

Bytom 06.05.2021

Prof. dr hab. inż. Czesława Rosik-Dulewska *czł.koresp.PAN*
Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN Zabrze/

RECENZJA

osiągnięcia naukowego, zestawionego jako 12 publikacji, pt. Ocena przydatności popiołów powstających w procesie termicznego przekształcania osadów ściekowych na cele nawozowe oraz weryfikacja metody odzysku fosforu z tych materiałów oraz o dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dr inż. Marzeny Smol

Podstawa opracowania

Recenzję wykonano na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Prof. Andrzeja Rusina z Politechniki Śląskiej (Uchwała Nr 14/2021 z 25 lutego 2021 w sprawie powołania komisji habilitacyjnej, zgodnie z wymaganiami określonymi w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z dnia 30 sierpnia 2018 r. poz. 1668).

Do wykonania recenzji wykorzystano materiały przesłane przez Sekretarza Komisji Habilitacyjnej z Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej.

Informacje ogólne

Dyplomy i stopnie naukowe

- 2008 r. **Dyplom licencjata ochrony środowiska, specjalizacja analiza środowiskowa**- Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie, Wydział Matematyczno - Przyrodniczy
Stacjonarne studia licencjackie
- 2010 r. **Dyplom magistra ochrony środowiska, specjalizacja analiza środowiskowa**
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie, Wydział Matematyczno - Przyrodniczy

Stacjonarne studia magisterskie

Studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Środowiska i Biotechnologii Politechniki Częstochowskiej (obecnie Wydział Infrastruktury i Środowiska PCz).

2011 r. **Dyplom licencjata zarządzania, specjalizacja zarządzanie przedsiębiorstwem**

Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie, Wydział Nauk Społecznych

Stacjonarne studia licencjackie

2012 r. **Dyplom ukończenia studiów podyplomowych - przygotowanie pedagogiczne**

Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej

Kwalifikacyjne pedagogiczne studia podyplomowe

2013 r. **Dyplom magistra zarządzania, specjalizacja zarządzanie projektem międzynarod.**

Politechnika Częstochowska, Wydział Zarządzania

Stacjonarne studia magisterskie

2015 r. **Stopień doktora w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska**

Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Środowiska i Biotechnologii

Stacjonarne studia doktoranckie, kierunek: inżynieria środowiska

Rozprawa doktorska pt. *Usuwanie WWA z wybranych ścieków z wykorzystaniem procesów membranowych*. Promotor prof. dr hab. inż. Maria Włodarczyk-Makuła

Zatrudnienie

12.2014 r. – 05.2016 **Asystent**, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN

Zakład Polityki i Badań Strategicznych

06.2016 r. – 03.2019 **Adiunkt**, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN

Zakład Polityki i Badań Strategicznych

04.2019 r. – obecnie **Adiunkt**, funkcja: Kierownik Pracowni Surowców Biogenicznych

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN

Zakład Geoinżynierii i Inżynierii Środowiska

Obszary badawcze Habilitantki

Habilitantka w Swojej pracy naukowej skupiła się na kilku nurtach zagadnień, głównie związanych z technologiami zagospodarowania odpadów i odzysku surowców, w szczególności na cele nawozowe, w tym ponadto:

- badania dotyczące zmian zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w ściekach przemysłowych z wykorzystaniem procesów membranowych. Podczas studiów doktoranckich, w Instytucie Inżynierii Środowiska PCz - opracowała koncepcję innowacyjnych i wysokoefektywnych rozwiązań technologicznych pozwalających na usuwanie szkodliwych zanieczyszczeń ze ścieków przemysłowych, ze szczególnym uwzględnieniem WWA. Nowatorskim elementem było także wprowadzenie nano-cząstek do wspomagania procesu koagulacji,

- badania zintegrowanych układów technologicznych zapewniających wysoką skuteczność usuwania zarówno dużych nierozpuszczalnych cząstek, jak i rozpuszczalnych mikrozanieczyszczeń takich jak WWA (praca doktorska),

- badania nad innowacyjnymi nano-sorbentami (w ramach stypendium DoktorIS - Program stypendialny na rzecz innowacyjnego Śląska),

