

prof. dr hab. Kazimierz Szymański
Politechnika Koszalińska
Wydział Inżynierii Lądowej, Środowiska
i Geodezji
ul. Śniadeckich 2
75-453 Koszalin

Koszalin, 11.02. 2025

RECENZJA

w sprawie nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego

Pani dr inż. Emilii den Boer w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych,

w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

1. Informacje wstępne

Rada Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej na podstawie art.221 ust. 5 ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r poz.1571) na posiedzeniu w dniu 18 grudnia 2024 powołała komisję habilitacyjną w postępowaniu w sprawie nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego Pani dr inż. Emilii den Boer w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, tym samym powierzyła mi funkcję recenzenta.

Kandydatka nie ubiegała się wcześniej o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego. Wykonawca recenzji oświadcza, że nie jest współautorem prac naukowych Kandydatki do stopnia naukowego doktora habilitowanego, ani nie uczestniczył wspólnie z Kandydatką w zespołach badawczych, realizujących projekty finansowe w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, nie prowadził wspólnie z Kandydatką prac naukowych w instytucjach naukowych, nie sporządzał recenzji o awans naukowy dr inż. Emilii den Boer w innych postępowaniach oraz nie pełnił funkcji promotora lub promotora pomocniczego w tych postępowaniach.

2. Otrzymane do recenzji dokumenty

W związku ze zleconą do opracowania recenzję, Rada Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka przekazała mi na nośniku elektronicznym następujące dokumenty w tym:

- dane wnioskodawcy,
- kopię dyplomu potwierdzającego uzyskanie stopnia naukowego doktora,
- autoreferat,
- wykaz opublikowanych prac naukowych oraz pozostałego dorobku habilitacyjnego,
- dzieło (monografię) opublikowane w całości,

- pismo przewodnie Rady Dyscypliny w sprawie powołania na recenzenta,
- uchwałę nr 115/05/RDND08/2024-2028 Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej z dnia 18 grudnia 2024 r w sprawie powołania składu komisji w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Emilii den Boer
- pismo przewodnie Rady Doskonałości Naukowej o powołaniu mojej osoby w skład komisji habilitacyjnej,
- autoreferat o osiągnięciach w działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej Habilitantki,
- wykaz osiągnięć naukowych ww. osoby, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny,
- zapis wkładu własnego w powstanie poszczególnych publikacji,
- nośnik elektroniczny zawierający podstawowe dokumenty Habilitantki w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego,
- umowy o dzieło na wykonanie recenzji skierowane do mojej osoby.

3. Przebieg rozwoju naukowego Kandydatki

W dniu 01.10.2024 r został złożony do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwa i Energetyki Politechniki Wrocławskiej wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr inż. Emilii den Boer w dziedzinie **nauk inżynieryjno-technicznych** w dyscyplinie **inżynieria środowiska, górnictwo i energetyki**. Habilitantka. Podstawę ubiegani się o stopień naukowy doktora habilitowanego stanowi monografia pt. "*Ocena możliwości osiągnięcia neutralności klimatycznej w gospodarce odpadami komunalnymi w kontekście wyników badań ich składu i właściwości.*"

4. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe dr inż. Emilii den Boer

1998 Stopień naukowy (tytuł zawodowy) magistra inżyniera (mgr inż.) na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej w specjalizacji: Ochrona Wody i Gleby

1999 Stopień naukowy (tytuł zawodowy) Master of Science (MSc) uzyskany na Wydziale Nauk i Polityki Ekologicznej na Uniwersytecie Europy Środkowej w Budapeszcie, dyplom akredytowany przez Uniwersytet Manchester

2006 Stopień naukowy: Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) w Katedrze Gospodarki Odpadami na Uniwersytecie Technicznym w Darmstadt w Niemczech. Tytuł rozprawy doktorskiej: *Nowatorskie rozwiązanie problemu modelowania emisji metali ciężkich ze składowisk odpadów w Ocenie Cyklu Życia przy uwzględnieniu procesów przetwarzania i składowania odpadów oraz długoterminowych przemian w składowiskach.* Rozprawę doktorską obroniła z wyróżnieniem.

2008 **Habilitantka** nostryfikowała dyplom uzyskany na uczelni niemieckiej przez Radę Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Uzyskany stopień uznawany jest za równorzędny ze stopniem naukowym doktora nauk technicznych w zakresie dyscypliny naukowej „Inżynieria Środowiska” i specjalności naukowej „Gospodarka Odpadami”.

5. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu Habilitantki w jednostkach naukowych

W latach 2001–2005 była zatrudniona na stanowisku pracownika naukowego w Instytucie Zaopatrzenia w Wodę, Oczyszczania ścieków, Technologii Odpadów, Przemysłowych Obiegów Materii, Planowania Środowiskowego i Przestrzennego (IWAR) w Katedrze Gospodarki Odpadami na Uniwersytecie Technicznym w Darmstadt (Niemcy).

W 2008 r. podjęła pracę na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej, początkowo w Instytucie Inżynierii Ochrony Środowiska, w Zakładzie Technologii Odpadów i Remediacji Gruntów Politechniki Wrocławskiej, który został przekształcony na Katedrę Inżynierii Ochrony Środowiska. Obecnie jest to Katedra Gospodarki Wodno-Ściekowej i Technologii Odpadów.

6. Staże naukowe, zawodowe i wyróżnienia

Staż w ramach Teaching Mobility Erasmus+, w University of Muhammadiyah w Malang (Indonezja) w okresie 22.10.2018–26.10.2018 (1 tydzień), w celu prowadzenia zajęć dydaktycznych i nawiązania współpracy naukowej.

Staż w ramach współpracy z Savonia University of Applied Sciences (Kuopio w Finlandii) w okresie 10–22.02.2014 (2 tygodnie) w celu realizacji wspólnych badań w pilotażowej biorafinerii w ramach projektu Above oraz udział i wygłoszenie referatu podczas seminarium KOKOEKO zorganizowanego przez ww. Uniwersytet w dniu. 11.02.2014.

Stypendium naukowe Fundacji im. Nowickiego i Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) dla absolwentów ochrony środowiska, realizowane w Instytucie WAR, w Katedrze Gospodarki Odpadami na Uniwersytecie Technicznym w Darmstadt w okresie: 04.2000–12.2000 (9 miesięcy), w tym odbyła letnią praktykę w dziale technicznym Procter&Gamble w Schwalbach w Niemczech (3 miesiące).

Stypendium Fundacji Batorego na studia podyplomowe, zakończone uzyskaniem stopnia MSc na kierunku: Nauka i Polityka Ekologiczna na Uniwersytecie Europy Środkowej (CEU) w Budapeszcie w okresie 09.1998–08.1999 (1 rok). Stypendium było realizowane w ramach Europejskiego Programu Wymiany Tempus, prowadzone na Uniwersytecie Glamorgan w Wielkiej Brytanii, Studia Nauk Środowiska na Wydziale Nauk Stosowanych w okresie 01.1997–06.1997 (6 miesięcy).

7. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z 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 zm.)

Jako osiągnięcie wynikające z ww. aktu prawnego jest monografia autorstwa Habilitantki pod tytułem „Ocena możliwości osiągnięcia neutralności klimatycznej w gospodarce odpadami komunalnymi w kontekście wyników badań ich składu i właściwości” Wydawnictwo: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2024

Recenzenci wydawniczy: prof. dr hab. inż. Andrzej Jędrzak oraz dr hab. inż. Przemysław Bukowski.

W niniejszej pracy Habilitantka nawiązuje do założeń Europejskiego Zielonego Ładu, zakładającego, że w 2050 roku państwa członkowskie UE będą mogły uzyskać tzw. neutralność klimatyczną. Państwa członkowskie Unii Europejskiej zakładają, że jest to możliwe poprzez ograniczenie tzw. „ślądu węglowego”. Tak poważne wyzwanie wymaga wspólnego zaangażowania wielu podmiotów. Stopniowo, coraz więcej przedsiębiorstw i jednostek administracyjnych będzie zobowiązanych do redukcji emisji gazów cieplarnianych i raportowania postępów w tym zakresie. Ocenia się, że głównym źródłem emisji gazów cieplarnianych w Polsce jest energetyka oparta na paliwach kopalnych a też dodatkowo procesy zagospodarowania/unieszkodliwiania odpadów. Zauważa się, że procesy odzysku odpadów mogą również przyczyniać się do ograniczania emisji gazów cieplarnianych, dzięki zastępowaniu konwencjonalnych procesów wytwórczych i energetycznych w gospodarce na nowe technologie. Działania te powinny być realizowane zgodnie z polityką gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ). Jak zauważa Habilitantka priorytetem jest ograniczenie ilości wytwarzanych odpadów, w tym komunalnych. Zagospodarowania odpadów a tym samym podniesienie poziomu przygotowania do ponownego użycia poprzez udział recyklingu odpadów komunalnych do 2035 roku pozwoli na zmniejszenie ich do poziomu 65%, natomiast składowanie, przy jednoczesnym ograniczeniu składowania, do 10% i o 55% do 2030 roku. Uzyskanie, w dalszej perspektywie, neutralności klimatycznej tego sektora odbędzie się dzięki pozyskaniu surowców i energii z odpadów, również w warunkach polskich. Takie rozumowanie przewija się przez większość dorobku naukowego recenzowanej, która formułuje problem badawczy w opublikowanej monografii, załączonej do recenzowanych materiałów. Problem badawczy zawarty w monografii stanowi pytanie „czy możliwe jest ograniczenie emisji gazów cieplarnianych z gospodarki odpadami komunalnymi w dużym mieście” (na przykładzie Wrocławia). W pracy przedstawiła wyniki badań własnych i analiz, które posłużyły do znalezienia odpowiedzi na tak sformułowany problem badawczy. W tym przypadku porusza konieczność ograniczenia ślądu węglowego, przy planowaniu nowych inwestycji, tym samym zwraca uwagę na dobór i rozwój inwestycji związanych z zagospodarowaniem odpadów i produkcją energii. Wówczas istotne są badania ilościowo-jakościowe charakterystyki odpadów dostępnych do zagospodarowania. Najważniejszym wkładem własnym Habilitantki przedstawionym w niniejszej monografii jest opracowana, na podstawie wyników badań własnych długoterminowa prognoza efektów (w szczególności ślądu węglowego) i wdrożenia technologii odzysku energii z odpadów komunalnych w przypadku konkretnej lokalizacji.

W ramach badań własnych Habilitantka analizowała właściwości technologiczne wybranych strumieni bioodpadów pochodzenia komunalnego, zmienność ilościowo-jakościową tych odpadów w zależności od pory roku oraz zależności między ich poszczególnymi wskaźnikami fizykochemicznymi i mikrobiologicznymi. Celem badań było określenie potencjału produkcji biogazu z odpadów komunalnych, pozyskanych w różnych wariantach zbiórki selektywnej. Badania prowadzono były w cyklu rocznym, odrębnie dla bioodpadów pochodzenia roślinnego (tzw. odpadów zielonych) i bioodpadów kuchennych.

Kolejnym potencjalnym źródłem energii są odpady resztkowe (zmieszane i pozostałości z sortowania selektywnie zebranych). W pracy zawarto szczegółową charakterystykę ich właściwości paliwowych, opartą na analizach składu morfologicznego i wynikach badań

fizykochemicznych poszczególnych składników materiałowych, zawartych w odpadach zmieszanych. Badania prowadzone przez okres jednego roku, a ich wyniki uwzględniają zmienność sezonową i są w pełni wiarygodne.

Przedstawione wyniki badań bioodpadów i odpadów zmieszanych posłużyły do oceny możliwości wykorzystania do 2040 roku a tym do określenia potencjału energii zawartej w odpadach komunalnych, ze szczególnym uwzględnieniem części energii pochodzącej z biomasy. Analiza materiału odpadowego została wykonana na przykładzie Wrocławia, jako dużego miasta o wysokim wskaźniku wytwarzania odpadów komunalnych, obecnie nieposiadającego infrastruktury odzysku energii z odpadów. Prognozę dostępnych do zagospodarowania strumieni bioodpadów i odpadów resztkowych Habilitantka opracowała, z uwzględnieniem dotychczasowych efektów selektywnej zbiórki odpadów, jak również celów GOZ w zakresie przygotowania do ponownego użycia i recyklingu odpadów komunalnych.

W dalszej części pracy analizie poddała przyszłe efekty zagospodarowania bioodpadów i odpadów resztkowych z Wrocławia w dwóch wariantach:

- Wariant docelowym, polegającym na maksymalizacji odzysku energii z selektywnie zebranych bioodpadów w instalacji suchej fermentacji i odpadów resztkowych w instalacji termicznego przekształcania odpadów komunalnych (ITPOK), przewidywany do wdrożenia od 2025 roku.
- Wariant drugi przewiduje kontynuację dotychczasowego modelu zagospodarowania selektywnie zebranych bioodpadów poprzez kompostowanie odpadów resztkowych w procesie mechaniczno-biologicznego przetwarzania (MBP), i uwzględnia na etapie końcowym odzyskanie lub unieszkodliwienie wydzielonych tam frakcji.

