
Dr inż. Andrzej Marynowicz
Katedra Fizyki Materiałów
Wydział Budownictwa i Architektury
Politechnika Opolska

Załącznik nr 3a

AUTOREFERAT Opis dorobku i osiągnięć naukowych

Autoreferat opracowano zgodnie z art.16. ust.2 ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14. marca 2003r.

1. Imię i nazwisko: **Andrzej Marynowicz**
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania
 - 2005, dr inż., dziedzina: nauki techniczne, dyscyplin naukowa: budownictwo;
Tytuł rozprawy doktorskiej: „*Analiza zawilgocenia materiałów i przegród budowlanych*”
Promotor: dr hab. inż. Jerzy Wyrwał, Prof. Politechniki Opolskiej
Recenzenci: prof. dr hab. inż. Piotr Klemm, Politechnika Łódzka, prof. dr hab. inż. Jan Kubik, Politechnika Opolska
 - 1999, mgr inż. Budownictwa, specjalność: komputerowa analiza konstrukcji; Politechnika Opolska, Wydział budownictwa
 - 1994, Technik budowlany, Zespół Szkół Technicznych w Nysie
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych
 - 1.10.1999–31.05.2005 – asystent, Wydział Budownictwa, Politechnika Opolska
 - 1.06.2005–30.09.2013 – adiunkt, Wydział Budownictwa, Politechnika Opolska
 - 1.10.2013– obecnie: adiunkt, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Opolska
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. Nr 65, poz. 595 ze zm.)
 - a) Osiągnięcie naukowe stanowi dzieło opublikowane w całości – monografia:
Marynowicz A.: Wyznaczanie cieplnych właściwości materiałów budowlanych przy wykorzystaniu techniki termowizyjnej, Studia i Monografie z. 506,

Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2019; ISSN 1429-6063, ISBN 978-83-66033-38-2; 166 s. (załącznik 5).

- b) Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Jednym z najczęściej poruszanych zagadnień w fizyce budowli jest wyznaczanie właściwości cieplnych materiałów budowlanych. Znaczenie tej tematyki wynika przede wszystkim z ważnej roli, jaką odgrywa znajomość tych właściwości, zwłaszcza w kontekście ochrony cieplnej budynków. Większość materiałów budowlanych, będących budulcem przegród, ma złożoną strukturę porowatą, przez to ich właściwości cieplne silnie zależą od warunków, w jakich te materiały są wykorzystywane. Z tego względu, ważnego znaczenia nabiera potrzeba dysponowania techniką pomiarową, pozwalającą na zbadanie podstawowych parametrów cieplnych w sposób szybki i wiarygodny. Nieliczne istniejące metody pomiarowe umożliwiają wprawdzie przeprowadzenie takiego pomiaru, jednak główną ich wadą pozostaje mała uniwersalność, objawiająca się możliwościami pomiaru najczęściej tylko pojedynczego parametru oraz duża wrażliwość wyniku pomiaru na sposób jego przeprowadzenia. Wynika to przede wszystkim z faktu, iż pomiary te są z reguły kontaktowe, przez co powstaje problem przygotowania powierzchni badanego materiału (zapewnienie gładkości), zaś niespełnienie tego warunku skutkuje dużymi rozrzutami rezultatów.

Dlatego też, mając na uwadze powyższe przyczyny, sformułowany został przeze mnie główny cel badań i przedstawiony w monografii, jakim jest *opracowanie, relatywnie prostej w realizacji i weryfikacji, bezkontaktowej metody jednoczesnego pomiaru kluczowych właściwości cieplnych porowatych materiałów budowlanych, takich jak pojemność cieplna i dyfuzyjność cieplna, co w konsekwencji pozwoli określić ich przewodność cieplną.*

Znajomość wymienionych wyżej parametrów materiałowych ma fundamentalne znaczenie praktyczne w zagadnieniach związanych nie tylko z modelowaniem przepływu ciepła, ale również w opisie ilościowym stateczności termicznej przegród, a w konsekwencji całych budynków. Ze względu na to, że proponowana metoda jest bezkontaktowa, stwarza szansę na przeprowadzenie pomiaru na powierzchni nienaruszonej, co może mieć kluczowe znaczenie przy pomiarze materiału z zaburzoną strukturą, np. zawilgoconego lub zasolonego.

