

Wglębna budowa geologiczna górnej części Wąwozu Kraków w świetle badań Jaskini Wysokiej – Za Siedmiu Progami, Tatry Zachodnie

Jacek Szczygieł¹



Subsurface geological structure of upper part of the Kraków Gorge based on studies of the Wysoka – Za Siedmiu Progami Cave, West Tatra Mts. *Prz. Geol.*, 60: 232–238.

A b s t r a c t. Structural evolution of the autochthonous Tatric sedimentary cover is discussed on the basis of results of structural studies on the Wysoka – Za Siedmiu Progami Cave and 3D modeling of subsurface geological structure of upper part of the Kraków Gorge in the Western Tatra Mts. The studies showed presence of three faults. The oldest fault was formed during the Late Cretaceous and rejuvenated in subsequent phases of deformations, as evidenced by multi-stage mineralization. Strike of that fault is meridian and of the two others – latitudinal. Dislocations and collapses corridors, and normal-slip movement parallel to the slope proves their activity during the Quaternary. The course of the Malmian-Neocomian and Urgonian boundary was also defined. On the west side of the studied area, the bedding is shaped in crest-like inverted syncline. Axis of the syncline plunges toward the north at the angle of 55° to its crossing with the meridian fault. In lower limb of the root-hinge and at western side of the meridian fault the layers are arranged in the form of a wide anticline.

Keywords: autochthonous Tatric sedimentary cover, 3D model, cave, Western Tatra Mts.

Wgląd we wglębną budowę geologiczną w jaskiniach daje szansę na uszczegółowienie wiedzy o strukturze płaszczowinowej Tatr, jednak badania takie były prowadzone sporadycznie. Opracowania Grodzickiego (1978), Grodzickiego i Kardasia (1989) oraz Hercman (1989) dotyczyły płaszczowiny Czerwonych Wierchów i Giewontu. Bac-Moszaszwili i Nowicki (2006) zwracali uwagę na zapotrzebowanie na takie właśnie badania. W artykule omówiono wglębny zasięg oraz geometrię poszczególnych struktur geologicznych obserwowanych na powierzchni terenu w górnej części Wąwozu Kraków, na podstawie bezpośredniego kartowania w głębi masywu, w systemie jaskiniowym Wysoka – Za Siedmiu Progami. Aby móc w pełni czytelnie zaprezentować wyniki pracy, zastosowano metody kartografii geologicznej wspomaganej technikami numerycznymi, co też jest istotnym *novum* w stosunku do cytowanych prac poprzedników.

BUDOWA GEOLOGICZNA

Wąwóz Kraków leży po wschodniej stronie Doliny Kościeliskiej, znajduje się w wierzchowej jednostce autochtonicznej (ryc. 1A). Obszar badań obejmuje Wysoki Grzbiet, w którym rozwinięta jest Jaskinia Wysoka – Za Siedmiu Progami.

Najstarsze utwory na obszarze badań należą do triasu środkowego (anizyk–ladyn; ryc. 1B, C). Są to wapień, wapień dolomityczny i żółto wietrzejące dolomity barwy szarej i ciemnoszarej (Kotański, 1961; Piotrowski, 1978; Piotrowska i in., 2008). Miąższość tego kompleksu wynosi 330 m (Kotański, 1961). Pomiędzy środkowym triasem a doggerem jest luka stratygraficzna (Rabowski, 1959).

Skąły jury środkowej (bajos–baton) zaliczane są do grupy Dunajca (Lefeld i in., 1985). Leżą bezpośrednio na wapieniach i dolomitach triasu środkowego, w które skały bajosu wcinają się głębokimi (do 40 m) żyłami klastycznymi (Kotański, 1961; Lefeld, 1997a; ryc. 1C). Bajos składa się

z warstwy zlepieńca, na którym zalegają wapień (Rabowski, 1959; Kotański, 1961). Utwory batonu wykształcone są w postaci wapieni bulastych, charakteryzujących się różową i czerwoną barwą. Skały bajosu i batonu mają miąższość ok. 25 m (Kotański, 1961).

Formacja z Raptawickiej Turni (kelowej-hoteryw; Lefeld i in., 1985), tzw. malmo-neokom, powstała podczas nieprzerwanej sedymentacji – od głębokomorskiej w jurze późnej do płytkomorskiej w kredzie wczesnej (Lefeld, 1968, 1997b). Serię rozpoczynają różowe wapień kelowej (Kotański, 1961) o teksturze bulastej (Lefeld, 1997a), podścielające oksfordzkie mikrytowe wapień barwy czerwonej. Etap od kimerydu do hoterywu reprezentowany jest przez szare wapień mikrytowe (Lefeld, 1968, 1997a). Miąższość tych osadów to ok. 200 m (Kotański, 1961).

