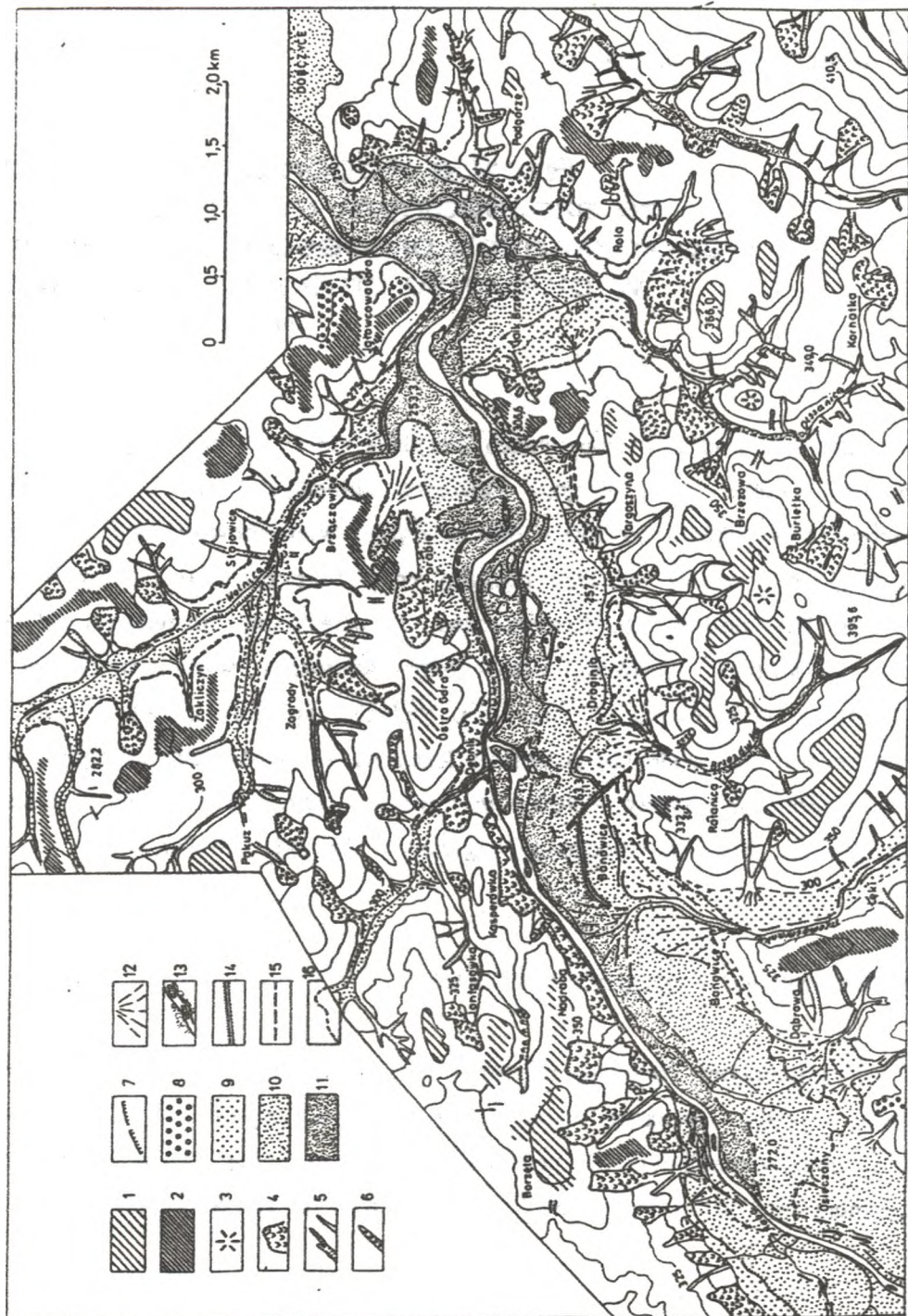


Rzeźba Pogórza Wielickiego ze szczególnym uwzględnieniem współczesnych procesów stokowych w otoczeniu zbiornika wodnego w Dobczycach

Zbiornik wodny w Dobczycach znajduje się w obrębie Pogórza Wielickiego, które jest wyżyną fliszową składającą się z szerokich garbów o wysokości od 350 - 420 m n.p.m. Wierzchowiny tych garbów układają się w dwa wyraźne poziomy rozcięte przez dolinę Raby i inne mniejsze doliny, np. Krzyworzeki, Trzemesnianski, Brzezówki, Młynówki i Wolnicy. Wysokości bezwzględne szerokich, wyrównanych garbów rosną w kierunku południowym. Najniżej położony punkt na badanym terenie znajduje się w dolinie Raby na wysokości 243 m n.p.m. w Dobczycach, najwyższy - 400,4 m n.p.m. - leży w południowej części (Droginiak). Różnica wysokości względnych dochodzi do 157,4 m.

WIERZCHOWINY I POZIOMY ZRÓWNAN

Najstarszymi formami rzeźby terenu są spłaszczenia wierzchowinowe, których szerokość waha się od 50 - 400 m (ryc. 1). Nachylenie w obrębie wierzchowin nie przekracza 4° . Przechodzą one niewyraźnym załomem w stoki o małym nachyleniu wahającym się od $7 - 12^{\circ}$.



Wzdłuż doliny Raby występują wyraźne fragmenty dwóch poziomów zrównań: pogórskiego i przydolinnego. Poziom pogórski leży na wysokości od 350 - 420 m n.p.m. (110 - 140 m nad dno doliny Raby). Szerokość spłaszczeń poziomu pogórskiego systematycznie malała w miarę rozwoju dolin, a niektóre z nich uległy całkowitemu zniszczeniu. Większe fragmenty tego poziomu są dobrze zachowane na gruboławicowych piaskowcach i zlepieńcach istebniańskich dolnych znajdujących się na południe od doliny Raby. Występują one także na Ostrej Górze i na zachód od Brzączowic.

Poziom przydolinny (300 - 320 m n.p.m.) znajduje się na wysokości od 50 - 80 m nad dno doliny Raby. Jest on dobrze zachowany i swą powierzchnią ścina piaskowce oraz zlepieńce istebniańskie dolne u wylotu doliny Trzemeszki, piaskowce i zlepieńce istebniańskie dolne w Gaiku-Brzezowej, piaskowce i zlepieńce istebniańskie dolne w Dębowej i na Górze Jałowcowej oraz warstwy godulskie na Przedmieściu w Dobczycach. Poziom ten jest dobrze zachowany wzdłuż doliny Wolnicy i generalnie występuje w obrębie warstw istebniańskich. Jak wynika z powyższej analizy jego fragmenty zachowały się wzdłuż doliny Raby i Wolnicy w obrębie warstw odpornych i średnioodpornych. Wymienione poziomy zajmują 8% powierzchni badanego terenu.

Ryc. 1. Rzeźba terenu otoczenia zbiornika w Dobczycach

1 - powierzchnia zrównania pogórskiego, 2 - powierzchnia zrównania przydolinnego, 3 - ostańce denudacyjne, 4 - osuwiska, 5 - doliny wciosowe, wąwozy, debrze i parowy, 6 - wądoły, 7 - krawędzie teras rzecznych i stożków napływowych, 8 - zachowane fragmenty pokryw akumulacyjnych ze zlodowacenia krakowskiego, 9 - równina terasy (10 - 15 m) ze zlodowacenia środkowopolskiego, 10 - równina terasy rolnej (4 - 6 m), 11 - równina terasy łęgowej (1 - 2 m), 12 - równiny stożków napływowych, 13 - łachy i kamieńce przykorytowe, 14 - wały przeciwpowodziowe, 15 - zapora

Poziom pogórski wg M. Klimaszewskiego (1934, 1937, 1958, 1987) powstał w dolnym pliocenie, natomiast przydolinny w górnym pliocenie. W ostatnim okresie ukazały się prace (L. Starkel 1969, 1972; R. Malarz, T. Ziętara 1975; A. Henkiel 1977; W. Zuchiewicz 1984), w których przyjmuje się odmłodzenie wieku tych poziomów. Według wyżej wymienionych autorów poziom pogórski ukształtował się w górnym pliocenie, zaś przydolinny na przełomie pliocenu i czwartorzędu lub w starszym czwartorzędzie.

