

## Transformacja sieci geomorfologicznych zlewni Popradu i Dunajca w Karpatach Zachodnich\*

Ján Lacika\*\*

*Sieci geomorfologiczne w dorzeczu Popradu i Dunajca podlegały istotnym zmianom od schyłku paleogenu, dzięki wytworzeniu nowego planu morfostrukturalnego. W dorzeczu Popradu można by oczekiwać odmiennego od rekonstruowanego przebiegu ewolucji rzeźby. Ewolucja ta dokonywała się po odnowieniu przedneogeńskiej sieci dolinnej w rejonie Ganowiec i Pustego Pola, zniszczonej przez uformowanie Kotlin Popradzkiej i Lubowniańskiej w neogene. Bariera morfologiczna Magury Spiskiej i Małych Pienin wpłynęła na odmienny przebieg ewolucji rzeźby w słowackich sektorach dorzeczy Popradu i Dunajca.*

**Słowa kluczowe:** sieci geomorfologiczne, Karpaty Zachodnie, dorzecza Popradu i Dunajca, morfostruktury, neotektonika

Ján Lacika — **Transformation of geomorphological networks in the Poprad and Dunajec drainage basins, West Carpathians**  
Prz. Geol., 48: 84–90.

*S u m m a r y.* The geomorphological networks in the Poprad and Dunajec drainage basins have undergone great changes since the end of Palaeogene times. Extensive transformation of these networks has been caused by creation of the new morphostructural plan. In the Poprad drainage basin one would expect a reversible type of the evolution, as compared to the actual one. The valley network development has renewed the pre-Neogene valleys in the area of Gánovce and Pusté Pole, which was destroyed by the individualisation of the Popradská kotlina and Lubovnianska kotlina basins during the Neogene. High relief barrier of the Spišská Magura and Malé Pieniny Mts. has not favoured similar morphological evolution of the Slovak parts of the Dunajec and Poprad basins.

**Key words:** geomorphological networks, West Carpathians, Poprad and Dunajec drainage basins, morphostructures, neotectonics

Dunajec i Poprad tworzą wspólny system rzeczno-dolinny, złożony z dwóch równoważnych rzek i zlewni (ryc. 1). Ich górne odcinki są usytuowane w obrębie kopułowej megamorfostruktury Karpat Zachodnich (Mazúr, 1979). Segmenty środkowe obu zlewni wykraczają poza obręb wymienionej kopuły (Lacika & Urbánek, 1988), odcinki dolne natomiast sięgają północnego obramowania megamorfostruktury zachodniokarpackiej. Budowa geologiczna badanego obszaru jest zróżnicowana: przeważają wychodnie kredowo-paleogeńskich skał fliszowych Karpat zewnętrznych, jedynie w górnych odcinkach zlewni odsłaniają się skały krystaliczne Tatr i ich osadowej osłony mezozoicznej, a w segmencie środkowym występują skały pieniężskiego pasa skałkowego.

### Sieci geomorfologiczne

Interpretacja rozwoju neotektonicznego zlewni Popradu i Dunajca opiera się na analizie *sieci geomorfologicznych*. Termin ten oznacza otwarty system morfodynamiczny dolin i działów wodnych, rozwijający się w zmiennych warunkach morfostrukturalnych i morfoklimatycznych. Transformacja sieci geomorfologicznych następowała powoli i zawsze z opóźnieniem w stosunku do przeobrażeń strukturalnych i klimatycznych. Dlatego też, współczesna sieć geomorfologiczna obejmuje segmenty sieci starszych, nawiązujących do istniejących warunków środowiskowych, które stopniowo podlegały modyfikacji w miarę rozwoju nowych sieci drenażu.

Historia etapów rozwoju sieci geomorfologicznych może być rekonstruowana dzięki analizie określonych parametrów, takich jak:

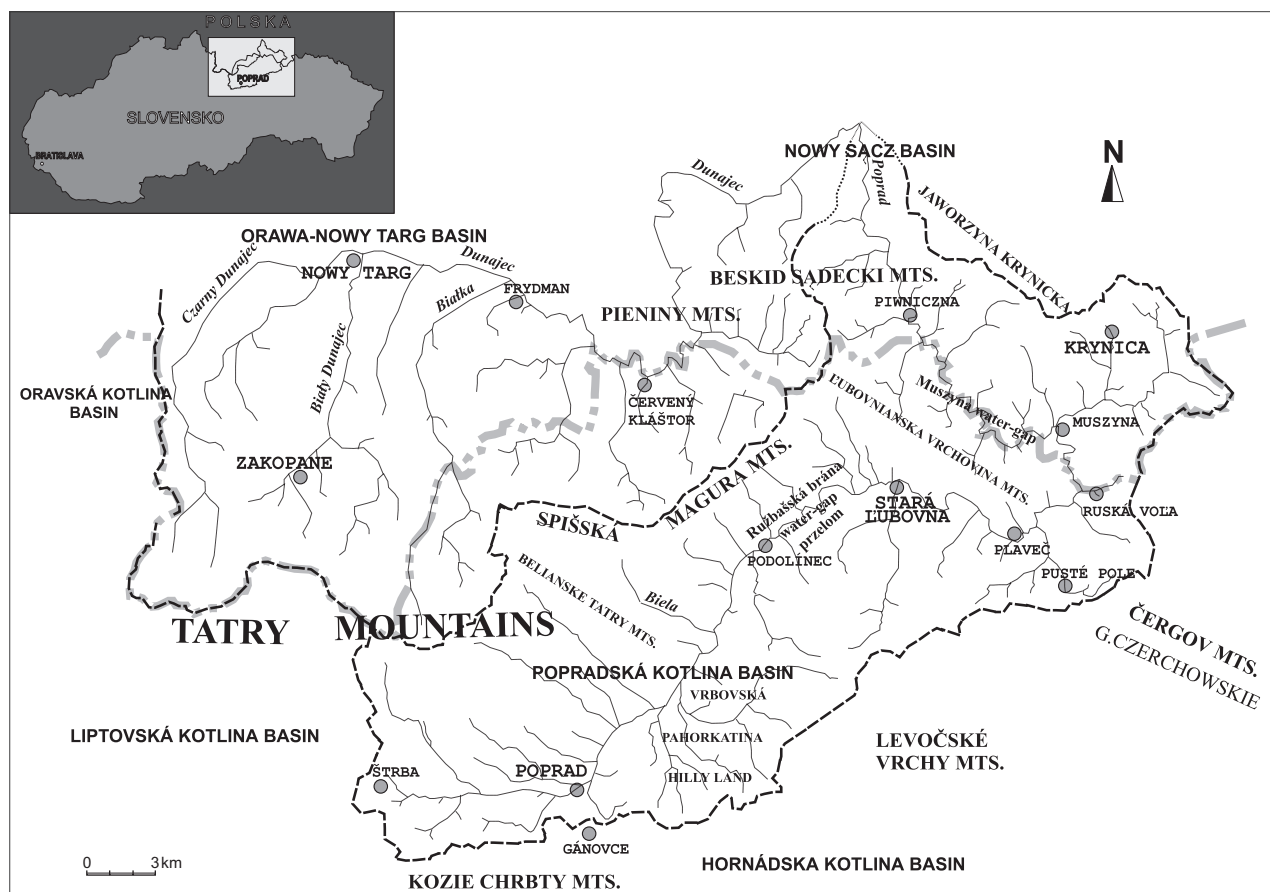
- a) układ przestrzenny sieci i ich skład, określony przez teksturę, gęstość, stopień symetrii/asymetrii oraz hierarchizację,
- b) cechy poszczególnych elementów sieci, tj. dolin i działów wodnych, analizowane w profilach podłużnych.

