

Rzeszów, dn. 25 lutego 2025 r.

dr hab. inż. Łukasz Jurczyk, prof. uczelni  
Uniwersytet Rzeszowski  
Wydział Technologiczno-Przyrodniczy  
Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska  
ul. Ćwiklińskiej 1A, 35-601 Rzeszów  
tel. 17 872 17 25, e-mail: ljurczyk@ur.edu.pl

**RECENZJA**  
**osiągnięć i aktywności naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych**  
**dr inż. Emilii den Boer**  
**w związku z postępowaniem**  
**w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego**  
**w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych**  
**w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka**

**1. Podstawa formalna opracowania recenzji**

Podstawę formalną sporządzonej przeze mnie recenzji stanowi Uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej Nr 115/05/RDND08/2024-2028 z dnia 18 grudnia 2024 r. w sprawie powołania składu komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka wszczętym na wniosek Pani dr inż. Emilii den Boer, doręczona przesyłką pocztową na adres Uniwersytetu Rzeszowskiego, wraz z pismem przewodnim RDND08/04/2025 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Pana prof. dr hab. inż. Roberta Króla, oraz *Zawiadomieniem nr 33/12/Do8/2024 o wyznaczeniu na Recenzenta i Członka Komisji Habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego z dnia 08 stycznia 2025 r.*

Recenzję sporządzono na podstawie wymienionych poniżej dokumentów zapisanych na trwałym nośniku danych elektronicznych:

- I. Wniosku Emilii den Boer, z dnia 01.10.2024 r., o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka
- II. Załącznika 1. Dane wnioskodawcy
- III. Załącznika 2. Kopia dokumentu potwierdzającego uzyskanie stopnia doktora
- IV. Załącznika 3. Autoreferat

- V. Załącznika 4. *Wykaz opublikowanych prac naukowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki*
- VI. Załącznika 5 – *Dzieło opublikowane w całości - Emilia den Boer „Ocena możliwości osiągnięcia neutralności klimatycznej w gospodarce odpadami komunalnymi w kontekście wyników badań ich składu i właściwości”*, wydane nakładem Oficyny Wydawniczej Politechniki Wrocławskiej, we Wrocławiu, w 2024 roku, które habilitantka określiła jako osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Wszystkie wyżej wymienione załączniki były podpisane elektronicznie ważnym podpisem zaufany *Emilia Agnieszka den Boer*. Zwraca również uwagę kompletność, uporządkowanie i estetyka przygotowanej dokumentacji.

W celu stwierdzenia czy wnioskodawczyni spełnia warunki do nadania jej stopnia doktora habilitowanego poddano ocenie trzy główne przesłanki wyrażone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku – *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.): 1) posiadanie stopnia doktora, 2) posiadanie w dorobku osiągnięcia naukowego stanowiącego *znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka* oraz 3) wykazywanie się *istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej*.

W Autoreferacie wnioskodawczyni wymieniła również *osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki*, które wprawdzie nie podlegają formalnej ocenie, ale w opinii recenzenta należy o nich wspomnieć, ponieważ wynikają bezpośrednio z kompetencji nabytych podczas działalności naukowej.

Habilitantka wnioskowała, na podstawie art. 221 ust. 10 Ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*, aby komisja habilitacyjna podejmowała uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu jawnym. Z przedstawionej dokumentacji wynika, że kandydatka nie ubiegała się wcześniej o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

## **2. Charakterystyka biograficzna habilitantki**

Pani dr inż. Emilia den Boer urodziła się w 1974 roku we Wrocławiu, gdzie po ukończeniu XIV Liceum Ogólnokształcącego im. Polonii Belgijskiej rozpoczęła w 1993 roku studia na Wydziale Inżynierii Środowiska, uzyskując w 1998 roku tytuł magistra inżyniera na kierunku Ochrona Środowiska, w specjalności: Ochrona Wody i Gleby.

