



## Borkowice – światowej klasy stanowisko paleontologiczne z tropami i kośćmi wczesnojurajskich dinozaurów

Grzegorz Pieńkowski<sup>1</sup>, Grzegorz Niedźwiedzki<sup>2</sup>



G. Pieńkowski

G. Niedźwiedzki

**Borkowice – a world-class paleontological site with footprints and bones of Early Jurassic dinosaurs.** *Prz. Geol.*, 69: 716–720; doi: 10.7306/2021.39

*Abstract.* As part of the implementation of the Polish Geological Survey numerous and perfectly preserved dinosaur footprints were discovered in the upper Hettangian (Lower Jurassic) barrier-lagoon deposits, outcropping in the ceramic clay pit in Borkowice (Przysucha County, Poland). A large part of the specimens shows (especially visible in 3D scans) three-dimensional natural casts of dinosaur feet, on which anatomical features and impressions of the scaly skin are preserved in unusual details. These are the best-preserved traces of dinosaurs so far discovered in Poland and the quality of their preservation is equal to the best-known discoveries worldwide. In order for such a state of preservation to be possible, a very special sequence of sedimentary/taphonomic events had to take place in a very short time. The collection also

includes records of ethology (behaviour) left by dinosaurs running, swimming, resting and sitting on a muddy sediment, as well as many enigmatic biogenic structures, probably related to various life activities of dinosaurs living there. So far, several hundred dinosaur tracks, representing at least seven different species of these animals have been collected and secured in Borkowice, and the prospects for new finds are much more promising. Unique bone remains of ornithischian dinosaurs preserved in the form of casts have also been found. It is necessary to act in cooperation with local authorities and the entrepreneur exploiting the clay deposits in order to secure and protect the geoheritage site.

**Keywords:** dinosaur footprints, unique preservation, bone casts, barrier-lagoon deposits, Hettangian, Poland, geoheritage

W lipcu 2021 r., w trakcie wizji terenowej odsłoneń skalnych na północnym, mezozoicznym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich, sprawdzono nowe lokalizacje, w których w związku z eksploatacją surowców (przede wszystkim ilastych i kamieni budowlanych) powstają nowe odsłonecia. Wizytacje odsłoneń dotyczyły również rejonu miasta Przysucha, gdzie od lat 80. ubiegłego wieku znajdowano w wyrobiskach kopalnianych liczne tropy dinozaurów (Pieńkowski, Gierliński, 1987; Gierliński, Pieńkowski, 1999; Niedźwiedzki, Pieńkowski, 2016). Niestety, w większości stanowiska te są obecnie niedostępne, a najcenniejsze z nich, znajdujące się na terenie byłej kopalni ilów w Zapniowie, mimo planów jego ochrony i działań podejmowanych w latach 2003–2006 przez Państwowy Instytut Geologiczny oraz wojewódzkiego konserwatora przyrody, po ustaniu eksploatacji zostało opuszczone i jest obecnie zalane wodą. Szczęśliwie wcześniejsze znaleziska z tych stanowisk zostały udokumentowane i opracowane naukowo (m.in. Pieńkowski, Gierliński, 1987; Gierliński, Pieńkowski, 1999; Niedźwiedzki, Pieńkowski, 2016).

