

Władysław Adam Nowak

## PERYGLACJALNY ROZWÓJ STOKÓW PÓŁNOCNO-ŚRODKOWEJ CZĘŚCI WYŻYNY MAŁOPOLSKIEJ

**P**ółnocno-środkowa część Wyżyny Małopolskiej, obejmująca subregiony: Nieckę Włoszczowską, Próg Lelowski oraz Płaskowyż Jędrzejowski, ma rzeźbę falisto-pagórkowatą o małych deniwelacjach, w której wypukłe elementy strukturalno-denu-dacyjnej rzeźby przeplatają się z akumulacyjnymi równinami. Wzniesienia skalnego podłoża są zbudowane z różnych odmian górnokredowych skał wapienno-marglisto-krzemionkowych i mają zazwyczaj długie, bardzo łagodnie nachylone stoki, zanurzające się pod utwory akumulacyjne plejstoceni-skich równin. Ich morfologiczne oblicze zostało ukształtowane w peryglacjalnych warunkach ostatniego zlodowacenia. Poniższe rozważania dotyczą tych stoków. Ich geneza i peryglacjalny rozwój jest rozpatrywany w zależności od formy wyjściowej (starano się ją określić w oparciu o badania kopalnej rzeźby peryglacjalnej), podatności utworów skalnego podłoża na wietrzenie mrozowe (było ono badane w warunkach laboratoryjnych) oraz od podatności produktów wietrzenia mrozowego na przeważający typ denudacji w warunkach peryglacjalnych.

### PALEOMORFOLOGIA I WARUNKI STRUKTURALNE GÓRNOKREDOWEGO PODŁOŻA

Badania rzeźby kopalnej północno-środkowej części Wyżyny Małopolskiej, które objęły obszar górnego dorzecza Pilicy, Wiercicy oraz Białej Nidy i Mierzawy pozwoliły rozpoznać zasadnicze rysy oraz wiele szczegółów kopalnej rzeźby podczwartorzędowej (Nowak 1967, 1970 a). Kopalna rzeźba tego obszaru ma znacznie większe deniwelacje niż rzeźba obecna. Wynoszą one 50—80 m, a nawet dochodzą do 100 m. Jest to rzeźba strukturalno-denu-dacyjna, a jej zasadniczymi elementami są kopalne doliny erozyjne oraz wysoczyzny międzydolinne. Dawne obniżenia dolinne o przeważającym kierunku NW-SE są obniżeniami subsekwentnymi, wschodnie zbocza kopalnych dolin są czołami progów strukturalno-denu-dacyjnych, a wysoczyzny międzydolinne są powierzchniami zaproży i mają charakter powierzchni destrukcyjnych (Flis 1956, Nowak 1964, 1965, 1967).

Te główne rysy rzeźby podczwartorzędowej są preglacjalne, gdyż w najgłębszych obniżeniach zalegają utwory z najstarszego w tym terenie zlodowacenia krakowskiego (R ó ż y c k i 1960) lub są ze starszego plejstocenu (L i n d n e r 1963; C z a r n i k 1966, N i k l e w s k i 1966; R ó ż y c k i 1967; N o w a k 1967, 1970 a). Rzeźba preglacjalna została w czwartorzędzie zakryta utworami glacialnymi zlodowacenia krakowskiego i częściowo środkowopolskiego oraz materiałami fluwioglacialnymi powstałymi podczas topnienia lądolodów tych zlodowaceń (K l i m a s z e w s k i 1952; R ó ż y c k i 1960, 1967; N o w a k 1967, 1970 a). W toku badań nie stwierdzono glacialnych przeobrażeń starszej rzeźby (N o w a k 1967, 1970 a). W okresach interglacialnych akumulacyjne pokrywy były usuwane, gdyż w profilach utworów czwartorzędowych stwierdza się rozcięcia starszych osadów, w które potem były wkładane osady młodsze (R ó ż y c k i 1960, 1967).

Położenie obszaru na przedpołu lądolodu młodszych faz zlodowacenia środkowopolskiego oraz podczas zlodowacenia bałtyckiego sprawiło (K l i m a s z e w s k i 1952; R ó ż y c k i 1960, 1967; N o w a k 1967, 1970 a), że była to wówczas strefa działania intensywnego wietrzenia mrozowego i powszechnej denudacji w warunkach peryglacialnych (J a h n 1956; D y l i k 1956; F l i n t 1957; N o w a k 1967, 1968). Mrozowemu wietrzeniu poddawały się szczególnie intensywnie skały starego podłoża, ze względu na swoje właściwości fizyczne i skład mineralny (N o w a k 1967, 1970 b). Skały te reprezentują różne odmiany skał wapienno-marglisto-krzemionkowych z okresu górnej kredy (R ó ż y c k i 1938 a, 1938 b; K o w a l s k i 1948; P o ż a r y s k i 1962; R u t k o w s k i 1963; N o w a k 1970 b). W laboratoryjnych warunkach została zbadana ich podatność na wietrzenie mrozowe i względna podatność produktów tego wietrzenia na soliflukcję (N o w a k 1967, 1970 b).

Wapienie kredowe okazały się skałami o średniej odporności na wietrzenie mrozowe, a ich zwietrzelina mało podatna na soliflukcję. Wapienie margliste mają zróżnicowaną odporność na wietrzenie mrozowe, od bardzo dużej do bardzo małej. Podobnie zróżnicowaną odporność mają też wapienie marglisto-piaszczyste. Margle są skałami bardzo mało podatnymi na wietrzenie mrozowe, podobnie jak margle zapiaszczone. Margle piaszczyste mają odporność zróżnicowaną od dużej do bardzo małej. Odporne są spongiolity. Gezy mają odporność na wietrzenie mrozowe mocno zróżnicowaną, od bardzo dużej do bardzo małej.

Zwietrzelina margli jest bardzo podatna na sploty soliflukcyjne, ale zapiaszczonych margli jest średnio podatna. Margle piaszczyste produkują różne ilości mułku, a podatność na soliflukcję produktów ich rozpadu jest również zróżnicowana od bardzo dużej do małej. Piaskowiec marglisty tworzy zwietrzelinę silnie mułkową. Gezy produkują zwietrzelinę również mało podatną na soliflukcję, ale uzyskane wyniki nie dają podstaw do utrzymania o nich opinii skał wybitnie asolifluidalnych, bowiem niektóre z gez

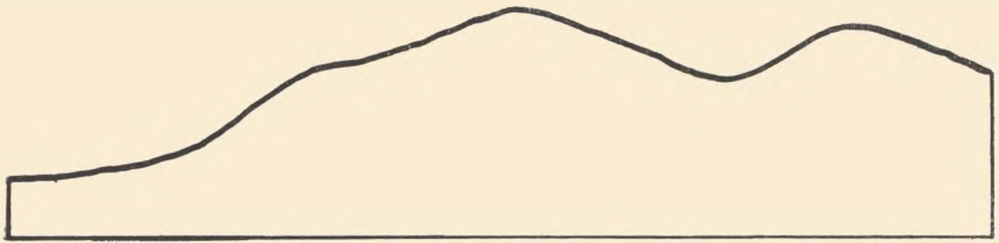
po większej ilości okresów zamrażania i odmrażania produkują taką ilość cząstek pylastych, które stawiają je w grupie średnio podatnych, a nawet w jednym przypadku w grupie skał, których zwietrzelina wykazuje dużą podatność na soliflukcję. Spongiolity natomiast można określić jako typowo asolifluidalne, ze względu na powolny rozpad i brak frakcji mułkowej w zwietrzelinie (Nowak 1967, 1970 b).

Znajomość rzeźby kopalnej (Nowak 1967, 1970 a), rozpoznana w terenie formy obecnej rzeźby (Klimaszewski 1948; Flis 1956; Różycki 1960; Ruszczyńska 1961; Nowak 1957, 1964, 1965, 1967) i pokrywy zwietrzelinowej (Nowak 1968), eksperymentalne poznanie w warunkach laboratoryjnych tempa geliwacji podstawowych rodzajów skał (Nowak 1967, 1970 b) oraz podatności produktów tego wietrzenia na spelzwanie, stworzyło podstawy do przeanalizowania procesów morfogenetycznych działających w plejstocenie na tym terenie, a szczególnie podstawowego dla geomorfologii zagadnienia rozwoju stoku w okresie czwartorzędowym (Nowak 1967). Analiza ta, w oparciu o wyżej wymienione przesłanki, stawia sobie za cel wyjaśnienie genezy obecnych, różnych typów stoków na utworach wapienno-marglisto-krzemionkowych w północno-środkowej części Wyżyny Małopolskiej.