ZALEŻNOŚĆ UKŁADU DOLIN OD BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Dolina Raby od Mszany do Myślenic generalnie biegnie na północ zgodnie z nachyleniem powierzchni inicjalnej, a więc jest doliną konsekwentną. Następnie skręca i biegnie w kierunku północno-wschodnim przez Dobczyce, Gdów do Nieznanowic, by ponownie skręcić na północ. Pewne odcinki doliny nawiązują do wychodni mniej odpornych utworów, a więc na tych odcinkach ma ona charakter subsekwentny. Generalnie jednak należy stwierdzić, że dolina Raby biegnie skośnie zarówno do powierzchni inicjalnej poziomu pogórskiego, który jest pochylony w kierunku północnym, jak i do głównych struktur geologicznych, które biegną z zachodu na wschód. Z powyższego wynika, że jest ona doliną skośną - insekwentną.

Pozostałe doliny można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej z nich należą doliny rozcinające Pogórze Wielickie po prawej stronie Raby: Krzyworzeka, Trzemeśnianka, Brzezówka, Młynówka i inne mniejsze. Najdłuższe z nich (Krzyworzeka) zaczynają się w obrębie Beskidu Wyspowego. Doliny te biegną południkowo, są dolinami diaklinalnymi i wtórnie konsekwentnymi (resekwentne). Po wybudowaniu zapory w Dobczycach w ich wylotach powstały zatoki zbiornika.

Do drugiej grupy należy zaliczyć doliny rozcinające Pogórze po lewej stronie Raby, które w większości są założone w obrębie utworów mniej odpornych. Są one typowymi dolinami subsekwentnymi, przeważającymi w tej części Pogórza Wielickiego (M. Klimaszewski 1946; L. Starkel 1969; T. Ziętara 1980).

Analizując fragmenty poziomu pogórskiego można stwierdzić, że jest on generalnie pochylony do 4° w kierunku północnym. Fragmenty poziomu przydolinnego występują na zboczach doliny zgodnie z jej obecnym biegiem. Jest on również zachowany w subsekwentnych dolinach rozcinających Pogórze Wielickie. Obecny bieg doliny Raby poniżej Myślenic uformował się w czasie tworzenia poziomu przydolinnego.

Dolina Raby ma sterasowane, płaskie dno dochodzące do 1,5 km szerokości. Pomiedzy Górą Kamieniarską i Górą Jałowcową szerokość dna doliny wynosi 0,9 km. Drugie wyraźne zwężenie (ok. 0,6 km) znajduje się pomiędzy Górą Jałowcową a Górą Zamkową. W tym właśnie miejscu wybudowano zaporę w Dobczycach. Poniżej zapory dno doliny Raby ponownie rozszerza się dochodząc nawet do 2 km szerokości. Dwa wyżej wymienione zwężenia w dolinie Raby można uznać za przełomy strukturalne, bowiem w miejscach tych rozcina ona skośnie odporne utwory piaskowców i zlepieńców istebniańskich. Bieg doliny rzeki od Osieczan do Brzączowic jest prostoliniowy, natomiast pomiędzy wspomnianymi przełomami dolina meandruje. Są to meandry wycięte, wymuszone odpornymi warstwami.

WYKSZTAŁCENIE DEN DOLINNYCH

W obrębie dna doliny Raba meandruje i zmienia swoje koryto, głównie przy wysokich stanach powodziowych. Od Osieczan po Targo-

szynę koryto rzeki podcinało północne - lewe zbocze doliny. Spowodowane to było spychaniem głównego nurtu przez boczne, prawe dopływy: Trzemesznicę, Brzezówkę i Młynówkę. Poniżej Targoszyny koryto meandrowało w obrębie dna doliny, podcinając naprzemianległe zbocza. W obrębie dna doliny Raby wyróżniono: koryto, kamieniec, terasę łęgowa, terasę rolną, terasę średnią oraz terasę wysoką.

Koryto Raby było wycięte w poziomie terasy holocenijskiej, a jego szerokość wahała się od 40 - 150 m. Miało ono bieg kręty i miejscami rozdzielało się na kilka odnóg. Dno jego było wyrównane i często wyscielane materiałem piaszczystym lub mułowym. Dużo materiału pylastego dostarczanego do koryta pochodziło z erozji gleb na stokach Pogórza Wielickiego, które w 85% zajęte są przez rolnictwo. Rozwinięcie koryta od Myślenic po Dobczyce wynosiło 1,25. Warkoczowaty bieg koryta występuje obecnie poniżej zapory w Dobczycach (ryc. 1). Wytworzył się on współcześnie, a wyraźne koryta zaznaczają się jeszcze po katastrofalnej powodzi, która miała miejsce w 1934 r. Współczesne koryto uformowało się po powodzi w 1975 r. Na podstawie analizy zmiany biegu koryta Raby można stwierdzić, że istniała tendencja do przesuwania się meandrów w dół biegu rzeki oraz ich przemieszczania w kierunku lewego zbocza na odcinku od Myślenic po Brzeczowice. W przełomowych odcinkach pomiędzy Brzeczowicami a Gdowem dochodziło do naprzemianległego podcinania zboczy. Erozja boczna doprowadziła do dużych stromości zboczy, które w wyniku zachwiania równowagi były modelowane przez grawitacyjne ruchy mas skalnych.

Kamieniec w dolinie Raby pojawia się dopiero od Mszany i towarzyszy rzece aż do jej ujścia (M. Klimaszewski 1948). W środkowym odcinku doliny aż po Myślenice korytu towarzyszy żywy kamieniec, który jest ciągle przenoszony i przesypywany. Składa się on w przeważającej części z piaskowców magurskich i godulskich, które cha-

rakteryzują się dużą odpornością na niszczenie. Większość okruchów piaskowcowych jest obtoczonych, co świadczy o długotrwałości transportu. Poniżej Myślenic, w związku ze zmniejszonym spadkiem, rzeka - zwłaszcza w czasie wyższych stanów - sypie stożek zbudowany z otoczek. Przeważają otoczki płasko-wydłużone (53%) oraz dyskooidalne (31%). Dominują okruchy o średnicy od 5 - 10 cm (50%) oraz od 2 - 5 cm (25%) i od 10 - 15 cm (23%). Obecnie materiał tworzący ten stożek wchodzi w cofkę zbiornika dobczyckiego. U wylotu bocznych dolin znajdują się współczesne stożki żwirowe o słabym obtoczeniu otoczek, świadczące o ich krótkotrwałym transporcie.

Terasa łęgowa jest dobrze wykształcona w odcinku pogórskim w dnie doliny Raby. Jej wysokość waha się od 1 - 2 m, maksymalną osiągając u wylotu dolin bocznych. Terasa łęgowa jest zbudowana głównie ze żwirów przykrytych warstwą gliny, której miąższość jest różna. W Brzeczowicach poniżej Jałowcowej Góry budowa tej terasy od stropu przedstawia się następująco:

- glina żółta 0,5 m
- żwiry dobrze obtoczone o średnicy ok. 5 cm tkwiące w masie gliniastej 0,24 m
- glina piaszczysta 0,25 - 0,17 m
- żwiry słabiej obtoczone z przewagą otoczek o średnicy od 5 - 10 cm, tkwiące w masie gliniastej 0,2 - 0,5 m.

Kilkaset metrów poniżej terasa ta jest zbudowana od stropu:

- z gliny piaszczystej ze żwirami o średnicy do 5 cm 0,25 m
- z drobnego piasku koloru jasnożółtego 0,30 m
- z gliny ilasto-piaszczystej 0,40 m
- ze żwirów o średnicy od 10 - 20 cm.

Analizując powyższe i inne odsłonięcia należy stwierdzić, że na stosunkowo krótkich odcinkach budowa tej terasy jest zróżnicowana.

W materiale żwirowym lub gliniasto-piaszczystym nie zaznacza się warstwowanie.

Bardzo często utwory gliniaste wyklinowują się lub układają w postaci płaskich soczewek. Powierzchnia tej terasy jest falista, pełna nabrzemień i obniżeń oraz starszych koryt, którymi woda przepływa w czasie wyższych stanów. To zróżnicowanie budowy jest typowe dla współczesnej facji powodziowej. Zajęta jest ona pod łąki i pastwiska, a najczęściej porośnięta wikliną. Kamieniec i terasa łęgowa wzdłuż koryta Raby ciągną się pasem szerokości od 150 - 200 m. Corocznie w czasie podwyższonych stanów wód jest ona zalewana, a powierzchnia podnoszona w wyniku akumulacji materiału gliniasto-żwirowego.

