

**WNIOSEK
O WSZCZĘCIE POSTĘPOWANIA HABILITACYJNEGO**

Załącznik 2a

AUTOREFERAT W JĘZYKU POLSKIM

dr inż. Agnieszka Lechowska

Kraków, marzec 2018

Załącznik 2a

Dr inż. Agnieszka Lechowska
Instytut Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza
Wydział Inżynierii Środowiska
Politechnika Krakowska
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków
agnieszka.lechowska@pk.edu.pl

AUTOREFERAT

Spis treści:

1.	Imię i nazwisko	str. 3
2.	Posiadane dyplomy	str. 3
3.	Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	str. 3
4.	Wskazanie osiągnięcia naukowego 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. z 2003 r. nr 65, poz. 595 ze zm.)	str. 4
4.1.	Tytuł osiągnięcia naukowego	str. 4
4.2.	Autorzy, tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy	str. 4
4.3.	Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	str. 4
5.	Przebieg pracy naukowej i omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	str. 9
5.1.	Przebieg pracy naukowej przed uzyskaniem stopnia doktora	str. 9
5.2.	Przebieg pracy naukowej po uzyskaniu stopnia doktora	str. 11
5.3.	Podsumowanie dorobku naukowego	str. 18
6.	Podsumowanie osiągnięć i dorobku zawodowego	str. 22
6.1.	Działalność dydaktyczna i popularyzatorska	str. 22
6.2.	Działalność organizacyjna	str. 24

1. Imię i nazwisko

Agnieszka Lechowska

2. Posiadane dyplomy

- 30.06.1995 tytuł magistra inżyniera w zakresie inżynierii środowiska, Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki, Wydział Inżynierii Środowiska, praca magisterska pt. *Uniwersalne rozwiązanie równań laminarnej warstwy przyściennej przy konwekcji wymuszonej*, promotor: dr inż. Piotr Gryglaszewski
- 15.11.2000 stopień doktora, doktor nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki, Wydział Inżynierii Środowiska, praca doktorska pt. *Wyznaczanie średnich współczynników wnikania ciepła zunifikowaną metodą Wilsona*, promotor: prof. dr hab. inż. Teresa Styrylska, recenzenci: prof. zw. dr hab. inż. Zygmunt Kolenda, dr hab. inż. Marian Hopkowicz, prof. PK

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 1.02.2001 - 31.01.2002 asystent naukowo-dydaktyczny w Zakładzie Ogrzewnictwa, Systemów Ciepłych i Utylizacji Odpadów Instytutu Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechniki Krakowskiej im. T. Kościuszki
- 1.02.2002 - 31.01.2014 adiunkt naukowo-dydaktyczny w Zakładzie Ogrzewnictwa, Systemów Ciepłych i Utylizacji Odpadów Instytutu Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza Wydział Inżynierii Środowiska, Politechniki Krakowskiej im. T. Kościuszki
- 1.02.2014 - nadal adiunkt naukowo-dydaktyczny w Katedrze Ogrzewnictwa, Wentylacji, Klimatyzacji i Chłodnictwa Instytutu Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza Wydział Inżynierii Środowiska, Politechniki Krakowskiej im. T. Kościuszki
- 8.01.2011 - 30.11.2013 Kierownik studiów podyplomowych Doradztwo Energetyczne w Budownictwie, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej im. T. Kościuszki
- 1.09.2013 - nadal Zastępca Dyrektora ds. nauki Instytutu Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej im. T. Kościuszki

19.04.2016 - nadal Kierownik ds. technicznych Laboratorium Inżynierii Ciepłej w Katedrze Ogrzewnictwa, Wentylacji, Klimatyzacji i Chłodnictwa Instytutu Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej im. T. Kościuszki

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego 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. z 2003 r. nr 65, poz. 595 ze zm.)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Nieustalone modele cieplne elementów budynków

4.2. Autorzy, tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy

Monografia:

Lechowska Agnieszka, *Transient thermal models of building components*, Monografie Politechniki Krakowskiej, Seria Inżynieria Środowiska, Kraków 2017, recenzenci wydawniczy: prof. zw. dr hab. inż. Bogusław Zakrzewski, dr. hab. inż. Jan Radoń, prof. UR

Artykuł:

Lechowska Agnieszka, Guzik Artur, *Model of unsteady heat exchange for intermittent heating taking into account hot water radiator capacity*, Elsevier, Energy and Buildings, Vol. 76, pp. 176-184, 2014

4.3. Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Podjęte przeze mnie prace naukowe po obronie pracy doktorskiej i zatrudnieniu w Instytucie Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza Politechniki Krakowskiej związane były głównie z zastosowaniem w inżynierii środowiska zagadnień wymiany ciepła, ogrzewnictwa i fizyki budowli. Istotnym zagadnieniem w pracy naukowej była możliwość oszczędzania energii w sezonie grzewczym poprzez ogrzewanie pomieszczeń z przerwami lub z osłabieniem. Jest to metoda, w której w wybranych okresach czasu odpowiednio sterowany system ogrzewania grzejnikowego albo zatrzymuje albo zmniejsza przepływ czynnika grzewczego w grzejnikach powodując obniżenie temperatury wewnętrznej w pomieszczeniach do zadanego poziomu, umożliwiając uzyskiwanie oszczędności energii do celów ogrzewania. Obniżenie temperatury wewnętrznej w budynkach mieszkalnych jest możliwe do przeprowadzenia albo w dzień podczas nieobecności użytkowników pomieszczeń albo w nocy, gdy użytkownicy śpią i niższa temperatura nie wpływa na odczuwanie

obniżonego komfortu cieplnego. W budynkach niemieszkalnych z kolei jest to możliwe do przeprowadzenia w okresach doby, gdy użytkownicy nie przebywają w pomieszczeniach.

W ramach współpracy z dr hab. inż. Marianem Hopkowiczem, prof. PK, podjęłam zagadnienie modelowania matematycznego nieustalanej wymiany ciepła w pomieszczeniach ogrzewanych z przerwami. Tematyka ogrzewań energooszczędnych w tym czasie (rok 2006 i kolejne) była istotnym nurtem rozwoju naukowego, co znajdowało swój wyraz w pracach kodyfikacyjnych Komisji Europejskiej, ale również na konferencjach naukowych. W efekcie w roku 2007 opracowałam autorski model matematyczny nieustalanej wymiany ciepła w pomieszczeniu ogrzewanym z przerwami. W modelu tym zastosowałam nieustalone przenikanie ciepła przez przegrody budowlane otaczające pomieszczenie. Zaaplikowana została metoda numeryczna bilansów elementarnych, w której badany obszar (np. przegrodę budowlaną typu ściana, strop) dyskretyzuje się na elementy geometryczne i sporządza się dla każdego elementu bilans entalpii. Przegrody podzielono na równoległe elementy 1D. Założono brak obecności wewnętrznych źródeł ciepła. Przyjęto, że każdy element jest reprezentowany przez węzeł leżący w środku jego ciężkości, zaś cały element ma temperaturę równą temperaturze węzła. Pomiedzy sąsiadującymi węzłami występuje liniowy rozkład temperatury, w węzłach położonych wewnątrz ciała jest skupiona cała pojemność cieplna elementów, natomiast węzły położone na powierzchni ciała są bezpojemnościowe. Ciepło dopływające do rozpatrywanego węzła z węzłów sąsiadujących lub z powierzchni ciała powoduje przyrost entalpii elementu przy założeniu izobarycznego przepływu ciepła. Dodatkowym równaniem zamykającym układ równań było równanie opisujące wymianę ciepła powietrza w pomieszczeniu z powierzchniami przegród otaczających pomieszczenie, z grzejnikiem, ciepło przenikające przez okno oraz infiltrujące z zewnątrz do pomieszczenia. Model ten pozwala na wyznaczenie zarówno temperatur wewnątrz przegród (we wszystkich węzłach), jak i temperatury powietrza w pomieszczeniu. Opracowany przeze mnie model różni się od wcześniej opracowanych modeli, gdyż bazuje na metodzie bilansów elementarnych zamiast na prostszej metodzie różnic skończonych. Co więcej, stosuje autorski oryginalny sposób obliczania elementów składowych w równaniu bilansu cieplnego powietrza w pomieszczeniu. Dodatkowo, opracowany model stosuje pełne procesy nieustalone, w których pochodną temperatury po czasie zastąpiłam schematem różnicowym wstecznym niejawnym.

Po opracowaniu modelu nieustalanej wymiany ciepła w pomieszczeniu podjęłam pomiary laboratoryjne zmierzające do weryfikacji doświadczalnej przygotowanego modelu poprzez pomiary temperatur powietrza oraz powierzchni przegród w rzeczywistym pomieszczeniu ogrzewanym z przerwami. Do badań wybrałam pomieszczenie biurowe na terenie kampusu Politechniki Krakowskiej. Uzyskałam zadowalającą zgodność wyników pomiarów oraz obliczeń symulacyjnych. Maksymalne rozbieżności sięgały 10% mimo, że na tym etapie przyjąłm szereg założeń upraszczających np. dotyczących opisu promieniowania słoneczne padającego na przegrody zewnętrzne.

