

ZAŁĄCZNIK NR 3

AUTOREFERAT

przedstawiający opis dorobku stanowiącego przedmiot w postępowaniu habilitacyjnym oraz działalność naukowo-badawczą, dydaktyczną, zawodową i organizacyjną

Dr inż. Lidia Buda-Ożóg

Politechnika Rzeszowska,
Wydział Budownictwa Inżynierii
Środowiska i Architektury,
Katedra Konstrukcji Budowlanych

Spis treści

1. DANE OSOBOWE	1
2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE.....	1
3. PRZEBIEG ZATRUDNIENIA	2
4. WSKAZANE OSIĄGNIĘCIE WYNIKAJĄCE 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	3
4.1 Cel naukowy.....	3
4.2 Wybrane elementy monografii.....	4
4.2.1 Nośność elementów dla modeli ST według różnych kryteriów.....	4
4.2.2 Metody szacowania niezawodności konstrukcji.....	5
4.2.3 Przykłady szacowania niezawodności konstrukcji projektowanych metodą ST.....	6
4.2.4 Badania własne belek żelbetowych projektowanych metodą ST.....	8
4.3 Podsumowanie – wskazanie głównych osiągnięć	11
5. POZOSTAŁE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWO – BADAWCZE.....	13
5.1 Osiągnięcia naukowo – badawcze przed uzyskaniem stopnia doktora	13
5.2 Osiągnięcia naukowo – badawcze po uzyskaniu stopnia doktora	13
5.2.1 Ocena stanu technicznego belek żelbetowych na podstawie zmian charakterystyk dynamicznych	13
5.2.2 Niezawodność konstrukcji murowych.....	15
5.2.3 Zastosowanie modeli ST.....	15
5.2.4 Nośność, odkształcalność i obraz zarysowania elementów żelbetowych na podstawie modeli numerycznych i badań doświadczalnych.....	16
5.2.5 Niezawodność konstrukcji żelbetowych.....	17
5.2.6 Jakość betonu a niezawodność konstrukcji betonowych i żelbetowych.....	18
5.3 Inne osiągnięcia - granty, staże.....	20
5.4 Podsumowanie działalności naukowo - badawczej.....	20
6. POZOSTAŁE OSIĄGNIĘCIA DYDAKTYCZNE, INŻYNIERSKIE I ORGANIZACYJNE...	21
6.1 Działalność dydaktyczna.....	21
6.2 Działalność inżynierska.....	22
6.3 Działalność organizacyjna.....	23

1. DANE OSOBOWE

Dr inż. Lidia Buda-Ożóg

Politechnika Rzeszowska,
Wydział Budownictwa Inżynierii Środowiska i Architektury,
Katedra Konstrukcji Budowlanych,
ul. Poznańska 2, 35-084 Rzeszów,
tel. 668 142 154,
e-mail: lida@prz.edu.pl

2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE

2.1 Stopnie naukowe

Magister inżynier budownictwa

- data nadania: 12.06.1996r
- jednostka: Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska,
- specjalność: konstrukcje budowlane i inżynierskie,
- temat pracy: **Badania i ocena możliwości przyspieszonego dojrzewania w procesie produkcji elementów prefabrykowanych,**
- promotor: dr inż. Grzegorz Bajorek,
- recenzent: dr inż. Aleksander Starakiewicz.

Doktor nauk technicznych

- data nadania: 09.01.2008 r
- jednostka: Rada Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska,
- dyscyplina: budownictwo,
- temat rozprawy: **Diagnostyka stanu technicznego elementów z betonu metodami dynamicznymi,**
- promotorzy: dr hab. inż. Władysław Łakota, prof. PRz,
prof. dr hab. inż. Leonard Ziemiański,
- recenzenci: prof. dr hab. inż. Tadeusz Uhl (Akademia Górniczo- Hutnicza),
dr hab. inż. Szczepan Woliński, prof. PRz.

2.2 Uprawnienia zawodowe

- rodzaj: **Uprawnienia do projektowania bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej**
- data nadania: 12.11.1997,
- nr uprawnień: 36/97,
- jednostka: Urząd Wojewódzki w Rzeszowie.

- rodzaj: **Zaświadczenie upoważniające do sporządzania projektów w specjalności konstrukcyjnej dotyczących prac remontowo-budowlanych i adaptacyjnych w obiektach objętych ochroną konserwatorską,**
- data nadania: 26.08.1998,
- nr zaświadczenia: 150,

- jednostka: Wojewódzki Konserwator Zabytków.

3. PRZEBIEG ZATRUDNIENIA

- 06.1996 r. – 10.1999 r. Usługi Projektowo- Budowlane, Władysław Jagiełło, Rzeszów Al. Niepodległości, na stanowisku asystent projektanta, od 1998 r. na stanowisku projektant konstrukcji,
- 11.1999 r. – 09.2006 r. Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Zakład Badań Konstrukcji, na stanowisku asystent,
- 10.2006 r. – 09.2010 r. Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Mechaniki Budowli, na stanowisku asystent, od 03.2008 r. na stanowisku adiunkt,
- 10.2010 r. – do teraz Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Konstrukcji Budowlanych, na stanowisku adiunkt.

4. WSKAZANE OSIĄGNIĘCIE WYNIKAJĄCE 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

4.1 Cel naukowy

Kształtowanie obiektów budowlanych w aspekcie zwiększenia trwałości, jakości, niezawodności i bezpieczeństwa budowli jest możliwe poprzez wdrożenie nowych materiałów, technologii czy nowych rozwiązań projektowo-konstrukcyjnych. Niezawodność konstrukcji budowlanych jest istotnym kryterium projektowym, przy czym wymagany poziom bezpieczeństwa zależy nie tylko od funkcji i przeznaczenia obiektu, ale również od parametrów uwzględnianych w obliczeniach. Pomimo licznych badań dotyczących zapewnienia niezawodności i bezpieczeństwa, z pewnym określonym prawdopodobieństwem występują czynniki zwiększające niepewności przyjmowanych parametrów i konstrukcja ulega awarii. Ponieważ zniszczenia takie mają wymiar nie tylko społeczno-ekonomiczny, ale również ludzki, to zagadnienia optymalizacji konstrukcji z uwagi na maksymalizację niezawodności konstrukcji powinny być celami nadrzędnymi przed innymi stosowanymi kryteriami optymalizacji. Środki podejmowane w celu zapewnienia niezawodności obejmują, oprócz odpowiednich obliczeń, całą gamę działań związanych z zapewnieniem trwałości i jakości, ograniczenia błędów w obliczeniach, wykonaniu i użytkowaniu konstrukcji. Znajomość tych problemów i umiejętność ich rozwiązywania dotyczy nie tylko projektantów, ale także wykonawców, inspektorów nadzoru, osób odpowiedzialnych za kontrolę jakości i zgodności w przedsiębiorstwach budowlanych, wytwórniach materiałów i betonu towarowego. Niestety, stan faktyczny pozostawia w tym zakresie bardzo wiele do życzenia. Upowszechnia się co prawda znajomość odpowiednich wymagań i procedur normowych, ale bez zrozumienia założeń, ograniczeń i teorii niezawodności, ich stosowanie prowadzi do poważnych błędów i awarii konstrukcji.

Zwykle uważa się, że gwarancją bezpieczeństwa jest zastosowanie mnożników kwantyli zmiennych losowych. Podejście takie zawarte jest w obowiązujących przepisach normowych, gdzie miarą niezawodności jest zastosowanie odpowiedniego zestawu współczynników częściowych modyfikujących reprezentatywne wartości zmiennych decydujących o stanie konstrukcji. Metoda ta, nie daje jednak informacji ilościowej na temat oceny niezawodności konstrukcji, umożliwia jedynie dwuwartościową ocenę stanu konstrukcji, tzn. konstrukcję można uznać za niezawodną lub zawodną. Dzięki postępowi jaki dokonuje się w technikach obliczeniowych, projektowanie konstrukcji z uwzględnieniem ilościowej oceny niezawodności konstrukcji może stać się świadomym procesem projektowym inżynierów. Udoskonalanie algorytmów obliczeniowych, czy popularyzacja alternatywnych metod obliczeń i analiz probabilistycznych, jest więc koniecznością w celu poprawy efektywności projektowania i realizacji niezawodnych konstrukcji budowlanych.

Obecnie najchętniej wybieraną metodą projektowania różnego typu konstrukcji, w tym również konstrukcji żelbetowych jest Metoda Elementów Skończonych. Otrzymane z obliczeń numerycznych wyniki nie dają jednak pełnej odpowiedzi, jak w obszarach z silnymi nieciągłościami najkorzystniej ukształtować zbrojenie. Pomocne mogą być wówczas modele ST, jednak i tutaj zalecenia normowe oraz literatura nie podają reguł pozwalających na jednoznaczne określenie kształtu i kierunku prętów w modelu. Zwykle wybór kształtu modelu ST i jego optymalizacja prowadzone są z pominięciem oceny niezawodności otrzymanego modelu. Powszechne stosowanie takiego podejścia do wyboru modeli ST stało się dla mnie inspiracją do poszukiwania optymalnego rozwiązania umożliwiającego wykorzystanie racjonalnego wyboru kształtu/geometrii modelu zgodnie

z zasadą maksymalnej jego niezawodności. Głównym celem mojej pracy było poszerzenie wiedzy na temat zagadnień teoretyczno-doświadczalnych w zakresie kształtowania zbrojenia w obszarach z silnymi nieciągłościami za pomocą optymalnych z uwagi na niezawodność modeli ST. Sformułowałam również następujące cele szczegółowe, wynikające z przeglądu stanu wiedzy zawartego w pracy i dotyczące:

- wyboru metody szacowania niezawodności tj. analizując strukturę niezawodnościową systemu złożonego przy wykorzystaniu technik symulacyjnych i modeli stochastycznych do oszacowania funkcji gęstości prawdopodobieństwa odpowiedzi,
- oszacowania minimalnej liczby przedziałów w metodzie redukcji wariancji niezbędnych do otrzymania niezmiennej postaci funkcji gęstości odpowiedzi układu,
- oszacowania niezawodności modeli ST tarcz i strefy przypodporowej belek zginanych, przyjętych według różnych kryteriów,
- analizy porównawczej wskaźników niezawodności oszacowanych różnymi metodami,
- oceny wrażliwości wskaźnika niezawodności na zmiany charakterystyk probabilistycznych zmiennych losowych,
- wykorzystania badań doświadczalnych do walidacji modeli numerycznych belek żelbetowych pracujących w złożonym stanie naprężeń,
- oceny nośności, odkształcalności i niezawodności belek poddanych działaniu momentu zginającego i skręcającego, projektowanych metodą ST, ze wskazaniem na model o najkorzystniejszej strukturze niezawodnościowej.