#### Z POGLĄDÓW NA ROZWÓJ STOKÓW W CZWARTORZĘDZIE

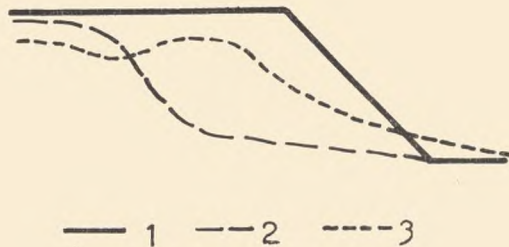
Cykl rozwoju rzeźby w obszarach peryglacialnych został rozpoznany przez Bryana (1946) i Trola (1948), a następnie przedstawiony w 1950 r. przez Peltera. Wyróżnia się w nim trzy stadia rozwoju rzeźby. Inicjalną powierzchnią jest fluwialna rzeźba obszaru górskiego. Pod wpływem procesów typowych dla strefy peryglacialnej ściany skalne cofają się równolegle, a u ich podnóży rosną powierzchnie skalne o nachyleniu 25—30°, przechodzące w stożki aluwialne. W stadium dojrzałym znikają ściany skalne i przecinają się wyrównane stoki. W górnym odcinku, o nachyleniu 20—30°, są one pokryte grubą zwietrzeliną, w dolnym, o nachyleniu do 5°, zwietrzeliną drobnoziarnistą. Te stoki przechodzą łagodnie w zasypane dna dolin (ryc. 1). W stadium zgrzybiałym panują formy wypukłokłęsłe. Stoki o nachyleniu poniżej 5° są pokryte drobnoziarnistą zwietrzeliną, unoszoną przez wiatr. Według tej koncepcji w pierwszym okresie rozwoju panował proces zbliżony do pedymantacji, a w końcowym do peneplenizacji.

W Polsce zagadnienie czwartorzędowej ewolucji stoków było przedmiotem licznych prac. W Karpatach Dziewański, Starkel (1962), Starkel (1965) stwierdzają w czwartorzędzie zarówno obniżanie-spłaszczanie, jak i cofanie stoków. Obniżanie wiązało się z małą odpornością podnóża i było procesem powszechnym w czasie rytmicznych zmian klimatu w czwartorzędzie. Cofanie ograniczało się do zboczy wznoszących się nad korytem.



Ryc. 1. Profil syntetyczny charakteryzujący krajobraz dojrzały cyklu peryglacjalnego (wg L. C. Peltiera)

W efekcie na niemal wszystkich stokach zachodziło dążenie do profilu wypukło-wklęsłego (ryc. 2). Stoki te nie są jednak ani czystymi stokami strefy peryglacjalnej, ani też stokami normalnymi, powstającymi w strefie klimatu umiarkowanego. O ich wyglądzie zadecydowało wystąpienie po sobie okresów wietrzenia chemicznego i obniżania bazy w interglacjalach oraz wietrzenia mechanicznego i intensywnej degradacji na zmianę zmywowej i grawitacyjnej w glacialach. Są to zatem stoki poligeniczne.



Ryc. 2. Główne kierunki przekształcania stoków w pliocenie i czwartorzędzie (wg L. Starkla)

1 — zbocza doliny rozcinającej zrównanie (forma wyjściowa), 2 — stok dojrzały w klimacie półsuchym pliocenu (przewaga cofania), 3 — stok dojrzały w zmiennym klimacie czwartorzędzie (przewaga spłaszczenia)

Stok Karkonoszy już od trzeciorzędu rozwija się przez cofanie i obniżanie. Wykazuje przy tym tendencję do zmniejszania swojego nachylenia, spłaszczenia się (J a h n, D u m a n o w s k i 1963; J a h n 1969). Peryglacjalne zniszczenie, wyliczone na podstawie wysokości skałek, będących ostańcami dawnej, peryglacjalnej powierzchni, w górnych częściach stoku było 2—3-krotnie większe niżeli w dolnych. U podstawy stoków, zamiast niszczenia i regresji, rozwijały się często grube pokrywy akumulacyjno-soliflukcyjne. (J a h n 1970). Ogólna forma stoków Śląży (S z c z e p a n k i e w i c z 1958), niezależnie od rodzaju skały, jest lekko wklęsła, a miąższość peryglacjalnych pokryw rośnie w dół stoku.

Bardzo częste występowanie pokryw soliflukcyjnych na Wyżynie Lubelskiej świadczy, zdaniem J a h n a (1956 a, 1956 b) o wydajnej roli procesów peryglacialnych. Denudacja peryglacialna doprowadziła do оголо- cenia pagórów ze starych osadów plejstocenijskich, w niektórych miejscach gęboko zniszczyła skały kredowe. W obrębie starych trzeciorzędowych progów zostały wyżarte w okresach peryglacialnych doliny denudacyjne, przypominające zatoki. Zdarza się, że ich długość jest mniejsza od szerokości. Wyżynne krawędzie denudacyjne miały więc w wyniku zmian peryglacialnych bardzo nierównomierny bieg. Zatoki te to miejsca silnie cofniętego stoku. Stok cofał się równolegle. Skaliste dna zatok przypominają formy pedymentów.

W środkowej Polsce pokrywami peryglacialnymi i rozwojem stoków w czwartorzędzie zajmował się D y l i k (1953, 1967). Wykazał on, że obecne powierzchnie nie mają żadnego związku z pierwotną akumulacyjną rzeźbą lodowcową. Są to elementy denudacji peryglacialnej, uformowane głównie przez działanie kongeliflukcyjne. Na Wyżynie Łódzkiej stoki pochodzą z okresu ostatniego zlodowacenia. Stoki zbudowane z miękkich materiałów cofały się równolegle. U stóp takich stoków istnieją powierzchnie o cechach pedymentów.

Rzówój stoku peryglacialnego, jako jedno z zagadnień strefy peryglacialnej, przedstawił obszernie J a h n (1970). W oparciu o gęboką znajomość obszarów arktycznych oraz analizę obszernego materiału z literatury stwierdza, że w Polsce w okresie plejstocenijskim stokowe procesy peryglacialne były takie same na obszarze gór, jak i nizin, a jeżeli są różnice efektów, to wynikają one z różnych form wyjściowych i różnic w budowie geologicznej tych rejonów.

