

INSTYTUT GEOGRAFII<sup>P</sup>  
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
Tadeusza Chałubińskiego  
ZAKŁAD GEOGRAFII ROŚLINOZEMNICTWA  
Krakowskie Przedmieście 30

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

---

PRACE GEOGRAFICZNE NR 122

TADEUSZ GERLACH

WSPÓŁCZESNY ROZWÓJ STOKÓW  
W POLSKICH KARPATACH  
FLISZOWYCH

WROCLAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK  
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH  
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

PRACE GEOGRAFICZNE IG i PZ PAN

80. Kaszowski L., Kotarba A., *Wpływ katastrofalnych wzebrań na przebieg procesów fluwialnych (na przykładzie potoku Kobylanka na Wyżynie Krakowskiej)*  
Nowak W. A., *Rzeźba podczwartorzędowa i ewolucja układu sieci dolinnej w północnośrodkowej części Wyżyny Małopolskiej*. 1970, s. 124, 71 ilustr., i załącznik kol., 12 fot., zł 30,—
81. Stola W., *Próba typologii rolnictwa Poniidzia*. 1970, s. 146, 23 ilustr., 7 wkładek, 9 fot., zł 39,—
82. Praca zbiorowa. *Studia z geografii średnich miast w Polsce. Problematyka Tarnowa*. 1971, s. 274, 45 ilustr., zł 71,—
83. Wiśniewski E., *Struktura i tekstura sandru ostródzkiego oraz teras doliny górnej Drwęcy*. 1971, s. 95, 33 ilustr., zł 24,—
84. Skoczek J., *Wpływ podłoża atmosfery na przebieg dobowy bilansu cieplnego powierzchni czynnej*. 1970, s. 96, 49 ilustr., 10 fot., zł 21,—
85. Jewtuchowicz S., *Rozwój rzeźby okolic Łęczycy po zlodowaceniu środkowopolskim*. 1970, s. 78, 26 ilustr., 5 fot., zł 18,—
86. Olechnowicz-Bobrowska B., *Częstość dni z opadem w Polsce*. 1970, s. 75, 26 ilustr., zł 18,—
87. *Baza ekonomiczna i struktura funkcjonalna miast: Dziewoński K., Studium rozwoju pojęć, metod i ich zastosowań; Jerczyński M., Metody pośrednie identyfikacji i pomiaru*. 1971, s. 182, 2 ilustr., zł 44,—
88. Rościszewski M., *Kierunki ewolucji rolnictwa w krajach Maghrebu*. 1970, s. 127, 8 ilustr., zł 30,—
89. Adrjanowska E., *Przestrzenne powiązania produkcyjne stoczni gdańskich*. 1971, s. 105, 16 ilustr., zł 22,—
90. Różycka W., *Metody oceny warunków fizjograficznych dla potrzeb planowania przestrzennego miast*. 1971, s. 203, 16 ilustr., zł 40,—
91. Ciołkosz A., Miszalski J., *Wykorzystanie zdjęć lotniczych w geografii stosowanej*. 1972, s. 86, 23 ilustr., zł 15,—
92. Czyż T., *Zastosowanie metody analizy czynnikowej do badania ekonomicznej struktury regionalnej Polski*. 1971, s. 114, 13 ilustr., 11 map pod opaską, zł 38,—
93. Kostrubiec B., *Analiza zjawisk koncentracji w sieci osadniczej. Problemy metodyczne*. 1972, s. 117, 43 ilustr., zł 24,—
94. Klimek K., *Współczesne procesy fluwialne i rzeźba równiny Skeidararsandur (Islandia)*. 1972, s. 139, 31 ilustr., 48 fot., zł 32,—
95. Kraujalis M. W., *Udział ciepła ze sztucznych źródeł w bilansie cieplnym na obszarze Polski*. 1972, s. 74, 10 ilustr., zł 12,—
96. Kotarba A., *Powierzchniowa denudacja chemiczna w wapienno-dolomitowych Tatrach Zachodnich*. 1972, s. 116, 24 ilustr., 15 fot., zł 24,—
97. Jerczyński M., Chaves L. F., Siemek Z., *Studia nad strukturą funkcjonalną miast*. 1973, s. 385, 96 ilustr., zł 80,—
98. Praca zbiorowa. *Zmiany w rolnictwie tradycyjnym i migracje ludności wiejskiej w krajach rozwijających się (Irak, Maroko, kraje Afryki Zachodniej, kraje andyjskie)*. 1973, s. 179, 6 ilustr., zł 34,—
99. Kozłowska-Szczęśna T., *Promieniowanie pochłonięte na obszarze Polski*. 1973, s. 119, 34 ilustr., zł 22,—
100. Biegajło W., *Typologia rolnictwa na przykładzie województwa białostockiego*. 1973, s. 164, 30 ilustr., zł 35,—
101. Werwicki A., *Struktura przestrzenna średnich miast ośrodków wojewódzkich w Polsce*. 1973, s. 168, 49 ilustr., zł 30,—

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

\*

PRACE GEOGRAFICZNE NR 122

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТРУДЫ

№ 122

ТАДЕУШ ГЕРЛЯХ

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ СКЛОНОВ  
ПОЛЬСКИХ ФЛИШЕВЫХ КАРПАТ

\*

GEOGRAPHICAL STUDIES

№ 122

TADEUSZ GERLACH

PRESENT-DAY SLOPE DEVELOPMENT  
IN THE POLISH FLYSCH CARPATHIANS

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

---

PRACE GEOGRAFICZNE NR 122

TADEUSZ GERLACH

WSPÓŁCZESNY ROZWÓJ STOKÓW  
W POLSKICH KARPATACH  
FLISZOWYCH

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW : GDAŃSK  
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH  
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

1976

<http://rcin.org.pl>

**Komitet Redakcyjny**

**REDAKTOR NACZELNY: M. KIELCZEWSKA-ZALESKA**  
**ZASTĘPCA REDAKTORA NACZELNEGO: K. DZIEWOŃSKI**  
**CZŁONKOWIE: L. STARKEL, J. SZUPRYCZYŃSKI**  
**SEKRETARZ: I. STAŃCZAK**

**Redaktorzy Wydawnictwa: Irena Stańczak i Aurelia Podgórska**

*Printed in Poland*

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo. Wrocław 1976.  
Nakład: 800 egz. Objętość: ark. wyd. 9,80, ark. druk. 7,25 + 4 wkl.,  
ark. form. A1 10. Papier druk. sat. kl. III, 80 g. 70 × 100.  
Oddano do składania 2 VI 1976. Podpisano do druku 6 XII 1976.  
Druk ukończono w grudniu 1976 r. Wrocławska Drukarnia Naukowa.  
Zam. nr 340/76 — L-9 — Cena zł 30.—

## SPIS TREŚCI

Wstęp . . . . .	7
Zarysowanie problemu i cel pracy . . . . .	7
Dotychczasowy stan wiedzy . . . . .	10
Przegląd badań w polskich Karpatach . . . . .	13
Teren badań . . . . .	17
Typy warunków pogodowych w okresie badań . . . . .	19
Metoda badań . . . . .	21
Tereny badań szczegółowych . . . . .	25
Teren „Jaszcz” — środowisko naturalne lasu dolnoregłowego . . . . .	25
Charakterystyka fizjograficzna . . . . .	25
Pomiary spłukiwania . . . . .	33
Pomiary działalności kropeł deszczu . . . . .	35
Wielkość spłukiwania na stokach zalesionych . . . . .	42
Rozmiary ługowania . . . . .	44
Saltacja wykrotowa . . . . .	46
Teren „Jaworki” — środowisko antropogeniczne (łąki, pastwiska, pola uprawne) . . . . .	47
Charakterystyka fizjograficzna . . . . .	47
Pomiary spłukiwania . . . . .	51
Wielkość spłukiwania na stokach łąkowych . . . . .	53
Wielkość spłukiwania na stoku pastwiskowym . . . . .	53
Wielkość spłukiwania na stoku rolniczym . . . . .	55
Rozmiary ługowania . . . . .	56
Teren „Łęczany” — środowisko antropogeniczne (pola uprawne) . . . . .	58
Charakterystyka fizjograficzna . . . . .	58
Deflacja i akumulacja eoliczna na stokach . . . . .	61
Reprezentatywność okresu badań na tle wielolecia . . . . .	64
Efekty działalności eolicznej na stokach w świetle badań pokryw . . . . .	69
Udział procesów eolicznych i spłukiwania w modelowaniu stoków . . . . .	74
Wyniki obserwacji skutków gwałtownej ulewy . . . . .	79
Typ i szybkość zmian form stoków przez spłukiwanie i działalność eoliczną . . . . .	82
Wnioski . . . . .	83
Przebieg i natężenie współczesnych procesów stokowych w warunkach środowiska naturalnego . . . . .	83
Przebieg i natężenie współczesnych procesów stokowych w warunkach gospodarki człowieka . . . . .	89
Wpływ geometrii stoków i baz denudacyjnych na przekształcanie stoków . . . . .	94
Znaczenie praktyczne wyników badań . . . . .	97
Niektóre prawidłowości współczesnego rozwoju stoku . . . . .	99

Literatura . . . . .	101
Современное развитие склонов польских флишевых Карпат (резюме) — <i>перевел</i> <i>Даниэль Хорович</i> . . . . .	107
Present-day slope development in the Polish flysch Carpathians (summary) — <i>translated by Sylwia Gilewska</i> . . . . .	112



## WSTĘP

### ZARYSOWANIE PROBLEMU I CEL PRACY

Ważnym problemem geomorfologicznym dla obszarów górskich i czynnych położonych w leśnej strefie klimatów umiarkowanych i charakteryzujących się dużą różnorodnością form, jest określenie:

- 1) przebiegu i natężenia współczesnych procesów morfogenetycznych w środowisku naturalnym i antropogenicznym oraz
- 2) typu i szybkości ewolucji form stoków w tych dwóch środowiskach.

Na temat pierwszego zagadnienia istnieje bogata literatura, w której panuje zgodna opinia, że w warunkach środowiska naturalnego ustala się pewien typ równowagi dynamicznej form. Warunkuje ona optymalny rozwój pokrywy glebowej, jej najkorzystniejsze fizyczne i biologiczne właściwości oraz najsilniej ogranicza przebieg i natężenie procesów denudacyjnych. Równowaga dynamiczna form, w której procesy denudacyjne są kompensowane przez wietrzenie i procesy glebotwórcze, określana jest mianem denudacji (erozji) geologicznej lub denudacji (erozji) normalnej.

W warunkach antropogenicznych natomiast, w wyniku zniszczenia naturalnych zbiorowisk roślinnych i wprowadzenia na ich miejsce upraw polowych, zaburzona zostaje uprzednio istniejąca równowaga. Prowadzi to do zaktywizowania na niespotykaną skalę niektórych procesów morfogenetycznych lub nawet pojawienia się nowych nie występujących uprzednio. To duże zaktywizowanie, w którym procesy denudacyjne przewyższają tempo powstawania zwietrzelin i tworzenia gleby, nazywane jest denudacją (erozją) przyspieszoną lub antropogeniczną. Zwiększona aktywność różnych typów procesów na stokach prowadzi do szybkiego zmniejszania się miąższości warstwy glebowej, jej pojemności retencyjnej i przyspieszenia odpływu wód ze stoków, a w dalszej kolejności do zupełnego zniszczenia gleb i powstania nieużytków lub powierzchni o bardzo niskich możliwościach produkcyjnych. Zdenudowanie gleb ze stoków, które z punktu widzenia hydrologicznego spełniają podwójną rolę (jako zbiornika retencyjnego wolno oddającego wodę do potoków i rzek oraz pośrednika zaopatrującego w wodę głębsze

podłoże) jest przyczyną nagłych i dużych powodzi w pewnych okresach, w innych zaś znacznego deficytu wód. Konsekwencją aktywizacji procesów denudacyjnych na stokach jest wzmożona akumulacja w dnach dolin. Proces ten powodując podnoszenie den dolin jest również bardzo niekorzystny z punktu widzenia gospodarczego, bowiem w przypadku istnienia urządzeń hydroenergetycznych i technicznych skraca ich użyteczność.

Obok różnic w przebiegu i natężeniu współczesnych procesów morfogenetycznych, drugim zasadniczym zagadnieniem jest typ i szybkość ewolucji form stoków w obszarach o środowisku naturalnym i antropogenicznym. Od kilkudziesięciu lat toczy się dyskusja na temat, czy ewolucja stoków przebiega poprzez spłaszczanie, czy równoległe cofanie się ich. Część geomorfologów przychyliła się do dewisowskiej (1899) koncepcji spłaszczania (G. Götzinger 1907, S. S. Sobolew 1948), część do koncepcji W. Pencka (1924) — równoległego cofania (L. C. King 1953), część zaś stara się łączyć te dwie przeciwstawne koncepcje, wskazując na możliwość obydwu typów ewolucji stoków. Należą tu między innymi: H. Baulig (1940, 1958), P. Birot (1949) i J. G. Simonow (1971). Odnośnie zaś do szybkości ewolucji stoków przeważa pogląd, że w warunkach naturalnych w leśnej strefie klimatów umiarkowanych przebiega ona bardzo powoli.

Przy konstrukcji przytoczonych koncepcji stoki rozpatrywano w powiązaniu z dnami dolin (Davis, Penck, Baulig, Sobolew), podkreślając współzależność procesów stokowych z procesami zachodzącymi w dnach dolin. Wielu jednak autorów rozważania te ogranicza do samych stoków. Oddzielne traktowanie stoków i den dolin jest nieprawidłowe. Procesy stokowe kończą się bowiem na dolnej bazie denudacyjnej, którą jest dno doliny, a którego położenie obniża się przez erozję lub podnosi się przez akumulację. Erodujący lub agradujący typ potoku względnie rzeki ma wpływ na procesy stokowe, które z kolei przez ilość dostarczanego materiału oddziałują na pracę rzeki.

Dążność do poznania procesów zachodzących w wyżej wymienionych środowiskach ma podstawowe znaczenie zarówno naukowe, jak i praktyczne. Znajomość ich umożliwi z jednej strony korygowanie naszych poglądów o typie i szybkości przekształcania stoków w minionych okresach, z drugiej — daje pewne wskazówki odnośnie do racjonalnego wykorzystania tych form.

Celem pracy jest charakterystyka i próba ustalenia różnic w przebiegu i natężeniu aktualnych procesów stokowych oraz typu i szybkości ewolucji form stoków na obszarze polskich Karpat fliszowych w warunkach środowiska zbliżonego do naturalnego oraz w warunkach gospodarki człowieka.

Istnieje duża liczba różnorodnych opracowań dla obszaru polskich Karpat na temat współczesnych procesów morfogenetycznych. Są to

przyczynki naukowe, opracowania problemowe, monograficzne oraz ujęcia syntetyczne stanu badań nad współczesnymi procesami morfogenetycznymi. Z opracowań wynika, że procesy te na obszarze Karpat wykazują duże zróżnicowanie. Mimo tego zróżnicowania ogólnie można powiedzieć, że w zalesionych obszarach Beskidów głównym procesem degradacyjnym jest erozja liniowa w dnach dolin i osuwanie na stokach. Natomiast na obszarach upraw rolniczych, zarówno w Beskidach, jak i na Pogórzu, na stokach dominuje spłukiwanie, tzw. erozja gleb, w dnach dolin — akumulacja spłukanego materiału, a tylko w pewnych regionach pierwsze miejsce zajmuje osuwanie, sufozja czy działalność eoliczna, tj. procesy, które są związane z określonymi warunkami geologicznymi, morfometrycznymi czy anemologicznymi. Obok wyżej wymienionych procesów poważny udział w ogólnej degradacji całego obszaru ma rozpuszczanie i ługowanie, określone mianem denudacji chemicznej.

Wszystkie niemal badania dotyczące spłukiwania koncentrują się na stokach użytkowanych rolniczo. Pomijane są w większości przypadków stoki z roślinnością naturalną lub zbliżoną do naturalnej, przyjmuje się bowiem dla nich zupełny brak przemieszczeń gleby lub minimalne ich rozmiary (gleboznawcy, melioranci), zwykle nie poparte wartościami liczbowymi. Równocześnie stwierdza się, (geografowie, geomorfolodzy), że w warunkach środowiska naturalnego lub zbliżonego do naturalnego wiele form, zarówno w obrębie den dolinnych, jak i na stokach, powstaje obecnie i rozwija się.

Przytoczone wyżej fakty skłoniły mnie do kontynuowania wcześniej podjętych stacjonarnych badań nad spłukiwaniem na stokach z roślinnością zbliżoną do naturalnej, oraz na stokach użytkowanych rolniczo i przeciwstawienia sobie tych dwóch środowisk (T. Gerlach 1966).

Duża różnorodność i zmienność stanów pogodowych na obszarze polskich Karpat, związana z przejściowym klimatem (od oceanicznego do kontynentalnego), warunkuje znaczne zróżnicowanie przebiegu i natężenia współczesnych procesów morfogenetycznych w określonych sezonach i latach. Dla poznania tego zróżnicowania, zwłaszcza przypadków krańcowych, charakteryzujących się dużą intensywnością procesów, a także częstotliwości ich występowania, konieczne było prowadzenie badań przez kilka lat.

Dla osiągnięcia postawionego celu posłużyły trzy niewielkie tereny na obszarze Karpat, które z punktu widzenia sposobu i stopnia ingerencji gospodarczej człowieka reprezentują: A — środowisko zbliżone do naturalnego — lasów dolnoreglowych (Gorce — Jaszczce w Górnej Ochotnicy) oraz B — środowisko antropogeniczne: 1) łąk i pastwisk (pograniczne pasma Radziejowej i Małych Pienin — Jaworki koło Szczawnicy), 2) pól ornych (Doły Jasielsko-Sanockie — Łężany na SE od Krosna).

Praca została wykonana w Zakładzie Geografii Fizycznej Instytutu Geografii Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. Kierownikowi Zakładu prof. dr. L. Starkłowi dziękuję za uwagi i dyskusje związane z problematyką tej pracy. Szczególnie serdecznie dziękuję prof. dr. M. Klimaszewskiemu, pod którego kierunkiem rozpoczynałem badania, za ciągle interesowanie się ich postępem i wynikami oraz za cenne rady i uwagi korzystne dla całej rozprawy.

#### DOTYCHCZASOWY STAN WIEDZY

Przed przystąpieniem do rozważań nad typem i szybkością ewolucji form stoków przytoczę kilka definicji precyzujących zakres tego pojęcia.

A. Jahn (1954) definiuje pojęcie stoku jako „...nachyloną powierzchnię morfologiczną, na której działają czynniki denudacji, a przede wszystkim zachodzi na niej grawitacyjny ruch mas ziemnych”.

L. B. Leopold, M. G. Wolman, J. P. Miller (1964): „...stoki są częścią rzeźby, zawartą pomiędzy grzbietem wzgórz a liniami ich odwodnienia. Całkowita długość stoku jest odległością pomiędzy działem wodnym a linią koryta rzecznoego lub powierzchnią doliny”.

J. Dylík (1969): „...Stok jest częścią form rzeźby, modelowaną przez procesy denudacyjne sensu stricto, to jest przez ruchy mas i spłukiwanie, czynne zarówno obecnie, jak i w mniej lub bardziej odległej przeszłości geologicznej. Owe procesy morfologiczne wiążą stoki w zwartą całość dynamiczną, objawiającą się bądź to w skutkach działania ablastycznego, bądź też w następstwie akumulacji. ... Dolna granica stoku określa miejsca, w których wygasają najdalej w dół sięgające procesy denudacyjne, lub miejsca, gdzie procesy te się nie odbywają, gdyż ulegają innym, jak fluwialne, abrazyjne itd. Górna granica przebiega przez miejsca startu najwyższych położonych i najodleglejszych od podstaw denudacyjnych procesów stokowych. ... Podstawy denudacyjne różnego rzędu są kategorięcznym warunkiem rozwoju stoku...”

A. E. Scheidegger (1974): „Stoki są elementami budowy gór, brzegów rzek, wybrzeży — ogólnie rzecz biorąc, wszystkich charakterystycznych elementów geografii naszego globu”.

S. S. Woskriesiński (1971): „...Stokami są powierzchnie, na których działalność siły ciężkości odgrywa decydującą rolę w przemieszczaniu materii...”

J. G. Simonow (1971): „...Stokami należy nazywać nachylone powierzchnie tworzące pozytywne i negatywne elementy rzeźby, w obrębie których przemieszczanie gruntowych mas, powstających w ich obrębie w rezultacie procesów wietrzenia, urzeczywistnia się dzięki sile grawitacji, przy okresowych zmianach fizycznych właściwości luźnych utworów...”

D. A. Timofiejew, W. P. Cziczagow (1972): „...Stokami są nachylone

powierzchnie i dna mórz, dowolnej genezy, podlegające działalności różnych czynników, jednym z których jest działanie siły ciężkości..."

Przytoczone definicje określają pojęcie stoku bardzo ogólnie. Dla rozważań ilościowych pojęcie to jest niewystarczające, gdyż nie informuje o podstawowych parametrach dotyczących rozmiarów stoku, które decydują o jego rozwoju.

Ogólnie można powiedzieć, że podstawowymi jednostkami tworzącymi lub inaczej mówiąc składającymi się na rzeźbę są formy wypukłe (grzbiety, garby) i formy wklęsłe (doliny, obniżenia). Formy te składają się z dwu podstawowych elementów, tj. powierzchni płaskich i powierzchni nachylonych. Powierzchnie płaskie występują na dwóch różnych poziomach: na wierzchołkach i w dnach dolin lub obniżeń. Powierzchnie nachylone stanowią łącznik pomiędzy tymi dwoma powierzchniami płaskimi. Łącznik ten zwany stokiem może mieć różne rozmiary, które decydują o dalszym jego rozwoju, zmierzającym do likwidacji różnic wysokości.

Rozmiary stoku są określane przez: wysokość pomiędzy korytem lub płaskim dnem doliny czy obniżenia a płaską powierzchnią wierzchołki, oraz przez długość rzutu poziomego między tymi dwoma powierzchniami. Od wysokości i długości zależy trzecia podstawowa cecha, tj. wielkość nachylenia.

Wielkość nachylenia stoków może wahać się od pionowych ścian (gdy wysokość jest duża a długość równa zeru) do prawie horyzontalnych powierzchni (gdy wysokość zbliżona jest do zera a długość duża). Pomędzy tymi dwoma skrajnymi przypadkami nachyleń, różniącymi się odmiennym typem procesów (odpadanie, depozycja), występuje szereg granicznych nachyleń, przy których sposób i tempo ewakuacji oraz sposób i tempo trwałej lub okresowej depozycji materiału różnią się między sobą. Jako jedno z głównych granicznych nachyleń (oddzielające powierzchnie nachylone o przewadze odpadania od powierzchni nachylonych o przewadze depozycji odpadniętego materiału) przyjmuje się kąt  $45^\circ$  (R. A. G. Savigear 1967). Powierzchnie nachylone powyżej  $45^\circ$  do  $90^\circ$  nazywane są stokami pionowymi (klifowe, typu ścian) lub stokami młodymi. Powierzchnie nachylone poniżej  $45^\circ$  do około  $2^\circ$  — stokami właściwymi lub dojrzałymi.

Istnieje kilka klasyfikacji stoków jako całości, według stopnia ich nachylenia, tzn. od pionowych ścian do powierzchni prawie płaskich. W klasyfikacjach tych różna jest ilość wydzielanych klas oraz różne jest nazewnictwo. Zagadnieniem tym zajmują się: M. Klimaszewski (1961), M. Strzemski (1966), R. A. G. Savigear (1967), A. Young (1972), A. Wołk (1975).

Obok klasyfikacji stoków według nachyleń istnieją klasyfikacje stoków według kształtów: stoki jednosegmentowe — prosty, wypukły, wklęsły; dwusegmentowe — sześć możliwości kombinacji stoków jedno-

segmentowych, oraz trzy- i wielosegmentowe (R. A. G. Savigear 1967 i F. Ahnert 1970).

Dla terenów, w których prowadzono szczegółowe badania nad splukiwaniem, zastosowano system porządkowania morfometrii istniejących form rzeźby oraz jej elementów w oparciu o klasyfikację cieków i rzek R. E. Hortona (1945). W obszarach górskich o wyraźnej rzeźbie fluwialno-denudacyjnej klasyfikacja ta wydaje się najbardziej racjonalna. Informuje ona o podstawowych parametrach morfometrycznych, decydujących o aktualnym rozwoju stoku.

Na określenie ewolucji form stoków istnieją dwie zasadnicze koncepcje: W. M. Davisa (1899) — mówiąca, że rozwój stoków odbywa się poprzez spłaszczanie (peneplenizacja), i W. Pencka — że rozwój tych form zachodzi poprzez równoległe cofanie (pedyplanacja). Zagadnienia te znane są z podręczników i z innych prac. Szczegółowiej autor omówił je w oddzielnym artykule (T. Gerlach 1967).

Te dwie przeciwstawne koncepcje spłaszczania i równoległego cofania są najbardziej ogólnym, ale równocześnie i pełnym schematem typu ewolucji stoków. Późniejsze prace H. Bauliga (1940), A. Wooda (1942), P. Birola (1949) i L. C. Kinga (1953) w mniejszym lub większym stopniu nawiązują do tych koncepcji, ale zajmują się zwykle już nie pełnym rozwojem stoków, lecz ewolucją stoków dojrzałych.

Przedstawione koncepcje dotyczące typu rozwoju stoków są rozbieżne. Rozbieżność poglądów dotyczy także głównego procesu modelującego i zmieniającego stoki. Wszyscy autorzy są zgodni, że stoki w stadium młodocianym, o stromych ścianach, są modelowane przez grawitacyjny ruch mas typu odpadania, obrywania i osiadania. Natomiast istnieje duża rozbieżność poglądów na temat głównego procesu modelującego stoki w stadium dojrzałym, gdy osiągają one nachylenia w granicach lub poniżej kąta naturalnego spoczynku. Davis, Penck, King, Götzinger, Birot, Woskriesiński przyjmują, że w tym stadium głównym procesem jest grawitacyjny ruch mas, a Gilbert, Baulig, Sobolew — że splukiwanie. Odnośnie zaś do szybkości ewolucji stoków w leśnej strefie klimatów umiarkowanych wszyscy wymienieni autorzy sądzą, że w warunkach naturalnych jest ona bardzo powolna.

Przedstawione poglądy mają swoich zwolenników i przeciwników. M. Klimaszewski (1961) i J. Tricart (1965) podkreślają, że wiąże się to z niewystarczającą znajomością przebiegu i natężenia współczesnych procesów oraz z niewielką jeszcze liczbą danych ilościowych.

Nowsze prace w większym lub mniejszym stopniu nawiązują do wyżej wymienionych koncepcji, jednak miejsce dawniejszych, głównie jakościowych i dedukcyjnych rozważań, coraz powszechniej zajmują pomiary ilościowe natężenia i przebiegu współczesnych procesów morfogenetycznych w różnych warunkach środowiskowych. Ostatnio na podstawie danych ilościowych budują modele i systemy modeli dotyczące

ewolucji stoków: J. B. Darlymple, R. J. Blong, A. J. Conacher (1968), H. Gosmann (1970), A. E. Scheidegger (1974), M. J. Kirkby (1971). Z budową modeli wiąże się problem tzw. kwantyfikacji, to znaczy że każdy element i czynnik musi być określony ilościowo.

Jedną z podstawowych prac na drodze ku unifikacji podstawowych parametrów w geomorfologii fluwialno-denudacyjnej jest rozprawa R. E. Hortona (1945), rozwijana i uzupełniana przez późniejszych badaczy (A. N. Strahler 1952, S. A. Schumm 1956, F. Hirsch 1962, L. B. Leopold, M. G. Wolman, J. P. Miller 1964, A. F. Pitty 1971).

Horton opierając się na poglądzie Playfaiera (wypowiedzianym przeszło 100 lat temu) o proporcjonalności dolin do rzek, które je wyżłobiły, daje model powstawania i rozwoju sieci rzecznej oraz stwierdza, że rozwój rzeźby fluwialnej nawiązuje do systemu istniejącej sieci hydrograficznej, a system tej sieci (ilość, układ, wielkość) określają pewne prawa, które mogą być wyrażone ilościowo. Odwraca dotychczasową klasyfikację hydrologiczną rzek i potoków, przyjmując, że pojedyncze nierozgałęzione potoki winny posiadać pierwszy rząd wielkości, potoki z dopływami 1 rzędu winny być 2 rzędu, potoki z co najmniej 1 dopływem 2 rzędu i dopływami 1 rzędu winny być 3 rzędu itd.

Poszczególnym rzędom potoków przyporządkowane są odpowiednich rozmiarów doliny i stoki, stanowiące element składowy tych form. Jest to więc metoda ustalająca zasady racjonalnej klasyfikacji cieków, rzek i przyporządkowanych im stoków różnych rzędów. Umożliwia ona porównywanie podstawowych parametrów tych form w rozważaniach geomorfologicznych bez względu na wielkość powierzchni badanej zlewni.

#### PRZEGLĄD BADAŃ W POLSKICH KARPATACH

Literatura dotycząca współczesnych procesów morfogenetycznych na obszarze polskich Karpat fliszowych jest liczna i bardzo różnorodna. Procesy te stanowią obiekt zainteresowań kilku dyscyplin: geologii, geografii, geomorfologii, gleboznawstwa, rolnictwa, hydrologii i innych. Odmienne są jednak cele i zakres badań poszczególnych specjalistów. Geografowie, a głównie geomorfolodzy, prowadzą badania nad współczesnymi procesami morfogenetycznymi dla poznania historii rozwoju rzeźby i jej elementów, a także wpływu i wzajemnego oddziaływania poszczególnych komponentów środowiska geograficznego (budowy geologicznej, klimatu, szaty roślinnej) na tempo tego rozwoju. Natomiast gleboznawcy, rolnicy hydrologicy i inżynierowie melioracji zajmują się tymi zagadnieniami z punktu widzenia przeciwdziałania ujemnym skutkom tych procesów.

Z punktu widzenia historycznego dotychczasową literaturę można podzielić na trzy okresy: 1) okres opisu pojedynczych procesów i ich skutków, 2) opisów i kartowania nowo powstałych form, 3) kartowania

form i pomiarów stacjonarnych przebiegu i natężenia procesów morfogenetycznych.

Z obszaru polskich Karpat fliszowych pierwsze opisy niektórych współczesnych procesów morfogenetycznych podaje S. Staszic (1815). Oparte są one na obserwacjach terenowych i dotyczą wietrzenia, osuwania i erozji. Obok opisu procesów Staszic po raz pierwszy w literaturze polskiej wyróżnia i charakteryzuje piętra morfogenetyczne w Karpatach. W późniejszych rozprawach W. Pola (1851) i A. Rehmana (1895) znajdujemy informacje o klęskach wielkich powodzi, które w rzeźbie den dolinnych wywołują duże zmiany i powodują znaczne szkody gospodarcze.

Szczegółowych danych dostarczają dopiero prace z początku XX wieku. W. Friedberg (1902) opisuje z obszaru Karpat Wschodnich erozję potoków górskich oraz szkody przez nią spowodowane. R. Zuber i J. Blauth (1907) piszą o osuwisku w Duszatynie, W. Łoziński (1909), E. Romer (1909) opisują wietrzenie mechaniczne oraz formy i procesy osuwania. L. Sawicki (1917) daje charakterystykę kilku osuwisk oraz pierwszą klasyfikację tych form w polskich Karpatach. W pracach wymienionych autorów obok podkreślenia szkód spowodowanych przez te procesy główna uwaga jest skierowana na poznanie mechanizmu procesów, określenie ich udziału w przekształcaniu den dolinnych, stoków, a także na poznanie cech osadów korelatnych.

W latach 1919—1939 wzrosła ilość i zakres prac na temat współczesnych procesów morfogenetycznych. Najczęściej opisywane były formy i procesy związane z osuwaniem (W. Schramm 1925, B. Świdorski 1932, K. Stecki 1934, H. Teisseyre 1936). Pojawiają się również prace dotyczące form i utworów wietrzenia fizycznego (M. Klimaszewski 1933, H. Świdziński 1933), erozji i akumulacji potoków i rzek (M. Klimaszewski 1935, A. Zierhoffer 1935), wielkości transportu w postaci zawieszonej (Z. Ziemska 1928) i w postaci wleczonej (S. Hubicki 1927, A. Born 1928, M. Matakiewicz 1936, A. Zierhoffer 1935). B. Świdorski (1938) daje pierwszą mapę geomorfologiczną, na której obok innych form zaznacza formy i osady powstałe po ulewach w 1927 roku.

Trzeci okres badań nad współczesnymi procesami morfogenetycznymi rozpoczyna szczegółowe kartowanie geomorfologiczne w ujęciu genetyczno-chronologicznym, zapoczątkowane przez M. Klimaszewskiego (1953). Na podstawie kartowania geomorfologicznego i szczegółowych obserwacji współczesnych procesów i form ukazały się rozprawy: L. Starkla (1960), Z. Czeppego (1960) oraz T. Ziętary (1968).

Ewolucję stoków Karpat fliszowych w czwartorzędzie omawia Starkeł (1969). W 1955 roku w pobliżu Stacji Naukowo-Badawczej IG PAN na Hali Gąsienicowej zostały rozpoczęte stacjonarne badania nad sfluwaniem i spełzywaniem w Tatrach, a w Beskidach w Jaworkach k. Szczawnicy w otoczeniu Stacji IMUZ (T. Gerlach 1960, 1966). Na



obszarze Pogórza w okolicach Gdowa w latach 1957—1958, Z. Woźniak (1963) prowadziła systematyczne pomiary splukiwania na stokach uprawianych rolniczo oraz transportu zawiesiny w Potoku Bilczyckim. Niemal równolegle prowadzone były badania nad erozją, transportem i sedymentacją w małych zlewniach karpackich: E. Gil (1964), L. Kaszowski (1965), T. Zawora (1967), M. Niemirowski (1974).

W latach 1967—1973 ukazały się prace na temat morfologicznej działalności wiatru: T. Gerlach (1960), T. Gerlach i L. Koszarski (1968), A. Kotarba (1970), A. Welc (1972), S. Janiga (1973). Autorzy ci wykazali, że niedoceniane dotychczas na obszarze Karpat deflacja i akumulacja eoliczna stanowią poważny udział w degradacji gleb na stokach dowietrznych i nadbudowywaniu gleb na stokach zawietrznych.

W roku 1968 rozpoczęła pracę Stacja Naukowa IG PAN w Szymbarku k. Gorlic. Na terenie Stacji oraz w najbliższym jej otoczeniu rozpoczęto na szeroką skalę badania: 1) dynamiki obiegu wody na stokach — J. Słupik (1973), 2) przebiegu i natężenia splukiwania na stokach różnie użytkowanych — E. Gil i J. Słupik (1972), E. Gil (1974), J. Słupik i E. Gil (1974), 3) przebiegu erozji, transportu i sedymentacji w korytach rzecznych — A. Welc (1972a, 1973), 4) rozmiarów i przebiegu ruchów masowych w obrębie osuwisk — L. Dauksza i A. Kotarba (1973). W badaniach tych zostały zastosowane nowe techniki pomiarów. Opublikowane wyniki wypełniają lukę dotyczącą znajomości mechanizmu procesów i ilościowych ujęć.

Stacjonarne badania nad wielkością transportu w postaci zawieszonej, rozpuszczonej i wleczonej prowadzone są w dorzeczu Kamienicy Nawojowskiej przez W. Froehlicha (1972, 1973).

Równolegle z geografami i geomorfologami prowadzili badania melioranci, gleboznawcy, rolnicy, geolodzy, hydrobiolodzy i inni specjaliści.

Na temat erozji gleb i osuwisk pisali: L. Lazar (1952), P. Śliwa (1955), A. Reniger (1950, 1955, 1957), S. Ziemnicki i Z. Mazur (1955), K. Figuła (1955, 1960), B. Dobrzański, J. Gliński, T. Guz, J. Pomian (1962), S. Polak (1965), S. Jagła (1966), S. Polak, T. Witek (1966), P. Prochal (1968), K. Jakubowski (1968).

W latach sześćdziesiątych na obszarze Karpat została przeprowadzona rejestracja wszystkich osuwisk o powierzchni powyżej 2 ha. Inwentaryzacja objęła tereny zamieszkałe z pominięciem obszarów zalesionych. Została ona wykonana na mapach w skali 1:25 000. Ten bogaty materiał dokumentacyjny zestawiono na przeglądowej mapie geologicznej (A. Michalik 1970). Kartoteka i mapa pozwalają na uzmysłowienie sobie rozmiaru i znaczenia procesów osuwiskowych na terenie Karpat. Z ogólnej ilości 8500 zarejestrowanych osuwisk, zajmujących łącznie 672 km<sup>2</sup> (stanowi to około 4% całej powierzchni Karpat), 41% znajduje się na obszarze Pogórza, a 51% w pozostałej części Karpat. Ponad połowa osuwisk w okresie rejestracji była czynna. Najczęstszą przyczyną ruchu

osuwiskowego są erozja wgłębna i erozja boczna, które przy sprzyjającej budowie geologicznej powodują powstawanie osuwisk. Największa liczba osuwisk w Beskidach oraz powierzchnia przez nie zajęta związane są z intensywną erozją wgłębną potoków i z dużymi nachyleniami stoków. Ten bogaty materiał dokumentacyjny wymaga jeszcze szczegółowej analizy z punktu widzenia geomorfologii, a szczególnie ewolucji stoków.

Osobną grupę stanowią prace hydrologiczne o rozmiarach transportu zawiesiny przez rzeki karpackie. Na ten temat pisali: W. Pietruszewski (1949), M. Jarocki (1957), K. Dębski (1961), Z. Mikulski (1961), T. Klus (1965), K. Figuła (1966), J. Brański (1968, 1972), T. Chomiak, J. Cyberski, Z. Mikulski (1969), S. Biernat (1969), H. Gładki i M. Madeyski (1975).

Ukazało się również kilka prac o stopniu koncentracji materiału rozpuszczonego w wodach rzek karpackich i tzw. denudacji chemicznej: M. Bombówna (1960), K. Figuła (1966), K. Pasternak (1960, 1968, 1969), S. Maultz (1972), M. Pulina (1974).

Wymieniony w wielkim skrócie przegląd badań dotyczących współczesnych procesów morfogenetycznych na obszarze polskich Karpat z jednej strony wskazuje na wielostronność badań w tym zakresie, z drugiej na dużą nierównomierność stopnia poznania poszczególnych procesów (ryc. 1).

Na podstawie dotychczasowych badań ogólnie można stwierdzić, że na obszarze Karpat w warunkach środowiska naturalnego głównymi procesami są erozja liniowa i ługowanie. Osuwanie i spełzywanie uwarunkowane litologią i tektoniką oraz dużymi nachyleniami stoków tylko w pewnych obszarach wysuwa się na czołowe miejsce. Sufozja związana jest z pokrywami pylastymi, rozwiniętymi na warstwach krośnieńskich. W warunkach upraw rolniczych procesy osuwania i spełzywania odgrywają podrzędniejszą rolę w przekształcaniu stoków i wiążą się przede wszystkim z ich budową geologiczną i nachyleniem, a w mniejszym stopniu z użytkowaniem. Dotyczy to szczególnie głębokich osuwisk. Na czołowe miejsce (w takich warunkach) wysuwają się na stokach: spłukiwanie powierzchniowe, spychanie gleby przez pług, działalność eoliczna, erozja liniowa w obrębie dróg, a w dnach dolin akumulacja i erozja boczna.

Różnice metodyczne oraz brak dłuższych serii stacjonarnych pomiarów procesów zachodzących na stokach uniemożliwiają w wielu przypadkach porównywanie wyników zawartych w licznych opracowaniach. Nie mamy również bliższych informacji o przebiegu współczesnych procesów morfogenetycznych w warunkach środowiska naturalnego. Utrudnia to dokładniejszą ocenę roli działalności człowieka w zniszczeniu przyrodniczej równowagi i jej skutków. Wynikła stąd potrzeba przeprowadzenia szczegółowych badań nad przebiegiem i natężeniem współczes-

nych procesów morfogenetycznych na stokach w warunkach środowiska naturalnego oraz rolniczej działalności człowieka. Badania takie na obszarze Karpat w okresie kilku lat prowadził autor (ryc. 1), koncentrując główną uwagę na poznaniu i określeniu roli splotowania i działalności eolicznej we współczesnym modelowaniu stoków. Wyniki tych badań stanowią treść niniejszej pracy.

