

Zależność między kierunkami korytarzy jaskiń pseudokrasowych a spękaniem ciosowymi w NE części Beskidu Śląskiego (Karpaty zewnętrzne)

Maciej Tomaszczyk*



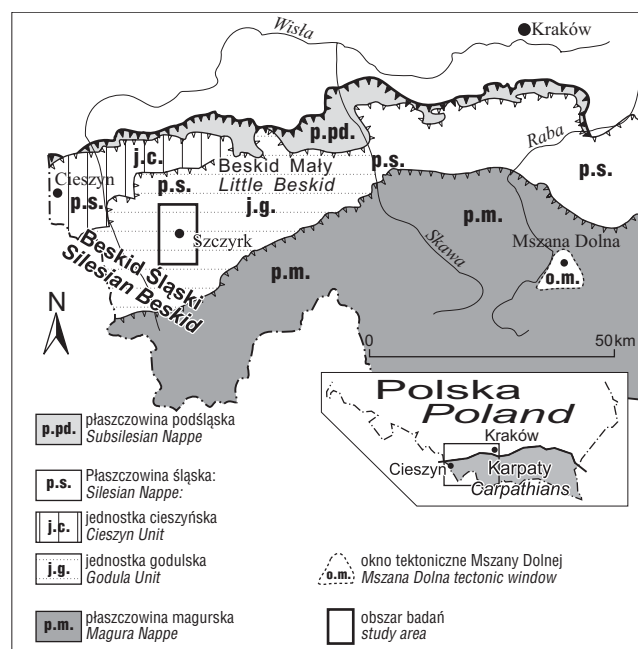
Correlation between orientation of pseudokarst caves and joints in NE part of the Silesian Beskid Mts. (Outer Carpathians). *Prz. Geol.*, 53: 168–174.

S u m m a r y. Numerous pseudokarst caves occur along the ridges and mountain slopes of the Silesian Beskid. These caves form in thick-bedded sandstones with dips no more than 35°, as a result of the opening of crevices present in the rock massif; this process is related to gravitational mass movements. Comparison between the directions of joints and the directions of passages of fifteen selected caves shows that caves occurring in flysch rocks may form along all joint sets. The joint network of the researched area is composed of a two fold-oblique sets — S_P and S_L ; cross-fold set — T ; and three fold-parallel sets — L , L' and L'' .

Key words: pseudokarst caves, mass movement, joint, flysch, Godula beds, Silesian Beskid, Polish Outer Carpathians

Celem artykułu jest ogólna charakterystyka oraz określenie związków pomiędzy kierunkami korytarzy wybranych jaskiń pseudokrasowych w północno-wschodniej części Beskidu Śląskiego (ryc. 1, 2) a litologią i tektoniką tego obszaru. Szczególną uwagę zwrócono na zależności pomiędzy kierunkami korytarzy jaskiń a siecią spękań ciosowych.

W Karpatach zewnętrznych tworzenie się jaskiń pseudokrasowych (Pulina i in., 1997), zwanych również szczelinowymi (Pulina i in., 1997) lub szparowymi (Urban & Mochoń, 1990), jest nieodłącznie związane z powierzchniowymi ruchami mas skalnych w obrębie stoków zbudowanych z piaskowców gruboławicowych. Obszar Karpat, ze względu na tektonikę i litologię fliszu, głębokie wcięcia erozyjne oraz duże roczne sumy opadów, sprzyja rozwojowi osuwisk (Mastella, 1975; Bober, 1984; Margielewski, 1998, 2002). Czynnikiem inicjującym sam zsuw mas skalnych są: przeciążenie zboczy wywołane nasyceniem wodą oraz podcięcia erozyjne i wstrząsy sejsmiczne (Bajger, 1993). Badany obszar znajduje się w rejonie, który charakteryzuje się dużym wskaźnikiem osuwiskowości, wynoszącym 12,9–14,9%, a niektóre jego fragmenty nawet większym (Bober, 1984). Szczegółowe badania osuwisk dowodzą, że osuwiska karpackie mają założenia strukturalne i rozwijają się wzdłuż naturalnych powierzchni nieciągłości w masywie skalnym (Mastella, 1975; Bober, 1984; Margielewski, 1998, 2002). Jaskinie powstają w trakcie różnych etapów ewolucji stoku. Niektóre formy powstają w akcie jednoczesnym z samym osuwiskiem, inne zaś, jak wykazała Margielewski i Urban (2000, 2003), są formą inicjującą sam zsuw mas skalnych. Istnieją również formy jaskiniowe, których proces tworzenia jest związany z ruchami odprężeniowo-grawitacyjnymi w obrębie skalnych nisz osuwiskowych lub ostańców erozyjnych. Bez względu na wielkość, miejsce występowania na stoku oraz korelacje z osuwiskami, prawie wszystkie jaskinie powstają w wyniku rozwierania się szczelin powstałych wzdłuż naturalnych powierzchni nieciągłości w masywie skalnym (Puchejda, 1989; Pulina i in., 1997; Margielewski, 1998; Margielewski & Urban, 2000, 2003).