Już w okresie realizacji studiów magisterskich, pani Emilia den Boer aktywnie wykorzystywała możliwości uzyskania finansowania nauki w ośrodkach zagranicznych. W 1997 odbywała 6 miesięczne stypendium na studiach w zakresie nauk o środowisku

na Wydziale Nauk Stosowanych Uniwersytetu Glamorgan w Wielkiej Brytanii w ramach programu *Tempus*. W kolejnym roku uzyskała roczne stypendium *Fundacji Batorego* na studia podyplomowe na wydziale *Nauk i Polityki Ekologicznej Uniwersytetu Europy Środkowej* w Budapeszcie, gdzie w 1999 uzyskała tytuł *Master of Science*, akredytowany przez *Uniwersytet Manchesterski*. W roku 2000 uzyskała stypendium naukowe *Fundacji im. Nowickiego i Deutsche Bundesstiftung Umwelt* dla absolwentów ochrony środowiska, realizowane w *Instytucie WAR, Katedrze Gospodarki Odpadami na Uniwersytecie Technicznym w Darmstadt*, które obejmowało również 3 miesięczną praktykę w dziale technicznym *Procter & Gamble* w Schwalbach.

Habilitantka w latach 2001–2005 była zatrudniona na stanowisku pracownika naukowego w *Katedrze Gospodarki Odpadami na Uniwersytecie Technicznym w Darmstadt*, gdzie uzyskała stopień naukowy *Doktor-Ingenieur*, broniąc w 2006 roku z wyróżnieniem rozprawę doktorską „*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*” (tłum.), której promotorem był Prof. Dr. rer. nat. Johannes Jager (Zał. 2.1). Dyplom doktorski uzyskany w Niemczech został następnie nostryfikowany w 2008 roku przez *Radę Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej* (Zał. 2.2.), **zgodnie z czym uzyskany stopień uznany został za równorzędny z polskim stopniem naukowym doktora nauk technicznych w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria środowiska i specjalności naukowej gospodarka odpadami. Habilitantka spełnia więc pierwszą z ocenianych przesłanek.**

W tym samym roku pani dr inż. Emilia den Boer podjęła pracę na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego na *Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej, w Instytucie Inżynierii Ochrony Środowiska, Zakładzie Technologii Odpadów i Remediacji Gruntów* (obecnie *Katedrze Gospodarki Wodno-Ściekowej i Technologii Odpadów*).

Podczas późniejszej pracy na *Politechnice Wrocławskiej* odbyła również 2 krótkie staże - w 2014 dwutygodniowy staż naukowy w Finlandii, na *Savonia University of Applied Sciences* w Kuopio, podczas którego realizowała badania w ramach projektu *Above* oraz wygłosiła referat podczas seminarium *KOKOEKO*, a w 2018 tygodniowy staż dydaktyczny w Indonezji, na *University of Muhammadiyah* w Malang, w ramach programu *Teaching Mobility Erasmus+*.

Podsumowując charakterystykę habilitantki można stwierdzić, że problematyka inżynierii środowiska, a w szczególności gospodarki odpadami, interesowała ją od okresu studiów magisterskich, i dalej, w czasie realizacji doktoratu i kariery zawodowej, konsekwentnie wzbogacała swoje doświadczenia naukowe i dydaktyczne w tym obszarze wiedzy.

### 3. Ocena osiągnięcia habilitacyjnego

Jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, pani dr inż. Emilia den Boer wskazała, zgodnie z wymaganiami Art. 219 ust. 1 pkt. 2 lit. a Ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*, monografię pt. „*Ocena możliwości osiągnięcia neutralności klimatycznej w gospodarce odpadami komunalnymi w kontekście wyników badań ich składu i właściwości*” (Zał. 5) wydaną przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Wrocławskiej w 2024 roku (ISBN 978-83-7493-277-6), która była ujęta w Komunikacie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 22 lipca 2021 r. pośród wydawnictw poziomu I (80 pkt.), publikujących recenzowane monografie naukowe.

W przedstawionym opracowaniu Habilitantka zajęła się niezwykle istotną i aktualną problematyką dostosowania gospodarki odpadami komunalnymi do działań łagodzących skutki kryzysu klimatycznego. Tekst monografii łącznie z formami graficznymi i tabelami, wykazem oznaczeń i skrótów oraz spisem bibliografii liczy 349 stron. Układ pracy jest tradycyjny dla badawczych prac naukowych, a podział na poszczególne części wynika z treści kolejnych rozdziałów, których w całej pracy wyróżniono 14, przy czym rozdziały 2-8 stanowią część teoretyczną, zarysowującą problematykę poruszaną w pracy i prowadzącą do sformułowania celu w rozdziale 9, metodykę opisano w rozdziale 10, zaś opis uzyskanych wyników badań własnych i ocenę modelu gospodarki odpadami pod względem wskaźników neutralności klimatycznej przedstawiono w rozdziałach 11 i 12. W pozostałych rozdziałach podsumowano pracę i sformułowano wnioski.