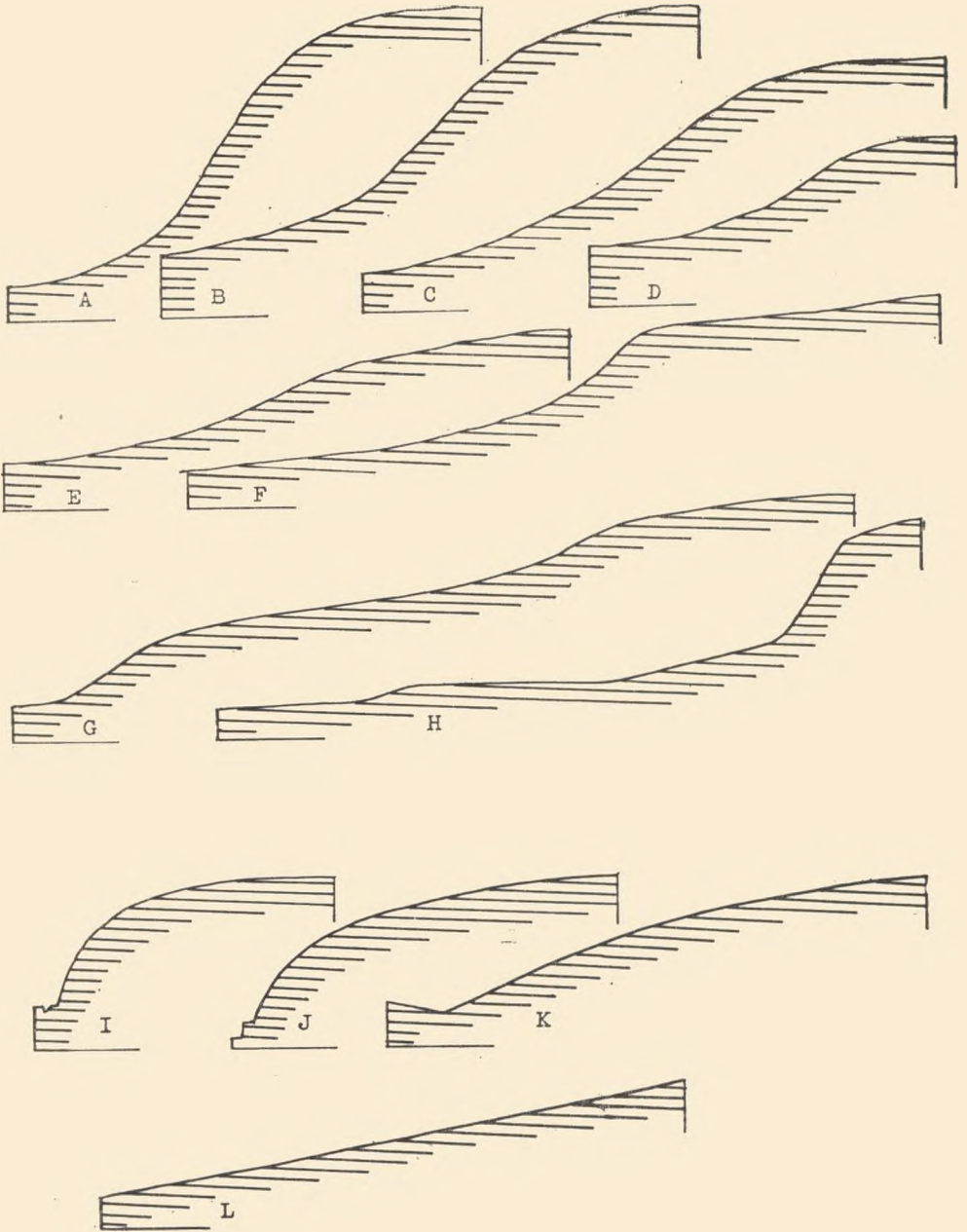
Tempo cofania stoków w warunkach peryglacialnych jest określane różnie. T r i c a r t (1951, 1960) określił rozmiary cofnięcia progów Szampanii w czwartorzędzie na 1 km. Gdzie indziej przyjmuje się w tym okresie prawie całkowitą stagnację w rozwoju progów, na przykład stoki Miłka w Górach Kaczawskich (J a h n, D u m a n o w s k i 1963). Powszechnie natomiast przyjmuje się rozwój stoków przez cofanie i obniżanie. J a h n (1954, 1956 c, 1970) podkreśla ważny czynnik w rozwoju stoku, jakim jest obok struktury i procesu, forma wyjściowa.

## EWOLUCJA STOKÓW

Dominującymi formami stoków na utworach wapienno-margliso-krzemionkowych z okresu górnej kredy w północno-środkowej części Wyżyny Małopolskiej są stoki wypukło-wklęsłe. Występują tu one w różnych odmianach, wyrażających się zmiennymi wartościami morfometrycznymi części wypukłej do wklęsłej, od stoku o krótkiej, stromej części wypukłej i krótkiej wklęsłej, do stoku o krótkiej, łagodnej części wypukłej i bardzo długiej i ła-



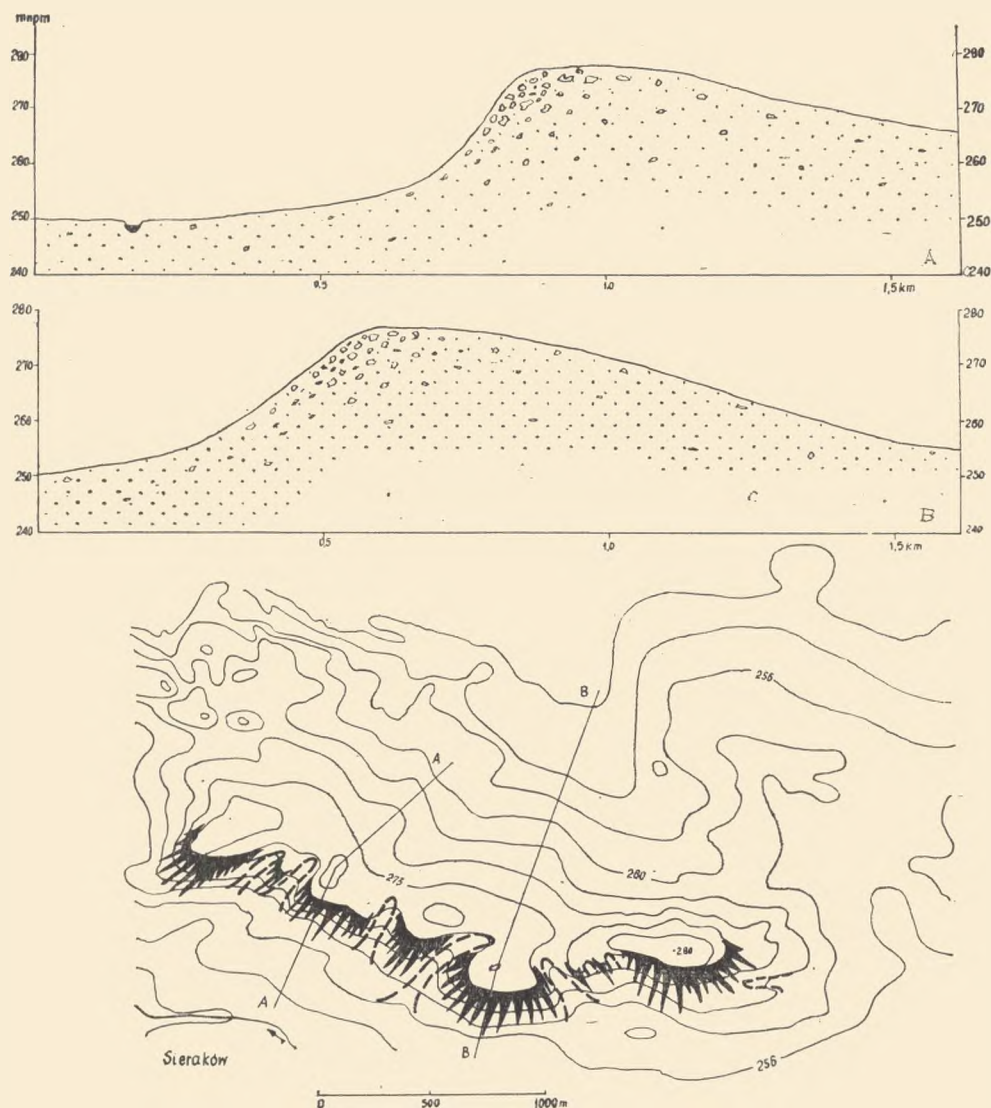
godnej części wklęsłej oraz drugorzędnymi cechami morfologicznymi, jak np. schodowatością. Lokalnie spotykamy stoki wypukłe (ryc. 3).



Ryc. 3. Najczęściej spotykane przykłady stoków na utworach wapienno-marglisto-krzemionkowych w północno-środkowej części Wyżyny Małopolskiej