- badania dotyczące technologicznej, środowiskowej oraz ekonomicznej oceny innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów i/lub odzysku surowców, z wykorzystaniem wielu metod, w tym: Best Available Technology not Entailing Excessive Costs (BATNEEC), Life Cycle Assessment (LCA) oraz Life Cycle Cost Assessment (LCCA) (badania m.in. w ramach projektów *PHOS-FORCE* - (H2020), *BioRen* - (H2020), *Eko-Bionom* - (GEKON), *EkoRDF* (GEKON); efektem tych badań jest: 7. współautorskich publikacji, m.in. w *Journal of Cleaner Production*, (głównie), *Clean Technologies and Environmental Policy*. Realizacja projektu pt. *CEPhosPOL- Towards circular economy in wastewater sector: Knowledge transfer and identification of the recovery potential for phosphorus in Poland*, finansowanego przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej (NAWA) w ramach Programu im. Bekkera,

- badania nad usuwaniem zanieczyszczeń organicznych ze środowiska wodnego i gleby, w zakresie analizy WWA w różnych matrycach takich jak woda, ścieki oraz gleba (współpraca z Politechniką Częstochowską), efekt to: 11 współautorskich publikacji, w tym m.in. w: *Journal*

of Environmental Management, Desalination and Water Treatment, Ecotoxicology and Environmental Safety,

- wdrażanie założeń gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) w gospodarce krajowej, w różnych gałęziach przemysłu (badania m.in. w ramach projektów *MinFuture* (H2020), *RawCE* (Granty Norweskie), *MonGOS* - (NAWA), efektem tych prac jest: 16 współautorskich publikacji, 1 samodzielna, opublikowanych m.in. w: *Economic and Environmental Studies, Clean Technologies and Environmental Policy, Model and the European Green Deal Strategy. Resources,*

- ocena możliwości wykorzystania popiołów powstających podczas termicznego przekształcania komunalnych osadów ściekowych na cele nawozowe oraz weryfikacja wybranej metody odzysku fosforu z popiołów powstałych w procesie termicznego przekształcania (osiągnięcie naukowe).

Efekty publikacyjne z przeprowadzonych badań

przed doktoratem

6 artykułów indeksowanych w JRC, 15 artykułów nieindeksowanych w JRC, 12 rozdziałów w monografiach naukowych (współautorskie)

Udział w: **13 konferencjach i seminariach**, w tym 10 krajowych i 3 międzynarodowych na których przedstawiła: **7 referatów i 7 posterów, 14 szkoleniach. 5 projektach badawczych (krajowych)**, w tym w 2 jako kierownik.

po doktoracie

1 monografia, 32 artykułów indeksowanych w JRC, 12 artykułów nieindeksowanych w JRC, 8 rozdziałów w monografiach naukowych (autorka i współautorka)

Udział w: **47 konferencjach i seminariach**, w tym 13 krajowych i 31 międzynarodowych z wygłoszeniem: **35 referatów, w tym 9 referatów na zaproszenie oraz 44 posterów; w 13 szkoleniach**, jak np. *Integrated Approach Towards Sustainable Development, Energy & Resources Institute TERI University, Delhi;* Prowadzenie weryfikacji technologii środowiskowej zgodnie z normą PN-ISO 14034:2016 PCA 2018; *Media społecznościowe w biznesie*, PARP 2020 r. [online], umiejętności kierownicze, PARP 2020.

