



Analiza elementów architektury depozycyjnej ogniwa piaskowca drawskiego na podstawie wglębnego kartowania litologiczno-miąszościowego w rejonie bloku Gorzowa (NW Polska)

Anna Becker¹



Analysis of the depositional architecture elements of the Drawsko Sandstone Member based on subcrop lithological and thickness mapping in the Gorzów Block area (NW Poland). Prz. Geol., 73: 1055–1062; doi: 10.7306/2025.113

Abstract. The Drawsko Sandstone Member forms the lowermost part of the Lower Triassic Middle Buntsandstein in north-western Poland. A detailed lithological analysis of wireline logs was conducted on 191 boreholes in the Gorzów Block region. Based on this analysis, the Member, which is 15–25 m thick on average, has been subdivided into five lithological elements, which were analysed in terms of their thickness patterns and lateral distribution. They represent five sediment bodies of different origins, amalgamated into one horizon. The two sandy elements were formed as shoreface-attached ridges oblique to the shoreline. The lower calcareous element originated as tidal channels parallel to the direction of marine ingressions from the Tethys Ocean. The upper calcareous element formed a belt of barrier shoals or islands running parallel to the shoreline. The sandy and calcareous sediment bodies were formed during two episodes of nearshore deposition, interrupted by a short ingressions that left a thin layer of offshore muds. The analysis suggests that the origin of the sandy member at the base of the Middle Buntsandstein may depend heavily on its palaeogeographic position within the basin.

Keywords: Middle Buntsandstein, Drawsko Sandstone Member, thickness mapping, depositional architecture

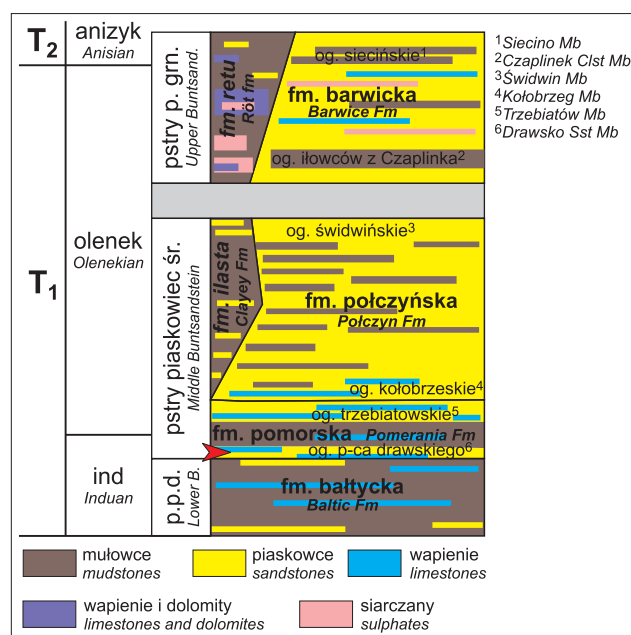
Ogniwo piaskowca drawskiego formacji pomorskiej (Szyperko-Teller, 1982; inaczej piaskowiec pomorski np. w: Szyperko-Sliwczyńska, 1973, 1979 czy piaskowiec tygrysi w archiwalnych opracowaniach przemysłu naftowego – patrz Szyperko-Teller, 1982; ryc. 1) tworzy izolowany kompleks piaskowcowy lub piaskowcowo-węglanowy w obrębie jednolitej sukcesji ilasto-mułowcowej z cienkimi przewarstwieniami węglanowymi najniższego triasu północno-zachodniej Polski, rozpoznanej głębokimi otworami wiertniczymi (ryc. 2). Jego spąg tworzy jeden z najbardziej stabilnych horyzontów korelacji litostratigraficznych zarówno na skalę regionalną, jak i ponadregionalną (np. Szyperko-Sliwczyńska, 1973; Becker, 2005; Bachmann i in., 2010). Jest on również jednym z najciekawszych poszukiwawczo horyzontów kolektorskich w triasie ze względu na tzw. czyste piaskowcowe wykształcenie oraz bezpośrednią dobrą izolację warstwami nieprzepuszczalnymi. Jednak jego geneza nadal nie jest zadowalająco rozpoznana ze względu na niewielką ilość dostępnego materiału skalnego pobranego z tego interwału głębokich otworów wiertniczych. Horyzont jest interpretowany jako powstały w śro-

dowisku fluwalnym, litoralnym lub szelfowym, w tym jako osad początkowej fazy transgresji morskiej lub początkowej fazy wzniosu poziomu bazowego (np. Szyperko-Teller, 1997; Becker, 2005; Feldman-Olszewska, 2014). Interpretacja genezy izolowanych ciał piaskowcowych pojawiających się w obrębie sukcesji mułowcowych na skalę regionalną i bez zmienności typowej dla wypełnień koryt rzecznych (ryc. 2) jest problemem znanym w literaturze.

