Prof. dr hab. inż. Elżbieta Godlewska
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Kraków, 19-12-2023

Recenzja

w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Karoliny Kiełbasy w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria materiałowa

Podstawą formalną do opracowania recenzji jest pismo przesłane przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, prof. dr hab. inż. Mirosławę El Fray w związku z powołaniem mnie przez Radę Dyscypliny na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Karoliny Kiełbasy.

Recenzja została opracowana na podstawie wniosku Habilitantki o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dyscyplinie inżynieria materiałowa z dnia 5 lipca 2023, skierowanego do Rady Doskonałości Naukowej. Do wniosku dołączone zostały następujące dokumenty:

1. Dane wnioskodawcy
2. Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora
3. Autoreferat
4. Wykaz osiągnięć
5. Oświadczenia o współautorstwie (5.1 – 5.14)
6. Seria połączonych tematycznie publikacji (H1 – H13) wchodzących w skład cyklu pt. Otrzymywanie i właściwości wysokoporowatych materiałów węglowych do zastosowań w adsorpcji i katalizie

1 Informacje ogólne

Dr inż. Karolina Kiełbasa ukończyła studia inżynierskie na kierunku *towaroznawstwo* w specjalności *towaroznawstwo produktów małotonażowych* na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego (ZUT) w Szczecinie w 2007 r. Dyplom magistra inżyniera uzyskała dwa lata później (2009 r.) w na tym samym wydziale na kierunku *inżynieria chemiczna i procesowa* w specjalności *informatyka procesowa.* W 2011 r. ukończyła studia podyplomowe z przygotowania pedagogicznego na Wyższej Szkole Humanistycznej Towarzystwa Wiedzy Powszechnej w Szczecinie. 1.10.2012 r. dr inż. Karolina Kiełbasa została zatrudniona na stanowisku asystenta w Instytucie Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska na macierzystym wydziale. W 2013 roku Rada Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej ZUT, uchwałą z dnia 28 czerwca, nadała Jej stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie *technologia chemiczna* na podstawie rozprawy pt. *Badanie procesu azotowania katalizatora żelazowego*. Od 01.07.2013 do 30.06 2014 r. Habilitantka pracowała jako asystent z dyplomem doktora a od 01.07.2014 r. do chwili obecnej - jako adiunkt w Instytucie Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska, który w 2019 r. przekształcił się w Katedrę Inżynierii Materiałów Katalitycznych i Sorpcyjnych.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Dr inż. Karolina Kiełbasa jako osiągnięcie naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny jaką jest inżynieria materiałowa, określone w art. 219 ust.1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) przedstawiła zestawione poniżej, tematycznie powiązane publikacje, wchodzące w skład cyklu pt.: **Otrzymywanie i właściwości wysokoporowatych materiałów węglowych do zastosowań w adsorpcji i katalizie**.

[Hl] J. Sreńscek-Nazzal, K. Kiełbasa, Advances in modification of commercial activated carbon for enhancement of CO_2 capture, *Applied Surface Science,* 494, 2019, 137. DOI: 10.1016/j.apsusc.2019.07.108

[H2] J. Serafin, K. Kiełbasa, B. Michalkiewicz, The new tailored nanoporous carbons from the common polypody (Polypodium vulgare): The role of textural properties for enhanced CO_2 adsorption, *Chemical Engineering Journal,* 429, 2022, 131751. DOI: 10.1016/j.cej.2021.131751

[H3] K. Kiełbasa, S. Bayar, E. A. Varol, J. Sreńscek-Nazzal, M. Bosacka, B. Michalkiewicz, Thermochemical conversion of lignocellulosic biomass - olive pomace - into activated biocarbon for CO_2 adsorption, *Industrial Crops & Products,* 187, 2022, 115416. DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.115416

[H4] K. Kiełbasa, S. Bayar, E. A. Varol, J. Sreńscek-Nazzal, M. Bosacka, P. Miądlicki, J. Serafin, R. J. Wrobel, B. Michalkiewicz, Carbon dioxide adsorption over activated carbons produced from molasses using H_2SO_4, H_3PO_4, HCl, NaOH, and KOH as activating agents, *Molecules,* 27(21), 2022, 7467. DOI: 10.3390/ molecules27217467

[H5] K. Kiełbasa, A. Kamińska, 0. Niedoba, B. Michalkiewicz, CO_2 adsorption on activated carbons prepared from molasses: a comparison of two and three parametric models, *Materials,* 14(23), 2021, 7458. DOI: 10.3390/ma14237458