Ważnym zagadnieniem w ocenie Habilitantki jest także udział **w realizacji:**

a/ 22 międzynarodowych projektów badawczych (w tym 13 H2020, w tym w 2 jako kierownik), w 6 jako koordynator ze strony IGSMiE PAN oraz w pozostałych jako wykonawca. Są to m.in. projekty: *Zastosowanie filtracji membranowej wspomaganą prefiltracją na selektywnych nano-złożach w procesach oczyszczania ścieków (Doktoris - program stypendialny na rzecz Innowacyjnego Śląska); Badanie wpływu organicznych i nieorganicznych dodatków nawozowych na kinetykę procesów biodegradacji i migrację hydrofobowych zanieczyszczeń organicznych w glebach wykorzystywanych rolniczo (PRELUDIUM, NCN); ECOPHOS - Proekologiczna technologia utylizacji spopielonych osadów ściekowych jako źródło nawozów rolniczych i materiałów budowlanych (PolFerAsh) NCBiR; EkoASH - Nawóz na bazie popiołów ze spalania biomasy w elektrowniach; po dokt. InPhos - Sustainable Management of Phosphorus in Baltic countries (Horyzont 2020); TransDOCSUM - Transfer of EIT Raw Materials PhD Summer School Entrepreneurship in the CE (Horyzont 2020); MonGOS - Monitoring of water and sewage management in the context of the implementation of the circular economy assumptions (NAWA); CEPhosPOL- Towards circular economy in wastewater sector: Knowledge transfer and identification of the recovery potential for phosphorus in Poland (NAWA); LEX4BIO - Optimizing Bio-Based Fertilizers in Agriculture - Knowledgebase for New Policies (Horyzont 2020); PHOS-FORCE - Market ready technologies for P-recovery from municipal wastewater (Horyzont 2020); CIRCU-CITY: Circular Cities Summer Camp (Horyzont 2020); BizMet - Competitive Sustainable Business from Metal Recycling (Horyzont 2020); LEGO - Listening to Enterprises to Get Opportunities (Horyzont 2020); RawCE - Raw material availability data for sustainable management and Circular Economy development (Granty Norweskie, NCBiR); BioRen - Development of competitive, next generation biofuels from municipal solid waste (Horyzont 2020);*

b/ 8 krajowych projektach badawczych, w tym w 3 jako kierownik, (NCN, GEKON, IGSMiE PAN i inne), są to m.in. projekty: *EkoBionom - Proekologiczne wytwarzanie nawozów organiczno-mineralnych na bazie odpadów: ubocznych produktów spalania i biogazyfikacji biomasy GEKON, EkoRDF - Innowacyjna technologia wytwarzania paliwa alternatywnego z odpadów komunalnych dla elektrowni i elektrociepłowni – kluczowym elementem systemu gospodarki odpadami w Polsce GEKON.*

c/ udział w 4. stażach zagranicznych i 2. pobytach naukowych (po uzyskaniu stopnia doktora), w tym: 3 m-ce Federalny Urząd Badania i Kontroli Materiałów (BAM) –Bundesanstalt für Materialforschung und - prüfung, Berlin (Niemcy), (2019); 3 –tygodnie The Energy & Resources Institute TERI University, Delhi (Indie), (2016); 2 krotnie po 1 tygodniu w Katholieke Universiteit te Leuven, Geetbets (Belgia), (2017 i 2018).

Aktywność Habilitantki w ramach sieci współpracy to m.in.:

1/ European Institute of Innovation & Technology (EIT) Raw Materials – aktywne uczestnictwo w spotkaniach organizowanych przez partnerów EIT Raw Materials, promocja IGSMiE PAN jako potencjalnego partnera, w tym aktywna współpraca z kilkunastoma jednostkami krajowymi i zagranicznymi, najważniejsze z nich to Politechnika Śląska, Akademia Górniczo-

Hutnicza, Katholieke Universiteit te Leuven, Université de Liège, Gent University, Tallinn University of Technology, University of Latvia, Riga Technical University, Kaunas University of Technology, Geological Survey of Finland, Chalmers University of Technology, Università di Bologna);

2/ Advances in Cleaner Production Network – reprezentowanie IGSMiE PAN, aktywne uczestnictwo w warsztatach organizowanych przez partnerów sieci, promocja projektów realizowanych przez IGSMiE PAN, współpraca z przedstawicielami oraz innymi członkami sieci;

3/ Autostrada Technologii i Innowacji (IATI) – aktywna współpraca podczas organizacji seminariów i spotkań w tym zakresie o charakterze networkingowym.

Parametry naukometryczne dorobku naukowego Habilitantki przedstawiono w oparciu o sumę punktów **2780** wg bieżącej punktacji MNiE, (sumaryczne punkty wskazanego osiągnięcia naukowego to 1060 –a po uwzględnieniu udziału Habilitantki 705).

Sumaryczny IF publikacji obliczano w oparciu o IF 5 letni czasopism w roku 2020 – 113,127 (sumaryczny IF publikacji z osiągnięcia - 35,7). Zestawienie publikacji, w szczególności osiągnięcia naukowego powinny wykorzystywać IF z roku ukazania się publikacji.