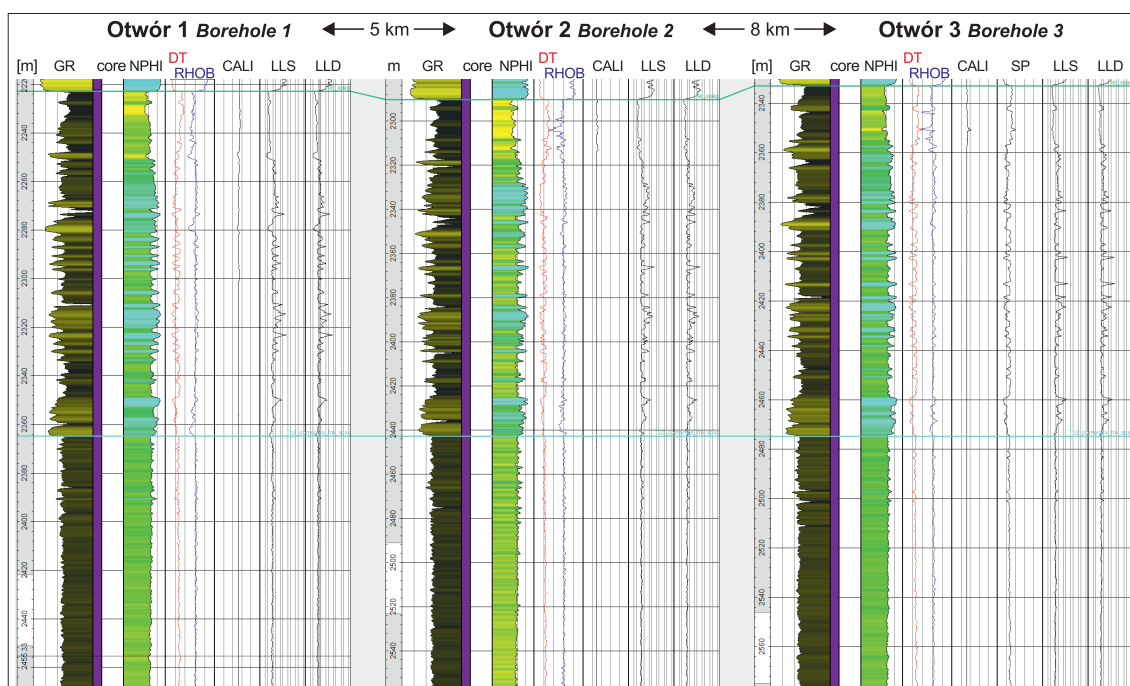


Ryc. 1. Stratygrafia dolnego triasu NW Polski na podstawie Szyperko-Teller (1997), Becker i in. (2008, 2025). Czerwona strzałka wskazuje ogniwo piaskowca drawskiego

Fig. 1. Stratigraphy of the Lower Triassic of NW Poland based on Szyperko-Teller (1997) and Becker et al. (2008, 2025). Red arrow points to the Drawsko Sandstone Member



¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; anna.becker@pgi.gov.pl; ORCID ID: 0000-0001-6255-4007



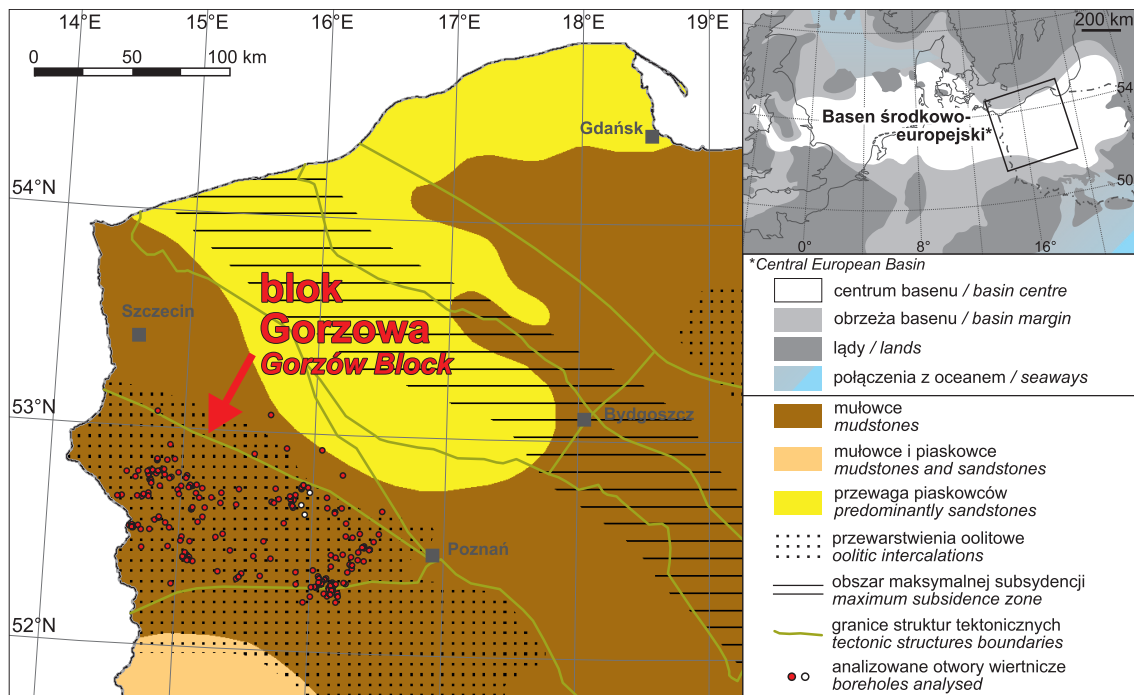
Ryc. 2. Przykładowa korelacja interwału granicznego między dolnym i środkowym pstrym piaskowcem na krzywych geofizyki wiertniczej w rejonie bloku Gorzowa. Dolna linia korelacyjna wskazuje spąg ogniwa piaskowca drawskiego, górna – spąg górnego pstręgo piaskowca. GR – profilowanie naturalnego promieniowania gamma, NPHI – profilowanie neutronowe, DT – profilowanie akustyczne, RHOB – profilowanie gęstości objętościowej, CALI – profilowanie średnicy otworu, SP – profilowanie potencjałów samoistnych, LLS, LLD – profilowania oporności

Fig. 2. Example of the correlation of the boundary interval between the Lower and Middle Buntsandstein on wireline logs in the Gorzów Block area. The lower correlation line indicates the bottom of the Drawsko Sandstone Member, and the upper line indicates the bottom of the Upper Buntsandstein. GR – natural gamma ray log, NPHI – neutron log, DT – acoustic log, RHOB – density log, CALI – borehole diameter log, SP – spontaneous potential log, LLS, LLD – resistivity logs