Do realizacji tak postawionego problemu badawczego zaproponowałem wykorzystanie źródła laserowego, w postaci łatwo dostępnego modułu półprzewodnikowego, wymagającego jedynie niskoprądowego zasilania zewnętrznego. Natomiast do pomiaru zmian temperatury powierzchni badanego materiału, wywołanych działaniem wiązki laserowej, zaproponowałem wykorzystanie również metody bezkontaktowej, w postaci kamery termowizyjnej. Ze względu na wybór oprzyrządowania badawczego, w monografii przybliżyłem jego podstawy fizyczne oraz zasady

jego funkcjonowania, ze szczególnym naciskiem na możliwość przeprowadzenia za ich pomocą wiarygodnego pomiaru poszukiwanych parametrów materiałowych.

Technika termowizyjna od ponad czterdziestu lat jest coraz powszechniej stosowana w budownictwie, szczególnie w jakościowej diagnostyce cieplnej budynków, ale również w ocenie mikroklimatu wewnątrz czy skuteczności systemów poprawiających jego jakość. Analizując literaturę tematu, można zaobserwować rosnące zainteresowanie wykorzystaniem termowizji do diagnostyki obiektów nie tylko nowych, ale również zabytkowych, także w kontekście detekcji zawilgocenia, lub zmian strukturalnych badanych powierzchni, wywołanych zasoleniem lub przemarzaniem.

W rozdziale drugim monografii przybliżyłem podstawowe techniki pomiarowe wykorzystujące termowizję, zarówno metody termografii pasywnej, jak i zastosowania termografii aktywnej, która jest intensywnie rozwijana przede wszystkim w zastosowaniach przemysłowych, np. do kontroli procesów wytwórczych, jak i częściowo w badaniach materiałowych. W części tej omówiłem podstawowe techniki pomiaru (w tym technikę impulsową, modulacyjną i nagrzewu skokowego oraz wybrane techniki mieszane). Dużo miejsca poświęciłem przybliżeniu podstawowych metod obróbki sygnału termowizyjnego, ze względu na to, iż jest to tematyka intensywnie rozwijana w badaniach światowych.

W rozdziale trzecim omówiłem podstawowe elementy składowe typowej kamery termowizyjnej oraz dwa istotne zagadnienia, związane z prowadzeniem pomiaru termowizyjnego, a mianowicie zjawisko „płynięcia” odczytu promieniowania (a w konsekwencji wartości mierzonej temperatury) wywołane procesem nagrzewania się matrycy detektorów kamery oraz parametr NETD, opisujący rozdzielczość termiczną kamery (a ściślej wartość odczytu temperatury powyżej szumu własnego matrycy i pozostałych elementów kamery), a przez to determinujący jej możliwości pomiarowe.

Rozdział czwarty zawiera kluczowe informacje, pozwalające na głębsze zrozumienie podstaw fizycznych pomiaru termowizyjnego, który z natury rzeczy jest pomiarem pośrednim. Wynika to z faktu, iż detektor (matryca) kamery rejestruje bezpośrednio jedynie sumaryczne promieniowane elektromagnetyczne (w określonym spektrum widma), które zawiera w sobie wiele składowych, związanych bezpośrednio lub pośrednio z badanym obiektem, by później, w kolejnych procesach obróbki sygnału, dokonać przeliczenia tego odczytu na zrozumiałą dla użytkownika mapę temperatury powierzchni. Do detektora dociera nie tylko informacja o intensywności promieniowania badanego ciała, ale również składowe związane ze strumieniem odbitym od powierzchni próbki na skutek promieniowania otoczenia (a w tym m.in. operatora kamery), składowa promieniowania własnego atmosfery (co ma duże znaczenie przy pomiarach odległych obiektów), ale także składowa wynikająca z częściowego odbicia od powierzchni części padającego strumienia energii, np. lasera ogrzewającego powierzchnię próbki. W tej części pracy omówi-

lem również znaczenie kluczowego parametru w badaniach termowizyjnych, jakim jest emisyjność powierzchni, a także przedstawiłem wybrane techniki jej pomiaru. Znaczenie wpływu emisyjności na wyniki prowadzonych badań przedstawiłem w ostatniej części pracy, poświęconej badaniom własnym.