Cytowania publikacji:

WOS– 540 (433 bez autocytowań) h-index -13

Scopus – 594 (494 bez autocytowań) h-index -13

Habilitantka zrecenzowała 75 publikacji dla czasopism z JCR oraz 9 dla pozostałych.

Ocena w zakresie działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej

Działalność dydaktyczna (2010-2020) Habilitantki jest zbieżna z zainteresowaniami naukowo-badawczymi, w tym prowadzi/prowadziła:

Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska (2010-2014) - zajęcia (ćwiczenia , laboratorium), podczas studiów doktoranckich, m.in: *Systemy zarządzania ryzykiem, Zarządzanie i finansowanie ochrony środowiska, Wybrane zagadnienia technologii wody i ścieków, Modelowanie w ochronie środowiska* – laboratorium,

AGH Junior, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (2017-2019) -Prowadzenie zajęć dla dzieci w wieku przedszkolnym i szkolnym z zakresu gospodarki odpadami i gospodarki o obiegu zamkniętym, w języku polskim,

Wydział Zarządzania, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (2017-2020)

Prowadzenie zajęć ze studentami studiów stacjonarnych i niestacjonarnych na kierunku zarządzanie, w języku polskim i angielskim, m.in. *Circular Economy, Eco-Innovation in Industry, Competitive Sustainable Business* – zajęcia warsztatowe,

Politechnika Krakowska, Centrum Szkolenia i Organizacji Systemów Jakości (2018-2020)

Prowadzenie zajęć dotyczących oceny cyklu życia, dla uczestników studiów podyplomowych Zarządzanie środowiskowe oraz Gospodarowanie odpadami i substancjami niebezpiecznymi

Zespół Szkolno-Przedszkolny w Lisowie (2019-2020)

Prowadzenie zajęć dla dzieci w wieku szkolnym z zakresu gospodarki odpadami, gospodarki o obiegu zamkniętym i surowców biogenicznych.

Pełniła funkcję **opiekuna naukowego studentki** III roku studiów inżynierskich z Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH (1 m-c, praktyka w IGSMiE PAN).

Od 2018r. Habilitantka pełni funkcję **promotora pomocniczego** w przewodzie doktorskim (Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska).

Habilitantka była/jest także:

-Gościnnym edytorem czasopisma Sustainability, Special Issue: *Strategies toward a Green Deal and Circular Economy*, 2020r., IF 5-letni: 2.798; MNiSzW w 2020r.: 70 pkt,

- Członkiem Komitetu Redakcyjnego czasopism: Environmental Research, Engineering and Management (EREM), od 2019r., MNiSzW w 2020r.: 20 pkt oraz Frontiers, ds. Circular Economy sekcja tematyczna Frontiers in Sustainability, od 2020 r.

Współorganizowała i moderowała 10 krotnie warsztaty, seminaria i inne spotkania o chara

naukowym, w tym.in. Warsztaty dla dzieci pt. *Świat gospodarki cyrkulacyjnej*,

organizowane podczas Małopolskiej Nocy Naukowców Akademii Górniczo-Hutniczej

w Krakowie, 2017; IATI Monday Business Meeting (IATI MBM) pt. *Portfolio of*

possibilities in cooperation with foreign partners in the raw materials sector: waste, water and sewage management, Kraków 2018; Workshop III pt. *Sustainable Phosphorus*

usage strategy, Kowno (Litwa), 2019; Cross-KIC meeting pt. *Cross-KIC web-meeting*,

Bolonia (Włochy), 2020,

Współprowadziła szkolenia m.in. w ramach warsztatów dla przedsiębiorców pt. *Recykling*

Nowe Wyzwania dla Przedsiębiorców, z zakresu gospodarki o obiegu zamkniętym pt. Wprowadzenie do gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ); Gospodarka o obiegu zamkniętym w turystyce,

Organizowała także 9 konkursów o charakterze naukowym, jak np. Quiz pt. *Gospodarka o obiegu zamkniętym*, zrealizowany podczas III Konferencji Innowacyjne pomysły młodych naukowców: Nauka –Startup –Przemysł, 2017; Idea camp pt. *Barriers and Benefits in the Circular Economy & Phosphorus Management*, ; zrealizowany podczas Workshop I: Phosphorus (P) as a critical Raw Material, Kraków, 2018; Quiz pt. *Recovery of raw materials from waste generated in water and wastewater sector*, zrealizowany podczas szkoły letniej Summer School - Urban water and energy systems integration: resource recovery and challenges in the transition to circular societies, Ghent (Belgia),2019.