W opracowaniu niniejszym pominięta została bliższa charakterystyka przebiegu i natężenia tzw. procesów grawitacyjnych (odpadanie, obrywanie, osuwanie, osiadanie, spelżywanie) ze względu na niewielki udział stoków modelowanych przez te procesy (około 4% powierzchni całych Karpat posiada wyraźne ślady współczesnego modelowania przez procesy grawitacyjne — A. Michalik 1970) oraz konieczność zastosowania innych technik pomiarowych.

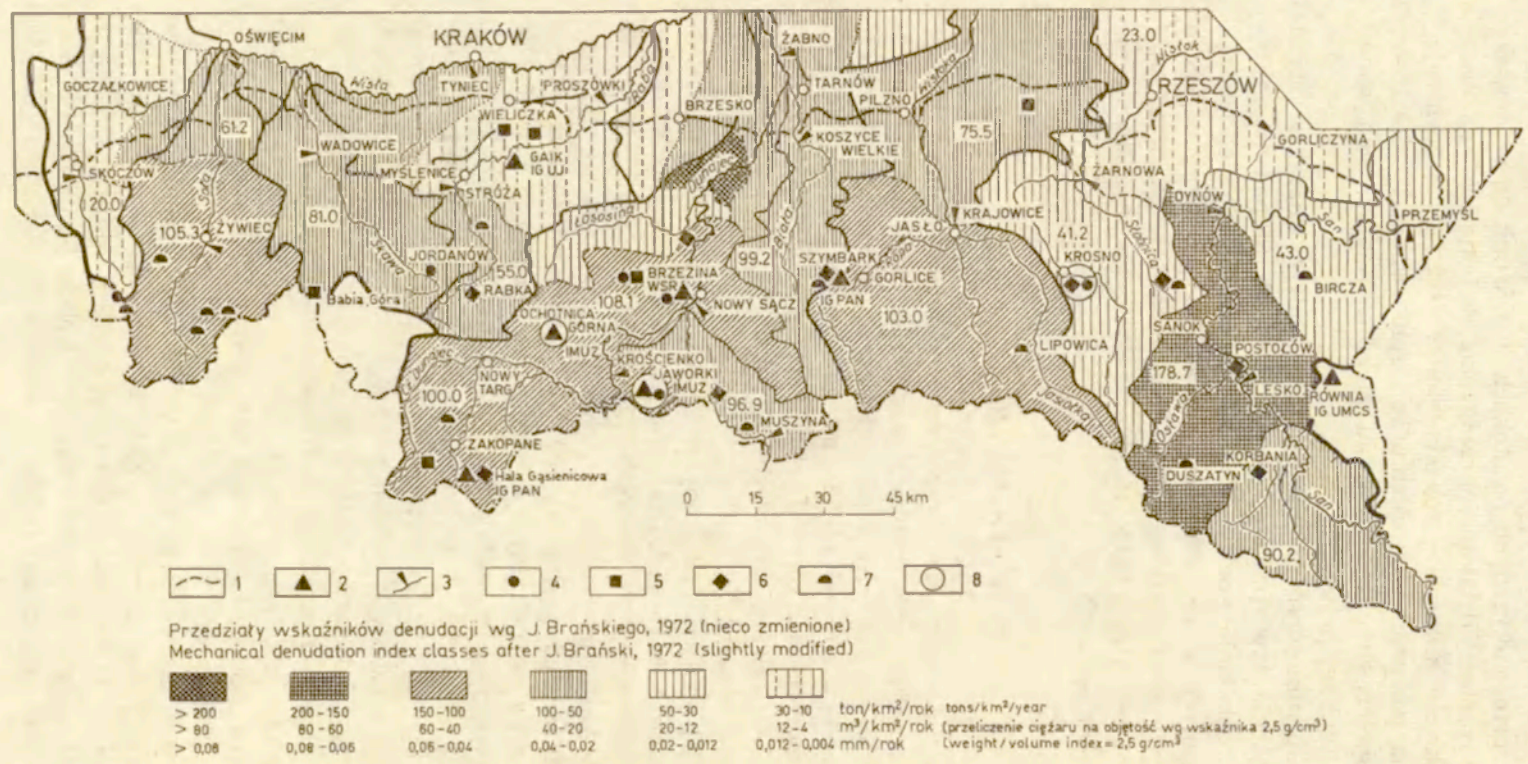
#### TEREN BADAŃ

Dla prowadzenia badań nad współczesnym modelowaniem stoków w Karpatach fliszowych, w warunkach środowiska naturalnego i antropogenicznego wybrano 3 tereny reprezentatywne: „Jaszczce”, „Jaworki” i „Łęczany”, położone w różnych częściach tego masywu górskiego (ryc. 1). Pod względem morfometrii teren Jaszczce reprezentuje typ rzeźby gór średnich (Beskidów), Jaworki typ rzeźby wysokich pogórzy, a Łęczany — den kotlin i niskich pogórzy.

1. Teren Jaszczce, położony w zachodniej części Beskidu Sądeckiego, reprezentuje środowisko zbliżone do naturalnego (lasów dolno-reglowych), o typie rzeźby gór średnich (770—1250 m n.p.m.), gęsto rozczłonkowanym V-kształtnymi dolinami, charakteryzującym się znacznymi wysokościami względnymi (400—500 m) i stromymi stokami (15°—25°), zbudowanymi z serii skalnych o przewodzie odpornych piaskowców nad przewarstwiającymi je mało odpornymi łupkami.

2. Teren Jaworki leży we wschodniej części Beskidu Sądeckiego, reprezentuje środowisko antropogeniczne (łąki, pastwiska i uprawy rolnicze) o typie rzeźby wysokich pogórzy (560—900 m n.p.m.). Charakteryzuje się wysokościami względnymi poniżej 350 m, gęstym rozczłonkowaniem głębokimi dolinami z fragmentami równin terasowych, stokami o przewodzie nachyleń 15°—20°, zbudowanymi z serii skalnych zwykle o większym udziale łupków nad piaskowcami, o mniejszej odporności na wietrzenie i procesy denudacyjne.

3. Teren Łęczany znajduje się w centralnej części Dołów Jasielsko-Sanockich i reprezentuje również środowisko antropogeniczne (uprawy rolnicze), o typie rzeźby niskich pogórzy i kotlin (275—344 m n.p.m.). Odznacza się wysokościami względnymi około 60 m, niskimi zao krąglonymi garbami i płaskodennymi obniżeniami, stokami wypukło-



Ryc. 1. Ważniejsze tereny badań nad współczesnymi procesami morfogenetycznymi na tle przeciętnej rocznej mechanicznej denudacji odpływowej w latach 1956—1965

1 — północna granica Karpat, 2 — stacje naukowo-badawcze, 3 — punkty pomiarów zawieszin, 4 — szczegółowo zbadane profile stoków, 5 — monograficzne opracowanie procesów w małych zlewniach, 6 — monograficzne opracowanie pojedynczych procesów, 7 — większe osuwiska, 8 — tereny szczegółowych badań autora

Principal areas of study in present-day morphogenetic processes, and means of mechanical runoff denudation per annum in the background, 1956—1965

1 — northern margin of the Carpathians, 2 — research stations, 3 — measurement of suspended material, 4 — hillslope profiles examined in detail, 5 — monographs on processes in small drainage basins, 6 — monographs on single processes, 7 — important landslides, 8 — the present author's study areas

-wklęsłymi o przewadze nachyleń  $3^{\circ}$ — $6^{\circ}$ , zbudowanymi z mało odpornych serii warstw krośnieńskich.

Charakterystykę warunków fizycznogeograficznych wymienionych terenów badań podaje tab. 1.

Przedstawione wyżej tereny badań reprezentują niemal wszystkie zasadnicze typy rzeźby na obszarze polskich Karpat fliszowych. Poszczególne typy rzeźby, jak dokumentuje Starkel (1972, 1973), różnią się nie tylko wysokościami bezwzględными i względnymi, ale również kształtami stoków, wielkościami ich nachyleń oraz innym procentowym udziałem powierzchni stoków w poszczególnych klasach nachyleń. W związku z tym wyniki badań z małych obszarów reprezentatywnych można rozszerzać na większe obszary o podobnej rzeźbie.

#### TYPY WARUNKÓW POGODOWYCH W OKRESIE BADAŃ

Natężenie procesu spłukiwania na stokach zalesionych, łąkowych, pastwiskowych i rolniczych wykazuje dużą zależność od przebiegu warunków pogodowych. Chcąc poznać zależności pomiędzy tymi dwoma zjawiskami dokonano próby klasyfikacji warunków pogodowych dla lat, w których prowadzone były pomiary. W celu umożliwienia dokonywania porównań pomiędzy poszczególnymi latami i półroczami, a także uniknięcia subiektywizmu przy klasyfikacji, zastosowano trójklasowy podział liczbowy J. Lityńskiego (1962).

Podstawowymi elementami składającymi się na charakter pogody są opady i temperatury. Wyróżniono trzy klasy ich wartości: lata o niższych, przeciętnych i wyższych opadach i temperaturach. Wartości te zostały oznaczone liczbami: 1 (niższe), 2 (przeciętne), 3 (wyższe). Biorąc pod uwagę opad i temperaturę w poszczególnych latach oraz dokonując ich podziału według wymienionych klas otrzymujemy 9 możliwych kombinacji, oznaczających 9 różnych typów przebiegu warunków pogodowych. Typy te zostały ujęte w symbole: 11, 12, 13; 21, 22, 23; 31, 32, 33. W symbolach tych pierwsza liczba określa klasę wartości opadu, a druga klasę wartości temperatury. I tak np. typ roku oznaczony symbolem 11 charakteryzuje się opadem i temperaturą poniżej normy, typ 21 — opadem w normie i temperaturą poniżej normy, a typ 33 — opadem i temperaturą powyżej normy.

Za punkt odniesienia w tej klasyfikacji przyjęto wartości średnie z 10-lecia dla opadów i temperatury, określane jako normalne lub przeciętne. Ponieważ średnie z wielolecia mają inny zakres wahań, zależnie od ilości lat branych pod uwagę, dlatego też pożądane jest ustalenie pewnych granic zakresu wahań tych wartości. Za graniczne wartości dla lat normalnych przyjęto: dla opadów — średnie z 10-lecia oraz wartości mniejsze lub większe od nich o 50 mm, dla temperatur — także

Tabela 1. Charakterystyka niektórych elementów środowiska geograficznego terenów badań  
Some elements of the geographical environment by study area

Nazwa terenu badań, położenie	Powierzchnia km <sup>2</sup>	Budowa geologiczna	Typ rzeźby	Wysokość n. p. m. m	Deniwelacje m	Przeważające nachylenia	Nazwa piętra klimatycznego	Średnia		Użytkowanie przeważające
								temp. rdku °C	roczna suma opadów mm	
„Jaszcze” — Gorce, górna część zlewni potoku Jaszcze w Górnej Ochotnicy	5,4	piaskowce typu magurskiego, warstwy inoceramowe, piaskowce młkowe (flisz: górna kreda — eocen)	średnie góry	770—1250	480	15°—25°	chłodne	2—4	> 1000	las świerkowy
							umiarkowanie chłodne	4—6	< 1000	las jodłowo-bukowy
„Jaworki” — pogranicze pasma Radziejowej i Małych Pienin, dolna część zlewni potoku Biała Woda w Jaworkach k. Szczawnicy	6,0	warstwy szczawnickie, warstwy jarmuckie (flisz: górna kreda — eocen)	wysokie pogorza	560—900	340	15°—20°	umiarkowanie chłodne	4—6	< 1000	łąki, pastwiska
„Łęczany” — Doły Jasielsko-Sanockie, Kotlina Krośnieńska, górna część potoku Olszyny na E od Krosna	2,0	dolne warstwy krośnieńskie (flisz oligoceński)	śródgórska kotlina z niskimi pagórami	275—344	69	3°—6°	umiarkowanie ciepłe	6—8	< 800	polo uprawne

średnie wartości z tego 10-lecia oraz mniejsze lub większe od nich o  $0,2^{\circ}\text{C}$ .

Opierając się na wyżej przedstawionych zasadach dokonano ogólnej klasyfikacji warunków pogodowych dla lat, w których prowadzone były pomiary spłukiwania.

Obok klasyfikacji ogólnej, tj. pełnych lat hydrologicznych, bardzo istotnym zagadnieniem, zarówno z punktu widzenia hydrologicznego jak i morfogenetycznego, jest klasyfikacja warunków pogodowych tych lat z rozdzieleniem ich na dwa półrocza: zimowe i letnie. Półrocza te charakteryzuje inny zespół warunków pogodowych, które decydują o rozmiarach spłukiwania. W półroczu zimowym o rozmiarach spłukiwania decyduje głównie reżim termiczny (przemarznięte podłoże, roztopy), natomiast w półroczu letnim wielkość i charakter opadów.

Lata hydrologiczne, w których prowadzono pomiary (1956—1959 i 1968—1971), według przytoczonej klasyfikacji należały do sześciu typów. Typ 33 (nadmiar opadów i nadmiar temperatury w stosunku do średnich z wielolecia) wystąpił dwa razy. Pozostałe lata charakteryzowały się innym układem opadów i temperatur w stosunku do wielolecia (tab. 6 i 17). W latach badań amplituda rocznych sum opadów na terenie Jaszczce wynosiła 554 mm, a na terenie Jaworek 367 mm; amplituda średnich rocznych temperatur na terenie Jaszczce —  $1,6^{\circ}$ , a na terenie Jaworek —  $1,9^{\circ}\text{C}$ . Wskazuje to na znaczne różnice zarówno stosunków opadowych jak i termicznych w poszczególnych latach okresu badań. Upoważnia to do uznania tego okresu za reprezentatywny.

#### METODA BADAŃ

Podstawową metodą zbierania materiałów dla realizacji postawionego celu były badania terenowe. Polegały one na: 1) sporządzeniu szczegółowej mapy geomorfologicznej wybranych terenów w podziale 1 : 10 000, 2) stacjonarnych pomiarach procesu spłukiwania rozproszonego na stokach zalesionych, łąkowych i pastwiskowych, 3) obserwacjach i pomiarach mikroform utworzonych przez spłukiwanie żłobinowe, deflację i akumulację eoliczną na stokach użytkowanych rolniczo, 4) pomiarach stopnia mineralizacji odpływających wód, 5) analizie budowy pokryw stokowych i gleb na nich rozwiniętych.

1. Szczegółowe zdjęcie geomorfologiczne polegało na nanoszeniu na mapę topograficzną, za pomocą ustalonych sygnatur, wszystkich form stwierdzonych na badanym terenie po ich pomierzeniu i genetyczno-chronologicznym zaklasyfikowaniu. Rezultatem tego zdjęcia jest szczegółowa mapa geomorfologiczna. Informuje ona o przestrzennym rozmieszczeniu wszystkich form, ich wymiarach i wzajemnych zależnościach oraz umożliwia oddzielenie form współcześnie intensywnie rozwijających się od form współcześnie słabo przemodelowanych.

Obok szczegółowej mapy geomorfologicznej w ujęciu genetyczno-chronologicznym wykonano również mapę nachyleń, wydzielając przedziały klas nachyleń stosowane przy projektowaniu urządzeń rolnych (R. Truszkowska, W. Gąsiewicz 1963, M. Strzemski 1966, S. Ziemiński 1968), oraz mapę sieci dolinnej, posługując się klasyfikacją Hortona. Zastosowanie systemu klasyfikacyjnego Hortona umożliwia ustalenie hierarchii stoków oraz częstotliwości ich występowania. Mapa ta w połączeniu z szczegółową mapą geomorfologiczną i mapą nachyleń umożliwia liczbową charakterystykę podstawowych parametrów morfometrycznych stoków każdego rzędu.

2. **Pomiary spłukiwania.** Spłukiwanie powierzchniowe składa się z dwóch odrębnych procesów lub inaczej mówiąc z dwóch faz: a) działania spadających kropeł deszczu oraz b) działania spływających wód rozproszonych i skoncentrowanych. Badania prowadzono głównie nad poznaniem działania wód spływających. Obok tego dokonano także próby określenia wielkości przemieszczeń gleby, spowodowanych energią kinetyczną spadających kropeł deszczu.

a) **Technika pomiarów działalności kropeł deszczu.** Do pomiarów działalności kropeł deszczu zastosowano nie heblowane deski 130 cm długości, 10 cm szerokości i 1,5 cm grubości. Deski te na jednym końcu miały przybity mały horyzontalny daszek, wystający po 2 cm z obydwu stron, chroniący przyklejony materiał przed spłukaniem, a na drugim końcu były zastrzone dla łatwiejszego wbicia ich w glebę. Na powierzchni deski, po obydwu jej stronach, w odstępach co 10 cm zostało przybitych 10 wąziutkich poprzeczek, które w przekroju miały kształt litery L. Deski były wbijane w glebę do pierwszej poprzeczki i zwrócone większą powierzchnią w górę i w dół stoku. Nad powierzchnią gleby znajdowało się 10 poprzeczek. Materiał przemieszczany przez rozbryzg w górę i w dół stoku osadzał się pierwszy na jednej stronie deski, a drugi na jej drugiej stronie. W ten sposób można było określić, ile materiału glebowego na stoku ulega przemieszczaniu w dół, a ile w górę stoku, a z różnicy pomiędzy nimi ustalić przewagę przemieszczanego materiału z danego kierunku oraz wielkość tej przewagi (T. Gerlach 1976).

b) **Technika pomiarów wielkości spłukiwania przez wody rozproszone.** Pomiary nad określeniem rozmiarów spłukiwania rozproszonego prowadzono na stokach zalesionych, łąkowych i pastwiskowych. Wykonywano je za pomocą blaszanych rynien przykrytych pokrywami oraz połączonych węzłem gumowym ze zbiornikami na wodę. Blizsze szczegóły o budowie rynien, technice ich zakładania, wybierania z nich namytego materiału oraz późniejszej jego analizy i sposobu przeliczania wyników na określoną powierzchnię omówiono w innych pracach (T. Gerlach 1964, 1966).

Powierzchnie stoków zalesionych charakteryzuje znacznie większa



różnorodność i zmienność mikroreliefu niż powierzchnie stoków łąkowych. Aby uniknąć przypadkowych wartości spłukiwania, na stokach zalesionych zakładano po dwa punkty pomiarowe w niedalekiej odległości od siebie, ale reprezentujące podobne warunki środowiskowe oraz posiadające podobne parametry morfometryczne. W każdym punkcie pomiarowym, równoległe do poziomicy, były umieszczone 3 rynny, jedna obok drugiej, obejmując pomiarami pas stoku o szerokości 1,5 m. Przednią część każdej rynny została wciśnięta w warstwę humusową pod ściółką bez naruszenia naturalnej jej budowy. Umożliwiało to określenie ilości materiału usuwanego przez wody spływające z powierzchniowej warstwy gleby o miąższości około 2—4 cm. Miąższość ściółki na badanych powierzchniach wynosiła najczęściej 1—3 cm. W związku z tym materiał zgromadzony w rynnach mógł być dostarczony przez wody spływające po ściółce, w jej obrębie i po powierzchni warstwy humusowej. Dla ułatwienia późniejszych przeliczeń, dane z 3 rynien przeliczano dla pasa o szerokości 1 m, a następnie dla powierzchni 1 ha. Obok średnich wartości dla pojedynczych punktów z 3 rynien podano również wartości przeciętne wyliczone na podstawie danych z 2 punktów pomiarowych, tj. 6 rynien. Oddzielne zestawienie wyników pomiarowych ze stoków zalesionych z 3 i 6 rynien w pewnym stopniu umożliwia określenie dokładności wykonanych pomiarów.

Wybierając materiał znajdujący się w rynnach i zbiornikach, kierowano się podobnymi zasadami, jakie były stosowane na stokach łąkowych i pastwiskowych, tj. uwzględniano tylko materiał próchniczno-mineralny, odrzucając wszystkie makroszczałki roślinne i zwierzęce (liście, źdźbła traw, potopione dżdżownice, których raz naliczono aż 30 sztuk w jednym zbiorniku, różnego rodzaju owady i ich larwy, igliwie, drobne fragmenty gałązek). Makroszczałki przed ich odrzuceniem opłukiwano wodą. Zawarte w tabelach liczby określają więc tylko wagę materiału próchniczno-mineralnego, jaki dostawał się do rynien i zbiorników.

Okres pomiarów na stokach zalesionych objął 3 lata hydrologiczne (1969—1971), w czasie których w każdym punkcie wykonano po 15 pomiarów. Na stokach łąkowych okres pomiarów objął 4 lata hydrologiczne (1968—1971), podczas których na każdym z badanych stoków zrobiono po 30 pomiarów. Dla stoków łąkowych do wyników pomiarów z lat 1968—1971 dołączone zostały wyniki z lat 1955—1958. Z tego okresu wykorzystano również niektóre wyniki pomiarów ze stoków zajętych pod pastwiska i ze stoku uprawianego rolniczo (tab. 2).

c) Technika pomiarów wielkości spłukiwania przez wody skoncentrowane. Ilościowe określenie efektów działalności wód skoncentrowanych na wybranych stokach polegało na skartowaniu i pomierzeniu wszystkich mikroform utworzonych przez te wody (pomiar: długości, szerokości, głębokości żłobin erozyjnych

Tabela 2. Okres prowadzenia pomiarów na poszczególnych terenach badań  
Periods of measurements in each sturly area

Rok	Jaworki					Jaszczce	Łężany	Typ pogody	
	stoki					zalesiony	rolniczy	Jaworki	Jaszczce
	łąkowy	pastwi- skowy	rolniczy						
1956	+	+	+	-	-	-	-	11	-
1957	+	+	-	-	-	-	-	23	-
1958	+	+	-	-	-	-	-	33	-
1959	-	+	-	-	-	-	-	21	-
1965	-	-	-	-	-	+	-	-	-
1968	+	-	-	-	-	-	-	33	-
1969	+	-	-	-	+	-	-	12	13
1970	+	-	-	-	+	-	-	31	31
1971	+	-	-	-	+	-	-	13	23

oraz miąższości i powierzchni pokryw deluwialnych — S. S. Sobolew 1948, T. Gerlach 1966).

3. Pomiary rozmiarów działalności eolicznej polegały na skartowaniu i określeniu wszystkich parametrów mikroform i osadów utworzonych przez wiatr (S. S. Sobolew 1948, T. Gerlach i L. Koszarski 1968, A. Kotarba 1970).

4. Pomiary stopnia mineralizacji odpływających wód. Stopień mineralizacji wód odpływających z badanych terenów określano poprzez odparowanie 250 cm<sup>3</sup> wody. Próby wody o objętości 1000 cm<sup>3</sup> pobierano do szklanych butelek, a następnie przesączało przez sączki. Dla 250 cm<sup>3</sup> wody określano suchą pozostałość. Z otrzymanych wyników obliczano zawartość suchej pozostałości na 1 litr wody (J. Just, W. Hermanowicz 1955). Sucha pozostałość informuje o ilości substancji mineralnych i organicznych rozpuszczonych w odpływającej wodzie.

5. Technika określania efektów procesów stokowych w dłuższym okresie. Dla określenia efektów spłukiwania i działalności eolicznej w dłuższym okresie stosowano profilowe badania budowy pokryw stokowych i gleb na nich rozwiniętych w relacji: wierzchowina, stok, podnóże. Badania te polegały na wykonaniu odpowiedniej ilości wkopów i sond wzdłuż wyznaczonego profilu oraz szczegółowej analizie miąższości, stratyfikacji i innych cech utworów okrywających stok (S. Ziemnicki, Z. Mazur 1955, T. Gerlach i L. Koszarski 1968).

## TERENY BADAŃ SZCZEGÓŁOWYCH

### TEREN „JASZCZE” — ŚRODOWISKO NATURALNE LASU DOLNOREGLOWEGO

#### CHARAKTERYSTYKA FIZJOGRAFICZNA

Teren Jaszcze w 85% zalesiony, reprezentuje warunki środowiska geograficznego zbliżone do naturalnych. Jest położony w Gorcach, w grupie gór średnich. Charakteryzuje się wysokościami absolutnymi od 770 do 1250 m, deniwelacjami rzędu 300 m. Warunki takie często występują na obszarze Beskidów. Badano górną część zlewni potoku Jaszcze, stanowiącego jeden z lewobocznych dopływów rzeki Ochotnicy.

Obszar badań o powierzchni 5,4 km<sup>2</sup> tworzy głęboka (około 300 m) V-kształtna dolina potoku głównego o przebiegu zbliżonym do równoleżnikowego (WNW—ESE) oraz kilka dolin bocznych i ich mniejszych odgałęzień. Długość doliny głównej wynosi około 3 km, a szerokość zlewni nie przekracza 2,8 km (ryc. 2).

Omawiany teren znajduje się w obrębie dwóch pięter klimatycznych: umiarkowanie chłodnego, charakteryzującego się średnią temperaturą roku od 6° do 4°C, i chłodnego o średniej temperaturze roku od 4° do 2°C (M. Hess 1965, B. Obrębska-Starkłowa 1970). Pomiary splukiwania prowadzono w środkowej strefie piętra umiarkowanie chłodnego (tab. 1).

Teren Jaszcze zbudowany jest z naprzemianległych piaskowców i łupków zaliczanych do górnej kredy i eocenu (W. Sikora, K. Żytko 1968). Grubo- i cienkoławicowe piaskowce, drobno- i średnioziarniste, rzadziej zlepieńcowate, mają spoiwo ilasto-wapienne lub krzemionkowo-wapienne. Przewarstwiające je cienkie ławice łupków ilastych i ilasto-pyłowych przeważnie są silnie wapniste (wkładki warstw inoceramowych) lub margliste (wkładki warstw beloweskich). Znaczne różnice w litologii oraz związane z tym różnice w zwięzłości i podatności skał podłoża na procesy wietrzenia, erozji i denudacji sprawiły, że charakter i miąższość pokryw otulających głębsze podłoże są silnie zróżnicowane (ryc. 3). Obok tego, fałdowa tektonika i poprzeczny w przeważającej większości przypadków przebieg dolin w stosunku do biegu serii skalnych, trzecio-



Ryc. 2. Mapa geomorfologiczna górnej części zlewni potoku Jaszczek

Formy utworzone w pliocenie, modelowane w plejstocenie. A. Formy utworzone wskutek niszczącej działalności czynników denudacyjnych: 1 — spłaszczenia denudacyjne (fragmenty płoczeńskich powierzchni destrukcyjnych); B. Formy utworzone wskutek niszczącej działalności wody płynącej przy współdziałaniu procesów denudacyjnych: 2–5 — stoki dolin rzecznych i grzbietów o nachyleniu: 2 — 0–3°, 3 — 3°–6°, 4 — 6°–15°, 5 — > 15°; 6–8 — forma grzbietu na przecięciu zboczy dolinnych: 6 — wąska zaokrąglona, 7 — szeroka zaokrąglona, 8 — kopulaste wierzchołki w obrębie grzbietów.

Formy założone i modelowane w plejstocenie. A. Formy utworzone przez niszczącą działalność wody płynącej i czynników denudacyjnych: 9 — doliny nleokowate wyszczerzone pokrywami soliflukcyjnymi; B. Formy strukturalne związane z różną odpornością skał: 10 — wypreparowane grzbiety twarżielcowe, 11 — wypreparowane pojedyncze bloki

rzędowe założenia występujących tutaj form oraz znaczne ich przemodelowanie w plejstocenie sprawiają, że rzeźba tego obszaru jest złożona i urozmaicona (T. Gerlach, M. Niemirowski 1968).

Podstawowymi formami rzeźby na tym obszarze są grzbiety i doliny. Grzbiety o wysokościach 1000—1250 m n.p.m. są zaokrąglone. W ich obrębie występują kopulaste wierzchołki i przełęcz. Doliny mają różne rozmiary i różne kształty, przyporządkowane są im stoki odpowiednich rozmiarów i kształtów. Według klasyfikacji Hortona występują tutaj doliny od I do V rzędu (tab. 3).

Gęstość rozcięcia stoków dolinami poszczególnych rzędów jest różna: od I do III rzędu wzrasta (od 4,9 do 8,3 km/km<sup>2</sup>), a później maleje

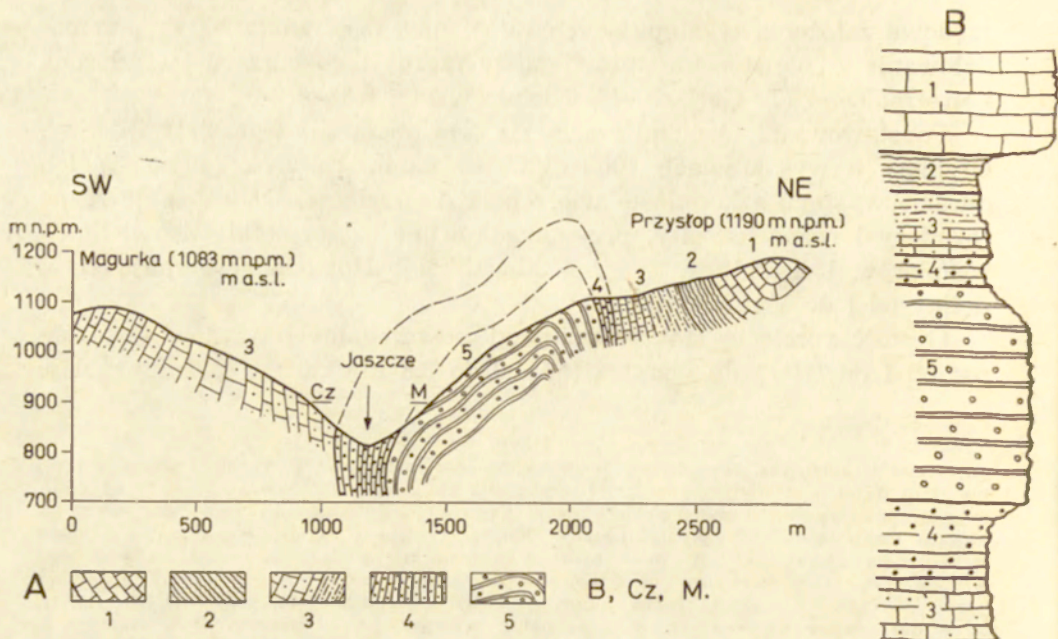
skalne, 12 — goloborza, 13 — krawędzie strukturalno-denudacyjne; C. Formy utworzone przez budującą działalność wody płynącej: 14 — równina akumulacji rzecznej z okresu bałtyckiego. Formy założone i modelowane w holocenie. A. Formy utworzone przez niszczącą działalność wody płynącej: 15 — koryta wycięte w skale, 16 — koryta wycięte w materiale akumulacyjnym, 17 — progi w korycie, 18 — krawędzie erozyjne podcinane współcześnie, 19 — krawędzie erozyjne nie podcinane współcześnie; B. Formy utworzone przez niszczącą działalność wody płynącej przy współdziałaniu procesów denudacyjnych: 20 — duże doliny wciosowe, 21 — małe doliny wciosowe, 22 — parowy, 23 — wądoły; C. Formy utworzone przez budującą działalność wody płynącej: 24 — równina kamieńca, 25 — równina terasy nadzalewowej; D. Formy utworzone przez niszczącą działalność czynników denudacyjnych: 26 — nisze osuwisk skalno-zwietrzelinowych, 27 — małe zerwy i zsuwy zwietrzelinowe, 28 — złaziska stokowe; E. Formy antropogeniczne utworzone przy współdziałaniu procesów denudacyjnych: 29 — krawędzie teras śródpolnych, 30 — haldy kamieni zebranych z pól uprawnych, 31 — wcięcia drogowe, 32 — sztuczne progi w korycie, 33 — stoki, na których prowadzono pomiary splukiwania na terenie Jaworek; Cz — stok Czarny Las na terenie Jaszcz; M — stok nad Masiarczykiem na terenie Jaszcz; A—B — przebieg profilu geologicznego przedstawionego na ryc. 3

#### Geomorphological map of the upper Jaszcz river basin

Landforms of Pliocene origin refashioned in the Pleistocene. A. Destructional landforms due to denudation: 1 — denudation flats (remnants of the Pliocene destructional surfaces); B. Destructional landforms due to the joint action of running water and denudation: 2—5 — valley-and hillsides: 2 — 0—3°, 3 — 3°—6°, 4 — 6°—15°, 5 — > 15°; 6—8 — shape of ridge formed by the intersection of valley-sides: 6 — narrow and rounded, 7 — broad and rounded, 8 — dome-shaped ridge tops.

Landforms both founded and fashioned in the Pleistocene. A. Destructional landforms due to the joint action of running water and denudation: 9 — trough-like valleys containing sollfluction covers; B. Structure controlled landforms: 10 — hard rock ridges, 11 — single exposed blocks, 12 — blockmeer, 13 — structural-desnudational ridges; C. Constructional landforms due to running water: 14 — plain of fluvial accumulation (Vistulian).

Landforms both founded and fashioned in the Holocene. A. Destructional landforms due to running water: 15 — river bed cut in solid rock, 16 — river bed cut in alluvia, 17 — steps in river bed, 18 — active river-cliff, 19 — inactive river-cliff; B. Destructional landforms due to the joint action of running water and denudation: 20 — great V-shaped valleys, 21 — ravines, 22 — „parowy” — small flat-floored valleys with grass covered slopes of about 40°, 23 — „wądoły” — small valleys having a flat and moist creeping floor and grass covered slopes of about 40°; C. Constructional landforms due to running water: 24 — gravelbank, 25 — supra-floodplain. D. Destructional landforms due to denudation: 26 — scar of rock-slide, 27 — small land-slump, 28 — microrelief produced by creep; E. Landforms due to the collective action of man and denudation: 29 — field terrace edges, 30 — stone heaps on cultivated fields, 31 — holweg, 32 — artificial steps in river bed, 33 — slope wash measurement spots on hillslopes in the Jaworki area; Cz — the hillslope Czarny Las in the Jaszcz area; M — the hillslope Nad Masiarczykiem in the Jaszcz area; A — B — location of the geologic section in Figure 3



Ryc. 3. Przekrój geologiczny górnej części doliny potoku Jaszce (na podstawie mapy geologicznej W. Sikory i K. Żytki 1968)

1 — piaskowiec magurski (eocen górny), 2 — grubolawicowe piaskowce typu magurskiego z wkładkami łupków i margli (eocen środkowy — eocen dolny), 3 — grubolawicowe zlepniecie i piaskowce typu magurskiego z wkładkami warstw beloweskich (eocen środkowy — eocen dolny), 4 — warstwy inoceramowe (paleocen — górna kreda), 5 — grubolawicowe piaskowce mikowe z wkładkami warstw inoceramowych (paleocen — górna kreda); B — Stratygrafia i odporność kompleksów skalnych, Cz, M — punkty pomiarów splukiwania

Geologic section across the upper Jaszce river valley (based on the geologic map of W. Sikora and K. Żytko 1968)

1 — Magura sandstone (Upper Eocene), 2 — thick-bedded sandstones of Magura type including shales and marl (Middle Eocene — Lower Eocene), 3 — thick-bedded conglomerates and sandstones of Magura type comprising the Beloweza beds (Middle Eocene — Lower Eocene), 4 — Inoceranian beds (Paleocene — Upper Cretaceous), 5 — thick-bedded micaceous sandstones with intercalations of Inoceranian beds (Paleocene — Upper Cretaceous); B — Stratigraphy and resistance of rock complexes, Cz and M — slope wash measurement spots

do 4,8 km/km<sup>2</sup>. Przeciętna gęstość rozcięcia stoków dolinami wszystkich rzędów wynosi 5,7 km/km<sup>2</sup>.

Obok rozcięć dolinnych występują na stokach wcięcia drogowe, związane z eksploatacją lasów i hal położonych na wierzchołkach. Drogi główne biegną dnami dolin oraz wododziałami. Od tych dróg, a w szczególności od drogi biegnącej dnem doliny głównej, odgałęzia się na obydwie strony szereg dróg bocznych, biegnących skośnie lub prostopadle do nachylenia stoków (ryc. 4). W obrębie dróg często występują

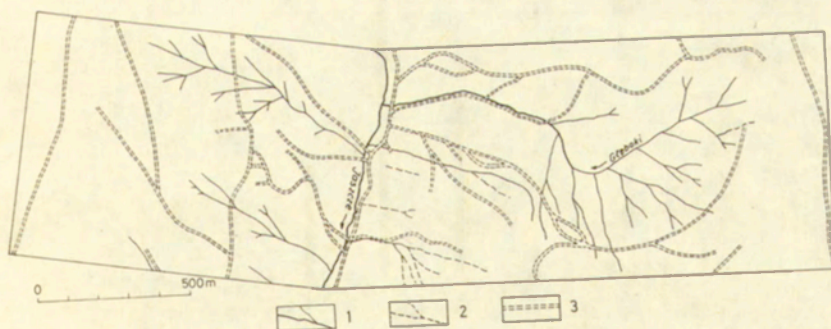
Tabela 3. Charakterystyka morfometryczna dolin i stoków górnej części zlewni potoku Jaszcze w Górnej Ochotnicy\*

Characteristics of valley morphometry in the upper Jaszcze river basin. Górna Ochotnica (according to R. E. Horton's river classification, 1945)

Rząd potoków (dolin)	Liczba potoków (dolin)	Długość sumaryczna km	Średnia długość km	Sumaryczna powierzchnia zlewni km <sup>2</sup>	Gęstość rozcięcia dolinami km/km <sup>2</sup>	Najczęstszy kształt stoków	Najczęstsze nachylenia w stopniach
I	126	16,570	0,1319	3,336	4,967	wypukły i wypukło-prosty	10–15 25–35
II	35	7,920	0,2262	1,030	7,689	wypukły, wypukło-prosty,	25–35 15–25
III	7	2,660	0,3800	0,319	8,338	prosty	15–25
IV	2	2,160	1,0800	0,333	6,486	wypukło-wklęsły	15–25 25–35
V	1	1,740	1,7400	0,361	4,819	wypukło-wklęsły	15–25 25–35
Razem	171	31,050	0,1815	5,379	5,753	—	—

\* Klasyfikację dolin wykonano w oparciu o klasyfikację cieków i rzek R. E. Hortona.

odcinki wcięte do kilku metrów. Gęstość sieci dróg na omawianym obszarze wynosi 4,5 km/km<sup>2</sup>. Jeżeli do naturalnych wcięć dolinnych dodamy długość dróg gospodarczych, stanowiących przedłużenie epizodycznej sieci potoków, otrzymamy rzeczywistą gęstość sieci hydrograficznej. Wynosi ona około 10 km/km<sup>2</sup>.



Ryc. 4. Przykład wzrostu epizodycznej sieci hydrograficznej wskutek dużej gęstości gospodarczych dróg gruntowych

1 — ciekł stałe, 2 — ciekł okresowe, 3 — drogi gospodarcze

Map showing the increase in episodic streamlets as a result of crowded holwegs  
1 — permanent streamlet, 2 — temporary streamlet, 3 — holweg

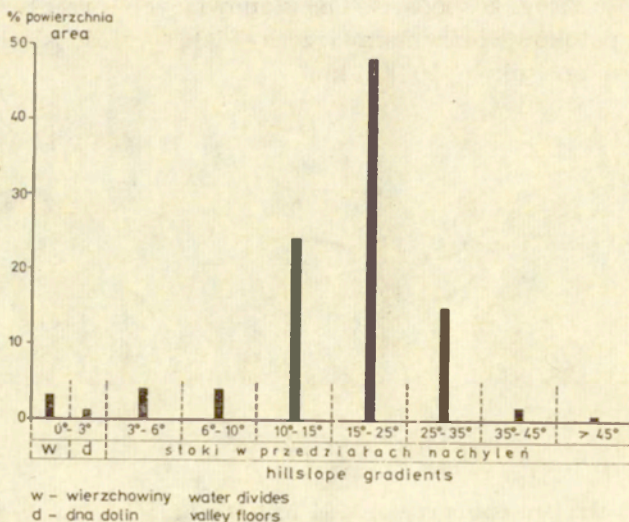
Tabela 4. Powierzchnia i procent klas nachyleń stoków w górnej części zlewni potoku Jaszce w Górnej Ochotnicy  
Area and percentage of hillslope gradients in the upper Jaszce river basin, Górna Ochotnica

Klasy nachyleń	Wierzchowiny		Dna dolin		Stoki	
	ha	%	ha	%	ha	%
0°–3°	15,6	2,9	5,9	1,1	—	—
3°–6°	—	—	—	—	22,6	4,2
6°–10°	—	—	—	—	20,6	3,9
10°–15°	—	—	—	—	120,3	22,4
15°–25°	—	—	—	—	260,1	48,3
25°–35°	—	—	—	—	82,3	15,3
35°–45°	—	—	—	—	9,7	1,8
> 45°	—	—	—	—	0,8	0,1
Suma	15,6	2,9	5,9	1,1	516,4	96,0

Dna dolin są wąskie o dużym i niewyrównanym spadku z intensywną erozją wgłębną. Wielkość holoceniowego pogłębienia starszych den dolinnych wynosi od kilku do kilkunastu metrów.