Dzięki opracowanemu modelowi mogłam wyznaczyć temperatury w głębi przegród budowlanych otaczających pomieszczenie. Znajomość ich wartości pozwoliła mi określić jaka część ścian zewnętrznych i wewnętrznych od strony pomieszczenia bierze udział w wymianie ciepła w pomieszczeniu. Obliczenia wykazały, że pierwsze kilkanaście

centymetrów w ścianach zewnętrznych od strony pomieszczenia przejmują istotne zmiany temperatury przy wyłączeniu ogrzewania i przy stygnącym pomieszczeniu. Jest to tym samym warstwa biorąca udział w wymianie ciepła z powietrzem w pomieszczeniu. Pozostała część przegród tylko nieznacznie zmienia swoją temperaturę przy znacznych zmianach temperatury wewnętrznej. Należy dodać, że oczywiście szybciej reagują na zmiany przegrody lekkie o małej pojemności cieplnej, wolniej zaś przegrody ciężkie. Analizowałam kilka typów ścian zewnętrznych, od ciężkiej z cegły pełnej przez ścianę z pustaka, warstwową żelbetową aż do lekkiej ściany osłonowej wypełnionej wełną mineralną. Analizowałam te przegrody w dwóch typach pomieszczenia: w mniejszym oraz o większej kubaturze. Stwierdziłam, że wolniej wychładza się pomieszczenie o mniejszej kubaturze. Przyczyną jest pojemność cieplna powietrza w pomieszczeniu, która jest dużo mniejsza, niż pojemność przegród. Pomieszczenie mniejsze ma więcej przegród magazynujących ciepło niż pomieszczenie większe.

W toku dalszych moich prac analizowałam możliwości poprawy, rozwoju opracowanego przeze mnie modelu nieustalanej wymiany ciepła w pomieszczeniach. Stwierdziłam, że elementem, który może mieć wpływ na uzyskiwane wyniki końcowe temperatur w przegrodach i powietrza w pomieszczeniu jest pojemność cieplna grzejnika zwłaszcza w pomieszczeniach z lekkimi przegrodami, jakie się coraz częściej spotyka w budynkach biurowych. Postanowiłam uwzględnić ją w ciągle rozwijanym przeze mnie modelu. Uwzględniłam więc pojemność cieplną wody wypełniającej grzejnik oraz materiału grzejnika, co było dodatkowym nowym elementem nie występującym w dotychczasowych opracowaniach. W równaniu bilansu energii stygnącego grzejnika założyłam, że z powodu wysokiej przewodności cieplnej stali oraz niskiego oporu wnikania ciepła po stronie wewnętrznej grzejnika (od wody do wewnętrznych ścianek grzejnika), można pomiędzy wodą a powietrzem uwzględnić tylko opór wnikania ciepła od zewnętrznych ścianek grzejnika do pomieszczenia. Bilans energii stygnącego grzejnika pozwalał na wyznaczenie temperatury wody w grzejniku. Jednak z uwagi na fakt, że zarówno temperatura powietrza w pomieszczeniu, jak i wody w grzejniku zmienia się na każdym kroku czasowym, bilans ten musiał być również rozwiązywany na każdym kroku czasowym.

Ulepszony model nieustalanej wymiany ciepła w pomieszczeniu zweryfikowałam pomiarami. Pomiary przeprowadziłam w innym pomieszczeniu ogrzewanym z przerwami. Tym razem do badań wybrałam pomieszczenie będące pokojem biurowym z przegrodami o małej pojemności cieplnej oraz dużym przeszkleniem. W tego typu pomieszczeniach pojemność cieplna grzejnika ma dużo większe znaczenie niż w pomieszczeniach z ciężkimi przegrodami. Metodę pomiarów rozbudowałam tak, że pomiary dotyczyły nie tylko powierzchni przegród i temperatur powietrza, ale także temperatury wody w grzejniku oraz innych parametrów powietrza wpływających na komfort cieplny takich jak średnia temperatura promieniowania przegród, wilgotność względna oraz prędkość powietrza w pomieszczeniu. Na podstawie wyników pomiarów wspomnianych wyżej parametrów przeprowadziłam obliczenia wskaźników komfortu cieplnego w analizowanym pomieszczeniu. Wykonałam również jako uzupełnienie tych wyników obliczenia symulacyjne za pomocą opracowanego przeze mnie modelu matematycznego. Model matematyczny dodatkowo rozszerzyłam o element uwzględniający rozkład w czasie wewnętrznych zysków

ciepła. Co więcej, wprowadziłam tzw. temperaturę słoneczną, czyli w sposób pośredni uwzględniłam promieniowanie słoneczne poprzez przeliczenie zmierzonej temperatury powietrza zewnętrznego na wyższą nieco temperaturę uwzględniającą w swej wartości całkowite promieniowanie słoneczne padające na przegrody zewnętrzne pomieszczenia. Jest to często stosowany w modelowaniu sposób uniknięcia nieliniowych równań bilansowych a pozwalający uwzględnić zyski ciepła od promieniowania słonecznego, które nawet zimą mają niebagatelne znaczenie. Porównanie wyznaczonych w modelu oraz zmierzonych temperatur powietrza w stygnącym pomieszczeniu oraz temperatur wody w grzejniku przebiegło bardzo pomyślnie, co pozwoliło mi przygotować publikację pt. *Model of unsteady heat exchange for intermittent heating taking into account hot water radiator capacity*, która ze względu na zaawansowany charakter modelowania i pomiarów laboratoryjnych została opublikowana w wiodącym czasopiśmie o zasięgu globalnym Energy and Buildings w roku 2014 (zał. 3, pkt. A.2.2). W publikacji położyłam nacisk również na obróbkę statystyczną wyników pomiarów i wyników symulacji w modelu. Istotnym wnioskiem z przeprowadzonych prac było stwierdzenie, że aby osiągnąć akceptowalny przez użytkowników poziom komfortu cieplnego w pomieszczeniu, niezbędne jest włączenie instalacji grzewczej około 4 godziny wcześniej przed powrotem użytkowników do pomieszczeń, jeżeli instalacja była wyłączona na przykład przez 10 lub więcej godzin.

Dalszym etapem moich prac nad modelem matematycznym nieustalanej wymiany ciepła w pomieszczeniu ogrzewanym z przerwami było dodanie modułu uwzględniającego wentylację mechaniczną w budynku w przypadku jej występowania. Ostatnia wersja opracowanego przeze mnie modelu została opisana oraz zweryfikowana pomiarami w monografii mojego autorstwa pt. *Transient thermal models of building components* opublikowanej w roku 2017 (zał. 3, pkt. A.2.1) stanowiącej kwintesencję osiągnięcia habilitacyjnego.

W trakcie mojej pracy naukowej w celu rozbudowania opracowanych modeli nieustalanej wymiany ciepła w elementach instalacji grzewczych i konstrukcji budynków rozszerzyłam warsztat naukowy o technikę komputerowej mechaniki płynów CFD (Computational Fluid Dynamics) za pomocą zaawansowanego programu komputerowego Ansys Fluent wykorzystującego metodę elementów skończonych. Metodę CFD implementowałam z powodzeniem do obliczeń przepływu ciepła oraz masy w zakresie umożliwiającym włączenie nowoczesnej metody CFD do opracowywanych modeli niestacjonarnej wymiany ciepła w elementach budowlanych. Jakkolwiek opracowany przeze mnie matematyczny model nieustalanej pracy stygnącego grzejnika był już wcześniej zweryfikowany za pomocą pomiarów, to dla poprawy wyników modelowania opracowałam dodatkowo model geometryczny rzeczywistego grzejnika za pomocą programu Ansys Fluent, który to grzejnik podczas pomiarów był zainstalowany w pomieszczeniu. Model CFD grzejnika zweryfikowałam za pomocą wyników przeprowadzonych wcześniej pomiarów. W nieustalonych w czasie warunkach brzegowych trzeciego rodzaju wstawiłam wyniki pomiarów temperatur powietrza otaczającego grzejnik w stygnącym pomieszczeniu. Otrzymałam bardzo dobrą zbieżność wyników obliczeń w programie oraz wyników pomiarów temperatury wody w grzejniku. Wyniki tego etapu moich prac opublikowałam we wspomnianej wyżej monografii pt. *Transient thermal models of building components*

(zał. 3, pkt. A.2.1). Podsumowując ten etap moich prac mogę stwierdzić, że przygotowanie poprawnego modelu geometrycznego rzeczywistego grzejnika oraz siatki numerycznej jest bardzo czasochłonne, ale pozwala na uzyskiwanie wyników obliczeń zgodnych z wynikami pomiarów. Dodatkową barierą w implementacji takich rozbudowanych modeli jest konieczność dostępu do zaawansowanych komputerów o dużych mocach obliczeniowych. Wykonywanie obliczeń nieustalonych przez komputer o zwykłych mocach obliczeniowych, przy siatce składającej się z 4 mln elementów dla 12 godzin stygnięcia grzejnika przy kroku czasowym wynoszącym 2 minuty trwało 3 tygodnie. W celu skrócenia tego czasu do obliczeń wykorzystywałam super komputery dostępne w sieci plgrid w ramach otrzymanego grantu obliczeniowego w Akademickim Centrum Komputerowym CYFRONET AGH. W obliczeniach wykorzystano super komputer Zeus. Jest to klastery obliczeniowy z systemem operacyjnym Scientific Linux 6, procesorem Intel Xeon z pamięcią operacyjną 23 TB o mocy obliczeniowej 169 TFlops. Zastosowanie super komputerów umożliwia w znaczący sposób skrócenie czasu wykonywania obliczeń.

