



dr hab. inż. Klaudiusz Grübel, prof. ATH
Akademia Techniczno-Humanistyczna
w Bielsku-Białej
Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska
ul. Willowa 2
43-309 Bielsko-Biała
email: kgrubel@ath.bielsko.pl

Bielsko-Biała, 12.05.2022 r.

RECENZJA

osiągnięcia naukowego dr inż. Przemysława Serugi
przedstawionego w postaci jednotematycznego cyklu publikacji pod wspólnym tytułem
„Fermentacja metanowa frakcji organicznych odpadów komunalnych z zagospodarowaniem
powstających produktów ubocznych”
będącego podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

1. Podstawy formalne sporządzenia recenzji

Recenzja została przygotowana na podstawie uchwały nr 28/2022, z dnia 24.02.2022 r. Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej. O decyzji powołującej moją osobę na recenzenta i członka komisji habilitacyjnej dr inż. Przemysława Serugi zostałem poinformowany pisemnie listem z dnia 19.04.2022 r. przesłanym przez Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka prof. dr hab. inż. Andrzeja Rusina. Podstawą opracowania recenzji był przesłany na mój adres służbowy wydrukowany egzemplarz osiągnięcia naukowego.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest osiągnięcie naukowe pod wspólnym tytułem „Fermentacja metanowa frakcji organicznych odpadów komunalnych z zagospodarowaniem powstających produktów ubocznych”.

Dr inż. Przemysław Seruga aplikuje o stopień doktora habilitowanego na podstawie zbioru sześciu publikacji, których tematyka wpisuje się w zakres reprezentowany przez wspólny tytuł osiągnięcia naukowego.

3. Sylwetka naukowa dr inż. Przemysława Serugi

Pan dr inż. Przemysław Seruga uzyskała tytuł magistra inżyniera w 2011 r. na Uniwersytecie Ekonomicznym we Wrocławiu. Promotorem pracy magisterskiej była dr inż. Małgorzata Krzywonos, a temat pracy brzmiał „Zastosowaniem bakterii fermentacji mlekowej do odbarwiania buraczanego wywaru melasowego”. Kolejnym etapem w rozwoju naukowym habilitanta było otrzymanie stopnia doktora nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności i żywienia na Wydziale Inżynieryjno-Ekonomicznym Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu w roku 2017 na podstawie dysertacji „Unieszkodliwianie odpadów z przemysłu spożywczego w zakładzie gospodarowania odpadami komunalnymi”. Promotorem pracy była Pani dr hab. inż. Małgorzata Krzywonos, prof. UE.

Pan dr inż. Przemysław Seruga od roku 2014 jest pracownikiem Zakładu Gospodarowania Odpadami Gać Sp. z o.o. Ponadto od 2018 r. jest również pracownikiem Katedry Inżynierii Bioprosesowej Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. W okresie 01.05.2020 r. – 31.10.2020 r. Pan dr inż. Przemysław Seruga odbył staż naukowy w Katedrze Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Biorąc pod uwagę poszczególne etapy rozwoju kariery naukowej habilitanta można wyraźnie dostrzec jego zainteresowania badawcze, które skierowane było na zagadnienia związane z procesami fermentacji metanowej. Całokształt prowadzonych prac stanowi podstawę do ubiegania się przez Pana dr inż. Przemysława Serugi o tytułu doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

4. Charakterystyka osiągnięcia naukowego

Przedstawione osiągnięcie naukowe zgodnie z wymaganiami określonymi w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (j.t. Dz. U. z 2022 r. poz. 574, z późn. zm.) zostało złożone do oceny w formie jednotematycznego cyklu sześciu prac opublikowanych w czasopismach, które znajdują się na liście JCR (Journal Citation Reports), pod wspólnym tytułem: „Fermentacja metanowa frakcji organicznych odpadów komunalnych z zagospodarowaniem powstających produktów ubocznych”, opublikowanych w latach 2019-2021.

