

Biografia naukowo-zawodowa

Opis kariery zawodowej

1. **Magister inżynier**, Wydział Mechaniczno –Energetyczny, Politechnika Wrocławska, 2003, tytuł pracy magisterskiej: „Projekcyjne parametry kształtu cząstki ciała stałego”.
Praca wyróżniona na Konkursie Prac Dyplomowych z Dziedziny Mechaniki i Budowy Maszyn im. Prof. Romana Sobolskiego.
2. **Doktor nauk technicznych**, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Politechnika Wrocławska, 2008, tytuł rozprawy doktorskiej: „Modelowanie oddziaływań struktur wirowych ze ścianami w przepływach lepkich metodą cząstek wirowych”.
Tytuł nadany uchwałą Rady Naukowej Instytutu Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej
(rozprawa obroniona z wyróżnieniem nadanym przez Radę Naukową Instytutu Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej)
3. **Doktor habilitowany**, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Politechnika Wrocławska, 2017, tytuł osiągnięcia naukowego: „Niestandardowe modelowanie numeryczne złożonych systemów transportu ciepła i masy”.

Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

1. 1.09.2009 – 31.08.2010, Politechnika Wrocławska, Asystent naukowo-dydaktyczny
Urlop bezpłatny od 1.09.2009 r. do 1.03.2010 r.
2. 01.09.2009 – 31.12.2009, **University of Michigan, Ann Arbor, USA**, Staż podoktorski
3. 1.03.2010 – 12.03.2014, Politechnika Wrocławska, Asystent naukowo-dydaktyczny
Urlop bezpłatny od 1.11.2010 r. do 31.01.2014 r.
4. 01.11.2010 – 31.01.2014, **University of New Hampshire, Durham, USA**, stanowisko: Affiliated Faculty

5. od 13.03.2014, Politechnika Wrocławska, Adiunkt naukowo-dydaktyczny
6. od 01.11.2017, Politechnika Wrocławska, Adiunkt naukowo-dydaktyczny ze stopniem doktora habilitowanego
7. od 01.04.2019, Politechnika Wrocławska, Profesor uczelni
8. od 01.01.2023, Politechnika Wrocławska, Zastępca Kierownika Katedry Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej Politechniki Wrocławskiej

Opis kariery naukowej, w tym prowadzonych prac badawczych oraz realizowanej aktywności naukowej

Przed nadaniem stopnia doktora habilitowanego

Zaraz po otrzymaniu stopnia doktora nauk technicznych wyjechałem na podoktorski staż zagraniczny (*short-term scholar*) na Wydział Matematyczny Uniwersytetu Michigan w Ann Arbor w USA. W ramach stażu kontynuowałem pracę nad metodą „Wir w komórce” w kontekście obliczeń równoległych oraz brałem czynny udział w zajęciach dotyczących programowania równoległego oraz numerycznej algebry liniowej ze szczególnym uwzględnieniem numerycznego rozwiązywania układów równań liniowych.

Zdobyte doświadczenie pozwoliło mi między innymi na podjęcie współpracy z firmą Vratiss z Wrocławia, gdzie pracowałem nad rozwinięciem algorytmów rozwiązywania równań liniowych na procesory graficzne GPU. Zaimplementowanie ich w trybie równoległym na procesorach GPU dało możliwość znacznego przyspieszenia obliczeń także zagadnień przepływowych.

W ramach tej pracy przygotowałem model numeryczny przepływu w aortie brzusznej, bazujący na geometrii rzeczywistej, odtworzonej ze zdjęć MRI (*Magnetic resonance imaging*). Aby zbadać przyspieszenie obliczeń w zależności od skomplikowania modelu matematycznego, obliczenia wykonałem w oparciu o różne modele matematyczne: przepływ potencjalny, przepływ stacjonarny oraz przepływ niestacjonarny. W przypadku przepływu niestacjonarnego dodatkowo zostały użyte zmienne w czasie, pulsacyjne warunki brzegowe symulujące pracę serca. Wyniki testu pokazały, że szybkość obliczeń spada wraz ze skomplikowaniem modelu, co można wytłumaczyć zwiększonym zapotrzebowaniem na przesyłanie informacji między procesorami GPU a pamięcią RAM i procesorem CPU. Powyżej omówione badania zostały opublikowane w renomowanych czasopiśmie.

Pod koniec roku 2010 wyjechałem ponownie do USA, gdzie zostałem zatrudniony na stanowisku *Affiliated Faculty* na Uniwersytecie New Hampshire w

Durham (UNH). Od dnia 01.11.2010 do 31.01.2014 roku pracowałem w ramach interdyscyplinarnego programu *Integrated Applied Mathematics Program* na wydziale *College of Engineering & Physical Sciences*. W ramach tej pracy przebywałem także kilkakrotnie na Uniwersytecie Colorado w Boulder (UCB) na Wydziale Matematyki Stosowanej (*Applied Mathematics Department*), gdzie współpracowałem z profesorem Keith Julien.

W ramach mojej pracy badawczej w UNH oraz UCB stworzyłem wieloskalowy algorytm obliczeniowy oparty na asymptotycznej analizie multiskalowej (multiple scale asymptotic analysis). Ogólne równania ruchu (równania Navier-Stokes), zostały zredukowane do dwóch powiązanych wzajemnie układów równań. Pierwszy opisujący dynamikę uśrednioną (skala większa i wolniejsza), drugi modelujący skalę fluktuacyjną (skala mniejsza i szybsza). Dzięki temu, wszystkie skale pośrednie zostały odfiltrowane z modelu, jako nieistotne dla rozważanego problemu, co znacząco zredukowało złożoność problemu pierwotnego.

