

Poglądy o drenażu wód powierzchniowych w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej (Karpaty Zachodnie) w neogenie i czwartorzędzie – przegląd krytyczny

Views on the drainage of surface waters of the Orawa-Nowy Targ Basin (Western Carpathians) in Neogene and Quaternary – critical review

Adam Łajczak ¹, Marek Cieszkowski ², Roksana Zarychta ³

¹ Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, Poznań, alajczak@o2.pl

² Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

³ Instytut Prawa, Ekonomii i Administracji, Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej, Kraków

Zarys treści: W oparciu o przegląd literatury zaprezentowano poglądy, jakie pojawiły się od początku XX w. o kierunkach drenażu wód powierzchniowych, ich zmianach i uwarunkowaniach Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (Karpaty Zachodnie) w neogenie, na przełomie neogenu i czwartorzędu i w czwartorzędzie. Wyróżniono trzy grupy poglądów różnie oceniających dawne kierunki odpływu cieków z kotliny. Różnice w ocenie kierunku drenażu wód powierzchniowych w neogenie dotyczą wschodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej, z kolei ówczesny drenaż zachodniej części kotliny jest zgodnie oceniany przez cytowanych autorów. Zbieżność poglądów istnieje także w ocenie kierunków odwodnienia kotliny w czwartorzędzie, kiedy pod tym względem zaszły już mniejsze zmiany. Skutkiem zmian w kierunkach odwodnienia kotliny było, uwarunkowane tektoniką i rozwojem największego stożka glacyfluwialnego, przesunięcie na zachód Europejskiego Działu Wodnego. Skala zmian w kierunkach drenażu wód powierzchniowych Kotliny Orawsko-Nowotarskiej i w wielkości przesunięcia Europejskiego Działu Wodnego od początku neogenu, jest znacznie większa niż w przypadku leżącej po słowackiej stronie Tatr Kotliny Podtatrzańskiej (Podtatrzańska kotlina).

Słowa kluczowe: drenaż wód powierzchniowych, sieć rzeczna, bifurkacja, Europejski Dział Wodny, neogen, czwartorzęd, Kotlina Orawsko-Nowotarska, Karpaty Zachodnie

Abstract: Based on the review of research literature, which appeared since the beginning of the 20th, views on drainage directions of surface waters, their changes and conditioning of the Orawa-Nowy Targ Basin (Western Carpathians) in Neogene, at the turn of Neogene and Quaternary and in Quaternary were shown. Three groups of opinions, which differ in their assessment of the former drainage directions of the basin's surface waters, were identified. Differences in the assessment of drainage directions during the Neogene concern the eastern part of the Orawa-Nowy Targ Basin, while the former drainage in the western part of the basin is consistently assessed by the cited authors. Concurrence of opinions also concerns the assessment of drainage directions of surface waters of the basin in Quaternary, when drainage changes were small. Drainage changes of the basin, caused by tectonic movements and the development of the largest fluvio-glacial fun, resulted in the displacement of the European Watershed towards the west. The scale of changes in drainage directions of surface waters of the Orawa-Nowy Targ Basin and the size of displacements of the European Watershed since the beginning of the Neogene is much larger than in the case of Sub-Tatra Basin (Podtatrzańska kotlina) located at the foot of the Slovakian part of the Tatra Mountains.

Keywords: drainage of surface waters, river network, bifurcation, European Watershed, Neogene, Quaternary, Orawa-Nowy Targ Basin, Western Carpathians

Wprowadzenie

W trakcie długookresowego rozwoju rzeźby obszarów, zwłaszcza o dużej powierzchni, w różnych ich fragmentach mogą zachodzić zmiany kierunku drenażu wód powierzchniowych uwarunkowane najczęściej tektoniką podłoża. W przypadku obszarów górskich takim procesom ulegają nisko położone tereny, przykładowo w Karpatach i Sudetach. W literaturze zwraca się uwagę na zmiany biegu niektórych odcinków rzek w Karpatach począwszy od neogenu, a w Sudetach jeszcze wcześniej, niekiedy związane z utworzeniem przełomów, czemu towarzyszyły zmiany w powierzchniowej retencji wodnej (Jahn 1980, Zuchiewicz 1987, Haczewski, Kukulak 2021, Lehotský, Boltižiar 2022, Vitovič i in. 2022). W polskich Karpatach to zagadnienie było najczęściej sygnalizowane w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i w Dołach Jasielsko-Sanockich oraz w otoczeniu tych obniżień (Starkel 1972, Birkenmajer 1986a, b, Baumgart-Kotarba 1991–1992, 1996, 2001). W dolinach rzek karpaccy zachodziło blokowanie odpływu podczas maksymalnego zasięgu zlodowacenia sanu I (zob. Marks i in. 2016), czemu towarzyszyły zmiany w dalszym odwodnieniu zlewni tych rzek. Zwracano również uwagę na zaistniałe lub możliwe zmiany w kierunkach odpływu w skali lokalnej w Beskidzie Niskim i Zachodnich Bieszczadach oraz w przyległej strefie pogórzy, uwarunkowane strukturą podłoża, młodą tektoniką lub pod wpływem dużych osuwisk (Starkel 1972, Haczewski, Kukulak 2021). Zmiany w drenażu wód powierzchniowych w polskich Karpatach na obszarach sąsiadujących z działami wodnymi powodowane są lokalnie przez kaptáže cieków; przykładem ciekła zagrożonego potencjalnym kaptażem jest górna Solinka w Bieszczadach (Starkel 1972). W polskiej części Sudetów za przyczyny lokalnych zmian w kierunkach drenażu wód powierzchniowych w niższej położonych obszarach, w tym w kotlinach, przyjmuje się modyfikacje sieci rzecznej przez działania regresyjne cieków począwszy od neogenu, nawiązujące do struktury podłoża skalnego, co skutkowało m.in. formowaniem nowych przełomów (Jahn 1980). W Sudetach, na większą skalę niż w Karpatach, czasowe zmiany w kierunkach drenażu wód powierzchniowych w obniżeniach śródgórskich dokonywały się podczas blokowania odpływu w dolinach w ciągu dwóch zlodowaceń – sanu I i odry (Walczak 1972).

Rozpoznane zmiany w drenażu wód powierzchniowych obniżień śródgórskich w polskich Karpatach zostały rozpoczęte w neogenie i były kontynuowane w czwartorzędzie. Były one zależne od zróżnicowanych przestrzennie ruchów tektonicznych, zróżnicowanej odporności podłoża skalnego na denudację i rozwoju form terenu blokujących dotychczasowe kierunki odpływu lub otwierających nowe kierunki (w tym sensie mogły być pośrednio warunkowa-

ne klimatycznie). Wyniki takich badań w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej są prezentowane w dalszej części pracy, a w sąsiedniej Kotlinie Podtatrzańskiej (Podtatrská kotlina) w słowackich Karpatach Centralnych są podawane przez Lukniša (1973), Grossa i in. (1990), Grossa (1999) i Vitoviča i in. (2022).

Biorąc pod uwagę przyczyny, przebieg i zasięg zmian drenażu wód powierzchniowych, najdokładniej spośród wszystkich obniżień śródgórskich w polskich Karpatach została pod tym względem rozpoznana sytuacja w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej leżącej w Karpatach Zachodnich, przy granicy Karpat Centralnych z Karpatami Zewnętrznymi (Gilewska 1991). Liczba udokumentowanych przyczyn zmian drenażu wód powierzchniowych w tej kotlinie jest największa spośród wszystkich takich obszarów w Karpatach, na co wskazuje cytowana w tej pracy literatura, a także publikacje dotyczące słowackiej części Karpat (Lehotský, Boltižiar 2022) oraz Karpat rumuńskich (Kondracki 1989). Informacje o drenażu wód powierzchniowych w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej w neogenie i czwartorzędzie są rozproszone w literaturze i brak jest całościowego ujęcia tego problemu. Celem pracy jest prezentacja poglądów o zmianach drenażu wód powierzchniowych i ich uwarunkowaniach w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej w neogenie i czwartorzędzie, zawartych w ponad 40 publikacjach. Każdą z wyróżnionych grup poglądów uznano za równorzędną, zwrócono jednak uwagę na pogląd najczęściej cytowany przez innych autorów. Podczas realizacji tego artykułu z grona autorów odszedł prof. dr hab. inż. Marek Cieszkowski.

Kotlina Orawsko-Nowotarska jest wydzielana jako wyróżniający się pod względem środowiska abiotycznego region w Karpatach Zachodnich, któremu w ostatnich 50 latach przypisywano różną rangę. Według Klimaszewskiego (1972) Kotlina Orawsko-Nowotarska stanowi region w obrębie mezoregionu Podhala należącego do makroregionu Karpat Wewnętrznych, a według Gilewskiej (1991) stanowi makroregion Podhala w obrębie podprowincji Centralnych Karpat Zachodnich. W układzie dziesiętnym według Międzynarodowej Federacji Dokumentacyjnej (Kondracki 1994, 2000) Kotlina Orawsko-Nowotarska jest wydzielana jako makroregion Obniżenia Orawsko-Podhalańskiego podprowincji Centralnych Karpat Zachodnich. Według podziału fizycznogeograficznego Karpat Zachodnich autorstwa Balona i Jodłowskiego (2014) Kotlina Orawsko-Nowotarska stanowi jeden z elementów Obniżenia Podhalańskiego.

W polskiej literaturze do końca XX w. przyjmowano zasięg Kotliny Orawsko-Nowotarskiej obejmujący tylko dwa największe obszarowo elementy: Kotlinę Orawską i Kotlinę Nowotarską (np. Klimaszewski 1972). W literaturze słowackiej, a wcześniej czeskosłowackiej, zwracana jest uwaga na większy

zasięg terytorialny tej kotliny, która obejmuje trzeci (choć niewielki obszarowo) element – Obniżenie Bielej Orawy-Hruštinki (Geomorfologiczne 1986). W polskiej literaturze po raz pierwszy taki zasięg Kotliny Orawsko-Nowotarskiej przedstawił Kondracki (1998). Uwzględniając trzeci element Kotliny Orawsko-Nowotarskiej jej powierzchnia zwiększa się tylko o 5% i wynosi 643 km². Taki zasięg terytorialny kotliny został uwzględniony w tej pracy.

Materiały i metody

Praca jest oparta na przeglądzie literatury. Przedstawiono trzy grupy poglądów – A, B, C, o kierunkach drenażu wód powierzchniowych w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i jej zlewni począwszy od neogenu. Pogląd A odnoszący się do neogenu i czwartorzędzie jest zawarty w największej liczbie publikacji (Gotkiewicz 1931, Szaflarski 1931, Szafer 1954, Klimaszewski 1972, 1988, Ziemońska 1973, Watycha 1976, 1977, Baumgart-Kotarba 1988, 1989, 1991, 1991–1992, 1996, 2001, Pomianowski 1995, 2003, Jurewicz 2005, Struska 2008, 2009, Jankowski, Margielewski 2024, Margielewski, Jankowski 2024). Z kolei pogląd B dotyczy tylko neogenu i jest zawarty w publikacjach Klimaszewskiego (1934) i Birkenmajera (1978, 1979, 1986a,b). Trzeci pogląd – C, obejmuje wyrażone w pierwszej połowie XX w. uwagi o dodatkowym odpływie rzek z Kotliny Orawsko-Nowotarskiej do sąsiednich zlewni, jaki funkcjonował w neogenie (Sawicki 1909, Smoleński 1920, Pawłowski 1928, Szaflarski 1931, Gadomski 1934, Jaranoff 1935, Szafer 1958). Opinie wyrażone w niektórych z cytowanych publikacji można zaliczyć do dwóch poglądów: A i B (Zuchiewicz 1978, 1980, 1982, 1983, 1987, 2010) lub B i C (Klimaszewski 1934). Uwagi o kaptażu cieków na pograniczu zlewni Kotliny Orawsko-Nowotarskiej ze zlewnią Soły (Łajczak 2011) można powiązać, pomimo niezgodności w czasie z poglądem C; to zjawisko ma młodą historię lub jest prognozowane.

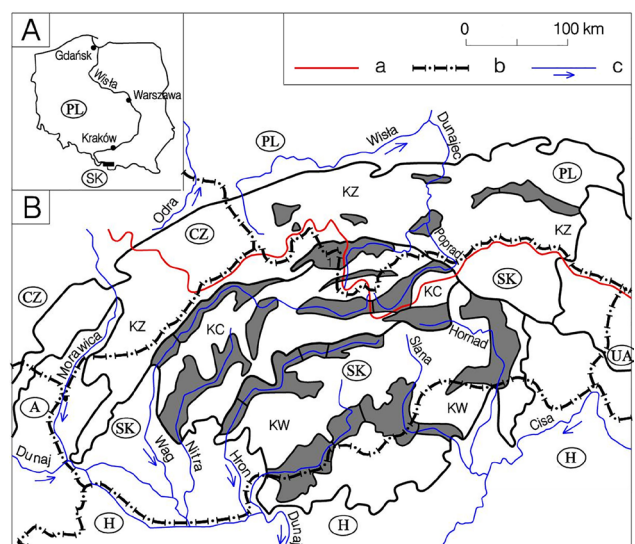
Zmiany w drenażu wód powierzchniowych Kotliny Orawsko-Nowotarskiej i jej zlewni zilustrowano graficznie w sposób schematyczny. Wskazane kierunki drenażu poszczególnych fragmentów omawianego obszaru odniesiono do określonych przedziałów czasu. Graficzna prezentacja zmian w zasięgu kotliny i jej zlewni oraz zmian kierunków drenażu tego obszaru wymaga uwzględnienia stref odniesienia, uznanych za stabilne przestrzennie w analizowanym przedziale czasu. Do tych stref odniesienia zaliczono przebieg Pienin, osi masywu Tatr i Gór Choczańskich, osi Beskidu Żywieckiego i Gorców, a także przebieg równoleżnikowych segmentów najwyższych grzbietów na obszarze zbudowanym z fliszu podhalańskiego. Założono brak zmian w odległości dzielącej wymienio-

ne strefy topograficzne w neogenie i czwartorzędzie, pomimo dużych zmian w ich deniwelacjach. Takie założenie umożliwia ocenę ewolucji drenażu wód powierzchniowych Kotliny Orawsko-Nowotarskiej i jej zlewni w rozpatrywanym okresie.

W pracy przyjęto granice Kotliny Orawsko-Nowotarskiej oraz podział tego obszaru na zróżnicowane pod względem powierzchni elementy i ich nazewnictwo, które są podane w pracach (Starkel 1980, Geomorfologiczne 1986, Kondracki 1998, Lehotský, Boltižiar 2022). Zasięg i nazwy jednostek geomorfologicznych w otoczeniu kotliny przyjęto z publikacji (Balon, Jodłowski 2014).