[H6] J. Sreńscek-Nazzal, K. Kiełbasa, Microporous carbon foams for CO_2 adsorption obtained from carbon nanospheres, *Przemysl Chemiczny,* 99(1), 2020, 70. DOI: 10.15199/62.2020.1.7

[H7] K. Kiełbasa, N. Maciejewska, A. Kamińska, J. Sreńscek-Nazzal, Porous carbon materials obtained from molasses carbon spheres, *Przemysl Chemiczny,* 99(11), 2020, 1636. DOI: IO.l 5199/62.2020.11.9

[H8] K. Kiełbasa, Activated biocarbons derived from molasses as new tailored CO_2 adsorbents, *Frontiers in Chemistry,* 11, 2023, 1184389. DOI: 10.3389/fchem.2023.1184389

[H9] K. Kiełbasa, J. Sreńscek-Nazzal, B. Michalkiewicz, Impact of tailored textural properties of activated carbons on methane storage, *Powder Technology,* 394, 2021, 336. DOI: IO. IO16/j.powtec.2021.08.051

[H10] A. Kamińska, N. Maciejewska, P. Miądlicki, K. Kiełbasa, J. Sreńscek-Nazzal, B. Michalkiewicz, Fe-modified activated carbon obtained from biomass as a catalyst for α-pinene autoxidation, *Polish Journal of Chemical Technology,* 23(2), 2021, 73. DOI: 10.2478/pjct-2021-0020

[H11] A. Kamińska, P. Miądlicki, K. Kiełbasa, M. Kujbida, J. Sreńscek-Nazzal, R. J. Wrobel, A. Wróblewska, Activated carbons obtained from orange peels, coffee grounds, and sunflower husks - comparison of physicochemical properties and activity in the alpha-pinene isomerization process, *Materials,* 14(23), 2021, 7448. DOI: 10.3390/ma14237448

[H12] A. Kamińska, P. Miądlicki, K. Kiełbasa, J. Serafin, J. Sreńscek-Nazzal, R. J. Wrobel, A. Wróblewska, $FeCl_3$-modified carbonaceous catalysts from orange peel for solvent- free alpha-pinene oxidation, *Materials,* 14(24), 2021, 7729. DOI: 10.3390/ma14247729

[H13] A. Kamińska, J. Sreńscek-Nazzal, K. Kiełbasa, J. Grzeszczak, J. Serafin, A. Wróblewska, Carbon-supported nickel catalysts - comparison in alpha-pinene oxidation activity, *Sustainability,* 15(6), 2023, 5317. DOI: 10.3390/sul 5065317

Cykl obejmuje trzynaście prac opublikowanych w czasopismach z bazy Journal Citation Reports (JCR) oraz ujętych w wykazie czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji Ministra Edukacji i Nauki. Dwanaście z nich to publikacje współautorskie, jedna jest samodzielna, a w ośmiu Habilitantka jest autorem korespondencyjnym. Wszystkie ukazały się w okresie od 2019 do 2023 r., w przeważającej większości (10) jako Open Access w czasopismach wydawanych przez MDPI: *Materials* (3), *Molecules* (1), *Sustainability* (1) a także przez Elsevier: *Chemical Engineering Journal* (1), *Industrial Crops and Products* (1), *Applied Surface Science* (1), *Powder Technology* (1) i Frontiers Media SA: *Frontiers in Chemistry* (1). Dziewięć artykułów w zaprezentowanym cyklu dotyczy adsorpcji a cztery katalizy.

Osiągnięcia naukowe stanowiące podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego skupiają się wokół wykorzystania surowców odnawialnych lub biomasy odpadowej do otrzymywania materiałów węglowych, mogących znaleźć zastosowanie w procesach adsorpcji CO_2 i CH_4 lub katalitycznego utleniania i izomeryzacji α-pinenu. Tematyka badań podjętych przez Habilitantkę mieści się w nurcie poszukiwań sposobów wychwytywania i magazynowania gazów cieplarnianych, a także możliwości ich wykorzystywania w syntezie chemicznej, np. do otrzymywania metanolu z ditlenku węgla lub metanu, czy też wodoru z metanu. Jest rzeczą znaną, że materiały węglowe o rozwiniętej powierzchni znajdują zastosowania w wielu gałęziach przemysłu. Badane możliwości wytwarzania materiałów węglowych o podobnych lub lepszych właściwościach z biomasy odpadowej należy uznać za przykład postępowania zgodnego z koncepcją zrównoważonego rozwoju gospodarki.

