

## Paleoekologia i paleośrodowisko późnego kampanu na podstawie wybranych profili z doliny środkowej Wisły

Michał Zatoń\*

**Paleoecology and paleoenvironment of the Late Campanian in selected sections in the Middle Vistula Valley (central Poland).** Prz. Geol., 51: 678–684.

*S u m m a r y.* The paleoecology of macrofauna from three Upper Campanian outcrops in the Middle Vistula valley, belonging to three successive ammonite zones (*Neancyloceras phaleratum*, *Bostrychoceras polyplacum* and *Didymoceras donezianum*), have been investigated on paleoenvironmental ground. The rich macrofauna of all trophic levels indicates the calm epicratonic basin, corresponding to the inner to outer shelf environment, of normal salinity waters, good bottom-water oxygenation and with substrate of varied consistency, providing different niches for diverse fauna.

**Key words:** macrofauna, paleoenvironment, paleoecology, Late Cretaceous, Campanian, Middle Vistula Valley

Utwory kampanu górnego w dolinie środkowej Wisły rozciągają się od okolic Sulejowa na południu po okolice Piotrawina w północnej części tego obszaru (ryc. 1). Tworzą one łagodną monoklinę o nachyleniu ok. 3° w kierunku NE, sporadycznie zaburzoną dyslokacjami (Pożaryski, 1938, 1948; Błaszkiwicz, 1966, 1980). Utwory kampanu górnego, o miąższości ok. 120 m (Pożaryski, 1938; Błaszkiwicz, 1980), stanowią prawie wyłącznie opoki, tworzące profil zasadniczo bez przerw i gwałtownych zmian sedymentacyjnych (Błaszkiwicz, 1966).

Osady kampanu obszaru doliny środkowej Wisły były już wielokrotnie przedmiotem badań stratygraficznych (np. Pożaryski, 1938; Błaszkiwicz, 1966, 1980; Gaździcka, 1978; Peryt, 1980) i paleontologicznych (np. Kongiel, 1962; Błaszkiwicz, 1980; Popiel-Barczyk, 1968, 1988; Abdel-Gawad, 1990), natomiast niniejsze opracowanie dotyczy paleośrodowiska i paleoekologii organizmów w nim zamieszkujących.

Trzy odsłonięcia (Sulejów, Dorotka i Ciszycza), reprezentujące wycinki kolejnych poziomów amonitowych kampanu górnego (por. Błaszkiwicz, 1980 oraz Walaszczyk i in., 2002) (ryc. 2), objęto obserwacjami, ławica po ławicy, pod względem frekwencji, zróżnicowania i stanu zachowania makrofauny, w celu wyciągnięcia wniosków paleośrodowiskowych.

### Metodyka badań

Badanie frekwencji występowania makrofauny polegało na zliczaniu osobników poszczególnych grup faunistycznych w każdej ławicy. Przyjęto, iż powyżej 30 osobników danej grupy w ławicy na rozciągłości około 5 m to występowanie masowe; od 21 do 30 osobników danej grupy — częste; od 5 do 20 — rzadkie, a poniżej 5 osobników w ławicy — sporadyczne. Zaniechano pobierania próbek w postaci bloków skalnych, z powodu częstych gniazdowych skupień bentosu muszlowego. Uzyskane wówczas wyniki mogłyby być różne, w zależności od miejsca pobrania próbek. Aby zbadać zróżnicowanie (liczbę gatunków w całym zespole z danego odsłonięcia), skamieniałości zebrano zarówno ze ścian odsłonięcia, jak i z bloków skalnych znajdujących się w odkrywcze. Jedyną fauną, która nie została umieszczona na wykresie frekwencji (ryc. 3) są gąbki, ponieważ ich spikule stanowią jeden z

głównych składników opok. Tak więc jeśli nawet nie są one makroskopowo widoczne w osadzie, nie oznacza to wcale ich nieobecności w kampańskim środowisku.

Obserwacje tafonomiczne polegały głównie na obserwacji stanu zachowania, orientacji i stopnia dysartykulacji skamieniałości w każdej ławicy. Pobrano również próbki w celu wykonania płytek cienkich do analizy mikrofacjalnej oraz wykonano analizę GC–MS (chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas) na obecność materii organicznej w rostrach belemnitów. Do zbierania danych i obróbki widm użyto oprogramowania Hewlett Packard–Agilent Technologies–ChemStation, natomiast interpretacja widm odbyła się za pomocą biblioteki Wiley’a. Szczegółową metodykę można znaleźć w pracy Zatonia (2001).

### Charakterystyka makrofaunistyczna badanych odsłoneń

**Sulejów.** Profil w Sulejowie należy do poziomu amonitowego *Neancyloceras phaleratum* (Błaszkiwicz, 1980 oraz ryc. 2). Odsłaniają się tutaj opoki barwy jasnożółtej, średnio- i gruboławicowe (ławice od 20 do ponad 50 cm miąższości), silnie spękane i zwiertzałe o łącznej miąższości ok. 8 m.

Makrofauna stwierdzona w tym odsłonięciu odznacza się stosunkowo niską frekwencją i najniższym zróżnicowaniem taksonomicznym spośród badanych odsłoneń (ryc. 3, 4).

Wśród często występujących małżów nieinoceramowych przeważają epifaunalne filtratory, na które składa się pięć gatunków: *Ctenoides* aff. *dunkeri*, *Syncylonema gamensis*, *Mimachlamys cretosa*, *Spondylus truncatus* i *Pycnodonte vesicularis*. Wśród małżów infaunalnych stwierdzono jeden gatunek — *Venericardia* aff. *santonensis*. Rzadko występujące, swobodnie leżące na powierzchni osadu epifaunalne inoceramy są tutaj reprezentowane przez jeden gatunek — *Inoceramus planus*. Równie rzadkie są roślinożerne ślimaki — znaleziono tylko jeden okaz *Cerithium* aff. *nagorzanyense*.

Równie często jak małże nieinoceramowe występują ramienionogi z grupy rynchonellidów, reprezentujące pięć gatunków w obrębie dwóch rodzajów: *Cretirhynchia* (*C. limbata*, *C. lentiformis*, *C. retracta* i *C. sp.*) oraz *Cyclothyris* (*C. sp.*).

Frekwencja i zróżnicowanie taksonomiczne belemnitów i amonitów jest niskie. Belemnity są reprezentowane tutaj głównie przez dwa gatunki: *Belemnitella mucronata* i *B. minor*. Wśród amonitów stwierdzono trzy taksony: *Tra-*

\*Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; mzaton@wnoz.us.edu.pl



**Ryc. 1.** Szkic geologiczny badanego obszaru w dolinie środkowej Wisły (wg Błaszkiwicz, 1980); Dolny kampan: Kd<sub>1</sub> — poziom *Goniotoothis granulata granulata*, Kd<sub>2</sub> — poziom *Goniotoothis quadrata*. Górny kampan: Kg<sub>1</sub> — poziom *Neancyloceras phaleratum*, Kg<sub>2</sub> — poziom *Bostrychoceras polyplocum*, Kg<sub>3</sub> — poziom *Didymoceras donezianum*, Kg<sub>4</sub> — poziom *Nostoceras hyatti*

**Fig. 1.** Geologic sketch of the investigated area in the Middle Vistula Valley (after Błaszkiwicz, 1980); Lower Campanian: Kd<sub>1</sub> — *Goniotoothis granulata granulata* zone, Kd<sub>2</sub> — *Goniotoothis quadrata* zone. Upper Campanian: Kg<sub>1</sub> — *Neancyloceras phaleratum* zone, Kg<sub>2</sub> — *Bostrychoceras polyplocum* zone, Kg<sub>3</sub> — *Didymoceras donezianum* zone, Kg<sub>4</sub> — *Nostoceras hyatti* zone

*chyscaphites spiniger*, *Pachydiscus koeneni* i *Pachydiscus* sp.