Stoki opadające ku odmłodzonym dnom dolinnych posiadają różne długości, nachylenia i kształty. Przeważają stoki o nachyleniach 15°–25° i o kształtach wypukłych i wypukło-prostych z obniżoną bazą denudacyjną (tab. 4; ryc. 5).

Cechą wspólną wszystkich stoków jest wzrost miąższości pokryw od



Ryc. 5. Procentowy udział klas nachyleń stoków w górnej części zlewni potoku Jaszce

Percentage of hillslope gradients in the upper Jaszce river basin



wododziałów w kierunku den dolinnych. W dolnych częściach stoków miąższość pokryw najczęściej wynosi kilka metrów, w górę stopniowo zmniejsza się i w skrajnych przypadkach lita skała wychodzi na powierzchnię.

Pod względem genetycznym największą powierzchnię zajmują pokrywy soliflukcyjne, natomiast pokrywy zwietrzelinowe, koluwalne i deluwialne odgrywają podrzędną rolę. W stropowej części pokryw, zróżnicowanych pod względem miąższości, granulometrii i genezy, są rozwinięte gleby. Ich cechą charakterystyczną jest układ mozaikowy oraz wzrost udziału szkieletu wraz z głębokością (B. Adameczyk, T. Kormornicki 1970). Pod względem miąższości występują tutaj gleby płytkie (do 25 cm), średnio głębokie (25—50 cm) i głębokie (ponad 50 cm).

Na zaokrąglonych wierzchoinach i w górnych częściach stromych stoków występują zwykle gleby płytkie, silnie szkieletowe. Związane są one z ciągle degradowanymi pokrywami zwietrzelinowymi i soliflukcyjnymi powstałymi z odporniejszych na wietrzenie gruboławicowych piaskowców i zlepieńców. Gleby średnio głębokie i głębokie, mniej szkieletowe, znajdują się w niższych położeniach i zwykle są związane z utworami pokrywowymi powstałymi z łupkowo-piaskowcowych mniej odpornych warstw inoceramowych i belowskich. Są to gleby gliniaste lekkie (do 35% części spławialnych o  $\varnothing$  poniżej 0,02 mm) i gliniaste średnie (do 50% części spławialnych) o dobrze rozwiniętej i trwałej strukturze drobnoagregatowej. Zawartość próchnicy ziemistej waha się w granicach 8—16%. Wszystkie wymienione gleby należą w przeważającej większości przypadków do gleb brunatnych kwaśnych i gleb brunatnych wylugowanych, charakteryzujących się przemywnym typem gospodarki wodnej.

Zróżnicowana miąższość i budowa pokryw i gleb oraz duża ilość opadów (około 900 mm) sprawiają, że omawiany obszar charakteryzuje duże bogactwo zjawisk wodnych. Występują tutaj liczne młaki i źródła (około 150 wypływów) o małej wydajności (poniżej 0,3 l/s.). Wiele z nich w latach suchych zanika (J. Niemirowska, M. Niemirowski 1968). Młaki i źródła dają początek gęstej sieci cieków stałych i okresowych, płynących w korytach o dużych (od 100 do ponad 260‰) i niewyrównanych spadkach. Cechy te oraz szybki przybór wód w ciekach po większych opadach wskazują na to, że zbiorniki wód podziemnych są małe i stosunkowo szybko oddają wody. Omawianą zlewnię charakteryzuje ustrój deszczowo-śnieżny w latach mokrych i śnieżno-deszczowy w latach suchych (T. Klus 1965, M. Niemirowski 1974).

Omawiany teren porośnięty jest przez zespoły roślinności naturalnej, tj. lasy dolno- i górnoreglowe, na które składają się: buczyna karpacka — *Fagetum carpaticum* (76% powierzchni), bór świerkowy — *Piceetum tatricum* (8,6%), określane również jako „pralasz” i „las pierwotny” (S. Jarsz 1935); 14% powierzchni zajmują zespoły półnaturalne i synantropij-

ne, tj. łąki i pastwiska z psiarą trawiastą — *Hieracio-Nardetum*; łąki mielicowe — *Gladiolo-Agrostetum*; 1% zajmują zespoły roślinności pól uprawnych — *Secali-Violetalia* (A. Medwecka-Kornaś, J. Kornaś 1968).

Zasadniczy drzewostan lasu piętra dolnoeregłowego, w którym prowadzono pomiary, stanowią buki z domieszką jodły i świerka lub jodły i świerki z domieszką buka. W podroście i podszyciu panują podobne stosunki, które miejscami wzbogacone są przez krzewy jeżyn i malin. W runie przeważa borówka występująca w płatach.

Powierzchnię gleby okrywa ściółka złożona z opadłych liści, szpilek, drobnych gałązek i szyszek. Ściółka nie jest tworem jednorodnym. W jej obrębie można wyróżnić kilka warstewek ostro lub stopniowo przechodzących jedna w drugą. Na powierzchni zalega warstewka suchych i względnie luźno leżących liści i drobnych gałązek, niżej przechodzi ona w warstewkę szczątków organicznych nieco zbutwiałych, poprzerastanych nitkami (pajęczynami) grzybni. Warstewka ta jest bardziej zbita i zwięzła. Te dwie warstewki łącznie określane są w gleboznawstwie poziomem  $A_0$  (próchnica nadkładowa — tzw. ektohumus). Pod poziomem  $A_0$  występuje warstewka materii organicznej silnie zbutwiałej, zawierającej znaczną domieszkę części mineralnych piaszczysto-gliniastych, tworząc utwór o strukturze gąbczastej i stanowiącej początek właściwego poziomu próchniczego (tzw. próchnica ziemista — endohumus), określanego w gleboznawstwie symbolem  $A_1$ . Miąższość poziomów  $A_0$  i  $A_1$  jest zróżnicowana i waha się od kilku do kilkudziesięciu centymetrów (B. Adamczyk, T. Komornicki 1970).

Pokrycie powierzchni gleby przez ściółkę ma układ mozaikowy. W zbiorowiskach o przewadze buka, przeważnie w płytkich obniżeniach na stoku, a także powyżej znacznej liczby pni drzew, miąższość próchnicy nadkładowej waha się od kilkunastu do kilkudziesięciu centymetrów. Natomiast na małych nabrzmieniach i poniżej pni drzew najczęściej brak jej. W miejscach występowania miąższej próchnicy nadkładowej wilgotne liście ściśle przylegają do siebie, tworząc pewien rodzaj „wojłoku”. Wojłok ten stanowi warstwę słabo przepuszczalną lub nieprzepuszczalną dla wód opadowych i roztopowych. Wody z takich powierzchni w dużym procencie spływają powierzchniowo lub wśród liści do miejsc niżej położonych. Natrafiając na swej drodze na ściółkę o bardziej porowatej budowie wsiąkają w glebę.

Szybkość wsiąkania wody w glebę w omawianym środowisku (określona w 3 powtórzeniach przy pomocy cylindra Burgera, wlewając 50 mm wody) wynosi średnio: na płacie wojłoku 0,003 mm/min, przy skrajnych wartościach 0,000 i 0,006 mm/min; na płacie z cienkim (1—2 cm) i porowatym poziomem  $A_0$  oraz z dobrze rozwiniętą próchnicą ziemistą o gąbczastej strukturze szybkość wsiąkania wynosiła średnio 76,6 mm/min, przy skrajnych wartościach 100 i 50 mm/min.

Na stokach badanych, w okresie trwania pomiarów nie ścinano drzew

i nie zbierano ściółki. Na pozostałych stokach był prowadzony intensywny wyrąb drzew systemem przerębowym. Jesienią obok intensywnej wywózki drewna z niektórych powierzchni leśnych znajdujących się bliżej drogi była zbierana ściółka i pasło się na nich bydło.

#### POMIARY SPŁUKIWANIA

Na stokach porośniętych lasem dolnoreglowym, nie posiadających zewnętrznych cech intensywnego modelowania, w ciągu 3 lat prowadzono stacjonarne pomiary spłukiwania.

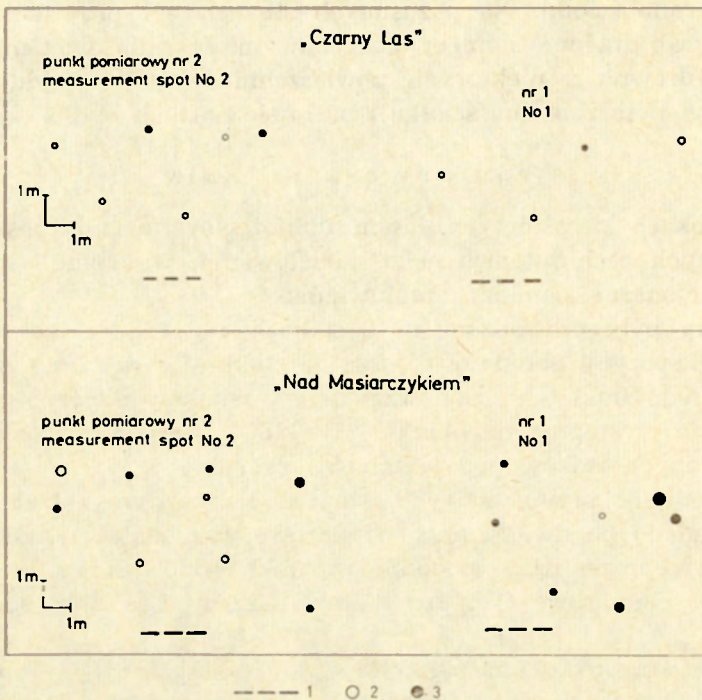
Pomiary były prowadzone na 2 stokach: na stoku „Nad Masiarczykiem” o ekspozycji południowej oraz na stoku „Czarny Las” o ekspozycji północnej. Stoki takie pod względem warunków fizyczno-geograficznych często występują na obszarze Beskidów. Szczegółową charakterystykę badanych stoków podaje tab. 5 i ryc. 6.

Aby uniknąć przypadkowych wartości na każdym z badanych stoków zakładano po dwa punkty pomiarowe w niedalekiej odległości od siebie, ale reprezentujące podobne warunki środowiskowe.

Punkty pomiarowe (1 i 2) na stoku Czarny Las były oddalone od

Tabela 5. Charakterystyka stoków zalesionych w zlewni potoku Jaszce w Górnej Ochotnicy  
Characteristics of the wooded hillslopes in the Jaszce river basin, Górna Ochotnica

Cechy stoku	Stoki	
	Nad Masiarczykiem	Czarny Las
Wysokość n.p.m.	875 m	875 m
Ekspozycja	S	N
Forma	Prosta (jednostajnie nachylona)	Prosta (jednostajnie nachylona)
Nachylenie	28°	28°
Długość	45 m	22 m
Szerokość	1 m	1 m
Mikrorelief	Powierzchnia wyrównana	Powierzchnia wyrównana
Zespół roślinności	<i>Fagetum carpaticum typicum</i>	<i>Fagetum carpaticum typicum</i>
Średnia gęstość drzew	Okolo 10 drzew na powierzchni 50 m <sup>2</sup>	Okolo 8 drzew na powierzchni 50 m <sup>2</sup>
Profil glebowy	0–2 cm poziom ściółki (A <sub>0</sub> )	0–1 cm poziom ściółki (A <sub>0</sub> )
Punkt pomiarowy 1	2–15 cm poziom próchnicy właściwej (A <sub>1</sub> ) 15 cm glina lekka barwy żółto-brunatnej	1–10 cm poziom próchnicy właściwej (A <sub>1</sub> ) 10 cm glina średnia, żółto-brunatna
Punkt pomiarowy 2	0–3 cm poziom ściółki (A <sub>0</sub> ) 3–17 cm poziom próchnicy właściwej (A <sub>1</sub> ) > 17 cm glina lekka żółto-brunatna	0–3 cm poziom ściółki (A <sub>0</sub> ) 3–15 cm poziom próchnicy właściwej (A <sub>1</sub> ) > 15 cm glina średnia, żółto-brunatna
Skład mechaniczny	Glina lekka, pylasta, < 60 cm ponad 50% szkieletu	Glina średnia, pylasta, < 70 cm ponad 50% szkieletu
Typ gleby	Gleba brunatna wylugowana	Gleba brunatna kwaśna
Struktura gleby	Drobnoagregatowa, pulchna	Drobnoagregatowa, pulchna



Ryc. 6. Plany punktów pomiarowych na stokach Czarny Las i Nad Masiarczykiem  
1 — rynny, 2 — buk (*Fagus*), 3 — jodła (*Abies*); średnica kółek proporcjonalna do grubości  
drzew

Location map of measurement spots on the hillslopes Czarny Las and Nad Masiarczykiem

1 — troughs, 2 — beech (*Fagus*), 3 — fir (*Abies*); the diameter of circlets is proportional to that of the tree trunks

siebie około 30 m, a na stoku Nad Masiarczykiem około 11 m. W każdym punkcie pomiarowym zostały zainstalowane po 3 rynny.

Rynny były rozmieszczane równolegle do poziomu w odległości od kilku do kilkunastu centymetrów jedna obok drugiej.

Długość stoków (powierzchnia zlewni) nad oboma punktami pomiarowymi (1, 2) w przypadku stoku Czarny Las wynosiła około 22 m, a na stoku Nad Masiarczykiem około 45 m.

Przy opracowywaniu i zestawianiu materiałów cząstkowych dotyczących wielkości spłukiwania za główną jednostkę czasu przyjęto rok hydrologiczny, a w jego obrębie półrocze zimowe i letnie. Podział taki najbardziej odzwierciedla ogólne warunki procesu spłukiwania oraz umożliwi dokonywanie porównań z danymi zawartymi w opracowaniach hydrologicznych.

Badania trwały 3 lata hydrologiczne (1968—1971). W okresie tym na każdym stanowisku wykonano po 15 pomiarów. Warunki pogodowe poszczególnych lat w odniesieniu do wielolecia (1956—1965) według trój-

klasowego podziału liczbowego należały do trzech typów: 13 — opad poniżej normy, temperatura powyżej normy, 31 — opad powyżej normy, temperatura poniżej normy, 23 — opad w normie, temperatura powyżej normy (tab. 6).

Tabela 6. Średnie opady i temperatura w latach 1968—1971 na tle średnich z dziesięciolecia w zlewni potoku Jaszczce

Average precipitation and average temperatures for 1968—1971, compared with the means for ten years in the Jaszczce river basin

Wysokość n.p.m.	lata	Półrocza				Rok		Typy pogody w trój- klasowym podziale liczbowym		
		zimowe		letnie		opad mm	tempe- ratura °C	zimo- we	letnie	rok
		opad mm	tempe- ratura °C	opad mm	tempe- ratura °C					
820	1956—1965	331,0	—1,33	578,0	11,2	909,0	4,9	22	22	22
	1968/1969	225,0*	—0,31**	597,0	11,6	822,0	5,6	13	23	13
	1969/1970	392,2	—2,33	983,9	10,5	1376,1	4,1	31	31	31
	1970/1971	404,0	—0,06	507,0	11,4	911,0	5,7	33	12	23

\* Sumy opadów pochodzą z bezpośrednich własnych pomiarów deszczomierzem o powierzchni 200 cm<sup>2</sup>.

\*\* Średnie temperatury powietrza wyliczono z gradientów na podstawie danych ze stacji Turbacz (1308 m n.p.m.) i stacji Kamienica (460 m n.p.m.). Miesięczne wykazy... 1964—1971. Archiwum PIHM Warszawa oraz B. Obrębska-Starkłowa 1970.

#### POMIARY DZIAŁALNOŚCI KROPEL DESZCZU

Przy wybieraniu namytego materiału z przyrządów pomiarowych, zainstalowanych na stokach zalesionych, zwracało uwagę niemal całkowite przykrycie wszystkich rynien przez makroszczałki organiczne, głównie przez liście i fragmenty małych gałązek. Także w rynnach, pomimo szczelnego ich przykrycia specjalną pokrywą z pozostawieniem tylko 3-centymetrowej szczeliny wlotowej, znajdowała się duża ilość makroszczałków organicznych i tylko niewielka materiału próchniczno-mineralnego. Pochodzenie szczałków organicznych przykrywających rynny początkowo nie budziło większych wątpliwości (opadnięte liście z drzew). Natomiast niejasne było pochodzenie materiału organicznego znajdującego się w rynnach. Ponadto przy systematycznych pomiarach spłukiwania uwagę zwróciła cieniutka warstewka osadu glebowego, przyklejona do ścian skrzyń, w których znajdowały się zabezpieczone zbiorniki z wodą i spłukanym materiałem, oraz małe piramidy ziemne na powierzchni gleby pozbawionej ściółki w pobliżu skrzyń. Fakty te wskazywały, że czynnikiem tworzącym mikroformy i powodującym osadzanie się materiału na skrzydniach są krople spadającego deszczu. Ilość osadu na ścianach skrzyń wskazywała na duże znaczenie kropeł deszczu w przemieszczaniu materiału na stokach. Skłoniło to autora do doko-

nania próby określenia wielkości przemieszczeń gleby na stokach zalesionych, spowodowanych przez spadające krople deszczu.

Pomiary nad działalnością kropel deszczu prowadzono równoległe z pomiarami właściwego splukiwania, tj. przemieszczania gleby przez wodę płynącą.

Do pomiarów zastosowano nie heblowane deski opisane w rozdziale o metodach badań.

W niedalekiej odległości od jednego z punktów pomiarowych nad splukiwaniem (stok Nad Masiarczykiem) wbito dwie deski w lesie pod okapem buka i jodły oraz dwie deski na zaoranym polu. Powierzchnia stoku w lesie miała nachylenie  $28^\circ$ , a na polu zaoranym  $20^\circ$ . Deski były wbite wzdłuż poziomicy w odległości 2 m jedna od drugiej. W najbliższym otoczeniu desek założonych w lesie, w promieniu około 1,5 m, usunięto ściółkę leśną, odsłaniając powierzchnię gleby, którą tworzyły drobne agregaty glebowe o średnicy około 3 mm. Deski wbito 7 VII 1971 r., a zdjęto je 12 IX 1971.

Zabieg usunięcia ściółki z powierzchni gleby może budzić wątpliwości, gdyż stwarza sztuczne warunki w tym środowisku i w sposób maksymalny ułatwia przemieszczanie gleby. Wątpliwości te w pełni są uzasadnione, a wyników otrzymanych na polu ornym i w lesie nie można bezpośrednio ze sobą porównywać. Celem tego eksperymentu było wyjaśnienie i wskazanie, że energia kinetyczna spadających kropel deszczu w starodrzewie mieszanym lub jednogatunkowym jest większa niż na powierzchniach bezleśnych i w związku z tym efekty ich pracy winny być większe. Lasy w tej klasie wieku charakteryzują się stosunkowo silnie zwartymi i wysoko wzniesionymi (12 m do około 23 m) koronami drzew ze słabiej rozwiniętym podrostem i podszytem. To sprawia, że znaczna powierzchnia dna lasu jest odkryta i podlega działalności kropel deszczu, spadających z kilkunastu czy kilkudziesięciu metrów. Należy zaznaczyć, że w takim lesie zarówno wielkość kropel, jak również częstość ich spadania jest większa niż na powierzchniach bezleśnych. Na przykład deszcz typu mżawki czy tzw. opady poziome (mgły) w obszarach bezleśnych posiadają energię kinetyczną zbliżoną do zera. Natomiast w lesie ich energia jest bardzo duża. Także podczas deszczu o dużym natężeniu tylko w pierwszej jego fazie liście drzew stanowią skuteczną ochronę, lecz później duże i ciężkie krople nawet już po ustaniu deszczu jeszcze przez pewien czas spadają na ziemię, wyrównując lub przewyższając wielkość wykonanej pracy przez krople deszczu na powierzchniach bezleśnych. Dowodem tego są małe piramidy ziemne, powszechnie występujące pod okapem drzew, w miejscach gdzie brak jest ściółki lub gdy jest ona bardzo cienka.

Przy zbieraniu z desek przyklejonego materiału glebowego stwierdzono, że ilość jego bardzo szybko maleje w górę desek. Na deskach założonych na polu ornym przylepiony materiał sięgał do wysokości

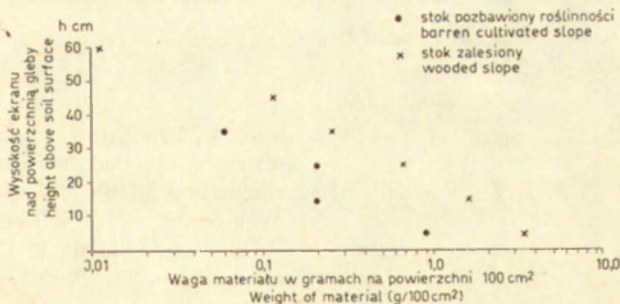
40 cm, a na deskach w lesie (pod okapem buku i jodły) do wysokości 60 cm. Szczegółowy rozkład materiału na poszczególnych deskach oraz jego ilości w przedziałach co 10 cm podaje tab. 7 i ryc. 7.

Tabela 7. Przemieszczanie gleby w wyniku „bombardującej” działalności kropeł deszczu na stoku Nad Masiarczykiem w okresie od 7 VII do 12 IX 1971 r.\*

Removal of soil particles by bombarding raindrops on the hillslope Nad Masiarczykiem, 7 VII—12 IX 1971

Wysokość segmentów nad powierzchnią gleby w cm	Ciężar gleby w gramach przyklejony na 100 cm <sup>2</sup> deski											
	Pole uprawne 20°					Las (okap buka i jodły) 28°						
	Deska 1		Deska 2		Średnia z 2 desek		Deska 1		Deska 2		Średnia z 2 desek	
	powierzchnia zwrócona:											
a b		a b		a b		a b		a b		a b		
w dół		w górę										
stoku		stoku										
> 60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50–60	—	—	—	—	—	—	0,02	0,05	—	0,02	0,02	0,03
40–50	—	—	—	—	—	—	0,10	0,30	0,05	0,08	0,07	0,19
30–40	0,01	0,03	0,1	0,2	0,05	0,11	0,8	1,1	0,4	0,6	0,6	0,85
20–30	1,1	0,9	0,4	1,0	0,75	0,95	2,6	3,7	1,3	1,6	1,9	2,6
10–20	2,3	3,1	3,7	3,3	3,0	3,2	2,5	4,7	4,7	5,8	3,6	5,25
0–10	8,1	9,1	12,6	13,4	10,35	11,25	20,3	25,9	13,7	15,4	17,0	20,65
Suma w gramach	11,51	13,13	16,8	17,9	14,15	15,51	26,32	35,75	20,15	23,50	23,19	29,57
Różnica b–a	1,62		1,1		1,36		9,43		3,35		6,38	

\* Ogólna suma opadów w podanym okresie wynosiła 180,0 mm w tym: 1 raz 31 mm/dobę, 2 razy > 20 mm/dobę 3 razy > 10 mm/dobę



Ryc. 7. Przeciętny ciężar gleby przemieszczanej w wyniku rozbryzgu w dół (różnica wartości b–a z tab. 7) na stoku pozbawionym roślinności i zalesionym za okres od 7 VII do 12 IX 1971

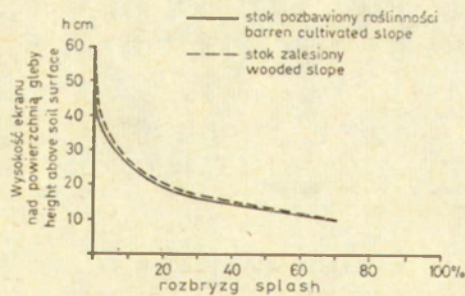
Average weight of soil particles (difference between b and a in Table 7) removed through splash down a barren cultivated slope and down a wooded slope, 7 VII—12 IX 1971

Jeśli przyjąć sumaryczną wagę materiału zebranego z całej powierzchni jednej strony deski za 100%, to na powierzchni pierwszych 100 cm<sup>2</sup> deski (o wysokości od 0 do 10 cm), zarówno na polu ornym jak i w lesie, przeciętnie (średnia z 2 desek) zostało przyklejone 70—73% całego materiału; na powierzchni następnych 100 cm<sup>2</sup> (o wysokości od 10 do 20 cm) już tylko 15—21% materiału, a na wysokości od 30 do 40 cm na polu ornym tylko około 0,5%, podczas gdy w lesie na tej samej wysokości było przyklejone jeszcze około 3% całości materiału. Obok tego na deskach założonych w lesie przyklejony materiał stwierdzono jeszcze na dalszych 20 cm, jednak ilość jego wynosiła ułamki procentu całości materiału (tab. 8, ryc. 8).

Tabela 8. Procent materiału przemieszczonego w górę i w dół stoku oraz waga materiału: (gramy/100 cm<sup>2</sup>) przemieszczonego w dół stoku  
Percentage of materials removed both up and down the slope, and weight of material (g per 100 sq. cm) removed downslope (difference between b and a in Table 7)

Wysokość ekranu nad powierzchnią gleby w cm	Stok pozbawiony pokrywy roślinnej			Stok zalesiony		
	Średnie z dwóch ekranów					
	a %	b %	Różnica* b-a w gramach	a %	b %	Różnica b-a w gramach
50-60	—	—	—	0,08	0,1	0,01
40-50	—	—	—	0,3	0,64	0,12
30-40	0,35	0,7	0,06	2,58	2,87	0,25
20-30	5,3	6,12	0,2	8,62	8,76	0,7
10-20	21,2	20,63	0,2	15,52	17,75	1,65
0-10	73,14	72,53	0,9	73,3	69,83	3,65
Suma	100,0	100,0	1,36	100,0	100,0	6,38

\* Różnica wartości b-a z tabeli 7.



Ryc. 8. Procentowy udział rozbrzygu w zależności od wysokości nad powierzchnią gleby na stoku pozbawionym roślinności i zalesionym za okres od 7 VII do 12 IX 1971

Percentage of splash efficacy in relation to height above the soil surface on a barren cultivated slope and on a wooded slope, 7 VII — 12 IX 1971

Na podstawie wyższego zasięgu materiału glebowego na deskach na stoku zalesionym można ogólnie stwierdzić, że energia kinetyczna spadających kropli w lesie jest większa niż na polu ornym. W związku



z tym także odległość przemieszczania w dół stoku w lesie jest większa niż na polu ornym. Ilość (ciężar) odrzucanego materiału w górę i w dół stoku była bardzo duża. Dla obszaru o szerokości 10 cm wynosiła: na stoku zaoranym — w górę stoku 14,15 g, a w dół stoku 15,51 g, na stoku zalesionym — w górę 23,19 g, a w dół 29,57 g.

W rozbryzgiwaniu materiału w górę i w dół stoku zwraca uwagę przewaga rozbryzgu w dół stoku. Na stoku uprawianym przewaga ta średnio wynosiła 1,36 g dla obszaru o szerokości 10 cm i wysokości 40 cm, a na zalesionym 6,38 g (taka sama szerokość, a wysokość 60 cm).

Jeśli przyjmiemy, że takie przemieszczanie jest powszechne, tzn. że w miejsce, skąd materiał uległ przemieszczeniu w dół stoku, przychodzi nowy materiał z wyższych części, to można otrzymane wielkości przeliczyć na powierzchnię 1 ha. Na stoku w pasie na 100 m szerokim linię poprzeczną „przekracza”: na polu ornym 1,36 kg, a w lesie 6,38 kg. Odległość tego przekraczania waha się w granicach od kilku milimetrów do kilkudziesięciu centymetrów. Zakładając, że materiał przyklejony do desek pochodzi z odległości 1 m, w przybliżeniu można obliczyć ilość i odległość przemieszczania na powierzchni 1 ha. Obliczeń takich dokonujemy, mnożąc ciężar materiału „przekraczającego” przez powierzchnię 1 ha i otrzymujemy ilość materiału przemieszczanego w dół stoku na odległość od kilku do kilkudziesięciu centymetrów. Na 1 ha wynosi ona: dla pola ornego 136 kg, a dla lasu 638 kg. Należy podkreślić, że przytoczone wyżej wyniki pochodzą tylko z jednorazowego pomiaru i obejmują krótki okres badań, wynoszący około 2,5 miesiąca (7 VII do 12 IX 1971). Ilość opadów w tym okresie była nieco niższa w porównaniu do wielolecia, ale ich natężenie nieco wyższe; suma opadów wynosiła 180 mm, w tym raz 31 mm/dobę, 2 razy powyżej 20 mm/dobę i 3 razy powyżej 10 mm/dobę.

Można przyjąć, że podane przemieszczenia są przybliżone i określają minimalne wielkości, jakie miały miejsce w analizowanym okresie. Należy zwrócić uwagę, że tylko część podrzucanego materiału przykleja się do deski, większe agregaty odbijają się i spadają na ziemię, część zaś przyklejonego osadu po wyschnięciu odpada od deski. To wszystko świadczy, że przytoczone wyżej wielkości są minimalne. Pomimo tego są one jednak bardzo duże i w dalszych badaniach na proces ten winna być zwrócona większa uwaga.

Na podstawie otrzymanych wyników należy stwierdzić, że ilość przemieszczanego materiału, spowodowana działalnością kropel deszczu na stokach zalesionych, o słabo rozwiniętej roślinności w dnie lasu, jest większa niż na stokach bezleśnych. Opinię tę potwierdzają leśnicy z hodowli i uprawy lasów. W wieloletniej praktyce stwierdzili oni, że w szkółkach leśnych znajdujących się w zasięgu koron drzew niemal wszystkie sadzonki małych drzewek giną wskutek „oblepienia” ich liści i gałązek przez glebę lub zasypiania czy obnażenia korzeni z gleby przez

spadające krople deszczu. Także znaczny procent nowych sadzonek wprowadzanych dla poprawy lub zmiany składu gatunkowego zbiorowisk leśnych ginie wskutek bombardującej działalności kropeł deszczu. Dla leśników proces ten jest groźny, gdyż niweczy w dużym stopniu ich pracę i nakłady finansowe. W lesie w klasie wieku tzw. starodrzewu przemieszczaniu ulega głównie ściółka, a w nieznacznym tylko procencie sama gleba. Gdy porównamy skalę przemieszczeń spowodowaną przez rozbryzg (638 kg/ha) oraz przez wodę płynącą w tym środowisku (1,7 kg/ha — vide tab. 11, półrocze letnie 1971 r.), stwierdzamy zupełnie podrzędną rolę wody płynącej. Dlatego też w świetle przedstawionych danych, dotychczasowe przesłanki o występowaniu i znacznej roli na stokach zalesionych wód płynących powierzchniowo lub w postaci drobniutkich strużek, odsłaniających korzenie drzew poniżej oraz gromadzących ściółkę powyżej pni drzew, nie zostały potwierdzone. Obserwowane zjawiska są rezultatem nie splukiwania, lecz w głównej mierze rozbryzgu.

Przy porównywaniu wyników działania kropeł deszczu w lesie i na polu ornym należy zwrócić uwagę, że dane pochodzą ze stoków różniących się nachyleniem, które w znacznym stopniu wpływa na rozmiary przemieszczania materiału w dół stoku. Sądzę jednak, że 8° różnica nie stanowiła jedynej przyczyny w niemal 4-krotnie większym przemieszczaniu materiału na stoku o większym spadku. Obok większego nachylenia, poważny udział w ilości przemieszczanego materiału w dół stoku miała wielkość kropeł i częstotliwość ich spadania pod okapem starodrzewu mieszanego. Ustalenie tych zależności będzie stanowiło przedmiot dalszych badań.

Obok zwrócenia uwagi na znaczne przemieszczenia materiału glebowego na stokach spowodowane przez sam rozbryzg, ważne jest również podkreślenie, jaki wpływ wywierają spadające krople na rozmiary właściwego splukiwania, spowodowanego przez wodę płynącą. Powszechnie

Tabela 9. Prędkość erozyjna i transportowa wody (wg F. Hjulströma 1935 i innych za M. Książkiewiczem 1968)

Velocity of fluvial erosion and transport (after F. Hjulström 1935 and others cit. M. Książkiewicz 1968)

Nazwa frakcji	Wymiary mm	Prędkość erozyjna m/min	Prędkość transportowa m/min
Il	0,005	45,6—78,0	0,06
Pył, muł	0,05—0,1	15,0	0,24—0,48
Piasek	0,4—0,7	9,0—16,8	1,8—3,0
Żwirek	2,0—4,0	27,0—36,0	9,0
Żwir	10,0	62,4	42,0

Tabela 10. Prędkość płynięcia wody po stoku na różnych użytkach  
(wg K. Figuły 1955)

Runoff velocity on hillslopes used for different  
cultivated crops (after K. Figuła 1955)

Rodzaj użytku	Nachylenie w %	Przepuszczalność mm/min	Prędkość wody płynącej m/min	Natężenie opadu mm/min
Darń	15	1,2	1,4	1,65
Darń	15	1,2	2,4	3,3
Darń	15	1,2	5,4	6,6
Rola	15	1,2	7,8	3,3

znana jest prawidłowość, że do wyruszenia dowolnej cząsteczki gleby ze stanu spoczynku i wprowadzenia jej w ruch potrzebna jest większa siła niż do dalszego jej transportu. Ta większa siła określana jest prędkością erozyjną, a mniejsza prędkością transportową wody (tab. 9). Z dotychczasowych danych wynika, że prędkości wód spływających po stoku przeważnie nie osiągają prędkości erozyjnej, ale wystarczają do transportu materiału nawet o dość znacznych średnicach (tab. 10). Zestawienie tych dwu faktów prowadzi do stwierdzenia, że zasadniczym impulsem ruchu cząstek glebowych na stoku są spadające krople deszczu. Dzięki ich działalności w czasie deszczu lub zaraz po jego zakończeniu obserwuje się maksymalne zmętnienie wód spływających po stokach, unoszących znaczne ilości materiału glebowego. Stąd wniosek, że krople deszczu nie tylko przemieszczają glebę na stokach przez sam rozbryzg, ale także w sposób decydujący warunkują ilość odprowadzanej gleby przez wody spływające ze stoków. W okresie zimowo-wiosennym podobną rolę jak krople deszczu, ale prawdopodobnie o mniejszym znaczeniu, spełniają promienie słoneczne (temperatura powietrza) oraz temperatura wód spływających po zamrożonym podłożu. Ciepłe oddziaływanie (powietrza, wody) wytapia (niszczy) lód wiążący mineralne cząsteczki gleby, wyrusza je ze stanu spoczynku, umożliwiając w ten sposób ich transport (odprowadzanie) przez spływające wody, które nie osiągnęły prędkości erozyjnej.

W oparciu o przedstawiony materiał, a także i dane z literatury (W. D. Ellison 1945, N. I. Makkawiejew 1955, G. Rougerie 1963, A. Feodoroff 1965, J. De Ploey i J. Savat 1968, M. Grześ 1971), należy przyjąć, że w wyniku spadających kropel deszczu zachodzi na stokach przemieszczanie materiału bez udziału wody płynącej. Odbywa się ono na stosunkowo znaczne odległości (od kilku milimetrów do kilkuset centymetrów). Na stokach nie pokrytych roślinnością lub z rzadką pokrywą roślinną ilość materiału przemieszczanego w ciągu roku (głównie w półroczu letnim) jest bardzo duża i osiąga co najmniej kilkaset kg/ha. Ilość materiału przemieszczanego w dół na stoku zalesionym ze słabo rozwi-

niętym podrostem, podszytem i runem leśnym jest kilka razy większa niż na stoku uprawianym. Na stoku zalesionym przemieszczaniu ulega głównie ściółka. Efektem tego jest odsłonięcie korzeni poniżej oraz duże nagromadzenie ściółki powyżej pni drzew. Wielkość przemieszczeń zależy od kąta nachylenia stoku, im jest on większy, tym skala przemieszczeń większa. Padające krople deszczu inicjują ruch cząstek glebowych, umożliwiając dalszy ich transport przez wodę płynącą po stoku. Prędkości tej wody wielokrotnie przekraczają tzw. prędkość transportową. Wynika z tego dalszy wniosek, że rozbryzg stanowi jedną z ważnych, a nie docenianych przyczyn mętnienia wody w żłobinach, potokach i rzekach. Rozbryzg wyrządza poważne szkody leśnictwu w szkółkach i przy sadzeniu małych drzewek w lasach. Jego ujemny wpływ widoczny jest w ogrodnictwie i rolnictwie, szczególnie w uprawach jarzyn i okopowych, w ich wczesnych stadiach rozwojowych.

#### WIELKOŚĆ SPŁUKIWANIA NA STOKACH ZALESIONYCH

Trudności w równoczesnym prowadzeniu pomiarów działalności kropel deszczu i wody płynącej na stokach w dłuższym okresie sprawiły, że te dwa procesy aktualnie autor traktuje łącznie jako spłukiwanie.

W okresie 3 lat (1969—1971) rozmiary spłukiwania wynosiły: na stoku Nad Masiarczykiem, o długości 45 m, nachyleniu 28° i ekspozycji południowej — 54,5 g (12,0 kg/ha); na stoku Czarny Las, o długości 22 m, nachyleniu 28° i ekspozycji północnej — 64,0 g (29,0 kg/ha). W przeliczeniu na rok daje to średnią wielkość około 18 g (4 kg/ha) dla stoku o ekspozycji południowej (skrajne wartości 10 i 25 g lub 2,1 i 5,5 kg/ha) i około 21 g (9,6 kg/ha) dla stoku o ekspozycji północnej — skrajne wartości 10 i 28 g lub 4,6 i 12,9 kg/ha (tab. 11, ryc. 9).

Z powyższych danych wynika, że rozmiary spłukiwania na stokach zalesionych są bardzo małe. Ilość namytego materiału do poszczególnych stanowisk pomiarowych (stanowiska 1 i 2 na obydwu badanych stokach charakteryzowały się podobnymi warunkami środowiskowymi) wykazuje znaczne różnice. Sięgają one od kilku do kilkudziesięciu procent, a w jednym przypadku (półrocze zimowe 1969/1970 na stoku Nad Masiarczykiem) nawet 100% (tab. 11). Dlatego też otrzymane dane należy traktować z bardzo dużą ostrożnością i uważać je jako obrazujące rząd wielkości spłukiwania.

Okresami o wzmózonych rozmiarach spłukiwania na obydwu stokach są półrocza letnie (tab. 11). Za okres 3 lat stanowiły one około 83% ogólnego spłukiwania dla stoku o ekspozycji S (skrajne wartości 72% i 94%) i około 85% dla stoku o ekspozycji N (skrajne wartości 70% i 90%). Zasadniczym zatem czynnikiem decydującym o rozmiarach spłukiwania na stokach zalesionych są opady deszczowe. Wody pochodzące z tajania pokrywy śnieżnej odgrywają podrzędną rolę.