Jak widać na zbiór ten składają się artykuły o zasięgu międzynarodowym z IF od 0,900 do 3,267. Pan dr inż. Przemysław Seruga jest pierwszym autorem we wszystkich sześciu pracach, co wskazuje na wiodącą rolę w ich opublikowaniu. Pan dr inż. Przemysław Seruga podał w oświadczeniach, że jego udział w podstawowych sześciu publikacjach stanowi średnio 76,7% (publikacja 1 – 100%, publikacja 2 – 90%, publikacja 3 – 70%, publikacja 4 – 60%, publikacja 5 – 70%, publikacja 6 – 70%). Dodatkowym potwierdzeniem udziału są oświadczenia współautorów zamieszczone w dokumentacji przedstawionej do recenzji. Wkład Pana dr inż. Przemysława Serugi polegał na prowadzeniu badań eksperymentalnych, analizie i opracowywaniu uzyskanych wyników, zbieraniu piśmiennictwa i pisanu artykułów/referatów. W pięciu publikacjach poza Panem dr inż. Przemysławem Serugą występują jeszcze inni współautorzy.

4.1. Ocena zasadności podjętej problematyki badawczej

Jako osiągnięcie naukowe Pan dr inż. Przemysław Seruga przedstawił cykl publikacji powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem „Fermentacja metanowa frakcji organicznych odpadów komunalnych z zagospodarowaniem powstających produktów ubocznych”, które wg. mojej opinii mają istotny wkład habilitanta w rozwój dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, biorąc pod uwagę ich przedmiot badań i zasięg aplikacyjny.

Problem zagospodarowania odpadów, a zwłaszcza frakcji organicznej, jest bardzo aktualny i wymaga szukania nowych i doskonalenia istniejących rozwiązań technologicznych. Wpisuje się to obecnie bardzo wyraźnie w trend Gospodarki o obiegu zamkniętym. Ponadto wykorzystanie/przetworzenie frakcji organicznej przyczynia się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych do atmosfery w momencie deponowania na składowiskach odpadów frakcji nie biodegradowalnych biologicznie.

Z przedstawionego do oceny osiągnięcia naukowego, jak również z trendu światowego, wynika, że dominującą technologią w zakresie przetwarzania frakcji biodegradowalnej odpadów jest stabilizacja beztlenowa – fermentacja. W przeciągu ostatnich co najmniej 20 lat proces ten jest udoskonalany i ukierunkowywany np. w stronę intensyfikacji produkcji biogazu i pozyskiwanej z niego energii, poprzez różnego rodzaju zabiegi modyfikacji procesowej lub technologicznej. Prace

badawcze wykazane w osiągnięciu naukowym będącym podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego oraz ich aplikacyjność doskonale wpisują się właśnie w polepszania i udoskonalanie procesu fermentacji.

Pan dr inż. Przemysław Seruga przedstawił wyniki badań zrealizowanych w Zakładzie Gospodarowania Odpadami Gać Sp. z o.o., zlokalizowanym koło Oławy na Dolnym Śląsku. Zgodnie z charakterystyką Zakład posiada kompostownię tunelową opartą na technologii „COMPObox” firmy Compost Systems GmbH, składającą się z 6 reaktorów hermetyzowanych z napowietrzaniem, nawadnianiem, rekuperacją ciepła w wymienniku krzyżowym oraz biofiltrem z płuczką. Instalacja ta może w ciągu roku przyjmować maksymalnie 33 000 Mg materiału, przy założeniu 14-16 dniowego obłożenia reaktora. Odpady poddane stabilizacji tlenowej przetwarzane są w żelbetowych reaktorach o długości 23,5 m i szerokości 7,5 m. Przy wysokości załadunku materiału 2 m, pojemność całkowita reaktora wynosi 360 m³ (pojemność czynna/wykorzystywana 337,5 m³). Z kolei instalacja fermentacji została wykonana w technologii KOMPOGAS® i zaprojektowana jest na przetworzenie w ciągu roku 27 000 Mg frakcji biodegradowalnej pochodzącej z odpadów komunalnych oraz 4 000 Mg odpadów kuchennych. Proces fermentacji metanowej przebiega w dwóch poziomych bioreaktorach (każdy o pojemności całkowitej 1500 m³). W skład całej instalacji wchodzi moduły: jeden przeznaczony do przygotowania odpadów i ich podawania do fermentacji, dwie komory fermentacyjne, moduł odwadniania przefermentowanych odpadów, moduł energetycznego odzysku biogazu oraz moduł do oczyszczania powietrza procesowego. Technologia przewiduje prowadzenie fermentacji suchej, z zawartością suchej masy w komorze w granicach 30-35%, w warunkach termofilnych (54°C).

