

Załącznik 4

DR INŻ. JERZY KOROL

AUTOREFERAT

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko: Jerzy Korol

2. Posiadane dyplomy

2009 – doktor nauk technicznych, inżynieria materiałowa

Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Politechnika Śląska

Temat pracy: „Kształtowanie mikrostruktury ogniotrwałego tworzywa z gruboziarnistego proszku ZrO₂”

Promotor: prof. dr hab. Stanisław Serkowski, Politechnika Śląska

Recenzent wewnętrzny: prof. dr hab. inż. Małgorzata Sopicka-Lizer, Politechnika Śląska

Recenzent zewnętrzny: prof. dr hab. inż. Dionizy Czekaj, Uniwersytet Śląski

2006 – dyplom ukończenia studiów podyplomowych: „Chemia analityczne w przemyśle i ochronie środowiska”

Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademia Górniczo-Hutnicza

2004 – magister inżynier, specjalność: Technologie utylizacji i recyklingu

Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Politechnika Śląska

Temat pracy: „Koncepcja recyklingu mułków zgorzelinowych w warunkach ISPAT Polska Stal S.A. oddział w Dąbrowie Górniczej”

Promotor: prof. dr hab. inż. Stanisław Serkowski, Politechnika Śląska

Recenzent: prof. dr hab. inż. Małgorzata Sopicka-Lizer, Politechnika Śląska

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

2009-obecnie; Adiunkt, Zakład Inżynierii Materiałowej, Główny Instytut Górnictwa

2004-2009; Doktorant, Katedra Nauki o Materiałach, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Politechnika Śląska

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego, uzyskanego po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska zgodnie 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

Tytuł osiągnięcia naukowego:

„Ocena śladów środowiskowych na przykładzie biokompozytów i tworzyw polimerowych”

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

Przedstawiona przeze mnie jako osiągnięcie naukowe monografia dotyczy zagadnienia ocen wpływu na środowisko biokompozytów i tworzyw polimerowych. Główny problem badawczy dotyczył badania wpływu na środowisko analizowanych materiałów z wykorzystaniem ocen śladów środowiskowych: oceny śladu węglowego, oceny śladu ekologicznego i oceny śladu wodnego. Celem badań przedstawionych w monografii była analiza i ocena śladów środowiskowych tworzyw polimerowych, włókien szklanych i naturalnych, kompozytów i biokompozytów oraz różnych wariantów materiałowych zapewniających uzyskanie produktu o założonych parametrach użytkowych i określonych właściwościach. Ocenie wpływu na środowisko poddałem materiały, które podzieliłem na trzy grupy. Pierwsza grupa to materiały wytworzone z surowców odnawialnych: polilaktyd, skrobia termoplastyczna, włókna bawełny, włókna juty i włókna kenafu. Druga grupa to materiały wytworzone z surowców nieodnawialnych: polipropylen i włókna szklane. Trzecia badana grupa to materiały wytworzone z komponentów grupy pierwszej i drugiej: biokompozyty i kompozyty polimerowe o założonych właściwościach fizykochemicznych. Wyniki analiz wpływu na środowisko tak specyficznych materiałów jakimi są biokompozyty i kompozyty polimerowe z zastosowaniem ocen śladów środowiskowych, w tym śladu węglowego, śladu ekologicznego oraz śladu wodnego w literaturze zaprezentowano po raz pierwszy.

Obszerne badania literatury, oparte o 178 aktualnych źródeł literaturowych, głównie zagranicznych (w tym publikacji naukowych, norm, aktów prawnych, międzynarodowych wytycznych i specjalistycznych portali branżowych) pozwoliły mi na zidentyfikowanie luk w aspekcie teoretycznym, jak i metodologicznym, dotyczących przedstawionego w monografii zagadnienia badawczego:

- w literaturze dotychczas nie przedstawiono wyników analiz śladów środowiskowych biokompozytów, kompozytów i tworzyw polimerowych,
- w badaniach pomijana jest kwestia właściwości analizowanych materiałów, w tym użytkowych i przetwórczych oraz nie jest uwzględniona funkcja danego materiału,

- prezentowane w literaturze wyniki badań wpływu na środowisko biokompozytów i tworzyw polimerowych mają charakter fragmentaryczny, badane są głównie emisje ditlenku węgla,
- brak jest wytycznych do przeprowadzenia ocen śladów środowiskowych biokompozytów.

Identyfikacja przedstawionych luk badawczych była pierwszym krokiem do uzupełnienia wiedzy z zakresu oceny aspektów środowiskowych analizowanych materiałów. Podjęcie tak wielopłaszczyznowej i złożonej problematyki, wymagało interdyscyplinarnego podejścia do analizowanego zagadnienia badawczego.

Pomimo wielu teoretycznych, jak i empirycznych prac, zagadnienia związane z aspektami środowiskowymi tworzyw polimerowych, a w szczególności biokompozytów należą niewątpliwie do złożonych i dotychczas niewystarczająco zbadanych, co stało się główną przesłanką do podjęcia rozważań w mojej pracy. Kolejne argumenty przemawiające za realizacją tego ważnego tematu badawczego i podjęcie badań w tym obszarze były następujące:

- Ocena wpływu na środowisko biokompozytów i tworzyw polimerowych jest tematem aktualnym, ze względu na wzrastające wykorzystanie tych materiałów w wielu branżach.
- Na podstawie obszernego przeglądu literatury z zakresu związanego z podjętym tematem badawczym, dotyczącym ocen wpływu na środowisko biokompozytów stwierdzono, że w literaturze światowej tematyce tej poświęcono niewiele uwagi, natomiast w Polsce jest ona zupełnie pominięta.
- Zalecenia Komisji Europejskiej, jak i wytyczne gospodarki o obiegu zamkniętym wpływają na zaostrzenie wymagań dotyczących ochrony środowiska i zwiększenie wykorzystania zasobów odnawialnych w gospodarce.
- Ocena śladów środowiskowych biokompozytów i tworzyw polimerowych jest złożonym zagadnieniem, ze względu na ich specyficzne właściwości fizykochemiczne.
- Stwierdzono brak szczegółowych wytycznych do przeprowadzenia ocen śladów środowiskowych biokompozytów i tworzyw polimerowych.

W związku z powyższym zidentyfikowano potrzebę opracowania nowego podejścia do oceny wpływu na środowisko biokompozytów i tworzyw polimerowych, pozwalającego na wykonanie kompleksowej oceny środowiskowej tych materiałów oraz stwierdzono konieczność opracowania metody oceny wpływu na środowisko biokompozytów i tworzyw polimerowych z uwzględnieniem ich właściwości.