W dalszym etapie moich prac podjęłam jeszcze jedno bardzo istotne zagadnienie pomijane w dotychczasowej literaturze a dotyczące dynamik procesów przenikania ciepła przez przegrody przezroczyste. Zazwyczaj przyjmuje się, że przy zmiennych temperaturach powietrza zewnętrznego i wewnętrznego wartość współczynnika przenikania ciepła okna nie ulega zmianie. Dla rozstrzygnięcia czy takie uproszczenie jest uzasadnione przeprowadziłam analizę pozwalającą na ocenę tego uproszczenia. Jako kierownik techniczny Laboratorium Inżynierii Ciepłej, które w komorze kalorymetrycznej Instytutu Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza PK przeprowadza normatywne pomiary współczynnika przenikania ciepła próbek w stanie ustalonym, przeprowadziłam pomiar próbki okna zewnętrznego pionowego. Następnie wykonałam model numeryczny przekroju tego okna w programie Ansys Fluent i wyznaczyłam współczynnik przenikania ciepła całego okna. Wartość zmierzona z wartością obliczoną numerycznie różniły się o mniej niż 7%. Przyjęłam więc, że można wyznaczyć numerycznie w sposób prawidłowy współczynnik przenikania ciepła okna. Pozostał więc tylko ostatni etap, czyli zmiana warunków brzegowych i sprawdzenie jak wpływa ona na końcowy wynik współczynnika przenikania ciepła okna. Moje obliczenia wykazały, że współczynnik przenikania ciepła okna zmienia się o mniej niż 10% przy skrajnie innych warunkach temperaturowych na brzegach. Zmiana współczynnika przenikania ciepła okna nie powodowała jednak istotnych zmian w wynikach obliczeń temperatury wewnętrznej w moim modelu nieustalonej wymiany ciepła w pomieszczeniach (maksymalnie 1,5%). Wyniki tych analiz opisałam w mojej monografii (zał. 3, pkt. A.2.1). Można więc uznać za uzasadnione wprowadzanie uproszczenia polegającego na przyjęciu stałej wartości współczynnika przenikania ciepła okna w obliczeniach nieustalonej wymiany ciepła w pomieszczeniach. Jest to istotny wniosek możliwy do wykorzystania w dalszych pracach naukowych.

Ostatnim etapem moich prac w ramach modelowania numerycznego było opracowanie w programie Ansys Fluent numerycznego modelu 3D pomieszczenia i następnie sprzęgnięcie wyników obliczeń temperatur powierzchni przegród otrzymanych w modelu nieustalonej wymiany ciepła w pomieszczeniach i wprowadzenie ich jako danych wejściowych w warunkach brzegowych pierwszego rodzaju w modelu 3D CFD całego pomieszczenia. Jako

wynik końcowy z modelu 3D otrzymałam między innymi wartości współczynników wnikania ciepła pomiędzy powietrzem w pomieszczeniu a powierzchniami przegród je tworzącymi. Otrzymane wartości pozwoliły na wprowadzenie poprawy wartości danych do mojego modelu nieustalanej wymiany ciepła w pomieszczeniu, gdyż współczynniki wnikania ciepła były tam wprowadzane jako znane wielkości przyjęte a priori. Takie sprzęgnięcie dwóch metod i dwóch modeli pozwoliło mi na poprawę zbieżności modelu nieustalanej wymiany ciepła w pomieszczeniu. Wyniki tych analiz przedstawiłam w mojej monografii (zał. 3, pkt. A.2.1).

Podsumowując można stwierdzić, że posiadając opracowany samodzielnie obliczeniowy model matematyczny, czas trwania wprowadzania danych i przeprowadzania obliczeń symulacyjnych jest nieporównywalnie krótszy niż przy obliczeniach CFD. Jest to niewątpliwa zaleta prostych modeli obliczeniowych. Owszem, posiadają one sporo uproszczeń (mój model zakładał jednowymiarowy przepływ ciepła oraz doskonałe mieszanie powietrza w pomieszczeniu – brak gradientu temperatury powietrza), jednak nie zawsze są potrzebne bardzo dokładne modele obliczeniowe. Bywają sytuacje na przykład przy zintegrowanym projektowaniu, że w procesie decyzyjnym co do doboru materiałów przegród czy ich grubości potrzebna jest informacja jak pomieszczenia biurowe będą reagować na nocne wyłączenia ogrzewania. Taki uproszczony model może dać szybką odpowiedź bez potrzeby czasochłonnego budowania rzeczywistych i dokładnych modeli 3D. Może dać również odpowiedź o ile wcześniej należy włączyć ogrzewanie, aby użytkownicy pomieszczeń po powrocie do nich mieli zapewniony komfort cieplny. Dzięki opracowanemu modelowi można również w prosty sposób obliczyć straty energii pomieszczenia, a więc i oszczędności energii uzyskiwane w okresach wyłączeń czy osłabień mocy instalacji grzewczej. Co więcej, można przewidzieć parametry komfortu cieplnego w pomieszczeniu, co jest z kolei przydatne z punktu widzenia wydajności pracowników.

5. Przebieg pracy naukowej i omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Przebieg pracy naukowej przed uzyskaniem stopnia doktora

Studia magisterskie rozpoczęłam w roku 1989 na Wydziale Inżynierii Sanitarnej i Wodnej (obecnie Wydział Inżynierii Środowiska) Politechniki Krakowskiej na kierunku inżynieria środowiska. W trakcie studiów wybrałam specjalność urządzenia cieplne, zdrowotne i ochrony powietrza. Pracę magisterską przygotowałam pod kierunkiem dr inż. Piotra Gryglaszewskiego. Tytuł mojej pracy brzmiał: *Uniwersalne rozwiązanie równań laminarnej warstwy przyściennej przy konwekcji wymuszonej*. Praca dotyczyła metod rozwiązywania równań laminarnej warstwy przyściennej powstającej przy opływie ciał o dowolnych kształtach. W pracy zaproponowałam metodę „uniwersalizacji” równań Saljnikowa służących do opisu laminarnej termicznej warstwy przyściennej. „Uniwersalizacja” polegała na odpowiednim przekształceniu tych równań tak, aby były niezależne od rozkładu prędkości, czyli od kształtu opływającego ciała. Pracę magisterską

obroniłam z wynikiem bardzo dobrym w czerwcu 1995 roku otrzymując tytuł magistra inżyniera.

W tym samym roku, bezpośrednio po ukończeniu studiów magisterskich, rozpoczęłam studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej. Promotorem mojej pracy doktorskiej była Pani prof. dr hab. inż. Teresa Styrylska, która sformułowała zadanie naukowe związane z metodą Wilsona oraz rachunkiem wyrównawczym. Metoda Wilsona polega na rozdzieleniu całkowitego oporu przenikania ciepła przez ściankę w wymienniku ciepła na sumę oporów wnikania oraz przewodzenia i wykorzystaniu regresji liniowej do wyznaczenia średnich współczynników wnikania ciepła. W metodzie tej bilansuje się wymiennik ciepła na podstawie odpowiednio przeprowadzonych serii pomiarowych temperatur oraz strumieni przepływu czynnika, a następnie równanie opisujące opór przenikania ciepła przez ściankę sprowadza się do postaci równania z kilkoma niewiadomymi stałymi wyznaczanymi numerycznie. Tymi stałymi są współczynniki w równaniach kryterialnych na liczby Nusselta. Do bilansowania wymiennika i wyników serii pomiarowych można zastosować rachunek wyrównawczy. Dotyczy on odpowiedniego opracowywania statystycznego wyników serii pomiarów. Równania fizyczne opisujące przenikanie ciepła pomiędzy płynami w wymienniku ciepła można zlinearyzować poprzez rozwinięcie w szereg Taylora. Gdy wyników pomiarów jest wiele, otrzymuje się układ równań liniowych, w których występują poprawki do niewiadomych, poprawki do wielkości zmierzonych oraz pozostałości. Układ równań jest rozwiązywany numerycznie.

W początkowych pracach nad doktoratem współpracowałam z dr inż. Adamem Nowarskim, z którym opracowałam publikację związaną z tematyką mojej pracy doktorskiej, wydaną przez Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej w roku 1998 (zał. 3, pkt. B.5.1). Dotyczyła ona tzw. „zmodyfikowanej” oraz „uogólnionej” metody Wilsona, której uogólnienie polegające na stosowaniu wprost nieliniowych równań warunków i ich linearyzacji wokół wielkości zmierzonych i przybliżonych wielkości niewiadomych przy wykorzystaniu wzoru Taylora, zaproponowała wcześniej moja Promotor, Pani prof. dr hab. inż. Teresa Styrylska. Następnie dalej analizując metodę Wilsona i jej modyfikacje opracowałam pod kierunkiem Pani Profesor artykuł na temat „rozszerzonej” metody Wilsona, który zaprezentowałam w referatach na dwóch międzynarodowych konferencjach. Jedna z konferencji odbyła się w Gdańsku w 1999 roku – Third Baltic Heat Transfer Conference, na której wygłosiłam referat związany z opracowaną publikacją (zał. 3, pkt. B.12.1). Druga konferencja - Annual Scientific Conference była organizowana przez GAMM (Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik) w roku 2000 w Getyndze (Niemcy). Na niej również wygłosiłam referat (zał. 3, pkt. B.12.2). Wspomniane wyżej różne modyfikacje metody Wilsona można nazwać w rachunku wyrównawczym przypadkami pomiarów bezpośrednich zawarunkowanych z niewiadomymi lub ogólnym przypadkiem metody najmniejszych kwadratów, w którym wyznacza się wielkości niewiadome rozwiązując układ równań z poprawkami do wielkości zmierzonych, oddzielnie poprawkami do niewiadomych oraz niezgodnościami równań warunków.

Oprócz prac nad doktoratem brałam również udział w projekcie badawczym, przyznany przez Komitet Badań Naukowych, dotyczącym modelowania zagadnień

termosprężystości. Byłam jednym z wykonawców a moim zadaniem było opracowywanie wyników pomiarów oraz wyników obliczeń (zał.3, pkt. B.10.1).

W dalszych pracach nad doktoratem opracowałyśmy razem z moją Panią Promotor zunifikowaną metodę Wilsona, będącą przedmiotem mojej pracy doktorskiej. Zunifikowana metoda Wilsona polegała na dalszej modyfikacji, w której wykorzystyłam zunifikowaną metodę najmniejszych kwadratów w celu zwiększenia stabilności rozwiązania. W rachunku wyrównawczym sformułowany problem można nazwać pomiarami bezpośrednimi zawarunkowanymi, w którym w rozszerzonym wektorze poprawek do wielkości wyznaczanych występują łącznie poprawki do wielkości zmierzonych oraz do niewiadomych. W zunifikowanej metodzie Wilsona wielkości niewiadomych traktowane są tak jak wielkości zmierzone. Takie podejście zapewnia lepsze oszacowanie estymowanych wartości oraz poprawia stabilność metody przy jednoczesnym zmniejszeniu niepewności wyznaczanych wielkości. Zaproponowaną przeze mnie zunifikowaną metodę Wilsona zastosowałam do wyznaczania niewiadomych we wzorach kryterialnych na liczby Nusselta a co za tym idzie na bezwymiarowe współczynniki wnikania ciepła przy przepływie płynów w wymiennikach ciepła.