Terasa rolna w całości jest terasą akumulacyjną. W odcinku pogórskim jest najlepiej wykształcona i prawie w całości zajęta pod uprawę. Od terasy łęgowej oddziela ją krawędź, a jej wysokość waha się od 4 - 6 m. W odsłonięciu koło Myslenic terasa ta jest zbudowana od stropu:

- z gliny piaszczystej	2 m
- z gliny mułkowej, warstwowanej z piaskiem	1 m
- ze żwirów o średnicy do 20 cm, z przewagą materiału o średnicy od 5 - 10 cm	1,5 m.

W następnej odkrywce przy ujściu Młynówki do Raby budowa tej terasy przedstawia się następująco:

- glina koloru żółto-brązowego	1,2 m
- otoczaki ułożone warstwowo w ciemnoszarej glinie	1,7 m
- utwory piaszczyste z drobnymi, o średnicy do 1 cm, żwirkami	1,6 m.

Z powyższego zestawienia odkrywek oraz licznych wkopów wynika niejednorodny układ warstw. Tylko strop tej terasy jest gliniasty lub gliniasto-piaszczysty i powtarza się we wszystkich odkrywkach.

Na powierzchni tej znajdują się starorzecza, dlatego też zróżnicowanie budowy geologicznej wynika z umiejscowienia odkrywki w zależności od odległości od współczesnego koryta, u wylotu bocznej doliny lub w obrębie starorzecza. Około 60% powierzchni tej terasy w czasie katastrofalnych powodzi znajdowało się pod wodą, co świadczy, że strop jej jest jeszcze współcześnie podnoszony przez akumulację, a więc holoceni. Największą powierzchnię zajmuje ona w dolinach bocznych.

Terasa średnia zachowała się fragmentarycznie po prawej stronie koryta, zwłaszcza u wylotu dolin bocznych w postaci stożków napływowych. Wysokość jej waha się od 10 - 15 m, a wysokość krawędzi ponad terasę rędzinną dochodzi do 5 m. Terasę tę budują karpackie żwiry żelaziste o średnicy do 15 cm, z przewagą mniejszych - od 3 do 6 cm. Przykryte są one warstwowaną gliną brunatną. Przy wierceniu na terenie Myślenic otrzymano następujący profil:

- rumosz i otoczaki piaskowcowe	0,8 m
- rumosz piaskowcowy z gliną piaszczystą	2 m
- glina pylasta popielato-beżowa	2,8 m
- rumosz piaskowcowy i glina pylasta	3,2 m
- rumosz piaskowcowy z piaskiem	5,7 m
- rumosz piaskowcowy ze żwirem	6,7 m
- glina popielato-beżowa	8,3 m
- rumosz piaskowcowy z piaskiem zaglinionym	10 m

Na stokach Borzętowej Góry brak jest teras, ponieważ podcina ją Raba spychana stożkiem Trzemeśniarki. U wylotu tej doliny znajduje się dobrze wykształcony stożek napływowy o wysokości ok. 10 m. Został on włożony w dolinę Raby i ku wschodowi przechodzi w terasę ciągnącą się aż do Drogini. Wyraźna krawędź o wysokości od 4 - 5 m odgranicza ją od terasy rędzinnej. W 8-metrowej studni wykopanej w Banowicach na przejściu stożka w terasę stwierdzono pod warstwą

gliny napływowej o miąższości 5 m trzymetrową warstwę zwietrzałych żwirów. Mało wyraźne fragmenty tej terasy występują w Dobczycach.

Terasa wysoka na badanym terenie zachowała się we fragmentach na stokach Jałowcowej Góry. Jej poziom jest w znacznej części przekształcony przez denudację. Terasa wysoka jest zbudowana z karpaccich żwirów żelazistych o średnicy do 15 cm, z przewagą otoczków od 3 - 6 cm zawierających drobne okruchy skał erratycznych. Na nich leży glina warstwowana i less. M. Klimaszewski (1948) w Osieczanach na wysokości od 17 - 25 m nad poziom Raby stwierdził żwiry o średnicy do 25 cm chaotycznie ułożone i przykryte 3-metrową warstwą gliny zboczowej. Utwory te nazwał typowym tłokiem żwirowym, wśród których znajdowały się także kanciaki. Na badanym obszarze zasięg i miąższość wysokiego zasypania, które doprowadziło do powstania tego poziomu, maksymalnie dochodzi - w okolicach Dobczyc - do 30 m nad poziom doliny Raby. Brak północnego, krystalicznego materiału między Myślenicami a Dobzycami i pojawienie się go dopiero w Dobzycach na Górze Zamkowej (M. Klimaszewski 1948) świadczy, że Łądolód w czasie zlodowacenia krakowskiego sięgnął po przełomowy odcinek doliny w okolicy tej ostatniej miejscowości.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że dolina Raby ma płaskie, szerokie, sterasowane dno. Łądolód w czasie zlodowacenia krakowskiego przykrył Pogórze Wielickie, a w dolinie rzeki sięgnął po Dobczyce. W czasie plejstocenu w okresach glacialnych była ona zasypanywana utworami akumulacyjnymi. Rozcinanie tych pokryw w okresach interglacialnych doprowadziło do powstania akumulacyjnych teras włożonych (M. Klimaszewski 1948). W okresie holocenu została nadsypana terasa rolna, a w całości wytworzyła się terasa łęgowa, na której nadal akumulowane są osady podczas wyższych stanów wody. Sterasowane dno doliny Raby powyżej zapory w Dobzycach aż po Banowice zostało w całości zalane przez wody zbiornika. Współcześnie

zwirowo-gliniasty materiał jest akumulowany w postaci stożka w cofce zbiornika.

ANALIZA NACHYLENIA ZBOCZY DOLIN

Przy analizie zboczy dolin ograniczono się do strefy bezpośrednio przylegającej do zbiornika. Dotyczy to zarówno nachylenia zboczy, ich rozcięcia, jak i modelowania przez współczesne procesy zbozczowe.

Nachylenie zboczy w strefie przydennej doliny Raby oraz dolin bocznych jest zróżnicowane. Największe nachylenie (powyżej 20°) w strefie brzegowej występuje od Borzęty po Porabie w północnej części zbiornika oraz po obydwu jego stronach od Brzaczowic po Dobczyce. Są to fragmenty zboczy, które przed powstaniem zbiornika były podcinane przez erozję boczną. Najmniejsze nachylenia, od $5 - 12^{\circ}$, występują w zatoce, która powstała przez zalanie wylotu doliny Wolnicy, oraz na małych fragmentach w południowej części Gaiku-Brzezowej i w miejscowości Rola. Nachylenia pozostałych fragmentów zboczy mieszczą się w przedziale od $12 - 20^{\circ}$.

Zbocza o największym nachyleniu - powyżej 20° - mają kształt wypukły, zbocza o najmniejszym nachyleniu (do 12°) - kształt wklęsły lub są jednostajnie nachylone w strefie przydennej. Pozostałe zbocza o nachyleniu od $12 - 20^{\circ}$ charakteryzują się kształtem wypukło-wklęsłym.