Wyniki uzyskane w obu wariantach odniesiono do danych za 2021 rok, stanowiący „rok bieżący” (rok odniesienia) w przedstawionej analizie. Wnioski z przeprowadzonych badań i analizy są następujące:

- W całym analizowanym okresie (2021–2040) odpady resztkowe, pomimo wydzielenia z nich strumienia odpadów surowcowych do recyklingu, wykazują wartość opałową umożliwiającą poddanie ich procesom odzysku energii.
- Z porównania bilansów masowych zagospodarowania odpadów w obu wariantach wynika, że jedynie model docelowy (oparty na fermentacji i odzysku energii z odpadów w ITPOK w powiązaniu z zagospodarowaniem żużli i popiołów paleniskowych) umożliwia spełnienie wymagań w zakresie ograniczenia masy składowanych odpadów do 10% w 2035 roku. Ponadto wariant ten umożliwia pozyskanie energii elektrycznej i ciepła z większego strumienia odpadów, co przekłada się na zdecydowanie korzystniejszy bilans emisji niż wariant oparty na kontynuacji obecnego modelu zagospodarowania odpadów;
- Ilość energii elektrycznej możliwej do pozyskania w latach 2025–2040 z odpadów resztkowych w ITPOK wynosi od 247 do 238 kWh/Mg oraz ciepła, odpowiednio od 1031 do 991 kWh/Mg. W analogicznym czasie jednostkowa produkcja energii elektrycznej netto dla instalacji fermentacji zmienia się od 82 do 101 kWh/Mg oraz ciepła od 254 do 305 kWh/Mg. W łącznym bilansie odzysku energii w roku 2025 89,3% stanowi energia pozyskana z

odpadów resztkowych. Do 2040 roku prognozowany udział energii elektrycznej wytworzonej w procesie fermentacji wzrośnie do (może o) 19,4%.

- Cała energia wytworzona w procesie fermentacji jest energią z OZE. W przypadku ITPOK, zależy to od udziału energii pochodzącej z biomasy w końcowym bilansie energetycznym. Na podstawie wyników badań potwierdza, że udział OZE w odpadach resztkowych zmieni się w tym okresie od 39,7% w 2025 do 37,8% w 2040 roku. Odzysk energii z OZE wyniesie od 98 do 90 kWhel, na 1 Mg odpadów resztkowych, podczas gdy pozostałe od 154 do 148 kWhel/Mg.

- Łączny udział OZE w energii elektrycznej wytworzonej z odpadów w wariantcie docelowym w latach 2025–2040, wzrasta z 46,1 do 49,9%. Analiza bilansu energetycznego Habilitantki z odpadów wynika z jej wszechstronnych badań własnych, jak też z doświadczeń polskich i międzynarodowych.

Kolejne etapy badań, analizowane w niniejszej monografii, dotyczyły obliczenia emisji gazów cieplarnianych w obydwu wariantach zagospodarowania odpadów (kontynuacji obecnego i docelowego) w perspektywie do 2040 roku. Przy obliczeniu poziomu emisji gazów cieplarnianych uwzględniono, zgodnie z metodyką oceny cyklu życia (ang. *Life Cycle Assessment – LCA*), zarówno emisje związane z procesem przetwarzania odpadów, jak i tzw. uniknięte emisje, wynikające z zastąpienia konwencjonalnej produkcji energii i pozyskiwaną energią z odpadów. W obu wariantach uwzględnione zostały produkty nawozowe pozyskane z bioodpadów, odzysk energii z paliwa z odpadów (ang. *refused derived fuel – RDF*) zastępującego węgiel w cementowni oraz wykorzystanie produkowanej w skojarzeniu energii elektrycznej i ciepła.

Przyjęcie danych z bilansu procesów zagospodarowania na podstawie instalacji funkcjonujących w Polsce i za granicą nie zawsze są wiarygodne, gdyż wraz z rozwojem technologii przetwarzania odpadów mogą być osiągnęte coraz lepsze wyniki. Habilitantka zwraca uwagę, że oprócz samych technologii w bilansie emisji gazów cieplarnianych winny być uwzględnione również emisje podczas zbiórki i transportu odpadów. Ponadto zgodnie z metodyką Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (ang. *Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) określono emisję gazów cieplarnianych w roku bazowym (1990). Niestety wówczas niemal w całości odpady komunalne kierowane były na składowiska/wysypiska o bardzo niskim poziomie wyposażenia tych instalacji w niezbędne wyposażenie techniczne. Badania Habilitantki "ślądu węglowego" w zróżnicowanych warunkach środowiskowych wykazały, że:

- w obydwu wariantach emisje netto gazów cieplarnianych są ujemne w okresie objętym analizą. W wariantcie docelowym jednostkowa wartość wskaźnika emisji gazów cieplarnianych w latach 2025–2040 zmienia się od -72 kg CO₂-eq/Mg w 2025 roku przez najbardziej korzystną wartość -81 kg CO₂-eq/Mg w 2035 roku, do -57 kg CO₂-eq/Mg w 2040 roku (w przeliczeniu na Mg łącznie zagospodarowanych bioodpadów i odpadów resztkowych).

- W wariantcie kontynuacji obecnego modelu wartość jednostkowego wskaźnika emisji jest również ujemna w całym okresie badań, jednak korzyść dla środowiska jest tu mniejsza (odpowiednio od -28 kg CO₂-eq/Mg w 2025 do -22 kg CO₂-eq/Mg w 2040 roku).
- Od roku bazowego (1990) do roku 2021 nastąpiła skokowa zmiana w zakresie oddziaływania systemu gospodarki odpadami na środowisko – z obciążenia emisjami gazów cieplarnianych na poziomie 140 765 Mg CO₂-eq w 1990 roku do ujemnego bilansu emisji na poziomie -17 643 Mg CO₂-eq w 2021 roku i -18 941 Mg CO₂-eq w 2030 roku, a w dłuższej perspektywie -12 829 Mg CO₂-eq do roku 2040. Dotyczy to wyłącznie zagospodarowania wymienionych dwóch strumieni odpadów, do tego należy doliczyć korzyści wynikające z recyklingu odpadów surowcowych, które nie zostały uwzględnione w ramach niniejszej pracy. Oznacza to, że korzyść dla środowiska z odzysku energii z odpadów jest bardzo znacząca, a system zagospodarowania odpadów generuje ujemne emisje. W tym kontekście, system gospodarki odpadami spełnia cele Europejskiego Zielonego Ładu już obecnie, zarówno do roku 2030, jak i w zakresie neutralności klimatycznej w 2050 roku. Traktując odpady jako paliwo, przez analogię do paliw kopalnych, można wyliczyć prognozowany wskaźnik emisyjności dla produkcji energii elektrycznej i ciepła z odpadów. Wartość prognozowanego wskaźnika emisyjności dla produkcji energii elektrycznej z odpadów w ITPOK wynosi 373 kg CO₂-eq/MWh_{el} w 2025 roku, co stanowi ok. 50% wartości wskaźnika emisyjności energii elektrycznej dla Wrocławia w 2021 roku. W tym kontekście energia z ITPOK wypada korzystniej niż energia z instalacji fermentacji, dla której prognozowany wskaźnik emisyjności na 2025 rok wynosi 459 kg CO₂-eq/MWh.

