

prof. dr hab. inż. Tomasz Czakiert  
Politechnika Częstochowska  
Wydział Infrastruktury i Środowiska  
Katedra Zaawansowanych Technologii Energetycznych  
ul. Dąbrowskiego 73, 42-201 Częstochowa

Częstochowa, 19.08.2026 r.

**Szanowny Pan**  
**Prof. dr hab. inż. Robert Król**  
**Przewodniczący Rady Dyscypliny Naukowej**  
**Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka**  
Politechnika Wrocławska  
Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartosza Dziejarskiego**

**1. Wprowadzenie**

Niniejsza recenzja została opracowana w odpowiedzi na pismo nr RDND08/63/2026 z dnia 17 czerwca 2026 roku, w związku z uchwałą nr 451/22/RDND08/2024-2028 Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej z dnia 17 czerwca 2026 roku.

Podstawę prawną sporządzonej opinii stanowi ustawa z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm.), w szczególności zapisy zawarte w art. 187.

**2. Zakres rozprawy**

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Dziejarskiego nosi tytuł „Sustainable conversion of strategic industrial wastes and biomass into activated carbons for CO<sub>2</sub> capture: mechanisms, material design, and adsorption performance”. Praca została przygotowana pod opieką naukową promotorów: prof. dr hab. inż. Renaty Krzyżyńskiej z Politechniki Wrocławskiej oraz prof. Pavlety Knutsson i prof. Klasa Anderssona z Chalmers University of Technology w Goteborgu w Szwecji.

Od strony formalnej, zgodnie z art. 187 ust. 3 obowiązującej ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, rozprawę stanowi zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych. W rzeczywistości, oceniana praca doktorska posiada konstrukcję klasycznej dysertacji opartej i rozbudowanej o przedmiotowy cykl czterech publikacji, o czym mowa poniżej.

I tak, opiniowane opracowanie liczy łącznie 165 stron, wliczając spis literatury w ilości 91 pozycji (w tym 3 pozycje których Doktorant jest współautorem), wykaz skrótów i oznaczeń oraz streszczenie. Syntetycznie zestawiony materiał ujęty został w ramach czterech głównych rozdziałów (Thesis overview, Theoretical background, Experimental section, Results and discussion), poprzedzonych zwięzłym wprowadzeniem, a zakończonych treściwym podsumowaniem wraz z perspektywą kontynuacji prowadzonych badań. Dopełnieniem tej kompilacji są załączone nadbitki bazowych artykułów naukowych. Rozprawa w całości została zredagowana w języku angielskim.

Jak nadmieniono powyżej, podstawę ocenianej pracy doktorskiej stanowi monotematyczny cykl publikacji naukowych, na który składają się:

1. **Dziejarski B.**, Serafin J., Hernandez-Barreto D.F., Naumovska E., Srenscek-Nazzal J., Klomkliang N., Tam E., Krzyżyńska R., Andersson K., Knutsson P., *Tailoring highly surface and microporous activated carbons (ACs) from biomass via KOH, K<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and KOH/K<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> activation for efficient CO<sub>2</sub> capture and CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> selectivity: characterization, experimental and molecular simulation insights* – artykuł opublikowany w roku **2025** w czasopiśmie **Chemical Engineering Journal** (524), znajdującym się na liście JCR, 2025JIF = 12.5, 200 pkt według aktualnego wykazu ministerialnego,
2. **Dziejarski B.**, Hernandez-Barreto D.F., Moreno-Pirajan J.C., Giraldo L., Serafin J., Knutsson P., Andersson K., Krzyżyńska R., *Upgrading recovered carbon black (rCB) from industrial-scale end-of-life tires (ELTs) pyrolysis to activated carbons: Material characterization and CO<sub>2</sub> capture abilities* – artykuł opublikowany w roku **2024** w czasopiśmie **Environmental Research** (247), znajdującym się na liście JCR, 2025JIF = 8.2, 100 pkt według aktualnego wykazu ministerialnego,
3. **Dziejarski B.**, Faust R., Serafin J., Krzyżyńska R., Andersson K., Knutsson P., *Insights into activation pathways of recovered carbon black (rCB) from end-of-life tires (ELTs) by potassium-containing agents* – artykuł opublikowany w roku **2024** w czasopiśmie **ACS Omega** (9), znajdującym się na liście JCR, 2025JIF = 5.2, 70 pkt według aktualnego wykazu ministerialnego,
4. **Dziejarski B.**, Fester J.E.A., Serafin J., Petranikova M., Tam E., Martinelli A., Krzyżyńska R., Andersson K., Knutsson P., *Valorization of hazardous graphite from black mass (NMC 111) of lithium-ion battery recycling via KOH activation for functional carbon design* – artykuł opublikowany w roku **2025** w czasopiśmie **Materials & Design** (254), znajdującym się na liście JCR, 2025JIF = 8.2, 140 pkt według aktualnego wykazu ministerialnego.