W ostatnich latach wykorzystanie tworzyw polimerowych stale wzrasta. Tworzywa te ze względu na swoje właściwości (mała gęstość, odporność na korozję oraz łatwość przetwórstwa, charakteryzująca się niskim nakładem energetycznym w porównaniu z metalami, czy materiałami ceramicznymi) zastępują z powodzeniem takie materiały jak metale i ich stopy, drewno, papier,

ceramika i szkło. Wiele gałęzi przemysłu, szczególnie tych, które wykorzystują zaawansowane technologie, jak kosmonautyka, medycyna, czy technologie informacyjne, szybko rozwijają się dzięki nowym materiałom polimerowym. Tworzywa polimerowe znajdują zastosowanie w innowacyjnych rozwiązaniach technologicznych i nowoczesnym wzornictwie. Stały się one integralną częścią otaczającej nas rzeczywistości. Jednak wraz ze wzrostem produkcji i powszechnego stosowania tworzyw polimerowych zwiększa się zużycie surowców nieodnawialnych do ich produkcji, jak również ilość odpadów, które ze względu na swoje właściwości w znaczący sposób obciążają środowisko stanowiąc już bardzo duży problem zarówno w Polsce, jak i na świecie. Dlatego też, w ostatnich latach wzrosło zainteresowanie materiałami biodegradowalnymi, wytwarzanymi w głównej mierze z surowców odnawialnych. Materiały biodegradowalne w odróżnieniu od większości tradycyjnych polimerów syntetycznych produkowanych z surowców ropopochodnych, w stosunkowo krótkim czasie rozkładają się w środowisku naturalnym. Są to przede wszystkim biopolimery, skrobia i ich pochodne oraz biopoliestry uzyskiwane w wyniku polimeryzacji fermentacyjnej polisacharydów np. poli(kwas hydroksymasłowy) – PHB lub poli(kwas mlekowy) – PLA. Oprócz polimerów otrzymywanych ze źródeł odnawialnych (głównie roślinnych), znane są obecnie syntetyczne polimery biodegradowalne, wytwarzane z ropy naftowej, takie jak niektóre poliestry np. polikaprolakton – PCL, poli(alkohol winylowy) – PVA lub poli(tlenek etylenu) – PEG, jednak koszty ich wytwarzania nadal są jeszcze dużo większe w porównaniu z polimerami syntetycznymi, aby były powszechnie wykorzystywane na masową skalę.

Innym, interesującym z punktu widzenia utylizacji odpadów rodzajem tworzyw polimerowych są kompozyty polimerów syntetycznych z polimerami biodegradowalnymi, np. mieszaniny polimerowe skrobi z poliolefinami lub z polikaprolaktonem, a także biokompozyty z włóknami naturalnymi lub innymi napełniaczami pochodzenia roślinnego, np. biokompozyty napełniane mączką drzewną. Rozkład biodegradowalnego składnika takiego biokompozytu powoduje, że cały materiał traci swoją spójność, co w rezultacie prowadzi do jego rozdrobnienia i rozproszenia w środowisku, w którym proces ten następuje (kompostownia, składowisko odpadów). Biopolimery i biokompozyty są ogólnie uznawane za przyjazne dla środowiska materiały, alternatywne dla polimerów petrochemicznych. Materiały te po zakończonej fazie użytkowania ulegają biodegradacji lub biorozproszeniu w zależności od udziału fazy biodegradowalnej. Biopolimery i biokompozyty mogą również zostać poddane recyklingowi, a do ich produkcji wykorzystywane są surowce pochodzące ze źródeł odnawialnych, jakimi są rośliny zielone, zużywające ditlenek węgla podczas okresu wegetacji. W praktyce stosowane są również biokompozyty nie biodegradowalne, w których biokomponent pełni rolę wzmocnienia lub wypełniacza, jest on otoczony polimerem nie biodegradowalnym, przykładem takiego produktu mogą być biokompozytowe deski tarasowe. Materiały te pomimo wielu zalet, również wywierają negatywny wpływ na środowisko. Intensywne „praktyki” rolnicze uprawy

roślin na masową skalę w dużych gospodarstwach rolnych, wiążą się ze znacznym obciążeniem dla środowiska, wyczerpywaniem zasobów i zmianami klimatycznymi. Wynika to między innymi z zagospodarowania terenów pod uprawy, stosowaniem nawozów sztucznych i chemicznych środków ochrony roślin oraz nawadniania upraw, co w całym cyklu życia biotworzyw determinuje ich wpływ na środowisko. Niejednokrotnie wpływ na środowisko tworzyw biopochodnych może być większy niż polimerów petrochemicznych. Dlatego bardzo ważne jest, aby w przypadku tego typu materiałów, ocena wpływu na środowisko nie ograniczała się do emisji gazów cieplarnianych, jak dotychczas ma to miejsce.

Działalność organizacji ekologicznych, większa świadomość społeczna, wzrastające wymagania prawne, a przede wszystkim rozwój wiedzy o wpływie produkcji i użytkowania produktów na stan środowiska doprowadziły do opracowania różnych metod ich oceny. Jedną z metod mającą na celu zewidencjonowanie obciążeń środowiskowych produktów, technologii czy przedsiębiorstwa na środowisko w cyklu życia, jest ocena śladów środowiskowych. Metoda ta jest jednym z najnowszych sposobów oceny wpływu na środowisko rekomendowanym przez Komisję Europejską w Zaleceniach Komisji Europejskiej z dnia 9 kwietnia 2013 r. w sprawie stosowania wspólnych metod pomiaru efektywności środowiskowej w cyklu życia produktów i organizacji oraz informowania o niej (2013/179/UE). Jeśli w proponowanej przez Komisję Europejską metodologii jako kryterium oceny będzie uwzględniony tylko ślad węglowy, czyli emisja gazów cieplarnianych, która obecnie jest priorytetową miarą wpływu na środowisko, to najniższą wartość, czyli wynik najbardziej korzystny uzyskają produkty w składzie których jest najwięcej komponentów pochodzenia roślinnego lub wytworzonych z surowców biopochodnych. Jednak przy ocenie wpływu na środowisko, tak złożonych materiałów jakimi są biopolimery i biokompozyty nie należy kierować się tylko śladem węglowym, lecz powinno się wziąć pod uwagę wpływ na inne aspekty środowiskowe, jak np. zagospodarowanie terenów biologicznie produktywnych czy zużycie wody.