Dzięki temu równania różniczkowe cząstkowe w formie pierwotnej, zawierające wszystkie możliwe skale zostały zredukowane do dwóch powiązanych ze sobą układów równań, opisujących odpowiednio skalę uśrednioną (dużą i wolną) oraz skalę fluktuacyjną (małą i szybką)

Rozseparowanie pierwotnego problemu na skalę uśrednioną i fluktuacyjną pozwoliło mi w znacznym stopniu skrócić czas obliczeń, poprzez znaczne zredukowanie ilości węzłów obliczeniowych. Równania uśrednione, opisujące ewolucję w dłuższej skali czasowej pozwolili na użycie znacznie rzadszych siatek, natomiast równania opisujące dynamikę fluktuacyjną wystarczyło rozwiązać tylko w ograniczonych pod-obszarach.

Rozwinięta przeze mnie metoda może być z powodzeniem stosowana w dowolnych systemach cieplno- przepływowych w których występuje naturalna separacja skal. Przykładem może być modelowanie ruchu atmosfery bądź oceanu. Siły zewnętrzne: siła Coriolisa, siła wyporu, czy siła naprężeń stycznych pochodzących od wiatru, sprzyjają tworzeniu się dobrze zdefiniowanych skal wielkości.

W przypadku zaproponowanej metody wieloskalowej ilość oczek siatki numerycznej ogranicza się do sumy oczek siatki obszaru skal większych (rzadka siatka) oraz pewnej ilości niezależnych od siebie pod-obszarów, gdzie rozwiązywane są równania dla skali fluktuacyjnej. Sumarycznie ilość oczek siatki w odpowiadającym rozwiązaniu DNS może być o rząd wielkości większa, poza tym niezależność pod-obszarów fluktuacyjnych gwarantuje najbardziej optymalną możliwość do zrównoleglenia obliczeń. W kontekście metod wieloskalowych współpracowałem także w identyfikacji i wyjaśnienia mechanizmu tworzenia się zjawiska silnego streamingu akustycznego w żarówkach typu HID (high intensity discharge lamps). Przeprowadzona analiza asymp-

totyczna oraz analiza wieloskalowa pokazała, że mechanizm ten nie jest klasyczny (wywołany siłami lepkościowymi) ale jest w zasadzie nie lepki a, naprężenia Reynoldsa są wywołane baroklinicznie (linie stałego ciśnienia i stałej gęstości nie pokrywają się co powoduje tworzenie się wirowość).

Możliwość przewidywania i kontrolowania streamingu baroklinicznego jest szczególnie interesujące ze względu na możliwość efektywnego i cichego chłodzenia urządzeń elektronicznych. W licznych pracach doświadczalnych i obliczeniowych zostało pokazane, że istnienie silnego streamingu znacząco intensyfikuje wymianę ciepła, lecz nie zdawano sobie sprawy z mechanizmu go wywołującego.

Przewodnim celem wyżej wymienionych prac było użycie metod analitycznych do uproszczenia problemu pierwotnego poprzez systematyczne poszukiwanie dominującego balansu sił obecnego w rozpatrywanym przepływie oraz separacji skal. Wejściowe systemy równań różniczkowych cząstkowych zostały zredukowane do form uproszczonych co dało dwojaki zysk. Możliwe było rozwinięcie i zastosowanie nowatorskich oraz mniej kosztownych obliczeniowo algorytmów numerycznych, oraz możliwy był wgląd w naturę rozpatrywanego problemu i w mechanizmy nim sterujące. Powyżej omówione badania zostały opublikowane w renomowanych czasopismach .

Po powrocie do Polski moja praca naukowo-badawcza skupiała się na modelowaniu złożonych i niestandardowych zagadnień cieplno- przepływowych w ramach kilku projektów międzynarodowych.

W ramach projektu „*Cold-helium release experiment in the LHC underground tunnel*” opracowałem model numeryczny tunelu LHC w CERN na potrzeby symulacji awaryjnego wypływu kriogenicznego helu. Przy pomocy tego modelu możliwe było precyzyjne określenie zawartości tlenu w tunelu, prędkości propagacji chmury helowo-powietrznej oraz określenie reżimu przepływu ze względu na wystąpienie rodzaju stratyfikacji (lub jej braku).

W ramach projektu „*Design of a pan-European Infrastructure for Large Apparatus studying Grand Unification, Neutrino Astrophysics and Long Baseline Neutrino Oscillations*” opracowałem model numeryczny tunelu kopalni Pyhasalmi w Finlandii, w której ma być umieszczony przyszły detektor neutrin. Model pozwolił na symulację awaryjnego wypływu kriogenicznego argonu na skutek pęknięcia cysterny przewożącej ciekły argon. Przy pomocy tego modelu możliwe było określenie zawartości tlenu w tunelu, prędkości i kierunku propagacji mieszaniny w zależności od intensywności wentylacji tunelu kopalni. Pozwoliło to na zdefiniowanie trzech krytycznych wartości prędkości powietrza wentylacyjnego, dla których chmura argonowa zaczynała poruszać się w górę lub w dół kopalni, lub utrzymywać się w pobliżu miejsca zdarzenia. W ramach projektu „*Zaprojektowanie CDS dla akceleratora liniowego oraz*

stanowiska 2 Lund Test (European Spallation Source)” opracowałem model numeryczny do oszacowania minimalnego pola przekroju zaworu bezpieczeństwa dla długich kriogenicznych instalacji rurowych. W tym przypadku, nagły wzrost ciśnienia był związany z intensywnym strumieniem ciepła na skutek awarii izolacji.

Pokazałem, że dla pewnych warunków nagłe i niespodziewane wyrzucenie dużych ilości gazów kriogenicznych do dużych przestrzeni (np. tunele akceleratorów cząstek) może mieć bardzo niebezpieczne konsekwencje, zarówno dla urządzeń tam się znajdujących jak i dla przebywającego personelu.