Publikacje poświęcone tej tematyce wskazują na możliwość wsparcia interpretacji środowiskowych przez rozpoznanie zasadniczej geometrii ciał piaskowcowych za pomocą ich regionalnej analizy kartograficznej (np. Reynaud, Dalrymple, 2012; Slatt, 2013; Leva-Lopez i in., 2016). W ramach realizacji zadań państwowej służby geologicznej (PSG), dotyczących potencjału składowania dwutlenku węgla w strukturach geologicznych, modelowania 3D budowy geologicznej regionalnych jednostek tektonicznych Polski oraz integracji danych geologiczno-złożowych, wykonano szczegółowy przegląd oraz interpretację litologiczną profili triasu otworów północno-zachodniej Polski, ze szczególnym uwzględnieniem obszaru bloku Gorzowa (ryc. 3). Trias był przewiercany w tym obszarze licznymi otworami, ale głównie bezrdzeniowo, dlatego regionalne pokrycie danymi litologicznymi zapewniają jedynie pomiary geofizyki wiertniczej. Zrealizowane do tej pory zadania PSG wymagały interpretacji litologicznych na wyższym poziomie uogólnienia niż niezbędne do rozpoznania wewnętrznej budowy samego ogniwa piaskowca drawskiego, ale pozwoliły na zgromadzenie dużego zasobu danych, które umożliwiają regionalną analizę. Tak szczegółowa analiza ogniwa piaskowca drawskiego nie była do tej pory wykonywana ani w Polsce, ani w sąsiednich obszarach centralnej Europy dla horyzontów korelatywnych. Jej wyniki mogą pomóc w uszczegółowieniu wciąż dyskusyjnych interpretacji paleogeografii wczesnego triasu środkowej Europy (np. Beutler, Szulc, 1999; Bachmann i in., 2010; Becker, 2024; ryc. 3).

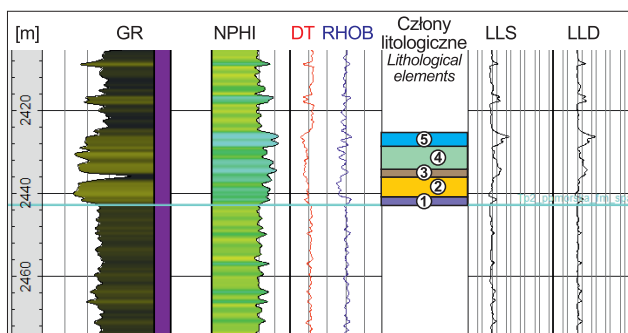
MATERIAŁY I METODY

W rejonie bloku Gorzowa przeanalizowano dane geofizyki wiertniczej ze 191 otworów wiertniczych, przewiercanych badany poziom w znaczącej większości bezrdzeniowo (ryc. 3). Podstawowymi profilowaniami poddanymi analizie jakościowej były profilowania naturalnego promieniowania gamma, profilowania neutron-gamma oraz profilowania oporności, dostępne zasadniczo dla wszystkich otworów. W otworach z szerszym zakresem wykonanych badań szczególnie pomocne były profilowania gęstości objętościowej. Na podstawie przeprowadzonej analizy rozpoznawano ogniwo piaskowca drawskiego, o miąższości średnio 15–25 m, na pięć członów (elementów) litologicznych: 1) dolny węglanowy, 2) dolny piaskowcowy, 3) mułowcowy, 4) górny piaskowcowy i 5) górny węglanowy (tab. 1, ryc. 4). Przystudowano rozprzestrzenienie, miąższość oraz główne cechy litologiczne poszczególnych członów, jak również całkowitą miąższość badanego poziomu. Uzyskane wyniki analizy przedstawiono w postaci map interpolacji miąższości wygenerowanych w oprogramowaniu ArcMap 10.3.1, metodą naturalnego sąsiada (*natural neighbor*), które następnie uogólniono, tworząc ich interpretacyjną wersję (ryc. 5). Zaletami zastosowanej metody interpolacji jest zachowywanie oryginalnych wartości w punktach referencyjnych, stosowanie jedynie najbardziej sąsiadujących wartości do estymacji (lokalny charakter metody) oraz brak konieczności wprowadzania wejściowych parametrów warunkujących sukces wyniku



Ryc. 3. Lokalizacja obszaru badań i wykorzystanych otworów wiertniczych w NW Polsce na tle rozkładu litofacji środkowego pstręgo piaskowca (wg Szyperko-Teller, 1997, zmienione) oraz rozkładu regionalnych struktur tektonicznych (wg Narkiewicz, Dadlez, 2008); otwory zilustrowane na ryc. 2 są zaznaczone na biało. W prawym górnym rogu pokazano pozycję Polski w obrębie basenu środkowoeuropejskiego wczesnego triasu (wg Röhlinga, Leppera, 2013, zmienione wg Szyperko-Teller, Moryca, 1988 oraz Becker, Szulca, 2017; uproszczone)

Fig. 3. Locality of the study area and the boreholes used in NW Poland against the lithofacies distribution of the Middle Buntsandstein (after Szyperko-Teller, 1997, modified) and the distribution of regional tectonic structures (after Narkiewicz, Dadlez, 2008); boreholes used in Fig. 2 are marked in white. The upper right corner shows the position of Poland within the Central European Basin of the Early Triassic (after Szyperko-Teller, Moryc, 1988 and Röhling, Lepper, 2013, simplified)



Ryc. 4. Podział ogniwa piaskowca drawskiego na poszczególne człony litologiczne: 1 – dolny węglanowy, 2 – dolny piaskowcowy, 3 – mułowcowy, 4 – górny piaskowcowy, 5 – górny węglanowy. Opis krzywych geofizyki wiertniczej jak na ryc. 2

Fig. 4. Subdivision of the Drawsko Sandstone Member into five lithological elements: 1 – lower calcareous, 2 – lower sandy, 3 – muddy, 4 – upper sandy, 5 – upper calcareous. Wireline logs as on Fig. 2

(Sibson, 1981; Etherington, 2020). Metoda ta może być stosowana do niewielkich zbiorów danych, gdyż nie bazuje na właściwościach statystycznych oraz automatycznie dopasowuje się do lokalnych zmian w zagęszczeniu danych i ich rozmieszczeniu (Etherington, 2020).

Należy tu zwrócić uwagę na fakt, że występowanie 3. mułowcowego członu litologicznego warunkuje możliwość pewnego rozdzielenia dolnego i górnego członu piaskowcowego (człony 2 i 4). W niniejszej analizie przyjęto rozwiązanie, że w przypadku braku członu mułowcowego

rozdziela się element dolny i górny piaskowcowy na podstawie ich nieco odmiennego wykształcenia litologicznego – człon górny piaskowcowy charakteryzuje się węglanowością i nieco większą ilastością niż człon dolny piaskowcowy (tab. 1). Tym niemniej ich rozdzielenie przy braku członu mułowcowego może być obciążone większym błędem i ma charakter bardziej interpretacyjny.