Tabela 11. Wyniki pomiarów spłukiwania gleby na stokach zalesionych w zlewni potoku Jaszczce za lata hydrologiczne 1968—1971 (I XI do 31 X)

Results of soil wash measurement on wooded slopes (slope Nad Masiarczykiem and slope Czarny Las in the Jaszczce river basin, 1968—1971)

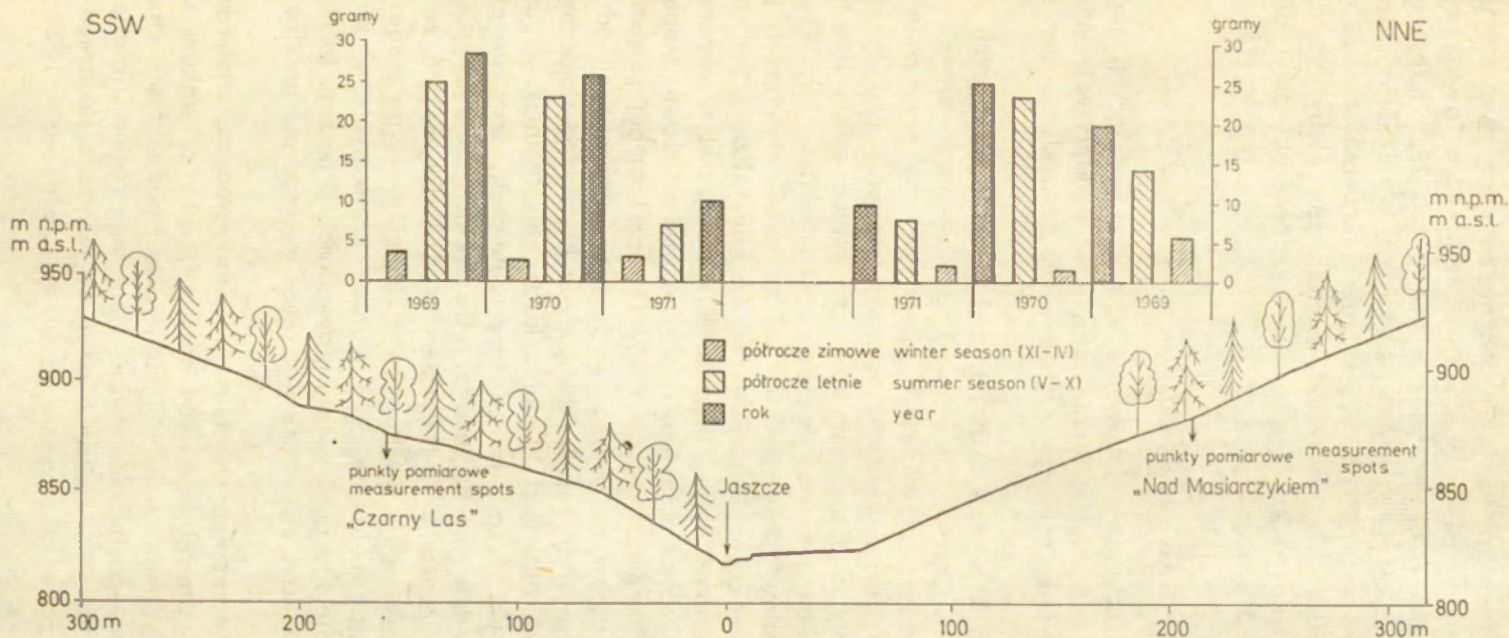
Stok Nad Masiarczykiem: długość 45 m, ekspozycja S, nachylenie 28°, las dolnoeregłowy — *Fagetum carpaticum*

Rok hydrologiczny		1968/1969			1969/1970			1970/1971			Razem za 3 lata			Średnia dla roku		
		Półrocze: zimowe, letnie	XI—IV	V—X	Rok	XI—IV	V—X	Rok	XI—IV	V—X	Rok	XI—IV	V—X	3 lata	XI—IV	V—X
Spłukiwanie: gramy z szerokości 1 m	Stanowisko 1	6	15	21	2	26	28	2	9	11	10	50	60	3,0	17,0	20,0
	Stanowisko 2	5	13	18	1	21	22	2	7	9	8	41	49	2,7	13,6	16,3
	Średnia z 1, 2	5,5	14	19,5	1,5	23,5	25	2	8	10	9	45,5	54,5	3,0	15,1	18,1
Spłukiwanie: kg/ha	Stanowisko 1	1,3	3,3	4,6	0,4	5,8	6,2	0,4	2,0	2,4	2,2	11,1	13,3	0,73	3,7	4,43
	Stanowisko 2	1,1	2,9	4,0	0,2	4,6	4,8	0,4	1,5	1,9	1,7	9,1	10,8	0,56	3,0	3,56
	Średnia z 1, 2	1,2	3,1	4,3	0,3	5,2	5,5	0,4	1,7	2,1	2,0	10,1	12,0	0,66	3,3	3,96
Średnie obniżenie powierzchni mm*	Średnia z 1, 2			0,00017			0,00025			0,00008			0,00048			0,00016
% spłukiwania: półrocze zimowe, letnie	Średnia z 1, 2	28,0	72,0	100	5,5	94,5	100	19,0	81,0	100	16,0	84,0	100	16,6	83,4	100

Stok Czarny Las: długość 22 m, ekspozycja N, nachylenie 28°, las dolnoeregłowy — *Fagetum carpaticum*

Spłukiwanie: gramy z szerokości 1 m	Stanowisko 1	4	32	36	3	23	26	3	7	10	10	62	72	3,3	20,7	24,0
	Stanowisko 2	4	17	21	2	23	25	3	7	10	9	47	56	3,0	15,7	18,7
	Średnia z 1, 2	4	24,5	28,5	2,5	23	25,5	3	7	10	9,5	54,5	64	3,1	18,1	21,3
Spłukiwanie: kg/ha	Stanowisko 1	1,8	14,5	16,3	1,4	10,4	11,8	1,4	3,2	4,6	4,5	28,1	32,6	1,5	9,3	10,8
	Stanowisko 2	1,8	7,7	9,5	0,9	10,4	11,3	1,4	3,2	4,6	4,0	21,4	25,4	1,3	7,1	8,4
	Średnia z 1, 2	1,8	11,1	12,9	1,1	10,4	11,5	1,4	3,2	4,6	4,3	24,7	29,0	1,4	8,2	9,6
Średnie obniżenie powierzchni mm*	Średnia z 1, 2			0,00057			0,00046			0,00018			0,00116			0,00038
% spłukiwania: półrocze zimowe, letnie	Średnia z 1, 2	14,0	86,0	100	9,6	90,4	100	30,4	69,6	100	14,8	85,2	100	14,6	85,4	100

\* Przy zamianie ciężaru na objętość przyjęto standardowy ciężar objętościowy 2,5 g/cm<sup>3</sup>.



Ryc. 9. Rozmiary splukiwania gleby na stokach Czarny Las i Nad Masiarczykiem w latach 1969—1971 w gramach z pasa o szerokości 1 m

Rate of slope wash on the hillslopes Czarny Las and Nad Masiarczykiem over the period 1969—1971 (figures are in grams per row, 1 m wide)

Osobnym zagadnieniem, na które otrzymane dane zwracają uwagę, jest problem długości i ekspozycji stoku. Na stoku 22 m, o ekspozycji N, ilość splukanego materiału jest większa (64 g lub 29,0 kg/ha) niż na stoku 45 m o ekspozycji S (54 g lub 12,0 kg/ha). Wynikałoby z tego, że bardziej sprzyjające warunki dla większego splukiwania stwarza mniejsza miąższość ściółki i cięższy skład mechaniczny gleby niż długość stoku. Trzeba jednak podkreślić, że analizowane stoki obok długości różnią się również i ekspozycją.

#### ROZMIARY ŁUGOWANIA

Dla określenia rozmiarów ługowania utworów budujących stoki zalesione wykonano 4 pomiary stopnia mineralizacji odpływających wód. Pomiary te obejmowały pobranie próbek wody i określenie tzw. suchej pozostałości.

Wodę do analiz pobierano z dwóch małych, stale płynących cieków odwadniających stok Czarny Las i stok Nad Masiarczykiem.

Analizowano wody odpływające w okresie wiosny przy podwyższonych stanach wody oraz w czasie późnego lata przy niskich stanach wody. Z otrzymanych danych wynika, że stopień mineralizacji wód w tych dwóch sezonach zmienia się dość znacznie (tab. 12). W okresie podwyższonych stanów wody, podczas spływu wód wiosennych pochodzących z tajania pokrywy śnieżnej, stopień mineralizacji jest stosunkowo niski (51—81 mg/l suchej pozostałości). Natomiast w okresie późnego lata przy niżówkach i małym odpływie wód ze zlewni stopień ich mineralizacji jest wyraźnie wyższy (145—153 mg/l suchej pozostałości).

Obok różnic sezonowych (wiosna — lato) w mineralizacji odpływających wód zaznaczają się różnice związane z budową geologiczną. Wody odpływające ze stoku Nad Masiarczykiem, zbudowanego z piaskowców mikowych z wkładkami warstw inoceramowych, okrytego glebami brunatnymi o składzie mechanicznym glin lekkich, zawierają średnio 102 mg/l suchej pozostałości. Natomiast wody odpływające ze stoku Czarny Las, zbudowanego z piaskowców i zlepieńców typu magurskiego z wkładkami warstw belowskich o glebach brunatnych — średnich, zawierają przeciętnie 113 mg/l suchej pozostałości. Wskazuje to, że ogólne ługowanie na stoku Czarny Las jest nieco większe niż na stoku Nad Masiarczykiem.

Na podstawie otrzymanych danych ogólnie można stwierdzić, że przeciętna roczna mineralizacja wód odpływających ze stoków zalesionych w 1971 r. wynosiła około 107 mg/l suchej pozostałości. Opierając się na danych surowego bilansu wodnego dla tego regionu można przyjąć, że 44% sumy opadów rocznych odpływa (*Synteza surowego bilansu...*, 1971 r.). Dla roku 1971 wynosi to 401 mm. Mnożąc tę liczbę przez

Tabela 12. Mineralizacja wód odpływających z zalesionej, górnej części zlewni potoku Jaszczę w Górnej Ochotnicy oraz wielkość przeciętnego lęgowania w 1971 r.

Concentration of dissolved salts in runoff water in the upper Jaszczę river basin, Ochotnica Górna, and mean rate of leaching in 1971

Zlewnia	Miejsce pomiaru (wys. n.p.m.)	Budowa geologiczna		Użytkowanie	Data pomiaru 1971 r.	Temperatura wody °C	Sucha pozostałość mg/l	Opad mm	Odpływ		Średnie obniżenie powierzchni mm/rok
		Podłoże	Gleby						Wody* mm	Sucha pozostałość kg/ha (m <sup>3</sup> /ha)**	
Jaszczę	Ciek Masiarczyk 850	Piaskowce mi-kowe z wkładkami warstw inoceramowych (górna kreda – paleocen)	Brunatne wylęgowane o składzie mechanicznym glin lek-kich	Las	6 IV 13 IX Średnia	2,4 9,2 5,8	51,0 153,0 102,0	911,0	401,0	409,0 (0,163)	0,0163
Jaszczę	Ciek Czarny Las 850	Piaskowce i zlepieńce typu ma-gurskiego z wkładkami warstw belo-weskich (cocen dolny i środ-kowy)	Brunatne kwaś-ne o składzie mechanicznym glin średnich i ciężkich	Las	6 IV 13 IX Średnia	2,0 8,8 5,4	81,0 145,0 113,0	911,0	401,0	453,1 (0,181)	0,0181

\* W oparciu o dane surowego bilansu wodnego dla tego regionu przyjęto, że 44% sumy opadów odpływa. Synteza surowego bilansu wodnego, 1971.

\*\* Przy zamianie ciężaru na objętość przyjęto wskaźnik 2,5.



przeciętną mineralizację odpływających wód (107 mg/l) otrzymamy ciężar związków mineralnych i organicznych odprowadzonych poza obręb badanych zlewni. Wynosił on dla 1971 r. około 431,05 kg/ha.

#### SALTACJA WYKROTOWA

Na stokach zalesionych zwracał uwagę urozmaicony mikrorelief. Mikrorelief ten w postaci płytkich, talerzowatych obniżzeń oraz towarzyszących im tarczowatych lub podłużnych, niewysokich nabrzmień (o średnicy około 2—4 m, głębokości i wysokości około 60 cm) w większości przypadków jest związany z saltacją wykrotową (T. Gerlach 1960). Proces ten polega na wyrwaniu ze stoku wraz z korzeniami drzew znacznych ilości (do kilku m<sup>3</sup>) utworów glebowo-zwietrzelinowych oraz przemieszczeniu i osadzeniu ich w niedalekiej odległości od miejsca wyrwania. Jest on związany z wysokimi drzewami o płytkim systemie korzeniowym i porywistymi wiatrami. W miejscu wyrwania powstają małe obniżenia („dziury”) o głębokości około 60 cm i średnicy do 4 m. W niewielkiej odległości od miejsca wyrwania, z osypania się gleby z korzeni drzew tworzą się podobnych rozmiarów, jak formy negatywne, podłużne wały lub stożkowate nabrzmienia. W ten sposób na wyrównanej powierzchni stoków powstają małe zagłębienia i nabrzmienia. Formy takie, od zupełnie świeżych do prawie wyrównanych, często stwierdzano na stokach w zlewni potoku Jaszce. Szczególnie duże ich nagromadzenie występowało w górnej części stoku Czarny Las.

A. Kotarba (1970) opierając się na szczegółowych badaniach skutków morfologicznych wiatru fenowego w Tatrach w maju 1968 r., o prędkościach około 75 m/s, kiedy powalone zostało 500 ha lasu, podaje, że średnie pionowe przemieszczenie pokryw stokowych przez drzewa wyrwane z korzeniami wynosiło 0,39 m, a kubatura przemieszczonych mas na niewielkie odległości w dół stoku wynosiła 517,3 m<sup>3</sup>/ha. Przykład z Tatr był zjawiskiem wyjątkowym. Znacznie częstsze są wykroty pojedynczych lub kilku drzew, występujące prawie każdego roku w różnych miejscach na stokach porośniętych tzw. starodrzewem. W związku z tym saltacja wykrotowa jest ważnym procesem na stokach zalesionych i należy na niego zwracać większą uwagę. Dokonuje on znacznych przemieszczeń materiału humusowo-zwietrzelinowego w dół stoków i w ostatecznym efekcie prowadzi do ich obniżania. Obok tego spulchnienie i wymieszanie gleby ze szczątkami organicznymi poprawia jej strukturę, zwiększając przepuszczalność, pojemność retencyjną i odporność na rozmywanie gleb leśnych.

TEREN „JAWORKI” — ŚRODOWISKO ANTROPOGENICZNE  
(ŁĄKI, PASTWISKA, POLA UPRAWNE)

CHARAKTERYSTYKA FIZJOGRAFICZNA

Teren Jaworki, o powierzchni około 6 km<sup>2</sup>, położony jest na pograniczu Małych Pienin i Pasma Radziejowej. Obejmuje dolną część zlewni potoku Biała Woda, będącego jednym z dopływów potoku Grajczarka, uchodzącego do Dunajca w Szczawnicy. Reprezentuje on środowisko geograficzne zmienione przez gospodarczą działalność człowieka. Aktualnie obszar ten w przeważającej części jest użytkowany jako pastwiska i łąki, a w małym procencie jako pola uprawne. Przed rokiem 1947 obraz użytkowania był odwrotny, przewagę stanowiły pola uprawne o układzie terasowym.

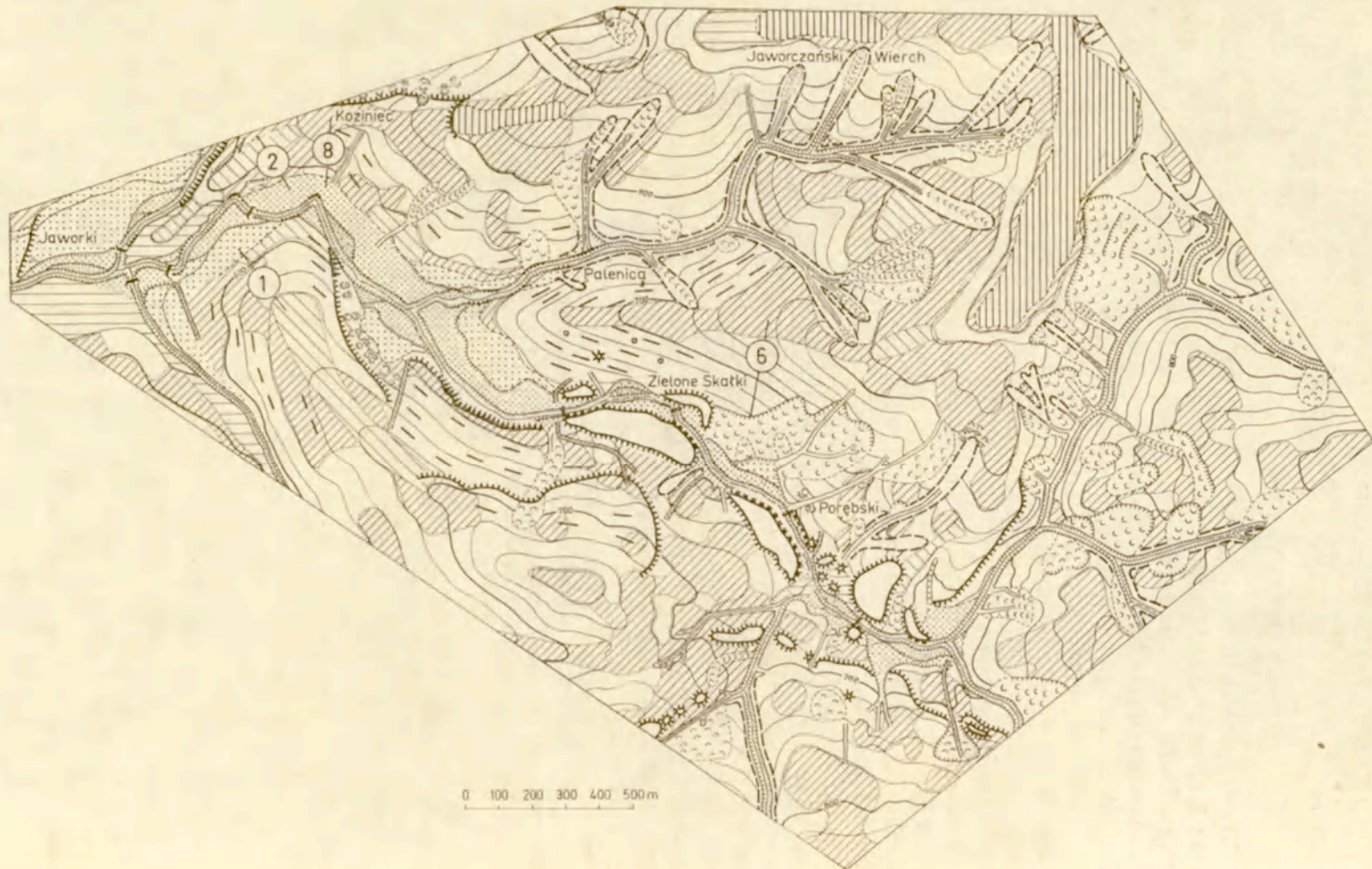
Omawiany obszar znajduje się w piętrze klimatu umiarkowanie chłodnego (M. Hess 1965). Piętro to ma wysokość 580 m n.p.m., charakteryzuje się średnią temperaturą roku 5,9°C i średnią roczną sumą opadów 854 mm (średnie za okres 1955—1964; H. Nagawiecka 1966).

Teren Jaworki zbudowany jest z fliszu wieku górna kreda — eocen oraz kilku porwaków wapieni jurajskich i dolnokredowych, tworzących wypreparowane skałki wapienne. Reprezentuje typ rzeźby wysokich pogórzy (L. Starkel 1972, L. Starkel i inni 1973), o absolutnych wysokościach od 560 do 900 m n.p.m. i deniwelacjach około 340 m (ryc. 10). Grzbiety mają formy spłaszczone lub zaokrąglone. Doliny rozcinające grzbiety posiadają kształty głębokich i lekko rozwartych wciosów,

Tabela 13. Charakterystyka morfologiczna dolin i stoków dolnej części zlewni potoku Biała Woda w Jaworkach k. Szczawnicy

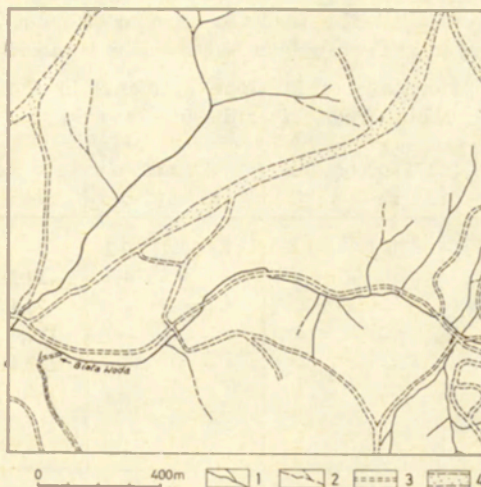
Characteristics of valley morphometry in the lower Biała Woda river basin, Jaworki by Szczawnica

Rząd potoków (dolin)	Liczba potoków (dolin)	Długość sumaryczna km	Średnia długość km	Sumaryczna powierzchnia zlewni km <sup>2</sup>	Gęstość rozcięcia dolinami km/km <sup>2</sup>	Najczęstszy kształt stoków	Najczęstsze nachylenia w stopniach
I	47	5,80	0,1234	2,110	2,761	wypukły	25—35 15—25
II	12	4,17	0,3475	1,016	4,104	wypukło- -prosty, wypukło- -wklęsły	15—25
III	4	1,72	0,4300	0,501	3,433	wypukło- -prosty	15—25
IV	1	4,92	4,9200	2,024	2,430	wypukło- -wklęsły	10—15 15—25
Razem	64	16,61	0,2596	5,651	2,930	—	—



Ryc. 10. Mapa geomorfologiczna dolnej części zlewni potoku Biała Woda  
 (objaśnienia jak na ryc. 2.)

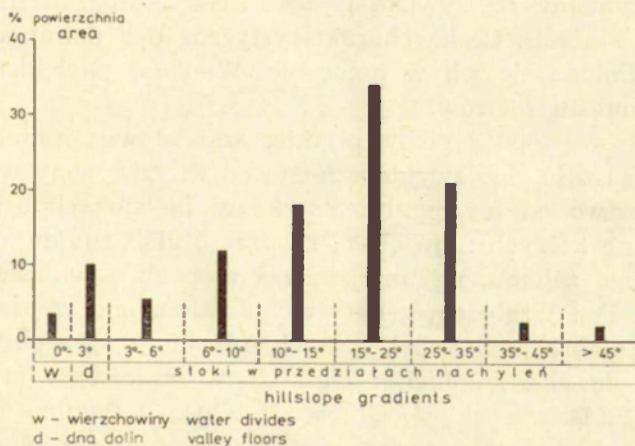
Geomorphological map of the lower Biała Woda river basin  
 (for explanations see Fig. 2.)



Ryc. 11. Przykład wzrostu epizodycznej sieci hydrograficznej wskutek dużej gęstości gospodarczych dróg gruntowych

1 — ciekłi stałe, 2 — ciekłi okresowe, 3 — drogi gospodarcze, 4 — wypluczyska (powierzchnie kamieniste o zdegradowanej pokrywie glebowej na miejscu dawnych dróg)

Map showing the increase in episodic streamlets as a result of crowded holwags  
1 — permanent streamlet, 2 — temporary streamlet, 3 — holweg, 4 — „pavement” and degraded soil cover on the former roads



Ryc. 12. Procentowy udział klas nachyleń stoków w dolnej części zlewni potoku Biała Woda

Percentage of hillslope gradients in the lower Biała Woda river basin

w górnych częściach przechodzących w niecki. Występują tutaj doliny od I do IV rzędu. Doliny pierwszego rzędu są krótkie, o małej powierzchni zlewni. W miarę wzrostu rzędu dolin wzrasta ich średnia długość i średnia powierzchnia (tab. 13). Poszczególnym dolinom są

Tabela 14. Powierzchnia i procent klas nachyleń stoków na obszarze dolnej części zlewni potoku Biała Woda w Jaworkach

Area and percentage of hillslope gradients in the lower Biała Woda river basin, Jaworki

Klasy nachyleń	Wierzchowiny		Dna dolin		Stoki	
	ha	%	ha	%	ha	%
0°–3°	20,8	3,4	63,3	10,2	—	—
3°–6°	—	—	—	—	34,2	5,5
6°–10°	—	—	—	—	76,1	12,3
10°–15°	—	—	—	—	114,4	18,4
15°–25°	—	—	—	—	212,1	34,1
25°–35°	—	—	—	—	68,5	11,0
35°–45°	—	—	—	—	16,8	2,7
> 45°	—	—	—	—	14,8	2,4
Suma	20,8	3,4	63,3	10,2	536,9	86,4

przyporządkowane odpowiednich rozmiarów stoki. Dominują stoki wypukłe, wypukło-proste i wypukło-wklęsłe. Największą powierzchnię zajmują stoki o nachyleniach 15°–25° (tab. 14, ryc. 12). Gęstość rozcięcia dolinami poszczególnych rzędów waha się od 2,4 do 4,1 km/km<sup>2</sup> (przeciętna 2,9 km/km<sup>2</sup>). Jeśli do tego dodamy długość dróg gospodarczych (3,4 km/km<sup>2</sup>), które stanowią przedłużenie epizodycznej sieci potoków (ryc. 11), otrzymamy rzeczywistą gęstość sieci hydrograficznej. Wynosi ona około 6,3 km/km<sup>2</sup>. Cechą charakterystyczną den dolinnych jest pogłębienie i odmłodzenie ich w holocenie. Wielkość pogłębienia wynosi kilka do kilkunastu metrów.

Na stokach występują gleby płytkie, szkieletowe, średnio głębokie i głębokie. Miąższość gleb zwykle wzrasta od wierzchowiny w dół stoku. Pewne odstępstwo od tej reguły spotykamy na stokach o terasowym układzie pól, na których największa miąższość gleb znajduje się w pobliżu wypukłego załomu, najmniejsza zaś w pobliżu wklęsłego załomu teras rolnych. Pod względem genetycznym należą one w przeważającej większości do gleb brunatnych kwaśnych (pH 4,5–6,0), a pod względem granulometrii do glin średnich i ciężkich, w mniejszym procencie do glin lekkich (B. Dobrzański, J. Gliński, T. Guz, J. Pomian 1958, 1962).

Na omawianym obszarze występują 4 zespoły fitosocjologiczne:

1) bliźniczkowy — *Hieracio-Nardetum*, 2) mietlicowy — *Gladiolo-Agrostetum*, 3) życicowo-grzebienicowy — *Lolieto-Cynosuretum*, 4) turzycowy — *Valeriano-Caricetum flave* (R. Kostuch 1966).

Zespół bliźniczkowy występuje na wierzchowinach i stokach. Charakteryzuje się zwartokępkową roślinnością, miotlastym systemem korzeniowym i szczelnym (ponad 90%) pokryciem powierzchni gleby przez roślinność. Zespół ten stanowi skuteczną ochronę gleb przed splukiwaniem. Natomiast jego wartość pastewna jest znikoma. Zespoły mietlicowy i ży-

cicowy występują w różnych położeniach na stokach i w dnach dolin. Charakteryzują się one, podobnie jak zespół bliźniczkowy, właściwościami przeciwerozyjnymi, a obok tego najwyższą wartością pastewną (wysoka zawartość składników odżywczych, zalety smakowe). Zespół turzycowy związany jest z terenami podmokłymi, zajmuje znikomy procent na omawianym terenie.

#### POMIARY SPŁUKIWANIA

Badania nad spłukiwaniem prowadził autor na 2 stokach, użytkowanych jako łąki kośne: stok 1 (IMUZ) i stok 2 (Mleczarnia). Okres pomiarów objął 4 lata hydrologiczne (1967—1971). W tym czasie na każdym z wymienionych stoków wykonano 30 pomiarów kontrolnych. Pomiarzy spłukiwania na stokach łąkowych były kontynuacją pomiarów (z pewną przerwą) rozpoczętych tu w 1955 r. Do wyników pomiarów z lat 1967—1971 dla tych samych stoków dołączone zostały dane z lat wcześniejszych (1955—1958). Równocześnie wykorzystano wyniki pomiarów spłukiwania prowadzonych na jednym stoku pastwiskowym (stok 6) i jednym stoku użytkowanym rolniczo (stok 8), wykonanych w latach 1955—1959. Stoki, dla których podano wyniki pomiarów spłukiwania, pod względem kształtów i użytkowania są przykładem stoków często występujących w tym regionie.

Szczegółową charakterystykę badanych stoków podają tabele 15 i 16. Łączny okres pomiarów na stokach 1 i 2 objął 7 lat (1955—1958 i 1967—1971), w czasie których wykonał autor po 68 pomiarów kontrolnych

Tabela 15. Charakterystyka stoków łąkowych na obszarze Jaworek k. Szczawnicy  
Characteristics of the grass covered slopes, Jaworki area by Szczawnica

Cechy stoków	Stoki	
	Stok 1 (IMUZ)	Stok 2 (Mleczarnia)
Wysokość n. p. m.	600 m	600 m
Ekspozycja	NW	SE
Forma	wypukła	wypukła
Nachylenie	0°—20°	0°—20°
Długość	70 m	62 m
Szerokość	1 m	1 m
Mikrorelief	powierzchnia wyrównana	powierzchnia wyrównana
Zespół roślinności	<i>Gladiolo agrostetum</i>	<i>Gladiolo agrostetum</i>
Stopień pokrycia gleby przez roślinność	około 90%	około 90%
Skład mechaniczny gleby	glina ciężka (ponad 50% części spławialnych)	w górnej części glina lekka w dolnej glina ciężka
Typ gleby	gleba brunatna słabo kwaśna (pH 5,6—6,5)	gleba brunatna słabo kwaśna
Struktura gleby	drobnoagregatowa	drobnoagregatowa

Tabela 16. Charakterystyka stoków: pastwiskowego i ornego na obszarze Jaworek k. Szczawnicy  
 Characteristics of a pasture slope and of a ploughed slope, Jaworki area by Szczawnica

Cechy stoków	Stoki	
	Stok 6 — pastwiskowy	Stok 8 — orný
Wysokość n. p. m.	około 760 m	620 m
Ekspozycja	S	SW
Forma	wypukła	wypukło-wklęsła
Nachylenie	0°—14°	10°—20°—2°
Długość	32 m	142 m
Szerokość	1 m	1 m
Mikrorelief	powierzchnia wyrównana	terasy rolne
Zespół roślinności	<i>Gladiolo agrostetum</i>	zadarniony ugóř, spulchniona gleba po wykopaniu ziemniaków, ściernisko
Stopień pokrycia gleby przez roślinność	80%	70%—0%—20%
Skład mechaniczny gleby	głina średnia (około 40% części spławialnych)	głina lekka (do 25% części spławialnych)
Typ gleby	brunatna słabo kwaśna	brunatna słabo kwaśna
Struktura gleby	drobnoagregatowa	drobnoagregatowa

na każdym z nich; na stoku 6 okres pomiarów objął 4 lata (1955—1959), w czasie których wykonano 44 pomiary kontrolne; na stoku 8 pomiary rozmiarów spłukiwania wykonane były tylko po roztopach na wiosnę 1956 r.

Tabela 17. Średnie opady i temperatury w latach 1955—1959 i 1967—1971 na tle średnich z dziesięciolecia w Jaworkach k. Szczawnicy\*

Mean precipitation and mean temperatures, 1955—1959 and 1967—1971, compared with the means for ten years, Jaworki by Szczawnica

Wysokość n. p. m.	Lata	Półrocza				Rok		Typy pogody w trójklasowym podziale liczbowym		
		zimowe		letnie		opad mm	temperatura °C	zimowe	letnie	rok
		opad mm	temperatura °C	opad mm	temperatura °C					
580	1955—1964	248,5	-0,77	569,4	12,5	853,9	5,9	22	22	22
	1955/1956	252,0	-2,5	458,4	12,1	710,4	4,8	21	11	11
	1956/1957	256,8	-0,15	534,9	13,1	791,7	6,5	23	23	23
	1957/1958	259,1	-0,7	702,5	14,1	961,6	6,7	22	33	33
	1958/1959	319,0	-0,01	545,1	10,9	864,1	5,4	23	21	21
	1967/1968	278,1	+0,3	705,3	12,7	983,3	6,5	23	32	33
	1968/1969	192,1	-1,35	489,5	12,7	681,6	5,7	11	12	12
	1969/1970	273,7	-1,15	803,6	11,7	1077,3	5,3	21	31	31
	1970/1971	280,0	+0,38	431,4	12,1	711,4	6,3	23	11	13

\* Miesięczne wykazy... 1955—1971. Archiwum IMUZ Oddział w Krakowie oraz H. Nagawiecka 1966.

Tabela 18. Wyniki pomiarów spłukiwania gleby na stokach łąkowych w Jaworkach koło Szczawnicy za lata hydrologiczne 1955–1958 i 1967–1971 (I XI do 31 X)

Results of soil wash measurements on grass covered slopes (slope No 1 and slope No 2), 1955–1958 and 1967–1971, Jaworki by Szczawnica

Stok 1: wypukły, długość 70 m, ekspozycja NW, nachylenie 0°–20°, łąka (zespół roślinności – mietlica pospolita – *Gladiolo Agrostetum*)

Rok hydrologiczny	1955/1956			1956/1957			1957/1958			1967/1968			1968/1969			1969/1970			1970/1971			Razem za 7 lat			Średnia dla 1 roku		
	9 XI–12 V	12 V–24 IX	Rok	24 IX–11 V	11 V–30 IX	Rok	30 IX–19 V	19 V–19 IX	Rok	XI–IV	V–X	Rok	XI–IV	V–X	Rok	XI–IV	V–X	Rok	XI–IV	V–X	Rok	XI–IV	V–X	7 lat	XI–IV	V–X	Rok
Splukiwanie: gramy z szerokości 1 m	31	7	38	17	5	22	29	14	43	13	38	51	43	9	52	35	48	83	21	4	25	189	125	314	27	17,8	44,8
Splukiwanie kg/ha	4,43	1,0	5,43	2,43	0,71	3,14	4,14	2,0	6,14	1,8	5,4	7,2	6,14	1,28	7,42	5,0	6,8	11,8	3,0	0,5	3,5	26,94	17,69	44,63	3,88	2,52	6,4
Średnie obniżenie powierzchni mm*			0,0002			0,0001			0,0002			0,0003			0,0003			0,0005			0,0001			0,0017			0,0002
% splukiwania: półrocze zimowe, letnie	81,6	18,4	100%	77,4	22,6	100%	67,4	32,6	100%	25,0	75,0	100%	82,7	17,3	100%	42,4	57,6	100%	85,7	14,3	100%	60,4	39,6	100%	60,6	39,4	100%

Stok 2: wypukły, długość 62 m, ekspozycja SE, nachylenie 0°–20°, łąka (zespół roślinności – mietlica pospolita – *Gladiolo Agrostetum*)

Splukiwanie: gramy z szerokości 1 m	32	12	44	37	7	44	19	18	37	12	26	38	39	14	53	27	36	63	10	7	17	176	120	296	25,1	17,0	42,1
Splukiwanie: kg/ha	5,16	1,93	7,09	5,96	1,12	7,09	3,06	2,9	5,96	1,9	4,1	6,0	6,29	2,25	8,54	4,3	5,8	10,1	1,6	1,1	2,7	28,27	19,20	47,47	4,03	2,74	6,8
Średnie obniżenie powierzchni mm*			0,0003			0,0003			0,0002			0,0002			0,0003			0,0004			0,0001			0,0018			0,0002
% splukiwania: półrocze zimowe, letnie	72,8	27,2	100%	84,1	15,2	100%	51,3	48,7	100%	31,7	68,3	100%	73,7	26,3	100%	42,6	57,4	100%	59,3	40,7	100%	59,6	40,4	100%	59,5	40,5	100%

\* Przy zamianie ciężaru na objętość przyjęto standardowy ciężar objętościowy 2,5 g/cm<sup>3</sup>.

T. Gerlach: Współczesny rozwój...

Tabela 19. Wyniki pomiarów spłukiwania gleby na stoku pastwiskowym w Jaworkach koło Szczawnicy za lata hydrologiczne 1955–1959 (I XI do 31 X)

Results of soil wash measurements on a pasture slope (slope No 6), 1955–1959, Jaworki by Szczawnica

Stok 6: wypukły, nachylenie 0°–14°, długość 32 m, ekspozycja S, pastwisko (zespół roślinności – mietlica pospolita – *Gladiolo Agrostetum*)

Rok hydrologiczny	1955/1956			1956/1957			1957/1958			1958/1959			Razem za 4 lata			Średnia dla 1 roku		
	9 XI–12 V	12 V–24 IX	Rok	24 IX–11 V	11 V–30 IX	Rok	30 IX–19 V	19 V–19 IX	Rok	19 IX–25 V	25 V–28 VIII	Rok	XI–IV	V–X	4 lata	XI–IV	V–X	Rok
Splukiwanie: gramy z szerokości 1 m	9	4	13	8	61	69	8	33	41	8	254	262	33	352	385	8,25	88,0	96,25
Splukiwanie: kg /ha	2,81	1,25	4,06	2,5	19,06	21,56	2,5	10,31	12,81	2,5	79,37	81,87	10,31	110,0	120,31	2,57	27,5	30,07
Średnie obniżenie powierzchni mm*			0,0002			0,0008			0,0005			0,0033			0,0048			0,0012
% splukiwania: półrocze zimowe, letnie	69,2	30,8	100	11,6	88,4	100	19,5	80,5	100	3,1	96,9	100	8,6	91,4	100	8,6	91,4	100

\* Przy zamianie ciężaru na objętość przyjęto standardowy ciężar objętościowy 2,5 g/cm<sup>3</sup>.

T. Gerlach: Współczesny rozwój...



Warunki pogodowe lat hydrologicznych, w których prowadzono pomiary w odniesieniu do wielolecia, według trójklasowego podziału liczbowego należały do 5 typów: 11, 13, 33, 12, 31 (tab. 17).

#### WIELKOŚĆ SPLUKIWANIA NA STOKACH ŁAKOWYCH

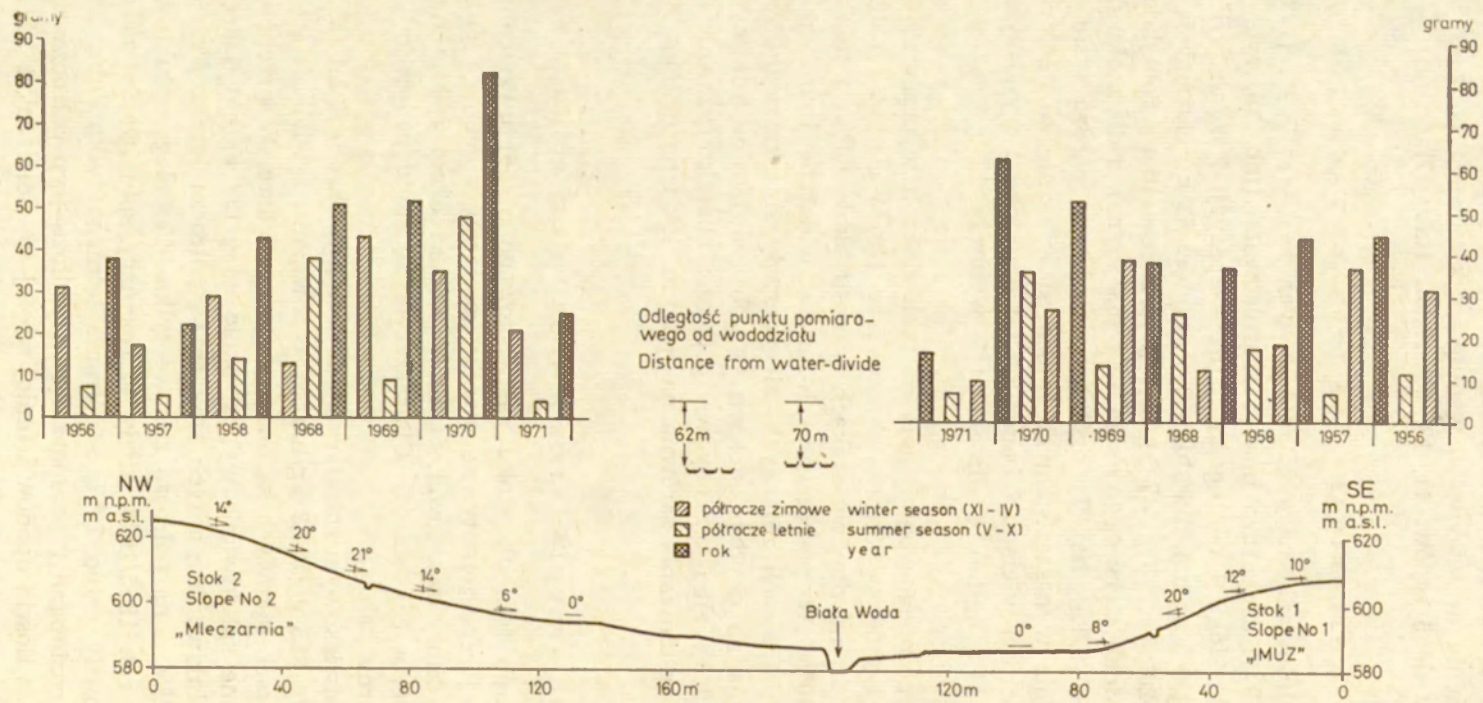
Rozmiary spłukiwania na stokach łąkowych za okres 7 lat (1956—1958, 1968—1971) są bardzo małe i zróżnicowane (tab. 18, ryc. 13). Wynoszą one dla stoku 1 o długości 70 m, ekspozycji NW, nachyleniu  $0^{\circ}$ — $20^{\circ}$  — 314 g (45 kg/ha), dla stoku 2 o długości 62 m, ekspozycji SE, nachyleniu  $0^{\circ}$ — $20^{\circ}$  — 296 g (47 kg/ha). W przeliczeniu na rok daje to przeciętnie dla stoku pierwszego około 45 g (6,4 kg/ha), a dla stoku drugiego około 42 g (6,8 kg/ha). Te ogólnie rzecz biorąc bardzo małe rozmiary spłukiwania w poszczególnych latach są wyraźnie zróżnicowane. Ekstremalne wartości w ciągu 7 badanych lat dla stoku 1 wynosiły 22 g i 83 g (3,14 i 11,8 kg/ha), a dla stoku 2 wynosiły 17 g i 63 g (2,7 i 10,1 kg/ha).