**Dorotka.** Odsłonięcie we wsi Dorotka jest położone w obrębie poziomu amonitowego *Bostrychoceras polyplocum* (Błaszkiwicz, 1980 oraz ryc. 2). Występują tu opoki barwy jasnoszarej, cienko-, średnio- i gruboławicowe (ławice od 7 do 55 cm miąższości), o łącznej miąższości ok. 6 m. Chociaż frekwencja makrofauny jest podobna do frekwencji w Sulejowie, to różnorodność taksonomiczna jest tutaj znacznie większa (ryc. 3, 4).

Wśród najobficiej występujących małżów dominują formy epifaunalne: *Limatula kunradensis*, *Ctenoides* aff. *dunkeri*, *Mimachlamys cretosa* i *Pycnodonte vesicularis*. Wśród form infaunalnych występują mułozerne nukulidy z gatunku *Nuculana producta*. Inoceramy są bardziej zróżnicowane taksonomicznie aniżeli w Sulejowie: *Cataceramus*

*balticus*, *C. balticus haldemensis*, *C. gandjaensis*, *Sphaeroceramus pertenuiformis* i *Inoceramus* sp.

Równie częstym składnikiem jest fauna ślimakowa. Jest ona reprezentowana przez jeden gatunek roślinożerców — *Calliomphalus (Planolateralus) lueneburgensis*, dwa gatunki drapieżników — *Graphidula procera* i *Volutilithes nagorzanyensis* i dwa gatunki mułojadów — *Aporrhais* sp. i *Drepanocheilus substenoptera*.

Do rzadkich elementów faunistycznych należą mułozerne łódkonogi *Dentalium (Dentalium)*, ramienionogi z gatunku *Cretirhynchia limbata* i jeżowce — semiinfaunalny *Echinocorys* i infaunalny *Micraster*.

Bardzo rzadka fauna głowonogowa jest zdominowana przez amonity, których zróżnicowanie taksonomiczne jest większe niż w Sulejowie: *Pachydiscus* sp., *Menuites portlocki*, *Bostrychoceras polyplocum*, *Didymoceras* sp. i *Baculites* sp. Belemnity charakteryzują się występowaniem tylko jednego gatunku — *Belemnitella mucronata*.

**Ciszycza.** Odsłonięcie w Ciszycy znajduje się w obrębie najmłodszego z badanych poziomów amonitowych *Didymoceras donezianum* (Błaszkiwicz, 1980 oraz ryc. 2), reprezentującego wyższą część kampanu górnego. Odsłaniają się tu opoki barwy jasnozielonej, głównie średnio- i gruboławicowe (ławice od 7 do 70 cm miąższości) o łącznej miąższości ok. 11 m. Skąły te są na ogół spękane i zwiertzałe, ale w stopniu mniejszym aniżeli w Sulejowie i Dorotce.

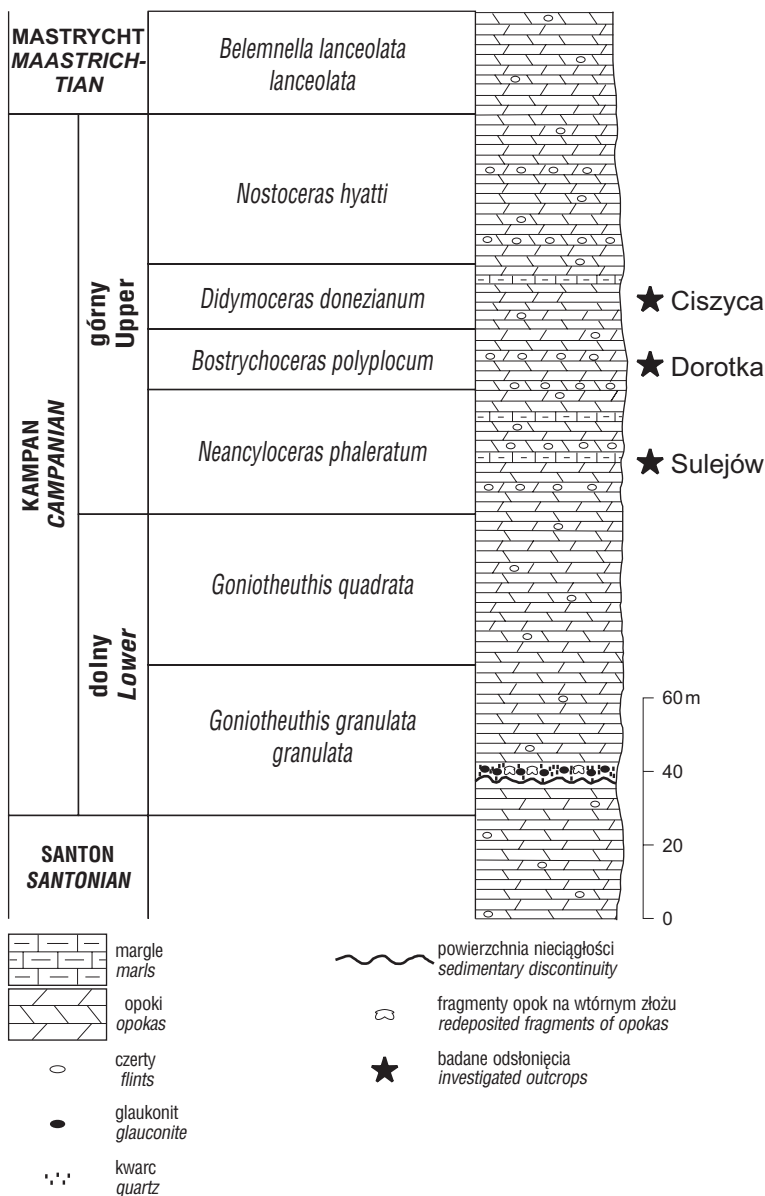
W porównaniu z poprzednimi odsłonięciami, frekwencja i zróżnicowanie makrofaunistyczne w Ciszycy jest największe (ryc. 3, 4). Dominującymi grupami są małże i ślimaki, których występowanie jest tutaj masowe.

Podobnie jak w poprzednim odsłonięciu, lecz o wiele obficiej, występują nieinoceramowe małże epifaunalne należące do sześciu gatunków: *Neithea sexcostata*, *Limatula kunradensis*, *Mimachlamys cretosa*, *Syncylonema gamsensis*, *Spondylus truncatus* i *Pycnodonte vesicularis*. Infaunę charakteryzują mułozerne nukulidy (*Nuculana producta*) i filtratory (*Venericardia* aff. *santonensis*). Inoceramy są mniej zróżnicowane taksonomicznie aniżeli w Dorotce, ale ich frekwencja jest tutaj większa. Stwierdzono tutaj dwa gatunki: najczęściej występujący *Cataceramus balticus* oraz *Sphaeroceramus pertenuiformis*.