Już we *Wprowadzeniu* (rozdział 1.) Habilitantka słusznie zauważa, że „ze względów technologicznych i ekonomicznych nie wszystkie strumienie odpadów mogą być skierowane do przygotowania do ponownego użycia i recyklingu. W przypadku odpadów resztkowych [...] właściwe są procesy odzysku energii”. Jednocześnie w kontekście coraz bardziej oczywistych negatywnych skutków zmian klimatu, wszystkie sektory gospodarki, w tym gospodarka odpadami, są zmuszone do podejmowania działań w kierunku redukcji emisji gazów cieplarnianych. W zależności od przyjętego modelu GO i zaadaptowanych rozwiązań technicznych, można się jednak spodziewać różnej skuteczności ograniczenia tej emisji. Jednocześnie znaczna część masy odpadów komunalnych może być klasyfikowanych jako OZE, co jest korzystne z punktu widzenia kalkulacji emisji.

Wywód, przez który prowadzony jest w kolejnych rozdziałach czytelnik stanowi logiczny ciąg, zbliżający do celu badań. W rozdziale 2 przedstawiono aktualne *Przepisy w zakresie gospodarki odpadami komunalnymi...*, w tym konieczne definicje oraz cele i założenia GOZ. W rozdziale 3 podano informacje na temat polityki energetycznej w kontekście ochrony klimatu – omówiono skalę emisji gazów cieplarnianych, regulacje w zakresie polityki ochrony klimatu

oraz wykorzystania energii z odpadów w UE i Polsce. Podsumowując ten rozdział autorka zauważa, że chociaż nie uznaje się odzysku energii z odpadów resztkowych za wnoszący istotny wkład w łagodzenie zmian klimatycznych, ani w przejście na GOZ, to o ile jest realizowany zgodnie z hierarchią postępowania z odpadami i wytwarza emisje gazów cieplarnianych na poziomie najlepszych wyników w sektorze, nie jest sprzeczny z unijnymi regulacjami, a pozwala na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w innych sektorach gospodarki. Rozdział 4 w uporządkowany sposób systematyzuje informacje na temat gospodarki odpadami komunalnymi w kraju. W rozdziale 5 zebrano informację na temat prawnej definicji gazów cieplarnianych, udziału poszczególnych związków w ich globalnej emisji i znaczenia dla zmian klimatycznych, a na końcu przyjętą metodykę obliczania wskaźników emisji z procesów GO – składowania, spalania i biologicznego przetwarzania. Rozdział 6 traktuje o składzie morfologicznym odpadów komunalnych ze szczególnym uwzględnieniem odpadów ulegających biodegradacji. Analizując ich udział pomiędzy rokiem 2008 i 2020 autorka zauważyła, że mimo wzrostu selektywnej zbiórki bioodpadów blisko połowę materiałów zawartych w odpadach zmieszanych stanowi biomasa o relatywnie wysokim cieple spalania i potencjale metanogenezy. Z kolei w rozdziale 7 syntetycznie omówiono możliwości recyklingu organicznego, z uwzględnieniem odzysku energii – kompostowania i fermentacji metanowej. Nie zapomniano również o szczegółowej charakterystyce i możliwościach wykorzystania produktów tych procesów. Ostatni i najbardziej rozbudowany w tej części pracy (35 stron) rozdział 8, dotyczy możliwości odzysku energii z odpadów resztkowych – zostały tu szczegółowo omówione właściwości paliwowe odpadów komunalnych, z podziałem na różne rodzaje i frakcje. Autorka wskazuje, że w polskich warunkach, chociaż właściwości paliwowe odpadów zmieszanych zebranych z różnych lokalizacji mogą się znacząco różnić, to w każdym przypadku wykazują wartość opałową znacznie przekraczającą wymagania dla spalania autotermicznego. Opisano też możliwości przetwarzania odpadów w kierunku uzyskania paliw, ich skład, jakość, parametry spalania oraz możliwości wykorzystania w przemyśle.

Bardzo spodobał mi się sposób sformułowania celu i hipotezy badawczej, które przedstawiono w rozdziale 9, na stronie 137. Pomimo dużej objętości pracy i wielości poruszonych w niej wątków, nie są one zbyt rozbudowane i uszczegółowione, ale jasno zidentyfikowane, zrozumiałe (moim zdaniem również dla osób nieposługujących się terminologią specjalistyczną) i realnie osiągalne w kontekście zakresu pracy. Rozdział ten jest poprawnie zlokalizowany w strukturze pracy, stanowiąc przejście pomiędzy usystematyzowanym wprowadzeniem w problematykę badań, a częścią opartą na ich analizie.