W moich badaniach, przeprowadziłem ocenę śladów środowiskowych (ang. environmental footprint – EF), w tym ocenę śladu węglowego, śladu ekologicznego oraz śladu wodnego wybranych do analiz materiałów oraz różnych wariantów biokompozytów i kompozytów polimerowych zapewniających uzyskanie produktu o założonych parametrach użytkowych i określonych właściwościach. Ślady środowiskowe mogą obrazować skutki środowiskowe działań człowieka i są komplementarne w ocenie tej działalności. Są one oparte na różnych zagadnieniach badawczych i dostarczają różnych informacji. Celem oceny śladów środowiskowych jest pomoc decydentom, naukowcom, jak również innym zainteresowanym, w zrozumieniu wpływu działalności człowieka na środowisko. Ocena śladów środowiskowych „odciskanych” przez różne produkty, technologie czy inną działalność człowieka, może być pomocna w zrównoważonym wykorzystywaniu zasobów naturalnych na świecie. Konieczność stosowania śladów środowiskowych jest także uzasadniona tym,

że każda z metod oceny śladów, przedstawiona w mojej monografii, obrazuje określony zakres złożoności problemu zrównoważonego rozwoju, szczególnie w kontekście takich materiałów, jak biotworzywa. Wykorzystane w moich badaniach trzy ślady środowiskowe posiadają odpowiedni potencjał do oceny wpływu działań człowieka na środowisko, chociaż są one oparte na różnych zagadnieniach badawczych. Ślad węglowy (carbon footprint – CF) definiowany jest jako ilość emisji równoważnika ditlenku węgla, wywołanej pośrednią i bezpośrednią emisją gazów cieplarnianych lub jako całkowita ilość emisji gazów cieplarnianych (ang. greenhouse gases – GHG) podczas całego cyklu życia danego procesu lub produktu. Ślad ekologiczny (ecological footprint – EF) obrazuje wielkość bioproduktywnego obszaru (łądów, mórz i oceanów) niezbędnego do pozyskania zasobów i wytworzenia dóbr. Ślad ekologiczny szacuje ilość bioproduktywnej powierzchni łąd i/lub powierzchni mórz i oceanów wymaganej do rekompensaty zasobów zużytych na konsumpcję, absorpcję emisji i składowanie odpadów. Ślad wodny (water footprint – WF) mierzy ilość wody wykorzystywanej przez człowieka. Ślad wodny produktu to objętość wody zdanej do spożycia wykorzystywanej do wytworzenia produktu.

Zakres badań własnych przedstawionych w monografii, umożliwiających realizację celu pracy obejmował:

- wykonanie analizy i oceny śladu węglowego, ekologicznego i wodnego poszczególnych materiałów (wybranych tworzyw polimerowych, włókien szklanych i naturalnych, kompozytów i biokompozytów),
- wykonanie dla każdego z analizowanych materiałów analiz elementów systemów produkcyjnych, wpływających na wartości śladów środowiskowych,
- ocenę emisji poszczególnych gazów cieplarnianych, wpływających na ślad węglowy analizowanych materiałów i produktów,
- ocenę wpływu poszczególnych elementów śladu ekologicznego oraz śladu wodnego,
- opracowanie różnych wariantów materiałowych dla analizowanych produktów w oparciu o właściwości fizykochemiczne materiałów wytypowanych do analiz, w tym charakterystykę właściwości materiałów wytypowanych do badań,
- wykonanie analizy i oceny poszczególnych śladów środowiskowych różnych wariantów materiałowych w celu uzyskania produktu o założonych parametrach użytkowych i określonych właściwościach,
- określenie determinantów oceny śladów środowiskowych biokompozytów i tworzyw polimerowych,
- opracowanie diagramu rekomendowanych biokompozytów i tworzyw polimerowych w odniesieniu do poszczególnych śladów środowiskowych.

Tak obszerny zakres prac był niezbędny, aby opracować wytyczne do wykonania ocen śladów środowiskowych biokompozytów i tworzyw polimerowych z zastosowaniem śladów środowiskowych.

Istotnym elementem mojego osiągnięcia naukowego w zakresie teoretycznym jest zidentyfikowanie i usystematyzowanie zagadnień związanych z oceną wpływu na środowisko tworzyw i kompozytów polimerowych, a szczególnie tak złożonych materiałów jakimi są biokompozyty.

W pracy przedstawiłem istotę i genezę śladów środowiskowych oraz scharakteryzowałem ślad węglowy, wodny oraz ekologiczny, uwzględniając ich główne cele, metodykę, zastosowania oraz rolę w zarządzaniu środowiskowym. Przedstawiłem również korzyści płynące z obliczania śladów oraz przedstawiłem analizę porównawczą badanych śladów. W pracy zidentyfikowałem również mocne i słabe strony poszczególnych śladów środowiskowych. W pracy scharakteryzowałem pojęcia związane z analizowanymi materiałami, między innymi: polimery biodegradowalne, surowce biopochodne, biopolimery, biokompozyty, biodegradacja i inne. Przedstawiłem również właściwości różnych rodzajów włókien naturalnych i szklanych wprowadzanych do polimerów i biopolimerów, w efekcie czego otrzymuje się kompozyty i biokompozyty. W zakresie teoretycznym wykonałem również obszerny przegląd literatury naukowej dotyczącej ocen wpływu na środowisko tworzyw polimerowych oraz biokompozytów. Na podstawie analizy literatury dotyczącej oceny wpływu na środowisko tworzyw polimerowych, biopochodnych tworzyw i kompozytów stwierdzono, że w większości publikacji ograniczono się głównie do oceny emisji ditlenku węgla. Stwierdzono również, że biopolimery i biokompozyty stanowią alternatywę dla tradycyjnych tworzyw polimerowych pochodzenia petrochemicznego i wpisują się w najnowszy trend światowej gospodarki – gospodarki o obiegu zamkniętym, jednak nie jest możliwe jednoznaczne wskazanie, który materiał jest najbardziej przyjazny dla środowiska czy w pełni spełnia założenia zrównoważonego rozwoju.

Przedstawione w monografii analizy pozwoliły na obliczenie i określenie wartości śladów środowiskowych: węglowego, ekologicznego i wodnego dla następujących materiałów: polipropylenu, polilaktydu, skrobi termoplastycznej, włókien szklanych, włókien bawełny, włókien juty i włókien kenafu oraz w celach porównawczych wykonałem badania wpływu na środowisko tych materiałów z uwzględnieniem funkcji użytkowej, jaką te materiały mogą spełniać. Na podstawie właściwości fizykochemicznych poszczególnych materiałów wykorzystanych w badaniach opracowałem siedem wariantów materiałowych (biokompozytów i kompozytów), które mogą być wykorzystane do wytworzenia gotowych produktów do zastosowań technicznych.

Istotnym elementem, mojego osiągnięcia naukowego jest również określenie determinantów wpływu na poszczególne ślady środowiskowe dla biokompozytów i tworzyw polimerowych. Zestawienie uzyskanych wyników ocen śladów środowiskowych oraz szczegółowa analiza składowych