Cykl publikacji rozpoczyna praca pt. „Advances in modification of commercial activated carbon for enhancement of CO_2 capture" [H1], w której przedstawiono efekty modyfikacji chemicznej trzech rodzajów węgli aktywnych dostępnych na rynku. Wykazano, że ich charakterystyki są bardziej korzystne w porównaniu do węgli niemodyfikowanych pod względem powierzchni właściwej, całkowitej objętości porów i mikroporów oraz pojemności adsorpcyjnej CO_2. Wyniki badań analizowano pod kątem zgodności z równaniami zaproponowanymi przez Langmuira, Freundlicha, Sipsa, Totha, Redlicha-Petersona, UNILAN, Fritza-Schlundera, Radke-Prausnitza, Temlina i Pyzheva, oraz Dubinina-Radushkevicha. Najlepszą zgodność modelu z danymi doświadczalnymi uzyskano w przypadku izotermy Sipsa. Brak jednak komentarza dotyczącego różnic pomiędzy tym modelem i innymi analizowanymi modelami adsorpcji. Szkoda też, że w autoreferacie Habilitantka nie podaje wyraźnie, w jakim stopniu poprawiają się charakterystyki modyfikowanych węgli i używając nieprecyzyjnych określeń np. „wysoka wielkość powierzchni właściwej" zamiast danych liczbowych, których

znaczenie mógłby ocenić czytelnik. Nie informuje również, jakimi przesłankami kierowano się w doborze i ilości modyfikatorów KOH i K_2CO_3. Bez wątpienia jednak, dzięki przeprowadzonym badaniom udało się stworzyć zestaw danych porównawczych dla planowanych w dalszej kolejności eksperymentów i projektowania nowych materiałów węglowych pochodzących z przetwarzania surowców odpadowych, m.in. z paproci zwyczajnej, wytłoków oliwnych, melasy, skórek pomarańczy, fusów z kawy i łupin słonecznika.

W pracy [H2], dotyczącej pozyskiwania węgla aktywnego z paproci zwyczajnej podano warunki przeprowadzania procesu karbonizacji (800 – 850 ºC, w przepływie azotu 7,5 – 15 dm^3/h), które prowadzą do otrzymania materiałów o najbardziej rozwiniętej powierzchni, z dużą ilością porów i mikroporów. Jako modyfikator stosowano KOH. Najwyższą adsorpcję CO_2 stwierdzono, gdy proces karbonizacji przebiegał w temperaturze 800 ºC przy maksymalnej prędkości przepływu azotu. Stosunek masowy KOH do prekursora wynosił 1:1. Najwyższa wartość adsorpcji CO_2 na węglu komercyjnym modyfikowanym KOH w stosunku masowym do prekursora 1:1 wynosiła **3,67 mmol/g** w temperaturze 25 ºC pod ciśnieniem 1 bar a dla nowych materiałów węglowych z paproci zwyczajnej **5,67 mmol/g** w tych samych warunkach.

W pracy [H3] poświęconej otrzymywaniu węgla aktywnego z wytłoków oliwnych zastosowano modyfikację chemiczną przy pomocy K_2CO_3, modyfikację parą wodną oraz obydwa rodzaje jednocześnie i podano **3,15 mmol/g** jako najkorzystniejszą wartość adsorpcji CO_2 w warunkach 0 ºC, 1 bar.

W kolejnej pracy [H4] opisano otrzymywanie węgla aktywnego z melasy buraczanej i badano wpływ modyfikatorów zarówno o charakterze kwasowym jak i zasadowym - H_2SO_4, H_3PO_4, HCl, NaOH i KOH - na adsorpcję CO_2. Najwyższe wartości adsorpcji CO_2, **5,18 mmol/g** (0 ºC, 1 bar) uzyskano w przypadku KOH i węgla odznaczającego się wysoką mikroporowatością otrzymanego w wyniku karbonizacji w temperaturze 800 ºC w przepływie azotu. Stwierdzono, że zarówno mikroporowatość, jak i brak grup kwasowych sprzyjają adsorpcji CO_2. Komentarz ten jednak pozostaje w sprzeczności z dobrymi wynikami adsorpcji na węglu o niskiej porowatości modyfikowanym HCl. Praca zawiera analizę sześciu różnych modeli adsorpcji do opisu i interpretacji danych eksperymentalnych. Najlepsze dopasowanie uzyskano stosując model Totha. Obliczono izosteryczne ciepło adsorpcji w funkcji temperatury i stwierdzono, że adsorpcja CO_2 na badanych adsorbentach ma charakter adsorpcji fizycznej.

