

## Dańskie amonity — obecny stan wiedzy i perspektywy badań

Marcin Machalski<sup>1</sup>, John W.M. Jagt<sup>2</sup>, Claus Heinberg<sup>3</sup>, Neil H. Landman<sup>4</sup>, Eckart Håkansson<sup>5</sup>



M. Machalski



J.W.M. Jagt



C. Heinberg



N.H. Landman



E. Håkansson

**Danian ammonites — The present state of knowledge and perspectives for future research.** *Prz. Geol.*, 57: 486–493.

*Abstract.* To date, the strongest arguments for ammonite survival into the Danian (earliest Paleogene) are based on material from the lower Danian Cerithium Limestone at Stevns Klint (Denmark), where ammonites occur above a clay layer with impact products at its base, the latter defining the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) boundary. The best-preserved specimen is filled with Danian sediment rather than with Maastrichtian chalk, which would be expected had this been reworked material. Arguments for ammonite survival into the Danian have also been provided by specimens from the sporomorph and calcareous nannoplankton-dated lowermost Danian strata of Meerssen Member unit IVf-7, the Netherlands. Their good preservation indicates that they were not subject to any significant transport or redeposition. However, there are no unequivocal impact-related signatures in unit IVf-7, except for rare shocked quartz grains, recorded from burrows at its base. Sections in the Manasquan Basin, New Jersey, USA, provide equivocal data as far as the problem of ammonite survival into the Danian is concerned. At the top of the Tinton Formation there is a Pinna layer replete with fossils, inclusive of ammonites. Their exquisite preservation and occurrence in monospecific clusters rule out redeposition. The Pinna layer contains exclusively late Maastrichtian microfossils. However, a clear iridium anomaly has been noted at its base. Either the New Jersey ammonites survived the K-Pg event for a short time or the iridium is not in situ due to post-depositional repositioning by percolating water. Planned work is to focus on: 1) a detailed centimetre by centimetre sampling of some Cerithium Limestone basins in Denmark in search of additional ammonite material, 2) palaeontological and taphonomic analysis of ammonites and search for impact signatures in unit IVf-7 in the Netherlands, and 3) geochemical study of the iridium anomaly in New Jersey in order to determine whether its position in respect to the ammonite-bed is original or secondary.

**Key words:** ammonites, K-Pg boundary, mass extinctions, survival, recovery, impact, iridium anomaly, Maastrichtian, Danian, Denmark, the Netherlands, New Jersey

Nauka o masowych wymieraniach wciąż się rozwija. W ostatnich latach badacze zainteresowali się zjawiskiem przeżywania masowych wymierań bez odrodzenia (ang. *mass extinction survival without recovery*, patrz Jablonski, 2002). Polega ono na przeżyciu głównej fazy wymierania przez nielicznych przedstawicieli danej grupy, którzy giną bezpotomnie jakiś czas potem. Przykładem organizmów, które przeżyły masowe wymieranie bez odrodzenia są ramienionogi z grupy spiriferidów, które dotrwały do wczesnej jury po wymieraniu na granicy perm-trias; głowonogi z grupy klimenii, które na krótko przetrwały wydarzenie Hangenberg w późnym dewonie (Korn i in., 2004), a być

może także paleoceńskie dinozaury z basenu San Juan w Nowym Meksyku (Fassett, 2009; Fassett i in., 2002). Wiele wskazuje na to, że do listy przykładów przeżywania bez odrodzenia należy dodać amonity.

W niniejszym artykule autorzy pragną przedstawić dotychczasowy stan wiedzy na temat prawdopodobnie dańskich amonitów oraz zarysować perspektywy dalszych badań.

### Historia badań

Jeszcze niedawno powszechnie przyjmowano, że amonity nie przeżyły wymierania na granicy kreda-paleogen (w skrócie K-Pg, dawniej kreda-trzeciorzęd, czyli K-T). Istniały jednak rozbieżności w poglądach, czy głowonogi te wymierały stopniowo i wygasły jeszcze przed końcem mastrychtu (Wiedmann, 1988), czy też spotkała je raptowna zagłada dokładnie na granicy mastrycht-dan (Alvarez i in., 1984). Spory te tracą na ostrości wobec przypuszczenia, że w niektórych częściach świata amonity przeszły granicę K-Pg i żyły jeszcze w początkach danu. Ze znakiem zapytania pogląd taki wypowiedzieli Smit i Brinkhuis (1996), Surlyk i Nielsen (1999), Jagt (2002), Jagt i in. (2003) oraz Landman i in. (2007). Natomiast jednoznacznie za przejściem amonitów do danu opowiedzieli się Machalski i Heinberg (2005), Machalski (2005) oraz

<sup>1</sup>Institut Paleobiologii PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa; mach@twarda.pan.pl

<sup>2</sup>Natuurhistorisch Museum Maastricht (SCZ), de Bosquetplein 6-7, NL-6211 KJ Maastricht, The Netherlands; john.jagt@maastricht.nl

<sup>3</sup>Institut for Miljø, Teknologi og Samfund, Roskilde Universitetscenter, Box 260, DK 4000 Roskilde, Denmark; heinberg@ruc.dk

<sup>4</sup>Division of Paleontology (Invertebrates), American Museum of Natural History, 79<sup>th</sup> Street at Central Park West, New York, NY 10024, USA; landman@amnh.org

<sup>5</sup>Institute of Geography and Geology, Øster Voldgade 10, DK-1350 Copenhagen K, Denmark; eckart@geo.ku.dk

Håkansson i in. (2008), tym samym negując wcześniejsze wnioski Machalskiego (2002).

### Metodologia

Globalny stratotyp dolnej granicy (GSSP — *Global Stratotype Section and Point*) danu, a tym samym granicy kreda-paleogen, został wyznaczony w spągu pokładu itu (tzw. itu granicznego) w okolicach El Kef w Tunezji (Cowie i in., 1989; Molina i in., 2006). Tak zdefiniowana granica K-Pg jest zgodna z anomalią irydową i innymi świadectwami upadku planetoidy na Ziemię, takimi jak zszokowany kwarc, kulki szkliska czy mikrodiamenty (Alvarez i in., 1980; Smit, 1999; Molina i in., 2006). Innymi słowy, w sensie geochronologicznym granica K-Pg jest wyznaczona przez impakt, a wszystkie utwory będące jego produktami należą z definicji do danu (Molina i in., 2006).

