

A R T Y K U Ł Y

(ARTICLES)

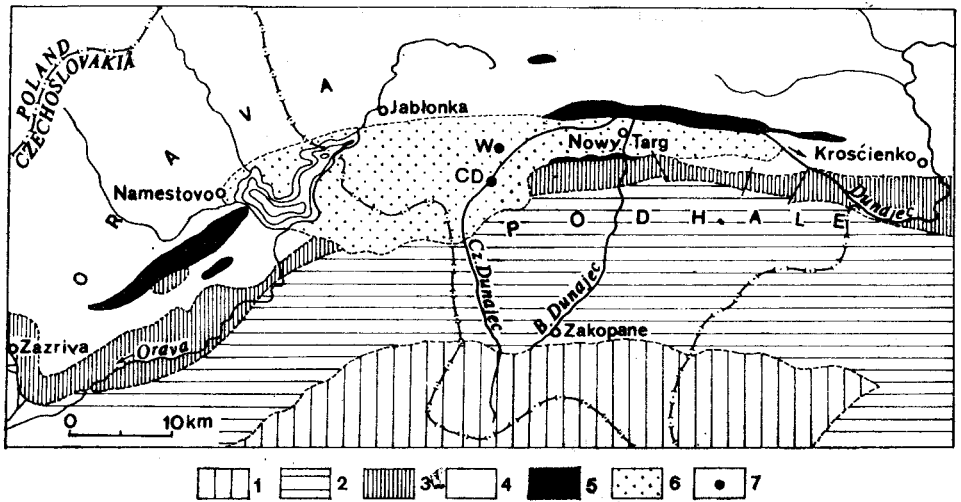
MARIA BAUMGART-KOTARBA (KRAKÓW)

ROZWÓJ GEOMORFOLOGICZNY KOTLINY ORAWSKIEJ W WARUNKACH RUCHÓW NEOTEKTONICZNYCH

WPROWADZENIE

Kotlina Orawska stanowi obniżenie śródgórskie między Beskidem Wysokim, należącym do Fliszowych Karpat Zewnętrznych, a Podhalem zbudowanym z fliszu wewnętrznego synkliny Podhala oraz wapieni, margli i łupków Pasa Skalicowego. Pas Skalicowy jest lepiej reprezentowany we wschodniej części (Maruszyna) niż w zachodniej, gdzie został zagrzebany przez utwory neogeńskie w strefie Domańskiego Wierchu i Koniówki (Ryc. 1). Dalej ku południowemu zachodowi pojawia się ponownie dopiero w dolnym biegu Orawicy przed jej ujściem do Orawy. Obramowanie północne Kotliny tworzą stoki Działów Orawskich kulminujących w wysokości 913 m n.p.m., a południowe stoki rozczłonkowanych grzbietów należących do Pasma Gubałowskiego (1198 m n.p.m.), Magury Witowskiej (1235 m n.p.m.) oraz Skoruszyny (1312 m n.p.m.) po wlot Orawy do przełomu (579 m n.p.m.). Przedłużenie Kotliny ku zachodowi stanowi ujściowy odcinek doliny Białej Orawy. Ku wschodowi Kotlina Orawska zwęża się koło Ludźmierza, gdzie łączy się z Kotliną Nowotarską.

Dno Kotliny Orawskiej ma kształt równoległoboku, którego boki równoleżnikowe o długości 20 km są podkreślone przebiegiem potoków i rzek wzdłuż podciętych stoków (Ryc. 2). Brzegowi północnemu towarzyszą potoki: Piekiełnik Orawski, Piekiełnik Pieniążkowicki i odcinek Czarnego Dunajca. Brzegowi południowemu Orawica i odcinek Jeleśniej Wody. Druga para bloków o długości 15 km ma kierunek SW—NE.

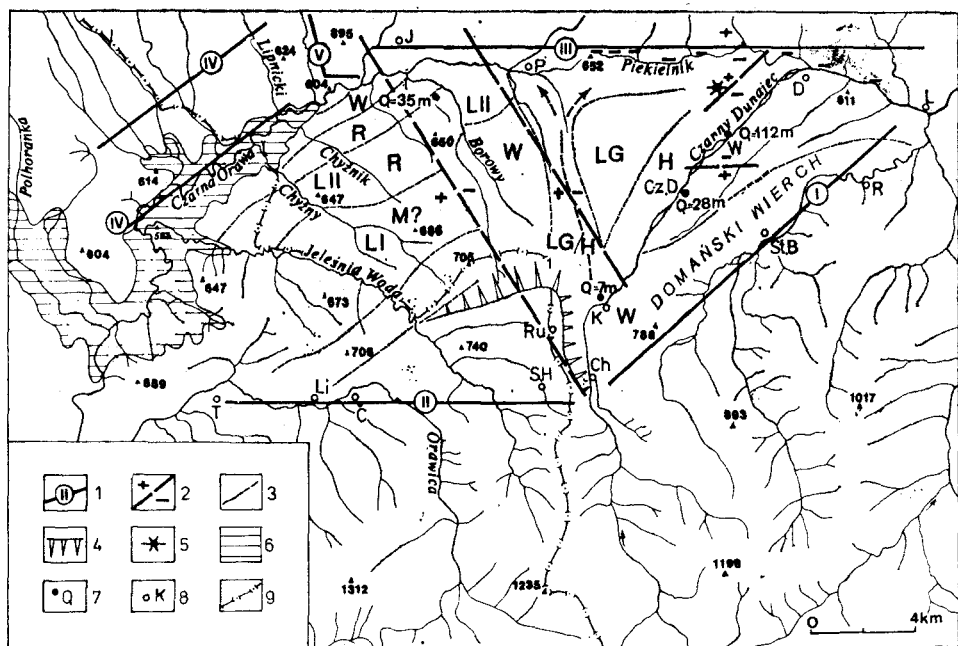


Ryc. 1. Lokalizacja Kotliny Orawskiej na tle głównych jednostek tektonicznych. Karpaty Wewnętrzne: 1 — krystalinikum i mezozoiczne skały osadowe Tatr, 2 — flisz Podhala, 3 — Pas Skalicowy, Karpaty Zewnętrzne: 4 — płaszczowina magurska, 5 — warstwy malcowskie (płaszczowina magurska), 6 — neogen i czwartorzęd Kotliny Orawskiej, 7 — wiercenia: CD — Czarny Dunajec, W — Wróblówka. Mapa według Cieszkowskiego i Olszewskiej (1986)

Fig. 1. Location of the Orawa Basin against the background of the major tectonic units. Inner Carpathians: 1 — crystallinicum and Mesozoic sedimentary rocks forming the Tatra Mts, 2 — Podhale flysch, 3 — Klippen Belt, Outer Carpathians: 4 — Magura nappe, 5 — Malcov strata (Magura nappe), 6 — Neogene and Quaternary fills of the Orawa Basin, 7 — drillings at: CD — Czarny Dunajec, W — Wróblówka. Map acc. to Cieszkowski and Olszewska (1986)

Od strony wschodniej taki kierunek ma garb Domański i dolina Cichy-Rogoźnik. Od strony zachodniej taki kierunek miała silnie meandrująca Orawa. Obecnie znajduje się tam jezioro zaporowe. W rysunku poziomowym Kotliny zaznacza się rozległy stożek z nasadą przy południowo-wschodnim wierzchołku równoległoboku, u wylotu Czarnego Dunajca z przełomu przez pasma fliszu podhalańskiego. W strefie nasady stożka rozcięte garby mają wysokość 800—750 m n.p.m., a współczesne koryto Czarnego Dunajca obniża się z 750 do 730 m n.p.m. W strefie dystalnej stożka koło Długopola koryto leży w wysokości 620 m, a przy ujściu z Kotliny koło Ludźmierza 595 m n.p.m. Zasięg stożka w części zachodniej wyznacza przebieg Czarnej Orawy w Kotlinie. Ujście potoku Chyżny do Czarnego Dunajca znajduje się w wysokości 595 m, a ujście Jeleśniej Wody 588 m n.p.m.

W rzeźbie stożka, oprócz rozciętej nasady, można wyróżnić część zachodnią starszą, rozciętą systemem dolin radialnych, i wschodnią młodszą, wykształconą w formie regularnego stożka o promieniu wachlarza



Ryc. 2. Rozmieszczenie głównych elementów rzeźby Kotliny Orawskiej na tle sieci rzecznej: 1 — granice kotliny dowiązujące do zasięgu utworów neogeńskich: I i II z fliszem Podhala, III, IV, V z fliszem magurskim, V zbcza Wirtelowskiej Góry i „zewnętrzna” granica zachodnia przypuszczalnie ograniczają tylko utwory sarmackie, 2 — przypuszczalne uskoki, 3 — zasięgi teras, 4 — zbcza erozyjne, 5 — pagórek fliszowy, 6 — sztuczne jezioro Orawskie, 7 — miąższość czwartorzęd w wierceniach, 8 — miejscowości: Ch — Chochołów, CzD — Czarny Dunajec, Ć — Čimhova, J — Jabłonka, K — Koniówka, L — Ludźmierz, Li — Liesek, SH — Sucha Hora, P — Piekiełnik, R — Rogoźnik, Ru — torfowisko Rudno, St. B — Stare Bystre, T — Trstena, W — Wróblówka, D — Długopole, 9 — granica państwa. Przypuszczalny wiek teras: L I — Mindel?, L II — Riss starszy, L III — Riss, W — Würm

Fig. 2. Distribution of the major relief elements within the Orawa Basin against the background of the river network: 1 — basin boundaries being controlled by the extent of Neogene sediments: I and II — with the Podhale flysch, III, IV, V — with the Magura flysch, 2 — assumed faults, 3 — extent of the river terraces, 4 — erosional slopes, 5 — flysch hill, 6 — Orawa reservoir, 7 — thickness of Quaternary deposits encountered in drillings, 8 — localities: Ch — Chochołów, CzD — Czarny Dunajec, Ć — Čimhova, J — Jabłonka, K — Koniówka, L — Ludźmierz, Li — Liesek, SH — Sucha Hora, P — Piekiełnik, R — Rogoźnik, Ru — Rudno mire, St. B — Stare Bystre, T — Trstena, W — Wróblówka, D — Długopole, 9 — state boundary. Assumed terrace ages: L I — Mindel?, L II — earlier Riss, L III — Riss, W — Würm

10–12 km i średnim spadku 10,5‰. Granica między starszą i młodszą częścią nie jest ostra. Młodsza wyróżnia się śladami koryt roztokowych a starszą okrywają pokrywy gliniaste. Cechą charakterystyczną stożka

jest występowanie torfowisk wysokich i rozległych powierzchni zatorfionych.

Obszar Kotliny Orawskiej był przedmiotem licznych badań geologicznych, geomorfologicznych i paleobotanicznych. Z nowszych badań geologicznych nad utworami neogeńskimi należy wymienić przede wszystkim prace W a t y c h y (1976a, 1977a, 1977b), autora map geologicznych 1 : 50 000 (arkusze Czarny Dunajec i Jabłonka), prace B i r k e n m a j e r a (1958, 1976, 1978) i U r b a n i a k (1960) oraz mapę jednostek geologicznych Podhala i obszarów przyległych (M a ł e c k a 1982). Z badań geomorfologicznych do najważniejszych należą badania R o m e r a (1929), H a l i c k i e g o (1930) i K l i m a s z e w s k i e g o (1950/51, 1988). Prace paleobotaniczne stały się podstawą stratygrafii utworów neogeńskich (O s z a s t 1973; O s z a s t, S t u c h l i k 1977), która różni się znacznie od stratygrafii opartej na ślimakach (W o ź n y 1976). Historię badań przedstawili szczegółowo W a t y c h a (1976a, 1977a, 1977b) i K l i m a s z e w s k i (1988).

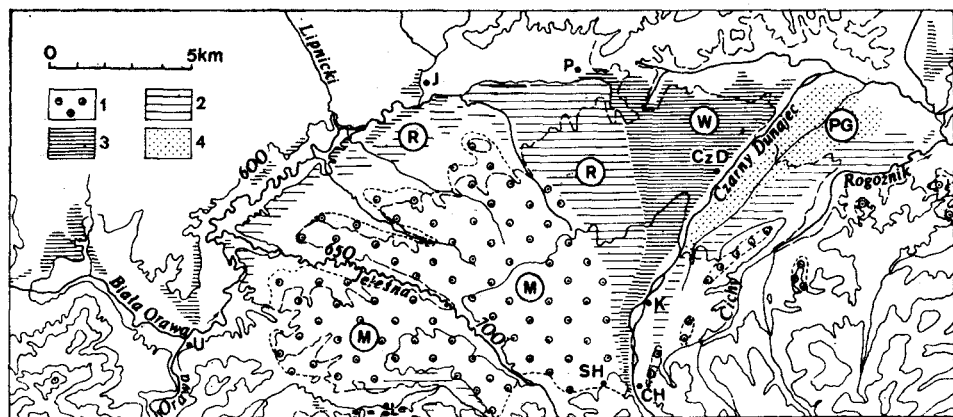
Badania nad stożkiem Czarnego Dunajca były prowadzone w ramach CPBP 03.13.01.2.

