

Liliowce (Crinoidea, Echinodermata) jako wskaźniki biostratygraficzne – przykłady z mezozoiku

Mariusz A. Salamon¹, Robert Niedźwiedzki², Bartosz J. Płachno³



M.A. Salamon

R. Niedźwiedzki

B.J. Płachno

Crinoids (Crinoidea, Echinodermata) as biostratigraphic indicators – examples from the Mesozoic. *Prz. Geol.*, 72: 665–670; doi: 10.7306/2024.50

A b s t r a c t. The biostratigraphic potential of Mesozoic crinoids (Crinoidea, Echinodermata) is less than that of many groups of nektonic or planktonic organisms, especially for age correlation on a supraregional scale. Only the Cretaceous stemless crinoids, both planktonic (Roveacrinids) and some benthic (Uintacrinus and Marsupites), are important in biostratigraphy on a supraregional scale. Other benthic crinoids can be used in biostratigraphy only on a regional scale (e.g., of a given sedimentary basin). Many data indicate that some crinoids, including stalked crinoids, can be successfully used in Mesozoic biostratigraphic correlations of marine

sediments when standard index fossils such as ammonites, conodonts, nannoplankton and foraminifers are lacking or they are rare in a given region. The paper briefly presents a discussion on the stratigraphic potential of stalked crinoids using Mesozoic taxa as an example, and provides new literature data on the importance of Mesozoic stemless crinoids for dating rocks.

Keywords: *echinoderms, crinoids, Triassic, Jurassic, Cretaceous, biostratigraphy*

Użyteczność liliowców w stratygrafii osadów morskich co najmniej do lat 70. XX w. była warunkowana ich stylem życia i budową. Istniejące od triasu, a pospolite od jury, liliowce bezłodygowe, zazwyczaj prowadzące nektoniczny lub planktoniczny tryb życia, a więc szybko rozprzestrzeniające się dzięki prądom morskimi i mające w związku z tym duży zasięg geograficzny wielu gatunków, dodatkowo niezależne od rodzaju i głębokości dna morskiego, uważano za ważne biostratygraficznie i szeroko używane do datowania utworów jury i kredy w skali ponadregionalnej (np. Hess i in., 1999 i literatura tam cytowana; Gale, 2008; Gale i in., 2018). Natomiast liliowce łodygowe, które w mezozoiku reprezentowały bentos sesylny – organizmy przytwierdzające się do dna (np. Hess, Messing, 2011), nieco rzadziej wagilny – organizmy poruszające się po dnie (np. Gorzelak i in., 2016; Brom i in., 2018; Gorzelak, 2018), przez długi czas były uważane za nie najlepsze wskaźniki stratygraficzne, ze względu na brak mobilności i fakt, że były mocno zależne od wielu parametrów środowiska dennego (patrz uwagi w Hagdorn, Głuchowski, 1993; Hess, Messing, 2011). Jedynie pojedyncze taksony tych zwierząt stosowano w biostratygrafii (np. *Dadocrinus* do podziału anizyku, patrz Sokołowski, 1973; Kozur, 1974). Od końca XX w., a zwłaszcza w ostatnich dekadach, coraz liczniejsze stały się dane świadczące o tym, że użyteczność biostratygraficzna liliowców łodygowych jest znacznie większa niż poprzednio sądzono, zarówno taksonów paleozoicznych – głównie młodszego paleozoiku (np. Kammer, Springer, 2008; Ausich i in., 2022), ale także, choć w mniejszym stopniu, i starszego paleozoiku (np. Donovan i in., 2011 i literatura tam cytowana), jak i mezozoicznych oraz paleogeńskich (np. Hag-

dorn, Głuchowski, 1993; Hagdorn i in., 1997; Niedźwiedzki, Salamon, 2006; Jagt, Salamon, 2007; Hess, Messing, 2011; Gale, 2018; Salamon i in., 2019; Hagdorn, Reich, 2020). Z jednej strony zwracano uwagę, że choć formy dorosłe były faktycznie mało ruchliwe, to ich larwy pozostawały planktoniczne i miały dość długi okres istnienia, co umożliwiało liliowcom szeroką i szybką ekspansję geograficzną. Ponadto, dorosłe osobniki często występowały w ogromnych skupiskach (tworząc tzw. łąki liliowcowe), a elementy szkieletowe miały wysoki potencjał fosylizacyjny i nierzadko były dość dobrze identyfikowalne z dokładnością do gatunku, nawet w stanie częściowej lub całkowitej dysartykulacji szkieletu (Hagdorn, Głuchowski, 1993; Lach, 2016; Płachno i in., 2024). Z drugiej strony, nowsze badania kopalnych rodzajów bezłodygowych liliowców dostarczyły dowodów, że niektóre z nich, wcześniej uważane za nektoniczne, w rzeczywistości prowadziły bentoniczny tryb życia (Gorzelak i in., 2017 i literatura tam cytowana).

Celem niniejszego artykułu jest skrótowne przedstawienie dyskusji poświęconej potencjałowi stratygraficznemu liliowców łodygowych, na przykładzie taksonów mezozoicznych, a także odnotowanie nowych danych literaturowych o znaczeniu liliowców bezłodygowych mezozoiku w datowaniu skał.