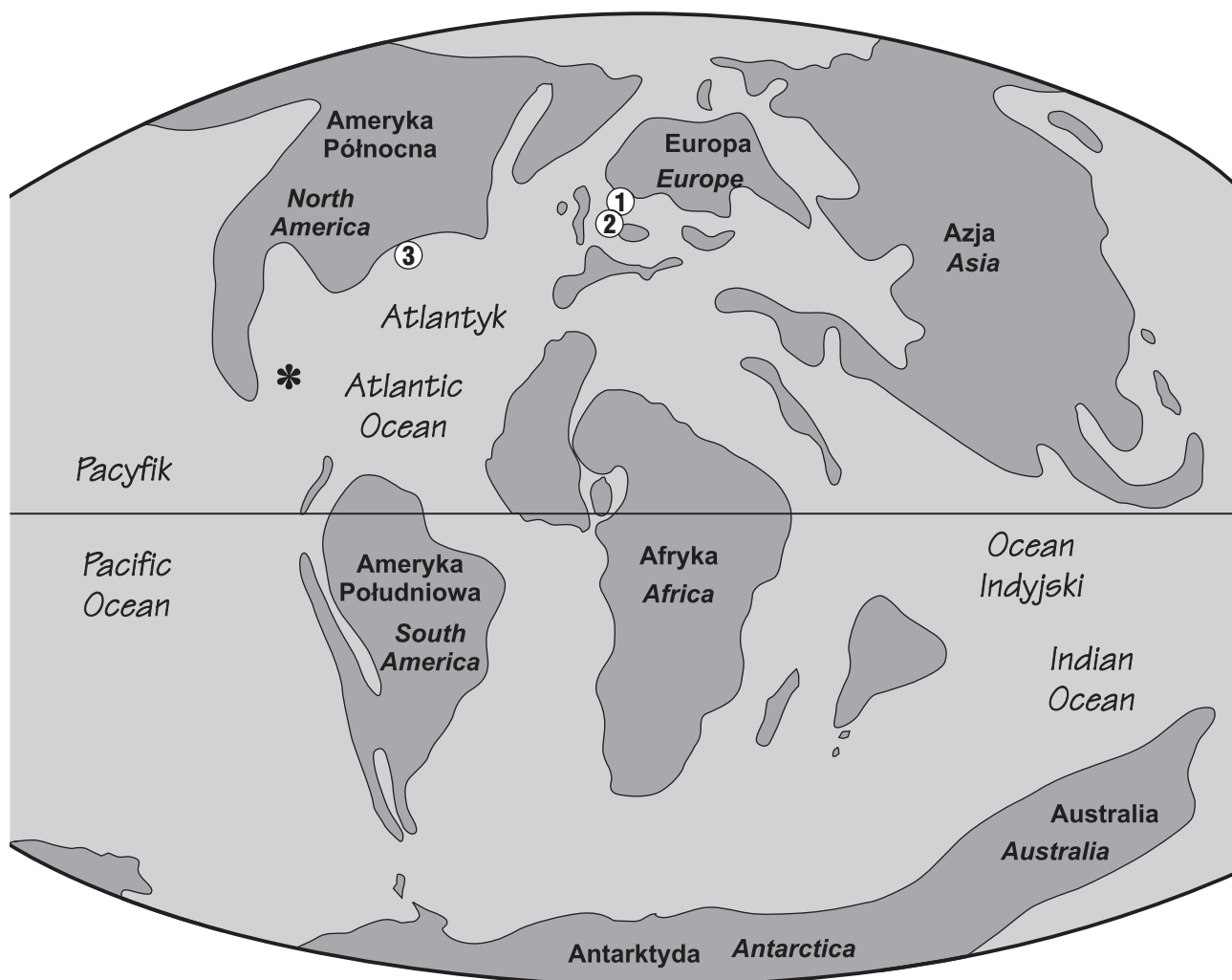
Poziom z produktami impaktu jest doskonałym reperelem czasowym o globalnym zasięgu, który powstał w skali kilku dni, miesięcy lub co najwyżej lat (Smit & Romein, 1985; Smit, 1999; Molina i in., 2006). Ta unikatowa global-

na izochrona pozwala na testowanie wzorców wymierania i przeżywania na granicy K-Pg (Paul, 2005). Należy dodać, że doniesienia o większej liczbie impaktów wokół granicy K-Pg (np. Keller i in., 2003) opierają się tylko na kontrolowanych danych z obszaru Zatoki Meksykańskiej i wymagają potwierdzenia w innych rejonach świata.

### Kluczowe stanowiska

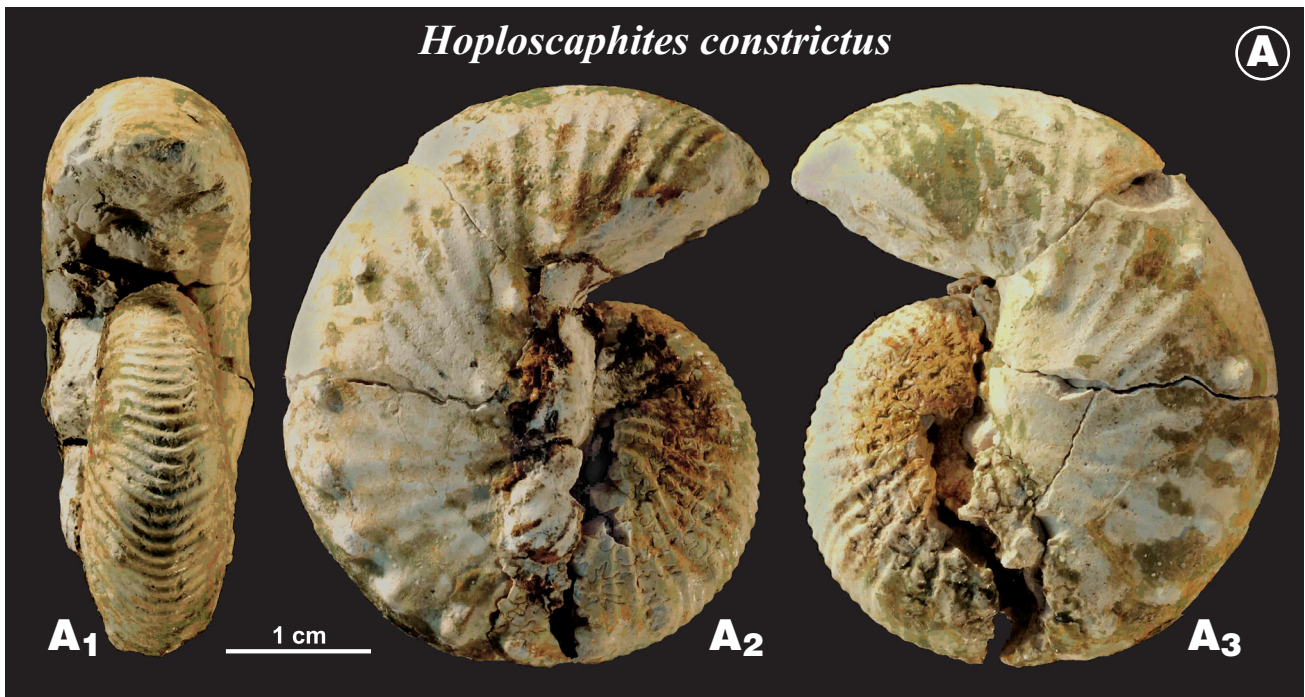
Kluczowe znaczenie dla problematyki dańskich amonitów mają odsłonięcia K-Pg w trzech rejonach (ryc. 1): w Stevns Klint w Danii (Surlyk & Nielsen, 1999; Machalski & Heinberg, 2005; Håkansson i in., 2008), w okolicach Maastricht w Holandii (Smit & Brinkhuis, 1996; Jagt, 2002; Jagt i in., 2003) oraz na obszarze hrabstwa Monmouth w stanie New Jersey w USA (Landman i in., 2007).