Ryc. 1. Szkic tektoniczny zachodniej części polskiego segmentu Karpat zewnętrznych (wg Książkiewicz, 1972 — uproszczony) wraz z lokalizacją terenu badań

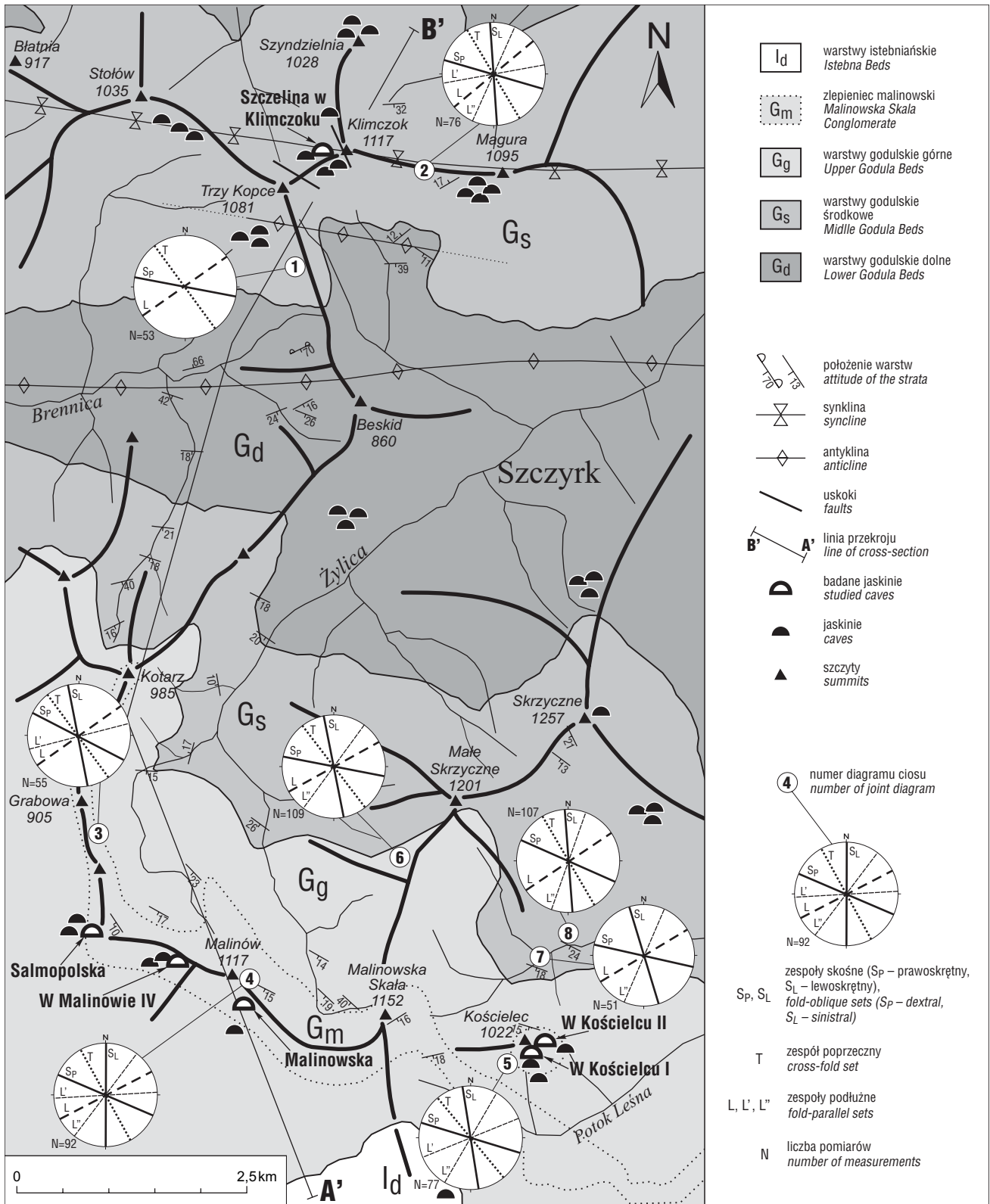
Fig. 1. Tectonic sketch of western part of Polish segment of the Outer Carpathians (after Książkiewicz, 1972 — simplified) with location of study area

Metodyka badań

Korzystając z własnych pomiarów kierunków korytarzy jaskiń oraz z publikowanych planów jaskiń (Pulina i in., 1997) sporządzono diagramy rozetowe kierunków korytarzy. Diagramy przedstawiają procentowy udział długości korytarzy o określonych kierunkach w danej jaskini. Dodatkowo w każdej jaskini były prowadzone obserwacje litologiczne oraz tektoniczne, w szczególności drobnych struktur tektonicznych występujących na ścianach, stropach oraz powierzchniach ławic i spękań.

Wykorzystując własne pomiary ciosu sporządzono także diagramy spękań ciosowych. Wykorzystano do tego celu pomiary zebrane w miejscach, w których autor miał pewność, że kierunki spękań ciosowych nie są zaburzone przez ruchy osuwiskowe, tj. w korytach potoków, w skalistych niszach osuwiskowych, ostańcach erozyjnych oraz w

*Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; tomaszczyk@tlen.pl



Ryc. 2. Mapa geologiczno-lokalizacyjna obszaru badań wraz z diagramami kierunków spękań ciosowych (geologia na podstawie Burtan i in., 1937; Burtan, 1973)

Fig. 2. Geological map of study area with distribution of analyzed caves and diagrams of directions of joint sets (geology after Burtan et al., 1937; Burtan, 1973)

odslonięciach przy drogach i na szlakach górskich. W pojedynczym odslonięciu bardzo rzadko ujawniają się wszystkie zespoły ciosu, a występowanie konkretnych zespołów lub ich brak może być uzależniony od grubości ławic (Tokarski & Świerczewska, 2001), dlatego niektóre dia-

gramy konstruowano grupując pomiary zebrane w sąsiadujących odslonięciach o identycznych warunkach tektonicznych. Dodatkowo prowadzono obserwacje i pomiary drobnych struktur tektonicznych, towarzyszących spękanom, zdefiniowanych (Dadlez & Jaroszewski, 1994) jako

rąbki i żebra tektoniczne, spękania kulisowe, struktury miotlaste i pierzaste. Ułatwiły one identyfikację poszczególnych zespołów ciosu.