Położenie, budowa i podział Kotliny Orawsko-Nowotarskiej

Kotlina Orawsko-Nowotarska jest jedną z 31 kotlin w Karpatach Zachodnich (Kondracki 1989, Lehotský, Boltižiar 2022) (ryc. 1). Jest to zarazem największa kotlina śródgórska w polskich Karpatach, której tylko jej zachodnia część jest położona na terytorium Sło-

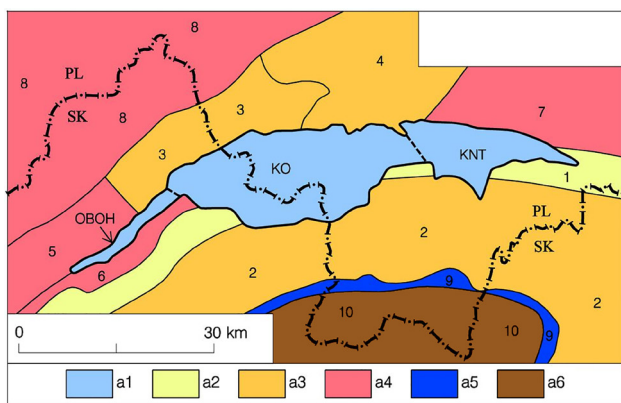


Ryc. 1. Położenie Kotliny Orawsko-Nowotarskiej w Polsce i w Karpatach Zachodnich. A – lokalizacja Kotliny Orawsko-Nowotarskiej w Karpatach na pograniczu Polski i Słowacji; B – zasięg kotlin śródgórskich w Karpatach Zachodnich (1 – Kotlina Orawsko-Nowotarska). KZ – Karpaty Zewnętrzne, KC – Karpaty Centralne, KW – Karpaty Wewnętrzne. a – Europejski Dział Wodny; b – granica państw; c – główna rzeka

Fig. 1. Location of the Orawa-Nowy Targ Basin in Poland and in Western Carpathians. A – location of Orawa-Nowy Targ Basin in Carpathians at the border between Poland and Slovakia; B – limit of intramountain basins in Western Carpathians (1 – Orawa-Nowy Targ Basin). KZ – Outer Carpathians, KC – Central Carpathians, KW – Inner Carpathians. a – European Watershed; b – state border; c – main river

wacji. Kotlina Orawsko-Nowotarska tworzy łącznie z innymi kotlinami Karpat ciąg obniżeń tektonicznych otaczających od północy, wschodu i południa masyw tatrzański (Geomorfologiczne 1986, Klimaszewski 1988, Kondracki 1989, 2000, Lehotský, Boltižiar 2022), czego skutkiem są największe w tej części Karpat deniwelacje przekraczające 2150 m. Przez Kotlinę Orawsko-Nowotarską prowadzi Europejski Dział Wodny oddzielający zlewiska Bałtyku i Morza Czarnego.

Kotlina Orawsko-Nowotarska jest położona między Beskidem Żywieckim i Gorcami na północy, Magurą Orawską na zachodzie, Pieninami na wschodzie i Pogórzem Gubałowskim na południu (ryc. 2). Po południowej stronie Pogórza Gubałowskiego wystę-

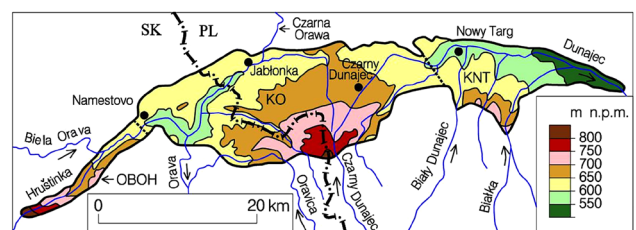


Ryc. 2. Zasięg Kotliny Orawsko-Nowotarskiej i podział tego obszaru na segmenty (wg. Starkel 1980, Geomorfologiczne 1986, Kondracki 1998, Lehotský, Boltižiar 2022). Zasięg i nazwy jednostek geomorfologicznych w otoczeniu kotliny (wg. Balon, Jodłowski 2014). KO – Kotlina Orawska; KNT – Kotlina Nowotarska; OBOH – Obniżenie Bielej Orawy-Hruštinki. a – typ rzeźby: a1 – kotliny śródgórskie; a2 – pas skalicowy; a3 – pogórzka i góry niskie; a4 – góry średnie; a5 – obniżenie sąsiadujące z górami wysokimi; a6 – góry wysokie. Jednostki geomorfologiczne występujące wokół Kotliny Orawsko-Nowotarskiej: 1 – Pieniny; 2 – Pogórzka Przedtatrzańskie; 3 – Działy Orawskie; 4 – Pogórzka Sieniawskie; 5 – Orawska Wierzchowina; 6 – Magura Orawska; 7 – Gorce; 8 – Beskid Żywiecki; 9 – Rów Podtatrzański; 10 – Tatry

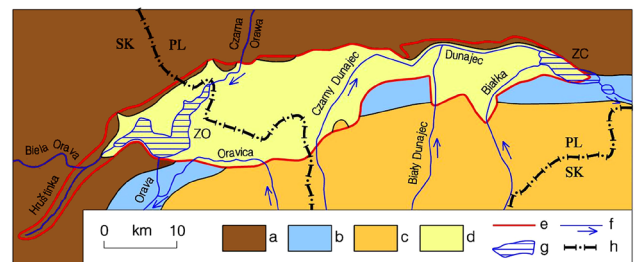
Fig. 2. Limit of the Orawa-Nowy Targ Basin and its partition into segments (according to Starkel 1980, Geomorfologiczne 1986, Kondracki 1998, Lehotský, Boltižiar 2022). Limit and names of geomorphological units within the area around the basin (according to Balon and Jodłowski 2014). KO – Orawa Basin, KNT – Nowy Targ Basin, OBOH – Biela Orava-Hruštinka Depression. a – type of relief: a1 – intramountain basin, a2 – klippen belt, a3 – foothills and low mountains, a4 – medium mountains, a5 – depression bordered on high mountains, a6 – high mountains. Geomorphological units in area around the Orawa-Nowy Targ Basin: 1 – Pieniny Mts., 2 – Przedtatrzańskie Foothills, 3 – Działy Orawskie Foothills, 4 – Sieniawskie Foothills, 5 – Orawska Plateau, 6 – Magura Orawska Mts., 7 – Gorce Mts., 8 – Beskid Żywiecki Mts., 9 – Sub-Tatra Graben, 10 – Tatra Mts

puje masyw Tatr. Kotlina Orawsko-Nowotarska zajmuje powierzchnię 643 km², jej długość w kierunku W-E wynosi 78 km, maksymalna szerokość w kierunku N-S 13 km. Kotlina dzieli się na trzy elementy: Kotlinę Orawską – 470 km², Kotlinę Nowotarską – 145 km², Obniżenie Bielej Orawy-Hruštinki – 28 km² (ryc. 2). Wysokość bezwzględna Kotliny Orawsko-Nowotarskiej wykazuje malejącą tendencję w kierunku wschodnim, od 853 m n.p.m. do 487 m n.p.m. (ryc. 3).

Obszar w bezpośrednim otoczeniu kotliny jest zbudowany ze skał fliszowych i tylko Pieniny w przewadze z wapieni z udziałem skał krzemionkowych (Cieszkowski i in. 2009a). Blisko położone Tatry budują głównie skały krystaliczne, metamorficzne i węglanowe. Kotlina Orawsko-Nowotarska jest zapadliskiem tektonicznym wypełnionym limnicznymi osadami neogeńskimi oraz żwirowymi osadami glaciofluwialnymi i fluwialnymi wieku czwartorzędowego (Halicki 1930, Klimaszewski 1972, 1988, Watycha 1976, 1977, Książkiewicz 1977, Baumgart-Kotarba 1991–1992, Cieszkowski 1992, 1995, Cieszkowski i in. 1993, 2009b, Lexa i in. 2000, Zuchiewicz 2010) (ryc. 4). Kotlina Orawska i Kotlina Nowotarska są wypełnione serią osadów neogeńskich i czwartorzędowych. W Kotlinie Orawskiej miąższość tych



Ryc. 3. Hipsometria Kotliny Orawsko-Nowotarskiej
Fig. 3. Hypsometry of the Orawa-Nowy Targ Basin



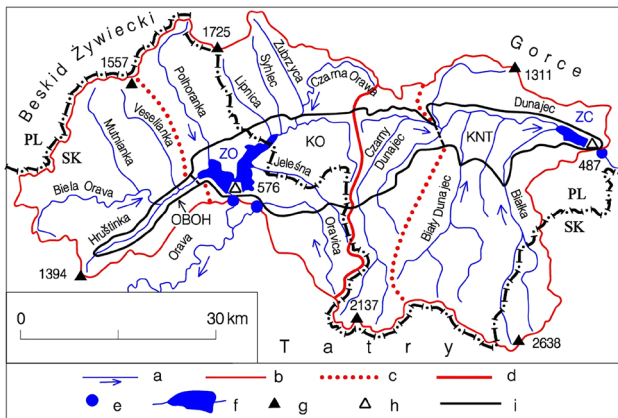
Ryc. 4. Mapa geologiczna Kotliny Orawsko-Nowotarskiej i otoczenia (szkic). a – płaszczowina magurska; b – Pieniński Pas Skałkowy; c – flisz podhalański; d – neogen i czwartorzęd; e – granica kotliny; f – rzeka; g – zbiornik zaporowy (ZC – Czorsztyn Reservoir, ZO – Orawa Reservoir); h – granica polsko-słowacka

Fig. 4. Geological map of the Orawa-Nowy Targ Basin and its surroundings (outline). a – Magura nappe; b – Pieniny Klippen Belt; c – Podhale Flysch; d – Neogen and Quaternary; e – border of basin; f – river; g – dam reservoir (ZC – Czorsztyn Reservoir, ZO – Orava Reservoir); h – Polish-Slovak border

osadów osiąga 950 m (z czego 922 m przypada na słodkowodne molasy neogeńskie), a w Kotlinie Nowotarskiej 400 m (Watycha 1976, 1977, Cieszkowski 1992, 1995, Cieszkowski i in. 1993, 2009b). W Obniżeniu Bielej Orawy-Hruštinki osady neogeńskie, o bardzo zredukowanej miąższości, występują tylko w jego najniższej położonej części (Lexa i in. 2000, Lehotský, Boltižiar 2022).

Sieć rzeczna w zlewni Kotliny Orawsko-Nowotarskiej

Zlewnia Kotliny Orawsko-Nowotarskiej zajmuje powierzchnię 2700 km², z czego 1950 km² przypada na zlewnię Kotliny Orawskiej razem z Obniżeniem Bielej Orawy-Hruštinki a 750 km² na zlewnię Kotliny Nowotarskiej (ryc. 5). Zlewnia Kotliny Orawskiej sięga po główny grzbiet Tatr Zachodnich (2137 m n.p.m.) oraz po kulminację Beskidu Żywieckiego (1725 m n.p.m.). Deniwelacje między wypływem rzeki Orawy ze Zbiornika Orawskiego (przełom Ustianskie gardło) a wskazanymi kulminacjami osiągają odpowiednio 1561 m i 1149 m. Obniżenie Bielej Orawy-Hruštinki



Ryc. 5. Sieć rzeczna w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i jej zlewni. a – ciek; b – dział wodny zlewni kotliny; c – dział wodny zlewni segmentu kotliny; d – odcinek Europejskiego Działu Wodnego prowadzący przez kotlinę w kierunku N-S; e – miejsce wypływu rzeki z kotliny; f – zbiornik zaporowy (ZC – Zbiornik Czorsztyński, ZO – Zbiornik Orawski); g – kulminacja na działle wodnym zlewni kotliny i wysokość [m n.p.m.]; h – najniższe miejsce w kotlinie i wysokość [m n.p.m.]; i – granica kotliny

Fig. 5. River network in the Orawa-Nowy Targ Basin and its catchment. a – water course; b – watershed of basin catchment; c – watershed of catchment of basin segment; d – section of European Watershed running across the basin in N-S direction; e – place where river outflows from basin; f – dam reservoir (ZC – Czorsztyn Reservoir, ZO – Orawa Reservoir); g – culmination on watershed of basin catchment and elevation [m a.s.l.]; h – lowest located place in basin and elevation [m a.s.l.]; i – border of basin

występuje w zlewni Kotliny Orawskiej. Zlewnia Kotliny Nowotarskiej sięga po główny grzbiet Tatr Wysokich (2638 m n.p.m.) oraz po kulminację Gorców (1311 m n.p.m.). Deniwelacje między najniższym położonym miejscem w tym elemencie Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (487 m n.p.m.) a wskazanymi kulminacjami osiągają odpowiednio 2151 m i 824 m.

Wschodnia część kotliny jest odwadniana przez Dunajec w kierunku E, a część zachodnia przez Orawę w kierunku S. W najniższej położonej części Kotliny Orawskiej od 1953 r. funkcjonuje Zbiornik Orawski, a w najniższej położonej części Kotliny Nowotarskiej od 1997 r. Zbiornik Czorsztyński. Europejski Dział Wodny prowadzi w kierunku N-S przez największy element kotliny, czyli Kotlinę Orawską. 59% całego obszaru Kotliny Orawsko-Nowotarskiej należy do zlewiska Morza Czarnego i 41% do zlewiska Bałtyku (ryc. 5).

Do największego elementu kotliny, czyli do Kotliny Orawskiej, od zachodu wpływa Biela Orava, od północy Polhoranka, Lipnica, Syhleć, Zubrzyca, Czarna Orava i Lepietnica, a od południa Oravica, Jeleśnia, Czarny Dunajec, Wielki Rogoźnik. Zlewnie tych cieków, z których większość odwadnia obszary fliszowe, zajmują 36% powierzchni zlewni Kotliny Orawsko-Nowotarskiej. Zlewnia głównego dopływu tatrzańskiego Kotliny Orawskiej, czyli Czarnego Dunajca, zajmuje 18% powierzchni zlewni tego elementu kotliny. Oś hydrograficzną Kotliny Orawskiej stanowi rzeka Czarna Orava płynąca w kierunku SW do Ustianskiego gardła (od 1953 r. rzeka wpływa do Zbiornika Orawskiego). Oś hydrograficzną Obniżenia Bielej Orawy-Hruštinki stanowi Biela Orava i jej dopływ Hruštinka. Inne większe dopływy Bielej Orawy to Mutnianka i Veselianska. Do drugiego pod względem powierzchni elementu Kotliny Orawsko-Nowotarskiej, czyli do Kotliny Nowotarskiej, wpływają trzy duże rzeki tatrzańskie: Czarny Dunajec (przepływający przez Kotlinę Orawską), Biały Dunajec i Białka. Dwie pierwsze z tych rzek tworzą główną rzekę w całej kotlinie, czyli Dunajec. Do Dunajca od południa dopływa także Leśnica, Czerwona i Przykopa, a od północy m.in. Kowaniec i Łopuszna; wszystkie te dopływy odwadniają obszary fliszowe. Zlewnie tatrzańskich rzek – Białego Dunajca i Białki, zajmują 60% powierzchni zlewni Kotliny Nowotarskiej.