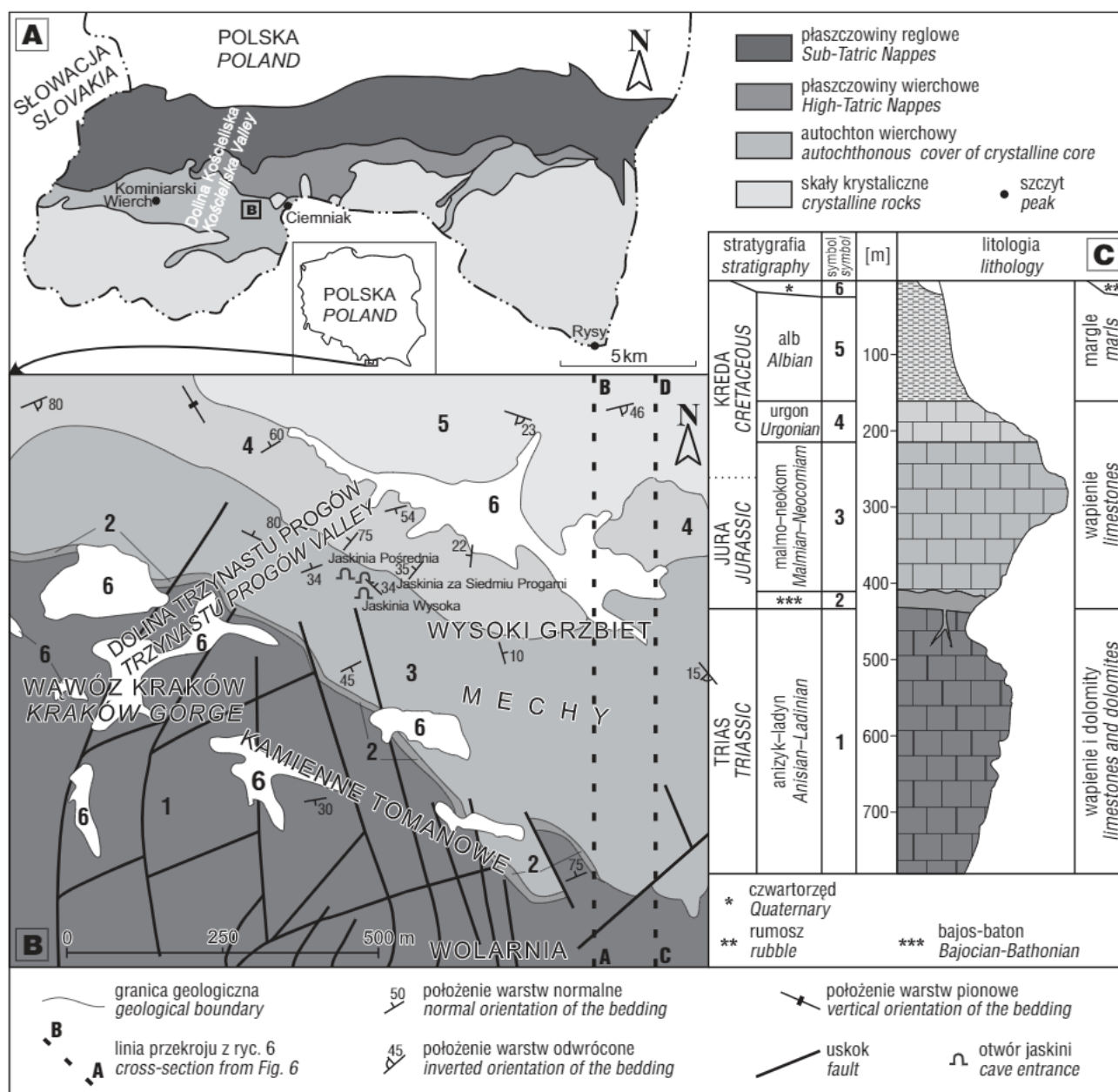
Na formacji z Raptawickiej Turni zgodnie zalegają skały urgonu – jasnoszare i białe wapień organodetrytyczne, nadścielone ciemnymi wapieniami (Rabowski, 1959) określanymi jako formacja z Wysokiej Turni (Lefeld i in., 1985). W serii Wąwozu Kraków wapień urgońskie mają średnio 50 m miąższości (Kotański, 1961).

Wyżej niezgodnie zalegają utwory powstałe w albie, zaliczane do formacji z Zabijaka (Lefeld i in., 1985), którą tworzą wapień piaszczyste, miejscami glaukonitowe (Rabowski, 1959), podścielające margle z wkładkami piaszkowców fliszowych (Kotański, 1961).

Osady czwartorzędowe to w głównej mierze słabo obtoczone i nieobtoczone rumosze skalne oraz glazy, nagromadzone w formie stożków usypiskowych (Piotrowska i in., 2008).

Na badanym obszarze poszczególne serie skalne mają biegi warstw zbliżone do równoleżnikowych. W utworach triasu środkowego, z których zbudowane są stoki Wolarni, biegi warstw wahają się w zakresie od 100 do 110° (Piotrowski, 1978). W największym uogólnieniu warstwy te budują synklinę, której strefa przegubowa widoczna jest w dnie doliny Kamienne Tomanowe (ryc. 2). Po stronie Wolarni

¹Katedra Geologii Podstawowej, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; j_szczygiel@tlen.pl.



Ryc. 1. **A** – obszar badań na tle głównych jednostek tektonicznych Tatr (wg Bac-Moszaszwili i in., 1979); **B** – powierzchniowa budowa geologiczna obszaru badań (Piotrowski, 1978; Piotrowska i in., 2008; zmienione); **C** – profil litostratygraficzny serii Wąwozu Kraków (wg Kotańskiego, 1961; zmienione)

Fig. 1. **A** – study area in relation to the main tectonic units of the Tatra Mts. (after Bac-Moszaszwili et al., 1979); **B** – superficial geological structures of study area (Piotrowski, 1978; Piotrowska et al., 2008; modified); **C** – lithostratigraphic profile of the Kraków Gorge series (after Kotański, 1961; modified)

warstwy zapadają stromo ku północy lub przebiegają pionowo. Na Mechach ławice zapadają pod kątem od 20 do 50° ku południowi. W wyższych hipsometrycznie partiach wąwozu również warstwy po stronie Wolarni przyjmują południowe kierunki zapadania (Piotrowski, 1978; Piotrowska i in., 2008). Układ ten zaburza uskoki w dnie wąwozu na rzędnej 1580 m n.p.m. (ryc. 1B). W jego wschodnim skrzydle skały triasu środkowego zapadają pod kątem 75° ku północy (Piotrowska i in., 2008).

W wapieniach jurajskich i kredowych podcięcie synklinalne objawia się wzrostem wartości północnych upadów z ok. 50° w wapieniach malmo-neokomu do 80 i 85° w skałach urgonu (Piotrowski, 1978).

Deformacje nieciągłe w Wąwozie Kraków występują licznie i są zróżnicowane zarówno pod względem geo-

metryczno-kinematycznym, jak i genetycznym. Najliczniej spotyka się spękania ciosowe, wśród których Piotrowski (1978) wyróżnił trzy główne kierunki (60–70°, 5–15°, 100–110°).