Okresem wzmożonego spłukiwania na tych stokach w przeważającej większości przypadków są półrocza zimowe (ryc. 13). W ciągu 7 lat udział ich w spłukiwaniu na obydwu stokach wynosił około 60%, a półroczy letnich około 40%. W poszczególnych latach widoczne było większe spłukiwanie w półroczach zimowych, ale zdarzały się przypadki większego spłukiwania na obydwu stokach w półroczu letnim (rok hydrologiczny 1967/1968), albo też obydwie półrocza charakteryzowała podobna wielkość spłukiwania zarówno na jednym, jak i na drugim stoku (1969/1970).

#### WIELKOŚĆ SPLUKIWANIA NA STOKU PASTWISKOWYM

W opracowaniu tym dla stoku pastwiskowego (nr 6) uwzględniono tylko najbardziej reprezentatywne wyniki pomiarów z jednego punktu (rynnny 34—36), który znajdował się na wysokości około 760 m n.p.m. (T. Gerlach 1966, s. 53; tab. 11). Charakterystykę stoku podaje tab. 16, a wyniki pomiarów tab. 19.

Na stoku pastwiskowym rozmiary spłukiwania w okresie 4 lat (1956—1959) wynosiły 385 g (120,3 kg/ha). W porównaniu z wielkością spłukiwania na stokach łąkowych są one wyraźnie większe. W przeliczeniu na rok przeciętne spłukiwanie wynosi około 96 g (30 kg/ha). Okresem wzmożonego spłukiwania na tych stokach są półrocza letnie. Przypada na nie około 91%, a na półrocza zimowe tylko 9% całego spłukiwania. Wyjątkiem był rok 1955/1956, kiedy to rozmiary spłukiwania półrocza zimowego stanowiły około 70%, a półrocza letniego tylko 30%. Związane to było z roztopami na zamrzniętym podłożu (typ półrocza zimowego 21), a nie z ilością opadów i mniej więcej równomiernym ich rozłożeniem w półroczu letnim (typ półrocza letniego 11).



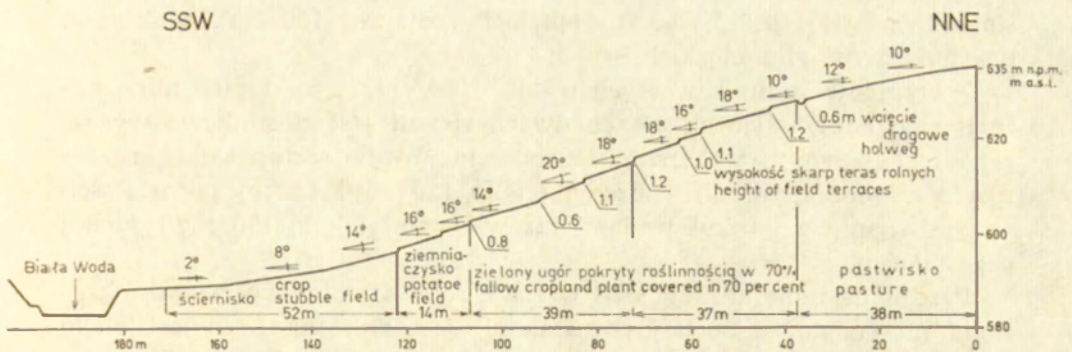
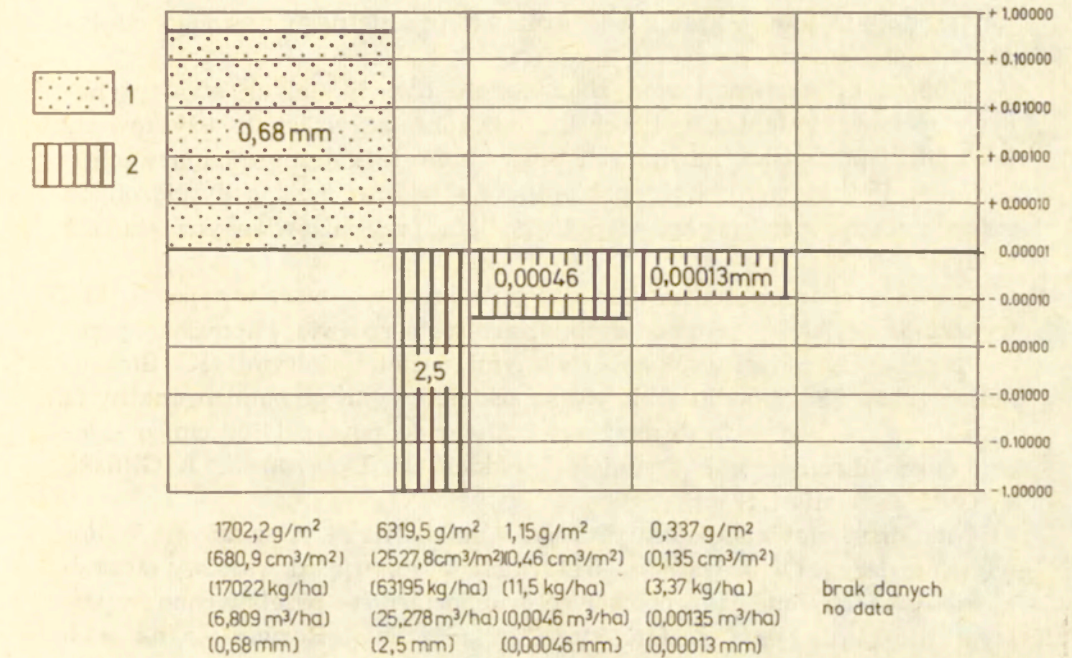
Ryc. 13 Rozmiary spłukiwania gleby na stokach łąkowych w latach 1956—1958 i 1968—1971

Ryc. 13. Rozmiary spłukiwania gleby na stokach łąkowych w latach 1956—1958

## WIELKOŚĆ SPŁUKIWANIA NA STOKU ROLNICZYM

Stok rolniczy (nr 8) w okresie pomiarów (1955—1956) w górnej części był zadarnionym ugorem, niżej było pole po wykopaniu ziemniaków zupełnie pozbawione roślinności, a w najniższej części — ściernisko. Pomiarów wielkości spłukiwania dotyczą jednego okresu zimowego 1955/1956. Charakterystykę stoku podaje tab. 16, a wyniki pomiarów spłukiwania ryc. 14.

Jak widać na ryc. 14, rozmiary spłukiwania na tym stoku ściśle



Ryc. 14. Rozmiary spłukiwania gleby na stoku zaoranym w okresie roztopów 1955/1956

Rates of slope wash on a ploughed slope during the snowmelt period 1955/1956

uzależnione były od stopnia pokrycia powierzchni gleby przez roślinność. Na odcinku zadarnionego ugoru splukiwanie wynosiło od 0,337 do 1,15 g/m<sup>2</sup> = 3,37 do 11,5 kg/ha, na odcinku z polem po wykopanych ziemniakach — 6319,5 g/m<sup>2</sup> = 63 195 kg/ha a na ściernisku akumulacja splukanego materiału osiągnęła 1702,2 g/m<sup>2</sup> = 17 022 kg/ha.

#### ROZMIARY ŁUGOWANIA

Rozmiary ługowania dla omawianego obszaru autor określił na podstawie stopnia mineralizacji wód oraz ich przeciętnego rocznego odpływu z tego obszaru.

Stopień mineralizacji wód zbadano dla dwóch małych stale płynących cieków: Palenica i Porębski, odwadniających stoki użytkowane jako łąki i pastwiska, na których prowadzono kilkuletnie pomiary splukiwania. Próbkę wody były pobierane na wiosnę przy podwyższonych stanach wody oraz w okresie późnego lata przy niżówkowych stanach wody.

Zlewnię cieków Palenica budują górnokredowe warstwy jarmuckie, wykształcone jako piaskowce drobnoziarniste o spoiwie wapnistym, przeławiczone marglistymi łupkami zielonymi i zielonożółtymi (K. Birkenmajer 1958). Skały podłoża okryte są szkieletowymi glebami brunatnymi kwaśnymi (pH 4,6—6,5), o miąższości 50 cm do powyżej 100 cm, o składzie mechanicznym glin średnich i lekkich (B. Dobrzański, J. Gliński, T. Guz, J. Pomian 1958).

Natomiast zlewnia potoku Porębski ma bardziej urozmaiconą budowę geologiczną. Obok warstw jarmuckich występują tu warstwy szczawnickie, wykształcone jako piaskowce drobnoziarniste przeławiczone wapnistymi łupkami, gęsto pocięte strzałką kalcytową. Rozwinięte na nich gleby są zaliczane do słabo szkieletowych (do 10% szkieletu), brunatnych, słabo kwaśnych (pH 5,6—6,5), głębokich (powyżej 100 cm), o składzie mechanicznym glin ciężkich.

Z wyników analiz zawartych w tab. 20 wynika, że stopień mineralizacji wód odpływających z tych dwóch zlewni jest stosunkowo wysoki i podlega pewnym wahaniom sezonowym. Wody roztopowe charakteryzują się mniejszą mineralizacją (około 120 mg/l suchej pozostałości) w porównaniu z letnimi wodami niżówkowymi (około 175 mg/l suchej pozostałości).

Przeciętna mineralizacja wód w ciągu roku dla obydwu zlewni (określona na podstawie suchej pozostałości) jest zbliżona i wynosi około 145 mg/l. Liczba ta pomnożona przez wielkość odpływu określa przeciętne ługowanie w badanych zlewniach w analizowanym roku. Wynosi ono dla obydwu zlewni po około 450 kg/ha.

Tabela 20. Mineralizacja wód odpływających ze zlewni łąkowo-pastwiskowych na obszarze Jaworek oraz wielkość przeciętnego ługowania w 1971 r.  
 Concentration of dissolved salts in runoff waters in a river basin occupied by grassland and pasture, and the mean rate of leaching, 1971, Jaworki area

Zlewnia	Miejsce pomiaru (wysokość n.p.m.)	Budowa geologiczna		Użytkowanie	Data pomiaru 1971 r.	Temperatura wody °C	Sucha pozostałość mg/l	Opad mm	Odpływ		Średnie obniżenie powierzchni mm/rok
		Podłoże	Gleby						wody mm*	sucha pozostałość kg/ha (m <sup>3</sup> /ha)**	
Biała Woda	Ciek Palenica 660	Warstwy jar-muckie (górną kreda)	Brunatne słabo kwaśne o składzie mechanicznym glin lekkich i średnich	Łąki, pastwiska	6 IV 13 IX Średnia	8,4 13,5 10,9	115 175 145	711,4	313,0	453,8 (0,181)	0,0181
Biała Woda	Ciek Porębski 700	Warstwy jar-muckie i warstwy szczawnickie (górną kreda, eocen)	Brunatne słabo kwaśne o składzie mechanicznym glin ciężkich	Łąki, pastwiska	6 IV 13 IX Średnia	8,8 15,7 12,2	119 174 146	711,4	313,0	456,9 (0,182)	0,0182

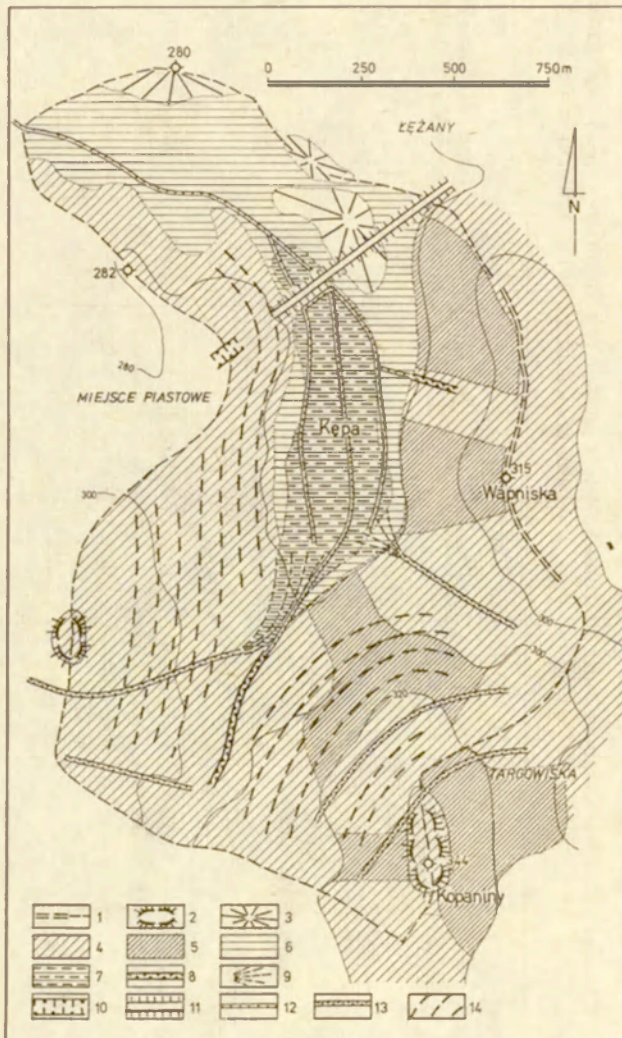
\*\* patrz tab. 12.

TEREN „ŁĘŻANY” — ŚRODOWISKO ANTROPOGENICZNE  
(POLA UPRAWNE)

CHARAKTERYSTYKA FIZJOLOGICZNA

Teren Łężany o powierzchni około 2 km<sup>2</sup> reprezentuje warunki środowiskowe pól uprawnych. Położony jest w centralnej części Dołów Jasielsko-Sanockich. Szczegółowe badania prowadzono w źródłowej części potoku Olszyny, stanowiącego jeden z prawobocznych dopływów Lubatówki, wpadającej do Wisłoka w Krośnie.

Obszar ten charakteryzuje występowanie niskich garbów o wysokościach do 350 m n.p.m., oddzielonych szerokim, płaskodennym obniżeniem, którego dno znajduje się na wysokości około 280 m n.p.m. To



rozległe obniżenie o nazwie „Kępa” stanowi kopalny basen jeziorny, zanikły w ciągu holocenu (T. Gerlach, L. Koszarski, W. Koperowa, E. A. Koster 1972). Do roku 1960 był to obszar podmokłych łąk o utrudnionym odpływie. Obecnie jest zmeliorowany i użytkowany jako łąki kośne. Różnice wysokości pomiędzy kulminacjami garbów a dnem obniżenia dochodzą do około 70 m. Garby mają formy zaokrąglone. W ich obrębie występują kopulaste wierzchołki i płytkie przełęczce (ryc. 15). Stoki garbów opadające ku płaskodennemu obniżeniu mają kształty wypukło-wklęsłe, nachylenia dochodzą do około 15° (tab. 21, ryc. 16). Wierzchowiny i stoki garbów są użytkowane jako pola uprawne. Uprawia się tutaj rośliny jednoroczne (zboża ozime i jare, okopowe: ziemniaki i buraki) oraz kilkuletnie (koniczyna). W wyniku stosowanego płodozmianu ta sama roślina powraca na to samo pole przeciętnie co 4 lata. Układ kultur uprawnych jest szachownicowy. Pola są zaorywane zgodnie z nachyleniem i poprzecznie do nachylenia stoków. W przypadku poprzecznej uprawy, występuje na stokach charakterystyczny mikrorelief teras rolnych (ryc. 15).

Omawiany obszar zbudowany jest z mało odpornych utworów fliszu oligoceńskiego. Są to łupki menilitowe, zajmujące niewielkie przestrzenie, oraz powszechne na tym terenie nadległe warstwy krośnieńskie dolne. Te ostatnie są reprezentowane w najniższej części przez gruboławicowe piaskowce rozsypliwie, w części wyższej przez pakiety takich samych piaskowców naprzemianległe z pakietami łupków marglistych z licznymi cienko- i średnioławicowymi piaskowcami, często skorupowymi. Warstwy z piaskowcami skorupowymi zwykle tworzą w morfo-

#### Ryc. 15. Mapa geomorfologiczna zlewni potoku Graniczny

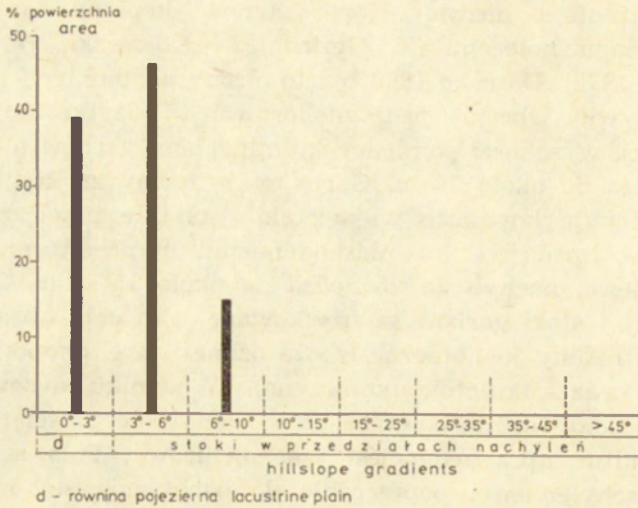
Formy założone i modelowane w plejstocenie. A. Formy utworzone przez niszczącą działalność wody płynącej i czynników denudacyjnych: 1 — szerokie garby, 2 — kopulaste wierzchołki w obrębie garbów, 3 — tarczowate ostańce denudacyjne, 4 — stoki o nachyleniu 3°–6°, 5 — stoki o nachyleniu 6°–10°, 6 — płaskie dno obniżenia o nachyleniu do 3°;

Formy modelowane w holocenie. A. Formy utworzone przez wody stojące i akumulację fitogeniczną: 7 — równina pojezierna; B. Formy utworzone przez niszczącą działalność wody płynącej: 8 — płytkie parowy; C. Formy utworzone przez budującą działalność wody płynącej: 9 — płaskie stożki napływowe; D. Formy antropogeniczne: 10 — wko-  
py drogowe, 11 — nasypy drogowe, 12 — rowy melioracyjne; E. Formy antropogeniczne utworzone przy współdziałaniu procesów denudacyjnych: 13 — wcięcia drogowe, 14 — terasy rolne

#### Geomorphological map of the Graniczny river basin

Landforms both founded and fashioned in the Pleistocene. A. Destructional landforms due to the joint action of running water and denudation: 1 — broad ridges, 2 — dome-shaped ridge tops, 3 — shield-like denudational residuals, 4 — slopes of 3°–6°, 5 — slopes of 6°–10°, 6 — flat bottom of depression with gradients up to 3°.

Landforms fashioned in the Holocene. A. Landforms due to stagnant water and phytogenetic accumulation: 7 — lacustrine flat; B. Destructional landforms due to running water: 8 — „parowy” — small flat-floored valleys having grass covered slopes of about 40°; C. Constructional landforms due to running water: 9 — flat alluvial fans; D. Man made landforms: 10 — road cuttings, 11 — road embankments, 12 — amelioration ditches; E. Landforms due to the collective action of man and denudation: 13 — holwegs, 14 — field terraces



Ryc. 16. Procentowy udział poszczególnych klas nachyleń w zlewni potoku Graniczny

Percentage of hillslope gradients in the Graniczny river basin

logii kulminacje garbów. Wszystkie piaskowce warstw krośnieńskich są silnie wapniste i mają dużo miki. Wymienione ogniwa fliszu oligocen-skiego ogólnie mają bieg NW — SE i stromo ( $50^{\circ}$ — $90^{\circ}$ ) zapadają ku SW, miejscami nawet są odwrócone.

Skalne podłoże otula płaszcz pokryw czwartorzędowych o miąższości od 0 do kilku metrów. Pokrywy te są różnej genezy. Na stokach występują pokrywy: zwietrzelinowe, koluwialne, deluwialne i eoliczne; w dnach dolin: fluwialne i deluwialne; w kotlinowatych obniżeniach: jeziorno-bagiennie, deluwialne i fluwialne.

W górnej części pokryw rozwinięte są gleby. Występują tutaj gleby płytkie, szkieletowe oraz głębokie (ponad 1 m) pozbawione szkieletu. Pod względem składu mechanicznego należą one do gleb gliniasto-piaszczystych (20—50% części spławialnych o  $\varnothing$  poniżej 0,02 mm) i ilasto-piaszczystych o zawartości ponad 50% części spławialnych. W dnach obniżen na torfach rozwinięte są czarne ziemie, a u podnóży stoków gleby deluwialne.

Omawiany obszar znajduje się w piętrze klimatu umiarkowanie ciepłego, charakteryzującego się średnią temperaturą roku około  $7^{\circ}$  i średnią roczną sumą opadów około 800 mm (T. Gerlach 1972). Jedną z cech charakterystycznych jest występowanie tu silnych wiatrów południowych, zwanych wiatrami dukielskimi lub rymanowskimi (J. Lewińska 1958). Wiatry te najczęściej występują w okresie późnej jesieni, w zimie oraz wczesną wiosną, rzadziej w lecie.

Z silnymi wiatrami wiąże się intensywna działalność eoliczna, głównie na powierzchniach pól zaoranych przy braku wegetacji. W regionie



Tabela 21. Powierzchnia i procent klas nachyleń stoków na obszarze zlewni potoku Graniczny w Łężanach

Area and percentage of hillslope gradients in the Graniczny river basin, Łężany

Klasy nachyleń	Dno obniżenia		Wierzchowiny		Stoki	
	ha	%	ha	%	ha	%
0°–3°	80,8	38,9	—	—	—	—
3°–6°	—	—	—	—	95,5	46,1
6°–10°	—	—	—	—	31,1	15,0
Suma	80,8	38,9	—	—	126,6	61,1

tym w okresach zimowych i wczesnowiosennych stwierdza się intensywne przejawy deflacji na stokach dowietrznych oraz obfitą akumulacją glebowego materiału eolicznego na śniegu na stokach zawietrznych. Szczegółowe pomiary zostały przeprowadzone w trzeciej dekadzie marca 1965 r. na stokach kilku zaokrąglonych garbów o wysokości około 350 m n.p.m. i nachyleniu stoków około 15°.

Obok silnej działalności eolicznej znaczną aktywność wykazują tu również częste śródzimowe i wiosenne gwałtowne roztopy oraz letnie opady burzowe, rzadziej gradowe. Na stokach nie pokrytych zwartą roślinnością spływające wody roztopowe czy burzowe powodują intensywne splukiwanie gleby.

Na obszarze tym autor przeprowadził wspólnie z L. Koszarskim z Instytutu Geologicznego w Krakowie szczegółowe pomiary i badania przejawów współczesnej deflacji i akumulacji eolicznej. Zagadnienia te rozpatrywane były w różnych aspektach w kilku pracach. Część opublikowanych prac dotyczyła dynamiki tych procesów (T. Gerlach, L. Koszarski 1968), część ich efektów geologiczno-morfologicznych oraz skutków dla rolnictwa (T. Gerlach, L. Koszarski 1969). Tutaj zostaną syntetycznie przedstawione wyniki dotychczasowych badań z próbą ilościowego określenia udziału splukiwania i działalności eolicznej w modelowaniu stoków w warunkach gospodarki człowieka.

#### DEFLACJA I AKUMULACJA EOLICZNA NA STOKACH

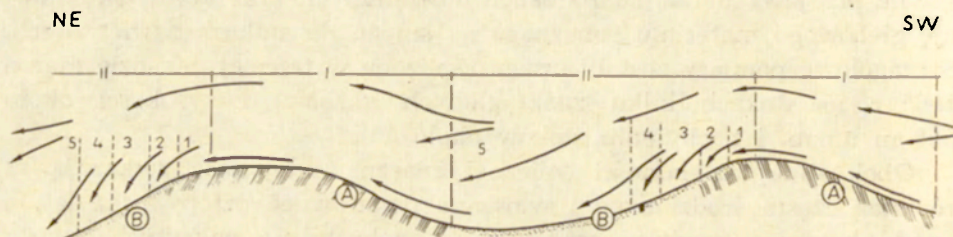
Na omawianym obszarze w sezonie zimowym 1965 r. wystąpiły intensywne przejawy bezpośredniej działalności eolicznej. Obraz efektów tej działalności wykazywał duże zróżnicowanie tak na stokach dowietrznych, jak i zawietrznych (ryc. 17).

Stoki dowietrzne oraz zaokrąglone wierzchołki były pozbawione przez deflację nie tylko pokrywy śnieżnej, ale usunięta z nich została również znaczna część gleby, często aż do obnażenia systemu korzeniowego roślin. W rezultacie powierzchnia gleby na tych stokach wzbogacona została w materiał gruboziarnisty, który w licznych miejscach tworzył coś

w rodzaju bruku deflacyjnego. Maksymalna deflacja wystąpiła w górnej części stoku.

Na stokach zawietrznych na podstawie występujących tu mikroform, wyraźnego ich zróżnicowania oraz ilości materiału glebowego budującego te mikroformy wyróżniono 5 stref akumulacji (ryc. 17). Materiałem budującym mikroformy były głównie agregaty glebowe, okruchy łupków i szczątki roślin. Fragmenty roślin w nawianym osadzie posiadały wyraźną orientację dłuższych osi, wskazującą kierunek transportu materiału eolicznego. Idąc w dół stoku były to strefy:

1) słabej akumulacji materiału glebowego o przewodzie średnic powyżej 2 mm, nagromadzonego w zagłębieniach mikroreliefu, jak: bruzdy i zagłębienia między skibami;



Ryc. 17. Schemat działalności eolicznej w profilu poprzecznym przez dwa wzgórza  
A — obszar deflacji; B — obszar zróżnicowanej depozycji glebowego materiału eolicznego (strefy od góry w dół): 1 — niewielka, 2 — umiarkowana, 3 — maksymalna, 4 — umiarkowana, 5 — niewielka. Strzałki wskazują kierunek wiatru (wg T. Gerlacha i L. Koszarskiego 1968)

Scheme illustrating wind activities in a section across two hills

A — deflation area; B — deposition area of wind-borne soil material. The zones are arranged downwards: 1 — slight, 2 — moderate, 3 — maximal, 4 — moderate, 5 — slight. The arrows indicate wind direction (after T. Gerlach and L. Koszarski 1968)

2) umiarkowanej akumulacji gruboziarnistego materiału w pasie o szerokości 10—30 m, w postaci form sznurowych, o zmiennej miąższości osadu wzdłuż swego przebiegu. Miąższość osadu w tych formach wahała się od 1 do 10 cm, pomiędzy nimi 0—10 cm, średnio około 0,5 cm;

3) maksymalnej akumulacji grubo- i średnioziarnistego materiału ( $77\% > 1$  mm) w pasie o szerokości 50—150 m, w postaci form „barchanoidalnych” o jądrze śniegowym i grubej pokrywie osadu glebowego, przeciętnej miąższości 3,5 cm;

4) umiarkowanej akumulacji materiału średnioziarnistego ( $17\% > 1$  mm) w pasie o szerokości 10—50 m, w postaci językowatych płatów, form sznurowych i pojedynczych małych form „barchanoidalnych”. Średnia miąższość osadu eolicznego wynosiła około 1 cm;

5) niewielkiej akumulacji drobnego materiału w postaci cienkiej i mniej więcej równomiernie rozłożonej pokrywy, zanikającej u podnóża wzgórza następnego.

Poza zróżnicowaną depozycją eoliczną na stokach zawietrznych, wahającą się od 0 w górnej części stoku do 35 mm w części niższej — co równa się od 0 do 0,035 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, proces ten powszechnie zachodził także na równinach w czasie tworzenia się różnego rodzaju zasp, związanych z naturalnymi i sztucznymi przeszkodami. Powierzchnia jak i objętość tych zasp były bardzo różne. Także ilość osadzonego w nich materiału glebowego i organicznego wahała się w szerokich granicach — od warstewek kilkumilimetrowej miąższości do kilku, a nawet kilkunastu centymetrów.

W wyróżnionych strefach zróżnicowanej akumulacji eolicznej materiału glebowego na stokach zawietrznych zwracało uwagę:

1) zmniejszanie się średnic osadzonego materiału od wierzchołki w dół stoku. Naśladuje to obraz rozmieszczenia osadu tworzącego się w wyniku splukiwania;

2) duży udział frakcji gruboziarnistej w materiale osadzonym na stokach zawietrznych, a stosunkowo niewielki procent frakcji pyłowych. Takie rozmieszczenie frakcji wskazuje, że materiał pyłowy był transportowany dalej i osadzał się w innych miejscach, często bardzo odległych;

3) budowa i laminacja mikroform na stokach zawietrznych i zasp za i przed przeszkodami wskazują, że pyły i drobnoziarnisty materiał glebowy osadzały się w postaci zmieszanej ze śniegiem, tworząc warstwy zanieczyszczonego śniegu o różnej grubości i zróżnicowanej koncentracji materiału glebowego. Natomiast gruboziarnisty materiał był osadzany zwykle z niewielką domieszką śniegu lub nawet bez jego udziału. Wskazuje to z jednej strony na mechanizm deflacji, a z drugiej na dynamiczne właściwości wiatru;

4) kolor i rodzaj osadzonego materiału eolicznego na stokach zawietrznych i w zaspach informuje o pochodzeniu tego materiału. Czarne lub szare z dużą zawartością części humusowych pochodzi z warstwy silnie humusowej. Geneza materiału żółtego lub żółtobrązowego związana jest z horyzontami gleb pozbawionymi warstwy próchnicznej.

Materiał eoliczny po stopieniu lub wyparowaniu śniegu częściowo osiada na powierzchni terenu, a częściowo ulega splukaniu w niższe partie stoku. Część materiału pozostająca na miejscu nawiania stopniowo przekształca się w rodzaj skorupy, która w miarę osuszania ulega spękananiu, a w dalszej kolejności poprzębieniu i rozkruszeniu przez wzrastającą roślinność lub też przez zaoranie czy bronowanie. W ten sposób materiał eoliczny zostaje włączony do pokrywy glebowej, zwiększając jej miąższość. Natomiast ta część materiału eolicznego, która uległa splukaniu w niższe partie stoków, zostaje często tam osadzona i zwiększa miąższość profilu glebowego u ich podnóży. W przypadku stoków zawietrznych ważna jest więc nie tylko bezpośrednia sedymentacja eoliczna, ale także jej pośredni wpływ na akumulację w innych miejscach, spowodowaną odmiennymi procesami.

## REPREZENTATYWNOSC OKRESU BADAŃ NA TLE WIELOLECIA

W celu stwierdzenia, czy zarejestrowany obraz efektów działalności eolicznej w 1965 r. i pomierzone wartości akumulacji eolicznej są zjawiskami częstymi oraz czy można je ekstrapolować na dłuższy okres, ważne jest ustalenie warunków, w których te procesy były mierzone, i porównanie ich z warunkami w wieloleciu.

Dla dokonania takich porównań posłużyłem się danymi meteorologicznymi dotyczącymi kierunków i prędkości wiatru ze stacji Rymanów Zdrój za okres zimowy 1965 r. (tab. 22) oraz takimi samymi danymi za 10 lat (1951—1960) z dwóch pobliskich stacji meteorologicznych: Iwonicz i Krosno (tab. 23, 24). Porównań okresu zimowego 1965 r. z wieloleciem dla stacji Rymanów Zdrój nie przeprowadzono z braku materiałów meteorologicznych. Sądzę jednak, że niewielkie odległości po-

Tabela 22. Rozkład prędkości wiatru na poszczególne kierunki i cisze oraz charakterystyka turbulencji okresu zimowego 1965 r. dla stacji Rymanów Zdrój w %

Wind speed and directions, calm in per cent, and air turbulence characteristics, winter halfyear 1965, Rymanów Zdrój

grudzień 1964 r.

Prędkość m/s	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cisze	Suma	Turbulencja
> 0—2	1,1	1,1	1,1	—	9,1	8,0	—	—	—	20,4	
> 2—5	1,1	—	—	—	19,3	19,4	—	—	—	39,8	ślaba 60,2
> 5—7	—	—	—	—	2,2	2,2	—	—	—	4,4	umiarkowana 4,4
> 7—10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
> 10—15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	silna —
> 15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
suma	2,2	1,1	1,1	—	30,6	29,6	—	—	35,4	100,0	

styczeń 1965 r.

> 0—2	7,5	1,6	3,2	1,1	7,5	5,4	0,6	1,6	—	28,5	
> 2—5	1,6	—	—	0,6	15,0	12,3	—	—	—	29,5	ślaba 58,0
> 5—7	—	—	—	—	3,2	3,2	—	—	—	6,4	umiarkowana 8,6
> 7—10	—	—	—	—	0,6	1,6	—	—	—	2,2	
> 10—15	—	—	—	—	1,1	1,1	—	—	—	2,2	silna
> 15	—	—	—	—	1,1	1,1	—	—	—	2,2	4,4
suma	9,1	1,6	3,2	1,7	28,5	24,7	0,6	1,6	29,0	100,0	

luty 1965 r.

> 0—2	20,3	2,4	—	—	7,1	7,1	—	1,2	—	38,1	ślaba 61,9
> 2—5	4,8	—	—	—	7,7	11,3	—	—	—	23,8	
> 5—7	—	—	—	—	2,4	2,4	—	—	—	4,8	umiarkowana 4,8
> 7—10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
> 10—15	—	—	—	—	0,6	0,6	—	—	—	1,2	silna 1,2
> 15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
suma	25,1	2,4	—	—	17,8	21,4	—	1,2	32,1	100,0	

Tabela 23. Rozkład prędkości wiatru na poszczególne kierunki i cisze oraz charakterystyka turbulencji okresu zimowego w 10-leciu 1951–1960 dla stacji Iwonicz Zdrój w %

Wind speed and directions, calm in per cent, and characteristics of the winter air turbulence, 1951–1960, Iwonicz Zdrój

grudzień (1951–1960)

Prędkość m/s	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cisze	Suma	Turbulencja	
> 0–2	2,2	1,6	0,5	0,8	10,8	7,0	2,2	3,4	—	28,5	slaba	53,2
> 2–5	1,2	1,1	—	1,2	12,1	6,6	0,9	1,6	—	24,7		
> 5–7	0,1	—	—	0,2	4,8	1,7	—	0,1	—	6,9	umiarkowana	12,3
> 7–10	—	—	—	0,4	4,1	0,8	—	0,1	—	5,4		
> 10–15	—	—	—	0,1	3,5	0,3	—	—	—	3,9	silna	5,1
> 15	—	—	—	0,2	0,9	0,1	—	—	—	1,2		
suma	3,5	2,7	0,5	2,9	36,2	16,5	3,1	5,2	29,4	100,0		

styczeń (1951–1960)

> 0–2	2,7	1,7	0,5	1,0	9,2	7,2	2,7	5,8	—	30,8	slaba	55,0
> 2–5	0,8	0,9	0,0	0,8	12,8	6,1	0,5	2,3	—	24,2		
> 5–7	—	0,1	—	0,4	4,2	1,0	0,1	0,1	—	5,9	umiarkowana	9,9
> 7–10	—	—	—	0,3	3,1	0,5	—	0,1	—	4,0		
> 10–15	—	—	—	—	2,6	0,5	—	—	—	3,1	silna	5,2
> 15	—	—	—	0,1	1,7	0,3	—	—	—	2,1		
suma	3,5	2,7	0,5	2,6	33,6	15,6	3,3	8,3	29,9	100,0		

luty (1951–1960)

> 0–2	2,8	1,9	1,1	0,8	7,8	5,8	3,2	6,0	—	29,4	slaba	53,1
> 2–5	0,8	1,5	0,5	1,5	10,0	4,6	1,9	2,9	—	23,7		
> 5–7	—	—	0,1	0,2	3,9	1,1	0,3	—	—	5,6	umiarkowana	9,7
> 7–10	0,1	0,1	—	0,2	2,8	0,4	0,1	0,4	—	4,1		
> 10–15	—	—	—	0,2	1,2	—	—	—	—	1,4	silna	2,0
> 15	—	—	—	0,1	0,5	—	—	—	—	0,6		
suma	3,7	3,5	1,7	3,0	26,2	11,9	5,5	9,3	35,2	100,0		

między wymienionymi stacjami oraz położenie ich w podobnym regionie i sytuacji morfologicznej (szczególnie stacji Iwonicz) pozwala na dokonanie takich porównań.

Z punktu widzenia geomorfologicznego istotnymi elementami w analizie stosunków anemologicznych są: prędkość wiatrów oraz ich kierunek. W charakterystyce prędkości wiatru ważna jest nie tylko sama prędkość, co jej turbulencja. Silne wiatry, ale o stałej prędkości, nie podnoszą z powierzchni gleby nawet drobnego materiału, natomiast słabsze, ale porywiste, „pulsujące”, wprawiają w ruch duże jego ilości (R. A. Bagnold 1971). Biorąc to za podstawę oraz opierając się na klasyfikacji dynamicznych właściwości wiatru (W. Parczewski 1960), dotychczas stosowaną 6-stopniową klasyfikację przedziałów prędkości wiatru (*Atlas klimatyczny Polski* 1971) sprowadziłem do 3 zasadniczych klas turbulencji. Dla przedziału prędkości od 0 do 5 m/s przyjąłem turbulencję

Tabela 24. Rozkład prędkości wiatru na poszczególne kierunki i cisze oraz charakterystyka turbulencji okresu zimowego w 10-leciu 1951—1960 dla stacji Krosno w %

Wind speed and directions, calm in per cent, and characteristics of the winter air turbulence, 1951—1960, Krosno

grudzień (1951—1960)

Prędkość w m/s	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cisze	Suma	Turbulencja	
> 0—2	2,0	3,3	6,7	4,1	11,9	2,0	6,5	3,5	—	40,0	słaba	63,8
> 2—5	1,0	1,1	1,4	3,0	9,1	2,6	4,8	0,8	—	23,8		
> 5—7	—	—	—	1,6	3,3	0,3	0,3	0,1	—	5,6	umiarkowana	7,8
> 7—10	—	—	—	0,3	1,1	0,2	0,2	0,4	—	2,2		
> 10—15	—	—	—	—	1,5	—	0,2	—	—	1,7	silna	2,2
> 15	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	0,5		
suma	3,0	4,4	8,1	9,0	27,4	5,1	12,0	4,8	26,2	100,0		

styczeń (1951—1960)

> 0—2	3,9	2,0	5,2	3,3	9,4	2,8	7,1	2,1	—	35,8	słaba	64,1
> 2—5	2,6	1,1	2,3	3,3	10,3	2,6	4,6	1,5	—	22,3		
> 5—7	0,2	0,1	—	0,8	2,5	0,5	0,3	0,2	—	4,6	umiarkowana	7,8
> 7—10	0,1	—	—	0,6	1,3	0,3	0,6	0,3	—	3,2		
> 10—15	—	—	0,2	0,3	3,1	0,2	0,1	—	—	3,9	silna	6,0
> 15	—	—	—	—	1,7	0,2	0,2	—	—	2,1		
suma	6,8	3,2	7,7	8,3	28,3	6,6	12,9	4,1	22,1	100,0		

luty (1951—1960)

> 0—2	3,4	2,7	4,5	3,8	9,2	2,1	8,6	3,6	—	37,9	słaba	67,0
> 2—5	2,5	1,8	3,2	2,5	8,7	1,7	6,2	2,5	—	29,1		
> 5—7	—	0,2	—	0,2	1,4	0,7	0,3	0,7	—	3,5	umiarkowana	5,0
> 7—10	—	0,1	—	—	0,8	0,4	0,2	—	—	1,5		
> 10—15	—	—	—	0,2	1,5	0,4	0,4	—	—	2,5	silna	3,4
> 15	—	—	—	0,2	0,3	—	0,2	0,2	—	0,9		
suma	5,9	4,8	7,7	6,9	21,9	5,3	15,9	7,0	24,6	100,0		

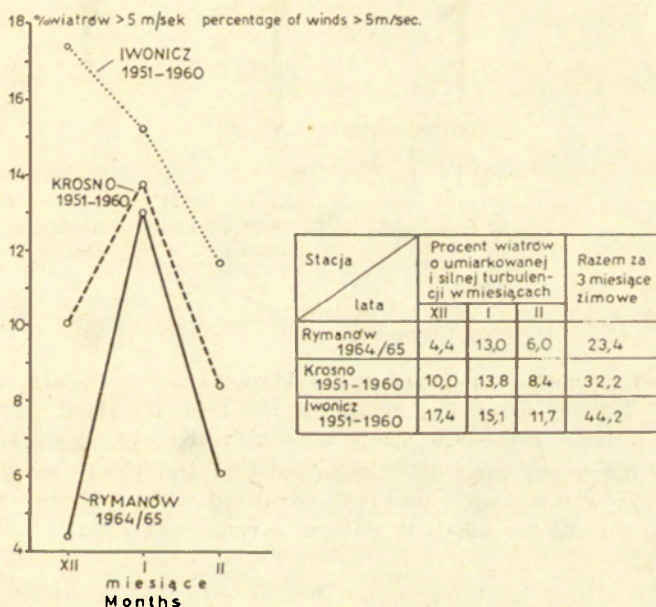
słabą, dla 5—10 m/s — umiarkowaną, a dla prędkości wiatru  $> 10$  m/s — silną.