Z Kotliny Orawsko-Nowotarskiej wypływają trzy rzeki (ryc. 5). Kotlinę Nowotarską i wschodnią część Kotliny Orawskiej odwadnia w kierunku E Dunajec, przeważający obszar zachodniej części Kotliny Orawskiej oraz Obniżenie Bielej Orawy-Hruštinki odwadnia w kierunku S Orava, a niewielką południową część Kotliny Orawskiej odwadnia w kierunku SW Oravica. Odpływ z Kotliny Nowotarskiej i Kotliny Orawskiej prowadzi przez przełomy, odpowiednio przez Przełom Niedzicki i przez Ustianskie gardło.

Drenaż wód powierzchniowych w kotlinie i jej zlewni – pogląd A

Drenaż w neogenie

Odwadnianie Kotliny Orawsko-Nowotarskiej rozpoczęło się w górnym miocenie w początkowym okresie formowania tej jednostki geomorfologicznej (ryc. 6A). W środkowym i wschodnim elemencie kotliny, czyli w obszarze obecnie zajmowanym przez Kotlinę Orawską i Kotlinę Nowotarską, drenaż wód powierzchniowych był według wielu autorów skierowany na zachód (Gotkiewicz 1931, Szaflarski 1931, Szafer 1954, Klimaszewski 1972, Ziemońska 1973, Watycha 1976, 1977, Baumgart-Kotarba 1988, 1989, 1991, 1991–1992, 1996, 2001, Pomianowski 1995, 2003, Jurewicz 2005, Struska 2008, 2009, Margielewski, Jankowski 2024). Z kolei z zachodniego elementu kotliny, czyli z Obniżenia Bielej Orawy-Hruštinki, odpływ wód powierzchniowych mógł się odbywać tylko w kierunku wschodnim. Miejscem wypływu wód powierzchniowych z kotliny był formujący się przy jej południowo-zachodniej granicy na pograniczu Orawskiej Magury (Oravska Magura) i Pienińskiego Pasa Skalkowego, przełom – Ustiańskie gardło. Przez to miejsce wody odpływały na południe do tworzącej się doliny rzeki Orawy.

W górnym miocenie w wąskiej strefie basenu sedymentacyjnego po północnej stronie pogranicza Pienińskiego Pasa Skalkowego z płaszczowiną magurską rozpoczęła się w warunkach lądowych sedymentacja utworów molasowych (Cieszkowski 1992, 1995, Cieszkowski i in. 1993, 2009b). Wskazany przeważający zachodni kierunek odwadniania kotliny zachodził do górnego pliocenu. Na taki kierunek odwadniania wschodniego elementu kotliny (czyli Kotliny Nowotarskiej) jeszcze w górnym pliocenie wskazuje, według M. Klimaszewskiego (1988), ówczesne położenie tego obszaru na wysokości nie mniejszej niż środkowego elementu kotliny (czyli Kotliny Orawskiej).

Przyjmując zachodni kierunek drenażu wód powierzchniowych we wschodnim elemencie Kotliny Orawsko-Nowotarskiej, zlewnia całej kotliny w neogenie prawdopodobnie obejmowała nieco większy obszar niż współcześnie (ryc. 6B). Wschodnia granica zlewni kotliny o przebiegu N–S łączyła wschodnie odcinki Gorców i Tatr i przypuszczalnie prowadziła w poprzek obecnego przełomu Dunajca w Pieninach. Zachodnia granica zlewni kotliny, także o przebiegu N–S, łączyła formujące się główne grzbiety Beskidu Żywieckiego i Orawskiej Magury. Ten odcinek granicy zlewni kotliny, w przeciwieństwie do granicy wschodniej, nie uległ później większym zmianom.

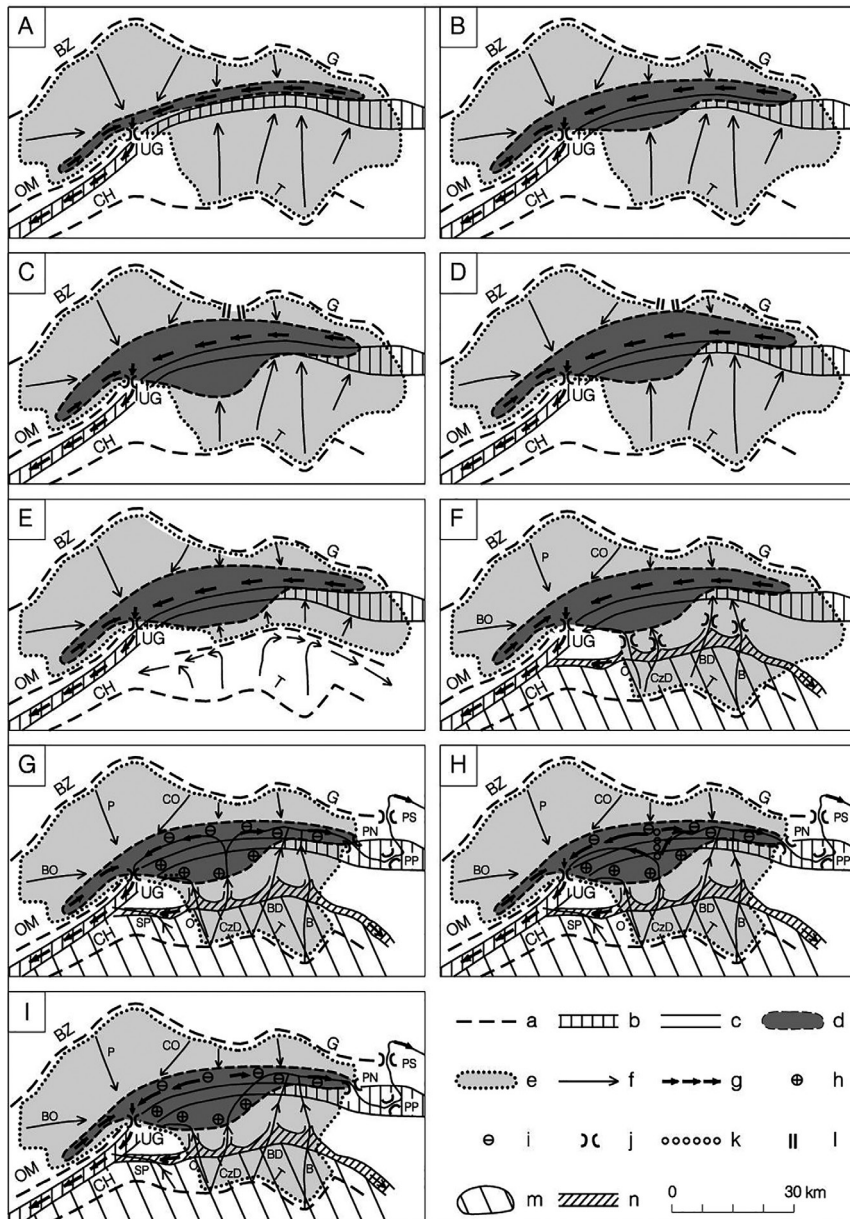
Jeszcze w górnym miocenie w wyniku subsydencji podłoża rozpoczęło się poszerzanie kotliny w kierunku

ku N i S (ryc. 6C), czemu towarzyszyło spłaszczanie jej dna (Cieszkowski 1992, 1995). Pod koniec górnego miocenu w wyniku rozwoju tektoniki uskokowej w kotlinie, subsydencja objęła jeszcze szerszą strefę. Obniżaniu ulegał wtedy odcinek Pienińskiego Pasa Skalkowego w sąsiedztwie środkowego odcinka kotliny, który został włączony do zajmowanego przez nią obszaru, a także położony dalej na południe obszar zbudowany z fliszu podhalańskiego, który również został pokryty osadami mioceniowymi. Równocześnie następowała ekspansja kotliny w kierunku N, gdzie osady mioceniowe pokrywały podłoże magurskie. Oś W–E kotliny została przesunięta ku północy, płaskie jej dno było szersze niż obecnie. W wyniku wypiętrzania masywu Tatr do kotliny dopływały coraz większe ilości wody. Cieki w kotlinie dostosowywały bieg do linii formujących się uskoków.

W dolnym pliocenie nastąpił dalszy wzrost zasięgu kotliny, zwłaszcza w kierunku S. Wtedy kotlina osiągnęła największą szerokość (N–S) w swej historii (Cieszkowski 1992, 1995, Cieszkowski i in. 1993, 2009b, Watycha 1976) (ryc. 6C). W efekcie postępującego wypiętrzania masywu Tatr coraz większa ilość wody dopływała do kotliny od południa, co skutkowało dalszym wypełnianiem tego obniżenia osadami. W środkowym pliocenie w wyniku dalszego wypiętrzania obszarów otaczających kotlinę, a także erozji peryferyjnie zalegających osadów neogeńskich, rozpoczęło się zwężanie kotliny (w kierunku N–S). Proces ten był kontynuowany w górnym pliocenie. Wzdłuż osiowej W–E strefy kotliny nadal zachodziła sedymentacja osadów dostarczanych zwłaszcza z wypiętrzanych Tatr.

Zasięg zlewni kotliny i układ sieci odwodnieniowej nie uległ od górnego miocenu aż do górnego pliocenu generalnym zmianom (ryc. 6D). Kotlina Orawsko-Nowotarska funkcjonowała wtedy jako śródgórskie obniżenie zamknięte z wszystkich stron, obrzeżone wypiętrzanym masywem Tatr na południu i wypiętrzanymi grzbietami beskidzkimi na północy. Wody odpływały z kotliny do rzeki Orawy i dalej poprzez Wag do Dunaju. Cały obszar Kotliny Orawsko-Nowotarskiej należał w neogenie do zlewiska Morza Czarnego.

W neogenie w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej istniały zbiorniki wodne położone na różnej wysokości n.p.m., na co wskazują osady słodkowodne zakumulowane na rozległym obszarze między doliną rzeki Hruštinki na zachodzie a obecną lokalizacją Kluszkowiec na wschodzie (Watycha 1976, Cieszkowski 1992, 1995, Lexa i in. 2000). Zbiornikom wodnym towarzyszyły obszary podmokłe (bagna, torfowiska) i starorzeczca. Zgodnie z uwagami M. Klimaszewskiego (1988) w pliocenie przepływ przez zbiorniki wodne w Kotlinie Nowotarskiej i Kotlinie Orawskiej był skierowany na zachód. W Kotlinie Orawskiej w okresie od dolnego do środkowego pliocenu z akumulacji



Ryc. 6. Kierunki odwadniania Kotliny Orawsko-Nowotarskiej w neogene i czwartorzędzie według poglądu A. Objaśnienia do A-I w tekście. a – schematyczny bieg osi Beskidu Żywieckiego (BZ), Gorców (GO), Tatr (T), Gór Choczańskich (CH) i Magury Orawskiej (OM); bieg Pienińskiego Pasa Skałkowego: b – odsłoniętego na powierzchni, c – obniżonego tektonicznie i przykrytego osadami neogeńskimi i czwartorzędowymi; d – przypuszczalny zasięg kotliny; e – przypuszczalny zasięg zlewni kotliny; f – schematyczne kierunki odwadniania zlewni kotliny (rzeki: B – Białka, BD – Biały Dunajec, BO – Biela Orava, CO – Czarna Orawa, CzD – Czarny Dunajec, O – Oravica, P – Polhoranka, SP – Studený potok); g – kierunki odwadniania kotliny; fragmenty kotliny: h – podnoszone tektonicznie, i – obniżane; j – przełomy rzeczne (PN – Przełom Niedzicki, PP – Przełom Pieniński, PS – Przełom Sądecki, UG – Ustiańskie gardło); k – odcinek bifurkującego Czarnego Dunajca; l – najniższe położone przełęcze w północnym odcinku granicy zlewni kotliny; m – masyw Tatr i Gór Choczańskich; n – Rów Podtatrzanski

Fig. 6. Directions of drainage of the Orawa-Nowy Targ Basin in Neogene and Quaternary according to opinion A. Explanations of A-I in the text. a – schematic course of axis of the Beskid Żywiecki Mts. (BZ), Gorce Mts. (G), Tatra Mts. (T), Choczańskie Mts. (CH) and Magura Oravska Mts. (MO); course of the Pieniny Klippen Belt: b – exposed on the surface, c – tectonically subsided and covered by Neogene and Quaternary deposits; d – presumable limit of the basin; e – presumable limit of the basin catchment; f – schematic courses of drainage of the basin catchment (rivers: B – Białka, BD – Biały Dunajec, BO – Biela Orava, CO – Czarna Orawa, CzD – Czarny Dunajec, O – Oravica, P – Polhoranka, SP – Studený potok); g – schematic courses of basin drainage; parts of the basin: h – tectonically uplifted, i – subsided; j – river gorges (PN – Niedzicki Gorge, PP – Pieniński Gorge, PS – Sądecki Gorge, UG – Ustiańskie gardło Gorge); k – zone with the Czarny Dunajec bifurcation; l – lowest located passes within the northern section of the basin catchment border; m – massif of the Tatra Mts. and the Choczańskie Mts.; n – Sub-Tatra Graben

wanego materiału organicznego utworzyły się cienkie pokłady węgla brunatnego (Birkenmajer 1979), na które uwagę zwrócono już w połowie XIX w. (Fosterle 1851).