poszczególnych systemów produkcyjnych analizowanych materiałów pozwoliła mi na wyciągnięcie interesujących wniosków. Stwierdziłem, że w przypadku polipropylenu, polilaktydu i skrobi termoplastycznej, wielkość śladu węglowego determinowana jest głównie emisją ditlenku węgla. Taka sama zależność występuje też w przypadku włókien szklanych. Wykazałem, że jest to spowodowane energochłonnymi procesami przetwórstwa tych materiałów, co wykazały przeprowadzone analizy poszczególnych składowych procesów produkcyjnych. Natomiast w przypadku włókien naturalnych, głównie juty i kenafu, występuje zupełnie inna zależność. Na wartość śladu węglowego tych materiałów wpływa przede wszystkim emisja tlenu diazotu i metanu. Stwierdzono, że jest to spowodowane stosowaniem środków ochrony roślin i nawozów podczas produkcji (okres wegetacji roślin), a także procesami ekstrakcji i pozyskiwania włókien z biomasy. Tlenek diazotu i metan to gazy cieplarniane, które charakteryzują się znacznie wyższym potencjałem cieplarnianym niż ditlenek węgla i dlatego już nieznaczna ich emisja przyczynia się do znacznego wzrostu wielkości śladu węglowego systemu produkcyjnego, w którym emisja ta występuje. Spośród analizowanych materiałów największą wartością śladu węglowego charakteryzowały się: polipropylen, wytwarzany z surowców kopalnych (ropa, gaz ziemny), polilaktyd, wytwarzany głównie z surowców odnawialnych oraz włókna bawełny, które pomimo tego, że są pozyskiwane z surowców odnawialnych, generują jeden z największych śladów węglowych wśród analizowanych materiałów. W przypadku śladu ekologicznego system produkcyjny włókien szklanych charakteryzuje się najniższą sumaryczną wartością śladu ekologicznego, pomimo tego, że procesy przetwórstwa szkła należą do wysoko energochłonnych, natomiast największy sumaryczny ślad ekologiczny określono dla włókien bawełny, którą uprawia się na dużą skalę, wykorzystując pod jej uprawę duże obszary pól. Stwierdzono, że w przypadku włókien naturalnych (bawełny, juty i kenafu) wielkość śladu ekologicznego determinowana jest bezpośrednim zagospodarowaniem terenów biologicznie produktywnych wykorzystywanych pod uprawę roślin, z których pozyskiwane są włókna naturalne. Przy czym w przypadku włókien bawełny oprócz bezpośredniego wykorzystania terenów biologicznie produktywnych na wielkość śladu ekologicznego wpływa również pośrednie zagospodarowanie terenów (zielonych) niezbędnych do absorpcji emisji ditlenku węgla powstałej na skutek użytkowania energii z paliw kopalnych. Na ślad ekologiczny włókien szklanych wpływa głównie pośrednie wykorzystanie biologicznie produktywnych terenów (tereny zielone) do absorpcji ditlenku węgla powstałego na skutek energetycznego wykorzystywania paliw kopalnych i do absorpcji emisji ditlenku węgla powstałej na skutek użytkowania energii jądrowej. Wynika to głównie z charakteru procesów związanych z pozyskiwaniem i przygotowywaniem surowców (głównie mineralnych) do produkcji szkła oraz wysoko energochłonnych procesów ich przetwórstwa, mających na celu otrzymanie włókien szklanych. W przypadku biopolimerów, polilaktydu i skrobi termoplastycznej wielkość śladu ekologicznego generowana jest głównie pośrednim wykorzystaniem terenu w czasie,

wymaganym do absorpcji emisji ditlenku węgla powstałej na skutek energetycznego wykorzystywania energii z paliw kopalnych. Stwierdzono, że udział poszczególnych czynników śladu ekologicznego dla skrobi termoplastycznej i polilaktydu wiąże się z zastosowaniem szeregu dodatków i modyfikatorów koniecznych do uzyskania właściwości typowych dla tworzyw termoplastycznych, umożliwiającą przetwórstwo tych materiałów, z zastosowaniem typowych dla tworzyw termoplastycznych procesów technologicznych. Stwierdzono, że dla materiałów pochodzenia roślinnego, do produkcji których wykorzystywane są surowce roślinne, czynnikiem determinującym ślad ekologiczny jest bezpośrednie wykorzystanie w czasie biologiczne produktywnego terenu pod uprawy roślin, z których pozyskiwane są surowce do produkcji analizowanych materiałów. Najsilniej tendencja ta rysowała się w przypadku systemów produkcyjnych włókien naturalnych (bawełny, juty, kenafu), w mniejszym stopniu występowała w przypadku biopochodnych tworzyw polimerowych wytwarzanych z kukurydzy (polilaktyd, skrobia termoplastyczna). W przypadku oceny śladu wodnego, przeprowadzone analizy pozwoliły na określenie wartości śladu wodnego rozpatrywanych biopochodnych i tradycyjnych tworzyw i włókien, wykorzystywanych do produkcji kompozytów i biokompozytów. Najwyższy ślad wodny spośród wszystkich analizowanych materiałów wykazano dla włókien bawełny, natomiast najniższy ślad wodny dla skrobi termoplastycznej. W grupie tworzyw termoplastycznych polilaktyd charakteryzuje się najwyższym śladem wodnym, natomiast najniższy ślad wodny wykazano dla skrobi termoplastycznej. Na podstawie analizy uzyskanych wyników oceny śladu wodnego włókien stwierdziłem, że najwyższa jego wartość występuje w przypadku włókien bawełny; jest ona ponad pięćdziesiąt razy większa niż dla włókien szklanych. Najniższy ślad wodny wśród analizowanych włókien pochodzenia roślinnego stwierdzono dla włókien kenafu i juty. We wszystkich analizowanych przypadkach z wyjątkiem skrobi termoplastycznej, materiały, do produkcji których wykorzystywane są surowce roślinne, charakteryzują się wielokrotnie większą wartością śladu wodnego niż pozostałe analizowane materiały.

Wyniki analiz dla poszczególnych materiałów pozwoliły mi na określenie ich wpływu na środowisko z uwzględnieniem śladów środowiskowych oraz wykazaniem elementów składowych systemów produkcyjnych determinujących wielkość ich śladów środowiskowych. Jednak takie analizy nie wykazują, które materiały mają najniższy ślad środowiskowy z uwzględnieniem ich właściwości i celów aplikacyjnych. W przypadku praktycznych zastosowań analizowanych materiałów należy uwzględnić ich właściwości fizykochemiczne w celu wytworzenia produktu o wymaganych właściwościach przetwórczych i użytkowych. Dlatego w niniejszej monografii wykonałem również analizy i oceny poszczególnych śladów środowiskowych różnych wariantów materiałowych w celu uzyskania produktu o założonych parametrach użytkowych i określonych właściwościach.

Uwzględniając właściwości materiałów, które ze względu na swoje parametry (fizykochemiczne, przetwórcze i użytkowe) mogą zostać wykorzystane do wytworzenia produktu o

założonych parametrach użytkowych i określonych właściwościach, zaproponowałem siedem wariantów materiałowych (polipropylen, mieszanina polimerowa polipropylenu i polilaktydu, mieszanina polimerowa polipropylenu i skrobi termoplastycznej, polipropylen wzmocniony włóknami bawełny, polipropylen wzmocniony włóknami szklanymi, polipropylen wzmocniony włóknami juty i polipropylen wzmocniony włóknami kenafu). Na podstawie analiz wyników śladów środowiskowych poszczególnych wariantów materiałowych stwierdzono, że najmniejszy wpływ na środowisko ma produkt wytworzony z mieszaniny polimerowej polipropylenu i skrobi termoplastycznej. Zastosowanie włókien naturalnych do wytwarzania kompozytów nie czyni z nich materiałów w pełni „zrównoważonych”. Surowiec czy półprodukt pochodzenia naturalnego nie zawsze jest materiałem „przyjaznym dla środowiska”, o czym świadczą wysokie wartości ich śladu ekologicznego czy wodnego.

