

dr hab. Michał Woszczyk, prof. UAM
Pracownia Biogeochemii
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
ul. Bogumiła Krygowskiego 10
61-680 Poznań
e-mail: woszczyk@amu.edu.pl
tel. (061) 829-63-29

Poznań dn. 24.05.2026 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej p. mgr Małgorzaty Wendorff-Belon

Recenzję sporządzono na podstawie Uchwały Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi UŚ w Katowicach nr 5/2026 z 17 marca 2026 r.

P. mgr Małgorzata Wendorff-Belon przedłożyła rozprawę doktorską p.t. „*Środowisko sedymentacji osadów oligocenu w sub-basenach środkowej Paratetydy: analiza biomarkerów w wybranych profilach Karpat zewnętrznych i basenu transylwańskiego*”. Celem tej pracy było (i) odtworzenie warunków akumulacji osadów w trzech basenach Paratetydy (b. Tarcău, b. Vrancea oraz b. transylwański) na tle zmian klimatu i sytuacji tektonicznej obszaru oraz (ii) określenie dojrzałości tektonicznej i potencjału węglowodorowego skał w/w jednostek. W opinii Doktorantki praca ma znaczenie dla rozpoznania słabo zbadanych a potencjalnie istotnych z punktu widzenia występowania węglowodorów skał rumuńskiej części Karpat wschodnich.

Podstawą tej pracy są trzy artykuły naukowe:

- [A1]. Wendorff M., Rospondek M., Kluska B., Marynowski L., 2017. Organic matter maturity and hydrocarbon potential of the Lower Oligocene Menillite facies in the Eastern Flysch Carpathians (Tarcău and Vrancea Nappes), Romania. *Applied Geochemistry* 78, 295-310
- [A2]. Wendorff-Belon M., Rospondek M., Marynowski L., 2021. Early Oligocene environment of the central Parathetys revealed by biomarkers and pyrite framboids from the Tarcău and Vrancea nappes (Eastern Outer Carpathians, Romania). *Marine and Petroleum Geology* 128, 105037
- [A3]. Wendorff-Belon M., Lorec R, Wierzbicki A., Rospondek M., Marynowski L., 2025. Oligocene environmental changes in the Central Parathetys: geochemical and palynological record from the north-western Transylvanian Basin (Romania). *Palaeoecology, Palaeoclimatology Palaeoecology* 676, 113124.

opatrzone 45-stronicowym Autoreferatem w języku polskim wraz ze streszczeniem w języku polskim i angielskim.

Publikacje wchodzące w skład dzieła charakteryzują się wysokimi wskaźnikami bibliometrycznymi z IF rzędu 2,7 do 3,6, punktacją MNiSW między 100 a 140 pktów oraz liczbą cytowań wynoszącą 21 dla [A1] i 12 dla [A2]. W każdej z prac wchodzących w skład dzieła Doktorantka była autorem wiodącym i korespondencyjnym, zaś Jej wkład merytoryczny jest udokumentowany przez oświadczenia podpisane przez wszystkich współautorów. Z w/w oświadczeń wynika, iż Doktorantka opracowała koncepcję badań, uczestniczyła w badaniach terenowych, wykonywała analizy laboratoryjne zebranych próbek i interpretowała wyniki analiz geochemicznych, a także przygotowywała manuskrypty. Uczestniczyła więc we wszystkich etapach procesu badawczego.

Trzon wszystkich prac doktorantki stanowią analizy geochemiczne materii organicznej. Są to głównie analizy biomarkerów wzbogacone o petrografię organiczną, pirolizę Rock-Eval, analizę elementarną C i S, a także analizy paleoekologiczne (otwornice i palinomorfy).