LILIWCE JURAJSKIE I KREDOWE JAKO WSKAŹNIKI BIOSTRATYGRAFICZNE

Salamon i in. (2019) stwierdzili, że pewne jurajskie czy kredowe liliowce łodygowe świetnie wpisują się w definicję skamieniałości przewodnich. Przywoływali przykład jurajskiego millerykrinida (Millericrinida) *Ailsacrinus*,

¹ Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec; paleo.crinoids@poczta.fm; ORCID ID: 0000-0001-9399-2798

² Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski, ul. Cybulskiego 30, 50–205 Wrocław; ORCID ID: 0000-0002-6222-3977

³ Instytut Botaniki, Wydział Biologii, Uniwersytet Jagielloński, ul. Gronostajowa 9, 30–387 Kraków; ORCID ID: 0000-0001-5579-5101

którego Taylor (1983) opisywał z bardzo wąskiego interwału stratygraficznego (wycinek batonu Anglii). Inną grupą liliowców, na podstawie których sporządzono podział biostratygraficzny Wysp Brytyjskich (Rasmussen, 1961), były izokrynydy (Isocrinida). Co ważne, w świetle rzadkości zachowywania się kielichów liliowców, izokrynydy mogą być oznaczane gatunkowo na podstawie samych elementów łodyg, tj. kolumnaliów (Salamon i in., 2019). Salamon i in. (2019) zwrócili jednak uwagę, że podział ustalony na podstawie zasięgów izokrynydów nie ma zastosowania ponadregionalnego. Autorzy ci dodawali, że są też inne grupy liliowców łodygowych, które w pewnych obszarach i interwałach czasowych mogłyby sprawdzić się jako użyteczny wskaźnik biostratygraficzny. Chodzi m.in. o komatulidy (Comatulida) z grupy thiollierykrynydów (Thiolliericrinida), znane z jury i kredy, czy kredowe i paleogeńskie bourgetikrynydy (Bourgueticrinida); więcej w: Rasmussen (1961), Klikushin (1987), Jagt i Salamon (2007), Lach (2016) oraz Płachno i in. (2024).

Od wielu lat za klasyczny przykład liliowców bezłodygowych, mających fundamentalne znaczenie w datowaniu osadów późnokredowych (santon i kampan), uznaje się uintakrynydy (Uintacrinoidea), wśród których najbardziej znane są *Marsupites* i *Uintacrinus*. Choć przez dłuższy czas uważano je za nektoniczne, okazały się bentosem (Gorzelać i in., 2017). W tej sytuacji ich duże znaczenie stratygraficzne w skali ponadregionalnej można wyjaśnić, tak jak i w przypadku bentonicznych liliowców łodygowych, tym, że ich planktoniczne larwy były dość mobilne i relatywnie długowieczne (Gale i in., 2008 i literatura tam cytowana; Gale i in., 2020). Także dzięki temu oba rodzaje cechują się szerokim rozprzestrzenieniem geograficznym. Wspomniany *Marsupites* jest jednym z niewielu kopalnych liliowców obecnych w osadach niemal wszystkich kontynentów z wyjątkiem Antarktydy i Ameryki Południowej (np. Rasmussen, 1961; Jagt, 1999; Hess, Messing, 2011). Z osadów górnego santonu i najniższego kampanu są znane cztery bardzo krótkowieczne gatunki i dodatkowo jeden podgatunek uintakrynydów, następujących po sobie wiekowo bez luk stratygraficznych (z wyjątkiem jednej) i umożliwiający prawie ciągły podział biostratygraficzny skał interwału ok. 1 mln lat. Trzy z nich mogą też być wskaźnikiem granicy między obydwoma piętrami (Gale i in., 2008). Liliowce z tej grupy były notowane także z Polski (np. Remin, 2004; Łukowiak, Gorzelać, 2006; Dubicka i in., 2017).

W ostatnich dekadach przybyło również dowodów na użyteczność stratygraficzną planktonicznych liliowców bezłodygowych. Lefeld i Radwański (1960) oraz Głuchowski (1987) notowali z jury i kredy Tatr kilka taksonów sakkokomidów (Saccocomidae) zaliczanych do roveakrynydów (Roveacrinida), które ich zdaniem ze względu na określone przedziały stratygraficzne występowania mogłyby być używane w rozważaniach na temat stratygrafii obszarów tetydzkich. W Polsce ta grupa liliowców była odnotowana także z górnej jury Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej i obrzeżenia Gór Świętokrzyskich, a Matyszkiewicz (1996), Keupp i Matyszkiewicz (1997) oraz Krajewski i in. (2014) wskazywali na ich rozprzestrzenienie w innych obszarach epikontynentalnych oraz tetydzkich. Ferré i in. (1996) uważali, że granica cenomanu i turonu może być regionalnie w prosty sposób definiowana za sprawą szybko zmieniających się wystąpień licznych i zróżnicowanych roveakrynydów. Propozycję tę sformułowano na podstawie

danych z basenu Sergipe w Brazylii, mając nadzieję, że będzie ona możliwa do stosowania także w innych obszarach. Póki co nie potwierdzono możliwości wykorzystania jej na innych terenach, choć niedawne badania z Meksyku dowodzą, że niektóre roveakrynydy mają potencjał jako wskaźnik biostratygraficzny w kredzie (Ferré i in., 2018).

Zupełnie inaczej jest w przypadku osadów kampańskich, w obrębie których Gale (2018) wyróżnił aż jedenaście poziomów roveakrynydowych. Autor ten konkludował, że zonacja ta sprawdza się na Wyspach Brytyjskich, w północnej Afryce oraz w Stanach Zjednoczonych. Gale i in. (2020) na podstawie przeglądu literatury z drugiej dekady XXI w. stwierdzili dużą użyteczność roveakrynydów w biostratygrafii i korelacji wiekowej na skalę ponadregionalną w albie i całej górnej kredzie, za wyjątkiem mastrychtu, choć i w tym piętrze występują liczne liliowce z tej grupy (np. Jagt, 2005).