Jednocześnie, Doktorant odwołuje się do jedenastu innych powiązanych artykułów swojego współautorstwa, opublikowanych w takich czasopismach jak: *Carbon* (2025JIF – 12.7; lista MNiSW '24 – 140 pkt), *Journal of Cleaner Production* (2025JIF – 10.7; lista MNiSW '24 – 140 pkt), *Sustainable Materials and Technologies* (2025JIF – 9.7; lista MNiSW '24 – 200 pkt), *Materials Today Sustainability* (2025JIF – 9.4; lista MNiSW '24 – 20 pkt), *International Journal of Hydrogen Energy* (2025JIF – 9.2; lista MNiSW '24 – 140 pkt), *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization* (2025JIF – 8.6; lista MNiSW '24 – 140 pkt), *Fuel* (2025JIF – 7.8; lista MNiSW '24 – 140 pkt), *Biomass & Bioenergy* (2025JIF – 7.0; lista MNiSW '24 – 100 pkt), *Microporous and Mesoporous Materials* (2025JIF – 4.5; lista MNiSW '24 – 100 pkt), *Environmental Science and Pollution Research* (2023JIF – 0.99; lista MNiSW '24 – 100 pkt).

Należy zauważyć, że w przypadku wszystkich czterech kluczowych artykułów Doktorant jest pierwszym i zarazem korespondencyjnym autorem. Publikacje te cechuje szeroki międzynarodowy zespół autorski, każdorazowo uwzględniający wszystkich Promotorów rozprawy doktorskiej. Znaczący wkład Kandydata jest przy tym szczegółowo zdefiniowany w sekcji "CRediT authorship contribution statement", i obejmuje między innymi takie elementy jak: „conceptualization, methodology, investigation, data curation, visualization, formal analysis, validation” oraz „writing”. Omawiane prace niewątpliwie reprezentują bardzo wysoki poziom doskonałości naukowej, podobnie jak wytypowane czasopisma charakteryzują się wysokimi wartościami współczynnika wpływu (JIF = 5.2 – 12.5). Wszystkie pozycje wydano w latach 2024-2025, jako zwieńczenie kilku lat prowadzonych badań.

W tym miejscu, wydaje się w pełni uzasadnione by wspomnieć także o pozostałych dziesięciu publikacjach naukowych współautorstwa Kandydata, odnotowanych w bazie Web of Science Core Collection, które ukazały się drukiem w następujących czasopismach: *Chemical Engineering Journal* (2025JIF – 12.5; lista MNiSW '24 – 200 pkt), *International Journal of Hydrogen Energy* (2025JIF – 9.2; lista MNiSW '24 – 140 pkt), *Fuel* (2025JIF – 7.8; lista MNiSW '24 – 140 pkt), *Biomass & Bioenergy* (2025JIF – 7.0; lista MNiSW '24 – 100 pkt), *Journal of Alloys and Compounds* (2025JIF – 6.7; lista MNiSW '24 – 100 pkt), *Journal of Materials Chemistry C* (2025JIF – 5.1; lista MNiSW '24 – 140 pkt), *Chemical Engineering Science* (2025JIF – 5.1; lista MNiSW '24 – 100 pkt), *Energies* (2025JIF – 3.9; lista MNiSW '24 – 140 pkt).

