-330 i 53°C dla Sikadur-30. Poliuretan PS w rozpatrywanym zakresie temperatury był w stanie gumiatym powyżej jego T_g .

9. Przeprowadziłem wstępne badania pełzania (100h w jednym badaniu) dla materiałów epoksydowych Sikadur-30 i Sikadur-330 oraz poliuretanu PS, w temperaturze 20, 40, 60 i 80°C oraz dla wielkości naprężenia 0,5, 1 i 2 MPa (4800 h samych pomiarów).
10. Przeanalizowałem stosowane w mechanice ośrodków ciągłych związki konstytutywne dla materiałów hipersprężystych, w tym dla modeli Set-Hill'a, Darijani-Naghdabadi i Mooney-Rivlina, z uwzględnieniem miar deformacji.
11. Wyjaśniłem sposób wyznaczania rozkładu naprężeń w ścinanej warstwie skleiny dla skończonych odkształceń.
12. Zaproponowałem sposób wyznaczenia parametrów α i β oraz E w modelu Darijani-Naghdabadi, poprzez odpowiedni wybór zakresu odkształcenia (do 3%) przy wyznaczeniu wartości modułu Younga, który umożliwił dobór parametrów α i β dla poliuretanu PS, jako stałych wartości dla danej temperatury, niezależnie od prędkości badania.
13. Przeprowadziłem analizę numeryczną w zamodelowanym połączeniu ścinanym dla wybranych klejów i materiałów podłoża w temperaturach 20, 40, 60 i 80°C, uzyskując dobrą zgodność wyników numerycznych z wynikami badań eksperymentalnych, co wskazuje na precyzyjne dobranie właściwych parametrów materiałowych modelu.
14. Przeprowadziłem badania połączeń z zastosowaniem cyfrowej korelacji obrazu w temperaturze pokojowej dla analizowanych materiałów Sikadur-30, Sikadur-330 i poliuretanu PS, mocowanych do podłoża betonowego. Otrzymane wyniki potwierdziły efektywność nowej metody badawczej, poprzez wysoką zgodność z odkształceniami uzyskanymi z czujników tensometrycznych oraz wynikami modelowania numerycznego w programie DIANA. Połączenie tych metod stanowi bardzo dobre narzędzie analityczne, możliwe do wykorzystania w pracach badawczych.
15. Przedstawiłem propozycję modelowania rozkładu naprężeń po długości skleiny (w ujęciu inżynierskim), uwzględniającą koncentrację naprężeń na początku obciążonego brzegu skleiny.
16. Zaproponowałem kierunki dalszych badań ścinanych połączeń klejonych we wzmocnieniach konstrukcji, związanych z ich pracą w podwyższonej temperaturze.

Ogólna charakterystyka monografii

Moja monografia obejmuje 170 stron i składa się z 9 rozdziałów, spisu cytowanej literatury w liczbie 356 pozycji oraz streszczeń w języku polskim, angielskim i niemieckim.

W rozdziale pierwszym, sformułowałem cel i zakres pracy oraz dokonałem przeglądu obszernej literatury, związanej z technikami wzmacniania i naprawy konstrukcji budowlanych z zastosowaniem materiałów kompozytowych. Opisałem materiały stosowane przy wzmacnianiu konstrukcji budowlanych wraz z podaniem ich cech. Omówiłem techniki wzmacniania i naprawy konstrukcji betonowych przy użyciu kompozytów, polegające na przyklejaniu zbrojenia powierzchniowego, wklejaniu zbrojenia przypowierzchniowego oraz owijaniu zewnętrznej powierzchni elementu kompozytem. Przedstawiłem również sposoby naprawy i wzmocnień stosowane w konstrukcjach murowych oraz drewnianych.

W rozdziale drugim, scharakteryzowałem wybrane podstawowe zagadnienia mechaniki polimerów, powiązane z tematyką monografii, w tym: zagadnienia przemiany szklistej, efekt Mullina, równoważność czasowo-temperaturową dla polimerów. Osobny podrozdział poświęciłem zagadnieniom pełzania i relaksacji, obejmujący przedstawienie podstawowych modeli reologicznych. W dalszej części zaprezentowałem związki konstytutywne dla materiałów, stosowane w mechanice ośrodków ciągłych dla materiałów liniowo sprężystych i hipersprężystych. Przeanalizowałem znaczenie miar deformacji w opisie materiału hipersprężystego, z uwzględnieniem miary odkształcenia Seth-Hilla oraz miar deformacji Darijani-Naghdabadi, a także energetycznie sprzężonych pary tensorów naprężenia i odkształcenia oraz uogólnionych związków konstytutywnych (miary D-N). Szczegółowo opisałem związki konstytutywne materiałów hipersprężystych dla jednoosiowego rozciągania, opisane modelami Darijani-Naghdabadi (D-N) oraz Mooney-Rivlina. Przedstawione podstawy teoretyczne zostały przeze mnie wykorzystane w podrozdziale 6.4.3.

