

Analiza palinologiczna mioceńskich wypełnień lejów krasowych w Tarnowie Opolskim na Wyżynie Śląskiej – wyniki wstępne

Elżbieta Worobiec¹, Joachim Szulc²



E. Worobiec

J. Szulc

Palynological analysis of Miocene infill of karst sinkholes at Tarnów Opolski, Upper Silesian Upland – a preliminary report. *Prz. Geol.*, 58: 1176–1181.

A b s t r a c t. Pollen analysis of 16 samples of coaly sediments taken from one of sinkholes developed within the Triassic limestones cropping out at Tarnów Opolski, Upper Silesian Upland has been done. The study revealed a taxonomically rich assemblage of excellently preserved sporomorphs (pollen grains and spores) as well as microfossils of fresh-water algae (mainly Chlorophyta). The pollen analysis made it possible to reconstruct a vegetation growing during sedimentation of deposits filling the studied sinkhole and clear facies succession, from open aquatic (with abundant fresh-water algae) to marshy one (e.g. swamp forests composed of Taxodium, Nyssa and Alnus). Riparian forests dominated by deciduous trees, e.g. Pterocarya, Carya and Liquidambar, grew on wet terrains surrounding the water body. Drier

elevated terrains were overgrown by mixed mesophytic forests with small admixture of thermophilous plants. Results of the pollen analysis indicate that during the sedimentation of the sinkhole filling the climate was warm temperate and moderately wet. Recorded sporomorphs and a mutual ratio of arctotertiary and palaeotropical taxa point at a Middle Miocene age of the studied deposit.

Keywords: paleokarst, palynology, fresh-water algae, palaeoenvironment, Miocene, Upper Silesian Upland

Wiek osadów kopalnych lejów zachodniej części Wyżyny Śląskiej był dotąd niejasny. Na podstawie przesłanek litologicznych najczęściej przyjmowany był ich trzeciorzędowy wiek. Na sąsiednim obszarze pstre utwory lądowe, zawierające debris lignitowe, występują zwykle między środkowomioceńskimi osadami morskimi a plejstocieńskimi glinami zwałowymi, stąd przyjmowano ich wiek jako późnomioceński (Michael, 1914; Quitzow, 1915). Współczesna analiza zespołu ślimaków lądowych, występujących w podobnych utworach węglistych w Opolu (ca. 15 km NW od Tarnowa Opolskiego), wskazuje na ich środkowomioceński wiek (Stworzewicz, 1998).

Brak było dotąd szczegółowych paleobotanicznych (m. in. palinologicznych) badań osadów wypełniających te leje. Baranowska-Zarzycka (1980) oznaczyła mchy, owoce i nasiona z Nowej Królewskiej Wsi koło Opolu, jednak opisane przez nią 16 taksonów nie może stanowić podstaw do odtworzenia panującej wówczas roślinności. Próbę określenia wieku wypełnienia lejów krasowych w okolicach Opolu metodą palinologiczną podjęła Sadowska (Rogała & Sadowska, 2003), badając w tym celu 6 próbek z różnych lejów krasowych z Garbu Chelma – z Tarnowa Opolskiego i Górażdzy. Jedynie w dwóch próbkach z Tarnowa Opolskiego natrafiła ona na materiał pyłkowy, pozwalający na dokonanie analizy składu procentowego zespołu sporomorf. Uzyskane w ten sposób wyniki mają znaczenie orientacyjne i pozwoliły jedynie potwierdzić neogeński wiek osadów wypełniających leje krasowe.

Prezentowany w niniejszym artykule materiał pochodzi z wypełnienia jednego z lejów krasowych rozwiniętych w obrębie środkowotriasowych wapieni, odsłaniających się w rejonie Tarnowa Opolskiego, w zachodniej części Wyżyny Śląskiej (ryc. 1). Badany lej, widoczny w czyn-

nym kamieniołomie kopalni *Lhoist Opolwap* w Tarnowie Opolskim, tworzy depresję o głębokości ok. 20 metrów, rozwiniętą w rafowych i bioklastycznych wapieniach warstw diploporowych i karchowickich, podścielonych słabo krasowiejącymi marglistymi osadami warstw terebratulowych.

Lej wypełniają ilaste osady rezydualne z konglomeratami limonitowymi oraz utwory lignitowe (ryc. 2). Część wypełnienia uległa osunięciu w momencie otwarcia leja, w czasie prac górniczych, pomimo to możliwe jest odtworzenie pierwotnej sukcesji osadów leja.