Zarys treści artykułów

[A1] poświęcony jest określeniu dojrzałości termicznej materii organicznej oraz potencjału węglowodorowego skał z ogniwa dolnych menilitów oraz margli bitumicznych datowanych na rupel odsłaniających się w dwóch stanowiskach badawczych reprezentujących odrębne płaszczowiny Tarcău oraz Vrancea. W pracy wykazano znaczące różnice między materią organiczną w tych nieznacznie od siebie oddalonych stanowiskach. Wprawdzie we wszystkich badanych próbkach skał MO reprezentuje mieszaninę kerogenu typu II i III, jednak w skałach płaszczowiny Vrancea ten drugi typ znacząco przeważa. Oznacza to zasadniczo większą domieszkę materii organicznej pochodzenia terygenicznego wobec głównie morskiej materii organicznej w osadach płaszczowiny Tarcău. Materia organiczna w skałach płaszczowiny Tarcău akumulowała się w środowisku trwale anoksycznym, nawet z występowaniem warunków euksynicznych w toni wodnej, zaś depozycja MO w osadach płaszczowiny Vrancea zachodziła w warunkach aerobowych/dysaerobowych przy udziale prądów zawieszinowych. Jednocześnie w płaszczowinie Vrancea skały wykazują znacznie wyższy, choć niezrealizowany, potencjał generowania węglowodorów przy niższej dojrzałości termicznej. Na bazie zebranych danych Autorzy konkludują, że zaobserwowany spadek dojrzałości termicznej między płaszczowinami Tarcău i Vrancea jest odzwierciedleniem szerszej tendencji przestrzennej charakterystycznej dla badanego obszaru Karpat Wschodnich polegającej na

spadku dojrzałości w kierunku wschodnim. Te zmiany Autorzy wiążą z wpływem położenia względem wnętrza orogenu karpackiego, co przekładało się na czas pogrzebania osadów oraz intensywność oddziaływania procesów erozyjnych i ekshumacyjnych.

Praca ma też ważne implikacje metodologiczne, gdyż pokazuje, iż ocena stopnia dojrzałości materii organicznej oparta na biomarkerach jest bardziej wiarygodna niż wnioski bazujące na parametrach pirolitycznych. Zdaniem autorów, te ostatnie są częściowo warunkowane przez cechy środowiska depozycji materii organicznej jak np. reżim tlenowy czy redepozycja.

[A2] koncentruje się na odtworzeniu warunków środowiskowych (głównie zasolenia i natlenienia), w których zachodziła depozycja materii organicznej w skałach reprezentujących ogniwo dolnych menilitów oraz margli bitumicznych. W badaniach oparto się na składzie molekularnym materii organicznej i pomiarach framboidów pirytowych oraz wykorzystano analizy mikropaleontologiczne (zbiorowiska otwornic). Efektem prac było przedstawienie modelu procesów sedymentacyjnych, zgodnie z którym depozycja osadów płaszczowiny Tarcău zachodziła w głębokim zapadlisku w warunkach otwartego morza, przy niskich zawartościach tlenu (i okresowej euksynii) i niewielkiej dostępności nutrientów (warunki mezotroficzne). Na rzecz takiej interpretacji przemawia min. dominacja frakcji $<5\mu\text{m}$ w całkowitej liczbie zidentyfikowanych framboidów pirytu, zmienność stosunku Pr/Ph, niskie wartości wskaźnika TAR_{HC} (<1) oraz skład otwornic. Z kolei osady budujące płaszczwinę Vrancea tworzyły się w proksymalnej części basenu morskiego, w której jednak rozwijały się warunki anoksyczne, w tym również w strefie eufotycznej, oraz dochodziło do wahań zasolenia. Te ostatnie miały związek z dopływem wód słodkich z pobliskiego lądu. Bliskość ujść rzecznych wiązała się też z dopływem terygenicznego materii organicznej i biogenów skutkiem czego wody morskie w obszarze sedymentacji skał płaszczowiny Vrancea były znacznie bardziej zeutrofizowane niż wody otwarte. Takie wnioski opierają się na znacznej zawartości TOC, podwyższonych wartościach TAR_{HC} oraz stosunku MTTCs (tj. 5,7,8-triMe-MTTC/całk. MTTCs). Obecności warunków euksynicznych w strefie eufotycznej dowiedziono na podstawie obecności izorenirateny i jego pochodnych. Wyjaśniając przestrzenną i czasową zmienność składu materii organicznej w kopalnym basenie karpackim autorzy postulują wpływ cyrkulacji wody z prądami zawiesinowymi schodzącymi z obszaru wybrzuszenia przedgórskiego oraz upwellingami skierowanymi w stronę przeciwną.