Niniejsza praca uzupełnia obszar badań i analiz dotyczących wyboru optymalnego kształtu modelu ST z uwzględnieniem kryterium maksymalnej niezawodności. Oryginalnym elementem pracy jest połączenie dwóch obszarów analizy konstrukcji tj. zastosowania modeli ST w projektowaniu konstrukcji żelbetowych i niezawodności.

4.2 Wybrane elementy monografii

Problemy badawcze dotyczące optymalnego kształtu modelu ST z uwzględnieniem kryterium maksymalnej niezawodności, które szczegółowo zaprezentowałam w monografii habilitacyjnej zatytułowanej „Niezwadność konstrukcji żelbetowych projektowanych metodą Strut and Tie”, wydanej przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Rzeszowskiej w 2019 r., są w dużej mierze materiałem autorskim i innowacyjnym, dotąd nie publikowanym. Poniżej skrótowo opisałam najważniejsze zagadnienia poruszane w monografii.

4.2.1 Nośność elementów dla modeli ST według różnych kryteriów

Wyboru modelu ST w zależności od rozważanego zagadnienia można dokonać wykorzystując analogię kratownicy zastępczej, strumienie sił, na podstawie znajomości trajektorii naprężeń oraz metod optymalizacji topologicznej. W monografii (rozdział 4) porównałam nośność i odkształcalność wybranych elementów żelbetowych zaprojektowanych z wykorzystaniem modeli ST ukształtowanych według różnych kryteriów. Przedstawiłam wybraną z literatury grupę badań doświadczalnych i symulacji numerycznych przeprowadzonych dla krótkich wsporników, stref przypodporowych belek, tarcz czy różnego typu węzłów. Porównałam nośność, odkształcalność i obraz zarysowania w tarczy z otworem o zbrojeniu ukształtowanym na podstawie analogii kratownicy zastępczej i strumieni sił. Wykorzystując przykład tarczy żelbetowej porównałam zalecenia normowe dotyczące wymiarowania modeli ST zawarte w ACI 318, EC 2, FIB 2010 oraz DIN 1045-1. Innym problemem występującym podczas analizy konstrukcji projektowanych metodą ST są bardzo zróżnicowane wartości współczynników korekcyjnych, często skorelowane z kątem nachylenia krzyżulców ściskanych. W pracy ten problem przedstawiłam wykorzystując

badania doświadczalne i symulacje przeprowadzone dla belki przegubowej, których celem było określenie wpływu kąta nachylenia krzyżulców ściskanych na dopuszczalne naprężenia ściskające w betonowych krzyżulcach oraz węzłach. Monografia zawiera również przegląd wyników badań krótkich wsporników kształtowanych na podstawie modeli ST. Naprężenia ściskające w analizowanych modelach ST ograniczono do różnych wartości zgodnie z zaleceniami: Eurokodu, normy kanadyjskiej, normy amerykańskiej, normy australijskiej i normy nowozelandzkiej. Przedstawiłam również wyniki badań i analiz dotyczące nośności i odkształcalności węzłów oraz naroży w żelbetowych elementach konstrukcyjnych o zbrojeniu ukształtowanych na podstawie konwencjonalnej metody ST oraz z zastosowaniem nieliniowych modeli ST.

Wybrane na podstawie przeglądu literatury badania potwierdzają skomplikowany charakter zjawiska oraz możliwość uzyskania różnych wyników w zależności od przyjętego kryterium optymalizacyjnego w modelu ST. Jak pokazano, w każdym z przedstawionych przykładów, nośność elementów projektowanych metodą ST jest inna w zależności od przyjętego modelu czy zaleceń normowych, zawsze jest jednak oszacowana w sposób bezpieczny, spełniający warunki nośności. Dokonując przeglądu publikacji nie znalazłam opracowania, w którym metoda ST byłaby zastosowana do wymiarowania i kształtowania zbrojenia w przestrzennych elementach belkowych zginanych i skręcanych. Brak takich opracowań i wyników stał się inspiracją do podjęcia tego tematu i przeprowadzenia badań, których wyniki przedstawiłam w przedmiotowej pracy.

4.2.2 Metody szacowania niezawodności konstrukcji

Do oceny niezawodności modeli i elementów konstrukcyjnych zaprojektowanych z wykorzystaniem metody ST zastosowałam różne techniki tj.:

- analizując strukturę niezawodnościową systemu złożonego jakim jest model ST,
- wykorzystując techniki symulacyjne i modele stochastyczne do oszacowania funkcji gęstości prawdopodobieństwa odpowiedzi.

Strukturę niezawodnościową złożonych obiektów technicznych oraz niezawodność takich obiektów można analizować różnymi metodami. W rozdziale 5 monografii omówiłam wybrane metody, pozwalające szacować niezawodność pewnych klas nieodnawialnych systemów, możliwe do implementacji w analizie niezawodności stanów granicznych nośności elementów i konstrukcji budowlanych. Przedstawiłam systemy nieodnawialne o strukturach szeregowo – równoległych oraz systemy nieodnawialne o strukturach złożonych. Omówiłam wpływ korelacji na nośność i niezawodność systemów. Metodę oszacowania niezawodności systemów szeregowych o skorelowanych elementach wykorzystałam do analiz niezawodności przedstawionych w pracy modeli ST wybranych elementów konstrukcyjnych.

Klasyczne metody oceny niezawodności wykorzystują zdefiniowane funkcje stanu granicznego – marginesu bezpieczeństwa, które są jawnymi funkcjami zmiennych losowych. Taka zależność funkcyjna w rzeczywistych realizacjach występuje tylko dla bardzo prostych przykładów i jest praktycznie nie możliwa do zastosowania w nieliniowych konstrukcjach żelbetowych o niejawnym funkcjach stanu granicznego. Dlatego coraz częściej w przypadku rzeczywistych struktur i niejawnym funkcji stanu granicznego, niezawodność obliczana jest za pomocą procedury numerycznej, najczęściej z wykorzystaniem metody elementów skończonych. We wszystkich metodach symulacyjnych wyróżnić można kilka wspólnych, głównych kroków postępowania, takich jak: sformułowanie modeli stochastycznych badanych procesów, modelowanie numeryczne zmiennych losowych o zadanym rozkładzie prawdopodobieństwa - nazywane generowaniem próbek losowych oraz rozwiązywanie problemu statystycznego z zakresu teorii estymacji. Zastosowanie klasycznej metody

Monte Carlo w połączeniu z metodą elementów skończonych jest na ogół mało efektywne ponieważ wymaga wykonania dużej liczby realizacji w celu uzyskania wiarygodnych rezultatów. Dlatego też, w wielu przypadkach metoda Monte Carlo stosowana jest wspólnie z innymi metodami, mającymi na celu skrócenie procesu obliczeń lub jako alternatywna metoda do porównania wyników uzyskanych innymi metodami. W pracy redukcję rozmiaru populacji zmiennych losowych przeprowadziłam metodą próbkowania hipersześcianem łacińskim (LHS - Latin Hypercube Sampling). Na podstawie histogramów odpowiedzi otrzymanych dla przyjętej liczby zmiennych losowych i określonego rozmiaru populacji, przeprowadziłam oszacowanie niejawniej funkcji gęstości prawdopodobieństwa odpowiedzi, którą to funkcję wykorzystałam do liniowej lub kwadratowej aproksymacji obszaru awarii metodą FORM i SORM (FORM - First Order Reliability Method, SORM - Second Order Reliability Method). Wskaźnik niezawodności Cornella wyznaczyłam bezpośrednio z otrzymanych na podstawie symulacji histogramów odpowiedzi.

4.2.3 Przykłady szacowania niezawodności konstrukcji projektowanych metodą ST

W rozdziale 6 monografii przedstawiłam oszacowanie niezawodności wybranych elementów projektowanych metodą ST. Jednym z elementów była belka żelbetowa, w której strefę podporową ukształtowano z zastosowaniem różnych modeli ST. Przyjęłam, że zmienne losowe materiału z którego zaprojektowano belkę oraz obciążenie charakteryzuje rozkład normalny, opisany dwoma pierwszymi momentami statystycznymi tj. wartością średnią i odchyleniem standardowym. Analizowałam trzy modele ST przyporządkowanej strefy D. Model 1 ukształtowałam korzystając z nieodpłatnego algorytmu optymalizacji kształtu kratownicy zastępczej, przystosowanego do pracy w środowisku Matlab. Model 2 był modelem intuicyjnym - statycznie wyznaczalnym, z rozciągającymi prętami pionowymi, odwzorowującymi zbrojenie strzemionami w strefie podporowej. Natomiast model 3 stanowiła wewnętrznie statycznie niewyznaczalna kratownica płaska. Analizowałam dwa przypadki tj. brak korelacji pomiędzy elementami modelu i pełną korelacją elementów z tego samego materiału. Na podstawie przeprowadzonych analiz zauważyłam, że ocena niezawodności konstrukcji projektowanych metodą klasyczną i z wykorzystaniem modeli ST prowadzi do bardzo zróżnicowanych wyników. W tradycyjnym obliczaniu elementu niezawodność konstrukcji jest równa niezawodności określonej w przekroju krytycznym, co w efekcie może skutkować zawyżonym wskaźnikiem niezawodności. Konstrukcje projektowane z wykorzystaniem modeli kratownicowych mają ściśle określoną strukturę niezawodnościową, co pozwala na pewniejsze oszacowanie ich niezawodności. Analizowane model ST strefy przyporządkowanej belki zginanej charakteryzowała inna niezawodność i inna masa stali zbrojeniowej wymaganej z uwagi na ścinanie. Najkorzystniejsza struktura niezawodnościowa charakteryzowała model 3 o mniejszej masie zbrojenia niż wymagana dla modelu 2.

