

Prądnik. Prace Muz. Szafera	28	7–18	2018
-----------------------------	----	------	------

PRZEMYSŁAW SALA¹, ANDRZEJ GÓRNY²,
TOMASZ SIWECKI³, OLIMPIUSZ PAUL

¹Institut Nauk Geologicznych, Wydział Geografii i Geologii, Uniwersytet Jagielloński,
ul. Gronostajowa 3a, 30–387 Kraków, Polska; e-mail: p.sala@doctoral.uj.edu.pl;

²Muzeum Geologiczne, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza,
Al. Mickiewicza 30, 30–059 Kraków, Polska; e-mail: a.gorn@op.pl;

³Institut Nauk Geologicznych, Polska Akademia Nauk, Ośrodek Badawczy w Krakowie INGPAN,
ul. Senacka 1, 31–002 Kraków, Polska; e-mail: t.siwecki@ingpan.krakow.pl;

WIELOETAPOWA GENEZA OSADÓW WYPEŁNIAJĄCYCH JASKINIĘ ZYGMUNTA

Multistage genesis of sediments filling Zygmunta Cave

Abstract. The article deals with the co-occurrence of interlayering various generations of speleothems and clastic cave sediments in the recently discovered Zygmunta Cave (Kraków Upland). The clastic sediments include specific black-coloured pisoids composed of iron or manganese minerals. Regardless the age of the deposits they indicate the multistage filling of the cave in changing palaeoenvironmental conditions.

Key words: cave, flowstone, conglomerates, Polish Jura

WSTĘP

Badania osadów klastycznych wypełniających wnętrza jaskiń na obszarze Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej zwykle realizowano w ramach kompleksowych badań, których osią były eksploracje archeologiczne. Równoległe prowadzono identyfikację szczątków kopalnej fauny. Charakterystyka litologiczna oraz stratygraficzna osadów jaskiniowych była na przestrzeni lat opracowywana i uszczegóławiana (Madeyska-Niklewska 1969, 1971; Madeyska 1982, 2009; Cyrek i in. 2000; Madeyska, Cyrek 2002; Mirosław-Grabowska 2002; Krajcarz i in. 2014). Większość z tych badań dotyczyła osadów czwartorzędowych, głównie plejstocenijskich. Nieliczne prace natomiast poruszają temat przedplejstocenijskich osadów klastycznych wypełniających jaskinie (Gradziński 1999).

Współwystępujące z osadem allogenicznym nacieki jaskiniowe mogą zawierać informacje o warunkach ich powstawania. Budowa wewnętrzna nacieków, w tym obecność detrytycznych lamin oraz różnorodnych przeławień w profilach nacieków pozwalają na wyciąganie wniosków o warunkach paleośrodowiskowych ich formowania. Dodatkowo czas krystalizacji nacieków może być precyzyjnie określony poprzez zastosowanie metod izotopowych. Dotychczasowe badania nacieków dla obszaru Wyżyny Krakowsko-Czę-

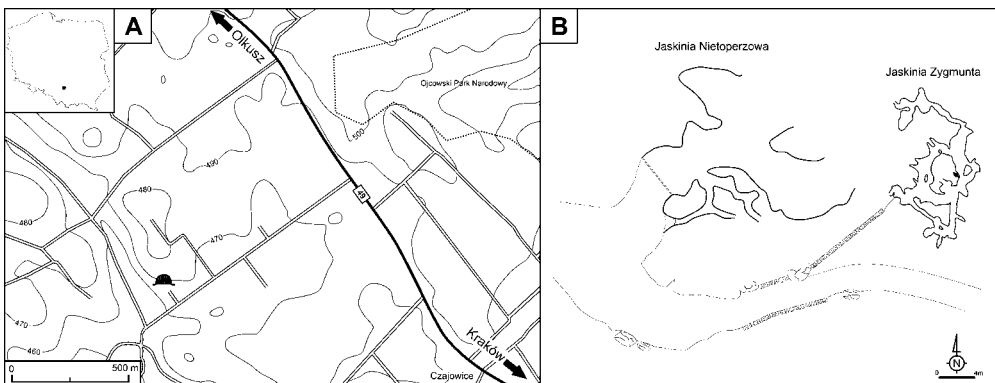
stochowskiej wskazują na ich intensywny wzrost podczas młodszego plejstocenu oraz holocenu (Pazdur i in. 1995; Goslar i in. 2000; Hercman 2000). Starsze nacieki stanowią przedmiot badań jedynie nielicznych prac (Błaszczuk i in. 2018).

W odsłoniętym pionowym ciągu Jaskini Zygmunta odnotowano obecność kilku generacji nacieków znajdujących się w pozycji *in situ* zawierających liczne przeławicenia żwirowców. Poniższy artykuł sygnalizuje problem współwystępowania zróżnicowanej szaty naciekowej wraz z osadami wypełniającymi Jaskinię Zygmunta. Jego celem jest wstępna charakterystyka obecnych w jaskini osadów, próba ustalenia wzajemnych relacji między różnymi ich odmianami litologicznymi oraz wskazanie celowości przeprowadzenia dalszych, szczegółowych badań tych osadów.

CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Południową część Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej tworzą osadowe skały piętra mezozoicznego zalegające niezgodnie na starszym paleozoicznym podłożu. Na przelomie kredy i paleogenu osady obu kompleksów uległy wychyleniu ku północnemu wschodowi tworząc monoklinę. Ostateczny charakter geologiczny obszar ten uzyskał w wyniku neogeńskich ruchów tektonicznych oraz późniejszych procesów erozyjnych. Wyróżniające się w krajobrazie Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej zespoły skałek powstały na skutek selektywnej erozji zróżnicowanych facjalnie wapieni jurajskich (Pokorny 1963; Alexandrowicz, Alexandrowicz 2003). Dominująca większość jaskiń tego obszaru uformowała się w wapieniach skalistych jury górnej (Gradziński 1962). Sprzyjające warunki do rozwoju systemów krasowych miały miejsce w paleogenie oraz wczesnym miocenie, jak również podczas cieplejszych faz klimatycznych pliocenu oraz czwartorzędzu (Gradziński i in. 2008). Powstawanie jaskiń w górnourajskich wapieniach odbywało się głównie za sprawą infiltrujących wód meteorycznych, aczkolwiek istnieją również przesłanki o ich hydrotermalnej genezie (Gradziński, Tyc 2017 i literatura tam cytowana).

Jaskinia Zygmunta zlokalizowana jest w górnym odcinku Doliny Będkowskiej na obszarze wsi Jerzmanowice ($50^{\circ} 11'38''$ N; $19^{\circ} 46'30''$ E; ryc. 1A). Opisywana jaskinia jest rozwinięta w tym samym masywie skalnym co Jaskinia Nietoperzowa, jednak połącze-



Ryc. 1. Mapa lokalizacyjna Jaskini Zygmunta (A); położenie Jaskini Zygmunta względem partii przyotworowych Jaskini Nietoperzowej (B).

Fig. 1. Localization of Zygmunt Cave (A); the relation between Zygmunt Cave and the entrance to Nietoperzowa (Bat) Cave.

nie między nimi dotychczas nie zostało stwierdzone (ryc. 1B). Otwór Jaskini Zygmunta znajduje się na pochylonym zboczu skalnym będącym fragmentem lapiazu odsłoniętym z pokrywy rumoszu stokowego, około 3 m powyżej podstawy skał.

Początkowo odkryty fragment Jaskini Zygmunta obejmował wąski poziomy korytarz zakończony dwiema małymi salkami o łącznej długości 17 m (Górny i in., 2010). Kolejne prace eksploracyjne były prowadzone od 2016 r. przez nieformalną grupę grotolazów „Przedsiębiorstwo Budowy Jaskiń”, a ich efektem było odkrycie kolejnych 90 m jaskini. Odkryte dotychczas korytarze składają się z pionowej Studni Wejściowej o głębokości około 6 m i wymiarach poziomych na dnie 2 x 3 m. Poniżej znajdują się dwa stromo zapadające, mniej obszerne ciągi, których dno znajduje się na głębokości około 21,5 m (ryc. 2). Ciągi pionowe łączą się ze sobą na poziomach -14 m i -19,5 m poprzez niewielkie salki i korytarze. Największą próżnią w jaskini jest Studnia Wejściowa. Pozostała część



Ryc. 2. Plan jaskini Zygmunta (A) oraz przekroje rozwinięte (B) z zaznaczonym miejscem wykonania profilu (duże czarne strzałki).

Fig. 2. Sketch of Zygmunta cave (A) and generalized cross-section (B) with the localization of the section (big black arrows).

nowoodkrytych partii to niewielkie salki, które miejscami są połączone pochylniami i studniami o głębokości do 4 m. Korytarze w kształcie rur krasowych wraz z obecnymi w stropie kotłami wirowymi wskazują na rozwój jaskiń w warunkach freatycznych.

Cała jaskinia wypełniona była osadami klastycznymi składającymi się z przemitych lessów zawierających gruz wapienny. Spotykane bloki wapienia osiągają niekiedy średnice przekraczające 0,5 m. Dodatkowo w osadach jaskiniowych występują licznie

fragmenty pokruszonych nacieków. Charakterystyczną dla nich cechą jest występowanie wyróżniających się kolorystyką lamin. Zazwyczaj mają one pomarańczowo-brązowe zabarwienie; w pojedynczych przypadkach laminy te są zabarwione na czarno. Specyficzne dla Jaskini Zygmunta są miejscowe nagromadzenia krystalicznego, brunatnego kalcytu z wrostkami tworzonymi prawdopodobnie przez minerały manganu i/lub żelaza. Ponadto na aktualnym dnie Jaskini Zygmunta stwierdzono kilkucentymetrowe nagromadzenie kier kalcytowych (*calcite rafts*), których powstawanie związane jest ze stagnującą wodą o wysokim nasyceniu względem węgla wapnia. W osadach wypełniających jaskinię na uwagę zasługują dobrze scementowane żwirowce osiągające do kilkunastu centymetrów średnicy. Materiał je tworzący występuje także w postaci sypkiej lub słabo scementowanej. W jaskini obserwowane jest aktywne wytrącanie się węgla wapnia, tworzące niewielkie stalaktyty oraz inkrustacje na korzeniach (Górny i in. 2010).

METODYKA

W wyniku przeprowadzonych prac kartograficznych sporządzono plan oraz przekrój jaskini. Profil osadów wykonano w zachodniej części Studni Wejściowej, około 10 m poniżej otworu wejściowego jaskini, w miejscu występowania grupy stalagmitów oraz podścielających je pól naciekowych zawierających wkładki scementowanych żwirów (ryc. 2B, 3). Pobrane z profilu próbki nacieków i przewarstwień scementowanych osadów klastycznych przecięto i poddano obserwacjom makroskopowym. Dodatkowo wykonano analizę budowy wewnętrznej osadów w oparciu o preparaty do obserwacji mikroskopowych. Analiza mikrofacjalna została wykonana przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego Nikon Eclipse E600-POL.