Przedstawiona tu analiza jest wstępnym etapem projektu. Jej wyniki zostaną uzupełnione o badania sedymentologiczne rdzeni oraz interpretację trendów krzywych geofizyki wiertniczej.

WYNIKI

Człon dolny węglanowy, o miąższości poniżej 10 m (zwykle ok. 1 m), ma rozprzestrzenienie ograniczone do dwóch wydłużonych w kierunku S–N struktur w centrum obszaru badań (ryc. 5A). Miąższość powyżej 5 m człon ten osiąga w południowej części, gdzie obserwuje się również jego wyraźne zapiaszczenie. Człon dolny piaskowcowy tworzy na większości obszaru jednorodną ok. 5-metrową pokrywę (ryc. 5B). Strefy wzrostu miąższości do ok. 10 m tworzą izolowane ciała, wydłużone w kierunku SW–NE. Człon mułowcowy występuje jedynie w północnej części obszaru, tworząc stosunkowo jednolitą pokrywę o miąższości ok. 2–3 m (ryc. 5C). Występujące w jego obrębie przewarstwienia węglanowe koncentrują się w strefie o przebiegu subrównoleżnikowym. Miąższość członu górnego piaskowcowego (ok. 6–12 m) maleje z S na N, jej rozkład

Tab. 1. Podstawy wydzielenia elementów litologicznych w obrębie ogniwa piaskowca drawskiego na podstawie pomiarów geofizyki wiertniczej na obszarze badań**Table 1.** Basics of distinguishing lithological elements within the Drawsko Sandstone Member based on wireline logs in the study area

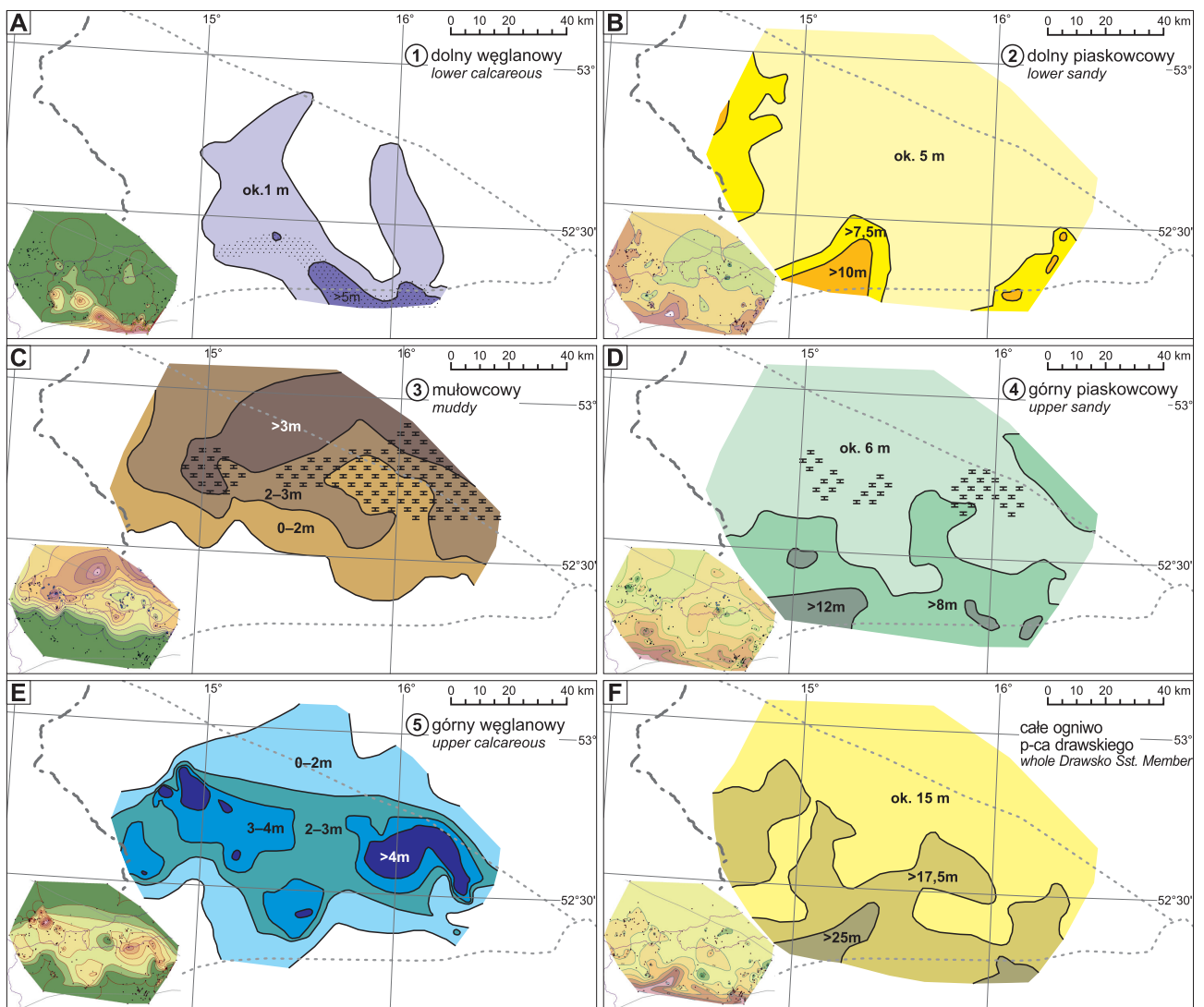
Człon litologiczny <i>Lithological element</i>	Profilowanie naturalnego promieniowania gamma <i>Gamma Ray log</i>	Profilowanie neutron-gamma (i pokrewne) <i>Neutron gamma log (and related)</i>	Profilowanie oporności <i>Resistivity log</i>	Profilowanie gęstości objętościowej <i>Density log</i>	Interpretowana litologia <i>Interpreted lithology</i>
Górny węglanowy <i>Upper calcareous</i>	niskie; nieco wyższe od piaskowcowego; czasami wzrastające ku górze <i>low indications; slightly higher than for sandstones; sometimes increasing upwards</i>	podwyższone; często najwyższe w całym ogniwie (niska porowatość) <i>increased; often the highest within the whole member (low porosity)</i>	wysokie <i>high indications</i>	podwyższone <i>increased</i>	wapienie z domieszką iłowców czasami zwiększającą się ku górze <i>limestones with an admixture of claystones, sometimes increasing upwards</i>
Górny piaskowcowy <i>Upper sandy</i>	niskie; dość urozmaicone <i>low indications; varied</i>	podwyższone, urozmaicone (zmienna porowatość) <i>increased and varied (variable porosity)</i>	przeważnie niskie, urozmaicone <i>mostly low, varied</i>	urozmaicone, przeważnie obniżone <i>varied, mostly lowered</i>	piaskowce z podrzędnymi przewarstwieniami mułowców, miejscami wapniste <i>sandstones with subordinate intercalations of mudstones; calcareous in some places</i>
Mułowcowy <i>Muddy</i>	wysokie; często wyraźny pik dodatni <i>high indications; often a clear positive peak</i>	niskie <i>low</i>	niskie lub nieco podwyższone <i>low, sometimes slightly increased</i>	podwyższone <i>increased</i>	iłowce i mułowce, miejscami wapniste <i>claystones and siltstones, in some places calcareous</i>
Dolny piaskowcowy <i>Lower sandy</i>	niskie; często najniższe w całym ogniwie; dość jednorodne <i>low indications; often the lowest within the whole member; homogeneous</i>	podwyższone <i>increased</i>	niskie <i>low</i>	niskie; często dość jednorodne <i>low; often homogeneous</i>	porowate piaskowce <i>porous sandstones</i>
Dolny węglanowy <i>Lower calcareous</i>	niskie; nieco wyższe od piaskowcowego; czasami obniżające się ku górze <i>low indications; slightly higher than for sandstones; sometimes decreasing upwards</i>	podwyższone; podobne do piaskowcowego lub nieco wyższe (niższa porowatość) <i>increased; similar to that for sandstones or slightly higher (lower porosity)</i>	dość wyraźnie podwyższone <i>clearly increased</i>	podwyższone <i>increased</i>	piaskowce wapniste; wapienie piaszczyste; możliwe domieszki iłowca w spągu <i>calcareous sandstones; sandy limestones; possible admixture of claystone at the base</i>