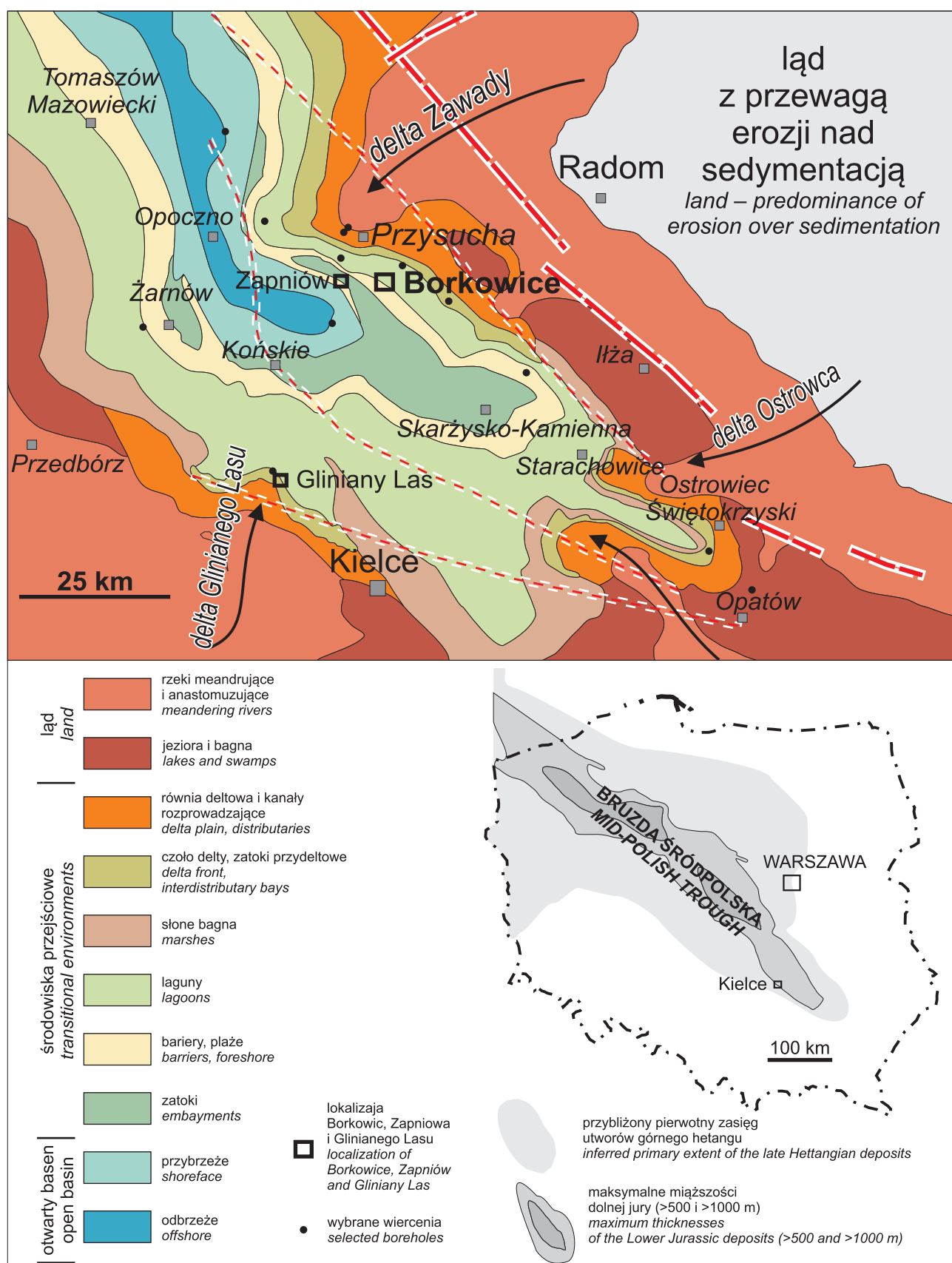
Posiadając szczegółową wiedzę o występowaniu tropów dinozaurów w konkretnych formacjach i litofacjach dolnej jury, należało spodziewać się występowania śladów dinozaurów w równoległych warstwach kopalni odkrywkowej ilów biało wypalających się na terenie złoża Borkowice–Radestów, ok. 6 km na wschód od Zapniowa, uruchomionej po zakończeniu eksploatacji w Zapniowie.

Ponadto liczne tropy znane były z odsłonecia podobnego wieku w Glinianym Lesie (Gierliński, Pieńkowski, 1999), po przeciwległej stronie basenu sedymentacyjnego (ryc. 1).

Złoże ilowców kaolinowych i towarzyszące mu pakiety mułowców i piaskowców w Borkowicach odsłaniają się u podnóża wschodniej krawędzi Garbu Gielniowskiego, pasma wzgórz uformowanych z dolnojurajskich utworów piaskowcowo-ilowcowych. Formację skalną odsłoniętą w kopalni zdefiniowano w schematach litostratygraficznych jako przysuską formację rudonośną (Pieńkowski, 2004). Wiek tych osadów na podstawie stratygrafii sekwencyjnej określono jako późny hetang (Pieńkowski, 1983, 2004), choć na podstawie dawnych interpretacji cyklostratygraficznych (Dadlez, 1969, 1975) utwory te są niekiedy uznawane za synemur dolny (np. na SMGP). Należy zaznaczyć, że Karaszewski, na podstawie przesłanek biostratygraficznych, konsekwentnie podtrzymywał swój pogląd o wieku hetangskim (1960, 1975). Późniejsze badania sedymentologiczne i stratygraficzno-sekwencyjne (Pieńkowski, 1983, 2004), a także chemostratygrafia izotopowa (Pieńkowski i in., 2020) oraz nowe dane i korelacje palinologiczne (Krupnik i in., 2014; Marcinkiewicz i in., 2014) pozwalają obecnie na zaliczenie przysuskiej formacji rudonośnej do późnego hetangu (ok. 199,5 mln lat temu – Hesselbo i in., 2020), przywracając tym samym dawny pogląd Karaszewskiego (1975). Ustalenie wieku odsłonecia ma kluczowe znaczenie dla porównań znalezisk z Borkowic z danymi światowymi,