### Transformacja sieci geomorfologicznych Karpat Zachodnich

Zapoczątkowanie germanotypowego reżimu morfostrukturalnego w etapie neotektonicznym zmieniło w sposób zasadniczy strukturę sieci geomorfologicznych. Powstała nowa mozaika masywów górskich i basenów śródgórskich. Starsza sieć dolinna stopniowo zanikała i została z czasem zastąpiona przez sieć młodszą, o odmiennej orientacji. Układ starszej sieci dolinnej był zbliżony do równoleżnikowego. Zachował się on w centralnej części morfostruktury zachodniokarpackiej, natomiast sieć młodszą rozwijała się od obrzeżenia w stronę centralnej części omawianej kopuły. Należą do niej górne odcinki Wagu, Hronu, Hornadu, Torysy, Popradu i Topli. Osie dolin należących do sieci starszej są z reguły subsekwentne, nawiązując do rozciągłości struktur podłoża. Sieć ta została założona (Biely, 1996; Janočko i in., 1998; Mazúr, 1979) przed rozpadem Karpat Zachodnich we wczesnym badenie. Jej stopniowy zanik jest wynikiem młodych ruchów neotektonicznych, które doprowadziły do przekształcenia starych zlewni w zręby i rowy tektoniczne. Zrębowe masywy górskie pełniły rolę barier, rozcinanych przez doliny antecedentne. Młodsza sieć dolinna powstała wskutek indywidualizacji kopuły Karpat Zachodnich w badenie (Mazúr, 1979). Fragmenty tej sieci można śledzić w układzie dolnych odcinków dolin Wagu, Hronu, Hornadu, Torysy i Topli, jak również w zlewniach Nitry, Ipoli i Slany. Rzeki te opuszczając Karpaty łączą się z Dunajem, względnie Cisą i Bodrogiem na południu oraz Odrą i Wisłą

\*Opracowanie prezentowano na III Ogólnopolskiej Konferencji „Neotektonika Polski: teraźniejszość i przyszłość”, Kraków, 23–25.10.1998 r. Opracowanie wykonano w ramach grantu VEGA nr 2/4063

\*\*Instytut Geografii Słowackiej Akademii Nauk, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, Słowacja, e-mail: geoglaci@savba.sk



Ryc. 1. Szkic lokalizacyjny obszaru badań  
Fig. 1. Location sketch of the study area

na północy, okonturowując owalny zarys Karpat północnych.

### Przegląd dotychczasowych badań

Polski fragment zlewni Popradu i Dunajca został zbadany bardziej szczegółowo w porównaniu z segmentem słowackim. Spośród prac geomorfologów słowackich należy wymienić w pierwszej kolejności monografię Tatry Michała Lukniša (1973), omawiającą niektóre aspekty morfostrukturalne i paleogeomorfologiczne obszaru badań. W innej pracy (Lukniš, 1972) autor poświęcił odrębny rozdział rozwojowi dolin Popradu i Dunajca. Charakterystykę geomorfologiczną Pienin przedstawili Drdoš (1960) i Košťalik (1970). Drdoš konkluduje o antecendentno-epigenetycznym charakterze przełomu pienińskiego Dunajca, natomiast Košťalik uważa ten przełom za strukturalno-antecendentny. Rozwój Tatr w czwartorzędzie zrekonstruowali Halouzka i Rączkowski (1993), podczas gdy Jakál (1992) zajął się kaptazami rzeczными w rejonie Ganowiec i Horki. Ewolucję polskiej części zlewni Popradu i Dunajca scharakteryzował Zuchiewicz (1980a, b). W pierwszej pracy dokonał przeglądu historii morfostrukturalnej doliny Dunajca od późnego pliocenu, korygując starsze poglądy na rozwój przełomu pienińskiego. W kolejnym opracowaniu (Zuchiewicz, 1980b) podał interpretację tektoniczną profili podłużnych 14 rzek Karpat polskich, łącznie z Dunajcem, obliczając ich profile teoretyczne metodą Iwanowa (1951). Kolejna praca Zuchiewicza (1981) omawia cechy morfostrukturalne zlewni Dunajca