Ślimaki są znacznie bardziej zróżnicowane taksonomicznie niż w Dorotce, są one reprezentowane przez trzy gatunki roślinożerców — *Calliomphalus (Planolateralus) lueneburgensis*, *Cerithium decheni* i *C. aff. alternatum*, cztery gatunki drapieżników — *Graphidula procera*, *Volutilithes nagorzanyensis*, *Gyrodontes hoernesii* i *Conotomaria* sp., dwa gatunki mułojadów — *Aporrhais* sp. i *Drepanocheilus substenoptera* oraz jeden gatunek filtratorów — *Turritella lineolata*.

W porównaniu z poprzednimi odsłonięciami, w Ciszycy zaobserwowano wzrost frekwencji i zróżnicowania łódkonogów, które są reprezentowane przez dwa podrodzaje: *Dentalium (Dentalium)* i *Dentalium (Antalis)*. Wolnożyjące ramienionogi z grupy rynchonellidów (*Cretirhynchia limbata*) i terebratulidów (*Carneithyrus carnea*) oraz jeżowce *Echinocorys* stanowią akcesoryczny składnik bentosu, podobnie jak w odsłonięciu z Dorotki.

*Belemnitella mucronata* i *B. langei* nadal pozostają fauną akcesoryczną. Bardzo rzadkie (znaleziony tylko jeden okaz) są łodziki z rodzaju *Eutrephoceras*.



Ryc. 2. Schematyczny profil litologiczny i biostratygrafia głowonogowa kampanu doliny środkowej Wisły (wg Błaszkiwicz, 1980)

Fig. 2. Schematic lithologic succession and cephalopod zonation of the Upper Campanian of the Middle Vistula Valley (after Błaszkiwicz, 1980)

Ciekawy jest tutaj wzrost frekwencji amonitów, reprezentowanych głównie przez heteromorfy. Dominującą grupę stanowią bakulitidy, które występują w dużej ilości praktycznie w każdej ławicy. Inne, mniej liczne taksony to: *Acanthoscaphites* cf. *tuberculatus*, *Hoploscaphites* cf. *minimus*, *Didymoceras* sp. i *Neancyloceras* sp.

W Ciszyca, podobnie jak w poprzednich odsłonięciach, występują makroskopowo widoczne fragmenty kielichowatych gąbek z rodzaju *Rhizopterion*. Jedyną różnicą jest fakt, iż w Ciszyca występują one wręcz masowo.

**Tafonomia.** Badana makrofauna opok kampanu górnego jest zachowana w postaci kalcytowych elementów (skorupki epifaunalnych małżów, ramienionogów, rostra belemnitów i pancerze jeżowców), a także ośródek wewnętrznych i odcisków muszli form pierwotnie aragonitowych (łódkonogi, ślimaki, infaunalne małże i amonity). Ośródek wewnętrzny i odciski mają dobrze zachowaną rzeźbę. Wynika z tego, że rozpuszczenie aragonitu musiało nastąpić po dostatecznej konsolidacji osadu.

Cechą charakterystyczną makrofauny są ślady zniekształcenia, spowodowane przez procesy plastycznej deformacji w kierunku prostopadłym do uławicenia. Większość ośródek ma limonitowe lub hematytowe zabarwienia. Mogą to być produkty wietrzenia pirytu lub markasytu, które pierwotnie pokrywały ośrodek cienką otoczką (patrz Bottjer, 1981).

We wszystkich trzech badanych odsłonięciach stwierdzono, iż małże epifaunalne w ogromnej przewadze występują w postaci pojedynczych skorupki lub ich ośródek wewnętrznych, a małże infaunalne — w postaci ośródek wewnętrznych całych muszli. Fakt ten może świadczyć o transporcie epifauny przez prądy denne, powodujące dysartikulację muszli. Małże należące do infauny były chronione w znacznym stopniu przez osad, co spowodowało, że ich muszle zachowały się w całości. Można zatem przypuszczać, iż w ogóle nie uległy one transportowi (patrz Kondo, 1998). Orientacja makrofauny w ławicach generalnie jest bezładna. Zdarzają się jednak gniazdowe skupienia, mogące być odzwierciedleniem położenia bentosu *in situ*.

O niskiej aktywności hydrodynamicznej może świadczyć brak śladów abrazji na pojedynczych skorupkach małżów, współwystępowanie form dużych i małych, a także nieobtoczone ziarna kwarcu i glaukonitu (stwierdzone w płytkach cienkich) oraz brak struktur sedymentacyjnych w osadzie. Tym samym faunę z opok kampanu górnego można uznać za parautochtoniczną (por. Scott, 1974).

### Analiza mikrofacjalna

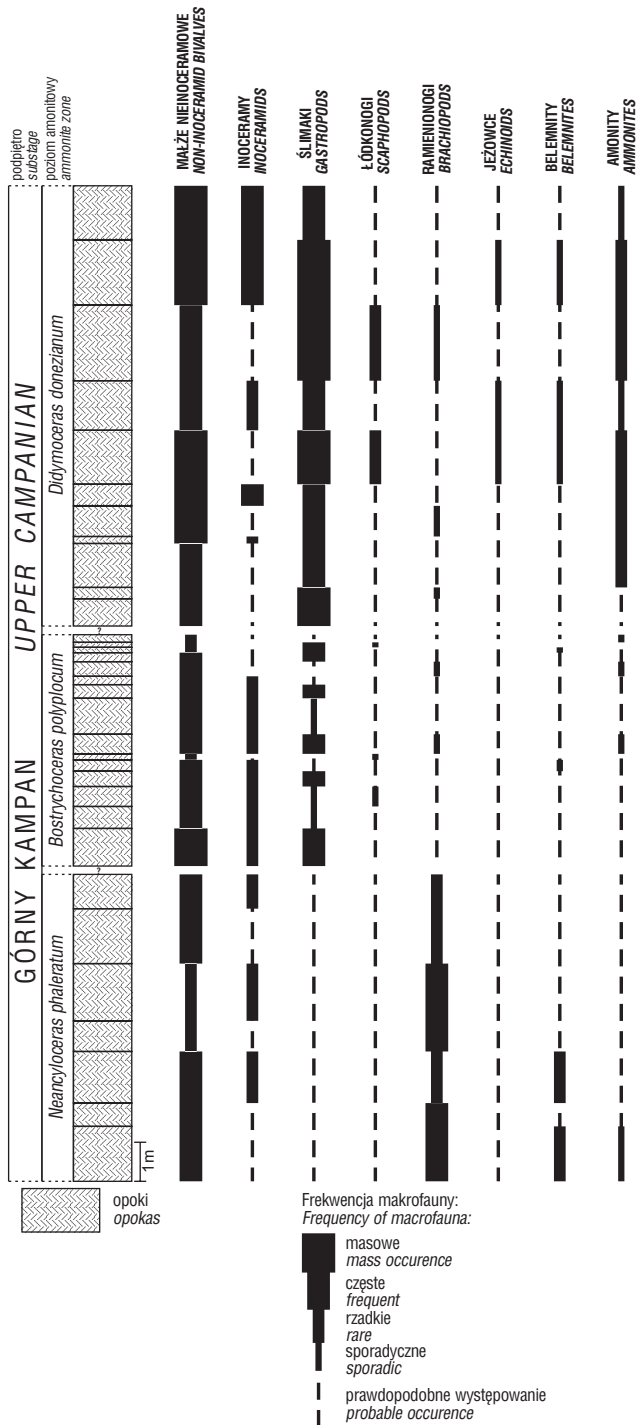
Według klasyfikacji skał węglanowych Folska (patrz Gradziński i in., 1986), badane opoki reprezentują gęsto upakowane biomikryty spikulowo-otwornicowe. Skały te charakteryzują się tłem mikrytowym z licznymi, nieobtoczonymi ziarnami kwarcu, rzadko rozmieszczonymi ziarnami glaukonitu, a także obecnością tlenków żelaza i krzemionki.