Brała udział: w wykonaniu (współwykonawca) 20 ekspertyz (6 przed uzyskaniem stopnia doktora), w tym m.in. dla Ministerstwa Gospodarki, KGHM Polska Miedź S.A., Europejskiego Centrum Edukacji, Kraków – Wadowice; w 6 zespołach eksperckich , w tym: członek Międzyresortowego Zespołu do spraw Gospodarki o Obiegu Zamkniętym (GOZ) - współudział w pracach nad *Mapą Drogową Transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym w Polsce*, zaakceptowaną przez Radę Ministrów we wrześniu 2019 r., udział w 2016 r - 2017 r; Członek Grupy Roboczej KIS 10 - Nowoczesne technologie pozyskiwania, przetwórstwa i wykorzystania surowców naturalnych oraz wytwarzanie ich substytutów (SUR), 2017 r., a także **była/jest ekspertem**: w Polskim Centrum Akredytacji; do oceny wniosków projektowych w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014–2020, od 2018 r. (FNP); w Programie Inteligentny Rozwój - ocena wniosków projektowych w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014–2020, od 2018 r. (NCBiR); w Research Executive Agency (REA), European Commission (EC),

Po uzyskaniu stopnia doktora kontynuuje także działalność związaną z **edukacją ekologiczną** w zakresie podnoszenie wiedzy różnych grup interesariuszy na temat GOZ,

Ocena osiągnięcia naukowego dr inż. Marzeny Smol

przygotowanego w oparciu o cykl 12 publikacji

pt. Ocena przydatności popiołów powstających w procesie termicznego przekształcania osadów ściekowych na cele nawozowe oraz weryfikacja metody odzysku fosforu z tych materiałów

stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników

Swoje zainteresowania badawcze Habilitantka skierowała na odpady pochodzące ze spalania komunalnych osadów ściekowych (głównie popioły), które potencjalnie stanowią źródło wielu składników niezbędnych dla wzrostu i rozwoju roślin, w tym głównie fosfor. Światowe zasoby fosforu maleją, stąd jego odzysk z jakichkolwiek odpadów bogatych w ten pierwiastek jest rekomendowany w strategicznych dokumentach, tak krajowych jak i europejskich. W związku z powyższym celem badań podjętych przez Habilitantkę była ocena możliwości wykorzystania popiołów powstających podczas termicznego przekształcania komunalnych osadów ściekowych na cele nawozowe oraz weryfikacja wybranej metody odzysku fosforu z popiołów powstałych w procesie ich termicznego przekształcania

Jako efekt prowadzonych badań Habilitanta wskazała na 12 prac, które zaliczyła do Swego osiągnięcia naukowego, a ukazały się one b. dobrych czasopismach z bazy WoS, z lat 2016-2020 (od 20-200 punktów MNiSW!). Procentowy udział Hbilitantki w badaniach/powstawaniu publikacji stanowi od 7,5 (1), 10 (1), 30 (1), 60 (2), 70 (1), 80 (3) i 3 publikacje samodzielne 100.

Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego pogrupowane są tematycznie na 2 zakresy badawcze.

Realizacji założonych celów wymagała rozpoznania potencjalnych źródeł popiołów z termicznego unieszkodliwiania osadów ściekowych, dlatego też przeprowadzono inwentaryzację tych odpadów obejmującą wszystkie monospalarnie osadów ściekowych w Polsce. To stało się podstawą do przeprowadzenia badań naukowych nad przetestowaniem technologii termochemicznej obróbki popiołów w kierunku odzysku fosforu, w aspekcie

możliwości wykorzystania do produkcji nawozów. Wdrożenie w przyszłości takiej technologii pozwoliłoby na zmniejszenie zapotrzebowania na surowce fosforowe z importu. Tym samym wpisuje się z zasadę gospodarki o obiegu zamkniętym, w której odpady stają się źródłem surowca do produkcji użytecznych gospodarczo materiałów.