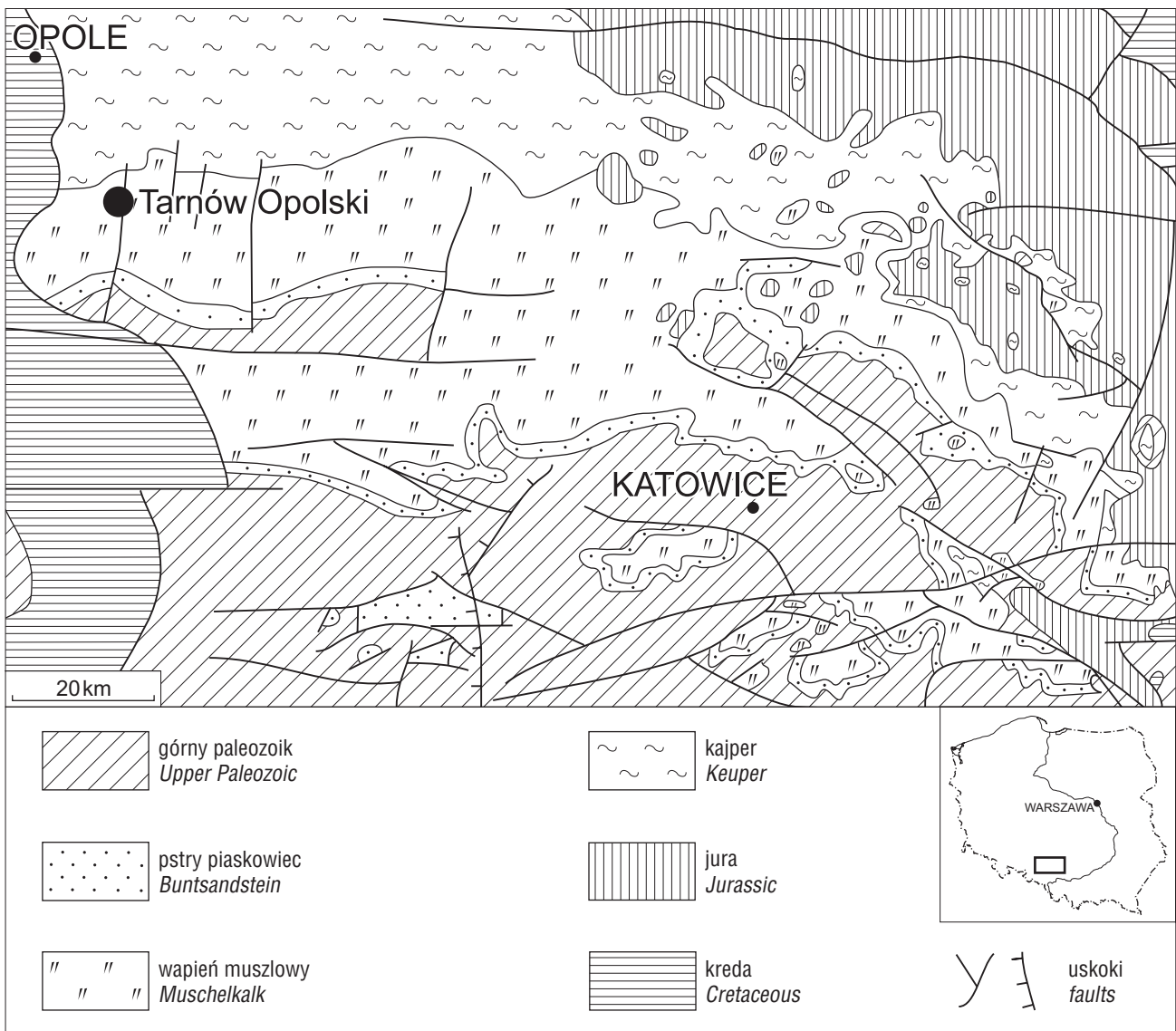
W badanym obecnie leju krasowym znaleziono bardzo bogaty taksonomicznie zespół doskonale zachowanych sporomorf (ziaren pyłku i zarodników) oraz mikroskamieniałości będących pozostałościami glonów słodkowodnych. Glony te, chociaż mają słabo poznane i prawdopodobnie niewielkie znaczenie stratygraficzne, są ważnymi wskaźnikami środowiskowymi. Można je wykorzystać przy interpretacji warunków sedymentacji osadów, w których występują. Możliwe stało się zarówno odtworzenie występujących zbiorowisk roślinnych i prześledzenie ich sukcesji w trakcie wypełniania się leja krasowego, jak i przybliżenie warunków klimatycznych oraz określenie wieku wypełnienia leja.