Celem jaki postawiła sobie Autorka monografii była *„analiza efektów wdrożenia docelowego modelu gospodarki o obiegu zamkniętym, w zakresie zagospodarowania odpadów komunalnych*

w dużym mieście w perspektywie do 2040 roku, w kontekście aktualnych wyzwań polityki klimatycznej i GOZ”. Hipoteza badawcza, miała zaś brzmienie: „Dzięki odzyskowi surowców i energii można ograniczyć emisje gazów cieplarnianych z gospodarki odpadami komunalnymi w dużym mieście o 55% do 2030 roku, a w dalszej perspektywie uzyskać neutralność klimatyczną tego sektora w warunkach polskich”, przy czym w pracy przyjęto, że znaczny udział energii możliwej do pozyskania z odpadów komunalnych stanowi OZE, a ich wykorzystanie odpowiada założeniom ochrony klimatu.

Przeprowadzone w pracy badania odpadów obejmowały: 1) skład morfologiczny odpadów komunalnych zbieranych selektywnie i odpadów zmieszanych, 2) analizę zawartości biomasy i podatności odpadów na rozkład biologiczny - monofrakcji OUB; bioodpadów selektywnie zbieranych oraz odpadów wydzielanych z odpadów zmieszanych i 3) analizę właściwości paliwowych i zawartości biomasy, kwalifikowanej jako OZE w zmieszanych odpadach komunalnych czy frakcji paliwowej wydzielonej z odpadów zmieszanych. Stąd bardzo rozbudowany jest rozdział 10, w którym przedstawiono metody badań i analiz. Szczegółowo opisano tu sposób próbkowania odpadów, badanie składu granulometrycznego i morfologicznego odpadów zmieszanych i zbieranych selektywnie, następnie sposób oznaczeń podstawowych wskaźników fizyko-chemicznych, których większość wykonano zgodnie z normami, a tam gdzie było to konieczne, opisy uzupełniono o zasadę oznaczenia, mechanizm reakcji i sposób wykonania obliczeń.

Badania wsparło o metody biologiczne oceny podatności odpadów na rozkład – pomiar czterodniowej aktywności respirometrycznej i trzytygodniowego potencjału produkcji biogazu. Ciekawym uzupełnieniem drugiego wskaźnika z wymienionych było badanie z wykorzystaniem pilotażowego stanowiska do fermentacji frakcji bioodpadów w warunkach dynamicznych, umożliwiającej kontrolę procesu oraz analizę wybranych składników biogazu i pofermentu.

Ostania część tego rozdziału zawiera opis znormalizowanych metod badania właściwości paliwowych odpadów, w tym zawartości wybranych pierwiastków, i kończy wyjaśnieniem sposobu dokonania obliczeń niezbędnych do oceny możliwości osiągnięcia neutralności klimatycznej wybranego modelu gospodarki odpadami komunalnymi.

Studiując rysunki aparatów i układów badawczych, czy schematy blokowe uzupełniające opisy procedur wymienionych w treści pracy, trudno oprzeć się wrażeniu, że pani dr inż. Emilia den Boer, musi być również dobrym dydaktykiem, swobodnie wykorzystującym różnorodne środki dla zwiększenia zrozumiałości i atrakcyjności przekazywanej informacji.

Wyniki badań własnych Habilitantki i przeprowadzona przez nią ocena śladu węglowego modeli GO zostały ujęte w dwóch obszernych, liczących odpowiednio 75 i 77 stron rozdziałach 11 i 12, przy czym w ich kolejnych podrozdziałach omawiane wyniki są dyskutowane z literaturą.

Zbadano pierwotnie 16 monofrakcji OUB (w dalszych częściach pracy analizowanych jest 7 i ich mieszanina), wyznaczając istotne z punktu widzenia technologii zależności między wybranymi parametrami. Stwierdzono między innymi, że choć powszechnie przyjmuje się, że stanowią one w całości biomasę, w rzeczywistości udział części inertnej może być znaczący w jednych monofrakcjach, analizy innych mogą zaś nawet zaniżać udział biomasy w odpadach. Analizując wskaźniki biologiczne stwierdzono poprawę podatności na rozkład mieszaniny bioodpadów, w porównaniu z ich poszczególnymi składnikami. Potwierdzono też istnienie zależności między aktywnością respirometryczną odpadów, a ich potencjałem metanogennym, o której wspominają inne publikacje.