Dominującymi skamieniałościami są rozproszone spikule gąbek oraz otwornice, głównie planktonowe i mniej liczne bentosowe. Pozostałe mikroszczątki stanowią skorupki małżów, ramienionogów i sporadycznie małżoraczków. Dostępną występują także mszywioly oraz kolce jeżowców. Składniki są bardzo słabo wysortowane, ziarna nieobtoczone, a bioklasty gęsto upakowane. Często spotyka się struktury bioturbacyjne w postaci nor.

### Paleoekologia i paleośrodowisko

Późna kreda była okresem o najwyższym poziomie morza w historii całego fanerozoiku, a jedna z jej największych transgresji miała miejsce w późnym kampanie (Hallam, 1992; Hancock, 1993). Wraz z postępującą transgresją bloki kontynentalne były sukcesywnie zalewane, co doprowadziło do utworzenia mórz epikontynentalnych o sedymentacji kredy pływającej (Hay, 1995) lub osadów typu opok, charakterystycznych dla obszaru Niżu Polskiego.

Sedymentacja wapienno-krzemionkowych utworów typu opok na obszarze doliny środkowej Wisły, miała miej-



Ryc. 3. Profil badanego odcinka górnego kampanu wraz z częstością występowania poszczególnych grup faunistycznych

Fig. 3. Profile of the investigated Upper Campanian deposits and the frequency of macrofauna

sce w niezbyt głębokim basenie epikontynentalnym, batymetrycznie odpowiadającym strefie szelfowej. Basen ten znajdował się w obrębie ciepło-umiarkowanej prowincji północnoeuropejskiej (*sensu* Kauffman, 1973 — za Briggssem, 1996; Westermann, 2000). Baseny tego typu były idealnym miejscem dla rozwoju różnych grup faunistycznych, a przede wszystkim bentosu muszlowego.

**Konsystencja podłoża.** Czynnikiem ten jest jednym z najważniejszych czynników ograniczających rozmieszczenie wielu organizmów (Fürsich, 1976), oraz jednym z nielicznych czynników, które mogą być bezpośrednio badane w

zapisie geologicznym. Generalnie, wysokie tempo sedymentacji prowadzi do utworzenia się miękkiego podłoża, a wolne — do twardego (Wignall, 1990; Brett, 1998).

Późnokampański basen doliny środkowej Wisły charakteryzował się prawdopodobnie twardszym podłożem. Może na to wskazywać sesylna fauna gąbkowa, która wymaga do życia twardego podłoża. Z drugiej jednak strony, pewne „połacie” dna charakteryzowały się miękką konsystencją. Wskazuje na to filtrująca epifauna, o muszlach przystosowanych do życia na powierzchni miękkiego dna. Pektynidy z rodzaju *Neithea* za życia zanurzały się częściowo bardziej wypukłą, prawą, skorupką w osadzie (tzw. strategia „góry lodowej”), by w ten sposób „osadzić” i ustabilizować swoją muszlę (Aberhan, 1994). Podobną strategię stosowały ostrygi z rodzaju *Pycnodonte*, wytwarzające ciężkie, wypukłe muszle luźno spoczywające na powierzchni osadu. Zanim to jednak nastąpiło, larwy ostryg musiały najpierw osiąść i przytwierdzić się, nawet do bardzo małego fragmentu, twardego podłoża (Dhondt, 1993; Lehmann & Wippich, 1995). Mogło to być rostrum belemnita, muszla innego organizmu lub lita część podłoża.

Liczne *Mimachlamys* o szerokich skorupkach były dodatkowo stabilizowane wydatnymi uszkami (Abdel-Gawad, 1986). Płaskie i szerokie muszle inoceramów również zapewniały im pewną stabilizację, zapobiegając zanurzeniu się w miękkim węglanowy muł (tzw. strategia „raków”) (por. Wignall, 1993; Aberhan, 1994). O miękkim i drobnoziarnistym osadzie świadczą również bardzo liczne infaunalne małże z grupy nukulidów szybko się w nim zagrzebujące (Scott, 1974; Bottjer, 1981; Brett, 1998), a także mulożerne ślimaki z rodzaju *Aporrhais* i *Drepanocheilus*, posiadające muszle z wydatnymi wargami zakotwiczyającymi je w miękkim osadzie.

Rzeczą interesującą jest fakt, iż w osadach Dorotki i Ciszycy ramienionogi występują bardzo nielicznie. W Sulejowie natomiast są częstym komponentem faunistycznym (ryc. 3). Tutaj larwy rynchonellidów wykorzystywały zdecydowanie twardsze i dogodniejsze miejsca dla rozwoju (por. Harper & Moran, 1997), tworząc skupiska po kilka osobników. Podobną strategię mogły realizować przytwierdzające się do podłoża małże z rodzaju *Spondylus*. Z braku twardego podłoża, małże te przyczepiają się do muszli inoceramów lub martwych jeżowców (Dhondt & Dieni, 1990).

**Głębokość.** Generalnie istnieją dwa poglądy na temat głębokości jako czynnika ograniczającego rozwój makrofauny. Według Fürsicha (1976) głębokość nie jest czynnikiem samym w sobie, toteż nie wpływa bezpośrednio na makrofaunę. Brett (1998) uważa natomiast, iż dane faunistyczne są dokładniejszym wskaźnikiem względnej lub nawet bezwzględnej głębokości, aniżeli dane sedimentologiczne. Rzeczywiście, wraz z głębokością zmieniają się i inne parametry środowiskowe, takie jak nasświetlenie czy natlenienie wód dennych, mających zasadniczy wpływ na rozwój bentosu. Mimo wszystko, przy interpretacji batymetrii powinniśmy także zwrócić uwagę na faunę towarzyszącą, która prowadziła zgoła odmienny tryb życia.