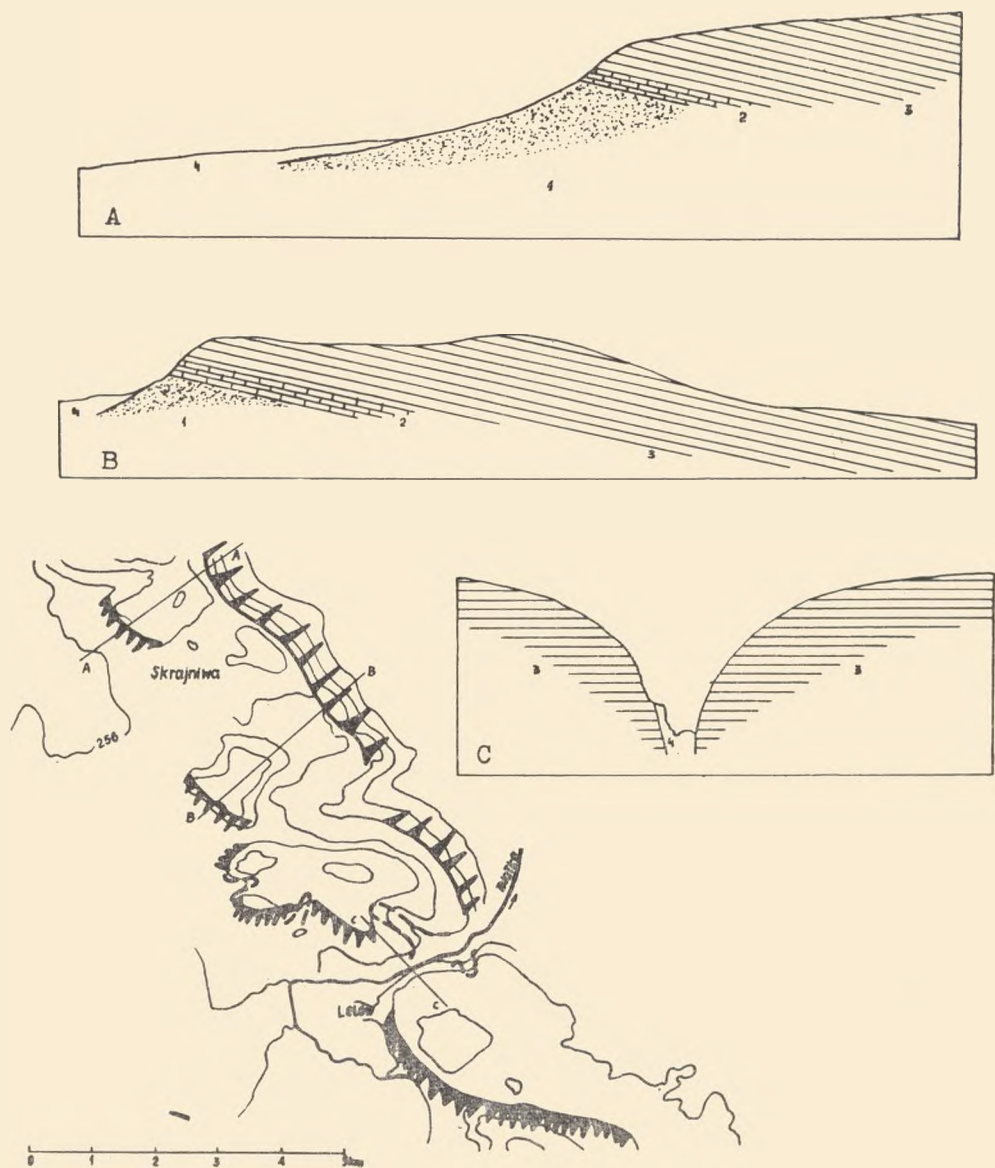
Nachylenie stoków jest niewielkie i wynosi kilka stopni. W sporadycznych przypadkach dochodzi do 30°. Zagadnienia; jakie czynniki, kiedy i dlaczego wytworzyły takie formy, rozpatrzone zostały na konkretnych przypadkach.

Stoki progu strukturalno-denudacyjnego, założonego na słabo zdiagenezowanych piaskowcach albu (ryc. 4) mają kształt wypukło-wklęsły, krótką, dobrze wyrażoną część wklęsłą, nachyloną 2—3°. Powierzchnia progu tworzy destrukcyjną powierzchnię ścięcia na wysokości od 270 do 280 m n.p.m.



Ryc. 4. Próg strukturalno-denudacyjny na słabo zdiagenezowanych piaskowcach albu

Czoło progów jest porożcinane krótkimi, szerokimi dolinkami. Linia progów jest słabo rozwinięta, choć nie prostolinijna. Odcinek tego progów jest wysunięty na zachód od głównej linii progów kredowych zachodniej części



Ryc. 5. Stoki progów strukturalno-denudacyjnych na geozach  
1 — Alb i Cenoman, 2 — Turon, 3 — Senon, 4 — Czwartorzęd.



Niecki Nidziańskiej. (N o w a k 1957, 1964, 1965). U podnóża stoku spotykamy piaski warstwowe równoległe do powierzchni stokowej. W warunkach peryglacialnych materiał progotwórczy zachował duży kąt naturalnego spoczynku. Powierzchnia progu jest fragmentem najwyższego w tym terenie, wierzchowinowego poziomu gradacyjnego. Próg ma założenia przedczwartorzędowe — miocenijskie (K l i m a s z e w s k i 1952, 1964). Przed czwartorzędem próg rozwijał się przez boczne cofanie stoku (K l i m a s z e w s k i 1958). Nieckowate rozcięcia na czole progu powstawały w warunkach peryglacialnych. Czwartorzędowe zmiany wyraziły się tu ponad dwudziestometrowym zasypaniem subsekwentnego obniżenia przed czołem progu, przez co jego wysokość zmalała, oraz niewielkim cofnięciem i obniżeniem czoła progu wzdłuż osi dolinek nieckowatych (N o w a k 1967). Próg taki ciągnie się na północ od Sierakowa, na południe od Mokrzeszycy i na północ od Solcy.

Stoki progów strukturalno-denudacyjnych założonych na gezach (ryc. 5) mają w dole piaski albsko-cenomańskie, które są warstwą mało odporną. Miąższość warstwy górnej jest mała, dolnej duża. Stoki mają kształt wypukło-wklęsły. Część wypukła jest krótka i stroma, zaś wklęsła jest długa i łagodna. W plejstocenie dolna część stoku została zasypana materiałem akumulacyjnym do wysokości kilkunastu metrów i więcej (N o w a k 1967, 1970 a). Gezy w czasie wietrzenia tworzą zwietrzelinę ostrokrawędzistą. Ich odporność na wietrzenie jest średnia i duża. Po długim okresie wietrzenia tworzą nieznaczne ilości materiału mułkowego. Zniesienie zwietrzliny w dół spowodowało nieznaczne załagodzenie czoła progu. Wzdłuż osi dolin obsekwentnych, rozcinających próg od czoła, nastąpiło załagodzenie zboczy dolin i akumulacja materiału soliflukcyjnego w osi dolinek. Na płaskich wierzchowinach, w strefie czynnej, rozwinął się głęboki profil wietrzeniowy z dobrze rozwiniętymi strukturami wieńcowymi i klinami mrozowymi (N o w a k 1967, 1968). Załom pomiędzy przedczwartorzędowymi poziomami gradacyjnymi uległ załagodzeniu. Wysokość progów zmniejszyła się z powodu zasypania subsekwentnych obniżen. Nastąpiło minimalne załagodzenie stoków. Cofnięcie czoła progu było niewielkie. Wytworzył się łobowy bieg czoła progu. Zatoki powstawały w miejscach osłabionych tektonicznie oraz w miejscach, gdzie materiał warstwy górnej tworzył w toku wietrzenia mrozowego więcej materiału mułkowego (frakcje bardziej margliste). Progi takie mamy koło Skrajniwy, Mełchowa, Wierzbicy i Jasiénca.

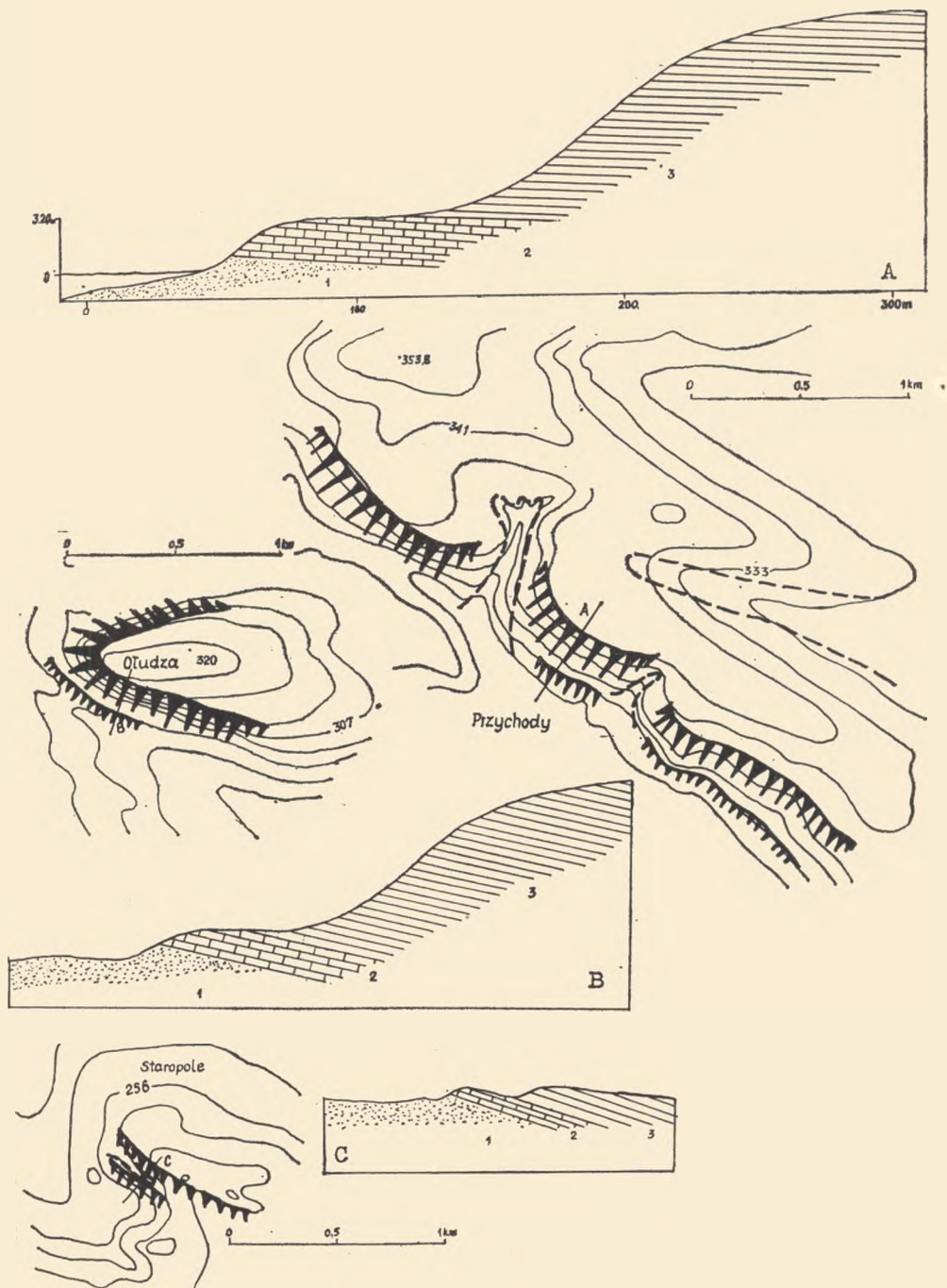
Strome zbocza doliny Białki Lelowskiej (ryc. 5C) w przełomie przez Próg Lelowski powstały w interglacjale eemskim (N o w a k 1967). Wytworzone są one w cienkoławicowych wapieniach marglisto-piaszczystych ułożonych naprzemianległe. Peryglacialne procesy w czasie ostatniego zlodowacenia przemodelowały je bardzo słabo. Stok przybrał tam formę wypukłą.