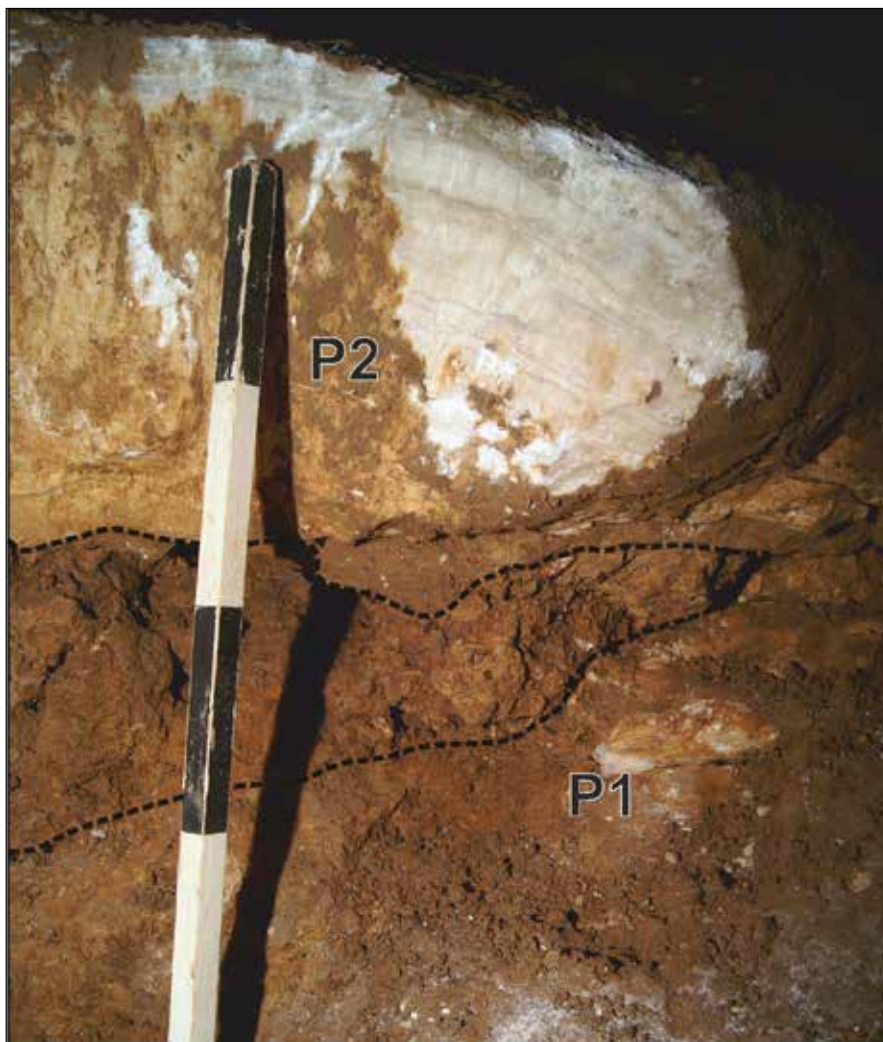
WYNIKI BADAŃ

Profil osadów

Profil tworzony jest przez trzy generacje pól, których zwieńczenie stanowi zespół stalagmitów pokrytych przez polewę naciekową (ryc. 4A). Wyróżnione w profilu polewy są rozdzielane przez warstwy materiału detrytycznego, który miejscowo budują dobrze scementowane żwirowce (ryc. 3, 4E).

Spągową warstwę profilu tworzy polewa naciekowa (P1) osiągającą maksymalnie ok. 10 cm miąższości. Polewa krystalizowała prawdopodobnie bezpośrednio na nachylonym skalnym dnie jaskini i cechuje się zmiennym kątem zapadania – od około 45° do 70°. Na powierzchni polewy stwierdzono punktowy wzrost stalagmitów, z których największy osiąga wysokość około 20 cm. W miejscu wykonania profilu polewa jest widoczna na długości około 3,5 m, a następnie zanika pod osadami. Kontynuacja polewy obserwowana jest w dolnym odcinku korytarza, na głębokości około 20 m od wejścia do jaskini (aktualnie osiągnięte dno jaskini). W tym miejscu polewa charakteryzuje się wysokim stopniem zwietrzienia i częściowo tworzona jest przez naciek wełnisty.