Pokazałem, że zdefiniowaniem modelu matematycznego w przypadku bardzo dynamicznych zjawisk należy rozpocząć od identyfikacji niezbędnych jego składowych oraz od zdefiniowania celu jaki dany model ma spełniać. W przypadku omawianych prac celem nadrzędnym była możliwość przewidywania koncentracji helu w tunelu, szybkości propagacji chmury helowo-powietrznej oraz tworzenia się stratyfikacji. Na szczególną uwagę zasługuje fakt dobrej korelacji wykonanych obliczeń z eksperymentami wykonanymi w tunelu LHC CERN, w których także brałem udział w ramach międzynarodowego projektu. Omówione powyżej badania częściowo realizowałem bezpośrednio w laboratorium CERN podczas mojej miesięcznej wizyty w *Technical Department* jako *Visiting Scientist*. Powyżej omówione badania zostały opublikowane w renomowanych czasopismach.

Zdefiniowanie poprawnego modelu matematycznego pozwoliło mi na przeprowadzenie serii obliczeń dla różnych strumieni masy helu, co pozwoliło przebadanie szerokie spektrum przestrzeni parametrów oraz zbadać charakterystykę tunelu LHC. Przeprowadzona analiza numeryczna pozwoliła mi także pokazać, że początkowa temperatura helu, oraz rozmiar otworu przez który hel dostaje się do tunelu, może mieć kluczowy wpływ na tworzenie się stratyfikacji lub jej brak.

Zaproponowany model matematyczny jest uniwersalny i może być stosowany dla innych substancji kriogenicznych i warunków przepływu. Dlatego w kolejnych pracach użyłem go do symulacji propagacji argonu w tunelu kopalni. W tym przypadku ważne było także opracowanie odpowiedniego warunku brzegowego definiującego wpływ argonu do obszaru obliczeniowego.

Przeprowadzone badania pokazały, że reżim przepływu w istotnej mierze zależy od intensywności wentylacji tunelu kopalni oraz od kąta nachylenia tunelu. Chmura argonowo-powietrzna może poruszać się w górę, w dół tunelu, lub utrzymywać się przez dłuższy czas w jednym miejscu. Dzięki temu zostały zidentyfikowane możliwe procedury bezpieczeństwa w zależności od sytuacji w tunelu. Uzyskane wyniki, poprzez swoją ogólność, mogłem z powodzeniem rozszerzyć do oszacowania następstw wypadku cysterny przewożącej niebezpieczne substancje w tunelu drogowym. Powyżej omówione badania zostały

opublikowane w renomowanych czasopismach.

W tematyce niestandardowych systemów cieplno- przepływowych zajmowałem się także analizą efektywności mieszania w miniaturowych mieszalnikach wykonanych w technologii LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramics). Cechą charakterystyczną tych mikro-mieszalników jest brak części ruchomych, mieszanie odbywa się poprzez bezpośredni kontakt dwóch substancji, które płyną przez system mikro-kanalów o zadanym kształcie. Ponieważ przepływ charakteryzuje się bardzo niską liczbą Reynoldsa, mieszanie może odbywać się tylko na zasadzie dyfuzyjnej. Znacząco wydłuża to proces mieszania, dlatego stosuje się różnego rodzaju zabiegi, mające na celu wywołanie „sztucznej” turbulencji, a przez to zwiększenie rozmiaru obszaru styku mieszających się substancji. Intensyfikacja mieszania może odbywać się pasywnie poprzez maksymalne wydłużenie drogi przepływu i czasu kontaktu substancji poprzez wykonanie mikro-kanalów o dużej ilości zakrętów zmieniających kierunek przepływu o 90 stopni.

W ramach tej pracy pokazałem, że efektywność mieszania może zostać polepszona zewnętrznym wywołaniem zaburzeń pola prędkości w mikro-mieszalniku poprzez zastosowanie odpowiednio zdefiniowanych pulsacji pola prędkości substancji wprowadzanych do mieszalnika. Najbardziej efektywne okazały się pulsacje przesunięte w fazie i o względnie wysokiej częstotliwości: 25Hz. Zastosowanie pulsacji o tak wysokiej częstotliwości wymagało rozwiązywania równań z bardzo małym krokiem czasowym. Badania te zostały opublikowane w renomowanym czasopiśmie.

W swojej pracy badawczej zajmowałem się także problemami cieplno- przepływowe uwzględniającymi zjawisko nadciekłości oraz implementacją nowych modeli matematycznych. Pracowałem nad implementacją modelu matematycznego transportu ciepła w helu nadciekłym oraz w szczególności nad stworzeniem nowych warunków brzegowych uwzględniających transport ciepła przez cienkie izolacje, których właściwości termiczne są funkcją temperatury. Praca ta była realizowana w kontekście stworzenia modelu numerycznego magnesów nadprzewodzących nowej generacji HeLumi dla akceleratora LHC. Stworzenie wspomnianych warunków brzegowych było niezbędne dla poprawnego i wiarygodnego działania modelu, gdyż obecność cienkich izolacji, o różnej funkcji i charakterystyce jest powszechna w magnesach. W szczególności dotyczy to cienko-warstwowych zabezpieczeń typu *quench heaters*, których zadaniem jest natychmiastowe wyprowadzenie całego magnesu z nadprzewodności w razie jej utraty w dowolnym miejscu magnesu. Te prace realizowałem bezpośrednio w laboratorium CERN podczas mojej miesięcznej wizyty w *Technical Department* jako *Cooperation Associates*. Powyżej omówione ba-

dania zostały opublikowane w renomowanych czasopismach.