Materiał i metody

W trakcie badań terenowych, przeprowadzonych w maju 2009 roku w kamieniołomie w Tarnowie Opolskim (ryc. 1), pobrano 16 próbek z osadów węglistych wypełniających jeden z lejów krasowych (ryc. 2). Osady te są słabo zróżnicowane litologicznie, nieznacznie zmieniają się jedynie barwa osadów – ku stropowi są one nieco ciemniejsze. próbki zostały pobrane z głębokości 100–625 cm,

¹Zakład Paleobotaniki, Instytut Botaniki im. Władysława Szafera Polskiej Akademii Nauk, ul. Lubicz 46, 31-512 Kraków; e.worobiec@botany.pl

²Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego, ul. Oleandry 2a, 30-063 Kraków



Ryc. 1. Mapa geologiczna zachodniej części Wyżyny Śląskiej z lokalizacją miejsca badań
 Fig. 1. Geological map of western part of the Upper Silesian Upland and location of the studied site

w odstępach 35-centymetrowych, a następnie przygotowane do analizy mikroskopowej przy użyciu zmodyfikowanej metody acetolizy Erdtmanna (Faegri & Iversen, 1978), z zastosowaniem kwasu fluorowodorowego. Wyniki analizy palinologicznej przedstawiono na uproszczonym diagramie pyłkowym (ryc. 3), wykonanym przy użyciu programu komputerowego POLPAL (Nalepka & Walanus, 2003). Udziały procentowe poszczególnych taksonów ziaren pyłku i zarodników obliczono z sumy sporomorf, natomiast udziały procentowe glonów obliczono osobno w stosunku do sumy całkowitej. Przynależność poszczególnych sporomorf do elementu paleoklimatycznego: paleotropikalnego lub arktyczno-trzeciorzędowego określono na podstawie literatury (Ziemińska-Tworzydło i in., 1994; Stuchlik i in., 2001, 2002, 2009).

Wyniki analizy pyłkowej

We wszystkich badanych próbkach występują dobrze zachowane sporomorfy (ryc. 4), a skład taksonomiczny badanych spektrów pyłkowych zdecydowanie przemawia

za ich występowaniem *in situ*. Nie znaleziono sporomorf, które wskazywałyby na redepozycję starszego materiału. W 14 próbkach oznaczono ok. 500–600 (maksymalnie 850) ziaren pyłku i zarodników, natomiast w dwóch próbkach z niższą frekwencją (próbki numer 4 i 15) oznaczono około 160–180 sporomorf. We wszystkich próbkach występują liczne mikroszczałki będące pozostałością słodkowodnych glonów, głównie zielenic (Chlorophyta). Ogółem oznaczono 127 gatunków sporomorf (z czego 14 stanowią zarodniki, 28 ziarna pyłku roślin nagozależkowych, a 85 ziarna pyłku roślin okrytozależkowych) i 31 taksonów glonów słodkowodnych. Nie znaleziono fitoplanktonu morskiego. Na podstawie składu sporomorf możliwe było wydzielenie dwóch poziomów rozwoju sedimentacji w leju krasowym.

Wśród mikroszczałków glonów słodkowodnych dominują: *Sigmopollis* (o nieznanym pokrewieństwie botanicznym, prawdopodobnie zielenice), *Botryococcus* oraz zygospory glonów z rodziny Zygnemataceae (m. in. morfologiczne rodzaje *Diagonalites*, *Megatetrapidites*, *Ovoidites*, *Stigmozygodites* i *Tetraporina*) i zygospory



Ryc. 2. Badany lej krasowy w kamieniołomie w Tarnowie Opolskim. Strzałka wskazuje miejsce pobrania próbek do badań palinologicznych. Fot. G. Worobiec

Fig. 2. The studied karst sinkhole in a quarry at Tarnów Opolski. Arrow indicates section sampled for palynological analyses. Photo by G. Worobiec

desmidii (*Closteritetrapidites*). Udział procentowy mikroszczątków glonów waha się od ponad 43% w spągowej części osadów wypełniających badany lej krasowy do ok. 4% w części stropowej. W próbkach z części spągowej (poziom I, numery próbek 10–16) więcej jest również pyłku roślin zielnych, wodnych i przybrzeżnych. W odróżnieniu od próbek spągowych, w próbkach 1–9 (poziom II) dominują taksony charakterystyczne dla lasów bagiennych, głównie Cupressaceae (przede wszystkim z obejmującego dawną rodzinę Taxodiaceae morfologicznego rodzaju *Inaperturopollenites*, oraz z rodzaju *Cupressacites*), *Nyssa* i *Alnus*.

