

Dr hab. inż. Rafał Morga, prof. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej
Katedra Geologii Stosowanej
Akademicka 2
44-100 Gliwice

Recenzja osiągnięć naukowych
dr ÁDÁMA NÁDUDVARI
w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych,
w dyscyplinie naukowej Nauki o Ziemi i Środowisku

1. Podstawy formalne wykonania recenzji

Recenzja została sporządzona na zlecenie Dyrektora Instytutu Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego, zawarte w piśmie nr WNP/BEOI.421.1.2022, informującym o powołaniu mnie do pełnienia roli recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr Ádámowi Nádudvari.

Podstawę merytoryczną recenzji, wykonanej zgodnie z zapisami Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. nr 2018, poz. 1668) oraz wytycznymi Rady Doskonałości Naukowej w sprawie Postępowania dotyczącego nadawania stopnia doktora habilitowanego, stanowią przedstawione przez dr Ádáma Nádudvari dokumenty:

- ✓ wniosek Habilitanta do Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi, kierowany za pośrednictwem Rady Doskonałości Naukowej, z dnia 26.08.2022, o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego,
- ✓ kopia dokumentu stwierdzającego posiadanie stopnia doktora,
- ✓ autoreferat w języku polskim oraz w języku angielskim,
- ✓ wykaz osiągnięć naukowych, stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny wraz z wykazem publikacji,
- ✓ wydruki publikacji składających się na osiągnięcie naukowe, będące podstawą postępowania habilitacyjnego (5 artykułów naukowych),
- ✓ kopie dokumentów, będących świadectwem aktywności naukowej i innych istotnych osiągnięć Habilitanta.

2. Sylwetka Habilitanta

Pan Ádám Nádudvari w 2012 roku ukończył studia magisterskie na Uniwersytecie w Szeged (Węgry). Następnie, w roku 2016, na Uniwersytecie Śląskim, obronił pracę doktorską n.t.: „*Geochemical transformations of coal wastes related to their erosion from the coal dump, riverine transportation and redeposition*”, której promotorem była prof. dr hab. Monika Fabiańska, uzyskując tym samym stopień doktora nauk o Ziemi, w zakresie geologii. W latach 2015-2016 pracował w Pricewaterhouse Coopers

w Katowicach, a następnie, w latach 2016-2020 w Instytucie Ekologii Terenów Przemysłowych w Katowicach, jako adiunkt. Od roku 2019 jest zatrudniony na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, na stanowisku adiunkta.

3. Ocena osiągnięć naukowych i aktywności naukowej

3.1. Ocena osiągnięcia naukowego będącego podstawą postępowania habilitacyjnego

Jako osiągnięcie naukowe, będące podstawą postępowania habilitacyjnego dr Ádám Nádudvari przedstawił cykl pięciu, powiązanych tematycznie, publikacji zatytułowany: „*Spontaniczne zagrzewanie składowisk odpadów górnictwa węgla kamiennego – zdalny monitoring i skutki środowiskowe procesu*”. Wszystkie zostały zamieszczone w czasopismach z listy JCR:

1. Nádudvari, Á., Cabała, J., Marynowski, L., Jabłońska, M., Dziurawicz, M., Malczewski, D., Kozielska, B., Siupka, P., Piotrowska-Seget, Z., Simoneit, B.R.T., Szczyrba, M., 2022. *High concentrations of HgS, MeHg and toxic gas emissions in thermally affected waste dumps from hard coal mining in Poland*. Journal of Hazardous Materials 431, 128542. IF: 14.224, punktacja MNiSW: 200; [A5]
2. Nádudvari, Á., Ciesielczuk, J., Cabała, J., Abramowicz, A., Fabiańska, M.J., Kozielska, B., 2021a. *Heavy metal and organic matter pollution related to self-heating coal waste dumps from Upper Silesia (Poland)*. Journal of Hazardous Materials 412, 125244. IF: 14.224, punktacja MNiSW: 200; [A4]
3. Nádudvari, Á., Abramowicz, A., Fabiańska, M., Misz-Kennan, M., Ciesielczuk, J., 2021b. *Classification of fires in coal waste dumps based on Landsat, Aster thermal bands and thermal camera in Polish and Ukrainian mining regions*. International Journal of Coal Science and Technology 8, 441–456. IF: 3.823, punktacja MNiSW: 100; [A3]
4. Nádudvari, Á., Fabiańska, M.J., Misz-Kennan, M., Ciesielczuk, J., Kowalski, A., 2020a. *Investigation of organic material self-heating in oxygen-depleted condition within a coal-waste dump in Upper Silesia Coal Basin, Poland*. Environmental Science and Pollution Research 27, 8285-8307. IF: 4.223, punktacja MNiSW: 100; [A2]
5. Nádudvari, Á., Fabiańska, M.J., Marynowski, L., Kozielska, B., Koniecznyński, J., Smółka-Danielowska, D., Ćmiel, S., 2018. *Distribution of coal and coal combustion related organic pollutants in the environment of the Upper Silesian industrial region*. Science of the Total Environment 628–629, 1462–1488. IF: 10.753, punktacja MNiSW: 200. [A1]