Praca badawcza po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego

Kontynuując poprzednie badania dotyczące nagłego wyrzutu substancji kriogenicznych do dużych zamkniętych przestrzeni, współpracowałem przy analizie numerycznej tego zagadnienia w przypadku tunelu akceleratora SLAC znajdującego się na Uniwersytecie Stanforda. W tej pracy nadzorowałem i uczestniczyłem w przeprowadzeniu dużej ilości obliczeń numerycznych dla różnych warunków panujących w tunelu oraz różnej konfiguracji dostępnych kominów wentylacyjnych. Dodatkowo pokazano warunki dla których możliwe jest tworzenie się stratyfikacji w tunelu lub jej brak. Badania te zostały opublikowane w renomowanych czasopismach.

W latach 2016 – 2019 byłem kierownikiem międzynarodowego projektu w ramach współpracy Polska-Tajwan, pt.: *„Development of plate heat exchangers for liquid inert gas vaporization, and the modelling of the two-phase flow in heat exchangers, Badania płytowych wymienników ciepła do regazyfikacji cieczy kriogenicznych i modelowanie dwu fazowych przepływów w wymiennikach”*.

W ramach projektu, wraz ze swoim zespołem, stworzyłem kompleksowy model numeryczny płytowego wymiennika ciepła (PHE). Pozwoliło to na przeprowadzenie szeregu obliczeń mających na celu optymalizację geometryczną oraz minimalizację nierównomierności rozplywu w wymienniku. Między innymi badałem proces regazyfikacji w PHE oraz możliwość odzysku energii w tym procesie. Ponadto przeprowadziliśmy analizę warunków wymiany ciepła w PHE, w przypadku regazyfikacji cieczy kriogenicznych ze szczególnym uwzględnieniem niebezpieczeństwa zestalania się czynnika grzejnego. Powyżej omówione badania zostały opublikowane w renomowanych czasopismach. W ramach powyższych badań uczestniczyłem także w kilku roboczych wizytach na National Central University, Taoyuan na Tajwanie, gdzie brałem udział w badaniach eksperymentalnych oraz analizie ich wyników. Przeprowadzone przez mój zespół prace w ramach powyższego projektu pozwoliły także na opracowanie wynalazku zapobiegającego nierównomiernemu rozplywowi cieczy w wymienniku PHE, który otrzymał ochronę patentową w USA, Tajwanie oraz Polsce.

Niedługo po otrzymaniu stopnia doktora habilitowanego zacząłem tworzyć swój zespół badawczy i zostałem promotorem 6 prac doktorskich, z czego jedna zakończyła się pozytywną obroną i nadaniem stopnia doktora w dniu 18.10.2023 roku, a dwie kolejne są w procesie recenzji.

W kolejnych latach moja praca skupiała się na badaniach, wsparciu merytorycznym i koordynowaniu prac związanych z prowadzonymi doktoratami, kierowaniem projektami badawczymi i przemysłowymi oraz przewodzeniem zespołom ekspertów.

W okresie od 01.02.2018 do 21.06.2018 zostałem powołany przez Dyrektora NCBR na przewodniczącego Zespołu Ekspertów NCBR ds. „Analizy gotowości technologicznej systemu transportu, wykorzystującego pojazdy poruszające się z dużą prędkością w przestrzeni zamkniętej z obniżonym ciśnieniem”. W ramach tej pracy kierowałem zespołem ekspertów, organizowałem spotkania z zespołami naukowymi oraz komercyjnymi zajmującymi się tematyką transportu w warunkach obniżonego ciśnienia. Praca Zespołu Ekspertów została podsumowana w raporcie, który jest obecnie dostępny w wersji elektronicznej na stronach NCBR.

W roku 2017 nawiązałem współpracę z Katedrą Mechaniki, Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej, której celem było wsparcie prac badawczych nad stworzeniem prototypu chłodziarki magnetokalorycznej opartej na gadolinie. W ramach tej współpracy powstała interdyscyplinarna praca doktorska pt. „Modelowanie numeryczne chłodziarki magnetokalorycznej - badanie wpływu właściwości termofizycznych płynu roboczego i struktury złoża regeneratora na przekazywanie ciepła”, której byłem promotorem. Praca została obroniona z wyróżnieniem w dniu 13.10.2023. Badania te są także istotne z punktu widzenia tzw. zielonej transformacji oraz transformacji energetycznej, gdyż pokazują możliwości zastąpienia energochłonnych chłodziarek sprężarkowych rozwiązaniem opartym o mechanizm zmiany energii wewnętrznej materiału roboczego poprzez zmienne pole magnetyczne. W ramach tych prac powstały dwie publikacje naukowe.

Większa część moich badań skupia się na tematyce, której wspólnym mianownikiem są zagadnienia związane z transformacją energetyczną. Są to prace związane z możliwością wykorzystania płynnego gazu ziemnego (LNG) oraz amoniaku jako paliwa, w szczególności badania związane z procesem regazyfikacji oraz zjawisk towarzyszących, oraz prace związane z odnawialnymi źródłami energii.

W ramach badań związanych z procesem regazyfikacji prowadzę dwie prace doktorskie zatytułowane: „Wpływ procesu wrzenia cieczy kriogenicznych na proces ich regazyfikacji” oraz „Wpływ zamarzania cieczy grzewczej na regazyfikację cieczy kriogenicznych”, które aktualnie są w procesie recenzji. W ramach tych prac przeprowadzono szereg eksperymentów, analiz oraz symulacji numerycznych opartych o autorskie modele matematyczne. W szczegól-

ności wykazano, że opory cieplne po stronie wrzącego czynnika są znacznie wyższe od oporów cieplnych po stronie wody, lodu czy ścianki rurki procesowej. Stwierdzono również, że z malejącym stopniem suchości par na wlocie do wymiennika, różnice między modelami matematycznymi wymienników wzrastały, co podkreśla dominujący wpływ procesu wrzenia na ogólny proces regazyfikacji. Uzyskane wyniki mogą przyczynić się do poprawy efektywności i bezpieczeństwa systemów zasilających opartych na technologii regazyfikacji cieczy kriogenicznych. W ramach tych prac powstało wiele publikacji naukowych, których jestem współautorem.