Rekonstrukcja roślinności

Wyniki analizy pyłkowej wskazują na dominację roślinności bagiennej i łęgowej w czasie powstawania osadów wypełniających badany lej krasowy, natomiast obecność pyłku roślin wodnych i obfitych mikroszczątków glonów słodkowodnych wskazuje na istnienie zbiornika wodnego (oczka wodnego) w obrębie badanego leja. Większość znalezionych kopalnych glonów jest charakterystyczna dla mezo- do eutroficznych płytkich zbiorników ze stojącą lub wolno płynącą wodą (Worobiec & Worobiec, 2008; Worobiec, w druku). W zbiorniku tym występowały m. in. nitkowate glony z rodziny Zygnemataceae (m. in. z rodzajów *Mougeotia*, *Spirogyra* i *Zygnema*) oraz *Botryococcus* i desmidie. Zbiornik wodny zasiedlony był roślinnością wodną i szuwarową. Rosły w nim m. in. *Nuphar* (grązel), *Typha* (pałka wodna), *Potamogeton*, *Sparganium*, Alismataceae (*Alisma* i *Sagittaria*) oraz rośliny owadożerne z rodzaju *Utricularia* i prawdopodobnie *Aldrovanda*. Obfitość form przetrwalnikowych (m. in. zygospor Zygnemataceae i desmidii) wskazuje na to, że zbiornik wodny mógł czaso-

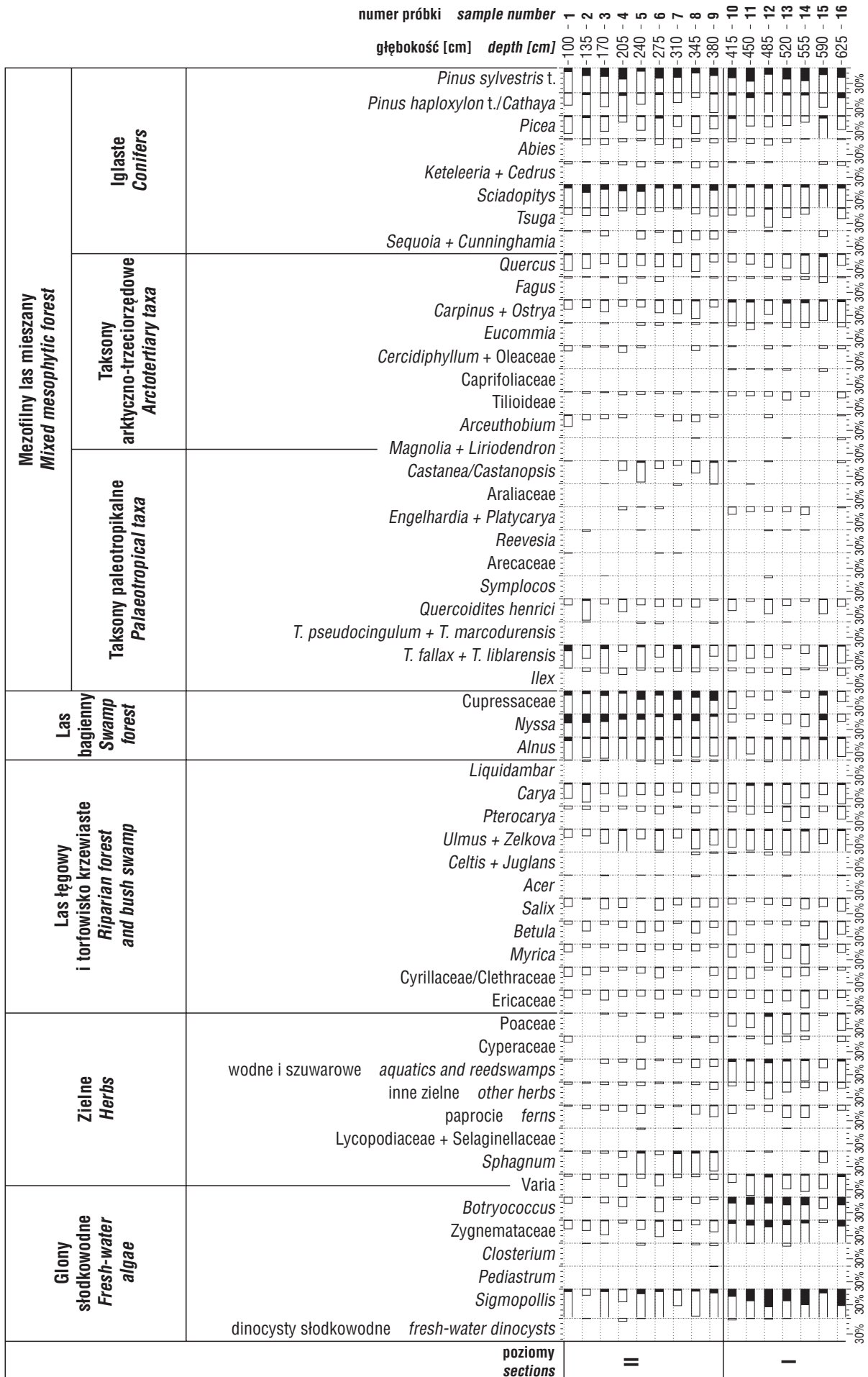
wo wysychać, natomiast obecność pyłku roślin wodnych wskazuje na dłuższe okresy wypełnienia wodą. Wokół zbiornika występowały rośliny zielne, m. in. trawy i turzyce. Na terenach podmokłych otaczających zbiornik wodny rosły lasy łęgowe, w skład których wchodziły drzewa liściaste, m. in. z rodzajów *Pterocarya*, *Carya*, *Liquidambar*, *Ulmus* i *Juglans*. Tereny stale pokryte płytką warstwą wody porośnięte były lasami bagiennymi, w skład których wchodziły *Taxodium*, *Nyssa* i *Alnus*.