Analizując rozkład wiatrów na poszczególne kierunki w okresie poprzedzającym szczegółowe pomiary (tab. 22), w którym w kilku nawrotach wystąpiły intensywne przejawy działalności eolitycznej, stwierdzamy, że dominującym kierunkiem wiatrów w grudniu i styczniu był kierunek S i SW, natomiast w lutym na pierwsze miejsce wysunął się kierunek N, a dalsze kolejne miejsca w tym miesiącu zajęły kierunki SW i S.

Obraz turbulencji w omawianym okresie był mniej zróżnicowany. Zdecydowaną przewagę miały wiatry o słabej turbulencji (około 60% w każdym miesiącu), natomiast wiatry o umiarkowanej turbulencji stanowiły kolejno: 4,4% w grudniu, 8,6% w styczniu i 4,8% w lutym;

wiatry o silnej turbulencji w grudniu w ogóle nie wystąpiły, a w styczniu i lutym stanowiły kolejno 4,4 i 1,2%. Te właśnie wiatry o umiarkowanej, a głównie o silnej turbulencji stanowiły zasadniczą przyczynę intensywnych przejawów deflacji i akumulacji eolicznej, których sumaryczne efekty zostały szczegółowo zbadane i ilościowo określone. Na podkreślenie zasługuje to, że kierunek wiatrów o turbulencji umiarkowanej i silnej, a więc morfogenetycznie najaktywniejszych, jest stały i ogranicza się do S i SW.

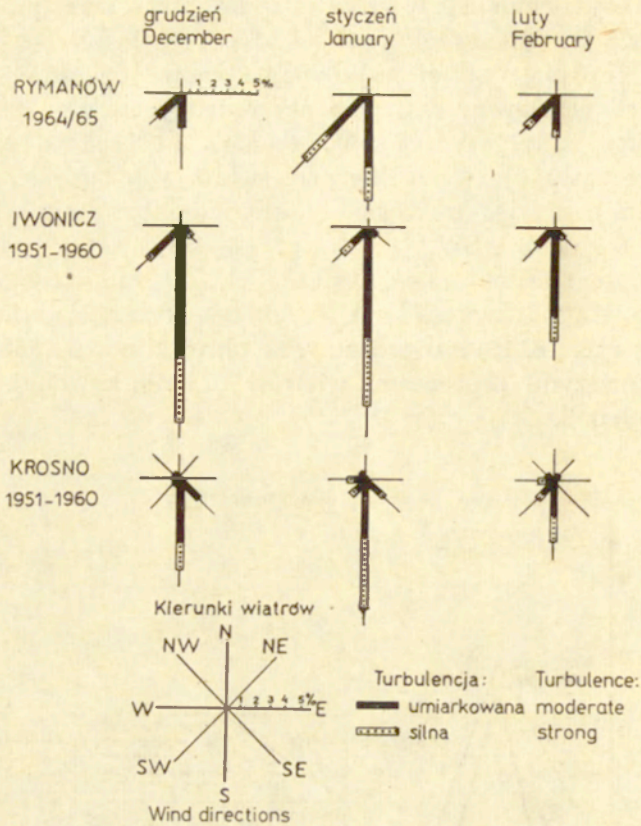
Porównując stosunki anemologiczne okresu zimowego 1965 r. (tab. 22) z przeciętnymi wartościami w okresie dziesięciolecia 1951—1960 (tab. 23, 24; ryc. 18, 19) stwierdzamy, że okres zimowy 1965 r. charakteryzuje się niższymi procentami wiatrów o umiarkowanej, a zwłaszcza silnej turbulencji.



Ryc. 18. Procent wiatrów o umiarkowanej i silnej turbulencji w sezonie zimowym 1964/1965 dla stacji Rymanów Zdrój na tle 10-lecia 1951—1960 stacji sąsiednich (Krosno, Iwonicz Zdrój)

Percentage of moderate to strong air turbulence in the winter season 1964/1965, Rymanów Zdrój, compared with the many year (1951 — 1960) records for adjacent stations (Krosno and Iwonicz Zdrój)

Należy jednak podkreślić, że o intensywności deflacji, obok odpowiednich warunków anemologicznych, decyduje: rodzaj porostu roślinnego, wilgotność gleby oraz sposób jej przemarznięcia. Na powierzchniach o zwartej roślinności oraz o dużej wilgotności gleby lub litym jej przemarznięciu, tworzącym rodzaj twardej skorupy, działalność wia-



Ryc. 19. Rozkład wiatru na poszczególne kierunki w procentach o turbulencji umiarkowanej i silnej w sezonie zimowym 1964/1965 dla stacji Rymanów Zdrój na tle 10-lecia 1951—1960 stacji sąsiednich (Krosno, Iwonicz Zdrój)

Percentage of individual wind directions (moderate and strong air turbulence) at Rymanów Zdrój, winter season 1964/1965, compared with the many year (1951 — 1960) records for adjacent stations (Krosno and Iwonicz Zdrój)

trów nawet o silnej turbulencji nie będzie odgrywała dużego znaczenia. Natomiast zbieżność sprzyjających warunków na powierzchni gleby (brak pokrywy roślinnej, mała wilgotność spulchnionej gleby, porowate przemarznięcie) z odpowiednimi warunkami wietrznymi (stały kierunek, duża prędkość, silna turbulencja) będzie prowadziła do dużych efektów deflacji i akumulacji eolicznej.

Rodzaj porostu roślinnego w analizowanym obszarze związany jest z płodozmianem. Zwykle co 4 lata to samo pole przeznaczone jest pod uprawę roślin okopowych lub jarych. Powierzchnie tych pól w jesieni zaoruje się. W okresie zimowo-wiosennym spulchnione i pozbawione roślinności ulegają największej deflacji. Znacznie mniejsza deflacja występuje na polach z koniczyną, z wyrosniętą oziminą i na nie zaoranych rzyskach.



Powierzchnie o dużej wilgotności gleby lub trwałym i litym jej zamrznięciu, na stokach o ekspozycjach S, SW i SE, są zjawiskiem raczej rzadkim. W większości przypadków gleby na wymienionych stokach charakteryzuje mała lub najwyżej umiarkowana wilgotność oraz wielokrotne jej zamarzanie i odmarzanie, prowadzące do rozdrobnienia większych agregatów glebowych i tworzenia materiału podatnego na deflację.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można przyjąć, że sezon zimowy 1965 r. w skali wielolecia pod względem stosunków anemologicznych, jak również warunków panujących na powierzchni gleby, reprezentuje warunki zbliżone do przeciętnych, a pomierzone efekty działalności eolicznej należy również uznać jako przeciętne i reprezentatywne dla dłuższego okresu. Przytoczone dane wskazują więc na duże znaczenie procesów eolicznych w modelowaniu stoków na obszarze Karpat.

W wyniku działalności eolicznej ze stoków dowietrznych wywiejana jest gleba i jej miąższość z każdym rokiem zmniejsza się, a na stokach zawietrznych zachodzi depozycja tego materiału, zwiększając miąższość warstwy glebowej.

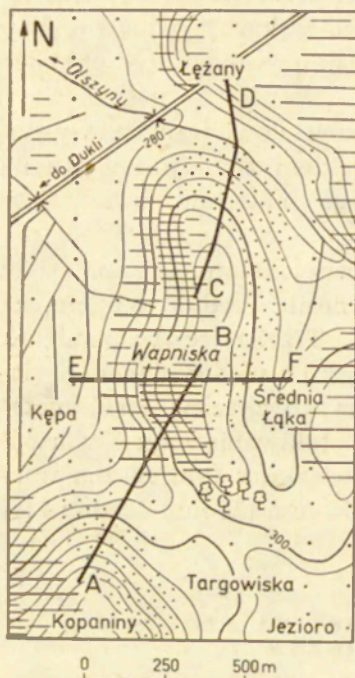
Proste wyliczenia z maksymalnej jednorocznej akumulacji materiału glebowego na stoku zawietrznym, która wynosiła średnio 3,5 cm, za okres 100 lat dałyby 3,5 m osadu gliniastego. Trzeba jednak pamiętać, że wielkość tę należy zmniejszyć o 3/4 w związku z płodozmianem, a pozostałą miąższość dodatkowo jeszcze zmniejszyć o znaczną część materiału usuniętego z miejsca akumulacji przez splukiwanie oraz o wartość wynikającą z kompacji tego materiału. W związku z tym roczna wartość winna kształtować się znacznie poniżej 8,75 mm (35 mm osadu : 4 lata = 8,75 mm/rok).

#### EFEKTY DZIAŁALNOŚCI EOLICZNEJ NA STOKACH W ŚWIETLE BADAN POKRYW

Dla określenia faktycznej grubości pokryw, utworzonych z osadzonego współcześnie materiału eolicznego na stokach zawietrznych, wykonano szczegółowe badania przy pomocy gęstej sieci wkopów i sond. W podobny sposób zbadano także i stoki dowietrzne dla określenia skutków deflacji oraz splukiwania w postaci pokryw deluwialnych zalegających u ich podnóży. Wymienione badania zostały przeprowadzone na tych samych stokach, na których w okresie zimowym 1965 r. były prowadzone szczegółowe obserwacje i pomiary działalności eolicznej. W metodyce badań przyjęto zasadę rozmieszczenia wkopów i sond na stokach wzdłuż linii zgodnych z kierunkiem dominujących wiatrów oraz nieco skośnie od tego kierunku, ale po linii największego spadku, tj. na linii splukiwania (ryc. 20). W ten sposób zebrany materiał umożliwił określenie zasięgów i rozmieszczenie faktycznej grubości pokryw na stoku

dowietrznym i zawietrznym w czasie gospodarki człowieka, a także bilansu ruchu mas w tym okresie oraz udziału procesów eolicznych i spłukiwania w tworzeniu tych pokryw.

Syntetyczny obraz wyników badań nad budową pokryw na dwu przeciwstawnych stokach jest przedstawiony na przekroju przez wzgórze Wapniska (ryc. 21). Na przekroju tym podane są również szczegółowe profile budowy pokryw ze stoku dowietrznego o intensywnej współczesnej deflacji i ze stoku zawietrznego o obfitej współczesnej akumulacji eolicznej.



Ryc. 20. Szkic sytuacyjny badań szczegółowych  
Rozmieszczenie procesów eolicznych zarejestrowanych w sezonie zimowym 1964/1965 r.: szraf gęsty — obszary maksymalnej deflacji, szraf rzadki — obszary słabej deflacji, kropki gęste — obszary maksymalnej akumulacji, kropki rzadkie — obszary słabej akumulacji; A — B, C — D, E — F — linie przekrojów, na których wykonano wkopy i sondy obrazujące budowę pokryw (wg T. Gerlacha i L. Kozarskiego 1969, nieco zmienione)

Fig. 20 Location sketch of detailed field studies  
Spatial distribution of eolian processes in the winter season 1964/1965: thickly ruled areas — strongest deflation, thinly ruled areas — slight deflation, thickly dotted areas — strongest deposition, thinly dotted areas — slight deposition; A — B, C — D, E — F — lines of sections across slope coverings whose structure was documented by excavations and shallow borings (after T. Gerlach and L. Koczarski 1969, modified)

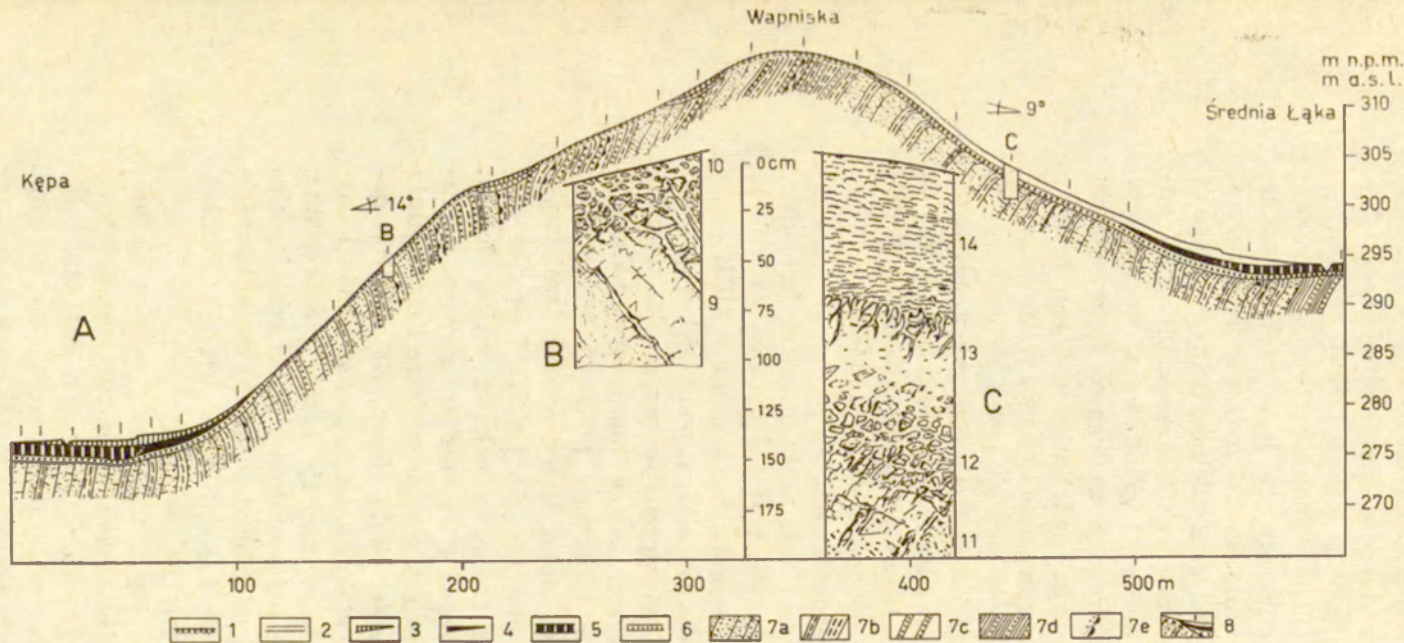
Na ryc. 21 widać, że na stoku dowietrznym, szczególnie w jego górnej i środkowej części, występuje tylko cienka powłoka zwietrzelinowa, a w wielu miejscach podłoże skalne, zwłaszcza twardsze ławice piaskowców ukazują się bezpośrednio na powierzchni. Cienka powłoka zwietrzelinowa (0—40 cm) jest obficie przepełniona gruzem skał podłoża. Materiał szkieletowy jest świeży i silnie reaguje z HCL. Ta warstwa zwietrzelinowa stanowi horyzont uprawny o glebie niskiej jakości i o bardzo małej zdolności retencyjnej dla wody. U podnóża omawianego stoku występuje gleba kopalna silnie próchnicza, przykryta warstwą deluwiów. Gleba ta, o miąższości około 150 cm, u podnóża stoku przechodzi w osady jeziorno-bagienne basenu Kępa. Miąższość deluwiów spoczywających na glebie kopalnej jest zróżnicowana. Od wychodni ko-

palnego poziomu próchnicznego, ukazującego się w dolnej części stoku, miąższość deluwiiów najpierw stopniowo wzrasta od 0 do 105 cm, tworząc małe spłaszczenie podstokowe, a dalej w marginalnej strefie basenu Kępa na krótkim odcinku wyklinowuje się i zupełnie zanika.

Opierając się na różnicach w wyglądzie i miąższości utworów pokrywowych na stoku dowietrznym należy wyróżnić w jego obrębie 2 odcinki: odcinek górny — degradowany, o długości 231 m, na którym niemal cała warstwa glebowa została zniszczona oraz odcinek dolny, o długości 102 m — akumulacji deluwiiów zwiększających miąższość gleby. W odcinku degradowanym, o intensywnej deflacji i spłukiwaniu, nie dochodzi do tworzenia się profilu zwietrzelinowego o zaawansowanym stopniu zwietrzenia. Fliszowe podłoże skalne ulega rozdrobnieniu w wyniku wietrzenia fizycznego i orki. Tworzona w ten sposób cienka warstwa gleby ciągle pozbawiana jest drobniejszych elementów przez deflację, przenoszącą je na przeciwny stok (również i dalej), a także przez spłukiwanie przemieszczające na stokach dowietrznych produkty wietrzenia w kierunku przeciwnym niż deflacja. Rezultatem spłukiwania jest pokrywa deluwialna u podnóża stoku dowietrznego, a rezultatem deflacji — pokrywa eoliczna na stoku zawietrznym.

Na przeciwnym stoku, zawietrznym, miąższość pokryw jest duża, a obraz stosunków bardziej złożony. Górna strefa fliszowego cokołu skalnego oraz zwietrzelina na nim rozwinięta nie reagują z HCL — są odwapnione. Pokrywa zwietrzelinowa, z wyjątkiem podszczytowej części stoku, jest dość miększa i ku stropowi stopniowo przechodzi w glinę piaszczysto-pylastą, a wyżej w horyzont silnie humusowy, aktualnie stanowiący glebę kopalną. Pełny, nie zaburzony profil gleby kopalnej zachował się tylko w dolnym odcinku stoku, który w najniższej części przechodzi w osady bagiennie obniżenia Średnia Łąka. W środkowym odcinku stoku brak poziomu próchnicznego o pełnym wykształceniu. Zachowała się tylko spągowa jego część. Natomiast w górnym, wierzchołkowym odcinku występuje cienka warstwa zwietrzeliny z dużą ilością szkieletu, o przeciętnej miąższości około 40 cm. Na niższych horyzontach gleby w środkowej części stoku, a na kopalnej glebie i osadach bagiennych w dolnej jego części występuje glina jasnobrunatna, o miąższości wzrastającej w dół stoku (od 0 w dolnej części odcinka górnego do 115 cm w środkowej części odcinka dolnego, która kilkanaście metrów dalej w dnie obniżenia Średnia Łąka wyklinowuje się i zanika). Górną jej część stanowi warstwa uprawna.

Ta warstwa gliny jasnobrunatnej jest rezultatem procesów akumulacji eolicznej i spłukiwania. Dokładne wyodrębnienie w tej pokrywie osadów eolicznych i deluwialnych jest zagadnieniem niemal niemożliwym. Brak jest w niej określonych cech, które pozwoliłyby odróżnić jedne osady od drugich. Obok danych odnośnie do zasięgów współczesnej akumulacji eolicznej jako dodatkowe kryterium można przyjąć po-

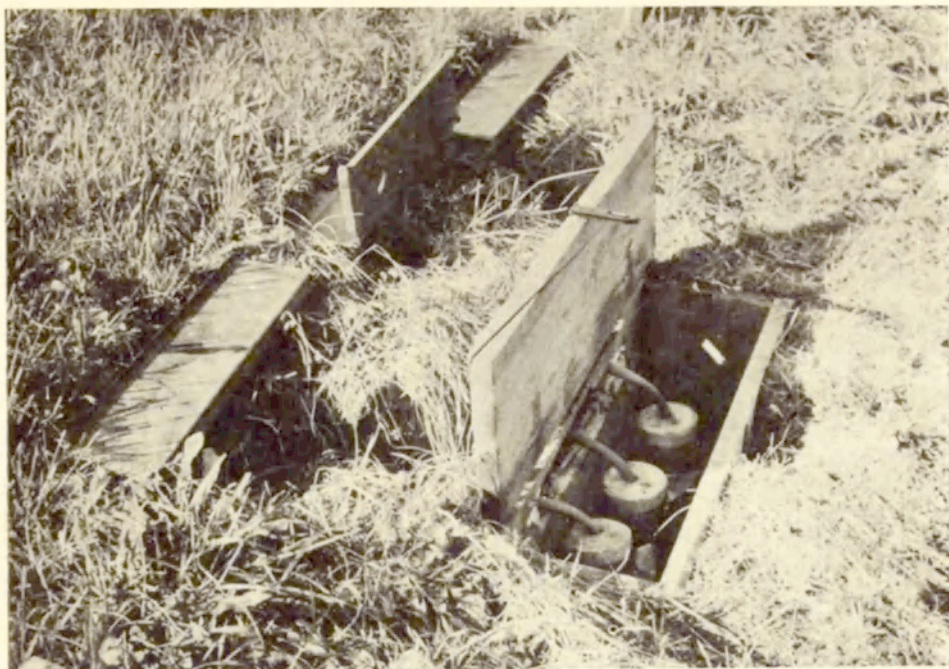


Ryc. 21. Budowa pokryw na stoku dowietrznym i zawietrznym

A — przekrój poprzeczny przez wzniesienie Wapniska na linii E—F (ryc. 20); B — typowy profil budowy pokryw na stoku dowietrznym; C — typowy profil budowy pokryw na stoku zawietrznym: 1 — cienka powłoka świeżej zwietrzliny w strefie deflacji, 2 — glina eoliczno-deluwialna, 3 — glina deluwialna, 4 — kopalny poziom próchniczny, 5 — torf, 6 — zwietrzlina o zaawansowanym stopniu rozwoju, 7 — podłoże skalne — flisz oligoceński, 7a—7c — warstwy krośnieńskie dolne: 7a — piaskowce gruboławicowe, 7b — łupki margliste z podrzędnymi piaskowcami cienkoławicowymi, 7c — średnioławicowe piaskowce skorupowe, 7d — łupki menilitowe z podrzędnymi piaskowcami, 7e — stwierdzone położenie hieroglifów spagowych w podłożu skalnym, 8 — miejsca wykonania wkopów, 9 — piaskowce gruboławicowe i łupki z cienkimi piaskowcami (prawa część wkopu) w części górnej zaburzone przez dezintegrację i grawitacyjne przemieszanie, 10 — cienka powłoka giny piaskowatej ze świeżym gruzem, HCl + (warstwa orna), 11 — zwietrzałe piaskowce gruboławicowe z wkładkami łupków, 12 — silnie zwietrzały rumosz z gruboławicowych piaskowców i łupków z przerosłymi gliny żółtej, HCl —, 13 — stara zaawansowana zwietrzlina — glina żółta u dołu z nielicznymi relikami skał podłoża, u góry z zaciekami gliny z warstwy nadległej, 14 — glina brunatna, humusowa — współczesna pokrywa materiału eolicznego, część najwyższa stanowi warstwę orną (wg T. Gerlacha i L. Koszarskiego 1969)

#### Structure of coverings on the windward and lee hillslopes

A — Section E — F across the hill Wapniska; B — typical structure of coverings on a windward slope; C — typical structure of coverings on a lee slope: 1 — thin waste cover newly exposed to deflation, 2 — eolian-deluvial clay, 3 — deluvial clay, 4 — fossil humus layer, 5 — peat, 6 — fairly decomposed rock, 7 — solid rock (Oligocene flysch), 7a — 7c — Lower Krosno beds: 7a — thick bedded sandstone, 7b — marly shales with thin-bedded sandstones, 7c — medium-bedded crustal sandstones, 7d — menillite shales with sandstone, 7e — occurrence of basal hieroglyphes in solid rock, 8 — excavations, 9 — thick-bedded sandstones and shales with thin sandstone intercalations (right side of excavation), at top being disturbed by disintegration and gravity induced dislodgement, 10 — thin covering of sandy clay with fresh rock fragments, HCl + (ploughed layer), 11 — weathered thick-bedded sandstone with shales, 12 — fairly decomposed angular sandstone and shale fragments with bands of yellow clay, HCl—, 13 — old, fairly decomposed weathering products — yellow clay with a few rock remains in the lower part, in the upper part clay washed down from the overlying layer, 14 — brown humus clay — present-day covering of eolian deposits, ploughed top layer (after T. Gerlach and L. Koszarski 1969)



Fot. 1. Rynny na stoku łąkowym. Przykład jednego z punktów pomiarowych procesu splukiwania

Troughs on a grass covered slope — example of a slope wash measurement spot



Fot. 2. Widok ogólny stoku zawietrznego jednego ze wzgórz w Dołach Jasielsko-Sanockich

General view of the lee-side of a hill in the Doły Jasielsko-Sanockie



Fot. 3. Przykład umiarkowanej depozycji glebowego materiału eolicznego na śniegu z wyraźną lineacją szczątków roślinnych (strefa 2 na ryc. 17)  
 Moderate deposition of wind-borne soil material over snow with a distinct linear arrangement of plant remains (zone 2 on Figure 17)

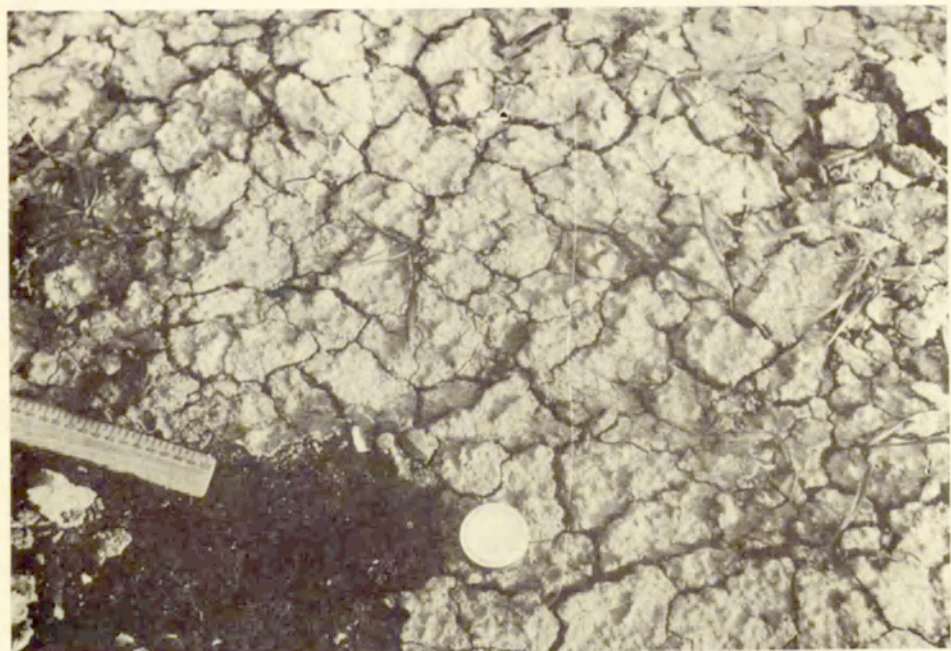


Fot. 4. Przykład maksymalnej depozycji glebowego materiału eolicznego (strefa 3 na ryc. 17). Przekrój poprzeczny formy „barchanoidalnej” z śnieżnym jądrem i grubą (3—5 cm) pokrywą glebowego osadu eolicznego  
 Strongest deposition of wind-borne soil material (zone 3 on Figure 17). Sections across a barchan-like form revealed a snow core and a thick (3 — 5 cm) covering of wind-deposited soil particles



Fot. 5. Przykład umiarkowanej depozycji glebowego materiału eolicznego ze strefy 4. Szeregi połączonych małych form „barchanoidalnych” z początkiem form sznurowych licznie występujących w tej strefie

Moderate deposition of soil material in zone 4. The rows of small barchan-like forms include numerous incipient corded forms



Fot. 6. Skorupa glebowego osadu eolicznego po stopieniu śniegu. Poprzez szczeliny powstałe z wysychania gleby tylko w kilku miejscach przebijają się pędy oziminy

Cracked crust of wind-deposited soil material that was left after the melting of snow



Fot. 7. Rozmyte i zamulone rzędkie ziemniaków na skutek gwałtownej ulewy.  
Widok ogólny od podnóża w górę stoku  
Potato rows washed off and covered with silt during a heavy downpour of rain,  
looking upslope



Fot. 8. Zamulone po ulewie pole małych sadzonek kukurydzy położone u podnóża  
jednego ze stoków wzgórza Wapniska  
Maize field over which silt was laid down during a downpour of rain, foot of  
the hill Wapniska



czątek kopalnego poziomu próchnicznego. W ten sposób pokrywę osadów spoczywającą na kopalnym poziomie próchnicznym w dolnej części stoku można uznać niemal w 90% za rezultat akumulacji deluwialnej. Natomiast pokrywę osadów występującą w środkowej części stoku, spoczywającą na zdegradowanym poziomie próchnicznym, należy uznać w przeważającej masie za rezultat akumulacji eolicznej.

Przyjmując to za podstawę, można w przybliżeniu określić wielkość akumulacji eolicznej na stoku zawietrznym w okresie gospodarki człowieka. Wyraża się ona miąższością od 0 w górnej części stoku do 70 cm w dolnej części odcinka środkowego.

Porównując rozkład miąższości glin na stoku zawietrznym z rozmiarami wyróżnionych stref zróżnicowanej akumulacji eolicznej należy stwierdzić, że maksimum miąższości glin jest nieco przesunięte w dół stoku w stosunku do obserwowanego w okresach zimowych maksimum akumulacji eolicznej. Stwierdzenie to nasuwa wniosek, że inne procesy (rozbryzg, splukiwanie, spelzwanie i przemieszczanie przez lód włóknisty oraz spychanie przez pług) przemieszczają w dół stoku osadzony materiał eoliczny. W dużym stopniu ułatwia to coroczne zaorywanie i bronowanie.

Obok ogólnej zgodności stref zróżnicowanej akumulacji eolicznej z miąższością pokryw, interesujące jest również porównanie pomierzonych ilości nawianego materiału podczas jednego roku z sumarycznym efektem w okresie gospodarki człowieka.

Z wcześniej przytoczonych danych wynika, że przeciętna akumulacja glebowego materiału eolicznego w ciągu jednego okresu zimowego na stoku zawietrznym w strefie maksymalnej depozycji winna wynosić poniżej 8,75 mm, co za sto lat dawałoby około 0,875 m osadu. Efekty za cały okres gospodarki człowieka, trwający w tym regionie około 600 lat, wyrażają się maksymalną miąższością 0,7 m. Przeliczając 0,7 m na 600 lat otrzymamy około 1,166 mm/rok. Wielkość ta jest więc znacznie mniejsza niż wynikałoby to z prostego przeliczenia corocznych przyrostów tego osadu w miejscach, gdzie odbywa się taka akumulacja. Na zagadnienia te była zwrócona uwaga przy okazji omawiania wtórnych przemieszczeń glebowego materiału eolicznego w czasie topienia i po stopieniu śniegu, zanim on zostanie włączony w profil glebowy. Produkty akumulacji eolicznej w stosunku do miejsc ich pierwotnego osadzenia ulegają w znacznej części przemieszczeniu w dół stoku, a także kompaktacji zmniejszającej miąższość świeżo osadzonego materiału. Oprócz tego przy przeliczaniu corocznych efektów na dłuższy okres należy pamiętać, że uprawa roli nie była ciągła (wojny, epidemie, pomory), także typ gospodarki (hodowlany, rolniczy), technika uprawy i rotacja płodozmianów prawdopodobnie bardzo różniły się od obecnie stosowanych. Również warunki klimatyczne okresów zimowych w czasie około 600 lat mogły ulegać pewnym wahaniom (częstsze zimy z wiatrami o małych

prędkościach lub wilgotniejszą glebą lub też z litym jej zamarznięciem). Dlatego też przy przeliczeniach corocznych przyrostów akumulacji eolicznej dla dłuższego okresu należy zachować szczególną ostrożność i w miarę możliwości uwzględniać wszystkie procesy, które w sposób istotny mogą wpływać na rezultat końcowy.

Na podstawie analizy rozmiarów współczesnej deflacji i depozycji eolicznej, jak również efektów tych procesów w okresie gospodarki człowieka, widać wyraźnie ich dużą rolę w modelowaniu rzeźby tego regionu.

#### UDZIAŁ PROCESÓW EOLICZNYCH I SPŁUKIWANIA W MODELOWANIU STOKÓW

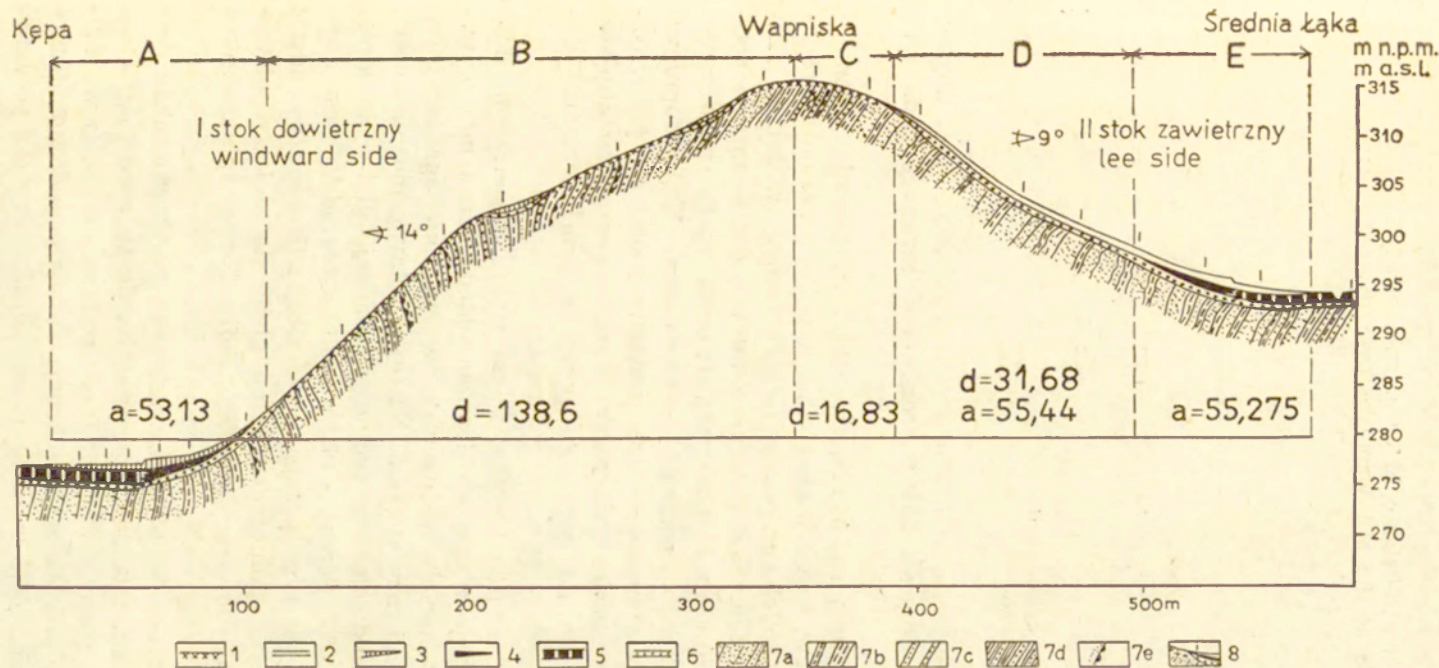
Próba określenia udziału deflacji i spłukiwania w modelowaniu stoków w tym regionie została oparta na analizie budowy pokryw stokowych i dotyczy okresu gospodarki człowieka.

Na podstawie szczegółowego zbadania budowy pokryw na stokach wzgórza Wapniska, a głównie miąższości i stratyfikacji kopalnej gleby, ogólnie można założyć, że miąższość warstwy glebowej na całej długości obydwu stoków przed zajęciem ich pod uprawę rolniczą wynosiła około 1 m. Taką i zwykle większą miąższość mają gleby w pobliskiej Dębinie (rezerwat dębowy w Targowiskach) oraz w sąsiednim kompleksie leśnym (nieco większą miąższość mają kopalne profile glebowe w dolnych częściach badanych stoków). Z tej ogólnej miąższości 1 m, około 30 cm stanowiła warstwa silnie próchniczna (horyzont humusowy), a pozostałe 70 cm warstwa zwietrzelinowa (niższe poziomy profile glebowego).

Konfrontując w ten sposób zrekonstruowany obraz budowy pokryw i gleb na nich rozwiniętych (z okresu przed zajęciem ich pod uprawy rolnicze) z aktualnym stanem, widać duże różnice w miąższości i rozmieszczeniu pokrywy glebowej na dwu przeciwległych stokach (ryc. 22).

**Stok dowietrzny.** Na stoku dowietrznym zaznaczają się 2 odcinki: B — górny degradowany, niemal całkowicie pozbawiony normalnej warstwy glebowej, A — dolny agradowany, na którym normalna warstwa glebowa została przykryta warstwą deluwiów, pochodzących z odcinka górnego. Granicę między tymi odcinkami stanowi wychodnia kopalnego poziomu próchnicznego. Granicę górną stanowi kulminacja zaokrąglonego wzgórza Wapniska, a dolną — maksymalny zasięg deluwiów w marginalnej strefie basenu Kępa. Długość odcinka degradowanego wynosi 231 m, a odcinka agradowanego 101,2 m (tab. 25).

Na całym odcinku degradowanym aktualną glebę tworzy 20—40 cm warstwa świeżej zwietrzliny, która znajduje się w stanie permanentnego tworzenia i niszczenia. Porównując obecną miąższość pokrywy glebowej z miąższością zrekonstruowaną, można określić rząd wielkości degradacji gleby na tym odcinku za okres gospodarki człowieka, tj. po



Ryc. 22. Bilans ruchu gleby na stoku dowietrznym i zawietrznym wzgórza Wapniska w okresie gospodarki człowieka (około 600 lat) na linii przekroju E — F (ryc. 20).

A, B, C, D, E — charakterystyczne części stoków i kubatura przemieszczonej gleby w ich obrębie. I — stok dowietrzny: A — część agradowana, B — część degradowana; II — stok zawietrzny: C — część degradowana, D — część degradowana i agradowana, E — część agradowana;  $d$  — degradacja w  $m^3$ ,  $a$  — agradacja w  $m^3$ . Pozostałe objaśnienia jak na ryc. 21

Soil movement balance on the windward and lee sides of the hill Wapniska in section E — F (see Fig. 20) over the 600 year period of man's activities

A, B, C, D, E — characteristic hillslope sectors and the volume of soil removed in each of them. I — windward slope: A — aggraded part, B — degraded part; II — lee slope: C — degraded part, D — both degraded and aggraded part, E — aggraded part;  $d$  — degradation rates in  $m^3$ ;  $a$  — aggradation rates in  $m^3$ . For the remaining explanations, see Fig. 21

Tabela 25. Bilans ruchu gleby na stoku dowietrznym  
wzgórza Wapniska w okresie gospodarki człowieka w m<sup>3</sup>  
Soil movement balance in 'cu.m. on the wind  
ward side of the hill Wapniska over the 600  
year period of man's activities

Odcinek stoku	Proces	m <sup>3</sup>	Suma dla odcinka m <sup>3</sup>
B	spłukiwanie, deflacja	-138,6	-138,6
A	akumulacja deluwiów	+53,13	+53,13
Cały stok			-85,47

znak - oznacza ubytek (degradację)

znak + oznacza akumulację (agradację)

wycięciu lasów. Przyjmując do obliczeń pas o szerokości 1 m i ubytek gleby około 60 cm na długości 231 m, rozmiary degradacji będą wynosiły 138,6 m<sup>3</sup>.

Odcinek dolny agradacyjny o długości 101,2 m posiada zróżnicowaną miąższość deluwiów, spoczywających na kopalnym poziomie próchnicznym. Od wychodni kopalnego poziomu próchnicznego w dół, na długości 59,4 m, miąższość deluwiów stopniowo wzrasta (od 0 cm) i u podnóża osiąga największą wartość (105 cm), tworząc małe spłaszczenie, które na odcinku (41,8 m) marginalnej strefy basenu Kępa stopniowo wyklinowuje się i zanika. Dokonując tutaj podobnych obliczeń jak w odcinku degradowanym w pasie o szerokości 1 m, otrzymujemy objętość deluwiów spoczywających na kopalnym poziomie próchnicznym. Wynosi ona 53,13 m<sup>3</sup>.