W ramach powyższej tematyki kierowałem dwoma międzynarodowymi zleceniami komercyjnymi pt.: „Numerical modeling of LNG regasification in the OpenFoam package taking into account simplified processes of freezing and boiling” oraz „Thermodynamic analysis and identification of freezing issues in the delivered design of FSRU” zleconymi przez firmy NEXTFOAM CO. LTD oraz DONGHWA ENTEC z Republiki Korei. W ramach tych projektów wykonano modelowanie numeryczne regazyfikacji LNG z uwzględnieniem procesu zamrażania oraz wrzenia, oraz zaproponowano działania naprawcze związane z niską wydajnością regazyfikacji istniejącego regazyfikatora dużej skali.

W ramach analiz związanych z możliwością wykorzystania amoniaku jako paliwa kierowałem projektem komercyjnym pt.: „Analiza techniczno-ekonomiczna składowania amoniaku i wody amoniakalnej (>24%) na cele zasilania maszyn i transportu, obejmująca zagadnienia techniczne i ekonomiczne” na zlecenie Instytut Energetyki – Instytut Badawczy z Warszawy. W ramach tych prac powstały dwie publikacje przeglądowe opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych, których jestem współautorem.

Ponadto uczestniczyłem w tworzeniu modeli numerycznych do modelowania pracy ogniw paliwowych typu SOFC, także w kontekście możliwości zasilania ich bezpośrednio amoniakiem. Stworzony model numeryczny uwzględniał zarówno procesy cieplno- przepływowe jak i elektro- chemiczne i charakteryzował się zadowalającą zgodnością z pomiarami eksperymentalnymi. W ramach tych prac powstały dwie publikacje.

W ramach prac związanych z odnawialnymi źródłami energii zajmowałem się zagadnieniami związanymi ze stabilizacją pracy systemów OZE, oraz wpływem niekorzystnych warunków na pracę turbin i farm wiatrowych oraz szacowaniem produkowanej przez nie energii elektrycznej.

W okresie 27.11.2020 do 15.04.2020 zostałem powołany przez Prezesa Zarządu NFOSGW na przewodniczącego Zespołu Ekspertów ds. „Oceny techniczno-ekonomicznej możliwości budowy zbiorczych magazynów i konwerterów ener-

gii wykorzystujących fotowoltaikę prosumencką”. Celem prac była ocena techniczno – ekonomiczna możliwości budowy zbiorczych magazynów i konwerterów energii na sieciach niskiego napięcia (nN) w celu minimalizacji zaburzeń jej pracy wywołanych mikroinstalacjami fotowoltaicznymi. Zakres prac obejmował analizę problemów występujących na sieciach nN wywołanych mikroinstalacjami fotowoltaicznymi, propozycję rozwiązania w postaci zbiorczych hybrydowych magazynów energii, prezentację omawianego problemu na przykładzie rzeczywistej sieci nN, analizę kilku strategii pracy zbiorczych hybrydowych magazynów energii stabilizujących pracę sieci nN wraz z analizą kosztów inwestycyjnych oraz eksploatacyjnych. W ramach tych prac powstała publikacja naukowa.

W ramach kontynuacji powyższego tematu oraz współpracy z NFOSGW kierowałem projektem pt.: „Analiza dotycząca symulacji pracy instalacji prosumenckiej PV zintegrowanej z magazynami ciepła/chłodu oraz magazynami energii elektrycznej z uwzględnieniem zastosowania systemu zarządzania energią”. W szczególności przeanalizowano wpływ magazynowania energii elektrycznej na opłacalność instalacji fotowoltaicznej biorąc pod uwagę pojemność czynną magazynu energii, ceny sprzedaży energii elektrycznej oraz mocy instalacji fotowoltaicznej. W wyniku przeprowadzonych analiz oceniono, że inwestycja w prosumencką instalację fotowoltaiczną zintegrowaną z magazynem energii elektrycznej i inteligentnym systemem zarządzania energią może być opłacalna, pod warunkiem pokrycia części kosztów inwestycyjnych przez dofinansowanie. Stwierdzono, że wzrost mocy instalacji PV oraz pojemności magazynu energii powodują wydłużenie czasu zwrotu inwestycji, a zwiększenie ceny sprzedaży energii elektrycznej wpływa na skrócenie czasu zwrotu inwestycji, ale tylko nieznacznie. Wykazano również, że istnieje optymalna pojemność magazynu energii elektrycznej. W ramach tych prac powstała publikacja naukowa. Odnośnie powyższych badań współpracowałem także ze związkiem pracodawców APPLiA, w ramach której z mojej inicjatywy powstały analizy możliwości zmniejszenia zużycia energii elektrycznej w Polsce poprzez wymianę urządzeń AGD na bardziej energooszczędne. W ramach tych prac powstała publikacja naukowa.

W ramach prowadzenia badań związanych z szacowaniem produkcji energii elektrycznej przez turbiny i farmy wiatrowe z uwzględnieniem niekorzystnych warunków pogodowych i środowiskowych (oblodzenie i zabrudzenie łopat), eksploatacyjnych (erozja warstwy zewnętrznej łopat) oraz wzajemnego wpływu turbin wiatrowych na siebie (deficyt prędkości w cieniu aerodynamicznym powstałym za turbiną) udało się pokazać jaka jest przewidywana produkcja energii elektrycznej przez farmy wiatrowe ulokowane na morzu Bałtyckim. Jest to szczególnie ważne, gdyż wiarygodna ocena produkcji rocz-

nej energii elektrycznej przez farmę wiatrową jest podstawą wiarygodnej analizy ekonomicznej dla takiej inwestycji. Dodatkowo zaproponowano rozwinięcie istniejących modeli opisujących powstawanie cienia aerodynamicznego za turbiną poprzez uwzględnienie rzeczywistych charakterystyk turbin wiatrowych.