CEL I METODY

Celem artykułu jest rekonstrukcja zdarzeń, które doprowadziły do powstania obecnej rzeźby Kotliny Orawskiej. W jakim stopniu Kotlina jest formą tektoniczną, a w jakim erozyjną i jak powstał system stożków aluwialnych w warunkach odwodnienia Kotliny przez Czarny Dunajec zarówno ku zachodowi przez Orawę do Wagu, jak i ku wschodowi do Dunajca w Nowym Targu i do przełomu Pienińskiego. Przez Kotlinę przechodzi europejski dział wód, który obniża się na stożku Czarnego Dunajca do 655 m n.p.m.

Dla wyjaśnienia tych problemów prowadziłam badania terenowe, kartowanie geomorfologiczne, zmierzające do poznania budowy stożka Czarnego Dunajca, tzn. teras i poziomów, które występują w jego obrębie. Podstawę do odtworzenia koryt formujących najmłodszą część stożka stanowiła analiza zdjęć lotniczych. Załączona mapa geomorfologiczna jest rezultatem kartowania geomorfologicznego w skali 1 : 10 000 oraz fotointerpretacji zdjęć lotniczych w skali około 1 : 8000.

Różnorodność podejść metodycznych na przestrzeni prawie 100 lat doprowadziła do powstania różnych interpretacji rzeźby Kotliny, a głównie stożka Czarnego Dunajca. R o m e r prowadzący badania w Tatrach i na ich szerokim przedpoiu przed I wojną światową opublikował syntezę swych badań dopiero w 1929 roku. Przeciwwstawił wyższą część stożka części niższej. Część wyższą z pokrywą suchohorską wiązał z maksymalnym zasięgiem moren w okresie H + 1, a rozległą pozostałą po-



Ryc. 3. Stożek Czarnego Dunajca wg Halickiego (1930); 1 — pokrywa mindelska (M), 2 — pokrywa risska (R), 3 — pokrywa würmska (W), 4 — pokrywa starsza poglacialna (PG). CH — Chochołów, SH — Sucha Hora, CzD — Czarny Dunajec, K — Koniówka, L — Liesek, J — Jabłonka, U — Ustie, P — Piekelnik

Fig. 3. The Czarny Dunajec fan, according to Halicki (1930): 1 — Mindel sheet (M), 2 — Riss sheet (R), 3 — Würm sheet (W), older postglacial sheet (PG), localities: CH — Chochołów, SH — Sucha Hora, CzD — Czarny Dunajec, K — Koniówka, L — Liesek, J — Jabłonka, U — Ustie, P — Piekelnik

wierzchnię uważał za stożek fluwioglacjalny z okresów zlodowaceń H — 1 i H — 2. Nie wydzielał jednak odrębnych poziomów fluwioglacjalnych i przyjmował odwodnienie zarówno na zachód, jak i na wschód. Halicki (1930) interpretował jako jeden „poziom ze żwirami z I okresu lodowcowego” (mindel), zarówno rozciętą nasadę jak i całą zachodnią pobocznicę po potok Borowy (Ryc. 3). Dostrzegając zwiększony spadek między garbem Sucha Hora — Rudno i resztą stożka przyjmował pomindelskie wgłębienie niższej części stożka w stosunku do nasady. Poziomy risski i würmski według Halickiego znajdowały się między potokiem Borowym a korytem Czarnego Dunajca. Część położoną na wschód od współczesnego biegu Czarnego Dunajca zaliczył do starszych poglacialnych stożków napływowych. Podkreślał, że granice tych kolejno młodszych poziomów nie są wyraźne i za kryterium wyróżnienia przyjął litologię. Z okresem würmskim powiązał powierzchnie z grubymi otoczakami, a okryte glinami z okresem risskim. Watycha (1977a) uważał, że zachodnią część stożka okrywają osady czwartorzędowe wodno-lodowcowe ze zlodowacenia południowopolskiego leżące na nierównej powierzchni neogenu. Rozcięcie dolinami wiązał z ruchami podnoszącymi zachodnią część stożka w czwartorzędzie. Na mapie geologicznej arkusza Jabłonka w obrębie dolin rozcinających stożek wniósł osady teras środkowopolskich i teras wyższych, średnich i niższych ze zlodowacenia północnopolskiego. Te „terasy” w rozcięciach dolin są raczej załomami stokowymi. Natomiast odnośnie do wieku bardziej wschod-

6
nich części stożka Watycha przyjął, że poziomy risski i würmski Halickiego odpowiadają zlodowaceniowi północnopolskiemu, z tym, że pierwszy określił jako utwory wodno-lodowcowe, a drugi jako utwory rzeczne.

W artykule przyjęto schemat stratygraficzny alpejski jako sekwencję teras i stożków fluwioglacjalnych, które tworzyły się w kolejnych okresach zimnych warunkujących zlodowacenia w czwartorzędzie. Użyte datowanie TL z pokrywy glin okrywających duży fragment terasy 40—50 m w Chyżnym nie pozwala na jednoznaczne przypisanie wieku bezwzględnego wyróżnionym poziomom terasowym w Kotlinie Orawskiej. Wyniki datowań TL w Karpatach i na przedpolu Alp są rozbieżne. W dolinie Dunajca terasa zaliczana do zlodowacenia mindel przez Klimaszewskiego (1948, 1966, 1967) i wiązana z maksymalnym zlodowaceniem niżowym południowopolskim (krakowskim), obecnie nazywanym zlodowaceniem Sanu na podstawie datowań TL, odniesiona została do okresu 550—450 tys. lat BP (Starkel 1988). Zuchiewicz (1984, 1985) w dolinie Dunajca wyróżnił 8 teras czwartorzędowych o wysokości do 150 m, z których poziom mindel II powiązał z okresem zlodowacenia Sanu. Na przedpolu Alp, w klasycznym obszarze badań nad ilością zlodowaceń między rzekami Iller i Lech ustalono wiek moren i odpowiadających im poziomów fluwioglacjalnych ze zlodowaceń: würm, riss, mindel i haslach do 350 tys. lat BP (Habbe, Rögnér 1989). Wyniki te uzyskano dzięki datowaniom TL i wpasowaniu w krzywą izotopu tlenu. Badania paleomagnetyczne z wyższych poziomów fluwioglacjalnych wskazują, że zlodowacenia biber i donau były starsze od 700 tys. lat. Z tymi rezultatami można porównać tylko datowanie TL z aluwii terasy 60—70 m w Jurgowie — 363 ± 54 tys. lat BP — wykonane przez dra J. Butryma w Lublinie. Terasa ta stanowi prawdopodobnie niższy stopień terasy mindelskiej (Baumgart-Kotarba 1983).

ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Kotlina Orawska jest zapadliskiem tektonicznym, które tworzyło się od badenu poprzez sarmat, pannon i pont (Oszast, Stuchlik 1977; Birkenmajer 1978), co zostało stwierdzone na podstawie analiz paleobotanicznych z trzech głównych wierceń: Czarny Dunajec (głębokość wiercenia 950 m), Koniówka (450 m), Domański Wierch (228 m) na terenie Polski i jednego na Słowacji (670 m). Według Watychy (1976a, 1977a, 1977b), który stworzył stratygrafię opartą na faunie mięczaków według Woźnego (1976), osady te należą do górnego oligocenu i całego miocenu. Watycha przyjmował synklinalny cha-

rakter Kotliny Orawskiej, podkreślając występowanie osi niecki mioceńsko-plioceńskiej na południe od wsi Czarny Dunajec (profil geologiczny na ark. Czarny Dunajec, 1976b) i młodszej czwartorzędowej niecki z osią na północ od tej wsi (Watycha 1977b). Natomiast Książkiewicz (1972) na podstawie obserwacji własnych z obrzeży Kotliny przyjmował jej charakter zapadliskowy. Potwierdza to wiercenie hydrogeologiczne wykonane w Jabłonce w pobliżu stromego stoku fliszowego. Na głębokości 100 m nie przebiło nieprzepuszczalnych utworów neogeńskich (Chowaniec, Gierat-Nawrocka, Witek 1981). Dane z obrzeży, z Domańskiego Wierchu oraz z północnych brzegów Kotliny koło Lipnicy i Wróblówki wskazują na uskokowy, nieciągły styl zapadliska.

Zasięg zapadliska był większy w przeszłości, gdyż zarówno koło Lipnicy, jak i w Miętustwie osady neogeńskie znajdują się poza dnem Kotliny. Utwory neogeńskie sarmackie według Oszasta i Stuchlika (1977), a środkowo-mioceńskie według Watychy (1977a) budują niskie spłaszczone garby między potokami Lipnickim i Sylec tworząc wyraźną zatokę w stosunku do fliszowych wychodni Wirtelowskiego Wierchu (Ryc. 2). Osady te występują do wysokości 650—625 m n.p.m., podczas gdy w centrum Kotliny koło wsi Czarny Dunajec znajdują się w wysokości między —166 m a +117 m n.p.m. O zróżnicowanym podnoszeniu obrzeży świadczą upady utworów neogeńskich zarówno ku południowi w Lipnicy, jak i ku północy w potoku Sylec (Watycha 1977a). W drobnych piaskach przewarstwionych mułkami w małych piaskowniach na garbach na południe od drogi z Lipnicy do granicy państwowej stwierdziłam upady przeciwne, rzędu 20° ku N i ku S i zaleganie płaskie. Prawdopodobnie te ostatnie utwory Watycha zaliczył do dolnoplioceńskich leżących niezgodnie na utworach z Lipnicy.

Na południowym obrzeżeniu, między miejscowościami Liesek i Čimhova, Halički (1930) stwierdził upady iłów neogeńskich 30—40° ku N. Mobilność tektoniczna najlepiej wyraziła się w typie i pozycji osadów Domańskiego Wierchu (Birkenmajer 1958, 1978, Plewa 1969). Osady stożków torrencjalnych, składane przy wylocie dolin fliszowych na obrzeżu obszaru wginanego, mają miąższość nieprzebitą ponad 228 m i reprezentują piętra pontu i daku (Oszast, Stuchlik 1977). Tworzą one wąską strefę i kontrastują z drobnymi osadami wypełniającymi zapadlisko (mułki i ily z lignitami, wkładki drobnych piasków). Utwory takie przewiercono w Koniówce w odległości 4 km od wiercenia na Domańskim Wierchu. O występowaniu dużych uskoków świadczą osady korzeni serii Domańskiego Wierchu, zachowane w skrzydle podniesionym w Miętustwie (Birkenmajer 1958, 1978). Garb Domańskiego Wierchu budują osady skrzydła zrzuczonego, w którym młodsza część serii Domańskiego Wierchu grzebie skałki Pasa Skalicowego. Dolina Cichego — Rogoźnika dowiązuje do wspomnianego uskoku

i zarazem leży w strefie lineamentu satelitarnego, nazwanego lineamentem zachodniego obrzeżenia Tatr (Baumgart-Kotarba 1983). Lineament ten w odcinku na NE od Chochołowa wyznacza wschodnie obrzeżenie wginanej Kotliny Orawskiej względem podnoszonej synkliny fliszu podhalańskiego. Strefa Domańskiego Wierchu zapadała się w czasie sedymentacji serii, a następnie podnosiła się, gdyż obecnie stanowi pas podniesiony i rozcięty na głębokość do 50 m przez Czarny Dunajec i równocześnie około 100 m przez dolinę Rogoźnika.

O nieciągłej tektonice świadczą też stosunki w północno-wschodniej części Kotliny. Wiercenie we Wróblówce (Ryc. 2) dokumentuje 112 m serię rzecznych osadów czwartorzędowych petrograficznie odpowiadających współczesnym osadom Czarnego Dunajca. Seria ta spoczywa wprost na utworach fliszu magurskiego (Watycha 1968). W odległości zaledwie 2 km na północ od wiercenia we Wróblówce znajduje się pagór fliszowy o wysokości 3—5 m ponad rozległą i zatorfioną powierzchnią terasy-stożka Czarnego Dunajca (Ryc. 4 i 8). Ku południowi miąższość czwartorzędu szybko się zmniejsza i w odległości 4 km od wiercenia we Wróblówce, w Czarnym Dunajcu wynosi 28 m. Mała ilość wierceń nie pozwala na szczegółowe rozpatrywanie stosunku osadów czwartorzędowych do neogeńskich. W szczególności nie ma argumentów świadczących o występowaniu niecki wypełnionej czwartorzędem o przebiegu W—E, jak to zaprezentował Watycha (1977b, mapa miąższości czwartorzędu). Na mapie tej wiercenie w Czarnym Dunajcu znalazło się w zasięgu izolinii ponad 100 m miąższości, podczas gdy z wiercenia wiadomo, że czwartorzęd ma tam 28 m. Przypuszczam, że między Wróblówką a Czarnym Dunajcem istnieje dyslokacja tektoniczna o zrzućcie do 70 m.