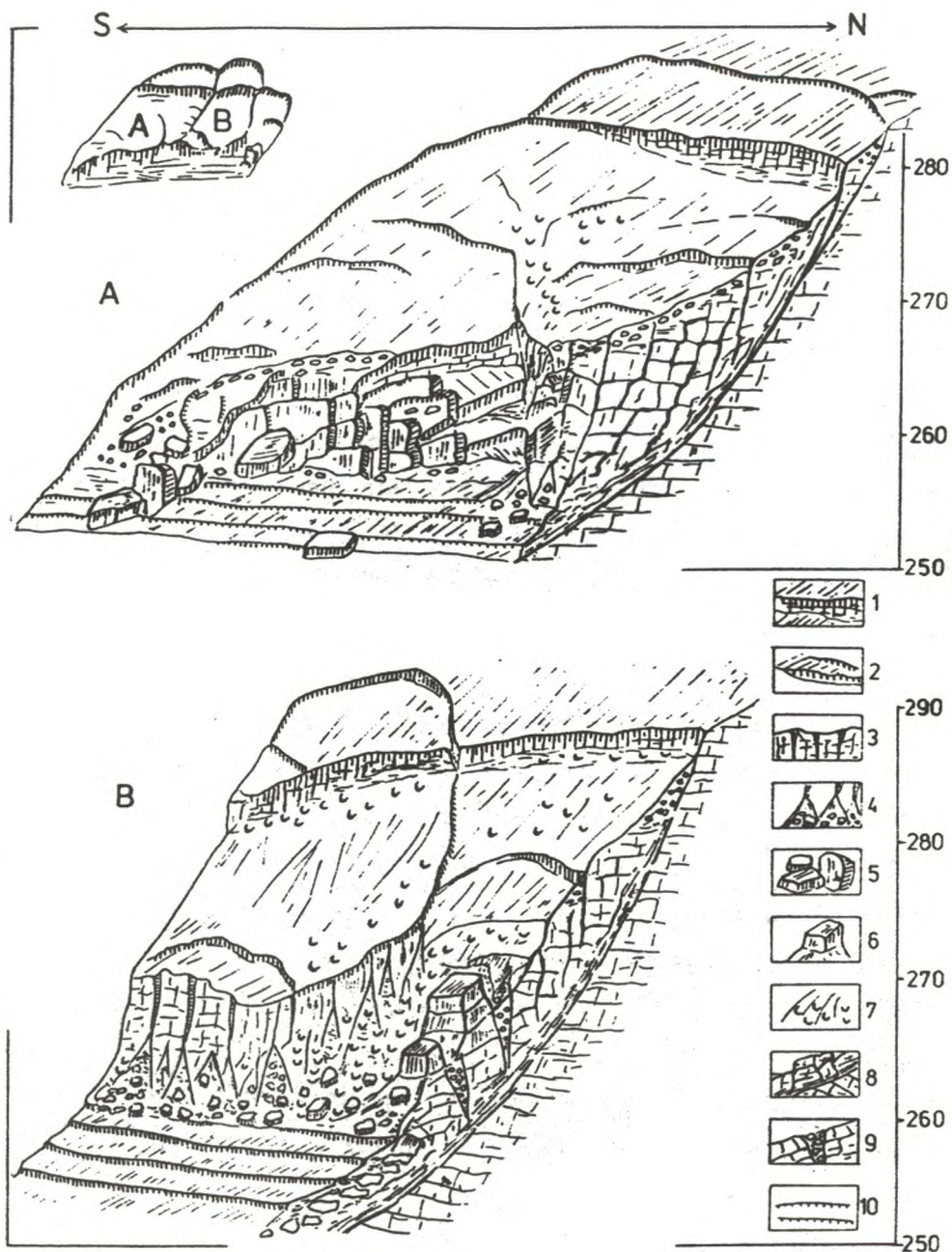
OSUWISKA I POWIERZCHNIE ZŁAZISKOWE

Na badanym terenie osuwiska i powierzchnie złaziskowe zajmują 22,5% powierzchni stokowej. Występują tu osuwiska stokowo-zboczowe, osuwiska w lejach źródłowych oraz osuwiska zboczowe. Te ostatnie są osuwiskami frontalnymi, których szerokość jest większa od długości, a powstanie ich było związane z podcinaniem zboczy przez Rabę. Obecnie osuwiska te znalazły się w strefie brzegowej zbiornika dobczyckiego i dlatego im poświęcono najwięcej uwagi.

Dla przykładu przedstawiono kilka większych osuwisk znajdujących się w tej strefie.

Osuwisko na południowych stokach Góry Zamkowej

Południowe stoki Góry Zamkowej są strome ($48 - 82^\circ$), a miejscami, w postaci ścian skalnych, opadają pionowo w stronę dna zbiornika (ryc. 2). Tworzą je piaskowce istebniańskie dolne zapadające od $28 - 38^\circ$ w kierunku północno-zachodnim. Grubość ławic jest duża i waha się od 1 - 2,5 m. Są one potrzaskane uskokami biegnącymi z północy na południe, którym towarzyszą spękania tektoniczne. Szerokość stref spękań dochodzi do 3 m. Wzdłuż stref dyslokacyjnych powstało głębokie osuwisko o powierzchni 3 ha, zaczynające się wyraźną niszą, miejscami o charakterze ściany skalnej, poniżej której znajdują się wały lub pakiety skalne o różnym upadzie. Miejscami rozsypały się one w gruz skalny. W stosunku do upadu warstw jest to osuwisko insekwentne, a ruch mas skalnych jest równoległy do przebiegu stref dyslokacyjnych. Szerokość osuwiska wynosi ok. 100 m. Dolna jego część jest zalana przez wody zbiornika i w obrębie kolumn skalno-rumoszowych zaczyna się tworzyć klif.



Ryc. 2. Głębokie skalne osuwiska na stokach Zamkowej Góry
 1 - progi nisz osuwiskowych, 2 - rozpadliny i szczeliny, 3 - wysokie ściany skalne, 4 - stoki gruzowo-blokowe, 5 - duże bloki piaskowcowe, 6 - formy skalne, 7 - stoki złaziskowe, 8 - przesunięte masy skalne (piaskowce istebniańskie dolne), 9 - rozpadliny wypełnione gruzem skalnym, 10 - współczesne terasy abrazyjne

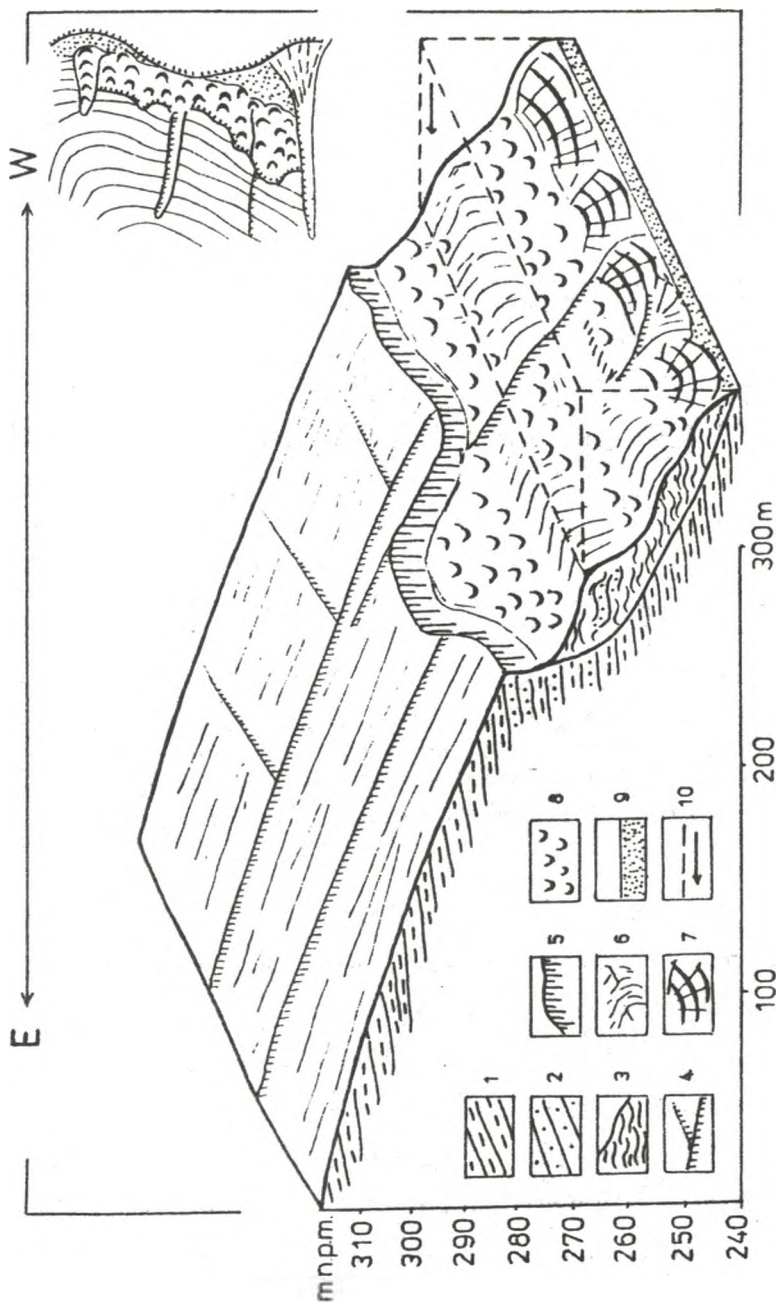
Osuwisko w Przedmieściu

Zbocza o nachyleniu od 18 - 25° opadają w dno zbiornika, które w czasie wysokich stanów było podcinane przez wody powodziowe. U podnóża tego zbocza w obrębie terasy rolnej usytuowane jest starorzecze, obecnie zalane przez wody zbiornika. Kształt zbocza jest schodowo-wypukły. W górnej jego części znajdują się terasy rolne, których krawędzie dochodzą do 1,5 m wysokości, natomiast w dolnej części, w obrębie pstrych łupków i piaskowców godulskich, powstało osuwisko frontalne będące w różnym stadium rozwoju (ryc. 3). Zachodnia jego część o charakterze rynnowym została dokładnie opracowana przez L. Bobera (1975). Powierzchnia osuwiska wynosi 0,325 ha, a objętość koluwiów 19 590 m³. Szerokość zespołu osuwisk frontalnych dochodzi do 300 m, długość nie przekracza 100 m, a powierzchnia wynosi 3,2 ha. Warstwy godulskie tworzą fałd obalony ku północy, zaś ruch mas koluwalnych przebiegał prawie równoległe do osi fałdu. Tak więc osunięcie nastąpiło po biegu warstw (L. Bober 1975). Liczne dyslokacje spowodowały zluźnienia międzyławicowe, a te z kolei ułatwiły poślizg warstw. Płaszczyzna poślizgu powstała w miększych łupkach ilastych poniżej granicy strefy wietrzenia. Łupki te posiadają nieco podwyższoną zawartość montmorylonitu (L. Bober 1975).