Bardzo dobrym wskaźnikiem paleoekologicznym, a tym samym batymetrycznym wydają się tutaj być amonity. Ze względu na ornamentację i sposób zwinięcia muszli u późnokredowych amonitów, Tanabe i in. (1978) oraz Tanabe (1979) wyodrębnili trzy grupy amonitów charakteryzujących odmienne środowiska. Grupa A to amonity o silnie ornamentowanej muszli. Ekomorfy te zasiedlały płytszą strefę szelfu wewnętrznego. Grupa B — amonity heteromorficzne, żyjące na granicy szelfu wewnętrznego i zewnętrznego. Grupa C — amonity o gładkiej lub słabej

Poziom Zone	Kompozycja taksonomiczna Taxonomic composition	Struktura ekologiczna Ecological structure
<b>Didymoceras donezianum</b>	<i>Belemnitella mucronata</i> , <i>B. langei</i> , <i>Acanthoscaphites</i> cf. <i>tuberculatus</i> , <i>Hoploscaphites</i> cf. <i>minimus</i> , <i>Didymoceras</i> sp., <i>Baculites</i> sp., <i>Neancyloceras</i> sp., <i>Eutrephoceras</i> cf. <i>darupense</i> , <i>Cretirhynchia</i> <i>limbata</i> , <i>Carneithyrus carnea</i> , <i>Cataceramus balticus</i> , <i>Sphaeroceramus pertenuiformis</i> , <i>Mimachlamys cretosa</i> , <i>Pycnodonte</i> <i>vesicularis</i> , <i>Syncylonema</i> <i>gamsensis</i> , <i>Limatula kunradensis</i> , <i>Spondylus truncatus</i> , <i>Neitheia</i> <i>sexcostata</i> , <i>Venericardia</i> aff. <i>santonensis</i> , <i>Calliomphalus</i> ( <i>Planolateralus</i> ) <i>lueneburgensis</i> , <i>Cerithium decheni</i> , <i>C.</i> aff. <i>alternatum</i> , <i>Graphidula procera</i> , <i>Volutilithes nagorzanyensis</i> , <i>Gyrodos hoernesii</i> , <i>Conotomaria</i> sp., <i>Turritella lineolata</i> , <i>Drepanocheilus substenoptera</i> , <i>Aporrhais</i> sp., <i>Dentalium</i> ( <i>Dentalium</i> ) sp., <i>D. (Antalis)</i> sp., <i>Echinocorys</i> sp.	<p><b>Nekton Necton:</b>  <i>Belemnitella</i>, <i>Eutrephoceras</i>.</p> <p><b>Epibentos/Nekton Epibentos/Nekton</b>  <i>Menuites</i>, <i>Pachydiscus</i>,  <i>Hoploscaphites</i></p> <p><b>Bentos i epibentos Benthos and epibenthos</b>  <i>Trachyscaphites</i>, <i>Acanthoscaphites</i>,  <i>Bostrychoceras</i>, <i>Didymoceras</i>,  <i>Baculites</i>, <i>Neancyloceras</i>.</p> <p><b>Epifaunalne filtratory Epifaunal suspension feeders:</b>  <i>Inoceramus</i>, <i>Cataceramus</i>,  <i>Sphaeroceramus</i>, <i>Ctenoides</i>,  <i>Syncylonema</i>, <i>Mimachlamys</i>,  <i>Spondylus</i>, <i>Pycnodonte</i>, <i>Limatula</i>,  <i>Cyclothyris</i>, <i>Cretirhynchia</i>.</p> <p><b>Infaunalne filtratory Infaunal suspension feeders:</b>  <i>Nuculana</i>, <i>Venericardia</i>.</p> <p><b>Semiinfaunalne mulojady Semi-infaunal deposit feeders:</b>  <i>Dentalium</i>, <i>Turritella</i>, <i>Echinocorys</i>,  <i>Micraster</i>.</p> <p><b>Drapieżniki Predators:</b>  <i>Graphidula</i>, <i>Volutilithes</i>,  <i>Conotomaria</i>, <i>Gyrodos</i>.</p> <p><b>Roślinozercy Herbivores:</b>  <i>Calliomphalus</i>, <i>Cerithium</i>.</p> <p><b>Mulojady Deposit feeders:</b>  <i>Aporrhais</i>, <i>Drepanocheilus</i>.</p>
<b>Bostrychoceras polyplacum</b>	<i>Belemnitella mucronata</i> , <i>Pachydiscus</i> sp., <i>Menuites</i> <i>portlocki</i> , <i>Bostrychoceras</i> <i>polyplacum</i> , <i>Didymoceras</i> sp., <i>Baculites</i> sp., <i>Cretirhynchia</i> <i>limbata</i> , <i>Inoceramus planus</i> , <i>Cataceramus balticus</i> , <i>C. balticus</i> <i>haldemensis</i> , <i>C. gandjaensis</i> , <i>Sphaeroceramus pertenuiformis</i> , <i>Limatula kunradensis</i> , <i>Ctenoides</i> aff. <i>dunkeri</i> , <i>Mimachlamys cretosa</i> , <i>Pycnodonte vesicularis</i> , <i>Nuculana</i> <i>producta</i> , <i>Calliomphalus</i> ( <i>Planolateralus</i> ) <i>lueneburgensis</i> , <i>Graphidula procera</i> , <i>Volutilithes</i> <i>nagorzanyensis</i> , <i>Aporrhais</i> sp., <i>Drepanocheilus substenoptera</i> , <i>Dentalium (Dentalium)</i> sp., <i>Echinocorys</i> sp., <i>Micraster</i> sp.	<p><b>Infaunalne filtratory Infaunal suspension feeders:</b>  <i>Nuculana</i>, <i>Venericardia</i>.</p> <p><b>Semiinfaunalne mulojady Semi-infaunal deposit feeders:</b>  <i>Dentalium</i>, <i>Turritella</i>, <i>Echinocorys</i>,  <i>Micraster</i>.</p> <p><b>Drapieżniki Predators:</b>  <i>Graphidula</i>, <i>Volutilithes</i>,  <i>Conotomaria</i>, <i>Gyrodos</i>.</p> <p><b>Roślinozercy Herbivores:</b>  <i>Calliomphalus</i>, <i>Cerithium</i>.</p> <p><b>Mulojady Deposit feeders:</b>  <i>Aporrhais</i>, <i>Drepanocheilus</i>.</p>
<b>Neancyloceras phaleratum</b>	<i>Belemnitella mucronata</i> , <i>B. minor</i> , <i>Pachydiscus koeneni</i> , <i>P.</i> sp., <i>Trachyscaphites spiniger</i> , <i>Cyclothyris</i> sp., <i>Cretirhynchia</i> <i>limbata</i> , <i>C. lentiformis</i> , <i>C. retracta</i> , <i>C.</i> sp., <i>Inoceramus planus</i> , <i>Ctenoides</i> aff. <i>dunkeri</i> , <i>Syncylonema gamsensis</i> , <i>Mimachlamys cretosa</i> , <i>Spondylus</i> <i>truncatus</i> , <i>Pycnodonte vesicularis</i> , <i>Venericardia</i> aff. <i>santonensis</i> , <i>Cerithium</i> cf. <i>nagorzanyense</i>	<p><b>Mulojady Deposit feeders:</b>  <i>Aporrhais</i>, <i>Drepanocheilus</i>.</p>