**Dania.** Ponaddwunastokilometrowej długości pas wychodni mastrychtu i danu w klifie Stevns Klint, na południe od Kopenhagi, na Zelandii (ryc. 1) dostarcza wglądu w skomplikowaną architekturę tamtejszej sekwen-

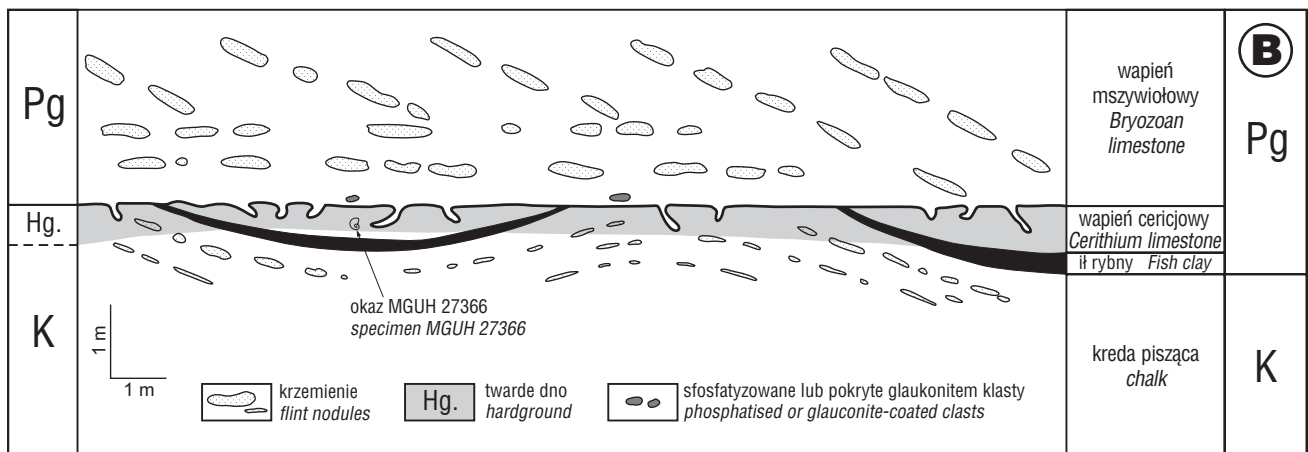


**Ryc. 1.** Mapa paleogeograficzna Ziemi na przełomie kredy i paleogenu (wg C.R. Scotese, <http://w.w.w.scotese.com/K/T.htm>). Kluczowe profile opisane w tekście: 1 — Stevns Klint; 2 — okolice Maastricht; 3 — New Jersey. Gwiazdka oznacza krater Chicxulub — miejsce impaktu, który zakończył okres kredowy

**Fig. 1.** Palaeogeographic map during the Cretaceous-Paleogene boundary interval (after C.R. Scotese at <http://w.w.w.scotese.com/K/T.htm>). Key sections as discussed in the text are: 1 — Stevns Klint; 2 — Maastricht area; 3 — New Jersey. Asterisk marks the Chicxulub crater — site of impact which ended the Cretaceous Period



**Profil sukcesji granicznej K-Pg w Stevns Klint**  
**Section of the K-Pg boundary interval as exposed at Stevns Klint**



**Ryc. 2. A** — Najlepiej zachowany okaz amonita z gatunku *Hoploscaphites constrictus* (okaz MGUH 27366 w zbiorach Muzeum Geologicznego w Kopenhadze) z wapienia cerithiumowego Stevns Klint, Dania (patrz także Machalski & Heinberg, 2005, ryc. 3, 6). **B** — Profil sukcesji granicznej K-Pg odsłaniającej się w Stevns Klint (wg Heinberga, 1999, zmodyfikowany)

**Fig. 2. A** — The best-preserved specimen of the scaphitid ammonite *Hoploscaphites constrictus* (specimen MGUH 27366 in the collections of the Geological Museum, Copenhagen) from the Cerithium Limestone as exposed at Stevns Klint, Denmark (see also Machalski & Heinberg, 2005, fig. 3, 6). **B** — Section of the K-Pg boundary interval as exposed at Stevns Klint (after Heinberg, 1999, modified)

cji granicznej K-Pg (ryc. 2B, Rosenkrantz, 1924; Surlyk, 1997; Hart i in., 2005; Surlyk i in., 2006). Najniższe utwory danu Stevns Klint są zaliczane do formacji Rødvig (Surlyk i in., 2006). Są to ił rybny (Fiskeler, Fiskeler Member, Fish Clay) z podwyższoną koncentracją irydu i innymi produktami impaktu w spągu (Alvarez i in., 1980) oraz wapień cerithiumowy (Cerithium Kalk, Cerithium Limestone, Cerithium Limestone Member), którego miąższość nie przekracza 90 cm (Machalski & Heinberg, 2005). Oba wymienione ogniwa dolnego danu wypełniają płytkie baseny na nierównej powierzchni bioherm mszywiolowych późnego masystrichtu (ryc. 2B).

Dańskie wypełnienia basenów oraz szczyty masystrichtowych bioherm w Stevns Klint są ścięte powierzchnią twar-

dego dna, nad którą leżą utwory dańskiego wapienia mszywiolowego (Bryozoan Limestone). Spąg wapienia cerithiumowego jest coraz młodszy ku północy (Heinberg, 2005, patrz także Rasmussen i in., 2005). Wapień cerithiumowy zawiera dość ubogą faunę danu, w której uderza prawie całkowity brak formy o szkieletach zbudowanych z niskomagnezowego kalcytu (Heinberg, 2005, patrz także Håkansson & Thomsen, 1999 w odniesieniu do profilu na Jutlandii).