Wszystkie artykuły są współautorskie, przy czym Habilitant jest głównym autorem każdego z nich. Udział dr Nádudvari w poszczególnych publikacjach został jednoznacznie określony i każdorazowo obejmował opracowanie idei badań i ich konceptualizację, przeprowadzenie części analiz oraz przygotowanie manuskryptów. Na tej podstawie należy uznać wiodącą rolę Habilitanta we wszystkich tych przedsięwzięciach naukowych.

Trzy publikacje zamieszczono w czasopismach bardzo wysokiej rangi – tj. *Journal of Hazardous Materials* (dwa artykuły) i *Science of Total Environment* (jeden artykuł), o IF>10 i punktacji MNiSW/MEiN 200 punktów. Pozostałe dwie zostały wydane w czasopismach o IF

ok. 4, wartych 100 punktów, każda. Znajduje to swoje odzwierciedlenie w bardzo wysokim sumarycznym IF - ok. 47 i wartości punktowej - 800, publikacji przedstawionych do oceny.

Osiągnięcie naukowe, będące podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, stanowi efekt kontynuacji i pogłębienia badań realizowanych w ramach doktoratu. Jego omówienie Habilitant rozpoczął od ogólnego nakreślenia środowiskowych aspektów związanych z występowaniem samozagrzewających się składowisk odpadów węglowych. Przedstawił, pokrótce, chemizm tych odpadów, przyczyny i przebieg zagrzewania się składowisk, a także, będące konsekwencją tego procesu, skutki środowiskowe, przejawiające się głównie emisją gazów cieplarnianych i toksycznych.

Dalsza część autoreferatu obejmuje omówienie dokonań zawartych w przedstawionym cyklu publikacji. W najwcześniejszym artykule [A1], z roku 2018, zaprezentowano obszerne wyniki badań, mających różną genezę, zanieczyszczeń środowiska związanych z węglem, w tym również takim, który ulegał różnym formom i stopniom oddziaływania termicznego. Analizy wykonano z wykorzystaniem chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC-MS). Zidentyfikowano szerokie spektrum związków organicznych, m.in. węglowodory aromatyczne i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), heterocykliczne związki azotu i siarki oraz aromatyczne związki tlenu, których pochodzenie zostało szczegółowo objaśnione. Wykazano, że na dystrybucję poszczególnych grup związków wpływały procesy wymywania, wietrzenia lub samozagrzewania/spalania. W kontekście tych ostatnich szczególną uwagę zwrócono m.in. na ksanton, ftalmid, chlorowane związki aromatyczne i heterocykliczne związki siarki.

Wątek badawczy, związany z procesami chemicznymi zachodzącymi na samozagrzewających się składowiskach kontynuowany i rozwijany był w kolejnych publikacjach [A2, A4 i A5]. W celu głębszej analizy, odpady węglowe podzielono na trzy grupy: tj. odpady przepalone (I), pirogeniczny bitumin (II) oraz odpady termicznie zmienione wskutek niepełnego spalania (III). Następnie przeprowadzono szczegółowe badania tak zaklasyfikowanych odpadów pochodzących z pięciu składowisk znajdujących się na terenie GZW [A4]. Stwierdzono, że we wszystkich grupach dominują 2-3 pierścieniowe WWA. Rozkład WWA o poszczególnych liczbach pierścieni różni się w zależności od historii termicznej składowiska. Odpady przepalone (zaliczone do grupy I) mogą nadal zawierać WWA zbudowane z 2-3 pierścieni, nie zawierają jednak cięższych WWA. Większe zawartości lżejszych WWA odnotowano w odpadach zawierających bitumin pirogeniczny (grupa II). Udział cięższych WWA jest w nich znacznie mniejszy. Obecność WWA podstawionych tlenowymi grupami funkcyjnymi dowodzi procesów utleniania zachodzących na powierzchni. Podobnie, odpady termicznie zmienione (grupa III) mogą zawierać cięższe WWA. Występują w nich również WWA zawierające podstawienia tlenowymi grupami funkcyjnymi oraz azotowe i siarkowe związki heterocykliczne. Odzwierciedla to złożone procesy, obejmujące ogrzewanie, utlenianie i pirolizę, które doprowadziły do powstania odpadów zaliczanych do tej grupy.

