

Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Mokrzycki
Instytut Gospodarki Surowcami
Mineralnymi i Energią PAN
ul. J. Wybickiego 7A, 31-261 Kraków
e-mail: mokrzy@min-pan.krakow.pl

Kraków 21.07.2022 r.

RECENZJA

**osiągnięcia naukowego *Prognozowanie rozwoju krajowego systemu energetycznego z wykorzystaniem metod heurystycznych*, dorobku naukowo-badawczego, dydaktycznego i organizacyjnego w związku z postępowaniem habilitacyjnym
Pana dr. inż. Stanisława TOKARSKIEGO**

1. Wprowadzenie

Przedmiotową recenzję opracowałem jako recenzent powołany przez Radę Naukową Głównego Instytutu Górnictwa. Pismo w tej sprawie o znakach NOP/198/2022/R z dnia 11.07.2022 r. wystosował do mnie Dyrektor Głównego Instytutu Górnictwa – prof. dr hab. inż. Stanisław Prusek.

Otrzymana dokumentacja zawiera wszystkie dokumenty, jakie są niezbędne do wykonania oceny osiągnięcia naukowego, całokształtu dorobku naukowego dr. inż. Stanisława Tokarskiego. Na podstawie ich analizy mogę stwierdzić, że dorobek Habilitanta mieści się w dziedzinie: nauki inżyniersko-techniczne i dyscyplinie: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Na osiągnięcie naukowe dr. inż. Stanisława Tokarskiego zatytułowane *Prognozowanie rozwoju krajowego systemu energetycznego z wykorzystaniem metod heurystycznych* składa się 7, powiązanych tematycznie, prac opublikowanych w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Report (4 publikacje) oraz krajowych (1 publikacja) i krajowych materiałach zwartych (monografia, 2. publikacje), są to:

A1. Tokarski S., Głód K., Ściążko M., Zuwała J., 2015 – *Comparative assessment of the energy effects of biomass combustion and co-firing in selected technologies*. Energy, V. 92, Part 1, p. 24–32; punktacja MNiSW = 45, IF = 4,292, IF(5) = 4,810, udział Habilitanta – 55%.

A2. Tokarski S., 2017 – *Uwarunkowania rozwoju polskiej energetyki w kierunku mniej emisyjnej*. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, nr 99, s. 37–46; punktacja MNiSW = 45.

A3. Tajduś A., Tokarski S., 2020 – *Risks related to Energy Policy of Poland until 2040 (EPP 2040)*. Archives of Mining Sciences, V. 65, No. 4, p. 877–899; punktacja MEiN = 100, IF = 1,127, IF(5) = 1,045, udział Habilitanta – 80%.

A4. Tokarski S., Magdziarczyk M., Smoliński A., 2021 – *Risk management scenarios for investment program delays in the Polish power industry*. Energies, V. 14, I. 16, 5210; punktacja MEiN = 140, IF = 3,004, IF(5) = 3,085, udział Habilitanta – 70%.

A5. Wyrwa A., Suwała W., Pluta M., Raczyński M., Zyśk J., Tokarski S., 2021 – *A new approach for coupling the short-and long-term planning models to design a pathway to carbon neutrality in a coal-based power system*. Energy, V. 239, Part E, 122438; punktacja MEiN = 200, IF = 7,147, IF(5) = 6,845, udział Habilitanta – 5%.

A6. Tokarski S., Sojda A., Turek M., 2021 – *Sposób prowadzenia badań i ich wyników*. [W]: S. Tokarski (red.), *Transformacja energetyczna – zapotrzebowanie na źródła energii pierwotnej w perspektywie 2040 roku*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice, s. 187–200. ISBN 978-83-65503-34-3; punktacja MEiN = 20, udział Habilitanta – 80%.

A7. Tokarski S., Turek M., 2021 – *Prognoza miks energetycznego – korekty i scenariusze alternatywne*. [W]: S. Tokarski (red.), *Transformacja energetyczna – zapotrzebowanie na źródła energii pierwotnej w perspektywie 2040 roku*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice, s. 201–219. ISBN 978-83-65503-34-3; punktacja MEiN = 20, udział Habilitanta – 95%.