W ramach tych prac powstał szereg publikacji naukowych oraz monografia naukowa, której jestem jedynym autorem, zatytułowana „Aerodynamika turbin wiatrowych. Wybrane aspekty” wydana nakładem Oficyny Wydawniczej Politechniki Wrocławskiej.

Kontynuując prace badawcze w obszarze energetyki wiatrowej byłem kierownikiem projektu pt.: „Optymalizacja nowego rodzaju wirnika turbiny wiatrowej o pionowej osi obrotu za pomocą zaawansowanego modelowania komputerowego” współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (program Bon na Innowacje 2022-2023). Na potrzeby tego projektu stworzyłem czteroosobowy zespół, składający się z jednego doktora nauk technicznych oraz dwóch doktorantów. W ramach prac udało się przeprowadzić pomyślną optymalizację kształtu wirnika turbiny o pionowej osi obrotu, który zapewniał maksymalny moment obrotowy przy zminimalizowanym efekcie migania.

Do prac zbliżonych do powyższej tematyki zaliczam także kierowanie projektem pt.: „Określenie efektywności energetycznej dla nowo opracowanego napędu jednostek pływających metodą numeryczną, z zakresu mechaniki płynów (CFD) także współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Bazując na teorii dysku aktywatora, który także jest używany w analizie pracy turbin wiatrowych, pokazano, że możliwa jest poprawa energetyczna śrubowych napędów jednostek pływających. Następnie, tworząc odpowiednie modele obliczeniowe udało się częściowo potwierdzić wyniki teoretyczne.

Wspomagam oraz prowadzę także inne badania związane z możliwością polepszenia i optymalizacji wymiany ciepła, zarówno w kontekście wykorzystania zjawisk podstawowych jak i innowacyjnych rozwiązań inżynierskich. W tym kontekście kontynuuję pracę rozpoczętą na University of New Hampshire związaną ze zjawiskiem streamingu akustycznego. W szczególności udało mi się przeprowadzić symulacje w geometriach trójwymiarowych oraz długich kanałach i pokazać ilościowo możliwość intensyfikacji wymiany ciepła z uwzględnieniem wpływu ścian na topologię przepływu uśrednionego. W ramach tych prac powstały dwie publikacje naukowe.

W ramach prac innych prac badawczych nawiązałem współpracę z Uniwersytetem Medycznym we Wrocławiu. Wraz z zespołem Katedry i Kliniki Oto-

laryngologii Chirurgii Głowy i Szyi uczestniczyłem w badaniach łączących warunki fizyczne panujące w jamie nosowej z warunkami sprzyjającymi rozwojowi szczepów bakteryjnych oraz kolonizacji błon śluzowych nosa i zatok przynosowych. W ramach tych badań stworzyłem model numeryczny przepływu powietrza przez jamę nosową co pozwoliło pokazać, że temperatura, wilgotność, prędkość powietrza oraz ciśnienie odgrywają kluczową rolę w selekcji i rozmieszczeniu mikroorganizmów. W ramach tych prac powstała publikacja naukowa.

Wspieram także prace badawcze innego zespołu wchodzącego w skład mojej Katedry, współpracującego z Katedrą i Kliniką Neurochirurgii, w ramach której tworzony jest prototyp urządzenia do bezinwazyjnego pomiaru ciśnienia krwi i fali tętna. W ramach tych prac powstała publikacja naukowa.

Uczestniczyłem także w pracach zespołu z Wydziału Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów w ramach których badano przepływu gazu pod ciśnieniem w przewodach światłowodowych typu ARHCF i możliwości ich zastosowań w laserowej spektroskopii absorpcyjnej (LAS). Moje prace skupiały się na wsparciu merytorycznym w tworzeniu modelu matematycznego oraz numerycznego do symulacji przepływu mieszających się gazów przez przewód światłowodu. W ramach tych prac powstała publikacja naukowa.

W ramach prac badawczych związanych z inżynierką lotniczą jestem promotorem rozprawy doktorskiej pt. "Badania wirów krawędziowych generowanych przez skrzydło pasmowe (LERX) oraz mechanizmu sterowania wirami krawędziowymi skrzydła pasmowego (LEVCON)". Nadzoruję, koordynuję i merytorycznie wspieram badania związane z aerodynamiką zaawansowanych systemów kontroli lotu samolotów myśliwskich. W ramach tych prac powstała publikacja naukowa.

Dodatkowo prowadzę badania związane z wykorzystaniem algorytmów uczenia maszynowego do selektywnego oprysku roślin uprawnych. W ramach tych badań jestem kierownikiem projektu pt. „Podniesienie jakości i efektywności produkcji rzepaku i miodu oraz zapewnienie bezpieczeństwa pszczół na plantacji poprzez zastosowanie innowacyjnej, opartej na metodach sztucznej inteligencji, technologii monitorowania stanu plantacji, wnioskowania i selektywnej aplikacji środków ochrony roślin”. Projekt realizowany jest w ramach działania nr 16 „Współpraca” z Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich 2014-2020, a jego głównym celem jest zbudowanie prototypu opryskiwacza wykrywającego szkodniki i wykonującego selektywny oprysk rzepaku oraz współpracującego z ciągnikiem rolniczym.