W celu przyporządkowania danym zespołom ciosu konkretnych korytarzy jaskiń dokonano zestawienia diagramów kierunków ciosu oraz rozet kierunków korytarzy jaskiń. Przy tego typu porównaniach ważne jest, aby warstwy, w których mierzono cios, miały taki sam lub przybliżony bieg i upad, jak warstwy, w których rozwinęła się jaskinia.

Zarys budowy geologicznej badanego obszaru

Badany teren w całości leży w obrębie jednostki godulskiej, należącej razem z jednostką cieszyńską do płaszczowiny śląskiej (ryc. 1).

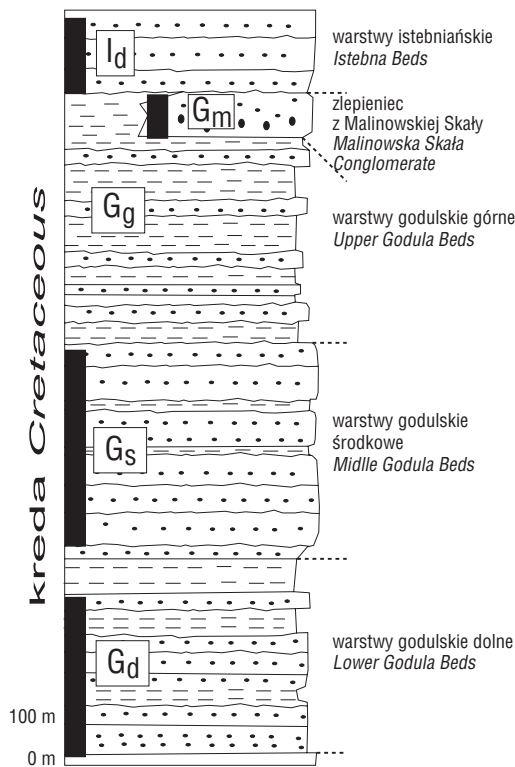
Litologia. Skały budujące omawiany obszar prawie w całości należą do warstw godulskich, dzielących się na trzy ogniwa (ryc. 3): dolne, środkowe i górne (Burtan i in.,

1937). Jedyne południowa część terenu jest zbudowana z piaskowców i zlepieńców, należących do warstw istebniańskich (Burtan i in., 1937). Spagową część warstw godulskich dolnych budują głównie piaskowce gruboławicowe, natomiast wyższą część profilu tych warstw stanowią ogniwia łupkowo-piaskowcowe. Środkowe warstwy godulskie to średnio i gruboławicowe piaskowce, porozdzielane warstwami łupków. Górne warstwy godulskie to głównie cienkoławicowe piaskowce przeławiczone łupkami; w stropowej części występuje warstwa zlepieńców z Malinowskiej Skały (ryc. 3) o miąższości do 120 m. Sumaryczna miąższość warstw godulskich wynosi ok. 2000 m.

Tektonika. Tektonika badanego obszaru jest nieskomplikowana. Jedyne w północnej i środkowej części występują większe struktury fałdowe (ryc. 2, 4). Są to: na północy synklina Klimczok–Magura oraz na południe od niej antyklina Szczyrku, o monoklinalnym południowym skrzydle (ryc. 4).

Synklina Klimczok–Magura znajduje się w północnej części omawianego obszaru (ryc. 2, 4). Skały, z których zbudowana jest ta struktura, należą do warstw godulskich dolnych i środkowych (ryc. 2, 3). Biegi warstw w obu skrzydłach są zmienne — wynoszą 40–120°, jednak generalnie pokrywają się z równoleżnikową rozciągłością struktury. Północne skrzydło charakteryzuje się niewielkimi upadami warstw — 10–20S. W południowym skrzydle synkliny, będącym również północnym skrzydłem antykliny Szczyrku, upady dochodzą do 85N, miejscami występują warstwy odwrócone. W obrębie tego skrzydła występuje antyklina drugiego rzędu (ryc. 2, 4).

Antyklina Szczyrku znajduje się w środkowej części omawianego obszaru (ryc. 2, 4). Struktura ta zbudowana



←

Ryc. 3. Profil litologiczno-stratygraficzny sukcesji śląskiej w północno-wschodniej części Beskidu Śląskiego (Niescieruk & Wójcik, 1996 — uproszczony); czarne słupki wskazują miejsca występowania jaskiń

Fig. 3. Lithostratigraphic profile of Silesian succession in SE part of Silesian Beskid (Niescieruk & Wójcik, 1996 — simplified); black bars show places of occurrence of caves in the profile



Ryc. 4. Przekrój geologiczny wzdłuż linii A'–B' na ryc. 2 (Burtan i in., 1937 — zmieniony). Pozostałe objaśnienia jak na ryc. 2

Fig. 4. Geological cross-section along A'–B' line on the fig. 2 (after Burtan et al., 1937 — modified). Other explanations — see fig. 2

jest ze wszystkich ogniów warstw godulskich, a w części południowej również z warstw istebniańskich (ryc. 2, 3). W północnym skrzydle położenia warstw są zmienne i wynoszą 40–120/45–85N oraz miejscami na S w położeniu odwróconym. W południowym skrzydle położenia warstw zmieniają się w zakresach: 90–180/10–45S.