A1. Comparative assessment of the energy effects of biomass combustion and co-firing in selected technologies

W tej publikacji dokonano oceny porównawczej efektywności energetycznej i środowiskowej spalania i współspalania biomasy zarówno w kotłach pyłowych jak i fluidalnych. Badania przeprowadzono w czterech przemysłowych jednostkach wytwórczych:

- współspalanie w kotle fluidalnym CFB-260,
- współspalanie w kotle pyłowym OP-650k
- spalanie w kotle fluidalnym OFz-201,
- spalanie w kotle pyłowym OP-120.

Do klasyfikacji efektywności poszczególnych technologii wybrano następujące wskaźniki energetyczne oraz ekonomiczne:

- jednostkowe zużycie energii elektrycznej na uniknięcie emisji CO₂ (MWh/Mg CO₂),
- jednostkowa uniknięta emisja CO₂ w odniesieniu do wytwarzanej zielonej energii elektrycznej netto (Mg CO₂/MWh),
- jednostkowe koszty uniknięcia emisji CO₂ brutto (uśrednione operacyjne koszty roczne), (zł/Mg CO₂),
- jednostkowe skorygowane koszty uniknięcia emisji CO₂ netto (uśrednione koszty operacyjne roczne, pomniejszone o przychody z tytułu sprzedanej energii zielonej) (zł/Mg CO₂).

Określenie tych wskaźników związane było z przeprowadzeniem badań eksperymentalnych współspalania i spalania biomasy. Dokonywano w nich oceny efektów energetyczno-emisyjnych:

- wyznaczenie sprawności konwersji energii chemicznej paliw do energii elektrycznej,

- wyznaczenie jednostkowych wskaźników emisji zanieczyszczeń (CO₂/kWh, SO₂/kWh, NO_x/kWh),
- określenie wpływu dodatku biomasy na przebieg procesu autoodsiarczania w złożu fluidalnym.

A2. Uwarunkowania rozwoju polskiej energetyki w kierunku mniej emisyjnej

W tej publikacji Habilitant przedstawił propozycję technologiczną modernizacji i wykorzystania potencjału istniejących bloków energetycznych dla stabilizacji pracy krajowego systemu energetycznego w okresie transformacji energetyki.

Dokonano szacunkowego zestawienia nakładów inwestycyjnych, jakie należy ponieść na ich modernizację, przy założeniu, że z 44. jednostek wytwórczych:

- 10 bloków – pozostaje w systemie, koszty niewielkiej modernizacji,
- 25 bloków – dostosowanie techniczne do wymagań konkluzji BAT (*Best Available Technologies*) i włączenie do eksploatacji współpalania,
- 2 bloki – przebudowa na układy w pełni zasilane biomasą,
- 4 bloki – przebudowa na duobloki, wiąże się to z podniesieniem sprawności ogólnej i wynikowej mocy,
- 2 bloki – przebudowa na bloki hybrydowe ze zgazowaniem mułu lub odpadów komunalnych SRF (*Solid Recovered Fuels*) przed kotłem,
- 1 blok – ze zgazowaniem i CCS (*Carbon Capture and Storage*).

Przy takim założeniu nakłady na modernizację wynosić będą 8,85 mld zł (koszty z 2016 r.), umożliwi to utrzymanie 10 GW w systemie, co najwyżej do 2035 r.

Alternatywą do przedstawionego programu modernizacji jest budowa nowych jednostek gazowych.

A3. Risks related to Energy Policy of Poland until 2040 (EPP 2040)

W artykule przedstawiono zwięzły zarys europejskiej polityki klimatyczno-energetycznej na początku 2020 roku, a także plany do 2030 roku. Omówiono: Pakiet Zimowy (2016 r.) i Europejski Zielony Ład (2019 r.). Na tym tle omówiono również obecny stan energetyki w Polsce oraz wyzwania stojące przed sektorem energetycznym w najbliższej przyszłości.

Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku (PEP 2040) jest analizowana pod kątem możliwych zagrożeń. Proponowane są przez Habilitanta pewne korekty w zakresie wdrażania tego dokumentu. Ponadto dokonano oceny obecnego stanu i perspektyw wydobycia węgla kamiennego oraz brunatnego w Polsce do 2040 r., a także porównano je z przewidywanym zapotrzebowaniem na węgiel w polskich elektrowniach i elektrociepłowniach.

Z analizy prognozy zużycia energii w latach 2031–2040 wynika, że istnieje poważne zagrożenie niedoborem energii ze względu na możliwe opóźnienie projektu energetyki jądrowej i brak wydobycia węgla brunatnego na poziomie określonym w dokumencie PEP 2040. Dlatego w artykule uwzględniono i szczegółowo przeanalizowano niektóre warianty zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii.