Prognozowana na 2030 rok, redukcja emisji przy wytworzeniu energii elektrycznej z odpadów wyniosłaby 69,8% w stosunku do 1990 r, czyli więcej niż wymagane 55%. Wyniki badań dowodzą, że wykorzystanie odpadów jako alternatywnego paliwa dla energetyki pozwoli spełnić do 2030 roku wymóg redukcji emisji gazów cieplarnianych o 55% w stosunku do poziomu emisji w 1990 roku z dużą nadwyżką. Wskazują również, że w okresie przejściowym w drodze dochodzenia do neutralności klimatycznej odzysk energii z odpadów zawierających biomasę stanowi bardzo korzystną alternatywę dla paliw kopalnych i powinien być wdrażany priorytetowo. W pracy wykazano, że odzysk energii w ITPOK nie jest konkurencyjny w stosunku do wymogów GOZ, a tym samym stanowi jego ważny element.

Podsumowując, wyniki badań odpadów na terenie Wrocławia pozwoliły potwierdzić hipotezę badawczą odnośnie możliwości ograniczenia emisji gazów cieplarnianych z gospodarki odpadami, zgodnie z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu. Przedstawione w opracowaniu rezultaty badań, analiz procesów i synteza aktów prawnych oraz stosowanych wytycznych oraz praktyk w tym zakresie, stanowią bazę do analizy śladu węglowego wytwarzanego przez inne technologie. Zastosowanie zaproponowanej metodyki oceny rzeczywistych emisji w powiązaniu z morfologią odpadów, pozwala na określenie wiarygodnych wskaźników energetycznych i środowiskowych, analizowanych technologii zagospodarowania odpadów.

8. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Dorobek naukowy Habilitantki obejmuje łącznie 255 prac. Prace publikowane stanowi: 6 monografii i książek, 36 rozdziałów w monografiach i książkach, 1 podręcznik, 57 artykułów (w tym 18 z IF), 56 referatów konferencyjnych (w tym 5 indeksowanych w WoS) oraz współredaktorstwo 2 prac zbiorowych. Spośród prac niepublikowanych jest autorką lub współautorką 85 raportów, 7 niepublikowanych materiałów konferencyjnych oraz 5 prac popularnonaukowych.

W okresie przed uzyskaniem stopnia doktora (1999–2006) dorobek Habilitantki obejmował 17 prac. Spośród nich opublikowała 9 prac, w tym:

- 4 rozdziały w monografiach i książkach,
- 4 referaty konferencyjne, a ponadto była współredaktorem 1 pracy zbiorowej.

W okresie przed doktoratem była: współautorką 3 raportów, 4 materiałów konferencyjnych niepublikowanych i 1 pracy popularnonaukowej. Pozostałe 238 prac, w tym 51 indywidualnych, pochodzi z okresu 2007–2024, czyli po uzyskaniu stopnia doktora. Spośród nich opublikowała 149 prac, w tym:

- 6 monografii i książek, w tym jedną samodzielnie, będącą publikacją doktoratu;
- 32 rozdziały w monografiach i książkach, w tym 7 samodzielnych,
- 18 artykułów w punktowanych czasopismach naukowych bez IF, w tym 6 samodzielnych,
- 21 innych artykułów, w tym 10 samodzielnych,
- 5 referatów konferencyjnych indeksowanych w bazie Web of Science,
- 47 pozostałych referatów konferencyjnych, w tym 19 samodzielnych, a ponadto była współredaktorem 1 pracy zbiorowej.

W tym okresie była też współautorką 89 prac niepublikowanych, w tym 82 raportów, 3 prac w materiałach konferencyjnych i 4 prac popularnonaukowych.

Habilitantka dane te ilustruje w załączonej do oceny tabeli 1 (monografia Habilitantki). Przedkłada tam strukturę i liczbowe zestawienie własnego dorobku z podziałem na okresy: przed uzyskaniem stopnia doktora i po uzyskaniu stopnia doktora.

Całkowity IF prac Habilitantki wynosi 56,162. Wszystkie prace z IF dotyczą okresu po uzyskaniu stopnia doktora. Wskaźniki bibliometryczne (liczba prac, liczba cytowań, indeks Hirscha) dorobku naukowego, w zależności od bazy, wynoszą:

- Web of Science: liczba prac: 34, liczba cytowań: 454/430, indeks Hirscha: 10.
- Scopus: liczba prac: 31, liczba cytowań: 463, indeks Hirscha: 9.
- Google Scholar: liczba prac: 106, liczba cytowań: 1066, indeks Hirscha: 14, 1 bez autocytań

Wykaz opublikowanych prac naukowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki” zostały zawarte w opisie bibliograficznym

wybranych prac. Omówiła również własne zainteresowania i osiągnięcia naukowe (w porządku chronologicznym)

9. Okres przed uzyskaniem stopnia doktora (1999–2006)

W okresie przed uzyskaniem stopnia doktora zainteresowania naukowe Habilitantki dotyczyły następujących tematów:

1. Ekoprojektowanie urządzeń w kontekście zagospodarowania odpadów poprodukcyjnych.
2. Modelowanie procesów zachodzących podczas przetwarzania odpadów wraz z Oceną Cyklu Życia systemów gospodarki odpadami.
3. Specjację metali ciężkich w surowych i przetworzonych odpadach komunalnych oraz modelowanie ich długoterminowych emisji ze składowisk odpadów.

10. Informacje o znaczących czasopismach w których publikowała

Artykuły naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)

1. Jarosław Hermaszewski, Ewa Łobos-Moysa, Izabela Zimoch, Joanna Kalka, Bartosz Kaźmierczak, Emilia den Boer (2023) Enhancing duc kweed cultivation for sustainable energy and wastewater management in wastewater treatment plant. Desalination and Water Treatment. 2023, vol. 316, s. 692-700.

2. Jan den Boer, Przemysław Kobel, Emilia den Boer, Gudrun Obersteiner: (2023). Food waste quantities and composition in Polish households. Waste Management & Research. 2023, vol. 41, nr 8, s. 1318-1330..

3. Przemysław Seruga, Małgorzata Krzywonos, Emilia den Boer, Łukasz Niedźwiecki, Agnieszka M. Urbanowska, Halina Pawlak-Kruczek (2023) Anaerobic digestion as a component of circular bioeconomy - case study approach. Energies. 2023, vol. 16, nr 1, art. 140, s. 1-13.

4. Kamil Banaszekiewicz, Iwona Pasiecznik, Wojciech Cieżak, Emilia den Boer (2022) Household e-waste management: a case study of Wrocław, Poland. Sustainability. 2022, vol. 14, nr 18, art. 11753, s. 1-17.

5. Marcin J. Pawnuk, Bartosz Szulczyński, Emilia den Boer, Izabela Sówka (2022) Preliminary analysis of the state of municipal waste management technology in Poland along with the identification of waste treatment processes in terms of odor emissions. Archives of Environmental Protection. 2022, vol. 48, nr 3, s. 3-20.

6. Hongzhi Ma, Ziqiang Yu, Wenyu Wu, Penglu Fu, Changlei Xia, Su Shiung Lam, Emilia den Boer, Qunhui Wang, Ming Gao (2022) Effects of ethanol addition on caproic acid production and rumen microorganism community structure from straw fermentation. Fuel (Guildford). 2022, vol. 327, art. 125142, s. 1-9.