Najważniejsze wnioski płynące z przedstawionego cyklu publikacji zostały podsumowane w autoreferacie, w którym autor, co jakiś czas podkreślał, co jest jego istotnym wkładem i nowatorskim podejściem w prowadzonych badaniach. Przedstawiony cykl publikacji do postępowania habilitacyjnego stanowi dość spójny materiał, którego kluczem są procesy przetwarzania i stabilizacji odpadów – frakcji organicznej.

4.2. Omówienie i opinia osiągnięcia naukowego

Cel osiągnięcia naukowego został sprecyzowany w autoreferacie i obejmuje scharakteryzowanie procesu fermentacji metanowej frakcji organicznych odpadów komunalnych z uwzględnieniem możliwości zagospodarowania powstających produktów ubocznych procesu (ścieków i pofermentatu). Pan dr inż. Przemysław Seruga w pracach składających się na osiągnięcie zweryfikował także wydajność i stabilność przebiegu procesu fermentacji. Wyniki badań posłużyły do porównania procesów fermentacji dwóch różnych substratów (frakcji biodegradowalnej oraz selektywnie zebranych bioodpadów). Habilitant ponadto w autoreferacie doprecyzował cele szczegółowe.

4.2.1. Seruga P. 2021: The municipal solid waste management system with anaerobic digestion, *Energies*, 14, 2067., doi:10.3390/en14082067 [140 pkt MNiSW, IF= 2,702]

W artykule habilitant przedstawił charakterystykę oraz ilość zbieranych i wykorzystywanych odpadów z wielolecia w Zakładzie Gospodarowania Odpadami Gać Sp. z o.o., lokalizowanym koło Oławy na Dolnym Śląsku. W tabeli 1 w danej z roku 2019 – Residual/Mixed solid waste brakuje przecinka. Obok ilości odpadów została również podana charakterystyka wytwarzanego biogazu oraz charakterystyka pofermentatu. Jak słusznie zauważył Pan dr inż. Przemysław Seruga zbiórka bioodpadów „u źródła” jest w Polsce w początkowej fazie rozwoju, stąd ten obszar badawczy wymaga szczególnej uwagi. Fakt braku instalacji fermentacji ciągłej bioodpadów komunalnych w Polsce do 2019 r., świadczy również o nowości zaproponowanego przez habilitanta rozwiązania. Ze względu na fakt, iż odpady mają różną charakterystykę w zależności od miejsca powstawania (np.

w zależności od kraju) wypracowanie przez habilitanta własnych rozwiązań i metod przetwarzania zastosowanych w warunkach polskich, dla instalacji w pełnej skali technicznej jest jego nie wątpliwym wkładem do wiedzy.

4.2.2. Seruga P., Krzywonos M. 2021: Separate collected versus mechanical segregated organic fractions in terms of fertilizers suitability, *Energies*, 14, 3971, doi: 10.3390/en14133971 [140 pkt MNiSW, IF= 2,702]

Przeprowadzone przez Pana dr inż. Przemysława Serugę badania obejmowały porównanie powstałych z przetwarzania selektywnie zebranych bioodpadów oraz frakcji biodegradowalnej wydzielonej ze zmieszanych odpadów komunalnych osadów pofermentacyjnych, odcieków z odwadniania oraz wytworzonych kompostów. W tych materiałach oznaczono m.in. zawartości metali ciężkich oraz składników odżywczych dla roślin. Jak słusznie zauważył habilitant każdy z powstałych produktów po spełnieniu wymagań krajowych, uzyskaniu pozytywnej opinii produktowej oraz po dopuszczeniu do obrotu handlowego może być stosowany jako tzw. środek polepszający właściwości gleb. Z przeprowadzonych badań wynikało, iż produkty pofermentacyjne pochodzące z frakcji biodegradowalnej wydzielonej z niesegregowanych odpadów komunalnych nie spełniły wymagań prawnych w tym zakresie. Przede wszystkim przekroczone zostały stężenia metali ciężkich.