przybiera formę pokrywy o urozmaiconej morfologii (ryc. 5D). Przewarstwienia węglanowe występują lokalnie w strefie o przebiegu subrównoleżnikowym. Człon górny węglanowy mieści się głównie w środkowej części obszaru, tworząc strefę zwiększonej miąższości (ok. 2–4 m) o przebiegu subrównoleżnikowym (ryc. 5E). Miąższość całego ogniwa piaskowca drawskiego maleje z S na N, tworząc palczasto-linijne ciała (ryc. 5F).

DYSKUSJA I WNIOSKI

Współwystępowanie w ogniwie piaskowca drawskiego osadów silikoklastycznych z węglanami jest pierwszym argumentem przemawiającym przeciwko fluwialnej genezie tego ciała piaskowcowego. Dla piaskowców powstałych w kanałach fluwialnych typowa jest ponadto duża zmienność lateralna wykształcenia i miąższości na niewielkich odległościach, nawet kilku–kilkudziesięciu metrów. Ogniwo piaskowca drawskiego na całym badanym obszarze jest wykształcone bardzo podobnie miąższościowo

i facjalnie (patrz ryc. 2). Taka regionalna jednorodność jest drugim zasadniczym argumentem wykluczającym fluwialną genezę tego ciała piaskowcowego. Ciało to zalega na mułowcach interpretowanych jako osady sebhya, jest przykryte mułowcami laminowanymi interpretowanymi jako osady centrum zbiornika czy płytkiego szelfu terygeniczo-oolitowego (Becker, 2005, 2014; Feldman-Olszewska, 2014). Formą piaskowcową rozdzielającą osady sebhya od osadów centrum zbiornika czy szelfu jest system wysp barierowych oraz towarzyszących im wałów przybrzeżnych (np. Becker, 2005, 2014; Feldman-Olszewska, 2014; ryc. 6). W tym przypadku najbardziej frapującym pytaniem jest przebieg pasa tych paleowysp. Literatura dotycząca izolowanych ciał piaskowcowych w sukcesjach mułowcowych proponuje również rozwiązania bardziej skomplikowane, w których ciała piaskowcowe mają złożoną genezę i mogą być pozostałościami starszych regresywnych wybrzeży przykrytych osadami obrzeża w wyniku szybkiej transgresji (*stranded shoreface*, np. Snedden, Bergman, 1999) czy też osadami brzegowymi przerobionymi podczas transgresji



Ryc. 5. Kartograficzna interpretacja rozkładu miąższości poszczególnych członów litologicznych ogniwa piaskowca drawskiego (A–E) oraz sumarycznej miąższości całego ogniwa (F). W lewym dolnym rogu każdej interpretacji pokazano wynik interpolacji danych metodą naturalnego sąsiada