7. Emilia den Boer, Kamil Banaszekiewicz, Jan den Boer, Iwona Pasiecznik (2022) Energy recovery from waste - closing the municipal loop. Energies. 2022, vol. 15, nr 3, art. 1246, s. 1-20.

8. Ziqiang Yu, Hongzhi Ma, Emilia den Boer, Wenyu Wu, Qunhui Wang, Ming Gao, Dai-Viet N. Vo, Ming Guo, Changlei Xia (2022) Effect of micro wave/hydrothermal combined ionic liquid pretreatment on straw: rumen 1,0 3,7 3,0 3,9 1,5 7,4 3,2 8,3 100 70 140 100 100 140 140 100 7 anaerobic fermentation and enzyme hydrolysis. *Environmental Rese arch*. 2022, vol. 205, art. 112453, s. 1-7.

9. Jan den Boer, Gudrun Obersteiner, Sebastian Gollnow, Emilia den Boer, Renata Bodnárné Sándor (2021) Enhancement of food waste management and its environmental consequences. *Energies*. 2021, vol. 14, nr 6, art. 1790, s. 1-18.

10. Emilia den Boer, Jan den Boer, Elias Hakalehto (2020) Volatile fatty acids production from separately collected municipal biowaste through mixed cultures fermentation. *Journal of Water Process Engineering*. 2020, vol. 38, art. 101582, s. 1-10

11. Jan den Boer, Arkadiusz Dyjakon, Emilia den Boer, Daniel Garcia Galindo, Techane Bosona, Girma Gebresenbet (2020) Life-cycle assessment of the use of peach pruning residues for electricity generation. *Energies*. 2020, vol. 13, nr 11, art. 2734, s. 1-16,

12. Arkadiusz Dyjakon, Jan den Boer, Antoni Szumny, Emilia den Boer (2019) Local energy use of biomass from apple orchards - an LCA study *Sustainability*. 2019, vol. 11, nr 6, art. 1604, s. 1-16.

13. Emilia den Boer, Andrzej Jędrzak, Jan den Boer, Tadeusz Butrymowicz (2018) Factors affecting the reproducibility of waste sampling and composition analyses. *Environmental Engineering and Management Journal*. 2018, vol. 17, nr 11, s. 2755-2766.

14. Daria Lewandowska, Emilia den Boer (2017) Economic efficiency of processing biodegradable waste in dry anaerobic digestion and composting technologies under the Polish market conditions. *Environment Protection Engineering*. 2017, vol. 43, nr 3, s. 269-286.

15. Emilia den Boer, Agnieszka Łukaszewska, Władysław Kluczkiewicz, Daria Lewandowska, Kevin King, Tero Reijonen, Tero Kuhmonen, Anssi Suhonen, Ari Jääskeläinen, Anneli Heitto, Reino Laatikainen, Elias Hakalehto (2016) Volatile fatty acids as an added value from biowaste. *Waste Management*. 2016, vol. 58, s. 62-69.

16. Emilia den Boer, Jan den Boer, Jadwiga Jaroszyńska, Ryszard Szpadt (2012) Monitoring of municipal waste generated in the City of Warsaw. *Waste Management & Research*. 2012, vol. 30, nr 8, s. 772-780. 3,252 5,485 3,004 2,576 1,186 0,486 4,030 1,047 150 100 140 100 .

17. Emilia den Boer, Andrzej Jędrzak, Zygmunt Kowalski, Joanna Kulczycka, Ryszard Szpadt: A review of municipal solid waste composition and quantities in Poland. *Waste Management*. 2010, vol. 20, nr 3, s. 369-377.

Jan den Boer, Emilia den Boer, Johannes Jager (2007) LCA-IWM: a decision support tool for sustainability assessment of waste management systems. *Waste Management*. 2007, vol. 27, nr 8, s. 1032-1045.

Publikacje posiadające współczynnik IF - pozycje: 2 - 4, 6 - 12 i 15 - 17 są punktowane, zgodnie z kryteriami ministerialnymi od 100 do 140 punktów.

11. Informacja o innych rodzajach działalności naukowej i wdrożeniowej Habilitantki

W latach 2002–2005, w okresie przed doktoratem Habilitantka zajmowała się również modelowaniem emisji metali ciężkich ze składowisk odpadów na potrzeby doskonalenia metodyki Oceny Cyklu Życia. W ramach badań własnych przeprowadziła szereg analiz emisji i form wiązania metali ciężkich w odpadach surowych oraz ich zmian podczas procesów przetwarzania i składowania. Do badań wykorzystwała instalacje mechaniczno-biologicznego przetwarzania, lizymetry symulujące warunki panujące w składowisku oraz odpady pochodzące ze spalarni. Otrzymane wyniki oraz algorytm prognozowania długoterminowych emisji metali ciężkich ze składowisk włączyła do modelu gospodarki odpadami, opracowanego w ramach projektu LCA-IWM. Wyniki badań własnych stanowiły podstawę rozprawy doktorskiej, którą obroniła z wyróżnieniem na Uniwersytecie Technicznym Darmstadt. Wyniki badań zawarte zostały również w monografii stanowiącej dzieło przedłożone w celu uzyskania stopnia naukowego oraz w referatach konferencyjnych. Postępowanie nostryfikacyjne uzyskanego przez Habilitantkę stopnia naukowego Dr.-Ing. przeprowadzone zostało na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Po uzyskaniu stopnia doktora lata (2007–2024) kontynuowała niektóre rozpoczęte wcześniej tematy badawcze, jak również podjęła nowe zadania.

W latach 2009–2014 zajmowała się głównie tematyką związaną z wykorzystaniem odpadów w sieciach przemysłowych, w związku z realizacją dużego projektu badawczego *ZeroWIN – W kierunku redukcji odpadów w sieciach przemysłowych* w ramach VII Programu Ramowego Badań, finansowanego przez Unię Europejską. Badania dotyczyły opracowania koncepcji efektywnego wykorzystania zasobów w przemyśle poprzez wymianę odpadów i produktów ubocznych pomiędzy odmiennymi przedsiębiorstwami i branżami przemysłu, w formie tzw. symbiozy przemysłowej. Głównym zadaniem było opracowanie koncepcji, metodyki i koordynacja wdrożenia dziesięciu studiów przypadku, realizowanych w branżach reprezentowanych przez partnerów Konsorcjum: technologii informacyjno-komunikacyjnych (IT), budowlanej, fotowoltaicznej i samochodowej. W ocenie efektów wdrożeń wykorzystywana była metodyka LCA. Wyniki projektu wniosły istotny wkład w budowanie strategii gospodarki o obiegu zamkniętym w europejskich przedsiębiorstwach. Zostały one opublikowane w serii artykułów, których jest współautorką, rozdziałach książek oraz w referatach konferencyjnych. Od 2010 roku zajmuje się oceną potencjału odzysku energii z różnych frakcji odpadów, co wynikało z udziału w projekcie *REMOWE – Regionalne Działania na rzecz Zrównoważonego Odzysku Energii z Odpadów* w ramach Programu Regionu Morza Bałtyckiego (2010–2012). Głównym zadaniem Habilitantki było oszacowanie potencjału energii odnawialnej z różnych strumieni odpadów dostępnych w regionie Dolnego Śląska (z rolnictwa, przemysłu i miast) oraz zestawienie i wykonanie bilansu porównawczego dla wybranych regionów europejskich objętych projektem (w Finlandii, Estonii i Szwecji oraz na Litwie). W ramach projektu dokonano szczegółowej oceny stanu wdrożenia odzysku energii z odpadów. Prowadzone wówczas badania składu i właściwości odpadów, w tym potencjału produkcji biogazu. We współpracy z badaczami z Uniwersytetu w Kuopio uczestniczyła w opracowaniu modelu wyboru lokalizacji biogazowni,