Ryc. 4. Zróżnicowanie taksonomiczne badanych poziomów  
Fig. 4. Taxonomic diversity within investigated zones

ornamentacji muszli, zamieszkujące strefę szelfu zewnętrznego i jego granicę ze stokiem kontynentalnym (patrz także Marcinowski & Wiedmann, 1990). Marcinowski & Wiedmann (1990) zauważyli, iż batymetria (tzw. filtr głębokościowo-odległościowy), skutecznie zapobiegała migracji późnokredowym amonitom pomiędzy domeną karpacką a obszarem epikratonicznej Polski. Amonity z Sulejowa, Dorotki i Ciszycy reprezentowane są przede wszystkim przez ekomorfy grupy A i B, a więc formy żyjące na pograniczu szelfu wewnętrznego i zewnętrznego. Głębokość bezwzględna natomiast, może zawierać się w przedziale od ok. 70–220 m. Są to wartości szacunkowe podane przez Westermanna (1996) dla różnych grup amonitów. Przedział tej głębokości może być jednak prawdziwy, gdyż występowanie w osadach roślinożernych ślimaków z grupy ceritidów dobitnie świadczy o obecności

glonów morskich, których dolna granica występowania, a więc granica strefy fotycznej, wynosi ok. 250 m (Brenchley & Harper, 1998). Za obecnością glonów przemawia również 1, 2, 4 —Trójmetylobenzen, związek występujący powszechnie w algach i cyjanobakteriach (Hartgers i in., 1994), stwierdzony w kalcytowych rostrach *Belemnitella*. Dhondt (1985) ostrygom *Pycnodonte* z kampanu Francji przypisuje głębokość powyżej 100 m i najwyższą ich frekwencję w strefie zewnętrznego szelfu (Dhondt, 1993). W Ciszycy następuje gwałtowny wzrost frekwencji heteromorfów, szczególnie bakulitidów. Czyżby nastąpiło pogłębienie zbiornika w tym czasie? Gąbki *Rhizopteron*, które w Ciszycy występują masowo, należą do najbardziej głębokowodnego zespołu gąbek w profilu środkowej Wisły (R. Marcinowski — inf. ustna), a na wyższą część górnego kampanu przypada największy pik transgresywny (Hancock, 1993; por. Jarvis i in., 2002).

Paleoekologia i prawdziwe środowisko życia amonitów przez długi okres czasu było i jest głównym przedmiotem spekulacji paleontologów (por. Tanabe, 1979; Westermann, 1996). Głównym problemem jest fakt, iż nie posiadamy współczesnych analogii dla tej wymarłej grupy glonogów. Formy planispiralne, jak *Pachydiscus* czy *Menuites*, ze względu na ich zewnętrzne podobieństwo do współczesnych łodzиковatych, mogły prowadzić podobny przydenny tryb życia oraz poruszać się w toni wodnej na zasadzie odrzutu (por. Westermann, 1996, s. 686). Tryb życia heteromorfów natomiast, ze względu na ich kuriozalne czasami formy muszli jest różnie przez różnych autorów interpretowany. Niektórzy uważają, iż prowadziły one planktonowy tryb życia, inni że bentosowy (por. Tanabe, 1979). Bakulitidy mogły prowadzić zarówno epibentosowy, jak i nektonowy tryb życia. Skafitidy w fazie juvenilnej, prawdopodobnie były planktonowe; dorosłe prowadziły epibentosowy tryb z możliwością wertykalnej migracji, a niektóre spłaszczone formy jak *Hoploscaphites* mogły należeć do nektonu. Takie formy jak *Bostrychoceras*, czy *Didymoceras* żyły prawdopodobnie w epipelagiale i były zdolne do migracji pionowych w toni wodnej (por. Westermann, 1996).

**Zasolenie.** Wiele organizmów jest bardzo czułych na nawet bardzo niewielkie wahania zasolenia. Obecność stenohalinowych organizmów, czyli o wąskiej tolerancji w

zasoleniu, takich jak szkarłupnie, ramienionogi zawiasowe czy głowonogi, może być decydującym wskaźnikiem otwartego morza (Brett, 1998).

W osadach górnego kampanu doliny środkowej Wisły, występująca fauna jest charakterystyczna dla środowiska o normalnym zasoleniu. Świadczą o tym zarówno jeżowce (*Echinocorys*, *Micraster*), ramienionogi zawiasowe z grupy rynchonellidów i terebratulidów, łodzиковate (*Eutrephoceras*), amonity, belemnity, a także charakterystyczne dla współczesnych wód pełnosłonych łodkonogi *Dentalium*.

**Natlenienie wód przydennych.** Zaraz po konsystencji podłoża jest to drugi najważniejszy czynnik ograniczający rozwój makrofauny bentosowej. Drobnodziarniste osady łatwiej absorbują materię organiczną wzbogacając się w nią i jednocześnie zubażając w tlen. I chociaż istnieje pewien związek pomiędzy natlenieniem dna a jego konsystencją, należy te dwa czynniki rozpatrywać oddzielnie. Na bardzo miękkim podłożu nigdy nie dojdzie do całkowitego zahamowania rozwoju fauny. Natomiast na podłożu znajdującym się w strefie totalnego braku tlenu, w warunkach anaerobowych, fauna może zostać całkowicie wyeliminowana (patrz Wignall, 1993).

Do oszacowania natlenienia wód przydennych przydają się zarówno metody paleontologiczne, jak i geochemiczne. Makrofauna bentosowa obecna w osadach górnego kampanu jest bardzo zróżnicowana pod względem taksonomicznym (ryc. 4). Środowisko było zdominowane zarówno przez epifaunę, semiinfaunę, jak i infaunę. Obecność wszystkich tych grup troficznych nie jest przejawem zubożenia strefy dennej w tlen (por. Wignall, 1993). Również osad nie wykazuje żadnych litologicznych zmian w postaci ciemnych przewarstwień, mogących wskazywać na okresowe niedotlenienie dna. Stwierdzone w płytkach cienkich ślady działalności organizmów ryjących świadczą również o dobrych warunkach tlenowych w strefie dennej (Brett, 1998).

Wyniki badań na obecność materii organicznej wykonane na rostrach *Belemnitella* wykazały, iż praktycznie cała materia organiczna pochodzenia morskiego była utleniana. Stwierdzono natomiast wysokie stężenie *n*-alkanów długołańcuchowych, związków pochodzenia lądowego (roślin wyższych; Peters & Moldovan, 1993; Hartgers, 1993). Wysokie stężenie związków pochodzenia lądowego wynika prawdopodobnie z ich wyższej odporności na, powodujące destrukcję materii organicznej, procesy utleniające. Według Prahla i in. (1997), utlenianie mieszanej, lądowo-morskiej, materii organicznej, powoduje 2–4-krotne podwyższenie koncentracji materiału lądowego, w stosunku do morskiego. Glony, a zwłaszcza fitoplankton w postaci kokkolitów masowo rozwijających się w późnej kredzie, zapewne dostarczały odpowiednią ilość tlenu do środowiska. Innym sygnałem obecności tlenu w wodach przydennych mogą być, stwierdzone w płytkach cienkich, tlenki żelaza powstałe w procesie utleniania. Tak więc dno basenu było dobrze natlenione, pozwalające na rozwój fauny bentosowej.