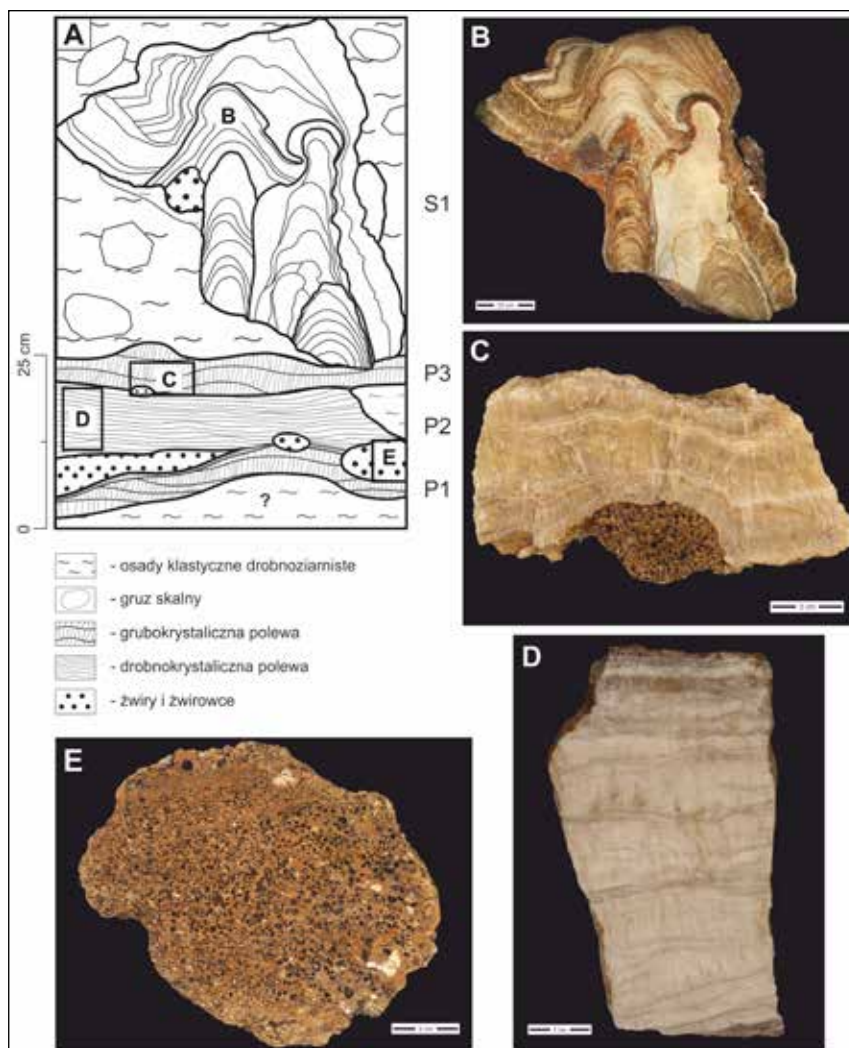
Powyżej w profilu znajduje się polewa (P2) której miąższość w kierunku wschodnim stopniowo maleje od 24 cm do 9 cm. Miejscowo w jej spągu obserwowane są kilkucentymetrowe warstwy scementowanych żwirowców (ryc. 3). Ich występowanie powoduje miejscową nierówność powierzchni spągowej, natomiast powierzchnia stropowa jest generalnie płaska. Polewa zapada pod kątem około 25–30° w kierunku SSW.



Ryc. 3. Fragment profilu w Jaskini Zygmunta; dwie generacje pól rozdzielane przez wyklinowujące się przeławicenie materiału detrytycznego, w tym żwirowce.

Fig. 3. A part of the profile in Zygmunt Cave; two generations of flowstones separated by layer of detrital material with conglomerates.

W spągu polewy P3 stwierdzono występowanie żwirowców wykazujących różny stopień scementowania. Od podścielającej polewy miejscowo oddziela ją niescementowany osad piaszczysto-ilasty, który wyklinowuje się w kierunku zapadania polewy. Niekiedy w osadzie tym obserwowane są czarnej barwy klasty. Opisywana polewa (P3) punktowo kontaktuje się z zalegającą poniżej w profilu polewą P2, co podkreślone jest przez odmienne struktury nacieków. Dodatkowo polewa P3 charakteryzuje się nieregularnym rozprzestrzenieniem, a jej miąższość osiąga maksymalnie 15 cm. Polewa P3 prawdopodobnie bezpośrednio podściela zespół stałagmitów (S1).



Ryc. 4. Profil osadów w Jaskini Zygmunta (A) oraz zdjęcia makroskopowe wybranych fragmentów profilu: trzy stalagmity pokryte przez polewę naciekową wraz z przycementowanymi w spągu żwirowcami oraz osadami ilastymi (B); dobrze scementowane żwirowce w spągu grubokrystalicznej polewy P3 (C); drobnokrystaliczna, biała polewa naciekowa P2 (D); scementowane żwirowce (E).

Fig. 4. The section of sediments in Zygmunt Cave (A) and the macroscopic view of selected parts of section: three stalagmites covered by flowstone, note the conglomerate and fine-grained sediments cemented in the base of sample (B); well cemented conglomerates in the base of coarse-crystalline flowstone P3 (C); fine-crystalline, white flowstone P2 (D); well cemented conglomerates (E).

Charakterystyka osadów

Polewa P1 – W spągu polewy znajduje się centymetrowej miąższości warstwa krystalicznego kalcytu o szarej barwie. Nad nim uwidacznia się grubokrystaliczny kalcyt przyjmujący postać wydłużonych słupków krystalizujących prostopadle do płaszczyzny wzrostu. Barwa polewy w przeważającej mierze jest biała ale w stropie zauważalna jest

zmiana zabarwienia kalcytu na brudnożółty. Wraz ze zmianą barwy zaobserwować można pojawienie się delikatnej laminacji. Strop grubokrystalicznej warstwy jest wyraźnie falisty z wgłębieniami przebiegającymi prostopadle do kierunku zapadania. Znajdująca się powyżej 2 cm warstwa budowana jest przez laminy białe przewarstwione szarymi. Zarówno w stropie jak i spągu polewa zawiera cienkie laminy wyróżniające się koncentracją materiału detrytycznego.