A4. Risk management scenarios for investment program delays in the Polish power industry

W artykule przedstawiono analizę ryzyk związanych z opóźnieniami w realizacji programów inwestycyjnych w krajowej energetyce.

Do podstawowych wyzwań stojących przed operatorami polskich elektrowni należą:

- modernizacja istniejących elektrowni węglowych w celu spełnienia wymagań emisyjnych,
- modernizacja z punktu widzenia rezerw mocy i elastyczności operacyjnej dla energetyki odnawialnej w krajowym systemie elektroenergetycznym,
- inwestycje w nową energetykę, w tym bloki gazowe,
- Europejski Zielony Ład a konieczność transformacji jednostek energetycznych,
- polityka europejska w zakresie klimatu i energii,
- program Polityki Energetycznej Polski do 2040 roku.

Bezpieczeństwo systemu elektroenergetycznego wymaga przygotowania alternatywnych do podstawowych scenariuszy, określonych w Polityce Energetycznej Polski do 2040 roku.

Opcja energetyki jądrowej i odnawialnej z paliwem przejściowym w postaci gazu wydaje się być właściwym rozwiązaniem dla polskiej gospodarki, niemniej jednak należy mieć świadomość następujących problemów:

- importu energii elektrycznej do Polski, który może stanowić istotną opcję w bilansowaniu krajowego systemu; europejski rynek energii elektrycznej w nadchodzących latach będzie podlegał dalszej integracji, w związku z tym należy się spodziewać zwiększenia przepustowości połączeń transgranicznych i zwiększenia ilości energii elektrycznej na wszystkich rodzajach platform handlowych z około 1,8 do około 4 GW (po 2025 r.),
- konieczności określenia alternatywnych kierunków dostaw mocy i energii elektrycznej do krajowego systemu; program inwestycyjny dla energetyki wytwórczej zakładający wybudowanie około 31 GW nowych mocy do 2035 r. musi uwzględniać również ryzyko zapewnienia zdolności realizacyjnych i źródeł finansowania oraz niedotrzymania harmonogramu realizacji,
- ryzyko przesunięcia harmonogramu inwestycyjnego (do 2030 r., według PSE S.A. zostanie oddane 3,2 GW stabilnych mocy) o około 5–10 lat wymagać będzie zapewnienia na ten okres około 3 GW stabilnych mocy i około 20 TWh energii elektrycznej rocznie.

W związku z tym zaproponowano trzy możliwe scenariusze alternatywne zbilansowania niedoboru mocy i energii elektrycznej w krajowej sieci elektroenergetycznej w latach 2031–2040, który może powstać w wyniku opóźnionej realizacji programów inwestycyjnych, zwłaszcza w energetyce jądrowej, są to:

- scenariusz OZE ze zwiększonym importem i gazem jako paliwem przejściowym,
- scenariusz OZE ze zwiększonym importem, z jednoczesnym niezwiększaniem roli gazu w energetyce,
- scenariusz OZE z węglem jako paliwem przejściowym (technologie węglowe połączone z technologiami CCSU (*Carbon Capture Storage Utilization*)).

Wyniki analizy wskazywały na scenariusz gazowy jako preferowany ze względu na wskaźniki emisyjne i kosztowe.

A5. A new approach for coupling the short-and long-term planning models to design a pathway to carbon neutrality in a coal-based power system

W tej publikacji przedstawiono scenariusze osiągnięcia neutralności klimatycznej w krajowym sektorze energetyki w 2050 r. Transformacja w kierunku systemów energetycznych neutralnych dla klimatu staje się wyzwaniem na całym świecie. Nowatorskie podejście polega na połączeniu modelowania średnio- i długoterminowego z modelowaniem pracy systemu energetycznego w warunkach rzeczywistego bilansowania systemu w czasie. Do obliczeń zastosowano modele TIMES-PL i MEDUSA opracowane na Wydziale Energetyki i Paliw Akademii Górniczo-Hutniczej.