#### Uwagi o paleobiogeografii

Osady górnego kampanu doliny środkowej Wisły zawierają makrofaunę, świadczącą o podobnych warunkach klimatycznych i środowiskowych, z oddalonym dziesiąt kontynentem północnoamerykańskim. Zarówno kontynent europejski, jak i północnoamerykański, w okre-

sie późnej kredy, znajdowały się w obrębie tej samej jednostki paleobiogeograficznej, jaką był region euroamerykański (patrz Briggs, 1996). Wspólne dla obu kontynentów są takie amonity jak *Trachyscaphites spiniger*, *Bostrychoceras polyplacum*, *Didymoceras*, *Hoploscaphites* i baculitidy. *Trachyscaphites*, o prawdopodobnie europejskim pochodzeniu, najpierw dostał się do zatoki Texasu, a stamtąd migrował do Zachodniego Interioru, podobnie jak *Bostrychoceras polyplacum* i *Didymoceras*. *Hoploscaphites* dotarł natomiast do Zachodniego Interioru od północy (Cobban, 1993). Amonity te nie tylko ograniczają swoje występowanie do tych dwóch regionów. *Didymoceras* znany jest również z górnego kampanu NW Iraku (Kennedy & Lunn, 2000), a *Bostrychoceras polyplacum* z Meksyku, Centralnej Azji, Iranu i północnej Afryki (Kennedy & Cobban, 2001).

Podobnie jest z innymi mięczakami. Z gatunków opisanych ostatnio przez Walaszczyka i in. (2001) z Zachodniego Interioru, trzy taksony inoceramów (*Cataceramus balticus*, *C. gandjaensis* i *Sphaeroceramus pertenuiformis*) stwierdzono w górnym kampanie profilu Wisły. Wspólne dla obu kontynentów są także takie małże i ślimaki jak *Neithea*, *Pycnodonte*, *Spondylus*, *Venericardia*, *Drepanocheilus*, *Turritella* (Elder, 1996), *Mimachlamys* (Dhondt, 1993). Ostrygi *Pycnodonte vesicularis* nie tylko rozprzestrzeniły się na zachód w obrębie tej samej prowincji, lecz także zawędrowały na południe w obręb prowincji tetydzkiej. Znane są z Maroka, Algierii, Tunezji, Egiptu, Jordanii a także Centralnej Azji (Dhondt i in., 1999).

Rozprzestrzenianiu fauny bentosowej, i nie tylko, w okresie kredowym sprzyjały warunki paleogeograficzne i klimatyczne. Ciepleszy klimat, brak ostrych granic temperaturowych pomiędzy głębiami a płycznami oraz pomiędzy strefami północnymi a południowymi, bliskość platform kontynentalnych wraz z zalewającymi je rozległymi zbiornikami epikontynentalnymi, wszystkie te czynniki oraz odpowiednie strategie rozrodcze, pozwalały organizmom bentosowym rozprzestrzeniać się na duże odległości. Według Kauffmana (1975), migracja tych mięczaków była ułatwiona dzięki wąskiemu pasowi proto-Atlantyku oraz dwóm prądom oceanicznym: prądowi północnorównikowemu — płynącemu od zachodniej Europy, przez szelf wschodniego Meksyku na północ do zatoki Teksaskiej i dalej do Zachodniego Interioru; oraz prądowi okołobiegunowemu — wypływającego z zachodu na wschód wzdłuż północnego brzegu Ameryki, okalając główne wyspy północnej Kanady i Grenlandii, i poprzez północną Europę sięgającego do centralnej Rosji.

#### Wnioski

Podsumowując możemy stwierdzić, iż sedymentacja opok w późnym kampanie na obszarze dzisiejszej doliny środkowej Wisły, odbywała się w raczej spokojnym środowisku, odpowiadającemu dzisiejszemu pograniczu wewnętrznego i zewnętrznego szelfu, w strefie fotycznej na głębokości od 100 do 200 m. Środowisko to charakteryzowało się wodami o normalnym zasoleniu, o czym świadczy fauna szkarłupniowa, głowonogowa i ramienionogowa. Wody przydenne, jak również powierzchniowe, były dobrze natlenione, o czym świadczy prawie zupełny brak materii organicznej pochodzenia morskiego oraz utlenione związki żelaza. Prawdopodobne jest, iż dobre natlenienie zbiornika podtrzymywane było bujną roślinnością morską, na co dowodem jest obecność ślimaków roślinożernych i

biomarkerów. Podłoże charakteryzowało się twardszą konsystencją osadu, które umożliwiło rozwój gąbkom, larwom ramienionogów i małży, a także poruszanie się organizmom pełzającym. Spore przestrzenie dna mogły również być złożone z miękkiego osadu, o czym świadczy przystosowana do takich warunków życia epifauna. Taka niejednorodność podłoża mogła nawet być głównym czynnikiem, który wpłynął na końcową różnorodność kampanijskiej biocenozy, stwarzając różne biotopy dla organizmów odmiennie przeprowadzających strategię swojego rozwoju.

Składam serdeczne podziękowania Prof. Ryszardowi Marciniowskiemu z Instytutu Geologii UW, Prof. Grzegorzowi Rackiemu i dr Elenie Jazykowej z Wydziału Nauk o Ziemi UŚ, oraz anonimowemu recenzentowi za krytyczne uwagi odnośnie pierwotnej wersji niniejszego tekstu. Dziękuję również dr Leszkowi Marynowskiemu z Wydziału Nauk o Ziemi UŚ za wykonanie i pomoc w interpretacji wyników analizy GC-MS i dr hab. Ireneuszowi Walaszczykowi z Instytutu Geologii Podstawowej UW, za pomoc w oznaczeniu inoceramów.