Polewa P2 – Budowę wewnętrzną polewy charakteryzuje znaczny udział białych, nieprzezroczystych lamin, gdzieniegdzie zastępowanych przez szare laminy o nieregularnym przebiegu (ryc. 4D). Zarówno w części spągowej, jak również stropowej obecne są ciemno-brązowe laminy z zaznaczającą się krystaliczną strukturą. Dodatkowo w tych miejscach zaobserwowano występowanie cienkich, pomarańczowych lamin, zabarwionych dzięki koncentracji materiału detrytycznego.

Mikrofacjalnie polewa składa się w przeważającej mierze z kryształów dendrytycznych charakteryzujących się nieregularnymi wzajemnymi przerostami (ryc. 5A). Występujące sparytowe kryształy o długości do 5 mm zazwyczaj wydłużone są prostopadle do płaszczyzny wzrostu. Ponadto w obrazie mikroskopowym zaznaczają się wysoki stopień porowatości międzykrystalicznej.

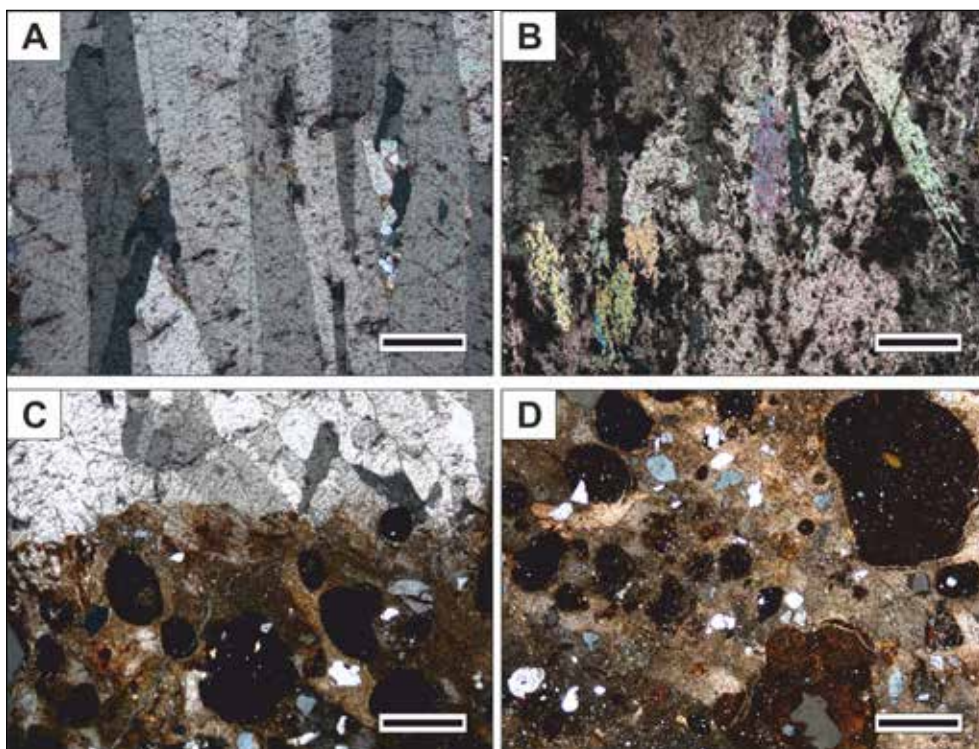
Polewa P3 – Tworzą ją półprzezroczyste, grubokrystaliczne warstwy kalcytu o barwach białych, beżowych lub brązowych (ryc. 4C). Miejscowo zagęszczenie białych lamin o falisty przebiegu, osiąga sumarycznie miąższość do 2 cm. Niekiedy widoczne są również cienkie laminy o pomarańczowym zabarwieniu. W spągu polewy obecne są scementowane żwirowce, natomiast w jej stropie można zaobserwować pojedyncze klasty żwirów.

Mikroskopowo polewa budowana jest przez sparytowe kryształy wykształcone w postaci kolumnowej narastające prostopadle do powierzchni wzrostu (ryc. 5B). Sporadycznie obserwowane pory pojawiają się jedynie na granicach kryształów, a ich wielkości z rzadka przekracza 0,1 mm.

Grupa nacieków S1 – Górną część profilu stanowi grupa nacieków utworzona przez trzy stalagmity o wyraźnie odmiennej strukturze, jak również obecna w spągu około 15 cm wkładka scementowanych żwirowców. Największy ze stalagmitów wyróżnia dwudzielna budowa oraz przesunięcie osi wzrostu. Jego podstawa składa się z przewarstwień lamin szaro-białych, które są wyraźnie rozdzielone od pozostałej kremowo-białej części o nieregularnej budowie. Całość otoczona jest cienką, milimetrowej grubości laminą zabarwioną na pomarańczowo.

Sąsiadujący z powyższym naciekiem stalagmit posiada w znacznej mierze grubokrystaliczną budowę wewnętrzną. W dolnej części charakteryzuje go naprzemienne występowanie lamin beżowych oraz brązowych. Pionowo obserwowany jest wzrost miąższości lamin brązowych miejscowo zabarwionych na pomarańczowo, co jest dobrze widoczne w stropie stalagmitu. Dodatkowo do grupy nacieków przycementowane są żwirowce oraz detrytyczny osad jaskiniowy powstałe przed pokryciem stalagmitów przez kolejno narastające warstwy (Ryc. 4B).