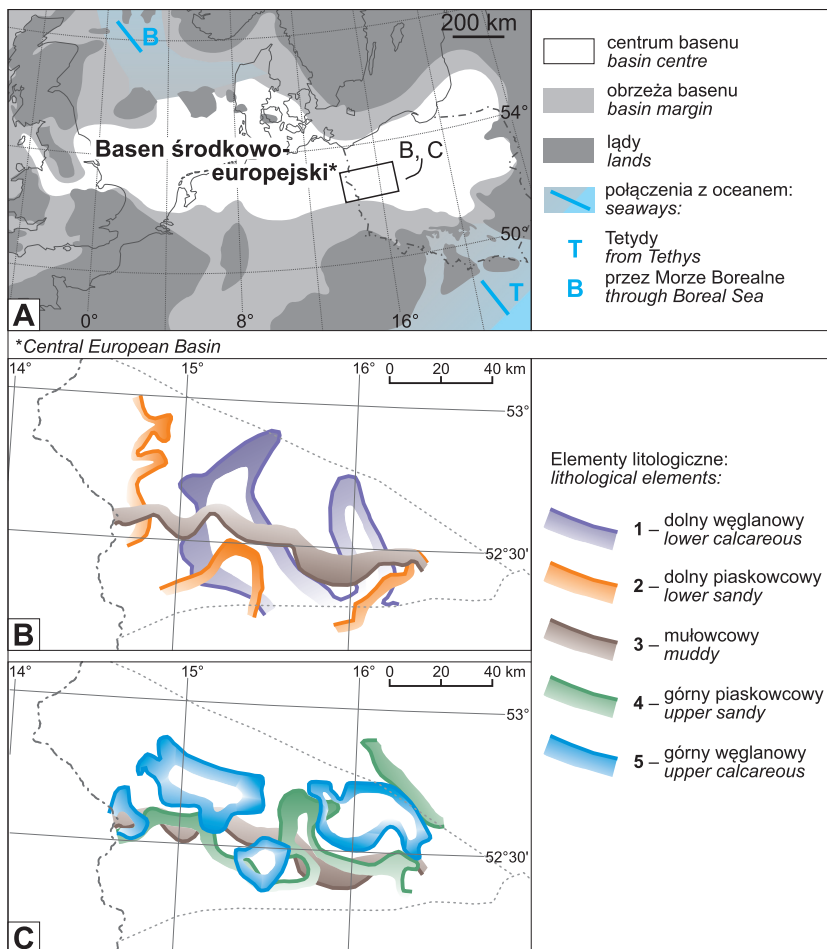
Fig. 5. Cartographic interpretation of the thickness patterns of the five lithological elements of the Drawsko Sandstone Member (A–E) and of the whole horizon (F). The lower left corner of each interpretation shows the result of the data interpolation with the natural neighbour method



←

Ryc. 6. Przykład piaszczystych wałów przybrzeżnych powiązanych z wybrzeżem. Wybrzeże północnego Królestwa Niderlandów (<https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat / Rens Jacobs; <https://www.coastalwiki.org/wiki/File:DutchCoastNorthHolland.jpg>)

Fig. 6. Example of the shoreface-attached sand ridges. The coast of North Holland, The Netherlands (<https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat / Rens Jacobs; <https://www.coastalwiki.org/wiki/File:DutchCoastNorthHolland.jpg>)



←

Ryc. 7. Wzajemne relacje między głównymi ciałami osadowymi wyinterpretowanymi w obrębie poszczególnych członów litologicznych ogniwa piaskowca drawskiego (**B, C**) oraz ich położenie w stosunku do głównych elementów paleogeograficznych basenu środkowoeuropejskiego (**A**)

Fig. 7. Interrelationships between the main sediment bodies interpreted within the various lithological elements of the Drawsko Sandstone Member (**B, C**) and their position in relation to the main paleogeographic features of the Central European Basin (**A**)

przez procesy falowania w wał piaszczysty, a następnie przerobiony powtórnie przez procesy pływowe po zmianie reżimu w zbiorniku (np. Leva-Lopez i in., 2016). Jak zatem kształtuje się geometria wyróżnionych pięciu elementów litologicznych ogniwa piaskowca drawskiego i co można wywnioskować z niej o ich genezie?

Element dolny węglanowy ma rozprzestrzenienie równoległe do kierunku potencjalnych ingresji morskich z Tetydy (ryc. 5A, 7). Jest to kierunek, jakiego można się spodziewać dla kanałów pływowych wkraczających przez przesmyk pływowy do laguny.

Element dolny piaskowcowy nie ma już takiego liniowego charakteru jak element dolny węglanowy. Wydaje się tworzyć równoległe ciała o językowatym, miejscami nieregularnym zarysie, ze słabą rozciągłością w kierunku prawie prostopadłym do elementu dolnego węglanowego (ryc. 5B, 7B). Kierunek rozciągłości indywidualnych ciał piaskowcowych jest poprzeczny do kierunku potencjalnych ingresji morskich z Tetydy (ryc. 7A, B). Poszczególne ciała o zwiększonej miąższości są oddalone od siebie o ok. 50 km. Środkowy, językowaty element ma kierunek swej rozciągłości prawie prostopadły do obrzeży basenu (potencjalnej strefy brzegowej), jego miąższość i rozprzestrzenienie wzrastają ku brzegowi, sugerując genetyczną łączność z linią brzegową (ryc. 7A, B). Ciała piaszczyste wydają się być ułożone równoległe do siebie, jak przybrzeżne wały piaskowcowe typu *shoreface-attached ridges* (np. Swift i in., 1978; Al-Hussaini i in., 2019; ryc. 6) Genezę deltową wyklucza raczej brak (na tym etapie badań) wachlarzowego ułożenia poszczególnych lobów. Brak jest form o zwięks-

szonej miąższości z rozciągłością równoległą do brzegów basenu, której można byłoby się spodziewać dla samej strefy brzegowej. Brak też liniowego charakteru ciał piaskowcowych o zwiększonych miąższościach, którego można oczekiwać w przypadku form kanałowych (np. kanały pływowe).

Element mułowcowy występuje w północnej części badanego obszaru i jego miąższość wzrasta ku północy, czyli w kierunku przeciwnym niż spodziewana strefa brzegowa (ryc. 5C, 7). Sugeruje to genetyczne powiązanie z centrum zbiornika. Strefy zmian miąższości układają się prawie równoleżnikowo i mają dość regularną formę, co pozwala przypuszczać, że wzrost miąższości ku północy jest pierwotny, a nie tylko wynikający z późniejszej erozji. Brak elementu mułowcowego w południowej części obszaru na pewno, przynajmniej częściowo, jest związany z późniejszą erozją. Geometria elementu mułowcowego wskazywałaby na to, iż jest on pozostałością drobnoziarnistych osadów centrum zbiornika, które przykryły wcześniejsze formy piaskowcowe w wyniku epizodycznej ingresji, której kierunek nie jest jednoznaczny.