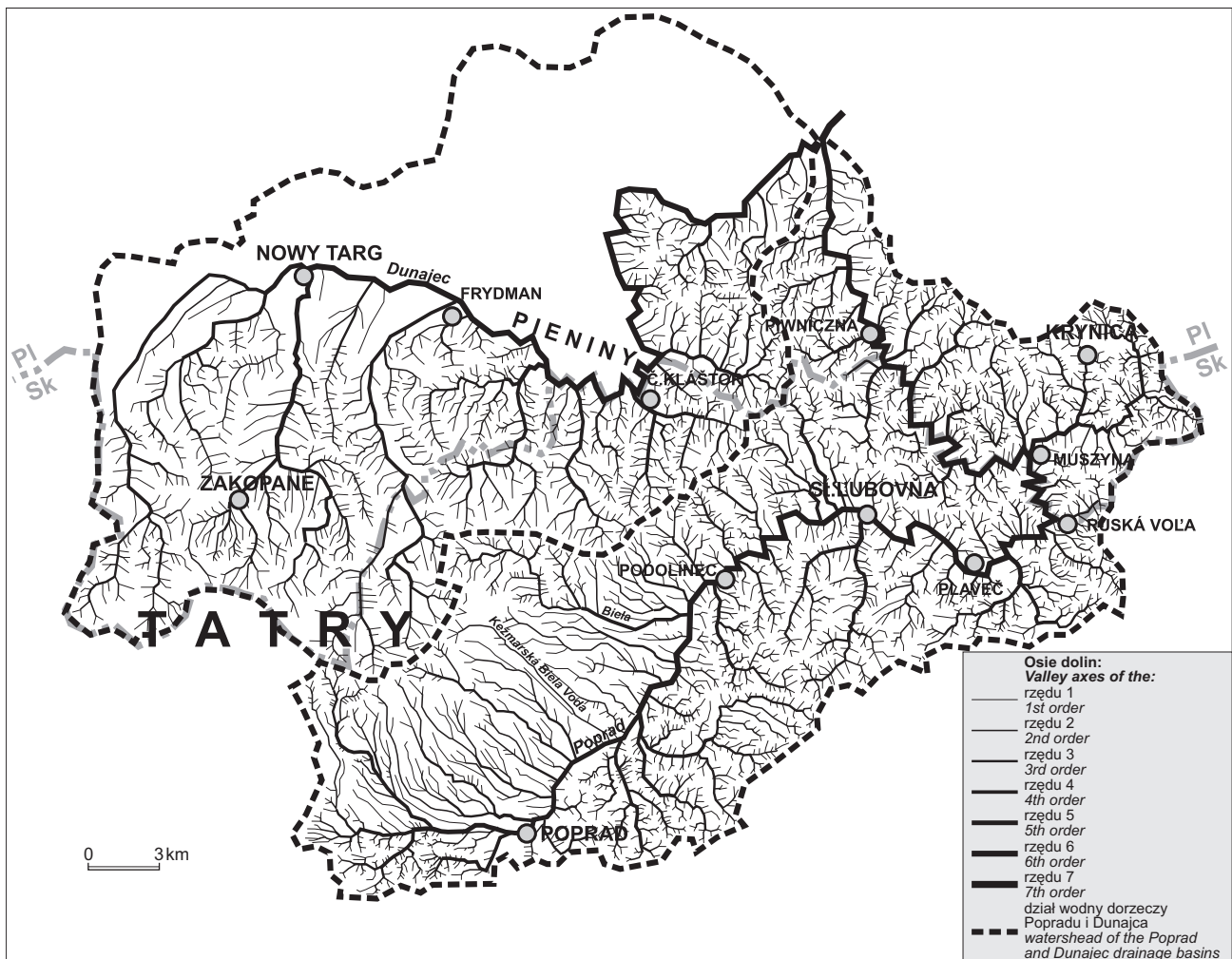
na podstawie metod morfometrycznych, w tym map izobaz, goniobaz oraz izolong. Krawczyk i Zuchiewicz (1988) podjęli próbę zastosowania wielu metod statystycznych dla potrzeb rekonstrukcji rozwoju morfostrukturalnego zlewni Dunajca. Krytykując metodykę analizy profili podłużnych, Zuchiewicz (1994, 1995) przeprowadził dodatkowe studia morfometryczne w dolinach rzek Karpat polskich. Badania te obejmowały analizę bezwymiarowych profili logarytmicznych oraz analizę szeregów czasowych spadków koryt rzecznych, w tym również w obrębie przełomów antecendentnych dolin Dunajca i Popradu.

### Wyniki

Studia morfometryczne zlewni Dunajca i Popradu obejmowały analizę: układu sieci dolin i działów wodnych, powierzchni bazowych oraz profili podłużnych koryt rzecznych.

**Analiza układu sieci dolinnej.** Celem analizy była rekonstrukcja struktury zlewni, z uwzględnieniem jej cech geometrycznych (asymetria, tekstura i in.) oraz hierarchizacji. Materiałem źródłowym były mapy topograficzne w skali 1 : 25 000, na których przeprowadzono klasyfikację sieci dolinnej metodą Hortona-Strahlera (1952). Rycina 2 przedstawia układ sieci dolinnej w słowackiej części zlewni Popradu i Dunajca. W odniesieniu do zlewni Popradu uwzględniono także jej segment polski.

**Zlewnia Popradu.** Tekstura sieci dolinnej Popradu w masywie tatrzańskim przybiera orientację NW-SE. Czwartorzędowe wypiętrzenie Tatr spowodowało, że główne ciekier kierują się ku SE, w stronę obniżanej kotliny podtatrzańskiej.



Ryc. 2. Tekstura układu sieci rzecznej zlewni Popradu i Dunajca  
 Fig. 2. Texture of the Poprad and Dunajec drainage pattern

Utworzenie sieci dolinnej na przedpolu zachodniej części Tatr Wysokich było, w ujęciu Lukniša (1973), wywołane wypiętrzeniem szczybskiego działu wodnego (Štrbské rozvodie) w pliocenie i plejstocenie. Boczna migracja koryt przetrwała najprawdopodobniej do przedostatniego piętra chłodnego. Fakt, iż sieć dolinna zachowała teksturę równoległą także w dolinie Popradu może wskazywać na względną jednorodność omawianej depresji. Opisana przez Halouzkę i Rączkowskiego (1993) subsydencja (ok. 400 m akumulacja osadów czwartorzędowych) nie zaznaczyła się w układzie sieci dolinnej. Niemniej jednak Potok Keżmarski (Ke marská Voda) płynęła pierwotnie w rejonie Tatrzańskiej Łomnicy (Lukniš, 1973).