Kotlina Orawska jest zapadliskiem, które podlegało subsydencji od badenu po środkowy pliocen. Analiza stref brzeżnych Kotliny wskazuje, że współczesny zasięg Kotliny dowiązuje do stref uskokowych, które uaktywniły się w pliocenie, a niektóre w czwartorzędzie (Ryc. 2). Ciągłe otwartym zagadnieniem jest brak dowodów na przedczwartorzędową dostawę materiału z Tatr do zapadliska neogeńskiego. Klimaszewski (1988) interpretuje wyniki badań mineralogicznych i chemicznych osadów neogeńskich w ten sposób, że nie wyklucza ich pochodzenia tatrzańskiego, chociaż brak na to bezpośredniego potwierdzenia. Materiał niewątpliwie tatrzański znajduje się w spągowej części czwartorzędu we Wróblówce (Watycha 1968, 1977b), jak i na garbach Chyżnego oraz na zachód od wododziału Sucha Hora — Rudno (Romer 1929, Halicki 1930).

RZEŻBA ZACHODNIEJ CZĘŚCI KOTLINY ORAWSKIEJ PODNO SZONEJ W CZWARTORZĘDZIE

Zachodnia część Kotliny Orawskiej na mapie geologicznej Czechosłowacji 1 : 50 000 (F u s a n i in. 1967) została zaliczona do najstarszego stożka „przeważnie mindel i gūnz”. Takie określenie dowiązuje zarówno do poglądu R o m e r a (wiek), jak i H a l i c k i e g o (zasięg i geneza). Poziom mindelski znaczył H a l i c k i (1930) na dużym obszarze od Suchej Hory o wysokości 800 m n.p.m. do Niżnego Chyżnego 640 m n.p.m. (Ryc. 3). Trudno przyjąć, by był to jeden poziom wgięty tektonicznie po okresie mindel. Bardziej prawdopodobna jest inna interpretacja. Część wyższa poziomu 800—752 m n.p.m. zachowana na garbie Sucha Hora — Rudno ma nachylenie 15‰ i świadczy o odpływie Czarnego Dunajca na zachód do obniżenia współczesnej Orawicy. Wskazuje na to tatrzański materiał opisany przez R o m e r a jako pokrywa H + 1. Występowanie żwirowisk rzecznych z materiałem tatrzańskim w dwóch poziomach w strefie przygranicznej na Słowacji potwierdził dr R. H a l o u z k a z Bratysławy (wiadomość ustna). Część wyższa jest oddzielona od niższej stokiem o wysokości 25—30 m i nachyleniu 25‰. Stok ten dowiązuje do wcięcia się Czarnego Dunajca w strefę nasady, co spowodowało, że odtąd Czarny Dunajec kierował się ku północy i następnie zakręcał ku zachodowi opływając garb Rudna (Ryc. 2, 4). Garb ten, obecnie wododzielny między Jelesnią Wodą a Czarnym Dunajcem, jest zbudowany z ilów i mułków neogeńskich okrytych materiałem rzeczonym i pokrywą glin (W a t y c h a 1976b). O nieprzepuszczalności pokryw gliniastych na płaskiej wierzchowinie garbu Rudno świadczy rozległe torfowisko wysokie (Ryc. 4). Rozcięcie utworów neogeńskich świadczy o podnoszeniu brzeżnej południowej części Kotliny. Składanie młodszych osadów stożka Czarnego Dunajca poniżej tego rozcięcia wskazuje na przesunięcie się strefy podlegającej zapadaniu na północ, prawdopodobnie do powstającego zapadliska Wróblówki. Niższa część mindelskiego stożka według H a l i c k i e g o, położona poniżej 700 m n.p.m., reprezentuje młodsze etapy tworzenia raczej poziomów terasowych niż aluwialnego stożka (Ryc. 2).

Zachodnia część Kotliny Orawskiej została rozcięta dolinami do głębokości 40 m. Ze względu na wcięcie się dolin w utwory neogeńskie przyjmuję za W a t y c h ą (1976a, 1977a), że zachodnia część była podnoszona w czwartorzędzie. Właśnie radialny układ dolin stwarza wrażenie, że doliny zostały wcięte w rozległą zachodnią poboczną stożka. Wielkość rozcięcia rośnie ku zachodowi dowiązując do spadku głównej doliny Czarnej Orawy. Najmniej wcięty potok Borowy rozcina płaską powierzchnię stożka do głębokości 10 m. Kolejne doliny osiągają głębokość: potok Suwadowski 15 m, Borcok 10—20 m, Chyżnik 15—20 m, Chyżny 25—35 m, Jelesnia Woda 30—40 m. Cechą charakterystyczną

wspomnianych dolin jest asymetria zboczy. Stoki prawe dolin eksponowane na południe i południowy zachód są strome 20—25° i krótkie, podczas gdy przeciwne dwa do pięciu razy dłuższe są nachylone do 6° (Ryc. 4 i 5). Na łagodnych stokach większych dolin zaznaczają się lokalne spłaszczenia i załomy. Przypuszczam, że asymetria ta dowiązuje do generalnego zapadania utworów neogeńskich ku północy. Strome są stoki na czołach typu kuest ze złaziskami w obrębie iłów i wypływami wód na granicy między nieprzepuszczalnymi iłami neogeńskimi a przykrywającymi je seriami żwirów i piasków z otoczkami. Obecność otoczek granitowych, gnejsowych i kwarcytowych świadczy o dostawie z Tatr Zachodnich, co potwierdza wniosek o kierowaniu się Czarnego Dunajca na zachód. W profilu podłużnym garbów między radialnie wciętych dolinami można wyróżnić rozległe spłaszczenia rozdzielone stopniami o nachyleniu 3—6°. Garby są okryte pokrywami glin pylastych o miąższości 2—3 m, miejscami ponad 4 m, których geneza nie jest jasna. Spłaszczenia występują w wysokości: I 660—680 m, II 640—650 m, III 635 m (Ryc. 4 i 5). Kolejny niższy poziom 610—615 m n.p.m. stanowi rozległa terasa Orawy z ostatniego okresu zimnego. Terasa ta, o wysokości 8—10 m, ma cokół zbudowany z niebieskawych iłów neogeńskich o wysokości do 2 m. Seria rzeczna otoczek głównie kwarcytowych i piaskowcowych zawiera otoczki białych granitów i gnejsów tatrzańskich i ma miąższość około 4 m. Seria rzeczna okryta jest pokrywą glin 2—3 m miąższości, pochodzących z denudacji stoków w okresie zimnym. Nachylenie podnóży stoków nadbudowanych glinami wynosi 2—3°. Wyróżnione trzy poziomy wskazujące na odpływ Czarnego Dunajca ku zachodowi wznoszą się obecnie nad korytem Orawy odpowiednio: I 60—80 m, II 40—50 m, III około 35 m.

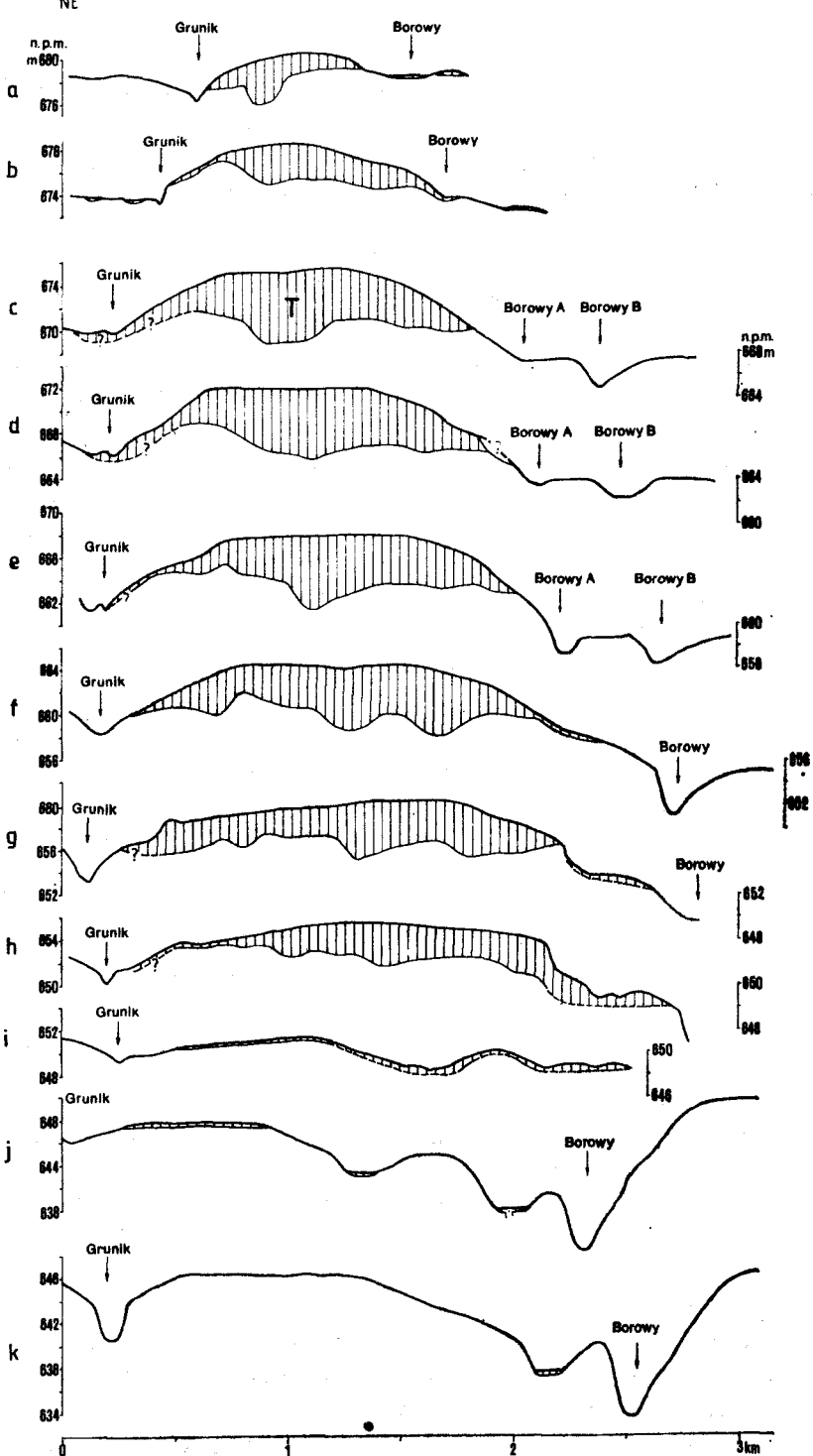
Istotnym zagadnieniem jest geneza poziomów. Poziomy ze względu na rozprzestrzenienie (Ryc. 4) i występowanie dwóch różnych poziomów w profilu podłużnym danego garbu (Ryc. 5) świadczą, że ich powstanie nie może być związane z wcinającą się siecią dolin. Przestrzenne rozmieszczenie poziomów w stosunku do doliny Orawy przypomina system teras skalno-osadowych. Doliny radialne wcinały się w wyżej położone i wcześniej ukształtowane poziomy w miarę etapowego wcinania. Poziomy I i II są związane z odpływem Czarnego Dunajca na zachód, o czym świadczą znajdujące się pod 2—3 warstwą glin żwirowiska zawierające otoczki pochodzące z Tatr, białe kwarcyty, jasne granity i granitognejsy o średnicy 2—8 cm, maksymalnie 20 cm (garb Chyżnego). Miąższość pokryw rzecznych można szacować na 2—10 m, sądząc z relacji osób kopiących studnie, z mapy hydrogeologicznej W a t y c h y (1977a) i położenia wypływów wody na granicy między iłami neogeńskimi a pokrywą żwirową (zbozca garbu Chyżnego i zbocze doliny Jeleśnej Wody).

O wieku poziomowi II na garbie Chyżnego pośrednio świadczą daty TL

z glin z głębokości 2 m i poniżej 3 m: 146 ± 40 tys. lat (GD TL 196) i 110 ± 15 tys. lat (GD TL 195). Daty te według dra K. Bluszcza z Laboratorium C-14 Instytutu Fizyki w Gliwicach ze względu na znaczną moc dawki efektywnej $3,43 \pm 0,35$ i $3,22 \pm 0,32$ Gy/ka należy interpretować jako otwarte, tj. wskazujące, że osad jest starszy od tych dat. Konkretnie znaczy to, że gliny z poziomu II, z dolnej części profilu pochodzą sprzed interglacjału eemskiego. Pozycja tych glin wskazuje na pochodzenie eoliczne, chociaż składane były najprawdopodobniej w warunkach okresowej marzłoci. Gliny poniżej 1,5 m mają bowiem strukturę dużych agregatów będących śladem głębokiego przemarznięcia. Akumulację tych glin odnoszę do zimnych okresów przedostatniego zlodowacenia. Dlatego wiek pokrywy rzecznej, zachowanej w poziomie II o wysokości 645—650 m n.p.m., jest mindelski lub starorisski, przyjmując dwudzielność przedostatniego okresu zimnego. Poziom I 660—680 m należałoby szacować na odpowiednio starszy — mindel lub günz.