Artykuł [H5] dotyczy również otrzymywania węgla aktywnego z melasy buraczanej. Surową melasę poddawano obróbce chemicznej przy pomocy KOH a następnie przeprowadzano karbonizację różnych temperaturach w przepływie mieszaniny azotu i ditlenku węgla. Habilitantka nie uzasadnia zmiany składu atmosfery gazowej. Adsorpcję CO_2 badano w temperaturze 0 ºC i pod ciśnieniem 1 bar. Najlepszy wynik **5,4 mmol/g** uzyskano, gdy karbonizacja prowadzona była w temperaturze 650 ºC. Do analizy danych doświadczalnych zastosowano modele Langmuira, Freundlicha, Sipsa, Totha, UNILAN, Fritza-Schlundera, Radke-Prausnitza, Temkina i Pyzheva, Dubinina-Radushkevicha i Jovanovicha. Najlepsze dopasowanie znaleziono stosując model Radke-Prausnitza.

Praca [H6] przedstawia wyniki badań nad wytwarzaniem mikroporowatych pianek węglowych z nanosfer węglowych produkowanych z sacharozy i ocenę ich zdolności adsorpcyjnej. Pianki węglowe były otrzymywane dwoma sposobami a następnie modyfikowane KOH i wygrzewane w atmosferze azotu. Stosunek masowy KOH do materiału węglowego w tym przypadku wynosił 1:2. Nie ma informacji, czym kierowano się dobierając proporcje reagentów. Badania

adsorpcji CO_2 wykazały korzystne właściwości wytworzonego materiału węglowego – **6,34** mmol/g (0 ºC, 1 bar). Wniosek o tym, że rozwijanie powierzchni właściwej i/lub objętości mikroporów sprzyja adsorpcji wydaje się oczywisty. W dalszych pracach [H7] do otrzymywania pianek węglowych wykorzystywano surowiec odpadowy, melasę buraczaną, zawierająca około 50 % sacharozy. Po syntezie w warunkach hydrotermalnych modyfikowano materiał węglowy KOH, tym razem w stosunku masowym 1:1 i 1:2, a następnie wygrzewano w atmosferze azotu w temperaturze 750 ºC. Adsorpcja CO_2 na tych piankach modyfikowanych większą ilością KOH wynosiła **6,13 mmol/g** (0 ºC, 1 bar). Habilitantka stwierdza, że możliwe jest sterowanie właściwościami tych adsorbentów, tak aby można je było wykorzystać w rozmaitych procesach przemysłowych. Nie precyzuje jednak, które to właściwości i jak można je modyfikować.

Artykuł [H8] to samodzielne opracowanie na temat otrzymywania biowęgli aktywnych z melasy buraczanej z wykorzystaniem syntezy hydrotermalnej. Produktem syntezy były nieporowate sfery węglowe. Po obróbce chemicznej z zastosowaniem KOH w proporcjach 1:1, 1:2 i 1:4 w stosunku do materiału węglowego, produkty różniły się morfologią. Mniejsza ilość KOH sprzyjała sferycznej strukturze, większa strukturze płatkowej. Najwyższa uzyskana wartość adsorpcji CO_2 wynosiła **7, 1 mmol/g** (0 ºC, 1 bar). Niewątpliwym osiągnięciem tej pracy było wykazanie, że poprzez umiejętną modyfikację chemiczną, jest możliwe wytworzenie porowatej mikrostruktury sfer węglowych bez naruszania ich integralności.

Jedna z prac w cyklu, [H9], poświęcona jest badaniom adsorpcji metanu na modyfikowanych alkaliami (KOH, K_2CO_3) komercyjnych węglach aktywnych FPV, WG-12 oraz CWZ-22. Wyniki tych badań potwierdziły skuteczność zastosowanej obróbki chemicznej w wytwarzaniu porowatej mikrostruktury tych węgli i znaczny wzrost adsorpcji CH_4 w stosunku do materiałów niemodyfikowanych. Eksperymenty prowadzone były w zakresie temperatury (25 – 160 ºC). Izotermy adsorpcji analizowano rozpatrując dziesięć opisywanych w literaturze modeli i najlepsze efekty dopasowania uzyskano w przypadku równania Sipsa.

Kolejne cztery prace cyklu, [H10] - [H13] dotyczą węgli aktywnych jako nośników katalizatorów w reakcjach izomeryzacji oraz utleniania α-pinenu, który jest pozyskiwany z drzew sosnowych i stanowi ważny surowiec w przemyśle perfumeryjnym, kosmetycznym, farmaceutycznym i spożywczym. W badaniach wykorzystano komputerowe wspomaganie modelowania procesów.