Jednocześnie, choć przy pierwszym awansie naukowym nie jest to wymagane, to w tym konkretnym przypadku byłoby zaniechaniem nie odnieść się do imponująco wysokich – jak na Doktoranta – wartości wskaźników bibliometrycznych, które na dzień opracowania niniejszej recenzji i według bazy Web of Science wynoszą:

- liczba cytowań: 1732 (bez autocytowań 1676),
- indeks Hirscha: 18.

Przechodząc do samej rozprawy, w Rozdziale 1 („Introduction”) Autor nakreśla problem o globalnym znaczeniu, związany z rosnącym stężeniem ditlenku węgla w atmosferze. Jednocześnie przedstawia różne metody i technologie, funkcjonujące pod wspólną nazwą CCUS (Carbon Capture, Utilization, and Storage), pozwalające przeciwdziałać temu zagrożeniu. Wskazuje przy tym na potencjał jaki posiada w tym zakresie węgiel aktywny, koncentrując swoją uwagę na alternatywnych źródłach jego pochodzenia, w tym takich materiałach odpadowych jak: zużyte opony samochodowe oraz litowo-jonowe baterie, a także źródłach odnawialnych: odpadowej biomasy drzewnej różnego pochodzenia.

Znajdujące się w Rozdziale 2 („Thesis overview”) obrany cel pracy oraz zakres naukowych dociekań są wyraźnie sprecyzowane i wynikają z dobrego rozeznania Doktoranta w eksplorowanym obszarze tematycznym. Co więcej i nie bez znaczenia, przyjęte założenia pracy jednoznacznie wpisują się w politykę zrównoważonej gospodarki obiegu zamkniętego.

Rozdział 3 („Theoretical background”) w pierwszym odczuciu może sprawiać wrażenie zbyt ogólnego, jednak w rzeczywistości przemyślanie i trafnie wyselekcjonowane informacje dają wystarczające tło dla kolejnych elementów pracy oraz pozwalają w pełni zrozumieć motywację i intencje jej Autora. Struktura tego rozdziału narzuca również w pewnym sensie układ dalszej doświadczalnej części rozprawy. Przy okazji, uwagę zwraca tu także jednolita szata graficzna, spójna z tą w załączonych artykułach.

Następny, Rozdział 4 („Experimental section”) zawiera pełny metodyczno-eksperymentalny obraz przewidzianych prac, poczynając od pozyskania surowej uwęglonej masy, poprzez jej wstępną i zasadniczą obróbkę oraz właściwą aktywację, na określeniu zdolności sorpcyjnych gotowego produktu względem CO<sub>2</sub> kończąc. W kolejnych etapach badań wykorzystano szeroki zestaw wysoce zaawansowanych technik i aparatury pomiarowej, której obsługa i interpretacja wyników wymaga dużej wiedzy teoretycznej i praktycznego doświadczenia. Jako uzupełnienie dość suchych opisów zamieszczonych w Podrozdziale 4.2 należałoby podać przynajmniej nazwy wykorzystanej aparatury analitycznej (producent, model) oraz najważniejsze parametry procesowe wykonanych testów.

Dyskusja wyników, zawarta w Rozdziale 5 („Results and discussion”), obejmuje w szczególności takie aspekty poznawcze jak wpływ pochodzenia prekursora węglowego i przebiegu procesu aktywacji na ewolucję porowatej struktury uzyskiwanego materiału, skutkującej jego właściwościami sorpcyjnymi, w tym selektywnością względem CO<sub>2</sub>. Doktorant ekstrahuje z kolekcji przedstawionych publikacji najważniejsze dane źródłowe i wynikające z ich analizy wnioski, porządkuje je w logicznie następujących po sobie podrozdziałach, ostatecznie podsumowując usystematyzowany w ten sposób materiał badawczy. Tym samym, załączone artykuły w pewnym sensie zaczynają tu pełnić jedynie rolę suplementu do tego opracowania.



Dysertację domykają Rozdziały 6 („Conclusions”) i 7 („Future outlook”), zawierające kilkustronicowe podsumowanie z wnioskami końcowymi, rozbudowane o dalsze plany i możliwe kierunki kontynuacji rozpoczętej pracy badawczej.