Oba powyżej opisane nacieki pokryte są przez kolejne warstwy stalagmitu składającego się z bardziej porowatych, białych i beżowych lamin. Całość pokryta jest przez brązowo-beżowe laminy, miejscowo grubokrystaliczne które początkowo wykazują dość nieregularny przebieg. W stropie okazu można zaobserwować powierzchnię ścięcia.



Ryc. 5. Zdjęcia mikroskopowe: A – mikrofacja kolumnowa tworząca grubokrystaliczne polewy; B – mikrofacja dendrytyczna tworząca polewy drobnokrystaliczne; C – ostra granica w miejscu kontaktu żwirowców z polewą naciekową; D – zróżnicowanie czarnych pizoidów w żwirowcach zespojonych węglanowym matrix, zaznacza się wysoki udział ziaren kwarcu, które występują również w obrębie czarnych pizoidów. Na wszystkich zdjęciach skala wynosi 1 mm.

Fig. 5. Microscopic photos: A – columnar microfacies of coarse-crystalline flowstone; B – dendritic microfacies of fine-crystalline flowstone; C – sharp boundary between conglomerate and flowstone; D – variety of black pisoids cemented by carbonate matrix, note the significant contribution of quartz grains, which also occur within the black pisoids. Scale bars 1 mm.

Żwirowce – Żwirowce ze spoiwem węglanowym tworzą w obrębie profilu soczewki oraz wkładki o miąższości sięgającej do 20 cm. Granice między nimi a naciekami są zwykle ostre, a powierzchnia soczewek zwykle jest nieregularna (ryc. 5C). Charakterystyczną cechą żwirowców jest wysoki udział dobrze obtoczonych, kulistych czarnych pizoidów wyróżniających się na tle jasnopomarańczowego matriks (ryc. 4E). Sporadycznie posiadają one makroskopowo widoczną koncentryczną budowę wewnętrzną; w większości wypadków pozbawione są one jąder (ryc. 5D). Ponadto występują ziarna kwarcu wykazujące zazwyczaj dobre obtoczenie oraz ostrokrawędziste klasty wapieni górnourajskich. Żwirowce charakteryzuje chaotyczne rozmieszczenie składników, aczkolwiek w pojedynczych okazach zaobserwować można uziarnienie frakcjonalne. Dobre wysortowanie osadu zaburzane jest jedynie przez podrzędnie występujące klasty wapieni, niekiedy posiadających czarne obwódki.

DYSKUSJA

Przestrzenna relacja w jakiej znajdują się jaskinie Zygmunta i Nietoperzowa sugeruje, iż może istnieć połączenie między nimi (ryc. 1B). Jednakże charakter korytarzy, ich przebieg i kształt, wskazuje na nieco odmienną genezę obu jaskiń oraz sugeruje różny czas ich powstania.

Występujące w Jaskini Zygmunta generacje nacieków oraz ich przestrzenne relacje świadczą o zróżnicowaniu warunków paleośrodowiskowych mających miejsce już po uformowaniu się jaskini. Obecna w spągu profilu grubokrystaliczna polewa P1 (ryc. 4A) budowana jest w przeważającej mierze przez kalcyt kolumnowy (ryc. 5A). Występowanie mikrofacji kolumnowej nacieków obserwowane jest w warunkach stałego dopływu wód zasilających posiadających niskie przesylenie względem węglanu wapnia (González i in., 1992; Frisia i in., 2000; Regattieri i in., 2012). Dziadzio i in. (1993) sugerują, iż swobodna krystalizacja kalcytu kolumnowego mogła zachodzić w warunkach przykrycia powierzchni wzrostu przez stale utrzymującą się warstwę wody. Powstawanie mikrofacji kolumnowej prawdopodobnie związane jest z ciepłym i wilgotnym klimatem (Dziadzio i in. 1993; Gradziński i in. 1997).

Prawdopodobnie na skutek zmiany warunków hydrochemicznych wzrost polewy grubokrystalicznej P1 został przerwany. Warstwa żwirowców która rozdziela polewy P1 oraz P2 wskazuje na wzmogłą dostawę wody, która nanosiła materiał detrytyczny. Jego obecność w naciekach Jaskini Zygmunta można zaobserwować w dwóch formach, jako: (i) cienkie, brązowe laminy oraz (ii) pizoidy i towarzyszący im materiał piaszczysto-żwirowy tworzący niewielkich miąższości przeławicenia w polewach. Te drugie charakteryzuje obecność czarnych ziaren, które zbudowane są najprawdopodobniej z tlenków żelaza i manganu. Scementowane żwiry o analogicznej budowie zostały opisane z kilku jaskiń południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (Gradziński 1999). Ich powstawanie było związane z redepozycją z rozmywanych gleb ferralitowych (*oxisol*) tworzących się w klimacie tropikalnym lub subtropikalnym. Sprzyjające warunki do ich formowania panowały na przełomie oligocenu i miocenu, bądź też w pliocenie (Gradziński 1999).

Zalegająca powyżej w profilu polewa P2, charakteryzująca się drobnokrystaliczną budową, przykrywa warstwę żwirowców oraz częściowo polewę P1 (ryc. 3, 4A). Powstawanie mikrofacji dendrytycznej tworzącej polewę P2 mogło być spowodowane niedostatecznym dopływem wody zasilającej, jak również wydłużonym czasem jej odgazowania podczas panującego suchego klimatu (Frisia i in. 2000). Brak materiału detrytycznego w obrębie białych nacieków może dodatkowo wskazywać na mniejszy dopływ wody zasilającej.