POTENCJAŁ STRATYGRAFICZNY LILIWÓW TRIASOWYCH

W okresie triasowym po raz pierwszy pojawiły się liliowce bezłodygowe, reprezentowane przez roveakrynydy. Najstarsze z nich zostały opisane z dolnego triasu Svalbardu na podstawie izolowanych elementów szkieletowych (Salamon i in., 2015), jednak ich przynależność do tej grupy była negowana (Hess i in., 2016). Niewątpliwie roveakrynydy pojawiły się lokalnie w masowych ilościach w późnym lądynie, a w późnym triasie były już dość pospolite w wielu regionach (Hess i in., 2016). Mają one znaczenie stratygraficzne. Kristan-Tollmann (1977, 1980, 1988), Mostler (1972) oraz Donofrio i Mostler (1975) opisali kilka wolnożyjących roveakrynydów o krótkich zasięgach stratygraficznych i dużej zmienności morfologicznej, które mogłyby być stosowane do korelacji basenów tetydzkich. Zostało to potwierdzone przez Hagdorna (1995), który postulował, aby używać roveakrynydów do celów biostratygraficznych. Grupa ta jest jednak znacznie mniej liczna w triasie niż dominujące wówczas liliowce łodygowe, a z wielu obszarów pozatetydzkich w ogóle nie jest znana (Hess i in., 2016), np. nie stwierdzono jej dotychczas w basenie germańskim, gdzie z kolei niezwykle pospolite są pozostałości liliowców łodygowych.

Już Hildebrandt (1926) podkreślał, że triasowy liliowiec łodygowy z rodzaju *Dadocrinus* może być używany w korelacjach osadów zbiornika germańskiego i oceanu Tetydy. Podobną opinię prezentował Kozur (1974). Hagdorn i Głuchowski (1993) wyróżnili cztery poziomy liliowcowe w dolnym i częściowo środkowym wapieniu muszlowym (najwyższy olenek i środkowy trias na podstawie wystąpień form łodygowych w górnośląskiej części zbiornika germańskiego, sugerując ich użyteczność w pozostałej, wschodniej i środkowej części tego zbiornika (w zachodniej części liliowców nie znaleziono). Ten podział stratygraficzny z powodzeniem był używany także w Górach Świętokrzyskich (Salamon, 2003) czy niecce północnosudeckiej (Salamon i in., 2003; Głuchowski, Salamon, 2005), a także poza zbiornikiem germańskim, tj. w niektórych regionach Węgier (Hagdorn i in., 1997) i w Tatrach (Niedźwiedzki, Salamon, 2006).

Wszystkie poziomy liliowcowe wyróżniono nie na podstawie kielichów i koron, a kolumnaliów. Wynika to z masowej obecności w profilu skalnym wapienia muszlowego dysartykułowanych fragmentów szkieletów liliowcowych,

zwłaszcza identyfikowalnych do poziomu gatunkowego lub rodzajowego fragmentów łodyg i jednocześnie sporadyczności (w przypadku *Dadocrinus*) lub braku (w przypadku pozostałych indeksowych taksonów z podziału Hagdorna i Głuchowskiego, 1993) znalezisk kielichów.



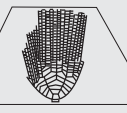
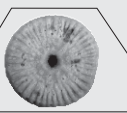


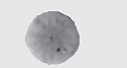
Najstarszy poziom zaproponowany przez Hagdorna i Głuchowskiego (1993) to *Dadocrinus* (olenek–bityn; ryc. 1). Jest on jedynym wyróżnionym na podstawie rodzaju, a nie gatunków, gdyż gatunkowa identyfikacja dadokrinusów na bazie elementów szkieletowych nie jest możliwa – szczątki łodyg wszystkich znanych gatunków (*Dadocrinus gracilis* i *D. kunischi* na Górnym Śląsku oraz *D. grundeyi* z Tatr) są identycznych rozmiarów i mają takie same cechy morfologiczne (okrągłe, często beczułkowate kolumnalia, których powierzchnie stawowe są pokryte krótkimi i grubymi krenulami (zębrami; ryc. 1). Różnice gatunkowe są widoczne dopiero w kształcie kielichów lub koron (por. Lefeld, 1958; Hagdorn, Głuchowski, 1993; Głuchowski, Salamon, 2005; Niedźwiedzki, Salamon, 2006; Salamon i in., 2019). Dotyczy to także okazów z dolnych warstw gogolińskich (dolny anizyk) Górnego Śląska, opisywanych przez Głuchowskiego (1986) jako *D. gracilis* o nie w pełni wykształconych ramionach (osobniki te miały tylko pięć ramion, w odróżnieniu od typowych dadokrinusów mających dziesięć ramion), które niedawno Hagdorn (2020) zaliczył do nowego rodzaju *Aszulcicrinus* z rodziny Dadocrinidae. Również ich kolumnalia nie różnią się od innych dadokrynidowych.

Kolejne dwa poziomy wyróżnione przez Hagdorna i Głuchowskiego (1993) to poziom *acutangulus*, którego dolną granicę wyznacza zanik *Dadocrinus*, z jednoczesną obecnością skamieniałości *Holocrinus acutangulus* (młodszy bityn–pelson) i leżący nad nim poziom o dolnej granicy wyznaczonej przez pojawienie się *H. dubius* (starszy pelson; ryc. 1). W świetle ostatnich znalezisk dyskusyjne staje się wyznaczenie granicy między nimi. Według Hagdorna i Głuchowskiego (1993) leży ona w najwyższej części formacji górażdżańskiej. Ponieważ kolumnalia obu indeksowych gatunków są bardzo podobne – pentagonalne lub gwiazdkowate, z pokrywającymi ich powierzchnie stawowe krótkimi i raczej cienkimi krenulami (ryc. 1), to rozróżniano je głównie porównując średnicę kolumnaliów, która u *H. acutangulus* miała być mniejsza niż 3,5 mm, a u *H. dubius* większa (Hagdorn, Głuchowski, 1993). Jednak Paszcza (2024) opisała duże kolumnalia holokrynidów, o średnicach ok. 4 mm, obecne już w najniższej części poziomu zlepieńcowatego warstw gogolińskich górnych (bityn) Sadowej Góry w Jaworznie na Górnym Śląsku. Autorka konkludowała, że możliwe jest, że większy z holokrynidów (*H. dubius*) pojawił się w zapisie kopalnym dużo wcześniej albo mniejszy *H. acutangulus* osiągał większe rozmiary wcześniej niż dotychczas sądzono. W tym ostatnim przypadku rozmiary kolumnaliów nie będą mogły być podstawą do rozróżniania holokrynidów. Ponadto według Hagdorna i Głuchowskiego (1993) dla poziomu *acutangulus* miało być charakterystyczne pierwsze pojawienie się kolumnaliów taksonów z rodziny Encrinidae (masywne liliowce o dużych, okrągłych kolumnaliach i grubych krenulach; patrz np. fig. 4A–G w Głuchowski i Salamon, 2005), choć nie wyznaczało to dolnej granicy poziomu, gdyż następowało powyżej niej, w najwyższej części górnych warstw gogolińskich. Jednak dwaj autorzy niniejszego artykułu (M.A.S. i R.N.) we wczesnych latach dwutysięcznych