Drenaż na przełomie neogenu i czwartorzędu oraz we wczesnym czwartorzędzie

Duże zmiany w zasięgu zlewni Kotliny Orawsko-Nowotarskiej i w kierunku odpływu wód z tego obszaru nastąpiły na przełomie neogenu i czwartorzędu. W wyniku znacznego wypiętrzenia Tatr i zwilgotnienia klimatu, i w efekcie wzrostu siły erozyjnej rzek odwadniających północne stoki tego masywu i ich przedpole, doszło do głębokiego rozcięcia fliszu podhalańskiego wzdłuż południowej granicy zasięgu tych utworów skalnych. Formowana od tego czasu rynna erozyjna (Rów Podtatrzański) prowadzi wzdłuż niemal całego podnóża północnych stoków Tatr i Gór Choczańskich (Szafer 1954, Klimaszewski 1972, 1988). Wody spływające z zachodniej części północnych stoków Tatr (współcześnie Czarny Dunajec z dopływami, Oravica, Studený Potok) były kierowane tą rynną na zachód i uchodziły do rzeki Orawy już poza zasięgiem Kotliny Orawsko-Nowotarskiej. Tą rynną były też kierowane wody spływające z północnych stoków Gór Choczańskich (ryc. 6E). Z kolei wody spływające ze wschodniej części północnych stoków Tatr (współcześnie Biały Dunajec i Białka z dopływami) odpływały rynną podtatrzańską w kierunku wschodnim i spływały do górnego Popradu (Birkenmajer 1979).

W wyniku przedstawionych powyżej zmian w odwodnieniu północnych stoków Tatr, południowy zasięg zlewni Kotliny Orawsko-Nowotarskiej cofnął się i został wyznaczony przez równoleżnikowy wododzielny grzbiet na obszarze zbudowanym z fliszu podhalańskiego, sąsiadujący od północy z Rowem Podtatrzańskim. W tym czasie Tatry nie brały udziału w zasilaniu kotliny wodami i materiałem fluwialnym. Krótkie ciek dopływające od południa do kotliny drenały tylko wąską strefę obszaru zbudowaną z fliszu podhalańskiego, najwęższą po południowej stronie środkowego elementu kotliny, czyli Kotliny Orawskiej, a także wzniesienia na obszarze Pienińskiego Pasa Skałkowego.

We wczesnym czwartorzędzie zwilgotnienie klimatu ułatwiało erozję wsteczną Białki, Białego Dunajca i Czarnego Dunajca (Szafer 1954, Klimaszewski 1972), a także Oravicy i Studený Potoku, co doprowadziło do rozczłonkowania długiego garbu o równoleżnikowym przebiegu na oddzielne segmenty, uformowanego wcześniej na podłożu fliszu podhalańskiego i oddzielającego Rów Podtatrzański od Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (Watycha 1976, 1977). Od tego czasu wody spływające z północnych stoków Tatr były kierowane tymi rzekami wprost do

kotliny: Czarny Dunajec wpływa do Kotliny Orawskiej a Biały Dunajec i Białka wpływają do Kotliny Nowotarskiej (ryc. 6F). Oravica dopływa tylko do peryferyjnej SW części Kotliny Orawskiej, po czym opuszcza ten teren kierując się do doliny rzeki Orawy. Studený Potok wpływa natomiast do Orawy poza granicami tej kotliny. Trzy jednostki geomorfologiczne należące do północnego przedgórze Tatr, czyli Rów Podtatrzański, Pogórze Gubałowskie i Pieniny, od początku czwartorzędu wchodzi w skład południowej części zlewni Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (Klimaszewski 1988). Zasięg terytorialny tej części zlewni kotliny nie uległ od tego czasu zmianom. Wcześniej uformowane kierunki odwodnienia Rowu Podtatrzańskiego poza granicami zlewni kotliny także nie uległy zmianom; w tym obszarze potoki nadal płyną w kierunku zachodnim lub wschodnim.

Postępujące od środkowego pliocenu aż do przełomu pliocenu i czwartorzędu obniżanie dna wschodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (czyli Kotliny Nowotarskiej) w wyniku uginania podłoża skalnego skutkowało (Zuchiewicz 2010), pomimo akumulacji osadów rzecznych i jeziornych, skierowaniem na wschód wód dopływających z Tatr – Białego Dunajca i Białki, z Pogórze Gubałowskiego i Pienin – Leśnicy oraz z Gorców (Klimaszewski 1988). Na ten przedział czasu datowane są zmiany w kierunku odwodnienia wschodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (ryc. 6G). Według Zuchiewicza (1980, 1982) jeszcze w górnym pliocenie odpływ wody z Kotliny Nowotarskiej prowadził w kierunku Popradu po północnej stronie Pienin (północne obrzeże Pienin) wzdłuż linii wyznaczonej przez obecną lokalizację Przeł. Snózka, dolinę Krośnicy i dolinę Grajcarka. Zdaniem cytowanego autora (Zuchiewicz 1982), dopiero na przełomie pliocenu i czwartorzędu ta droga odpływu została zablokowana, co było wywołane tektonicznym wypiętrzaniem centralnego odcinka Pienin, przy jednoczesnym obniżaniu dna Kotliny Nowotarskiej (Makowska 2003). W tej sytuacji w tym elemencie Kotliny Orawsko-Nowotarskiej utworzone zostało jezioro zaporowe, z którego wody zaczęły się przelewać na południe, co spowodowało uformowanie przełomu niedzickiego. Poniżej tego przełomu Dunajec płynął uformowaną wcześniej szeroką doliną Niedziczanki w kierunku wschodnim i dalej wzdłuż linii wyznaczonej przez obecny bieg doliny Lipnika (południowe obrzeże Pienin) w kierunku Popradu. Według Zuchiewicza (1980, 1982) już na przełomie pliocenu i czwartorzędu Dunajec mógł sforsować centralną część masywu Pienin i od strony południowej kierować swoje wody w kierunku północnym tworząc przełom pieniński. Ten przełom występuje w obszarze, przez który wcześniej prawdopodobnie prowadził wschodni odcinek działu wodnego zlewni Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (ryc. 6A–F). Najnowsze badania (Margielewski, Jankowski 2024,

Jankowski, Margielewski 2024) wskazują na młodszy wiek (czwartorzęd) przełomu pienińskiego Dunajca, którego genezę cytowani autorzy wiążą z grawitacyjnym osunięciem masywu Trzech Koron w kierunku południowym i jego dezintegracją, co spowodowało zablokowanie wcześniejszej trasy odpływu tej rzeki. W tej sytuacji wody Dunajca utworzyły nową drogę odpływu przez centralną część Pienin, wykorzystując system uskoków, wzdłuż których uformowana została wąska i bardzo kręta dolina obrzeżona ścianami skalnymi wysokimi do 300–400 m (Margielewski, Jankowski 2024, Jankowski, Margielewski 2024).

Wskazane przełomy Dunajca (niedzicki i pieniński) były określane w literaturze jako: przelewowe (Staszic, Pol – pierwsza połowa XIX w., patrz Klimaszewski 1961), epigenetyczne (Limanowski 1904, Romer 1905), antecedentne (Klimaszewski 1937, Starkel 1972, Zuchiewicz 1978, 2010), strukturalne (Klimaszewski 1972), antecedentno-strukturalne (Zuchiewicz 1980), antecedentno-przelewowe (Klimaszewski 1988), powstałe w wyniku erozji wstecznej Dunajca – od strony przełomu beskidzkiego (Birkenmajer 1979, Zuchiewicz 1982). Przełomy Dunajca – niedzicki i pieniński, których początek formowania datuje się na okres między przełomem pliocenu i czwartorzędem a bliżej nie określonym przedziałem czasu w czwartorzędzie, w plejstocenie ulegały pogłębianiu, na co wskazuje zasygnalizowane w pracach (Margielewski, Jankowski 2024, Jankowski, Margielewski 2024) występowanie w drugim z tych przełomów szczytkowej terasy zawierającej żwiry skał fliszowych i wapiennych wzniesionej na wysokości 60 m ponad korytem Dunajca.

Drenaż w czwartorzędzie

W wyniku zdarzeń i procesów wskazanych powyżej, uformował się nowy drenaż wód powierzchniowych w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej (ryc. 6H). Największy element kotliny, czyli Kotlina Orawska, był w największym stopniu zasilany wodami tatrzańskimi, głównie przez Czarny Dunajec, które początkowo nadal odpływały w kierunku zachodnim (Baumgart-Kotarba 1991–1992). Południowa i zachodnia część Kotliny Orawskiej ulegała podnoszeniu a północna i wschodnia obniżaniu, co skutkowało trwającym przez cały plejstocen dzieleniem się Czarnego Dunajca na dwie strugi, z których jedna spływała w kierunku zachodnim a druga w kierunku wschodnim (Baumgart-Kotarba 1991–1992). Związane to było z tworzeniem się rowów tektonicznych w Kotlinie Orawskiej, m.in. rowu Wróblówki, co umożliwiała przelewanie się części wód Czarnego Dunajca na obszarze kotliny w kierunku wschodnim (Niedzielski 1971, Watycha 1973, Birkenmajer 1978, Zuchiewicz 1980, Baumgart-Kotarba 1983, 1991–1992, 1992, 1996, 2000, 2001, Pomianowski 1995, 2003,

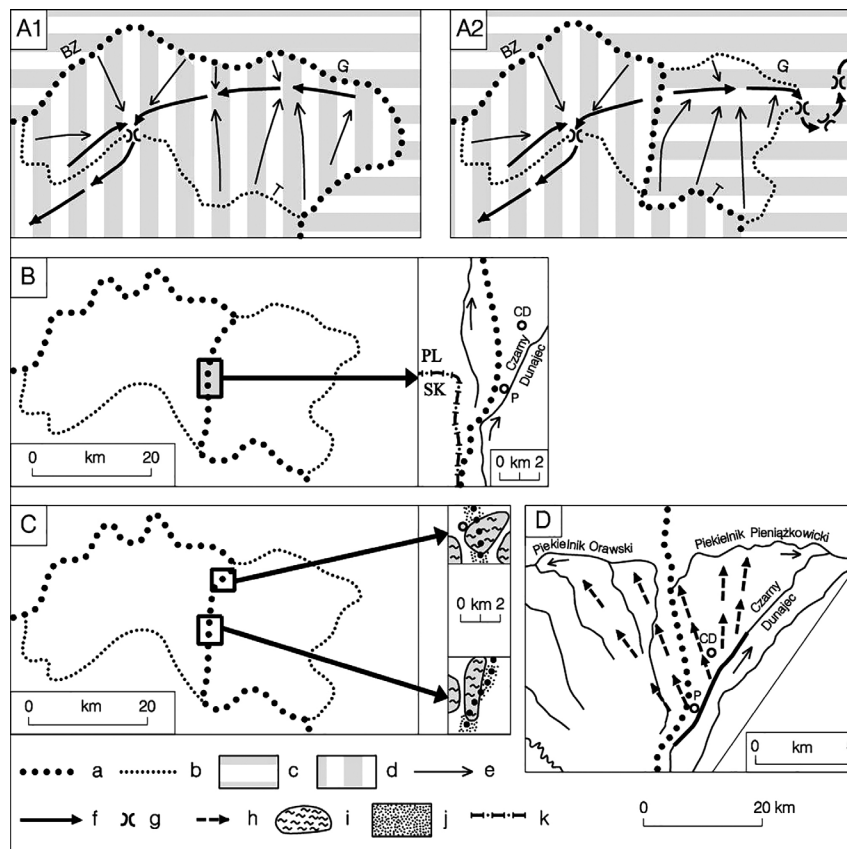
Tokarski, Zuchiewicz 1998, Baumgart-Kotarba i in. 2001). W tym obszarze w odcinku Czarnego Dunajca, biorąc pod uwagę współczesną topografię terenu między miejscowościami Koniówka i Wróblówka, funkcjonował punkt bifurkacji rzeki o randze kontynentalnej przemieszczający się ku północy. Wody spływające wtedy na zachód należały do dorzecza Dunaju a spływające na wschód do dorzecza Wisły (Baumgart-Kotarba 1991–1992). Wody Czarnego Dunajca dopływające do rzeki Orawy łączyły się z wodami rzeki Hruštinka odwadniającej zachodni element Kotliny Orawsko-Nowotarskiej. Z kolei wody Czarnego Dunajca dopływające do Kotliny Nowotarskiej łączyły się z wodami Białego Dunajca i Białki. Z cieków beskidzkich płynących do Kotliny Orawskiej najdłuższe są rzeki i potoki odwadniające południowe stoki i podnóża Beskidu Żywieckiego, których bieg w czwartorzędzie nie uległ zmianom (od zachodu: Biela Orava, Polhoranka, Czarna Orawa).

W plejstocenie podnoszenie południowej części Kotliny Orawskiej i obniżanie jej części północnej (rów Wróblówki) skutkowało przesuwaniem w kierunku północnym punktu bifurkacji Czarnego Dunajca o randze kontynentalnej, uwzględniając współczesną topografię terenu od okolic Koniówki do Wróblówki (Baumgart-Kotarba 1988, 1989, 1991, 1991–1992, 2001) (ryc. 6H). Kotlina Nowotarska, obniżana w czwartorzędzie, miała w tym czasie bardziej stabilny układ drenażu, który od tego czasu jest skierowany ku wschodowi do przełomów Dunajca w Pieninach. Do Kotliny Nowotarskiej dopływały wtedy wody głównie z Tatr za pośrednictwem Białego Dunajca i Białki, a częściowo także za pośrednictwem bifurkującego Czarnego Dunajca, i w mniejszym stopniu z Pogórza Gubałowskiego i Pienin (potok Leśnica). W porównaniu z Kotliną Orawską, dopływ wody do Kotliny Nowotarskiej z Beskidów był minimalny.

Skutkiem zmian w przebiegu Czarnego Dunajca w plejstocenie są morfologiczne ślady po późnoglacjalnym przepływie tej rzeki na stożku glacifluwialnym, widoczne jako rynnowate obniżenia o orientacji SSE–NNW, częściowo pokryte przez torfowiska głównie wysokie wieku holocenckiego, rozwinięte na terasie ze zlodowacenia odry (Baumgart-Kotarba 1991–1992, Łajczak 2007, 2009, 2013). U schyłku ostatniego zlodowacenia koryto Czarnego Dunajca dochodziło aż do północnej granicy Kotliny Orawskiej, gdzie dzieliło się na odgałęzienia prowadzące w kierunku NW i W oraz NE i E (Baumgart-Kotarba 1991–1992) (ryc. 6H). Później, poniżej miejsca bifurkacji zaznaczał się coraz mniej znaczący odpływ Czarnego Dunajca do rzeki Orawy i dominujący odpływ w kierunku Kotliny Nowotarskiej. W młodszym dryasie w północnej części Kotliny Orawskiej w miejscu aktualnego biegu Piekielnika Pieniążkowskiego zachodziła stagnacja wód powodziowych,

gdzie uformowały się meandry tego ciek i jego dopływów drenowanych w kierunku wschodnim (Baumgart-Kotarba 1991–1992). Od około 10 tys. lat Czarny Dunajec płynie przez Kotlinę Orawską wyłącznie w stronę Kotliny Nowotarskiej, w stosunku do stanu u schyłku ostatniego zlodowacenia bliżej podnóża garbu Domańskiego Wierchu (Baumgart-Kotarba 1988, 1989, 1991, 1991–1992, Zuchiewicz 2010). Ukształtowany na początku holocenu drenaż wód powierzchniowych w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej nie uległ istotnym zmianom do chwili obecnej (ryc. 6I).