W pobliżu granicy państwowej, na przedłużeniu garbu Chyżnego ku wschodowi zaznaczają się jeszcze spłaszczenia w wysokości około 700 m n.p.m., a w rozcięciach potoków w wysokości 690—680 m występują liczne otoczaki także granitowe i gnejsowe pochodzące z rozmywania przypuszczalnie pokrywy starszej niż poziom I. Poziom 700 m (100 m ponad współczesne koryto Orawy) jest rozpowszechniony na słowackim brzegu Jeleśnej Wody. Jeżeli na garbie Sucha Hora — Rudno potwierdzi się istnienie dwóch odrębnych pokryw rzecznych, to byłyby to przypuszczalnie pokrywy staroczwartorzędowe. Natomiast rozmieszczenie młodszych pokryw fluwialnych (fluwioglacjalnych?) w wysokości 690—700 m, 660—680 m, 640—650 m, 635 m n.p.m. świadczy o kierowaniu się Czarnego Dunajca na zachód po rozcięciu garbu Rudna ze starszymi pokrywami.

Poziom II zachowuje zadziwiająco stałą wysokość około 645 m na kolejnych garbach (Ryc. 4 i 5). Według W a t y c h y (1977a) pokrywy czwartorzędowe mają miąższość 5—10 m, z czego 2—3 m zajmują gliny w stropie. Budowa tego poziomu na garbie na zachód od potoku Borowego (przysiółek Dzicy) różni się istotnie od budowy garbu Chyżnego. Dwa wiercenia hydrogeologiczne (C h o w a n i e c, W i t e k 1985) wskazują, że ily trzeciorzędowe znajdują się na głębokości 35 m (607 m n.p.m.), chociaż 400 m na północ w dnie potoku Borowego odsłaniają się utwory neogeńskie (W a t y c h a 1977c) w wysokości około 625 m n.p.m. Świadczy to o istnieniu dyslokacji tektonicznej, na co wskazuje też linia pulsujących źródeł występująca przy krawędzi niskiej terasy. Przewiercone utwory czwartorzędowe składają się z przewarstwień glin, glin z otoczakami i żwirem, piasku z otoczakami, a czasem iltu. W jednym z wierceń występują dwie serie utworów rzecznych na głębokości 6—10 m i 14,5—24 m, w drugim jedna na głębokości 8—16 m. Osady żwirowe i piaszczyste z otoczakami są utworami rzecznyymi, natomiast



Ryc. 6. Przekroje poprzeczne przez torfowisko wysokie Puścizna Pierogowska. Torfowisko (T) maskuje rynny Czarnego Dunajca przypuszczalnie z okresu ostatniego zlodowacenia

gliny z otoczkami mogły powstać wskutek procesów soliflukcyjnych degradujących wyżej położone aluwia. Warstwy glin pylastych i ilastych, o miąższości 1—4 m, nie wiadomo w jakim stopniu są pokrywane eolicznymi lub pochodzą z denudacji utworów neogeńskich. Skąpy materiał odnośnie do budowy poziomu II świadczy o złożonej genezie tego poziomu. O ile w części południowo-zachodniej (Chyżne) pokrywa rzeczna tworzy poziom terasowy okryty glinami, to w części wschodniej dochodziło do nakładania się serii rzecznych i stokowych przypuszczalnie w warunkach subsydencji. Miąższość czwartorzędu (35 m) jest tu nieco większa niż w wierceniu w Czarnym Dunajcu (28 m), gdzie przeważała jednak sedymentacja rzeczna.

Poziom III rozwinięty jest w zachodniej części Kotliny na wysokości 30—35 m ponad koryto Orawy. Budowa tego poziomu jest słabo rozpoznana. Z wywiadu studziennego wiadomo, że seria żwirów wodonośnych znajduje się na głębokości 8—12 m, na niej spoczywają szare piaski (5 m) i pokrywy gliniaste (3 m) — profil B (Ryc. 5). Poniżej załomu ograniczającego spłaszczenia poziomu III stoki mają nachylenia 10—6° i przechodzą w poziom terasy 8—10 m z ostatniego zlodowacenia.

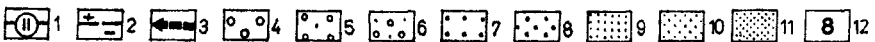
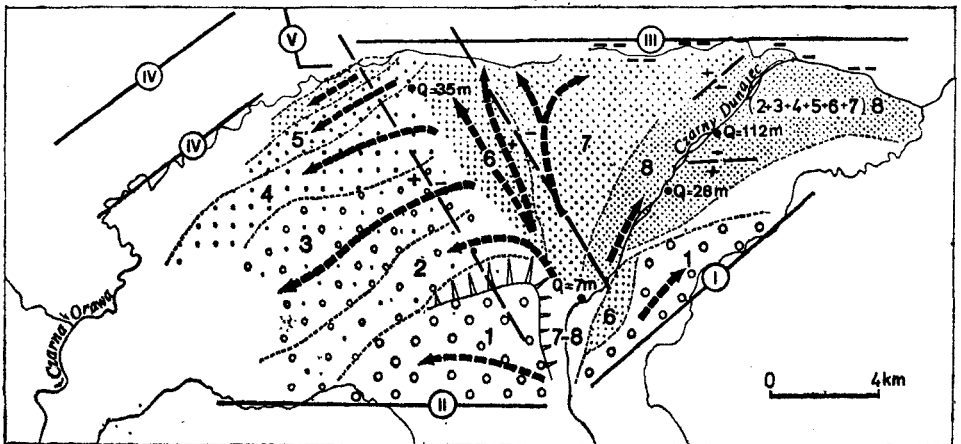
Człon stożka Czarnego Dunajca, znajdujący się między doliną potoku Borowego od zachodu i płytką rynną potoku Grunik od wschodu (według Halickiego 1930 — risski), obniża się z wysokości 720 m u podnóża garbu Rudno do 650 m n.p.m. przy połączeniu potoku Borowego z Piekielnikiem. W przedziale wysokości 680—650 m rozległą część stożka okrywa torfowisko wysokie zwane Puścizną Pierogowską o rozmiarach 4 × 2 km, największe torfowisko orawskie. Na podstawie gęstej sieci wierceń dokumentujących złożę torfu Puścizny Pierogowskiej, wykonanych przez „Torfoprojekt” w 1955 r., można stwierdzić, że powierzchnia podtorfowa ma urozmaiconą rzeźbę (Ryc. 6). Zaznaczają się rynny o głębokości 2—3 m, szerokości 100—200 m o przebiegu SSE na NNW, świadczące o odpływie Czarnego Dunajca do Wagu. Rynny te kierowały się do doliny Borowego lub Piekielnika. O występowaniu takich rynien na stożku świadczą też nieckowate lub płaskodenne rynny wcięte w marginalną północną krawędź stożka na głębokość 3—4 m (rynna na przedpolu torfowiska Puścizna Mała) i 5—6 m (rynna wykorzystywana przez potok Grunik). Opisaną część stożka ze względu na występowanie rynien pod torfowiskiem wiążę z okresem würmskim.

Występowanie poziomów terasowych w zachodniej części Kotliny i jednego poziomu stożka we wschodniej świadczy o konwergencji poziomów. Przypuszczalnie zarówno na wschód, jak i na zachód od doliny Borowego dochodziło do nakładania się serii młodszych na starsze. Ta

Fig. 6. Sections across the Puścizna Pierogowska raised bog concealing the configuration of the Czarny Dunajec channels which probably date from the last glacial

część stożka stanowi strefę zmiany ruchów tektonicznych w młodszym czwartorzędzie między częścią zachodnią podnoszoną i rozcinaną a wschodnią wypełnioną utworami czwartorzędowymi o różnej miąższości.

Odwodnienie w kierunku Wagu wiązało się z etapowym wcinaniem Czarnego Dunajca w osady neogeńskie Kotliny Orawskiej. Wyróżnione poziomy I 680—660 m, II 650—640 m, III 635 m posiadają odrębne pokrywy aluwialne (fluwioglacjalne) z materiałem tatrzańskim, okryte glinami przypuszczalnie pochodzenia eolicznego. Poziomy z pokrywą aluwialną, z wyjątkiem terasy würmskiej, zachowały się tylko po lewej stronie Orawy. Brak wyraźnego spadku poziomów i ich konwergencja na wschód od potoku Borowego wskazują na tektoniczne przyczyny zróżnicowania rzeźby w Kotlinie. Przypuszczam, że uskoki, a raczej strefa uskoków dzieląca Kotlinę przebiega po przekątnej równoległoboku Kotliny i do tej strefy nawiązują dolina potoku Borowego i rynna Grunika (Ryc. 2 i 7). Na zachód od strefy z uskokami odbywało się podnoszenie tektoniczne — dotyczy to zarówno występującej w części południowej rozciętej nasady z przypuszczalnie dwoma poziomami pokryw aluwialnych staroczwartorzędowych, jak i części zachodniej z sekwencją poziomów terasowych o wysokości 100, 80—60, 50—40 i 35 m, star-



Ryc. 7. Rekonstrukcja przepływów Czarnego Dunajca w czwartorzędzie i etapów rozwoju stożka: 1 — granice kotliny, 2 — przypuszczalne uskoki, 3 — kierunki przepływu, 4 — poziom staroczwartorzędowy, 5 — gūnz ?, 6 — mindel ?, 7 — riss ?, 8 — riss, 9 — wūrm, 10 — późny glacial, 11 — holocen, 12 — etapy rozwoju stożka (duże liczby arabskie)

Fig. 7. Reconstruction of the Quaternary drainage directions of the Czarny Dunajec and stages of fan development: 1 — basin boundaries, 2 — assumed faults, 3 — drainage directions, 4 — early Quaternary level, 5 — Günz?, 6 — Mindel?, 7 — Riss?, 8 — Riss, 9 — Würm, 10 — Late Glacial, 11 — Holocene, 12 — stage of fan development (Arabic numbers)

szych od terasy z ostatniego okresu zimnego (würmu). W strefie uskokowej w czwartorzędzie częściowo zachodziła jeszcze subsydencja — dlatego sąsiadujące z sobą powierzchnie, mimo podobnej wysokości bezwzględnej, mogą pochodzić z różnego czasu i grzebać kolejno nakładane utwory.

ROZWÓJ WSCHODNIEJ CZĘŚCI KOTLINY ORAWSKIEJ W WARUNKACH CZWARTORZĘDOWEJ SUBSYDENCJI

Wschodnia część Kotliny zajęta jest przez rozległy młody stożek Czarnego Dunajca. Wiercenia we Wróblówce (112 m utworów czwartorzędowych) i w Czarnym Dunajcu (28 m) świadczą, że wschodnia część była kształtowana przez Czarny Dunajec transportujący materiał tatrzański przypuszczalnie przez cały czwartorzęd (W a t y c h a 1973, 1977b). Nakładanie się serii świadczy o subsydencji. Odpływ Dunajca we wschodniej części Kotliny następował zarówno na wschód, jak i na zachód. O odpływie na zachód świadczą poziomy terasowe w zachodniej części Kotliny. O odpływie na wschód świadczą nie tylko osady nawiercone we Wróblówce, lecz także fragmenty terasy o wysokości 25 m zachowane na północnym obrzeżeniu Kotliny między Wróblówką i Ludźmierzem. Pozycja europejskiego działu wodnego w dnie Kotliny przypuszczalnie zbiega się z głębłą strefą dyslokacji tektonicznych.

Dane z wiercenia we Wróblówce świadczą o występowaniu naprzemian utworów deponowanych przez Czarny Dunajec (żwiry i otoczaki tatrzańskie) z lokalnymi osadami z denudacji fliszu magurskiego (żwir, piaski i ły z okruchami piaskowców fliszowych) oraz utworów zawierających domieszkę materiału tatrzańskiego (W a t y c h a 1968). W a t y c h a (1977b) interpretował wkładki ilaste i gliniaste jako osad wód zastoiszkowych związanych z barykadowaniem odpływu doliny Wisły na północy w stadiach okresów glacialnych. Taki pogląd jest nie do przyjęcia, gdyż zasięg zastoisk jest warunkowany wysokością piętrzenia (podparcia). Łądolód skandynawski nigdy nie powodował tworzenia zastoisk na Podhalu.