Wypromowani doktorzy oraz kształcenie kadry

Dotychczas pełniłem rolę promotora w 6 przewodach doktorskich, w tym dwie zakończone publiczną obroną oraz jednej będącej w procesie recenzji:

1. „Modelowanie numeryczne chłodziarki magnetokalorycznej – badanie wpływu właściwości termofizycznych płynu roboczego i struktury złoża regeneratora na przekazywanie ciepła”, autor: dr inż. Paweł Płużka, otwarcie przewodu doktorskiego: 27.02.2019, data obrony: 13.10.2023 (praca obroniona z wyróżnieniem).
2. „Wpływ zamarzania cieczy grzewczej na regazyfikację cieczy kriogenicznych”, autor: dr inż. Arkadiusz Brenk, otwarcie przewodu doktorskiego: 30.09.2020, data obrony: 27.03.2024.
3. „Wpływ procesu wrzenia cieczy kriogenicznych na proces ich regazyfikacji”, autor: mgr inż. Jakub Kielar, otwarcie przewodu doktorskiego: 17.09.2020, praca wysłana do recenzji w dniu: 12.12.2023.
4. „Produkcja energii elektrycznej i odzysk egzergii w warunkach niskich temperatur i ciśnienia z wykorzystaniem zjawisk termoelektrycznych”, autor: mgr inż. Korneliusz Sierpowski, otwarcie przewodu doktorskiego: 30.09.2020, praca w trakcie realizacji.
5. „Analiza cieplno-przepływowa rekuperacyjnych wymienników ciepła w chłodziarkach Joule’a-Thomsona”, autor: mgr inż. Błażej Baran, rozpoczęcie kształcenia w Szkole Doktorskiej PWr: 01.10.2020, praca w trakcie realizacji.
6. „Badania wirów krawędziowych generowanych przez skrzydło pasmowe (LERX) oraz mechanizmu sterowania wirami krawędziowymi skrzydła pasmowego (LEVCON)”, autor: mgr inż. Łukasz Malicki, rozpoczęcie kształcenia w Szkole Doktorskiej PWr: 01.10.2020, praca w trakcie realizacji (jako drugi promotor).

Nagrody i wyróżnienia

1. Laureat Konkursu na Najlepszego Absolwenta Wydziału na Wydziale Mechaniczno-Energetycznym Politechniki Wrocławskiej w roku akademickim 2002/2003
2. Wyróżnienie za pracę dyplomową magisterską w Konkursie Prac Dyplomowych z Dziedziny Mechaniki i Budowy Maszyn im. Prof. Romana Sobolskiego

3. Zajęcie II miejsca za pracę pt. „Study of eruption phenomenon of boundary layer by vortex-in-cell method”, IX Konkurs im. Prof. Janusza W. Elsnera na najlepszą pracę z mechaniki płynów pod patronem PTMTS
4. Wyróżnienie za pracę doktorską, 2008, Rada Naukowa Instytutu Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej, za pracę doktorską
5. III nagroda na XXVI Międzynarodowym Katolickim Festiwalu Filmów i Multimedków, 2011, Międzynarodowy festiwal w Niepokalanowie, za film „Nie wystarczy pokochać” w kategorii Programy Edukacyjne.
6. Nagroda: Honorable Mention w konkursie fotograficznym: China Through My Lens Photo Contest, 2012, Confucius Institute at University of New Hampshire, USA, za najlepsze zdjęcia.
7. Nagroda Rektora PWr: W uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni, 2015
8. Wyróżnienie przez wydawcę *Elsevier* typu *Highlighted Articles* artykułu: Ziemowit Malecha et al. "Experimental and numerical investigation of the emergency helium release into the LHC tunnel," *Cryogenics*, 2016
9. Nagroda Rektora PWr: W uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni, 2018
10. Nagroda Rektora PWr: W uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni, 2019
11. Nagroda Rektora PWr: W uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni, 2020
12. Nagroda Rektora PWr: W uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni, 2023
13. Stypendium Rektora PWr: W kategorii publikacyjnej, 2023
14. 10 Dyplomów za opiekę promotorską nad nagradzonymi pracami dyplomowymi, od 2015 do 2023

Działalność edukacyjna oraz popularyzatorska

1. Opracowanie i uruchomienie autorskiego wykładu w ramach studiów doktoranckich na Politechnice Wrocławskiej pt.: „*Introduction to numerical modeling using the open source software: OpenFOAM*”, od 2016 do 2019
2. Opracowanie i prowadzenie wykładu *Elektrownie Wiatrowe* (wykład, projekt i laboratorium) oraz jego angielską wersję *Wind Power Plants* (Wykład i projekt) dla studentów Wydziału Mechaniczno-Energetycznego Politechniki Wrocławskiej (studia I i II stopnia), od 2016
3. Opracowanie i prowadzenie wykładu *Energetyka termojądrowa* oraz jego angielską wersję *Termonuclear Power Generation* dla studentów Wydziału Mechaniczno-Energetycznego Politechniki Wrocławskiej (studia I i II stopnia), od 2016
4. Prowadzenie i przygotowanie wykładu w ramach międzynarodowej szkoły letniej The European Cryogenics Course.
5. Przygotowanie i prowadzenie szkoleń z profesjonalnego otwartego oprogramowania do obliczeń numerycznych OpenFOAM w ramach Centrum Kształcenia Ustawicznego Politechniki Wrocławskiej
6. Opieka tutoringowa nad dwojgiem studentów w ramach projektu „Mistrzowie dydaktyki - wdrożenie metody tutoring dla paraktyki uczenia się”, nr projektu 11MO/ooo2/20, od 01.03.2021 do 30.09.2021
7. Artykuł popularnonaukowy: Ziemowit M. Malecha, Nadciekły hel - substancja magiczna. *Wszechświat*. 2016, t. 117, nr 7-9, s. 291-295. ISSN: 0043-9592.
8. Artykuł popularnonaukowy: Ziemowit M. Malecha, Zgadywanie czy przewidywanie pogody? Superkomputery kontra wieloskalowy charakter natury. *Wszechświat*. 2015, t. 116, nr 4-6, s. 116-119. ISSN: 0043-9592.
9. Artykuł popularnonaukowy: Ziemowit M. Malecha, USA oczami postdoka, *Postępy Fizyki*, 2015, t. 66, z. 1-4, s. 43-45. ISSN: 0032-5430
10. Artykuł popularnonaukowy: Ziemowit M. Malecha, Amerykański sen we Wrocławiu, *Forum Akademickie*, 2021, nr 1, s. 45-47. ISSN: 1233-0930
11. Artykuł edytorski: Ziemowit M. Malecha, Risks for a successful transition to a net-zero emissions energy system, *Energies*, 2022, vol. 15, nr 11, art. 4071, s. 1-4