Pierwszy obszar badawczy stanowiący **osiągnięcie naukowe** to **ocena możliwości wykorzystania popiołów powstających w procesie termicznego przekształcania osadów ściekowych na cele nawozowe** opisano w nw. pracach, opublikowanych w czasopismach z JCR, w których Habilitantka jest pierwszym Autorem z udziałem od 7,5% (1) do 100%:

- O1 Smol, M.,** Kulczycka, J., & Kowalski Z., Sewage sludge ash (SSA) from small and large incineration plants as a potential source of phosphorus – Polish case of study, *Journal of Environmental Management*, 184(3), 617–628, 2016
- O2 Smol, M.,** Inventory of Wastes Generated in Polish Sewage Sludge Incineration Plants and Their Possible Circular Management Directions. *Resources*, 9(8), 91, 2020
- O3 Smol M.,** Adam, C., & Kugler, S.A., Inventory of the Polish municipal sewage sludge ash (SSA) - mass flows, chemical composition and phosphorus recovery potential, *Waste Management*, 116, 31-39, 2020
- O4 Smol, M.,** Adam, C., & Kruger, O., Use of nutrients from wastewater for the fertilizer industry-approaches towards the implementation of the circular economy (CE), *Desalination and Water Treatment*, 186, 72–77, 2020
- O5 Smol, M.,** The importance of sustainable phosphorus management in the circular economy (CE) model: the Polish case study. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 21(2), 227-238, 2019
- O6 Smol, M.,** Preisner, M., Bianchini, A., Rossi, J., Hermann, L., Schaaf, T., Kruopienė, J., Pamakštys, K., Klavins, M., Ozola-Davidane, R., Kalnina, D., Strade, E., Voronova, V., Pachel, K., Yang, X., Steenari, B.M., & Svanström, M., Strategies for sustainable and circular management of phosphorus in the Baltic Sea Region: The holistic approach of the InPhos Project. *Sustainability*, 12(6), 2567, 2020.

Próbki popiołów do badań pobierano z miejskich przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych, wyposażonych w stacje termicznego przekształcania osadów ściekowych (11 obiektów). Aby określić możliwości wykorzystania analizowanych popiołów na cele nawozowe

przeprowadzono ich szczegółową charakterystykę w zakresie zawartości fosforu, a szczególnie określenia jego biodostępności. Badania wykonywano korzystając także z realizacji projektów badawczych takich jak: *CEPhosPOL- Towards circular economy in wastewater sector: Knowledge transfer and identification of the recovery potential for phosphorus in Poland*, finansowanego przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej (NAWA) międzynarodowego projektu pt. *MonGOS - Monitoring of water and sewage management in the context of the implementation of the circular economy assumptions*, finansowanego przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej (NAWA) w ramach Akademickich Partnerstw Międzynarodowych.

Drugi obszar badawczy stanowiący osiągnięcie badawcze to **weryfikacja wybranej metody odzysku fosforu z popiołów powstających w procesie termicznego przekształcania osadów ściekowych**.

Wyniki uzyskane z badań w tym obszarze opisano w nw. pracach, opublikowanych w czasopiśmie z JCR, w których Habilitantka jest pierwszym Autorem (poza publikacją O8) z udziałem od 10% do 100%:

- O7 Smol, M.**, Phosphorus extraction and sludge dissolution [w:] *Industrial and Municipal Sludge Emerging - Concerns and Scope for Resource Recovery*, Ed. M. N. V. Prasad, P. J. de Campos Favas, M. Vithanage, S. Venkata Mohan, Wydawnictwo Butterworth-Heinemann, Elsevier 2019, ISBN: 9780128159071
- O8 Gorazda, K., Tarko, B., Wzorek, Z., Kominko, H., Nowak, A. K., Kulczycka, J., Henlik, A., & Smol, M.**, Fertilisers production from ashes after sewage sludge combustion – A strategy towards sustainable development. *Environmental Research*, 154, 171-180, 2017
- O9 Smol, M., Kulczycka, J., Lelek, Ł., Gorazda, K., & Wzorek, Z.**, Life Cycle Assessment (LCA) of the integrated technology for the phosphorus recovery from sewage sludge ash (SSA) and fertilizers production. *Archives of Environmental Protection*, 46(2), 42-52, 2020
- O10 Smol M., Adam, C., & Kugler, S.A.**, Thermochemical treatment of sewage sludge ash (SSA) - potential and perspective in Poland, *Energies*, 2020