Drugim zasadniczym składnikiem zaproponowanej metody pomiarowej jest moduł laserowy, zbudowany na bazie łatwo dostępnego lasera półprzewodnikowego. Mając na uwadze specyficzny charakter tego urządzenia oraz związane z tym jego cechy użytkowe, wykorzystane w dalszych badaniach, w rozdziale piątym przybliżyłem najważniejsze pojęcia opisujące emisję laserową oraz właściwości samej wiązki. Znajomość tych zagadnień ma kluczowe znaczenie podczas prowadzenia pomiarów z wykorzystaniem laserowego źródła energii. Wynika to przede wszystkim z konieczności właściwego opisu intensywności wiązki, co powala z kolei poprawnie zinterpretować wywołane nią pole temperatury, a prze to w konsekwencji przeprowadzić skuteczną identyfikację poszukiwanych parametrów zadania. W rozdziale tym opisane również zostały najczęściej spotykane opisy rozkładów intensywności wiązki laserowej, co pozwoliło ostatecznie na wybór najodpowiedniejszego z nich do dalszej analizy.

Jak wspomniałem wyżej, jednym z kluczowych kryteriów doboru materiałów budowlanych jest znajomość ich właściwości cieplnych. Stąd też, w rozdziale szóstym skupiłem się na charakterystyce najważniejszych technik pomiarowych właściwości cieplnych materiałów. Ma to związek nie tylko z rosnącym znaczeniem zagadnień dotyczących oszczędności energii cieplnej i dominującą tutaj rolę przewodności cieplnej i ciepła właściwego materiału (a ściślej izobarycznej pojemności cieplnej będącej iloczynem ciepła właściwego i gęstości materiału)), ale również z szeroko rozumianym komfortem cieplnym pomieszczeń. W swoich badaniach poświęciłem uwagę problemowi jednoczesnego wyznaczenia zarówno pojemności cieplnej jak i dyfuzyjności cieplnej, co ostatecznie miało pozwolić na określenie przewodności cieplnej badanych materiałów. Dlatego też, w tej części pracy przybliżyłem najczęściej spotykane metody pomiarów przewodności cieplnej, dyfuzyjności cieplnej oraz pokrótce metodę DSC, służącą wyznaczaniu ciepła właściwego. Ze względu na dużą różnorodność metod, zdecydowałem się na ich podział ze względu na rodzaj kontaktu z badanym materiałem, co miało posłużyć nakreśleniu zalet, wad ale i ograniczeń każdej z omawianych metod. Analiza zasad ich działania zwraca uwagę na fakt, iż zdecydowana większość stosowanych obecnie metod wymaga od użytkownika mniej lub bardziej złożonego przygotowania próbek, co w zasadzie dyskwalifikuje je do zastosowań w badaniach *in-situ*. Z kolei te, które to umożliwiają, jak np. wariant niestacjonarnej metody gorącego drutu, oparty na sondzie jednostronnej, wykazuje duże rozrzuty rezultatów, wynikające przede wszystkim z występowaniem, trudnego w opisie ilościowym, oporu kontaktowego na styku czujnik-badane podłoże. W tym kontekście, zastosowanie bezkontaktowego wymuszenia cieplnego jest uzasadnione, zwłaszcza że jest to temat coraz częściej poruszany w badaniach światowych po-

święconych pomiarom nieniszczącym i bezkontaktowym. Nadmienić w tym miejscu należy, że omówione w rozdziale piątym, mniej lub bardziej dostępne metody pomiarowe cechują się nie tylko relatywnie dużymi nakładami sprzętowymi lub koniecznością wspomnianego przygotowania próbek, ale również nie umożliwiają badania jednocześnie wszystkich poszukiwanych wielkości.