Część ziaren pyłku znalezionych w materiale z Tarnowa Opolskiego pochodzi od roślin wchodzących w skład lasów mezofilnych, rosnących na suchszych wyniesionych terenach otaczających badany lej krasowy. W lasach mezofilnych rosły drzewa z rodzajów *Pinus*, *Sciadopitys*, *Picea*, *Tsuga*, *Carpinus*, *Quercus*, *Abies*, *Keteleeria* i innych. Domieszkę stanowiły rośliny ciepłolubne, m. in. z rodzajów *Castanea*, *Engelhardia*, *Platycarya*, *Reevesia* i *Symplocos*. Na drzewach iglastych występowały rośliny pasożytnicze z rodzaju *Arceuthobium* blisko spokrewnionego z jemiołą.

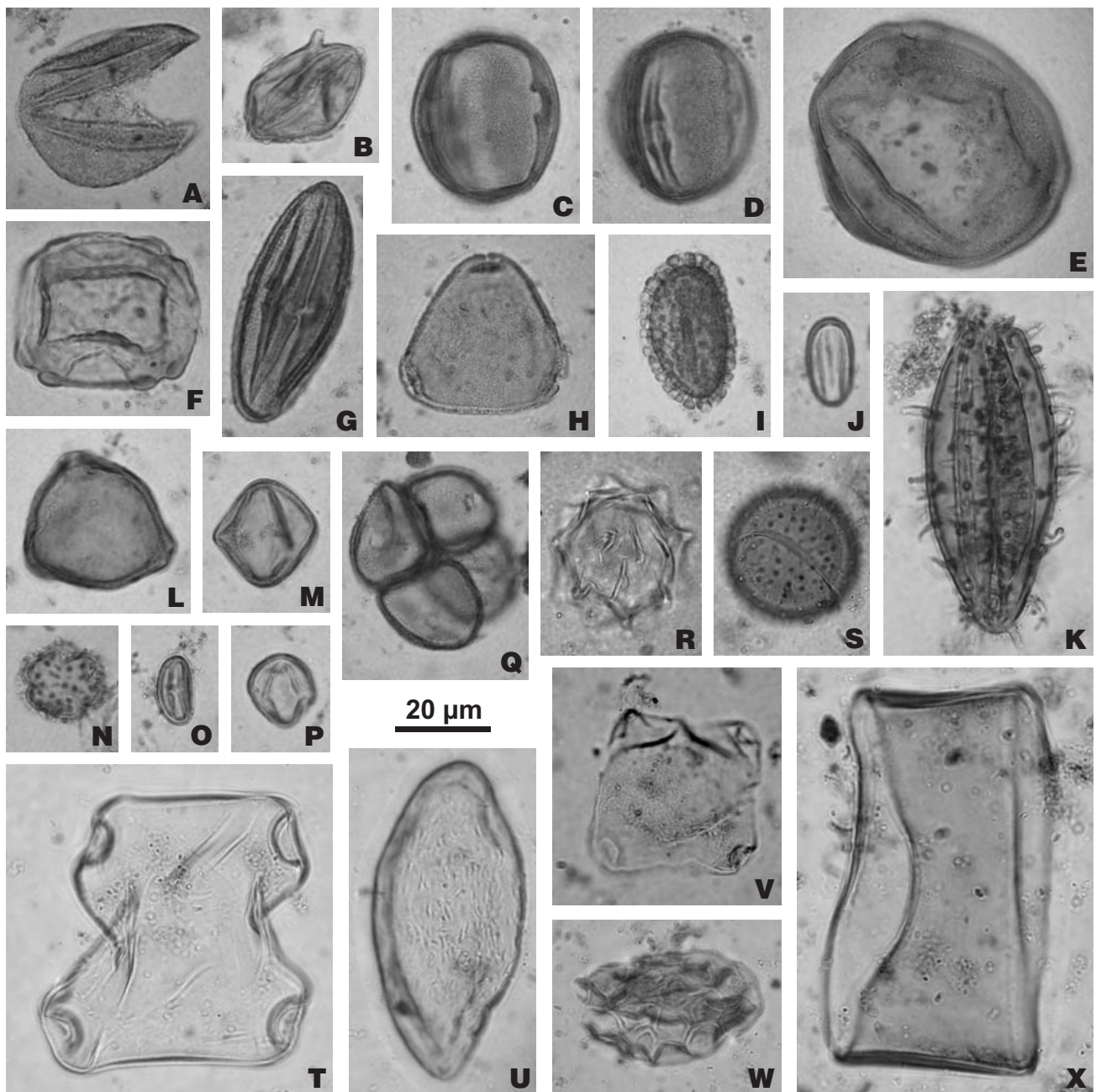
Skład uzyskanych spektrów pyłkowych wskazuje na facjalny charakter zmian w zespołach roślinnych występujących w czasie wypełniania się badanego leja krasowego. Prawdopodobnie wypełnienie badanego leja następowało w stosunkowo krótkim czasie. Początkowo lej wypełniony był wodą, a w miarę gromadzenia się materiału organiczno-klastycznego i spływania zwiększała się rola zbiorowisk bagiennych.