4.2.3. Seruga P., Krzywonos M., Seruga A., Niedźwiecki Ł., Pawlak-Kruczek H., Urbanowska A. 2020: Anaerobic digestion performance: separate collected vs. mechanical segregated organic fractions of municipal solid waste as feedstock, *Energies*, 13, 3768., doi:10.3390/en13153768 [140 pkt MNiSW, IF= 2,702]

Ze względu na prowadzoną zbiórkę selektywną odpadów „u źródła” – wyodrębnienie poszczególnych frakcji, w tym bioodpadów, koniecznym staje się projektowanie instalacji fermentacji ukierunkowanych na selektywnie zebraną frakcję - bioodpady oraz dostosowanie/przejście istniejących biogazowni z frakcji biodegradowalnej wydzielonej ze zmieszanych odpadów komunalnych na bioodpady. Z tego powodu habilitant podjął badania dotyczące zweryfikowania stabilności i efektywności procesu fermentacji pod kątem docelowego przejścia na przetwarzanie selektywnie zebranych bioodpadów. Habilitant dokonał analizy morfologicznej substratów przeznaczonych do fermentacji i stwierdził, że bioodpady zbierane „u źródła” charakteryzują się większą o 19,8% zawartością frakcji organicznej w stosunku do frakcji biodegradowalnej z niesegregowanych odpadów. Ocena efektywności procesu została dokonana na podstawie dobowej produkcji biogazu oraz jego składu. Dodatkowo aby ocenić prawidłowość prowadzenia procesu, Pan dr inż. Przemysław Seruga wykonał analizy podstawowych parametrów tj.: oznaczenia zawartości lotnych kwasów tłuszczowych, wartości pH, kwasowości, zasadowości i suchej masy. W wyniku prowadzonych badań odnotowano o 5,8 m³/tonę wyższą wydajność biogazu w przypadku fermentacji bioodpadów w porównaniu z fermentacją frakcji biodegradowalnej ze zmieszanych odpadów komunalnych. Równocześnie biogaz charakteryzował się wyższym stężeniem metanu (58-60% w porównaniu do 51-53%). Wpłynęło to jednocześnie na spadek stężenia siarkowodoru z 800-1000 ppm (frakcja zmieszana) do 200-250 ppm (fermentacja bioodpadów). Habilitant zatem słusznie wywnioskował, iż taki proces przyczyni się do obniżenia kosztów prowadzenia procesu fermentacji w związku z ograniczeniem zużycia środka odsiarczającego (w tym badaniu używano wodny roztwór chlorku żelaza(III)).

Jak słusznie zauważył habilitant, zwiększone uzyski biogazu i jego lepsza jakość skutkowały zwiększeniem rocznych ilości wytworzonej w kogeneracji energii elektrycznej w ZGO Gać sp. z o.o. o około 700 MWh (3932,9 MWh wobec 3285,4 MWh). Dzięki tym badaniom habilitant

zaobserwował, iż stężenia krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych na poziomie około 1,1 g/kg, wartości pH (nieco powyżej 8,0), poziom kwasowości i zasadowości pozwalają na podawania bioodpadów do komory fermentacyjnej bez ryzyka zaburzenia całego procesu. Efektem prac Pana dr inż. Przemysława Serugi była zmiana w prowadzeniu procesu fermentacji w ZGO Gać sp. z o.o. skutkująca zasilaniem jednej z dwóch komór fermentacyjnych selektywnie zebranymi bioodpadami. Na podstawie przeprowadzonych badań został zaproponowany przez habilitanta nowy schemat ideowy procesu prowadzenia fermentacji w ZGO Gać sp. z o.o.