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Rakowiecka 4, 00–975 Warszawa; [grzegorz.pienkowski@pgi.gov.pl](mailto:grzegorz.pienkowski@pgi.gov.pl)

<sup>2</sup> Subdepartment of Evolution and Development, Department of Organismal Biology, Uppsala University, Norbyvägen 18A, SE-752 36 Uppsala, Sweden; [grzegorz.niedzwiedzki@ebc.uu.se](mailto:grzegorz.niedzwiedzki@ebc.uu.se)



**Ryc. 1.** Mapa paleośrodowiskowa późnego hetangu (ok. 199 mln lat temu) regionu świętokrzyskiego z lokalizacją Borkowic i Zapniowa (na podstawie Pieńkowski, 2004, zmieniona)

**Fig. 1.** Palaeoenvironmental map of the late Hettangian (c. 199 Mya) of the Holy Cross Mountains region with the location of Borkowice and Zapniów (based on Pieńkowski, 2004, amended)

a co za tym idzie odtworzenia trendów ewolucyjnych dinozaurów na wczesnym etapie ich radiacji i ekspansji. Bogate

w tropy dinozaurów utwory hetangu północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich, poczynając od najstarszych



odslaniających się w Sołtykowie (Gierliński i in., 2004) po te najmłodsze w Glinianym Lesie, Zapniowie i Borkowicach, są więc spięte klamrą czasową niecałych 2 milionów lat, co jest istotne dla zrozumienia tempa zmian ewolucyjnych.

Utwory przysuskiej formacji rudonośnej w Borkowicach (ryc. 1 i 2) reprezentują ten sam zespół warstw, który został opisany w pobliskim Zapniowie (Pieńkowski, 2004; Niedźwiedzki, Pieńkowski, 2016). Są to marginalno-morskie utwory pochodzenia barierowo-lagunowego (ryc. 1 i 2). W Zapniowie stwierdzono w nich występowanie fauny, m.in. brakicznych małżów, natomiast w Borkowicach zauważono m.in. ślady postoju skrzyploczy. Iły należą do dwóch poziomów rudnych (przez wiele lat eksploatowano z nich rudy żelaza – syderyty), rozdzielonych piaskowcowymi utworami barier piaszczystych, miejscami także utworów deltowych (Pieńkowski, 2004). Obiektem eksploatacji jest ponad 3-metrowa warstwa ilów bogatych w kaolinit, wydobywana w spągu głębokiego wyrobiska (ryc. 2). W trakcie badań terenowych w roku 2021 odkryto na powierzchniach ławic piaskowców z nadkładu złoża, odrzucanych w ramach ruchu górniczego na hałdy, liczne i perfekcyjnie zachowane tropy dinozaurów drapieżnych oraz roślinożernych.

Zidentyfikowano w profilu powierzchni, z której pochodzi większość najlepiej zachowanych tropów, ponadto zauważono, że w profilu tym występuje kolejna ławica, zawierająca uboższy, nieco inny zespół tropów. Są to