W rozdziale trzecim, omówiłem teoretyczne podstawy pracy ścinanych połączeń klejonych, obejmujące zagadnienia występowania naprężeń w ścinanej warstwie skleiny dla skończonych

odkształceń oraz sposobami ich wyznaczenia. Scharakteryzowałem również typowe postacie uszkodzeń wzmocnień ścinanych.

W rozdziale czwartym, opisałem stanowisko badawcze i zastosowaną aparaturę. Obejmowało ono maszynę wytrzymałościową, samodzielnie wykonaną przez autora komorę temperaturową wraz z układem sterowania i regulacji temperatury, czujniki do pomiaru odkształceń i przemieszczeń, urządzenia do pomiaru i rejestracji temperatury oraz twardości. W odniesieniu do pomiarów bezkontaktowych wyjaśniłem podstawy metody cyfrowej korelacji obrazu oraz zastosowany algorytm obliczeniowy.

Rozdział piąty zawiera opis parametrów mechanicznych zastosowanych epoksydowych i poliuretanowych warstw adhezyjnych oraz betonu, cegły i drewna jodłowego, wykorzystanych jako podłoża przy analizie pracy wzmocnienia kompozytowego wykonanego z włókien węglowych SikaDur S512 (S512) w postaci taśmy jednokierunkowej.

W rozdziale szóstym, zaprezentowałem wyniki badań przeprowadzone przeze mnie na samodzielnie wykonanych próbkach, wykonanych z zastosowanych materiałów, w celu wyznaczenia ich rzeczywistych właściwości. Materiały te zostały wykonane zgodnie z kartami technicznymi producenta. Wyznaczone przeze mnie parametry materiałowe nieznacznie odbiegały od tych podanych przez producenta. Ponadto, wykonałem badania cech niepodanych w specyfikacjach. Dotyczyły one między innymi wyznaczenia współczynnika rozszerzalności liniowej w funkcji temperatury, wyznaczenia ciepła właściwego, wyznaczenia twardości w funkcji temperatury, wpływu prędkości rozciągania na maksymalne wartości naprężeń i odkształceń w temperaturze pokojowej dla poliuretanu PS. Dodatkowo wykonałem statyczną próbę ściskania tych materiałów w funkcji temperatury oraz wyznaczyłem nośności badanych podłoży metodą pull-off. Na podstawie otrzymanych wyników obliczyłem wartości temperaturowego współczynnika naprężeniowego dla materiałów zastosowanych w pracy.

Rozdział 6.3 zawiera opis przeprowadzonych przeze mnie badań reologicznych trzech materiałów wybranych na skleiny, tj. klejów epoksydowych Sikadur-30, Sikadur-330 oraz poliuretanu PS. W badaniach wstępnych wyznaczony został poziom zniszczenia przy pełzaniu. Badania właściwe przeprowadziłem dla trzech wybranych poziomów naprężenia: 0,5, 1 i 2 MPa. Badania przeprowadzone zostały w temperaturze 20, 40, 60 i 80°C. Czas pojedynczej próby wynosił 100 godzin. Wyniki zaprezentowane zostały w postaci wykresów.

Rozdział 6.4 zawiera opis wyznaczania parametrów modeli poliuretanu PS, zależnych od temperatury. W tym celu przeprowadziłem badania w statycznej próbie rozciągania w zakresie temperatury 20-80°C.

Podrozdział 6.4.3. przedstawia zaproponowaną przeze mnie procedurę wyznaczania parametrów modelu Darijani-Naghdabadi dla poliuretanu PS w funkcji temperatury. Omówiony został w nim wpływ parametrów modelu α i β na sterowanie dopasowaniem modelu do danych eksperymentalnych oraz przedstawione dopasowanie wartości modułu Younga dla ustalonych α i β przy zadanej wartości odkształcenia. Na uwagę zasługuje fakt, że dobrane parametry α i β mają takie same wartości w analizowanych temperaturach, niezależnie od zadanej prędkości odkształcenia. Najlepsze dopasowanie modelu do danych eksperymentalnych osiągnąłem dla wartości modułu Younga wyznaczonego przy 3% odkształcenia. Ta autorska procedura nadaje się do opisu materiałów polimerowych w szerokim zakresie temperatury, a model D-N może zostać efektywnie wykorzystany w obliczeniach inżynierskich i modelowaniu połączeń.