W artykułach [A2 i A5] Habilitant zawarł także wyniki badań składu chemicznego gazów emitowanych ze składowisk, konkludując, iż odzwierciedla on warunki koksowania. Temperatura wewnątrz składowisk może dochodzić do 700-1300°C. Skutkiem pirolizy jest emisja wodoru i węglowodorów; gazów tych nie stwierdzono w miejscach nieaktywnych termicznie. Wykazano, że utlenianie węglowodorów, w tym metanu, prowadzi do

zwiększenia stężenia emitowanego CO₂. Reakcja ta ma charakter egzotermiczny, tworząc dodatkowe źródło ciepła do samozagrzewania. Udokumentowano emisję licznych gazów toksycznych, w tym benzenu, formaldehydu, amoniaku, chlorowodoru, siarkowodoru, tlenku węgla, chloru, dwutlenku siarki i tlenku azotu oraz wykazano, że stężenia niektórych z nich wielokrotnie przekraczały dopuszczalne normy. Przeprowadzono również rzeczową analizę pochodzenia tych gazów. Ponadto zwrócono uwagę na obecność rtęci i jej związków, uwalnianych w wyniku samozagrzewania z zawartych w węglu domieszek mineralnych (m.in. cynobru).

Ostatnie z tych zagadnień zostało szerzej naświetlone w publikacjach A4 i A5. Habilitant dowodzi w nich, że poziom stężenia rtęci, stwierdzany na samozagrzewających się składowiskach jest wielokrotnie wyższy od dopuszczalnych norm i porównywalny z wartościami odnotowywanymi w rejonach wydobywania tego metalu. Pochodną wysokiego stężenia rtęci jest także wysokie stężenie jej najbardziej szkodliwej formy - metylortęci (MeHg). Wykazano, że jej pochodzenie jest abiotyczne. Metylacja rtęci następowała najprawdopodobniej w wyniku reakcji rtęci z kwasami organicznymi lub wolnymi rodnikami metylowymi.

Kolejnym wątkiem badawczym, podjętym przez Habilitanta, były zagadnienia związane z zanieczyszczeniem środowiska toksycznymi metalami, występującymi na składowiskach odpadów węglowych [A2, A4]. By wyjaśnić tę kwestię, przeprowadzono badania mineralogiczne odpadów nie zmienionych termicznie oraz poddanych oddziaływaniu temperatury. Ustalono ich skład fazowy oraz, przy użyciu obrazowania SEM i mikroanalizy EDS, przeprowadzono identyfikację głównych minerałów metalonosiących. Wykazano, że samozagrzewanie ma istotny wpływ na koncentrację m.in. Pb, Cd, Zn, Hg i As, których wyższe stężenia odnotowano zwłaszcza w odpadach zmienionych termicznie oraz zawierających bitumin pirolityczny, a ponadto również Cu, Hg i in. Przedyskutowano także możliwe nośniki tych metali w odpadach.

Wpływ na środowisko substancji chemicznych występujących lub generowanych na samozagrzewających się składowiskach opisano w publikacjach A4 i A5. Dowiedziono, że wysoki poziom Hg, Pb, Cd, WWA i innych Trwałych Zanieczyszczeń Organicznych, takich jak chlorowane WWA i heterocykliczne związki azotu lub siarki, w świetle unormowań prawnych, stanowi istotne zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludzkiego. Konkludując, Habilitant postuluje, aby dostęp do składowisk odpadów węglowych był zabroniony. Wszelkie prace związane z rekultywacją tego rodzaju obiektów i zagospodarowaniem odpadów powinny uwzględniać obecność związków toksycznych.

Odrębnym, w stosunku do uprzednio omówionych, lecz ściśle powiązanim z tematyką ocenianego osiągnięcia naukowego, było zagadnienie skutecznego monitoringu składowisk, pod kątem możliwie szybkiego wykrywania samozagrzewania się składowiska i obserwacji przebiegu tego procesu [A3]. Do tego celu Habilitant zaproponował metodę teledetekcyjną, wykorzystującą ogólnodostępne zdjęcia rejestrowane przez satelity Landsat i obrazy ASTER, a w szczególności obrazowanie obiektów pokrytych śniegiem oraz wykonane przez czujniki podczerwieni. Wykazał, że najlepsze efekty daje zastosowanie zdjęć Landsat 7ETM+; do identyfikacji gorących punktów o wyższej temperaturze można stosować nocne obrazy w paśmie SWIR (krótka podczerwień). Następnie omówił zalety i ograniczenia poszczególnych rozwiązań technicznych. Zaproponował również wskaźnik intensywności

samozagrzewania (SHII), oparty na najwyższych i najniższych wartościach pasma TIRS, zarejestrowanych dla danego składowiska. Wskaźnik ten został przetestowany na obiektach polskich i ukraińskich. Opracowane rozwiązanie ma duże znaczenie aplikacyjne.