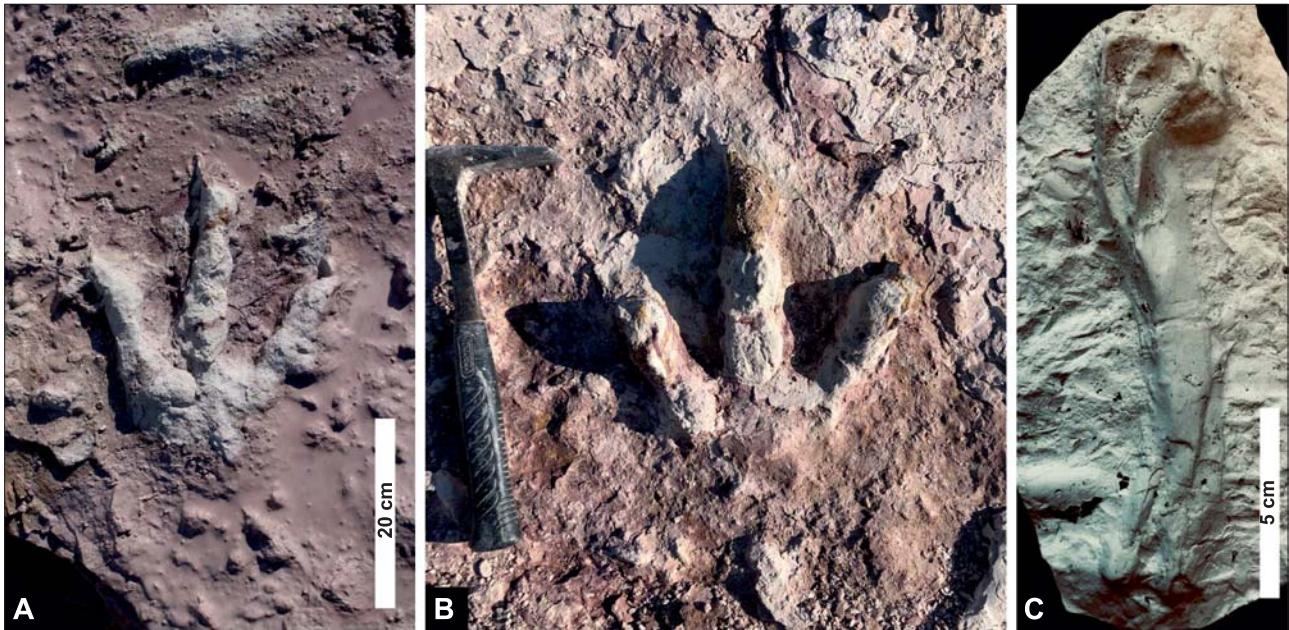
odmienne fauny dinozaurów, których odpowiedniki są znane z regionu świętokrzyskiego (Gierliński, Pieńkowski, 1999; Gierliński i in., 2004; Pieńkowski, 2004; Niedźwiedzki, Pieńkowski, 2016). Wśród śladów rozpoznano również nowe ichnotaksony, dotychczas nie notowane w dolnojurajskich osadach w Polsce czy w Europie. Na uwagę zasługuje również fakt, że są to najlepiej zachowane ślady dinozaurów dotychczas odkryte w Polsce (ryc. 3 oraz ryc. 4 i 5 na str. 780) i jakością zachowania dorównują najlepszym znanym odkryciom z późnego triasu wczesnej jury Grenlandii, Ameryki Północnej, Afryki Południowej czy Chin. Znaczna część wydobytych okazów ukazuje trójwymiarowe, naturalne odlewy stóp dinozaurów – widoczne szczególnie na skanach 3D (ryc. 6), na których są utrwalone z niezwykłymi detalami cechy anatomiczne oraz odciski łuskowatej skóry ich twórców (patrz zdjęcie na okładce oraz ryc. 3AB i ryc. 4–5 na str. 780). Aby taki stan zachowania był możliwy, musiała nastąpić w krótkim czasie bardzo szczególna sekwencja wydarzeń: ustąpienie z tego obszaru wód laguny, odsłonięcie ilastego dna, wejście dinozaurów na wciąż plastyczny (ale niezbyt grząski) grunt, wyschnięcie podłoża i utrwalenie tropów (na co dowodem są szczeliny z wysychania przecinające niektóre tropy), ponowne szybkie zalanie obszaru i równie szybkie przykrycie powierzchni przez sedimentację ławicy piasku nasuwającej się bariery – przez co ślady zostały utrwalone jako naturalne odlewy.