W monografii przedstawiłam również oszacowanie niezawodności tarczy z otworem, o zróżnicowanej topologii przyjętych modeli ST. Ocenie probabilistycznej poddałam sześć tarcz o takich samych wymiarach i obciążeniu zewnętrznym lecz o zbrojeniu ukształtowanym według różnych modeli ST, zaproponowanych w publikacjach w latach 2002 do 2017. Analiza niezawodności poprzedzona była wykonaniem modeli numerycznych przedmiotowych tarcz. Tarcze charakteryzował nie tylko inny obraz zarysowania – powiązany z przyjętym modelem ST, ale również inna wartość przemieszczeń wybranych punktów tarczy i wartość obciążenia granicznego. W kolejnym kroku przeprowadziłam ocenę niezawodności analizowanych elementów, wykorzystując metod poziomu III - w pełni probabilistyczne. W modelu stochastycznym przyjęłam, że wartości wejściowe opisane

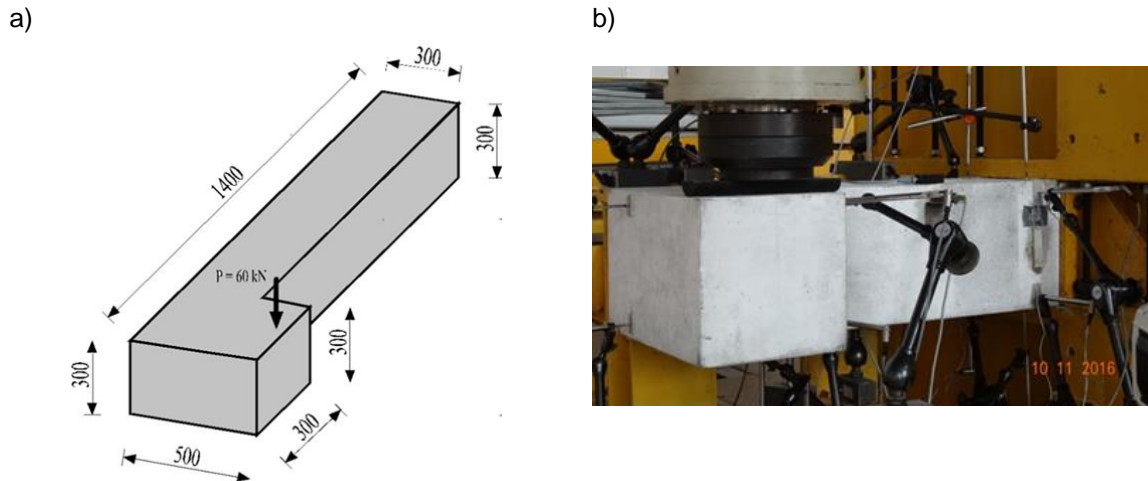
są średnią, odchyleniem standardowym oraz typem rozkładu. Zgodnie z propozycjami zawartymi w literaturze przyjąłam współczynnik zmienności i typ rozkładu dla zmiennych wejściowych: betonu i stali. Uwzględniłam również strukturę korelacji pomiędzy zmiennymi losowymi betonu, definiując początkową macierz korelacji. Metodą próbkowania hipersześcianem łacińskim (LHS) dla zadeklarowanej liczby przedziałów wybrałam reprezentatywne parametry zmiennych losowych. Wybór optymalnej liczby próbek do metody redukcji wariancji LHS, poprzedziłam analizą wpływu liczebności zmiennych wejściowych na statystyczną odpowiedź konstrukcji. Otrzymane z symulacji zestawy odpowiedzi strukturalnych poddałam ocenie statystycznej, w wyniku której otrzymałam: szacunkową wartość średnią, wariancję, współczynnik skośności i kurtozę oraz na podstawie empirycznego histogramu odpowiedź – przybliżoną postać funkcji gęstość prawdopodobieństwa. Przeprowadziłam również analizę wrażliwości w celu określenia znaczenia poszczególnych zmiennych losowych na odpowiedź układu. Na podstawie wyników z analizy statystycznej oszacowałam niezawodności tarcz, wyznaczyłam dwie miary niezawodności tj. wskaźnik niezawodności Cornella oraz wskaźnik metodą FORM, a także odpowiadające im prawdopodobieństwo awarii. Na podstawie przeprowadzonych analiz zauważyłam, że średnia nośność tarcz wahała się od 55,3 kN do 64,6 kN i nie była ona ściśle powiązana z ilością stali zbrojeniowej, a z optymalnym rozłożeniem zbrojenia. W przypadku tarczy o modelu ST na podstawie ścieżek sił, oszacowany wskaźnik niezawodności Cornella nie spełniał wymagań klasy konstrukcji RC2 i 50 lat użytkowania. W pozostałych analizowanych przypadkach wskaźnik niezawodności Cornella mieścił się w przedziale od 4,69 do 5,14, a wartość wskaźnik oszacowana metodą FORM była w przedziale 4,40 do 7,71. Uwzględniając wskaźniki efektywności, zdefiniowane jako iloraz wskaźnika niezawodności Cornella do masy stali zbrojenia, najkorzystniejsze wyniki otrzymano dla tarczy o modelu ST uzyskanym w wyniku optymalizacji topologicznej metodą GSM (Ground Structure Method).

W rozdziale 6 przedstawiłam również oszacowanie niezawodności wieloprzęsłowych belek wysokich. Analizowałam 3 modele ST, pierwszy model stanowiła najprostsza konstrukcja prętowa, statycznie wyznaczalna, z rozciąganymi tylko prętami poziomymi. Drugi model, to konstrukcja prętowa również statycznie wyznaczalna, ale z rozciąganymi prętami poziomymi i pionowymi. Trzeci model to konstrukcja statycznie niewyznaczalna, z rozciąganymi prętami poziomymi i pionowymi. W pracy dla analizowanych tarcz porównałam prawdopodobieństwo zniszczenia i wskaźnik niezawodności dwiema metodami. Pierwsza metoda uwzględniała strukturę niezawodnościową elementów, w drugiej niezawodność oszacowałam metodami symulacyjnymi, budując model stochastyczny tj. uwzględniający informację o rozkładach zmiennych losowych. Przeprowadzona ocena niezawodności belek wysokich o różnie ukształtowanym zbrojeniu potwierdziła, że projektowanie z zastosowaniem modeli ST, niezależnie od przyjętego modelu, pozwala na bezpieczne zapewnienie nośności elementu. Jest to jednak metoda wymagająca od projektanta umiejętności ukształtowania zbrojenia w celu ograniczenia zarysowania i zmniejszenia przewidywanych odkształceń. Analizując niezawodności tarcz z uwzględnieniem ich struktury niezawodnościowej dostajemy oszacowanie bezpieczniejsze od otrzymanego metodą Monte Carlo z wykorzystaniem technik redukcji wariancji. Niezależnie od przyjętej metody, nie zauważyłam istotnych różnic w otrzymanych wskaźnikach niezawodności poszczególnych belek wysokich. Belkę o zbrojeniu ukształtowanym na podstawie modelu trzeciego charakteryzuje nieznacznie większa niezawodność w porównaniu z dwiema pozostałymi oraz mniejsze zarysowanie i odkształcenia. Zastosowanie zbrojenia konstrukcyjnego zalecanego w normie wpływa

korzystnie nie tylko na zmniejszenie zarysowania i ugięcia w tarczach, ale także na znaczące zwiększenie ich bezpieczeństwa. Przedstawione w pracy przykłady wskazują, że modele ST wewnątrz statycznie niewyznaczalne, charakteryzuje korzystniejsza struktura niezawodnościowa od modeli statycznie wyznaczalnych.

4.2.4 Badania własne belek żelbetowych projektowanych metodą ST

W rozdziale 7 monografii przedstawiłam badania własne skręcanych i zginanych belek żelbetowych o zbrojeniu ukształtowanym na podstawie trzech różnych modeli ST. Przedmiotem analiz była wspornikowa belka żelbetowa o rzeczywistych wymiarach przedstawiona na rysunku 1.



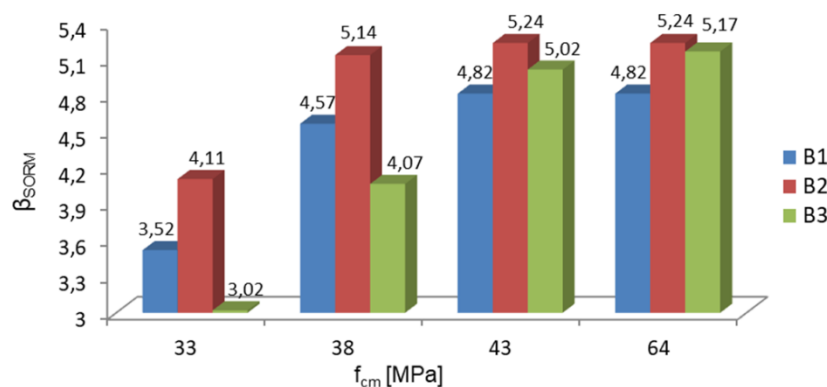
Rys. 1 Analizowana belka wspornikowa, a) wymiary belki, b) belka na stanowisku badawczym

Analizowałam trzy modele kratownicowe. Model 1 stanowiła kratownica przestrzenna nawiązująca kształtem do kratownicy Leonhardta, w której ściskane krzyżulce betonowe wydzielone rysami ukośnymi są na każdym boku pionowym i poziomym nachylone do osi pręta pod kątem 45° . Pręty pionowe kratownicy to rozciągane zbrojenie w postaci strzemion. Pas górny i pas dolny kratownicy to odpowiednio zbrojenie rozciągane i ściskane pasy betonowe. W modelu 2 kratownicy przestrzennej, ściskane krzyżulce betonowe przyjął nachylone do osi pręta pod kątem 37° , natomiast w modelu 3 nachylone pod kątem 27° . Na podstawie otrzymanych wartości sił w prętach kratownicy, dobrałam zbrojenie rozciągane podłużne i poprzeczne, sprawdziłam warunek nieprzekroczenia naprężeń dopuszczalnych w elementach ściskanych oraz warunki zakotwienia zbrojenia w węzłach. Następnie przeprowadziłam badania doświadczalne, które obejmował 3 serie belek żelbetowych o różnie ukształtowanym na podstawie modeli ST zbrojeniu. Z uwagi na statystyczną reprezentatywność i wiarygodność otrzymanych wyników badań każda seria zawierała po 4 belki o takich samych parametrach tj. klasie betonu i zbrojeniu. Otrzymane z pomiarów wyniki podałam ocenie statystycznej. Na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych zauważyłam, że średnie obciążenie niszczące w zależności od modelu wynosiło od 121 kN dla modelu 1 do 97 kN dla modelu 3. Belki o zbrojeniu ukształtowanym na podstawie różnych modeli ST charakteryzuje też inne ugięcie oraz kąt obrotu płaszczyzny bocznej. Różna była też miara rozproszenia otrzymanych wyników, w przypadku obciążenia niszczącego i ugięcia, widoczna jest zależność pomiędzy wartością odchylenia standardowego a przyjętym modelem ST. W kolejnym kroku wykonałam analizę numeryczną belek w programie ATENA 3D - Studio. Do nieliniowej analizy belek żelbetowych wykorzystałam modele betonu opisujące zależność $\sigma - \varepsilon$ w złożonym stanie naprężenia