O11 Smol M., Adam, C., & Kugler, S.A., Analiza możliwości wykorzystania w Polsce popiołów ze spalania komunalnych osadów ściekowych na cele nawozowe, *Przemysł Chemiczny*, 99(8), 1186-1191, 2020

O12 Smol, M., & Kulczycka, J., Towards innovations development in the European raw material sector by evolution of the knowledge triangle. *Resources Policy*, 62, 453-462, 2019

Badania opisane w ww. publikacjach były skierowane na procesy odzysku fosforu, wg zaproponowanych metod. Badania te także prowadzono m.in. w oparciu o projekty badawcze: *Proekologiczna technologia utylizacji spopielonych osadów ściekowych jako źródło nawozów rolniczych i materiałów budowlanych (PolFerAsh)*, finansowanego przez NCBiR w ramach Programu Badań Stosowanych; *CEPhosPOL- Towards circular economy in wastewater sector: Knowledge transfer and identification of the recovery potential for phosphorus in Poland*, (NAWA).

W ww. publikacjach opracowano koncepcyjny model możliwości odzysku fosforu oraz przedstawiono charakterystykę analizowanych metod odzysku fosforu z komunalnych osadów ściekowych oraz popiołów po ich spalaniu. Z badań wynika, że najbardziej obiecującymi sposobami odzysku fosforu z popiołów są metody chemiczne (z wykorzystaniem ekstrakcji fosforu – metody mokre) oraz metody termochemiczne (separacja frakcji fosforu w wysokich temperaturach i przekształcenie go w formy dostępne dla roślin). Ciekawie przedstawiono także wyniki badań laboratoryjnych dotyczących fizykochemicznej charakterystyki odpadów powstających w prototypowej instalacji termicznego przekształcania komunalnych osadów ściekowych w kraju oraz analizę możliwości ich wykorzystania do produkcji nawozów. Przeprowadzone badania potwierdziły wyniki uzyskane przez innych badaczy, że nie tylko odpady powstające w komunalnych oczyszczalniach ścieków stanowią cenne źródło składników odżywczych dla roślin, ale i popioły z ich spalania mogą być z powodzeniem wykorzystywane jako substytuty do produkcji nawozów mineralnych, szczególnie ze względu na zawartość fosforu.

Za najważniejsze osiągnięcia o charakterze badawczym uznać można:

- weryfikację możliwości wykorzystania wybranych metod odzysku fosforu dla popiołów generowanych w krajowych monospalarniach, przy czym szczególnie zwrócono uwagę na dobór właściwej metody odzysku fosforu, która wymaga znajomości składu

fizykochemicznego popiołów, zarówno pod kątem zawartości substancji pokarmowych, jak i zanieczyszczeń (w tym metali ciężkich), które mogą ograniczyć możliwość wybranych metod odzysku. Przeprowadzone badania pozwoliły także na wskazanie zasadności podjęcia badań naukowych nad przetestowaniem technologii termochemicznej obróbki popiołów w celu odzysku fosforu i uzasadnienie celowości zastosowania proponowanego rozwiązania do produkcji nawozów (aspekt użytkowy),

- wykazanie, że nawozy uzyskane z chemicznego i termochemicznego przekształcania popiołów ze spalania kom. osadów ściekowych są stabilne, o dużej zawartości fosforu oraz z małą zawartością metali ciężkich, dzięki czemu możliwe jest ich potencjalne wykorzystanie rolnicze, oczywiście pod warunkiem spełnienia wymogów ustawy o nawozach i nawożeniu. Aby uzyskać nawóz konieczna jest - jak wskazuje Habilitantka - dodatkowa obróbka chemiczna, która też jest skuteczna. Nie mniej ważny jest problem biodostępności po poddaniu popiołów dodatkowej przeróbce chemicznej, a piszę to racji mojego doświadczenia w tym zakresie. Podsumowując - Autorka dąży ku maksymalizacji odzysku a następnie przekształceniu odzyskanego fosforu w nawóz, a nie na ługowaniu form biodostępnych fosforu.