**Ryc. 2.** Wschodnia ściana wyrobiska kopalni w Borkowicach z piaszczystymi utworami barierowymi rozdzielającymi lagunowe poziomy ilaste (wyższy z nich jest widoczny u góry). Warstwa z tropami dinozaurów występuje w spągu wyrobiska. Fot. G. Niedźwiedzki

**Fig. 2.** The eastern wall of the clay pit in Borkowice showing sandy barrier deposits separating the claystone lagoonal horizons (the higher one is visible at the top). The layer with dinosaur footprints occurs at the bottom of the pit. Photo by G. Niedźwiedzki

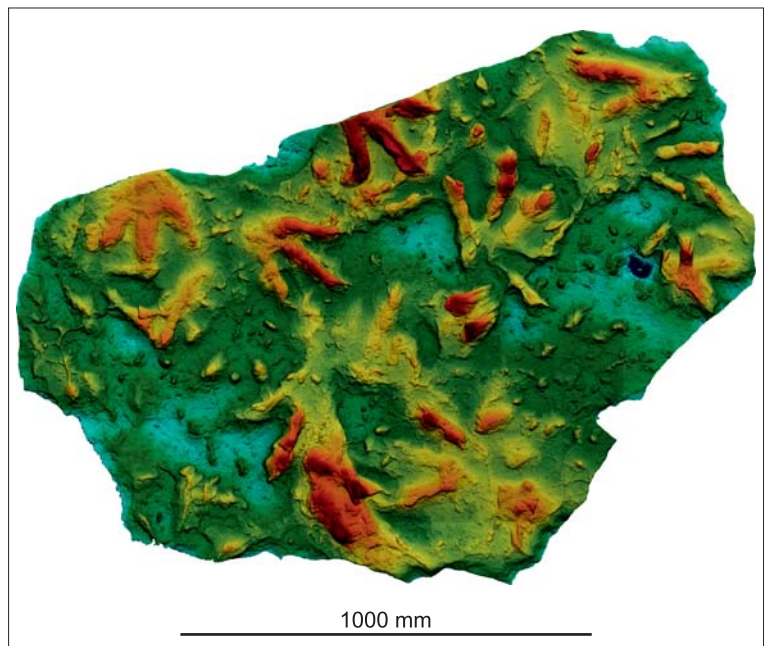




**Ryc. 3.** Dwa przykłady trójpalczastych tropów dinozaurów drapieżnych (A–B) oraz odcisk kości udowej dinozaura ptasiomiednicznego (C). Fot. G. Niedźwiedzki

**Fig. 3.** Two examples of tridactyl predatory dinosaur tracks (A–B) and an imprint of an ornithischian dinosaur femur (C). Photo by G. Niedźwiedzki

Do niedawna wydawało się, że w Polsce nie ma większych szans na spektakularne odkrycia nowych stanowisk paleontologicznych z pozostałościami po jurajskich dinozaurach. Odkrycia z tego roku zmieniają to przekonanie, gdyż prace terenowe w kopalni odkrywkowej w Borkowicach wciąż dostarczają wyjątkowych skamieniałości, zarówno tropów, jak i kości zróżnicowanej i słabo poznanej fauny wczesnych dinozaurów. Dla badaczy ewolucji tych archozaurów szczególnie interesujący jest fakt, że reprezentują one wczesnojurajski zapis z samego początku tego okresu, który jest na świecie dość ubogi i słabo poznany. Największe ślady dinozaurów drapieżnych zarejestrowane dotychczas w Borkowicach osiągają prawie 40 cm długości, towarzyszą im ślady innych, mniejszych drapieżników (ryc. 3AB) oraz liczne i zróżnicowane ślady dinozaurów ptasiomiednicznych (ryc. 4 – patrz str. 780). W zespole stwierdzono również tropy pozostawione przez zauropodomorfy oraz zagadkowe, bardzo duże, pięciopalczone tropy, które prawdopodobnie są również świadectwem przemieszczania się tam wczesnych dinozaurów długoszyich. Kilkanaście z zebranych śladów stanowi dla nas prawdziwą zagadkę, ale przypuszczamy, że nowe odkrycia pozwolą lepiej zrozumieć ich pochodzenie. Prawdziwie zaskakujące było też odkrycie na tym stanowisku kości dinozaurów (z powodu niesprzyjających warunków tafonomicznych niezwykle rzadkich w utworach dolnej jury Gór Świętokrzyskich), zachowanych w formie pustek czy odlewów w piaskowcach, usytuowanych ponad warstwą z tropami. Są to wyjątkowo cenne okazy i stanowią istotne dopełnienie naszej wiedzy o różnorodności borkowickiego świata dinozaurów. Wszystko wskazuje na to, że znalezione kości (ryc. 3C) reprezentują dinozaury ptasiomiednicz-