Podsumowując przedstawione wyniki badań są nowatorskim rozwiązaniem problemu fermentacji bioodpadów. Wątpliwości recenzenta budzi forma i prawidłowość przedstawionych wyników w publikacji na rysunkach 4-7. Wszystkie zaprezentowane wyniki są z okresu 4 tygodni i połączone linią ciągłą pomiędzy wynikami jednotygodniowymi. W moim przekonaniu nie jest to prawidłowa interpretacja graficzna wyników, ponieważ nie ma pewności, że tendencja spadkowa lub wzrostowa danego parametru była utrzymywana w okresie tygodnia po między analizami. Wszystkie te wyniki winny być przedstawione albo w postaci kolumn albo w innej formie graficznej. Oczywiście nie wpływa to na prawidłowo wyciągnięte wnioski z badań.

4.2.4. Seruga P., Krzywonos M., Paluszak Z., Urbanowska A., Pawlak-Kruczek H., Niedźwiecki Ł., Pińkowska H. 2020: Pathogen reduction potential in anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste and food waste, *Molecules*, 25, 275 [100 pkt., MNiSW, IF=3,267]

W tej pracy habilitant przedstawił wyniki badań dotyczących aspektu higienizacji odpadów kuchennych i restauracyjnych, stanowiących uboczny produkt pochodzenia zwierzęcego kategorii 3. Badania przeprowadzono w skali laboratoryjnej, w bioreaktorze z wykorzystaniem wybranych organizmów wskaźnikowych. Wnętrze reaktora zostało wypełnione wsadem fermentacyjnym pochodzącym z ZGO Gać sp. z o.o. podgrzanym do temperatury 54°C. Habilitant do badanego materiału wprowadził przygotowane zawiesiny bakteryjne (*Salmonella Senftenberg* W775 i *Enterococcus* spp.) oraz perlonowe nośniki zawierające jaja *Ascaris suum*. Oceny skuteczności higienizacji dokonano na podstawie zmian ilościowych populacji wybranych patogenów w czasie fermentacji. Określone prawnie progi eliminacji patogenów zostały osiągnięte przez habilitanta w ciągu ok. 6,06, 5,5 oraz 10 godzin, odpowiednio dla *Salmonella Senftenberg* W775, *Enterococcus* spp. i jaj *Ascaris suum*.

Aby ocenić stopień higienizacji w pełnej skali technicznej Pan dr inż. Przemysław Seruga przeprowadził badania na działającej instalacji w ZGO Gać sp. z o.o. W okresie dwóch miesięcy w procesie fermentacji do frakcji biodegradowalnej dodawany był 5% dodatek odpadów kuchennych i restauracyjnych. W tym czasie habilitant weryfikował także stabilność przebiegu procesu (pH, sucha masa, zasadowość, kwasowość, zawartość jonów amonowych i zawartość krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (octowego, propionowego, masłowego i walerianowego)). W trakcie badań habilitant zaobserwował stabilność procesu odnotowując wartości pH utrzymujące się na poziomie około 8,5, suchą masę na poziomie 35% w sekcji początkowej i około 33,8% w sekcji końcowej komory, stężenie jonów amonowych na poziomie około 3,8 g/kg. Odnotowana przez habilitanta zawartość krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych również była w dopuszczalnym/stabilnym zakresie. Stosunku kwasowości do zasadowości nie przekraczał 0,2.

Otrzymane wyniki potwierdziły skuteczności procesu kofermentacji w warunkach termofilnych, jako metody przetwarzania ubocznych produktów pochodzenia zwierzęcego, eliminowania bakterii i braku ich występowania w pofermentacie bez konieczności wstępnej higienizacji w temperaturze 70°C. W efekcie podjętych prac badawczych habilitant uzyskał przetestowaną metodę gotową do wdrożenia w Zakładzie. Warto podkreślić, że po uzyskaniu aprobaty nadzoru weterynaryjnego tj. zgody Powiatowego Lekarza Weterynarii w Oławie na

przetwarzanie w kofermentacji odpadów kuchennych i restauracyjnych z frakcją biodegradowalną odpadów komunalnych, instalacja w ZGO Gać sp. z o.o. została pierwszą tego typu instalacją fermentacji w Polsce.