Dyslokacje na badanym obszarze można podzielić na dwa zespoły: południkowy, który jest starszy i częściowo przemieszczany równoleżnikowym – młodszym (Piotrowski, 1978). Z opublikowanego przez Kotańskiego (1965) przekroju przez wschodnie zbocze Doliny Kościeliskiej wynika, że w górnej części Wąwozu Kraków (w przedziale wysokości 1400–1600 m n.p.m.) w parautochtonie są cztery większe uskoki. Wszystkie z nich przebiegają równoleżnikowo i zapadają na południe. Najsilniej zuskokowane są utwory triasu środkowego w rejonie dna Wąwozu Kraków. Tylko nieliczne uskoki kontynuują się

w młodszych skałach, wygasając w obrębie malmo-neokomu (Piotrowski, 1978). Ponadto granica urgonu z albem ma charakter tektoniczny (Rabowski, 1959; Piotrowski, 1978).

CHARAKTERYSTYKA JASKINI WYSOKIEJ – ZA SIĘDMIU PROGAMI

System jaskiniowy Wysoka – Za Siedmiu Progami posiada łącznie siedem otworów. Jaskinia za Siedmiu Progami ma dwa otwory: górny (1468 m n.p.m.) i dolny (1455 m n.p.m.). W Jaskini Wysokiej są także dwa otwory: górny (1499 m n.p.m.) i dolny (1487 m n.p.m.), natomiast Jaskinia Pośrednia, również należąca do systemu, ma trzy otwory: górny (1488 m n.p.m.), środkowy (1487 m n.p.m.) i dolny (1477 m n.p.m.; Napierała, 1994). Otwory znajdują się w wapieniach malmo-neokomu; Piotrowska i in., 2008; ryc. 1B), a zlokalizowane są w prawym orograficznie zboczu wąwozu, u podnóża południowo-wschodniej ściany Wysokiego Grzbietu. Długość systemu jaskiniowego wynosi ok. 11 660 m, a jego deniwelacja sięga 435 m (+147 m, –288 m; Napierała, 1994).

Pierwszym odkrytym elementem systemu była Jaskinia za Siedmiu Progami, której otwór znalazł Chałubiński w latach 40. XX w. Otwór Jaskini Wysokiej w 1952 r. odkryli Kowalski, Radomski i Olejarz z Krakowskiego Klubu Grotołazów. Do 1962 r. środowiska jaskiniowe z Krakowa i Zakopanego odkryły ok. 1 km korytarzy, dla których deniwelacja wynosi ok. 150 m. W 1972 r. katowiccy grotołazi w składzie Czepiel, Łabanowicz, Rysiecki i Włodarczyk przeszli zacisk na końcu Jaskini za Siedmiu Progami, rozpoczynając tym samym nowy rozdział w jej eksploracji. Kontynuując prace przez kolejne 18 lat, członkowie Katowickiego Klubu Speleologicznego pod wodzą Rysieckiego i Napierały, później wspomagani przez środowiska krakowskie, sądeckie, poznańskie i wrocławskie, doprowadzili do obecnego stanu poznania jaskini (Napierała, 1994).

METODYKA

Autor prowadził badania terenowe latem 2009 r. Objęły one wybrane partie Jaskini Wysoka – Za Siedmiu Progami: główny ciąg od dolnego otworu Jaskini Wysokiej do Koloseum włącznie, partie wokół Koloseum, Salę z Balkonem, Partie pod Stropem, Wielki Kanion, Kruche Partie do Sali Trzynastego, Boczny Meander, Jaskinię za Siedmiu Progami od Koloseum do Wodnej Pułapki (główny ciąg; ryc. 3). Pomiary strukturalne uławiczenia, powierzchni nieciągłości i tektoglify wykonywane były w jaskini na głębokości od 100 do 270 m p.p.t. W badanych partiach zrobiono pomiary w sumie na 28 stanowiskach. Pomierzono również struktury na powierzchni terenu – w rozwidleniu Wąwozu Kraków i Doliny Trzynastu Progów, w okolicach otworów systemu jaskiniowego oraz na stokach Mechów, łącznie na siedmiu stanowiskach.

Do zlokalizowania stanowisk w przestrzeni posłużył program Walls v2 B8. Wprowadzono do niego dane uzyskane z protokołu pomiarów kartograficznych systemu jaskiniowego Wysoka – Za Siedmiu Progami (Napierała, 1989) oraz numeryczny model terenu. Po zwektoryzowaniu ciągów azymutalnych jaskini przypisano każdemu ze stanowisk pomiarowych punkt z protokołu, współrzędne względem

dolnego otworu systemu Jaskini Wysokiej, współrzędne topograficzne i wysokość nad poziomem morza.

Model (ryc. 2A) został zbudowany na podstawie informacji z mapy geologicznej (Piotrowska i in., 2008) oraz danych wgłębnych wprowadzonych na przekroje pionowe i ścięcia poziome. Zdygitalizowane granice geologiczne z mapy były punktem wyjścia do interpolacji powierzchni granicznych serii. Na przekroje naniesiono informacje wyinterpretowane z mapy geologicznej oraz z literatury. Dane z pomiarów wykonanych w jaskini wprowadzono na ścięcia poziome wyznaczone na rzędnych, na których znajdowały się stanowiska pomiarowe. Na odpowiednich ścięciach poziomych punkty z pomiarami strukturalnymi zlokalizowano przy pomocy współrzędnych topograficznych (Szczygieł, 2011).