obserwowali w kamieniołomie Wojkowice koło Będzina dobrze zachowane pojedyncze kolumnalia enkrynidów w znacznie wcześniejszym odcinku profilu, w poziomie zlepieńcowatym (najniższa część górnych warstw gogolińskich), czyli w poziomie *Dadocrinus*, a towarzyszyły im liczne kolumnalia dadokrinusowe.

Najmłodszy poziom liliowcowy dolnego wapienia muszlowego, *silesiacus*, wyróżniono opierając się na wystąpieniach unikatowych i niepowtarzalnych kolumnaliów *Silesiacrinus silesiacus*. Są one okrągłe, bardzo niskie, a ich powierzchnie stawowe pokrywają długie i cienkie krenule (patrz ryc. 1). Poziom ten sięga aż do dolnej części środkowego wapienia muszlowego, w wyższej części którego liliowce (i inne szkarłupnie) jako grupa stenohalinowa zanikają w związku z zasoleniem wód zbiornika ponad wartość normalnego morskiego zasolenia. Oprócz Górnego Śląska poziom ten został stwierdzony w obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich, w najwyższej części warstw z *Plagiostoma striatum* (Salamon, 2003; Salamon, Niedźwiedzki, 2005) oraz w Tatrach w kompleksie Patricum (Niedźwiedzki, Salamon, 2006). Na obszarze niecki północnosudeckiej poziomu tego ani żadnego kolejnego, nie udokumentowano, ponieważ sudecki profil kończy się osadami starszymi (np. Głuchowski, Salamon, 2005).

Hagdorn i Głuchowski (1993) w swoim liliowcowym podziale biostratygraficznym wapienia muszlowego wydzielili jeszcze piąty poziom – *liliiformis* (ryc. 1), ale tylko w górnym wapieniu muszlowym zachodniej części basenu germańskiego, gdyż na wschodnich obszarach obecność *Encrinus liliiformis* nie była wtedy przekonująco udokumentowana z powodu braku dokumentacji opisowej lub fotograficznej. Dopiero Salamon (2003, 2005) oraz Salamon i Niedźwiedzki (2005) udokumentowali duże kolumnalia z górnego wapienia muszlowego Gór Świętokrzyskich i Górnego Śląska, oznaczając je jako *E. cf. liliiformis*, co uzasadniałoby wyróżnianie tego poziomu również w Polsce. Jednak do dziś nie są znane z tego regionu i ze wschodnich Niemiec kielichy lub korony liliowców, które umożliwiłyby jednoznacznie identyfikację gatunkową. Zdaniem Hagdorna (1999) górna granica tego poziomu jest niepewna. Ostatnio Hagdorn i Reich (2020) dodali do tego podziału utworów basenu germańskiego dwa kolejne poziomy biostratygraficzne definiowane przez liliowce łodygowe, oba górnego wapienia muszlowego i oba o bardzo krótkim zasięgu stratygraficznym: *schlotheimi* (wyznaczony przez zasięg występowania gatunku *Chelocrinus schlotheimi*) poniżej poziomu *liliiformis* i *doreckae* (zdefiniowany przez zasięg występowania gatunku *Holocrinus doreckae*), znacznie powyżej poziomu *liliiformis* (ryc. 1). Wprowadzenie pierwszego z nich wymusiło rewizję definicji poziomu *liliiformis*, który pierwotnie był poziomem zasięgu wiekowego *E. liliiformis*, a obecnie jego dolna granica jest definiowana przez zanik *Ch. schlotheimi*. Oba te poziomy autorzy wyróżnili tylko w zachodniej części basenu germańskiego, ale nie można wykluczyć, że uda się je znaleźć i u nas, biorąc pod uwagę słabe rozpoznanie szkarłupni górnego wapienia muszlowego w Polsce i to, że choć ze wschodniej części basenu morze ustąpiło znacznie wcześniej niż z zachodniej, to w interwale czasowym objętym przez oba poziomy na terenie Polski panowały jeszcze pełnomorskie warunki, co dokumentują znaleziska ceratytów (np. Niedźwiedzki i in., 2001; Salamon i in., 2003) i konodontów (Trammer, Zawidzka, 1976).

Piętro Stage	Podpiętro Substage	Poziom liliowcowy Crinoid biozone	Poziom konodontowy Conodont biozone	Poziom ceratytowy Ceratite biozone
ladyn Ladinian	fassan Fassanian		7	se
			6	do
			5	w
			4	n
anizyk Anisian	illyr Illyrian	<i>doreckae</i> 	3	pr
		<i>liliformis</i> 	2	su
		<i>schlotheimi</i> 	1	en
				pos
		<i>silesiacus</i> 		sp
				ev
				c
				r
				p
				a
		f		
pelson Pelsonian		<i>dubius</i> 	<i>Paragondolella excelsa</i>	
			<i>Nicoraella kockeli</i>	
			<i>Nicoraella germanica</i>	
bityn Bithynian		<i>acutangulus</i> 	<i>Neohindeodella germanica</i>	
		<i>Dadocrinus</i> 		