Gdy warstwa progotwórcza nie była litologicznie jednorodna, rozwój stoków na progach strukturalno-denudacyjnych doprowadził do ich rozdzielenia. Sytuacja taka miała miejsce koło Ołudzy, Jasiénca, Przychodów,

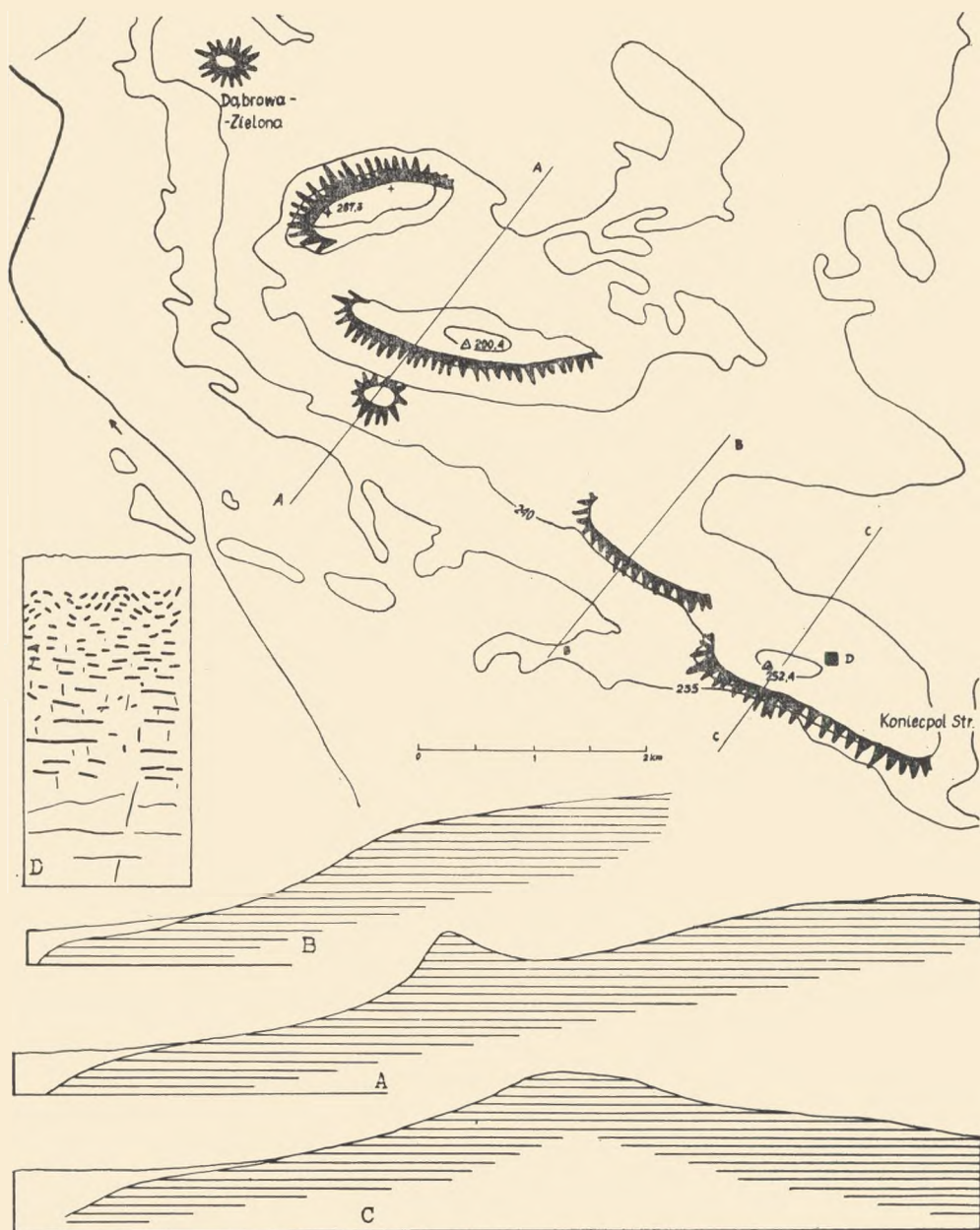
Węgrzynowa i Staropola (ryc. 6). W profilu litologicznym mamy tam znaczniej miąższości warstwę różnych odmian margli z przeławieniami gezewymi, podścieloną kilkumetrową warstwą zbitych wapieni. Regelacja szybko niszczyła margle, a nawet i gezy (głównie ze względu na małą miąższość) a słabiej wapienie (N o w a k 1970 b). Produkty wietrzenia górnych ławic były usuwane poza obręb stoku, w wyniku czego stale odsłaniane na wietrzenie mrozowe skały były intensywnie niszczone i górna część stoku cofała się frontalnie. Rozmiary tego cofnięcia dadzą się określić na kilkanaście do kilkudziesięciu metrów. Dolna część proggu, utworzona na wapieniach, pozostawała prawie nienaruszona. Na powierzchni proggu rozwinęły się głębokie profile wietrzeniowe oraz struktury kriogeniczne (N o w a k 1968).

Jeszcze inaczej rozwijały się stoki zbudowane z takich skał jak margle i wapienie margliste. Skały te w toku badań ich odporności na wietrzenie mrozowe znalazły się w grupie skał bardzo mało odpornych i mało odpornych. W czasie zamrażania i odmrażania wytrzymały zaledwie kilka cykli. Wskutek regelacji tworzą zwietrzelinę z wielkim udziałem frakcji mułkowej, stąd łatwo ulegają soliflukcji (N o w a k 1970 b). Z tymi rodzajami skał są związane stoki niskie, o formie wypukło-wklęsłej z krótką, słabo wyrażoną częścią wypukłą oraz bardzo długą, dobrze wyrażoną częścią wklęsłą, nierzadko nawiązującą do powierzchni akumulacji czwartorzędowej (ryc. 7). Podnóża tych stoków są wyścielone materiałem soliflukcyjnym, np. Białe Błoto koło Starzyn.