Biokompozyty z włóknami naturalnymi poddane analizie (juta, kenaf) w porównaniu z kompozytami z włóknem szklanym i bawełnianym są mniej uciążliwe dla środowiska. Negatywny wpływ włókien bawełny, uprawianej przemysłowo na dużą skalę, związany jest przede wszystkim z nawadnianiem upraw oraz ze stosowaniem nawozów i środków ochrony roślin, które generują wielkość analizowanych śladów środowiskowych. Spośród poddanych analizie włókien, zastosowanie włókna bawełnianego wywiera największy negatywny wpływ na środowisko, natomiast zastosowanie skrobi termoplastycznej wiąże się z najmniejszym negatywnym wpływem na środowisko.

Kolejnym istotnym rezultatem w mojej pracy było opracowanie diagramu rekomendowanych materiałów w odniesieniu do poszczególnych śladów środowiskowych. Poszczególne warianty materiałowe uszeregowałem, zaczynając od tych nierekomendowanych ze względu na duże wartości śladów środowiskowych do wariantów najbardziej rekomendowanych ze względu na najniższe wartości śladów środowiskowych. Taka forma przedstawienia wyników analiz porównywanych produktów czy technologii dostarcza decydentom informacji o wpływie na środowisko, w czytelny i łatwy do interpretacji sposób.

Przedstawiona przeze mnie jako osiągnięcie naukowe monografia może być również pomocna na etapie projektowania nowych produktów, gdzie z puli dostępnych materiałów o założonych właściwościach przetwórczych i użytkowych należy wybrać materiał o najniższym wpływie na środowisko.

W pracy wykazałem, że w przypadku ocen wpływu na środowisko biokompozytów, konieczne jest przeprowadzenie analiz więcej niż jednego śladu środowiskowego. W zależności od ocenianych aspektów wpływu na środowisko, porównując tworzywa biopochodne i te wytworzone z surowców petrochemicznych, wyniki ocen mogą być bardzo rozbieżne. Niejednokrotnie wpływ na środowisko tworzyw biopochodnych może być wyższy niż w przypadku polimerów petrochemicznych. Dlatego bardzo ważne jest aby w przypadku tego typu materiałów ich ocena nie ograniczała się do zużycia

zasobów nieodnawialnych i emisji gazów cieplarnianych, jak ma to miejsce w przypadku większości obecnie prezentowanych badań. Obecnie w literaturze naukowej, oceniany jest głównie wpływ badanego materiału na emisję gazów cieplarnianych. Wskaźnik ten nie pokazuje pełnego wpływu na środowisko, szczególnie w przypadku takich materiałów jak biokompozyty, co zostało wykazane w przedstawionej jako moje osiągnięcie naukowe monografii. Materiały biopochodne na etapie produkcji, w okresie wegetacji roślin, pochłaniają ditlenek węgla, ale do ich uprawy wykorzystywane są duże ilości wody, co należy uwzględnić w ocenach środowiskowych wykorzystując do tego celu ocenę śladu wodnego. Ślad wodny umożliwia ocenę bezpośredniego jak i pośredniego zużycie wody przez konsumenta lub producenta. Ponadto przy takiej produkcji masowo stosowane są nawozy sztuczne jak i środki ochrony roślin, które pośrednio i bezpośrednio wpływają na wszystkie analizowane w monografii ślady środowiskowe. Uprawa przemysłowa na dużą skalę, jak ma to miejsce w przypadku roślin będących surowcami do produkcji różnych dóbr lub energii, powoduje wykorzystanie terenów biologicznie produktywnych, co pokazuje ślad ekologiczny. Uprawy roślin „przemysłowych” zajmują duży areał, który mógłby być wykorzystany do uprawy zbóż, warzyw i owoców lub innych roślinnych surowców do produkcji żywności. Przeprowadzone analizy wykazały, że w przypadku biokompozytów bardzo istotna jest analiza porównawcza poszczególnych śladów środowiskowych (węglowego, ekologicznego i wodnego), gdyż wyniki ocen są bardzo zróżnicowane, w zależności od zastosowanego do produkcji surowca i jego pochodzenia. Taka kompleksowa ocena, w której uwzględniono aż trzy ślady środowiskowe, pozwala decydentowi na wybór materiału, który jest najbardziej korzystny z punktu widzenia organizacji w danej sytuacji geopolitycznej i ekonomicznej.

Ważnym elementem mojego osiągnięcia naukowego jest opracowanie szczegółowych wytycznych do wykonania oceny wpływu na środowisko z wykorzystaniem śladów środowiskowych (ślądu węglowego, ekologicznego i wodnego) biokompozytów i tworzyw polimerowych. W pracy wykazano, że wykonując analizy śladów środowiskowych produktów składających się z tworzyw polimerowych, biopolimerów, włókien naturalnych czy szklanych, w pierwszej kolejności należy określić właściwości fizykochemiczne analizowanych produktów, które w głównej mierze determinowane są składem materiałowym – ilością zastosowanych komponentów/materiałów do wytworzenia produktu gotowego.

W monografii przedstawiłem w przystępny sposób złożone analizy na przykładzie biokompozytów i tworzyw polimerowych oraz dyskusję otrzymanych wyników badań, dzięki czemu czytelnik dokładnie może zweryfikować analizowane ślady dla poszczególnych materiałów, biokompozytów i tworzyw polimerowych. Opracowana przeze mnie monografia oprócz aspektów naukowo – badawczych ma istotne znaczenie praktyczne oraz stanowi, istotny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Środowiska.

W swojej monografii, między innymi wykazałem, że w celu przeprowadzenia rzetelnej i obiektywnej oceny wpływu na środowisko konieczne jest spojrzenie na to zagadnienie z innej perspektywy, niż to jest przedstawiane w literaturze i wykorzystanie szerokiego spectrum narzędzi, jakimi są ślady środowiskowe oraz uwzględnienie właściwości fizykochemicznych analizowanych materiałów i produktów, co dotychczas w literaturze było pomijane. Podjęcie przez mnie tak wielopłaszczyznowej i złożonej problematyki z obszaru inżynierii środowiska i inżynierii materiałowej wymagało interdyscyplinarnego podejścia do analizowanego zagadnienia badawczego. Dzięki takiemu podejściu, praca ta wprowadza nowe treści do dyscypliny inżynieria środowiska, jak również jest ważnym, moim samodzielnym wkładem w rozwój tej dyscypliny.