Najważniejsze osiągnięcie naukowe opisane zostało w rozdziale siódmym. Jak zaznaczyłem na początku, pomiar właściwości cieplnych porowatych materiałów budowlanych jest zagadnieniem złożonym, przede wszystkim ze względu na ich niejednorodną strukturę. Stąd też w niniejszej pracy skupiłem się na opracowaniu takiej metody badawczej, która umożliwi przeprowadzenie pomiaru tych właściwości w sposób możliwie prosty, szybki i jednocześnie wystarczająco wiarygodny i dający możliwość rozwoju w kierunku urządzenia przenośnego. Chcąc zrealizować ten cel, opracowałem autorski wariant jednostronnej metody odbiciowej, wykorzystując wspomniane laserowe źródło ciepła i rejestrację za pomocą kamery termowizyjnej wywołanego nim powierzchniowego przepływu ciepła. Badaniom poddałem trzy materiały budowlane, tj. elewacyjną cegłę klinkierową z dodatkiem piasku (tzw. „szwedkę”), oznaczoną w eksperymencie jako CK, normową zaprawę cementową, ZC oraz zyskujący coraz większe znaczenie praktyczne, nowoczesny beton z proszków reaktywnych (ang.: *Reactive Powder Concerte*), RPC. Wybór materiałów podyktowany był, poza cechami użytkowymi, wyraźnymi różnicami w ich strukturze, co służyło wykazaniu przydatności metody do pomiarów materiałów niejednorodnych.

Przed przystąpieniem do badań należało wybrać metodologię opracowania danych pomiarowych oraz zaimplementować jak najlepszy model, opisujący analizowane zjawiska cieplne. Poszukiwane właściwości, należące do grupy współczynników materiałowych, definiują fundamentalne cechy ośrodka, a ich znajomość pozwala na miarodajny opis procesów przepływu w nim ciepła. W dziedzinach nauki i techniki, w których mamy do czynienia z uzyskiwaniem informacji o procesie na podstawie pomiaru wielkości fizycznych, np. temperatury lub przemieszczeń, parametry te uzyskuje się stosując albo metody bezpośrednie, (np. pomiary cieplne opisane w rozdziale pierwszym i piątym), albo te, należące do szerokiej grupy metod odwrotnych. Opierając się na założeniu, że błędy pomiaru w poszczególnych punktach są niezależne, co w przypadku kamery termowizyjnej wynika wprost z budowy matrycy detektorów, do realizacji zadania badawczego wykorzystałem metodę największej wiarygodności, czyli jedną z metod odwrotnych, należących do grupy statystycznych metod estymacji parametrycznej (do grupy tej należy też metoda najmniejszych kwadratów MNK, czy też metoda Monte Carlo).

Pierwszym krokiem było przyjęcie modelu procesu i ośrodka oraz rozwiązanie tzw. zadania prostego. Pomimo iż badane materiały wykazują wyraźne cechy niejednorodności, chociażby z racji związku ich budowy wewnętrznej z porowatością, praktyka wskazuje, że w odpowiednio dużej skali do ich opisu można zastosować aparat analityczny wykorzystywany w przypadku ośrodków jednorodnych. W niniejszej pracy do opisu pola temperatury wywołanego działaniem

wiązki laserowej wykorzystałem, znane z opisów laserowej obróbki materiałów, rozwiązanie zaproponowane przez Ready'ego. Opisuje ono pole temperatury w ośrodku jednorodnym, poddanym działaniu powierzchniowego strumienia energii o rozkładzie Gaussa. Rozwiązanie to jest powszechnie spotykane, np. w zastosowaniach przemysłowych, jednak w przypadku próby opisu odpowiedzi termicznej ośrodka niejednorodnego, poddanego działaniu nieregularnej wiązki o charakterystyce odbiegającej znacznie od rozkładu Gaussa, koniecznym było opracowanie takie podejścia, które ten problem rozwiąże. W związku z tym zaproponowałem rozwiązanie problemu kilkietapowo. W pierwszym etapie zmierzyłem rozkład intensywności wiązki za pomocą profirometru cyfrowego, co posłużyło do uśrednienia go tak, aby uzyskać rozkład osiowosymetryczny, uzupełniony o informację o odchyleniu standardowym każdego z punktów. Tak utworzony rozkład intensywności wiązki aproksymowałem, wykorzystując zasadę superpozycji, sumą trzech funkcji Gaussa. Zabieg ten wykorzystałem ponownie, w drugim kroku, do aproksymacji zmierzzonego, za pomocą kamery termowizyjnej, rozkładu temperatury na powierzchniach badanych próbek. Tym razem aproksymacji i superpozycji dokonałem wykorzystując wspomniane wcześniej rozwiązanie analityczne Ready'ego.