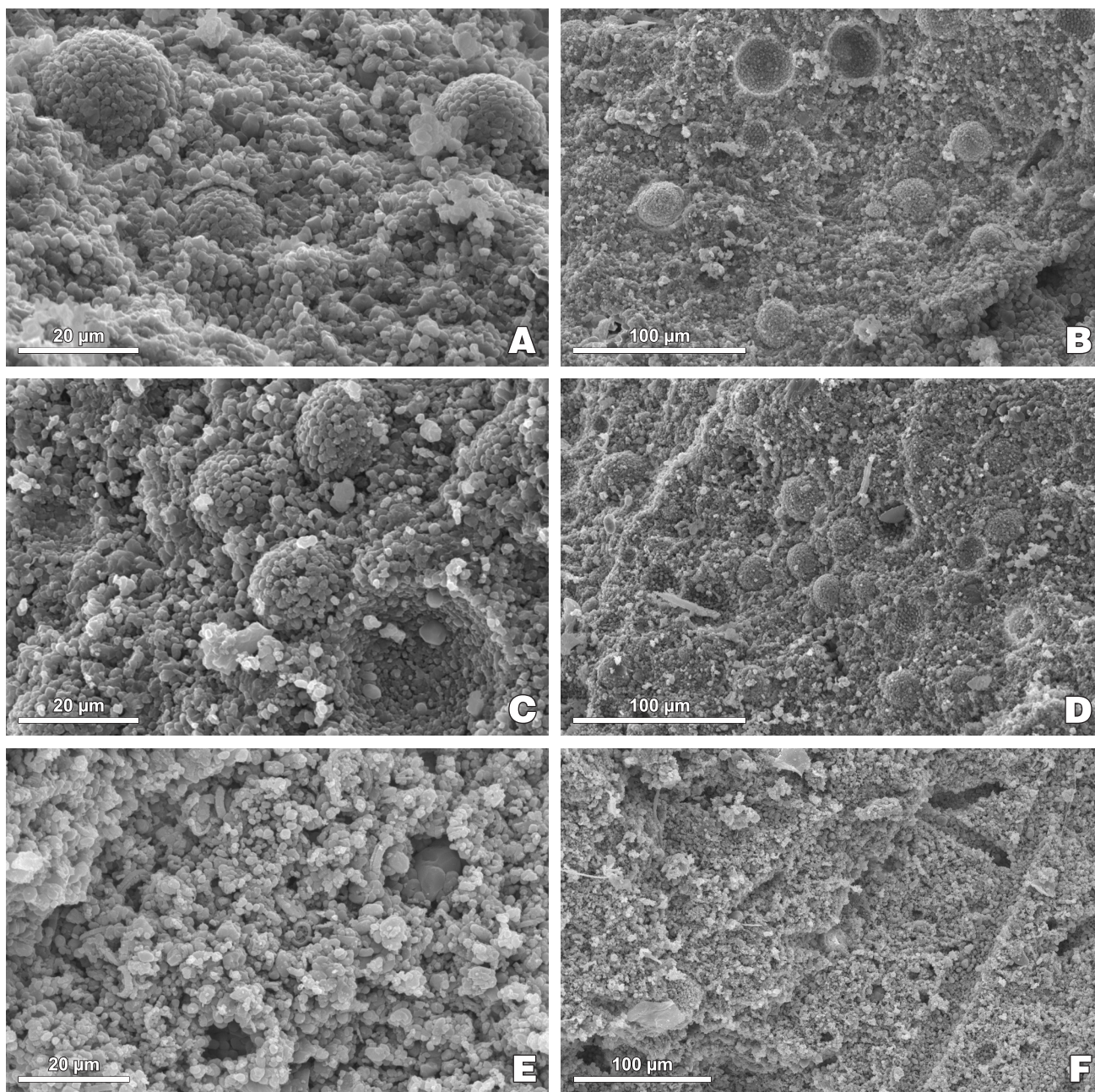
Rzadkie znaleziska amonitów w wapieniu cerithiumowym, zachowanych przeważnie w postaci fragmentarycznych odcisków lub osródek, znane były już od czasów Rosenkrantza (1924). Ze względu na dominujące przekonanie, że amonity nie przeszły granicy K-Pg, znaleziska te były rutynowo interpretowane jako materiał redeponowany z utwo-



rów górnego mastrychtu (Birkelund, 1993). Pierwszego wyłomu w tym poglądzie dokonali Surlyk & Nielsen (1999). Na podstawie pary aptychów tkwiących w krzemieniu o dańskiej charakterystyce (patrz krytyczny komentarz w Machalski, 2002), który został znaleziony na plaży u podnóża Stevns Klint, zasugerowali, że amonity z wapienia cericjowego mogą reprezentować osobniki żyjące w danie.

Kilka lat później Machalski & Heinberg (2005) dokonali analizy tafonomicznej jedenastu okazów amonitów z wapienia cericjowego odsłaniającego się w Stevns Klint, które zaliczyli do gatunków *Hoploscaphites constrictus* oraz *Baculites vertebralis*. Machalski i Heinberg (2005)

stwierdzili, że fragmokon najlepiej zachowanego okazu z gatunku *Hoploscaphites constrictus* (ryc. 2A) jest wypełniony typowym wapieniem cericjowym, który różni się od występującej niżej mastrychckiej kredy piszącej specyficzną teksturą (por. Hansen, 1990), podrzędnym występowaniem mszywiolów i kokolitów oraz dominacją wapiennych dinocyst (ryc. 3). Co więcej, w oszczędzonych przez diagenезę fragmentach wypełnienia tego amonita zidentyfikowano okazy charakterystycznej dla danu wapiennej dinocysty *Operculodinella operculata* (Machalski & Heinberg, 2005). Na wysokich szerokościach geograficznych gatunek ten jest praktycznie nieobecny w utworach



**Ryc. 3.** Obrazy SEM nadłamanej powierzchni wapienia ze Stevns Klint: **A i B** — wapień otaczający okaz MGUH 27366 (patrz ryc. 2A); **C i D** — wapień wypełniający okaz MGUH 27366; **E i F** — kreda pisząca podścielająca jeden z basenów wapienia cericjowego (A–D wg Machalskiego & Heinberga, 2005, ryc. 7)

**Fig. 3.** SEM images of fractured limestone surfaces from Stevns Klint. **A and B** — Limestone surrounding specimen MGUH 27366 (see Fig. 2A); **C and D** — Limestone matrix of the infill of specimen MGUH 27366; **E and F** — White chalk directly below a Cerithium Limestone basin. A–D taken from Machalski & Heinberg (2005, Fig. 7)



mastrychtu (patrz przegląd literatury w Machalski & Heinberg, 2005).

Machalski i Heinberg (2005) wykluczyli także możliwość znaczącej redepozycji skamieniałości mastrychtu do utworów danu w profilu Stevns Klint. Głównym argumentem na rzecz tego poglądu było masowe występowanie kalcytowych skamieniałości, np. muszli ostryg i przegrzebków lub mikromorficznych ramienionogów, w kredzie piszczącej najwyższego mastrychtu Stevns Klint i ich znikomy udział w zespole z wapienia cericjowego. Z tej ostatniej jednostki znanych jest bowiem tylko kilka okazów małżów o kalcytowych skorupach, a ramienionogów zupełnie brak. Argumenty te skłoniły Machalskiego i Heinberga (2005) do sformułowania tezy, że w Danii amonity przeżyły granicę K-Pg (patrz także Håkansson i in., 2008).