Sprzyjające warunki do powstania mikrofacji kolumnowej wystąpiły ponownie w trakcie krystalizacji polewy P3. Niejasna jest przestrzenna i wiekowa relacja zespołu stalagmitów (ryc. 4A, B) do znajdujących się poniżej pól. Zróżnicowanie budowy wewnętrznej poszczególnych stalagmitów jest spowodowane analogicznymi procesami jakie warunkowały powstawanie pól. Biorąc pod uwagę odmienną strukturę stalagmitów i pól można przypuszczać, iż wzrastały one w różnych okresach.

W ostatnim etapie jaskinia została w całości wypełniona przez allochtoniczne lessy przemieszane z lokalnymi okruchami gruzu wapiennego. Zasypanie jaskini miało miejsce najprawdopodobniej w plejstocenie, kiedy drobnoziarnisty materiał mógł być transportowany przez wody roztopowe podczas interglacjałów lub w schyłkowym okresie plejstocenu

(Madeyska 1982; por też Pawelec 2006, 2011). Gruz wapienny dostawał się do wnętrza jaskini w wyniku dezintegracji mrozowej jej ścian i stropu w trakcie panowania klimatu chłodniejszego (por. Madeyska-Niklewska 1969; Madeyska, Cyrek 2002).

Dalsze badania osadów wypełniających Jaskinię Zygmunta powinny skupić się przede wszystkim wokół precyzyjnego określenia wieku krystalizacji poszczególnych pól i stalagmitów oraz szczegółowej rekonstrukcji warunków ich wzrostu, także przy użyciu analiz izotopów trwałych węgla i tlenu. Badania takie rzucają nowe światło na czas depozycji żwirowców z pizoidami żelazisto-manganowymi w jaskiniach Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej i pozwolą zweryfikować dotychczas istniejące koncepcje dotyczące powstania tego typu osadów. Ponadto badania takie będą mogły dostarczyć informacji o warunkach oraz tempie wypełniania jaskiń obszaru Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, jak również istotnych danych dotyczących warunków paleośrodowiskowych badanego regionu.

WNIOSKI

Nacieki w Jaskini Zygmunta tworzą zróżnicowane generacje o czym świadczy ich budowa wewnętrzna oraz wzajemne relacje przestrzenne. Powstawanie kolejnych pól oraz stalagmitów warunkowane było zmiennymi warunkami środowiskowymi. Depozycja żwirowców wewnątrz jaskini zachodziła naprzemiennie z krystalizacją nacieków. Ewolucja geologiczna obszaru oraz zakładany wiek żwirowców mogą stanowić przesłankę o przedplejstocenicznym wieku badanego profilu nacieków.

Podziękowania

Autorzy pragną serdecznie podziękować właścicielom posesji na której znajduje się Jaskinia Zygmunta za umożliwienie i pomoc w trakcie prowadzenia prac eksploatacyjnych, dr. hab. Michałowi Gradzińskiemu za szereg konstruktywnych uwag dotyczących niniejszego artykułu. Dziękujemy również dr hab. Helenie Hercman prof. PAN za wnikliwą recenzję artykułu. Podziękowania należą się również wszystkim osobom biorącym udział w eksploracji jaskini.

PIŚMIENNICTWO

Alexandrowicz S. W., Alexandrowicz Z. 2003. *Pattern of karst landscape of the Cracow Upland (South Poland)*. „Acta Carsologica”, **32**: 39–56.

Błaszczak M., Hercman H., Pawlak J., Gąsiorowski M., Matoušková Š., Aninowska M., Kicińska D., Tyc A. 2018. *Low to middle Pleistocene paleoclimatic record from the Kraków-Częstochowa Upland (Poland) based on isotopic and calcite fabrics analyses*. „Geochronometria”, **45**(1): 185–197.

Cyrek K., Nadachowski A., Madeyska T., Bocheński Z., Tomek T., Wojtal P., Miękina B., Lipecki G., Garapich A., Rzebiak-Kowalska B., Stworzewicz E., Wolsan M., Godawa J., Kościół R., Fostowicz-Frelik Ł., Szyndlar Z. 2000. *Excavation in the Deszczowa cave (Kroczyckie Rocks, Częstochowa Upland, Central Poland)*. „Folia Quaternaria”, **71**: 5–84.

Dziadzio P., Różniak R., Szul J. 1993. *Origin of the Pleistocene calcite flowstones of two caves (Jaskinia Psia and Jaskinia Naciekowa) in the West tatra Mts.* „Przegląd Geologiczny”, **41**: 767–775.

Frisia S., Borsato A., Fairchild I. J., McDermott F. 2000. *Calcite fabrics, growth mechanisms, and environments of formation in speleothems from the Italian Alps and southwestern Ireland*. „Journal of Sedimentary Research”, **70**(5): 1183–1196.

Gonzalez L. A., Carpenter S. J., Lohmann K. C. 1992. *Inorganic calcite morphology; roles of fluid chemistry and fluid flow*. „Journal of Sedimentary Research”, **62**(3): 382–399.

Goslar T., Hercman H., Pazdur A. 2000. *Comparison of U-series and radiocarbon dates of speleothems*. „Radiocarbon”, **42**(3), 403–414.

Górny A., Szelerewicz M., Nowak J. 2010. *Jaskinie Wyżyny Olkuskiej. Jaskinie Doliny Kobylańskiej i Doliny Będkowskiej*. red. J. Grodzicki. Wyd. PTPNoZ. Warszawa, s. 189–191.