WYNIKI BADAŃ

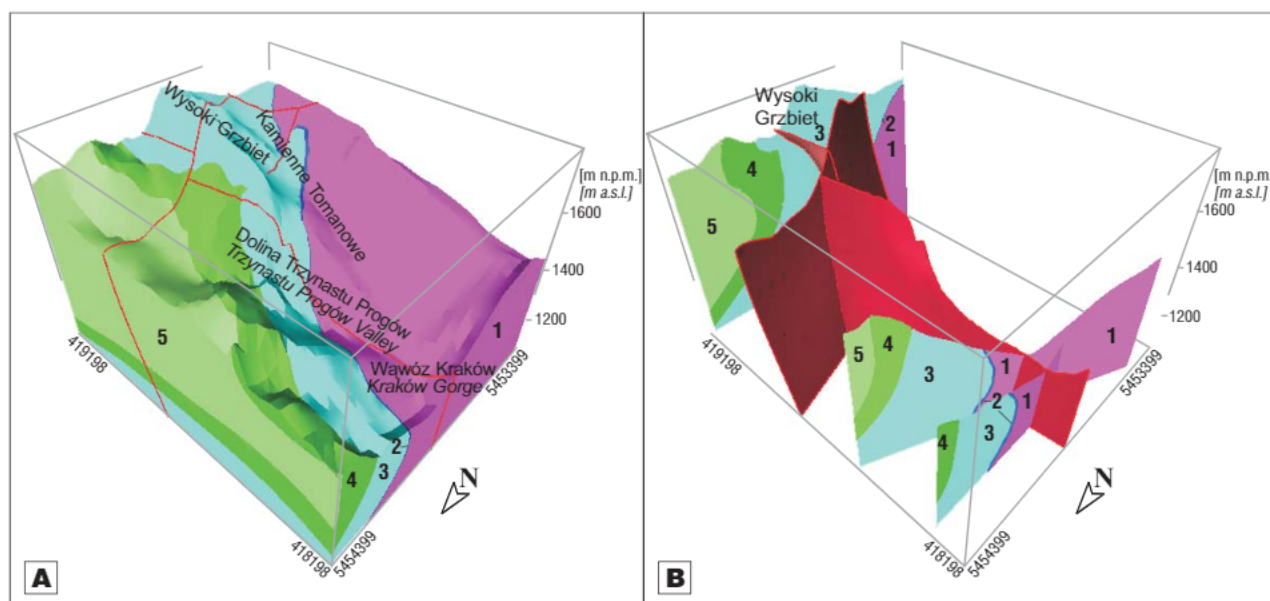
Pomiary z terenu zestawiono na szkicu przebiegu korytarzy jaskini (ryc. 3), skorelowano punktowe pomiary i wyznaczono trzy uskoki sprzężone w rejonie Koloseum, wygięcia warstw oraz trendy powierzchni spękań.

Pierwszy uskok zidentyfikowano w Koloseum. Tektoglify oraz spękania R i X (spękania Riedla; Ramsay & Huber, 1983) świadczą o normalno-przesuwczym prawoskrętnym zwrocie przemieszczenia uskokowego. Uskok przebiega na linii NNW-SSE (ryc. 3), a kąt upadu powierzchni uskokowej łagodnieje ku dołowi z 90 (powyżej 1600 m n.p.m.) do 70° (poniżej 1430 m n.p.m.; ryc. 2B). Na powierzchni dyslokacji zaobserwowano kalcyt dwóch generacji, co wskazuje na wielofazowość jej rozwoju. Uskok ten można utożsamiać z dyslokacją przemieszczającą skały doggeru w dnie Kamiennego Tomanowego (ryc. 1B).

W rejonie Starego Kanionu (ryc. 4A) i Korytarza Wólnych Sobót wyznaczono przebieg dyslokacji przemieszczającej korytarz jaskini i zapadającej pod średnim kątem 80° ku północy. Przemieszczone korytarze wskazują na ruch normalno-przesuwczy lewoskrętny (ryc. 4A). Nie wielki ślizg upadowy (25–27cm) oznacza znikomy wpływ na układ warstw.

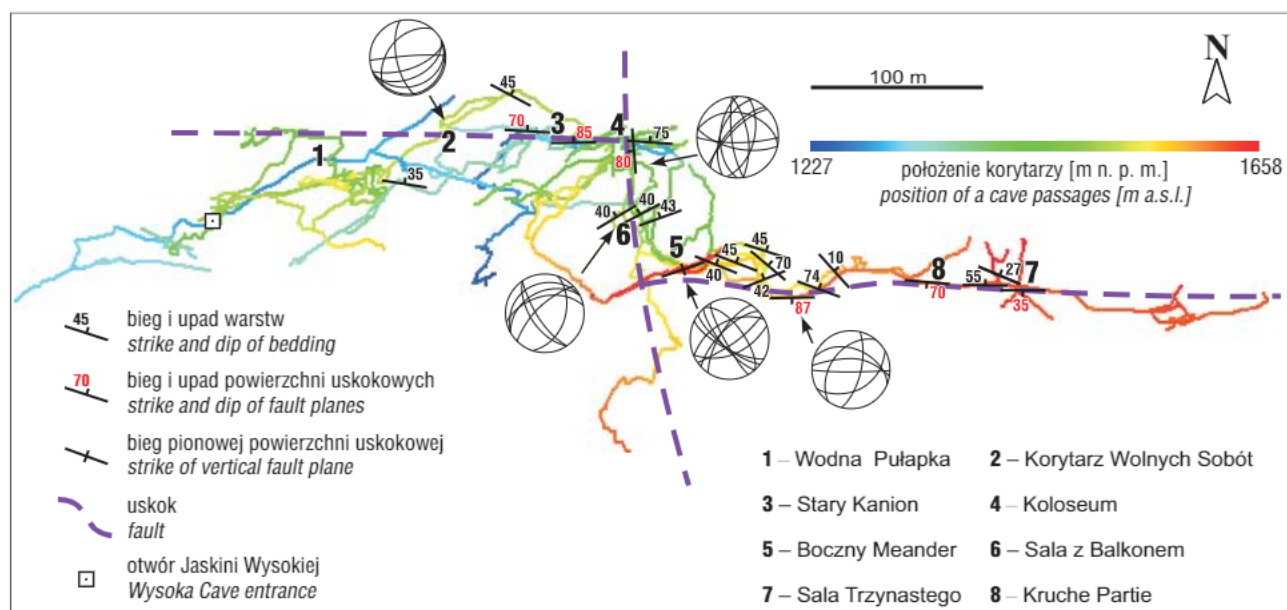
Uskok zidentyfikowano w najgłębszych, a co za tym idzie najmłodszych partiach jaskini, co pozwala określić wiek przemieszczenia na czwartorzęd (ryc. 3). Aktywność uskołu podczas formowania się obecnej rzeźby terenu może być przyczyną znacznego wpływu na geomorfologię. Linia intersekcji, wykreślona na podstawie orientacji uskołu w jaskini, przebiega przez stromy żleb w ścianie, w której znajdują się otwory systemu jaskiniowego Wysokiej, i dalej po dnie Doliny Trzynastu Progów do dna Wąwozu Kraków (ryc. 2A). Dodatkowym argumentem za takim przebiegiem jest młode przesunięcie, widoczne w górnym otworze Jaskini Pośredniej, przecinające wspomniany żleb, które należy interpretować jako nieciągłość opierającą omawiany uskok.