Granice zlewni Kotliny Orawsko-Nowotarskiej od początku ewolucji tego obszaru w górnym miocenie aż do przełomu pliocenu i czwartorzęd, zgodnie z opinią większości cytowanych autorów, wyznaczał na całej długości od strony północnej i wschodniej Europejski Dział Wodny, oddzielający zlewiska Bałtyku i Morza Czarnego. Wtedy Kotlina Orawsko-Nowotarska była na całym obszarze drenowana do Morza Czarnego (ryc. 7A1). Później, aż do przełomu plejstocen/holocen zachodziło etapowe przesuwanie tego działu wodnego na obszarze kotliny i jej zlewni w kierunku zachodnim, co skutkowało podziałem



Ryc. 7. Zmiany w przebiegu Europejskiego Działu Wodnego (EDW) w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i jej zlewni w neogenie i czwartorzędzie. Objasnienia do A1–A2 w tekście. B – najbliższy położony odcinek EDW od koryta Czarnego Dunajca. C – obszary w sąsiedztwie torfowisk, gdzie w wyniku prac melioracyjnych lokalnie zaszły zmiany w przebiegu EDW. D – odcinek Czarnego Dunajca, z którego odpływa drogą podpowierzchniową część wód z koryta rzeki niezgodnie z topografią terenu. a – Europejski Dział Wodny wyznaczający fragment granicy zlewni kotliny lub prowadzący w jej poprzek; b – pozostały odcinek granicy zlewni kotliny (zasięg kotliny w sytuacji A1 i A2 wyjaśniony w tekście); c – zlewisko Bałtyku; d – zlewisko Morza Czarnego; e – schematyczne kierunki odwadniania zlewni kotliny; f – kierunki odwadniania kotliny; g – przełom rzeczny; h – podpowierzchniowy niezgodny z topografią terenu kierunek odpływu wody z Czarnego Dunajca; i – torfowisko wysokie; j – zmeliorowany obszar w sąsiedztwie torfowisk, gdzie lokalnie zaszły zmiany w przebiegu EDW; k – granica państwowa (PL/SK)

Fig. 7. Changes in the course of the European Watershed (EW) in the Orawa-Nowy Targ Basin and its catchment in Neogene and Quaternary. Explanations to A1–A2 in the text. B – section of EW closest located to the Czarny Dunajec river channel. C – areas adjacent to peatbogs where local changes occurred in EW course due to melioration works. D – section of the Czarny Dunajec river where subsurface flow is not compliant with surface topography. a – European Watershed marking part of the basin catchment border or running across it; b – the other section of basin catchment border (limit of the basin in A1 and A2 situations is explained in the text); c – Baltic Sea catchment area; d – Black Sea catchment area; e – schematic directions of basin catchment drainage; f – directions of basin drainage; g – river gorge; h – direction of subsurface flow of the Czarny Dunajec river, not compliant with surface topography; i – raised peatbog; j – drained area adjacent to peatbogs where local changes of EW course occurred; k – state boundary (PL/SK)

tego obszaru na dwie części o zbliżonym obszarze, odwadniane do Morza Czarnego (część zachodnia) lub do Bałtyku (część wschodnia) (ryc. 7A2). Od około 10 tys. lat zachodnia część największego elementu kotliny (czyli Kotliny Orawskiej), jest drenowana przez rzeki Oravica, Jeleśna, Piekienik Orawski i Czarna Orawa i należy do zlewni rzeki Orawy, a jej część wschodnia drenowana głównie przez Czarny Dunajec i Piekienik Pieniążkowicki, należy do zlewni Dunajca.

Do wyjątkowych zjawisk hydrograficznych w Kotlinie Orawskiej, świadczących o młodym wieku sieci hydrograficznej w tym obszarze, należy zaliczyć lokalne zbliżenie Europejskiego Działu Wodnego na odległość tylko 150 m do koryta rzeki Czarny Dunajec w miejscowości Koniówka (ryc. 7B). Melioracje odwadniające torfowiska w Kotlinie Orawskiej, prowadzone od XIX w., tylko lokalnie zmodyfikowały przebieg tego działu wodnego (ryc. 7C) (Łajczak 2013, 2017).

Eksploatacja aluwii korytowych w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej skutkuje pogłębianiem koryta, które w Czarnym Dunajcu często osiąga 1,5 m, a lokalnie 3 m (Zawiejska, Wyżga 2010). Wcześniej z płytszego koryta tej rzeki, zwłaszcza podczas wysokich stanów wody, zachodził na większą niż obecnie skalę podpowierzchniowy odpływ części wód poprzez aluwia i osady glacyfluwialne w kierunku Piekienika Orawskiego, tzn. poprzecznie do przebiegu Europejskiego Działu Wodnego (Ziemońska 1973). Podpowierzchniowy odpływ wód z koryta Czarnego Dunajca dokonuje się głównie wzdłuż paleokoryta tej rzeki na terasie ze zlodowacenia odry i na terasie vistuliańskiej, zajętych przez rozległe torfowiska wysokie (Łajczak 2007, 2009). Miejsce bifurkacji Czarnego Dunajca, na ograniczoną już skalę, nadal funkcjonuje w tym samym co wcześniej miejscu i obecnie ma charakter wyłącznie zjawiska podpowierzchniowego (ryc. 7D).

Drenaż wód powierzchniowych w kotlinie i jej zlewni – pogląd B

Drenaż w neogenie

Według omawianej grupy poglądów odwadnianie wschodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (czyli Kotliny Nowotarskiej) i jej zlewni zachodziło od górnego miocenu w kierunku wschodnim, po południowej stronie obecnego zasięgu tej kotliny, a dalej w kierunku SE wzdłuż obecnego biegu doliny Lipnika do górnego Popradu (Birkenmajer 1978, 1979, 1986a, b) (ryc. 8A). Drenaż ku wschodowi trasą położoną bardziej na północ był blokowany przez wzniesienia Pienin, pełniące pomimo początkowo

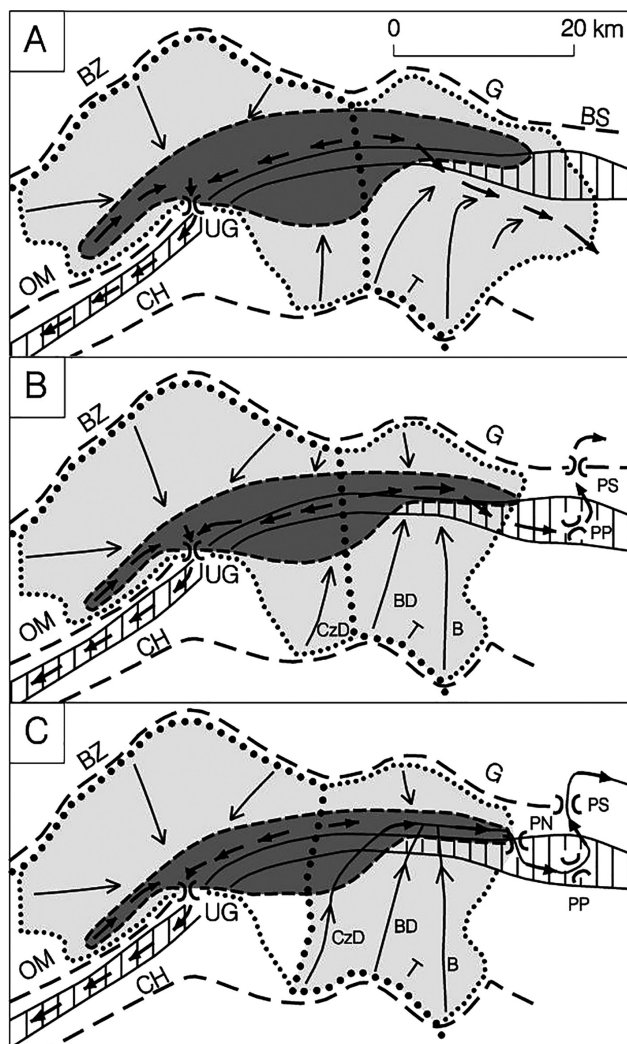
niewielkiej wysokości względnej rolę zwartej bariery orograficznej. Wskazany kierunek odpływu w zlewni Kotliny Nowotarskiej wykazywał Biały Dunajec i Białka, które miały się łączyć po południowej stronie Pienin. Tak sformułowany wniosek wynika z analizy sedymentologicznej osadów w okolicach Frydmana, czyli w miejscu położonym dalej na północ od dawnej trasy spływu Białego Dunajca i Białki. Iły występujące w tym stanowisku, zakumulowane w górnym miocenie (sarmat) i zalegające pod serią osadów górnoplioceniowo-staroplejstoceńskich, zawierają tylko materiał fliszowy z obszaru magurskiego i są pozbawione materiału z fliszu podhalańskiego, który wówczas pokrywał masyw Tatr, a także materiału z Pienińskiego Pasa Skałkowego. Przelewanie się wód z Kotliny Nowotarskiej do górnego Popradu (wzdłuż obecnego biegu doliny Lipnika) musiało być uwarunkowane niewielkimi deniwelacjami na obszarze zbudowanym przez flisz podhalański po południowej stronie tej kotliny. Lokalna niska bariera orograficzna oddzielająca Kotlinę Nowotarską od Kotliny Orawskiej musiała w tym czasie być wyżej wzniesiona od bariery orograficznej po SE stronie pierwszej z tych kotlin lub lokalnie tej ostatniej bariery nie było (Birkenmajer 1978, 1979, 1986a, b).

Od początku neogeńskiego etapu rozwoju Kotliny Orawsko-Nowotarskiej dział wodny o południowym przebiegu dzielił zlewnię tego obszaru na dwie części – jedną drenowaną w kierunku E i dalej SE do Popradu, a drugą w kierunku W i dalej SW do rzeki Orawy. Odwadnianie wschodniego elementu Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (czyli Kotliny Nowotarskiej) jeszcze na początku pliocenu odbywało się na poziomie niższym od wyznaczonego przez współczesne kulminacje Pienin. Zwiększanie wysokości względnych na pograniczu Pienin i Kotliny Nowotarskiej, jakie następowało od dolnego pliocenu, wskazuje na skalę tektonicznego obniżenia dna tej kotliny w ciągu pliocenu. Czarny Dunajec już od górnego miocenu wpływał do zachodniego elementu Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (czyli Kotliny Orawskiej) i w dalszym biegu kierował się na SW do rzeki Orawy (ryc. 8A).

Według omawianej grupy poglądów utworzenie przełomów Dunajca w Pieninach (przełom niedzicki i przełom pieniński) nastąpiło na początku pliocenu (Birkenmajer 1978, 1979, 1986a, b). Oznacza to, że drenaż wschodniego elementu Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (czyli Kotliny Nowotarskiej) w kierunku wschodnim rozpoczął się później niż utworzenie na przełomie miocenu i pliocenu starszego przełomu Dunajca przez główny grzbiet beskidzki (Gorce – Beskid Sądecki) (Birkenmajer 1979). Według cytowanego autora, dolina przełomowa Dunajca w Beskidach dotarła do Pienin w wyniku erozji wstecznej i przechwyciła meandryczny system rzeczny Białego Dunajca i Białki, który wcześniej uformował zakola obecnie wykorzystywane przez Dunajec w przełomie

pienińskim. Wcinanie się Dunajca w podnoszony wał Pienin spowodowało „utrwalenie” meandrów między wychodniami twardej skały (Birkenmajer 2006). W takich warunkach wcześniej funkcjonujący odpływ Dunajca z Kotliny Nowotarskiej w kierunku SE do górnego Popradu uległ przerwaniu (Birkenmajer 1978, 1979, 1986a, b) (ryc. 8B).

Omawiany pogląd nie wyklucza możliwości innego, niż wskazany wyżej, kierunku drenażu wód powierzchniowych we wschodnim elemencie Kotliny Orawsko-Nowotarskiej w pliocenie. Chociaż funkcjonowały wtedy dwa niezależne zbiorniki sedymentacyjne (w Kotlinie Nowotarskiej i Kotlinie Orawskiej) położone na różnych wysokościach, to Kotliną Nowotarską mogła być w ograniczonym zakresie odwadniana także w kierunku zachodnim. Do poglądu



Ryc. 8. Kierunki odwadniania Kotliny Orawsko-Nowotarskiej w neogenie i czwartorzędzie według poglądu B. Objasnienia do A–C w tekście. Objasnienia sygnatur jak do ryc. 6. BS – Beskid Sądecki

Fig. 8. Directions of drainage of the Orawa-Nowy Targ Basin in Neogene and Quaternary according to opinion B. Explanations of A–C in the text. Explanations to symbols as in Fig. 6. BS – Beskid Sądecki Mts

B nawiązuje opinia Zuchewicza (1980, 1982), zakładająca możliwość odpływu w pliocenie ze wschodniego elementu Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (czyli Kotliny Nowotarskiej) w kierunku wschodnim po północnej stronie Pienin wzdłuż linii obecnie wyznaczonej przez dolinę Krośnicy.

Drenaż na przełomie neogenu i czwartorzędzie

Do systemu Białego Dunajca i Białki miał zostać na przełomie pliocenu i czwartorzędzie włączony Czarny Dunajec, który od tego czasu jest jednym z trzech głównych źródłowych odcinków Dunajca (Birkenmajer 1978, 1979, 1986a, b) (ryc. 8C). W tym czasie Dunajec uformował przełom niedzicki w Pieninach, który według cytowanego autora jest młodszy od niżej położonego przełomu pienińskiego. Według Zuchewicza (1982) formowanie obu przełomów Dunajca w Pieninach nastąpiło między środkowym pliocenem i wczesnym czwartorzędem. Na przełomie pliocenu i czwartorzędzie przebieg Dunajca we wschodniej części Kotliny Nowotarskiej był już zbliżony do współczesnego. Skierowanie ku wschodowi w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej wód trzech rzek odwadniających północne stoki Tatr (Czarny Dunajec, Biały Dunajec, Białka) zostało, według Birkenmajera (1978, 1979, 1986a, b) zapoczątkowane wcześniej niż wskazują na to autorzy poglądu A (Baumgart-Kotarba 1988, 1989, 1991, 1991–1992, Klimaszewski 1988), według których to zjawisko – chociaż także rozpoczęło się na przełomie pliocenu i czwartorzędzie – to zostało ostatecznie ukształtowane dopiero około 10 tys. lat temu (ryc. 6H–J). W poglądzie B nie zostały uwzględnione zmiany w biegu Dunajca i dopływów w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i jej zlewni w czwartorzędzie.