Spośród grup OUB zbieranych selektywnie w różnych porach roku największą zmienność podatności na biodegradację wykazywały próbki wiosennych odpadów kuchennych, z wyłączeniem odpadów pochodzenia zwierzęcego, przy czym stwierdzono, że bioodpady przed zbiórką i transportem, mogą wykazywać znacząco wyższy udział biomasy i potencjał biodegradacji, niż trafiające później do instalacji. Frakcja odpadów zielonych wykazywała się dużą zmiennością wskaźników podatności na biodegradację w ciągu roku, a odpady kuchenne nieco niższą. Jednak odpady kuchenne wykazywały dużo wyższy średnioroczny potencjał produkcji biogazu. Ciekawych danych dostarczyła fermentacja dynamiczna, w której kluczowe okazało się utrzymywanie właściwego odczynu. Z odpadów zielonych uzyskano nieco niższą zawartość metanu, niż z odpadów kuchennych, co może okazywać się niekorzystne pod względem odzysku energii i zagospodarowania tych odpadów w procesie fermentacji.

Analizowano również wpływ obróbki mechanicznej na podniesienie potencjału energetycznego bioodpadów, wyodrębniając ze strumienia bioodpadów frakcje mokrą, o wyższym potencjale produkcji biogazu oraz pozostałej frakcji suchej, zawierającej materiały, których nie powinno się kierować do procesu fermentacji – uzyskując zdecydowanie wyższą produkcję biogazu, niż w przypadku bioodpadów surowych. Ocena jakości pozostałości pofermentacyjnej wykazała również, że zawartość substancji organicznej i pierwiastków biogennych w pozostałościach po przetwarzaniu pozwala na zakwalifikowanie ich jako produktu nawozowego.

Oceniając właściwości paliwowe odpadów Autorka monografii stwierdziła, że największy udział w wartości opałowej odpadów zmieszanych miała frakcja tworzyw sztucznych, zauważyła przy tym, że należy się jednak spodziewać z czasem spadku ich udziału w masie odpadów zmieszanych. Kolejną grupą były odpady wielomateriałowe – ta frakcja wykazywała jednak

zmienność sezonową parametrów. Odpady zmieszane wykazywały też istotne różnice wartości opałowej w różnych miesiącach, w zależności od wilgotności. Znaczny spadek wartości opałowej występował we frakcjach poniżej 40mm. Autorka wskazała, że ograniczenie zawartości odpadów tworzyw sztucznych w odpadach zmieszanych przełoży się na obniżenie ich wartości opałowej, a więc również na potencjał odzysku energii.

Kluczowe dla realizacji celów ograniczenia emisji gazów cieplarnianych były informacje o udziale OZE, który w odpadach zmieszanych z obszaru wiejsko-miejskiego nie zmieniał się istotnie w ciągu roku, za to w odpadach z terenu miasta był wyraźnie wyższy.

W mojej ocenie najcenniejszy był rozdział 12, w którym poddano ocenie efektywność środowiskową dwóch modeli zagospodarowania bioodpadów i odpadów resztkowych: 1) docelowym, polegającym na maksymalizacji odzysku energii z selektywnie zebranych bioodpadów w instalacji suchej fermentacji, a odpadów resztkowych w ITPOK, oraz 2) dotychczas realizowanym, opartym o kompostowanie selektywnie zebranych bioodpadów i przetwarzanie odpadów resztkowych w MBP, wraz z końcowym odzyskiem lub unieszkodliwianiem. W ostatecznym bilansie uwzględniono między innymi takie czynniki jak emisja metanu już od okresu, w którym model GO był oparty wyłącznie o składowanie, emisje z zagospodarowania pozostałości po procesach spalania, a nawet korzyści generowane dla środowiska przez zagospodarowanie kompostów i pofermentów, prognozując emisję, której można uniknąć z tytułu ograniczenia dotychczasowego wytwarzania energii w elektrociepłowniach konwencjonalnych.