Wstępne eksperymenty wykonano na modyfikowanym KOH porowatym węglu aktywnym pochodzącym z przetwarzania skórek pomarańczy, z naniesioną w kolejnym etapie domieszką żelaza. Uzyskano zadowalające rezultaty: konwersję 37,5 % mol, selektywność reakcji prowadzącej do tlenku α-pinenu 14,9 % mol (90 ºC, zawartość katalizatora w mieszaninie reakcyjnej 1% wag., czas 24 godz.). Na podstawie tych badań opracowano model bliźniaka cyfrowego, który – jak pisze Habilitantka - w następnych pracach ułatwił wytworzenie pożądanej struktury i właściwości otrzymywanych materiałów. Artykuł [H11] przedstawia wytwarzanie porowatych materiałów węglowych ze skórek pomarańczy, fusów z kawy i łusek nasion słonecznika. Najpierw rozdrobnione surowce modyfikowano KOH a następnie karbonizowano w temperaturze 800 ºC w atmosferze azotu. Próby przeprowadzania na tych węglach reakcji izomeryzacji α-pinenu przebiegły pomyślnie. Stwierdzono, że na korzystne wyniki miały wpływ rozmiary porów oraz obecność w porach jonów potasu i chloru. W modelowaniu kinetyki reakcji izomeryzacji α-pinenu uwzględniono czynniki, które miały

dominujący wpływ na jej przebieg, co umożliwiało monitorowanie i symulacje procesu. Z tych badań wynika, że preparowane materiały węglowe są skuteczne jako katalizatory nawet bez domieszki żelaza.

W pracy [H12] węgle aktywne ze skórek pomarańczy wzbogacano powierzchniowo w żelazo stosując $FeCl_3$ w obecności H_3PO_4. Testy katalityczne przeprowadzano na trzech modyfikowanych węglach, spośród których najbardziej aktywny wytypowano do optymalizacji z wykorzystaniem wirtualnego modelu, w którym uwzględniono wpływ temperatury, ilości katalizatora, czasu reakcji na konwersję α-pinenu. W pracy [H13] badano katalizatory niklowe o różnej zawartości niklu na nośniku węglowym pochodzącym z fusów z kawy. Katalizator nanoszono albo metodą impregnacji roztworem soli niklu i redukcji wodorem albo metodą hydrotermalną w autoklawie w obecności odpowiedniego reduktora i stabilizatora. Co ciekawe, największą aktywnością i selektywnością odznaczały się katalizatory otrzymane metodą hydrotermalną, mimo dużo mniejszej zawartości niklu w materiale węglowym. Wykazano, że opracowany kinetyczny model przebiegu reakcji dobrze opisuje dane eksperymentalne.

Cykl publikacji przedstawiony przez Habilitantkę udowadnia, że umiejętne przetworzenie surowców odpadowych daje w efekcie cenne produkty węglowe, mogące konkurować z materiałami dostępnymi na rynku. Szkoda jednak, że Habilitantka nie pokusiła się o syntetyczny opis, krytyczną analizę i interpretację uzyskanych danych eksperymentalnych oraz sformułowanie klarownych wniosków z odniesieniem do aktualnego stanu wiedzy. W rezultacie, po zapoznaniu się z treścią cyklu publikacji czytelnik nie dostaje jasnego przekazu dotyczącego optymalnych warunków przetwarzania surowców odpadowych i dalszej obróbki ich powierzchni do zastosowań w procesach katalizy lub adsorpcji gazów. Habilitantka pokazuje pewne tendencje, ale nie wyjaśnia ich pochodzenia. Opis wpływu parametrów technologicznych na przebieg badanych procesów, nawet oparty na analizie wielowymiarowej, nie pozwala na uogólnienia, ponieważ nie odnosi się do zjawisk leżących u ich podstaw. W udostępnionych materiałach nie znajduje się uzasadnienia doboru parametrów zmiennych dla poszczególnych eksperymentów – rodzaj modyfikatorów, ich ilość, temperatura, atmosfera gazowa, czas trwania procesu, itp. Zauważyć można dodatkowo pewne nieścisłości w nazewnictwie: brak konsekwencji w stosowaniu terminów aktywator - modyfikator, katalizator - nośnik katalizatora, pianki węglowe - biowęgle aktywne - węgle aktywne, czy też brak konsekwencji w przedstawianiu charakterystyk adsorpcji. Charakterystyka powierzchni skupia się na opisie porowatości a dyskusja innych właściwości, istotnych z punktu widzenia mechanizmów reakcji katalitycznych lub procesów adsorpcji, jest dość ograniczona. Trzeba zaznaczyć, że w oryginalnych artykułach dyskusja jest bogatsza w treści.