W roku 1999 przy promotorstwie Pani Prof. dr hab. inż. Teresy Styrylskiej złożyłam wniosek do Komitetu Badań Naukowych o grant promotorski, który to wniosek został pozytywnie rozpatrzony (zał.3, pkt. B.10.2). Dzięki temu dofinansowaniu mogłam dokończyć realizację prac w ramach rozprawy doktorskiej oraz jeszcze przed obroną doktoratu wziąć udział w VIII Międzynarodowym Sympozjum nt. Wymiana Ciepła i Odnawialne Źródła Energii, Łeba 2000. Wygłosiłam tam referat oraz przygotowałam publikację (zał. 3, pkt. B.12.3). Po tej konferencji otrzymałam nagrodę dla najlepiej przygotowanych referatów (zał. 4, pkt. C.1).

W listopadzie 2000 roku obroniłam pracę doktorską z wynikiem pozytywnym.

5.2. Przebieg pracy naukowej po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora zostałam zatrudniona od lutego 2001 roku w Instytucie Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza na Wydziale Inżynierii Środowiska na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego. Bezpośrednio po doktoracie nadal zajmowałam się metodą Wilsona, co zostało opublikowane w dwóch publikacjach jeszcze związanych z tematyką mojej pracy doktorskiej. Jedna publikacja ukazała się w Czasopiśmie Technicznym Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej (zał. 3, pkt. B.5.2), druga zaś w The American Society of Mechanical Engineers (ASME) Journal of Heat Transfer (zał. 3, pkt. B.1.1). Publikacja ta została 11 razy cytowana według bazy Web of Science.

W kolejnym okresie moja główna działalność badawcza była związana z problematyką ogrzewania niestacjonarnego (z przerwami) jako jednego z typów ogrzewań energooszczędnych (zał. 3, pkt. B.5.3, B.12.4-B.12.6, B.12.8, B.12.10). Drugim kierunkiem mojej działalności pozostają, ogólnie mówiąc, zagadnienia związane z fizyką budowli, z jednej strony z racji moich zainteresowań naukowych w tym kierunku a z drugiej z racji nauczanej przeze mnie przedmiotu: fizyka budowli.

W 2006 roku nawiązałam współpracę z Wydziałem Architektury Politechniki Krakowskiej. Prowadziłam tam przez szereg lat zajęcia dydaktyczne oraz rozwijałam współpracę naukową. Początkowo zajmowałam się zagadnieniami komfortu cieplnego. W tej tematyce powstały dwie publikacje. Jedna związana z wymianą ciepła przez promieniowanie w pomieszczeniach i wyznaczeniem współczynników konfiguracji na powierzchniach przegród w celu obliczenia w sposób dokładny średniej temperatury promieniowania w pomieszczeniach. Opracowane w ramach tej współpracy nomogramy przedstawione w publikacji w znaczny sposób ułatwiają określenie współczynników konfiguracji do poszczególnych powierzchni w pomieszczeniach. Wygłosiłam referat na temat tej publikacji na XVI Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej Wentylacja, Klimatyzacja, Ogrzewnictwo, Zdrowie, Zakopane-Kościelisko w 2007 roku (zał. 3, pkt. B.12.7). Druga publikacja związana z komfortem cieplnym w pomieszczeniach dotyczyła określania stref lokalnego dyskomfortu w pomieszczeniach, w których występują duże powierzchnie przeszkleń. W ramach badań wykazano, że w przypadku dużych przeszkleń w pomieszczeniach i braku grzejników (na przykład przy ogrzewaniu powietrznym) istnieją strefy dyskomfortu lokalnego w przestrzeni pomieszczenia przy przeszkleń. Referat na temat tej publikacji został przeze mnie wygłoszony na międzynarodowej konferencji XII International Conference on Air Conditioning, Air Protection and District Heating, Wrocław-Szklarska Poręba w 2008 roku (zał. 3, pkt. B.12.9). Dalsza część mojej współpracy z Wydziałem Architektury Politechniki Krakowskiej była nadal związana z zagadnieniami fizyki budowli a mianowicie z analizą przeprowadzania termomodernizacji w budynkach zabytkowych, w których nie istnieje możliwość ocieplania ścian zewnętrznych po stronie powietrza zewnętrznego. Z kolei ocieplanie ścian zewnętrznych po stronie wewnętrznej niesie za sobą ryzyko wystąpienia międzywarstwowej kondensacji wilgoci w ścianie zewnętrznej. Przeprowadzona analiza wykazała, że izolacja grubej ściany z cegły wykonana z polistyrenu usytuowanego po stronie wewnętrznej nie powoduje ryzyka powstania kondensacji międzywarstwowej. Dodatkowo, izolacja po stronie wewnętrznej wykonana z wełny mineralnej również nie powoduje kondensacji międzywarstwowej, ale tylko pod warunkiem umieszczenia od strony pomieszczenia folii paroizolacyjnej. Wyniki analiz zostały opublikowane oraz wygłoszone przez mnie w referacie na XIII International Conference on Air & Heat – Water & Energy, Wrocław-Kudowa Zdrój w 2011 roku (zał. 3, pkt. B.12.11). Drugie zagadnienie bezpośrednio związane z tematyką termomodernizacji budynków zabytkowych to występowanie mostków cieplnych w obudowie budynków po termomodernizacji. Opracowano katalog mostków cieplnych występujących w budynkach zabytkowych poddanych termomodernizacji. Przygotowano publikację na ten temat wydaną w roku 2014 w czasopiśmie Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja będącym na liście B MNiSW (zał. 3, pkt. B.5.9). Współpraca z Wydziałem Architektury Politechniki Krakowskiej nadal trwa. Opanowanie narzędzia Design Builder posiadającego moduł EnergyPlus służący do symulacji zużycia energii w budynkach w ciągu roku, pozwoliło mi wykonać obliczenia analizujące różne warianty lokalizacji grzejników w budynku energooszczędnym z wentylacją naturalną oraz z nawietrzakiem okiennym. Analizy wykazały, że w budynku o niskim współczynniku przenikania ciepła okien oraz ścian zewnętrznych, umieszczenie grzejnika nie jest tak

dowolne, jak można się było spodziewać. Usytuowanie grzejnika na ścianie wewnętrznej na przeciwko okna jest nieco korzystniejsze niż na ścianie prostopadłej do okna, nie mniej jednak umieszczenie grzejnika w innym miejscu niż pod oknem zaburza w istotny sposób ruchy konwekcyjne powietrza w pomieszczeniu. Przygotowana na ten temat publikacja z podanymi wynikami symulacji CFD została wydana w roku 2018 w czasopiśmie Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja (zał. 3, pkt. B.5.12).

Od roku 2013 byłam członkiem zespołu naukowego w projekcie Małopolskiego Regionalnego Programu Operacyjnego „Małopolskie Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego”. Projekt ten dotyczył zaprojektowania i wybudowania dwóch obiektów: „Małopolskiego Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego” na terenie kampusu Politechniki Krakowskiej oraz „Poligonu Energooszczędności” w Zespole Szkół Budowlanych w Tarnowie. Celem projektu było stworzenie zaplecza naukowo-badawczego (laboratorium) do badań, oceny oraz wdrażania nowoczesnych rozwiązań technologicznych, rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych oraz instalacyjnych dla budownictwa energooszczędnego. Moja działalność była w projekcie związana z Małopolskim Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego (MLBE). Współuczestniczyłam w tworzeniu założeń projektowych budynku przed jego powstaniem a także w tworzeniu koncepcji laboratoriów i sprzętu badawczego. Gdy powstawał projekt budynku, byłam w grupie doradczej dotyczącej zagadnień fizyki budowli w budynku (dobór grubości izolacji, przegród z pustkami powietrznymi itd.). Budynek jest „żyjącym laboratorium” wyposażonym w system akwizycji i przechowywania danych z ogromnej ilości czujników temperatury, wilgotności i prędkości powietrza a także czujników temperatury i przepływu czynników grzewczych i chłodzących. W fazie projektowej uczestniczyłam w konsultacjach z projektantami dotyczących opomiarowania budynku. Współuczestniczyłam w tworzeniu koncepcji rozmieszczenia czujników w strukturze budynku (ścianach, stropach, podłodze na gruncie, gzymsach itp.) oraz w gruncie a także w powietrznym wymienniku ciepła pod i obok budynku w gruncie, którego zadaniem jest wstępne podgrzewanie zimą a ochładzanie latem powietrza wentylacyjnego kierowanego do budynku. Budynek MLBE jako obiekt laboratoryjny posiada wiele źródeł energii (ciepła i chłodu) mogących pracować niezależnie lub współpracować ze sobą (np. węzeł cieplny, pompa ciepła glikol-woda, pompa ciepła powietrze-woda, kocioł gazowy kondensacyjny). Współuczestniczyłam w tworzeniu koncepcji ogrzewania budynku, czyli wyposażenia go w wyżej wymienione źródła ciepła a także w opracowaniu koncepcji umieszczenia różnego rodzaju odbiorników ciepła w pomieszczeniach (ogrzewanie grzejnikowe, podłogowe, ściennie oraz sufitowe). Gdy projekt budynku został zatwierdzony, ogłoszony został przetarg na budowę budynku MLBE a następnie przetargi na wyposażenie budynku w sprzęt badawczy. Uczestniczyłam w pracach komisji przetargowej w przetargu na budowę budynku (wartość przetargu około 8 mln zł) oraz w niemal wszystkich przetargach na zakup sprzętu laboratoryjnego (łącznie wartość zakupionego sprzętu badawczego to około 2 mln zł). Dodatkowo byłam współautorem programu badawczego realizowanego w laboratorium (zał. 3, pkt B.10.3).