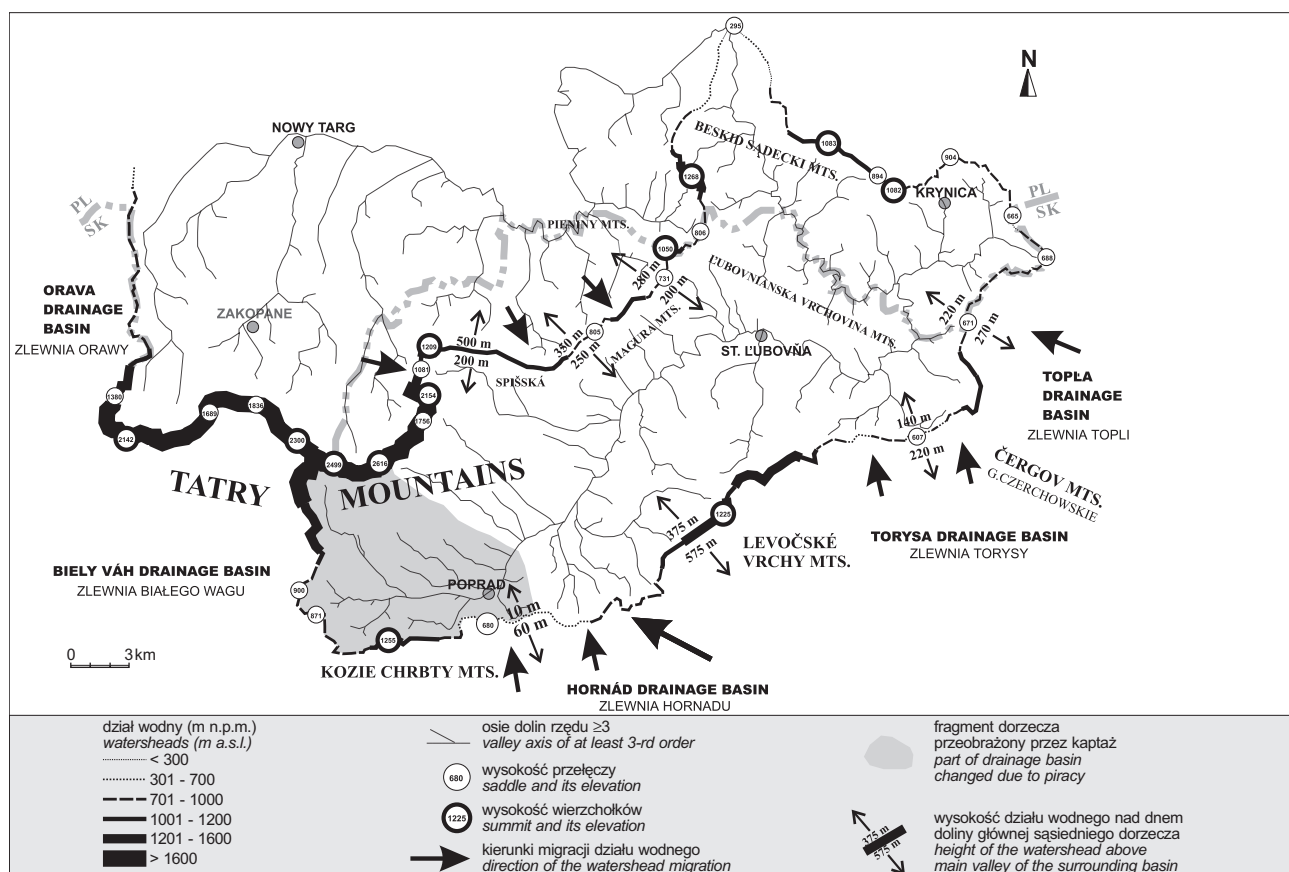
Doliny górnej części zlewni Popradu zostały asymetrycznie przesunięte ku południowemu obramowaniu zlewni. Według Lukniša (1971), asymetria ta wynika z intensywnej dostawy materiału glacyfluwialnego, składanego na powierzchni typu *glacis* przez potoki wypływające z Tatr. Wydaje się, iż niebagatelną rolę odgrywał także aktywny uskoki równoleżnikowy, wzdłuż którego wypiętrzeniu w czwartorzędzie uległ zrąb Kozich Grzbietów. Tekstura sieci dolinnej w zlewni cząstkowej Doliny Białej, odwadniającej Tatry Bielskie i zachodnią część Magury Spiskiej jest odrębna, tworząc układ dendrytyczny.

Zmiana orientacji osi doliny Popradu ze wschodniego na północno-wschodni warunkuje układ dominujących morfostruktur, czego rezultatem jest usytuowanie doliny

między morfostrukturami Tatr i Magury Spiskiej z jednej strony oraz Gór Lewockich z drugiej. Zaznacza się tutaj wyraźna różnica między prawo- i lewostronną częścią zlewni. W części NW przeważa tekstura równoległa, w części SE dominuje tekstura pierzasta oraz wysoka gęstość sieci dolinnej.

W antecedentnym przełomie Popradu poniżej Podolińca Różbacka Brama (Ru bašska brána) tekstura równoległa w lewostronnej części zlewni zanika, a doliny ulegają wyraźnemu skróceniu po obu stronach doliny głównej. Układ dolin w Kotlinie Lubowni tworzy węzeł hydrograficzny.

Orientacja sieci dolinnej w dół biegu od Starej Lubowni nawiązuje do rozciągłości struktur geologicznych. Dolina główna zajmuje dno podłużnej depresji, wyerodowanej aż po Plawec w obrębie mało odpornych utworów pienińskiego pasa skałkowego. Orientacja depresji jest zbieżna z kierunkiem starszej, przedneogeńskiej sieci dolinnej (Lukniš, 1972). Z omawianą strukturą wiąże się system reaktywowanych neotektonicznie uskokiów sejsmogenicznych. Dolina Popradu skręca raptownie ku NW w pobliżu wsi Ruska Woda (Ruská Voda) na granicy polskiej, a następnie tworzy sekwencję wciętych meandrów w przełomie przez Beskid Sądecki. Zuchiewicz (1980a, 1990) uważa ten przełom za powstały wskutek plejstoceńskiego wypiętrzenia. Kratowy układ sieci rzecznej,



Ryc. 3. Efekt bariery hydrologicznej działu wodnego Popradu i Dunajca  
 Fig. 3. Hydrological barrier effect of the Poprad and Dunajec watersheds

związany z obecnością uskoku ukośnych, zaznacza się w rejonie Muszyny i Krynicy.