o parametrach materiałowych zmodyfikowany zgodnie z wynikami badań wytrzymałościowych zastosowanego betonu. Zbrojenie zamodelowałam dyskretnie wykorzystując wbudowany w programie ATENA model zbrojenia zapewniający przyczepność między betonem i zbrojeniem. W początkowym założeniu badane belki miały być w pełni zamocowane, jednak podczas testów, z powodu niedokładnego wykonania belek i występujących nierówności w przyleganiu płaszczyzn, zaobserwowano niewielkie przemieszczenia na styku belek i elementów stalowych zamocowania. Fakt ten uwzględniłam poprzez zastosowanie w modelu numerycznym umownego materiału – „interface”, którego zachowanie pod wpływem obciążenia miało odwzorowywać występujące minimalne niedokładności w wykonaniu belek oraz wystąpienie przemieszczeń na styku belka – stalowe elementy. Właściwości materiału „interface” są oparte na kryterium Mohra-Coulomba, w przedstawionym modelu numerycznym dobrałam je na podstawie uzyskanych z pomiarów cyfrową korelacją obrazu wyników przemieszczeń w trzech analizowanych kierunkach tak, aby uzyskana zgodność modelu numerycznego z wynikami badań doświadczalnych była jak największa. Zbudowane i poddane walidacji modele numeryczne wykorzystałam do oszacowania niezawodności analizowanych belek. Oszacowanie niezawodności belek wykonałam w dwóch przypadkach. W pierwszym przypadku przyjąłam parametry materiałowe zgodnie z założeniami wstępnymi tj. beton C35/45, ponieważ dla takiej klasy betonu przeprowadziłam wymiarowanie metodą ST. W drugim przypadku niezawodności belek oszacowałam przyjmując wytrzymałość parametrów betonu na podstawie wyników badań doświadczalnych. Ocenę niezawodności belek przeprowadziłam metodami probabilistycznymi – FORM i SORM oraz w pełni probabilistyczną Monte Carlo z wykorzystaniem technik redukcji wariancji hipersześcianem łącińskim. Metody FORM i SORM wykorzystują pełny opis probabilistyczny zmiennych losowych czyli średnią, odchylenie standardowe i informacje o funkcji gęstości prawdopodobieństwa, które wyznaczyłam na podstawie symulacji numerycznych. Zgodnie z propozycjami zawartymi w literaturze przyjąłam odchylenie standardowe, typ rozkładu oraz zależności korelacyjne dla zmiennych wejściowych betonu i stali. Uwzględniając czas obliczeń i dokładność uzyskanych wyników, przeprowadziłam optymalizację liczby próbek w metodzie LHS. Kryterium optymalizacji była przybliżona stabilizacja wskaźnika niezawodności Cornell oraz wskaźnika niezawodności wyznaczonego metodą FORM. W przypadku analizowanych belek ocenie statystycznej poddałam nie tylko maksymalne obciążenie, ale również przemieszczenia pionowe wybranego punktu oraz kąt obrotu płaszczyzny bocznej belki. Następnym etapem oceny statystycznej była ocena niezawodności belek, uwzględniając zakładane na etapie przyjmowania modelu ST, efekty oddziaływań. Przedstawione wyniki analizy niezawodnościowej, potwierdziły bezpieczne oszacowanie nośności w metodzie ST dla serii belek B1 i B2 o kącie nachylenia krzyżulców odpowiednio 45° i 37° . Jednak dla belki B3 i wstępnie przyjętego betonu klasy C35/45, wskaźnik niezawodności Cornella jest nieznacznie niższy od zalecanego w normie (PN-EN 1990, 2004) w klasie konstrukcji RC2 i 50 lat użytkowania. Największą niezawodnością przy uwzględnieniu nośności, ugięcia oraz kątu obrotu płaszczyzny bocznej charakteryzuje się seria belek B1. Co prawda pomierzone ugięcie wybranego punktu oraz kąt obrotu płaszczyzny bocznej są nieznacznie większe od pozostałych dwóch analizowanych serii belek, jednak otrzymane wyniki charakteryzuje najmniejszy współczynnik rozproszenia.

Ocenie niezawodnościowej poddałam również złożoną strukturę przyjętych modeli ST. Projektowane metodą ST elementy charakteryzowała określona struktura niezawodnościowa, pozwalająca na oszacowanie ich niezawodności, a także określenie wpływu poszczególnych podzespołów na niezawodność całego elementu. Przedstawione

w pracy modele belek mają szeregową strukturę niezawodnościową. Z uwagi na sposób wykonania tego typu elementów (ten sam beton, to samo zbrojenie) w prowadzonych analizach, przyjęto pełną korelację elementów pasa górnego – zbrojenie górne, pełną korelację elementów pasa dolnego – beton ściskany, pełną korelację elementów odwzorowujących poszczególne strzemiona oraz beton w krzyżulcach między strzemionami. Oszacowanie niezawodności przyjętych struktur przeprowadzono w pakiecie programów Strurel (Comrel, Costrel i Sysrel) umożliwiającym użytkownikowi definiowanie funkcji stanu granicznego w notacji procesora symbolicznego. W przypadku, gdy wektor nie jest wektorem o rozkładzie gaussowskim, użytkownik ma do wyboru transformację Rosenblatta, Natafa lub Hermite'a. W przypadku zmiennych normalnych i logarytmicznie normalnych struktur zależności modelu można podać bezpośrednio za pomocą współczynników korelacji uzyskanych z macierzy kowariancji, natomiast w modelu mieszanym należy podać współczynniki korelacji w macierzy wejściowej. Podczas oszacowania niezawodności przyjęłam minimalne, wynikające z warunków nośności przekroje elementów w modelu ST oraz większe zgodnie ze stanem rzeczywistym. Wartości wskaźnika niezawodności i prawdopodobieństwo zniszczenia całego systemu oszacowałam dwiema metodami tj. FORM i SORM. Oszacowana niezawodność systemów z uwzględnieniem ich struktury jest zbliżona do niezawodności otrzymanej metodami symulacyjnymi na podstawie przyjętych przybliżonych postaci funkcji gęstości prawdopodobieństwa. Ocena niezawodności na podstawie struktury niezawodnościowej systemu jest prostszym i mniej pracochłonnym podejściem od metod symulacyjnych. Analiza na podstawie struktury niezawodnościowej systemu pozwala nie tylko na szybszą ocenę niezawodności, ale również na określenie wpływu zmiany parametrów pozycyjnych i rozproszenia zmiennych losowych na różnicowanie niezawodności systemu, a więc ocenę wrażliwości systemu na zmiany jakości materiałów czy obciążenia stałego lub zmiennego. Przykłady takich badań przedstawiłam w pracy analizując różne klasy betonu – rys. 2 oraz różne współczynniki zmienności obciążenia.



Rys. 2 Wpływ wytrzymałości betonu na wskaźnik niezawodności złożonych systemów niezawodnościowych belek B1, B2 i B3

Znajomość charakterystyk niezawodnościowych składowych systemu oraz ich wpływu na niezawodność całej struktury pozwala również na świadome zwiększenie bezpieczeństwa analizowanej konstrukcji, poprzez zwiększenie niezawodności najsłabszych elementów w strukturze. Wybrane symulacje mające na celu zwiększenie niezawodności systemu poprzez zwiększenie niezawodności najsłabszego ogniwa przedstawiłam również w rozdziale 7 przedmiotowej pracy.

4.3 Podsumowanie – wskazanie głównych osiągnięć

Jak wykazałam w niniejszej pracy, wybór modelu ST w zależności rozważanego zagadnienia może być różny. Różnorodność ta nie wynika tylko z wyboru metody kształtowania modelu tj. analogii kratownicy zastępczej, strumienie sił, na podstawie trajektorii naprężeń czy z wykorzystaniem metod optymalizacji topologicznej, ale również z kształtu i kierunku ukształtowania poszczególnych elementów w modelu w ramach tej samej metody. Ta różnorodność przyjętych modeli skutkuje możliwością uzyskania różnorodności granicznej, odkształcalności czy obrazu zarysowania projektowanych elementów. Na podstawie wykonanych analiz oraz przykładów zamieszczonych w pracy wykazano, że przyjęcie różnych modeli ST determinuje różną niezawodność analizowanych systemów i elementów. Obecny stan zaawansowania teorii niezawodności i ciągle doskonalenie metod obliczeniowych szacowania niezawodności, motywuje do wykorzystania w procesie projektowym optymalnych metod kształtowania konstrukcji inżynierskich z zapewnieniem ich maksymalnego bezpieczeństwa niż powszechnie stosowane metody półprobabilistyczne, oparte na częściowych współczynnikach bezpieczeństwa.

Na podstawie przeprowadzonych analiz zauważyłam, że istotnym zagadnieniem w ocenie niezawodności jest przyjęcie najbardziej zbliżonego do rzeczywistości modelu obliczeniowego. Budując model projektant musi podjąć decyzję, które parametry projektowe uzna za deterministyczne, a które za zmienne losowe. Jaki typ rozkładu i opis parametrów rozkładu są najbardziej odpowiednie dla przyjętych zmiennych losowych. Należy uwzględnić również dodatkowe informacje dotyczące zależności zmiennych poprzez przyjęcie odpowiedniej wartości współczynnika korelacji. Niewłaściwe założenia mogą prowadzić do istotnych różnic w oszacowaniu niezawodności konstrukcji.

Ocena niezawodności konstrukcji projektowanych metodą klasyczną i z wykorzystaniem modeli ST prowadzi do zróżnicowanych wyników. Konstrukcje projektowane z wykorzystaniem modeli ST mają ściśle określoną strukturę niezawodnościową, co pozwala na pewniejsze oszacowanie ich niezawodności. Te same konstrukcje zaprojektowane na podstawie różnych modeli ST charakteryzują się nie tylko różną nośnością, odkształcalnością, zróżnicowaną masą zbrojenia, ale także inną niezawodnością. Oznacza to, że ze względu na konieczność zapewnienia niezawodności konstrukcji, optymalizacja modeli ST powinna być zagadnieniem wielokryterialnym, tak aby uzyskane modele charakteryzowały się optymalną sztywnością i maksymalną niezawodnością.

Zastosowanie metod symulacyjnych pozwala na aproksymację niejawnych funkcji odpowiedzi dla skomplikowanych w opisie i nieliniowych konstrukcji żelbetowych. O ile wzrost możliwości obliczeniowych komputerów jest jednym z głównych powodów upowszechniania się analizy stochastycznej, to w przypadku elementów żelbetowych, zastosowanie klasycznej metody Monte Carlo w połączeniu z metodą elementów skończonych jest nadal mało efektywne. Zastosowanie metody redukcji wariancji hipersześcianem łacińskim do generacji próbek losowych w symulacyjnych metodach estymacji momentów statystycznych funkcji odpowiedzi, pozwala na poprawę efektywności estymacji.

Metody szacowania niezawodności wykorzystujące informacje o strukturze niezawodnościowej modelu są doskonałą alternatywą dla pracochłonnych metod symulacyjnych. Pozwalają one nie tylko na oszacowanie niezawodności struktury, ale również na określenie wpływu poszczególnych podzespołów na niezawodność całego elementu. Świadomość niezawodności poszczególnych podzespołów i ich wpływu na niezawodność całego systemu, umożliwi jego optymalizację tak, aby przyjęty model

charakteryzował się jak najmniejszym prawdopodobieństwem awarii. Spełnienie warunku największej niezawodności analizowanej struktury można uzyskać poprzez zwiększenie niezawodności najsłabszego ogniwa systemu. Metody szacowania niezawodności wykorzystujące informację o strukturze modelu w prosty sposób można implementować do optymalizacji niezawodnościowej konstrukcji żelbetowych projektowanych na podstawie modeli ST, co wykazałam w przedstawionych analizach.