Element górny piaskowcowy ma urozmaiconą geometrię (ryc. 5D). Generalnie jego miąższość jest największa w południowej części obszaru, czyli w pobliżu oczekiwanego wybrzeża zbiornika. Strefa zwiększonych miąższości ma urozmaicony zarys, z językowatymi i bardziej liniowymi formami wydłużającymi się nieregularnie nieco ku NW. Kierunek ten pokrywa się z osią form tworzonych przez element dolny węglanowy, a jest prawie prostopadły do kierunku wydłużenia form tworzonych przez element dol-

ny piaskowcowy. Jest to ponownie kierunek równoległy do kierunku potencjalnych ingresji morskich z Tetydy (ryc. 7). Geometria górnego elementu piaskowcowego sugeruje jego genetyczny związek z wybrzeżem. Być może element ten reprezentuje przybrzeżne wały piaskowcowe (*shoreface-attached ridges*), których forma była modyfikowana zarówno przez procesy falowania, jak i przez procesy pływowe. Zaproponowanie genezy deltowej nadal uniemożliwia brak oczekiwanej wachlarzowej geometrii.

Struktura lateralnego rozprzestrzenienia elementu górnego węglanowego jest odmienna od od wszystkich wcześniej opisywanych elementów litologicznych. Strefy zwiększonej miąższości tworzą wypowate ciała grupujące się w pas o przebiegu równoleżnikowym w środkowej części obszaru badań (ryc. 5E). Pas ten przebiega równoległe do potencjalnej linii brzegowej, w wyraźnym oddaleniu od niej (ryc. 7A, C). Przypomina on system wysp/płycizn barierowych, zbudowanych z materiału nie pochodzącego ze strefy brzegowej zbiornika.

Geometria każdego z wyróżnionych elementów litologicznych jest odmienna, co wyraźnie sugeruje ich zróżnicowaną genezę. Dla elementów piaskowcowych i dolnego węglanowego można wyinterpretować potencjalne genetyczne powiązanie z obrzeżem basenu, w przeciwieństwie do elementu iłwcowego i górnego węglanowego. Kierunki wydłużenia ciał skalnych zgodne z kierunkiem potencjalnych ingresji z Tetydy mogą świadczyć o wpływie procesów pływowych na ich ukształtowanie. Kierunki odmiennie mogą wskazywać na przewagę procesów falowania na kształtowanie form osadów. Zarówno geneza fluwialna, jak i deltowa któregośkolwiek z wyróżnionych elementów litologicznych jest bardzo mało prawdopodobna. Na pewno obecna forma interpretowanych elementów litologicznych została zmodyfikowana przez erozję. Dotyczy to zwłaszcza elementu 3., mułowcowego, ale prawdopodobnie również elementu dolnego węglanowego oraz górnego piaskowcowego. Pierwotną formę mógł zachować element dolny piaskowcowy w północnej części obszaru, gdzie zachowało się jego pokrycie iłwcami oraz element górny węglanowy, również przykryty iłwcami (patrz np. ryc. 4). Zróżnicowana geneza poszczególnych elementów składowych piaskowca drawskiego utrudnia interpretację genetyczną tego ciała na podstawie rozkładu jego miąższości całkowitej (ryc. 5F).

PODSUMOWANIE

Ogniwo piaskowca drawskiego, tworzące charakterystyczny horyzont piaskowcowy w spągu środkowego pstręgo piaskowca północno-zachodniej Polski, ma skomplikowaną budowę wewnętrzną wynikającą ze złożonej genezy. Na podstawie analizy litologicznej krzywych geofizyki wiertniczej z obszaru bloku Gorzowa można stwierdzić, iż ogniwo to składa się z pięciu zamalgamowanych ciał skalnych o zróżnicowanej genezie. Jego piaskowcowe człony najprawdopodobniej tworzyły się jako wały piaszczyste powiązane z linią brzegową zbiornika i skośne w stosunku do niej. Człony węglanowe reprezentują kanały pływowe (w spągu ogniwa) o kierunku równoległym do potencjalnych ingresji morskich z oceanu Tetydy lub płycizny czy wyspy barierowe (w stropie ogniwa) o przebiegu równoległym do linii brzegowej. Przedstawiona analiza

wskazuje na potencjalny udział zarówno energii falowania, jak i prądów pływowych na kształtowanie się poszczególnych ciał osadowych budujących ogniwo piaskowca drawskiego. Piaszczyste i węglanowe formy osadowe tworzyły się podczas dwóch epizodów sedymentacji przybrzeżnej rozdzielonych krótkim epizodem transgresywnym, którego efektem jest cienka pokrywa mułowcowa osadów centralnej części zbiornika.

Ogniwo piaskowcowe wyznacza spąg środkowego pstręgo piaskowca na znacznej większości obszaru Niżu Polskiego, a nawet Niżu Środkowoeuropejskiego. Przedstawiona analiza wskazuje na wyraźne powiązanie jego genezy z paleogeograficznym położeniem w obrębie basenu. Należy zatem założyć, iż geneza piaskowców położonych w spągu środkowego pstręgo piaskowca jest odmienna w zależności od ich paleogeograficznego położenia. Implikuje to w sposób oczywisty inne właściwości petrofizyczne tych piaskowców.

Wnioski z niniejszej analizy zostaną zweryfikowane badaniami sedymentologicznymi rdzeni wiertniczych oraz analizą trendów krzywych geofizyki wiertniczej na dalszym etapie badań. Planowane jest również rozszerzenie obszaru prowadzonych analiz. Na pewno problemami wartymi głębszego rozważenia są: umiejscowienie ogniwa piaskowca drawskiego w kontekście sekwencyjno-genetycznego rozwoju basenu, dokładniejsza analiza udziału erozji w jego ukształtowaniu oraz problem potencjalnej lateralnej amalgamacji form osadowych.

Badania zostały wykonane w ramach tematu *Trójwymiarowy, cyfrowy model pokrywy osadowej bloku Gorzowa* sfinansowanego ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (poz. pl. 22.2609.1501.00.1) oraz grantu statutowego PIG-PIB ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki (grant nr 61.2703.2401.00.0). Autorka składa serdeczne podziękowania Panu dr. Karolowi Jewule oraz anonimowemu Recenzentowi za wnikliwe uwagi, które pozwoliły ulepszyć pierwotną wersję manuskryptu.