Trzeci uskok zaobserwowano w Partiach pod Stropem oraz w Kruchych Partiach (ryc. 4B). Powierzchnia uskołu zapada na południe, a jej kąt upadu zmniejsza się ku górze z 87 do 35° (ryc. 2B, 3). Tektoglify oraz spękania opierające uskok wskazują na ruch zrzutowy normalny w wyżej położonych stanowiskach i normalno-przesuwczy prawoskrętny na stanowiskach znajdujących się w niższych partiach jaskini.



Ryc. 2. Modele 3D budowy geologicznej górnej części Wąwozu Kraków, objaśnienia symboli jak na ryc. 1. **A** – blokdiagram (czerwone linie – linie intersekcji powierzchni uskokowych); **B** – przekroje geologiczne usytuowane prostopadle do biegu warstw oraz powierzchni uskoków (kolor czerwony) udokumentowanych w jaskini

Fig. 2. 3D models of the geological structure of the upper part of Kraków Gorge, explanations of symbols shown in the Fig. 1. **A** – block diagram (red lines – intersections of fault planes); **B** – geological cross-sections perpendicular to the bedding strike and fault planes (red colour) founded in cave

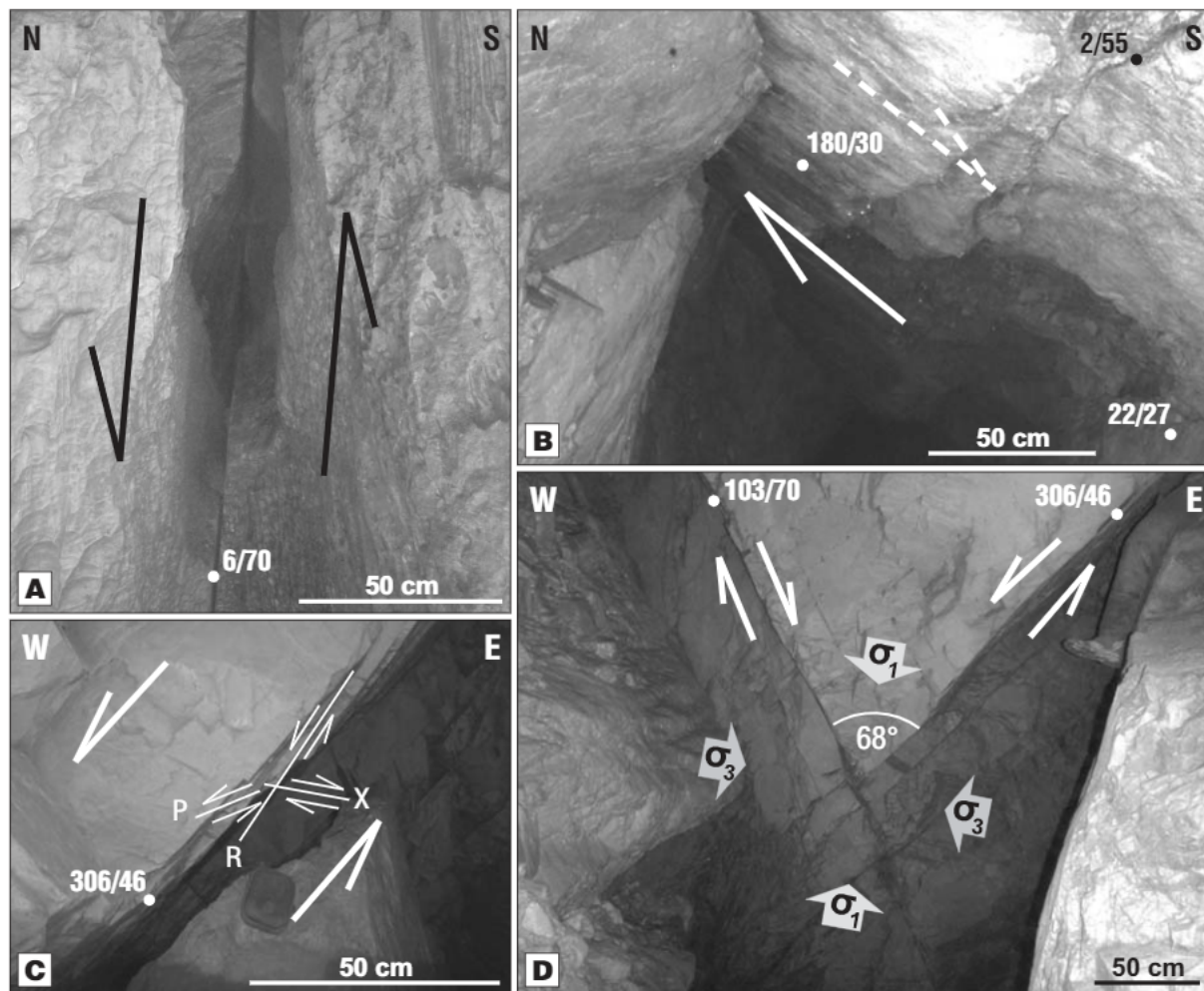


Ryc. 3. Plan strukturalny systemu jaskiniowego Wysoka – Za Siedmiu Progami (diagramy splekań na półkuli dolnej)
Fig. 3. Structural plan of the Wysoka – Za Siedmiu Progami Cave system (diagrams of joints on lower hemisphere)