Przedstawiona przeze mnie jako osiągnięcie naukowe monografia, uzupełnia luki w aspekcie zarówno teoretycznym, metodologicznym, jak i empirycznym w odniesieniu do ocen środowiskowych biokompozytów i tworzyw polimerowych, co potwierdzają najważniejsze rezultaty badawcze:

- zdefiniowałem najważniejsze pojęcia związane z oceną śladów środowiskowych, przedstawiłem metodykę obliczania poszczególnych śladów środowiskowych, dokonałem analizy porównawczej śladów środowiskowych, wskazałem mocne i słabe strony poszczególnych śladów środowiskowych,
- scharakteryzowałem i wskazałem zakres badawczy poszczególnych śladów środowiskowych,
- przedstawiłem obszerny przegląd dotychczasowych prac związanych z oceną wpływu na środowisko biopochodnych polimerów i kompozytów oraz scharakteryzowałem podstawowe pojęcia związane z tymi zagadnieniami,
- przedstawiłem główne zalecenia Komisji Europejskiej dotyczące oceny śladów środowiskowych,
- przedstawiłem i scharakteryzowałem główne założenia gospodarki o obiegu zamkniętym,
- wykonałem badania związane z oceną śladów środowiskowych - obliczyłem ślad węglowy, ślad wodny i ekologiczny poszczególnych materiałów,
- określiłem determinanty analizowanych śladów środowiskowych dla poszczególnych biokompozytów i tworzyw polimerowych oraz analizowanych wariantów materiałowych.
- zidentyfikowałem gazy cieplarniane generujące ślad węglowy analizowanych materiałów i produktów,
- przeprowadziłem ocenę śladów środowiskowych różnych wariantów materiałowych zapewniających uzyskanie produktu o założonych parametrach użytkowych i określonych właściwościach.
- wskazałem tzw. hotspoty – elementy systemów produkcyjnych analizowanych materiałów i produktów determinujące wielkość poszczególnych śladów środowiskowych,
- wykazałem, iż w przypadku oceny wpływu na środowisko biokompozytów, konieczne jest przeprowadzenie analiz więcej niż jednego śladu środowiskowego,

- opracowałem diagram rekomendowanych biokompozytów i tworzyw polimerowych do zastosowań praktycznych, uwzględniając ich właściwości użytkowe oraz wpływ na środowisko.

Przedstawiona jako osiągnięcie naukowe monografia może również stanowić kompendium wiedzy dla osób, które są zainteresowane wykonywaniem ocen środowiskowych również innych produktów czy procesów, ponieważ zawiera ona podstawy teoretyczne i metodologiczne oceny śladów środowiskowych, które mają charakter uniwersalny i w niedalekiej przyszłości mogą stanowić obligatoryjne akty prawne w krajach Unii Europejskiej. Zgodnie z zaleceniami Komisji Europejskiej ocena efektywności środowiskowej produktów i organizacji w formie śladów środowiskowych może zostać zaimplementowana do systemów zarządzania środowiskowego oraz „zielonych” zamówień publicznych, a także wielu działań i inicjatyw przyczyniających się do tworzenia tzw. zielonej gospodarki. Metodyka ta może mieć uniwersalne zastosowanie ze względu na obiektywne kryteria identyfikacji i oceny oddziaływania na środowisko produktów i przedsiębiorstw. Dlatego też metodyka oceny śladów środowiskowych może mieć wpływ na gospodarkę jako istotny element procesu decyzyjnego w zakresie ochrony środowiska.

Przedstawiona przeze mnie monografia jest podsumowaniem moich interdyscyplinarnych badań przeprowadzonych na przestrzeni minionych kilku lat, dotyczących badań wpływu na środowisko, właściwości i technologii przetwórstwa biokompozytów i tworzyw polimerowych. Wiedza inżynierska, jak i ta z zakresu ocen śladów środowiskowych była konieczna do przeprowadzenia badań zaprezentowanych w mojej monografii. Brak praktycznej i teoretycznej wiedzy inżynierskiej z zakresu stosowanych materiałów mógłby skutkować przyjęciem nieodpowiednich założeń do analiz i dać nieprawdziwy obraz analizowanych materiałów i produktów.

Tematyka i problem badawczy przedstawione w mojej monografii są bardzo istotne, zwłaszcza w odniesieniu do nowych wytycznych Komisji Europejskiej dotyczących oceny efektywności środowiskowej organizacji i produktów, jak również w odniesieniu do nowych wyzwań gospodarki o obiegu zamkniętym.

Uważam, że przedstawiona przeze mnie monografia stanowi oryginalne osiągnięcie naukowe w zakresie dyscypliny Inżynieria Środowiska.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych wnioskodawcy, świadczących o istotnej aktywności naukowej habilitanta

W czerwcu 2004 roku ukończyłem studia magisterskie na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej (specjalność: Technologie utylizacji i recyklingu). Już jako student opublikowałem i wygłosiłem dwa samodzielne referaty na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych. Na piątym roku studiów rozpocząłem pracę jako nauczyciel w Zakładzie

Doskonalenia Zawodowe w Katowicach, gdzie uczyłem teoretycznych przedmiotów zawodowych. Przez dwa ostatnie lata studiów, kiedy byłem przewodniczącym studenckiego koła naukowego „Euro”, moje zainteresowania naukowe koncentrowały się wokół zagadnień związanych z systemami zarządzania środowiskowego a przede wszystkim z problemami recyklingu i zagospodarowania odpadów przemysłowych. Szczególnie interesowały mnie odpady z procesów metalurgicznych, takie jak pyły, szlamy i uciążliwe mułki zgorzelinowe. Z tego zakresu przygotowałem pracę magisterską pod tytułem „Koncepcja recyklingu mułków zgorzelinowych w warunkach ISPAT Polska Stal S.A. oddział w Dąbrowie Górniczej”.

W październiku 2004 roku rozpocząłem studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej gdzie rozwijałem swoje zainteresowania naukowe związane z recyklingiem odpadów przemysłowych oraz z technologią wytwarzania zaawansowanych materiałów ogniotrwałych przeznaczonych do zastosowań w hutnictwie. Podczas studiów doktorskich odbyłem dwa staże w zagranicznych jednostkach naukowo - badawczych.

Pierwszy staż zagraniczny odbyłem w 2006 roku, był to dwutygodniowy staż naukowo-przemysłowy w Centrum Badawczym w niemieckiej firmie Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG, która jest światowym liderem w technikach ujednorodniania mas proszkowych i ich granulacji. Firma ta jest jedynym na świecie producentem unikalnych intensywnych mieszalników przeciwbieżnych, które stosowane są w wielu gałęziach przemysłu, między innymi w: recyklingu i utylizacji odpadów, przemyśle ceramicznym, przemyśle odlewniczym do sporządzania mas formierskich, metalurgii do przygotowania mieszanki spiekalniczej, produkcji materiałów budowlanych, produkcji nawozów i innych. Podczas stażu w głównej siedzibie firmy w mieście Hardheim zdobyłem duże doświadczenie praktyczne jak i wiedzę teoretyczną w zakresie sporządzania jednorodnych mieszanin i granulacji mas proszkowych. W trakcie stażu zrealizowałem część badań do swojej pracy doktorskiej. Zdobytą wiedza i doświadczenie mogłem wykorzystać podczas prowadzenia zajęć dydaktycznych (ćwiczenia i laboratorium) ze studentami (w tym również w języku angielskim, dla studentów z innych krajów w ramach programu Erasmus) oraz podczas realizacji szeregu projektów naukowo badawczych. Jeden z realizowanych przeze mnie projektów zakończył się wdrożeniem technologii produkcji zasypek metalurgicznych na bazie odpadów z produkcji aluminium. Wdrożenie tej technologii miało miejsce w 2008 roku firmie PEDMO S.A. w Tychach, która funkcjonuje do dnia dzisiejszego. Za udział w tym wdrożeniu otrzymałem Zespołową Nagrodę Rektora Politechniki Śląskiej za Osiągnięcia Naukowe.