W kolejnym okresie pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Jacka Schnotale byłam głównym wykonawcą i organizatorem Laboratorium Inżynierii Ciepłej, w którym jednym z podstawowych elementów wyposażenia jest komora kalorymetryczna. Jest to zespół dwóch

niezależnych komór symulujących pomieszczenia (ciepłe i chłodne) przedzielonych styropianową przegrodą (maskownicą), w otworze której montuje się badaną próbkę. W obu pomieszczeniach wytwarza się kontrolowane i stabilne warunki temperaturowe. Dzięki wytworzonej pomiędzy pomieszczeniami różnicy temperatur, przez maskownicę z próbką przenika ciepło. W komorze wykonuje się pośrednie pomiary współczynników przenikania ciepła próbek takich jak: przegrody jednorodne (jednowarstwowe, wielowarstwowe próbki murowe, oszklenia itd.) oraz niejednorodne (okna, drzwi, ramy okienne, drzwiowe, żaluzje czy przegrody z mostkami cieplnymi). Na tym stanowisku jest możliwe wykonywanie badań przepływu ciepła w warunkach ustalonych ale także i w nieustalonych. W mojej pracy naukowej opracowałam koncepcję przeprowadzania pośrednich pomiarów współczynnika przenikania ciepła badanych próbek. Opracowałam metodologię obróbki wyników pomiarów w celu uzyskania ostatecznych wyników obliczeń a także metodologię wyznaczania niepewności pomiarowych. Realizowałam pomiary różnych wspomnianych wyżej próbek w komorze kalorymetrycznej oraz opracowywałam wyniki obliczeń na podstawie pomiarów. Ten zakres mojej działalności był między innymi realizowany w katedrze Ogrzewnictwa, Wentylacji, Klimatyzacji i Chłodnictwa w ramach prowadzonej działalności statutowej (zał. 3, pkt B.6.10, B.6.13, B.6.17, B.6.20).

Równolegle pod kierunkiem Prof. dr hab. inż. Jacka Schnotale rozwijałam warsztat obliczeń numerycznych za pomocą metody elementów skończonych wykonywanych w programie Ansys Fluent. Pierwsze publikacje dotyczące tematyki związanej z badaniami w komorze kalorymetrycznej oraz symulacjami CFD zostały opracowane w wyniku podjętej współpracy z przemysłem w zakresie rozwoju prototypowego wieloszybowego oszklenia składającego się z kilkunastu ultracienkich szyb wewnętrznych w celu wyznaczenia współczynnika przenikania ciepła próbki. Opracowane dwie publikacje wydane zostały w Czasopiśmie Technicznym Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej w roku 2014 po XII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Energodom 2014”, na której wygłosiłam referaty dotyczące tych publikacji (zał. 3, pkt. B.5.9 oraz B.5.10). Kolejną publikację związaną z wieloszybowym oszkleniem przygotowano na konferencję 14th International Conference of International Building Performance Simulation Association, w grudniu 2015 roku w Indiach, na której wygłosiłam referat (zał. 3, pkt. B.12.14).

Dalsza współpraca z przemysłem doprowadziła do założenia konsorcjum pomiędzy Politechniką Krakowską, Politechniką Rzeszowską oraz firmą DAGlass. Konsorcjum przygotowało wspólny wniosek o dofinansowanie projektu badawczego w konkursie PBS3 ogłoszonym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Wniosek został rozpatrzony pozytywnie. Budżet przeznaczony na realizację projektu to około 2.4 mln zł. Byłam głównym wykonawcą projektu z ramienia PK. Celem projektu było zaprojektowanie i wykonanie takiego oszklenia, aby jego współczynnik przenikania ciepła nie był większy niż $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ przy jednoczesnym spełnieniu warunku maksymalnej grubości 0,2 m. W ramach projektu brałam udział w następujących pracach: określenie ilości przestrzeni gazowych w oszkleniu oraz odstępów między szybami w oszkleniu, zbudowanie modelu numerycznego do wykonania obliczeń CFD, przeprowadzenie obliczeń numerycznych przepływu ciepła przez oszklenie, obliczenie współczynnika przenikania ciepła oszklenia, przeprowadzenie pomiarów współczynnika przenikania ciepła prototypu oszklenia w komorze kalorymetrycznej

i opracowanie wyników obliczeń oraz opracowanie raportu końcowego. W wykonanych przeze mnie analizach otrzymałam bardzo dobrą zbieżność wyników symulacji numerycznych z wynikami pomiarów w komorze kalorymetrycznej, co potwierdza zarówno moją umiejętność wykonywania obliczeń za pomocą metody elementów skończonych, jak również umiejętność obróbki wyników pomiarów wykonywanych w komorze kalorymetrycznej (zał. 3, pkt. B.10.4).

Doświadczenie nabyte podczas analiz oszkleń w ramach grantu a także obserwacja wyników numerycznych symulacji ruchów konwekcyjnych gazów w szczelinach w oszkleniach pozwoliły mi opracować sposób poprawy rozkładu temperatury w dolnej części oszkleń. W naturalnych warunkach w oszkleniu, na przykład dwuszybowym, szyba wewnętrzna od strony pomieszczenia ma w dolnej części oszkleń niższą temperaturę niż w centralnej części. W niskiej jakości oszkleniach, tzn. o niskich wartościach współczynników przenikania ciepła, istnieje możliwość kondensacji wilgoci na powierzchni oszkleń. Wykonane analizy oraz badania eksperymentalne pozwoliły na sformułowanie nowatorskiej modyfikacji oszkleń poprzez wprowadzenie dodatkowej szybki w dole oszkleń. Jej obecność powoduje poprawę rozkładu temperatury w dolnej części oszkleń. Modyfikacja ta umożliwi podwyższenie temperatury w dole szyby wewnętrznej o około 2 K, co może powodować uniknięcie kondensacji wilgoci na powierzchni oszkleń. Rozwiązanie to zostało zgłoszone jako wniosek patentowy do Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej i uzyskało ochronę prawną, a w roku 2017 został przyznany patent na wynalazek (zał. 3, pkt. B.3). Po uzyskaniu ochrony prawnej, proponowane rozwiązanie zostało opublikowane w czasopiśmie o zasięgu globalnym rejestrowanym przez bazę Web of Science, Journal of Building Engineering (zał. 3, pkt. B.1.2) oraz w czasopiśmie z listy B MNiSW (zał. 3, pkt. B.5.10).

Dalsze moje prace naukowe nad oszkleniami pozwoliły mi zaobserwować, że współczynnik przenikania ciepła oszkleń zmienia się wraz z kątem nachylenia oszkleń, co w dotychczasowej literaturze było uwzględniane tylko w bardzo uproszczony, niedoskonały sposób. Współczynnik przenikania ciepła jest inny dla oszkleń pionowych, inny dla oszkleń nachylonych, jak na przykład w oszkleniach dachowych, a jeszcze inny dla oszkleń tzw. „odwróconych”, czyli gdy strona ciepła (pomieszczenie) jest wyżej niż otoczenie. Takie oszkleń coraz częściej spotyka się w nowoczesnym budownictwie (np. pomieszczenie z fasadą odchyloną od pionu o kąt 45° albo nawet oszkleń w podłodze nad otoczeniem). Zauważyłam, że w literaturze jest niewiele publikacji związanych z tą tematyką, zaś w normach dotyczących obliczania współczynnika przenikania ciepła oszkleń brak jest informacji na temat oszkleń z przepływem ciepła ku dołowi. Zbudowałam więc w komorze kalorymetrycznej stanowisko badawcze, w którym istniała możliwość ustawienia oszkleń pod dowolnym kątem. Czujnik gęstości strumienia ciepła oraz czujniki temperatury wykonywały pomiary po uzyskaniu stabilnych warunków pomiędzy stroną ciepłą i zimną oszkleń. Po wykonaniu pomiarów przeprowadziłam analizę, która pozwoliła mi opracować publikację w czasopiśmie Energy and Buildings o zasięgu globalnym, rejestrowanym w bazie Web of Science. W publikacji zaproponowałam poprawki do istniejących norm uwzględniające oszkleń „odwrócone” (zał. 3, pkt. B.1.3).

Dla podniesienia rangi i wiarygodności prowadzonych pomiarów dla prac naukowych oraz prac zleczanych przez przemysł a dotyczących badań współczynników przenikania ciepła próbek w komorze kalorymetrycznej, zostały podjęte prace zmierzające do uzyskania przez Laboratorium Inżynierii Ciepłej akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji (PCA). Zostałam powołana na stanowisko kierownika ds. technicznych i byłam odpowiedzialna za opracowanie wszystkich procedur badawczych oraz formularzy dotyczących systemu technicznego, przygotowanie merytoryczne personelu technicznego, opracowanie harmonogramu i przeprowadzenie procesu wzorcowania sprzętu pomiarowego. Celem badań było wyznaczenie współczynnika przenikania ciepła próbek. Ponieważ badania w Laboratorium Inżynierii Ciepłej w swoim zakresie obejmują zarówno metodę pomiarową jak i obliczeniową za pomocą metody elementów skończonych, niezbędne było przeprowadzenie walidacji metod badawczych a także porównań międzylaboratoryjnych dla pomiarów oraz obliczeń numerycznych. Przeprowadziłam pomiary porównawcze z innym laboratorium, które zakończyły się pozytywną oceną porównań. Przeprowadziłam także numeryczne obliczenia przekrojów okna do celów porównań międzylaboratoryjnych, które również zakończyły się wynikiem pozytywnym. Współczynnik przenikania ciepła próbki metodą pomiarową w komorze kalorymetrycznej wyznacza się zgodnie z opracowanymi algorytmami na podstawie wyników pomiarów otrzymanych z kilkudziesięciu termopar. Każda z nich wykonuje pomiar z pewną niepewnością. Przeprowadziłam więc pełną analizę niepewności otrzymywanej wartości współczynnika przenikania ciepła, którą to analizę wykonałam za pomocą metody propagacji błędów. W roku 2016 Laboratorium Inżynierii Ciepłej otrzymało akredytację Polskiego Centrum Akredytacji nr AB 1632. Nasz zespół badawczy wykonuje zarówno normatywne pomiary próbek mające na celu podać producentowi końcowy wynik współczynnika przenikania ciepła (zał. 4, pkt. L.6, L.9, L.10, L.11, L.14), jak i pomiary bardziej specjalistyczne, prace wdrożeniowe, w których oprócz przeprowadzenia samego pomiaru próbki prototypowej producent oczekiwał ekspertyzy doradztwa w zakresie rozwoju produkcji w kierunku produktów zoptymalizowanych pod względem właściwości cieplnych (zał. 3, pkt. B.6.12, B.6.14, B.6.15, B.6.18, B.6.21, B.6.22, B.6.25 - B.6.28).