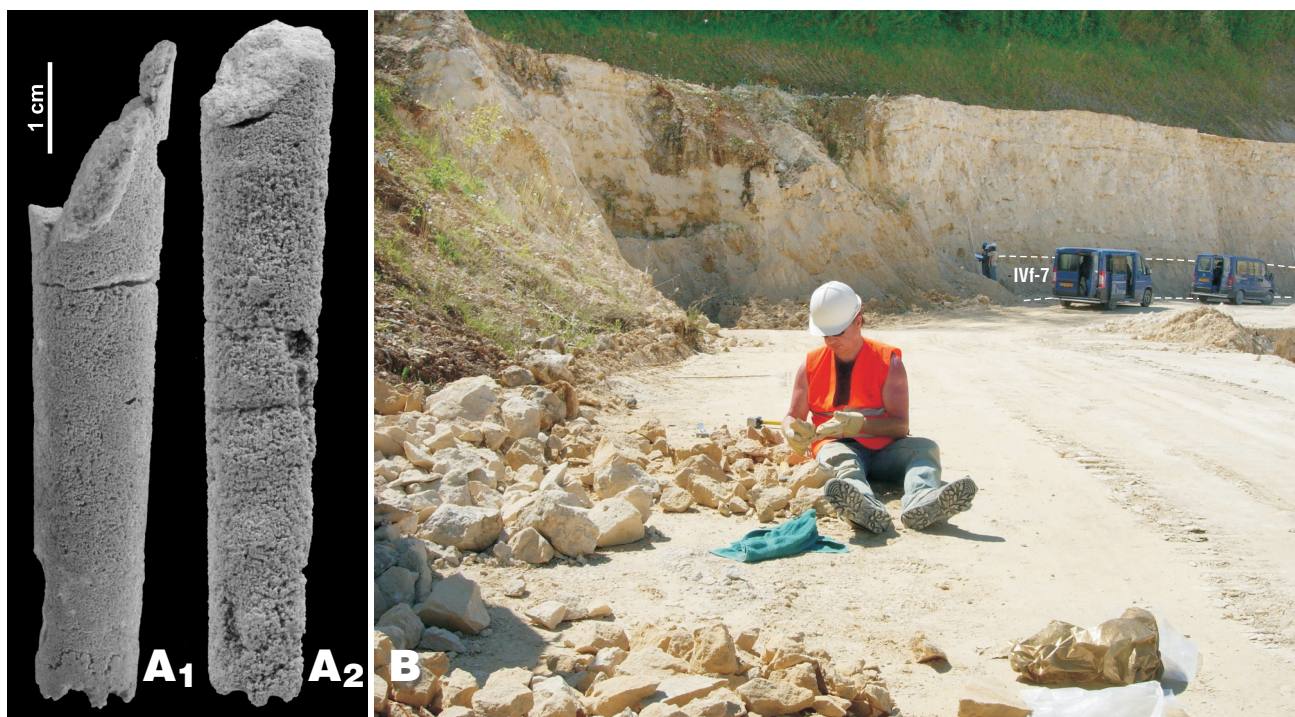
Przeżycie dwóch gatunków amonitów do wczesnego danu w Danii można uznać za bardzo prawdopodobne, choć najmocniejszy dowód jest oparty na analizie wypełnienia tylko jednego okazu. Autorzy niniejszego artykułu mają nadzieję, że planowane przez nich prace terenowe dostarczą ze Stevns Klint okazów podobnej jakości, których wypełnienia będą się nadawać do analizy tafonomicznej i biostratygraficznej.

Do tej pory nie sporządzono ilościowej dokumentacji występowania amonitów i innych skamieniałości w interwale granicznym K-Pg w Stevns Klint, w tym w konkretnych basenach wapienia cericjowego oraz w ich bezpośrednim podłożu. Dotychczasowe znaleziska amonitów z wapienia cericjowego są bowiem wynikiem wrywkowych poszukiwań skamieniałości lub „produktem ubocznym” żmudnej obróbki pojedynczych próbek tej skały,

które pobrano z różnych miejsc w Stevns Klint w ramach badań nad wzorcami przeżywania granicy K-Pg przez małże (Heinberg, 1999, 2005). By wypełnić tę lukę poznawczą, autorzy niniejszego artykułu planują (w ramach przyznanego na początku 2009 r. grantu fundacji Carlsberga) szczegółowe — centymetr po centymetrze — opróbowanie kilku basenów wapienia cericjowego oraz stykających się z nimi utworów mastrychtu. Szczególny nacisk zostanie położony na precyzyjne ustalenie stosunków ilościowych między szczątkami amonitów oraz innych organizmów po obu stronach granicy K-Pg.

**Holandia.** Identyfikacja profilu osadów najniższego danu w podziemnych wyrobiskach Geulhemmerberg koło Maastricht w Holandii (ryc. 1) stała się sensacją geologiczną końca ubiegłego wieku (Brinkhuis & Smit, 1996; Smit & Brinkhuis, 1996). Utwory te, określane jako wydzielanie IVf-7, osiągają miąższość kilku metrów i stanowią najwyższą część ogniwa Meerssen, najwyższego ogniwa formacji Maastricht (Meerssen Member, Maastricht Formation). Są one wykształcone w postaci biokalkarenitów z przelawiczeniami ilastymi oraz muszlowcowymi (Brinkhuis & Smit, 1996; Smit & Brinkhuis, 1996).

Wydzielenie IVf-7 było przez długi czas uznawane za przystropową część piętra mastrychckiego (patrz przegląd literatury w Jagt i in., 1996). Dopiero niedawno zaliczono je do najniższego danu, m.in. na podstawie występowania dańskich gatunków wapiennych dinocyst oraz sporomorf (patrz podsumowanie w pracy Smit & Brinkhuis, 1996). W schemacie biostratygraficznym opartym na otwornicach



**Ryc. 4.** **A** — Ośrodki wewnętrzne amonitów *Baculites* aff. *anceps* (**A1** — okaz NHMM 9377a; **A2** — okaz nienumerowany, oba w kolekcji J.W.M. Jagta w Natuurhistorisch Museum Maastricht) z wydzielenia IVf-7 w kamieniołomie Curfs-Ankerpoort koło Maastricht; **B** — jeden z autorów niniejszej pracy (J.W.M. Jagt) podczas zbierania skamieniałości w tym kamieniołomie

**Fig. 4.** **A** — Internal moulds of *Baculites* aff. *anceps* (**A1**— specimen NHMM 9377a; **A2** — unnumbered specimen, both in the J.W.M. Jagt Collections at the Natuurhistorisch Museum Maastricht) from unit IVf-7 as exposed at the former Curfs-Ankerpoort quarry near Maastricht; **B** — One of the authors of the present paper (J.W.M. Jagt) during fossil collecting at this quarry

planktonowych utwory te należą do poziomu P0 najniższego danu (Smit & Zachariasse, 1996).

Podobnie jak wapień cericjowy z Danii, utwory wydzielienia IVf-7 w Holandii wypełniają obniżenia w podścielających je utworach mastrychtu (Brinkhuis & Smit, 1996; Smit & Brinkhuis, 1996; Herngreen i in., 1998). Spąg wydzielienia IVf-7 stanowi horyzont Berg en Terblijt. Jest on uznawany za twarde dno (patrz Smit & Brinkhuis, 1996), lecz w istocie nie wykazuje cech genetycznych powierzchni tego typu (Machalski, 2002). Prawdziwe twarde dno stanowi natomiast strop jednostki IVf-7, określany jako horyzont Vroenhoven. W skali regionalnej oba horyzonty zlewają się na wyniesieniach paleoreliefu (Brinkhuis & Smit, 1996; Herngreen i in., 1998).

Oprócz innej fauny utwory wydzielienia IVf-7 zawierają stosunkowo liczne szczątki amonitów (Smit & Brinkhuis, 1996; Jagt, 1999, 2002; Jagt i in., 2003). Są one zachowane w postaci ośródek lub odcisków. Większość okazów amonitów zebrano nie w podziemiach Geulhemmerberg, lecz w pobliskim kamieniołomie Curfs-Ankerpoort (ryc. 4A, B; Smit & Brinkhuis, 1996; Jagt, 2002; Jagt i in., 2003), gdzie wydzielienie IVf-7 również się odsłania. Występują tu przedstawiciele gatunków *Baculites vertebralis*, *B. aff. anceps*, *Baculites* n. sp., *Eubaculites carinatus* oraz *Hoploscaphites constrictus* (Jagt i in., 2003). Wobec zakończenia w tym roku prac w kamieniołomie Curfs-Ankerpoort pozyskanie nowych materiałów z tego stanowiska jest niemożliwe.