Nie wiadomo, czy zapadlisko Wróblówki jest jedynym w tej części Kotliny i czy 112 m osadu reprezentuje cały czwartorzęd. Według opinii J. O s z a s t spągowe części tych osadów powstawały w warunkach klimatu borealnego przy ograniczonym rozwoju lasów sosnowych (M o j s k i, W a t y c h a 1984) i wykazują plejstocenijskie spektrum pyłkowe. Jest to miąższość podobna jak w zapadlisku Frydmana, gdzie N i e d z i e l s k i (1971) na podstawie ekspertyzy J. O s z a s t stwierdził 100 m miąższe osady czwartorzędu podścielone utworami plioceńskimi. Brak wierceń nie pozwala stwierdzić zasięgu zapadliska Wróblówki. Jest to raczej zapadlisko niż niecka. O rozmiarach zapadliska pośrednio mówią

następujące dane. Wiercenie we Wróblówce znajduje się w odległości 3,5—4 km od podnóża stoków fliszowych magurskich i 2 km od małego pagóra fliszowego wznoszącego się nad zatorfioną równiną stożka (Ryc. 8). Przymierzalnie dyslokacja tektoniczna (zrzut około 70 m) występuje między wsiami Czarny Dunajec i Wróblówka (zmiana miąższości czwartorzędu z 28 m na 112 m). Wobec tego można przyjąć, że zapadlisko Wróblówki ma rozmiary 5×5 km. Analiza rzeźby północnego obrzeża Kotliny między wsiami Piekielnik i Ludźmierz sugeruje możliwość istnienia szeregu drobnych zapadlisk. Występują tam bowiem charakterystyczne zatoki w obrębie ogólnie równoleżnikowego przebiegu granicy między płaskim dnem Kotliny a stromymi stokami fliszowymi (Ryc. 2, 8, 9). Zaczynając od zachodu największa jest „zatoka” Załucznego, wyraźnie asymetryczna. Stoki ograniczające zatokę od północy mają przebieg SW—NE dowiązujący do ogólnego biegu warstw, a stoki ograniczające od wschodu mają przebieg południkowy, stanowiąc zbcze garbu Odrowąża 690 m n.p.m. wysuniętego w stronę Kotliny. Garb Odrowąża opada stromymi stokami o wysokości 50 m ku dnie Kotliny. Następną jest „zatoka” ujścia doliny Pieniążkowskiej, podkreślona od wschodu garbem Działu 715 m n.p.m., którego przedłużenie ku S stanowi ostrogę ze spłaszczeniami w poziomie 640 m (20 m nad dno kotliny) i 630 m (8—10 m). Kolejną jest zatoka Długopola, ograniczona od wschodu ostrogą z poziomem terasowym (materiał tatrzański) o wysokości 640 m (20—25 m nad dno kotliny). Ostrogę tę podcina Czarny Dunajec przyczyniając się do powstania skalnego osuwiska. Małą „zatokę” Krauszowa wyznacza ostroga skalna z terasą Czarnego Dunajca w wysokości 625 m n.p.m. (25 m nad dno kotliny).

Przedstawiony zatokowy styl przebiegu północnej granicy Kotliny Orawskiej kończy się koło Ludźmierza w strefie szerokiego ujścia doliny Lepietnicy. U wylotu Lepietnicy znajduje się rozległy stożek würm-ski i terasa z torfowiskiem na Grelu, świadczącym o późnoglacialnym wieku terasy Dunajca (K l i m a s z e w s k i 1967). Terasa ta stanowi przedłużenie poziomu stożka między Czarnym Dunajcem, Wróblówką i Długopolem. Jest to miejsce, gdzie Pas Skalicowy najbliżej dochodzi do północnego obrzeża Kotliny — około 4 km. Tu także zanika garb między doliną Rogoźnika i Czarnego Dunajca stanowiący przedłużenie garbu Domańskiego.

Przymierzam, że występowanie na przemian „zatok” i ostróg jest uwarunkowane systemem spękań i uskoków prostopadłych i skośnych do północnego obrzeżenia wschodniej części Kotliny. Na mapach geologicznych zarówno W a t y c h a (1977b), jak i M a ł e c k a (1982) znaczą na północnym obrzeżeniu Kotliny strefy przypuszczalnych uskoków o przebiegu NW—SE także w obrębie piaskowców opisanych jako warstwy malcowskie (C i e s z k o w s k i, O l s z e w s k a 1986). Zatoki przypominają znajdującą się w północno-zachodnim narożniku Kotliny dużą

zatokę Lipnicy z występującymi tam utworami neogeńskimi, ograniczoną od wschodu fliszową ostrogą Wirtelowskiej Góry. O młodych tektonicznych rysach przy północnym brzegu Kotliny świadczą też terasy. Powiązanie teras z północnego obrzeżenia Kotliny z poziomem 12—14 m terasy, na której zlokalizowano kombinat obuwniczy w Nowym Targu, jest niemożliwe. Terasa w Nowym Targu uważana za würmską jest terasą osadową, podczas gdy poziom terasowy 20—25 m stwierdzony w trzech miejscach przy północnym brzegu ma cokolwiek skalny z cienką pokrywą aluwialną lub pojedynczymi otoczkami.

Przytoczone bezpośrednie i pośrednie dowody za rozwojem rzeźby warunkowanym aktywnymi procesami tektonicznymi odnoszą się przede wszystkim do północno-wschodniej części Kotliny. W południowo-wschodniej części w czwartorzędzie zachodziło podnoszenie w strefie Domańskiego Wierchu, podczas gdy w środku Kotliny obniżanie, na co wskazuje występowanie 28 m utworów czwartorzędowe we wsi Czarny Dunajec. Najistotniejszym argumentem za kształtowaniem wschodniej części Kotliny w czwartorzędzie pod wpływem procesów tektonicznych jest powiększenie zasięgu Kotliny od północy w stosunku do zasięgu zapadliska neogeńskiego — fakt, że utwory czwartorzędowe we Wróblówce leżą na utworach fliszowych a nie neogeńskich. Można to interpretować dalszym otwieraniem się zapadliska tektonicznego w kierunku północnym.

ROZWÓJ MŁODSZEGO STOŻKA CZARNEGO DUNAJCA — WIEK I PRÓBA REKONSTRUKCJI KIERUNKÓW ODPLYWU

Młody stożek Czarnego Dunajca o promieniu 10—12 km posiada spadek 12,5‰ w górnej części i 10,2‰ w środkowej i dolnej. O młodości stożka świadczą ślady rynien i koryt roztokowych na powierzchni, szczególnie dobrze widoczne na zdjęciach lotniczych (Ryc. 4, 8). Stożek ten przy nasadzie jest rozcięty na głębokość 8—11 m, a następnie 5—6 m. Między Długopolem a Ludźmierzem poziom stożka przechodzi w terasę o wysokości 5 m.

Dotychczas za Halickim (1930) (Ryc. 3) przyjmowano würmski wiek tego stożka (Klimaszewski 1950/51, 1972; Watycha 1976b; Starkel 1980). Analiza położenia stożka w stosunku do fragmentów terasy wyższej, wąskie listwy terasy niższej (3 m) oraz wyraźne ślady ciągów koryt roztokowych, zwłaszcza w środkowej i dystalnej wschodniej części stożka, przyczyniły się do uznania stożka za młodszy, późnoglacialny i holoceniński (Baumgart-Kotarba 1988, 1989).

W strefie między Chochołowem a Koniówką, na prawym brzegu Czarnego Dunajca, występuje rozległy płat terasy o wysokości rosnącej z biegiem od 15 m w Chochołowie do 18 m poniżej Koniówki (Ryc. 4).

Terasa ta przez Halickiego (1930) uznana była za risską. Jest to poziom okryty 2—3 m miąższości glinami spoczywającymi na aluwiałach. W stropie aluwiałów, odsłaniających się koło mostu w Podczerwonym, występują otoczaki o średnicy 8—12 cm, maksymalnie 20 cm, tkwiące w żelazistym piasku. W rzeźbie tej terasy zaznacza się nieckowate paleokoryto o głębokości 2 m. Koło Koniówki w terasie tej występuje stopień terasowy niższy o 1,5 m. Terasę tę ze względu na wysokość i budowę uznałam za würmską. Podobnie przyjął W a t y c h a (1977b), przypisując jej cokol 3—4 m wycięty w utworach neogeńskich (plioceńskich). Między Chocholowem a Koniówką poniżej terasy 15—18 m występuje terasa 7—8 m wysokości ze śladami koryt, która na lewym brzegu poniżej mostu w Koniówce ma wysokość 11 m i szerokość około 1 km. Terasa ta rozszerza się tworząc stożek, tak że 2 km dalej na północ osiąga szerokość 3 km i wysokość 7—8 m, a jeszcze 1,5 km dalej we wsi Czarny Dunajec 5 km szerokości i 5—6 m wysokości. W strefie nasady terasie 11 m towarzyszą listwy terasowe tworzące stopnie o wysokości 8 i 5—6 m (Ryc. 4). Poniżej Podczerwonego poziom stożka ma wysokość 7—8 m, fragment terasy niższej 6 m, a równina aluwialna roztokowa do 2 m. We wsi Czarny Dunajec oprócz poziomu stożka 5—6 m występuje terasa 3,5 m i równina aluwialna 2—2,5 m. Terasa 3,5 m towarzyszy korytu Czarnego Dunajca także między Długopolem i Ludźmierzem, osiągając znaczną szerokość 300—400 m (Ryc. 9).

Szczegółowa analiza zdjęć lotniczych w skali 1:7000—1:8000 (nalot z września 1984) ujawniła występowanie na stożku śladów koryt i rynien świadczących, że stożek był modelowany przez rzekę roztokową podobną do współczesnego Czarnego Dunajca. W obrębie nasady poniżej Podczerwonego na podstawie śladów rynien można wnosić o dywergentnym układzie koryt charakterystycznym dla stożka. Odpływ na północ, a następnie ku północnemu zachodowi wiąże się z poziomem 9—10 m (Ryc. 7 — etap „7”). W środkowym i dolnym biegu tych rynien na długości 6 km występuje ciąg torfowisk wysokich o szerokości do 750 m, usytuowanych równolegle do segmentu stożka z torfowiskiem Puścizny Pierogowskiej. Odpływ w stronę północno-wschodnią występuje na przedłużeniu stopni terasowych 8 i 5—6 m poniżej mostu w Koniówce (Ryc. 4). Wschodnie koryta ze względu na lepsze zachowanie i związek z wcinaniem się Czarnego Dunajca w strefie nasady wydają się elementem młodszym w rzeźbie stożka. W centralnej części stożka, między rozbieżnymi ciągami koryt, znajduje się obszar z bardzo niskimi śladami koryt i licznymi otoczakami na powierzchni, świadczącymi o przepływach w poprzek stożka, od lewej poboczniczy ku prawej. Przypuszczam, że są to najstarsze zachowane kierunki odpływów na stożku.

W dystalnej części omawianego stożka ujawniają się rynny o przebiegu równoleżnikowym, maskowane przez rozległe torfowiska obecnie

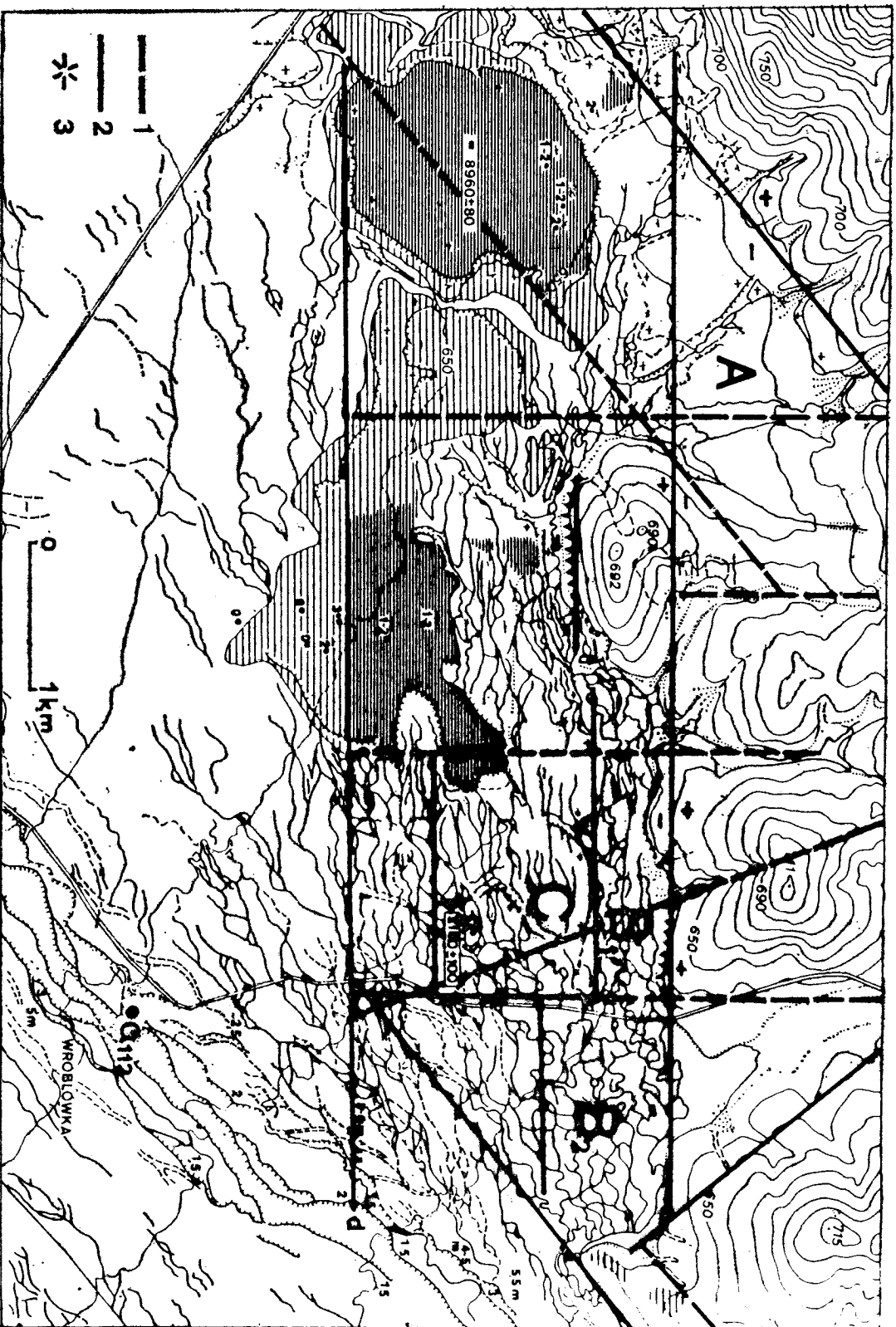


Fig. 8. Sieć spekań i przypuszczalnych uskóków przy północnym brzegu Orawskiej koło Wróblówki. Hipoteza opracowana na podstawie mapy geomorfologicznej. A — zatoka Zatużnego, B — bloki obniżane (B_2 — blok z drobnoameandrowym układem koryt na równinie aluwialnej — przypuszczalnie strefa najmłodszego zapadania), C — blok z pagórem fiszowym, d — przypuszczalny młody uskók (występowanie torfowisk i zmiana kierunku paleokoryt), 1 — spekania, 2 — uskoki, 3 — pagór fiszowy