Natomiast za osiągnięcia o charakterze praktycznym (uruchomienie procesu odzysku fosforu z omawianych odpadów) uznać można:

- **przeprowadzenie ilościowej i jakościowej inwentaryzacji odpadów generowanych w instalacjach termicznego przekształcania komunalnych osadów ściekowych w Polsce, której wyniki mogą być wykorzystane do: oszacowania możliwości wykorzystania na cele nawozowe odpadów generowanych w krajowych instalacjach termicznego przekształcania, doboru lokalizacji instalacji odzysku fosforu oraz do oceny opłacalności ekonomicznej inwestycji w tym zakresie w Polsce,**

- **oszacowanie możliwości odzysku fosforu z popiołów ze spalania komunalnych osadów ściekowych w Polsce, co może być wykorzystane nie tylko w planowaniu dalszych badań nad wysokoefektywnymi metodami odzysku fosforu z odpadów, ale także przy ocenie opłacalności ekonomicznej inwestycji w tym zakresie w Polsce,**

- **opracowanie zestawu rekomendacji dla Polski w zakresie zrównoważonego i cyrkularnego zarządzania surowcami fosforowymi w kraju uwzględniającymi aspekty prawne, finansowe, organizacyjne, technologiczne, środowiskowe oraz społeczne, które mogą się przyczynić do**

rozwoju nowych technologii odzysku omawianych surowców z odpadów, wspierając tym samym transformację w kierunku GOZ.

Podsumowanie

Analiza dostarczonej dokumentacji pozwala mi stwierdzić, że obrane przez Habilitantkę kierunki badawcze są nie tylko interesujące i ważne dla ochrony/inżynierii środowiska, ale są także w większości nowatorskie. Dorobek Habilitantki oceniam jako bardzo dobry, czego potwierdzeniem są także publikacje ulokowane w b. dobrych czasopismach z bazy JCR, a wraz z tym i b. dobre parametry naukometryczne.

Ponadto **stwierdzam, że Habilitantka m.in:**

- realizuje się świetnie jako dociekliwy naukowiec
- publikuje w b. dobrych czasopismach (jako współautor i Autor)
- jest bardzo aktywna w realizacji, głównie projektów międzynarodowych (jako kierownik i wykonawca)
 - wykazuje dużą aktywność w nawiązywaniu kontaktów w kraju i za granicą
 - recenzuje: publikacje w czasopismach z listy JCR, projekty unijne i krajowe
 - jest aktywna w wielu zakresach, w tym także dydaktycznym
 - aktywnie uczestniczy w konferencjach krajowych (międzynarodowych) i zagranicznych
 - współorganizuje szkolenia w zakresie własnych zainteresowań, ale i szkoli się podnosząc własne kwalifikacje
- włącza się w działalność na rzecz środowiska oraz w prace eksperckie
- współpracuje z sektorem gospodarczym.

Wniosek końcowy

Biorąc za podstawę bardzo dobrze wcześniej oceniony przeze mnie dorobek naukowy, opublikowany w czasopismach z bazy WoS, umiejętność prowadzenia badań i interpretacji wyników, bardzo dużą aktywność: w realizacji projektów międzynarodowych, dydaktyczną, ekspercką i organizacyjną, ale przede wszystkim osiągnięcia badawcze oraz walory naukowe i aplikacyjne badań przedstawionych w osiągnięciu pt. **Ocena przydatności popiołów powstających w procesie termicznego przekształcania osadów ściekowych na cele nawozowe oraz weryfikacja metody odzysku fosforu z tych materiałów**, stwierdzam, że

dr Marzena Smol spełnia na wysokim poziomie wymagania do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, zgodnie z *Ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r.* (Dz.U.2017 poz.1789) oraz zgodnie z wymaganiami określonymi w art.219 ust.1 pkt 2 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (j.t. Dz.U.2020 r. poz.85 z późn.zm.).

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'MS', located in the right-center of the page.