Autorka wymienia szereg przyczyn, które powodują, że przetwarzanie zmieszanych odpadów komunalnych w instalacjach MBP nie jest rozwiązaniem efektywnym z punktu widzenia GOZ, szczególnie w warunkach dużego miasta, jakiego dotyczyły badania. Wyznaczone prognozy ilości i składu odpadów koryguje z uwzględnieniem wpływu różnych czynników społeczno-ekonomicznych. Autorka przewiduje w kolejnych latach dalszy wzrost jednostkowego wskaźnika nagromadzenia odpadów przy jednoczesnym spadku całkowitej masy odpadów przeznaczonych do odzysku energii oraz spadku ich wartości opałowej. Wskazuje jednak, że wariant obejmujący odzysk energii z odpadów resztkowych w ITPOK pozwala na spełnienie wymagań GOZ w zakresie recyklingu i ograniczenia składowania, natomiast kontynuacja obecnego modelu prowadzić może do spadku ilości odpadów kierowanych do składowania, jednak w przyjętej perspektywie spełnienie poziomów recyklingu będzie obarczone ryzykiem.

W wariantcie docelowym, z obu instalacji pozyskiwana jest energia wykorzystywana na potrzeby miasta, natomiast w wariantcie zakładającym przetwarzanie odpadów resztkowych w MBP, uwzględniono wprowadzenie odzysku energii z RDF, jednak prognozowany strumień odpadów kierowanych do odzysku energii będzie znacznie mniejszy. Możliwość pozyskania



energii z bioodpadów i całości strumienia odpadów resztkowych prowadzi do wyższych korzyści dla środowiska modelu GO z instalacją do termicznego przekształcania odpadów komunalnych.

Podobnie jak w przypadku celu – wnioski, zawarte w rozdziale 14, są sformułowane zrozumiale i syntetycznie. Spośród najważniejszych należy wymienić możliwość ograniczenia emisji gazów cieplarnianych do wartości ujemnych w całym analizowanym okresie przy pozyskaniu surowców i energii z odpadów, możliwość spełnienia założonego ograniczenia masy składowanych odpadów komunalnych do <10% w modelu opartym na odzysku energii z odpadów resztkowych w ITPOK-u, w połączeniu z recyklingiem organicznym bioodpadów w procesie fermentacji, oraz niższe wskaźniki emisyjności energii elektrycznej pozyskanej w ITPOK-u z odpadów resztkowych niż pochodzącej z procesu fermentacji.

Konkludując, autorka podkreśliła, że w czasie dochodzenia do neutralności klimatycznej odzysk energii z odpadów jest korzystną alternatywą dla paliw kopalnych, a ITPOK może stanowić ważny element w spełnianiu wymogów GOZ.

W pracy zacytowano łącznie 306 źródeł, z czego 253 stanowiły artykuły naukowe oraz opracowania, w tym komunikaty, raporty, dane statystyczne, linki do źródeł internetowych i normy analityczne, z których większość (73%) była w napisana w języku obcym (w większości angielskim, kilka pozycji po niemiecku), a 12 pozycji stanowiły prace, których współautorem była Habilitantka. Osobno zebrano 53 akty prawa europejskiego i krajowego.

Zwraca uwagę nakład pracy włożony w graficzne i tabelaryczne przedstawienie zebranych danych. W całej pracy udało mi się naliczyć aż 142 form graficznych, obejmujących wykresy, rysunki i schematy oraz kilka fotografii (w samych rozdziałach 11 i 12 stanowiących odpowiednio opis wyników badań własnych autorki, nad składem i właściwościami OUB oraz ocenę śladu węglowego modelu GO było ich 100), 101 tabel (42 w rozdziale 12) oraz 29 wzorów lub obliczeń (15 w rozdziale 10. *Metodyka badań i analiz*). Przy tak dużej liczbie form graficznych i tabel zachowano wysoki poziom ich estetyki. Wszystkie te formy, włączywszy samodzielnie wykonane rysunki są zrozumiałe, a ich opisy czytelne.

Po zapoznaniu się z wynikami prezentowanych w wyżej wymienionym dziele Habilitantki stwierdzam, że przedstawiony w pracy cel osiągnęła w oparciu o własne badania, logicznie i kompleksowo zaplanowane i realizowane - począwszy od uzyskania bogatego zestawu danych na temat parametrów fizyko-chemicznych, potencjału do biodegradacji i właściwości paliwowych bioodpadów oraz odpadów resztkowych, aby ostatecznie na ich podstawie dokonać długoterminowej prognozy efektów wdrożenia technologii odzysku energii z odpadów komunalnych na wskaźniki neutralności klimatycznej, **co należy uznać za istotne osiągnięcie naukowe dr inż. Emilii den Boer, stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, a więc drugą z ocenianych przesłanek.**

#### **4. Ocena aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej**

Działalność naukowa Habilitantki przed doktoratem (w latach 1999-2006) dotyczyła takich zagadnień jak: 1) ekoprojektowanie urządzeń w kontekście zagospodarowania odpadów poprodukcyjnych, 2) modelowanie procesów zachodzących podczas przetwarzania odpadów i LCA systemów gospodarki odpadami oraz 3) specjacja metali ciężkich w surowych i przetworzonych odpadach komunalnych oraz modelowanie ich długoterminowych emisji ze składowisk odpadów.