LITERATURA

- AL-HUSSAINI A., STEEL R.J., MELVIN J., OLARIU C., ERTUG K., HOOKER N. 2019 – New evidence of regressing and transgressing Jurassic siliciclastic coastlines within the Dhurma Formation in Northern Central Arabia, Saudi Arabia. *Sedimentary Geology*, 379: 114–137.
- BACHMANN G.H., GELUK M.C., WARRINGTON G., BECKER-ROMAN A., BEUTLER G., HAGDORN H., HOUNSLOW M.W., NITSCH E., RÖHLING H.-G., SIMON T., SZULC A. 2010 – Triassic. [W:] Doornenbal J.C., Stevenson A.G. (red.), *Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area*. EAGE Publications b.v., Houten: 149–173.
- BECKER A. 2005 – Sequenzstratigraphie und Fazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im östlichen Teil des Germanischen Beckens (Deutschland, Polen). *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften*, Reihe B, Beiheft, 21: 1–117.
- BECKER A. 2014 – Facje i cykliczność sedymentacji dolnego i środkowego pstręgo piaskowca. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, 141: 155–164.
- BECKER A. 2024 – Cyclicity of the Lower Buntsandstein in the eastern part of the Central European Basin: implications for Early Triassic palaeogeography and for geochronological calibration. *Journal of Palaeogeography*, 13 (2): 252–292.
- BECKER A., SZULC J. 2017 – Trias 1 : 5 000 000. [W:] Nawrocki J., Becker A. (red.), *Atlas geologiczny Polski*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa: 70–71.
- BECKER A., KULETA M., NARKIEWICZ K., PIĘNKOWSKI G., SZULC J. 2008 – Trias. [W:] Wagner R. (red.) *Tabela stratygraficzna Polski*. Polska Pozakarpaska. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- BECKER A., FIJAŁKOWSKA-MADER A., KOWALSKI A., ZABIELSKI R., ZŁONKIEWICZ Z. 2025 – Trias. [W:] Peryt T.M. (red.),

- Budowa Geologiczna Polski. Tom I. Stratygrafia. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- BEUTLER G., SZULC J. 1999 – Die paläogeographische Entwicklung des Germanischen Beckens in der Trias und die Verbindung zur Tethys. [W:] Hauschke N., Wilde V. (red.), Trias – Eine ganz andere Welt. Pfeil Verlag, München: 71–80.
- ETHERINGTON T.R. 2020 – Discrete natural neighbour interpolation with uncertainty using cross-validation error-distance fields. *PeerJ Computer Science*, 6:e282; doi: 10.7717/peerj-cs.282
- FELDMAN-OLSZEWSKA A. 2014 – Charakterystyka litologiczno-stratygraficzna utworów dolnego i środkowego pstręgo piaskowca oraz stratygrafia sekwencji. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, 141: 141–154. <https://beeldbank.rws.nl, Rijkswaterstaat / Rens Jacobs>
<https://www.coastalwiki.org/wiki/File:DutchCoastNorthHolland.jpg>
- LEVA LOPEZ J., ROSSI V.M., OLARIU C., STEEL R.J. 2016 – Architecture and recognition criteria of ancient shelf ridges: an example from Campanian Almond Formation in Hanna Basin, USA. *Sedimentology*, 63 (6): 1651–1676; 10.1111/sed.12279
- NARKIEWICZ M., DADLEZ R. 2008 – Geologiczna regionalizacja Polski – zasady ogólne i schemat podziału w planie podkenozoicznym i podpermskim. *Przegląd Geologiczny*, 56 (5): 391–397.
- REYNAUD J.Y., DALRYMPLE R.W. 2012 – Shallow-Marine Tidal Deposits. [W:] Davis R.A. Jr., Dalrymple R.W. (red.), Principles of Tidal Sedimentology. Springer, Dordrecht: 335–370; https://doi.org/10.1007/978-94-007-0123-6_13
- RÖHLING H.G., LEPPER J. 2013 – Paläogeographie des Mitteleuropäischen Beckens während der tieferen Trias (Buntsandstein). Lower Triassic (Buntsandstein) Palaeogeography of the Central-European Basin. [W:] Lepper J., Röhlings H.G. (red.), Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, 69: 43–67.
- SIBSON R. 1981 – A brief description of natural neighbor interpolation. [W:] Barnett V. (red.), Interpreting Multivariate Data. John Wiley, Chichester: 21–36.
- SLATT R.M. 2013 – Nondeltaic, shallow marine deposits and reservoirs. [W:] Slatt R.M. (red.), Stratigraphic reservoir characterization for petroleum geologists, geophysicists, and engineers. Origin, recognition, initiation, and reservoir quality. *Developments in Petroleum Sciences*, 61: 441–473.
- SNEDDEN J.W., BERGMAN K.M. 1999 – Isolated shallow marine sand bodies: deposits for all interpretations. [W:] Snedden J.W., Bergman K.M. (red.), Isolated shallow marine sand bodies: sequence stratigraphic analysis and sedimentologic interpretation. *SEPM Special Publication*, 64: 1–11.
- SWIFT D.J.P., PARKER G., LANFREDI N.W., PERILLO G., FIGGE K. 1978 – Shoreface-connected sand ridges on American and European shelves: a comparison. *Estuarine and Coastal Marine Sciences*, 7 (3): 257–273.
- SZYPERKO-ŚLIWCZYŃSKA A. 1973 – Korelacja profilów dolnego i środkowego pstręgo piaskowca w zachodniej Polsce. *Kwartalnik Geologiczny*, 17 (2): 261–273.
- SZYPERKO-ŚLIWCZYŃSKA A. 1979 – Trias dolny w północno-wschodniej Polsce. *Prace Instytutu Geologicznego*, 91: 1–77.
- SZYPERKO-TELLER A. 1982 – Litostratygrafia pstręgo piaskowca na Pomorzu Zachodnim. *Kwartalnik Geologiczny*, 26 (2): 341–368.
- SZYPERKO-TELLER A. 1997 – Trias dolny (pstry piaskowiec). Litostratygrafia i litofacje. Sedymentacja, paleogeografia i paleotektonika. [W:] Marek S., Pajchłowa M. (red.), Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Prace Instytutu Geologicznego*, 143: 121–132.
- SZYPERKO-TELLER A., MORYC W. 1988 – Rozwój basenu sedymentacyjnego pstręgo piaskowca na obszarze Polski. *Kwartalnik Geologiczny*, 32 (1): 53–72.

Praca wpłynęła do redakcji 16.07.2025 r.
Akceptowano do druku 26.11.2025 r.