Z powyższej analizy wynika, że jest to osuwisko skalne, subsekwentne. Dolna jego część jest zalana przez wody zbiornika.

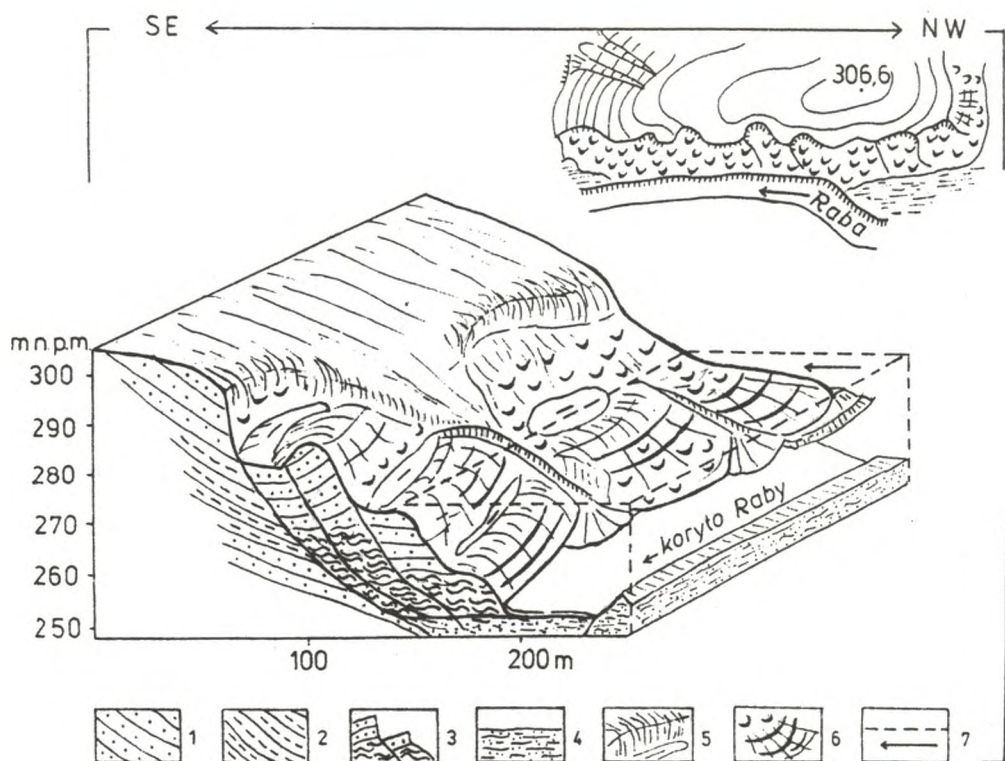
Zespół osuwisk w Gaiku-Brzezowej

Duży zespół osuwisk znajduje się w Gaiku-Brzezowej na zboczu bezpośrednio opadającym w dno doliny Raby, które było wcześniej podcinane przez rzekę. Składa się on z kilku różnowiekowych osuwisk tworzących obecnie osuwisko frontalne (ryc. 4), którego szerokość



Ryc. 3. Osuwisko w Przedmieściu

1 - łupki ilaste z cienkimi wkładkami piaskowców drobno- i średnioziarnistych - warstwy godulskie górne, 2 - piaskowce średnioziarniste z warstw godulskich górnych, 3 - kolumna łupkowo-gliniaste, 4 - krawędzie teras rolnych, 5 - niszce osuwiskowe, 6 - wały osuwiskowe, 7 - języki osuwiskowe, 8 - powierzchnie złączkowe, 9 - żwirny równin akumulacyjnych, 10 - maksymalny poziom piętrzenia wody i kierunku fall



Ryc. 4. Osuwisko w Gaiku-Brzezowej

1 - piaskowce istebniańskie dolne, 2 - łupki istebniańskie, 3 - przesunięte pakiety skalne, 4 - żwiry i gliny teras aluwialnych, 5 - nisza osuwiskowa, 6 - wały osuwiskowe, 7 - maksymalny poziom piętrzenia wody i kierunek fali

dochodzi do 860 m, natomiast długość poszczególnych fragmentów waha się od 60 - 100 m. Powierzchnia zespołu osuwisk wynosi 8,2 ha. Powstały one w obrębie piaskowców i zlepieńców istebniańskich dolnych, o upadzie od $24 - 32^\circ$ w kierunku północno-zachodnim i znajdują się w różnych stadiach rozwojowych. Starsze osuwiska są ograniczone zboczami nisz osuwiskowych o nachyleniu od $15 - 20^\circ$, jezory mają wyrównane, złożone z szeregu niewyraźnych nabrzmiń i obniż. Młodsze, czynne osuwiska posiadają wyraźne krawędzie nisz osuwiskowych, miejscami z wychodniami warstw skalnych. Poniżej nisz osuwis-

kowych znajdują się pęknięcia i wały oddzielone rowami rozpadlinowymi. W związku z ciągłym podcinaniem tych zboczy, zwłaszcza w czasie wysokich stanów wody, osuwiska te w dolnej części były odmładzane i wytworzył się wklęsło-schodowy profil stoku. W niższych częściach tych osuwisk znajdują się liczne bezodpływowe, wewnątrz-osuwiskowe zagłębienia, często zabagnione. W czasie wysokich stanów Raby materiał koluwalny znajdujący się u podnóża zbocza był odprowadzany. Są to osuwiska skalne konsekwentno-obrotowe. Dolna część zespołu osuwisk została zatopiona przez wody zbiornika.

Duży zespół osuwisk znajduje się na lewym zboczu doliny Raby od przysiółka Nad Rabą po Dębniek. Rzeka spychana przez prawoboczne dopływy (Trzemesznianka, Brzezówka, Młynówka) podcinała zbocze na odcinku dochodzącym do 4 km długości. Powstały tu liczne osuwiska, najczęściej frontalne, znajdujące się w różnym stadium rozwojowym.

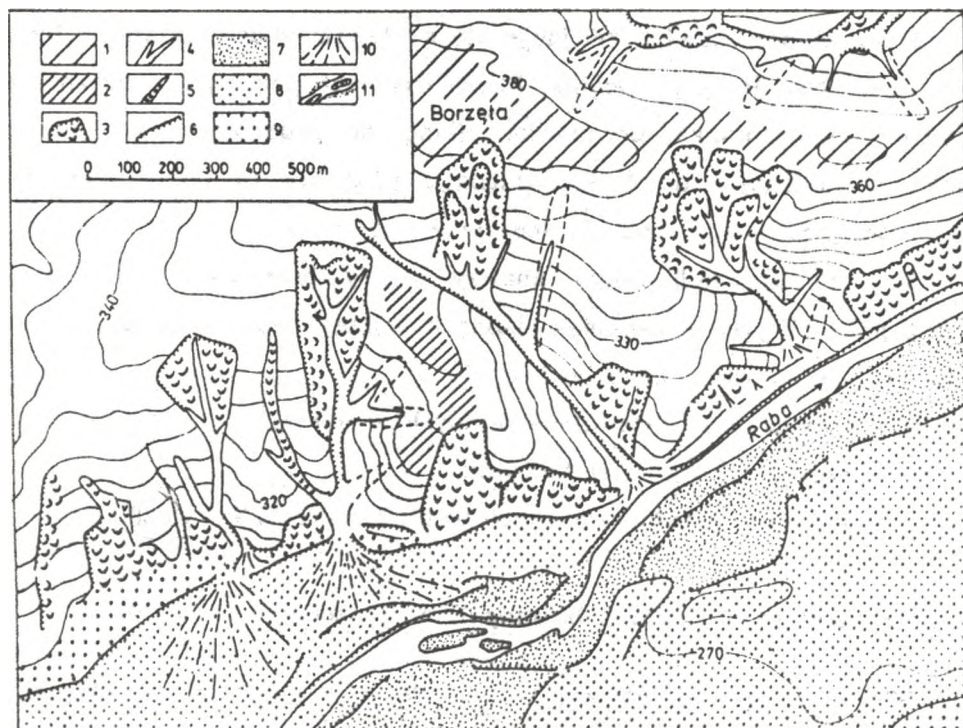
W celu uporządkowania analizy strefy brzegowej modelowanej przez grawitacyjne ruchy mas skalnych, wyżej wymieniony zespół osuwisk można podzielić na 3 odcinki:

- zespół osuwisk frontально-doliny w Borzęcie,
- osuwiska frontalne w Nadrabiu,
- osuwiska frontально-zboczowe w Kasperówce i Przylasku.