Ryc. 1. Środkowotriasowe poziomy liliowcowe, konodontowe i ceratytowe w północnej Badenii-Wirtembergii (wg Hagdorn i in., 2019; zonacja liliowcowa dolnego wapienia muszlowego bazuje w tej pracy na zonacji Śląska za Hagdorn, Głuchowski, 1993, nieco zmodyfikowane). Zdjęcia kolumnaliów liliowców pochodzą z kolekcji B.J.P.; szkic *Chelocrinus schlotheimi* i *Holocrinus doreckae* przerysowane z Hagdorn, Reich, 2020, uproszczone). Oznaczenia zon ceratytowych (rodzaj *Ceratites*): **f** – *flexuosus*, **a** – *atavus*, **p** – *pulcher*, **r** – *robustus*, **c** – *compressus*, **ev** – *evolutus*, **sp** – *spinosus*, **pos** – *postspinosus*, **en** – *enodis*, **su** – *sublaevigatus*, **pr** – *praenodosus*, **n** – *nodosus*, **w** – *weyeri*, **do** – *dorsoplanus*, **se** – *semipartitus*

Fig. 1. Middle Triassic crinoid, conodont and ceratite biozones in northern Baden-Württemberg (after Hagdorn et al., 2019; the crinoid zonation for the Lower Muschelkalk is based in this work on the Silesian zonation from Hagdorn and Głuchowski, 1993, slightly modified). Images of crinoid columnals are from the B.J.P. collection; sketch of *Chelocrinus schlotheimi* and *Holocrinus doreckae* redrawn from Hagdorn and Reich, 2020, simplified). Designation of ceratites zones (genus *Ceratites*): **f** – *flexuosus*, **a** – *atavus*, **p** – *pulcher*, **r** – *robustus*, **c** – *compressus*, **ev** – *evolutus*, **sp** – *spinosus*, **pos** – *postspinosus*, **en** – *enodis*, **su** – *sublaevigatus*, **pr** – *praenodosus*, **n** – *nodosus*, **w** – *weyeri*, **do** – *dorsoplanus*, **se** – *semipartitus*

DYSKUSJA

Niewątpliwie potencjał biostratygraficzny liliowców jest mniejszy niż wielu innych grup organizmów nektonicznych lub planktonicznych (por. np. Gradstein i in., 2020), zwłaszcza dla korelacji wiekowej na skalę ponadregionalną, gdzie odnośnie triasu i jury liliowców w ogóle nie wymieniano wśród organizmów o znaczeniu stratygraficznym. Gale i in. (2020) wskazywali, że w kredzie znaczenie w biostratygrafii na skalę ponadregionalną mają tylko liliowce bezłodygowe, zarówno planktoniczne (roveakrynidy), jak i niektóre bentoniczne (*Uintacrinus* i *Marsupites*). Innym liliowcom bentonicznym autorzy ci wyznaczyli zastosowanie w stratygrafii tylko w skali regionalnej (np. danego basenu sedymentacyjnego). Jednak Salamon i in. (2019) wskazywali, że nie tylko dla kredy, ale dla całego mezozoiku w dość częstych przypadkach, gdy w jakimś regionie brak standardowych skamieniałości przewodnich, takich jak np.: amonitowate, konodonty, nannoplankton i otwornice, lub są one rzadkie, to niektóre liliowce, w tym łodygowe, mogą z powodzeniem być używane w korelacjach biostratygraficznych osadów morskich.

Na uwagę zasługuje fakt, iż regionalne zonacje liliowcowe, bazujące na taksonach liliowców łodygowych, mogą być nawet dokładniejsze niż konodontowe, zarówno w paleozoiku (np. Kammer, Springer, 2008), jak i mezozoiku. Rozdzielczość tej zonacji w dolnym wapieniu muszlowym (cztery poziomy) jest większa i obejmuje większy interwał skał niż konodontowa (trzy poziomy na Górnym Śląsku i w regionie świętokrzyskim, por. Trammer, Zawidzka, 1976 i cztery poziomy w północnej Badenii-Wirtembergii; patrz też Hagdorn i in., 2019; ryc. 1) i tym bardziej amonitowa (zdaniem autorów można wydzielić co najwyżej jeden poziom *Beneckeia buchi*, obejmujący wyższą część dolnych i całe górne warstwy gogolińskie). W dodatku zonację liliowcową można stosować tam, gdzie nie udało się wydzielić poziomów konodontowych, np. na Dolnym Śląsku (Kędzierski, 1996, za Głuchowskim i Salamonem, 2005). Odwrotnie jest w górnym wapieniu muszlowym, w którym do niedawna wyróżniano tylko jeden poziom liliowcowy, obejmujący zaledwie część profilu. Drastycznie kontrastowało to z zonacją konodontową (siedem poziomów), a zwłaszcza amonitową (14–15 poziomów ceratytów); obie prawie bez luk obejmowały cały górny wapień muszlowy (patrz też Hagdorn, 1991; Hagdorn i in., 2019; ryc. 1). Jednak dzięki ustaleniu dwóch nowych poziomów liliowcowych (Hagdorn, Reich, 2020) dysproporcja w użyteczności zonacji częściowo się zmniejszyła. Dodatkową zaletą stosowania zonacji liliowcowej w triasie środkowym, w odróżnieniu od konodontowej, jest to, że liczebność i łatwość identyfikacji szczątków liliowców występujących w prawie całym profilu wapienia muszlowego sprawia, że biozony liliowcowe mogą być identyfikowane bardzo szybko (i bezkosztowo), a w dodatku również bezpośrednio w trakcie prac terenowych.