Drenaż wód powierzchniowych w kotlinie i jej zlewni – pogląd C

W opiniach wyrażonych w pierwszej połowie XX w. (Sawicki 1909, Smoleński 1920, Pawłowski 1928, Szaflarski 1931, Gadowski 1934, Klimaszewski 1934, Jaranoff 1935, Szafer 1958), wskazywano na możliwość jeszcze innych tras odpływu z Kotliny Orawsko-Nowotarskiej, jakie funkcjonowały (mogły funkcjonować) w neogenie.

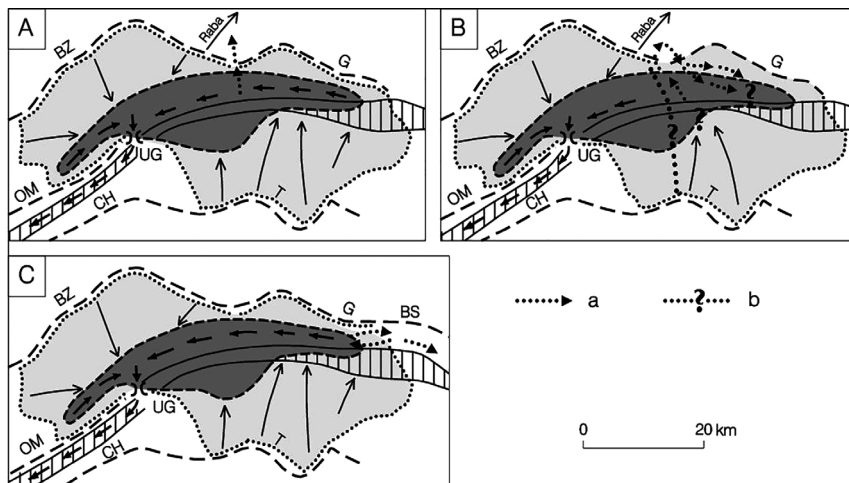
Na etapie formowania reliefu omawianej części Karpat Zachodnich w dolnym pliocenie i górnym pliocenie za możliwe przyjmowano przelewanie się części wód Czarnego Dunajca i/lub Białego Dunajca w kierunku północnym przez niski dział wodny do zlewni rzeki Raby (Pawłowski 1928, Szaflarski 1931, Klimaszewski 1934). Dział wodny w tych miejscach obecnie znajduje się, odpowiednio 200–300

m i 100–150 m powyżej najbliższego fragmentu dna Kotliny Orawsko-Nowotarskiej, a najgłębsze przełęcze – Sieniawska i Pieniążkowicka, odpowiednio 120 m i 110 m powyżej. Na początku pliocenu Kotliny Orawsko-Nowotarskiej osiągnęła największą szerokość i wtedy jej północna granica była przypuszczalnie położona blisko działu wodnego zlewni (ryc. 6C), co mogło ułatwiać okresowy odpływ wód także do sąsiedniej zlewni Raby. W środkowym i górnym pliocenie granica kotliny była już w tym miejscu bardziej oddalona od lokalnego wododziałnego garbu, co jednak nie wyklucza możliwości przelewania się wód z południa w kierunku północnym (ryc. 6D). Częściowe przelewanie się wód ze zlewni górnego Dunajca do zlewni Raby mogło zachodzić przez niski garb fliszowy po zachodniej stronie Gorców w rejonie Przełęczy Sieniawskiej i Przełęczy Pieniążkowickiej (ryc. 9A). Dowodem na taki dawny drenaż wód powierzchniowych w zlewni górnego Dunajca jest występowanie na tych przełęczach oraz dalej na północ na terasach Raby (w wysokości 90 m ponad korytem rzeki) zwietrzałych granitowych żwirów tatrzańskich, występujących jednak sporadycznie (Pawłowski 1928). W wyniku zachodzącego w pliocenie obniżania dna Kotliny Orawsko-Nowotarskiej i równoczesnego wypiętrzania grzbietów beskidzkich, późniejszy odpływ wód Dunajca do zlewni Raby został wstrzymany.

W ramach dyskutowanego poglądu wyrażana była także opinia mówiąca, że częściowy odpływ

wód Dunajca w kierunku rzeki Raby był w górnym pliocenie krótkotrwały i obejmował tylko źródłową część zlewni tej rzeki, tzn. wody te miały zawracać w pobliżu Przełęczy Sieniawskiej i Przełęczy Pieniążkowickiej w kierunku Dunajca (Klimaszewski 1934) (ryc. 9B). Dalszy odpływ Czarnego Dunajca i Białego Dunajca, już w obrębie Kotliny Nowotarskiej, miał prowadzić w kierunku wschodnim, na co wskazuje występowanie żwirów tatrzańskich na wysokości do 150 m, a lokalnie do 250 m ponad korytem Dunajca w jego dalszym biegu. Ta opinia wyprzedza o pół wieku powstanie poglądu B wskazującego na generalny wschodni kierunek drenażu wód powierzchniowych w Kotlinie Nowotarskiej w pliocenie.

Wypiętrzanie w środkowym i górnym pliocenie wału beskidzkiego (Gorce) po północnej stronie Kotliny Nowotarskiej doprowadziło do utworzenia zbiornika wodnego Krośnicy, sąsiadującego od północy z Pieninami i sięgającego – biorąc pod uwagę współczesną topografię terenu – od okolic Huby na zachodzie po Krościenko na wschodzie (Gadomski 1934). Zbiornik ten obejmował tylko zachodnią część Kotliny Krośnieńsko-Szczawnickiej. Dopóki wał beskidzki (Gorce-Beskid Sądecki) nie został rozcięty na drodze erozji wstecznej przez Dunajec, który pogłębiał dolinę rzeczną od północy i nie został uformowany przełom pieniński Dunajca w Pieninach, istniały możliwości kontaktu zbiornika wodnego w Kotlinie Nowotarskiej ze zbiornikiem wodnym Krośnicy. Sugerowano możliwość odpływu wody z wyżej po-



Ryc. 9. Dodatkowe kierunki odpływu ze zlewni Kotliny Orawsko-Nowotarskiej w neogenie według poglądu C. A – odpływ do górnej Raby; B – odpływ w kierunku górnej Raby i powrót części wód do górnego Dunajca; C – przepływ wody między zbiornikiem w Kotlinie Nowotarskiej i zbiornikiem Krośnicy, możliwy odpływ wód pra-Dunajca doliną Grajcarek do Kotliny Litmanowskiej. a – drenaż międzyzlewniowy wód (w sytuacji B o nieznanym w dalszym biegu kierunku); b – lokalny dział wodny w zlewni kotliny w sytuacji B. Objasnienia pozostałych sygnatur jak do ryc. 8

Fig. 9. Additional drainage directions from the Orawa-Nowy Targ Basin catchment in Neogen according to opinion C. A – runoff to the upper Raba; B – runoff towards the upper Raba and reversion of part of the water to the upper Dunajec; C – water flow between the reservoir in Nowy Targ Basin and Krośnica reservoir, possible runoff of the pre-Dunajec river along the Grajcarek valley to Limanowska Basin. a – inter-catchment water drainage (in situation B the direction in the further course is unknown); b – local watershed in the basin catchment in situation B. Explanations to other symbols as in Fig. 8

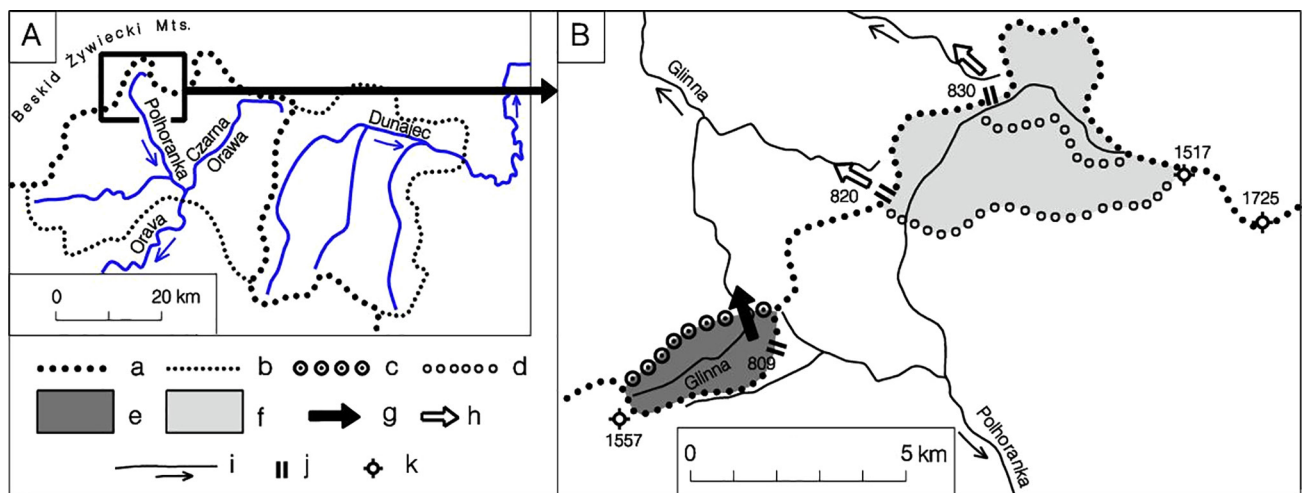
łożonego zbiornika Krośnicy przez Przełęcz Snozka do zbiornika w Kotlinie Nowotarskiej. Wyrażana była także opinia, na podstawie stwierdzonego występowania osadów plioceńskich na południowych stokach Pasma Lubania w Gorcach w wys. powyżej 650 m n.p.m. (powyżej Przełęczy Snozka), możliwości odpływu wód pra-Dunajca w pliocenie do doliny Krośnicy i dalej doliną Grajcarka w stronę Kotliny Litmanowskiej (Zuchewicz 1978, 1982) (ryc. 9C). Utworzenie przełomów Dunajca – niedzickiego i pieńńskiego w Pieninach poprzedzone sforsowaniem przez Dunajec wału beskidzkiego, ukierunkowało ostatecznie odpływ wód ze wschodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej w kierunku Kotliny Sądeckiej (Birkenmajer 1979, Zuchewicz 1980, 1982, Margielewski, Jankowski 2024).

Omawiając grupę poglądów C należy zwrócić uwagę na obszar objęty i zagrożony kaptażem w zlewni górnej Polhoranki w Beskidzie Żywieckim (ryc. 10A, B). Dokonująca się w ten sposób utrata niewielkiego fragmentu zlewni Kotliny Orawsko-Nowotarskiej oraz zasobów wodnych tej zlewni działa na korzyść jednego z dopływów sąsiedniej rzeki Soły o niżej położonej bazie erozyjnej w stosunku do Czarnej Orawy (Łajczak 2011). Położenie Europejskiego Działu Wodnego w stosunku do biegu Polhoranki wskazuje

na możliwość kontynuowania zjawiska kaptażu i dalszej utraty wody przez zlewnię Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (ryc. 10B).

Dyskusja

Omówione poglądy A i B różnią się oceną ukierunkowania drenażu wód powierzchniowych we wschodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (tzn. w Kotlinie Nowotarskiej i we wschodniej części Kotliny Orawskiej) w neogenie, odpowiednio w stronę W lub E. Są one natomiast zbieżne w ocenie kierunku odwadniania zachodniej części Kotliny Orawskiej w neogenie (w stronę W). Za miejsce, do którego dopływały od górnego miocenu wody rzeczne z zachodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej wskazywano dolinę Orawy, jednak bez wymieniaania granicznej formy terenu, jakim jest przełom Ustianskie gardło (Klimaszewski 1972, Ziemońska 1973, Watyha 1976, 1977, Baumgart-Kotarba 1988, 1989, 1991, 1991–1992, 1996, 2001, Pomianowski 1995, 2003, Jurewicz 2005, Struska 2008, 2009). W analizie tego zjawiska nie była uwzględniana druga – także stabilna ale o marginalnym znaczeniu – droga



Ryc. 10. Obszar objęty i zagrożony kaptażem w zlewni górnej Polhoranki. A – lokalizacja obszaru w zlewni Kotliny Orawsko-Nowotarskiej; B – lokalizacja miejsc, gdzie kaptaż się dokonał i gdzie prawdopodobnie nastąpi. a – Europejski Dział Wodny; b – inny odcinek działu wodnego zlewni kotliny; c – przypuszczalny przebieg Europejskiego Działu Wodnego przed kaptażem źródłowego odcinka dopływu Polhoranki; d – przebieg Europejskiego Działu Wodnego po zajęciu kaptażu górnego odcinka Polhoranki (dwa warianty sytuacji); e – obszar utracony przez zlewnię kotliny; f – obszar, który zlewnia kotliny utraci po kolejnym zajęciu kaptażu; g – miejsce dawnego kaptażu; h – miejsce przyszłego kaptażu; i – ciek; j – głęboka przełęcz w głównym grzbiecie Beskidu Żywieckiego; k – sąsiednia najwyższa kulminacja

Fig. 10. The area included in and being at risk of river piracy in the catchment of the upper Polhoranka river. A – location of the area in catchment of the Orawa-Nowy Targ Basin; B – location of sites where river piracy has occurred and where it possibly will occur. a – European Watershed; b – other section of watershed of basin catchment; c – presumable course of European Watershed before river piracy of the spring section of the Polhoranka tributary; d – presumable course of European Watershed after river piracy of the upper section of the Polhoranka river (two variants); e – the area lost by basin catchment; f – the area which will be lost by basin catchment after next river piracy event; g – the site of former river piracy; h – the site of future river piracy; i – watercourse; j – deep pass in the main ridge of Beskid Żywiecki Mts.; k – the neighbouring highest culmination

odpływu, którą jest dolina dolnej Oravicy. Rzeka ta łączy się z Orawą 8 km poniżej Ustianskiego gardła. W przeciwieństwie do tych stabilnych dróg odpływu z zachodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej, czas uruchomienia drenażu wód powierzchniowych we wschodniej części kotliny – w kierunku wschodnim – jest różnie oceniany i miał przypadać na przełom miocenu i pliocenu (Birkenmajer 1979) lub na dolny pliocen (doliną Krošnicy, Zuchiewicz 1980, 1982), a także na środkowy pliocen (przełomy Dunajca w Pieninach, Zuchiewicz 1982). Aktualny zasięg obszaru drenowanego w kierunku wschodnim w Kotlinie Nowotarskiej i we wschodniej części Kotliny Orawskiej uformował się dopiero około 10 tys. lat temu (Baumgart-Kotarba 1991–1992). Na drenaż wód powierzchniowych w Obniżeniu Bielej Oravy-Hruštinki w neogenie i czwartorzędzie w kierunku wschodnim do przełomu Ustianskie gardło uwagę zwrócono tylko w ramach poglądu A. Z kolei częściowy odpływ wód w neogenie ze zlewni Kotliny Orawsko-Nowotarskiej w kierunku północnym do rzeki Raby, a także do obszaru położonego poza pasmem Pienin (pogląd C), miał wymiar międzyzlewniowy i w przeciwieństwie do poglądów A i B miał zachodzić w ograniczonej skali pod względem terytorialnym i czasowym (Pawłowski 1928, Szafarski 1931, Gadomski 1934, Klimaszewski 1934). Do poglądu C nawiązują uwagi wskazujące na trwałą utratę peryferyjnych niewielkich fragmentów zlewni Kotliny Orawsko-Nowotarskiej, co nastąpiło (i będzie następować) w wyniku kaptazu do sąsiedniej zlewni Soły (Łajczak 2011).