Przygotowano 3 scenariusze dekarbonizacji energetyki do 2050 roku:

- pierwszy – ograniczenie emisji o 95%, minimum 40% OZE, energia jądrowa, bez CCS,
 - drugi – ograniczenie emisji o 95%, minimum 40% OZE, bez energii jądrowej, wyposażenie elektrowni w instalację CCS,
 - trzeci – ograniczenie emisji o 95%, minimum 40% OZE, bez energii jądrowej, bez CCS.
- Wymienione scenariusze są możliwe do realizacji oraz zapewniają stabilną pracę systemu.

A6. Sposób prowadzenia badań i ich wyników. [W]: S. Tokarski (red.), Transformacja energetyczna – zapotrzebowanie na źródła energii pierwotnej w perspektywie 2040 roku

W tej publikacji opisano metodę delficką, jako właściwą do przygotowania prognoz dla systemu energetycznego w okresie transformacji energetyki. Metoda ta jest z powodzeniem stosowana do prognozowania złożonych problemów, których pomiar jest trudny lub w wielu przypadkach niemożliwy. W metodzie tej korzysta się z opinii ekspertów, którzy odpowiadają na pytania zawarte w kwestionariuszu ankietowym. Ważne jest, aby eksperci zapewniali jak największe spektrum specjalizacji. Zapewnienie różnorodności gwarantuje wszechstronność spojrzenia na analizowany problem.

Habilitant opracował wzór ankiety badawczej, która została rozesłana do wybranej grupy ekspertów. Doboru grupy eksperckiej dokonał na podstawie własnych doświadczeń z pracy w energetyce zawodowej oraz kontaktów w środowiskach naukowych uczelni i instytutów badawczych. Badania przeprowadzono w dwóch turach: w pierwszej wzięło udział 37. ekspertów, a w drugiej – 41.

Badania ankietowe Habilitant podzielił na trzy grupy zagadnień:

- wytwarzanie energii elektrycznej i bezpieczeństwo energetyczne,
- transformacja mocy wytwórczych krajowego systemu energetycznego,
- transformacja ciepłownictwa systemowego i niesystemowego.

A7. Prognoza miksu energetycznego – korekty i scenariusze alternatywne. [W]: S. Tokarski (red.), Transformacja energetyczna – zapotrzebowanie na źródła energii pierwotnej w perspektywie 2040 roku

W tej publikacji Habilitant przeprowadził analizę ryzyka związanego z transformacją energetyczną Polski, przedstawioną w PEP 2040. Zwrócił uwagę na różnego rodzaju ryzyka, warunkujące dotrzymanie założonego terminu realizacji programu transformacji; są to:

- ryzyko niepewności wystarczających sterowalnych mocy rezerwujących źródła odnawialne,
- ryzyko niewłaściwego prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną w świetle postępujących procesów elektryfikacji transportu i ciepłownictwa,
- ryzyko opóźnienia realizacji budowy elektrowni jądrowych,
- ryzyko niedotrzymania harmonogramu realizacji inwestycji w morskie farmy wiatrowe,
- ryzyko niedoszacowania wielkości inwestycji w źródła fotowoltaiczne i pojawienie się barier w przyłączeniu ich do sieci elektroenergetycznej.

Powyższe kategorie ryzyka zostały poddane badaniom eksperckim i na tej podstawie sporządzono skorygowaną prognozę miksu energetycznego w perspektywie ujętej w PEP 2040.

W badaniach nie uwzględniono technologii wodorowych, a także wielkoskalowego magazynowania energii (nie uwzględniono ich również w prognozach PEP 2040).

Powstała w efekcie prognoza miksu energetycznego w perspektywie 2040 roku w wielu przypadkach odbiega od formalnie prezentowanych dokumentów planistycznych – PEP 2040.

I tak:

- rozpoczęcie produkcji energii jądrowej w 2033 roku należy uznać za mało prawdopodobne, większość ekspertów wskazuje 2040 r.,
 - nastąpi rosnący udział energii elektrycznej w ogrzewaniu (wzrost z 2,3 do 13,5% w 2040 r.),
 - w ciepłownictwie systemowym i niesystemowym znacząco wzrasta ilość ciepła produkowanego w pozostałych źródłach odnawialnych i innych (odpady i ciepło odpadowe z procesów przemysłowych i komunalnych).
- Nowe podejście do prognozowania zapewni szybszą weryfikację decyzji inwestycyjnych podejmowanych w warunkach dużej zmienności otoczenia.