opisanego w monografii. Końcowe rekomendacje dotyczące strategii wykorzystania energii zawartej w odpadach zostały zawarte w wieloautorskich książkach, w artykułach, referatach konferencyjnych oraz licznych raportach.

Po roku 2012 etapem kolejnym etapem badań były biorafinerie zapewniające recykling organiczny wybranych frakcji bioodpadów do produktów i energii wykorzystywanych w gospodarce. Tematyka ta jest ściśle związana z kolejnym międzynarodowym projektem badawczym, w którym uczestniczyła i kierowała z ramienia Politechniki Wrocławskiej: *Abowe – Wdrożenie zaawansowanych technologii związanych z odzyskiem bioodpadów*. W 2014 roku główne zadanie realizowane przez kierowany przez Habilitantkę związane było z przeprowadzeniem serii badań w pilotażowej biorafinerii oraz opracowanie studium wykonalności dla testowanej technologii. Badania dotyczyły możliwości wytwarzania m.in. średnio- i długołańcuchowych lotnych kwasów tłuszczowych z różnego rodzaju biomasy odpadowej, głównie bioodpadów kuchennych oraz odpadów z przemysłu ziemniaczanego. Wyniki zawarte zostały w raportach dotyczących eksploatacji biorafinerii w warunkach polskich ze wskazaniem rekomendacji dla wdrożenia procesu. Wyniki badań publikowane były w renomowanych czasopismach oraz w rozdziałach monografii. Ponadto, dzięki doświadczeniu z zakresu recyklingu bioodpadów, w roku 2013 otrzymała nominację na członka Panelu ds. Biogospodarki przy Komisji Europejskiej (Bioeconomy Panel), którego celem było wspieranie prac Komisji w zakresie racjonalnego wykorzystania surowców odnawialnych. Reprezentowała tam środowisko naukowe, związane z tematyką odzysku bioodpadów. Po roku 2008 roku zrealizowałam wiele projektów i zleceń badawczych związanych z badaniem morfologii i właściwości technologicznych odpadów. Na podstawie wykonanych badań oraz pozyskanych danych opracowane zostały przeglądowe publikacje współautorskie. W szczególności wyniki z dwóch szeroko zakrojonych, prowadzonych w cyklach rocznych, badań ilości i składu odpadów komunalnych pochodzących z terenu gminy Wrocław, realizowanych w latach 2017/18 i 2022/23, pozwoliły pozyskać bardzo dobrą bazę do dalszych, pogłębionych analiz i prognozowania rozwoju systemu gospodarki odpadami. Wyniki te wykorzystane zostały do opracowania monografii habilitacyjnej oraz w opracowaniu szeregu ekspertyz, dotyczącej wdrażania idei GOZ we Wrocławiu. Końcowym etapem tej ekspertyzy były badania odpadów w 20 instalacjach do mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów”, którego jest współautorką. Szeroki zakres badań i doświadczenia z tych prac zaprezentowała udziałem w latach 2019 – 2021 w pracach zespołu, który został powołany przy Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym (IOŚ-PIB) w Warszawie, w celu opracowania pakietu ekspertyz wspierających aktualizację krajowego planu gospodarki odpadami (KPGO) do 2028 roku. Związane było to z szeregiem analiz stanu obecnego, opracowania prognoz i strategii wdrożenia gospodarki odpadami w Polsce. Habilitantka nadal zajmuje się analizą systemu gospodarki odpadami na poziomie miasta, w szczególności Wrocławia.

12. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

Na szczególną uwagę zasługuje aktywność naukowa w formie współpracy z innymi ośrodkami, w tym zwłaszcza instytucjami zagranicznymi. Już podczas studiów

uczestniczyłam w programie wymiany studenckiej Tempus, w ramach którego zrealizowałam jeden semestr studiów na Uniwersytecie Glamorgan w Wielkiej Brytanii. Po ukończeniu studiów magisterskich uzyskałam Stypendium Fundacji Sorosa na roczne studia podyplomowe na wydziale Nauk i Polityki Ekologicznej na Uniwersytecie Europy Środkowej w Budapeszcie (zakończony uzyskaniem dyplomu MSc, akredytowanego przez Uniwersytet Manchester). Następnie, jako laureatka Fundacji im. Nowickiego i Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) spędziła 6 miesięcy na Uniwersytecie Technicznym Darmstadt w Niemczech. Wybrała tę uczelnię z uwagi na realizowane tam badania związane z nowatorskim wówczas tematem wykorzystania analizy cyklu życia (LCA) w ocenie technologii zagospodarowania odpadów, co było związane z tematyką realizowanego doktoratu. Po odbyciu stypendium przyjąłm propozycję kontynuowania doktoratu, równoległe z zatrudnieniem w instytucie IWAR. W tym okresie uczestniczyłam w interdyscyplinarnym projekcie dotyczącym ekoprojektowania, którego wyniki zostały opublikowane w kolejnej monografii. Kolejnym projektem badawczym, w którym uczestniczyłam podczas zatrudnienia na TU Darmstadt był wspomniany wcześniej projekt LCA-IWM w ramach V Ramowego Programu Badań UE. Konsorcjum tego projektu obejmowało 12 instytucji z 9 krajów. Wyniki projektu zostały opublikowane w monografii zespołowej, której była współredaktorem, pt. *Waste management planning and optimisation. Handbook for municipal waste pro-gnosis and sustainability assessment of waste management systems*, która została przetłumaczona i wydana również w językach polskim, słowackim, greckim i hiszpańskim. Wyniki pracy były prezentowane na konferencjach oraz w kolejnym artykule, który według Web of Science posiada 136 cytowań. Spośród partnerów konsorcjum najbliższą współpracę nawiązałam z ABF-BOKU (Uniwersytet Nauk Przyrodniczych w Wiedniu). Dzięki tej współpracy uzyskałam możliwość udziału (już z ramienia Politechniki Wrocławskiej) jako partner konsorcjum w kolejnym projekcie międzynarodowym – ZeroWIN - *W kierunku redukcji odpadów w sieciach przemysłowych*, w ramach VII Programu Ramowego UE. Konsorcjum tego projektu obejmowało 31 partnerów, a jego koordynatorem był SAT (Austriackie Towarzystwo Inżynierii Systemów i Automatyki) z Wiednia. Projekt ZeroWIN, przez 5 lat trwania 11 był prezentowany na licznych konferencjach naukowych, a jego wyniki zostały zawarte w cyklu publikacji naukowych, których jest współautorką. Spośród konsorcjum projektu ZeroWIN najbliższą współpracę nawiązała z Southampton University, ABF-BOKU oraz instytucjami odpowiedzialnymi za wdrożenie studiów przypadków. Współpraca w projekcie ZeroWIN zaowocowała kolejnym wspólnym projektem – foodCIRCUS - *Cyrkularne rozwiązania zapobiegania odpadom żywności w szkołach w Europie Środkowej*, w ramach Central Europe Inter-reg, który rozpoczął się w bieżącym roku i potrwa ponad 2 lata. W tym projekcie bierze udział 10 instytucji z Austrii, Niemiec, Słowacji, Węgier i Włoch, z którymi obecnie współpracuje.