W rejonie przecinania się uskoków (Koloseum, Sala z Balkonem, zachodnia część Patrii pod Stropem) kierunki zapadania warstw zmieniają się z NE na NW. Ponadto upad warstw w Wielkim Kanionie wskazuje na obecność szeroko-promiennej antykliny (ryc. 5). Warstwy w Ustach Mariana na rzędnej 1442 m n.p.m. zapadają pod kątem 42°. Idąc w górę, można zauważyć, że Wielki Kanion przecina kolejne warstwy, na Schodkach ich upady oscylują między 40 a 45°, by na rzędnej 1536 m n.p.m. osiągnąć 70°, a 14 m wyżej – 74°. Po kolejnych 42 m w pionie (szczyt Wielkiego Kanionu) korytarz przecina powierzchnia uławiczenia zapa-

dająca pod kątem 10°. Dalej na wschód (Krucze Partie) warstwy zaczynają stromieć, zapadając pod kątem 27°.

Wprowadzenie pomiarów uławiczenia z jaskini pozwoliło skorygować przebieg granicy malmo-neokomu z urgonem powyżej rzędnej 1300 m n.p.m., tj. od 250 do 500 m pod powierzchnią terenu. W pierwotnej wersji, nieuwzględniającej pomiarów z jaskini, na wschodnim krańcu warstwy na tej granicy układały się w leżący fałd paraboliczny. Oś synkliny w tym miejscu podnosiłaby się ku południowemu zachodowi, tu warstwy przyjmowałyby geometrię obalanej synkliny grzebieniowatej. Z tego miejsca warstwy biegingłyby



Ryc. 4. Struktury tektoniczne w Jaskini Wysokiej – Za Siedmiu Progami. **A** – młode przesunięcie w Starym Kanionie, ruch zrzutowy normalny; **B** – powierzchnia uskokowa ze spękaniami przyuskokowymi i powierzchnia uławicenia, Kruche Partie; **C** – spękania w strefie ścinania (P, R, X; spękania Riedla; Ramsay & Huber, 1983) towarzyszące systemowi spękań z ryciny 4C, Partie pod Stropem; **D** – system spękań ścięciowych oraz kierunki naprężeń (σ_1 , σ_3), Partie pod Stropem

Fig. 4. Tectonic structures in the Wysoka – Za Siedmiu Progami Cave. **A** – young dislocation in Stary Kanion, dip-slip move; **B** – fault plane with accompanied fractures and bedding plane, Kruche Partie; **C** – shears zone (P, R, X; Riedel shears; Ramsay & Huber, 1983) accompanying of conjugate shears from Figure 4C; **D** – conjugate shears and stress direction (σ_1 , σ_3), Partie pod Stropem

ku WNW, układając się w szerokopromienne podgięcie synklinalne, w którym upady zmniejszają się wraz z głębokością z 70 do 45°.

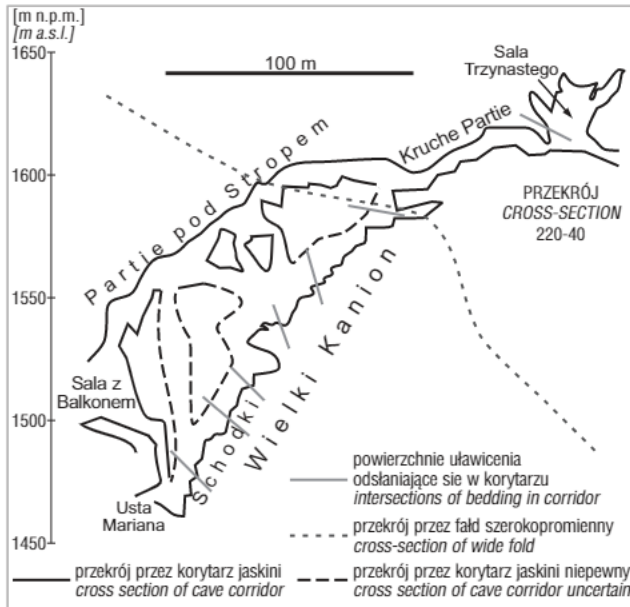
W modelu uwzględniającym pomiary z badań terenowych we wschodniej części obszaru synklina ma geometrię grzebieniową. Jej powierzchnia osiowa od rzędnej ok. 1630 m n.p.m. zapada ku północy pod kątem ok. 55°. Warstwy tworzą fałszywą antyklinę fałdu przewalonego (ryc. 6). Dalej ku zachodowi oś fałdu obniża się do skrzyżowania z uskokiem. W zachodnim skrzydle uskoku wyraźnie zaznacza się szerokopromienna antyklina opisana wcześniej.

Spękania są najliczniejszą grupą pomierzonych struktur na badanym obszarze. Najczęściej występują spękania o biegu 40° zapadające pod kątem od 65 do 85° ku północnemu zachodowi. Kolejny zespół zapada pod średnim kątem 70° przy biegu 140°, najprawdopodobniej tworzy on system komplementarny z zespołem spękań zapadających ku północy i NNW. Wyraźnie rysuje się też zespół, którego bieg jest zbliżony do południkowego, a upady wahają się od 45 do 80° ku południowi i północy (ryc. 3). Przeważająca

część pomierzonych spękań powstała na skutek działania naprężeń ścinających (ryc. 4C, D). Świadczy o tym kąt pomiędzy spękaniami sprzężonymi, wynoszący blisko 60°, lub ich towarzyszenie uskokiem. Przejawem występowania naprężeń ekstensyjnych są rozwarte i wypełnione kalcytem spękania, były one jednak trudno dostrzegalne w warunkach jaskiniowych.