Drugi odbyty przeze mnie staż zagraniczny miał miejsce w 2007 roku i posiadał on charakter naukowy. Był to dwutygodniowy staż w Imperial College London. Podczas tego stażu poznałem nowoczesne techniki wytwarzania i modyfikowania zaawansowanych materiałów inżynierskich.

Nabyte umiejętności oraz wiedzę wykorzystałem praktycznie w dydaktyce oraz do dalszej realizacji badań do mojej rozprawy doktorskiej, której obrona odbyła się w lipcu 2009 roku.

Podczas swojej pracy na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej aktywnie uczestniczyłem w pracach komisji ds. rozkładu zajęć i komisji ds. rekrutacji a także wielokrotnie pełniłem rolę sekretarza podczas obron prac dyplomowych.

W lipcu 2009 roku rozpocząłem pracę w Zakładzie Inżynierii Materiałowej Głównego Instytutu Górnictwa, gdzie nadal pracuję jako adiunkt. Począwszy od 2010 roku corocznie jestem opiekunem naukowym studentów z Uniwersytetu Śląskiego jak i Politechniki Śląskiej odbywających praktyki i staże w Zakładzie Inżynierii Materiałowej GIG.

W trakcie mojej pracy naukowo-badawczej w Zakładzie Inżynierii Materiałowej GIG, moje zainteresowania naukowe zostały rozszerzone o zagadnienia związane z recyklingiem, przetwórstwem, wytwarzaniem i badaniem właściwości nowych materiałów polimerowych, w tym biopolimerów i biokompozytów, które mogą zastąpić tradycyjne tworzywa i kompozyty polimerowe wytwarzane z surowców petrochemicznych oraz oceną ich wpływu na środowisko z zastosowaniem techniki oceny cyklu życia – LCA (Life Cycle Assessment), analizami przepływu materiałów i energii – MEFA (Material and Energy Flow Analyses) oraz ocenami śladów środowiskowych (Environmental footprint). W Zakładzie Inżynierii Materiałowej GIG, brałem udział w wielu projektach naukowo-badawczych. W trakcie mojej pracy w GIG wielokrotnie byłem kierownikiem projektów badawczych finansowanych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, realizowanych w ramach działalności statutowej Instytutu.

Najważniejsze projekty:

1. „Wielowarstwowa folia nowej generacji do produkcji kiszzonek” - w ramach Programu Badań Stosowanych, nr PBSIII/B9/30/2015, Realizowany w latach: 2015-2017. **Główny wykonawca.**
2. „Opracowanie techniki i technologii wytwarzania nowej generacji kompozytowych zbiorników wysokociśnieniowych na gazy techniczne” - projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Innotech, nr: INNOTECH-K3/IN3/44/229269/NCBR/14, Realizowany w latach: 2014-2016. **Wykonawca.**
3. „Odpady polimerowe pochodzące ze sprzętu elektrycznego i elektroniki oraz pojazdów wycofanych z eksploatacji” – Praca sfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz ze środków budżetu państwa w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013. Realizowany w latach 2009-2013. **Wykonawca.**
4. „Nowe przyjazne dla środowiska kompozyty polimerowe z wykorzystaniem surowców odnawialnych” UDA-POIG.01.03.01-00-092/08-00, Praca sfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz ze środków budżetu państwa w ramach

Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013. Realizowany w latach 2009-2013.

Główny wykonawca, koordynator projektu w GIG.

5. „Kompozyty polimerowe o podwyższonej stabilności termicznej i obniżonej palności” UDA-POIG.01.03.01-00-044/08-00, Praca sfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz ze środków budżetu państwa w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. 2009-2014. **Wykonawca.**
6. „Zastosowanie biomasy do wytwarzania polimerowych materiałów przyjaznych środowisku” - UDA-POIG.01.01.02-10-123/09-00. Praca sfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz ze środków budżetu państwa w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013. Realizowany w latach 2009-2014. **Wykonawca**

Najważniejsze projekty finansowane MNiSW:

1. „Biokompozyty na bazie odpadów z procesu recyklingu folii – 2016 r. **Kierownik.**
2. „Analiza porównawcza tradycyjnych tworzyw polimerowych z biokompozytami uwzględniając przepływy materiałowe (MFA), ocenę środowiskową i kosztową – 2014 r. **Kierownik.**
3. „Badania nad poprawą homogeniczności biokompozytów TPS/PE – 2013 r. **Kierownik.**
4. „Ocena wybranych odpadów polimerowych pod kątem ich wykorzystania jako paliwa alternatywne” – 2012 r. **Kierownik.**
5. „Opracowanie technologii otrzymywania i badanie właściwości fizykomechanicznych kompozytów na bazie polietylenu i włókien keratynowych” – 2011 r. **Kierownik.**
6. „Badanie właściwości fizykomechanicznych biokompozytów na bazie recyklatu PEHD z dodatkiem kotoniny lnianej” – 2011 r. **Kierownik.**
7. „Wpływ starzenia polietylenu w procesie wyłaczania na jego właściwości fizykomechaniczne” – 2010 r. **Kierownik.**

Szczegółowy wykaz realizowanych przeze mnie projektów naukowo-badawczych krajowych i międzynarodowych przedstawiłem w załączniku 5 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego, zgodnie z komunikatem Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów. Jednym z efektów realizacji tych prac, oprócz publikacji w czasopiśmie naukowych i referatów wygłaszanych na krajowych i zagranicznych konferencjach był mój udział w opracowaniu i opatentowaniu sposobu wytwarzania biorozpuszczalnej kompozycji polimerowej, przeznaczonej do zastosowań agrotechnicznych.

W 2016 roku odbyłem miesięczny staż naukowy na Wydziale Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Politechniki w Ostrawie w Czechach. Podczas realizacji stażu miałem możliwość prowadzenia zajęć dla studentów na Kierunku Inżynieria Materiałowa i Metalurgia z zakresu ocen środowiskowych materiałów i technologii. Możliwość prowadzenia wykładów na zagranicznej uczelni

pozwołała mi na poszerzenie mojego doświadczenia dydaktycznego. Udział w tym stażu dał mi również możliwość zdobycia wiedzy i doświadczenia w zakresie transferu nauki na obszar działań praktycznych oraz umożliwił współpracę z pracownikami naukowymi na Wydziale w celu poszukiwania wspólnych obszarów badawczych oraz w przyszłości realizacji wspólnych prac naukowo-badawczych.