Po uzyskaniu doktoratu (w latach 2007-2024) Habilitantka rozwinęła tematykę swoich zainteresowań naukowych w kierunku: 4) wykorzystania odpadów w sieciach przemysłowych, 5) oceny potencjału odzysku energii z odpadów w skali regionalnej, 6) recyklingu organicznego bioodpadów w biorafineriach, 7) składu morfologicznego i właściwości technologicznych odpadów komunalnych, 8) oceny technologii przetwarzania odpadów w instalacjach oraz 9) planowania i optymalizacji systemów gospodarki odpadami.

Już w okresie przed doktoratem znaczna część jej badań była realizowana na uczelni zagranicznej - *Uniwersytecie Technicznym Darmstadt* w Niemczech. Habilitantka uczestniczyła w kilku długookresowych projektach o zasięgu międzynarodowym, grupujących łącznie kilkadziesiąt instytucji z wielu krajów (*LCA-IWM* – w ramach V Programu Ramowego, *ZeroWIN* – w ramach VII Programu Ramowego, *Remove* i *Above* - realizowanych w ramach Programu Regionu Morza Bałtyckiego, *foodCIRCUS* - w ramach *Central Europe Interreg*). W czasie realizacji tych projektów szczególnie bliską współpracę nawiązała z *Uniwersytetem Nauk Przyrodniczych* w Wiedniu, *Uniwersytetem* w *Southampton*, *Uniwersytetem Savonia* z Kuopio oraz *Malardalen* ze Szwecji, obecnie zaś współpracuje z badaczami z *Uniwersytetu w Helsinkach* oraz *University of Science and Technology* w Pekinie.

Spośród polskich instytucji badawczych Habilitantka współpracowała z *Instytutem Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* z Krakowa, *Uniwersytetem Przyrodniczym* we Wrocławiu, *Uniwersytetem Zielonogórskim* oraz *Instytutem Ochrony Środowiska – Państwowym Instytutem Badawczym* w Warszawie, a spośród innych instytucji, z *Wydziałem Gospodarki Dolnośląskiego Urzędu Marszałkowskiego*.

Efektem tej współpracy są publikacje naukowe bogato udokumentowane w Załączniku 4. Poza monografią, stanowiącą podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, całokształt dorobku naukowego Habilitantki obejmuje łącznie 18 prac indeksowanych w bazie JCR (całkowity IF w momencie przygotowania dokumentacji wynosił 56,162) oraz 18 artykułów w punktowanych czasopismach naukowych bez IF. Ponadto habilitantka była autorką lub współautorką 6 monografii i książek, 36 rozdziałów w monografiach i książkach,

jednego podręcznika i 21 innych artykułów. Pani dr inż. Emilia den Boer brała również aktywny udział w konferencjach międzynarodowych i krajowych, czego wynikiem jest 5 referatów konferencyjnych indeksowanych w bazie Web of Science, a spośród pozostałych 59 wystąpień - 47 referatów konferencyjnych. Jest też współredaktorem 1 pracy zbiorowej. W sumie Habilitantka posiada w dorobku 34 prac indeksowanych w bazie *Web of Science*, 31 w bazie *Scopus*, a 106 w *Google Scholar* (z wartościami indeksów Hirscha odpowiednio 10, 9 i 14).

Należy też zauważyć, że habilitantka przykładała znaczny wysiłek do działań, w wyniku których powstawały prace niepublikowane, jest między innymi współautorką 85 raportów.

Pani dr uczestniczyła w komitetach organizacyjnych lub naukowych 16 konferencji, w tym w międzynarodowym Komitecie Naukowym. Jest członkinią *Głównej Sekcji Gospodarki Odpadami Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych* oraz *Rady Naukowej Centrum Zrównoważonego Rozwoju i Ochrony Klimatu PWr*. Jest też aktywnym recenzentem mającym w dorobku 50 recenzji artykułów naukowych (w większości w wiodących czasopismach z dyscypliny o zasięgu międzynarodowym) i jednej monografii.