Spękania ciosowe. Cały masyw jest pocięty gęstą siecią spękań. Spękania te odpowiadają ściśle definicji ciosu: są to występujące seryjnie, penetratywne spękania systematyczne, przecinające ławice bez przemieszczeń (ruch przesuwczy zaznacza się jedynie miejscami), przeważnie prostopadłe do uławicenia (Jaroszewski, 1972; Dadlez & Jaroszewski, 1994; Mastella & Zuchiewicz, 2000; Mastella & Konon, 2002), w odstępach w przybliżeniu równych miąższości przecinanej ławicy (Mastella, 1972).

Na badanym obszarze wydzielono 6 zespołów ciosu (ryc. 2). Cztery zespoły ciosu występują na całym badanym obszarze i mają odpowiedniki w całej polskiej części Karpat zewnętrznych (Mastella i in., 1997; Mastella & Konon, 2002). Nazwy nadano im na podstawie ich geometrycznego stosunku do przebiegu regionalnych struktur fałdowych (Książkiewicz, 1968; Aleksandrowski, 1989). Są to:

- dwa zespoły ciosu skośnego S_p i S_L , mające biegi w zakresie 100–117 oraz 164–2;
- zespół ciosu poprzecznego T, którego biegi zmieniają się w zakresie 140–151;
- zespoły ciosu podłużnego L, L', L'' o biegach wynoszących kolejno 50–63, 67–85 i 20–38 (ryc. 2).

Spękania zespołów S_p oraz S_L wykazują duże podobieństwa w sposobie wykształcenia. Ślady ich przecięcia ze stropem i spągami ławic są zwykle prostoliniowe i wyraźne. Szczeliny mają kilka milimetrów rozwarcia. Powierzchnie spękań obydwu zespołów tylko w nieznacznym stopniu odbiegają od prostopadłości względem ławic. Obie powierzchnie pojedynczego spękania w większości wypadków mają się do siebie jak forma do odlewu. Często towarzyszą im drobne spękania opierające lub lokalnie w przedłużeniu prostoliniowego śladu występują szeregi spękań kulisowych. W tych miejscach na powierzchni spękań występują rąbki tektoniczne, wskazujące na to, że istniała tendencja do ruchu przesuwowczego; dla S_p była to tendencja do ruchu prawoskrętnego, natomiast dla S_L do ruchu lewoskrętnego (Mastella & Zuchiewicz, 2000).

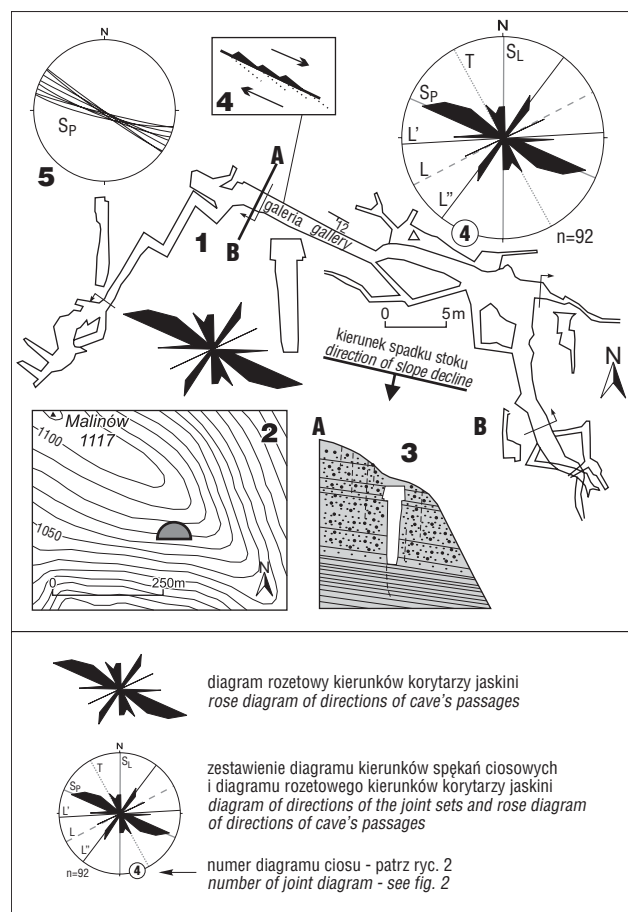
Zespół T charakteryzuje się większym niż w innych zespołach rozwarciem szczelin, wynoszącymi nawet kilkanaście milimetrów. Powierzchnie spękań, chociaż nierówne, są niemal zawsze pionowe. Nie zachowują przy tym prostopadłości do uławicenia. Występują na nich struktury pierzaste i miotłaste. Brakuje natomiast rąbków tektonicznych i drobnych spękań opierających.

W zespole L ślady przecięcia spękań ze spągami i stropem ławic są krzywoliniowe, rzadziej prostolinijne, znikające i poprzerywane. Rozwarcie szczelin jest rzędu milimetrów. Zespoły L' oraz L'' wykazują duże podobieństwo w sposobie wykształcenia. Ich ślady przecięcia z ławicami są krzywoliniowe, znikające, poprzerywane i ponakładane na siebie. Rozwarcie szczelin jest rzędu milimetrów. Na powierzchniach tych spękań występują struktury pierzaste, co świadczy o ekstensyjnej genezie tych zespołów (Mastella & Konon, 2002).