Bardzo dobry stan zachowania wielu okazów amonitów z wydzielienia IVf-7, w tym obecność kompletnych, językowatych wyrostków aperturalnych u bakulitów (ryc. 4A), sugeruje brak znaczącego transportu lub redepozycji muszli tych głowonogów (Jagt, 2002; Jagt i in., 2003). Analiza wypełnień muszli skafitów i bakulitów wskazuje ponadto, że ich wnętrza niczym nie różni się od otaczającej skały (Machalski, obserwacje niepublikowane). W świetle tych argumentów jest wysoce prawdopodobne, że fauna amonitowa z wydzielienia IVf-7 z okolic Maastricht w Holandii jest autochtoniczna i należy do danu. Wątpliwości może jednak budzić brak anomalii irydowej lub innych jednoznacznych śladów impaktu w spągu wydzielienia IVf-7 (patrz Smit & Brinkhuis, 1996). Pewne nadzieje na wypełnienie tej luki stwarza niepotwierdzone jeszcze odkrycie ziaren zszokowanego kwarcu w wypełnieniach nor, które występują w spągu wydzielienia IVf-7 w profilu Geulhemmerberg (Jan Smit, Amsterdam, [http://www.geo.vu.nl/~smit/home\\_smit.html](http://www.geo.vu.nl/~smit/home_smit.html)). Jeśli odkrycie to zostanie ostatecznie potwierdzone lub zostaną znalezione inne ślady impaktu, będzie to rozstrzygający argument na rzecz przeżycia „holenderskich” amonitów do najwcześniejszego danu. Równolegle do poszukiwań fizycznych oznak impaktu będą prowadzone badania nad paleontologią i tafonomią amonitów oraz innej fauny z wydzielienia IVf-7.

**New Jersey, USA.** Przy okazji budowy mostu w basenie rzeki Manasquan (Manasquan River Basin) w hrabstwie Monmouth w stanie New Jersey w USA (ryc. 1) został odkryty niezwykle interesujący profil osadów z pogranicza K-Pg (Landman i in., 2007). Przystropową część formacji Tinton (Tinton Formation), przykrytą niewątpliwie dańskimi osadami formacji Hornerstown

(Hornerstown Formation), stanowi bogaty w skamieniałości pokład piaskowca glaukonitowego (ryc. 5). Jest on określony jako warstwa z *Pinna* (*Pinna* Bed) z racji występowania w nim muszli małżów z rodzaju *Pinna* (Landman i in., 2007). Muszle tych małżów często są zachowane w pozycji przyżyciowej z wierzchołkami skierowanymi w dół. Warstwa z *Pinna* jest ścięta powierzchnią erozyjną, nad którą zalegają dańskie utwory formacji Hornerstown.

Warstwa z *Pinna*, o miąższości nie przekraczającej 20 cm, dostarczyła dotąd około 110 gatunków rozmaitej makrofauny, wśród której poczesne miejsce zajmują amonity. Są one reprezentowane przez 9 gatunków: *Pachydiscus mokotibensis*, *Sphenodiscus lobatus*, *Eubaculites carinatus*, *E. latecarinatus*, *Discoscaphites iris*, *D. sphaeroidalis*, *D. minardi*, *D. gulosus* oraz *D. jerseyensis* (Landman i in., 2007). Amonity są w niej zachowane w postaci niezmiennych aragonitowych muszli. Skafity i bakulity tworzą często jednogatunkowe skupienia, odzwierciedlające zapewne gromadny, przydenny tryb życia tych głowonogów. Znalaziono również dobrze zachowane aptychy skafitów, w tym jeden okaz wciąż tkwiący w komorze mieszkalnej osobnika *Discoscaphites iris* (Landman i in., 2007). Stan zachowania i sposób występowania amonitów i innych skamieniałości w warstwie z *Pinna* wskazuje jednoznacznie, że jest to zespół autochtoniczny (Landman i in., 2007).

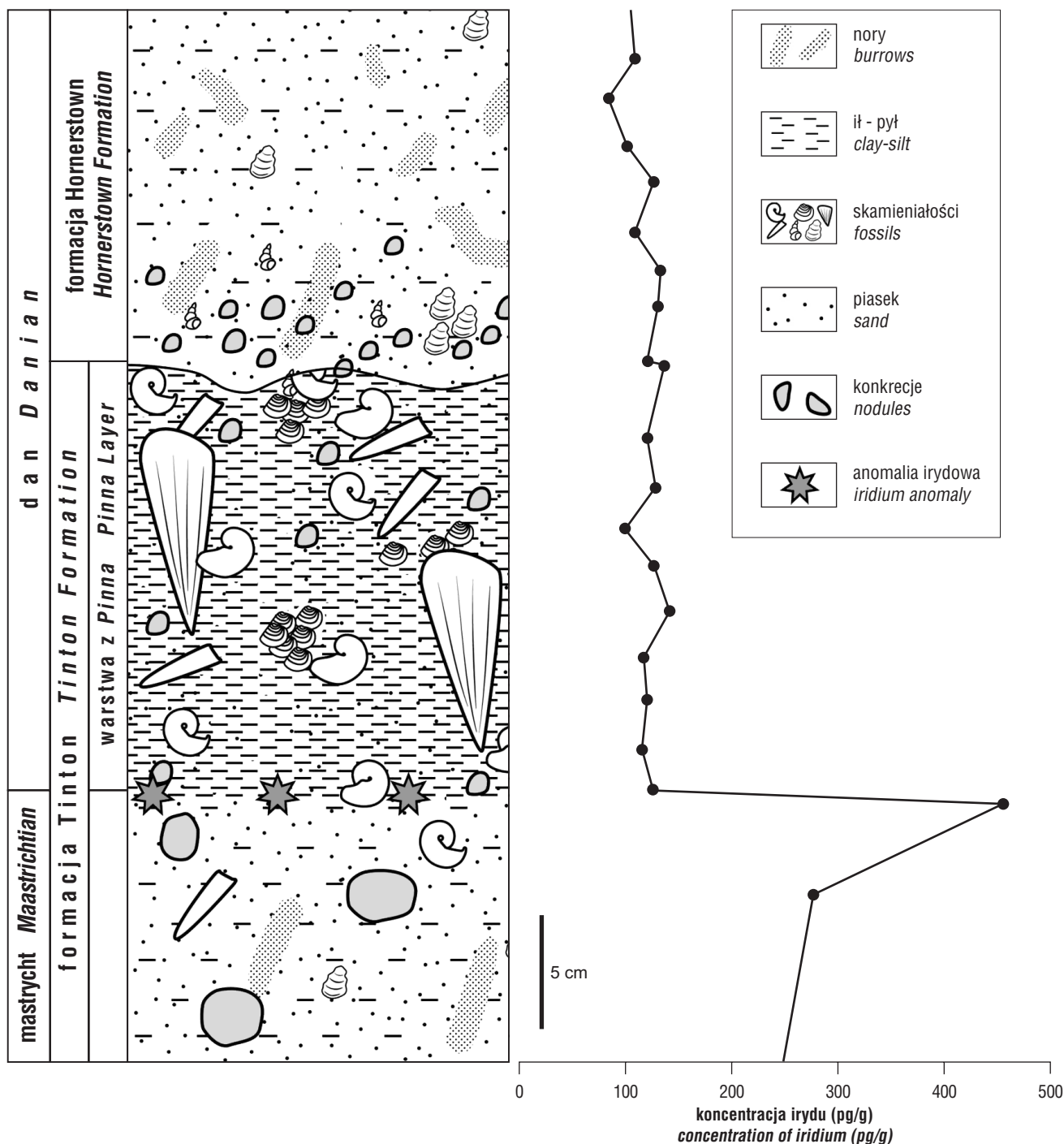
Dinoflagellaty obecne w warstwie z *Pinna* wskazują na najwyższy mastrycht (Landman i in., 2007). W rażącej sprzeczności z tym datowaniem pozostaje obecność anomalii irydowej, o wartości 450 pg/g w spągu warstwy z *Pinna* (ryc. 5). Anomalia ta jest na tyle wyraźna w stosunku do pomiarów z otaczających skał, że należy ją łączyć ze zjawiskiem impaktu, który zakończył okres kredowy (Landman i in., 2007, ryc. 3, 21). Nasuwają się dwie możliwości wy tłumaczenia tego zjawiska: 1) anomalia irydowa występuje *in situ* i warstwa z *Pinna* — wraz z zawartymi w niej amonitami — należy do najwcześniejszego danu; 2) anomalia irydowa pierwotnie była umiejscowiona w stropie warstwy z *Pinna*, lecz potem uległa przesunięciu na skutek działalności wód, które przesączały się przez porowaty osad (Landman i in., 2007). Planowane przez autorów niniejszej pracy badania będą się koncentrowały na pomiarach zawartości irydu w innych, nieopisanych jeszcze stanowiskach w basenie rzeki Manasquan i na poszukiwaniach innego typu świadectw impaktu, takich jak zszokowany kwarc lub szkliwo.