Zmiany temperatur zmierzone zostały na zbudowanym w tym celu stanowisku pomiarowym, wyposażonym w ławę optyczną z laserem, dwu-pryzmatowy układ korygujący kształt wiązki oraz osłonę próbki, pokrytą warstwą napyłonego grafitu. Stanowisko to, w połączeniu z rozmiarami próbki, pozwoliło spełnić wymóg odzwierciedlenia procesu nagrzewu ośrodka półnieskończonego, bez udziału konwekcji, zgodnego z modelem analitycznym. W celu zredukowania wpływu emisyjności własnej każdego z badanych materiałów, próbki poddane były działaniu lasera w dwóch konfiguracjach: raz miały powierzchnię w stanie naturalnym, a raz pokrytą warstwą napyłonego grafitu. Efekt tych działań znalazł odzwierciedlenie w otrzymanych wynikach końcowych, opisanych niżej.

Poszukiwanie optymalnego rozwiązania, w tym przypadku maksimum funkcji wiarygodności, zrealizowano za pomocą algorytmu regularnego przeszukiwania dziedziny parametrów, będącej najprostszą, ale dzięki temu bardzo skuteczną metodą optymalizacyjną, często stosowaną w zadaniach tego typu. Ze względu na charakterystykę pracy kamery, opisaną w rozdziale trzecim oraz chcąc zrealizować omówioną wcześniej procedurę optymalizacyjną, koniecznym byłoby przeszukanie dziedziny ponad stu parametrów. Wynika to z konieczności ustalenia dla każdej klatki zarejestrowanego procesu, tzw. temperatury tła (bazowej), poza poszukiwanymi parametrami materiałowymi. Problem ten rozwiązałem stosując autorskie, pół-analityczne rozwiązanie zadania optymalizacyjnego, dzięki czemu liczba poszukiwanych wielkości spadła do czterech – dwóch otrzymanych w wyniku przeszukiwania dziedziny (dyfuzyjność cieplna i czynnik skalujący moc powierzchniowego źródła ciepła) i dwóch obliczanych dla każdej chwili procesu (czynnik skalujący pojemność cieplną i wspomnianą temperaturę tła). W wyniku tych obliczeń określona

została wiarygodność dopasowania, zgodnie z założeniami zastosowanej metody, dla każdej pary poszukiwanych parametrów procesu. Pozwoliło to również w sposób bezpośredni obliczyć dokładność uzyskanych wyników.

Istotnym wynikiem badań jest wykazanie, że przypadku nieznajomości emisyjności badanego materiału, do poprawnego wyznaczenia pojemności cieplnej konieczne jest pokrycie go warstwą grafitu, podczas gdy dyfuzyjność cieplna zostanie wyznaczona poprawnie dla próbek niepokrytych warstwą grafitu. Efekt ten został zaobserwowany dla próbki betonu RPC i zaprawy cementowej ZC, przy czym wyraźnie zaznaczył się tu wpływ relacji emisyjności warstwy grafitu do emisyjności próbek. Wynik uzyskany dla próbki cegły klinkierowej CK wykazał zbliżone wartości w obydwu przypadkach, co wskazuje na porównywalną wartość emisyjności grafitu i cegły.

Otrzymane za pomocą powyższych działań dwa parametry materiałowe, czyli pojemność cieplna i dyfuzyjność cieplna, pozwoliły ostatecznie obliczyć ostatnią poszukiwaną wielkość, czyli współczynnik przewodnictwa cieplnego. Otrzymane wyniki zostały porównane z wynikami pomiarów referencyjnych, wykazując dobrą zgodność.

Wszystkie opisane wyżej procedury obliczeniowe zrealizowane zostały za pomocą autorskich programów, opracowanych w środowisku obliczeniowym MATLAB.