Podobnie jak w poprzedniej pracy wątpliwości recenzenta budzi forma i prawidłowość przedstawionych wyników w publikacji na rysunkach 3-4. Wszystkie zaprezentowane wyniki są z okresu 9 tygodni i połączone linią ciągłą pomiędzy wynikami jednotygodniowymi. W moim przekonaniu nie jest to prawidłowa interpretacja graficzna wyników, ponieważ nie ma pewności, że tendencja spadkowa lub wzrostowa danego parametru była w tygodniu po między wynikami. Wszystkie te wyniki winny być przedstawione albo w postaci słupków albo w innej formie graficznej. Oczywiście nie wpływa to na prawidłowo wyciągnięte wnioski.

4.2.5. Seruga P., Krzywonos M., Pyżanowska J., Urbanowska A., Pawlak-Kruczek H., Niedźwiecki Ł. 2019: Removal of ammonia from the municipal waste treatment effluents using natural minerals, *Molecules*, 24, 3633 [100 pkt., MNiSW, IF=3,096]

Jako uzupełnienie zakresu prowadzonych badań, habilitant zajął się również oceną możliwości i wyborem sposobu zagospodarowania/oczyszczenia ścieków powstających w trakcie biologicznego przetwarzania odpadów, które pochodziły z ZGO Gać sp. z o.o. W tym celu Pan dr inż. Przemysław Seruga wykorzystał sorbenty do oczyszczania ścieków i zwrócił szczególną uwagę na usuwanie jonów amonowych. Habilitant wykorzystał trzy naturalne sorbenty (*Zeocem Eco*, *BiozeoR01* i *Zeolite Subio*) o wielkości ziaren 0,5-1 mm. Największą skuteczność usuwania jonów amonowych odnotował dla *Zeolite Subio* (40,4%). Ten sorbent posłużył do dalszych badań dotyczących wpływu frakcji granulometrycznej (0,5-1,0 mm, 0,2-0,5 mm, 0,0-0,2 mm) na skuteczność usuwania jonów amonowych. W dalszej części badań Pan dr inż. Przemysław Seruga zdecydował się na poszerzenie badań o nowe sorbenty tj. *Bentonit*, *Zeocem Eco* i *Terra Bent Agro* o uziarnieniu 0-0,05 mm. Najwyższą skuteczność usuwania jonów amonowych ze ścieków, wynoszącą 52,3%, zanotował dla próbki *Bentonitu I* (o 85% zawartości montmorylonitu). Najniższą z kolei skuteczność zaobserwował przy zastosowaniu sorbentu *Terra Bent Agro* (40,3%). W związku z powyższym *Bentonit I* został wybrany do dalszego etapu badań, w którym habilitant zweryfikował wpływ aktywacji chlorkiem sodu o stężeniach 0,5, 1 i 2 mol/dm³. W tym etapie badań Pan dr inż. Przemysław Seruga osiągnął 55,9% skuteczność usuwania jonów amonowych przy aktywacji *Bentonitu* roztworem NaCl o stężeniu 1 mol/dm³. Potwierdzeniem przeprowadzonych badań było wyznaczenie równowagowego współczynnika adsorpcji (izoterma adsorpcji Langmuira dobrze odpowiadała równowadze (R^2 od 0,97 do 0,98), podczas gdy model Freundlicha okazał się niedopasowany ($R^2 = 0,77$)). Na podstawie wyników badań habilitant skłonił, że zastosowanie naturalnych sorbentów, ani ich aktywacja za pomocą roztworu NaCl nie przyniosło oczekiwanej poprawy wydajności i skuteczności oczyszczania ścieków.