Mimo wspomnianych niedociągnięć autoreferatu, uważam, że publikacje zawierają istotne elementy nowości, zwłaszcza w obszarze wykorzystania surowców odpadowych do produkcji wartościowych produktów o bardzo dobrych właściwościach użytkowych. Za wkład Habilitantki w rozwój inżynierii materiałowej jako dyscypliny badającej związki pomiędzy sposobem wytwarzania, mikrostrukturą i właściwościami materiałów, można uznać opracowanie technologii przetwarzania odpadów pochodzenia roślinnego w porowate materiały węglowe o właściwościach przydatnych do zastosowania w procesach adsorpcji gazów oraz w ważnych dla przemysłu reakcjach katalitycznych.

3. Ocena istotnych osiągnięć naukowych dydaktycznych i organizacyjnych

Na dorobek naukowy dr inż. Karoliny Kiełbasy składa się ogółem **33** publikacje (**28** po uzyskaniu stopnia doktora) opublikowane **w czasopismach z bazy Journal of Citation Reports**. Publikacje te uzyskały łącznie **3310** punktów według punktacji MEiN (**3000** po doktoracie). Sumaryczny współczynnik oddziaływania (**IF**) wynosi **116,15** (**109,651** po doktoracie). Liczba cytowań według bazy Web of Science – **266** (bez autocytowań – **237**) a współczynnik Hirscha – według bazy Web of Science – **8**. Według bazy Scopus liczba cytowań wynosi **290** a współczynnik Hirscha – **10**. Wartości danych naukometrycznych świadczą o znacznym zainteresowaniu środowiska naukowego tematyką prac Habilitantki. Wśród czasopism o międzynarodowym obiegu, w których ukazały się najczęściej cytowane publikacje współautorskie, znajdują się: *Applied Surface Science*, *Chemical Engineering Journal*, *Microporous and Mesoporous Materials*, *Materials*, *Industrial Crops and Products*.

Wyniki prac badawczych, w których uczestniczyła Habilitantka, były prezentowane w monografiach - **5 rozdziałów** (3 po doktoracie), w **10 referatach** (6 po doktoracie) i w **33 posterach** (17 po doktoracie) na konferencjach krajowych i zagranicznych, **33 streszczeniach konferencyjnych** (20 po doktoracie) oraz w **9 wielostronicowych publikacjach w materiałach konferencyjnych** (3 po doktoracie).

Dr inż. Karolina Kiełbasa była **kierownikiem 1 projektu** finansowanego przez NCN w konkursie MINIATURA w 2020 r. oraz **wykonawcą w 5 projektach** finansowanych przez MNiSW (2008 – 2012) oraz z Programu Badań Stosowanych (2014-2017). Uczestniczyła też pracach zespołów realizujących inne projekty: na potrzeby przemysłu (1) oraz na rzecz rozwoju młodej kadry naukowej (2). Może dziwić fakt, że po uzyskaniu stopnia doktora Habilitantka nie brała udziału w projektach badawczych krajowych lub międzynarodowych, mimo że współautorskie publikacje świadczą o współpracy z ośrodkami zagranicznymi.

Wśród ważnych osiągnięć trzeba wymienić ponadto współautorstwo 2 zgłoszeń patentowych: *„Sposób wytwarzania nanokrystalicznych azotków żelaza o strukturze krystalicznej”* (2016) oraz *„Katalizator rozkładu amoniaku i sposób wytwarzania katalizatora do rozkładu amoniaku”* (2016).

<u>Całokształt przedstawionego dorobku naukowego uwidacznia dużą aktywność Habilitantki w poszukiwaniu rozwiązań technologicznych, mających na celu zmniejszenie ilości uciążliwych odpadów (w tym gazów cieplarnianych), ich przetwarzanie i ponowne wykorzystanie do otrzymywania użytecznych produktów oraz umiejętność łączenia działalności naukowej z oczekiwaniami nowoczesnej gospodarki.</u>