Reasumując, przeprowadzone przeze mnie badania i analizy pozwoliły na sformułowanie kilku kluczowych wniosków, które można uznać za istotny wkład autora w tematykę nieniszczących badań właściwości cieplnych materiałów budowlanych:

- za pomocą zaproponowanego zestawu pomiarowego, złożonego z lasera półprzewodnikowego i kamery termowizyjnej, możliwe jest wykonanie wiarygodnego pomiaru pojemności cieplnej, dyfuzyjności cieplnej i przewodności cieplnej niejednorodnych materiałów budowlanych, pod warunkiem wykonania pomiaru dwuetapowo, tzn. dla próbki czystej i pokrytej cienką warstwą grafitu.
- Promień wiązki, przyjmowany do tej pory za stały składnik modelu procesu nagrzewu laserowego (w warunkach brzegowych), ma charakter efektywny, zależny od rodzaju badanego materiału, i powinien być określany niezależnie przy każdym pomiarze.
- Zastosowane w pracy zabiegi obliczeniowe i modelowe, polegające m. in. na uśrednianiu rozkładów intensywności wiązki i pola temperatury, a także na superpozycji rozwiązań prostych, okazały się odpowiednie do realizacji zadania badawczego, i mogą stanowić podstawę do dalszego rozwoju metody.
- Na wynik estymacji parametrycznej duży wpływ ma założenie, już na etapie konfiguracji kamery termowizyjnej, wartości emisyjności powierzchni. Z praktycznego punktu widzenia określenie jej indywidualnie dla każdej badanej próbki lub sytuacji pomiarowej jest bardzo pracochłonne i wymagałoby przeprowadzenia dodatkowego pomiaru, dlatego zaproponowane przez autora rozwiązanie w postaci podwójnego pomiaru, tzn. próbki pokry-

tej oraz niepokrytej grafitem, dało na tym etapie rozwoju metody szansę na rozwiązanie problemu określenia emisyjności badanego materiału.

Z analizy otrzymanych wyników wynikają również kierunki dalszego rozwoju opracowanej metody, przede wszystkim pod kątem skanowania powierzchni (pomiar wielopunktowy), uwzględnienia jej chropowatości, czy też badania materiałów o dużej porowatości (np. gazobeton) i ortotropowych, takich jak drewno. Otwartym również pozostaje problem określenia wpływu wilgotności materiału na otrzymane wyniki.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Moja działalność naukowa miała początek już w czasie trwania ostatniego roku studiów na Wydziale Budownictwa Politechniki Opolskiej, pod kierunkiem prof. Jana Kubika, ówczesnego kierownika Katedry Fizyki Materiałów. W wyniku zatrudnienia na stanowisku asystenta w tejże katedrze w październiku 1999 roku oraz jednocześnie rozpoczęcia studium doktoranckiego na Politechnice Krakowskiej, przedmiotem moich zainteresowań naukowych stały się zagadnienia związane z fizyką budowli, a w szczególności problematyka badań eksperymentalnych współczynników dyfuzji wilgoci w porowatych materiałach budowlanych. Znalazło to odzwierciedlenie w pracach opublikowanych przed obroną pracy doktorskiej, wymienionych w punkcie II.A.5 oraz w punktach E.24–E.30 załącznika 4. Efektem dalszej intensywnej działalności naukowo-badawczej była rozprawa doktorska p.t. „Analiza zawilgocenia materiałów i przegród budowlanych”, zrealizowana pod kierunkiem prof. Jerzego Wyrwała, którą obroniłem w lutym 2005 roku. Mój dorobek przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora obejmuje 1 publikację z listy A (poz. II.A.5 zał. 4), 7 publikacji spoza tej listy (poz. E.24–E.30 zał. 4), a także wystąpienia na czterech konferencjach (poz. I.L.20–I.L.24 zał. 4).

Pracę na stanowisku adiunkta rozpocząłem w czerwcu 2005 roku. Poza główną tematyką prowadzonych przeze mnie badań, związanych z transportem masy w budowlanych materiałach kapilarno-porowatych, czego efektem były publikacje (poz. II.A.2–3, II.E.7, II.E.20–21 zał. 4) oraz monografia współautorska wydana przez Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN (poz. II.E.23 zał. 4), moje zainteresowania badawcze zaczęły obejmować termomechanikę i teorię modelowania pól cieplnych, w tym z wykorzystaniem źródeł laserowych. Stało się to możliwe głównie dzięki nawiązaniu ożywionej współpracy z zespołem profesora Oleksandra Hachkevycha (Politechnika Opolska i Instytut Problemów Stosowanych Mechaniki i Matematyki im. Pidstryhacha przy Ukraińskiej Akademii Nauk). W efekcie tej współpracy naukowej brałem udział w badaniach, których rezultatem są publikacje II.E.3, II.E.5, II.E.8, II.E.11–13, II.E.19 wg załącznika 4, oraz udział w seminariach i konferencjach (poz. II.L zał. 4). Od roku 2007 moje zainteresowania