Podrozdział 6.4.4. zawiera porównanie modeli Darijani-Naghdabadi i Hencky'ego, opisujących zachowanie poliuretanu PS, natomiast podrozdział 6.4.5. opisuje wyznaczone wartości stałych dla modelu Mooney-Rivlina, przyjętego dla kleju poliuretanowego PS w zakresie temperatury 20-80°C.

Badanie połączeń ścinanych przedstawiłem w podrozdziałach 7.1 do 7.4. Badania próbek w teście pojedynczego ścinania zrealizowałem w komorze temperaturowej umieszczonej w maszynie wytrzymałościowej. Próbkę betonową oraz drewnianą zostały przycięte do wymiarów cegły (12x25x5,5 cm), a elementy wzmocnienia wykonane z taśmy węglowej S512 zostały doklejone do podłoża na powierzchni 50x200 mm². Badania przeprowadziłem dla czterech wartości temperatury tj. 20, 40, 60 i 80°C. Zakres ten obejmował dwie temperatury przed poziomem temperatury zeszklenia T_g żywic Sikadur-30 i Sikadur-330 oraz dwie powyżej ich T_g . W przypadku poliuretanu PS, wszystkie temperatury badania były powyżej jego T_g . Poziom obciążenia taśmy był tak dobrany (siła 5 kN), aby

nie spowodował zniszczenia badanych próbek powyżej ich T_g . Przeanalizowałem wpływ temperatury zeszklenia oraz wpływ sztywności podłoża na rozkład odkształceń taśmy S512 na podłożu betonowym, ceglany i drewnianym.

W rozdziale 7.5 zaprezentowałem wyniki badań rozkładu odkształceń połączeń ścinanych z zastosowaniem metody cyfrowej korelacji obrazu, natomiast w rozdziale 7.6 zamieściłem opis modelowania numerycznego ścinanego połączenia zakładkowego odpowiadający przeprowadzonym badaniom eksperymentalnym, opisany w punktach 7.1 do 7.4. Jest tam przedstawiony opis zastosowanego modelu numerycznego, wraz z wynikami analiz numerycznych zaprezentowanych w formie kolorowych plansz map, zestawionych osobno dla taśmy S512 i materiału podłoża.

W rozdziale ósmym przedstawiłem analizę porównawczą otrzymanych wyników z badania połączeń ścinanych, modelowania numerycznego oraz metody cyfrowej korelacji obrazu. Wykazałem istotny wpływ parametrów podłoża oraz skleiny na odkształcenia taśmy S512, a co za tym idzie koncentracji naprężeń na obciążonym brzegu połączenia. Zmiana temperatury pracy sztywnych warstw skleiny (wykonanych z epoksydów) wykazuje istotny wpływ na poziomy odkształceń generowanych w taśmie kompozytowej, zmieniając znacząco rozkłady naprężeń po długości połączenia. Jednocześnie, zmiana temperatury pracy podatnej warstwy skleiny nie wykazuje istotnego wpływu na poziomy odkształceń generowanych w taśmie kompozytowej i praktycznie nie zmienia rozkładu naprężeń po długości połączenia. Zaproponowałem również sposób modelowania rozkładu naprężeń w skleinie w ujęciu inżynierskim, który będzie przydatny w obliczeniach połączeń pracujących w zmiennych warunkach temperaturowych (w odniesieniu do przebadanych materiałów budujących warstwę skleiny oraz wzmacnianego podłoża).

Rozdział dziewiąty zawiera podsumowanie i wnioski z całości prac zawartych w monografii, omówienie nowych elementów i efektów otrzymanych wyników badań. Przedstawiłem w nim również propozycje dalszych prac i kierunków badań.

Monografia kończy się zestawieniem wykorzystanej literatury oraz streszczeniami w języku polskim, angielskim i niemieckim.