Tematyka osiągnięcia naukowego *Prognozowanie rozwoju krajowego systemu energetycznego z wykorzystaniem metod heurystycznych* jest wynikiem długoletniej pracy Habilitanta w energetyce zawodowej i Jego zainteresowań badawczych oraz naukowych dotyczących zmian technologicznych i prognozowania kierunków rozwoju krajowego systemu energetycznego w warunkach dynamicznych zmian otoczenia. Habilitant podkreśla, że metody matematyczne oparte o dane statystyczne i modelowanie, które umożliwiają prognozowanie w oparciu o wyniki symulacji, w warunkach zmienności otoczenia, szybko prowadzą do dezaktualizacji prognoz i stają się niewystarczające. Dlatego też do podejmowania bardziej właściwych decyzji gospodarczych można dodatkowo wykorzystać metody heurystyczne, oparte na wiedzy ekspertów. Do swoich badań Habilitant zaadaptował metodę delficką. Badaniami objął parametry charakteryzujące miks energetyczny, a więc: miks technologii generacji energii elektrycznej i ciepła, emisyjność jednostkową dla energii elektrycznej i ciepła, miks źródeł energii pierwotnej, bezpieczeństwo dostaw energii do odbiorców (zapewnienie ciągłości dostaw).

Dokonując syntetycznej oceny scharakteryzowanego wyżej osiągnięcia naukowego dr. inż. Stanisława Tokarskiego, stwierdzam, że jest ono oryginalne i ma istotne znaczenie poznawcze i użyteczne dla rozwoju dyscypliny naukowej: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz praktyki w zakresie gospodarki paliwami i energią, a także ochrony środowiska, bowiem dotyczy prognozowania krajowego systemu energetycznego z wykorzystaniem metod heurystycznych. Ponadto spełnia wymagania konieczne w postępowaniu habilitacyjnym, a moja ocena przedmiotowego osiągnięcia jest pozytywna.

3. Ocena dorobku naukowego

Habilitant ukończył studia na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, uzyskując w 1983 roku tytuł zawodowy magistra inżyniera elektryka.

W dniu 19 listopada 2014 r. w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach obronił rozprawę doktorską *Środowiskowe i techniczno-ekonomiczne aspekty przemysłowego spalania biomasy*, uzyskując stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska. Promotorem pracy był prof. dr hab. inż. Marek Ściążko, a recenzentami: prof. dr hab. inż. Krystyna Czaplicka-Kolarz i prof. dr hab. inż. Wojciech Nowak.

Habilitant w latach 1985–2015 był zatrudniony na różnych stanowiskach w Tauron Polska Energia S.A. i jej poprzednikach prawnych, począwszy od stanowisk eksploatacji urządzeń w Elektrowni Jaworzno III, a kończąc na stanowisku wiceprezesa ds. strategii i rozwoju Spółki.

Ponadto począwszy od 2016–nadal pracuje również jako:

- adiunkt w Głównym Instytucie Górnictwa, kierownik zespołu doradców (3/5 etatu),
- główny specjalista w Akademii Górniczo-Hutniczej, pełnomocnik dyrektora Centrum Energetyki (1/2 etatu).

Habilitant odbył szereg Studiów podyplomowych: *Systemy komputerowe* (Pol. Śląska 1990–1991), *Elektroenergetyka w warunkach przemian gospodarczych* (Pol. Śląska 1991–1992), *Przyjazna dla środowiska restrukturyzacja energetyki* (Pol. Śląska i Uniwersytet Minnesota USA 1996–1997), *Zarządzanie oparte o strukturę programu MBA* (Szkoła Główna Handlowa, GIG 2002–2003), *Prawo Unii Europejskiej* (Uniwersytet Jagielloński 2006–2007), *Energetyka jądrowa we współczesnej elektroenergetyce* (AGH 2009–2010).

Ocena dorobku dotyczy okresu po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych do 2022 roku – oceniany okres stanowi więc 7 lat Jego działalności naukowej i badawczej. Zainteresowania naukowe Habilitanta dotyczą:

- prognozowania: rozwoju krajowego systemu energetycznego, rozwoju technologicznego systemu energetycznego, doboru źródeł energii pierwotnej,
 - badania rozwoju krajowego systemu energetycznego metodą heurystyczną,
 - środowiskowych aspektów termochemicznej konwersji paliw w elektrowniach węglowych,
 - przyjaznej dla środowiska restrukturyzacji energetyki i górnictwa
- ponadto:
- technologii modernizacji urządzeń wytwarzania energii,
 - aspektów środowiskowych elektryfikacji ciepłownictwa i transportu oraz jego wpływu na polepszenie jakości powietrza,
 - transformacji energetyki i górnictwa ku neutralności klimatycznej.