Na zboczach wciosów i młodych dolinek holocenijskich skały margliste tworzą stoki wypukłe o nachyleniu do 40°. Takie jest ich maksymalne nachylenie w obecnych warunkach klimatycznych. Kopalne części stoków utworzonych na tych skałach mają nachylenia podobne (N o w a k 1967, 1970 a). Części odsłonięte spod utworów czwartorzędowych mają nachylenie do 7°, najczęściej około 4°, w części dolnej tylko 2°, a nierzadko i poniżej. Granica pomiędzy stokiem, a tym co stokiem już nie jest, jest tu bardzo niewyraźna. Na wierzcholinie proggu znajdują się głęboko rozwinięte profile wietrzenia peryglacialnego z festonami gruzowymi (N o w a k 1968). Na stokach brak festonów. Gruz zwietrzelinowy układa się chaotycznie, a profil wietrzeniowy nie jest tak głęboki. Powierzchnia podstokowa ma cienką pokrywę z materiału ilasto-gliniastego ze śladami soliflukcji. Świadczy to o cofnięciu stoku w czwartorzędzie. Cofnięcie odbywało się frontalnie i wówczas u podnóża progów powstawały spłaszczenia o charakterze pedymentów peryglacialnych. Miejscami, wzdłuż osi dolin próg był spłaszczony i obniżany. Lokalnie występujące soczewkowe skupienia odpornych na mrozowe wietrzenie skał, np. spongiolitów, pozostawały w formie świadków. Liczne i bardzo wyraziste w rzeźbie podczwartorzędowej garby kredowe, ze stokami o charakterze progów strukturalno-denudacyjnych, czołowych i tylnych, utonęły w materiale akumulacyjnym i uległy obniżeniu przez



Ryc. 6. Przykłady podwójnych progów strukturalno-denudacyjnych na marglach z geżami i wapieniach podścielonych piaskami  
 1 — Alb i Cenoman, 2 — Turon, 3 — Senon



Ryc. 7. Stoki progów strukturalno-denudacyjnych zbudowanych z wapieni marglistych i różnych odmian margli kredowych

1 — Kreda, 2 — Czwartorzęd

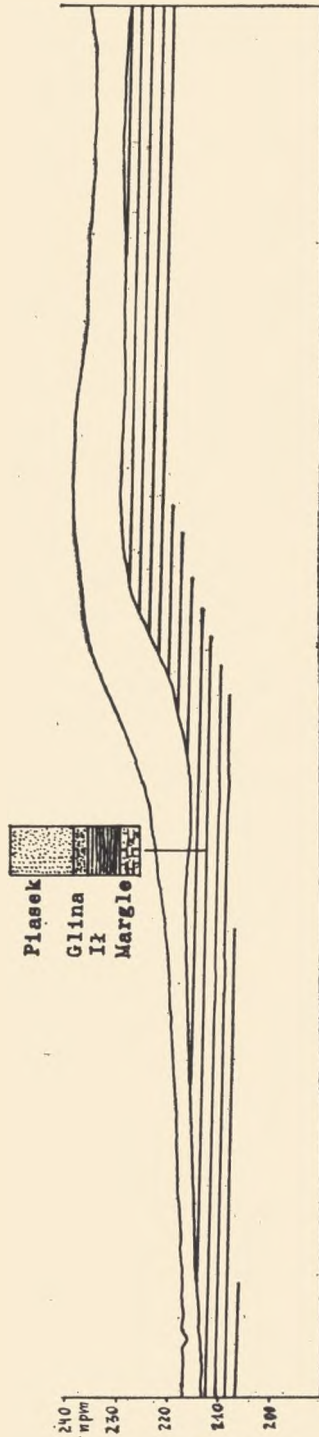




Ryc. 8. *Stoki progów strukturalno-denudacyjnych zbudowanych z wapieni marglistych podścielonych gejami*

spłukiwanie i soliflukcję. Ten typ stoków jest bardzo powszechny w północnej i północno-wschodniej części Niecki Włoszczowskiej.

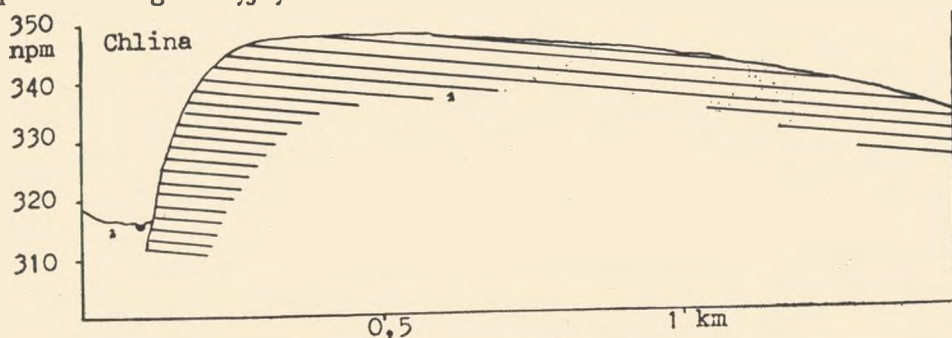




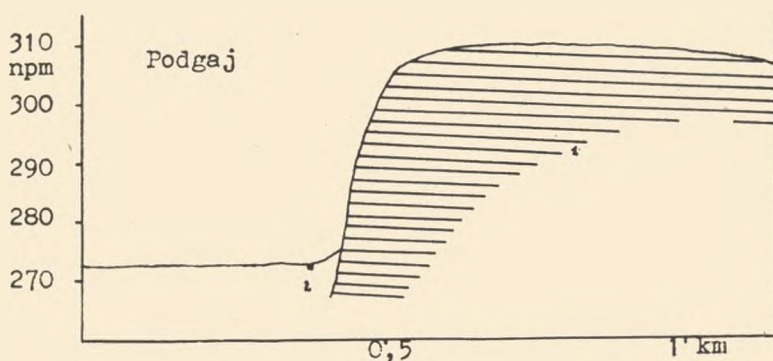
Ryc. 9. Przykład stoku kopalnego, zakonserwowanego przez materiały akumulacji czwartorzędowej (Cieżkowice)

Stok na progu strukturalno-denudacyjnym zbudowanym z wapieni marglistych podścielonych geżami został, podobnie jak i inne, zasypany w czwartorzędzie materiałem akumulacyjnym subsekwentnej rzeki. Tempo wietrzenia mrozowego tych dwóch skał jest różne. Leżący wyżej wapień marglisty był mniej odporny od położonych niżej geż, w wyniku czego progi takie były spłaszczone od góry (ryc. 8). Czoło progów obniżało się do prawie całkowitego zaniku wzdłuż osi dolin nieckowatych, powstałych w miejscu dawnych rozcięć. Ten odcinek progów przybrał kształt „zatopionej” grzędy, bardzo silnie rozdolinionej nieckami. W płytkowym rumoszu geż, na spłaszczeniach dolnej części stoków rozwijały się festony gruzowe i kliny mrozowe (Nowak 1968). Stoki takie występują koło Otoli, Jeziorowic i Kowali.

Stoki przykryte materiałem akumulacji czwartorzędowej, bez względu na formę i litologiczne różnice utworów, w czwartorzędzie były konserwowane (ryc. 9). Są to zazwyczaj stoki progów pomiędzy przedczwartorzędowymi poziomami gradacyjnymi.



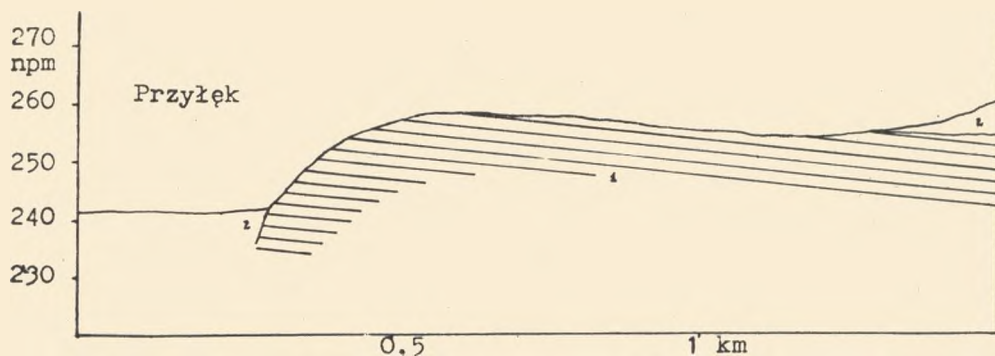
Ryc. 10. Zbocze doliny Chlinki



Ryc. 11. Zbocze kredowe koło Podgaja

Prawe zbocze doliny Chlinki powstało w wyniku intensywnej erozji bocznej (ryc. 10). Odłamki skalne szarych margli bez krzemieni odrywają się od zbocza i po krótkim zboczu przemieszczają się w dół, nie gromadząc

się u podnóża, bowiem zabierają je wody rzeczne. Nachylenie tego zbocza wynosi 35—38°. Wartość ta, jak widać, stanowi maksymalne nachylenie stoku w określonym wyżej rodzaju skał w obecnych warunkach klimatycznych. Holoceniński stok na marglach bez krzemieni, gdy jest podcinany przez erozję boczną, przyjmuje kształt wypukły, np. w Podgaju (ryc. 11), Przyłęku (ryc. 12), lub schodowy, np. w Pławnie (ryc. 13). Profile takie uzyskują stoki peryglacialne przemodelowywane współcześnie przez erozję boczną.