naukowe zaczęły również obejmować tematykę modelowania efektywnej przewodności cieplnej materiałów (poz. II.A.4, II.E.17–18, II.E.22 zał. 4), a przede wszystkim, od roku 2013, badałem zagadnienia interakcji promieniowania laserowego z materiałami porowatymi, czego efektem były publikacje II.E.5, II.E.10, II.E.13 z załącznika 4. Efektem prowadzonych badań w tym kierunku było wygłoszenie referatu na międzynarodowej konferencji QIRT w Gdańsku w roku 2016 (poz. II.L.1), opublikowanie artykułu II.A.1 oraz przede wszystkim opracowanie i opublikowanie monografii, opisanej w punkcie 4b niniejszego autoreferatu (poz. I.A. zał. 4).

Poza wymienionymi wyżej osiągnięciami na polu fizyki budowli i termomechaniki, brałem udział w programach międzynarodowych w ramach współpracy transgranicznej z Republiką Czeską (poz. III.A załącznika 3). Efektem tej współpracy były przede wszystkim wyjazdy studyjne, seminaria i konferencje poświęcone problemom naukowo-technicznym towarzyszącym pracom renowacyjnym na obiektach zabytkowych (poz. II.L.11–13 zał. 4). Moje zainteresowania problemami technicznymi związanymi z obiektami zabytkowymi znalazły również odzwierciedlenie w publikacjach, powstałych jako wynik ekspertyz i opinii technicznych (poz. II.L.10, II.L.16–17 zał. 4). Efektem tej działalności było również promotorstwo trzech prac magisterskich, nagrodzonych w konkursach Głównego Konserwatora RP i Ministra Infrastruktury (poz. II.J zał. 4).

Moje zainteresowanie problematyką zabytkowych konstrukcji drewnianych rozszerzyłem na badania konstrukcji współczesnych, dzięki udziałowi w programie badawczym w ramach 7. Programu Ramowego UE. W ramach tej działalności odbyłem dwukrotnie staż badawczy w laboratorium sejsmicznym na Uniwersytecie w Bristolu (w latach 2011 i 2012, poz. III.L.1 zał. 4), poprzedzonym odbyciem kursu przygotowawczego w zakresie teorii i praktyki eksperymentalnej w Europejskim Centrum Badawczo-Szkoleniowym Inżynierii Sejsmicznej EUCENTRE w Pawii (Włochy) w roku 2010 (poz. III.L.2 zał. 4). Wyniki prowadzonych badań zostały opublikowane w postaci artykułów (poz. II.E.9, II.E.15) oraz wygłoszone na konferencji tematycznej (poz. II.L.4 zał. 4).

Jako aktywny inżynier budownictwa jestem członkiem Opolskiej Izby Inżynierów Budownictwa (od roku 2007) oraz opolskiego oddziału PZiTb (od roku 1999). Stąd też, osobną grupę prac i aktywności zawodowych stanowią te, związane z prowadzoną przeze mnie praktyką projektową w zakresie konstrukcji budowlanych. Publikacje z tego zakresu zestawilem w załączniku 3 (p. II.E.1–2, II.E.4, II.E.6). Efektem wieloletniej praktyki inżynierskiej są również realizacje, wykazane w p. II.B zał. 4, a także ekspertyzy i opinie techniczne, zestawione w p. III.M. Pod moim kierunkiem powstała również praca magisterska, nagrodzona w roku 2018 przez Ministra Inwestycji i Rozwoju (poz. III.J.2 zał. 4). Od roku 2012 pełnię funkcję biegłego sądowego z zakresu konstrukcji budowlanych przy Sądzie Okręgowym w Opolu.

Po obronie rozprawy doktorskiej 9. lutego 2005 roku opublikowałem jako autor lub współautor 27 prac naukowych, w tym 4 w czasopiśmie indeksowanych w bazie JCR (poz.