Podsumowując należy stwierdzić, że znajomość wpływu, jaki na projektowaną konstrukcję i oszacowane prawdopodobieństwo awarii ma losowy charakter zmiennych stanu, w tym wytrzymałości zastosowanych materiałów i obciążeń, pozwalają lepiej zrozumieć zachowanie badanego układu konstrukcyjnego, niż analiza deterministyczna, wykorzystująca nawet najbardziej złożony model elementów skończonych. Zastosowanie metod probabilistycznych przedstawionych w monografii pozwala na wybór najkorzystniejszego z uwagi na niezawodność modelu ST a przedstawione przykłady i metody szacowania niezawodności mogą pomóc w procesie optymalizacji modeli ST.

5. POZOSTAŁE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWO – BADAWCZE

5.2 Osiągnięcia naukowo – badawcze przed uzyskaniem stopnia doktora

Przed uzyskaniem stopnia doktora przedmiotem moich zainteresowań naukowych była analiza i pomiar sygnału w dziedzinie częstotliwości. Pierwsze moje prace badawcze prowadzone pod kierunkiem naukowym dr hab. inż. Władysława Łakoty przedstawione w publikacji [1 i 2 – załącznik nr 5, pkt. II E.2] dotyczyły metod pomiaru i analizy sygnałów w odniesieniu do zjawisk wibroakustycznych. Kolejnym etapem prowadzonych analiz była zmiana charakterystyk częstotliwości otrzymanych w wyniku wymuszenia impulsowego, a spowodowanych zmianami sztywności konstrukcji. Przedmiotem badań było między innymi połączenie śrubowe słupa z rygłem. Prowadzone badania przedstawiłam w publikacji [3 -załącznik nr 5, pkt. II E.2], dotyczyły one oceny sztywności połączenia na podstawie pomiaru wymuszenia impulsowego z równoczesnym pomiarem siły wymuszającej oraz odpowiedzi połączenia na zadane wymuszenie. Wyznaczone charakterystyki częstotliwościowe pozwoliły na określenie zależności, między siłami występującymi w śrubach połączenia a pomierzonymi zmianami częstotliwości rezonansowych.

W kolejnych latach swoje zainteresowania dotyczące wykorzystania analizy modalnej ukierunkowałam na elementy konstrukcyjne wykonane z betonu. Efektem prowadzonych badań i analiz była praca doktorska w której zaproponowałam diagnostykę stanu technicznego elementów z betonu na podstawie zmiany parametrów modalnych. Celem prowadzonych badań zebranych i przedstawionych w pracy doktorskiej oraz w publikacjach [4, 5, 6, 7 i 8 - załącznik nr 5, pkt. II E.2 oraz 10 - załącznik nr 5, pkt. II A.2] było określenie zależności pomiędzy stopniem uszkodzenia elementów z betonu a zmianami parametrów modalnych oraz wykrycie stanów awaryjnych belek żelbetowych na podstawie analizy drgań rezonansowych. Zaproponowana w prowadzonych badaniach procedura diagnostyczna opierała się na analizie dynamicznej odpowiedzi konstrukcji otrzymanej w postaci charakterystyki częstotliwościowej przed uszkodzeniem (stan odniesienia) i po uszkodzeniu (dla poszczególnych etapów uszkodzeń). Główną część pracy stanowią badania laboratoryjne belek betonowych, żelbetowych i wzmocnionych taśmami z włókna węglowego CFRP. Na podstawie uzyskanych wyników badań belek o różnych wymiarach i różnej odległości pomiędzy punktami podparcia, podjęto próbę powiązania uszkodzeń, powstałych w wyniku zginania, ścinania, odspojenia włókien od powierzchni betonu i nacinania ze zmianami parametrów modalnych. Uzyskane wyniki eksperymentalne wykorzystano również do porównania modelu fizycznego i numerycznego belek żelbetowych, a także zastosowania sztucznych sieci neuronowych w ocenie stanu belek.

5.2 Osiągnięcia naukowo – badawcze po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora moje zainteresowania naukowo-badawcze obejmowały zagadnienia, które podzieliłam na sześć grupach tematycznych.

5.2.1 Ocena stanu technicznego belek żelbetowych na podstawie zmian charakterystyk dynamicznych

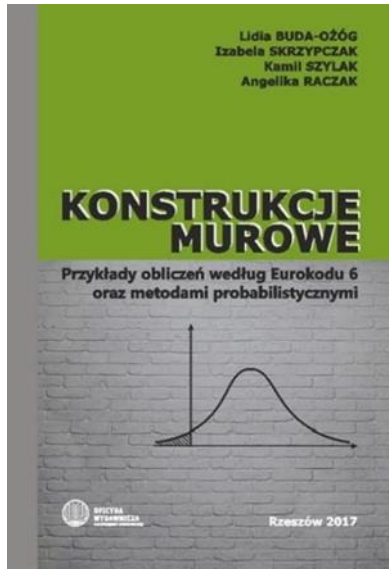
Po zakończeniu rozprawy doktorskiej kontynuowałam prace związane z zagadnieniem oceny stanu technicznego elementów konstrukcyjnych z betonu na podstawie zmian parametrów modalnych. W publikacjach [1, 2 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] będących kontynuacją badań opisanych w pracy doktorskiej podjęłam próbę powiązania wyznaczonych parametrów modalnych z zaobserwowanym zarysowaniem powstałym w wyniku zginania lub ścinania. Uwzględniając korelację pomiędzy zmianami procentowymi wybranych częstotliwości rezonansowych a zaobserwowanym zarysowaniem, dokonałam podziału

uszkodzenia na cztery stopnie - powiązane z fazami pracy belki żelbetowej. Na podstawie przeprowadzonych badań zauważyłam, że zmiany procentowe wybranych częstotliwości uzależnione są nie tylko od stopnia zarysowania, ale również od charakteru zniszczenia i sztywności początkowej badanych belek. Na poziomie ufności 95 % na podstawie analizy zmian częstotliwości we wszystkich badanych belkach żelbetowych możliwe było wykrycie pojawienia się pierwszego zarysowania oraz stanu zdefiniowanego jako zniszczenia utożsamiane z III fazą pracy belki żelbetowej. Wykrycie stanów pośrednich uszkodzenia obarczone było większym błędem. Zaobserwowane zmiany charakterystyk częstotliwościowych belek żelbetowych o różnym charakterze i stopniu uszkodzenia porównałam również ze zmianami w belkach betonowych krępych. W publikacji [5 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] przedstawiłam ocenę wpływu klasy betonu i stopnia zbrojenia na zmiany parametrów modalnych. Analizowałam trzy belki żelbetowe o różnym stopniu zbrojenia i różnej wytrzymałości betonu na ściskani. Na podstawie wyników badań zauważyłam niewielki wpływ stopnia zbrojenia na zmianę częstotliwości drgań własnych analizowanych belek. Ponieważ prowadzenie badań doświadczalnych na większej populacji elementów jest kosztowne i pracochłonne w publikacji [3] przedstawiłam wyniki symulacji numerycznych procesów stopniowego obciążania i odciążania belek żelbetowych oraz wyznaczania parametrów dynamicznych. Model numeryczny belek zbudowałam w trójwymiarowym stanie naprężeń w programie ADINA, a następnie otrzymane wyniki symulacji porównałam z wynikami przeprowadzonych badań doświadczalnych. Przedstawione w powyższych publikacjach badania w odróżnieniu od innych badań, mających na celu określenie zależności pomiędzy uszkodzeniem elementu a zmianami parametrów modalnych, prowadziłam nie na jednym przykładowym elemencie, lecz na seriach pozornie jednakowych belek. Pozwoliło to na przeprowadzenie analizy statystycznej otrzymanych wyników badań, w celu otrzymania funkcji opisującej stopień uszkodzenia belek w zależności od zmian parametrów modalnych.

Kolejne prace badawcze miały na celu uwzględnienie wpływu zarówno uszkodzenia jak i obciążenia zewnętrznego na zamiany parametrów modalnych. W publikacji [4 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] na podstawie uzyskanych wyników badań doświadczalnych, podjęłam próbę powiązania wpływu obciążenia oraz zarysowania powstałego w wyniku zginania ze zmianami parametrów modalnych. Zaobserwowałam, że zmiany procentowe wybranych częstości uzależnione są nie tylko od stopnia zarysowania i sztywności początkowej badanych belek, ale również od czynników zewnętrznych takich jak obciążenie czy dodatkowe usztywnienie. Podsumowując, przedstawione badania i analizy, upoważniają do sformułowania wniosku, iż w wyniku badań modalnych prowadzonych okresowo podczas eksploatacji i użytkowania lub w sposób ciągły, można stosując analizę wrażliwości zmian częstości, diagnozować elementy lub konstrukcje. Należy przy tym pamiętać, aby badania modalne prowadzone były w identycznych warunkach lub należy uprzednio określić i oddzielić wpływ różnego rodzaju warunków eksploatacyjnych na parametry modelu modalnego badanego obiektu.

Mój wkład naukowy w przedstawione badania i analizy stanowił praktycznie 100 %. Współautorzy publikacji [4 i 5 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] byli moimi dyplomantami, a przedstawione wyniki pochodziły z badań prowadzonych w ramach prac magisterskich. Współautorem publikacji [1 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] był dr hab. inż. Władysław Łakota, który zmarł w 2006 roku tj. 2 lata przed powstaniem wymienionego artykułu. Jednak z uwagi na cenne wskazówki i wytyczone przez Niego cele moich badań, uznałam, że powinnam podkreślić Jego wkład w tę publikację jako Współautora.