Z przedstawionych obliczeń wynika, że na stoku dowietrznym ilość materiału odprowadzonego z odcinka degradacyjnego (138,6 m<sup>3</sup>), w porównaniu z ilością materiału osadzonego w odcinku agradacyjnym (53,13 m<sup>3</sup>), jest ponad 2,5 razy większa. Na tej podstawie można wnosić, że udział procesu spłukiwania w ogólnej degradacji gleby na stoku dowietrznym wynosi 38%. Pozostałe 62% ogólnej degradacji jest dziełem innych procesów, w tym przypadku deflacji. Procentowy udział spłukiwania i deflacji w ogólnej degradacji gleby na stoku dowietrznym wskazuje na zdecydowaną przewagę deflacji nad spłukiwaniem (tab. 25).

Stok z a w i e t r z n y. Na stoku zawietrznym obraz stosunków jest bardziej złożony (ryc. 22, tab. 26). Należy wyróżnić tu 3 odcinki: C — górny degradowany, o długości 37,4 m; D — środkowy o częściowo zdegradowanym poziomie próchnicznym, pokryty warstwą osadów eoliczno-deluwialnych, o długości 105,6 m; E — dolny agradowany (od początku pełnego kopalnego poziomu próchnicznego po najdalszy zasięg deluwiów na dnie obniżenia Średnia Łąka), o długości 77 m.

Tabela 26. Bilans ruchu gleby na stoku zawietrzonym  
wzgórza Wapniska w okresie gospodarki człowieka w m<sup>3</sup>  
Soil movement balance in cu.m. on the lee side  
of the hill Wapniska over the 600 year period  
of man's activities

Odcinek stoku	Proces	m <sup>3</sup>	Suma dla odcinka m <sup>3</sup>
C	deflacja,	-16,83	-16,83
	splukiwanie		
D	splukiwanie,		
	depozycja	-31,68	+23,86
	eoliczna	+55,44	
	akumulacja		
E	deluwiiów,	+55,275	+55,275
	depozycja		
	eoliczna		
Cały stok			+62,305
znak - oznacza ubytek (degradację)			
znak + oznacza akumulację (agradację)			

Z odcinka górnego — degradowanego, długości 37,4 m, została usunięta niemal cała pokrywa glebowa: 60 cm z górnej i 30 cm z dolnej jego części. Procesem usuwającym glebę były zarówno deflacja, jak i splukiwanie. Deflacja dominowała w wierzchołkowej — wyższej jego części, a splukiwanie w niższej. Za wyższą część odcinka degradacyjnego przyjęto długość 18,7 m, a za niższą również 18,7 m. Miąższość odprowadzonej gleby dla odcinka pierwszego wynosiła 60 i 45 cm, a dla drugiego 45 i 30 cm. W pasie o szerokości 1 m daje to kubaturę 9,8175 i 7,0125 m<sup>3</sup>, a łącznie 16,83 m<sup>3</sup> odprowadzonego materiału glebowego.

Z odcinka środkowego, długości 105,6 m, została usunięta tylko 30 cm warstwa humusowa. Daje to kubaturę 31,68 m<sup>3</sup>. Procesem niszczącym warstwę glebową w tym odcinku było splukiwanie. Z obydwu wyżej wymienionych odcinków zostało odprowadzone 48,51 m<sup>3</sup> materiału glebowego. Z tej ogólnej ilości 9,8 m<sup>3</sup> było udziałem deflacji, a 38,71 m<sup>3</sup> splukiwania.

W odcinku środkowym, długości 105,6 m, obok degradacji wystąpiła również agradacja. Tutaj na zdegradowanym poziomie próchnicznym spoczywa pokrywa agradacyjna o zróżnicowanej miąższości: 40, 45, 55 i 70 cm. Jako średnią miąższość dla tej pokrywy należy przyjąć 0,525 m. Dla pasa o szerokości 1 m ogólna kubatura tej warstwy wynosi 55,44 m<sup>3</sup>.

Porównując otrzymane wielkości z odcinka środkowego dotyczące degradacji (31,68 m<sup>3</sup>) i agradacji (55,44 m<sup>3</sup>) widzimy, że obecnie ogólny bilans ruchu mas w stosunku do stanu wyjściowego jest dodatni i wynosi 23,76 m<sup>3</sup>. Na tym odcinku w pierwszej fazie w wyniku splukiwania zostało odprowadzone około 31,68 m<sup>3</sup> gleby, w drugiej zaś głównie dzięki sedymentacji eolicznej przybyło około 55,44 m<sup>3</sup>.

Dolny odcinek agradacyjny o długości 77 m posiada zróżnicowaną miąższość deluwiów leżących na kopalnym poziomie próchnicznym. Od początku kopalnego poziomu próchnicznego na długości 44 m nadkład deluwiów stopniowo wzrasta w dół stoku (od 0,5 do 1,15 m), osiągając u jego podnóża wartość maksymalną, a 33 m dalej wyklinowuje się. Na tym odcinku kubatura deluwiów w pasie o szerokości 1 m wynosi 55,275 m<sup>3</sup>. Ta wielkość w zasadniczej masie jest rezultatem osadzania przez wody splukujące materiał glebowy z wyższych części stoku, a tylko w nieznacznym procencie bezpośredniej sedymentacji eolicznej. Jeśli przyjmiemy, że materiał ten jest w całości pochodzenia deluwialnego i porównamy go z rozmiarami ewakuacji materiału glebowego z górnego i środkowego odcinka (48,51 m<sup>3</sup>), widzimy, że akumulacja w odcinku agradacyjnym jest większa o 6,76 m<sup>3</sup>. Ta nadwyżka materiału jest pochodzenia eolicznego, który został tutaj wtórnie osadzony przez wodę przemieszczającą go z wyższej części stoku.

Porównując na stoku zawietrznym ogólną wielkość degradacji za cały okres gospodarki człowieka (odcinek górny 16,83 m<sup>3</sup> oraz odcinek środkowy 31,68 m<sup>3</sup>, łącznie obydwa odcinki 48,51 m<sup>3</sup>) z agradacją (odcinek środkowy 55,44 m<sup>3</sup> i odcinek dolny 55,275 m<sup>3</sup>, łącznie 110,715 m<sup>3</sup>) widzimy, że wielkość degradacji jest ponad 2 razy mniejsza od agradacji. Ta nadwyżka materiału (62,2 m<sup>3</sup>) na stoku zawietrznym pochodzi ze stoku dowietrznego, z którego materiał był wywiewany i tutaj osadzony (ryc. 22, tab. 27).

Tabela 27. Bilans ruchu gleby na stokach dowietrznym i zawietrznym wzgórza Wapniska w okresie gospodarki człowieka w m<sup>3</sup>

Soil movement balance in cu.m. on both windward and lee sides of the hill Wapniska over the 600 year period of man's activities

Stok dowietrzny (deficyt gleby)	Stok zawietrzny (nadwyżka gleby)	Różnica (odprowadzenie poza analizowane stoki)
85,47	62,205	23,265

Z przedstawionych danych wynika, że na stoku zawietrznym w górnym i środkowym jego odcinku (pomijając krótką — 18,7 m — wierzchołkową część) zachodzą dwa przeciwstawne procesy:

- splukiwanie prowadzące do zmniejszania miąższości warstwy glebowej oraz
- akumulacja eoliczna prowadząca do narastania warstwy glebowej.

W okresie gospodarki człowieka splukiwanie wynosiło około 38,68 m<sup>3</sup>, a sedymentacja eoliczna 55,44 m<sup>3</sup>. Wskazuje to na wyraźną przewagę akumulacji eolicznej nad splukiwaniem.

W odcinku dolnym stoku zawietrznego również zachodzą dwa procesy (bezpośrednia sedymentacja glebowego materiału eolicznego i akumulacja deluwiów). Ich efekty nakładają się na siebie, prowadząc do powiększania miąższości warstwy glebowej. Ogólna kubatura utworów w pasie o szerokości 1 m wynosi 55,275 m<sup>3</sup>. Dokładne ustalenie udziału bezpośredniej sedymentacji eolicznej i deluwiów w tworzeniu pokrywy na omawianym odcinku jest zagadnieniem bardzo trudnym. Z obserwacji i pomiarów współczesnej sedymentacji eolicznej na stokach zawietrznych (strefa 5) należy przyjąć, że udział bezpośredniej sedymentacji eolicznej jest niewielki i stanowi przypuszczalnie kilka procent całości materiału tutaj osadzonego. Porównując ogólną nadwyżkę materiału glebowego ze stoku zawietrznego (62,2 m<sup>3</sup>) z dużym deficytem tego materiału na stoku dowietrznym (85,92 m<sup>3</sup>) widzimy, że około 72% materiału ze stoku dowietrznego zostało osadzone na stoku zawietrznym. Pozostałe 28% zostało odprowadzone poza obręb analizowanych stoków (ryc. 22, tab. 27).

Na podstawie wyżej przytoczonych danych i przeprowadzonych rozważań można przyjąć, że w okresie gospodarki człowieka na stoku dowietrznym sumaryczne przemieszczenie gleby objęło 138,6 m<sup>3</sup>. Z tej ilości 53,13 m<sup>3</sup> jest rezultatem splukiwania i tworzy deluwialne podnóże stoku. Natomiast 85,47 m<sup>3</sup> jest efektem deflacji. Materiał wywiany ze stoku dowietrznego w przeważającej masie został osadzony na stoku zawietrznym, tworząc pokrywę agradacyjną w środkowej jego części.

#### WYNIKI OBSERWACJI SKUTKÓW GWAŁTOWNEJ ULEWY

Porównanie strefy maksymalnej akumulacji eolicznej, jaka wystąpiła na stoku zawietrznym w 1965 r., z budową i miąższością gleb w tej strefie wykazało, że największa miąższość glin na tym stoku jest nieco przesunięta w dół. Niezgodność tę tłumaczono splukiwaniem osadzonego materiału eolicznego w dół stoku. Brakowało jednak wówczas bliższych danych o rozmiarach splukiwania w tym regionie.

Obserwacje skutków gwałtownej ulewy, która przeszła nad omawianym terenem 20 czerwca 1975 r. w godzinach wieczornych, dostarczyły danych potwierdzających dotychczasowe przypuszczenia. Z relacji miejscowej ludności wynika, że natężenie opadów w rejonie Wapnisk i Kępy w tym dniu było wyjątkowo duże. W krótkim czasie wody spływające z okolicznych wzniesień wypełniły rowy melioracyjne i rozlały się, pokrywając około 30-centymetrową warstwą najniższą część dna obniżenia Kępa, niszcząc nie zebrane jeszcze siana i nie skoszoną trawę na łąkach. Do rana rozlane wody spłynęły. Ze stoków zajętych przez uprawy okopowe (ziemniaki, buraki, jarzyny) wody zabrały duże ilości gleby i osadziły ją częściowo w dolnych partiach pól, częściowo u podnó-

ży stoków i na dnie obniżenia. Część splukanej gleby rowami melioracyjnymi została odprowadzona znacznie dalej.

Obserwacje skutków tej ulewy na analizowanym przekroju przez wzgórze Wapniska przeprowadziłem 28 czerwca. Pomimo 8-dniowej przerwy od dnia wystąpienia gwałtownej ulewy, skutki morfologiczne w większości przypadków były jeszcze dobrze widoczne. Na zadarnionych zboczach rowów melioracyjnych w dnie obniżenia Kępa widać było ślady szybkiego spływu wód, a na powierzchniach między rowami i na liściach traw cieniutką warstewkę osadu mineralnego koloru beżowego.

Na stoku wcześniej opisanym jako dowietrzny, opadającym ku obniżeniu Kępa, obraz efektów morfologicznych gwałtownej ulewy w postaci żłobin, namuleń, ubicia gleby przez krople deszczu wykazywał ścisłą zależność od rodzaju i gęstości porostu roślinnego. Na polach upraw zbożowych brak było widocznych śladów działalności opadów burzowych. Natomiast na polach z uprawami okopowymi, o rządkach biegnących zgodnie z nachyleniem stoku, w górnej i środkowej części tych pól występowały różnej wielkości żłobiny, a w dolnej miąższe (do 20 cm) namulenia. W przypadku przegrodzenia pola upraw okopowych polem koniczyny, żyta czy jęczmienia akumulacja splukanego materiału wkraczała frontalnie lub językami o długości do 3 m na pola ze zwartą i gęstą roślinnością. U wylotów bruzd biegnących pomiędzy polami, w strefie kontaktowej stoku z płaskim dnem obniżenia występowały obfite namulenia w postaci wydłużonych językowato stożków napływowych, a także małych delt, jeśli w dolnej części bruzd znajdowały się zagłębienia z wodą. W obrębie stożków w kilku miejscach widoczne były małe i duże (o średnicach do 4 cm) toczenie, zbudowane ze zbitego ilastego materiału glebowego. Ślady namuleń były widoczne w najniższej części stoku na długości około 50 m. Lokalne strefy zróżnicowanej degradacji i agradacji występowały w górnej i środkowej części stoku zależnie od użytkowania.

Na stoku zawietrzny, opadającym ku obniżeniu Średnia Łąka, obraz efektów morfologicznych powstały po ulewie był mniej złożony. Powodem tego było pole ziemniaków o uprawie zgodnej z nachyleniem stoku, ciągnące się od wyrównanej wierzchołki aż do dna obniżenia. Pole to o szerokości około 10 m posiadało 18 rządków ziemniaków i dwie boczne bruzdy. Rządki ziemniaków, tj. formy wypukłe i formy wklęsłe w przekroju miały kształty trapezu o boku dłuższym około 40 cm, krótszym około 20 cm i wysokości około 15 cm. Opisane kształty i wymiary rządków były mniej więcej regularne tylko na wyrównanej wierzchołki, chociaż i tutaj w kilku miejscach widać było ślady działalności kropel i płynięcia wód. Poniżej wierzchołki na całej długości stoku występował zespół mikroform, na podstawie których można było wyróżnić 3 główne strefy: 1) strefę wyraźnej degradacji, 2) strefę pewnej równowagi procesów, 3) strefę zdecydowanej agradacji.



Strefę degradacji charakteryzowały przede wszystkim żłobiny erozyjne, pogłębiające i poszerzające obniżenia pomiędzy rządками. Wielkości pogłębienia i poszerzenia (rzędu 5—15 cm) były bardzo zmienne. W tej strefie niemal ze wszystkich obniżeń między rządkami została usunięta cała warstwa spulchnionej gleby i odsłonięta tzw. „podeszwa uprawowa”. W wielu miejscach w tej zbitej ilastej podeszwie występowały zagłębienia przypominające małe kociołki eworsyjne. Boczne ścianki wypukłych form rządaków były stromsze i wyższe niż na wierzchowinie. Długość tej strefy wynosiła około 160 m.

Strefę pewnej równowagi procesów erozyjnych i akumulacyjnych o długości około 16 m, charakteryzowały fragmenty zniszczonych żłobin oraz wydłużone smugi namuleń. Wyrazistość rzeźby rządaków, zarówno form wypukłych jak i wklęsłych, w porównaniu z wyższą strefą na stoku i na wierzchowinie była zatarta.

Strefę wyraźnej agradacji cechowało zupełne wyrównanie rzeźby rządaków, tj. całkowite wypełnienie obniżeń przez namuły. W kilku miejscach namulenia nie tylko wypełniały obniżenia, lecz przykrywały również i nabrzmienia ciągłą warstewką o miąższości do 2 cm. Występowało także lokalne rozmycie form wypukłych rządaków. Przeciętną miąższość namulów w tej strefie określono na około 7 cm. Długość tej strefy wynosiła około 22 m. Poniżej strefy obfitej depozycji deluwiiwów jeszcze na długości około 10 m na płaskim, zatorfionym dnie Średniej Łąki występowały ślady namywów. Jednak ilość osadzonej tu gleby była bardzo mała.

Obserwacje i pomiary skutków morfologicznych gwałtownej ulewy z 20 VI 1975 r. na stokach wzgórza Wapniska wykazały, że podczas tej ulewy udział spłukiwania i akumulacji deluwialnej w niszczeniu i nadbudowywaniu gleb na analizowanych stokach był bardzo duży. W najbardziej sprzyjających warunkach, jakie stworzyło pole ziemniaków ciągnące się na całej długości stoku, o uprawie zgodnej z nachyleniem, długość strefy degradacji wynosiła około 160 m, strefy równoważnej około 16 m, a strefy agradacji około 30 m. Przeciętne obniżenie strefy degradacyjnej stoku wynosiło około 9,6 mm, a podniesienie strefy agradacyjnej (w części powyżej stromej skarpy) około 70 mm.

Zaznaczyć należy, że pewna ilość materiału spłukanego ze stoków została odprowadzona z wodami, które spłynęły rowami melioracyjnymi, a pewna jego część osadzona w płaskich dnach kotlinowych, zatorfionych obniżeń. Stwierdzenie tych faktów rozszerza i uzupełnia wcześniejsze przypuszczenia odnośnie do pochodzenia zaglinienia stropowej części torfów w centralnej części basenu Kępa (T. Gerlach, L. Koszarski 1968).

Genezę tego zaglinienia należy wiązać w większym stopniu z akumulacją deluwialną niż z depozycją eoliczną, której w cytowanej pracy został przypisany większy udział. Podkreślić należy, że opisane wyżej

skutki gwałtownej ulewy, jak i sama ulewa, miały bardzo ograniczony zasięg. Stacje opadowe oddalone o kilka kilometrów na S i W od opisywanego obszaru zanotowały zaledwie w tym dniu: Iwonicz Zdrój 16,3 mm, Krosno 22,1 mm opadów dobowych pochodzenia burzowego.

TYP I SZYBKOŚĆ ZMIAN FORM STOKÓW PRZEZ SPŁUKIWANIE  
I DZIAŁALNOŚĆ EOLICZNA

Na podstawie materiałów przedstawionych wyżej można powiedzieć, że aktualne modelowanie stoków na omawianym obszarze przebiega poprzez spłaszczanie. Zaokrąglone wierzchołki wzgórz oraz środkowe i górne części stoków dowietrznych ulegają obniżaniu, a dolne nadsypaniu i wydłużaniu. Wielkość obniżania w okresie gospodarki człowieka wynosi około 60 cm, nadsypania od 0 do 105 cm, a wydłużenia około 50 m. Zasadniczą przyczyną takich zmian w wyglądzie stoków dowietrznych jest deflacja w górnej ich części, a namywanie w dolnej. Udział deflacji w ogólnej degradacji gleb wynosi około 60%, a spłukiwania około 40%.

Stoki zawietrzne, z wyjątkiem wierzchołkowych części, które obniżane są przez deflację (ścianane), ulegają nadbudowie i wydłużeniu. Wielkość wydłużenia wynosi około 33 m, a nadsypania od 15 do 115 cm. Przyczyną takich zmian jest depozycja eoliczna w wyższej części, a deluwialna u podnóża stoku.

Obok wydłużenia i spłaszczenia stoków, które to zmiany dokonały się dzięki deflacji i spłukiwaniu, należy zwrócić szczególną uwagę na jeszcze jedną tendencję, tj. na przesuwanie się, „wędrówkę” stoków zgodnie z kierunkiem silnych wiatrów. Przesuwanie to jest procesem bardzo powolnym, a jego rezultatem jest asymetria miąższości pokryw. W ten sposób w strefie klimatu leśnego rozwój stoków zajętych pod uprawy rolnicze, obok spłaszczania w pewnym stopniu, nawiązuje do rozwoju stoków w obszarach eolicznych.

## WNIOSKI

### PRZEBIEG I NATEŻENIE WSPÓLCZESNYCH PROCESÓW STOKOWYCH W WARUNKACH ŚRODOWISKA NATURALNEGO

Wśród procesów kształtujących stoki Karpat fliszowych w warunkach naturalnych można wyróżnić: odpadanie, obrywanie, osuwanie, osiadanie, spełzywanie, splukiwanie, ługowanie i pośrednią działalność wiatru zwaną saltacją wykrotową. Dwa pierwsze procesy nie posiadają większego znaczenia w tym regionie ze względu na znikomy procent stoków o nachyleniach powyżej  $45^\circ$ , na których procesy te zachodzą. Trzy następne, tj. osuwanie, osiadanie i spełzywanie, występują na stokach o mniejszych nachyleniach. Stoki dojrzałe dominują w Karpatach. Jednak powierzchnia ich z wyraźnymi śladami modelowania przez procesy grawitacyjne wynosi  $672 \text{ km}^2$ , co stanowi zaledwie około 4% całego obszaru Karpat (A. Michalik 1970). Procesy te, uzewnętrzniające się w postaci mniej lub bardziej wyraźnych form lub mikroform, są związane głównie z litologią i tektoniką oraz ze stromymi stokami, w mniejszym zaś stopniu z pokrywą roślinną. Przeważają stoki modelowane przez: splukiwanie, ługowanie i pośrednią działalność wiatru, czyli saltację wykrotową. Należy podkreślić, że pomimo stosunkowo małej powierzchni modelowanej przez współczesne procesy grawitacyjne, w niektórych obszarach wysuwają się one na pierwsze miejsce, powodując duże zmiany w kształtach starszych, wyrównanych stoków. W obrębie wyrównanych stoków powstają niszowate i podłużne wyrwy oraz liczne nieregularne nabrzmienia i obniżenia. Formy te w dalszym rozwoju, cofając się wstecz i na boki, rozczłonkowują i obniżają wyrównane stoki. Wymienione procesy zachodzą zwykle w tych samych miejscach, a ich wzmożona aktywność wiąże się z okresami dużej ilości opadów. W większości jednak przypadków procesy grawitacyjne występują punktowo lub liniowo, głównie w dolnych i środkowych odcinkach stoków oraz w lejach źródłowych, wyrządzając duże szkody na drogach, w budynkach mieszkalnych i gospodarczych, a także w rolnictwie i leśnictwie.

Obok procesów grawitacyjnych, objawiających się w postaci wyraźnych form lub mikroform, niektórzy autorzy: A. Young (1974), A. Jahn i M. Cielińska (1974), duże znaczenie w modelowaniu stoków przypisują procesowi spełzawania, który nie tworzy widocznych form na ich powierzchniach. Trzyletnie pomiary geodezyjne (1955—1958), prowadzone

w oparciu o sieć stałych reperów i punktów pomiarowych (dokładność do 1 mm), na stokach łąkowych i pastwiskowych (o nachyleniach od 12° do 26°), dały na obszarze Jaworek wynik negatywny (T. Gerlach 1966). Na podstawie tych danych przyjmuję, że na stokach zadarnionych, nie wykazujących cech stałego i nadmiernego uwilgotnienia, proces splukiwania może zachodzić, ale wielkość przemieszczeń gleby w dół stoku jest tak mała, że jednomilimetrowa dokładność techniki pomiarów i trzyletni okres ich prowadzenia są niewystarczające do stwierdzenia takiego ruchu. Uważam, że proces ten we współczesnym modelowaniu stoków nie posiada większego znaczenia na stokach ze zwartą pokrywą roślinną.

Uznając za podstawowy i powszechny proces splukiwania, prowadziłem w okresie kilku lat jego pomiary na stokach porośniętych lasem dolnoreglowym (*Fagetum carpaticum typicum* z *Asperula odorata*). Otrzymane dane liczbowe potwierdziły pogląd reprezentowany w literaturze, że splukiwanie powierzchniowe na stokach dojrzałych z trwałą pokrywą roślinną jest niezmiernie mało wydajne.

Rozmiary splukiwania na stokach zalesionych o nachyleniu 28° za okres 3 lat (1968—1971) wynosiły: od 12 do 29 kg/ha (0,0048 m<sup>3</sup> — 0,0116 m<sup>3</sup>/ha), co odpowiada usunięciu warstewki gleby miąższości od 0,00048 do 0,00116 mm. W przeliczeniu na rok daje to średnią wielkość od 4 do 10 kg/ha = 0,00016 do 0,00039 mm (tab. 11, ryc. 9).

Splukiwanie powierzchniowe związane jest z roztopami wiosennymi i deszczami letnimi. Rozpatrując wielkość splukiwania na stokach zalesionych w półroczach zimowych i letnich w okresie 3 lat stwierdza się wyraźnie małą wydajność tego procesu w półroczach zimowych. Wynosi ona około 16% ogólnej wielkości. Półrocza letnie są zatem okresami o zdecydowanie większej wydajności procesu splukiwania (około 84% ogólnej wielkości). Decyduje o tym obfitość opadów. Lata o większych opadach w półroczach letnich charakteryzują się większymi rozmiarami splukiwania w stosunku do lat uboższych w opady w okresie letnim. W sumie jednak, zarówno w latach obfitych, jak i ubogich opadów, splukiwanie powierzchniowe na stokach porośniętych lasem mieszanym jest niezmiernie małe.

Osobnym zagadnieniem, na które należy zwrócić uwagę, jest przebieg splukiwania na stokach zalesionych. Powszechnie panuje przekonanie, że głównym czynnikiem powodującym przemieszczanie gleby na stokach jest woda płynąca. Po bliższej analizie mechanizmu splukiwania widać wyraźny jego podział na dwa odrębne procesy: 1) działanie spadających kropeł deszczu, 2) działanie wody płynącej. Te dwa procesy można również rozpatrywać tradycyjnie, to znaczy łącznie, wówczas jednak należy wyróżnić dwie odrębne fazy. W fazie pierwszej materiał glebowy lub organiczny jest podrzucany i przemieszczany w dół stoku wskutek rozbryzgu, bez udziału wody płynącej, w drugiej, tj. po przekroczeniu pojemności retencyjnej lub infiltracyjnej gleby, przemieszczany jest on przez wodę płynącą.

Na podstawie jednoczesnego pomiaru efektów działalności kropeł deszczu na stokach pod okapem buka i jodły oraz na stoku pozbawionym roślinności wykazano, że w starodrzewie mieszanym z bardzo słabo rozwiniętym podrostem i podszytem w dnie lasu, energia kinetyczna spadających kropeł jest większa i duże krople deszczu spadają częściej niż na użytkach pozbawionych roślinności (tab. 7, 8). W związku z tym także wielkość wykonanej pracy przez krople deszczu w lesie jest większa. Świadczyło o tym obserwowane w czasie kontrolnych pomiarów zupełne niemal przykrycie przyrządów pomiarowych przez ściółkę. Pomimo jednak większej energii kinetycznej kropeł deszczu w lesie, wydajność rozbryzgu w przemieszczaniu właściwej gleby (humusu i cząstek mineralnych), dzięki przykryciu jej powierzchni przez ściółkę, jest bardzo mała. Przemieszczaniu ulegają przede wszystkim szczątki organiczne, a tylko w niewielkiej ilości cząstki humusowe i mineralne. Dowodzą tego minimalne wprost ilości materiału humusowo-mineralnego, namytego do zbiorników pomiarowych (tab. 11).

Nierównomierne rozmieszczenie ściółki na stokach zalesionych (odsłonięcie korzeni drzew zgodnie z nachyleniem stoku, a duże nagromadzenie ściółki z przeciwnej strony pni drzew) w świetle przeprowadzonych pomiarów i obserwacji jest związane, nie jak uważano dotychczas, z działalnością wód spływających powierzchniowo czy w postaci strużek, lecz głównie z działalnością spadających kropeł deszczu.

Na podstawie ilości i charakteru namytego materiału do przyrządów pomiarowych oraz szczegółowych obserwacji ich najbliższego otoczenia ogólnie należy stwierdzić, że mechanizm procesu splukiwania na stokach zalesionych jest bardzo złożony, a jego wydajność minimalna. Przemieszczanie materiału zachodzi głównie w wyniku rozbryzgu, a w znacznie ograniczonym zakresie dzięki powierzchniowemu splukiwaniu. Nie sprzyja temu nierównomierne rozmieszczenie ściółki, mikrorelief pełen nabrzmień i obniżeń, liczne przeszkody z gałęzi, obumarłych pni drzew, szyszek oraz trwała agregatowa struktura gleby. W związku z tym splukiwanie powierzchniowe na stokach zalesionych jest procesem rzadko występującym i krótkotrwałym. Przemieszczanie gleby zachodzi skokowo na niewielkich odcinkach. Krótkotrwały i powolny spływ wód na przemian po powierzchni, wewnątrz i pod ściółką i znów na powierzchni, związany z charakterem dna lasu i jego właściwościami fizycznymi, jest bardziej zbliżony do procesu sączenia niż do normalnego spływu. Te sącące się wody o bardzo małych prędkościach nie są w stanie wyruszyć nawet najdrobniejszych agregatów glebowych. Wyplukują i przemieszczają one na niewielkie odległości tylko najdelikatniejsze cząstki humusowe i ilaste. Wody te wsiąkając w glebę i odpływając podziemnie działają przede wszystkim jako rozpuszczalnik, ługują z powierzchniowych i głębszych poziomów gleby składniki najłatwiej rozpuszczalne.

Analizy stopnia mineralizacji wód odpływających w okresie wiosny (przy podwyższonych stanach wód) oraz późnego lata (przy niskich sta-

nach wód) wykazały dużą ilość oraz znaczne wahania koncentracji substancji rozpuszczonych. Wody roztopowe charakteryzują się stosunkowo niską zawartością substancji rozpuszczonych (51—81 mg/l suchej pozostałości), natomiast wody w okresie późnego lata zawierają ich niemal 3-krotnie więcej (145—153 mg/l suchej pozostałości). Średnia roczna mineralizacja wód odpływających ze stoków zalesionych wynosi około 107 mg/l suchej pozostałości (tab. 12). Przyjmując, że 44% przeciętnego opadu rocznego, tj. 401 mm, odpływa (opad w 1971 r. dla tego obszaru wynosił 911 mm), otrzymamy wielkość przeciętnego rocznego ługowania 431 kg/ha suchej pozostałości ( $0,172 \text{ m}^3/\text{ha} = 0,0172 \text{ mm}$ ).

Podobny obraz spłukiwania jak na stokach zalesionych został również stwierdzony na stokach łąkowych, pomimo że nie reprezentują one w ścisłym tego słowa znaczeniu środowiska naturalnego, ze względu na kośne użytkowanie łąk. Podobieństwo dotyczy wielkości rocznego spłukiwania (tab. 18, ryc. 13). Nieco odmienny obraz przedstawia spłukiwanie w półroczach zimowych i letnich.

Rozmiary spłukiwania na stokach łąkowych w czasie 7 lat wynosiły około 50 kg/ha ( $0,020 \text{ m}^3/\text{ha} = 0,002 \text{ mm}$ ). W przeliczeniu na rok daje to średnio około 7 kg/ha ( $0,0028 \text{ m}^3/\text{ha} = 0,00028 \text{ mm}$ ), przy ekstremalnych wartościach rocznych w tym okresie około 3 i 12 kg/ha. Udział spłukiwania w półroczach zimowych wynosił około 60%, a w półroczach letnich około 40%. Aktywność spłukiwania na stokach łąkowych jest zatem nieco większa w półroczu zimowym niż letnim. Związane to jest z ochronną rolą roślinności trawiastej w półroczu letnim, która dzięki wysokiemu i gęstemu porostowi uniemożliwia bezpośrednią działalność kropeł deszczu na powierzchnię gleby oraz maksymalnie ogranicza prędkość spływu wód. Natomiast w okresie roztopów pokrywa roślinności jest niska, mniej zwarta i tym samym mniej skutecznie chroni glebę przed spłukiwaniem przez obfite wody, pochodzące głównie z tajania śniegu, zwłaszcza przy zamrożonym podłożu.

Wody odpływające ze stoków użytkowanych jako łąki, ale o nieco innej budowie geologicznej niż stoki zalesione (flisz osłony skalicowej z obfitą i powszechnie występującą strzałką kalcytową w cienkich, popękanych ławicach piaskowców), zawierają również duży ładunek substancji rozpuszczonych (przeciętnie około 145 mg/l suchej pozostałości), o mniejszych jednak wahaniami koncentracji pomiędzy wiosną i późnym latem — około 115 do 175 mg/l suchej pozostałości (tab. 20). Na podstawie wymienionych danych oraz przyjęcia, że 44% opadu rocznego w 1971 r. odpłynęło (313,0 mm), wielkość ługowania w tym okresie dla analizowanych stoków łąkowych będzie wynosiła około 450 kg/ha suchej pozostałości ( $0,181 \text{ m}^3/\text{ha} = 0,0181 \text{ mm}$ ).

Porównanie rozmiarów spłukiwania i ługowania na stokach zalesionych i łąkowych ilustrują tabele 28 i 29.

Biorąc pod uwagę ciężar samego materiału próchniczno-mineralnego

Tabela 28. Wielkość spłukiwania i ługowania na stokach zalesionych w zlewni potoku Jaszczce w Górnej Ochotnicy w 1971 r.

Rates of slope wash and leaching on the wooded slopes, 1971, in the Jaszczce river basin, Górna Ochotnica

Stok	Opad mm	Odpływ mm	Spłukiwanie kg/ha	Ługowanie kg/ha	Mineralizacja wód opadowych* kg/ha	Rzeczywiste ługowanie kg/ha
Nad Ma-siarczy-kiem	911	401	2,1	409	104	305
Czarny Las	911	401	4,6	453	104	349

\* Chojnacki 1967

namytego do urządzeń pomiarowych i porównując go z ciężarem substancji odprowadzonych w postaci rozpuszczonej, pomniejszonym o ciężar substancji dostarczonych razem z opadami (A. Chojnacki 1967), stwierdzamy około 100- i powyżej 100-krotną przewagę procesu ługowania nad spłukiwaniem na stokach zalesionych (tab. 28). Podobny obraz stwierdzono również na stokach łąkowych (tab. 29).

Tabela 29. Wielkość spłukiwania i ługowania na stokach łąkowych w zlewni potoku Biała Woda w Jaworkach k. Szczawnicy w 1971 r.

Rates of slope wash and leaching on the grass covered slopes in the Biała Woda river basin, 1971, Jaworki by Szczawnica

Stok	Opad mm	Odpływ mm	Spłukiwanie kg/ha	Ługowanie kg/ha	Mineralizacja wód opadowych* kg/ha	Rzeczywiste ługowanie kg/ha
Stok nr 1	711,4	313	3,5	450	104	346
Stok nr 2	711,4	313	2,7	450	104	346

\* Chojnacki 1967

Zarówno na stokach zalesionych, jak i łąkowych dominującym procesem jest zatem ługowanie, pozbawiające pokrywy stokowe i gleby na nich rozwinięte znacznej ilości substancji mineralnych. Spłukiwanie natomiast odgrywa podrzędną rolę.

Interesującym zagadnieniem jest porównanie aktywności procesów stokowych (spłukiwanie, ługowanie) z aktywnością procesów korytowych (odprowadzanie materiałów w postaci zawieszonych i wleczonych). Danych do takich porównań dostarczają prace: T. Klusa (1965), K. Figuły (1966) oraz M. Niemirowskiego (1974), wykonane na tych samych terenach.

Na podstawie danych Klusa w roku hydrologicznym 1962 (bardzo wilgotnym) wielkość odprowadzonego materiału w postaci zawieszonych poza górną część zlewni potoku Jaszczce wynosiła 3394 kg/ha, a w 1963 (rok suchy) 39 kg/ha. Średnia z tych dwóch lat wynosi 1717 kg/ha.

Niemirowski dla całej zlewni potoku Jaszczce za okres 4 lat (1964—1968) określa średnią roczną ilość odprowadzanego materiału poza zlewnię w postaci wleczonej na około 252 kg/ha.

Figuła dla zlewni potoku Biała Woda w Jaworkach odprowadzanie w postaci zawieszonyj ocenia na 1121 kg/ha, a w postaci wleczonyj na 181 kg/ha.

Tabela 30. Porównanie wielkości splukiwania i ługowania na stokach z rozmiarami ewakuacji materiału przez wody płynące w korytach w zlewniach Jaszczce (zalesionej) i Biała Woda (łąkowo-pastwiskowej)

Rates of slope wash and leaching compared with the rates of removal of suspended and dragged materials by channel water in the forest covered Jaszczce river basin, and in the Biała Woda river basin occupied by grassland and pasture

Użytkowanie zlewnia	Procesy stokowe kg/ha			Procesy korytowe, transport — kg/ha		
	splukiwanie	ługowanie	razem	zawiesin	wleczyn	razem
las — Jaszczce	2,1—4,6	305—349	307—354	1717	252	1969
łąka — Biała Woda	2,7—3,5	346	349—350	1121	181	1302

Jak widać z przytoczonych danych (tab. 30), w zlewniach zalesionych i łąkowych aktywność procesów stokowych w porównaniu z aktywnością procesów korytowych jest kilkakrotnie większa na korzyść procesów korytowych. Wskazuje to na wstępujący rozwój dolin w tych obszarach.

Następnym, mało jeszcze poznanym i nie docenianym, ale ważnym procesem zachodzącym na stokach zalesionych jest pośrednia działalność wiatru, czyli tzw. saltacja wykrotowa (T. Gerlach 1960, A. Kotarba 1970). Znaczenie tego procesu w modelowaniu stoków zalesionych polega na przemieszczaniu dużych ilości materiału glebowego, wyrwanego razem z korzeniami drzew, w dół stoku na niewielkie odległości oraz utworzeniu charakterystycznego mikroreliefu w kształcie niewielkich nabrzmień i obniżeń. Powstały w wyniku saltacji wykrotowej mikrorelief zwiększa retencję powierzchniową i utrudnia spływ wód. Przemieszczenie i wymieszanie szczątków organicznych z mineralnym tworzywem glebowym zwiększa miąższość horyzontu próchniczno-mineralnego, poprawia strukturę gleby, zmniejszając jej podatność na rozmywanie. W ten sposób zwiększa się pojemność infiltracyjna gleb leśnych. Tak stworzone warunki dogodne dla szybkiej infiltracji wód w głębsze podłoże, uniemożliwiają rozwój na większą skalę powierzchniowych procesów degradacji gleb, aktywizując procesy chemicznego rozpuszczania i ługowania.

Reasumując, ogólny bilans przeciwstawnych sobie procesów, zachodzących na stokach zalesionych i łąkowych, tj. procesów wietrzenia i two-



rzenia gleby oraz procesów usuwania warstwy próchniczno-mineralnej i przemieszczania jej w dół stoku jest dodatni na korzyść tworzenia gleby i prowadzi do stopniowego, powolnego narastania jej miąższości. Słabe natężenie procesów mechanicznego usuwania gleby dzięki ochronnej roli ściółki i szaty roślinnej aktywizuje procesy chemiczne i biochemiczne, które poprzez rozpuszczanie i ługowanie prowadzą do ciągłego, wydawnego ubytku z gleby i niżej leżących pokryw składników łatwo rozpuszczalnych. O ważności tego procesu na tle innych procesów, świadczy stopień mineralizacji wód odpływających ze stoków zalesionych i łąkowych. Gdy porównamy przytoczone wielkości denudacji chemicznej (około 350 kg/ha —  $0,140 \text{ m}^3/\text{ha} = 0,014 \text{ mm}$ ) z przeciętnym rocznym spłukiwaniem gleby w postaci mechanicznej wynoszącym 4—10 kg/ha ( $0,0016$  do  $0,004 \text{ m}^3/\text{ha} = 0,00016$  do  $0,0004 \text{ mm}$ ), to stwierdzamy zdecydowaną przewagę procesów chemicznych nad mechanicznymi. Znaczny ubytek z gleby składników łatwo rozpuszczalnych częściowo rekompensowany jest przez rozkład opadłych liści. Na podstawie danych A. I. Perelmana (1971) można szacować, że ogólna sucha masa opadłych liści w lasach mieszanych strefy umiarkowanej wynosi około 6000 kg/ha/rok. W tej masie zawarte jest do 5% popiołu (około 300 kg), zawierającego różnorodne pierwiastki, w tym do około 30% wapnia (około 90 kg). Wskazuje to, że coroczna rekompensata wprawdzie częściowo wyrównuje skład chemiczny powierzchniowej warstwy gleby, nie równoważy jednak bezwzględnie ubytku substancji mineralnych na stoku. W związku z tym każdego roku następuje obniżenie powierzchni stoku o około 0,014 mm.