Fig. 8. The network of both fractures and assumed faults at the northern margin of the Orava Basin near Wróblówka. The hypothetical image based on the geomorphological map. A — „embayment” of Zatużne, B — sinking blocks (B_2 — block with the fine-meandering pattern of paleochannels occurring on the alluvial plain — assumed zone of youngest subsidence), C — block containing a flysch hill, d — assumed young dislocation (occurrence of mires and changes in orientation of the braided pattern), 1 — faults, 2 — faults, 3 — flysch hill existing on the alluvial fan plain

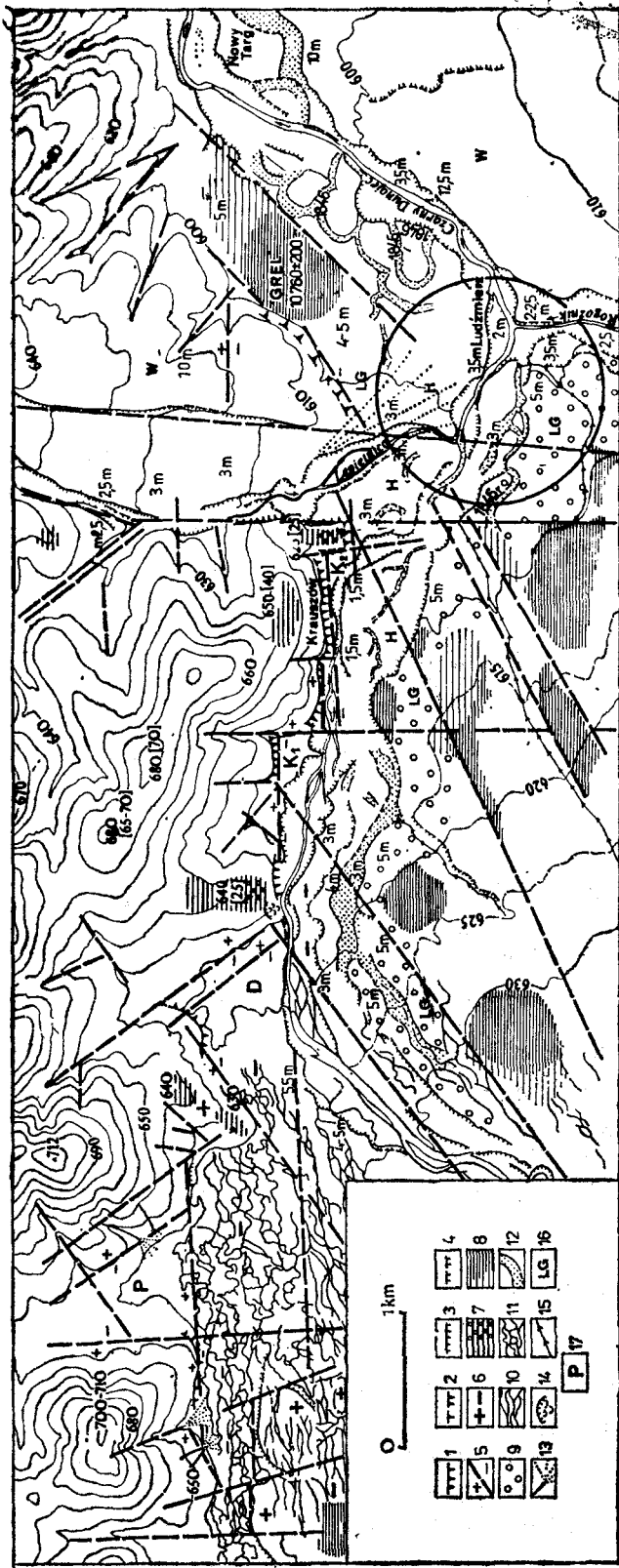
częściowo wyeksploatowane i zdrenowane. Są to ślady odwodnienia ku wschodowi. Przymierzalnie wody kierujące się wzdłuż zachodniej poboczniczy w strefie dystalnej zmieniały kierunek na wschodni ku zapadlisku Wróblówki.

Najlepiej rozwinięta sieć rynien roztokowych znajduje się we wschodniej dystalnej części stożka (Ryc. 4). Obszar ten jest zatorfiony i podmokły wskutek występowania łąk o miąższości do 30 cm. Sieć rynien widocznych na zdjęciach lotniczych w terenie jest strefą wilgotniejszą (ciemne fototony) i stanowi ciągi mikrodrenażu, czasem z drobnymi rynnami wypełnionymi wodą. W tej strefie występuje wspomniany pagór fliszowy (Ryc. 8).

Daty uzyskane ze spągów części kilku torfowisk wskazują na rozrastanie się torfowisk w czasie całego holocenu. Z ciągu torfowisk na zachodniej poboczniczy stożka ze spągu torfu uzyskano daty: 5600 ± 80 BP (Gd-5053) i 3510 ± 70 BP (Gd-5057). Torfowiska te występują na łąkach o miąższości do 1 m. Najstarsza data pochodzi ze spągu torfowiska Puścizna Rękowiańska — 8960 ± 80 BP (Obidowicz 1988, 1989), a najmłodsze z rynny u podnóża fliszowego pagóra 2180 ± 100 BP (Gd-4177). Wyniki badań palinologicznych Obidowicza (1988, 1989) określają początek sedymentacji organicznej w łąkach podścielających torfowisko Rękowiańskie na młodszy dryas. Roślinność początkująca rozwój torfowiska wskazuje na warunki zbliżone do starorzecza.

Geneza utworów ilastych (powyżej 50% łąk), podścielających torfowisko, jest trudna do wyjaśnienia na stożku modelowanym przez rzekę roztokową z grubym materiałem. Większa część stożka zarówno starsza centralna, jak i młodsza wschodnia z wyraźnymi korytami zbudowana jest do stropu z grubych alumiów z otoczkami granitowymi. Przymierzam, że utwory ilaste powstawały w rezultacie wytrącania ze stagnujących wód powodziowych. Okresem sprzyjającym zalewaniu nasady stożka i wprowadzaniu wód powodziowych do zamierających koryt na zachodniej poboczniczy był okres rozcinania nasady stożka, a więc formowania stopnia terasowego 7—8 m wysokości, poniżej Koniówki. Prawdopodobnie był to okres schyłku późnego glacjału, do młodsze dryasu włącznie, na co wskazuje analiza pyłkowa łąk podścielających torfowisko Rękowiańskie.

Współczesnemu korytu i równinie aluwialnej Czarnego Dunajca towarzyszy terasa wysokości 2,5—3 m, która w strefie nasady stożka ma 4—5 m. Terasa ta jest lepiej rozwinięta między Długopolem a Ludźmierzem. Nie wiadomo, z jakim okresem holocenu wiązać tę terasę. Data 4570 ± 100 BP (Gd-2586) odnosi się do szczątków organicznych zachowanych między stropem żwirów stożka późnoglacialno-holocenijskiego Czarnego Dunajca a pokrywą stokową o miąższości 1 m u podnóża garbu Domańskiego (Ryc. 4). Data ta wskazuje, że rozcięcie stożka i utworzenie terasy 3 m można by wiązać z początkiem okresu subborealnego.



Ryc. 9. Przypuszczalny przebieg uskoków i spękań opracowany na podstawie mapy geomorfologicznej. Występowanie „zatok” w przebiegu północnej granicy Kotliny między Załucznym a Ludźmierzem: P — zatoka Pieniążkowice, D — zatoka Długopola, K₁ i K₂ — zatoki Krauszuwa. Ujście Lepietnicy i Rogoźnika do Dunajca stanowi NE wierzchołek równoległoboku Kotliny Orawskiej (w kole). 1 — duże podcięcia stoków (stoki tektoniczne?), 2 — strome stoki bez wyraźnych krawędzi, 3 — wyraźne krawędzie teras, 4 — niewyraźne krawędzie, 5 — przypuszczalny przebieg uskoków, 6 — bloki obniżone i podnoszone, 7 — spłaszczenia terasowe, 8 — torfowiska i zatofienia, 9 — terasa późnoglacialna, 10 — równina drobnomeandrowa, 11 — równina drobnomeandrowa, 12 — paleomeandry, 13 — małe dolinki ze stożkami u wylotu, 14 — osuwisko skalne 15 — rowy mellioracyjne, 16 — wiek teras (W — wümrski, LG — późnoglacialny, H — holocénski), 17 — „zatoki tektoniczne”

Fig. 9. Assumed trends of both faults and fractures based on the analysis of the geomorphological mapping. Between Załuczne and Ludźmierz the northern margin on the Orawa Basin is marked by the occurrence of characteristic "embayment": P — embayment of Pieniążkowice, D — embayment of Długopole, K₁ and K₂ — embayments of Krauszuw. The encircled junctions of the streams Lepietnica and Rogoźnik with Czarny Dunajec correspond to the NE corner of the basin parallelogram: 1 — high undermined slopes (tectonic scarps?), 2 — steep slopes without marked edges, 3 — well defined terrace edges and others, 4 — less well defined edges, 5 — assumed trend of fault, 6 — sinking or rising blocks, 7 — terrace flats, 8 — mires and swamps grounds, 9 — late glacial terrace, 10 — braided plain, 11 — plain with fine meanders, 12 — paleomeanders, 13 — small valleys and associated fans, 14 — rock slide, 15 — amelioration ditches, 16 — terrace ages (W — Würm, LG — Late Glacial, H — Holocene), 17 — "tectonic embayments"

Początek okresu subborealnego w Tatrach zaznaczył się zwilgoceniem i rozwojem torfowisk (A. K o t a r b a, wiadomość ustna). Młodszym okresem, z którym można by wiązać rozcięcie stożka i utworzenie terasy 3 m jest faza zwilgotnienia stwierdzona przez O b i d o w i c z a (1988, 1989) w profilu z Puścizny Rękowiańskiej i korelowana z oscylacją Löb-ben w Alpach.

Brak granicy morfologicznej między częścią późnoglacialną i młodszą holocenią wskazuje na przetrwanie tendencji do wginania w tej części Kotliny. Większe rozcięcie nasady stożka i większe jej nachylenie świadczy o przetrwaniu tendencji podnoszenia tektonicznego przy południowym brzegu Kotliny, chociaż samo rozcięcie stożka ma aspekt klimatyczny. Zasięg współczesnej subsydencji zdaje się wyznaczać część równiny aluwialnej przy północnym brzegu Kotliny koło Pieniążkowic, odznaczającej się niezwykle dla roztokowego środowiska układem drobnoeandrowym paleokoryt, występującym u ujścia potoku Piekienika Pieniążkowickiego do Czarnego Dunajca (Ryc. 8, 9). Tylko wierceniem można potwierdzić przypuszczenie, że aluwia Piekienika przykrywają utwory Czarnego Dunajca.

WNIOSKI KOŃCOWE

Kotlina Orawska zasięgiem dowiązuje do funkcjonującego między badenem a środkowym pliocenem zapadliska tektonicznego. Obecnie jest kotliną erozyjną, która rozwijała się od górnego pliocenu dzięki rozcinaniu i wyprzątaniu małoodpornych utworów budujących zapadlisko. Rozcinanie i wyprzątanie było możliwe w warunkach podnoszenia tektonicznego obszaru Kotliny wraz z otaczającymi Podhalem, Tatrami i Beskidami. Warunki takie zaistniały po ustaniu subsydencji, najprawdopodobniej w górnym pliocenie, gdyż najmłodsze utwory zapadliska reprezentowane przez górną część serii Domańskiego Wierchu są wieku środkowopliocenijskiego — dak (O s z a s t, S t u c h l i k 1977). Wniosków tych nie można odnosić do północno-wschodniej części Kotliny Orawskiej ze względu na czwartorzędowe zapadlisko Wróblówki.

W górnym pliocenie najprawdopodobniej Kotlina Orawska była odwadniana do Wagu przez pogłębiający się przełom antecedeny Orawy koło Twardoszyna. Wskazują na to kierunki drenażu Białej i Czarnej Orawy oraz górnej Lepietnicy i kierujących się ku północnemu zachodowi dolin Ratułowa i Górnej Cichej na Pogórzu Gubałowskim.