Oryginalne elementy pracy:

- Przeprowadziłem badania złącza ścinanego w warunkach obciążenia i oddziaływania temperatury w zakresie 20-80°C. Połączenia wykonałem z zastosowaniem sztywnych klejów epoksydowych Sikadur-30 i Sikadur330 oraz podatnego kleju poliuretanowego PS. Porównałem rozkłady odkształceń taśmy wzmacniającej S512 na trzech podłożach o różnej sztywności, mocowanej do nich na sztywnych i podatnych warstwach adhezyjnych
- Przeprowadziłem wstępne 100 godzinne badania reologiczne klejów epoksydowych Sikadur-30 i Sikadur330 oraz podatnego kleju poliuretanowego PS w zakresie oddziaływania temperatury 20-80°C dla trzech poziomów naprężeń ścinających.
- Zaproponowałem metodę wyznaczenia współczynników materiałowych modelu Darjani-Naghdabadi dla poliuretanu PS. Wyznaczone parametry modelu D-N przyjmują stałe wartości dla danej temperatury, niezależnie od prędkości badania poprzez (autorskie) podstawienie wartości modułu Younga z zakresu odkształcenia do 3% dla danej prędkości badania. Jest to istotne ułatwienie opisu badanego nieliniowego materiału w zakresie dużych odkształceń, umożliwiające oszacowanie wartości powstałych naprężeń w złączu na podstawie wyników pomiarów wykonanych na elementach rzeczywistych konstrukcji.
- Porównałem trzy metody badawcze tj. pomiary tensometryczne, modelowanie numeryczne oraz metodę cyfrowej korelacji obrazu przy wyznaczaniu odkształceń taśmy S512 przyklejonej do podłoża betonowego, w temperaturze 20°C. Badania przeprowadzone zostały dla sklein epoksydowych (Sikadur-30 i Sikadur330) oraz skleiny poliuretanowej PS.
- Zaproponowałem modelowanie rozkładu naprężeń w skleinie w ujęciu inżynierskim. Pozwoli ono na wykonanie obliczeń połączenia ścinanego w zmiennych warunkach temperaturowych w odniesieniu do zastosowanych materiałów adhezyjnych i wzmacnianego podłoża oraz lepsze zrozumienie charakterystyki pracy takich połączeń. Istotne znaczenie ma w nim kształt rozkładu naprężeń, jego długość oraz wielkość koncentracji naprężenia na obciążonym brzegu połączenia. pozostaje istotny jest także opisany fakt zmiany charakterystyki rozkładu

odkształceń, spowodowany zmianami parametrów mechanicznych w materiałach skleiny, związany z przemianą szklistą w zakresie temperatury eksploatacyjnej pracującego elementu (o dużym znaczeniu praktycznym).

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

5.1. Aktywność naukowa

Moja działalność naukowo-badawcza po doktoracie (po roku 2008) związana jest z dalszym rozwojem zagadnień zewnętrznego wzmocnienia i naprawy konstrukcji inżynierskich. Na szczególną uwagę zasługują zagadnienia związane z zastosowaniem złączy podatnych, rozwijanych na Politechnice Krakowskiej przez dr hab. inż. Arkadiusza Kwietnia, przy moim aktywnym udziale. Moje szczególne zainteresowania ukierunkowane są na tematy związane z zagadnieniami reologii wzmocnień konstrukcji oraz trwałości połączeń w zmiennych warunkach środowiskowych. Rozpatrywane przeze mnie są wpływy temperatury oraz czynników zewnętrznych (w postaci zmiennych warunków fizyko-chemicznych) na wybrane elementy połączeń konstrukcyjnych. Na przestrzeni kilku lat zaowocowało to wieloma publikacjami, w tym sześcioma z listy A oraz powstaniem mojej monografii habilitacyjnej.

W początkowym okresie mojej działalności naukowej zajmowałem się głównie zagadnieniami związanymi z naprawą i wzmocnianiem konstrukcji murowych oraz betonowych. Obejmowały one naprawy konstrukcji betonowych z zastosowaniem klejów polimerowych [E1], [E3] oraz ich wzmocnianie doklejanymi kompozytami wykonanymi z taśm z włókien węglowych, mocowanymi do podłoża na podatnym złączu poliuretanowym [E3]. Zajmowałem się równolegle zagadnieniami związanymi z modelowaniem połączeń dla materiałów hipersprężystych [E4] oraz zagadnieniami reologicznymi [E5]. Moje zainteresowania odnosiły się do zagadnień związanych z trwałością połączeń wykonanych z podatnych poliuretanów w porównaniu do żywic epoksydowych, klasycznie stosowanych w systemach wzmocnień. We współpracy międzynarodowej z badaczami z Portugalii, Włoch i Grecji uczestniczyłem w serii badań laboratoryjnych, wykonywanych w zagranicznych ośrodkach naukowych. Wynikiem tej współpracy było opublikowanie artykułów w czasopismach z listy JCR na temat: wzmocnienia konstrukcji murowych [A1], [A3], ich trwałości [A2] oraz zagadnień związanych z ich naprawą [A4]. Prowadziłem także wspólne badania na Politechnice Krakowskiej w odniesieniu do trwałości materiału poliuretanowego poddanego działaniu silnego promieniowania ultrafioletowego oraz działaniu wody [E9]. W kolejnych latach rozwijałem prace badawcze związane ze wzmocnianiem elementów betonowych [E7], [E8], [E11], [E13], [E16] oraz praktycznym zastosowaniem metody złącza podatnego [E6], [E10]. Zajmowałem się również zagadnieniami związanymi z podniesieniem nośności kolumn ceglanych [E12]. Moje zainteresowania naukowe rozszerzyły się o zagadnienia związane z oddziaływaniem temperatury [E14], [E22], [E27], [E29] i czynników chemicznych [E28] na konstrukcje.