Zmiany w ukierunkowaniu drenażu wód powierzchniowych w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej, które objęły tylko wschodnią część tego obszaru, tzn. Kotlinę Nowotarską i wschodnią część Kotliny Orawskiej, rozpoczęły się na przełomie neogenu i czwartorzędu, przy czym przebieg niektórych rzek uległ zmianie jeszcze na przełomie plejstocenu i holocenu. Ukierunkowanie drenażu wód powierzchniowych w tej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej ulegało zmianom pod wpływem zróżnicowanych przestrzennie ruchów tektonicznych (ruchy podnoszące lub obniżające) i zróżnicowanej odporności podłoża skalnego na denudację (flisz podhalański, utwory skalne budujące Pieniński Pas Skałkowy) (Birkenmajer 1978, 1979, Zuchiewicz 1980, 2010, Baumgart-Kotarba 1988, 1989, 1991, 1991–1992, 2001, Klimaszewski 1988). Według opinii niektórych autorów (Kowalski, Liszkowski 1972) ruchy podnoszące Pieniny osiągnęły w pliocenie i czwartorzędzie kilkaset metrów, a po zlodowaceniu sanu I wielkość tą oszacowano na 50–85 m (Zuchiewicz 1980). Ukierunkowanie drenażu wód powierzchniowych w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej było także zależne od rozwoju rozległych stożków glacyfluwialnych blokujących starsze kierunki odpływu wód lub otwierających nowe kierunki

(Łajczak i in. 2024). Ostatni czynnik może pośrednio wskazywać na rolę zmian klimatu w drenażu wód powierzchniowych w kotlinie.

Najbardziej znaczące w zmianach drenażu wód powierzchniowych w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej w czwartorzędzie było przesunięcie w kierunku zachodnim Europejskiego Działu Wodnego ze skrajnie wschodniej pozycji do aktualnego jego przebiegu – pogląd A (ryc. 7A1, A2). Według poglądu B przesunięcie tego działu wodnego w kierunku zachodnim było już mniejsze. Przyczyną tego zjawiska było tektoniczne podnoszenie południowej części Kotliny Orawskiej i obniżanie jej północnej i wschodniej części, a także obniżanie Kotliny Nowotarskiej (Birkenmajer 1979, Zuchiewicz 1980, 2010, Klimaszewski 1988, Baumgart-Kotarba 1991, 1991–1992, 2001). Spowodowało to skierowanie odpływu ze wschodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej w stronę Pienin. Dalszy drenaż wód powierzchniowych tej części kotliny w kierunku wschodnim został umożliwiony w wyniku utworzenia dwóch przełomów Dunajca w Pieninach, których wiek jest różnie oceniany przez autorów (Birkenmajer 1979, Zuchiewicz 1980, 1982, 2010, Klimaszewski 1988, Margielewski, Jankowski 2024, Jankowski, Margielewski 2024).

Istotną rolę w zmianach drenażu wód powierzchniowych w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej w czwartorzędzie odgrywało formowanie stożka glacyfluwialnego Czarnego Dunajca, którego rozwój można skorelować z zasięgiem zlodowaceń w Tatrach (Lindner i in. 2003). Ta forma terenu zajmuje większość obszaru Kotliny Orawskiej (Łajczak i in. 2024). Strefa osiowa stożka glacyfluwialnego Czarnego Dunajca o przebiegu N–S (w poprzek Kotliny Orawskiej) wznosi się wyżej niż stożki glacyfluwialne Białego Dunajca i Białki. Narastanie tak rozległej wypukłej formy spowodowało skierowanie na wschód Czarnego Dunajca, na co także wpływ wywarły zróżnicowane w tej części Kotliny Orawskiej ruchy tektoniczne podłoża. W holocenie, pomimo wcześniejszego przesunięcia w kierunku zachodnim Europejskiego Działu Wodnego, duży obszar stożka glacyfluwialnego Czarnego Dunajca jest nadal drenowany w kierunku zachodnim (ryc. 5I, ryc. 7C).

Łączne oddziaływanie wymienionych czynników spowodowało od początku czwartorzędu drenaż wód powierzchniowych we wschodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej w kierunku E (pogląd A), a według poglądu B rozszerzenie w kierunku zachodnim obszaru z takim ukierunkowaniem drenażu. Część Kotliny Orawsko-Nowotarskiej leżącą po zachodniej stronie osi stożka glacyfluwialnego Czarnego Dunajca, przez który od początku holocenu prowadzi Europejski Dział Wodny, uważa się (poglądy A i B) za obszar o stabilnym drenażu wód powierzchniowych, od górnego miocenu skierowanym w stronę W do przełomu Ustianskie gardło. Taki stabilny

kierunek drenażu zachodzi także doliną Oravicy. Także zachodni element Kotliny Orawsko-Nowotarskiej, czyli wąską strefę Obniżenia Bielej Oravy-Hruštinki, biorąc pod uwagę ukształtowanie jej otoczenia, należy uznać za obszar o stabilnym drenażu wód powierzchniowych skierowanym jednak w kierunku wschodnim. Inne zmiany kierunków drenażu w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej omówione w ramach poglądu C, niezależnie od czasu zaistnienia, miały charakter przejściowy i należy je uznać za drugorzędne w rozpatrywanej skali zjawiska.

Następujące w czwartorzędzie w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i jej zlewni przesuwanie przebiegu Europejskiego Działu Wodnego w kierunku zachodnim do linii wyznaczonej przez oś największego stożka glacyfluwialnego Czarnego Dunajca, nie znajduje odpowiednika w postaci analogicznej sytuacji po południowej stronie Tatr – Podtatranská kotlina (Vitovič i in. 2022). W tym obszarze na pograniczu plejstocenu i holocenu Potok Mlynica został włączony do zlewni górnego Popradu, czego skutkiem było przesunięcie Europejskiego Działu Wodnego w kierunku zachodnim kosztem zlewni rzeki Biely Váh (Lukniš 1973). Gross i in. (1990) wskazują na odsunięcie w środkowym plejstocenie górnego Popradu z obniżenia Rakovec dalej na wschód. Wtedy na skutek aktywności uskoku Vikartovce nastąpiło obniżenie struktury geologicznej Popradu, co spowodowało przesunięcie rzeki Poprad w kierunku NE (Gross i in. 1999). Skalę wskazanych zmian biegu górnego Popradu i Mlynicy, a także przebiegu Europejskiego Działu Wodnego w obrębie Podtatranskiej kotliny (Podtatranská kotlina) należy uznać za znacznie mniejszą od omówionych zmian drenażu wód powierzchniowych Kotliny Orawsko-Nowotarskiej.

Podsumowanie

Skala rozbieżności w ramach koncepcji A, B i C dotyczących kierunków drenażu wód powierzchniowych we wschodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej w neogenie, jest duża. Przyjmując opinie cytowanych autorów, wody z tego obszaru miały odpływać:

- a) tylko w kierunku zachodnim i dalej w tym kierunku w Kotlinie Orawskiej do przełomu Ustianskie gardło (marginalne znaczenie miał odpływ wód równoległą trasą przez dolny odcinek doliny Oravicy);
- b) w kierunku SE do górnego Popradu. Przepływ wód pra-Dunajca przez otoczenie Pienin miał odbywać się, uwzględniając obecną topografię terenu, do doliny Krošnicy po północnej stronie masywu Trzech Koron i dalej doliną Grajcarka lub doliną Lipnika po południowej stronie Pienin;

- c) dodatkowo na niewielką skalę w kierunku północnym do źródłowego odcinka Raby. Po uformowaniu przełomów Dunajca w Pieninach, zgodnie z poglądami A i B, wschodnia część Kotliny Orawsko-Nowotarskiej jest od początku czwartorzędu drenowana w kierunku wschodnim.

W przeciwieństwie do wschodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej, kierunek drenażu wód powierzchniowych w zachodniej części największego elementu kotliny (czyli Kotliny Orawskiej) jest od początku neogenu, zgodnie przez cytowanych autorów, oceniany jako zachodni w stronę przełomu Ustianskie gardło i dalej do przełomowej doliny rzeki Orawy (z równoległą o marginalnym znaczeniu trasą wzdłuż doliny dolnej Oravicy). Kierunek drenażu w stronę przełomu Ustianskie gardło powinien być także uwzględniony w przypadku Obniżenia Bielej Oravy-Hruštinki od początku formowania tego obszaru. Stabilne od początku neogenu ukierunkowanie drenażu wód powierzchniowych w zachodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej można tłumaczyć wysoko wzniesionymi pasmami górskimi wokół tego obszaru, gdzie w przeciwieństwie do wschodniej części kotliny brakuje wydatnych obniżen w sąsiadującym terenie. Taka topografia terenu uniemożliwiła dodatkowy odpływ wód poza zlewnię zachodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej.

W ocenie drenażu wód powierzchniowych w zachodniej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej wskazuje się, że od początku neogenu odpływ zachodził w kierunku zachodnim i wody rzeczne opuszczały teren kotliny w miejscu formowanego przełomu Ustianskie gardło. W tej sytuacji nie uwzględniano drugiej, o niewielkim znaczeniu drogi odpływu z tego elementu kotliny, jaką jest dolina dolnej Oravicy. Ukształtowanie tej doliny, poniżej wylotu z Kotliny Orawskiej w formie przełomu, wskazuje na podobnie długo trwający tą drogą drenaż kotliny.

Omówione poglądy (A, B, C) dotyczące ukierunkowania drenażu wód powierzchniowych i jego zmian w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i jej zlewni, odnoszące się odpowiednio do: neogenu i czwartorzędu, neogenu wraz z przełomem neogen-czwartorzęd, tylko neogenu, należy uznać za równorzędne. Pod względem liczby cytowań przez innych autorów przeważają opinie w ramach poglądu A.

Podziękowanie

Autorzy dziękują recenzentom za uwagi, które zostały uwzględnione w końcowej wersji artykułu.

Wkład autorów

Adam Łajczak – koncepcja artykułu, przegląd literatury, gromadzenie informacji, redakcja tekstu publi-

kacji, zarządzanie procesem publikacji; Marek Cieszkowski – koncepcja artykułu, przegląd literatury, gromadzenie informacji; Roksana Zarychta – przegląd literatury, gromadzenie informacji, opracowanie graficzne.