Obecnie główny obszar moich zainteresowań badawczych stanowi rozwijanie techniki oceny wpływu na środowisko materiałów i technologii z zastosowaniem oceny śladów środowiskowych (Environmental Footprints) i techniki oceny cyklu życia LCA (Life Cycle Assessment) oraz analizy przepływu materiałów i energii MEFA (Material and Energy Flow Analyses), a także opracowywanie składu i reżimu technologicznego wytwarzania i przetwarzania nowych biokompozytów korzystnych dla środowiska, wytworzonych na bazie odpadowej biomasy i surowców z recyklingu odpadów tworzyw polimerowych w tym silnie zanieczyszczonych odpadów z rolnictwa.

Ważniejsze wskaźniki naukowe:

- Liczba publikacji po doktoracie indeksowanych w bazie Web of Science: **18**
- Liczba publikacji spoza listy JCR: **52**
- Sumaryczna liczba punktów za publikację wg. MNiSW: **538**
- Sumaryczny impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR): **22,615**
- Liczba cytowań publikacji, bez auto cytowań, według bazy Web of Science: **35**
- Indeks Hirscha według bazy Web of Science: **5**
- Liczba uzyskanych patentów: **1**

Rodzaj	Przed doktoratem		Po doktoracie		Łącznie	
	Łącznie	W tym samodz.	Łącznie	W tym samodz.	Łącznie	W tym samodz.
Patent	0	0	1	0	1	0
Publikacje ogółem	17	7	53	7	70	14
Publikacje z bazy JCR	0	0	18	2	18	2
Monografia	0	0	1	1	1	1
Publikacje spoza bazy JCR, w tym:	17	7	34	4	51	11
Artykuły w czasopismach krajowych	6	3	15	1	21	4
Rozdział w monografii	0	0	4	0	4	0
Materiały konferencyjne – konferencje zagraniczne	1	0	6	1	7	2

Materiały konferencyjne – konferencje w krajowe	12	4	9	2	21	6
Udział w konferencjach:						
▪ Udział w konferencjach zagranicznych	1		6		7	
▪ udział w konferencjach krajowych o zasięgu międzynarodowym	6		4		10	
▪ udział w konferencjach krajowych	6		5		11	

Moje prace zostały dotychczas opublikowane w następujących czasopismach:

1. Lista A wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (JCR):

- Journal of Cleaner Production
- International Journal of Life Cycle Assessment
- Journal of Biobased Materials and Bioenergy
- Polymer Engineering and Science
- Composites Part B
- Polymer Testing
- International Polymer Processing
- Przemysł Chemiczny
- Polimery

2. Lista B wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego:

- Annals of WULS, Forestry and Wood Technology (SGGW)
- Inżynieria Ekologiczna
- Journal of Sustainable Mining
- Górnictwo i Środowisko
- Hutnik-Wiadomości Hutnicze
- Rudy i Metale Nieżelazne
- Szkło i Ceramika
- Materiały Ceramiczne
- Ochrona Przed Korozją
- Logistyka
- Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie
- Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Budowa Maszyn i Zarządzanie Produkcją

Szczegółowy wykaz dorobku habilitacyjnego został umieszczony w załączniku 5 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego, zgodnie z komunikatem Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów.

Ważniejsze publikacje spoza osiągnięcia naukowego:

1. **Korol J.**, Burchart-Korol D., Pichlak M., (2016). Expansion of environmental impact assessment for eco-efficiency evaluation of biocomposites for industrial application, *Journal of Cleaner Production*, vol. 113 p. 144-152,
2. **Korol J.**, Kruczek M., Pichlak M., (2016). Material And Energy Flow Analysis (MEFA) - First Step in Eco-Innovation Approach To Assessment of Steel Production, *Metalurgija*, Vol. 55 Issue 4, p. 818-820,
3. Burchart-Korol D., **Korol J.**, Czaplicka-Kolarz K., (2016). Life cycle assessment of heat production from underground coal gasification, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, DOI 10.1007/s11367-016-1102-0
4. Formela K., **Korol J.**, Saeb M., (2015). Interfacially modified LDPE/GTR composites with non-polar elastomers: From microstructure to macro-behavior, *Polymer Testing*, vol.42, p. 89-98,
5. **Korol J.**, Lenza J., Formela K., (2015) Manufacture and research of TPS/PE biocomposites properties, *COMPOSITES PART B-ENGINEERING*, vol. 68, p. 310-316,
6. Formela K., Cysewska M., **Korol J.**, (2014). Effect of Compounding Conditions on Static and Dynamic Mechanical Properties of High Density Polyethylene/Ground Tire Rubber Blends, *International Polymer Processing*, vol. 29 Issue: 2 p. 272-279,
7. **Korol J.** (2014). Wpływ zastosowania mieszadła statycznego na właściwości biokompozytów PEHD/skrobia modyfikowana - Effect of static mixer on the properties of HDPE/modified starch biocomposites, *Przemysł Chemiczny*, vol 93 Issue: 4 p. 457-463,
8. Czaplicka-Kolarz K., Burchart-Korol D., **Korol J.**, (2013). Zastosowanie analizy cyklu życia i egzergii do oceny środowiskowej wybranych polimerów - Application of Life Cycle Assessment and Exergy to Environmental Evaluation of Selected Polymers, *Polimery* vol. 58 Issue: 7-8, p. 605-609,
9. Czaplicka-Kolarz K., Burchart-Korol D., **Korol J.**, (2013). Ocena środowiskowa biokompozytów z zastosowaniem techniki LCA - Environmental Assessment of Biocomposites Based on LCA, *Polimery*, vol. 58 Issue: 6, p. 476-481,
10. Formela K., **Korol J.**, Cysewska M., Haponiuk J., (2013). Effect of addition of PE-HD modified with maleic anhydride and shear forces on properties of PE-HD-ground tire rubber blends, *Przemysł Chemiczny*, vol. 92 Issue: 4, p. 512-517,

11. Bajer K., Richert A., Bajer D. **Korol J.**, (2012). Biodegradation of plastified starch obtained by corotation twin-screw extrusion, *Polymer Engineering and Science* Volume: 52 Issue: 12, p. 2537-2542,
12. **Korol J.**, Lenza J., Burchart-Korol D., Bajer K., (2012). Wytłaczanie i badanie zmian recyklatów PE-LD - Extrusion and testing the changes of recycle PE-LD properties, *Przemysł Chemiczny* Volume: 91 Issue: 11 Pages: 2196-2201 ,
13. **Korol J.**, (2012). Polyethylene Matrix Composites Reinforced with Keratin Fibers Obtained from Waste Chicken Feathers, *Journal of Biobased Materials and Bioenergy* Volume: 6 Issue: 4, p. 355-360 ,



.....
Podpis wnioskodawcy