Zaprojektowałem i samodzielnie wykonałem komorę temperaturową, jako doposażenie maszyny wytrzymałościowej Zwick 1455. Obejmuje ona część roboczą maszyny, stanowiąc zamknięty obszar wraz ze szczękami (uchwytami), w której można prowadzić badania próbek pod obciążeniem w stałej (podwyższonej) temperaturze. Wykonany przeze mnie układ zasilania o regulowanej mocy do 1000 W pozwala na osiągnięcie w komorze temperatury do 100°C. Temperatura w komorze jest stabilizowana cyfrowym regulatorem o płynnej nastawie z dokładnością do 0,5°C oraz elektronicznymi przełącznikami mocy zasilania. Odpowiedni dobór mocy pozwala na utrzymanie stabilnej temperatury z minimalnymi odchyleniami od wartości średniej. Równomierny rozkład temperatury w komorze zapewniają specjalnie dobrane wentylatory, odpowiedzialne za cyrkulację powietrza we wnętrzu. Dodatkowym wyposażeniem wykorzystanym w badaniach (także samodzielnie zaprojektowanym i wykonanym) były niewielkich rozmiarów aluminiowe termostaty o cyfrowo stabilizowanej temperaturze do 100°C, pozwalające na utrzymanie zadanej temperatury pomiarowej na próbkach poddanych obciążeniu, wraz z jednocześnie prowadzonymi pomiarami

odkształceń i przemieszczeń. Wykonałem również zestawy pomiarowe temperatury, umożliwiające jednoczesny pomiar ośmiu kanałów wraz z rejestracją wartości mierzonych. Zastosowane półprzewodnikowe czujniki pomiarowe są niewielkich wymiarów. Najmniejsze z nich o wymiarach $0,45 \times 0,85 \times 1,55$ mm umożliwiają bezpośredni pomiar np. w warstwie skleiny badanych elementów połączeń. Posiadają one również znikomą masę, a zatem bardzo małą pojemność cieplną, co w znaczący sposób minimalizuje bezwładność odczytu bieżącej wartości temperatury w badanym punkcie. Wspomniany powyżej warsztat badawczy umożliwił mi wykonanie wielu badań i pomiarów oraz jest wyposażeniem, które będę wykorzystywał w dalszej działalności naukowo-badawczej. Przy użyciu wykonanej przeze mnie aparatury, wyznaczyłem także współczynniki rozszerzalności liniowej wielu materiałów poliuretanowych, epoksydowych oraz temperatury przemiany szklistej dla materiałów epoksydowych.

Przeprowadziłem również badania rozciągania i ściskania w podwyższonej temperaturze, dla różnych prędkości odkształcenia dla wielu materiałów polimerowych, a także wielogodzinne badania zachowania się reologicznego polimerów dla różnych wartości temperatur oraz obciążenia. Badania te, umożliwiły mi wyznaczenie charakterystyk zmienności parametrów mechanicznych polimerów w funkcji temperatury. Przeprowadziłem badania połączeń rozciąganych i ścinanych pod obciążeniem także w zakresie temperatury 20-100°C. Jako wzmocnienia stosowałem materiały kompozytowe i włókniste z wykorzystaniem włókien węglowych, szklanych, bazaltowych, aramidowych, stalowych i naturalnych (z bambusa i lnu). Prowadząc badania własne nad wzmocnieniami jednokierunkowymi, wykonanymi z włókien stalowych oraz włókien naturalnych z bambusa, napotkałem duże trudności z jednoznacznym zdefiniowaniem samego połączenia kompozytu i podłoża, gdyż w takich wzmocnieniach warstwa skleiny stanowi również matrycę powstałego kompozytu. Ostatecznie zdecydowałem się na ograniczenie badań do kompozytowej taśmy z włókien węglowych, ze względu na jej stabilne i równomierne zachowanie pod obciążeniem w zmiennej temperaturze. Otrzymane wyniki były wykorzystane przeze mnie do modelowania i analizy pracy połączeń w aspekcie temperaturowym. Były one także inspiracją do napisania osobnej monografii (habilitacyjnej) oraz prac, których byłem autorem [E29], [L3-L5] oraz współautorem [E16], [E30], [E32-E34], [E37], [E39], poświęconych zachowaniu wzmocnień kompozytowych mocowanych do podłoża na sztywnych i podatnych warstwach adhezyjnych, poddanych działaniu różnych czynników. Zagadnienie właściwości mechanicznych samych włókien naturalnych (np. z bambusa) i wykonanych z nich wzmocnień jest osobnym wyzwaniem. Będzie ono przedmiotem moich dalszych badań nad pracą takich połączeń takich wzmocnień w aspekcie temperaturowym. Jest to jeden z planowanych kierunków dalszego mojego rozwoju naukowego.