Charakterystyka wybranych jaskiń

W Beskidzie Śląskim zinwentaryzowano dotychczas ok. 200 jaskiń i schronisk skalnych (Ganszer, 2004). Większość tych obiektów znajduje się w obrębie badanego obszaru, w tym te największe: Jaskinia w Trzech Kopcach — 1228 m dł., Jaskinia Głęboka w Stołowie — 520 m dł. oraz Jaskinia Malinowska — 230,5 m dł. (Ganszer, 2004). Dokładnej analizie poddano 15 jaskiń o różnym położeniu topograficznym i litologicznym oraz różnej wielkości — w artykule opisano jako reprezentatywne 6 z nich.

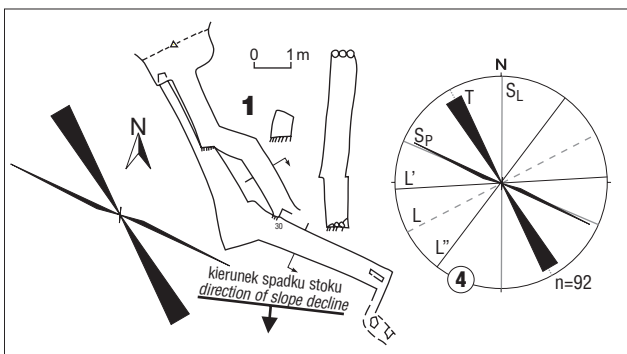
Jaskinia Malinowska. Jaskinia ta znajduje się na południowym stoku góry Malinów, którego spadek wynosi 25° (ryc. 2, 5). Rozwinęła się ona w obrębie gruboławicowych piaskowców i zlepieńców zlepieńca malinowskiego, należącego do warstw godulskich górnych, których położenie wynosi tutaj 120/10–20S. Zachodnia część jaskini ma typowy dla części jaskiń fliszowych, zygzakowaty układ korytarzy (Pulina i in., 1997). Ściany są lite, a maksymalna wysokość korytarzy dochodzi do 10 m. Najdłuższy, najszerszy oraz najwyższy korytarz o kierunku 115°, zwany Galerią (Pulina i in., 1997), jest mniej więcej



Ryc. 5. Jaskinia Malinowska (patrz ryc. 2): 1 — plan wg Rachwańca & Hołka [W:] Pulina, 1997, uproszczony, 2 — szkic topograficzny SE części góry Malinów, 3 — schematyczny przekrój poprzeczny stoku, 4 — rąbki tektoniczne wskazujące na tendencję do ruchu prawoskrętnego, 5 — diagram orientacji zespołu S_p z diagramu nr 4 **Fig. 5.** Malinowska Cave (see fig. 2): 1 — map after Rachwaniec & Hołek [In:] Pulina, 1997, simplified, 2 — topographic sketch of SE part of Malinów, 3 — schematic cross-sections of the slope, 4 — fringe structures show tendency for dextral movement, 5 — diagram of the orientation of S_p set from diagram no. 4

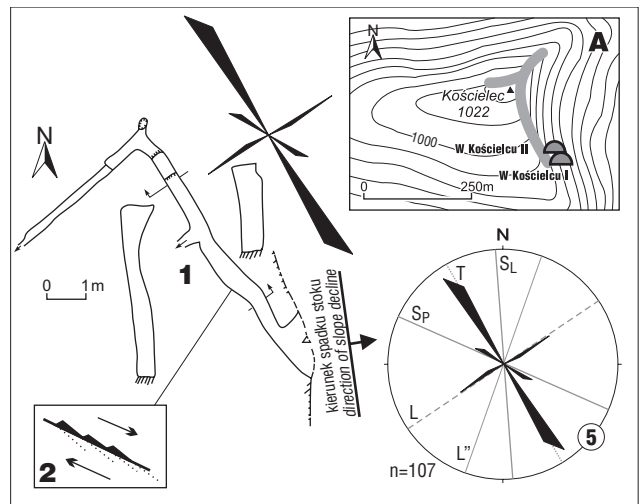
równoległy do stoku. Na ścianach tego korytarza licznie występują drobne struktury tektoniczne. Są to kilkunymetrowe rąbki i żeberka. W paru miejscach na obu ścianach widać rąbki tektoniczne, będące małokątowymi spękaniem riedlowskimi, których orientacja wskazuje na tendencję do ruchu przesuwczego prawoskrętnego (ryc. 5). Fakt ten jednoznacznie wskazuje na to, że korytarz ten rozwinął się na ciosie zespołu S_p (ryc. 5). Jaskinia powstała na stoku nie objętym dotąd ruchami masowymi (Margielewski & Urban, 2000, 2003), tak więc pierwotne kierunki korytarzy pozostały bez zmian. Potwierdza to porównanie kierunków ciosu S_p na diagramie spękań ciosowych z kierunkiem korytarza Galeria (ryc. 5). Korytarze jaskini powstały w wyniku rozwarcia wszystkich 6 zespołów ciosu (ryc. 5).

Jaskinia w Malinowie IV. Jest to niewielka jaskinia o długości 22 m, usytuowana w pobliżu grzbietu Malinów, na jego S stoku (ryc. 2). Jaskinia ta, podobnie jak Jaskinia Malinowska, powstała w gruboławicowych piaskowcach i zlepieńcach zlepieńca malinowskiego, zorientowanych w tym miejscu 100/20S. Jaskinia znajduje się w górnej części osuwiska, które powstało na stoku o niewielkim spadku, nie przekraczającym 5° . Otoczenie otworu jaskini obfituje w formy morfologiczne typowe dla osuwisk, takie jak leje i rowy zapadliskowe. Dominują w niej dwa równorzędne kierunki korytarzy, pierwszy o azymucie 150° oraz drugi o kierunku 115° (ryc. 6). Ściany korytarza o kierunku 115° są wysokie i lite, na jednej trzeciej wysokości widoczny jest gzyms, ukazujący konsekwentny kierunek zsuwu. Kierunki korytarzy jaskiń odpowiadają kierunkom dwóch zespołów spękań ciosowych — T oraz S_p (ryc. 6).