EWOLUCJA STRUKTURALNA GÓRNEJ CZĘŚCI WĄWOZU KRAKÓW

Obserwacje i pomiary struktur poczynione przez autora w systemie Jaskini Wysokiej – Za Siedmiu Progami są zgodne z wnioskami uzyskanymi przez Piotrowskiego (1978) na podstawie badań powierzchniowych. I tak uskoki o przebiegu zbliżonym do południkowego, zgodnie z poglądami Piotrowskiego, utworzył się w najstarszym etapie deformacji (faza subhercyńska) i w kolejnych był odmładzany, o czym świadczyć może wieloetapowa mineralizacja, zaobserwowana na powierzchni uskoku w Koloseum. Z drugim

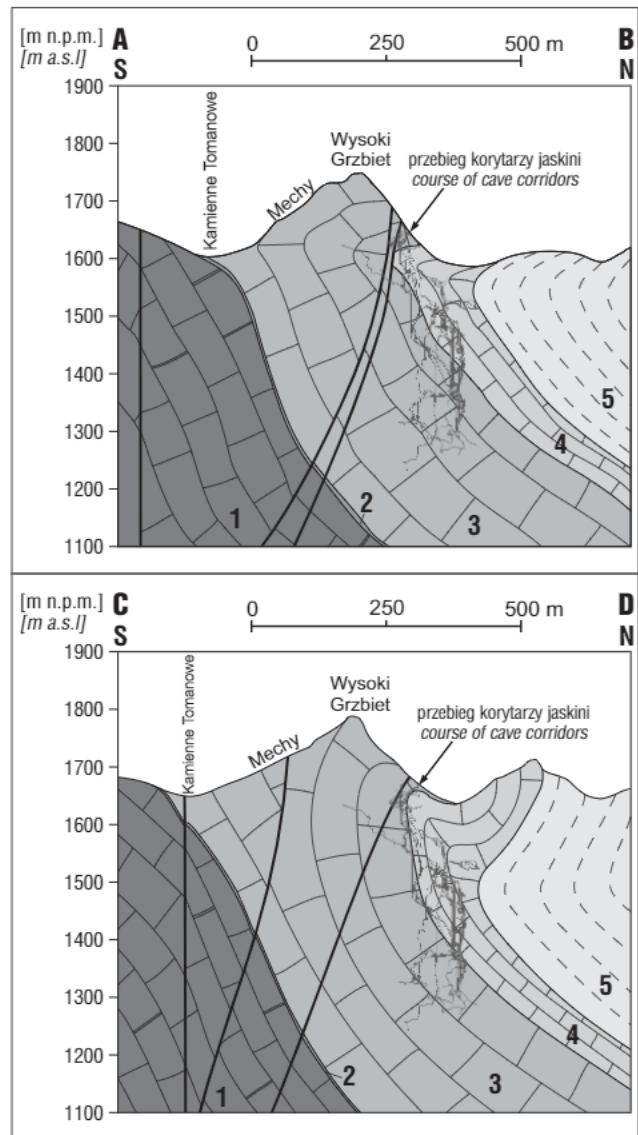


Ryc. 5. Schematyczny przekrój przez wschodnią część Jaskini Wysokiej – Za Siedmiu Progami (wg Napierała, 1994; zmienione)
Fig. 5. Schematic cross-section of the east part of the Wysoka – Za Siedmiu Progami Cave (after Napierała, 1994; modified)

etapem związane są prawdopodobnie spękania o przebiegu $60\text{--}70^\circ$, sprzężone z uskokiem południkowym odmłodzonym podczas nasuwania jednostek płaszczwinowych. W tym czasie powstała również synklina budująca Wysoki Grzbiet, której oś jest prostopadła do kierunku nasunięcia płaszczwin. Trzeci etap deformacji to według Piotrowskiego (1978) ruchy pionowe. Zaobserwowano powierzchnie uławicenia w skrzydle wschodnim uskoku południkowego w Koloseum, nie zauważono jednak ich kontynuacji w skrzydle zachodnim na całej dostępnej dla obserwatora powierzchni uskoku. Może to być efekt mineralizacji bądź krasowienia powierzchni uskoku lub znacznego zrzutu uskoku. Skorelowanie tego uskoku z zaznaczonym na mapie (Piotrowska i in., 2008) skłania do uznania za właściwą drugą z wymienionych możliwości, co potwierdziłoby aktywność tego uskoku w trzecim etapie deformacji. Czwarty, najmłodszy etap to ruchy czwartorzędowe, związane z odprężeniem orogenu (Piotrowski, 1978). W tej fazie powstały uskoki równoległe do osi dolin. Dyslokacje udokumentowane w jaskiniach o przebiegu równoleżnikowym również utworzyły się w tym właśnie okresie. Uskok zlokalizowany we wschodniej części jaskini ma powierzchnię nachyloną ku południowi, konsekwentną względem stoku Wąwozu Kraków (ryc. 6). Najprawdopodobniej jest to więc uskok grawitacyjny, którego powierzchnia powstała w wyniku odprężenia. Za jego aktywnością w czwartorzędzie przemawiają również liczne zawaliska w korytarzach jaskini rozwiniętych na jego powierzchni. Przemieszczenie uskoku zlokalizowanego w zachodniej części jaskini, zostało zmierzone bezpośrednio ($27\text{--}52\text{ cm}$).

WNIOSKI

Dotychczasowy model głębokiej budowy obszaru badań pochodził z interpretacji faktów obserwowanych na powierzchni terenu. Dane pozyskane w czasie prac speleologicznych prowadzonych w Jaskini Wysokiej – Za Sied-



Ryc. 6. Przekroje geologiczne przez górną część Wąwozu Kraków (objaśnienia symboli i lokalizacja przekrojów na ryc. 1)

Fig. 6. Geological cross-section of the upper part of the Kraków Gorge (explanations of symbols and location of cross-section shown in the Fig. 1)

miu Progami pozwoliły uszczegółwić model głębokiej budowy geologicznej, a tym samym potwierdziły sens wykonywania takich prac.