Konkludując, można uznać, że dorobek publikacyjny kandydatki jest znaczący. **Nie budzi również wątpliwości istotna aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej jednostce naukowej w kraju i za granicą, stanowiąca trzecią z ocenianych przesłanek.**

##### **5. Działalność dydaktyczna i organizacyjna oraz popularyzująca naukę**

Ponadto ważnym elementem aktywności habilitantki jest działalność dydaktyczna, która również koncentruje się wokół zagadnień związanych z szeroko pojętą gospodarką odpadami. Jest współautorką wykładów bądź ćwiczeń z przedmiotów *Gospodarka Odpadami* oraz *Technologie Gospodarki Odpadami* (studia I stopnia), autorką wykładów i ćwiczeń z przedmiotu *Zintegrowana polityka produktowa i LCA produktów i odpadów* oraz *Modelowanie w gospodarce odpadami* (studia II stopnia). Należy też zwrócić uwagę na pracę włożoną w realizację dydaktyki w języku obcym – Habilitantka jest współautorką wykładów z przedmiotu *Solid Waste Management* oraz skryptu o tym samym tytule.

W latach 2004-2024 pani dr inż. Emilia den Boer była promotorem 35 prac inżynierskich i 41 magisterskich zrealizowanych na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej. W ramach swoich obowiązków dydaktycznych zajmowała się między innymi organizacją wyjazdów technicznych na obiekty branżowe, pełniła funkcję opiekuna praktyk studenckich, a w latach 2020-2024, członka rady programowej kierunku studiów *Biogospodarka*.

Kandydatka była również zaangażowana w kształcenie nieformalne jako członkini zespołu prowadzącego cykle szkoleń dla przedstawicieli samorządów z zakresu wykorzystania metodyki LCA w gospodarce odpadami oraz metod zbiórki i zagospodarowania bioodpadów w gminach.

Działalność organizacyjna pani dr inż. Emilii den Boer była wielokrotnie zauważana przez władze Politechniki Wrocławskiej – w latach 2012–2023 była aż siedmiokrotnie wyróżniona przez Rektora za działalność na rzecz Uczelni, wnioskowano też, z pozytywnym skutkiem, o jej odznaczenie przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej Medalem Brązowym za długoletnią służbę.

Przeoglądając dorobek Habilitantki, można również zauważyć, że oprócz artykułów o charakterze naukowym i zasięgu międzynarodowym, przykładała wysiłek do publikacji polskojęzycznych w czasopismach branży komunalnej i ochrony środowiska. Jej wkład w promowanie wiedzy o gospodarce odpadami został doceniony przez środowisko branżowe (zał. 3.6), a kompetencje zostały spożytkowane przez *Ministra Rozwoju, Pracy i Technologii*, która powołała ją w 2020 roku do *Sektorowej Rady ds. Kompetencji Sektora Odzysku Materiałowego Surowców* przy *Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości* (zał. 3.5).

Reasumując, trzeba stwierdzić, że pani dr inż. Emilia den Boer wykazuje dużą aktywność dydaktyczną, organizacyjną oraz popularyzującą naukę, związaną bezpośrednio z tematyką prowadzonej działalności naukowej i, w moim przekonaniu, świadczy o dojrzałości i świadomości roli naukowca w społeczności uczelni i kraju.

## 6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Z dużym zainteresowaniem zapoznałem się z przedłożonym mi do recenzji osiągnięciem naukowym Habilitantki, i oceniam je bardzo wysoko. Pani dr inż. Emilia den Boer wykazuje się również solidnym dorobkiem naukowym, który w dużym udziale powstał na skutek istotnej aktywności realizowanej na kilku uczelniach, w tym zagranicznych. Znaczną część jej wysiłków zajmowała działalność edukacyjna, organizacyjna, ekspercka i popularnonaukowa, co sprawia, że jest znanym i cenionym, zarówno przez środowisko naukowe, jak i przedstawiciele otoczenia społeczno-gospodarczego, specjalistą w zakresie gospodarki odpadami.

W związku z powyższym **stwierdzam jednoznacznie, że w kontekście wymogów zawartych w art. 219 ust. 1, Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.), dr inż. Emilia den Boer spełnia wszystkie przesłanki do uzyskania stopnia doktora habilitowanego**, stąd wnioskuję do *Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej* o dopuszczenie dr inż. Emilii den Boer do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę bardzo wysoką wartość ocenianego osiągnięcia naukowego proponuję jego wyróżnienie, jeżeli jest to w zwyczaju Wydziału.