5.2.2 Niezawodność konstrukcji murowych



Konstrukcje murowe stanowią drugi po konstrukcjach żelbetowych obszar moich zainteresowań naukowych. W prowadzonych analizach szczególnie interesuje mnie zagadnienie niezawodności w tego typu konstrukcjach, które pomimo znacznej niepewności otrzymywanych wyników nie były w przeszłości przedmiotem szeroko zakrojonych badań. Zróżnicowanie współczynników częściowych proponowanych w PN-EN-1996-1-1 oraz znaczne ich wartości, stały się inspiracją do probabilistycznego podejścia do konstrukcji murowych. W monografii [1 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] przedstawiono podstawowe procedury zgodne z aktualnie obowiązującymi normami dotyczące wymiarowania oraz sprawdzania nośności niezbrojonych i zbrojonych konstrukcji murowych poddawanych działaniu sił ściskających, ścinających i zginających. Przedstawione w pracy podstawy teoretyczne oraz przykłady sprawdzania nośności najczęściej spotykanych konstrukcji murowych rozszerzono o przykłady oszacowania nośności tych konstrukcji metodami probabilistycznymi. W pracy zamieszczono również rozdział dotyczący podstaw projektowania konstrukcji oraz teoretycznych podstaw projektowania konstrukcji murowych metodą probabilistyczną. Uczestniczyłam w pracach nad wszystkimi rozdziałami tej monografii. Mój wkład w powstanie tego podręcznika stanowił 30 %, dotyczył opracowania rozdziałów zawierających podstawy teoretyczne sprawdzania nośności oraz weryfikację przedstawionych w pracy przykładów obliczeniowych. Publikacja [4 - załącznik nr 5, pkt. II A.1] stanowi kontynuację problemu oceny niezawodności konstrukcji murowych. Przedstawiona w publikacji analiza niezawodnościowa dotyczyła zbrojonego nadproża murowanego. Analizowano różne modele analityczne nadproża dla którego, zbudowano model stochastyczny i na podstawie metody symulacji FORM i Monte Carlo dla funkcji stanu granicznego oszacowano wskaźnik niezawodności z uwagi na zginanie i ścinanie. Zauważono, że w przypadku wytrzymałości muru na ścinanie zdefiniowanej jak zmienna losowa o rozkładzie logarytmicznie normalnym i współczynniku zmienności zgodnie z zaleceniami zaproponowanymi w literaturze, wynoszącym 19 %, oszacowany wskaźnik niezawodności był niższy od zalecanego dla konstrukcji RC2 i okresu odniesienia 50 lat. Celem publikacji było zwrócenie uwagi na zróżnicowanie otrzymanego wskaźnika niezawodności nadproża murowanego w zależności od charakteru opisu zmiennych losowych i metody oszacowania niezawodności. Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu części teoretycznej publikacji, w szczególności na przeglądzie literatury oraz weryfikacji modelu do określania niezawodności, mój udział stanowił 33 %.

5.2.3 Zastosowanie modeli ST

Nośność i odkształcalność konstrukcji żelbetowych projektowanych metoda ST była przedmiotem kilku publikacji poprzedzających powstanie mojej rozprawy habilitacyjnej. W prowadzonych analizach rozważałam konstrukcje o zbrojeniu ukształtowanym na podstawie różnych modeli ST, pracujące w płaskim stanie naprężeń oraz elementy przestrzenne. W publikacji [15 załącznik nr 5, pkt. II E.1] przedstawiłam wyniki symulacji numerycznych tarczy o zbrojeniu ukształtowanym na podstawie modelu ST. Analizowałam dwa przypadki, pierwszy gdy zbrojenie rozciągnięte zostało skoncentrowane w miejscu

założonych prętów T, w drugim zbrojenie zostało rozłożone równomiernie na przyjętym obszarze. Celem prowadzonych badań była ocena wpływu rozmieszczenia zbrojenia na obraz zarysowania tarcz, wartości odkształceń i naprężeń w stali oraz betonie. W publikacji [13 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] analizowałam ilość i rozmieszczenie zbrojenia ortogonalnego wymaganego z uwagi na skręcanie i ścinanie w dwóch elementach żelbetowych tj. dla podciągu zakrzywionego w planie i obciążonego równomiernie oraz belki wspornikowej obciążonej mimośrodowo siłą skupioną. Otrzymane zbrojenie na podstawie modeli ST porównałam ze zbrojeniem uzyskanym z zależności zaproponowanych w PN-EN-1992-1-1 w pkt.6.2 i 6.3. Zauważyłam istotne różnice w otrzymanej powierzchni zbrojenia oraz sposobie jego rozłożeniu w zależności od przyjętej metody. Problem oceny nośności skręcanej belki wspornikowej kontynuowała w publikacji [18 - załącznik nr 5, pkt. II E.1]. Celem prowadzonych badań (symulacji numerycznych) była analiza wpływu ukształtowania zbrojenia na podstawie trzech modeli ST na: nośność graniczną, nośność resztkową, sztywność na skręcanie oraz obraz zarysowania belek przestrzennych. W artykułach [3 - załącznik nr 5, pkt. II A.1 oraz 22 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] zaprezentowałam wyniki badań eksperymentalnych prowadzonych na rzeczywistych belkach żelbetowych poddanych skręcaniu, ścinaniu i zginaniu. Zbrojenie w belkach ukształtowałam na podstawie trzech różnych modeli. Celem analiz przedstawionych w publikacji [3- załącznik nr 5, pkt. II A.1] było porównanie sztywności na skręcanie uzyskanej z badań doświadczalnych ze sztywnością na skręcanie obliczoną na podstawie zależności zaproponowanych przez Lamperta i Thurlimana oraz Hsu. Natomiast celem analiz przedstawionych publikacji [22 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] była ocena zgodności wyników otrzymanych z symulacji numerycznych belek żelbetowych jednocześnie zginanych, ścinanych i skręcanych projektowanych metodą ST z wynikami przeprowadzonych badań doświadczalnych. W przedstawionych symulacjach numerycznych analizowałam różne modele betonu. Wszystkie wymienione publikacje dotyczące zastosowania modeli ST [13, 15, 18, 22- załącznik nr 5, pkt. II E.1 oraz 3- załącznik nr 5, pkt. II A.1] są publikacjami samodzielnymi i mój udział w nich stanowił 100 %.

5.2.4 Nośność, odkształcalność i obraz zarysowania elementów żelbetowych na podstawie modeli numerycznych i badań doświadczalnych

W ramach projektu unijnego pt.: „Staż sukcesem naukowca”, odbyłam 6 miesięczny staż w przedsiębiorstwie prefabrykacji Solbet w Kolbuszowej. Na potrzeby zakładu prefabrykacji zaprojektowałam rury typu WIPRO o średnicach: 500 mm, 600 mm, 800 mm, 1000 mm i 1200 mm przystosowane do zwiększonych obciążeń oraz przeprowadziłam wstępne badania eksperymentalne zaprojektowanych elementów. Wykonanie projektu wiązało się z potrzebą analizy wytrzymałości betonu na rozciąganie w elementach zginanych silnie zakrzywionych. Wytrzymałość ta w przypadku elementów zginanych o dużej krzywiznie względnej, w sposób istotny różni się od wytrzymałości przyjmowanej dla elementów niezakrzywionych. Poprawne zaprojektowanie przedmiotowych rur wymagało wykonania symulacji numerycznych, których wyniki przedstawiłam w publikacjach [2- załącznik nr 5, pkt. II A.1 oraz 12 - załącznik nr 5, pkt. II E.1]. W publikacji [12 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] analizowany był płaski model rury typu WIPRO a mój wkład w publikację polegał na wykonaniu modelu numerycznego oraz opracowaniu wyników badań doświadczalnych i stanowił 50 %. Natomiast w publikacji [2- załącznik nr 5, pkt. II A.1] porównywany był przestrzenny model numeryczny z wynikami badań doświadczalnych, przeprowadzonych na obiekcie rzeczywistym. Publikacja ta powstała przy współpracy z dr hab. inż. Izabelą Skrzypczak oraz mgr inż. Joanną Kujdą a mój wkład stanowił 33 % i polegał na weryfikacji modelu numerycznego oraz opracowaniu

wyników badań doświadczalnych. Inspiracją do wykonania kolejnych symulacji numerycznych przedstawionych w publikacji [8- załącznik nr 5, pkt. II A.1 oraz 25 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] była potrzeba oceny nośności stropu słupowo-płytowego [ekspertyzy 6 - załącznik nr 5, pkt. II F.2]. Przedmiotowy strop charakteryzował się skomplikowanym kształtem, a liczne otwory w strefie przysłupowej uniemożliwiały prawidłową ocenę nośności na przebicie metodami klasycznymi. Problemem była też nadmierna deformacja płyty stropowej w pasmach przęsłowych. W celu oceny wyężenia stropu w pasmach słupowych, ugięcia w pasmach przęsłowych, a następnie oceny skuteczności zaprojektowanego wzmocnienia, wykonano szczegółowe modele numeryczne analizowanego stropu bez oraz z wzmocnieniem. W analizowanych modelach numerycznych przyjęto nieliniowy model materiałowy betonu opisujący zależność $\sigma - \varepsilon$ w złożonym stanie naprężenia o wybranych parametrach wytrzymałościowych uzyskanych z przeprowadzonych pomiarów. Zbrojenie zamodelowano dyskretnie, wykorzystując liniowy model materiałowy stali ze wzmocnieniem. Przestrzenne modele MES wykonano w programie ATENA 3D - Studio. Publikacja [25 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] powstała przy współpracy z mgr inż. Joanną Kujdą, a mój wkład stanowił 50 %, i polegał na weryfikacji modelu numerycznego oraz zaprojektowaniu wymaganego wzmocnienia. Publikacja [8 - załącznik nr 5, pkt. II A.1] powstała w zespole trzyosobowym, a mój wkład stanowił 33 % i analogicznie jak poprzednio polegała na weryfikacji modelu numerycznego oraz zaprojektowaniu wymaganego wzmocnienia stropu.

5.2.5 Niezawodność konstrukcji żelbetowych

Ocenę niezawodności konstrukcji żelbetowych oraz zalecenia normowe dotyczące tego zagadnienia przedstawiłam w kilku publikacjach naukowych mojego autorstwa lub współautorstwa. Publikacja [20 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] ma charakter przeglądowy, wykazano w niej, że docelowe wartości wskaźników niezawodności według różnych zaleceń normowych krajowych i międzynarodowych nie są spójne. W artykule podjęto próbę wyjaśnienia związku między wymaganym wskaźnikiem niezawodności i projektowanym okresem użytkowania oraz określenia zależności pomiędzy docelowym poziomem niezawodności dla zadanych konsekwencji zniszczenia a projektowanym okresem użytkowania. Publikacja powstała przy współautorstwie z dr hab. inż. Izabelą Skrzypczak, mgr inż. Joanną Kujdą oraz dr inż. Januszem Kogutem z Politechniki Krakowskiej. Mój wkład w przedmiotową publikację stanowił 25 % i polegał na przeglądzie zaleceń dotyczących projektowanego okresu użytkowania i docelowego poziomu niezawodności zawartych w normach i dokumentach. Aspekt projektowania elementów żelbetowych z założoną niezawodnością przedstawiony został również w publikacji [9 - załącznik nr 5, pkt. II E.1]. W publikacji dla krępego żelbetowego słupa ściskanego, oszacowano wskaźnik niezawodności słupa w zależności od niejednorodności zastosowanego betonu. Następnie otrzymane wyniki dla przyjętych poziomów niezawodności porównano z zaleceniami zawartymi w zalecanych normach i dokumentach. W publikacji [5- załącznik nr 5, pkt. II A.1] przedstawiono analizę niezawodności żelbetowej płyty fundamentowej. Wskaźnik niezawodności oraz prawdopodobieństwo awarii analizowanego elementu oszacowano różnymi metodami tj.: metodą analityczną FORM oraz wykorzystując metody symulacyjne FORM, SORM i Monte Carlo. W celu oceny zapasu bezpieczeństwa, otrzymane wartości porównano z wartościami granicznymi dla przyjętej klasy niezawodności i przewidywanego okresu użytkowania. Zaproponowane w publikacji w pełni probabilistyczne podejście do oceny zapasu bezpieczeństwa fundamentu w przypadku zwiększenia obciążeń lub zmiany parametrów gruntu może być alternatywą dla innych metod oceny konstrukcji np. wzmocniania. Publikacje [9 - załącznik nr 5, pkt. II E.1 oraz 5 - załącznik nr 5, pkt. II A.1]