Prace pozwoliły udokumentować:

- trzy nowe uskoki: jeden południkowy, który jest najstarszy i był odmładzany w kolejnych etapach deformacji, oraz dwa równoleżnikowe, które aktywowały się w czwartorzędzie, czego dowodem są przesunięcia korytarzy, zawaliska oraz ruch zrzutowy równoległy do stoków;
- przebieg granicy malmo-neokomu z urgonem, układający się w przewaloną synklinę grzebieniową o powierzchni osiowej zanurzającej się ku północy pod kątem ok. 55° do skrzyżowania z uskokiem południkowym;
- szerokopromienną antyklinalną zlokalizowaną w dolnym skrzydle skłębienia synklinalnego i zachodnim skrzydle uskoku południkowego.

Aby uzupełnić wiedzę o budowie geologicznej Wysokiego Grzbieta oraz Wąwozu Kraków, z pewnością warto

byłoby wykonać podobne badania w Jaskini Lodowej w Ciemniaku oraz w mniejszych jaskiniach zlokalizowanych na tym obszarze.

Pragnę podziękować moim opiekunom naukowym prof. A. Wójcikowi z PIG-PIB oraz dr. Z. Małolepszemu z Uniwersytetu Śląskiego, a także recenzentom – prof. K. Piotrowskiej i dr hab. E. Jurewicz za uwagi i krytyczne komentarze, które wzbogaciły wartość merytoryczną i metodyczną tej pracy. Stworzenie modelu 3D głębokiej budowy geologicznej było możliwe dzięki uprzejmości firmy Intrepid Geophysics & GeoIntrepid Company, która udostępniła oprogramowanie Intrepid Geomodeller v1.3. na czas realizacji zadania badawczego. Dziękuję również dyrekcji Tatrzańskiego Parku Narodowego za umożliwienie prowadzenia badań na terenie ścisłego rezerwatu. Badania były prowadzone w ramach pracy magisterskiej.

LITERATURA

- BAC-MOSZASZWILI M., BURCHART J., GŁAZEK J., IWANOW A., JAROSZEWSKI W., KOTAŃSKI Z., LEFELD J., MASTELLA L., OZIMKOWSKI W., RONIEWICZ P., SKUPIŃSKI A. & WESTWALEWICZ-MOGILSKA E. 1979 – Mapa geologiczna Tatr polskich w skali 1 : 30 000. Wyd. Geol. Warszawa.
- BAC-MOSZASZWILI M. & NOWICKI T. 2006 – Uwagi o rozwoju jaskiń w strukturze płaszczynowej Czerwonych Wierchów w Tatrach. *Prz. Geol.*, 54: 56–60.
- GRODZICKI J. 1978 – Nowe elementy strukturalne jednostki Organów między Doliną Kościeliską i Doliną Miętusią. *Kras i Speleol.*, 2: 77–83.
- GRODZICKI J. & KARDAŚ R.M. 1989 – Tektonika masywu Czerwonych Wierchów w świetle obserwacji z jaskiń. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 59: 275–293.
- HERCMAN H. 1989 – Z geologii Jaskini Magurskiej w Tatrach. *Kras i Speleol.*, 6: 79–84.
- KOTAŃSKI Z. 1961 – Tektogeneza i rekonstrukcja paleogeografii pasma wierzchowego w Tatrach. *Acta Geol. Pol.*, 11: 187–476.
- KOTAŃSKI Z. 1965 – Przekrój geologiczny wschodniego zbocza Doliny Kościeliskiej w Tatrach w historycznym rozwoju. *Acta Geol. Pol.*, 15: 239–354.
- LEFELD J. 1968 – Stratygrafia i paleogeografia dolnej kredy wierzchowej Tatr. *Stud. Geol. Pol.*, 24.
- LEFELD J. 1997a – Jura. [W:] Lefeld J. & Gaździcki A. (red.) Przewodnik LXVIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Zakopane, 2–4 października 1997. *Pol. Tow. Geol.*, Warszawa: 48.
- LEFELD J. 1997b – Kreda. [W:] Lefeld J. & Gaździcki A. (red.) Przewodnik LXVIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Zakopane, 2–4 października 1997. *Pol. Tow. Geol.*, Warszawa: 51.
- LEFELD J., GAŹDZICKI A., IWANOW A., KRAJEWSKI K. & WÓJCIK K. 1985 – Jurassic and Cretaceous lithostratigraphic units of the Tatra Mountains. *Stud. Geol. Pol.*, 84: 1–93.
- NAPIERAŁA M. 1989 – System jaskiniowy Wysoka – Za Siedmiu Progami. Protokół pomiarów kartograficznych. Zestaw współrzędnych. KKS, Katowice.
- NAPIERAŁA M. 1994 – Jaskinia Wysoka – Za Siedmiu Progami. [W:] Grodzicki J. (red.) Jaskinie Tatrzańskiego Parku Narodowego, t. 5, Jaskinie Wąwozu Kraków. PTPNoZ: 163–194.
- PIOTROWSKA K., CYMERMAN Z. & RĄCZKOWSKI W. 2008 – Szczegółowa mapa geologiczna Tatr w skali 1 : 10 000, ark. Czerwone Wierchy – mapa geologiczna powierzchniowa. *Centr. Arch. Geol. PIG-PIB*.
- PIOTROWSKI J. 1978 – Charakterystyka mezostrukturalna głównych jednostek tektonicznych Tatr w przekroju Doliny Kościeliskiej. *Stud. Geol. Pol.*, 15: 1–190.
- RABOWSKI F. 1959 – Serie wierzchowe w Tatrach Zachodnich. *Pr. Inst. Geol.*, 27: 66–71.
- RAMSAY J.G. & HUBER M.I. 1983 – The techniques of modern structural geology, Vol. 1, Strain analysis. *Acad. Press, London*: 1–307.
- SZCZYGIEL J. 2011 – Trójwymiarowy model budowy geologicznej bazujący na pomiarach z jaskiń, na przykładzie Jaskini Wysokiej – Za Siedmiu Progami w Tatrach. [W:] Drzymała J. & Ciężkowski W. (red.) Interdyscyplinarne zagadnienia w górnictwie i geologii, t. 2. *Ofic. Wyd. PWR*: 61–69.

Praca wpłynęła do redakcji 22.02.2011 r.

Po recenzji akceptowano do druku 13.02.2012 r.