Zespół osuwisk frontально-doliny w Borzęcie

Wierzchowina Borzętovej Góry (386 m n.p.m.), o szerokości od 100 - 300 m, jest fragmentem pogórskiej powierzchni zrównania, ścinającej warstwy istebniańskie dolne o upadzie od 10 - 19° w kierunku zachodnim. Opada ona wklęsło-wypukłym skłonem w kierunku południowym, tj. w dno doliny Raby, i jest rozcięta przez doliny wciosowe zaczynające się palczastymi lejami źródłowymi. Długość tych dolin waha się od 0,6 - 1 km. Są to doliny o założeniach plejsto-

censkich, rozległe niecki, które w holocenie zostały rozcięte przez doliny wciosowe o głębokości od 5 - 25 m. W lejach tych dolin znajdują się dochodzące do 12 ha osuwiska skalno-zwierzelinowe (ryc. 5). Miąższość mas koluwialnych składających się z materiału glinia-sto-gruzowego waha się od 4 - 16 m. Przeważają utwory gliniaste, które zajmują ok. 70% koluwiów. W czasie wilgotnych pór roku koluwia te ulegają lokalnie osuwaniu. Biorąc pod uwagę mechanikę prze-



Ryc. 5. Osuwiska na stokach Borzętowej Góry

1 - powierzchnia zrównania pogórskiego, 2 - powierzchnia zrównania przydolinowego, 3 - osuwiska, 4 - doliny wciosowe, wąwozy, debrze i parowy, 5 - wądoły, 6 - krawędzie teras rzecznych i stożków napływowych, 7 - równina terasy (10 - 15 m) ze zlodowacenia środkowopolskiego, 8 - równina terasy rolnej (4 - 6 m), 9 - równina terasy łąkowej (1 - 2 m), 10 - równiny stożków napływowych, 11 - łąchy i kamieńce przykorytowe

mieszczania się mas skalnych, badane osuwiska należy zaliczyć do osuwisk płynnych.

Pomiędzy wylotami wyżej opisanych dolin zbocza są modelowane przez osuwiska frontalne o wyraźnych niszach, powyżej których znajdują się liczne szczeliny i rozpadliny. Długość osuwisk waha się od 100 - 220 m, a szerokość dochodzi do 400 m. Występują one w obrębie warstw istebnińskich dolnych, których upad waha się od $18 - 30^{\circ}$ w kierunku zachodnim. Ruch mas koluwalnych był najczęściej skośny w stosunku do upadu, a więc rozwinęły się osuwiska insekwentne. Powstały one w wyniku podcięcia zboczy przez wody Raby. Łapy tych osuwisk są słabo wykształcone, ponieważ osuwający się materiał był wynoszony podczas wysokich stanów wody.

Osuwiska frontalne w Nadrabiu

Lewe zbocze doliny Raby na długości ok. 1,1 km było podcinane przez wysokie wody rzeki spychane stożkiem napływowym Trzemesnianski. W wyniku erozji bocznej na zboczu została zachwiana równowaga i powstało osuwisko frontalne w piaskowcach i zlepieńcach istebnińskich dolnych o powierzchni 24,5 ha. Składa się ono z licznych wałów zbudowanych z pakietów skalnych, oddzielonych rowami rozpadlinowymi. Głębokość strefy poślizgu waha się od 12 - 18 m. Jest to osuwisko skalno-rotacyjne.

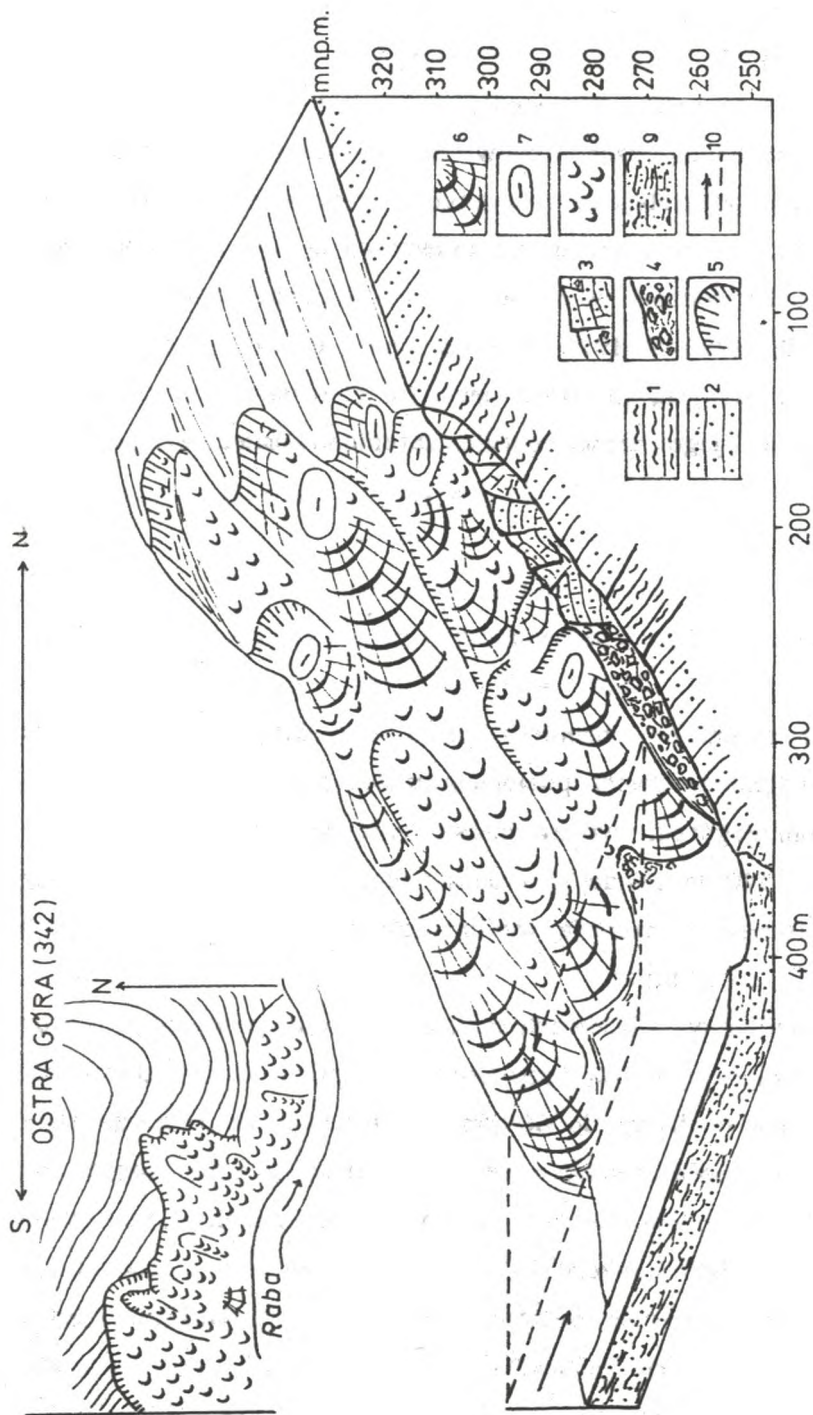
Zespół osuwisk frontalno-zboczowych w Kasperówce i Przyłasku

Poziom pogórski znajdujący się w obrębie Kasperówki (356 m n.p.m.) opada wklęsłym stokiem w dno doliny Raby. Stok ten w górnej części jest zbudowany z pstrych łupków, natomiast w dolnej z warstw godulskich, których upad jest zmienny, maksymalnie dochodząc do 51° w kierunku północno-zachodnim. Na stoku tym rozwinęły się osuwiska,

których długość waha się od 80 - 280 m, a powierzchnia wynosi 20,2 ha. Często nisze tych osuwisk są usytuowane na styku pstrych łupków z warstwami istebniańskimi dolnymi, które występują w obrębie wierzchowin. W dolnej części tych osuwisk znajdują się liczne wtórne nisze świadczące o ich odmładzaniu. Są to osuwiska obsekwentne, obecnie w dolnej części zalane przez wody zbiornika.