**Ryc. 6.** Skan 3D powierzchni z tropami, ujawniający zagłębienie poszczególnych ich elementów oraz kolejne szczegóły anatomiczne

**Fig. 6.** 3D scan of the surface with traces revealing depression depths of their individual elements and further anatomical details

ne. Wśród fragmentów kości można się również doszukać szczątków innych zwierząt lądowych oraz szczątków ryb. Borkowice to prawdziwy, skamieniały skarbiec, stanowisko pod każdym względem wyjątkowe, a dla naukowców to unikalna okazja do lepszego poznania wczesnej ewolucji dinozaurów.

W zgromadzonej kolekcji są również zapisy etologii (zachowań) pozostawione przez dinozaury biegnące, pływające, odpoczywające i siedzące na błotnistym osadzie oraz wiele enigmatycznych struktur biogenicznych, zapew-

ne związanych z różnymi aktywnościami życiowymi bytujących tam dinozaurów (np. ślady żerowania czy grzebania w osadzie). Znaleźiska tropów wskazują na wyjątkowo złożony zespół faunistyczny zamieszkujący ten obszar, a nasze wstępne obserwacje sugerują, że fauna dinozaurów z Borkowic należy do jednej z najbogatszych poznanych z osadów dolnojurajskich na świecie.

Dotychczas udało się w Borkowicach zebrać i zabezpieczyć kilkaset tropów dinozaurów, reprezentujących co najmniej siedem różnych gatunków tych zwierząt, a perspektywy poszukiwawcze są daleko bardziej obiecujące. Należy zaznaczyć, że te dotychczasowe wyniki badań dwóch osób (autorów niniejszego komunikatu) zostały uzyskane w efekcie zaledwie kilku wizyt terenowych. Liczba cennych obiektów, które przed dokonaniem odkrycia znalazły się w hałdach, jest nieporównanie większa. Do ich wydobycia konieczny będzie jednak ciężki sprzęt (waga bloków wynosi średnio kilkaset kilogramów, niektóre są kilkotonowe) i znaczne środki finansowe, które mamy nadzieję zostaną pozyskane w ramach samorządowych projektów rozwojowych.

Stanowisko jest obecnie obszarem badań geologicznych, sedymentologicznych i paleontologicznych. Trwają także procedury administracyjne, mające na celu ustanowienie stanowiska dokumentacyjnego i objęcie go ochroną. Koordynatorem obecnie prowadzonych i planowanych prac jest Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie, uczestniczą w nich także naukowcy i specjaliści od skanowania 3D z Polski i Szwecji. W obszarze ochrony i dalszych działań zabezpieczających miejsce odkrycia kluczowy jest udział lokalnych samorządów (powiatowego i gminnego), Lasów Państwowych oraz użytkownika złoża (WIS-GROUP sp. z o.o., Opoczno). Należy pilnie zaplanować i wprowadzić do planu ruchu górniczego systematyczne wydobywanie ławicy przykrywającej bezpośrednio złoża i odkładanie bloków w sposób uporządkowany, a w przyszłości przystąpić do systematycznego wydobywania bloków z tropami z hałd. Warto podkreślić, że te dotychczas znalezione powierzchnie z tropami reprezentują najwyższe walory nie tylko naukowe, ale także wystawienniczo-muzealne. W trakcie wielu spotkań zgodzono się, że ze względu na bezcenne znaleźiska paleontologiczne, wspomniana odkrywka powinna być tymczasowo zabezpieczona i wyłączona z projektu rekultywacji w kierunku rolniczym i leśnym. W przyszłości powinno tu powstać geostanowisko lub rezerwat geologiczny oraz muzeum tudzież centrum edukacyjne, prezentujące odkryte tropy, kości oraz środowisko, w jakim żyły dinozaury.

W związku z odkryciem można sformułować następujące postulaty:

- ❑ zaprzestania zasypywania wyrobiska rumoszem z nadkładu;
- ❑ odstąpienia od rolniczo-leśnego kierunku rekultywacji odkrywki i ustanowienia stanowiska dokumen-

tacyjnego (stosowny wniosek został przedłożony Radzie Gminy Borkowice);

- ❑ wyprofilowania i tymczasowego zabezpieczenia ścian wyrobiska.