Ryc. 6. Jaskinia w Malinowie IV (patrz ryc. 2): 1 — plan wg Pukowskiego [W:] Pulina, 1997; pozostałe objaśnienia jak na ryc. 5
Fig. 6. Cave in Malinowie IV (see fig. 2): 1 — map after Pukowski [In:] Pulina, 1997; other explanations — see fig. 5

Jaskinia w Kościelcu I. Jaskinia ta jest zlokalizowana na południowo-wschodnich stokach Kościelca (ryc. 2, 7A). Otwór jaskini znajduje się w jednej z wielu występujących tu szeregowo skałek, które stanowią rozległą i wysoką ścianę niszy osuwiskowej. Jaskinia powstała w warstwach godulskich górnych, w obrębie zlepieńca malinowskiego. Położenie warstw wynosi tutaj 120/30S. Jaskinia to zespół dwóch ciasnych (szerokość nie przekracza 0,5 m), ale wysokich szczelin o maksymalnej wysokości 4 m (ryc. 7). Na powierzchni jednej z ławic, tworzącej ścianę jaskini, zaobserwowano rąbki tektoniczne wskazujące na tendencję do ruchu przesuwczego prawoskrętnego (ryc. 7). Jaski-

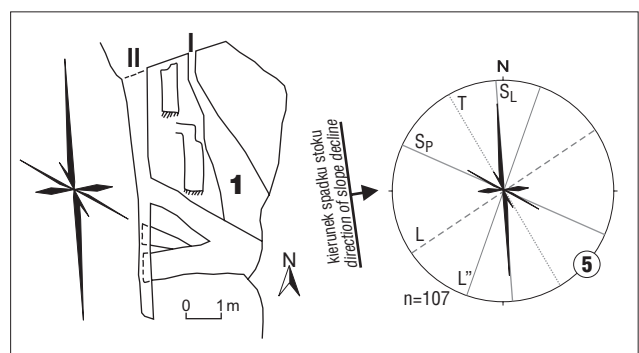


Ryc. 7. Jaskinia w Kościelcu I (patrz ryc. 2): A — szkic topograficzny szczytu góry Kościelec, 1 — plan wg Ganszera & Pukowskiego [W:] Pulina, 1997, 2 — rąbki tektoniczne wskazujące na tendencję do ruchu prawoskrętnego; pozostałe objaśnienia jak na ryc. 5

Fig. 7. Cave in Kościelcu I (see fig. 2): A — topographic sketch of summit area of Mt. Kościelec, 1 — map after Ganszer & Pukowski [In:] Pulina, 1997, 2 — fringe structures show tendency for dextral movement; other explanations — see fig. 5

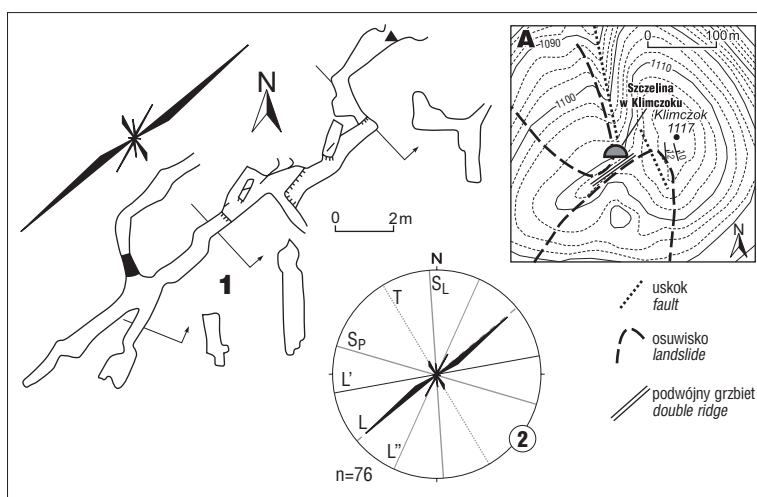
nia powstała w wyniku rozwarcia się trzech zespołów ciosu — T, L oraz lokalnie S_p (ryc. 7).

Jaskinia w Kościelcu II. Jaskinia ta leży na południowo-wschodnim stoku Kościelca (ryc. 2, 7A), w tej samej grupie skałek co Jaskinia w Kościelcu I. Jaskinię tworzy kilka szczelin o różnym rozwarciu (ryc. 8). Prowadzą do niej 3 otwory wejściowe (ryc. 8). Początkowa część korytarza z otworem I ma taki sam azymut jak korytarz z otworem II, jednak korytarze te znajdują się na różnych wysokościach — piętrowe ułożenie korytarzy (ryc. 8). Jaskinia powstała w wyniku rozwarcia się 4 zespołów spękań ciosowych: S_p , S_L , T oraz jednego zespołu nie zaznaczającego się na diagramie, prawdopodobnie L'' (ryc. 8).