Równoległe, w latach 2010–2015 współpracowałam z inną grupą badawczą, w projekcie związanym z odzyskiem energii z odpadów (*Remowe - Regionalne Działania na rzecz Zrównoważonego Odzysku Energii z Odpadów*), realizowanym w ramach Programu Regionu Morza Bałtyckiego 2007–2013, który następnie miał kontynuację w postaci projektu *Abowe - Zaawansowane Technologie Odzysku Bioodpadów* w ramach tego samego programu. W obu projektach Politechnika Wrocławska była zaangażowana jako wykonawca zadań

merytorycznych we współpracy z Wydziałem Gospodarki Dolnośląskiego Urzędu Marszałkowskiego, który był bezpośrednim konsorcjantem. Konsorcja projektu obejmowały 10 instytucji, wywodzących się głównie z krajów skandynawskich oraz bałtyckich. Najbliższą współpracę nawiązała z Uniwersytetem Savonia z Kuopio oraz Malardalen ze Szwecji. Wyniki projektu *Remove* zostały opublikowane w różnorodnych materiałach oraz raportach. W ramach projektu Abowe prowadzone były badania w pilotażowych instalacjach – fermentacji i biorafinerii, które były przeznaczone na kilkumiesięczne okresy badań do poszczególnych krajów. W Polsce pod kierownictwem Habilitantki prowadzone były badania w pilotażowej instalacji biorafinerii, w których wzięła udział grupa 20 studentów. Wyniki projektu zostały opublikowane w licznych wspólnych publikacjach i opisane w raportach. Aktualnie współpracuje z prof. Hakalehto, z Uniwersytetu w Helsinkach w zakresie prowadzonych badań, związanych z pozyskiwaniem produktów z bioodpadów oraz dalszych wspólnych publikacji. Obecnie posiada kontakty naukowe z prof. Hongzhi, z University of Science and Technology w Pekinie, z którym wspólnie aplikowała o projekty w ramach programu SHENG i w efekcie prowadzenia badań o podobnej tematyce opublikowała wspólnie dwa artykuły. Z polskich instytucji badawczych najbliższej współpracowała z Instytutem Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN z Krakowa, z którym realizowała wspólne badania dotyczące zastosowania LCA w ocenie systemów gospodarki odpadami. W wyniku tej współpracy powstały kolejne publikacje. Współpracuje również z Uniwersytetem Przyrodniczym we Wrocławiu (wspólne publikacje). Uczestniczy w Radzie Programowej wspólnego kierunku studiów z Uniwersytetem Zielonogórskim a też Instytutem Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy (IOŚ-PIB) w Warszawie (wspólne raporty). Jako współautor w składzie Emilia den Boer, Jan den Boer, Ryszard Szpadt: *Solid Waste Management*, Wrocław University of Technology, Wrocław 2011 ISBN 978-83-62098-73-6 przygotowała skrypt dla studentów anglojęzycznych, w ramach projektu współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

12. Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki

Można tu wymienić:

1. Współautorski wykład i ćwiczenia projektowe *Gospodarka Odpadami*, prowadzony na studiach I stopnia (od 2015).
2. Współautorski wykład *Technologie Gospodarki Odpadami*, prowadzony na studiach I stopnia (od 2012).
3. Autorski wykład i ćwiczenia *Zintegrowana polityka produktowa i LCA produktów i odpadów* prowadzone na studiach II stopnia (od 2013).
4. Autorski wykład i ćwiczenia *Modelowanie w gospodarce odpadami* prowadzone na studiach II stopnia (od 2013).
5. Współautorski wykład *Solid waste management* dla studentów anglojęzycznych, na studiach II stopnia, prowadzony od 2010.

6. Organizacja szeregu wyjazdów technicznych, w ramach których podczas zwiedzania obiektów branżowych studenci uzupełniają, o aspekty praktyczne, wiedzę teoretyczną zdobytą na uczelni (2010–2024).

7. Opiekunka praktyk studenckich realizowanych na Politechnice Wrocławskiej.

8. Opiekunka naukowa prac inżynierskich, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej - 35 prac (2008–2024).

9. Opiekunka naukowa prac magisterskich, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej - 41 prac (2008–2024).

10. Wywiad i artykuł w czasopiśmie o zasięgu ogólnopolskim „Polityka”: „Jak śmieci świadczą o naszej cywilizacji?” 25 stycznia 2020.

13. Nagrody i wyróżnienia

Dwukrotnie była członkiem zespołu prowadzącego ponad roczne cykle szkoleń finansowanych przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej dla przedstawicieli samorządów z zakresu:

- wykorzystania metodyki LCA w gospodarce odpadami.
- metod zbiórki i zagospodarowania bioodpadów w gminach.
- była wyróżniona Nagrodą Rektora Politechniki Wrocławskiej za działalność na rzecz Uczelni, przyznana siedmiokrotnie (lata 2012–2023).
- Odznaczona Medalem Brązowym za długoletnią służbę przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej (2020).
- była członkiem Sektorowej Rady ds. Kompetencji Sektora Odzysku Materiałowego Surowców przy Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP).
- była wyróżniona Dyplomem 30-lecia Krajowego Forum Dyrektorów Zakładów Oczyszczania Miast (KFDZOM) za wkład dydaktyczno-naukowy w rozwój polskiej gospodarki odpadami.

14. Podsumowanie

Działalność naukowa Pani dr inż. Emilii den Boer, ze względu na szczególną aktywność naukową zasługuje na wyróżnienie. Świadczy o tym bardzo bogaty dorobek publikacyjny, będący konsekwencją szeroko zakrojonych badań naukowych i wdrożeń, jak też na forum gospodarczym. Jest też osobą rozpoznawalną w środowisku międzynarodowym co wynika z bardzo szerokich kontaktów, zapoczątkowanych w okresie studiów na różnych uniwersytetach oraz nadal kontynuowana. Systematyczność, dociekliwość i zaangażowanie spotykana jest na każdym etapie pracy Habilitantki. Recenzent wyszczególnia tylko niektóre elementy pracy zawarte w monografii habilitacyjnej i dorobku naukowym.