W dalszym ciągu prac badawczych z racji napływających zapytań z przemysłu, zbudowałam stanowisko badawcze do pomiarów strumienia przepływu (przecieku) powietrza przez próbki takie jak przepustnice, kanały wentylacyjne czy okna w celu zbadania ich klasy szczelności. Na tym stanowisku również odbywały się pomiary standardowe (zał. 4, pkt. L.7, L.8, L.12) oraz prace doradczo-rozwojowo-wdrożeniowe (zał. 3, pkt. B.6.19, B.6.23, B.6.24).

Kolejnym stanowiskiem badawczym, które współtworzyłam było stanowisko do badań mechanicznych obudów central wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. Mierzonymi właściwościami są: szczelność powietrzna obudowy, szczelność mocowania filtrów, współczynnik przenikania ciepła obudowy oraz czynnik występowania mostków cieplnych a także szczelność akustyczna obudowy (zał. 4, pkt. L.12).

Obecnie w Laboratorium Inżynierii Ciepłej tworzymy kolejne stanowisko, tym razem do badania sprawności odzysku ciepła w rekuperatorach. Stanowisko jest już gotowe, przygotowane do wzorcowania.

Dalsze moje prace naukowe również były związane z badaniami w komorze kalorymetrycznej. W roku 2015 Pani Prof. dr Annette Harte wraz ze swoją doktorantką z National University of Ireland Galway zwróciły się do Instytutu Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza z prośbą o przeprowadzenie badań współczynnika przenikania ciepła próbek ścian lekkich warstwowych z wmontowanymi różnymi mostkami cieplnymi. Zostałam wyznaczona jako kierownik tego projektu. Nawiązałam współpracę z wyżej wymienionym uniwersytetem doprowadzając do podpisania umowy o współpracy pomiędzy Politechniką Krakowską a National University of Ireland Galway przy wskazanej mojej osobie jako odpowiedzialnej za sprawy naukowo-badawcze realizowane w zakresie tej umowy. W pracach badawczych w ramach tej współpracy kierowałam postępowaniem doktoratu Pani mgr inż. Małgorzaty O'Grady, która realizowała część pomiarową do swojej pracy doktorskiej w naszym laboratorium na Politechnice Krakowskiej. Po odbyciu krótkoterminowego stażu w National University of Ireland Galway zostałam powołana przez tamtejszy uniwersytet na promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim Pani mgr inż. M. O'Grady (zał. 4, pkt. J.1). Obrona pracy doktorskiej jest przewidywana w połowie roku 2018.

W ramach tej pracy realizowane były normatywne pomiary współczynników przenikania ciepła kilkunastu próbek z różnymi mostkami cieplnymi w komorze kalorymetrycznej, z drugiej strony próbki zamontowane w komorze kalorymetrycznej były poddawane pomiarom termowizyjnym pól temperatury zarówno po stronie ciepłej jak i zimnej próbek. Doktorantka M. O'Grady opracowała przy mojej pomocy analizę termogramów, która pozwoliła zaproponować metodę wyznaczania in situ współczynników przenikania ciepła liniowych mostków cieplnych na podstawie analizy zdjęć termowizyjnych przegród wykonywanych przy odpowiednich warunkach wewnętrznych i zewnętrznych w istniejących budynkach. Metoda ta jest przedmiotem rozprawy doktorskiej mgr inż. M. O'Grady. Efekty tego projektu znalazły odzwierciedlenie we wspólnych publikacjach w czasopismach Energy and Buildings (2 publikacje) oraz Applied Energy (jedna publikacja) znajdujących się w bazie Web of Science (zał. 3, pkt. B.1.4, B.1.6 oraz B.1.8). Czwarty artykuł dotyczący tej tematyki został wysłany, zaakceptowany i został ogłoszony przeze mnie w referacie na konferencji Cold Climate Conference 2018 w Kirunie w Szwecji w marcu 2018 r. (zał. 3, pkt. B.12.15).

W roku 2015 na konferencji International Building Performance Simulation Association w Indiach razem z Prof. dr hab. inż. Jackiem Schnotale nawiązaliśmy kontakt z dr Giorgio Baldinelli z Università Degli Studi di Perugia we Włoszech. Na podstawie jednej z prac badawczych dla przemysłu powstała koncepcja redukcji wartości współczynnika przenikania ciepła ram okiennych wykonanych z PCV bez zmiany geometrii, konstrukcji ani materiału ram okiennych. Redukcję tę można uzyskać poprzez wstrzyknięcie materiału izolacyjnego (np. pianki poliuretanowej) w przestrzenie powietrzne w ramie okiennej. Nasze badania wykazały, że po umieszczeniu izolacji w przestrzeniach powietrznych w ramie współczynnik przenikania ciepła ramy może zmniejszyć wartość nawet do 20%. Wykonano pomiary współczynników przenikania ciepła w opisany powyżej sposób zmodyfikowanych ram okiennych, jak i przeprowadzono symulacje numeryczne CFD w programie Ansys Fluent. Część prac była realizowana przy współpracy z dr Giorgio Baldinelli w celu

sprawdzenia w symulacjach do jakiego stopnia jest możliwe obniżenie współczynnika przenikania ciepła ram okiennych, jeśli zamiast wypełniać izolacją szczeliny powietrzne w ramie PCV, pokryje się powierzchnie PCV będące w kontakcie z powietrzem powłoką niskoemisyjną. Nasze symulacje wykazały zbliżony efekt jak wypełnienie szczelin izolacją. Współczynnik przenikania ciepła analizowanej ramy obniżył się także o około 20%. Wyniki tych analiz zostały opublikowane w roku 2017 w czasopiśmie Energy and Buildings rejestrowanym na liście Web of Science (zał. 3, pkt. B.1.5).

Współpraca z Uniwersytetem w Perugii została następnie rozwinięta o badania rozpoczęte w laboratorium w Perugii, gdzie jest zainstalowana komora kalorymetryczna o podobnych parametrach do tej, którą posiadamy w Laboratorium Inżynierii Ciepłej na PK. Jednak komora LIC posiada większe wymiary, co umożliwiło przeprowadzenie pomiarów niemożliwych do wykonania w Perugii. W komorze kalorymetrycznej oprócz pomiarów cieplnych w warunkach ustalonych mogą być również prowadzone pomiary w warunkach dynamicznie zmieniających się temperatur powietrza. Takie pomiary zostały przeprowadzone w ramach dalszych wspólnych badań z Uniwersytetem w Perugii. W projektowanych badaniach próbkę warstwową poddawano nagłym podwyższeniom a następnie obniżeniom do temperatury wyjściowej powietrza w komorze cieplej. Te dynamiczne zmiany temperatury powietrza powodowały reakcję próbki również poprzez podwyższenie a następnie obniżenie jej temperatury, ale z opóźnieniem czasowym i z mniejszą amplitudą niż temperatura powietrza. Sposób obliczania właściwości dynamicznych próbek jest opisany w normie PN-EN ISO 13786 - Ciepłne właściwości użytkowe komponentów budowlanych - Dynamiczne charakterystyki cieplne - Metody obliczania. Jest to jednak metoda obliczeniowa, która jest żmudna i czasochłonna i nie uwzględnia rzeczywistych właściwości cieplnych materiałów analizowanej przegrody a jedynie przyjmowane normatywne właściwości. Na podstawie przeprowadzonych dynamicznych pomiarów zarówno w komorze kalorymetrycznej w Perugii, jak i w Krakowie, w opracowanym przez nas artykule zaproponowaliśmy nową, prostszą metodę wyznaczania dynamicznych właściwości cieplnych przegród budowlanych jednorodnych opartą na pomiarach. Przygotowana publikacja została wydana w czasopiśmie Energy and Buildings rejestrowanym w bazie Web of Science w 2018 roku (zał. 3, pkt. B.1.7).

Moja obecna działalność naukowa pozostaje związana z pomiarami cieplno-przepływowymi oraz z symulacjami CFD.

5.3. Podsumowanie dorobku naukowego

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora byłam współautorem 1 artykułu opublikowanego w czasopiśmie, 2 rozdziałów w monografiach, 2 publikacji zamieszczonych w materiałach konferencyjnych oraz 1 abstraktu zamieszczonego w książce abstraktów. Wyniki moich badań zaprezentowałam na 3 konferencjach międzynarodowych. Byłam wykonawcą w 2 projektach badawczych.

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora mój dorobek naukowy został przedstawiony w 30 publikacjach z czego 9 to artykuły opublikowane w czasopismach

wyróżnionych w bazie Journal Citation Reports Web of Science (JCR) i **8** znajduje się na liście A MNiSW, **1** monografia, **1** książka, **3** rozdziały w książce, **6** rozdziałów w monografiach, **10** publikacji zamieszczonych w czasopismach, które nie są wyróżnione w bazie JCR, ale znajdują się na liście B MNiSW, **1** publikacja w czasopiśmie niepuktowanym o zasięgu międzynarodowym.