Istotną zmianę w rozwoju Kotliny spowodowało tworzenie się zapadliska Wróblówki, jednego z zapadlisk tektonicznych u podnóża Gorców. Takie jest zapadlisko Frydmana i zapadlisko Nowego Targu. W Nowym Targu 8 wierceń hydrogeologicznych nie przebiło utworów czwartorzędowych do głębokości 60 m (C h o w a n i e c, G i e r a t-N a w r o c k a,

Witek 1981; W at y c h a 1976c), a prezentowany w czasie wycieczki PTGeol. w 1989 r. rdzeń głębokiego wiercenia dokumentuje 100 m serię rzeczną, w tym górne 60 m z materiałem tatrzańskim, spoczywającą bezpośrednio na fliszu. Powstanie zapadliska Wróblówki najprawdopodobniej zwiększyło zasięg Kotliny Orawskiej od północnego wschodu i umożliwiło odwodnienie Kotliny na wschód. Zapadlisko Nowego Targu umożliwiło rozwój doliny Cichego — Rogoźnika. Prawdopodobna jest łączność tych zapadlisk, z czym może się wiązać nietypowy zatokowy przebieg północnego obrzeżenia między Załucznym a Ludźmierzem. Osady wypełniające zapadlisko Wróblówki uważane są za czwartorzędowe (M o j s k i, W a t y c h a 1984) i świadczą od spągu o aktywności Czarnego Dunajca płynącego z Tatr. Za W a t y c h ą (1977b) przyjmuję hipotezę erozji wstecznej koło Kojaszówki i kaptazu tatrzańskiej części dorzecza Czarnego Dunajca. Wiek kaptazu można określić na schyłek pliocenu lub początek czwartorzędu.

Formowanie się zapadliska Wróblówki w istotny sposób zaburzało rozwój systemu teras w Kotlinie Orawskiej. W konsekwencji w polskiej części Kotliny Orawskiej można wyróżnić trzy obszary różniące się rzeźbą: część południową, północno-wschodnią i zachodnią.

a) W części p o ł u d n i o w e j Kotliny przeważało rozcinanie, dlatego oprócz najstarszej pokrywy z Suchej Hory (dolny czwartorzęd ?) zachował się tylko duży płat terasy würmskiej, a w dnie rozcięta na 7—11 m nasada stożka późnoglacialnego. Odsłanianie się w korycie ilów plioceńskich między Chochołowem, Koniówką i Podczerwonym potwierdza erozyjny charakter obszaru podnoszonego w czwartorzędzie.

b) Poniżej Podczerwonego brak wyższych poziomów terasowych więc rozległy stożek wypełniający całe szerokie dno p ó ł n o c n o - w s c h o d n i e j części Kotliny jest morfologicznym wyrazem tworzenia się zapadliska Wróblówki, podobnie jak duża podmokłość i zatorfienie obszaru na północ od wsi Czarny Dunajec. Dlatego można przypuszczać, że zapadlisko Wróblówki było aktywne w ciągu całego czwartorzędu.

c) W części z a c h o d n i e j stwierdzono 4 poziomy terasowe utworzone przez Czarny Dunajec płynący na zachód. Poziomy te są starsze od terasy z ostatniego zlodowacenia i wskazują na rozcinanie podnoszonego obszaru w czwartorzędzie.

O złożoności rozwoju Kotliny Orawskiej świadczy równoczesność oddziaływania na wschód i na zachód w czwartorzędzie, jak i deformacje tektoniczne powodujące, że w zachodniej części dochodziło do formowania poziomów terasowych, a we wschodniej w warunkach subsydencji utworzone niesione głównie przez Czarny Dunajec wypełniały zapadlisko.

LITERATURA

- Baumgart-Kotarba M., 1983. *Kształtowanie koryt i teras rzecznych w warunkach zróżnicowanych ruchów tektonicznych (na przykładzie wschodniego Podhala)*. Prace Geogr. IG PZ PAN, 145, 1—119.
- Baumgart-Kotarba M., 1988. *Fluvial activity in the Orawa Basin in Late-glacial and Holocene times*. [w:] *Lateglacial and Holocene environmental changes, Vistula basin*, 1988. 83—86.
- Baumgart-Kotarba M., 1989. *Próba rekonstrukcji rozwoju stożka aluwialnego Czarnego Dunajca w okresie późnego glacjału i holocenu*. Sprawozd. z posiedz. Komisji Nauk. PAN, Oddz. Kraków, VII—XI 1987, 115—116.
- Birkenmajer K., 1958. *Przewodnik geologiczny po Pienińskim Pasiu Skalkowym*. Wyd. Geol., Warszawa.
- Birkenmajer K., 1976. *Plejstoceńskie deformacje tektoniczne w Szaflarach na Podhalu*. Roczn. PTGeol., 46, 3, 309—323.
- Birkenmajer K., 1978. *Neogene to Early Pleistocene subsidence close to the Pieniny Klippen Belt, Polish Carpathians*. *Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica*, 12, 17—28.
- Birkenmajer K., Stuchlik L., 1975. *Early Pleistocene Pollen-bearing sediments at Szaflary, West Carpathians, Poland*. *Acta Palaeobotanica*, 16, 2, 113—146.
- Cieszkowski M., Olszewska B., 1986. *Malcov beds in Magura nappe near Nowy Targ, Outer Carpathians, Poland*. *Annales Soc. Geol. Pol.*, 56, 1—2, 53—71.
- Chowaniec J., Gierat-Nawrocka D., Witek K., 1981. *Objaśnienia do mapy hydrogeologicznej Polski 1:200 000*. Warszawa.
- Chowaniec J., Witek K., 1985. *Dokumentacja hydrogeologiczna w kat. „C” dla ujęcia wody zaopatrującej wodociąg wiejski użytkowany przez Spółkę Wodociągową w Jablonce*.
- Dokumentacja złoża torfu „Puścizna Pierogowska”*. 1955. Torfoprojekt.
- Fusan S., Kodym O., Matejka A., Urbanek L., 1967. *Geologická mapa CSSR 1:500 000*. Praga.
- Habbe K. A., Rögner K., 1989. *The Pleistocene Iller Glaciers and their outwash fields* [w:] *Landforms and Landform evolution in West Germany*. *Catena Supplement*, 15, 311—328.
- Halicki B., 1930. *Dyluwialne zlodowacenie północnych stoków Tatr*. Sprawozd. Pol. Inst. Geol., 5, 3—4, 377—534.
- Klimaszewski M., 1948. *Polskie Karpaty Zachodnie w okresie dyluwialnym*. Prace Wrocław. Tow. Nauk., B, 7.
- Klimaszewski M., 1950/51. *Rzeźba Podhala*. *Czas. Geogr.*, 21—22, 237—250.
- Klimaszewski M., 1966. *Views on the Geomorphological development of the Polish Western Carpathians during the Quaternary* [w:] *Geomorphological Problems of Carpathians*, *Geogr. Pol.*, 10, 51—88.
- Klimaszewski M., 1967. *Polskie Karpaty Zachodnie w okresie czwartorzędowym* [w:] *Czwartorzęd Polski*, 431—497.
- Klimaszewski M., 1972. *Karpaty Wewnętrzne* [w:] *Geomorfologia Polski*, 1, PWN, 25—52.
- Klimaszewski M., 1988. *Rzeźba Tatr Polskich*. 1—668.
- Książkiewicz M., 1972. *Karpaty*. *Tektonika*, 3. Budowa geologiczna Polski.
- Małecka D., 1982. *Mapa głównych jednostek geologicznych Podhala i obszarów przyległych 1:100 000*. Wyd. Geol.

- Mojski J. E., Watycha L., 1984. *Tatry i Kotlina Nowotarska* [w:] *Budowa geologiczna Polski*, 1, Stratygrafia 3b, Warszawa.
- Niedzielski H., 1971. *Tektoniczne pochodzenie wschodniej części Kotliny Nowotarskiej*. Roczn. PTGeol., 41, 2, 397—408.
- Obidowicz A., 1988. *The Puścizna Rękowońska raised bog* [w:] *Late Glacial and Holocene environment changes, Vistula basin*, 1988, 87—90.
- Obidowicz A., 1989. *Type Region P-a: Inner West Carpathians — Nowy Targ Basin*. Acta Palaeobotanica, 29, 2, 11—15.
- Oszast J., 1973. *The pliocene profile of Domański Wierch near Czarny Dunajec in the light of palynological investigations (Western Carpathians, Poland)*. Acta Palaeobotanica, 14, 1, 1—42.
- Oszast J., Stuchlik L., 1977. *Roślinność Podhala w neogenie*. Acta Palaeobotanica, 18, 1, 45—86.
- Plewa K., 1969. *Analiza pokryw zwirowych w Domańskim Wierchu*. Folia Geogr., ser. Geogr. Phys., 3, 101—115.
- Romer E., 1929. *Tatrzańska epoka lodowa*. Wybór prac, t. II, 1961.
- Starkel L., 1980. *Przeglądowa mapa geomorfologiczna Polski 1:500 000 ark.* Kraków, Inst. Geografii i PZ PAN.
- Starkel L., 1988. *Remarks on the Quaternary Stratigraphy of the Polish Carpathians and their Foreland*. Quaternary Studies in Poland, 8, 49—59.
- Urbanik J., 1960. *Wiercenie na Domańskim Wierchu w Kotlinie Nowotarskiej koło Czarnego Dunajca*. Kwart. Geol., 4, 3, 787—799.
- Watycha L., 1968. *Karta otworu wiertniczego Wróblówka, IG 1*.
- Watycha L., 1973. *Utworki czwartorzędowe w otworze wiertniczym Wróblówka na Podhalu*. Kwart. Geol., 17, 2.
- Watycha L., 1976a. *Neogen niecki orawsko-nowotarskiej*. Kwart. Geol., 20, 3, 575—585.
- Watycha L., 1976b. *Szczegółowa mapa geologiczna Polski. Arkusz Czarny Dunajec 1:50 000*.
- Watycha L., 1976c. *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. Arkusz Nowy Targ 1:50 000*. Inst. Geol., Warszawa, 1—101.
- Watycha L., 1977a. *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. Arkusz Jabłonka 1:50 000*. Inst. Geol., Warszawa, 1—72.
- Watycha L., 1977b. *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. Arkusz Czarny Dunajec 1:50 000*. Inst. Geol., Warszawa, 1—102.
- Watycha L., 1977c. *Szczegółowa mapa geologiczna Polski. Arkusz Jabłonka 1:50 000*.
- Woźny E., 1976. *Stratygrafia młodszego trzeciorzędu niecki orawsko-nowotarskiej na podstawie malakofauny słodkowodnej i lądowej*. Kwart. Geol., 20, 4, 589—595.
- Zuchiewicz W., 1984. *The Late Neogene — Quaternary tectonic mobility of the Polish West Carpathians, a case study of the Dunajec drainage basin*. Annales Soc. Geol. Pol., 54, 1—2, 133—189.
- Zuchiewicz W., 1985. *Wykształcenie utworów czwartorzędowych w środkowej części dorzecza Dunajca*. Biul. Inst. Geol., 348, 45—87.