Biorąc pod uwagę dokonania dr Ádáma Nádudvari w zakresie wszystkich publikacji składających się na osiągnięcie habilitacyjne, należy zwrócić uwagę na ich kompleksowy charakter. Przejawia się on w analizie zróżnicowanego materiału badawczego, którym były odpady powęglowe o różnym stopniu przeobrażenia termicznego (w tym zawarta w nich materia organiczna i metale ciężkie) oraz gazy emitowane ze składowisk. Badania zostały starannie zaplanowane, a następnie konsekwentnie przeprowadzone, przy użyciu bardzo bogatego zestawu nowoczesnych metod (m.in. chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas – GC/MS, mikroskopia optyczna, skaningowa mikroskopia elektronowa z mikroanalizą rentgenowską – SEM/EDS, dyfrakcja rentgenowska - XRD, spektrometria absorpcji atomowej – AAS, spektrometria mas z plazmą indukcyjnie sprzężoną – ICP-ES/MS). Dzięki temu możliwe było uzyskanie pełnego obrazu procesów zachodzących na samozagrzewających się składowiskach oraz skutków tych procesów (w tym oddziaływania na środowisko i zdrowie ludzkie). Dopelnieniem tych prac były badania teledetekcyjne, uwieńczone opracowaniem metody monitoringu składowisk.

Osiągnięcie habilitacyjne dr Ádáma Nádudvari ma spójny charakter i jest jego oryginalnym i bardzo wartościowym dziełem. Przedstawione prace wnoszą liczne nowe i ważne dane do zasobu wiedzy na temat procesów zachodzących podczas składowania odpadów po wydobyciu węgla kamiennego. Ich najważniejszą wartością dodaną stanowią obserwacje i wypływające z nich wnioski dotyczące:

- Kompleksowej identyfikacji związków chemicznych powiązanych z procesami utleniania (spalania) i pirolizy odpadów węglowych, zachodzących na samozagrzewających się składowiskach, w tym udokumentowania, że w obiektach takich mogą następować reakcje chlorowania wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych;
- Wykazania, że samozagrzewanie wpływało na stężenie metali ciężkich, w tym Hg oraz jej szczególnie toksycznej postaci – MeHg. Metylacja rtęci następowała zapewne w wyniku reakcji z kwasami organicznymi i wolnymi rodnikami metylowymi. Rtęć występuje w odpadach węglowych głównie w postaci siarczku. Oddziaływanie termiczne powoduje jej remobilizację;
- Opracowania metody monitoringu składowisk, w oparciu o obrazy Landsat 7ETM+ i nocne obrazy z wykorzystaniem krótkiej podczerwieni (SWIR) oraz z zastosowaniem wskaźnika intensywności samozagrzewania (SHII) bazującego na wartościach pasma TIRS.

Biorąc pod uwagę powyższe uważam, że przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe ma bardzo wysoką wartość poznawczą, a także znaczenie praktyczne. Będące efektem badań artykuły zostały zamieszczone w prestiżowych periodykach naukowych. Udział Habilitanta jest pierwszoplanowy i wyraźnie zdefiniowany.

Na tej podstawie stwierdzam, że osiągnięcie naukowe dr Ádáma Nádudvari wnosi istotny wkład naukowy oraz przyczynia się do rozwoju dyscypliny Nauki o Ziemi i Środowisku.

3.2. Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Oprócz publikacji składających się na osiągnięcie habilitacyjne, dr Ádám Nádudvari jest również autorem wielu innych prac naukowych. Wśród nich znajdują się artykuły poświęcone wykorzystaniu teledetekcji do badania rozkładu temperatury na terenach wulkanicznych, identyfikacji wysp ciepła na terenach miejskich oraz osiadania powierzchni terenu na obszarach pogórnicych. Habilitant przeprowadzał również badania dotyczące morfologii koryt rzecznych, a także procesów glebotwórczych zachodzących na składowiskach odpadów.