Hagdorn (1995) wyraził pogląd, że zonacja liliowcowa wapienia muszlowego może być stosowana w triasie Azji oraz Alp, gdzie inne skamieniałości przewodnie są rzadkie. Jednakże jak dotąd brakuje potwierdzenia takiej ponadregionalnej użyteczności jego podziału, w każdym razie na tak dużą skalę. Wyjątkami są zastosowania zonacji znanej z Polski i Niemiec w odniesieniu do skał triasu środkowego Tatr (Niedźwiedzki, Salamon, 2006) oraz Węgier (Hagdorn i in., 1997), przy czym w tym ostatnim przypadku dotyczy to tylko niektórych rejonów, w innych indeksowe taksony tej zonacji nie występują, mimo obecności liliow-

ców (np. Hagdorn, Velledits, 2006; Hagdorn, 2011). Być może istnieje możliwość wydzielenia zony *Dadocrinus*, gdyż rodzaj ten był rozpowszechniony daleko poza obszarem morza germańskiego (np. Hagdorn, 2011), jednak datowania innymi metodami skał południowoalpejskich zawierających dadokrynidy wskazują na inny interwał czasowy niż w przypadku zony *Dadocrinus* z basenu germańskiego, Węgier i Tatr (patrz dyskusja w Jaselli i Pieroni, 2023). Natomiast doniesienia o znalezieniu w szeroko pojętej strefie tetydzkiej pozostałych taksonów indeksowych okazują się co najmniej wątpliwe. Na przykład *Encrinus liliiformis* był wielokrotnie wzmiankowany w XIX w. i na początku XX w. z triasu południowych Alp, jednak bez opisów i dokumentacji zdjęciowej lub rysunkowej (Jaselli, Pieroni, 2023). Również późniejsze doniesienia z tego regionu (np. Carrilat i in., 1999; Avanzini i in., 2007) nie są udokumentowane lub bazują na izolowanych kolumnaliach, bez cech umożliwiających pewną identyfikację gatunkową. Dlatego należy uznać, że datowanie i korelacja stratygraficzna na podstawie podziału Hagdorna i Głuchowskiego (1993) mają zasięg ponadregionalny, ale tylko na obszarach leżących w bezpośredniej bliskości basenu germańskiego.

Autorzy składają podziękowania recenzentom, Pani Profesor Urszuli Radwańskiej oraz Panu Profesorowi Andrzejowi Wierzbowskiemu, za wiele cennych wskazówek. Część badań była finansowana z dotacji Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego.

LITERATURA

- AUSICH W.T., KAMMER T.W., MIRANTSEV G.V. 2022 – Carboniferous crinoids. [W:] The Carboniferous Timescale, Lucas S.G., Schneider J.W., Wang X., Nikolaeva S. (red.). Geol. Soc., London, Sp. Publications.
- AVANZINI M., BARGOSSO G.M., BORSATO A., CASTIGLIONI G.M., CUCATO M., MORELLI C., PROSSER G., SAPELZA A. 2007 – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 026 Appiano. APAT Dipartimento Difesa del suolo Servizio Geologico d'Italia, ROMA, System Cart: 184.
- BROM K., OGURI K., OJI T., SALAMON M.A., GORZELAK P. 2018 – Experimental neoichnology of crawling stalked crinoids. *Swiss J. Palaeont.*, 137: 197–203.
- CARRILLAT A., MARTINI R., ZANINETTI L., CIRILLI S., GANDIN A., VRIELYNCK B. 1999 – The Muschelkalk (Middle to Upper Triassic) of the Monte di Santa Giusta (NW Sardinia): sedimentology and biostratigraphy. *Eclogae geol. Helveticae*, 92: 81–87.
- DONOFRIO D.A., MOSTLER H. 1975 – Neue Schwebecrinoiden aus Hallstätter Kalten des Berchtesgadener Raumes. *Geologisch-paläontologische Mitteil.*, Innsbruck, 5: 1–28.
- DONOVAN S.K., FEARNHEAD F.E., CLARKSON E.N.K., DONOVAN M. 2011 – Aspects of crinoid palaeontology of the North Esk Inlier, Scotland (Silurian, Llandovery, Telychian). *Palaeontology*, 54: 241–252.
- DUBICKA Z., JURKOWSKA A., THIBAUT N., RAZMJOOEI M.J., K., GORZELAK P., FELISIAK I. 2017 – An integrated stratigraphic study across the Santonian/Campanian boundary at Bocieniec, southern Poland: A new boundary stratotype candidate. *Cretaceous Res.*, 80: 61–85.
- FERRÉ B., BERTHOUD P.-Y., BENGTON P. 1996 – Apport des Crinoides Rovéacrinidés à la stratigraphie du Crétacé Moyen du Bassin de Serpige (Nordeste, Brésil). *Strata*, 8: 101–103.
- FERRÉ B., GRANIER B., GORZELAK P., SALAMON M.A. 2018 – Cretaceous roveacrinids from Mexico revisited: overcoming the taxonomic misidentifications and subsequent biostratigraphic abuse. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 70: 499–530.
- GALE A.S. 2018 – An integrated microcrinoid zonation for the lower Campanian chalks of southern England, and its implications for correlation. *Cretaceous Res.*, 87: 312–357.
- GALE A.S., HANCOCK J.M., KENNEDY W.J., PETRIZZO M.R., LEES J.A., WALASZCZYK I., WRAY D.S. 2008 – An integrated study (geochemistry, stable oxygen and carbon isotopes, nannofossils, planktonic foraminifera, inoceramid bivalves, ammonites and crinoids) of the Waxahachie Dam Spillway section, north Texas, a possible boundary stratotype for the base of the Campanian Stage. *Cretaceous Res.*, 29: 131–167.
- GALE A.S., SADORF E., JAGT J.W.M. 2018 – Roveacrinida (Crinoidea, Articulata) from the upper Maastrichtian Peedee Formation (Upper