4.2.6. Seruga P., Krzywonos M., Wilk M., Borowiak D. 2019: The effect of selected parameters on the stabilization efficiency of the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW) in the mechanical and biological treatment plant (MBT). *Rocznik Ochrony Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, 21, 316-329 [40 pkt MNiSW, IF= 0,900]

Wyniki badań przedstawione przez habilitanta w tym artykule dotyczą opracowania skutecznej i efektywnej ekonomicznie metodę stabilizacji tlenowej frakcji organicznej wydzielonej ze zmieszanych odpadów komunalnych. Pan dr inż. Przemysław Seruga poprzez analizę statystyczną sprawdził istotność parametrów wpływających na proces stabilizacji, takich jak: napowietrzanie, nawadnianie, czas procesu oraz mechaniczne przerzucanie. Osiągnięty współczynnik determinacji (R^2) wynoszący 0,94 sugeruje odpowiednią reprezentację modelu procesu i dobrą korelację między

wartościami eksperymentalnymi i przewidywanymi. Wyznaczone równanie regresji przyjęło postać: $Y=0,263+0,058X_1-0,048X_2+0,062X_3$ (gdzie: Y - przewidywany stopień stabilizacji materiału, X_1 - napowietrzanie pryzmy odpadów, X_2 - nawadnianie odpadów, X_3 - czas prowadzenia procesu). Dzięki tej analizie habilitant stwierdził, iż w przeprowadzonym badaniu mechaniczne przerzucanie okazało się nieistotne dla stopnia stabilizacji materiału. Dodatkowo wyznaczony statystycznie model został potwierdzony w przebiegu kontrolnym, w którym habilitant osiągnął stopień stabilizacji wynoszący 47,5%, przy ustalonych nastawach czasów pracy wentylatora napowietrzania (10 minut działania i 5 minut przerwy), nawadnianiu (10 000 dm³/dobę) i przetwarzaniu trwającym 4 tygodnie. Opracowaną metodę prowadzenia stabilizacji wprowadzono do działalności ZGO Gać sp. z o.o. jako rozwiązanie nowatorskie. Dzięki temu habilitant (efekt dla Zakładu) uzyskał produkt – stabilizat, spełniający wymagania prawne pozwalające składować go z obniżoną stawką opłaty za korzystanie ze środowiska.

5. Pozostały dorobek naukowy, działalność dydaktyczna i popularyzatorska

Oprócz cyklu publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (j.t. Dz. U. z 2022 r. poz. 574, z późn. zm.) habilitant przedstawił jako wykaz osiągnięć naukowych szereg innych publikacji. Było to:

- 12 publikacji wydanych przed uzyskaniem stopnia doktora,
- 12 publikacji wydanych po uzyskaniu stopnia doktora.

Pan dr inż. Przemysław Seruga brał udział w Konferencjach o zasięgu krajowym i międzynarodowym na których wygłosił 10 referatów (4 po uzyskaniu stopnia doktora) oraz przedstawił wyniki badań w postaci 17 posterów (3 po uzyskaniu stopnia doktora).

Sumaryczna liczba punktów według kryteriów MEiN/MNiSW za publikacje wynosi 1840. Publikacje wymienione w osiągnięciu naukowym stanowią łącznie 660 punktów. Sumaryczny Impact Factor publikacji wynosi 41,910, z czego publikacje wymienione w osiągnięciu naukowym mają łączny IF = 15,369. Liczba cytowań (dane wg autora, stan do grudnia 2021 r.) wynosi odpowiednio: wg bazy Web of Science 101 cytowań, wg bazy Scopus 121 cytowań. Indeks Hirscha to odpowiednio: 7 wg bazy Web of Science, 8 wg bazy Scopus.

Pan dr inż. Przemysław Seruga w dorobku posiada także 23 karty aplikacji produktu oraz wykonał łącznie 39 recenzji artykułów naukowych w języku obcym w czasopiśmie z IF, oraz 6 w języku polskim.

Przedstawiony dorobek naukowy świadczy o dużej samodzielności w prowadzeniu prac naukowych i podejmowaniu nowych wyzwań badawczych przez habilitanta.