Zajmowałem się także zagadnieniami związanymi z dynamiką konstrukcji, z uwzględnieniem wpływów sejsmicznych i parasejsmicznych na budowie oraz zabezpieczaniem obiektów przed nimi [E34]. Obejmowały one pracę obiektu murowego warunkach rzeczywistych [E10], a także obiektu zabytkowego [E19] oraz na elementach badanych na stanowiskach laboratoryjnych [E21], [E43]. Moje prace dotyczące tłumienia drgań konstrukcji przedstawiono w [E15], [E20].

Moje zaangażowanie w międzynarodowe projekty [IIIA1-4], oprócz publikacji wymienionych wcześniej, zostało udokumentowane pracami zbiorowymi typu "state-of-the-art-report", sporządzonymi w odniesieniu do mocowania wzmocnień kompozytowych do konstrukcji murowych [F1] oraz betonowych [F2]. Zagadnienia trwałości połączeń wzmocnień kompozytowych zostały zawarte w pracach [F3], [A5], natomiast zagadnienie ich ponownej naprawy po oderwaniu od podłoża przedstawiono w [E24]. Tematyka trwałości i omówienie metod naprawy betonu w odniesieniu do zjawiska samo leczenia mikropęknięć została przedstawiona w [A6], gdzie byłem koordynatorem odpowiedzialnym za przygotowanie jednego z rozdziałów. Moja wieloletnia współpraca międzynarodowa zaowocowała nawiązaniem kontaktów z licznym gronem aktywnych badaczy oraz poznaniem nowoczesnych technik i metod pomiarowych. Ciągły rozwój tych kontaktów sprawia, że moje zainteresowania naukowe i badawcze skupiają się wokół aktualnej tematyki prowadzonej na wiodących uniwersytetach europejskich, a mój osobisty wkład w naukę jest istotny i zauważalny.

Oprócz działalności czysto naukowej, byłem także zaangażowany w realizację praktycznych zagadnień inżynierskich, związanych z analizą przyczyn uszkodzeń nawierzchni betonowych [E31], posadzek betonowych [E17], budynku wielopiętrowego [E39] oraz torowisk tramwajowych [E18], co zaowocowało publikacjami.

Moje zainteresowania dotyczyły również zastosowania połączeń sztywnych i podatnych w obiektach zabytkowych [E35], [E40], [E42], gdzie możliwe i korzystne okazało się zastosowanie klejów poliuretanowych, o małej sztywności i dużej podatności, dzięki czemu możliwe jest zastosowanie wzmocnień i napraw na relatywnie słabych podłożach [E34], [E36].

Byłem również uczestnikiem wielu konferencji naukowych, na których wygłosiłem kilkanaście referatów związanych z naprawą i wzmacnianiem konstrukcji [L1-2], [L4], [L8], [L12-14], oddziaływaniem drgań [L-8], oddziaływaniem czynników chemicznych na betony [L6]. Najliczniejsza grupa moich wystąpień związana była z oddziaływaniem temperatury [L3], [L5], [L7], [L9-10], [L15] ze szczególnym uwzględnieniem powstających naprężeń związanych z zastosowaniem sztywnych i podatnych materiałów, jako warstw naprawczych oraz warstw skleiny zewnętrznego wzmocnienia.