<u>Działalność dydaktyczna Habilitantki zasługuje na wyróżnienie.</u> Obejmuje prowadzenie zajęć (laboratoria, ćwiczenia audytoryjne, wykłady) na studiach pierwszego i drugiego stopnia, na kierunkach technologia chemiczna, nanotechnologia, inżynieria materiałów i nanomateriałów, inżynieria w medycynie, budownictwo, chemical engineering oraz dla studentów programu Erasmus+. Tematyka tych zajęć jest niezwykle szeroka: technologia chemiczna, metody badań, surowce przemysłu chemicznego, podstawy informatyki, grafika komputerowa i techniki projektowania CAD, mechanika i wytrzymałość materiałów, maszynoznawstwo i aparatura przemysłu chemicznego, chemia budowlana, fizyka, analiza instrumentalna, chemia fizyczna, kataliza heterogeniczna, reaktory chemiczne. Habilitantka była **promotorem 9** zakończonych **prac dyplomowych (**6 inżynierskich i 3 magisterskich) a aktualnie - 2 prac dyplomowych w

toku. Wielokrotnie recenzowała prace dyplomowe, przewodniczyła komisjom egzaminacyjnym, pracowała w zespole hospitującym zajęcia dydaktyczne na kilku kierunkach studiów. Pełniła funkcję opiekuna roku. Ponadto jest **promotorem pomocniczym w dwóch przewodach doktorskich**: mgr Adrianny Kamińskiej „Badanie właściwości katalitycznych węgli aktywnych otrzymanych z biomasy" (promotor dr hab. inż. Joanna Sreńscek-Nazzal, prof. ZUT oraz mgr Joanny Siemak „Otrzymywanie węgli aktywnych z pestek awokado do adsorpcji CO_2" (promotor prof. dr hab. inż. Beata Michalkiewicz).

Brała udział w pracach nad aktualizacją siatki zajęć na kierunkach technologia chemiczna, nanotechnologia oraz inżynieria materiałów i nanomateriałów. Uczestniczyła również w przygotowaniu wniosku o utworzenie nowych kierunków studiów: Materials Science and Engineering oraz Inżynieria w Medycynie, który został nagrodzony laurem innowacyjności.

Została zaangażowana do projektu „Opracowanie siatek studiów (4 osie tematyczne) uwzględniających wyrównanie szans dostępu do edukacji (matematyki, fizyki, chemii) oraz projektu „Opracowanie profili wiedzy, umiejętności i kompetencji Szkół Tematycznych na poziomie S1 w formie raportu" w ramach programu „ZUT 4.0 Kierunek: Przyszłość nr POWR.03.05.00-00-Z205/18 w 2022 r. Ponadto w latach 2019 – 2023 była wykonawcą merytorycznym w projekcie restrukturyzacyjnym Z205/18POWR 3.5, ścieżka 2 ZUT 4.0 – Kierunek: Przyszłość a także w projekcie naukowo-badawczym „Przygotowanie opisów syntetycznych charakterystyk kwalifikacji pełnych właściwych dla szkolnictwa wyższego, do których nadawania uprawniony jest Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej ZUT.

Habilitantka jest niezwykle aktywna w działalności organizacyjnej. Była członkiem Rady Instytutu Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska. Od 2020 r. jest prodziekanem ds. studenckich i kształcenia na WTiICh, wydziałowym koordynatorem ds. punktów ECTS oraz członkiem rady ds. kształcenia, senackiej komisji ds. jakości kształcenia, komisji programowych kierunków technologia chemiczna, nanotechnologia, inżynieria materiałów i nanomateriałów, inżynieria w medycynie, Materials Science and Engineering. W latach 2021-23 przewodniczyła wydziałowej komisji rekrutacyjnej.

Habilitantka jest członkiem Polskiego Towarzystwa Chemicznego (2019-2022 w zarządzie oddziału zachodniopomorskiego), Europejskiego Towarzystwa Chemicznego oraz Polskiego Klubu Katalizy.

Od 2023 r. jest członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma *Polish Journal of Chemical Technology* oraz jednym z redaktorów wydania specjalnego czasopisma *Sustainability.*

Współpracuje jako recenzent z czasopismami *Applied Catalysis B – Environmental*, *Journal of CO_2 Utilization*, *Fuel*, *Foods*, *Molecules*, *Catalysis*, *Energy Sustainability and Society*, *Chemistry Select*, *Results in Chemistry*, *Polish Journal of Chemical Technology* oraz *Przemysł Chemiczny*. Sumarycznie wykonała 35 recenzji.

Była też członkiem komitetu organizacyjnego trzech konferencji naukowych: Postępy w katalizie heterogenicznej (2014), 11th Conference - Wasteless Technologies and Waste Management in Industry and Agriculture (2019), 24th Polish Conference of Chemical and Process Engineering (2023) oraz uroczystości 70-lecia WTiICh (2017).