Wiek i środowisko sedymentacji badanych osadów

Wyniki analizy pyłkowej wskazują na powstawanie osadów wypełniających badany lej krasowy w warunkach umiarkowanego ciepłego i stosunkowo wilgotnego kli-



Ryc. 3. Diagram przedstawiający procentowy udział wybranych taksonów sporomorf i glonów z Tarnowa Opolskiego
Fig. 3. Percentage diagram of selected sporomorph and algal taxa from Tarnów Opolski



Ryc. 4. Kopalne ziarna pyłku z osadów wypełniających lej krasowy w Tarnowie Opolskim: **A** – *Inaperturopollenites concedipites* (Wodehouse) Krutzsch; **B** – *Sequoiapollenites undulatus* Kohlman-Adamska; **C, D** – *Nyssapollenites pseudocruciatu*s (Potonié) Thiergart; **E** – *Caryapollenites simplex* (Potonié) Raatz; **F** – *Zelkovaepollenites potonie*i Nagy; **G** – *Tricolporopollenites marcodurensis* Pflug & Thomson; **H** – *Symplocoipollenites vestibulum* (Potonié) Potonié; **I** – *Ilexpollenites margaritatus* (Potonié) Raatz; **J** – *Tricolporopollenites liblarensis* (Thomson) Grabowska; **K** – *Nupharipollenites echinatus* (Krutzsch) Mohr; **L** – *Myricipites* sp.; **M** – *Tricolporopollenites megaexactus* (Potonié) Thomson & Pflug; **N** – *Spinulaepollis arceuthobioides* Krutzsch; **O** – *Castaneoideaepollis oviformis* (Potonié) Grabowska; **P** – *Tricolporopollenites exactus* (Potonié) Grabowska; **Q** – *Tetradomonoporites typhoides* Krutzsch. Kopalne mikroszczątki glonów słodkowodnych z osadów wypełniających lej krasowy w Tarnowie Opolskim: **R** – *Planctonites stellarius* (Potonié) Krutzsch; **S** – *Sigmopollis pseudosetarius* (Weyland & Pflug) Krutzsch & Pacltová; **T** – *Tetraporina* sp. 1; **U** – *Ovoidites gracilis* Krutzsch & Pacltová; **V** – *Tetraporina* sp. 2; **W** – *Stigmozygodites megastigmosus* Krutzsch & Pacltová; **X** – *Diagonalites diagonalis* Krutzsch & Pacltová