Jestem współautorem kilku zgłoszeń do urzędu patentowego, które dotyczyły wykonywania nośnych złączy naprawczych o zadanych parametrach mechanicznych w betonowych i murowych konstrukcjach budowlanych oraz sposobów wykonania betonowych elementów w obiektach komunikacyjnych. Dla dwóch z nich [C1], [C2] uzyskano patenty. Dokonane były także zgłoszenia na wzory użytkowe i przemysłowe związane z zestawami elementów nośnych w szlakach komunikacji szynowej. Dla pięciu z nich [D1-D5] uzyskane zostało prawo ochronne na wzór użytkowy. Wynalazki te zostały przeze mnie skomercjalizowane. Ich wdrażaniem w praktyce inżynierskiej zajmuję się jako współwłaściciel i wiceprezes spółki spin-off FlexAndRobust Systems Sp. z o.o.

Praktyczne aspekty ekonomiczne zastosowania tych wynalazków w konstrukcjach betonowych opublikowałem w [E26]. Złożone aspekty pracy wynalazków bazujących na złączach podatnych badałem nowymi technikami pomiarowymi wykorzystującymi bezkontaktowy optyczny pomiar przemieszczeń i odkształceń [E15], [E41] oraz analizowałem przy użyciu modeli numerycznych połączeń [E25].

W **Załączniku 7** przedstawiłem 10 wybranych prac z mojego dorobku publikacyjnego, niewchodzącego w skład osiągnięcia stanowiącego podstawę habilitacji (monografii).

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

Moja aktywność dotycząca zagadnień inżynierskich była związana z oceną stanu technicznego uszkodzonych konstrukcji oraz metodyką ich napraw i wzmocnienia, a także zabezpieczenia przed niekorzystnymi wpływami zewnętrznych czynników środowiskowych. Jako współautor, opracowywałem i rozwijałem metodę *Polimerowych Złączy Podatnych (PZP)* zaproponowaną przez dr hab. inż. Arkadiusza Kwietnia. Można wymienić tutaj moje prace związane z naprawami uszkodzonych konstrukcji betonowych [B4], [B6], murowych [B3], szlaków komunikacyjnych [B2] oraz nietypowych, jak kotwy do mocowania samolotów na płycie postojowej [B5]. Były to praktyczne aplikacje polimerowych złączy podatnych w obiektach rzeczywistych. Metoda złącza podatnego wykorzystana była również jako elementy mocujące w obiektach zabytkowych spełniając jednocześnie rolę wibroizolacji [B1], [B7-9]. Uczestniczyłem aktywnie w opracowaniu technologicznym dla firmy Sika serii materiałów poliuretanowych grupy Sika P, dedykowanych do polimerowych złączy podatnych, które dystrybuowane są obecnie na rynkach europejskich przez Sika Poland (produkt jest dostępny w sprzedaży wraz z kartami technicznymi) [M10-14]. Obecnie biorę udział w opracowaniu połączeń konstrukcyjnych bazujących na PZP w energooszczędnych domach drewnianych (w ramach projektu POIR).

Zaprojektowałem i wykonałem komorę temperaturową umieszczoną w maszynie wytrzymałościowej, umożliwiającą przeprowadzenie badań oraz pomiarów dla przemysłu wybranych elementów i połączeń pod obciążeniem, w zakresie temperatury do 100°C. Została ona opisana szczegółowo w mojej monografii habilitacyjnej.

Jako członek zespołu badawczego, wykonywałem ekspertyzy naukowo-badawcze dla przemysłu dotyczące badania parametrów materiałów polimerowych stosowanych jako masy zalewowe [M1], [M3]. Sprawowałem nadzór nad prawidłowym praktycznym zastosowaniem metody złącza podatnego w ciągach komunikacyjnych [M2], [M4]. Uczestniczyłem w opracowaniu

technologii wykonania złącza podatnego dla montażu rzeźb: Corvinusa, Ateny i Marsa na zwieńczeniu elewacji wschodniej Pałacu Krasińskich – Biblioteki Narodowej w Warszawie [M6]. Brałem udział w tworzeniu opinii technicznej dotyczącej określenia przyczyn powstania zarysowań i mikropęknięć na płycie placu kontenerowego na terenie Euroterminalu Sławków Sp. z o.o., wraz ze wskazaniem wariantów sposobu naprawy istniejących uszkodzeń [M5].

Opracowywałem także ekspertyzę techniczną przyczyn powstania rys na elewacji budynku Okrągłak w Poznaniu [M8] Oraz wykonywałem ekspertyzę w zakresie badania stanu technicznego torowiska tramwajowego w Krakowie na odcinku drogi serwisowej od wyjazdu z tunelu KST do pętli tramwajowej Dworzec Towarowy (pętla Kamienna), zakończoną innowacyjnym wdrożeniem złączy podatnych [M7].