[A3] dotyczy rekonstrukcji zmian środowiskowych zapisanych w osadach NW części basenu transylwańskiego w oparciu o analizę profilu Fântânele. W tym stanowisku odsłaniają się skały formacji Ileanda i Vima datowane na późny rupel i szat. W tej sekwencji osadowej

zaobserwowano znaczącą odrębność geochemiczną obu formacji wyrażającą się min. w zawartości amorficznej materii organicznej, TOC, TS, wartościach HI, a także w składzie biomarkerów, wielkości framboidów pirytowych i strukturze palinomorf. Na podstawie tych różnic autorzy składowali, że u schyłku wczesnego oligocenu basen transylwański znajdujący się pod wpływem ruchów rozciągających w kierunku N-S miał charakter zbiornika głębokomorskiego o podwyższonym zasoleniu (30-40‰) i beztlenowych wodach przydennych, a czasowo także o euksynicznych wodach strefy eufotycznej. W takich warunkach powstawała materia organiczna reprezentująca kerogen typu II o dużym potencjale generowania węglowododorów. W późnym oligocenie doszło do spłycenia zbiornika i zmiany charakteru sedimentacji na bardziej terygeniczną z udziałem prądów zawieszinowych. Oddziaływanie wód słodkich doprowadziło do spadku zasolenia (<30‰), wzrostu produktywności biologicznej oraz poprawy reżimu tlenowego. Ten etap ewolucji basenu jest zapisany akumulacją materii organicznej reprezentującej III typ kerogenu, charakteryzującej się znacznym udziałem związków pochodzących z roślin wyższych i zarazem wykazującej większy stopień utlenienia związany z redepozycją. Ta znacząca zmiana geochemiczna, która dokonała się w szacie, została powiązana z fazą kompresyjną rozwoju basenu uwarunkowaną nasuwaniem się Pienidów.

Ocena pracy

Praca p. mgr Małgorzaty Wendorff-Bolon jest przykładem przemyślanego, dobrze zaplanowanego i sumiennie zrealizowanego projektu naukowego. Dzieła wchodzące w skład pracy są spójne pod względem tematycznym, metodycznym i geograficznym, a wyniki dają podstawę do pewnych uogólnień. Logiczna struktura pracy przejawia się min. w sekwencji wykonanych analiz, wśród których jako pierwsze zostały zrealizowane badania zmierzające do rozpoznania dojrzałości termicznej materii organicznej skał, będącej miarą jej przekształceń diagenetycznych. Wyniki tych badań, które wykazały niską dojrzałość materii organicznej i zarazem dobry stopień zachowania jej pierwotnych cech chemicznych dały asumpt do rekonstrukcji paleośrodowiskowych z wykorzystaniem biomarkerów i pirytów framboidalnych. W interpretacji wyników badań Doktorantka wykazała się z jednej strony dogłębną w odczytywaniu genezy i przemian różnych związków organicznych, a jednocześnie krytycznym podejściem zarówno do swoich własnych badań jak i do danych literaturowych. Praca p. mgr Wendorff-Bolon reprezentuje poprawność warsztatową i ogólnie wysoki poziom merytoryczny. Jest też zasadniczo dobrze napisana. Dotyczy to zarówno artykułów opublikowanych w renomowanych czasopismach branżowych, jak również

Autoreferatu. Uwagi, jakie pozwoliłem sobie sformułować niżej trudno nazwać krytycznymi. Traktują one raczej o tym, co moim zdaniem wymaga lepszego naświetlenia bądź badań, które w mojej opinii warto by przeprowadzić, aby uzyskać pełniejszy obraz sytuacji paleogeograficznej.