12. Artykuł edytorski: Ziemowit M. Malecha, Turbulence and fluid mechanics, *Energies*, 2022. vol. 15, nr 3, art. 1116, s. 1-4
13. Artykuł popularnonaukowy (wywiad): Jeremi Jędrzejkowski, Ziemowit M. Malecha: Net-billing jest korzystny zarówno dla całego systemu, jak i jego uczestników, *Rzeczpospolita*, 2022, nr 70, dod. "Energia", s. A17-A17, ISSN: 0208-9130

Koordynowanie prac badawczych

1. Kierownik projektu: „Podniesienie jakości i efektywności produkcji rzepaku i miodu oraz zapewnienie bezpieczeństwa pszczół na plantacji poprzez zastosowanie innowacyjnej, opartej na metodach sztucznej inteligencji, technologii monitorowania stanu plantacji, wnioskowania i selektywnej aplikacji środków ochrony roślin”, 01.02.2023 – 31.12.2024, Projekt realizowany w ramach działania nr 16 „Współpraca” z Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich 2014-2020. Operacja współfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Rolnego na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich, 00073.DDD.6509.00274.2022.01, jednostka finansująca: ARiMR.
2. Przewodniczący Zespołu Ekspertów NFOŚiGW „Ocena techniczno-ekonomicznej możliwości budowy zbiorczych magazynów i konwerterów energii wykorzystujących fotowoltaikę prosumencką”. Na podstawie decyzji nr 10/2020 Prezesa Zarządu NFOŚiGW z dnia 27 listopada 2020.
3. Kierownik projektu komercyjnego pt.: „Analizy techniczno-ekonomicznej składowania amoniaku i wody amoniakalnej (>24%) na cele zasilania maszyn i transportu, obejmująca zagadnienia techniczne i ekonomiczne, 06.06.2022 – 27.09.2022, jednostka finansująca: Instytut Energetyki – Instytut Badawczy.
4. Kierownik projektu komercyjnego pt.: „Analiza dotycząca symulacji pracy instalacji prosumenckiej PV zintegrowanej z magazynami ciepła/chłodu oraz magazynami energii elektrycznej z uwzględnieniem zastosowania systemu zarządzania energią”, 21.01.2022 – 31.03.2022, jednostka finansująca: NFOSiGW.
5. Kierownik międzynarodowego zlecenia komercyjnego pt.: „Numerical modeling of LNG regasification in the OpenFoam package taking into account simplified processes of freezing and boiling”, 26.07.2022 – 28.09.2022, jednostka finansująca: NEXTFOAM CO. LTD., Republika Korei.

6. Kierownik międzynarodowego zlecenia komercyjnego pt.: „Thermodynamic analysis and identification of freezing issues in the delivered design of FSRU”, 24.06.2022 – 27.09.2022, jednostka finansująca: DON-GHWA ENTEC, Republika Korei.
7. Kierownik projektu pt.: „Optymalizacja nowego rodzaju wirnika turbiny wiatrowej o pionowej osi obrotu za pomocą zaawansowanego modelowania komputerowego”, realizowanego w ramach projektu „Bon na Innowacje 2022-2023”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR), 11/2022 – 05/2023.
8. Kierownik projektu pt.: „Określenie efektywności energetycznej dla nowo opracowanego napędu jednostek pływających metodą numeryczną, z zakresu mechaniki płynów (CFD)”, realizowanego w ramach projektu „Bon na Innowacje 2022-2023”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR), 11/2022 – 05/2023.
9. Kierownik B+R projektu: „Badania i prace rozwojowe dotyczące innowacyjnej kriokomory hybrydowej i elektrycznej, urządzeń do krioterapii miejscowej z zastosowaniem nowatorskich, nowych rozwiązań technicznych związanych ze sterowaniem urządzenia i jego konstrukcją oraz funkcjonalnością”, 01.05.2018 – 30.09.2019, POIR 2014-2020 (Konkurs 5/1.1.1/2016) współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, projekt realizowany przez firmę Cryo Science SP. Z.O.O.
10. Przewodniczący Zespołu Ekspertów NCBR ds. Analizy gotowości technologicznej systemu transportu, wykorzystującego pojazdy poruszające się z dużą prędkością w przestrzeni zamkniętej z obniżonym ciśnieniem (od 01.02.2018 do 21.06.2018).
11. Kierownik międzynarodowego projektu pt.: „Development of plate heat exchangers for liquid inert gas vaporization, and the modelling of the two-phase flow in heat exchangers, Badania płytowych wymienników ciepła do regazyfikacji cieczy kriogenicznych i modelowanie dwufazowych przepływów w wymiennikach, 2016 – 2019, finansowanie: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, projekt realizowany w ramach współpracy Polska-Tajwan.