Fig. 4. Fossil pollen grains from sinkhole fill deposits at Tarnów Opolski: **A** – *Inaperturopollenites concedipites* (Wodehouse) Krutzsch; **B** – *Sequoiapollenites undulatus* Kohlman-Adamska; **C, D** – *Nyssapollenites pseudocruciatu*s (Potonié) Thiergart; **E** – *Caryapollenites simplex* (Potonié) Raatz; **F** – *Zelkovaepollenites potonie*i Nagy; **G** – *Tricolporopollenites marcodurensis* Pflug & Thomson; **H** – *Symplocoipollenites vestibulum* (Potonié) Potonié; **I** – *Ilexpollenites margaritatus* (Potonié) Raatz; **J** – *Tricolporopollenites liblarensis* (Thomson) Grabowska; **K** – *Nupharipollenites echinatus* (Krutzsch) Mohr; **L** – *Myricipites* sp.; **M** – *Tricolporopollenites megaexactus* (Potonié) Thomson & Pflug; **N** – *Spinulaepollis arceuthobioides* Krutzsch; **O** – *Castaneoideaepollis oviformis* (Potonié) Grabowska; **P** – *Tricolporopollenites exactus* (Potonié) Grabowska; **Q** – *Tetradomonoporites typhoides* Krutzsch. Fresh-water algal microremains from sinkhole fill deposits at Tarnów Opolski: **R** – *Planctonites stellarius* (Potonié) Krutzsch; **S** – *Sigmopollis pseudosetarius* (Weyland & Pflug) Krutzsch & Pacltová; **T** – *Tetraporina* sp. 1; **U** – *Ovoidites gracilis* Krutzsch & Pacltová; **V** – *Tetraporina* sp. 2; **W** – *Stigmozygodites megastigmosus* Krutzsch & Pacltová; **X** – *Diagonalites diagonalis* Krutzsch & Pacltová

matu. We wszystkich próbkach przeważają ziarna pyłku i zarodniki ciepło-umiarkowanych taksonów arktyczno-trzeciorzędowych. Mniej liczny, ale zróżnicowany element paleotropikalny jest reprezentowany przez: *Leiotriletes wolffi*, *Neogenisporis neogenicus*, *Araliaceipollenites euphorii*, *A. reticuloides*, *Arecipites* sp., *Castaneoideaepollis oviformis*, *C. pusillus*, *Ilexpollenites iliacus*, *I. margaritatus*, *Magnolipollis neogenicus minor*, *Momipites* sp., *Myricipites* sp., *Platycaryapollenites* sp., *Quercoidites henrici*, *Q. microhenrici*, *Tricolporopollenites exactus*, *T. fallax*, *T. liblarensis*, *T. marcodurensis*, *T. megaexactus*, *T. pseudocingulum*, *Reevesiapollis triangularis* i *Symplocoipollenites vestibulum*. Występujące taksony oraz takie proporcje taksonów arktyczno-trzeciorzędowych i paleotropikalnych w spektrach pyłkowych charakterystyczne są dla materiału wieku mioceńskiego. Podobne zespoły sporomorf występują w osadach środkowego miocenu młodszych od II łużyckiej grupy pokładów węgla brunatnego. Badany zespół sporomorf jest zbliżony, szczególnie w części stropowej, do występujących w osadach I środkowopolskiej grupy pokładów węgla brunatnego (Piwocki & Ziemińska-Tworzydło, 1995, 1997; Słodkowska, 1998). W czasie tworzenia się I grupy pokładów rozległe tereny Niżu Polskiego porośnięte były lasami bagiennymi, a osady związane z tą grupą pokładów są szeroko rozprzestrzenione na większości terenu Polski, poza Karpatami (Piwocki, 1998). Za środkowomiocennym wiekiem wypełnienia leja krasowego z Tarnowa Opolskiego przemawiają również wyniki badań malakologicznych z tego regionu (Stworzewicz, 1998).

Wydaje się, że w miocenie środkowym, w warunkach wilgotnego i ciepłego klimatu, bardzo czyste i uszczelnione skały węglanowe warstw karchowickich i diploporowych Wyżyny Śląskiej ulegały bardzo intensywnemu rozpuszczaniu, co doprowadziło do powstania urozmaiconej rzeźby krasowej z licznymi wertebami i otwartymi lejami krasowymi.

W miarę postępu krasowienia, korozja krasowa zatrzymała się na słaboprzepuszczalnych warstwach terebratulowych a funkcjonujące dotąd podziemne przepływy krasowe uległy zamknięciu przez ilaste rezydwa. Wtedy w otwartych lejach zaczęła zbierać się woda meteoryczna, co doprowadziło do powstania licznych, małych zbiorników wodnych, z biegiem czasu zarastających i przechodzących w małe torfowiska.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań palinologicznych można odpowiedzieć na wiele pytań dotyczących genezy wypełnienia badanego leja oraz warunków środowiskowych panujących w trakcie jego wypełniania. Należy zaznaczyć, że w okolicach Opola pozostało jeszcze wiele lejów i innych form krasowych, które wymagają szczegółowych badań, w tym palinologicznych.