Habilitant opublikował ogółem 62 pozycje, w tym 43 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych. Struktura publikacji kształtuje się następująco:

- publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR) – 8 (wszystkie po doktoracie),
- publikacje w czasopismach spoza bazy JCR – 29 (w tym 21 po doktoracie),
- monografie – 1 (po doktoracie),
- rozdziały w monografiach – 19 (8 po doktoracie),
- referaty w materiałach konferencyjnych – 5 (po doktoracie).

Ponadto należy podkreślić duże zaangażowanie Habilitanta w wykłady na zaproszenie lub plenarne, których było 53 (w tym po doktoracie 42); zarówno na konferencjach międzynarodowych, krajowych i branżowych, workshopach i seminariach komitetów naukowych PAN oraz organizacji gospodarczych. Na uwagę zasługują referaty Habilitanta jako autora i współautora na konferencje krajowe, wymienić tutaj należy:

- *XXII Konferencja Naukowo-Techniczna Rynek Energii Elektrycznej – REE2016*, Kazimierz Dolny, 25–27 kwietnia 2016 r.,
- *IV Polski Kongres Górniczy*, Kraków 2017,
- Konferencja Techniczna *Realizacja i eksploatacja bloków na parametry nadkrytyczne* (V 2017),
- Konferencja *Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej* (XXXII, Zakopane, 14–17 października 2018 r.),
- *Szkoła Eksploatacji Podziemnej*, Kraków (XXVI 2016, XXVIII 2019, XXIX 2020, XXX 2021),

– Konferencja *Energy Fuels Environment* Kraków, 1–4 December 2020,

Publikował w:

– czasopismach z listy JCR: *Archives of Mining Sciences, Energies, Energy, Fuel, Przemysł Chemiczny*;

– czasopismach krajowych spoza listy JCR: *Chemicz, Energetyka, Energetyka Ciepła i Zawodowa, Energia Elektryczna, Nowa Energia, Rynek Energii, Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN*.

Wymieniony dorobek jest liczny, a jego zasięg należy określić w większości jako krajowy.

Habilitant uczestniczył jako wykonawca – ekspert energetyki lub konsultant w pracach 7. projektów badawczych finansowanych w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych: 2 projekty z NCBiR: Program Strategiczny *Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii* (2010–2015), *Gospostrateg III Strategia rozwoju technologii wychwytu, transportu, utylizacji i składowania CO₂ w Polsce oraz pilotaż Polskiego Klastra CCUS* (w trakcie realizacji 2020–2023); 3 projekty z Funduszu Węgla i Stali (2019–2022, w trakcie realizacji 2021–2023, początek realizacji 2022–2025); 2 projekty dofinansowane przez KIC (*Knowledge Innovative Community*) (2013–2014, 2014–2018).

Dr S. Tokarski wykazuje się znaczną współpracą naukową – oprócz jednostek macierzystych: GIG, Centrum Energetyki AGH – z jednostkami naukowymi i badawczymi:

– Instytutem Chemicznej Przeróbki Węgla w zakresie spalania i współspalania paliw węglowych, biomasy i innych paliw alternatywnych, a także wychwytu CO₂ z procesów spalania,

– Akademią Górniczo-Hutniczą w zakresie realizacji projektu NCBiR *Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii* (AGH, GIG, ICHPW 2010–2015), członek Komitetu Nadzoru,

– Uniwersytetem Ekonomicznym w Krakowie w zakresie realizacji projektu dotyczącego ewolucji krajowego systemu energetycznego w kierunku zeroemisyjności,

– Instytutem Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w zakresie tworzenia programów Szkoły Podziemnej Eksploatacji,

– Komitetem Problemów Energetyki PAN w zakresie problematyki rozwoju systemu energetycznego, zmian technologicznych (dla członków Komitetu).