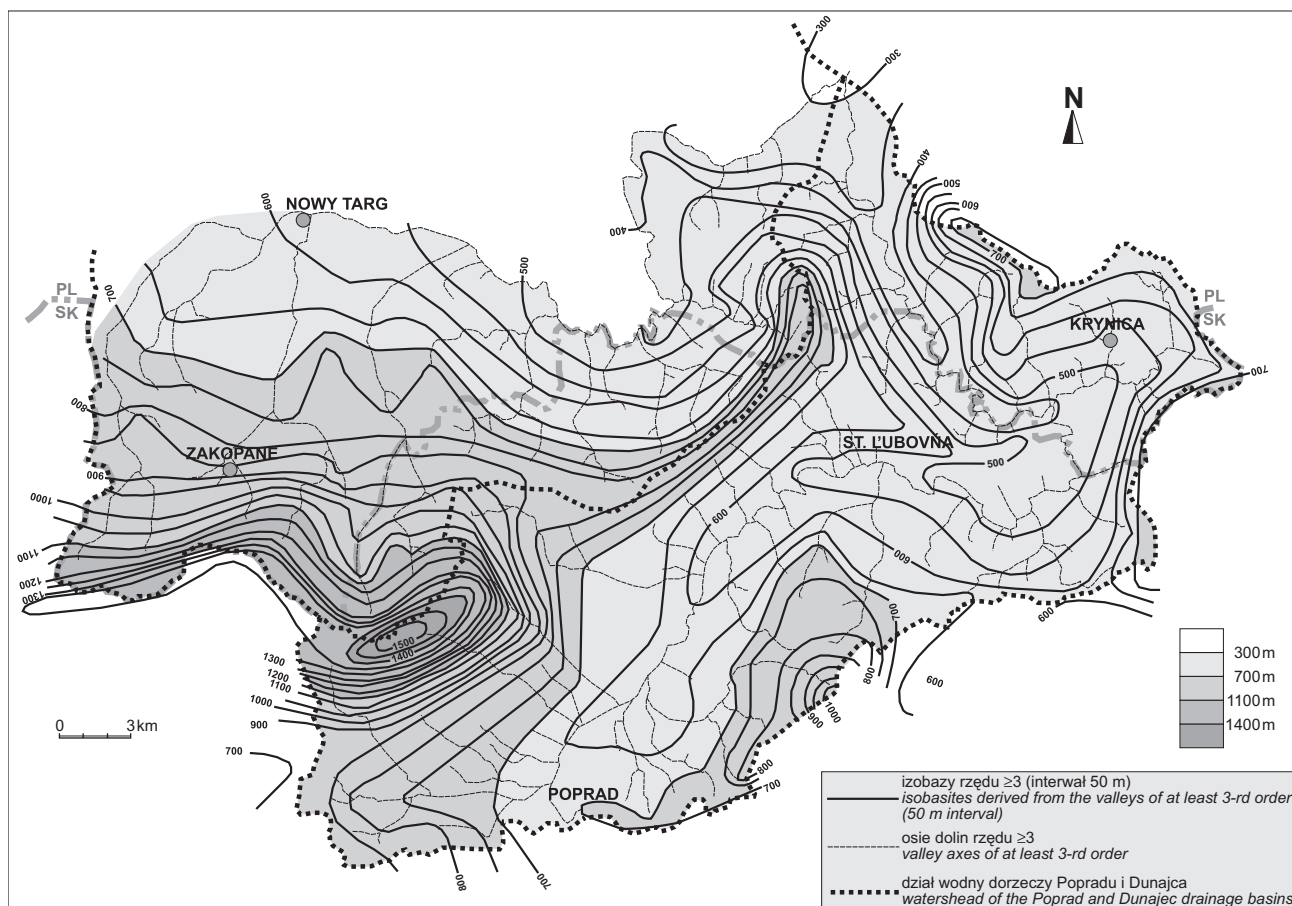
**Zlewnia Dunajca.** Układ sieci dolinnej analizowano w prawostronnej części zlewni, po ujściu Popradu (ryc. 1, 2). Górny odcinek zlewni rozwinął się w obrębie wypiętrzonej morfostruktury Tatr. Stopniowe przejście w obręb rowu podtatrzańskiego oraz zróżnicowanie budowy geologicznej spowodowało, że sieć dolinna wykazuje cechy odmienne od obserwowanej na południowym skłonie Tatr. Układ dolin jest bardziej złożony, przyjmując orientację równoległą w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej. W dół biegu od Nowego Targu Dunajec płynie równolegle do rozciągłości pienińskiego pasa skałkowego. Rycina 2 przedstawia prostoliniowy układ odcinków sieci dolinnej, szczególnie dobrze widoczny między Frydmanem i Czerwonym Klasztorem, w obrębie dolin rozcinających Magurę Spiską i Małe Pieniny, jak również w dolinie Popradu między Starą Lubownią i Plawcem. Zlewnia Dunajca odznacza się dobrze wykształconą i względnie gęstą siecią dolinną w swej części prawostronnej. Asymetria Magury Spiskiej wiąże się z większą długością sieci geomorfologicznych na północnym skłonie tej morfostruktury. Środkowy odcinek doliny Dunajca, łącznie z przełomami pienińskim i beskidzkim, jest porównywalny ze środkowym biegiem Popradu między Starą Lubownią a Piwniczną. Oba segmenty wykazują U-kształtny zarys w planie i obecność głęboko wciętych meandrów.

**Analiza działów wodnych.** Analiza grzbietów wododzielnych między zlewniami Popradu i Dunajca polegała na studiach hipsometrycznych. Parametrem podstawowym jest wysokość nad poziom morza, porównywana za analo-

giczną wysokością najbliższej doliny trzeciego rzędu, względnie centralnej doliny danej zlewni. Rycina 3 ukazuje odcinki o najsilniejszym i najsłabszym „efekcie bariery”, biorąc pod uwagę wysokości względne. Różnice wysokości po obu stronach działu wodnego wskazują na tendencję do migrowania, jako wynik większej „agresywności” systemu dolinnego wskutek erozji wstecznej.

**Tatry.** Ekstremalna bariera hydrologiczna masywu tatrańskiego uniemożliwia jakiegokolwiek próby kaptażu między zlewniami Dunajca, Popradu, górnego Wagu i Orawy. Tatry Zachodnie wznoszą się od 1000 m (przełęcz) do 1500 m (wierzchołki) ponad dno południowej części Kotliny Liptowskiej oraz 800 m ponad dnem rowu podtatrzańskiego. Tatry Wysokie tworzą jeszcze bardziej wyraźną barierę. Przełęcz są usytuowane 1100 i 1300 m ponad dnem, odpowiednio: rowu podtatrzańskiego i Kotliny Popradzkiej. Bariera hydrologiczna Tatry jest szczególnie dobrze widoczna przy próbie porównania wysokości głównego działu wodnego z wysokościami najbliższych dolin trzeciego rzędu. Lokalne bazy erozyjne Popradu i górnego Wagu znajdują się ok. 200 m niżej. Efekt przesuwania głównego działu wodnego ku północy, w wyniku erozji wstecznej potoków rozcinających południowe skłony Tatr, jest kompensowany przez lepszy rozwój sieci dolinnej na skłonie północnym. Walka o dział wodny zaznacza się jedynie w S-kształtnym zarysie działu wodnego w planie, m.in. w masywie Czerwonych Wierchów, rozcinanym od południa przez Dolinę Cichą, należącą do zlewni górnego Wagu.

Sieć dolinna zlewni Popradu i Dunajca w Tatrach jest ustabilizowana i predysponowana obecnością żłobów



Ryc. 4. Mapa powierzchni izobazowej zlewni Popradu i Dunajca  
Fig. 4. Base level map of the Poprad and Dunajec drainage basin

lodowcowych. Bezpośrednie połączenia między dolinami bocznymi uniemożliwia obecność wysokich działów wodnych, wyższych w południowej części masywu wskutek asymetrycznego wypiętrzenia. Wyklucza to możliwość kaptażu w najbliższej przyszłości geologicznej.

**Magura Spiska, Góry Lubowniańskie i zachodni Beskid Sądecki.** Górskie segmenty działu wodnego między zlewniami Popradu i Dunajca poza obszarem Tatr są znacznie krótsze i niższe w porównaniu z wznoszącym się 1200 m wyżej głównym wododziałem tatrzańskim. Niemniej jednak, tworzą one wyraźną barierę, szczególnie między środkowymi i dolnymi segmentami zlewni Popradu i Dunajca. Główny grzbiet wododzielny wznosi się powyżej 1000 m n.p.m. Krótkie odcinki tego grzbietu wyznaczają przełęcze: Toporecké sedlo (805 m), sedlo pod Straňami (731 m), Limanovské sedlo (806 m) oraz sedlo pod Prislopom (1081 m), usytuowane między diarem a Podspadami w rowie podtatrzańskim.