## Podsumowanie

Z przedstawionego w tym artykule przeglądu wynika nieco paradoksalny wniosek, że najmocniejszych jak dotąd dowodów na rzecz przeżycia amonitów do danu dostarczył najslabiej zachowany i najmniej liczny materiał z dańskiego wapienia cericjowego Danii. W tym przypadku w celu pełniejszej dokumentacji hipotezy o przejściu amonitów do danu konieczne jest zebranie większej ilości materiału i jego analiza pod kątem tafonomii i biostratygrafii oraz stosunków ilościowych pomiędzy poszczególnymi elementami faunistycznymi po obu stronach granicy K-Pg.

Lepiej zachowany i liczniejszy jest materiał amonitowy z wydzielienia IVf-7 w Holandii, które na podstawie danych biostratygraficznych zalicza się do najniższego danu.





Ryc. 5. Profil interwału granicznego K-Pg w basenie rzeki Manasquan w stanie New Jersey oraz koncentracja irydu w tym profilu (wg Landmana i in., 2007, ryc. 3 i 21 — zmodyfikowane)

Fig. 5. Stratigraphic section of the K-Pg boundary interval in the Manasquan River Basin, New Jersey and the concentration of iridium in that section (from Landman et al., 2007, figs 3 and 21 — modified)

Stan zachowania tego materiału wskazuje, że nie jest on redeponowany, a więc jest wieku dańskiego. Jednak przed wyciągnięciem ostatecznych wniosków konieczne jest potwierdzenie obecności ziaren zszokowanego kwarcu lub innych świadectw impaktu poniżej fauny amonitowej. Fauna amonitowa z wydzielenia IVf-7 wymaga też standardowego opisu paleontologicznego i analizy tafonomicznej.

Najlepiej zachowany i najliczniejszy jest materiał amonitowy zebrany w warstwie z *Pinna* w New Jersey w USA.

Stan jego zachowania wyklucza redepozycję okazów ze starszych warstw. Jednak dane biostratygraficzne wskazują na późnomastrychcki wiek osadu z amonitami, a anomalia irydowa stwierdzona w sągu warstwy z *Pinna* może być wtórnie przesunięta z jej stropu na skutek działania krążących w skale roztworów. W tym wypadku, aby można było przyjąć dański wiek amonitów, konieczne jest wykluczenie zjawiska migracji irydu lub znalezienie innych śladów impaktu w sągu warstwy z *Pinna*.

Podziękowania za pomoc w wykonaniu zdjęć oraz ilustracji otrzymują Aleksandra Hołda-Michalska, Grażyna Dziewińska, Kathy Sarg, Steve Thurston oraz Cyprian Kulicki (zdjęcia SEM). Gorące podziękowania autorzy składają Ireneuszowi Walaszczkowi oraz Robertowi Niedźwiedzkiemu za krytyczne recenzje niniejszej pracy.