SUMMARY

M. Baumgart-Kotarba

THE GEOMORPHOLOGICAL EVOLUTION OF THE INTRAMONTANE
ORAWA BASIN ASSOCIATED WITH NEOTECTONIC MOVEMENTS
(POLISH CARPATHIANS)

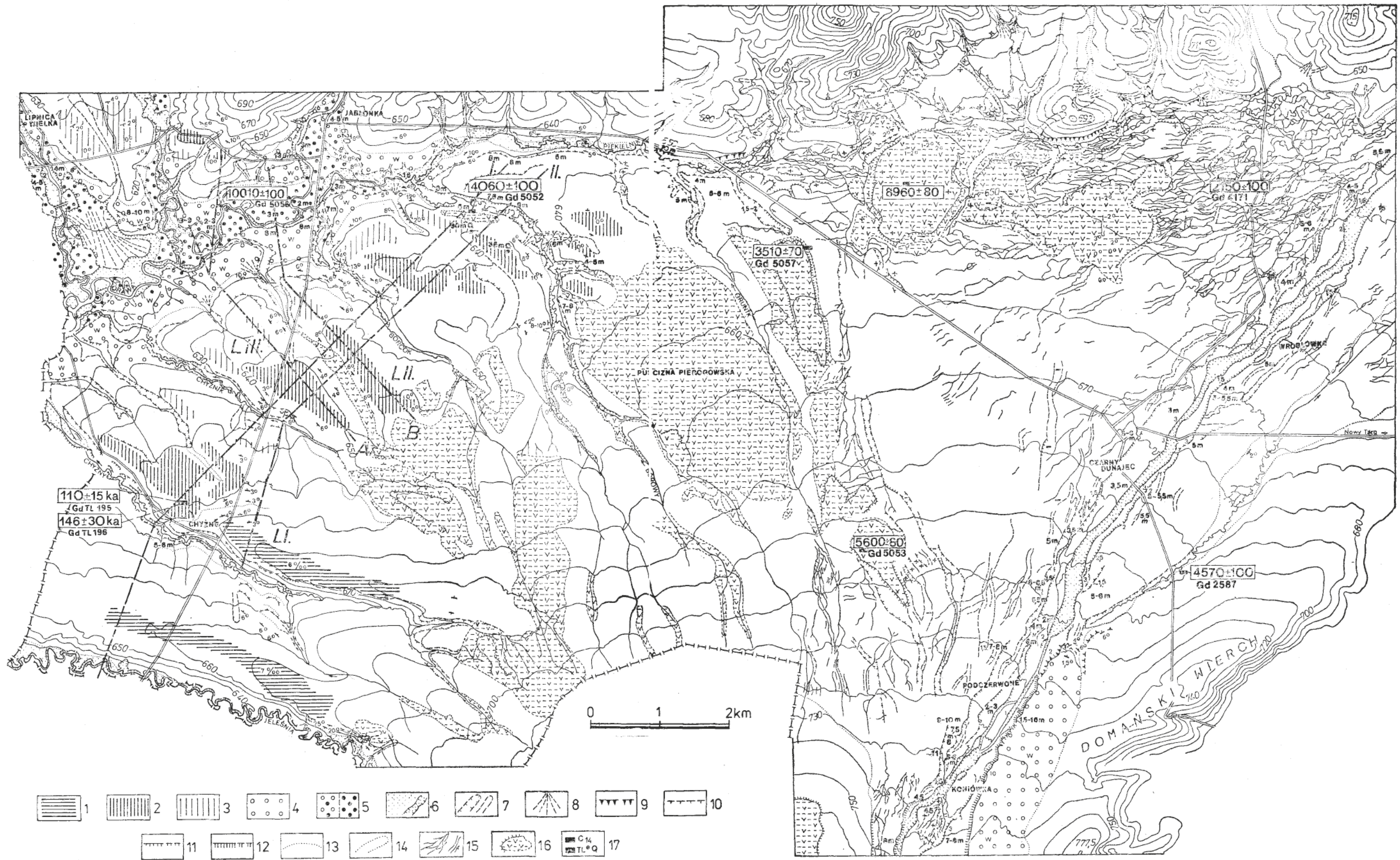
This paper is designed to reconstruct events leading to the formation of the present relief of the Orawa Basin. To what degree is the basin a tectonic landform? What was the origin of the composite fan system laid down by the Czarny Dunajec river? The results obtained are based on geomorphological mapping on a scale of 1:10 000, and on the examination of both landforms and sediments. Aerial photo analysis on a scale of 1:8000 was used to establish the palaeochannel pattern and to reconstruct the flow direction on the surface of the extensive Late glacial and Holocene alluvial fan.

The Orawa Basin is an intramontane depression situated at the boundary of the Outer Carpathians and the Inner Carpathians (Fig. 1). The present limits of the basin are mostly controlled by the extent of the Neogene sediments, 950—450 m thick, except the NE part of the basin. The mainly fault-bounded Orawa Basin was subsiding throughout the Upper Badenian, Sarmatian, Pannonian, Pontian and Dacian. The Neogene comprises fluvial deposits of flood-plain/backswamp type. These are less resistant in comparison with the surrounding Magura and Podhale flysch rocks. The erosional evolution of the basin was related to the general uplift which was initiated probably during the Upper Pliocene. Less resistant sediments became dissected and subsequently removed by the Orawa river flowing towards the antecedent gap at Twardoszyn. The formation of the new tectonic Wróblówka depression in the NE part of the Orawa Basin was the next important tectonic impact on basin evolution. At Wróblówka, 112 m of Quaternary deposits including Tatra-derived rounded pebbles were found to overlie directly the Magura flysch, i.e. beyond the limits of the Neogene basin. This also indicates the eastward drainage direction of the Czarny Dunajec river.

The Quaternary relief of the Orawa Basin was modelled mainly by the Czarny Dunajec which flowed either alternately or at some periods simultaneously toward the Wag (Black Sea) and the Vistula (Baltic Sea). In the western rising and dissected part of the Orawa Basin three morphological levels may be reconstructed. These include remnants of different terraces at: I — 80—60 m, II — 50—40 m and III — 35 m being older than the Würm terrace, 8—10 m high. A still higher level at 700 m a.s.l. (100 m) is less distinct (Fig. 4, 5). The alluvial sheets, 2—5 m thick, which contain Tatra-derived rounded pebbles (granite, gneisses, quartzites) indicate drainage by the Czarny Dunajec in a westerly direction. The formation of this terrace system postdates the dissection of the oldest (Lower Quaternary ?) alluvial sheet corresponding to the Sucha Hora—Rudno level found close to the Czarny Dunajec river, where it enters the basin. The interpretation of the formation of the terrace system discussed by the present author (Fig. 7) differs from the view expressed by Halicki in 1930 (Fig. 3).

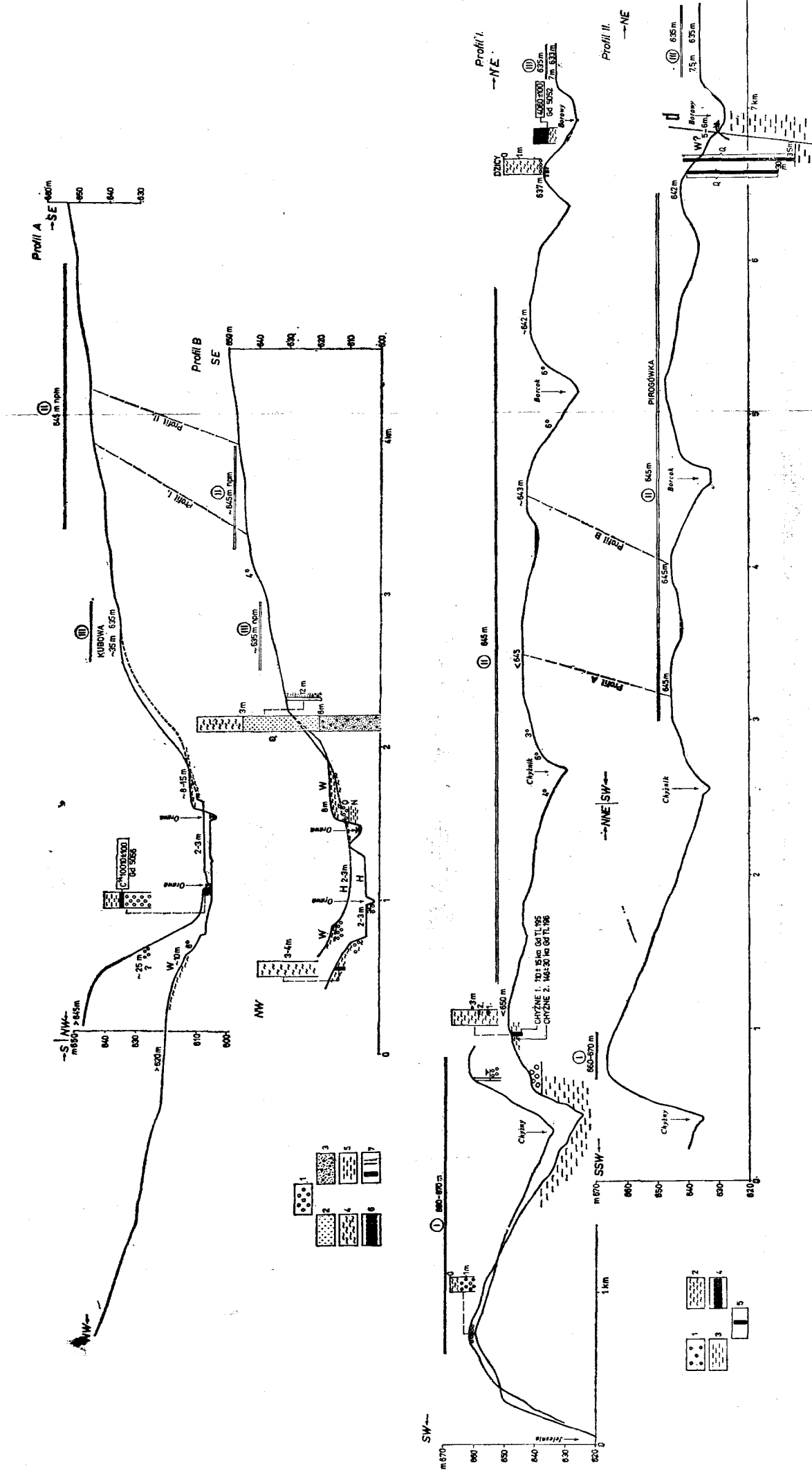
The evolution of the eastern part of the Orawa Basin was closely controlled by subsidence of the Wróblówka graben. In its eastern part the basin is occupied by the extensive alluvial fan of regular shape laid down by the Czarny Dunajec river. The fan radius is 10—12 km (in length). The fan apex is situated in the southern rising part of the basin, where it is dissected to a depth of 7—11 m. Downstream of the village Czarny Dunajec the fan is changing in width from

5 km to as much as 10 km. In its northern part the extensive, wet fan surface is occupied by a peat bog. Its development may be due to subsidence affecting the close vicinity of the Wróblówka depression (Fig. 4, 8). The alluvial fan with distinct traces of braided channels seems to be of Holocene age. In its western and northern parts the fan surface is formed of clayey and silty-clayey deposits which indicate a rather Late glacial age, since in the light of palaeobotanical analysis the clay underlying the Holocene peat which has been dated at 8960 ± 80 years BP refers to the Younger Dryas. Farther to the west, the fan segment to which a Würm age has been ascribed seems to be a transitional feature between the rising western part of the Orawa Basin and its sinking NE part. This area corresponds to the zone of assumed NW—SE faulting.



Ryc. 4. Mapa geomorfologiczna złożonego stożka Czarnego Dunajca w Kotlinie Orawskiej. Zachodnia część stożka rozcięta radialnie. Trzy poziomy L I, L II, L III związane z odpływem Czarnego Dunajca na zachód. Wschodnia część stożka stanowi równinę aluwialną roztokową utworzoną w czasie późnego glacjału i w holocenie: 1 — poziom L I, 2 — poziom L II, 3 — poziom L III, 4 — terasa würmska, 5 — późnoglacialna i wczesnoholocenska terasa Orawy, 6 — współczesna równina aluwialna Czarnego Dunajca, 7 — niecki i małe dolinki, 8 — stożki, 9 — podcięcia stokowe, 10 — krawędzie, 11 — krawędzie niższych teras, 12 — krawędzie wyższych teras, 13 — zasięg płaskiego dna, 14 — zasięg den dolin, 15 — rynny i ślady koryt, 16 — torfowiska wysokie, 17 — lokalizacja wierceń hydrogeologicznych (przysiółek Dzicy), dat C-14 i TL

Fig. 4. Geomorphological map showing the composite Czarny Dunajec fan within the Orawa Basin. The western part of the fan is dissected radially. The three levels L I, L II, L III are related to the westward drainage direction of the Czarny Dunajec river. The eastern part of the fan is a braided alluvial plain formed during the Late Glacial and Holocene: 1 — level L I, 2 — level L II, 3 — level L III, 4 — Würm terrace, 5 — Late Glacial and early Holocene Orawa terrace, 6 — present-day Czarny Dunajec alluvial plain, 7 — dellien and small valleys, 8 — fans, 9 — undermined slopes, 10 — edges, 11 — lower terrace edges, 12 — higher terrace edges, 13 — extent of the flat floor, 14 — extent of the valley floors, 15 — troughs and traces of channels, 16 — raised peat bogs, 17 — location of hydrogeological drillings (at Dzica), and of C-14 and TL datings



Ryc. 5. Poziomy terasowe I-III w rozciętej części Kotliny Orawy: 1 — seria żwirowa aluwialna, 2 — piaski, 3 — piaski ze żwirami, 4 — gliny pylaste pokryw soliflukcyjnych i proluwialnych, 5 — ily neogénskie, 6 — ropy neogénskie, 7 — lokalizacja stanowisk. Profile I i II z rekonstruowanymi poziomami: 1 — żwir z otoczkami materiału tatrzańskiego, 2 — pokrywy glin pyłowych z datami TL, 3 — ropy neogénskie, 4 — torfowiska, 5 — lokalizacja stanowisk, 6 — uskok Borowego z linią pulsujących źródeł. Lokalizacja profili na Ryc. 4

Fig. 5. Terrace levels I-III occurring in the dissected part of the Orawa Basin. Sections A and B across the Orawa valley: 1 — alluvial gravel series, 2 — sand, 3 — sands and gravels, 4 — silty clay, solifluction and proluvial sheets, 5 — Neogene clays, 6 — Neogene clays, 7 — location of sites. Profiles I and II include reconstructed levels: 1 — gravels with rounded pebbles of Tatric provenance, 2 — silty clay sheets, 3 — silty clay sheets, 4 — silty clay sheets, 5 — Neogene clays, 6 — Neogene clays, 7 — location of sites, d — Borowy fault with a line of pulsating sources. Location of the profiles on Fig. 4