Obok osiągnięć naukowych w formie publikacji i wystąpień na Konferencjach Pan dr inż. Przemysław Seruga przedstawił szereg innych informacji o swojej działalności naukowej. Brał czynny udział w projekcie badawczym finansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Ponadto uczestniczył w przygotowywaniu wielu wniosków o projekty badawcze o zasięgu krajowym i międzynarodowym. W roku 2020 odbył staż w Katedrze Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, z kolei w 2021 r. odbył szkolenie na Uniwersytecie Ekonomicznym w Bratysławie, w ramach programu Erasmus+. Pan dr inż. Przemysław Seruga prowadził zajęcia laboratoryjne z przedmiotów: Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych oraz Metrologia. Prowadził również Seminarium dyplomowe dla studentów studiów inżynierskich na kierunku Zarządzanie i inżynieria produkcji oraz był recenzentem prac dyplomowych studiów pierwszego i drugiego stopnia na tym kierunku. Swoją działalność popularyzatorsko-naukową realizował prowadząc wykłady i zajęcia w ramach Festiwalu Nauki.

6. Konkluzja końcowa

Praca stanowi próbę samodzielnego rozwiązania problemu naukowego, który pozostaje w obszarze technologii unieszkodliwiania odpadów.

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe (zbiór artykułów) stanowi logiczną całość, zawarta dyskusja jest zwarta i klarowna, wyniki badań są precyzyjnie omawiane. Całość jest świadectwem biegłości wiedzy, którą zgłębił habilitant w tematyce prowadzonych badań, a także zdolności wyprowadzania syntetycznych wniosków z dużej ilości danych uzyskanych z procesów prowadzonych w skali technicznej.

W moim przekonaniu, uzyskane przez habilitanta wyniki badań stanowią wkład w dotychczasowy stan wiedzy w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka w obszarze technologii unieszkodliwiania odpadów. Niewątpliwie tak szerokie i szczegółowe podejście do tematyki prac pozwoliło Panu dr inż. Przemysławowi Serudze na wytypowanie optymalnych warunków procesowych, wraz z całościowym rozwiązaniem przetwarzania odpadów w procesie fermentacji metanowej z równoczesnym zagospodarowaniem powstających produktów ubocznych, w tym poprzez ich kompostowanie. Jak habilitant niejednokrotnie podkreślał w zbiorze publikacji, badania zostały przeprowadzone we współpracy z Zakładem Gospodarowania Odpadami Gać Sp. z o.o., w większości w skali przemysłowej, na funkcjonującej instalacji, co pozwoliło na efektywną współpracę nauki z otoczeniem biznesowym. Położony szczególny nacisk habilitanta na problemy eksploatacyjne, porównanie procesu fermentacji dla różnych rodzajów odpadów oraz charakterystyka powstających produktów ubocznych są niewątpliwym wkładem naukowym w dyscyplinę inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Wskazane przez habilitanta dalsze kierunki rozwoju oraz wytyczne dla projektowania i wykonania tego typu instalacji wraz z opracowaniem metod prowadzenia procesu mogą z powodzeniem zostać wykorzystane w innych tego typu instalacjach. Ponadto zbadane i opracowane metody przetwarzania odpadów pozwoliły instalacji w ZGO Gać sp. z o.o., jako pierwszej w kraju, zastosować proces fermentacji suchej ciągłej selektywnie zebranych bioodpadów, w tym odpadów kuchennych, stanowiących odpad pochodzenia zwierzęcego kategorii 3.

Biorąc pod uwagę pozytywną ocenę osiągnięcia naukowego (cykl publikacji pod wspólnym tytułem „Fermentacja metanowa frakcji organicznych odpadów komunalnych z zagospodarowaniem powstających produktów ubocznych”) oraz pozostałego dorobku naukowego (walory merytoryczne i formalne), a także szerokie doświadczenie badawcze i dydaktyczne, stwierdzam, iż w mojej ocenie Pan dr inż. Przemysław Seruga spełnia ustawowe wymogi stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (j.t. Dz. U. z 2022 r. poz. 574, z późn. zm.). Wnioskuję zatem o dopuszczenie Pana dr inż. Przemysława Serugi do dalszych etapów zmierzających do nadania stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Podpisał Klaudiusz Grübel