Mamy nadzieję, że tymczasowo zabezpieczone stanowisko dokumentacyjne w Borkowicach zostanie w przyszłości przeznaczone na rezerwat geologiczny i muzeum (względnie centrum edukacyjne), prezentujące odkryte tropy i kości dinozaurów oraz tło środowiskowe ich bytowania.

Prace wykonano w lipcu, wrześniu i październiku 2021 r. w ramach realizacji zadania *Koncepcja ochrony i ekspozycji stanowiska ze śladami dinozaurów na terenie planowanego geoparku Dolina Kamiennej, województwo świętokrzyskie*. Projekt ten należy do zadań PSG wykonywanych na zlecenie głównego geologa kraju (temat: 22.9611.1903.01.1) i jest finansowany przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Prace były wspomagane przez grant naukowy *Swedish Research Council (2017-05248)*. Skany 3D powierzchni z tropami wykonał Wojciech Lewenstam (Origami 3D) z Warszawy.

## LITERATURA

- DADLEZ R. 1969 – Stratygrafia liasu w Polsce zachodniej. Pr. Inst. Geol., 57: 1–92.
- DADLEZ R. 1975 – On the Hettangian–Sinemurian boundary in extra-Carpathian Poland. A discussion. Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Sci. de la Terre, 22: 119–122.
- GIERLIŃSKI G., PIENKOWSKI G. 1999 – Dinosaur track assemblages from the Hettangian of Poland. Geol. Quart., 43: 329–346.
- GIERLIŃSKI G., PIENKOWSKI G., NIEDŹWIEDZKI G. 2004 – Tetrapod track assemblage in the Hettangian of Sołtyków, Poland, and its paleoenvironmental background. Ichnos, 11: 195–211.
- HESELBO S.P., OGG J.G., RUHL M., HINNOV L.A., HUANG C.J. 2020 – The Jurassic period. [W:] Geologic Time Scale 2020, F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz, G.M. Ogg (red.). Elsevier, 955–1021; DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00026-7>
- KARASZEWSKI W. 1960 – Nowy podział liasu świętokrzyskiego. Kwart. Geol., 4: 894–920.
- KARASZEWSKI W. 1974 – On the Hettangian–Sinemurian Boundary in the Extra-Carpathian Poland. Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Sci. de la Terre, 22: 33–36.
- KRUPNIK J., ZIAJA J., BARBACKA M., FELDMAN-OLSZEWSKA A., JARZYŃKA A. 2014 – A palaeoenvironmental reconstruction based on palynological analyses of Upper Triassic and Lower Jurassic sediments from the Holy Cross Mountains region. Acta Palaeobot., 54: 35–65.
- MARCINKIEWICZ T., FIJAŁKOWSKA-MADER A., PIENKOWSKI G. 2014 – Poziomy megasporowe epikontynentalnych utworów triasu i jury w Polsce – podsumowanie. Biul. Państw. Inst. Geol., 457: 15–42.
- NIEDŹWIEDZKI G., PIENKOWSKI G. 2016 – A dinosaur track assemblage from the Upper Hettangian (Lower Jurassic) marginal-marine deposits of Zapniów, Holy Cross Mountains, Poland. Geol. Quart., 60 (4): 840–856.
- PIENKOWSKI G. 1983 – Środowiska sedymentacyjne dolnego liasu północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. Pr. Geol., 31: 223–231.
- PIENKOWSKI G. 2004 – The epicontinental Lower Jurassic of Poland. Polish Geological Institute Sp. Papers, 12: 1–156.
- PIENKOWSKI G., GIERLIŃSKI G. 1987 – Nowe znaleźiska tropów dinozaurów w liasie świętokrzyskim i ich tło paleośrodowiskowe. Pr. Geol., 35: 199–205.
- PIENKOWSKI G., HESELBO S.P., BARBACKA M., LENG M. 2020 – Non-marine carbon-isotope stratigraphy of the Triassic–Jurassic transition in the Polish Basin and its relationships to organic carbon preservation, pCO<sub>2</sub> and palaeotemperature. Earth-Science Rev., 210: 103383; DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103383>

Praca wpłynęła do redakcji 25.11.2021 r.  
Akceptowano do druku 29.11.2021 r.