### 3. Ocena rozprawy

W swojej pracy Doktorant podejmuje się rozwiązania istotnego i aktualnego problemu naukowego, o silnie użytecznym wymiarze, bez wątpienia przyczyniając się do rozwoju reprezentowanej dyscypliny naukowej. Opiniowaną rozprawę jako całość oceniam bardzo wysoko, podobnie jak pozostałe osiągnięcia naukowe Kandydata. Niemniej jednak, na etapie jej lektury nasuwały się pewne pytania, uwagi i komentarze, które w kolejności chronologicznej zostały spisane poniżej.

1. *Rozdział 1:* Skrót „GDP” powinien być wyjaśniony w tekście, bądź ujęty w spisie w sekcji „Nomenclatures”.
2. *Rozdział 2:* Cały rozdział 2 „Thesis overview”, a w szczególności jego podrozdział 2.1 „Aim and scope”, powinien znajdować się po obecnym rozdziale 3 „Theoretical background”, jako że cel i zakres pracy wynikają dopiero i bezpośrednio z uprzednio przeprowadzonego przeglądu literatury.
3. *Rozdział 4:* Czy wstępnie, przesiewowo testowano również inne rodzaje/ gatunki biomasy, poza drewnem sosnowym, które na przykład dawały gorsze rokowania i dlatego nie zostały ostatecznie wybrane? – Proszę Doktoranta o uzupełniającą informację w tym zakresie.
4. *Tabela 3:* Do podpisu tabeli należałoby dodać adnotację „dry-ash-free basis”.
5. *Rozdział 4:* Czy w efekcie zakończonych etapów prowadzonych badań, powstały jakieś Zgłoszenia Patentowe dotyczące syntezy opisanych w pracy adsorbentów? A jeśli jeszcze nie, to czy Doktorant wraz z Zespołem mają takie plany? – Proszę Doktoranta o krótką informację w tym zakresie.
6. *Rozdział 7:* Biorąc pod uwagę własne dotychczasowe doświadczenia oraz dostępne zaplecze laboratoryjne, który bądź które ze wskazanych kierunków rozwoju dyskutowanej tu technologii wybrałby Pan osobiście jako kontynuację rozpoczętej drogi naukowej? – Proszę Doktoranta o krótką wypowiedź.

Jednocześnie pragnę podkreślić, że zamieszczone powyżej uwagi i komentarze mają jedynie charakter porządkowy i w żaden sposób nie ujmują walorom naukowym ocenianej rozprawy doktorskiej.

Za kluczowe osiągnięcie Doktoranta w przedstawionej dysertacji naukowej uważam ogół zaproponowanych praktycznych rozwiązań, które stają się gotowym narzędziem w walce ze zmianami klimatycznymi, jednocześnie zażegnując problem związany z utylizacją zużytych akumulatorów i opon samochodowych.

#### 4. Wniosek końcowy

Przedłożona do oceny **rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie** bardzo ważnego **problemu naukowego**, jakim jest ograniczenie wzrostu stężenia CO<sub>2</sub> w ziemskiej atmosferze, przy jednoczesnym zagospodarowaniu problematycznych odpadów z sektora transportowego. **Doktorant wykazuje przy tym ogólną wiedzę teoretyczną** w dziedzinie *nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka* oraz **umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**. W mojej opinii, przedstawiona **rozprawa doktorska spełnia warunki i wymagania stawiane przez obowiązujące ustawodawstwo**. W związku z powyższym **wnoszę o dopuszczenie Doktoranta do kolejnych etapów postępowania doktorskiego** na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej.

Doktoranta bez wątpienia wyróżnia ponadprzeciętny stopień dojrzałości naukowej oraz niezwykle solidny warsztat badawczy. Realizowane prace, poza wysokim poziomem merytorycznym, cechuje wyraźnie użyteczny charakter o dużym potencjale rozwojowym. Ponadto, całociowy dorobek publikacyjny, w tym także wartości wskaźników naukometrycznych, w zdecydowanej mierze przewyższają oczekiwania stawiane wobec Kandydatów na tym etapie kariery naukowej. Aspekty te w szczególności upoważniają mnie do zgłoszenia wniosku o wyróżnienie pracy doktorskiej mgr inż. Bartosza Dziejarskiego nt. „Sustainable conversion of strategic industrial wastes and biomass into activated carbons for CO<sub>2</sub> capture: mechanisms, material design, and adsorption performance”.