Według załączonego wykazu, w sumie dorobek publikacyjny Habilitanta, z wyłączeniem prac składających się na osiągnięcie habilitacyjne, liczy 22 pozycje, w tym 16 artykułów w czasopismach z listy JCR, w tym 3 samodzielne. W większości artykułów współautorskich dr Nádudvari jest pierwszym autorem. Osiem artykułów ukazało się w czasopismach wysoko punktowanych (140 lub 200 pkt) (m. in. *International Journal of Coal Geology* – 5 publikacji, *Fuel, Land Degradation and Development* czy *International Journal of Environmental Research and Public Health*). Ponadto dr Nádudvari jest też współautorem 2 rozdziałów w monografiach oraz 4 artykułów w czasopismach spoza listy JCR. Większość publikacji powstała po doktoracie.

Sumaryczny Impact Factor wszystkich artykułów w czasopismach z listy JCR (z uwzględnieniem osiągnięcia naukowego) wg roku publikacji wynosi 98,13, a wg obecnych danych – 115,72. Publikacje dr Nádudvari wg bazy Web of Science były cytowane 122 razy, a wg bazy Scopus 111 razy (bez autocytowań). Indeks Hirscha wg obu baz wynosi 8.

Habilitant wygłosił przedstawił 8 posterów na konferencjach międzynarodowych oraz wygłosił 1 referat i przedstawił 2 postery na konferencjach krajowych. Wygłosił również 1 referat i zaprezentował 3 postery na krajowych konferencjach doktorantów, studentów i młodych naukowców. Zrealizował projekt finansowany ze środków Uniwersytetu Śląskiego oraz wykonał opracowanie dotyczące miejskich planów adaptacji.

W ramach współpracy z zagranicznymi instytucjami naukowymi Habilitant odbył dwa staże na Uniwersytecie w Katanii (Włochy), podczas których wygłosił 2 referaty. Efektem tej współpracy są również 2 prace naukowe, z których jedna została już opublikowana w *International Journal of Coal Geology*. Ponadto w latach 2011-2012 dr Nádudvari odbył sześciomiesięczny staż na Uniwersytecie Jagiellońskim, który również należy potraktować jako zagraniczny, zważywszy na kraj pochodzenia Kandydata.

Zestawione powyżej dokonania świadczą o systematycznym i szybkim rozwoju naukowym Habilitanta, czego efektem jest pokaźny dorobek wypracowany w krótkim czasie. Dane bibliometryczne, w tym zwłaszcza sumaryczny Impact Factor wszystkich publikacji i ich wartość punktową, należy uznać za znakomite, zwłaszcza na obecnym etapie kariery naukowej.

4. Ocena osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzatorskich

Dr Nádudvari prowadzi zajęcia dydaktyczne (wykłady, laboratoria i konwersatoria), głównie z przedmiotów ściśle wiążących się z obszarem Jego zainteresowań naukowych (m. in. z zakresu geochemii, metod badań geologicznych, wykorzystania systemów GIS, analizy i wizualizacji danych geologicznych, rekultywacji terenów zdegradowanych czy

zagrożeń naturalnych związanych z eksploatacją). Był promotorem dwóch i współpromotorem kolejnych dwóch prac dyplomowych.

W 2019 roku uczestniczył w projekcie GeohazardSilesia, realizowanym na Uniwersytecie Śląskim. Brał również udział w Komitecie organizacyjnym wyjazdu terenowego, poświęconego problematyce hałd odpadów węglowych, organizowanego w ramach konferencji międzynarodowej.

Prowadzi także współpracę z podmiotami przemysłowymi na Węgrzech.

Wniosek końcowy

Po szczegółowym zapoznaniu się z przedstawioną dokumentacją, w tym autoreferatem, wykazem osiągnięć i załączonymi publikacjami, stwierdzam, że Habilitant przedstawił do oceny oryginalne, bardzo wartościowe osiągnięcie naukowe, wnoszące istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Nauki o Ziemi i Środowisku, a także wykazuje się dużą aktywnością naukową. Uwzględniając publikacje składające się na osiągnięcie habilitacyjne, jest autorem lub współautorem w sumie 27 publikacji naukowych, w tym 21 w czasopiśmie z listy JCR o sumarycznym IF=98,13, a wg obecnych danych – 115,72. Brał aktywny udział w konferencjach międzynarodowych i krajowych oraz odbył staże w uczelniach zagranicznych, których efektem jest współpraca naukowa, skutkująca powstawaniem artykułów opublikowanych w wysokopunktowanych periodykach.

Na tej podstawie uznaję, że całokształt dokonań Habilitanta spełnia wymogi Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. nr 2018, poz. 1668). Wyrażam tym samym przekonanie, że dr Ádám Nádudvari w pełni zasługuje na nadanie Mu stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie Nauki o Ziemi i Środowisku.