Ryc. 8. Jaskinia w Kościelcu II (patrz ryc. 2): 1 — plan wg Ganszera [W:] Pulina, 1997; pozostałe objaśnienia jak na ryc. 5
Fig. 8. Cave in Kościelcu II (see fig. 2): 1 — map after Ganszer [In:] Pulina, 1997; other explanations — see fig. 5

Szczelina w Klimczoku. Otwór jaskini jest usytuowany w wąskim rowie rozpadlinowym, ciągnącym się wzdłuż wschodniego grzbietu odchodzącego od Klimczoka (ryc. 2, 9). Jaskinia powstała w średnio i gruboławicowych pia-



Ryc. 9. Jaskinia Szczelina w Klimczoku (patrz ryc. 2): A — szkic topograficzny szczytu góry Klimczok, 1 — plan wg Rachwańca [W:] Pulina, 1997; pozostałe objaśnienia jak na ryc. 5

Fig. 9. Cave Szczelina w Klimczoku (see fig. 2): A — topographic sketch of upper part of Mt. Klimczok, 2 — map after Rachwaniec [In:] Pulina, 1997; other explanations — see fig. 5

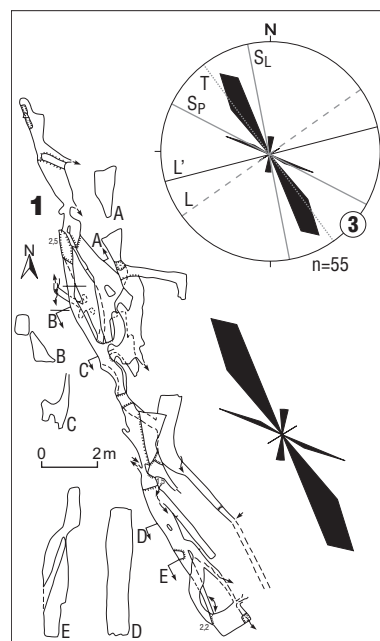
skowcach należących do warstw godulskich środkowych, o orientacji 100–120/10–15S. Powstanie rowu i jaskini ma związek z osuwiskami na S i N od grzbietu, co można odnieść do tworzącego się tu tzw. podwójnego grzbietu (ryc. 9). Jaskinia powstała prawdopodobnie po ruchach osuwiskowych, które doprowadziły do rozwarcia zespołu ciosu o kierunku zgodnym z osią grzbietu oraz z rozciągłością nisz osuwiskowych (ryc. 9). Porównując diagram kierunków spękań ciosowych z kierunkami korytarzy można zauważyć, że główny ciąg jaskini rozwinął się na ciosie L (ryc. 9), rozwarcie szczelin pozostałych zespołów miało niewielki wpływ na powstanie jaskini (ryc. 9).

Jaskinia Salmopolska. Jaskinia ta leży w siedle Przełęczy Salmopolskiej, po jej zachodniej stronie (ryc. 2). Znajduje się ona w górnej części osuwiska. Rozwinęła się w obrębie gruboławicowych piaskowców i zlepieńców zlepieńca malinowskiego, należącego do warstw godulskich górnych, położonych tutaj 160/10S. Kierunki korytarzy stanowiących główny ciąg jaskini wynoszą 150–155° (ryc. 10). Niektóre bloki skalne, budujące ściany jaskini, uległy przemieszczeniu — przeważnie rotacji wokół osi poziomej. Nastąpiła znaczna zmiana kątów nachylenia niektórych ścian, lecz tylko w małym stopniu ich biegu. Jaskinia powstała w wyniku otwarcia się szczelin, głównie o kierunku 150°, odpowiadającym ciosowi T (ryc. 10).

Wnioski

Zgodność kierunków korytarzy jaskiń z kierunkami spękań ciosowych jest bezsprzeczna, przeprowadzone badania potwierdziły, że korytarze jaskiń powstają w wyniku rozwierania się ciosu w ławicach piaskowców o dużej, kilkumetrowej miąższości oraz o niewielkim upadzie — nie przekraczającym 35°.

Na badanym obszarze nie można wskazać jednego zespołu ciosu, wzdłuż którego najczęściej powstawały korytarze jaskiń. Jednak w obrębie jednej jaskini zwykle widoczny jest dominujący kierunek korytarzy. Jaskinie powstawały tu przeważnie w wyniku rozwierania się zespołów ciosu w przybliżeniu równoległych do rozciągłości stoku. W przypadku dużych form jaskiniowych, o rozbudowanej sieci korytarzy, są to także kierunki ciosu zgodne ze spadkiem stoku. Szerokość korytarzy, które wykorzystywały szczeliny równoległe do stoku, jest zazwy-



Ryc. 10. Jaskinia Salmopolska (patrz ryc. 2): 1 — plan wg Ganszera [W:] Pulina, 1997; pozostałe objaśnienia jak na ryc. 5

Fig. 10. Salmopolska Cave (see fig. 2): 1 — map after Ganszer [In:] Pulina, 1997; other explanations — see fig. 5

czaj większa niż pozostałych korytarzy w obrębie danej jaskini.

Rodzaj ciosu w znaczący sposób wpływa na morfologię ścian korytarzy. Powierzchnia ścian korytarzy o kierunkach odpowiadających ciosowi S_p lub S_L jest zazwyczaj równa i nie zafalowana, azymuty poszczególnych fragmentów ściany tylko nieznacznie od siebie odbiegają, na stropowych i spągowych częściach ławic występują rąbki tektoniczne, miejscami przechodzące w żebra. Na ścianach odpowiadających zespołom ciosu T, L, L' oraz L'' struktury tektoniczne są rzadziej obserwowane.