Brałem udział w projekcie badawczym, dotyczącym zabezpieczenia i naprawy konstrukcji budowlanych poddanych obciążeniom statycznym, dynamicznym oraz temperaturowym [J1]. Obecnie jestem zaangażowany w dwa projekty POIR dotyczące opracowania nowatorskiej technologii wibroizolacji podłóg [J2] oraz innowacyjnej technologii budownictwa modułowego na bazie drewna [J3].

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

Od początku mojej działalności zawodowej jestem związany z Katedrą / Zakładem Wytrzymałości Materiałów Politechniki Krakowskiej. Początkowo, jako asystent stażysta, następnie asystent, wykładowca, a obecnie adiunkt naukowo-dydaktyczny. Dotychczas w mojej działalności dydaktycznej prowadziłem wykłady, ćwiczenia audytoryjne, projektowe oraz laboratoryjne na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych jednostopniowych, a następnie na pierwszym i drugim stopniu studiów dwustopniowych. Prowadzone zajęcia obejmowały zagadnienia z wytrzymałości materiałów oraz reologii na Wydziale Inżynierii Lądowej oraz Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej.

Pracując, jako adiunkt naukowo-dydaktyczny byłem promotorem 7 prac inżynierskich oraz 2 magisterskich. Byłem również promotorem pomocniczym obronionej pracy doktorskiej [III K1]. Powstałe prace dotyczyły głównie praktycznych zagadnień inżynierskich z zastosowaniem nowoczesnych materiałów kompozytowych, z włókien węglowych, szklanych, bazaltowych, aramidowych oraz stalowych, stosowanych przy wzmocnieniach i naprawach konstrukcji budowlanych. Byłem także recenzentem kilku prac dyplomowych. Współpracowałem sylabusy z przedmiotu reologia dla studentów Wydziałów Inżynierii Lądowej oraz Inżynierii i Technologii Chemicznej. Przeprowadziłem szkolenia w praktycznym wykonaniu próbek do wspólnych badań z zastosowaniem technologii "złącza podatnego" dla studentów i doktorantów na uniwersytetach zagranicznych: we Włoszech, Portugalii oraz Słowenii [III J].

7. Parametryczne podsumowanie dorobku naukowego

Parametryczne przedstawienie mojego dorobku naukowego oraz prac badawczych opracowałem w oparciu o zestawienie w **Załączniku 3** i pokazałem w Tabeli 1.

Tabela 1. Parametryczne zestawienie całkowitego dorobku (wg załącznika 3)

	Rodzaj osiągnięcia	
	Monografie habilitacyjne	1
[A]	Publikacje naukowe w bazie JCR	6
[B]	Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	14
[C]	Udzielone patenty międzynarodowe i krajowe	2
[D]	Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe, które uzyskały ochronę i	5

	zostały wystawione na międzynarodowych wystawach lub targach	
[E]	Monografie, publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie, o której mowa w pkt II A	43
[F]	Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz, utworów i dzieł artystycznych	3
[G]	Summary impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania (dla 6 publikacji po doktoracie)	17,763
[H]	Liczba cytowań według bazy Web of Science (WoS) (12 publikacji)	119*/129
	Liczba cytowań według bazy Scopus (22 publikacje)	75*/217
	Liczba cytowań według bazy Google Scholar (82 publikacje)	3331
[I]	Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS) (12 publikacji)	5
	Indeks Hirscha według bazy Scopus (22 publikacje)	6
	Indeks Hirscha według bazy Google Scholar (82 publikacje)	9
	Punkty MNiSW - zgodnie z rokiem opublikowania	261,9
[J]	Kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach	3
[K]	Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową albo artystyczną	-
[L]	Wygłoszenie referatów na konferencjach międzynarodowych i krajowych	15
* bez autocytowań wszystkich autorów		

8. Podsumowanie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego

[A]	Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych	4
[B]	Aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych	-
[C]	Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych	1
[D]	Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż wymienione w pkt. II K	-
[E]	Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	1
[F]	Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych oraz we współpracy z przedsiębiorcami, innymi niż wymienione w pkt. II J	-
[G]	Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	-
[H]	Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	4
[I]	Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki	2
[J]	Opieka naukowa nad studentami i lekarzami w toku specjalizacji	1
[K]	Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego	1
[L]	Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich	3
[M]	Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie	6
[N]	Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	-
[O]	Recenzowanie projektów międzynarodowych i krajowych	-
[P]	Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych	1
[Q]	Inne osiągnięcia, niewymienione w pkt. III A-III P	3

Zestawienie wszystkich publikacji, których jestem autorem lub współautorem przedstawiłem w **Załączniku 5**.