- 1) Jedną z kluczowych konkluzji sformułowanych w [A2] i [A3] są konceptualne modele przedstawiające warunki paleogeograficzne w basenie Nechit i Tarcâu oraz w basenie transylwańskim w oligocenie. Jakkolwiek modele wydają się poprawne, zarówno w świetle zgromadzonych przez Doktorantkę danych, jak i na tle literatury, jednak w moim przekonaniu, wymagają pewnego doprecyzowania, głównie z zakresie postulowanej roli upwellingów w kształtowaniu reżimu tlenowego basenu. W modelu tym przyjęto, że upwellingi powodowały natlenianie (sic!) wód naddennych w zbiorniku. Jest to o tyle zastanawiające, że współczesne obserwacje wskazują, iż zjawisku temu często towarzyszy efekt przeciwny, tj. tworzą się deficyty tlenowe w strefach do których docierają wynoszone ku powierzchni wody głębinowe, często beztlenowe lub wzbogacone w biogeny, co przyczynia się do dalszego wzrostu konsumpcji tlenu przez fitoplankton. Takie sytuacje znane są np. z Morza Bałtyckiego (np. Rolf i in. 2022, *Ambio* 22, 2308 – 2324), gdzie upwellingi są zjawiskiem dość powszechnym, ale również z danych paleoceanograficznych (np. Meyer & Kump 2008, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 36, 251–88). Z kolei natlenienie wód naddennych wiąże się raczej ze zjawiskiem przeciwnym, tj. downwellingiem bądź np. z cyrkulacją estuariową (jak ma to miejsce w Bałtyku; Kuss i in. 2025, *JMS* 252, 104134). W tym drugim przypadku wahaniom potencjału red-ox towarzyszą jednak zmiany zasolenia wód lub ich temperatury. Proszę zatem o doprecyzowanie interpretacji. Czy w badanym zbiorniku rzeczywiście wpływ upwellingów polegał na „dotlenianiu” wody, czy mamy tu do czynienia ze skrótem myślowym? Czy sytuacja paleogeograficzna w oligocenie sprzyjała występowaniu w basenie karpackim cyrkulacji estuariowej?
- 2) W swojej pracy Doktorantka posłużyła się wyłącznie metodami geochemii organicznej. Jakkolwiek metody te dają duże spektrum możliwości w zakresie min. odczytywania zmienności zasolenia i warunków red-ox w przeszłości to ich interpretacja bywa też niekiedy niejednoznaczna, co znajduje też wyraz w pracach Doktorantki. Chciałbym zatem zwrócić uwagę na zasadność wykorzystania niezależnych a komplementarnych markerów tych samych parametrów środowiskowych w postaci relatywnie prostych analiz składu pierwiastkowego skoncentrowanych na zawartościach metali

alkalicznych, metali ziem alkalicznych oraz tych pierwiastków, których specjacja jest ściśle powiązana z potencjałem red-ox (np. Fe, Mn, U itp.). Znakomitych przykładów efektywności markerów nieorganicznych dla odtwarzania cech paleośrodowiska dostarcza chociażby praca Huckriede & Mieschner (1996, GCA 60, 8, 1399-1413) wyjaśniająca genezę sedymentacji dolnokarbońskich i jurajskich formacji anoksycznych basenów Europy środkowej i zachodniej czy praca Wei & Alego (2019, GCA 11305) traktująca o paleozasoleniu w ordowickich i triasowych formacjach siliciklastycznych z obszaru Chin. Markery nieorganiczne są wreszcie z powodzeniem stosowane w badaniach nad zmianami cyrkulacji oceanicznej (McManus in in. 2004, Nature 428, 834-837).

- 3) W nawiązaniu do poprzedniego punktu warto ponadto zwrócić uwagę, że wobec artykułowanych w [A3] niejasności co do czynników limitujących formowanie pirytu w wapieniach tylawskich (fm. Ileanda) i bulastych (fm. Vima), godna rozważenia wydaje się weryfikacja w oparciu diagramy TOC-S-Fe zaproponowane przez Deana & Arthura (1989, AJS 289, 708-773).

Uwagi końcowe

Rozprawa doktorska p. mgr Małgorzaty Wendorff-Belon jest oryginalnym opracowaniem o wysoki poziomie naukowym. W moim przekonaniu przedłożona do oceny rozprawa doktorska nie zawiera żadnych uchybień metodycznych i formalnych, a sformułowane w niej wnioski są w większości należycie udokumentowane i przedyskutowane na tle literatury przedmiotu. Dodatkowym czynnikiem wspierającym pozytywną ocenę pracy jest bogaty dorobek p. mgr Wendorff-Belon, nie ujęty w rozprawie doktorskiej. Składa się na niego 8 artykułów naukowych, w tym jeden z wiodącym udziałem Doktorantki, opublikowanych w krajowych i międzynarodowych czasopismach takich jak Organic Geochemistry, Marine and Petroleum Geology i Scientific Reports.

W związku z powyższym stwierdzam, iż przedłożona rozprawa spełnia wymogi formalne określone w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym z dn. 20 lipca 2018 r. Składam niniejszym wniosek do Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi WNP Uniwersytetu Śląskiego o dopuszczenie p. mgr Małgorzaty Wendorff-Belon do dalszych etapów przewodu doktorskiego.