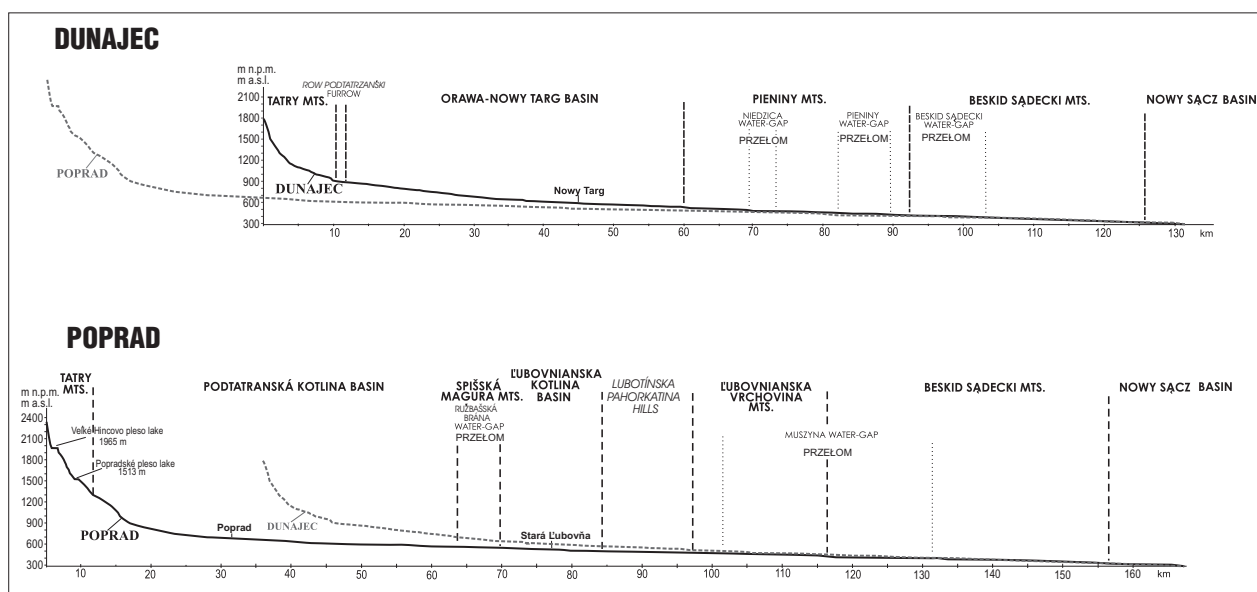
Wysokości względne głównego działu wodnego są wyższe w zlewni Dunajca. Masywne grzbiety Magury Spiskiej i Beskidu Sądeckiego wznoszą się 500 m nad dnem doliny Dunajca, a tylko 200–250 m nad dnem doliny Popradu. Wskutek ukośnej asymetrii, doliny związane ze zlewnią Popradu są krótsze i słabiej zaawansowane w rozwoju, w porównaniu z dłuższymi i lepiej rozwiniętymi dopływami Dunajca. Zjawiska te wskazują na powolną migrację działu wodnego od zlewni Dunajca w stronę zlewni Popradu. Bariera hydrologiczna Magury Spiskiej i Beskidu Sądeckiego uniemożliwia zmiany układu sieci dolinnej w najbliższej przyszłości. Obszarem najbardziej

podatnym na kaptaż jest przełęcz pod Przystopem (sedło pod Prislopom) w rowie podtatrzańskim.

**Dział wodny szczyrbski (Štrbské rozvodie).** Rozdziela on Kotlinę Podtatrzańską na Kotliny Liptowską i Popradzką, stanowiąc fragment europejskiego działu wodnego. Dział ten obniża się najsilniej w rejonie wsi Suňava (871 m), tj. 29 m niżej niż Szczyrbska Przełęcz (Štrbské sedlo), usytuowana dalej ku północy.

Zmiany układu sieci dolinnej zachodziły w pliocenie i plejstocenie (Lukniš, 1973). Układ wczesnoplejstoceniowych stożków napływowych sugeruje, że potoki należące do zlewni Popradu uległy przesunięciu ku wschodowi, podczas gdy doliny związane ze zlewnią Wagu migrowały ku zachodowi, w obu przypadkach odsuwając się od szczyrbskiego działu wodnego. Wskutek poszerzenia głównego działu wodnego niektóre stare doliny uległy przeobrażeniu w doliny nieckowate (*Dellen*) i peryglacialne. Walka o szczyrbski dział wodny między zlewniami Popradu i Białego Wagu została przerwana przez ruchy wypiętrzające. Dział ten jest obecnie symetryczny, a główne przełęcze wznoszą się 70–100 m nad dnami dolin Popradu i Białego Wagu.

**Kozie Grzbiety (Kozie chrbty) i Wyżyna Wrbovska (Vrbovska pahorkatina).** Najsłabszym segmentem działu wodnego między zlewniami Popradu i Hornadu są Kozie chrbty. Bariera hydrologiczna obniża się tutaj z zachodu ku wschodowi, głównie dzięki obniżaniu pochylanej młodej struktury zrębowej. Bardziej masywne i zaokrąglone grzbiety we wschodniej części Wyżyny Wrbovskiej tworzą silniejszą barierę hydrologiczną w porównaniu do wyżej wzniesionej, ale zbyt wąskiej morfostruktury Kozich Gzbietów (ryc. 3).



Ryc. 5. Profile podłużne dolin Dunajca i Popradu  
Fig. 5. Longitudinal profiles of the Dunajec and Poprad valleys

Walka o dział wodny na tym obszarze toczy się od schyłku pliocenu, na co wskazują żwiry pochodzące z Niżnych Tatr, a znajdujące w rejonie Popradu (Lukniš, 1973). Żwiry te były najprawdopodobniej transportowane starymi, opuszczonymi dolinami, które ukośnie przecinają Kozie Grzbiety w rejonie Kwietnicy, usytuowanej na przypuszczalnym przedłużeniu dolin Potoków Wernarskiego i Bystrej, w najbardziej wschodniej części Tatr Kralowohorskich. W czwartorzędzie intensywnej subsydencji uległ rów tektoniczny Wikartowski priekop, czemu towarzyszyło wypiętrzanie zrębu Kozich Grzbietów. Ruchy te zaburzyły przedczwartorzędowy, konsekwentny układ sieci dolinnej, prowadząc do jej całkowitej transformacji. Sieć młodsza, równoległa do osi doliny Hornadu, dopasowała się do nowo powstałych struktur tektonicznych. W kolejnym etapie rozwoju geomorfologicznego pierwszym przejawem kaptażu doliny Hornadu w zlewni Popradu stała się dolina potoku Ganowskiego. Wzdłuż poprzecznego uskoku we wschodniej części młodego zrębu Kozich Grzbietów został utworzony przełom, którym potok Ganowski skaptował prawobrzeżny dopływ Popradu.