W ramach badań własnych Habilitantka analizowała właściwości technologiczne wybranych strumieni bioodpadów pochodzenia komunalnego, zmienność ilościowo-jakościową tych odpadów w zależności od pory roku oraz zależności między ich

poszczególnymi wskaźnikami fizykochemicznymi i mikrobiologicznym. Założenia te wynikają z prowadzonych badań Habilitantki mimo, że dotyczyły one głównie aglomeracji wrocławskiej. Długoterminowe badania własne, w cyklu rocznym, w zakresie technologii odzysku energii z odpadów komunalnych wskazują, że zamierzenia te możliwe są do zrealizowania

Celem badań było m.in. określenie potencjału produkcji biogazu z odpadów komunalnych, pozyskanych w różnych wariantach zbiórki selektywnej. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych możliwe jest dzięki zastępowaniu konwencjonalnych procesów wytwórczych i energetycznych w gospodarce. Działania te winny być realizowane zgodnie z polityką *gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ)*. Jak zauważa Habilitantka priorytetem jest ograniczenie ilości wytwarzanych odpadów, w tym komunalnych. Zagospodarowanie odpadów, a tym samym podniesienie poziomu przygotowania do ponownego użycia poprzez udział recyklingu odpadów komunalnych w 2035 roku powinien osiągnąć poziom 65%, natomiast ograniczenie składowania do 10% pozwoli na 55% do 2030 roku. Uzyskanie neutralności klimatycznej tego sektora w warunkach polskich odbędzie się dzięki pozyskaniu surowców i energii z odpadów. Takie rozumowanie przewija się przez większość dorobku naukowego ocenianej.

Istotnym elementem badań eksperymentalnych były biorafinerie, zapewniające recykling organiczny wybranych frakcji bioodpadów i z tego materiału produkcja energii wykorzystywanej w gospodarce. Tematyka ta była ściśle związana z realizowanym, międzynarodowym projektem badawczym, w którym Habilitantka uczestniczyła i kierowała z ramienia Politechniki Wrocławskiej: (*Abowe – Wdrożenie zaawansowanych technologii związanych z odzyskiem bioodpadów*). Prowadziła też całą serię badań w pilotażowych biorafinerii oraz opracowała studium wykonalności dla testowanej technologii. Badania te dotyczyły możliwości wytwarzania m.in. średnio- i długołańcuchowych lotnych kwasów tłuszczowych z różnego rodzaju biomasy odpadowej, głównie bioodpadów kuchennych oraz odpadów z przemysłu ziemniaczanego. Wyniki badań zawarte zostały w raportach dotyczących eksploatacji biorafinerii w warunkach polskich ze wskazaniem rekomendacji dla wdrożenia procesu. Stwierdziła, że z korzyścią dla środowiska możliwy jest znaczący odzysk energii z odpadów, a system zagospodarowania odpadów generuje ujemne emisje. W tym kontekście, system gospodarki odpadami spełnia, już obecnie, cele Europejskiego Zielonego Ładu, zarówno do roku 2030, jak i w zakresie neutralności klimatycznej w 2050 roku.

Prognozowana na 2030 rok, redukcja emisji przy wytworzeniu energii elektrycznej z odpadów wyniosłaby 69,8% w stosunku do 1990 r, czyli więcej niż wymagane 55%. Wyniki badań dowodzą, że wykorzystanie odpadów jako alternatywnego paliwa dla energetyki pozwoli spełnić do 2030 roku wymóg redukcji emisji gazów cieplarnianych o 55% w stosunku do poziomu emisji w 1990 roku z dużą nadwyżką. Wskazują również, że w okresie przejściowym w drodze dochodzenia do neutralności klimatycznej odzysk energii z odpadów zawierających biomasę stanowi bardzo korzystną alternatywę dla paliw kopalnych i powinien być wdrażany priorytetowo. Podsumowując, wyniki badań odpadów prowadzone na terenie Wrocławia pozwoliły potwierdzić hipotezę badawczą odnośnie możliwości ograniczenia emisji gazów cieplarnianych z gospodarki odpadami zgodnie z założeniami Europejskiego

Zielonego Ładu. Przedstawione w opracowaniach Habilitantki rezultaty badań, analizy procesów i syntezy aktów prawnych oraz stosowanych wytycznych, jak też praktyk w tym zakresie, stanowią bazę do analizy śladu węglowego wytwarzanego przez inne technologie. Zastosowanie zaproponowanej metodyki oceny rzeczywistych emisji w powiązaniu z morfologią odpadów, pozwala na określenie wiarygodnych wskaźników energetycznych i środowiskowych, analizowanych technologii

15. Wniosek końcowy

Analiza danych zawartych w dokumentacji habilitacyjnej wskazuje, że przedłożone przez Habilitantkę osiągnięcia naukowe są oryginalne i wnoszą istotny wkład do nauki w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Wysoko ocenić należy dorobek naukowo-badawczy Habilitantki. Wyniki badań posiadają znaczenie poznawcze i aplikacyjne. Tematyka badawcza jest rozpoznawalna w środowisku inżynierii środowiska. Osiągnięcia naukowe były publikowane w znaczących czasopismach naukowych, krajowych i zagranicznych, również przed doktoratem. Szczególna aktywność publikacyjna Habilitantki dotyczy okresu po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. Zakres tych prac oraz wysoka ranga naukowa publikacji dobitnie świadczą o "**istotnej aktywności naukowej**". Rzutuje to na całkowity IF prac Habilitantki, który wynosi 56,162, już po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. Wskaźniki bibliometryczne (liczba prac, cytowań oraz indeks Hirscha) dorobku naukowego, w zależności od bazy, wynoszą:

- Web of Science: liczba prac: 34, liczba cytowań: 454/430, indeks Hirscha: 10.
- Scopus: liczba prac: 31, liczba cytowań: 463, indeks Hirscha: 9.
- Google Scholar: liczba prac: 106, liczba cytowań: 1066, indeks Hirscha: 14, jedna bez autocytowań .
- Dr inż. Emilia den Boer jest również współautorką 89 prac niepublikowanych w tym 82 raportów, 3 prac w materiałach konferencyjnych i 4 prac popularnonaukowych.
- Wysoko należy ocenić również dorobek dydaktyczny i organizacyjny Kandydatki, który spełnia z powodzeniem wymogi stawiane kandydatom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego, zgodnie z wymogami art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r.- Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2022 r, poz. 574 z póź. zm.)

Tym samym recenzent, oceniając bardzo pozytywnie całokształt dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego Kandydatki, wnioskuje do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej o przeprowadzenia dalszego postępowania, w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego Pani dr inż. Emilii den Boer w **dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.**

Harmonien Symonicki