- Cretaceous) of North Carolina, USA: The last pelagic microcrinoids. *Cretaceous Res.*, 85: 176–192.
- GALE A.S., MUTTERLOSE J., BATENBURG S. 2020 – The Cretaceous period. [W:] Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. (red.). *Geologic time scale*, Elsevier, 2: 1023–1086.
- GLUCHOWSKI E. 1986 – Crinoids from the Lower Gogolin Beds (Lower Muschelkalk) of the North-Eastern Part of Upper Silesia. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sci.*, 34: 179–187.
- GLUCHOWSKI E. 1987 – Jurassic and Early Cretaceous articulate Crinoidea from the Pieniny Klippen belt and the Tatra Mts, Poland. *Stud. Geol. Pol.*, 94: 6–102.
- GLUCHOWSKI E., SALAMON M.A. 2005 – The Lower Muschelkalk crinoids from Raciborowice, North-Sudetic Basin, SW Poland. *Geol. Quart.*, 49: 83–92.
- GORZELAK P. 2018. – Microstructural evidence for stalk autotomy in *Holocrinus* – The oldest stem-group isocrinid. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 506: 202–207.
- GORZELAK P., SALAMON M.A., TRZĘSIOK D., LACH R., BAUMILLER T. 2016 – Diversity dynamics of post-Palaeozoic crinoids – in quest of the factors affecting crinoid macroevolution. *Lethaia*, 49: 231–244.
- GORZELAK P., GLUCHOWSKI E., BRACHANIEC T., ŁUKOWIAK M., SALAMON M.A. 2017 – Skeletal microstructure of uinacrinoid crinoids and inferences about their mode of life. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 468: 200–207.
- GRADSTEIN F.M., OGG J.G., SCHMITZ M.D., OGG G.M. (red.) 2020 – *Geologic time scale*, vol. 2. Elsevier.
- HAGDORN H. 1991 – The Muschelkalk in Germany – An Introduction. [W:] *Muschelkalk. A field guide*. Goldschneck-Verlag: 7–21.
- HAGDORN H. 1995 – Literaturbericht. Triassic crinoids. *Zentralbl. Geol. Paläont.*, 1/2: 1–22.
- HAGDORN H. 1999 – Triassic Muschelkalk of Central Europe. [W:] Hess H., Ausich W.I., Brett C.E., Simms M.J. (red.). *Fossil Crinoids*. Cambridge University Press, Cambridge: 164–176.
- HAGDORN H. 2011 – Triassic: the crucial period of post-Palaeozoic crinoid diversification. *Swiss J. Palaeont.*, 130: 91–112.
- HAGDORN H. 2020 – *Aszulcicrinus*, a new genus of the Triassic crinoid family Dadocrinidae (Articulata; Encrinida) from Poland. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 90: 381–390.
- HAGDORN H., GLUCHOWSKI E. 1993 – Palaeobiogeography and stratigraphy of Muschelkalk echinoderms (Crinoidea, Echinoidea) in Upper Silesia. [W:] Hagdorn H., Seilacher A. (red.) *Muschelkalk. Schöntaler Symposium 1991*. Goldschneck-Verlag: 165–176.
- HAGDORN H., REICH M. 2020 – Biostratigraphie der Echinodermen des Muschelkalks. [W:] Hagdorn H., Simon T. (red.). *Stratigraphie von Deutschland XIII. Muschelkalk*. Schriften. Dt. Ges. Geowiss., Deutsche Stratigraphische Kommission, Berlin, 91: 287–292.
- HAGDORN H., VELLEDDITS F. 2006 – Middle Triassic crinoid remains from the Aggtelek platform (NE Hungary). *Neues Jahrb. Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 240: 373–404.
- HAGDORN H., KONRÁD G., TÖRÖK Á. 1997 – Crinoids from the Muschelkalk of the Mecsek Mountains and their stratigraphical significance. *Acta Geol. Hungarica*, 40: 391–410.
- HAGDORN H., MENNING M., NITSCH E., SIMON T. 2019 – Die Muschelkalk-Gruppe in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 (STD 2016). *Zeitschr. Deutsch. Gesellsch. Geowissensch.*, 173: 141–160.
- HESS H., MESSING C.G. 2011 – Treatise on Invertebrate Paleontology. Part T, Echinodermata 2, Crinoidea 3. Lawrence. The University of Kansas, Paleontological Institute.
- HESS H., AUSICH W.I., BRETT C.E., SIMMS M.J. 1999 – *Fossil crinoids*. Cambridge University Press, Cambridge: 275.
- HESS H., ETTER W., HAGDORN H. 2016 – Roveacrinida (Crinoidea) from Late Triassic (early Carnian) black shales of Southwest China. *Swiss J. Palaeont.*, 135: 249–274.
- HILDEBRANDT E. 1926 – Zur Stratigraphie der Muschelkalkcrinoiden. *Centralblatt für Mineralogie*, 1926: 69–71.
- JAGT J.W.M. 1999 – Late Cretaceous–Early Paleogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium. Part 2: Crinoids. *Scripta Geol.*, 116: 1–255.
- JAGT J.W.M. 2005 – The youngest pelagic crinoids (latest Maastrichtian, the Netherlands). *Bull. Geol. Society of Denmark*, 52: 133–139.
- JAGT J.W.M., SALAMON M.A. 2007 – Late Cretaceous bourguetierinid crinoids from southern Poland: Preliminary observations. *Scripta Geol.*, 134: 61–76.
- JASELLI L., PIERONI V. 2023 – Middle Triassic echinoderms from the San Salvatore Formation of Lombardy (Italy) and Canton Ticino (Switzerland). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 129 (2): 267–287.
- KAMMER T.W., SPRINGER G.S. 2008 – Biostratigraphy of crinoids from the Wymys Gap Member of the Greenbrier Formation (Mississippian, Chesterian) in Northern West Virginia. *J. Paleont.*, 82: 1182–1189.