Gradziński M. 1999. *Position and age of conglomerates in caves near Kraków (Polish Jura)*. „Annales Societatis Geologorum Poloniae”, **69**: 113–124.

Gradziński M., Rospondek M., Szulc J. 1997. *Paleoenvironmental controls and microfacies variability of the flowstone cover from the Zvoniva Cave in the Slovakian Karst*. „Slovak geological magazine”, **3**(4): 299–313.

Gradziński M., Gradziński R., Jach R. 2008. *Geologia, rzeźba i zjawiska krasowe okolic Ojcowa*, [w:] *Monografia Ojcowskiego Parku Narodowego. Przyroda*, red. A. Klasa, J. Partyka. Ojców, s. 31–97.

Gradziński M., Tyc A. 2017. *Hypogene Speleogenesis in the Karst of Poland – Regional Review*, In: *Hypogene Karst Regions and Caves of the World*. red. Klimchouk A., Palmer A. N., De Waele J., Auler A. S., Audra P. „Springer”, s. 349–362.

Gradziński R. 1962. *Origin and development of subterranean karst in the Southern part of the Cracow Upland*. (In Polish, English summary). „Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego”, **32**: 429–492.

Hercman H. 2000. *Reconstruction of palaeoclimatic changes in central Europe between 10 and 200 thousand years BP, based on analysis of growth frequency of speleothems*. „Studia Quaternaria”, **17**: 35–70.

Krajcarz M.T., Bosak P., Šlechta S., Pruner P., Komar M., Dreser J., Madeyska T. 2014. *Sediments of Biśnik Cave (Poland): Lithology and stratigraphy of the Middle Palaeolithic site*. „Quaternary International”, **326-327**: 6–19.

Krajcarz M. T., Cyrek K., Krajcarz M., Mroczek P., Sudoł M., Szymanek M., Tomek T., Madeyska T. 1982. *Late Pleistocene cave deposits in Poland*. „Kras i Speleologia” **4**(13): 43–66, Katowice.

Madeyska T. 2009. *Clastic cave sediments in the Częstochowa Upland*, [w:] *Karst of the Częstochowa Upland and of the Eastern Sudetes: palaeoenvironments and protection*, red. K. Stefaniak, A. Tyc, P. Socha. Studies of the Faculty of Earth Sciences, University of Silesia. Sosnowiec–Wrocław, **56**, 67–84.

Madeyska, T. 2016. *Loess in a cave: Lithostratigraphic and correlative value of loess and loess-like layers in caves from the Kraków-Częstochowa Upland (Poland)*. „Quaternary International”, **399**: 13–30.

Madeyska-Niklewska T. 1969. *Górnoplejstocenijskie osady jaskiń Wyżyny Krakowskiej*. „Acta Geologica Polonica”, **19**: 341–392.

Madeyska-Niklewska T. 1971. *Metody stosowane w badaniach górnoplejstocenijskich osadów jaskiń Wyżyny Krakowskiej*. „Światowit” **32**: 5–25.

Madeyska T., Cyrek K. 2002. *Cave fillings – a chronicle of the past. An outline of the Younger Pleistocene cave sediments study in Poland*. „Acta Geologica Polonica”, **52**(1): 75–95.

Mirosław-Grabowska J. 2002. *Geological value of Biśnik Cave sediments (Cracow-Częstochowa Upland)*. „Acta Geologica Polonica”, **52**(1), 97–110.

Pawelec H. 2006. *Origin and palaeoclimatic significance of the Pleistocene slope covers in the Cracow Upland, southern Poland*. „Geomorphology”, **74**(1-4), 50-69.

Pawelec H. 2011. *Periglacial evolution of slopes—Rock control versus climate factors (Cracow Upland, S. Poland)*. „Geomorphology”, **132**(3-4), 139-152.

Pazdur A., Pazdur M., Pawlyta J., Górny A., Olszewski M. 1995. *Paleoclimatic Implications of Radiocarbon Dating Of Speleothems from the Cracow-Wieluń Upland, Southern Poland*. „Radiocarbon”, **37**(2): 103–110.

Pokorny J. 1963. *The Development of Mogotes in the Southern Part of the Cracow Upland*. “Bulletin de L’Academie Polonaise des Sciences, Ser. geol. et geogr.”, **11**: 169–175.

Regattieri E., Isola I., Zanchetta G., Drysdale R. N., Hellstrom J. C., Baneschi I. 2012. *Stratigraphy, petrography and chronology of speleothem deposition at Tana che Urla (Lucca, Italy): Paleoclimatic implications*. „Geografia Fisica e Dinamica del Quaternario”, **35**: 141–152.

SUMMARY

The caves in the Kraków-Częstochowa Upland are mostly developed within the biohermal, microbial-spongy facies of Upper Jurassic limestone. Commonly the caves are filled by Quaternary clastic sediments; however, subordinately the older material has been recognized. In Zygmunt Cave (ryc. 1, 2) it forms a conglomerates composed of distinctive black pisoids with admixture of quartz and angular limestone clasts (ryc. 4E, 5C, D). The conglomerates occur as layers and lenses interbedded with the various generation of flowstones (ryc. 4A, C). The different structure of speleothems indicate their multistage development controlled by the hydrochemistry of parent water (ryc. 5A, B). The deposition of conglomerates and speleothems probably occurred simultaneously. In regard to assumed age of formation of conglomerates the cave was filled, at least partially, before the Pleistocene.

Translated by the authors