Osuwisko na południowych stokach Ostrej Góry

Wierzchowina i górne części stoków Ostrej Góry są założone w obrębie warstw istebniańskich dolnych. W środkowej części stoku ukazują się wychodnie pstrych łupków, natomiast dolne partie są zbudowane z warstw godulskich. Upad warstw waha się od 18 - 48° w kierunku północno-zachodnim. Kształt stoku jest wypukły, u dołu stromy, a nachylenie jego waha się od 14° - w górnej, do 46° w dolnej części. Stok ten u podnóża był podcinany przez wody Raby i Dębnickiego Potoku. Podcięcia te doprowadziły do zachwiania równowagi, w wyniku czego powstało osuwisko frontalne o długości wahającej się od 50 - 250 m (ryc. 6). Szerokość jego wynosi 900 m, a powierzchnia 10,6 ha. Składa się ono z mniejszych osuwisk, które w sumie tworzą duże osuwisko frontalne. W miejscu oderwania materiału powstało kilka nisz osuwiskowych o wyraźnych krawędziach. Głębokość ich dochodzi do 16 m. Są one położone na styku pstrych łupków i warstw istebniańskich dolnych. W obrębie osuwisk znajdują się wtórne, mniejsze, w późniejszym okresie utworzone nisze osuwiskowe. Osuwisko to generalnie składa się z licznych pakietów skalnych oddzielonych rowami rozpadlinowymi. W obrębie tych pakietów usytuowane są wtórne rynny wypełnione materiałem gliniasto-gruzowym, współcześnie podmokłe, w których obecnie mają miejsce ruchy potomne. Miąższość koluwiów waha się od 14 - 19 m.



Ryc. 6. Osuwiska frontalne na południowych stokach Ostrej Góry
 1 - żupki warstw godulskich, 2 - piaskowce godulskie, 3 - przesunięte pakiety piaskowców i żupków godulskich, 4 - kolumium gruzowo-gliniaste, 5 - niska osuwiskowa, 6 - wały i języki osuwiskowe, 7 - zagiębenia wewnątrzosuwiskowe, 8 - zniżka, 9 - żwirry i gliny teras aluwialnych, 10 - maksymalny poziom piętrzenia wody i kierunek fali

Podsumowując należy stwierdzić, że poszczególne części osuwiska na stokach Ostrej Góry powstały w różnym czasie i znajdują się w różnych stadiach rozwoju. Najbardziej wyraźne i najmłodsze formy występują we wschodniej części osuwiska. Widoczne są tu nie tylko wyraźne krawędzie oddzielające poszczególne elementy osuniętych mas skalnych, ale także współcześnie przemieszczające się koluwia. Osuwisko to zostało odmłodzone w dolnej części w czasie powodzi w latach: 1934, 1958, 1960 i 1972. Poślizg mas koluwalnych nastąpił wzdłuż spękań ciosowych, a więc jest to osuwisko konsekwentno-szczelinowe. Dolna jego część została zatopiona przez wody zbiornika.

UWAGI KOŃCOWE

Na badanym terenie w obrębie Pogórza Wielickiego bardzo dobrze zachowały się fragmenty dwóch poziomów zrównań: pogórskiego i przydolinnego. Poziom pogórski tworzy spłaszczenia wierzchowinowe o wysokości od 110 - 140 m ponad dno doliny Raby, natomiast fragmenty poziomu przydolinnego występują wzdłuż doliny rzeki, a wysokość ich waha się od 50 - 80 m n.p.d.

Zapora zbiornika w Dobczycach została zbudowana w dolinie Raby w przełomie strukturalnym pomiędzy Górą Zamkową i Górą Jałowcową. Szerokość przełomu dochodzi do 600 m. Dolina rozcięta Pogórze Wielickie zbudowane z pofałdowanych utworów fliszowych należących do płaszczowiny śląskiej. Jest ona na badanym odcinku doliną insekwentną o dobrze rozwiniętym, szerokim, sterasowanym dnie. Oprócz doliny Raby, Pogórze jest rozczłonkowane dolinami o płaskich, często podmokłych dnach. Deniwelacje dochodzą do 157,4 m.

Zbocza doliny są pokryte pokrywami zwietrzelinowymi o przewodze gliniastych, pochodzącymi głównie z okresu plejstocenskigo. Pokrywy te rozcinają okresowo odwadniane doliny o charakterze wciósów, parowów i wądołów, często porośnięte drzewami i krzewami. Dużą rolę w modelowaniu zboczy odgrywają osuwiska, których powierzchnie stanowią nieużytki trudne do zagospodarowania.

Osuwiska i złaziska zajmują powierzchnię ok. 450 ha, co stanowi 22,5% powierzchni stokowej. Duże ich zagęszczenie występuje w strefie brzegowej zbiornika. Znajdują się tu głównie osuwiska frontalne. Powstały one w miejscach podcinanych przez wysokie wody Raby. Taki zespół osuwisk o długości ok. 6,7 km znajduje się na lewym zboczu od Myślenic aż po wylot doliny Wolnicy. Podobne osuwiska w strefie brzegowej modelują prawe zbocza w Targoszynie, Gaiku-Brzezowej, Podgórzu oraz południowe stoki Góry Zamkowej. Osuwiska występujące w tej strefie zajmują 26,2% długości linii brzegowej. Jeżeli odliczymy długość linii brzegowej zatoki w dolinie Wolnicy, to zalane przez wody zbiornika dolne części osuwisk stanowią 38,7% linii brzegowej. Procent ten jest jeszcze większy, jeżeli odejmiemy obwałowaną w obrębie dna doliny cofkę zbiornika. Szerokość zespołu osuwisk frontalnych w strefie brzegowej waha się od 40 - 300 m, średnio jednak wynosi 100 - 110 m. Na pozostałym obszarze osuwiska występują w lejach źródłowych i wówczas rozcinane są przez doliny wciósowe lub wądoły. Doliny wciósowe rozcinają osuwiska skalne, natomiast wądoły można zaobserwować w obrębie osuwisk o koluwiach gliniasto-ilastych. Najczęściej osuwiska powstały w obrębie warstw istebniańskich dolnych, a ich nisze są umiejscowione na styku pstrych łupków z warstwami istebniańskimi lub godulskimi. Na prawym zboczu doliny Raby przeważają osuwiska subsekwentne (osuwisko w Przedmieściu) lub konsekwentno-ześlizgowe (zespół osuwisk w Gaiku - Brzezowej), natomiast na lewym zboczu osuwiska insekwentne (zespół

osuwisk w Borzęcie), obsekwentne (zespół osuwisk w Kasperówce i Przylasku) lub konsekwentno-szczelinowe (osuwisko na południowych stokach Ostrej Góry).

Mięszczość koluwiów osuwiskowych jest różna i waha się od 1,5 m przy osuwiskach zwietrzelinowych do 19 m przy osuwiskach skalno-pakietowych lub skalno-warstwowych. W strefie brzegowej przeważają głębokie osuwiska.

Zbocza modelowane przez spelzywanie zajmują 45 ha, co stanowi 2,2% powierzchni stokowej. Spelzywanie zwietrzeliny odbywa się głównie na zboczach otulonych pokrywami gliniasto-ilastymi, porośniętych darnią. Często rozległym powierzchniom złaziskowym towarzyszą doliny o charakterze wądołów.

Takie duże powierzchnie złaziskowe znajdują się w obrębie strefy brzegowej w zatoce doliny Wolnicy. Nachylenie zboczy nie przekracza tam 18° , a miąższość pełzającej zwietrzeliny dochodzi do 0,4 m. Ożywienie procesów spelzowania następuje w okresie roztopów i długotrwałych opadów letnich lub jesiennych.