Byłam autorem jednego patentu na wynalazek.

Wygłosiłam referaty na **6** konferencjach międzynarodowych i **2** krajowych. Brałam udział w **2** projektach badawczych jako główny wykonawca. Uczestniczyłam w **11** projektach o charakterze działalności statutowej oraz **2** o charakterze badań własnych. Byłam kierownikiem **21** badawczych ekspertyz w większości o charakterze techniczno-wdrożeniowym zleconych przez podmioty gospodarcze oraz wykonawcą w **8** ekspertyzach.

Mój średni udział procentowy w opublikowanych pracach wynosi **61,2%**.

Sumaryczny Impact Factor (IF) moich publikacji zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **31,821**. Sumaryczna liczba punktów wszystkich publikacji wg punktacji MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **321**, zaś publikacji z listy A MNiSW wynosi **285**.

Mój dorobek naukowy zestawiałam w tabelach 1 ÷ 5.

Tabela 1. Ilościowe zestawienie dorobku naukowego

Lp.	Rodzaj publikacji	Przed doktoratem	Po doktoracie	Łącznie
1.	Publikacje w czasopismach z listy A MNiSW indeksowane w bazie JCR	-	9	9
2.	Monografie	-	1	1
3.	Rozdziały w monografiach	2	6	8
4.	Publikacje w czasopismach z listy B MNiSW nieindeksowane w bazie JCR	1	10	11
5.	Publikacje w materiałach konferencyjnych	3	5	8
6.	Udzielone patenty	-	1	1
7.	Opracowania badawcze niepublikowane, w tym:			
	- badania realizowane w ramach projektów badawczych	2	2	4
	- ekspertyzy na rzecz podmiotów gospodarczych	-	29	29
	- badania realizowane w ramach działalności statutowej	-	11	11
	- badania realizowane w ramach badań własnych	-	2	2

Tabela 2. Wykaz czasopism i wydawnictw, w których opublikowano oryginalne prace naukowe – po doktoracie

Lp.	Rodzaj czasopisma lub wydawnictwa	Liczba opublikowanych prac	Język publikacji
Czasopisma z listy A MNiSW indeksowane w bazie JCR			
1.	ASME Journal of Heat Transfer	1	angielski
2.	Applied Energy	1	angielski
3.	Energy and Buildings	6	angielski
Czasopisma z listy B MNiSW nieindeksowane w bazie JCR			
4.	Czasopismo Techniczne	4	angielski
5.	Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja	5	polski
6.	Gaz, Woda i Technika Sanitarna	1	polski
Monografia			
7.	Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej	1	angielski
Rozdziały w monografiach			
8.	International Building Performance Simulation Association	1	angielski
9.	Polskie Zrzeszenie Techników i Inżynierów Sanitarnych	4	polski
10.	Instytut Klimatyzacji i Ogrzewnictwa, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska	2	polski
Książka			
11.	Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej	1	polski
Rozdziały w książce			
12.	Centrum Szkolenia i Organizacji Systemów Jakości PK	3	polski

Tabela 3. Zestawienie wygłoszonych referatów na konferencjach naukowych – po doktoracie

Konferencje międzynarodowe	Konferencje krajowe
6	2

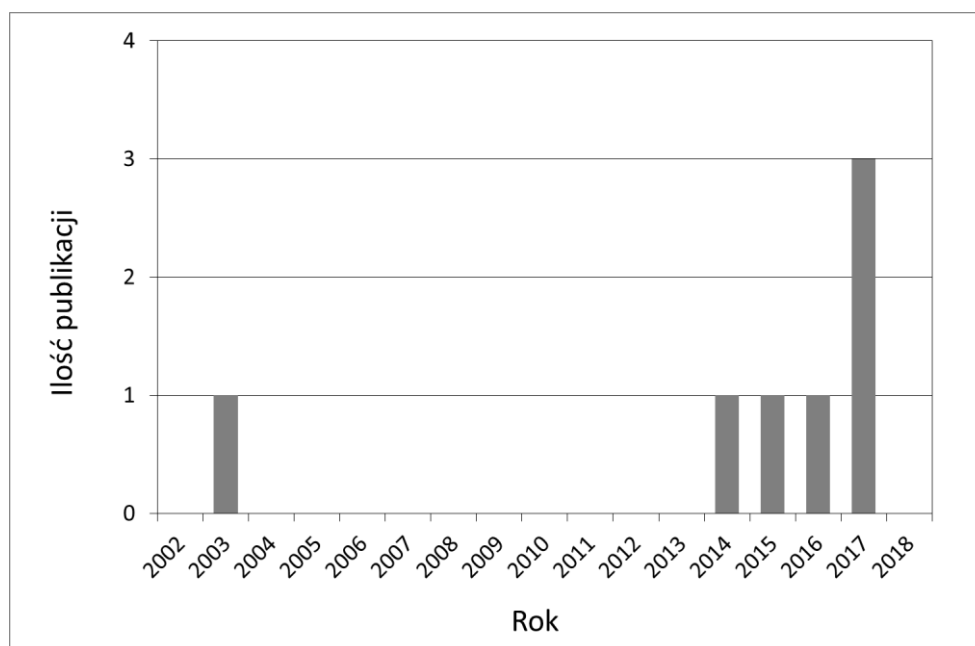
Tabela 4. Wskaźniki dorobku naukowego

	Web of Science	Scopus	Google Scholar
Całkowita liczba cytowań	24	28	51
Liczba cytowań bez autocytowań	20	-	-
Liczba artykułów w bazie	7	10	38
Index Hirsha	3	-	3

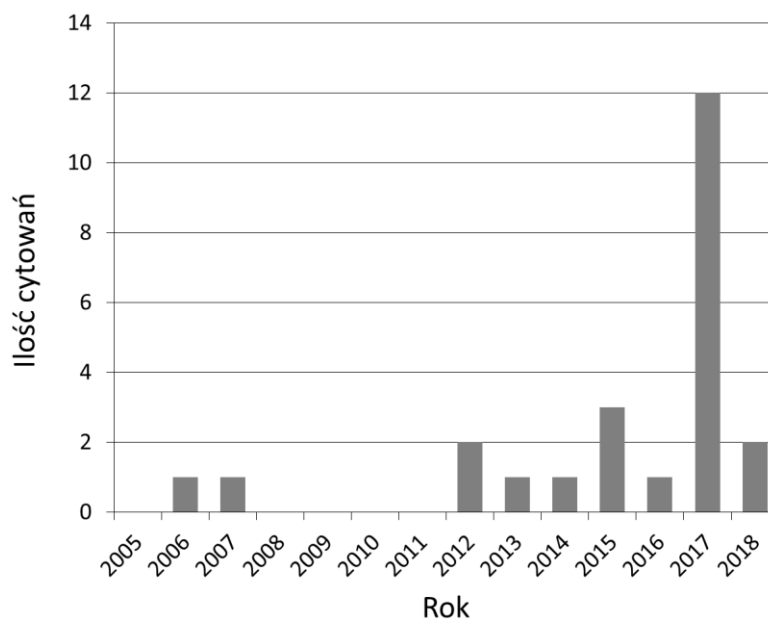
Tabela 5. Wskaźniki dorobku naukowego - cd.

Lp.	Nazwa czasopisma z rokiem publikacji	Impact Factor z roku opublikowania	Impact Factor aktualny	Punkty MNiSW
1.	ASME Journal of Heat Transfer 2003	1,420	1,866	-
2.	Applied Energy 2017	7,182	7,182	45
3.	Energy and Buildings 2014	2,884	4,067	40
4.	Energy and Buildings 2016	4,067	4,067	40
5.	Energy and Buildings 2017	4,067	4,067	40
6.	Energy and Buildings 2017	4,067	4,067	40
7.	Energy and Buildings 2018	4,067	4,067	40
8.	Energy and Buildings 2018	4,067	4,067	40
Suma:		31,821	33,004	285

Ilości publikacji oraz ilości cytowań zestawione w poszczególnych latach wg bazy Web of Science podałam w wykresach 1 oraz 2.



Wykres 1. Ilościowe zestawienie indeksowanych publikacji w poszczególnych latach wg Web of Science



Wykres 2. Ilościowe zestawienie cytowań publikacji w poszczególnych latach wg Web of Science

6. Podsumowanie osiągnięć i dorobku zawodowego

6.1. Działalność dydaktyczna i popularyzatorska

Moją działalność dydaktyczną prowadzę od początku zatrudnienia na PK, czyli od roku 2001. Prowadziłam zajęcia na Wydziale Inżynierii Środowiska PK na studiach inżynierskich oraz uzupełniających magisterskich z następujących przedmiotów: podstawy termodynamiki, technika cieplna, ogrzewnictwo, wymiana ciepła i aeromechanika, wymiana ciepła i wymienniki, fizyka budowli, ciepłownictwo, instalacje c.o., instalacje budowlane, alternatywne źródła energii oraz zaawansowane obliczenia cieplno-przepływowe. Wśród tych zajęć były wykłady, ćwiczenia, projekty, laboratoria oraz laboratoria komputerowe. Zajęcia prowadzę zarówno dla studentów studiów stacjonarnych jak i niestacjonarnych.

Przez szereg lat prowadziłam również zajęcia na Wydziale Architektury PK z dwu-semestralnego przedmiotu instalacje budowlane.

W roku 2010 zostałam nominowana do nagrody dla Najlepszego Dydaktyka Wydziału Inżynierii Środowiska i otrzymałam tę nagrodę. Należy zwrócić uwagę, że jest to nagroda przyznawana przez samych studentów (zał. 4, pkt. C.3).