- KEUPP H., MATYSZKIEWICZ J. 1997 – Zur Faziesrelevanz von *Saccocoma*-Resten (Schwebecrinoiden) in Oberjura–Kalken des nördlichen Tethys-Schelfs. *Geol. Bl. NO-Bayern*, 47: 53–70.
- KLIKUSHIN V.G. 1987 – Thiolliericrinid crinoids from the Lower Cretaceous of Crimea. *Geobios*, 20: 625–665.
- KOZUR H. 1974 – Biostratigraphie der germanischen Mitteltrias. *Freiberger Forschungshefte*, 280/1: 1–56, 280/2: 1–71.
- KRAJEWSKI M., OLCHOWY P., FELISIAK I. 2014 – Lower Kimmeridgian layer with bored and encrusted hiatus concretions (Upper Jurassic, Central Poland): implications for stratigraphy and basin evolution. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 84: 113–129.
- KRISTAN-TOLLMANN E. 1977 – Zur Gattungsunterscheidung und Rekonstruktion der triadischen Schwebecrinoiden. *Paläont. Zeitschrift*, 51: 185–198.
- KRISTAN-TOLLMANN E. 1980 – *Tulipacrinus tulipa* n.g. n. sp., eine Mikrocrinoide aus der alpinen Obertrias. *Ann. Naturhistorischen Museums in Wien*, 83: 215–229.
- KRISTAN-TOLLMANN E. 1988 – Unexpected communities among the crinoids within the Triassic Tethys and Panthalassa. [W:] Burke R.D., Mladenov P.V., Lambert P., Parsley R.L. (red.). *Echinoderm Biology*. Balkema, Rotterdam: 133–142.
- LACH R. 2016 – Late Cretaceous sea lilies (crinoids, Crinoidea) from the Miechów trough, southern Poland. *Palaeontogr. Abt. A*, 305: 91–133.
- LEFELD J. 1958 – *Dadocrinus grundyi* Langenhan (Crinoidea) from the High-Tatric Middle Triassic in the Tatra Mts (Poland). *Acta Palaeont. Pol.*, 3: 59–74.
- LEFELD J., RADWAŃSKI A. 1960 – Planktonische Liliowce *Saccocoma* Agassiz w malmie i neokomie wierchowym Tatr Polskich. *Acta Geol. Pol.*, 10: 593–614.
- ŁUKOWIAK M., GORZELAK P. 2006 – *Marsupites* (Crinoidea, Uinacrinida) jako narzędzie datowania skał górnosantońskich w krachu glacialnych wschodniej Polski. *Prz. Geol.*, 54: 784–786.
- MATYSZKIEWICZ J. 1996 – The Significance of *Saccocoma*-calcuturbidites for the analysis of the Polish Epicontinental Late Jurassic Basin: an example from the Southern Cracow–Wielun Upland (Poland). *Facies*, 34: 23–40.
- MOSTLER H. 1972 – Die stratigraphische Bedeutung von Crinoiden-, Echiniden- und Ophiuren-Skelettelementen in triassischen Karbonatgesteinen. *Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich*, 21: 711–728.
- NIEDŹWIEDZKI R., SALAMON M.A. 2006 – Triassic crinoids from the Tatra Mountains and their stratigraphic significance (Poland). *Geol. Carpathica*, 57: 69–77.
- NIEDŹWIEDZKI R., SALAMON M., BOCZAROWSKI A. 2001 – New data on the ceratites from the Upper Muschelkalk in Holy Cross Mountains (SE Poland). *Freiberger Forschungshefte Paläontologie, Stratigraphie, Fazies*, 9: 85–98.
- PASZCZA K. 2024 – New data on the occurrence of echinoderms in the Muschelkalk (Middle Triassic) of Upper Silesia. *Prz. Geol.*, 72: 156–161.
- PLACHNO B., BENYOUCEF M., MEKKI F., ADACI M., BOUCHEMLA I., JAIN S., KRAJEWSKI M., SALAMON M.A. 2024 – *Copernicrinus zamora* gen. et sp. nov., the oldest thiolliericrinid crinoid (Crinoidea, Echinodermata) from the Bajocian strata of Algeria, Africa. *J. Palaeogeogr.*, 13: 237–251.
- RASMUSSEN W.H. 1961 – A Monograph on the Cretaceous Crinoidea. *Det Kongelige Danske Videnskaberne Selskab, Biol. Skrifter*, 12: 1–428.
- REMIN Z. 2004 – Biostratigraphy of the Santonian in the SW margin of the Holy Cross Mountains near Lipnik, a potential reference section for extra-Carpathians Poland. *Acta Geol. Pol.*, 54: 587–596.
- SALAMON M.A. 2003 – Środkowotriasowe liliowce (Crinoidea) obszaru świętokrzyskiego. *Rozpr. doktorska. Arch. Uniw. Śl., Katowice*.
- SALAMON M.A. 2005 – *Encrinus cf. liliformis* Lamarck, 1801, the youngest crinoid from the Polish Muschelkalk (Middle Triassic). *Geologia*, 31: 243–252.
- SALAMON M.A., NIEDŹWIEDZKI R. 2005 – An explanation for low endemism of Triassic crinoids from the epicontinental Germanic Basin, Poland. *Geol. Quart.*, 49: 331–338.
- SALAMON M., EAGLE M.K., NIEDŹWIEDZKI R. 2003 – A new ceratite record from Upper Silesia (Poland). *Geol. Quart.*, 47: 281–288.
- SALAMON M.A., FERRÉ B., GORZELAK P. 2019 – Biostratigraphic value of Mesozoic crinoids. [W:] *Treatise on Invertebrate Paleontology. Crinoids. Part T, Revised, vol. 1, chapter 20. Treatise online*. The University of Kansas, Paleont. Institute: 1–9.
- SALAMON M., GORZELAK P., HANKEN N.-M., RIISE H.E., FERRÉ B. 2015 – Crinoids from Svalbard in the aftermath of the end-Permian mass extinction. *Polish Polar Res.*, 36: 225–238.
- SOKOŁOWSKI S. (red.) 1973 – *Budowa geologiczna Polski, Stratygrafia, t. I, cz. 2. Mezozoik*. Wyd. Geol., Warszawa: 19, 30, 104.
- TAYLOR P.D. 1983 – *Ailsacrinus* gen. nov., an aberrant milleriacrinid from the Middle Jurassic of Britain. *Bull. of the British Museum*, 37: 37–77.
- TRAMMER J., ZAWIDZKA K. 1976 – Korelacja jednostek stratygraficznych wapienia muszlowego Gór Świętokrzyskich i Śląska i ich pozycja chronostratygraficzna. *Prz. Geol.*, 8: 474–476.