II.A.1–4 zał. 4), jedną monografię (poz. II.A.23), 8 rozdziałów monografii (poz. II.E.3, II.E.5, II.E.8, II.E.11–13, II.E.16. II.E.19) oraz 19 referatów na konferencjach krajowych (3) i międzynarodowych (16), poz. II.L. zał. 4.

Podsumowanie dorobku publikacyjnego wraz z liczbą cytowań i wskaźnikami dokonań naukowych przedstawiłem w tabeli 1. Szczegółowy wykaz publikacji zawarty został w załączniku 3.

Tabela 1. Podsumowanie dorobku publikacyjnego

Rodzaj publikacji	Przed doktoratem	Po doktoracie
Monografie	-	2
Rozdziały w monografii	-	8
Artykuły w czasopismach o zasięgu międzynarodowym (w tym w bazie JCR wg ISI Web of Science)	2 (1)	10 (4)
Artykuły w czasopismach o zasięgu krajowym	6	7
Referaty na konferencjach o zasięgu międzynarodowym (w tym indeksowana na Web of Science)	2	16 (1)
Referaty na konferencjach o zasięgu krajowym	3	3
Łącznie	13	46
Cytowania publikacji		
WoS	3	27
Scopus	3	24
Google Scholar	4	59
Łączny IF: 6,243 w tym:	1,192	5,051
Indeks Hirscha		
WoS	1	3
Scopus	1	2
Google Scholar	1	4

Oprócz działalności naukowej, z pracą na Politechnice Opolskiej związana jest również moja aktywność w zakresie dydaktyki. W ramach prowadzonych zajęć opracowałem plany ramowe i szczegółowe sześciu przedmiotów, z czego pięć obejmowało wykłady (poz. III.I.1 zał. 4). Zajęcia prowadziłem na studiach I i II stopnia, zarówno w trybie dziennym, jak i zaocznym.

Opracowałem program i harmonogram studium podyplomowego pod nazwą „Budownictwo Energooszczędne z Charakterystyką Energetyczną i Audytem Budynków”. Prowadziłem również zajęcia w ramach programu Erasmus w języku angielskim (poz. III.I.1 zał. 4) oraz dwukrotnie przebywałem w ramach programu Sokrates-Erasmus na Uniwersytecie w Gaziantep (Turcja), w latach 2007 i 2008 (poz. III.A.4 zał. 4).

W latach 2006–2008 koordynowałem, z ramienia Politechniki Opolskiej, europejski projekt edukacyjny Leonardo TEMTIS (Educational Materials for Designing and Testing of Timber Structures, Project number: CZ/06/B/F/PP-168007), poz. III.A.2 zał. 4. W projekcie tym, którego głównym koordynatorem była Politechnika w Ostrawie, brało udział 11 partnerów z siedmiu krajów. W efekcie powstały publicznie dostępne materiały dydaktyczne, w tym dwa współautorskie podręczniki do projektowania konstrukcji drewnianych wg eurokodu 5 (poz. III.Q.6 zał. 4).

W okresie od 1.10.2008 do 30.09.2008 pełniłem obowiązki kierownika Katedry Fizyki Materiałów na Wydziale Budownictwa PO.

Od roku 2005 reprezentuję Politechnikę Opolską w Komitecie Głównym Olimpiady Wiedzy i Umiejętności Budowlanych, w której co roku bierze udział kilkuset uczniów budowlanych szkół średnich z całego kraju (corocznie ponad 700 uczestników w etapie okręgowym i ok. 80 w etapie centralnym). Organizatorem i koordynatorem OWiUB jest Politechnika Warszawska. Od roku 2016 pełnię funkcję Wiceprzewodniczącego Komitetu Głównego oraz Przewodniczącego Centralnego Jury Zawodów.

Za działalność naukową zostałem nagrodzony nagrodą II stopnia przez Rektora Politechniki Opolskiej w roku 2006 (p. III.D.5 zał. 4), zaś w roku 2012 za działalność dydaktyczną nagrodą zespołową II stopnia, również przez Rektora Politechniki Opolskiej (p. III.D.2 zał. 4). W roku 2016 otrzymałem medal Komisji Edukacji Narodowej (p. III.D.1 zał. 4). Za aktywną działalność na rzecz PZiTb otrzymałem srebrną odznakę honorową (p. III.D.3 zał. 4).