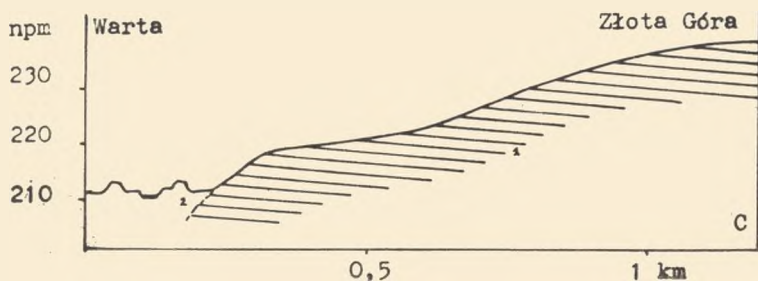
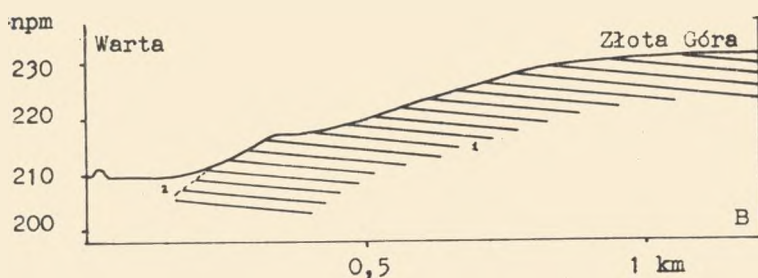
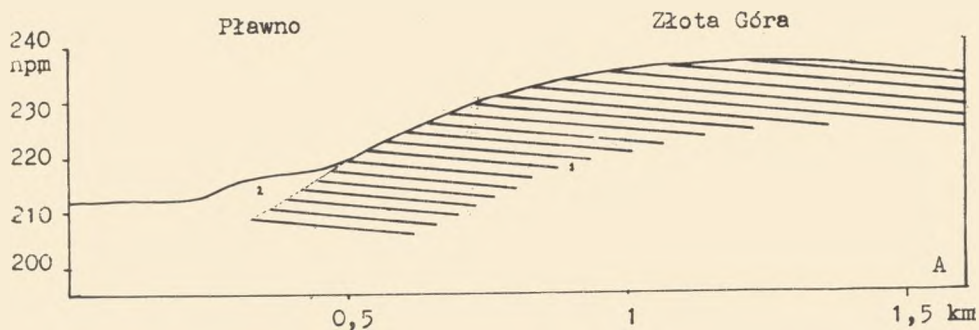


Ryc. 12. *Stoki wypukłe powstałe w wyniku erozji bocznej rzeki*  
1 — Kreda, 2 — Czwartorzęd

Stoki na utworach okresu górnokredowego w północno-środkowej części Wyżyny Małopolskiej, niezależnie od rodzaju utworów, pierwotnego kształtu stoków oraz stosunku do zmieniającej się bazy denudacyjnej, osiągnęły w czwartorzędzie profil wypukło-wklęsły (ryc. 14). Górny, wypukły odcinek stoku jest zazwyczaj przekształconym stokiem progu strukturalno-denudacyjnego lub przekształconym progiem oddzielającym dwa poziomy z różnych cykli rozwoju rzeźby. Dolny, wklęsły odcinek stoku, jak należy sądzić na podstawie składu i tekstury pokryw w dolnych częściach stoków, rozwijał się dzięki spływowi i spłukiwaniu.

Niewielkie nachylenia stoków są związane z małą odpornością skał podłoża na wietrzenie mrozowe i z dużą podatnością produktów tego wietrzenia na procesy denudacyjne, głównie soliflukcję. Zmniejszanie spadku w dół stoku związane było z rozdrabnianiem materiału w trakcie transportu, a co za tym idzie, wzrostem ilości cząstek mułkowych, zmniejszających kąt równowagi mas na stoku. Degradacja była wyraźnie selektywna i szybciej przebiegała na stokach solifluidalnych. Stąd o szczegółach tego wypukło-wklęsłego profilu stoku decydowała struktura.

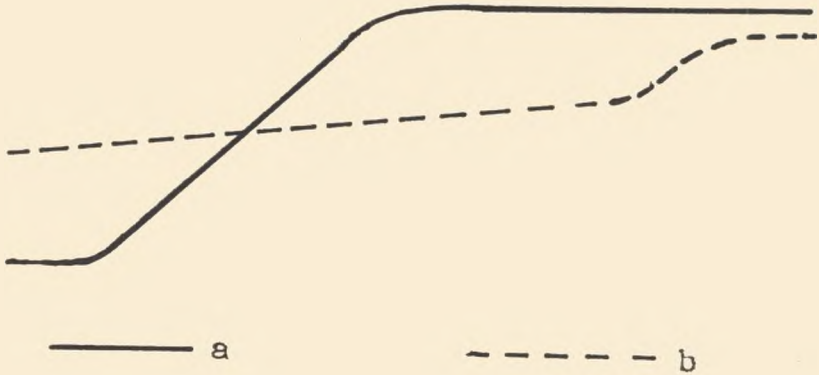
Wypukło-wklęsły profil stoku jest rezultatem współdziałania w czwartorzędzie tendencji obniżania, spłaszczania, jak i cofania. Jest to profil, który należy uznać za profil równowagi. Jego rozwój odbywał się zarówno przez peneplenizację, jak i pedyplanację. Efekty obniżania były związane z małą



Ryc. 13. Stoki o profilu schodowym powstałe w wyniku podcięcia przez erozję boczną stoków wypukło-wklęsłych koło Pławna

1 — Kreda, 2 — Czwartorzęd

odpornością skał na wietrzenie mrozowe i z procesami mrozowymi. Cofanie zaś zależało od stopnia podatności produktów wietrzenia na procesy denudacyjne i od wzrostu siły transportowej w dół stoku oraz odnoszenia pokryw poza obręb stoku. Na stokach zasypanych przez utwory akumulacji plejsto-



Ryc. 14. *Zmiany profilu stoków zbudowanych ze skał wapienno-marglisto-krzemionkowych okresu górnokredowego w północno-środkowej części Wyżyny Małopolskiej:*

a — przeważający kształt stoku preglacyjnego,  
 b — przeważający kształt stoku powstałego w czwartorzędzie

ceńskiej zostały zakonserwowane starsze formy stoków, najczęściej preglacyjne. Dziś są one ekshumowane.

Akumulacja plejstocieńska w dnach dolin przyczyniła się do powstania niewielkich zrównań podstokowych. Wypukło-wklęsły profil stoków z długą, bardzo łagodną częścią wklęsłą oraz obecność na niej płaszczka zwietrzelinowego, pozwala zaklasyfikować te stoki do stadium rozwojowego dojrzałego.

Holocenijskie zmiany w profilach stoków są lokalne, wywołane najczęściej boczną erozją rzek. W wyniku działania erozji bocznej stoki wypukło-wklęsłe uzyskują profil schodowy (wypukło-wklęsło-wypukły), lub wypukły (ryc. 15).



Ryc. 15. *Profile stoków powstałych w wyniku erozji bocznej*

Zachowanie się plejstocenijskich pokryw wietrzeniowych oraz powszechność mrozowych struktur peryglacialnych świadczą o niewielkich holocenijskich zmianach. Obecne stoki cofają się powoli również i dlatego, że skały, z których są zbudowane, są bardzo przepuszczalne.