Obecność na ścianach większości jaskiń drobnych, dobrze zachowanych struktur tektonicznych wskazuje na niewielki wpływ wietrzenia fizycznego i chemicznego (procesy związane z wietrzeniem mrozowym oraz z wyplukiwaniem i rozpuszczaniem skały) w procesie tworzenia się jaskiń. Wpływ ten zauważalny jest jedynie w jaskiniach o niewielkich rozmiarach oraz w początkowych partiach większych jaskiń.

Autor składa serdeczne podziękowania prof. dr. hab. Leonardowi Mastelli oraz dr. Wojciechowi Ozimkowskiemu za cenne uwagi i dyskusje oraz nieocenioną pomoc, udzieloną podczas pisania tego artykułu. Pragnie również podziękować recenzentowi — prof. dr. hab. Antoniemu Tokarskiemu za wiele konstruktywnych uwag odnośnie wstępnej wersji artykułu.

Literatura

- ALEKSANDROWSKI P. 1989 — Geologia strukturalna płaszczowiny magurskiej w rejonie Babiej Góry. Stud. Geol. Pol., 96: 7–149.
- BAJGER M. 1993 — Rola struktury geologicznej w ewolucji rzeźby wschodniego skłonu Beskidu Śląskiego i zachodniej części Kotliny Żywieckiej. Kwart. AGH, Geologia, t. 19, z. 1: 1–69.
- BURTAN J., KONIOR K. & KSIĄŻKIEWICZ M. 1937 — Mapa geologiczna Karpat polskich. PAU, Kraków.
- BURTAN J. 1973 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, Wyd. Geol.
- BOBER L. 1984 — Regiony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu. Biul. Inst. Geol., 340: 115–162.
- DADLEZ R. & JAROSZEWSKI W. — Tektonika. PWN.
- GASZNER J. 2004 — Jaskinie Beskidu Śląskiego. Strona internetowa speleoklubu Bielsko-Biała, www.sbb.p-x.pl
- JAROSZEWSKI W. 1972 — Drobnostukturalne kryteria tektoniki obszarów neorogenicznych na przykładzie północno-wschodniego obrzeżenia mezozoicznego Gór Świętokrzyskich. Stud. Geol. Pol., 38: 1–210.
- KSIĄŻKIEWICZ M. 1968 — Spostrzeżenia nad rozwojem ciosu w Karpatach fliszowych. Roczn. Pol. Tow. Geol., 38: 335–384.
- KSIĄŻKIEWICZ M. 1972 — Budowa Geologiczna Polski, Tom 4, Tektonika, część 3, Karpaty. Wyd. Geol.
- MARGIELEWSKI W. 1998 — Rozwój form osuwiskowych w Baranowcu (Beskid Sądecki, Karpaty zewnętrzne), w świetle analizy strukturalnych uwarunkowań osuwisk w Karpatach fliszowych. Prz. Geol., 46: 436–450.
- MARGIELEWSKI W. 2002 — Geological control on the rocky landslides in the polisch flysch Carpathians. Pol. Qua., 73: 53–68.
- MARGIELEWSKI W. & URBAN J. 2000 — Charakter inicjacji ruchów masowych w Karpatach fliszowych na podstawie analizy strukturalnych uwarunkowań rozwoju wybranych jaskiń szczelinowych. Prz. Geol., 48: 268–275.
- MARGIELEWSKI W. & URBAN J. 2003 — Crevice-type caves as initial forms of rock landslide development in the Flysch Carpathians. Geomorphology, 54: 325–338.
- MASTELLA L. 1972 — Interdependence of joint density and thickness of layers in the Podhale Flysch. Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. Sci. de la Terre, 20: 187–196.
- MASTELLA L. 1975 — Osuwiska konsekwentno-strukturalne na wschodnim Podhalu. Biul. Geol. UW., 18: 259–270.
- MASTELLA L., ZUCHIEWICZ W., TOKARSKI A.K., RUBINKIEWICZ J., LEONOWICZ P. & SZCZĘSNY R. 1997 — Application of analysis for paleostress reconstructions in structurally complicated settings: Case from Silesian Nappe, Outer Carpathians. Prz. Geol., 45: 1064–1066.
- MASTELLA L. & ZUCHIEWICZ W. 2000 — Jointing in the Dukla Nappe (Outer Carpathians, Poland): an attempt at paleostress reconstruction. Geol. Quater., 44: 377–390.
- MASTELLA L. & KONON A. 2002. — Tektoniczne wygięcie łuku Karpat zewnętrznych w świetle analizy ciosu w płaszczowinie śląskiej. Prz. Geol., 50: 541–550.
- NIESCIERUK P. & WÓJCIK A. 1996 — Przewodnik LXVII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Szczyrk 6–9.06.1996: 54.
- PUCHEJDA W. 1989 — Geneza Jaskini w Trzech Kopcach w Beskidzie Śląskim. Kras i Speleologia, t. 6, XV: 66–76.
- PULINA M. (red.) 1997 — Jaskinie polskich Karpat fliszowych. Jaskinie pogórza Śląskiego, Beskidu Śląskiego, Kotliny Żywieckiej, Beskidu Żywieckiego. Wyd. PTPNoZ.
- TOKARSKI A.K. & ŚWIERCZEWSKA A. 2001 — Architecture of joints in Eocene sandstones of Magura Nappe. 12th Meeting of the Association of European Geological Societies, Field Trip Guide: 194–195, Kraków.
- URBAN J. & MOCHOŃ A. 1990 — Pseudokras — definicja, rodzaje form i ich występowanie. Kwart. Geol., 34: 776–777.