W autoreferacie Habilitantka wykazała zaangażowanie we współpracę z przemysłem (Grupa Azoty Z. Ch. Police S.A., Polchar Sp. Z o.o.) w zakresie badań naukowych dotyczących takich zagadnień jak: dekarbonizacja przemysłu, energetyka jądrowa, gospodarka wodorowa, produkcja amoniaku i bieli tytanowej adsorpcja azotu i ditlenku węgla oraz w zakresie praktyk dla uczniów i studentów – Akademia wodorowa, Laboratoria przemysłowe, Laboratoria w powiększonej skali.

Była też kierownikiem, wykonawcą merytorycznym oraz konsultantem w 4 opracowaniach na zamówienie instytucji publicznych i przedsiębiorców oraz członkiem komisji konkursowej oceniającej kandydatów na stanowisko pracy doktorant-stażysta w projekcie finansowanym przez NCN.

Dr inż. Karolina Kiełbasa jest osobą, która z pasją popularyzuje naukę, m.in. w ramach Festiwali Nauki, Targów Edukacyjnych w Polsce i w Niemczech. Prowadziła warsztaty „Zaciekawić chemią" dla przedszkolaków, uczniów szkół podstawowych, ponadpodstawowych, warsztaty dla młodzieży na temat przedsiębiorczości, organizowała pokazy chemiczne.

Dr inż. Karolina Kiełbasa wykazuje wyjątkową dbałość o podwyższanie kwalifikacji oraz zdobywanie nowych umiejętności. Odbyła **5 staży w kraju i za granicą**, w tym 2 uczestnicząc w projektach: „Sieć Edukacyjna Innowacyjnej Przedsiębiorczości Akademickiej SEIPA (wrzesień 2009 – czerwiec 2010); „Przedsiębiorczość Akademicka – przyszłością województwa zachodniopomorskiego" (luty – czerwiec 2012); 1 staż naukowy w Grupie Azoty, Zakłady Chemiczne S.A. w Policach w Departamencie Strategii i Rozwoju (październik 2012 – kwiecień 2013); 1 staż szkoleniowy w Hiszpanii w ramach projektu „Stworzenie i wdrożenie systemu szkoleń i staży w zakresie energetyki jądrowej i technologii eksploatacji oraz rozpoznawania zasobów gazu łupkowego" (wrzesień – listopad 2015); 1 jako uczestnik programu „Liderzy w zarządzaniu uczelnią" MEiN w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój (czerwiec 2023). Staż w Hiszpanii zaowocował nawiązaniem trwałej współpracy, co dobrze ilustruje współautorstwo publikacji, widoczne również w cyklu przedstawionym jako osiągnięcie naukowe będące podstawą wniosku o wszczęcie postępowania awansowego.

Dwukrotnie brała udział w CoNan **Computational Nanotechnology Summer School** zorganizowanym na Politechnice Gdańskiej w ramach programu LLL Erasmus IP (2009 i 2010).

Jest przykładem pracownika, który konsekwentnie i świadomie kształtuje rozwój swojej kariery zawodowej. Uczestniczyła w kilkudziesięciu szkoleniach, m.in. z retoryki, wystąpień publicznych, porozumiewania i współpracy, technik blended-learning, technik prezentacji, rozwoju kompetencji miękkich, tworzenia materiałów dydaktycznych w otwartym dostępie, opracowania materiałów do zamieszczania w formie e-learning, skutecznego wyszukiwania danych w bazach danych, zarządzania informacją dla kadry dydaktycznej i zarządczej i administracyjnej, stosowania kodeksu postępowania administracyjnego w sprawach studenckich i doktoranckich, zarządzania zespołem, zasad finansowania w szkolnictwie wyższym, innowacyjności i zarządzania własnością intelektualną, ochrony własności intelektualnej, komercjalizacji wiedzy powstałej na uczelni, praktycznych aspektów zakładania spółek spin-off i spin-out, itp.

4. Ocena końcowa

Po zapoznaniu się z dokumentami stwierdzam, że Kandydatka formalnie spełnia ustawowe wymagania stawiane osobom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

W szczególności dorobek naukowy Kandydatki został istotnie powiększony po uzyskaniu stopnia doktora. Uwidacznia poszerzenie tematyki badań własnych o zagadnienia związane z wytwarzaniem węgli aktywnych z materiałów odpadowych pochodzenia roślinnego oraz ich wykorzystaniem jako sorbentów lub nośników katalizatorów. Liczba cytowań świadczy o tym, że wyniki badań publikowane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym są dostrzegane w gronie specjalistów.

W zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej Habilitantka spełnia zdecydowaną większość kryteriów wymienionych w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668, z późn. zm.).

Wniosek o nadanie dr Karolinie Kiełbasie stopnia naukowego doktora habilitowanego uważam za wystarczająco uzasadniony.

E. Godlewska