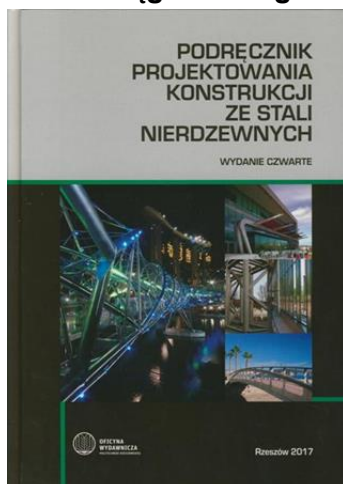
powstały przy współpracy z dr hab. inż. Izabelą Skrzypczak oraz dr hab. inż. Marta Słowik z Politechniki Lubelskiej. Mój wkład w każdą z tych publikacji stanowił 33 %. W publikacji [9 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu algorytmu do określania wskaźnika niezawodności elementów żelbetowych, natomiast w publikacji [5 - załącznik nr 5, pkt. II A.1] na obliczeniu wskaźników niezawodności metodami symulacyjnymi FORM, SORM oraz Monte Carlo analizowanej płyty fundamentowej. W publikacjach [24, 26 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] ocenie niezawodnościowej poddano tarcze żelbetowe jedno i wieloprzęsłowe. W przypadku tarcz jednoprzęsłowych [26 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] do aproksymacji niejawnych funkcji odpowiedzi wykorzystałam metody symulacyjne, a następnie na podstawie histogramów odpowiedzi oszacowałam wskaźnik niezawodności Cornella. Celem prowadzonych analiz była ocena wpływu rozmieszczenia i ukształtowania zbrojenia na niezawodność tarcz. Inną metodę oszacowania niezawodności zaproponowano w publikacji [24 - załącznik nr 5, pkt. II E.1], gdzie przedmiotem analiz były tarcze wieloprzęsłowe. W tym przypadku wskaźnik niezawodności oszacowano analizując strukturę niezawodnościową systemu. Mój wkład w publikację [26 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] stanowił 100 %, natomiast publikacja [24 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] powstała przy współpracy z mgr inż. Joanną Kujdą i jest efektem jej pracy magisterskiej pisanej pod moją opieką. Oszacowanie niezawodności systemu złożonego na podstawie analizy struktury niezawodnościowej przedstawiłam również w autorskiej publikacji [6 - załącznik nr 5, pkt. II E.1]. Przedmiotem analiz była strefa podporowa belki żelbetowej ukształtowana na podstawie różnych modeli ST. Celem rozważań był wybór najkorzystniejszego z uwagi na niezawodność modelu ST do kształtowania zbrojenia w strefie przypodporowej belek zginanych. Prezentowana na konferencji Awarie Budowlane publikacja [7 - załącznik nr 5, pkt. II F.1], dotyczyła oceny probabilistycznej nośności stropu słupowo-płytowego oraz jego ugięć. Przedmiotowa publikacja była efektem wykonania ekspertyzy [ekspertyzy 6 - załącznik nr 5, pkt. II F.2]. Do porównania obliczeniowych wartości efektów oddziaływań i nośności zastosowano metody probabilistyczne poziomu II. Zastosowanie metody alternatywnej w stosunku do metody częściowych współczynników pozwoliło na ujawnienie zapasu bezpieczeństwa związanego z uproszczeniami przyjętymi w metodzie podstawowej. Publikacja powstała przy współautorstwie dr hab. inż. Szczepana Wolińskiego oraz mgr. inż. Joanny Kujdy. Mój wkład w publikację stanowił 33 % i polegał na oszacowaniu niezawodności metodami probabilistycznymi poziomu II nośności oraz ugięcia stropu.

5.2.6 Jakość betonu a niezawodność konstrukcji betonowych i żelbetowych

Wiedzę na temat szacowania niezawodności konstrukcji żelbetowych wykorzystałam w cyklu wspólnych z dr hab. inż. Izabelą Skrzypczak w publikacjach [6- załącznik nr 5, pkt. II A.1, 8 - załącznik nr 5, pkt. II E.1 oraz rozdziały w monografii 2 i 3 - załącznik nr 5, pkt. II F.1]. Przedstawiono w nich problem wpływu stosowania kryteriów zgodności dla różnej liczebności próby zaproponowanych w PN-EN 206-1 na jakość wbudowanego materiału w elementy konstrukcyjne. Określono wpływ kontroli zgodności na wartość wskaźnika niezawodności konstrukcji betonowych oraz porównano otrzymane wartości wskaźnika niezawodności z wartościami obliczonymi dla elementów konstrukcji żelbetowych. Analizy wykonano dla elementów żelbetowych zginanych i ściskanych wykonanych z betonów o zróżnicowanej wytrzymałości na ściskanie i zmiennym odchyleniu standardowym. Zauważono wpływ liczebności próby na ocenę jakości produkowanego betonu, która jest szczególnie widoczna gdy odchylenie standardowe betonu jest większe od 3,5 MPa. Mój wkład w przedmiotowe publikacje stanowił 50 % i polegał na obliczeniu wskaźników niezawodności dla analizowanych elementów żelbetowych i betonowych. Kryteria zgodności

wytrzymałości betonu na ściskanie określone PN-EN 206-1 zakładają, że wytrzymałość betonu na ściskanie ma rozkład normalny, co w przypadku próby o małej liczebności $n = 3$ i początkowej produkcji może prowadzić do błędnego oszacowania zarówno jakości, jak i niezawodności elementów betonowych. Dlatego w artykule [19 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] wspólnie z dr hab. inż. Izabelą Skrzypczak zaproponowałyśmy autorską procedurę wyznaczania wartości współczynnika testowego w przypadku gdy rozkład wytrzymałości jest inny od normalnego. Mój wkład w publikację stanowił 50 % i polegał na przeglądzie literatury oraz wykonaniu obliczeń współczynnika testowego metodą klasyczną i autorską. Kontynuację przedstawionego zagadnienia stanowi publikacja [9 - załącznik nr 5, pkt. II E.1], w której porównano wpływ liczebności próby 3 i 15 na oszacowanie wartości wskaźnika niezawodności elementów betonowych. Publikacja ta powstała w zespole trzyosobowym z dr hab. inż. Izabelą Skrzypczak oraz mgr inż. Joanną Kujdą, mój wkład stanowił 33 % i polegał na oszacowaniu wskaźników niezawodności elementów z betonu przy zróżnicowanym odchyleniu standardowym wytrzymałości betonu na ściskanie i liczebności próby odpowiednio 3 i 15. W publikacjach [23, 27 - załącznik nr 5, pkt. II E.1] określono wpływ jakości materiałów na poziom niezawodności żelbetowego elementu zginanego, a otrzymane wartości porównano z zalecanymi wartościami wskaźników niezawodności w przypadku okresów odniesienia 1 i 50 lat oraz różnych klas niezawodności. W obliczeniach uwzględniono różne wartości współczynników zmienności parametrów materiałowych przyjętych jako zmienne losowe przy założeniu, że nie są one skorelowane oraz uwzględniając korelację pomiędzy granicą plastyczności stali i powierzchnią zbrojenia. W wyniku przeprowadzonych analiz wykazano, że dla zmienności wytrzymałości betonu na ściskanie powyżej 8 % nie jest spełniony warunek wskaźnika niezawodności dla klasy konstrukcji RC3 i okresu odniesienia 1 roku. Mój wkład w publikację stanowił 33 % i polegał na weryfikacji obliczeń i częściowym graficznym opracowaniu otrzymanych wyników. Wpływ jakości betonu na przyczepność stali zbrojeniowej w konstrukcjach żelbetowych przedstawiono w publikacji [1- załącznik nr 5, pkt. II A.1]. Analizowano różne klasy betonu, a wyniki symulacji numerycznych były podstawą do przeprowadzenia klasyfikacji rozmytej wytrzymałości beton na ściskanie. Wykazano, że kryteria podziału klas betonu zaproponowane w normach mogą prowadzić do niedoszacowania lub przeszacowania klasy betonu, co następnie wpływa na oszacowanie przyczepności stali zbrojeniowej. Publikacja powstała przy współpracy z dr hab. inż. Izabelą Skrzypczak oraz dr inż. Tomaszem Pytlowanym z Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Krośnie. Mój wkład stanowił 33 % i polegał na weryfikacji modelu numerycznego oraz przeglądzie literatury. Ryzyko związane z kontrolą jakości betonu przedstawiono w publikacji [11 - załącznik nr 5, pkt. II E.1]. Dla próby o liczebności $n = 3$, zaproponowano algorytm szacowania ryzyka oparty na aplikacji teorii zbiorów rozmytych. Mój wkład w publikację stanowił 25 % i polegał na przyjęciu zbiorów rozmytych do kontroli jakości betonu oraz zdefiniowaniu bazy reguł i obliczeniu wskaźnika ryzyka. Rozdział w monografii pt.: „Budownictwo prefabrykowane w Polsce – stan i perspektywy” stanowią publikacje [4, 5 - załącznik nr 5, pkt. II F.1]. Przedstawiono w nich teoretyczne podstawy statystycznej kontroli jakości betonu stosowanego do produkcji elementów prefabrykowanych, a na przykładzie prefabrykowanych rur żelbetowych określono koszty kontroli badań i oceny. Publikacja powstała przy współpracy z dr hab. inż. Izabelą Skrzypczak oraz dr inż. Małgorzatą Lenart z Politechniki Krakowskiej, mój wkład w publikację stanowił 33 %, polegał na przeglądzie literatury i oszacowaniu kosztów kontroli badań i oceny.

5.3 Inne osiągnięcia - granty, staże



Inne niewymienione osiągnięcia naukowo-badawcze to udział w grantie międzynarodowym w ramach europejskiego projektu promocji najnowszych wytycznych Eurokodów dotyczących konstrukcyjnych stali nierdzewnych (PUREST - Project Promotion of New Eurocode Rules for Structural Stainless Steel). Celem grantu była prezentacja zaleceń zawartych w podręczniku pt.: „Projektowanie konstrukcji ze stali nierdzewnych”, który został przygotowany przez Nancy Baddoo ze Steel Construction Institute w ramach projektu Funduszu Badawczego Węgla i Stali (grant 709600). Uczestnictwo w projekcie wiązało się z wykonaniem tłumaczenia podręcznika na język polski oraz przygotowaniem seminarium i webinarium. Wykonałam tłumaczenie dwóch

rozdziałów: 3-go i 4-tego niniejszego podręcznika.