Podstawowym problemem jest zamulanie zbiornika, które decyduje o długotrwałości jego użytkowania. Budowa zapory na rzece doprowadza do zakłócenia stanu względnej równowagi między procesami erozyjnymi i akumulacyjnymi rzeki. Budowla piętrząca stwarza lokalną bazę erozyjno-denudacyjną i doprowadza do jej podziału na trzy odcinki różniące się od siebie intensywnością procesów erozyjno-akumulacyjnych. Poniżej zapory, ze względu na małą ilość materiału rumowiskowego, zwiększa się prędkość przepływu wód, ponieważ część energii kinetycznej, która dotychczas była wykorzystywana na przenoszenie rumowiska, została uwolniona. Zwiększy się więc także erozja wgłębna w obrębie koryta rzecznej. W górnej części, powyżej cofki zbiornika, przeważa transport materiału, który jest składany w zbiorniku. W trzecim odcinku - w strefie piętrzenia - zmniejsza

się prędkość przepływu spowodowana przegrodzeniem rzeki i zmniejszeniem spadku. Doprowadza to do obniżenia zdolności transportowej i do akumulacji rumowiskowego i gliniasto-ilastego materiału. Najwięcej materiału do zbiornika dostarczane jest w wyniku procesów fluwialnych, zwłaszcza w czasie katastrofalnie wysokich stanów wody.

Taką prognozę przedstawiły badania Z. Mikuckiego i B. Wisniewskiego (1960) oraz T. Ziętary (1968) dotyczące zamulania zbiornika w Porąbce. W czasie katastrofalnej powodzi następuje 10-krotny wzrost ilości materiału złożonego w zbiorniku. Na tempo zamulania wpływa także abrazja brzegów, dlatego też strefie brzegowej poświęcono najwięcej uwagi. Przeanalizowano również inne formy rzeźby terenu, które bezpośrednio lub pośrednio wpłynęły na ukształtowanie się linii brzegowej, a modelowanie ich przez współczesne procesy wpływa na dostawę materiału do zbiornika.

LITERATURA

- Bestyński Z., Trojan J., 1975. Metody geofizyczne w badaniach stateczności zboczy skalnych. Materiały badawcze IMGW, nr 4.
- Bober L., 1975. Metody rozpoznawania budowy geologicznej zboczy osuwiskowych w Lipowicy, Kotelnicy i Dobczycach. Materiały badawcze IMGW.
- Bober L., 1975. Metody określania warunków hydrogeologicznych na zboczach osuwiskowych w Lipowicy, Kotelnicy, Dobczycach. Materiały badawcze IMGW, nr 4.
- Cyberski J., 1970. Badania kumulacji i rumowisk w zbiornikach retencyjnych w Polsce. Gospodarka Wodna, nr 2.

- Cyberski J., 1984. Zjawiska akumulacyjno-erozyjne w rzekach objętych oddziaływaniem budowli piętrzących. *Czas Geogr.* 3.
- Dudziak J., 1977. Kilka słów na temat zamulania zbiorników zaporowych. *Gospodarka Wodna*, nr 3.
- Dynowska J., 1984. Zmiana reżimu odpływu w wyniku oddziaływania zbiorników retencyjnych. *Czas Geogr.* 3.
- Gładki H., Madeyski M., 1975. Transport rumowiska w korycie rzeki Raby w przekroju Stróża i Proszówki. *Problemy Zagosp. Ziem Górskich*, z. 14.
- Karkut Z., Oktaba T., Zabuski L., 1975. Metody wyznaczania wytrzymałości skał na ścinanie na zboczach w Lipowicy, Kotelnicy i Dobczycach. *Materiały badawcze IMGW*, nr 4.
- Klimaszewski M., 1946. Podział morfologiczny południowej Polski. *Czas Geogr.* 17, z. 3 - 4.
- Klimaszewski M., 1948. Polskie Karpaty Zachodnie w okresie dyluwialnym. *Prace Wrocł. Tow. Nauk.*, nr 7.
- Klimaszewski M., 1967. Polskie Karpaty Zachodnie w okresie czwartorzędowym. *Czwartorzęd Polski*, Warszawa.
- Kornacki Z., 1966. Oddziaływanie stopnia piętrzącego na koryto rzeki w dolnym stanowisku. *Gospodarka Wodna*, nr 1.
- Książkiewicz M., 1963. Karpaty fliszowe między Olzą a Dunajcem. *Geologia regionalna Polski. Karpaty*, t. III.
- Madeyski M., 1976. Związek między ilością rumowiska unoszonego i przepływem w falach powodziowych dla przekroju Proszówki na rzece Rabe. *Problemy Zagosp. Ziem Górskich*, z. 17.
- Malarz R., Ziętara T., 1975. On the age of the Beskid planation surface in the Western Beskidy Mountains. *Studia Geomorph. Carp.-Balc.*, 9.
- Mikucki Z., Wiśniewski B., 1960. Badania nad zamulaniem zbiornika w Porąbce. *Gospodarka Wodna*, z. 12.

- Pasek J., 1975. Ruchy zboczy na brzegach zbiorników wodnych. Materiały badawcze IMGW, nr 4.
- Pulinowa M., 1975. Metody rozpoznawania budowy geologicznej zbocza zbiornika w Dobczycach. Materiały badawcze IMGW, nr 4.
- Starkel L., 1960. Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie. Prace IG PAN 22.
- Starkel L., 1969. Odbicie struktury geologicznej w rzeźbie polskich Karpat fliszowych. Studia Geomorph. Carp.-Balc., 3.
- Starkel L., 1972. Geomorfologia Polski, t. 1, Warszawa.
- Szymański J., 1975. Analiza granicznych warunków równowagi zboczy w Lipowicy, Kotelnicy i Dobczycach. Materiały badawcze IMGW, nr 4.
- Wiśniewski B., 1964. Przebieg i wyniki badań zmian dna powyżej i poniżej stopni wodnych przeprowadzonych w latach 1956 - 1961. Gospodarka Wodna, z. 4.
- Ziętara T., 1968. Rola gwałtownych ulew i powodzi w modelowaniu rzeźby Beskidów. Prace Geogr. PAN, nr 60.
- Ziętara T., 1980. Środowisko geograficzne, [w:] Bochnia - dzieje miasta i regionu, Kraków.
- Zuchiewicz W., 1984. Ewolucja poglądów na genezę i wiek karpackich powierzchni zrównań. Przegl. Geolog. 8/9.

RELIEF OF POGORZE WIELICKIE
WITH PARTICULAR INTEREST IN PRESENT SLOPE PROCESSES
IN THE SURROUNDINGS OF DOBCZYCE RESERVOIR

Dobczyce water reservoir is situated on Pogórze Wielickie which is flysch upland. It consists of wide hummocks of 350 - 420 m.a.s.l. The lowest point is in the Raba valley in Dobczyce (243 m.a.s.l.) and the highest is in the southern part reaching 400,4 m.a.s.l. Relative heights difference is 157,4 m.

Fragments of 2 planation surfaces are very well preserved in Pogórze Wielickie. The higher one, makes plateaus about 110 - 140 m above the Raba valley bottom, the fragments of the lower one can be noticed along the valley at height 50 - 80 m. Dobczyce dam was built in the Raba valley in structural gorge between Góra Zamkowa and Góra Jałowcowa. The gorge is about 600 m wide. The Raba dissected Pogórze Wielickie which is built of folded flysch deposits belonging to the silesian overthrust. The valley in this part is an insequent valley with wide terraced bottom. There are many valleys with flat often wet bottoms in Pogórze Wielickie.

The slopes of the Raba valley are covered with weathering covers mainly with clays from the Pleistocene. They are often cut by young valleys and they are overgrown by forests. There are many landslides and their surfaces are areas which can be hardly used by agriculture.

Landslides cover an area of about 450 ha what makes 22,5% of slope area. There is a great concentration of them in the marginal zone of the reservoir. There are mainly frontal landslides and they appeared in places wher high waters of the Raba undercut the banks.

They cover about 26,2% of the Raba banks. Width of frontal landslide complex varies from 40 - 300 m but they are usually 100 - 110 m wide. On other areas landslide can be noticed in spring depressions and they are incisioned by V-shaped valleys. The V-shaped valleys cut in rocky landslides some others are in clayey and loamy colluvium. The most frequent landslides are in lower Istebna layers and their niches are on the contact of spotted shales and godulskie or istebnianskie layers. On the right slope of the Raba valley subsequent landslides (Przedmieście landslide) or consequent-sliding (Gaik-Brzezowa) predominate. On the left slope of the valley insequent (Borzęta), obsequent (Kasperówka and Przyłasek) predominante. Thickness of landslide colluvium is different and varies from 1,5 to 19 m. Deep landslides appear in the marginal zone.

Slopes shaped by creeping cover an area of 45 ha (2,2%) of slope area. Weathering creeping takes place on slopes with loamy covers overgrown by turf. Great areas of this kind are in the marginal zone of the Wolnica. Slope inclination is about 10° and thickness of weathered material is about 0,4 m. Creeping is active during thawing season and long lasting summer or autumn rains.