Podczas postępującej subsydencji rowu Wikartowski priekop, potok Ganowiecki erodował dział wodny między zlewniami Hornadu i Popradu (Jakál, 1992). Badania skaptowanego segmentu zlewni między wsiami Ganowce i Hozelec sugerują, że dno Kotliny Hornadzkiej znajduje się 50 m niżej w porównaniu z dnem Kotliny Podtatrzańskiej. Najniższy punkt działu wodnego między Busowem a Kotliną Orawską jest zarazem najniższym punktem głównego europejskiego działu wodnego. Koryto Popradu jest usytuowane 10 m, a Hornadu — 60 m niżej. Dalszy kaptaż Popradu przez potok Ganowski może wywołać istotne zmiany w sieci dolinnej górnej części zlewni Popradu.

**Góry Lewockie, Góry Czerchowskie (Čergov) i wschodni Beskid Sądecki.** Wschodnie obramowanie zlewni Popradu wyznaczają Góry Lewockie (Levočské vrchy), Czerchowskie (Čergov) oraz wschodnia część Beskidu Sądeckiego. Grzbiety te rozdzielają zlewnie: Popradu i Hornadu na SE, Torysy i Topli na wschodzie oraz Białej Dunajcowej i Kamienicy Nawojowskiej na północy. Rola bariery hydrologicznej nie została tutaj zredukowana przez efekt

asymetrii, widoczny w przekroju przez Magurę Spiską (ryc. 3).

Symetryczny zrąb Gór Lewockich wznosi się >1200 m n.p.m., tj. 375 m nad doliną Popradu i 575 m nad doliną Hornadu (w pobliżu Lewoczy). Połączenie między zlewniami wymienionych rzek jest utrudnione zarówno przez znaczną wysokość działu wodnego, jak również jego masywność i szerokość. Także Góry Czerchowskie tworzą istotną barierę (ryc. 3) dla potencjalnego kaptażu między zlewniami Popradu i Torysy. Efekt barierowy jest tutaj wzmocniony przez usytuowanie masywnego, centralnego grzbietu masywu poprzecznie względem biegu wododziału. Masywny grzbiet Jaworzyny Krynickiej (>1000 m n.p.m.) stabilizuje dział wodny między dolnymi odcinkami Popradu i Kamienicy Nawojowskiej. Jego liniowy przebieg jest zaburzony przez łukowate wygięcie w rejonie Krynicy, przypuszczalnie dzięki wstecznej erozji Muszynki, prawobrzeżnego dopływu Popradu. Dział wodny omawianej zlewni obniża się w obrębie przełęczy <700 m n.p.m. Dalej ku północy, zlewnia cząstkowa Muszynki rozszerza się stopniowo kosztem zlewni Białej Dunajcowej. Ta ostatnia jest oddzielona od zlewni Topli stosunkowo niskim i niezbyt wraźnym grzbietem wododziałowym. Przełęcz Kurowska (688 m) wznosi się 220 m nad Muszynką oraz zaledwie 50 m nad Toplą. Pozostałe segmenty działu wodnego o osłabionym efekcie barierowym we wschodniej części prawobrzeżnego sektora zlewni Popradu znajdują się w rejonie przełęczy Puste Pole (Spišsko-Šarišské medzihorie). Obniżenie w obrębie pienińskiego pasa skałkowego wyznacza najkrótsze połączenie między centralną częścią kopuły zachodniokarpackiej, a jej obniżanymi peryferiami. Sąsiedztwo silnie obniżanych morfostruktur Niziny Wschodniosłowackiej intensyfikuje procesy geomorfologiczne w strefie przejściowej, gdzie rozwinął się system dolinny Torysy. Sieć dolinna tej zlewni rozwija się znacznie bardziej agresywnie w porównaniu z siecią Popradu.

**Analiza map powierzchni bazowych.** Mapy powierzchni bazowych zostały skonstruowane po raz pierwszy przez Dury'ego (1952), a następnie szeroko rozpropagowane przez Filosofowa (1960, 1970) i Pannekoek'a (1967). W odniesieniu do zlewni Dunajca, technikę tę zastosował Zuchiewicz (1981), konstruując mapy powierzchni bazowych dla dolin  $\geq 4$  rzędu, według klasyfikacji Hortona-Strahlera. Pozwoliło to na identyfikację morfostruktur

przedczwartorzędowych. Mapy bazowe oparte na dolinach rzędów niższych (ryc. 4) pozwalają rekonstruować młodsze stadia rozwoju morfostrukturalnego badanych zlewni.

Izobazy na ryc. 4 wykreślono na podstawie sieci dolin przynajmniej trzeciego rzędu. Umożliwiają one rozpoznanie plejstocenijskiego planu morfostrukturalnego zlewni Popradu i Dunajca. Zagęszczenie izobaz sugeruje dynamiczny rozwój morfostruktury Tatr w plejstocenie. Najwyższą rzędną ujawnia izobaza 1500 m, przesunięta ku południowemu obramowaniu morfostruktury. Koncentracja izobaz na mapie Zuchiewicza (1981), skonstruowanej na podstawie sieci dolin  $\geq 4$  rzędu, ujawnia obecność podnoszonych jednostek morfostrukturalnych jedynie w północnej części Tatr. Analogiczna sytuacja w odniesieniu do skłonu południowego zaznacza się jedynie na mapach rzędu piątego.

Na mapach powierzchni bazowych wyższych rzędów zaznaczają się także Pieniny i Beskid Sądecki, rozcinane przez allochtoniczne doliny 4 rzędu Popradu i Dunajca. Magura Spiska, Góry Lewockie oraz Czerchowskie, o sieciach w większości autochtonicznych, zaznaczają się dzięki zagęszczeniu izobaz niższych rzędów. Jedynie w przypadku Magury Spiskiej, dzięki dobrze rozwiniętej sieci dolinnej na jej północnym skłonie, uwidacznia się zagęszczenie izobaz także 5 rzędu (por. Zuchiewicz, 1981). Najwyższą, poza Tatrami, izobazę na mapach sieci dolinnej 3 rzędu zidentyfikowano w Górach Lewockich (1000 m; Magura Spiska — 750 m, Jaworzyna Krynicka i G. Czerchowskie (Čergov) — 700 m). Układ izobaz na ryc. 4 ujawnia segmenty działów wodnych o obniżonym efekcie barierowym w pobliżu miejscowości Poprad, Plawec i Krynica.

**Analiza profili podłużnych.** Analizę profili podłużnych przeprowadzono dla dwóch głównych dolin badanego obszaru, tj. Popradu i Dunajca (ryc. 5). Obie te doliny łączą się w Kotlinie Sądeckiej jako segmenty 6 rzędu. Profile podłużne ujawniają odmienny przebieg jedynie w środkowych biegach obu rzek. Doliną główną jest tutaj Poprad, Dunajec tworzy zlewnię cząstkową w obrębie zlewni Popradu. Taką interpretację potwierdza również kryterium długości doliny i wielkości zlewni.