Literatura

- Balon J., Jodłowski M., 2014. Regionalizacja fizyczno-geograficzna Karpat Zachodnich – studium metodologiczne. W: W.Ziaja (red.), *Struktura środowiska przyrodniczego a fizjonomia krajozbrazu*. Wyd. Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków: 85–105.
- Baumgart-Kotarba M., 1983. Kształtowanie koryt i teras rzecznych w warunkach zróżnicowanych ruchów tektonicznych (na przykładzie wschodniego Podhala). *Prace Geograficzne Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN* 145: 1–133.
- Baumgart-Kotarba M., 1988. Fluvial activity in the Orava Basin in Late Glacial and Holocene time. W: L.Starkel, J.Rutkowski, M.Ralska-Jasiewiczowa (red.), *Late Glacial and Holocene environmental changes. Excursion guide book, Symp. "Vistula Basin 1988"*, Kraków, June 15–21, 1988. Wyd. AGH, Kraków: 83–86.
- Baumgart-Kotarba M., 1989. Próba rekonstrukcji rozwoju stożka aluwialnego Czarnego Dunajca w okresie późnego glacjału i holocenu. *Spraw. Pos. Kom. Nauk. PAN Oddz. Krak.* 31(2): 115116.
- Baumgart-Kotarba M., 1991. Rozwój stożka aluwialnego Czarnego Dunajca w warunkach zróżnicowanych ruchów tektonicznych. *Spraw. Pos. Kom. Nauk. PAN Oddz. Krak.* 33(1): 183185.
- Baumgart-Kotarba M., 1991–1992. Rozwój geomorfologiczny Kotliny Orawskiej w warunkach ruchów neotektonicznych. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* 25–26: 3–26.
- Baumgart-Kotarba M., 1996. On origin and age of the Orava Basin, West Carpathians. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* 30: 101–116.
- Baumgart-Kotarba M., 2000. Tectonique quaternaire de la dépression d'Orava (Carpathes occidentales). *Géomorphologie: relief, processus, environnement* 1: 61–68. DOI: [10.3406/morfo.2000.1043](https://doi.org/10.3406/morfo.2000.1043).
- Baumgart-Kotarba M., 2001. Continuous tectonic evolution of the Orava Basin (Northern Carpathians) from Late Badenian to the present-day? *Geologia Carpathica* 52(2): 103–110.
- Baumgart-Kotarba M., Dec J., Ślusarczyk R., 2001. Quaternary tectonic grabens of Wróblówka and Pieniążkowiec and their relation to Neogene strata of the Orava Basin and Pliocene sediments of the Domański Wierch Series in Podhale, Polish West Carpathians. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* 35: 101–119.
- Birkenmajer K., 1978. Neogene to Early Pleistocene subsidence close to the Pieniny Klippen Belt, Polish Carpathians. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* 12: 17–28.
- Birkenmajer K., 1979. Przewodnik geologiczny po pienińskim pasie skałkowym. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Birkenmajer K., 1986a. Zarys ewolucji geologicznej pienińskiego pasa skałkowego. *Przegląd Geologiczny* 6: 293–303.
- Birkenmajer K., 1986b. Stages of structural evolution of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians. *Studia Geologica Polonica* 88: 7–32.
- Birkenmajer K., 2006. Przełom Dunajca w Pieninach – fenomen geologiczny. *Pieniny – Przyroda i człowiek* 9: 9–22.
- Cieszkowski M., 1992. Marine Miocene deposits near Nowy Targ, Magura Nappe, Flysch Carpathians (South Poland). *Geologia Carpathica* 43: 339–346.
- Cieszkowski M., 1995. Utwory morskiego miocenu w rejonie Nowego Targu i ich znaczenie dla określenia czasu powstania śródgórskiego zapadliska Kotliny Orawsko-Nowotarskiej. *Geologia* 21(2): 153–168.
- Cieszkowski M., Olszewska B., Smagowicz M., 1993. Utwory morskiego miocenu w okolicy Nowego Targu. *Spraw. Pos. Kom. Nauk. Pan. Oddz. Kraków*, 39(1–2): 245–249.
- Cieszkowski M., Uchman A., Chowaniec J., 2009a. Litostratygrafia sukcesji osadowej niecki podhalańskiej. W: A. Uchman, J. Chowaniec (red.) *Budowa geologiczna Tatr i Podhala ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk geotermalnych na Podhalu*. Mat. Konf. LXXXIX Zjazdu Nauk. Pol. Tow. Geol., Bukowina Tatrzańska, 27–30 września 2009 r., PIG – PIB, Warszawa: 29–40.
- Cieszkowski M., Zuchiewicz W., Struska M., 2009b. Stop 4. Chochołów – neogeńskie osady lądowe Kotliny Orawsko-Nowotarskiej. Część 2. Elementy geologii kotliny Orawsko-Nowotarskiej. W: D.Klimkiewicz, M.Ludwiniak, L.Mastella, M.Cieszkowski, W.Zuchiewicz, M.Struska, A.K.Tokarski, Sesja terenowa A7. *Tektonika fliszu podhalańskiego i Kotliny Orawsko-Nowotarskiej*. W: A.Uchman, J.Chowaniec (red.), *Budowa geologiczna Tatr i Podhala ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk geotermalnych na Podhalu*. Materiały Konferencyjne LXXXIX Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Bukowina Tatrzańska, 27–30 września 2009 r., PIG – PIB, Warszawa: 149–151.
- Foetterle F., 1851. Braunkohlenablagerung in dem Arvaer Comitete. *Jb. Geol. Reichsanst. Jg. 2.4*: 160–161.
- Gadomski A., 1934. Z fizjografii dorzecza Popradu. *Wiadomości Służby Geograficznej* 8(1): 1–30.
- Geomorfologické členenie SSR, 1986. Mapa: 500 000, Bratislava.
- Gilewska S., 1991. Rzeźba. W: L. Starkel (red.) *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*. Wyd. PWN, Warszawa: 248–296.
- Gotkiewicz M., 1931. Predyluwialny poziom skoruszyński na Orawie. *Przegląd Geograficzny* 11: 153–164.
- Gross P., Biely A., Halouzka R. et al., 1990. Vysvetlivky ku geologickej mape 1:25 000, list 27–333 Poprad-3. Manuscript. Archiv GS SR, Bratislava.
- Gross P., 1999. Charakteristika tektonických pomerov a tektonický vývoj územia. In: P.Gross et al. (eds), *Vysvetlivky ku geologickej mape Popradskej kotliny, Hornádskej kotliny, Levočských vrchov, Spišsko-Šarišského medzihoria, Bachume a Šarišskej vrchoviny*. GÚDŠ, Bratislava: 142–157.
- Haczewski G., Kukulak J., 2021. Possible role of stream piracy in evolution of drainage network in Pasma Połonin: the Roztoki Stream valley (Bieszczady Wysokie, Polish Carpathians). *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* 55: 89–97.
- Halicki B., 1930. Dyluwialne zlodowacenie północnych stoków Tatr. *Sprawozdanie Państwowego Instytutu Geologicznego* 5(3–4): 377–534.
- Jahn A., 1980. Główne cechy i wiek rzeźby Sudetów. *Czasopismo Geograficzne* 51: 129–154.
- Jankowski L., Margielewski W., 2024. Stop 3. Szczawnica. Przełom Dunajca przez Pieniny w świetle nowych koncepcji. W: W.Margielewski, L.Jankowski (red.), *I Kongres Polskiej Unii Czwartorzędu POLQUA 2024. Czwartorzęd Karpat Zachodnich: od morfogenezy po zapis w osadach*. Kraków, 2–6 września 2024. *Przewodnik wycieczek terenowych*: 18–24. DOI: [10.35535/978-83-62975-49-5](https://doi.org/10.35535/978-83-62975-49-5).
- Jaranoff D., 1935. Das Becken von Nowy Targ als Beispiel eines intramontanen Beckens. *Przegląd Geograficzny* 14(3–4): 153–159.
- Jurewicz E., 2005. Geodynamic evolution of the Tatra Mts. and the Pieniny Klippen Belt (Western Carpathians): problems and comments. *Acta Geologica Polonica* 55: 295–338.
- Klimaszewski M., 1934. Z morfogenezy Polskich Karpat Zachodnich. *Wiadomości Geograficzne* 12: 5–9.
- Klimaszewski M., 1937. Morfologia i dyluwium doliny Dunajca od Pienin po ujście. *Prace Instytutu Geografii UJ* 18: 1–54.
- Klimaszewski M., 1961. Guidebook of Excursion „From the Baltic to the Tatras”, pt. III South Poland. VI INQUA Congress, Poland 1961. PWN, Łódź: 1–218.
- Klimaszewski M., 1972. Podział geomorfologiczny Polski Południowej. *Karpaty wewnętrzne*. W: M.Klimaszewski (red.), *Geomorfologia Polski, t. I. Polska Południowa – góry i wyżyny*. Wyd. PWN, Warszawa: 5–17.

- Klimaszewski M., 1988. Rzeźba Tatr polskich. Wyd. PWN, Warszawa.
- Kondracki J., 1989. Karpaty. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- Kondracki J., 1994. Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno-geograficzne. Wyd. PWN, Warszawa.
- Kondracki J., 1998. Geografia regionalna Polski. Wyd. PWN, Warszawa.
- Kondracki J., 2000. Geografia regionalna Polski. Wyd. 2, PWN, Warszawa.
- Kowalski W.C., Liszkowski J., 1972. Współczesne pionowe ruchy skorupy ziemskiej w Polsce na tle jej budowy geologicznej. Biuletyn Geologiczny Uniwersytetu Warszawskiego 14: 5–19.
- Książkiewicz M., 1977. The tectonics of the Carpathians. In: W. Pożaryski (Ed.), *Geology of Poland*, vol. 4, Tectonics. Publ. House „Wydawnictwo Geologiczne”, Warszawa: 476–618.
- Lehotský M., Boltižiar M. (eds), 2022. *Landscapes and Landforms of Slovakia*. Springer. DOI: [10.1007/978-3-030-89293-7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-89293-7).
- Lexa J., Bezák V., Elečko M., Mello J., Polák M., Potfaj M., Vozár J., Schnabel G.W., Pálenský P., Császár G., Ryško W., Mackiv B. (eds), 2000. *Geological map of Western Carpathians and adjacent areas*. 1:500 000. Publ. of Ministry of the Environment of Slovak Republic and Geological Survey of Slovak Republik.
- Limanowski M., 1904. Wycieczka w Tatry i Pieniny. Pamiętnik Towarzystwa Tatrzańskiego, Warszawa: 131–183.
- Lindner L., Dzierżek J., Marciniak B., Nitychoruk J., 2003. Outline of Quaternary glaciations in the Tatra Mts.: their development, age and limits. *Geological Quarterly* 47: 269–280.
- Lukniš M., 1973. Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia. Vydateľstvo SAV, Bratislava.
- Łajczak A., 2007. *Natura 2000 in Poland. Area PLF 120016 – The Orawsko-Podhalańskie Peatlands*. Wyd. Instytutu Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków, Ser. Monografie.
- Łajczak A., 2009. Warunki rozwoju i rozmieszczenie torfowisk w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej. *Przegląd Geologiczny* 57(8): 694–702.
- Łajczak A., 2011. Masyw Piłska w Beskidzie Żywieckim. Przyroda i człowiek. Wyd. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków.
- Łajczak A., 2013. Zmniejszenie zasięgu złóż torfu i ich retencji wodnej w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i w Bieszczadach w wyniku działalności człowieka. *Przegląd Geologiczny* 9: 532–540.
- Łajczak A., 2017. Surface water storage in the Orava – Nowy Targ Basin, Western Carpathians. *Geographia Polonica* 90(4): 383–399. DOI: [10.7163/GPol.0113](https://doi.org/10.7163/GPol.0113).
- Łajczak A., Wałek G., Zarychta R., 2024. Relief of the Orawa-Nowy Targ Basin. *Geographia Polonica* (oddano do redakcji).
- Makowska A., 2003. Dynamika Tatr wyznaczana metodami geodezyjnymi. Instytut Geodezji i Kartografii, Ser. Monografie 6, Warszawa.
- Margielewski W., Jankowski L., 2024. Dunajec River Gorge Through the Pieniny Mountains. In: P.Migoń, K.Janczewicz (eds), *Landscapes and Landforms of Poland*. Springer: 315–324. DOI: [10.1007/978-3-031-45762-3_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-45762-3_17).
- Marks L., Dzierżek J., Janiszewski R., Kaczorowski J., Lindner L., Majecka A., Makos M., Szymanek M., Tołłoczko-Pasek A., Woronko B., 2016. Quaternary stratigraphy and palaeogeography of Poland. *Acta Geologica Polonica* 66(3): 403–427. DOI: [10.1515/aggp-2016-0018](https://doi.org/10.1515/aggp-2016-0018).
- Niedzielski H., 1971. Tektoniczne pochodzenie wschodniej części Kotliny Nowotarskiej. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 41: 397–408.
- Pawłowski S., 1928. O zubożonych żwirach tatrzańskich i skalicych na przełęczy Przystop i Pieniążkowieckiej. Sprawozdanie Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk 2.
- Pomianowski P., 1995. Budowa depresji orawskiej w świetle analizy wybranych materiałów geofizycznych. *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 64: 67–80.
- Pomianowski P., 2003. Tektonika Kotliny Orawski-Nowotarskiej – wyniki kompleksowej analizy danych grawimetrycznych i geoelektrycznych. *Przegląd Geologiczny* 51(6): 498–506.
- Romer E., 1905. *Ziemia. Geografia fizyczna ziem polskich*. Lwów.
- Sawicki L., 1909. *Z fizjografii Zachodnich Karpat*. Archiwum Naukowe, Lwów.
- Smoleński J., 1920. O „zubożonych” żwirach tatrzańskich w północnej części karpackiego dorzecza Dunajca. Sprawozdanie Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa.
- Starkel L., 1972. *Karpaty Zewnętrzne*. W: M.Klimaszewski (red.), *Geomorfologia Polski*, t. I Polska Południowa – góry i wyżyny. PWN, Warszawa: 52–115.
- Starkel L. (red.), 1980. *Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Polski*, skala 1:500000, arkusz Kraków. Wyd. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.
- Struska M., 2008. Neogeńsko-czwartorzędowy rozwój struktury Kotliny Orawskiej w świetle badań geologicznych, geomorfologicznych oraz teledetekcyjnych. MS, Katedra Geologii Ogólnej, Ochrony Środowiska i Geoturystyki, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków.
- Struska M., 2009. Budowa tektoniczna Kotliny Orawskiej. W: A.Uchman, J.Chowaniec (red.), *Budowa geologiczna Tatr i Podhala ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk geotermalnych na Podhalu*, 27–30 września 2009 r. Polskie Towarzystwo Geologiczne, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa: 76–80.
- Szafer W., 1954. Pliocena flora okolic Czorsztyna i jej stosunek do plejstocenu. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego* 11.
- Szafer W., 1958. *Szata roślinna Polski*. T. II, Warszawa.
- Szaflarski J., 1931. Z morfologii doliny Skawy i Górnej Raby. *Wiadomości Służby Geograficznej* 2: 104–159.
- Tokarski A.K., Zuchiewicz W., 1998. Popękane klasty w stożku Domańskiego Wierchu: Przyczynki do rekonstrukcji ewolucji pola naprężeń w rejonie Kotliny Orawskiej (Karpaty) podczas neogenu i czwartorzędu. *Przegląd Geologiczny* 46(1): 62–66.
- Vitovič L., Minár J., Bella P., Littva J., 2022. Polygenetic Relief in the Foreland of Glacially Sculptured Mountains – Podtatranská kotlina Basin, In: M.Lehotský, M.Boltižiar (eds), *Landscapes and Landforms in Slovakia*. Springer: 163–188. DOI: [10.1007/978-3-030-89293-7_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-89293-7_9).
- Walczak W., 1972. Sudety i Przedgórze Sudeckie. W: M. Klimaszewski (red.), *Geomorfologia Polski*, t. 1 Polska Południowa. Góry i wyżyny. PWN, Warszawa: 167–231.
- Watycha L., 1973. Utwory czwartorzędowe w otworze wiertniczym Wróblówka na Podhalu. *Kwartalnik Geologiczny* 17: 335–347.
- Watycha L., 1976. Neogen niecki orawsko-nowotarskiej. *Kwartalnik Geologiczny* 20(3): 575–587.
- Watycha L., 1977. Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1: 50 000. Arkusz Czarny Dunajec (1048). Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Zawiejska J., Wyzga B., 2010. Twentieth-century channel change on the Dunajec river, southern Poland: patterns, causes and controls. *Geomorphology* 117: 234–246. DOI: [10.1016/j.geomorph.2009.01.014](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.01.014).
- Ziemońska Z., 1973. Stosunki wodne w polskich Karpatach Zachodnich. *Prace Geograficzne IG PAN* 103: 1–127.
- Zuchiewicz W., 1978. Quaternary tectonics and the relief of the Dunajec River gorge in the Beskid Sądecki Mts. (Polish Western Carpathians). *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 48(3–4): 517–531.
- Zuchiewicz W., 1980. Młode ruchy tektoniczne a morfologia Pienin. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 50(2): 263–300.
- Zuchiewicz W., 1982. Geneza przełomu Dunajca przez Pieniny. *Wschód* 83(10–11): 169–173. DOI: [10.1007/BF00154886](https://doi.org/10.1007/BF00154886).
- Zuchiewicz W., 1983. Quaternary evolution of valleys in the Dunajec drainage basin (Polish Western Carpathians). *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* 16: 27–49.
- Zuchiewicz W., 1987. Ewolucja i strukturalne założenia sieci rzecznej Karpat w późnym neogenu i wczesnym czwartorzędzie. W: A. Jahn, S. Dyjor (red.), *Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce*. Ossolineum, Wrocław: 211–225.
- Zuchiewicz W., 2010. *Neotektonika Karpat polskich i zapadliska przedkarpackiego*. Wyd. AGH, Kraków.