Habilitant w szerokim zakresie współpracuje z otoczeniem społecznym i gospodarczym, w tym z przedsiębiorstwami sektora górnictwa, energetyki i spółkami komunalnymi:

– Polskie Sieci Energetyczne S.A., koncerny energetyczne (PGE GiEK, Tauron, Enea) w zakresie prognozowania rozwoju rynku energii w kraju, regulacji mocy biernej w krajowym systemie elektroenergetycznym, technologii wodorowych, jak również ochrony środowiska, badania jakości paliw i biomasy, problematyki transformacji energetyki,

– spółkami sektora ciepłowniczego (Veolia, miejskie spółki ciepłownicze) w zakresie dekarbonizacji, jakości paliw, modernizacji urządzeń wytwórczych,

– miejskimi spółkami komunalnymi (MPWiK Piekary, MPWiK Jaworzno) w zakresie audytów energetycznych, utylizacji odpadów,

– spółkami górnictwymi (PGG S.A., JSW S.A., Węgllokoks) w zakresie badań i prognozowania zapotrzebowania na paliwa dla energetyki,

- organizacjami branżowymi (Izba Gospodarcza Ciepłownictwo Polskie, Towarzystwo Gospodarcze Polskie Elektryczne, Stowarzyszenie Producentów Cementu) w zakresie strategii branżowych, inwestycji i dekarbonizacji
- samorządami i organizacjami społecznymi nad ograniczeniem niskiej emisji i poprawą jakości powietrza.

Ponadto w ramach działalności w GIG i Centrum Energetyki AGH wykonał szereg opracowań, opinii i ekspertyz dla instytucji publicznych i przedsiębiorców.

Habilitant jest współtwórcą 4. patentów uzyskanych w latach 2015–2019 oraz 1. wdrożenia technologicznego *Sposób przetwarzania popiołów lotnych z energetycznego wykorzystania paliw do produktu o kontrolowanej zawartości wolnego tlenku wapnia* do budowy instalacji kalcynacji popiołów z kotła fluidalnego w Elektrowni Łagisza.

Na podstawie powyższej analizy dorobku naukowego dr. inż. Stanisława Tokarskiego mogę stwierdzić Jego znaczący wkład do rozwoju dyscypliny naukowej: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Istotnym elementem oceny wpływu publikacji Habilitanta na rozwój dyscypliny jaką reprezentuje jest liczba cytowań Jego artykułów przez środowisko naukowe zajmujące się tymi problemami. Wskaźniki bibliometryczne kształtują się następująco:

- sumaryczny IF za okres po uzyskaniu stopnia doktora – 25,588,
- sumaryczny pięcioletni IF(5) – 26,427,
- liczba cytowań według bazy Web of Science – 104 (bez autocytowań – 101); według bazy Scopus – 115 (bez autocytowań – 110),
- Indeks Hirscha: według bazy Web of Science – 5; według bazy Scopus – 4,
- liczba punktów MNiSW – sumaryczna – 234 (uzyskana przed 2019 r.), 975 (uzyskana w latach 2019–2022).

Należy podkreślić, że Habilitant w sposób umiejętny łączy zagadnienia naukowe (o czym świadczy poziom wskaźników bibliometrycznych) z praktyczną użytecznością tych osiągnięć (co jest ważne dla nauk technicznych).

Podsumowując stwierdzam, że Habilitant wykazał się wystarczającym dorobkiem w zakresie innych osiągnięć naukowych i aktywności naukowej. Posiada znaczną liczbę publikacji po doktoracie. Wskaźniki bibliometryczne nie odbiegają od średniego poziomu w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Współpraca z otoczeniem gospodarczym i społecznym jest na wysokim poziomie. Całokształt tych działań oceniam pozytywnie.

4. Ocena dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego i organizacyjnego

Habilitant w zakresie osiągnięć dydaktycznych:

- prowadził wykłady dla studentów Wydziału Energetyki i Paliw AGH z przedmiotu *Zarządzanie w sektorach paliw i energii* (semestr II 2021 r., zamiar kontynuowania w 2022 r.),
- prowadził seminarium dla studentów studiów międzynarodowych organizowanych przez: AGH, IST Lizbona i EIT Innoenergy (semestr II 2021 r.),
- jest promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim *Wpływ sposobu składowania węgla energetycznego na stopień zagrożenia pożarowego i utratę wartości energetycznej*, otwartym w Głównym Instytucie Górnictwa.