### Wnioski

W obrębie zlewni Popradu i Dunajca występują zarówno starsze, jak i młodsze segmenty sieci geomorfologicznych. W ujęciu Lukniša (1972) przemodelowane fragmenty starszej, przedneogeńskiej sieci dolinnej nawiązują do orientacji przedneogeńskich struktur geologicznych.

Przedneogeńskie (przedpliocenijskie?) segmenty sieci ulegały często odmłodzeniu w neotektonicznym etapie rozwoju, tworząc przełomy antecedentne z głęboko wciętymi meandrami (Zuchiewicz, 1980a, 1995). Dotyczy to przełomów: niedzickiego, pienińskiego i beskidzkiego Dunajca oraz przełomu Popradu na pograniczu polsko-słowackim. Przełom Popradu w rejonie Ruźbachów (Ru bańska brána) jest przykładem doliny odmiennego typu, przecinającej ukośnie struktury przedneogeńskie. Trudno tutaj mówić o odmłodzeniu sieci starszej, lecz o utworzeniu zupełnie nowej sieci, łączącej rozdzielone sieci dolin przedneogeńskich, a odwadniających zlewnię obecnego górnego Popradu do dolin Hornadu i Torysy.

Dla zlewni Popradu można by oczekiwać rozwoju odmiennego typu. Rekonstruowana ewolucja rejonu wsi Ganowce i przełęczy Puste Pole wykazuje tendencję do odmładzania przedneogeńskiej sieci dolinnej, zaburzonej przez utworzenie Kotlin Popradzkiej i Lubowniańskiej w

neogenie. Przy zachowaniu obecnego układu morfostrukturalnego centralnej części kopuły zachodniokarpackiej, górny Poprad połączy się w przyszłości z Hornadem (w górę biegu od miejscowości Poprad), a Torysa połączy się ze środkowym biegiem Popradu, w górę biegu od Plavca. Efekt barierowy Magury Spiskiej i Małych Pienin uniemożliwi podobne przeobrażenia sieci dolinnych Popradu i Dunajca, jakkolwiek wyraźne jest przesunięcie działu wodnego w stronę doliny Popradu. Podobną stabilizację ujawnia szczyrbski dział wodny.

### Literatura

- BAUMGART-KOTARBA M. 1991–1992 — Rozwój geomorfologicznej Kotliny Orawskiej w warunkach ruchów neotektonicznych. Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan., 25–26: 3–28.
- BAUMGART-KOTARBA M. 1996 — On origin and age of Orawa basin, West Carpathians. Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan., 30: 101–116.
- BIELY (ed.) 1996 — Geologická mapa Slovenska 1 : 500 000. Geologický slub Slovenskej republiky, Bratislava.
- DRDOŠ J. 1960 — Príspevok k morfológii Pienin. Geografický časopis, 12: 38–61.
- DURY G. H. 1952 — Map interpretation. Arnold, London.
- FILOSOFOV V. P. 1960 — Kratkoje rukovodstvo po morfometričeskomu metodu poiskov tektoničeskikh struktur. Izdatel'stvo Saratovskogo Universiteta, Saratov: 1–93.
- FILOSOFOV V. P. 1970 — Karty izobazit i ostatočnogo rel'efa [In:] Primenenie geomorfologičeskikh metodov v strukturno-geologičeskikh issledovanikh. Izdatel'stvo Nedra, Moskva: 43–52.
- HALOUZKA R. & RAČZKOWSKI W. 1993 — Kvartér [In:] J. Nemček (ed.) — Vysvetlivky ku geologickej mape Tatier 1: 50 000, GÚDŠ, Bratislava.
- IVANOV P. V. 1951 — Metod količestvennoj charakteristiky prodoľnogo profilja rek. Izvestia Vsesojuznogo Geografičeskogo obščestva, Leningrad, 83: 585–594.
- JAKÁL J. 1992 — Influence of neotectonics on development of river network changes in the Low Tatra Mts. and the Popradská Kotlina basin [In:] M. Stankoviansky (ed.) — Excursion Guide-book. International symposium: Time, frequency and dating in geomorphology, Tatrská Lomnica-Stará Lesná, June, 1992: 42–45.
- JANOČKO, J., HAMRŠMÍD, B., JACKO, S. & SIRÁŇOVÁ, Z. 1998 — Suprafan and -channel-and-levee deposits near Tichý Potok, Levoča Mts.; Central-Carpathian Paleogene Basin, Slovakia, Bratislava. Slovak Geol. Magazine, 4: 3–16.
- KOŠTALIK J. — Geomorfologické pomery Pienin. [In:] J. Kamiš i in. (eds.) — Pieniny, fyzicko-geografická charakteristika. SPN, Bratislava: 29–56.
- KRAWCZYK A. J. & ZUCHIEWICZ W. 1988 — Regionalna zmienność parametrów fizjograficznych zlewni i ich związek z budową geologiczną dorzecza Dunajca (polskie Karpaty Zachodnie). Kwart. Geol., 14: 5–38.
- LACIKA J. & URBÁNEK J. 1998 — New morphostructural division. Bratislava, Slovakia. Geol. Jour., 4: 17–28.
- LUKNIŠ M. 1972 — Slovensko II [In:] Lukniš M. i in. — Príroda, Obzor Bratislava: 124–202.
- LUKNIŠ M. 1973 — Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia. Vydavateľ'stvo SAV, Bratislava: 1–375.
- MAZUR E. 1979 — Morfostruktúry Západných Karpát a ich vývoj. Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica, 17: 21–34.
- PANNEKOEK A. F. 1967 — Generalized contour maps, summit level maps and streamline surface maps as geomorphological tools. Zeitsch. Geomorph., 2: 146–167.
- ZUCHIEWICZ W. 1980a — Młode ruchy tektoniczne a morfologia Pienin. Ann. Soc. Geol. Pol., 50: 263–300.
- ZUCHIEWICZ W. 1980b — The tectonic interpretation of longitudinal profiles of the Carpathian rivers. Ann. Soc. Geol. Pol., 50: 311–328.
- ZUCHIEWICZ W. 1981 — Morphometric methods applied to the morphostructural analysis of mountainous topography (Polish Western Carpathians). Ann. Soc. Geol. Pol., 51: 99–116.
- ZUCHIEWICZ W. 1987 — Ewolucja i strukturalne założenia sieci rzecznej Karpat w późnym neogenie i wczesnym czwartorzędzie. Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce, Ossolineum, Wrocław: 211–225.
- ZUCHIEWICZ W. 1994 — Efektywna metoda wykrywania przejawów młodej tektoniki w profilach podłużnych rzek Karpat polskich. Prz. Geol., 42: 902–909.
- ZUCHIEWICZ W. 1995 — Time-series analysis of river bed gradients in the Polish Carpathians: a statistical approach to the studies on young tectonic activity. Zeitsch. Geomorph., 39: 461–477.