W latach 07.2013 do 12.2013 oraz 12.2014 do 05.2015 uczestniczyłam w stażach realizowanych w ramach Projektu Staż Sukcesem Naukowca, stanowiących wsparcie dla współpracy sfery nauki i przedsiębiorstw z Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego. Celem programu był transfer wiedzy i innowacji między sferą nauki a mikro, małymi i średnimi przedsiębiorstwami oraz wzmocnienie współpracy nauki z biznesem i rozwój innowacyjności. Pierwszy staż odbyłam w przedsiębiorstwie Solbet Kolbuszowa, w ramach którego wykonałam dokumentację projektową rur kanalizacyjnych o zmiennych średnicach tj. 500, 600, 800, 1000 i 1200 mm, dostosowanych do zwiększonych obciążeń drogowych. Drugi staż odbyłam w Zakładzie Produkcyjno-Handlowo-Usługowy „JAR”, w ramach którego wykonałam optymalizację wymiarów zginanych rur betonowych. Wykonanie dokumentacji projektowej rur kanalizacyjnych wraz z optymalizacją ich wymiarów i zbrojenia, wymagało pogłębienia wiedzy odnośnie wytrzymałości betonu na rozciąganie w przypadku elementów zginanych o dużej krzywiznie względnej, która to wytrzymałość w sposób istotny różni się od wytrzymałości przyjmowanej dla elementów niezakrzywionych.

5.4 Podsumowanie działalności naukowo- badawczej

Zestawienie osiągnięć publikacyjnych i naukowych

Tabela1 Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w Journal Citation Reports

Baza	Po uzyskaniu stopnia doktora		Przed uzyskaniem stopnia doktora	
	Liczba	Impact Factor	Liczba	Impact Factor
Web of Science	7	2,833	0	0
Scopus	9	2,833	1	0

Tabela 2 Monografie, publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie JCR

Typ publikacji	Po uzyskaniu stopnia doktora	Przed uzyskaniem stopnia doktora
	Liczba	Liczba
Publikacje w czasopismach naukowych	27	9
Monografie	1	0
Rozdziały w monografii	7	0

Tabela 3 Liczba cytowań, index Hirscha, liczb punktów

Cytowania/Liczba punktów	Po uzyskaniu stopnia doktora	Przed uzyskaniem stopnia doktora
Liczba punktów według Rozporządzenia Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego obliczona dla wszystkich publikacji	206 pkt	27,2 pkt
Indeks Hirscha wg. bazy Web of Science	1	0
Indeks Hirscha wg. bazy Scopus	2	0
Indeks Hirscha wg. Google Scholar	2	0
Web of Science - liczba cytowań	3	0
Scopus – liczba cytowań	7	0
Google Scholar – liczba cytowań	17	2

Tabela 4 Wygłoszone referaty na międzynarodowych i krajowych konferencjach

Rodzaj konferencji	Po uzyskaniu stopnia doktora	Przed uzyskaniem stopnia doktora
	Liczba	Liczba
Konferencje międzynarodowe	11	5
Konferencje krajowe	17	4

6. POZOSTAŁE OSIĄGNIĘCIA DYDAKTYCZNE, INŻYNIERSKIE I ORGANIZACYJNE

6.1 Działalność dydaktyczna

Swoją działalność dydaktyczną rozpoczęłam w 2000 r. W okresie kilkunastu lat prowadziłam zajęcia dydaktyczne w formie wykładów, ćwiczeń projektowych oraz zajęć laboratoryjnych na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej. Z uwagi na zatrudnienie w trzech jednostkach organizacyjnych, zaczynając od Zakładu Badań Konstrukcji, następnie Katedrze Mechaniki Budowli i aktualnie Katedrze Konstrukcji Budowlanych, tematyka prowadzonych zajęć była bardzo różnorodna (mechanika teoretyczna, wytrzymałość materiałów, technologie informacyjne, mechanika budowli, teoria sprężystości i plastyczności, metody komputerowe, konstrukcje betonowe, wzmacnianie konstrukcji budowlanych, wybrane zagadnienia z konstrukcji betonowych, konstrukcje murowe, złożone konstrukcje betonowe, podstawy projektowania konstrukcji). Zajęcia prowadzę na I i II stopniu studiów na kierunku budownictwo Politechniki Rzeszowskiej. Do wszystkich zajęć wykładowych i niektórych zajęć projektowych oraz laboratoryjnych przygotowywałam materiały dydaktyczne, rozpowszechniane wśród

studentów na zasadzie materiałów powielanych. Szczegółową listę prowadzonych wykładów, ćwiczeń projektowych oraz zajęć laboratoryjnych zamieściłam w załączniku 5, pkt. III I.

Dla studentów studiujących w ramach programu Erasmus z przedmiotu konstrukcje murowe prowadzę wykłady i zajęcia projektowe w języku angielskim.

W latach 2016 i 2017 prowadziłam cykliczne wykłady na Lwowskim Narodowym Uniwersytecie Rolniczym, Wydziale Budownictwo i Architektura, pt.: „Environmental aspect in concrete prefabrication”. Dwukrotnie wyjeżdżałam w ramach programu Erasmus+ w celu prowadzenia zajęć dydaktycznych na uczelniach partnerskich, szczegółowy wykaz uczelni, wraz z terminami prowadzonych wykładów zamieściłam w załączniku 5 pkt. III I.

Od 2015 r. dwa razy do roku prowadzę szkolenia podczas kursu przygotowującego do egzaminu na uprawnienia budowlane, organizowanego przez PZITB oddział w Rzeszowie.

6.2 Działalność inżynierska

Działalność inżynierska poprzedziła moją pracę naukowo - dydaktyczną na Politechnice Rzeszowskiej, ponieważ po drugim roku studiów nawiązałam współpracę z Rzeszowskim Biurem Konstrukcyjnym, gdzie odbyłam wymagane do uprawnień praktyki. Od chwili uzyskania uprawnień do projektowania bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej byłam wykonawcą lub współautorem ponad 30-ciu ekspertyz i wielu projektów konstrukcyjnych. Część ekspertyz wykonywana była w zespole pracowników Katedry Konstrukcji Budowlanych. Wiele z tych ekspertyz miało charakter naukowo-badawczy, często dotyczyły problemów, których wyjaśnienie lub rozwiązanie wymagało zarówno wiedzy praktycznej jak i teoretycznej. Znaczna część ekspertyz wykonywana była również przy współpracy z zespołem rzeczoznawców przy PZITB oddział w Rzeszowie, z którym współpracuję od kilku lat.

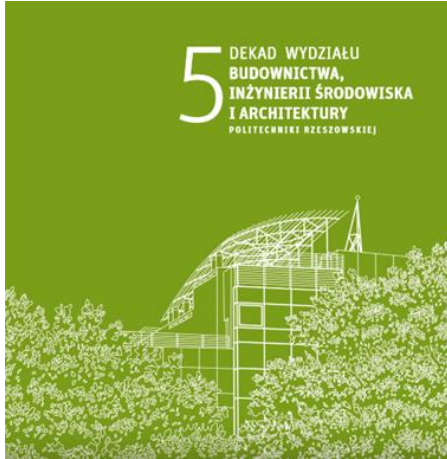
W swojej działalności eksperckiej mogę wyróżnić dwa obszary aktywności: pierwszy dotyczy nowoprojektowanych obiektów o konstrukcji żelbetowej – głównie stropy słupowo-płytkowe, zbiorniki na ciecze, drugi zabytkowych obiektów o konstrukcji murowanej. Przedstawiane w ekspertyzach problemy oraz metody naprawy były między innymi przedmiotem referatu prezentowanego na konferencji Awarie Budowlane, a także inspiracją do publikacji [8- załącznik nr 5, pkt. II A.1, 25 - załącznik nr 5, pkt. II E.1 oraz 7 - załącznik nr 5, pkt. II F.1]. W załączniku 5, podpunkt III M oraz podpunkt II F.2 ograniczyłam się do przedstawienia istotniejszych prac z tego zakresu, potwierdzających moją aktywność inżynierską.

Współpracowałam również z zakładem Prefabrykacji Solbet w Kolbuszowej dla którego wykonałam projekt prefabrykowanych nadproży z autoklawizowanego betonu komórkowego, oszacowanie nośności przepustów skrzynkowych o przekroju zamkniętym i dwudzielnym oraz projekt konstrukcyjny prefabrykowanych rur typu WIPRO o różnych średnicach. Zagadnienie projektowania rur skłoniło mnie do głębszego rozpoznania problemu, określenia wytrzymałość betonu na rozciąganie w przypadku elementów zginanych o dużej krzywiznie względnej. Efektem tych prac były publikacje [2- załącznik nr 5, pkt. II A.1 oraz 12 - załącznik nr 5, pkt. II E.1

Od lat współpracuję także z biurem projektowym „BiO” Budowlane Usługi Projektowe, gdzie jestem współprojektantem lub weryfikatorem różnych projektów konstrukcyjnych, począwszy od obiektów sakralnych – kościołów w miejscowości Przybyszówka Pustki, poprzez budynki mieszkalne wielorodzinne, hale przemysłowe, budynki handlowe i usługowe, obiekty przemysłowe takie jak zbiorniki na ciecze, dekandery w oczyszczalniach ścieków oraz obiekty małej architektury. W załączniku 5, podpunkt III M zamieściłam ważniejsze projekty

konstrukcyjne, które wykonałam podczas mojej ponad 20-to letniej praktyki inżynierskiej. Podkreślenia wymagają projekty budynków i budowli, które zostały zauważone podczas corocznego konkursu „Budowa Roku Podkarpacia” organizowanego w różnych kategoriach wymienione w załączniku 5, podpunkt III D.

6.3 Działalność organizacyjna



W okresie mojej pracy na Politechnice Rzeszowskiej brałam udział w pracach komitetów organizacyjnych czterech konferencji międzynarodowej i krajowych oraz uczestniczyłam w pracach komitetów naukowych dwóch konferencji o zasięgu krajowym. Szczegółowy wykaz konferencji podałam w załączniku 5, podpunkt III C. Uczestniczyłam w pracach komitetu organizacyjnego powołanego przez Dziekana WBIŚiA w związku z jubileuszem 50-lecia Wydziału Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury oraz byłam redaktorem okolicznościowej publikacji.

Od chwili powołania Izby Budowlanych jestem członkiem Podkarpackiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa. Należę do PZITB oddział w Rzeszowie i aktywnie uczestniczę w pracach Komisji Nauki PZITB. Należę również do Polskiego Towarzystwa Bezpieczeństwa i Niezawodności. Od kilku lat jestem opiekunem Kołem Młodych PZITB oddział w Rzeszowie, z którym organizuję różne wydarzenia o charakterze lokalnym i krajowym. Jednym z większych przedsięwzięć organizacyjnych była organizacja XVII edycji Krajowego Zjazdu Naukowo-Technicznego Młodej Kadry PZITB w dniach 26-28 maja 2017 r. Byłam także jednym z jurorów w Komitecie oceniającym XXX edycji Olimpiady Wiedzy i Umiejętności Budowlanych w Rzeszowie w 2017 r.