## Literatura

- ALVAREZ L.W., ALVAREZ W., ASARO F. & MICHEL H.V. 1980 — Extraterrestrial cause for the Cretaceous/Tertiary extinction. *Science*, 208: 1095–1108.
- ALVAREZ L.W., ALVAREZ W., ASARO F. & MICHEL H.V. 1984 — The end of the Cretaceous: sharp boundary or gradual transition? *Science*, 223: 1179–1180.
- BIRKELUND T. 1993 — Ammonites from the Maastrichtian White Chalk of Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 40: 33–81.
- BRINKHUIS H. & SMIT J. 1996 — The Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Maastrichtian type area, SE Netherlands); an introduction. [In:] Brinkhuis H. & Smit J. (eds.), *The Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Maastrichtian type area, SE Netherlands)*. *Geologie en Mijnbouw*, 75: 101–106.
- COWIE J.W., ZIEGLER W. & REMANE J. 1989 — Stratigraphic Commission accelerates progress, 1984–1989. *Episodes*, 112: 79–83.
- FASSETT J.E. 2009 — New geochronologic and stratigraphic evidence confirms the Paleocene age of the dinosaur-bearing Ojo Alamo Sandstone and Animas Formation in the San Juan Basin, New Mexico and Colorado. *Palaeont. Electronica*, 12, 1, [http://palaeo-electronica.org/2009\\_1/index.html](http://palaeo-electronica.org/2009_1/index.html)
- FASSETT J.E., ZIELINSKI R.A. & BUDAHN J.R. 2002 — Dinosaurs that did not die: Evidence for Paleocene dinosaurs in the Ojo Alamo Sandstone, San Juan Basin, New Mexico. [In:] Koeberl C. & Macleod K.G. (eds), *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond*. The Geological Society of America, Sp. Paper, 356: 307–336.
- HÅKANSSON E., MACHALSKI M., HEINBERG C. & JAGT J.W.M. 2008 — The ammonite fauna of the type Danian (Denmark) and adjacent areas. *International Geological Congress Oslo 2008*, August 6–14<sup>th</sup>, HPF-10 Dawn of the Danian.
- HÅKANSSON E. & THOMSEN E. 1999 — Benthic extinction and recovery patterns at the K/T boundary in shallow water carbonates, Denmark. *Palaeogeogr. Palaeoclim., Palaeoecol.*, 154: 67–85.
- HANSEN H.J. 1990 — Diachronous extinctions at the K/T boundary; a scenario. [In:] Sharpton V.L. & Ward P.D. (eds), *Global catastrophes in Earth History; An interdisciplinary conference on impacts, volcanism, and mass mortality*. The Geological Society of America, Sp. Paper, 247: 417–423.
- HART M.B., FEIST S.E., HÅKANSSON E., HEINBERG C., PRICE G.D., LENG M.J. & WATKINSON M.P. 2005 — The Cretaceous-Paleogene boundary succession at Stevns Klint, Denmark: foraminifera and stable isotope stratigraphy. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 224: 6–26.
- HEINBERG C. 1999 — Lower Danian bivalves, Stevns Klint, Denmark: continuity across the K/T boundary. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 154: 87–106.
- HEINBERG C. 2005 — Morphotype biostratigraphy, diachronism, and bivalve recovery in the earliest Danian of Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 52: 81–95.
- HERNGREEN G.F.W., SCHURMAN H.A.H.M., VERBEEK J.W., BRINKHUIS H., BURNETT J.A., FELDER W.M. & KEDVES M. 1998 — Biostratigraphy of Cretaceous/Tertiary boundary strata in the Curfs quarry, the Netherlands. *Mededelingen van Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO*, 61: 1–58.
- JABLONSKI D. 2002 — Survival without recovery after mass extinctions. *Proc. Nat. Acad. USA*, 99: 8139–8144.
- JAGT J.W.M. 1999 — Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium — Part 1: Introduction and stratigraphy. *Scripta Geol.*, 116: 1–57.
- JAGT J.W.M. 2002 — Late Cretaceous ammonite faunas of the Maastrichtian type area. [In:] Summesberger H., Histon K. & Daurer A. (eds.), *Cephalopods — present and past*. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt Wien*, 57: 509–522.
- JAGT J.W.M., FELDER W.M., DORTANGS R.W. & SEVERIJNS J. 1996 — The Cretaceous/Tertiary boundary in the Maastrichtian type area (SE Netherlands, NE Belgium); a historical account. [In:] Brinkhuis H. & Smit J. (eds.), *The Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Maastrichtian type area, the Netherlands)*. *Geologie en Mijnbouw*, 75: 107–118.
- JAGT J.W.M., SMIT J. & SCHULP A.S. 2003 — ?Early Paleocene ammonites and other molluscan taxa from the Ankerpoort-Curf's quarry (Geulhem, southern Limburg, the Netherlands). [In:] Lamolda M.A. (ed.), *Bioevents: their stratigraphical records, patterns and causes*, Caravaca, 3<sup>rd</sup>–8<sup>th</sup> June 2003: 113. Ayuntamiento de Caravaca de la Cruz.
- KORN D., BELKA Z., FRÖHLICH S., RÜCKLIN M. & WENDT J. 2004 — The youngest African clymeniids (Ammonoidea, Late Devonian) — failed survivors of the Hangenberg Event. *Lethaia* 37: 307–315.
- LANDMAN N.H., JOHNSON R.O., GARB M.P., EDWARDS L.E. & KYTE F.T. 2007 — Cephalopods from the Cretaceous/Tertiary boundary interval on the Atlantic Coastal Plain, with a description of the highest ammonite zones in North America. Part III. Manasquan River Basin, Monmouth County, New Jersey. *Bull. American Museum of Natural History*, 303: 1–122.
- KELLER G., STINNESBECK W., ADATTE T. & STÜBEN D. 2003 — Multiple impacts across the Cretaceous-Tertiary boundary. *Earth-Science Rev.*, 62: 327–363.
- MACHALSKI M. 2002. — Danian ammonites: a discussion. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 49: 49–52.
- MACHALSKI M. 2005. — Late Maastrichtian and earliest Danian scaphitid ammonites from central Europe: Taxonomy, evolution, and extinction. *Acta Palaeont. Pol.*, 50: 653–696.
- MACHALSKI M. & HEINBERG C. 2005. — Evidence for ammonite survival into the Danian (Paleogene) from the Cerithium Limestone at Stevns Klint, Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 52: 97–111.
- MOLINA E., ALEGRET L., ARENILLAS I., ARZ J.A., GALLALA N., HARDENBOL J., VON SALIS K., STEURBAUT E., VANDENBERGHE N. & ZAGHBIB-TURKI D. 2006 — The Global Boundary Stratotype Section and Point for the base of the Danian Stage (Paleocene, Paleogene, “Tertiary”, Cenozoic) at El Kef, Tunisia — Original definition and revision. *Episodes*, 29: 263–273.
- PAUL C.R.C. 2005 — Interpreting bioevents: what exactly did happen to planktonic foraminifers across the Cretaceous-Tertiary boundary? *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 224: 291–310.
- RASMUSSEN J.A., HEINBERG C. & HÅKANSSON E. 2005 — Planktic foraminifer biostratigraphy of the lowermost Danian strata at Stevns Klint, Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 52: 113–132.
- ROSENKRANTZ A. 1924 — Nye lagtagelser over Cerithiumkalken i Stevns Klint med Bemærkninger om Grænsen mellem Kridt og Tertiær in Danmark. *Meddelelser fra dansk geologisk Forening*, 6: 28–31.
- SMIT J. 1999 — The global stratigraphy of the Cretaceous-Tertiary boundary impact ejecta. *Ann. Rev. Earth and Planetary Sc.*, 27: 75–113.
- SMIT J. & BRINKHUIS H. 1996 — The Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Maastrichtian type area, SE Netherlands); summary of results and a scenario of events. [In:] Brinkhuis H. & Smit J. (eds.), *The Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Maastrichtian type area, SE Netherlands)*. *Geologie en Mijnbouw*, 75: 283–293.
- SMIT J. & ROMEIN A.J.T. 1985 — A sequence of events across the Cretaceous-Tertiary boundary. *Earth and Planetary Sc. Lett.*, 74: 155–170.
- SMIT J. & ZACHARIASSE W.J. 1996 — Planktic foraminifera in the Cretaceous/Tertiary boundary clay of the Geulhemmerberg (Netherlands). [In:] Brinkhuis H. & Smit J. (eds), *The Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Maastrichtian type area, SE Netherlands)*. *Geologie en Mijnbouw*, 75: 187–191.
- SURLYK F. 1997 — A cool-water carbonate ramp with bryozoan mounds: Late Cretaceous-Danian of the Danish Basin. [In:] James N.P. & Clarke J.D.A. (eds), *Cool-water carbonates*. *Soc. Economic and Petroleum Mineralogists, Sp. Publication*, 56: 293–307.
- SURLYK F. & NIELSEN J.M. 1999 — The last ammonite? *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 46: 115–119.
- SURLYK F., DAMHOLT T. & BJERAGER M. 2006 — Stevns Klint, Denmark: Uppermost Maastrichtian chalk, Cretaceous-Tertiary boundary, and lower Danian bryozoan mound complex. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 54: 1–48.
- WIEDMANN J. 1988 — Ammonoid extinction and the “Cretaceous-Tertiary Boundary Event”. [In:] Wiedmann J. & Kullmann J. (eds), *Cephalopods — present and past*: 117–140. Schweizerbart, Stuttgart.

Praca wpłynęła do redakcji 17.11.2008 r.  
Po recenzji akceptowano do druku 10.03.2009 r.