### Literatura

- ABERHAN M. 1994 — Guild-structure and evolution of Mesozoic benthic shelf communities. *Palaios*, 9: 516–545.
- ABDEL-GAWAD G.I. 1986 — Maastrichtian non-cephalopod mollusks (Scaphopoda, Gastropoda and Bivalvia) of the Middle Vistula Valley, Central Poland. *Acta Geol. Pol.*, 36: 69–223.
- ABDEL-GAWAD G.I. 1990 — Some gastropods from the Upper Campanian of the Middle Vistula Valley, Central Poland. *Acta Geol. Pol.*, 40: 97–110.
- BLASZKIEWICZ A. 1966 — Uwagi o stratygrafii kampanu i mastrychtu doliny środkowej Wisły. *Kwart. Geol.*, 10: 1060–1071.
- BLASZKIEWICZ A. 1980 — Campanian and Maastrichtian ammonites of the Middle Vistula River Valley, Poland: A stratigraphic — paleontological study. *Pr. Inst. Geol.*, 42: 1–63.
- BOTTJER D.J. 1981 — Structure of Upper Cretaceous chalk benthic communities, Southwestern Arkansas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 34: 225–256.
- BRETT C.E. 1998 — Sequence stratigraphy, paleoecology, and evolution: Biotic clues and responses to sea-level fluctuations. *Palaios*, 13: 241–262.
- BRIGGS J.C. 1996 — Global biogeography. *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, 14.
- COBBAN W.A. 1993 — Diversity and distribution of Late Cretaceous Ammonites, Western Interior, United States. [W:] Caldwell W.G.E. & Kauffman E.G. (eds), *Evolution of the Western Interior Basin*. Geological Association of Canada, Spec. Paper, 39: 435–451.
- DHONDT A.V. 1985 — Late Cretaceous bivalves from the A10 exposures in Northern Aquitaine. *Cretaceous Res.*, 6: 33–74.
- DHONDT A.V. 1993 — Upper Cretaceous bivalves from Tercis, Landes, SW France. *Bulletin De L'Institut Royal Des Sciences Naturelles De Belgique, Sciences De La Terre*, 63: 211–259.
- DHONDT A.V. & DIENI I. 1990 — Unusual inoceramid-spondyliid association from the Cretaceous Scaglia Rossa of Passo Del Brocon (Trento, N. Italy) and its palaeoecological significance. *Memorie Di Scienze Geologiche*, 42: 155–187.
- DHONDT A.V., MALCHUS N., BOUMAZA L. & JAILLARD E. 1999 — Cretaceous oysters from North Africa: origin and distribution. *Bull. Soc. géol. France*, 170: 67–76.
- ELDER W.P. 1996 — Bivalves and gastropods from the Middle Campanian Anacacho Limestone, South Central Texas. *J. Paleontology*, 70: 247–271.
- FÜRSICH F.T. 1976 — Fauna-substrate relationships in the Corallian of England and Normandy. *Lethaia*, 9: 343–356.
- GA DZICKA E. 1978 — Zespoły nannoplanktonu wapiennego z pogranicza kredy i trzeciorzędu Polski centralnej (wyżyna lubelska). *Acta Geol. Pol.*, 28: 335–375.
- GRADZIŃSKI R., KOSTECKA A., RADOMSKI A. & UNRUG R. 1986 — Zarys sedimentologii. *Wyd. Geol.*
- HALLAM A. 1992 — Phanerozoic Sea-Level changes. Columbia University Press, New York.
- HANCOCK J.M. 1993 — Transatlantic correlations in the Campanian–Maastrichtian stages by eustatic changes of sea-level. [W:] Hailwood E.A. & Kidd R.B. (eds) — *High resolution stratigraphy*. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 70: 241–256.
- HARTGERS W.A. 1993 — Identification of C<sub>2</sub>–C<sub>4</sub> alkylated benzenes in flash pyrolysates of kerogens, coals and asphaltenes. *J. Chromatography*, 606: 211–220.
- HARTGERS W.A., SINNINGHE-DAMSTE J.S. & DE LEEUW J.W. 1994 — Geochemical significance of alkylbenzene distributions in flash pyrolysates of kerogen, coals, and asphaltenes. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 58: 1759–1775.
- HAY W.M. 1995 — Cretaceous Paleooceanography. *Geol. Carpathica*, 46: 257–266.
- HARPER D.A.T. & MORAN R. 1997 — Brachiopod life styles. *Geology Today*, Nov–Dec: 235–238.
- JARVIS I., MABROUK A., MOODY R.T.J. & DE CABRERA S. 2002 — Late Cretaceous (Campanian) carbon isotope events, sea-level change and correlation of the Tethyan and Boreal realms. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 188: 215–248.
- KAUFFMAN E.G. 1975 — Dispersal and biostratigraphic potential of Cretaceous benthonic Bivalvia in the Western Interior. *Geological Ass. Canada, Spec. Paper*, 13: 163–194.
- KENNEDY W.J. & LUNN G. 2000 — Upper Campanian (Cretaceous) Ammonites from the Shinarish Formation, Djebel Sinjar, Northwest Iraq. *J. Paleontology*, 74: 464–473.
- KENNEDY W.J. & COBBAN W.A. 2001 — Campanian (Late Cretaceous) Ammonites from the upper part of the Anacacho Limestone in South-Central Texas. *Acta Geol. Pol.*, 51: 15–30.
- KONDO Y. 1998 — Adaptive strategies of suspension-feeding, soft-bottom infaunal bivalves to physical disturbance: Evidence from fossil preservation. [W:] Johnston P. A. & Haggart J. W. (eds), *Bivalves: An eon of evolution — Paleobiological studies honoring Norman D. Newell*. University of Calgary Press: 377–391.
- KONGIEL R. 1962 — On belemnites from Maastrichtian, Campanian and Santonian sediments in the Middle Vistula Valley (Central Poland). *Pr. Muz. Ziemi*, 5: 1–148.
- LEHMANN J. & WIPPICH M.G.E. 1995 — Oyster attachment scar preservation of the Late Maastrichtian ammonite *Hoploscaphites constrictus*. *Acta Palaeont. Pol.*, 40: 437–440.
- MARCINOWSKI R. & WIEDMANN J. 1990 — The Albian ammonites of Poland. *Palaeont. Pol.*, 50: 1–94.
- PERYT D. 1980 — Planctic foraminifera zonation of the Upper Cretaceous in the Middle Vistula River Valley, Poland. *Palaeont. Pol.*, 41: 1–97.
- PETERS K.E. & MOLDOWAN J.M. 1993 — The biomarker guide. Prentice Hall.
- POPIEL-BARCZYK E. 1968 — Upper Cretaceous Terebratulids (Brachiopoda) from the Middle Vistula Gorge. *Pr. Muz. Ziemi*, 12: 1–36.
- POPIEL-BARCZYK E. 1986 — Upper Cretaceous Rhynchonellids (Brachiopoda) from the Middle Vistula Valley. *Pr. Muz. Ziemi*, 40: 1–21.
- POŻARYSKI W. 1938 — Stratygrafia senonu w przełomie Wisły między Rachowem i Puławami. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 6: 1–94.
- PRAHL F.G., DE LANGE G.J., SCHOLTEN S. & COWIE G. 1997 — A case of post-depositional aerobic degradation of terrestrial organic matter in turbidite deposits from the Madeira Abyssal Plain. *Organic Geochemistry* 27: 141–152.
- SCOTT R.W. 1974 — Bay and shoreface benthic communities in the Lower Cretaceous. *Lethaia*, 7: 315–330.
- TANABE K. 1979 — Palaeoecological analysis of ammonoid assemblages in the Turonian *Scaphites* facies of Hokkaido, Japan. *Palaeontology*, 22: 609–630.
- TANABE K., OBATA I. & FUTAKAMI M. 1978 — Analysis of ammonoid assemblages in the Upper Turonian of the Manji area, Central Hokkaido. *Bull. Nat. Sci. Mus., Ser. C (Geol.)*, 4: 37–60.
- WALASZCZYK I., COBBAN W. A. & HARRIES P. J. 2001 — Inoceramids and inoceramid biostratigraphy of the Campanian and Maastrichtian of the United States Western Interior Basin. *Revue de Paléobiologie*, 20: 117–234.
- WALASZCZYK I., COBBAN W.A. & ODIN G.S. 2002 — The inoceramid succession across the Campanian–Maastrichtian boundary. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 49: 53–60.
- WESTERMANN G.E.G. 1996 — Ammonoid life and habitat. [W:] Landman N. i in. (eds), *Ammonoid paleobiology*: 608–695. Plenum Press.
- WESTERMANN G.E.G. 2000 — Marine faunal realms of the Mesozoic: review and revision under the new guidelines for biogeographic classification and nomenclature. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 163: 49–68.
- WIGNALL P.B. 1990 — Benthic palaeoecology of the late Jurassic Kimmeridge Clay of England. *Spec. Papers in Palaeontology*, 43: 1–74.
- WIGNALL P.B. 1993 — Distinguishing between oxygen and substrate control in fossil benthic assemblages. *J. Geol. Soc., London*, 150: 192–196.
- ZATOŃ M. 2001 — Makrofauna górnego kampanu okolic Sulejowa (dolina środkowej Wisły). *Arch. Wyd. Nauk o Ziemi UŚ, Sosnowiec*.