Literatura

- BARANOWSKA-ZARZYCKA Z. 1980 – Sarmackie mchy, owoce i nasiona z Nowej Królewskiej Wsi koło Opola. Prace Muzeum Ziemi, 33: 31–37.
- FAEGRI K. & IVERSEN J. 1978 – Podręcznik analizy pyłkowej. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 250 pp.
- MICHAEL R. 1914 – Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten. Blatt Tarnowitz-Brinitz, 108 pp.
- NALEPKA D. & WALANUS A. 2003 – Data processing in pollen analysis. Acta Palaeobotanica, 43: 125–134.
- PIWOCKI M. 1998 – An outline of the palaeogeographic and palaeoclimatic developments. [W:] Ważyńska H. (red.) – Palynology and palaeogeography of the Neogene in the Polish Lowlands. Prace Państwowego Instytutu Geologicznego, 160: 8–12.
- PIWOCKI M. & ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M. 1995 – Litostratigrafia i poziomy sporowo-pyłkowe neogenu na Niżu Polskim (summary: Lithostratigraphy and spore-pollen zones in the Neogene of Polish Lowland). Przegląd Geologiczny, 43(11): 916–927.
- PIWOCKI M. & ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M. 1997 – Neogene of the Polish Lowlands – lithostratigraphy and pollen-spore zones. Geological Quarterly, 41: 21–40.
- QUITZOW W. 1915 – Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten. Blatt Gleiwitz, 84 pp.
- ROGAŁA W. & SADOWSKA A. 2003 – Wiek mułów węglistych wypełniających leje krasowe Garbu Chełma (zachodnia część Wyżyny Śląskiej) w świetle analizy palinologicznej. Materiały 37. Sympozjum Speleologicznego, pp. 54–55.
- SŁODKOWSKA B. 1998 – Palynological characteristics of the Neogene brown coal seams. [W:] Ważyńska H. (red.) – Palynology and palaeogeography of the Neogene in the Polish Lowlands. Prace Państwowego Instytutu Geologicznego, 160: 28–33.
- STUCHLIK L., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., KOHLMAN-ADAMSKA A., GRABOWSKA I., SŁODKOWSKA B., WAŻYŃSKA H. & SADOWSKA A. 2009 – Atlas of pollen and spores of the Polish Neogene. Volume 3 – Angiosperms (1). W. Szafer Instytutu Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 233 pp.
- STUCHLIK L., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., KOHLMAN-ADAMSKA A., GRABOWSKA I., WAŻYŃSKA H. & SADOWSKA A. 2002 – Atlas of pollen and spores of the Polish Neogene. Volume 2 – Gymnosperms. W. Szafer Instytutu Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 237 pp.
- STUCHLIK L., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., KOHLMAN-ADAMSKA A., GRABOWSKA I., WAŻYŃSKA H., SŁODKOWSKA B. & SADOWSKA A. 2001 – Atlas of pollen and spores of the Polish Neogene. Volume 1 – Spores. W. Szafer Instytutu Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 158 pp.
- STWORZEWICZ E. 1998 – Charakterystyka mioceńskiej fauny ślimaków z Opola. Materiały 32. Sympozjum Speleologicznego, Kamień Śląski, 1998, p. 38.
- WOROBIEC E. (w druku). Late Miocene freshwater phytoplankton from Józefina (Poland). Micropaleontology.
- WOROBIEC E. & WOROBIEC G. 2008 – Kopalne zygospory glonów Zygnetataceae (Chlorophyta) z osadów górnego miocenu KWB „Bełchatów” (summary: Fossil zygospores of Zygnetataceae algae (Chlorophyta) from the Upper Miocene of the Bełchatów Lignite Mine). Przegląd Geologiczny, 56: 1000–1004.
- ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., GRABOWSKA I., KOHLMAN-ADAMSKA A., SADOWSKA A., SŁODKOWSKA B., STUCHLIK L. & WAŻYŃSKA H., 1994 – Checklist of selected genera and species of spores and pollen grains ordered in morphological system. [W:] Stuchlik L. (red.) – Neogene pollen flora of Central Europe. Part 1. Acta Palaeobotanica, Suppl. 1: 31–56.

Autorzy dziękują kierownictwu zakładu *Lhoist Opolwarp* w Tarnowie Opolskim za zgodę na prowadzenie badań na terenie kopalni.

Praca wpłynęła do redakcji 19.01.2010 r.
Po recenzji akceptowano do druku 05.05.2010 r.