Habilitant w ramach osiągnięć organizacyjnych i popularyzujących naukę:

- prowadził prelekcje dla Uniwersytetu Otwartego AGH w zakresie problematyki wytwarzania energii elektrycznej i ochrony środowiska (2010–2014) oraz dla Uniwersytetu Trzeciego Wieku w Jaworznie,
- prowadził wykłady na konferencjach samorządowych dotyczące problematyki energetyki i ochrony powietrza (Mysłowice 2018 r., Katowice 2018 r., Zakopane 2019 r.),
- udziela się w Zarządzie Stowarzyszenia Wychowanków Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Elektroniki AGH – prelekcje popularyzujące wiedzę z zakresu energetyki

Ponadto uczestniczy w pracach wielu organizacji branżowych i naukowych, między innymi: Towarzystwo Gospodarcze Polskie Elektrycy (członek komisji Rewizyjnej), Polski Komitet Energii Elektrycznej (członek), Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej (członek), Urząd Dozoru Technicznego (członek Kolegium), Komitet Problemów Energetyki PAN (członek Prezydium).

Należy również podkreślić znaczące osiągnięcia zawodowe i naukowe Habilitanta w pracy zawodowej w energetyce, dotyczące: działalności eksploatacyjnej, remontowej i inwestycyjnej w Elektrowni Jaworzno; transferu nowoczesnych technologii do energetyki; restrukturyzacji energetyki; budowy struktur Południowego Koncernu Energetycznego S.A.; tworzenia struktur TAURON Polska Energia S.A.; restrukturyzacji TAURON Wytwarzanie S.A.

Dorobek dydaktyczny – mimo że nie jest nauczycielem akademickim ze względu na pracę w instytucie naukowo-badawczym – popularyzatorski i organizacyjny Habilitanta oceniam wysoko.

5. Wniosek końcowy

Na podstawie niniejszej recenzji osiągnięcia naukowego *Prognozowanie rozwoju krajowego systemu energetycznego z wykorzystaniem metod heurystycznych* dr. inż. Stanisława Tokarskiego oraz oceny Jego dorobku naukowo-badawczego, dydaktycznego i organizacyjnego stwierdzam, że:

1. Osiągnięcie naukowe spełnia wymogi stawiane habilitacji, tj. zawiera oryginalne metody badań, wyniki własnych badań Habilitanta i stanowi wkład do rozwoju dyscypliny naukowej: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.
2. Bogate doświadczenie zawodowe i szeroka wiedza Habilitanta z zakresu zagadnień dotyczących badania zmian technologicznych i prognozowania kierunków rozwoju systemu energetycznego w warunkach dynamicznych zmian otoczenia oraz interdyscyplinarne podejście do rozwiązywania problemów, a także znajomość różnorodnych metod analitycznych z zakresu termodynamiki i energetyki oraz górnictwa i ekonomii, jak również modelowania matematycznego umożliwiły Mu uzyskanie kompleksowych wyników badań w rozwiązywaniu złożonych problemów badawczych krajowego systemu energetycznego.
3. Habilitant w 7-letnim okresie po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych powiększył ilościowo i jakościowo swój dorobek naukowy. Dorobek ten oceniam pozytywnie jako spełniający kryteria jakościowe: zawiera bowiem elementy oryginalności oraz nowatorstwa, a także posiada bardzo istotne znaczenie praktyczne.

4. Dorobek naukowy Habilitanta został szeroko upowszechniony przez publikacje w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR), jak również przez liczne referaty i wystąpienia na seminariach, konferencjach krajowych i międzynarodowych.

5. Habilitant posiada bogaty dorobek popularyzatorski i organizacyjny oraz – w mniejszym stopniu dydaktyczny – świadczy o tym szeroki zakres tematyczny prowadzonych przez Niego różnych popularyzatorskich zajęć.

Biorąc pod uwagę udokumentowane osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i organizacyjne Pana dr. inż. Stanisława Tokarskiego, w tym osiągnięcie naukowe *Prognostowanie rozwoju krajowego systemu energetycznego z wykorzystaniem metod heurystycznych*, oryginalność oraz aktualność zawartych w nim rozwiązań o charakterze naukowym i zwłaszcza użytecznym, w tym fakt bardzo wyraźnego łączenia nauki z praktyką, **stwierdzam, że Habilitant spełnia ustawowe wymogi stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego**, określone w art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r., poz. 574 z późn. zmianami).

W związku z tym, pozytywnie opiniuję wniosek Pana dr. inż. Stanisława Tokarskiego o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, i wnoszę o dopuszczenie Habilitanta do dalszych czynności w postępowaniu habilitacyjnym.