## LITERATURA

1. Bryan K., 1946. *Cryopedology...*, Am. J.
2. Czarnik J., 1966. *Stratygrafia czwartorzędu północnych okolic Koniecpola nad Pilicą*. Acta geol. pol. vol. XVI, z. 3.
3. Dylik J., 1953. *O peryglacjalnym charakterze rzeźby środkowej Polski*. Łódz. Tow. Nauk., Prace Wydz. III, nr 24, Łódź.
4. Dylik J., 1956. *Coup d'oeil sur la Pologne periglaciare*. Biul. perygl. nr 2.
5. Dylik J., 1957. *The morphogenetic and stratigraphic role of fossil in Poland* INQUA, V.
6. Dylik J., 1967. *The main elements of Upper Pleistocene paleogeography in Central Poland*. Biul. perygl., nr 16.
7. Dziewański J., Starkel L., 1962. *Dolina Sanu między Soliną a Żwierzyńcem w czwartorzędzie*. Pr. IG PAN nr 36.
8. Flint R. F., 1957. *Glacial and Pleistocene Geology*. New York — London.
9. Flis J., 1956. *Szkiec fizyczno-geograficzny Niecki Nidziańskiej*. Czas. geogr. v. XXVII, z. 2.
10. Jahn A., 1951. *Żjawiska krioturbacyjne współczesnej i plejstocenijskiej strefy peryglacjalnej*. Acta geol. pol. t. 2, nr 1—2.
11. Jahn A., 1954. *Denudacyjny bilans stoku*. Czas. geogr. v. XXV.
12. Jahn A., 1956 a. *Wyżyna Lubelska. Rzeźba i czwartorzęd*. Pr. IG PAN, nr 7, Warszawa.
13. Jahn A., 1956 b. *Some periglacial problems in Poland*. Biul. perygl. nr 4, Łódź.
14. Jahn A., 1956 c. *Badanie stoków w Polsce*. Prz. geogr., v. 28, z. 2, Warszawa.
15. Jahn A., Dumanowski B., 1963. *Przewodnik do wycieczki sudeckiej zorganizowanej w związku z ogólnopolską konferencją naukową w sprawie morfologii stoku*, PTG, IG Uniw. Wrocławskiego, Wrocław.
16. Jahn A., 1969. *Some problems concerning slope development in the Sudetes*. Biul. perygl., nr 19.
17. Jahn A., 1970. *Żagadnienia strefy peryglacjalnej*. PWN, Warszawa.
18. Klimaszewski M., 1952. *Żagadnienia plejstocenu południowej Polski*. Biul. FIG, nr 65, Warszawa.
19. Klimaszewski M., 1958. *Rozwój geomorfologiczny terytorium Polski w okresie przedczwartorzędowym*. Prz. geogr., t. XXX, z. 1, Warszawa.
20. Klimaszewski M., 1964. *Geomorfologia ogólna*. PWN, Warszawa.
21. Kowalski W. C., 1948. *Szkiec geologiczny utworów kredowych w okolicy Solcy*. Biul. FIG, t. 51, Warszawa.
22. Lindner L., 1963. *Czwartorzęd obszaru położonego między Żarnowcem a Charsznicą*. Praca magisterska UW, Warszawa.
23. Niklewski J., 1966. *Plejstocenijski profil pylkowy z okolic Koniecpola nad Pilicą*. Acta geol. pol., vol. XVI, z. 3. Warszawa.
24. Nowak W. A., 1957. *Morfologia północnej części Progu Lelowskiego*. Praca magisterska WSP Kraków.
25. Nowak W. A., 1964. *Ż morfologii kredowych progów strukturalnych zachodniej części Wyżyny Małopolskiej*. Roczn. nauk.-dydak. WSP, Pr. geogr. III, z. 22 Kraków.
26. Nowak W. A., 1965. *Rzeźba progów kredowych w Niece Nidziańskiej*. Czas. geogr. t. 36, z. 2.
27. Nowak W. A., 1967. *Studium nad morfogenezą północno-zachodniej części Niecki Nidziańskiej*. Praca doktorska WSP, Kraków.
28. Nowak W. A., 1968. *Żaburzenia mrozowe w utworach kredowych północnej części Niecki Nidziańskiej*. Zesz. nauk.-dydak. WSP, Pr. geogr. z. 322, Kraków.
29. Nowak W. A., 1970a. *Rzeźba podczwartorzędowa i ewolucja układu sieci dolinnej w północno-środkowej części Wyżyny Małopolskiej*. Pr. geogr. IG PAN nr 80, Warszawa.

30. Nowak W. A., 1970b. *Laboratoryjne badania nad podatnością na wietrzenie mrozowe skal osadowych z północnych części Niecki Nidziańskiej*. Roczn. nauk.-dydak. WSP, z. 40, Pr. geogr. V, Kraków.
31. Peltier L. C., 1950. *The geographic cycle in periglacial regions as it is related to climatic geomorphology*. Assoc. Am. Geogr. Ann., vol. 40, New York.
32. Pożaryski W., 1962. *Atlas geologiczny Polski. Zagadnienia stratygraficzno-facjalne*. Zeszyt 10. Kreda. Inst. Geol., Warszawa.
33. Różycki S. Z., 1938a. *Alb, cenoman i turon w okolicy stacji Złoty Potok*. Spraw. PIG, nr 48, Warszawa.
34. Różycki S. Z., 1938b. *Stratygrafia i tektonika kredy w okolicach Lelowa*. Pos. Nauk. PIG, nr 48, Warszawa.
35. Różycki S. Z., 1960. *Czwartorzęd regionu Jury Częstochowskiej i sąsiadujących z nią obszarów*. Prz. geol., nr 8.
36. Różycki S. Z., 1967. *Plejstocen Polski Środkowej*. Warszawa.
37. Ruszczyńska H., 1961. *Przedplejstoceniowe powierzchnie gradacyjne i stratygrafia osadów czwartorzędowych w dorzeczu Uniejówki*. Prace o plejstocenie Polski Środkowej, t. 1, Warszawa.
38. Rutkowski J., 1963. *Rozwój litologiczny i znaczenie użytkowe senonu okolicy Miechowa*. Kat. Złóż. Sur. Skalnych AGH, Kraków.
39. Starkel L., 1965. *Rozwój rzeźby polskiej części Karpat Wschodnich*. Pr. geogr. IG PAN, nr 50, Warszawa.
40. Szczepankiewicz S., 1958. *Peryglacjalny rozwój stoków masywu Słęży*. Biul. perygl., nr 6, Łódź.
41. Tricart J., 1951. *Die Entstehungsbedingungen des Schichtstufenreliefs im Pariser Becken*. Petermanns Geographische Mitteilungen, z. 2.
42. Tricart J., 1960. *Prace doświadczalne w zakresie wietrzenia mrozowego*. Zagadnienia geomorfologiczne PWN, Warszawa.
43. Troll C., 1948. *Das subnival oder periglaziale Zyklus der Denudation*, Ek.
44. Ziętara T., 1971. *O peryglacjalnej rzeźbie centralnego Tien-Szania*, Roczn. nauk.-dydak. WSP Krak., z. 40.

Władysław Adam Nowak

#### PERIGLACIAL GROWTH OF SLOPES IN NORTH-CENTRAL PART OF MAŁO-POLSKA UPLAND

Evaluation of slope growth in sub-quadernary periglacial conditions has been performed on the base of the investigations of present relief and of sub-quadernary fossil relief in West-central part of Małopolska Upland, as well as upon a detailed recognition of structural conditions in Upper Cretaceous bed of calcareous-marly-siliceous rock and upon laboratory determination of their susceptibility to frost weathering.

The slopes on calcareous-marly-siliceous deposits achieved convex-and-concave profiles in sub-quadernary. Slight slope inclinations are due to low resistance of bed rocks to frost weathering and to high susceptibility of the weathering products to denudation processes. The slope degradation in periglacial conditions was a selective process and it occurred faster on the slopes constituted from marly rocks. The convex-and-concave slope profiles result from an interaction of depressioning, flattening and recession trends. The slopes are of ripe profile, their Holocene conversion has been negligible.

## ПРИЛЕДНИКОВОЕ РАЗВИТИЕ СКЛОНОВ СЕВЕРОСРЕДНЕЙ ЧАСТИ МАЛОПОЛЬСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

На основании исследований сегодняшнего и ископаемого рельефов субчетвертичной средне западной части Малопольской возвышенности, а также тщательного изучения структурных условий верхнемеловой основной породы известково-мергельнокремнеземистых пород и определения в лабораторных условиях их податливости на морозное выветривание, был проведен анализ развития склонов в приледниковых условиях четвертичного периода.

На известково-мергельно-кремнеземистых образованиях склоны достигли в четвертичный период выпукло-вогнутых профилей. Небольшие наклоны склонов являются результатом слабой устойчивости пород на морозное выветривание и большой податливости такого выветривания на процессы денудации. Деградация склонов в приледниковых условиях была селективной и проходила быстрее на склонах, построенных из мергелистых пород. Выпукловогнутые профили склонов являются результатом совместного воздействия тенденций к снижению, сплюснению и отступлению. Это склоны зрелого профиля, в небольшой мере переобразованные в период голоцена.