Opracowałam program przedmiotu „Fizyka budowli” dla studiów inżynierskich oraz program przedmiotu o tej samej nazwie dla studiów uzupełniających magisterskich niestacjonarnych. Opracowałam także autorski program przedmiotu „Zaawansowane obliczenia cieplno-przepływowe” dla studentów ostatniego roku studiów magisterskich. We wszystkich wymienionych wyżej przedmiotach prowadzę całość zajęć: wykład, ćwiczenia oraz laboratorium komputerowe. Kolejny opracowany przeze mnie program dotyczy przedmiotu „Projekt instalacji wod.-kan.-co.” dla studentów studiów magisterskich.

Jestem również autorem programu nowego przedmiotu „Energy efficient buildings and their elements”, który w całości jest przewidziany do prowadzenia przeze mnie w języku angielskim dla studentów zagranicznych.

W ramach mojej współpracy międzynarodowej odbyłam staż naukowy na Uniwersytecie w Galway w Irlandii, gdzie prowadziłam seminarium dla doktorantów i pracowników (zał. 4, pkt. H.10).

Jestem współautorem podręcznika pt. *Przykłady zadań z podstaw termodynamiki: podręcznik dla studentów szkół wyższych* (zał. 4, pkt. H.9), za którego przygotowanie otrzymałam nagrodę zespołową Rektora PK za osiągnięcia dydaktyczne w roku 2014 (zał. 4, pkt. C.4). Jestem także autorem rozdziału w podręczniku pt. *Audyt energetyczny na potrzeby termomodernizacji oraz oceny energetycznej budynków: praca zbiorowa. T. 2, Zagadnienia fizyki budowli, audyt energetyczny, audyt remontowy, świadectwa charakterystyki energetycznej* oraz dwóch rozdziałów w podręczniku pt. *Audyt energetyczny na potrzeby termomodernizacji oraz oceny energetycznej budynków: praca zbiorowa. T. 4, Ochrona cieplna budynków, technologia zgazowania, źródła energii – racjonalizacja zużycia, instalacja centralnego ogrzewania, system zaopatrzenia w ciepłą wodę* (zał. 4, pkt. H.6 – H.8). Za przygotowanie tych podręczników również otrzymałam nagrodę zespołową Rektora PK za osiągnięcia dydaktyczne w roku 2010 (zał. 4, pkt. C.2).

Byłam promotorem 67 prac inżynierskich oraz 72 prac magisterskich, w tym były 4 wyróżnione prace inżynierskie oraz 9 wyróżnionych prac magisterskich.

W roku 2001 otrzymałam wyróżnienie dla najlepiej przygotowanych referatów na VIII Międzynarodowym Sympozjum nt. „Wymiana Ciepła i Odnawialne Źródła Energii”, na którym to sympozjum wygłosiłam referat w języku angielskim (zał. 4, pkt. C.1).

W ramach działalności popularyzującej wiedzę wielokrotnie prowadziłam zajęcia z różnych przedmiotów na studiach podyplomowych. W Instytucie Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powierza PK były organizowane przez szereg lat studia podyplomowe *Klimatyzacja i ogrzewnictwo* (brałam udział w zajęciach na dwóch edycjach tych studiów) a także *Doradztwo energetyczne w budownictwie* (brałam udział w zajęciach na sześciu edycjach tych studiów) (zał. 4, pkt. H.11, H.12). Byłam również promotorem 60 prac końcowych na studiach podyplomowych prowadzonych na Wydziale Inżynierii Środowiska PK.

Oprócz studiów podyplomowych na Wydziale Inżynierii Środowiska PK, prowadziłam również zajęcia na trzech edycjach studiów podyplomowych *Audyt energetyczny budynku na potrzeby termomodernizacji oraz oceny energetycznej budynków* organizowanych przez Centrum Szkolenia i Organizacji Systemów Jakości PK (zał. 4, pkt. H.13).

Poza Politechniką Krakowską wykładałam na studiach podyplomowych *Współczesne budownictwo drewniane* organizowanych przez Wydział Górnictwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (zał. 4, pkt. H.14).

Dodatkowo prowadziłam trzy edycje szkolenia dla osób ubiegających się o uprawnienia do sporządzania świadectwa charakterystyki energetycznej budynku organizowanego przez Ogólnopolskie Stowarzyszenie Zarządców Nieruchomości „Nasz Dom” w Krakowie oraz dwa szkolenia o tej samej tematyce organizowane przez Urząd Dozoru Technicznego w Krakowie (zał. 4, pkt. H.15, H.16).

6.2. Działalność organizacyjna

Do najważniejszych swoich osiągnięć na polu działalności organizacyjnej zaliczam przeprowadzenie od początku procesu uzyskania akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji dla Laboratorium Inżynierii Ciepłej. Byłam autorem wszystkich procedur obszaru technicznego. Zorganizowałam niezbędne wzorcowania dla każdego toru pomiarowego w komorze kalorymetrycznej, która wyposażona jest w kilkadziesiąt czujników temperatury. Przeprowadziłam niezbędne walidacje metod badawczych oraz zorganizowałam i przeprowadziłam porównania międzylaboratoryjne zarówno w metodzie pomiarowej jak i w metodzie numerycznej obliczeniowej. W grudniu 2016 roku Polskie Centrum Akredytacji po wizycie audytorów i bardzo szczegółowej kontroli przyznało akredytację nr AB 1632 dla Laboratorium Inżynierii Ciepłej obejmującą w swym zakresie pomiary współczynnika przenikania ciepła próbek okien, okien dachowych, świetlików, drzwi, żaluzji, ram okiennych, ścian osłonowych itp. a także obliczenia numeryczne w programie Ansys Fluent współczynnika przenikania ciepła wyżej wymienionych próbek. Należy podkreślić, że jest to prawdopodobnie pierwszy przypadek akredytacji PCA obliczeń realizowanych przy zastosowaniu programu Ansys Fluent.

Kolejnym moim osiągnięciem organizacyjnym było przygotowanie dwóch stanowisk badawczych do pomiarów szczelności powietrznej próbek oraz szczelności akustycznej próbek. Przygotowanie stanowisk nierozdzielnie łączyło się także z opracowaniem nowych procedur badawczych, organizacją wzorcowania całego sprzętu badawczego, przeprowadzeniem walidacji procedur obliczeniowych, wyznaczeniem błędów pomiarowych oraz przeprowadzeniem porównań międzylaboratoryjnych. Nawiązałam współpracę z instytutem certyfikującym TÜV Rheinland Polska, w wyniku której Laboratorium Inżynierii Ciepłej otrzymało w roku 2017 uznanie TÜV Rheinland Polska, dzięki czemu może wykonywać badania mechaniczne obudów central wentylacyjnych i klimatyzacyjnych obejmujące badania: szczelności powietrznej obudowy, szczelności mocowania filtrów, współczynnika przenikania ciepła obudowy oraz czynnika występowania mostków cieplnych a także szczelności akustycznej obudowy.

Za zorganizowanie akredytowanego laboratorium członkowie zespołu Laboratorium Inżynierii Ciepłej otrzymali w roku 2017 nagrodę zespołową Rektora PK za osiągnięcia organizacyjne (zał. 4, pkt. C.6).

W związku z przygotowaniem nowego stanowiska do pomiarów szczelności powietrznej próbek Laboratorium Inżynierii Ciepłej złożyło wniosek do Polskiego Centrum Akredytacji o rozszerzenie zakresu akredytacji o badania szczelności powietrznej próbek takich jak okna, drzwi, przepustnice, kanały wentylacyjne. W grudniu 2017 roku odbyła się wizytacja audytorów PCA, która zakończyła się pozytywnie i Laboratorium Inżynierii Ciepłej otrzymało rozszerzenie akredytacji o dodatkowy zakres.

Kolejnym ważnym osiągnięciem organizacyjnym były prace w projekcie MRPO.05.01.00-12-089/12-00 - Małopolskie Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego (MLBE) (zał. 3, pkt. B.10.3). Moja rola w tym projekcie była głównie merytoryczno-doradcza, ale jednak wykonałam w nim również wiele prac organizacyjnych. Mogę do nich zaliczyć udział w pracach komisji przetargowej w sprawie przetargu na budowę

budynku MLBE a także prace na rzecz wyposażenia tego laboratorium: rozpoznawanie rynku, przygotowanie specyfikacji zamawianego sprzętu badawczego, udział w komisjach przetargowych. Dodatkowo podczas budowy budynku MLBE brałam udział w większości cotygodniowych spotkań roboczych pomiędzy projektantami, wykonawcami i działem technicznym PK. Za prace w projekcie MLBE otrzymałam zespołową nagrodę Rektora PK za osiągnięcia organizacyjne (zał. 4, pkt. C.5).

Od września 2013 r. pełnię funkcję zastępcy dyrektora Instytutu Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza ds. nauki (zał. 4, pkt. O.3). Jestem odpowiedzialna za nadzór nad działalnością badawczą w instytucie, zwłaszcza nad badaniami prowadzonymi w ramach działalności statutowej oraz przez młodych pracowników nauki (przygotowywanie wniosków i sprawozdań, kontrolowanie spraw finansowych, weryfikacja dokumentacji i sprawozdań merytorycznych). Jestem również odpowiedzialna za czuwanie nad bieżącymi sprawami organizacyjnymi instytutu.

Od roku 2013 zasiadam w trzech komisjach wydziałowych: do spraw działalności statutowej, do spraw działalności statutowej młodych pracowników nauki oraz do spraw nagród (zał. 4, pkt. O.6). Od roku 2017 jestem również członkiem wydziałowej komisji do opracowania lub zmiany programu studiów doktoranckich (zał. 4, pkt. O.7).

W latach 2011-2013 byłam kierownikiem merytorycznym studiów podyplomowych Doradztwo Energetyczne w Budownictwie (zał. 4, pkt. A.1). Moim zadaniem była organizacja tych studiów.

Od roku 2008 jestem członkiem z wyboru Rady Wydziału Inżynierii Środowiska jako przedstawiciel pomocniczych pracowników naukowych (zał. 4, pkt. O.8).