#### PRZEBIEG I NATĘŻENIE WSPÓŁCZESNYCH PROCESÓW STOKOWYCH W WARUNKACH GOSPODARKI CZŁOWIEKA

W przeciwieństwie do warunków środowiska naturalnego, na stokach zajętych pod użytkowanie rolnicze aktywność procesów niszczących glebę jest niezwykle silna. Dotyczy to zarówno rozbryzgu, związanego z energią kinetyczną kropel deszczu, jak również właściwego spłukiwania, związanego z energią spływających wód. Ponadto na stokach nie pokrytych roślinnością, głównie w półroczu zimowym, pojawiają się nowe procesy, nie występujące na stokach o trwałej i zwartej roślinności. Jedne są związane z bezpośrednią działalnością wiatru (deflacja i depozycja eoliczna), drugie z częstymi wahaniami temperatury powyżej i poniżej 0°C (grawitacyjne przemieszczanie przez lód włóknisty).

Oddzielne określenie wielkości przemieszczeń gleby przez sam rozbryzg i tzw. „właściwe” spłukiwanie w chwili obecnej jest niemożliwe ze względu na wykonanie małej ilości pomiarów procesu rozbryzgu. Dlatego rozbryzg i spłukiwanie rozpatruję łącznie. Podkreślić tylko należy, że wstępne pomiary wielkości rozbryzgu na stoku zaoranym o na-

chyleniu  $20^\circ$ , w okresie około 2 miesięcy, na obszarze Górnej Ochotnicy wynosiły 136 kg/ha (tab. 7, 8). Materiał glebowy został przemieszczony bez udziału wody płynącej w dół stoku na odległość od kilku do kilkudziesięciu centymetrów. Działalność spadających kropel deszczu nie ogranicza się tylko do bezpośredniego przemieszczania gleby w dół stoku. Niszcząc strukturę gleby i ubijając ją, z jednej strony zmniejsza szybkość infiltracji wód opadowych, stwarzając sprzyjające warunki dla wcześniejszego ich spływu, z drugiej zaś strony inicjując ruch cząsteczek glebowych w poważnym stopniu wpływa na wielkość splukiwania gleby (T. Gerlach 1976).

Trudne jest również dokładniejsze określenie wielkości przemieszczeń gleby przez lód włóknisty. Z dotychczasowych obserwacji i wyrywkowych pomiarów wynika, że potencjalna częstotliwość pojawiania się i zanikania lodu włóknistego na obszarze Jaworek wynosi od 50 do 90 dni. Przy jednodniowym przemieszczeniu około 5 mm warstewki gleby na odległość około 3 mm w dół stoku, w okresie jednego roku warstewka ta zostanie przemieszczona na odległość około 15–27 cm (T. Gerlach 1966).

Z punktu widzenia tempa niszczenia warstwy glebowej i tworzenia osadów najważniejszymi procesami na stokach użytkowanych rolniczo są: splukiwanie i depozycja deluwiów oraz deflacja i depozycja eoliczna. Procesy te zachodzą w sprzyjających warunkach pogodowych w półroczach zimowych (działalność eoliczna, splukiwanie) i półroczach letnich (splukiwanie), gdy stoki są zaorane i brak na nich zwartej pokrywy roślinnej.

Na obszarze Jaworek w okresie roztopów 1956 r. zostało splukane: 1) na stoku o nachyleniu  $16^\circ$ , pozbawionym porostu roślinnego i glebie spalanej 63 195 kg/ha gleby ( $25,278 \text{ m}^3/\text{ha} = 2,5 \text{ mm}$ ) (ryc. 14); 2) na stoku o nachyleniu około  $18^\circ$  z zielonym ugorem, o pokryciu powierzchni gleby przez roślinność około 70% — 3,4 kg/ha ( $0,00135 \text{ m}^3/\text{ha} = 0,00013 \text{ mm}$ ); 3) na stoku o nachyleniu  $14^\circ$ , użytkowanym jako pastwisko dla owiec, o pokryciu powierzchni gleby przez roślinność około 80% — 2,8 kg/ha ( $0,00112 \text{ m}^3/\text{ha} = 0,00011 \text{ mm}$ ).

Podobne rozmiary splukiwania dla stoków użytkowanych rolniczo na obszarze Karpat podają Z. Woźniak (1963), E. Gil i J. Słupik (1972) oraz E. Gil (1974).

Woźniak na podstawie pomiarów przeprowadzonych w okolicach Gdowa (gleby rozwinięte na utworach lessowatych) podaje, że w okresie letnim 1957 r. na stokach z ziemniakami, o uprawie zgodnej z nachyleniem, zostało splukane: 1) na stokach o nachyleniu około  $12^\circ$  — 42 000 do 54 000 kg/ha ( $16,8 \text{ m}^3/\text{ha} = 1,68 \text{ mm}$  do  $21,6 \text{ m}^3/\text{ha} = 2,16 \text{ mm}$ ); 2) na stokach o nachyleniu około  $8^\circ$  — 9800 do 32 200 kg/ha ( $3,92 \text{ m}^3/\text{ha} = 0,39 \text{ mm}$  do  $12,88 \text{ m}^3/\text{ha} = 1,28 \text{ mm}$ ).

Według danych Gila i Słupika oraz Gila w okolicach Gorlic rozmiary

spłukiwania w okresie półrocza zimowego (IX — IV) i letniego (V — X) 1969 r. wynosiły:

- w półroczu zimowym: 1) na stoku z oziminą, o uprawie zgodnej z nachyleniem (nachylenie około  $11^\circ$ ) — 76,2 kg/ha ( $0,03 \text{ m}^3/\text{ha}=0,003 \text{ mm}$ ); 2) na stoku zaoranym zgodnie z nachyleniem (nachylenie około  $11^\circ$ ) — 1034 kg/ha ( $0,4136 \text{ m}^3/\text{ha}=0,04 \text{ mm}$ );
- w półroczu letnim na tych samych stokach: 1) na stokach ze zbożem — 32,9 kg/ha ( $0,01316 \text{ m}^3/\text{ha}=0,001$ ); 2) na stoku z ziemniakami — 73 209 kg/ha ( $29,28 \text{ m}^3/\text{ha}=2,9 \text{ mm}$ ).

Na stoku wzgórze Wapniska w Łęczanach z ziemniakami, o uprawie zgodnej z nachyleniem, w czasie jednej ulewy (20 VI 75 r.) rozmiary spłukiwania w górnej i środkowej części stoku (długość około 160 m) wynosiły  $96 \text{ m}^3/\text{ha}=9,6 \text{ mm}$ , a w dolnej (długość 22 m) wystąpiła akumulacja deluwiów około  $700 \text{ m}^3/\text{ha}=70 \text{ mm}$ .

Przytoczone liczby wyraźnie wskazują na olbrzymią ochronną rolę szaty roślinnej w hamowaniu rozwoju procesu spłukiwania. Największe jego rozmiary, zarówno w półroczu zimowym, jak i letnim, występują na stokach pozbawionych pokrywy roślinnej. Skala wielkości zależy wówczas od typu warunków pogodowych w tych dwóch półroczach. Po zimie mroźnej i śnieżnej oraz roztopach przy zamarzniętym podłożu zachodzi bardzo duże spłukiwanie (Jaworki 1956 r. —  $25 \text{ m}^3/\text{ha}$ ). Po zimie mroźnej, ale mało śnieżnej i roztopach przy zamarzniętym podłożu spłukiwanie jest stosunkowo małe (Szymbark 1969 r. —  $0,4 \text{ m}^3/\text{ha}$ ). W okresie letnim głównie opady burzowe powodują bardzo duże spłukiwanie (okolice Gdowa 1957 r. — 4 do  $21 \text{ m}^3/\text{ha}$ , Szymbark 1969 r. —  $29 \text{ m}^3/\text{ha}$ , Łęczany 1975 r. —  $96 \text{ m}^3/\text{ha}$ ).

Na stokach użytkowanych rolniczo, zgodnie z cyklem rozwojowym poszczególnych roślin uprawnych, porost roślinny w przeciwieństwie do lasów, łąk i pastwisk ulega dużym zmianom. W stosowanym w tym rejonie płodozmianie ta sama roślina uprawna (w tym przypadku ziemniaki) powraca na to samo pole najczęściej co 4 lata (E. Gil 1974). W związku z tym przytoczone wyżej maksymalne liczby dla okresów, w których stoki były pozbawione porostu roślinnego lub o słabym jego rozwoju, należy odnosić nie dla jednego roku, a co najmniej dla 4 lat. Wówczas liczba z Jaworek będzie wynosiła nie  $63\,195 \text{ kg/ha}$ , a przeciętnie około  $15\,799 \text{ kg/ha}$ , gdyż inne rośliny uprawne, jak zboża (Szymbark 1969 r. —  $27,4 \text{ kg/ha}$ ), zielony ugór (Jaworki 1956 r. — około  $4 \text{ kg/ha}$ ), w 3 pozostałych latach w dosyć skuteczny sposób chronią glebę przed spłukiwaniem.

Podobnie należy interpretować dane z okolic Gdowa (będą one wynosiły przeciętnie około  $10\,500$ — $13\,650 \text{ kg/ha/rok}$  i  $2450$ — $8500 \text{ kg/ha/rok}$ ) oraz z okolic Gorlic (około  $18\,560 \text{ kg/ha/rok}$ ) i Łęczan (około  $60\,000 \text{ kg/ha/rok}$ ).

Pomimo czterokrotnego zmniejszenia, otrzymane wartości i tak są

bardzo duże. W porównaniu z liczbami obrazującymi wielkość spłukiwania na stokach użytkowanych jako trwałe użytki zielone (około 3—4 kg/ha/rok), na stokach uprawianych rolniczo rozmiary spłukiwania są kilkaset do kilkunastu tysięcy razy większe.

Obok spłukiwania drugim bardzo aktywnym procesem na stokach uprawianych rolniczo jest bezpośrednia działalność wiatru. Proces ten zachodzi głównie w półroczu zimowym, kiedy gleba jest zaorana i brak jest wegetacji. W okresie tym porywiste wiatry o dużych prędkościach wywiewają glebę ze stoków dowietrznych, osadzając ją następnie na stokach zawietrznych.

Zaobserwowane i pomierzone efekty intensywnej przejawów działalności eolicznej w okolicach Krosna wykazały, że stoki dowietrzne oraz szerokie zaokrąglone wierzchołki były pozbawione nie tylko pokrywy śnieżnej, ale także i znacznej ilości gleby. Natomiast na stokach zawietrznych, w tzw. cieniu aerodynamicznym, występowało na śniegu kilka stref o zróżnicowanej miąższości glebowego materiału eolicznego. Idąc od kulminacji w dół stoku zawietrzego miąższość osadów nawianych stopniowo wzrastała od 0 w górnej części stoku do 35 mm kilkadziesiąt metrów niżej, a następnie stopniowo zmniejszała się, zanikając zupełnie w dolnej części stoku. Po przeliczeniu wyników pomiarów na ha/rok, wielkość depozycji na stoku zawietrznym w różnych jego częściach wahała się od 0 do 350 m<sup>3</sup>/ha (0 — 875 000 kg/ha). Wielkość tę, podobnie jak w przypadku spłukiwania, w związku z płodozmianem należy również rozdzielić na 4 lata. Wówczas przeciętna roczna depozycja materiału na stoku zawietrznym będzie wynosiła od 0 do 87,5 m<sup>3</sup>/ha (0 — 218 750 kg/ha).

Podobny rząd wielkości działalności eolicznej na obszarze Beskidu Niskiego podają S. Janiga (1971) oraz A. Welc (1972).

Janiga w okolicach Beska (na wysokości 300—350 m n.p.m.) za okres 5 zim (1965—1970) określił wielkość przeciętnej rocznej deflacji na 28 m<sup>3</sup>/ha (70 000 kg/ha); w okolicach Dukli na wysokości 350—500 m n.p.m. — 51 m<sup>3</sup>/ha (127 500 kg/ha); a na wysokości około 600 m n.p.m. — 96 m<sup>3</sup>/ha (240 000 kg/ha).

Wielkości podane przez Janigę w porównaniu z danymi z okolic Krosna są ponad 4-krotnie mniejsze. Rozbieżności te wynikają przede wszystkim stąd, że stosuje on inny sposób przeliczeń, odnosząc pomierzone wielkości zdeponowanej gleby na stokach zawietrznych i w zaspach do powierzchni pozbawionej śniegu. W badaniach na wzgórzu Wapniska (T. Gerlach i L. Koszarski 1968) wielkość glebowego materiału eolicznego spoczywającego na śniegu czy zmieszanego ze śniegiem odniesiono do powierzchni, na której ten materiał zalegał, podkreślając rzucającą się w oczy strefowość i zróżnicowaną wielkość akumulacji tego materiału, nie precyzując bliżej rozmiarów powierzchni, z której on pochodził. Różnica w ujęciu zagadnienia polega więc na tym, że mierząc

efekty tego samego procesu, tj. akumulacji eolicznej na śniegu, Gerlach i Koszarski (1968) zwracają główną uwagę na ten właśnie proces, podczas gdy Janiga na wielkość przeciętnej deflacji. Sposób podejścia i interpretacja otrzymanych wyników przez Janigę są mało dokładne, ponieważ — jak wykazano — wielkość deflacji na stokach dowietrznych jest wyraźnie zróżnicowana od bardzo małej do bardzo dużej. Istotne jest podkreślenie, że dane Janigi zwracają uwagę na większą aktywność wiatrów ze wzrostem wysokości n.p.m.

Pomimo tych znacznych różnic i braku możliwości dokonania bliższych porównań, przytoczone liczby wyraźnie wskazują na olbrzymią aktywność procesów eolicznych na stokach pozbawionych porostu roślinnego. Działalność eoliczna obok spłukiwania stanowi jeden z ważniejszych procesów prowadzących do niszczenia gleby na stokach dowietrznych oraz narastania warstwy glebowej na stokach zawietrznych. W niektórych przypadkach udział deflacji w niszczeniu warstwy glebowej może być większy niż spłukiwania. Wykazały to szczegółowe badania i analiza budowy pokryw stokowych na wzgórzu Wapniska, gdzie udział deflacji w niszczeniu warstwy glebowej na stoku dowietrznym w okresie gospodarki człowieka wynosi około 60%, a spłukiwania około 40%.

Zupełnie odmienny obraz rozmiarów spłukiwania występuje na stokach pastwiskowych o racjonalnej, z punktu widzenia ochrony gleb, gospodarce wypasowej, tzn. bez nadmiernego obciążenia pogłowiem zwierząt (4 owce na ha) oraz intensywnego spasanias porostu roślinnego. Polega to na stosowaniu przerw od kilku do kilkunastu dni w wypasaniu owiec na tym samym miejscu. Rozmiary spłukiwania na takim stoku w ciągu 4 lat wynosiły 120 kg/ha. Przeciętnie daje to około 30 kg/ha/rok, przy ekstremalnych wielkościach rocznych 4 i 82 kg/ha. Udział półroczy zimowych w ogólnym spłukiwaniu stanowił około 9%, a półroczy letnich 91%. Wskazuje to na zdecydowaną przewagę w spłukiwaniu wód pochodzenia opadowego. Spasany w ciągu półrocza letniego porost roślinny i udeptywana przez owce gleba ułatwiają spłukiwanie.

Porównanie wielkości spłukiwania ze stoków zalesionych, łąkowych i pastwiskowych wykazuje, że spłukiwanie na stokach pastwiskowych jest 10- i ponad 10-krotnie większe. Natomiast obraz stosunków ługowania jest taki sam jak na stokach łąkowych. Pomimo znacznie większego spłukiwania na stokach pastwiskowych niż na dwu wyżej wymienionych, również na czołowe miejsce wysuwa się tu proces ługowania, a nie spłukiwania.

Podane wielkości spłukiwania i deflacji na stokach użytkowanych rolniczo pochodzą w większości przypadków z jednorocznych pomiarów. W związku z tym przy ekstrapolacji tych danych na dłuższy okres należy zachować dużą ostrożność. Trzeba jednak szczególnie silnie podkreślić, że ze stoków pozbawionych pokrywy roślinnej w sprzyjających warunkach pogodowych znaczna część warstwy próchnicznej może ulec

splukaniu lub wywianiu w ciągu kilku godzin. Przykładem mogą tutaj być stoki z okolic Jaworek, Gdowa, Szymbarku i Łęzan, na których rozmiary splukiwania przekroczyły 20 m<sup>3</sup>/ha, dochodząc do około 100 m<sup>3</sup>/ha (Łęzany 1975 r.), a wywiewanie na stokach w okolicach Dukli i Łęzan osiągało również podobne wielkości — od 28 do około 100 m<sup>3</sup>/ha.

Z tych też względów należy dążyć, aby większe powierzchnie pól uprawnych na stokach dowietrznych w okresach zimowo-wiosennych i letnich nie były całkowicie pozbawione ochronnego porostu roślinnego.

#### WPŁYW GEOMETRII STOKÓW I BAZ DENUDACYJNYCH NA PRZEKSZTAŁCANIE STOKÓW

Na podstawie licznych opracowań teoretycznych, a także opracowań opartych na obserwacjach i pomiarach w terenie, stoki należy podzielić na dwie zasadnicze grupy: stoki młode, o nachyleniach 45°—90°, gdzie dominują procesy wietrzenia fizycznego (odpadanie, obrywanie), oraz stoki dojrzałe, poniżej 45° do około 2°, na których dominują procesy dalszego rozdrabniania materiału oraz splezywanie, osuwanie, ługowanie i splukiwanie.

Pominięte zostaną stoki młode, gdyż stanowią one znikomy procent na obszarze fliszowych Karpat, a omówione będą niektóre zasady dotyczące stoków dojrzałych. Odnośnie do tej grupy stoków w literaturze powszechnie przyjmuje się, że wraz ze wzrostem nachylenia stoków dojrzałych wzrasta intensywność przemieszczania, splukiwania i odprowadzania drobnego materiału do sieci potoków i rzek. Wyjaśnia to prawo fizyki, które dowodzi, że im większe jest nachylenie stoku tym mniejsza jest siła ciężkości utrzymująca bloki, okruchy i glebę w stanie równowagi, większa prędkość wody i tym samym większa jej energia kinetyczna. W rezultacie prowadzi to do intensywniejszego przemieszczania i odprowadzania rozdrobnionego materiału. Sformułowanie jednak ścisłych zależności matematycznych, które powszechnie byłyby potwierdzane, ciągle napotyka na duże trudności (M. Klimaszewski 1961, L. B. Leopold, M. G. Wolman, J. P. Miller 1964, J. Tricart 1965, A. Young 1972, A. E. Scheidegger 1974).

Nie wdając się bliżej w formułowanie matematycznych zależności można powiedzieć, że na stokach prostych, dojrzałych, o stałej bazie denudacyjnej, proces degradacji zachodzi mniej więcej równomiernie. O jego wielkości decyduje nachylenie, im jest ono większe, tym większe są rozmiary splukiwania. Należy podkreślić, że правило to dotyczy tylko stoków o podobnych cechach wszystkich pozostałych elementów (budowy geologicznej, gleby, pokrywy roślinnej, klimatu), a zmienności tylko samego nachylenia.

Na stokach wypukłych z równoczesnym wzrostem nachylenia i długości rozmiary splukiwania stopniowo wzrastają, osiągając największe wartości w części dolnej wypukłości.

Na stokach wypukło-wklęsłych na odcinku wypukłym spłukiwanie wzrasta, a na odcinku wklęsłym następuje transport i stopniowo depozycja (H. H. Bennet 1939, S. S. Sobolew 1948, S. Ziemnicki 1968, D. Zachar 1970).

Prawidłowości te w ogólnym zarysie zostały również potwierdzone na obszarze Karpat, gdzie na podstawie 4-letnich pomiarów spłukiwania na stokach łąkowych i pastwiskowych wykazano, że mechanizm procesu spłukiwania jest złożony. Krzywe obrazujące transport na stokach (od wierzchowin do podnóży) miały przebieg zygzakowaty. Wskazuje to, że wzrost ilości transportowanego materiału z długością stoku nie jest równomierny i że materiał glebowy jest przemieszczany jak gdyby skokami.

Podane wyżej ogólne prawidłowości decydują o wielkości i zróżnicowanym przebiegu procesu spłukiwania na stokach w zależności od geometrii tych form, natomiast o rzędzie wielkości decyduje typ pokrywy roślinnej. W warunkach naturalnych, tzn. przy zwartej i trwałej roślinności, różnice w wielkości i przebiegu spłukiwania w zależności od geometrii form istnieją (świadczy o tym różna miąższość gleb w poszczególnych częściach stoku), ale są minimalne — rzędu kilku, a maksymalnie kilkudziesięciu kg/ha/rok. Natomiast na stokach o takich samych parametrach geometrycznych, glebowych i klimatycznych, ale pozbawionych trwałej pokrywy roślinnej, wielkość i zróżnicowanie spłukiwania jest ostro wyrażone, a jego rozmiary osiągają kilka do kilkuset ton/ha/rok. Na podstawie otrzymanych wyników pomiarów spłukiwania i danych z literatury: K. Figuła (1955, 1960, 1966), A. Reniger (1955), T. Gerlach (1966), Z. Woźniak (1963), S. Jagła (1966), S. Polak (1966), S. Polak i T. Witek (1966), P. Prochal (1968), J. Słupik (1973), J. Słupik i E. Gil (1974), E. Gil (1974), stwierdzam, że w naszych warunkach klimatycznych różnice wielkości spłukiwania na stokach zalesionych, łąkowych, pastwiskowych i zaoranych są bardzo duże. Dla trzech pierwszych typów roślinności ogólnie można określić, że wyrażają się one w kilogramach, a dla ostatniego — w dziesiątkach ton. Różnica jest więc około tysiąckrotna.

Ze stosunku stoków do miejscowych baz denudacyjnych, tj. do sieci den dolinnych, można wnosić o ilości dostawy materiału ze stoków do koryt. W przypadku stoków prostych i wypukłych bezpośrednio opadających do koryt dostawa będzie duża, natomiast w przypadku wypukło-wklęsłych — znacznie ograniczona. Zależy to od stosunku odcinka wypukłego do wklęsłego. Im większy jest odcinek wklęsły, tym mniejsza jest dostawa do koryt.

Na stokach uprawianych rolniczo, lecz bez zabiegów agrotechnicznych, w górnych i środkowych częściach warstwa próchniczna, a także niższe horyzonty profilu glebowego ulegają szybkiemu spłukaniu. Powierzchnia stoku zostaje wzbogacona w materiał szkieletowy. Po usunięciu ze stoku stropowej części warstwy glebowej tempo ewakuacji

materiału w odcinkach degradacyjnych maleje i zależy od postępu wietrzenia i rozdrabniania.

Zmniejszenie miąższości warstwy glebowej na odcinkach wypukłych prowadzi do szybszego odpływu wód i tym samym do powiększania odcinka degradacyjnego kosztem odcinka agradacyjnego. Odcinki wklęsłe, agradacyjne, odpowiednio do zmniejszenia degradacji w odcinkach wypukłych ulegają w górnych częściach degradacji, a w dolnych stopniowemu wydłużaniu i narastaniu warstwy deluwialnej. Gdy odcinek wklęsły osiągnie koryto potoku lub rzeki, dalszy jego rozwój będzie uzależniony od odprowadzania materiału stokowego przez wody płynące w dnach dolin. W przypadku większej dostawy materiału ze stoków do den dolinnych niż możliwości jego odprowadzania, rozwój stoków będzie przebiegał poprzez spłaszczanie (rozwój zstępujący), natomiast gdy odprowadzanie materiału jest większe niż dostawa — ma miejsce wstępujący rozwój stoków.

Te ogólne prawidłowości w przebiegu i natężeniu procesów spłukiwania na stokach zajętych pod użytkowanie rolnicze w wyniku agrotechniki, płodozmianów i różnych technicznych zabiegów ulegają znacznym modyfikacjom. Uprawy zgodne z nachyleniem stoku wielokrotnie zwiększają natężenie procesów, natomiast uprawy poprzeczne do nachylenia wielokrotnie zmniejszają je i prowadzą do powstania mikroreliefu teras rolnych. Mikrorelief ten różnicuje i zmniejsza o około 40% procesy degradacji gleb (T. Gerlach 1966).

Znając prawidłowości i rozmiary spłukiwania na stokach w warunkach naturalnych i zmienionych przez człowieka, powstają pytania: jaka intensywność procesu spłukiwania czy akumulacji prowadzi do wyraźnego i szybkiego obniżenia zdolności produkcyjnej gleby, a jaka tej zdolności nie narusza? Odpowiedzi na te pytania nie są łatwe. W ogólnym zarysie można je formułować na drodze pośredniej.

Jeśli przyjmiemy średnią roczną wielkość spłukiwania na stokach w warunkach naturalnych jako wskaźnik aktualnie panującego pewnego optymalnego stanu równowagi, to rozmiary spłukiwania wyższe od tej wartości będą prowadziły do degradacji gleby i obniżania jej zdolności produkcyjnej. Inaczej mówiąc, szybkość degradacji gleb będzie różnicą rozmiarów spłukiwania pomiędzy stokami o trwałej i zwartej roślinności a stokami zajętymi pod inny rodzaj użytkowania. Z wcześniej przytoczonych danych wynika, że różnice te w skrajnych przypadkach osiągają około 1000 kg/ha/rok. Są to różnice olbrzymie, wskazujące na szybkie tempo degradacji gleb, zmierzające do zupełnego ich zniszczenia. Należy jednak podkreślić, że równocześnie z degradacją warstwy humusowej z jednej strony następuje osłabienie procesów biochemicznych, z drugiej znaczna aktywizacja procesów wietrzenia — rozdrabniania w niższych, bardziej szkieletowych horyzontach glebowych, a także w podścielającym je podłożu skalnym. Aktywizacja procesów wietrzenia



związana jest z większą częstotliwością przenikania w głąb stoku dodatnich i ujemnych temperatur — obok wilgotności — głównego czynnika tych procesów, zmierzających w końcowym efekcie do regeneracji gleby. Jednak tempo tej regeneracji jest bardzo wolne i zależy z jednej strony od szybkości wietrzenia, z drugiej od wielkości ewakuacji rozdrobnionego materiału. Odnawiane w ten sposób gleby są płytkie, silnie szkieletowe i przez długi okres pozostają w początkowym stadium rozwoju. Poznanie tempa tych dwóch przeciwstawnych procesów, tj. odgórnego usuwania gleby i oddolnego jej narastania, umożliwi bardziej dokładne, ilościowe określenie dopuszczalnej erozji gleb na stokach. Zrozumiałą jest rzeczą, że wielkość dopuszczalnej erozji gleb będzie różna dla poszczególnych typów skał — większa dla gleb rozwiniętych na skałach podatnych na wietrzenie (np. warstwy krośnieńskie), a wielokrotnie mniejsza dla gleb rozwiniętych na skałach odpornych na wietrzenie (np. piaskowiec magurski). Szczegółowe dane o przebiegu i natężeniu spłukiwania, na stokach różnie użytkowanych mogą być wykorzystane dla racjonalnego gospodarowania w górach, a także do obliczeń i prognozowania tempa odnawiania się gleb na różnych typach stoków.

#### ZNACZENIE PRAKTYCZNE WYNIKÓW BADAŃ

Przeprowadzone badania i uzyskane wyniki dostarczyły nowych danych ilościowych odnośnie do przebiegu i natężenia współczesnych procesów na stokach zalesionych, łąkowych, pastwiskowych i uprawianych rolniczo. Mogą one służyć jako ogólne tło dla szczegółowych rozważań i ustaleń przy sporządzaniu planów i projektów racjonalnego gospodarowania w obszarze górskim.

Na stokach gleba ulega przemieszczaniu głównie w wyniku spłukiwania, deflacji i osuwania. Ługowanie pozbawia glebę i głębsze podłoże znacznych ilości składników łatwo rozpuszczalnych. Najskuteczniejszym środkiem hamującym przemieszczanie gleb na stokach jest zwarsta i trwała pokrywa porostu roślinnego. W takich warunkach ustala się pewien typ równowagi dynamicznej pomiędzy procesami usuwania a procesami narastania warstwy glebowej, zapewniający optymalny jej rozwój oraz najkorzystniejsze właściwości biologiczne i retencyjne dla wód.

Na stokach zalesionych i łąkowych rozmiary spłukiwania wynoszą zaledwie kilka do kilkunastu kg/ha/rok. Na stokach pastwiskowych z małą obsadą wypasanych owiec (4 owce na ha) spłukiwanie jest nieznacznie większe i wynosi kilkanaście do kilkudziesięciu kg/ha/rok. Na stokach uprawianych rolniczo rozmiary spłukiwania są zróżnicowane i wynoszą: a) w latach upraw okopowych — od kilku do kilkuset ton/ha/rok; b) w latach upraw kultur zbożowych — tylko kilkadziesiąt do kilkuset

kg/ha/rok; c) w latach upraw użytków zielonych — zaledwie kilka do kilkadziesiątu kg/ha/rok.

To olbrzymie zróżnicowanie prowadzi do wniosku, że dla zahamowania denudacji gleb na stokach najskuteczniejszym środkiem jest roślinność i jej zwartość.

Drugim głównym procesem niszczącym i nadbudowującym warstwę glebową na stokach uprawianych rolniczo jest deflacja na stokach dowietrznych i akumulacja eoliczna na stokach zawietrznych.

Rozmiary akumulacji glebowego materiału eolicznego na stokach zawietrznych, w strefie maksymalnej depozycji osiągają 350 m<sup>3</sup>/ha/rok (875 ton). Zbliżoną wielkość osiąga deflacja na polach spulchnionych przez orkę i pozbawionych porostu roślinnego, znajdujących się na zakręglonych garbach i stokach dowietrznych.

Dane ilościowe dotyczące deflacji i akumulacji eolicznej zasługują na szczególną uwagę, gdyż procesy te do niedawna były zupełnie niedoceniane. Działalność wiatru podlega innym prawidłom niż działalność wód. W związku z tym zespół środków i zabiegów ochronnych na stokach uprawianych rolniczo, a zwłaszcza ich rozmieszczenie, winny być inne niż na stokach podlegających tylko tzw. wodnej erozji gleb.

Degradacja warstwy glebowej do 60 cm, przy całkowitej miąższości około 100 cm (stoki garbów w Dołach Jasielsko-Sanockich), ze znacznych powierzchni stoków i depozycja deluwii na małej przestrzeni u ich podnóży (około 3-krotnie mniejszej) w zasadniczy sposób zmienia krążenie wód. Wyraża się to przede wszystkim przyspieszeniem odpływu wód ze stoków, wzrostem amplitud w odpływie, a także zwiększeniem jego bezwzględnego udziału w ogólnym odpływie. Wynika to ze zmniejszenia pojemności retencyjnej warstwy glebowej w odcinku degradowanym o około 200 mm, a w odcinku agradowanym ze zmiany porowatej struktury gleby na bardziej zbitą i mniej przepuszczalną. Następstwem nierównomiernego rozmieszczenia miąższości warstwy glebowej na stokach i jej zróżnicowanych właściwości wodnych jest wzrost kontrastów uwilgotnienia stoków oraz większa częstotliwość ich występowania. Hamuje to optymalny rozwój poszczególnych kultur uprawnych i obniża ich plonowanie.

W degradacji gleb na stokach poważny udział ma ługowanie. Na stokach porośniętych trwałą i zwartą roślinnością udział ługowania jest kilkadziesiąt razy większy niż splukiwania. Na stokach uprawianych rolniczo stosunek ten jest odwrotny i wielokrotnie większy na korzyść splukiwania. Proces ten winien być uwzględniany w gospodarce nawozowej na obszarze Karpat.

Dla zahamowania szybkiej degradacji gleb jak również polepszenia obiegu wody konieczne jest stosowanie na stokach i w dnach dolin zespołu zabiegów ochronnych. Zabiegi i urządzenia ochronne na stokach (poprzeczna uprawa, wstęgowe użytkowanie, terasowy układ pól, śród-

polne pasy drzew i krzewów), jak również w korytach i dnach dolin potoków i rzek (zabudowa biologiczna niskich teras i stromych zboczy, zabudowa techniczna — mury, opaski stabilizujące przebieg koryt i ograniczające dostawę rumowiska z podcięć, korekcja progowa zmniejszająca względne spadki koryt oraz zaporki przeciwrumowiskowe i przeciwpowodziowe), winny być racjonalnie rozmieszczone i wzajemnie ze sobą współpracujące.

Aktualne przeobrażenia społeczno-ekonomiczne wsi, wyrażające się między innymi z jednej strony dużym odpływem rąk do pracy, z drugiej dążnością do zwiększenia wydajności plonów z hektara, zmuszają do stosowania w szerokim zakresie mechanizacji prac polowych i specjalizacji produkcji. Wiąże się to ze zmianą wielkości pól oraz przejściem z polikultur na monokultury. Zmiany takie w obszarach intensywnie urzeźbionych, przy zachowaniu istniejących proporcji rolniczego użytkowania stoków, zawsze prowadzić będą do olbrzymiej aktywizacji procesów degradacji gleb i przyspieszenia obiegu wody. W związku z tym w strukturze użytkowania ziemi w obszarach górskich należy w pierwszym rzędzie zmierzać do maksymalnego ograniczania kultur okopowych na stokach na korzyść sadów, trwałych użytków zielonych i lasów.

#### NIEKTÓRE PRAWIDŁOWOŚCI WSPÓŁCZESNEGO ROZWOJU STOKÓW

Kilkuletnie szczegółowe badania polegające głównie na pomiarach intensywności współczesnych procesów morfogenetycznych na wybranych stokach w polskich Karpatach fliszowych doprowadzają do następujących uogólnień:

1. Współczesny rozwój stoków jest kontynuacją rozwoju form odziedziczonych po ostatniej morfogenezie klimatu zimnego i przebiega w kierunku ich przystosowania do warunków morfogenezy klimatu umiarkowanego wilgotnego.

2. Typ profilu stoku (prosty, wypukły, wypukło-wklęsły, wklęsły, schodkowy) i jego nachylenia decydują o charakterze i zróżnicowanym przebiegu procesów, natomiast o rzędzie wielkości procesów decyduje rodzaj pokrywy roślinnej.

3. Zwarta i trwała pokrywa roślinności łąkowej i leśnej w sposób maksymalny hamuje powierzchniową denudację mechaniczną a aktywizuje procesy wietrzenia chemicznego, biochemicznego i ługowania, prowadzącego do redukcji mas. Ilościowy stosunek tych dwóch grup procesów w przybliżeniu można określić jak 1 : 10. W cyfrach bezwzględnych wygląda to następująco: powierzchniowa denudacja mechaniczna — kilkanaście kg/ha/rok, ługowanie — kilkaset kg/ha/rok. Na stokach zalesionych występuje dodatkowy ważny proces pośredniej działalności wiatru zwany saltacją wykrotową.

4. Na stokach pozbawionych porostu roślinnego i spalchnianych

przez orkę, w sezonach wiosenno-letnich czołowe miejsce zajmuje spłukiwanie w górnych częściach stoków i akumulacja deluwiiów u ich podnóży, a w sezonach zimowych deflacja na stokach dowietrznych i depozycja wywianego materiału na stokach zawietrznych. Jedno z czołowych miejsc zajmuje również spychanie gleby przez pług. Proces ługowania w porównaniu z procesami denudacji mechanicznej zajmuje zupełnie podrzędne miejsce. Stosunek denudacji mechanicznej do ługowania w przybliżeniu można określić jak 1000 : 1.

5. Na jakość i kierunek współczesnego przekształcania starszych wyrównanych stoków duży wpływ wywiera erozja liniowa w dnach dolin i małych dolinek stokowych, prowadząca do wzrostu fragmentacji stoków, obniżania dolnych baz denudacyjnych i zachwiania równowagi mas.

6. Odmłodzenie i wzrost fragmentacji oraz sprzyjająca budowa geologiczna stwarzają dogodne warunki dla grawitacyjnego ruchu mas typu osuwania i osiadania. Procesy te radykalnie zmieniają starsze wyrównane stoki prowadząc do ich rozczłonkowania i obniżania.

7. Fragmentację wyrównanych stoków powiększają głębokie wcięcia dróg gospodarczych związane z eksploatacją pól i lasów. W wielu przypadkach wzrost ten może osiągać ponad 100% naturalnej sieci młodych rozcięć na stokach.

8. Na stokach dojrzałych z roślinnością leśną i łąkową spełzywanie rozumiane jako powolny i powszechny ruch warstwy glebowo zwietrzelinowej nie odgrywa współcześnie większej roli w ich modelowaniu. Proces ten jest związany z litologią i posiada znaczenie regionalne.

9. Współczesne procesy prowadzą do rozczłonkowywania i spłaszczenia stoków dojrzałych oraz do kombinacji spłaszczenia z równoczesnym cofaniem odcinków wypukłych.

10. Szczególnym przypadkiem spłaszczenia są stoki rolnicze, na których bezpośrednia działalność eoliczna przeważa nad spłukiwaniem. W takich przypadkach stoki dowietrzne ulegają obniżaniu a zawietrzne są nadbudowywane. Prowadzi to do asymetrii miąższości pokryw na przeciwstawnych stokach.

11. Tempo rozwoju stoków jest bardzo różne: od niezmiernie powolnego przy trwałej i zwartej pokrywie roślinnej do szybkiego przy braku takiej pokrywy.

12. Na stokach użytkowanych rolniczo poprzeczna uprawa i stosowany płodozmian oraz różne zabiegi techniczne zmniejszają w znacznym stopniu intensywną degradację gleb.

## LITERATURA

- Adamczyk B., Komornicki T., 1970, *Charakterystyka gleboznawcza dolin potoków Jaszce i Jamne*, *Studia Naturae*, Ser. A, nr 3.
- Ahnert F., 1970, *An approach towards a descriptive classification of slopes*, *Zeitsch. für Geomorph.*, Suppl. 9.
- Atlas klimatyczny Polski*, 1971, Część tabelaryczna, z. 1: Wiatr, PIHM Warszawa.
- Bagnold R. A., 1971, *The physics of blown sand and desert dunes*, London.
- Baulig H., 1940, *Le profil d'équilibre des versants*, *Ann. de Géogr.* vol. 49.
- 1958, *Studia geomorfologiczne*, Warszawa.
- Bennet H. H., 1939, *Soil conservation*, New York and London.
- Biernat S., 1969, *Wstępna prognoza zamulania zbiornika Czorsztyn*, *Kwart. Geol.* t. 13, z. 3.
- Birkenmajer K., 1958, *Przewodnik geologiczny po Pienińskim Pasie Skalkowym*, t. 1—4, Warszawa.
- Biro P., 1949, *Essai sur quelques problemes de morphologie générale*, Lizbona.
- Bombówna M., 1960, *Hydrochemiczna charakterystyka rzeki Soły i jej dopływów*, *Acta Hydrobiol.* vol. 2, z. 3—4.
- Born A., 1928, *Pomiary wielkości wleczenia materiału na dolnej Wiśle*, *Czasop. Tech.* t. 46, nr 2.
- Brański J., 1968, *Charakterystyka transportu rumowiska unoszonego w rzekach polskich*, *Gosp. Wod.* nr 11.
- 1972, *Ocena denudacji zlewni rzek karpaccich na podstawie wyników pomiarów transportu rumowiska rzecznoego*, [w:] *Materiały z Sympozjum: Problemy gospodarki górskiej w badaniach krajów europejskich*, Kraków.
- Chojnacki A., 1967, *Badanie składu chemicznego wód opadowych w Polsce*, cz. 1—3, *Pam. Puławski, Prace IUNG*, z. 24.
- Chomiak T., Cyberski J., Mikulski Z., 1969, *Akumulacja rumowiska w zbiornikach retencyjnych*, *Prace PIHM*, z. 96.
- Czeppe Z., 1960, *Zjawiska sufozyjne w glinach zboczowych górnej części dorzecza Sanu*, *Biul. PIG* nr 150: *Z badań czwartorzędu*.
- Darlymple J. B., Blong R. J., Conacher A. J., 1968, *An hypothetical nine unit landsurface model*, *Zeitsch. für Geomorph.* t. 12, z. 1.
- Dauksza L., Kotarba A., 1973, *An analysis of the influence of fluvial erosion in the development of landslide slope*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica*, vol. 7.
- Davis W. M., 1899, *The geographical cycle*, *Geogr. Jour.* vol. 14.
- De Ploey J., Savat J., 1968, *Contribution a l'étude de l'érosion par le splash*, *Zeitsch. für Geomorph.* t. 12, z. 2.
- Dębski K., 1961, *Charakterystyka hydrologiczna Polski*, Łódź—Warszawa.
- Dobrzański B., Gliński J., Guz T., Pomian J., 1958, *Gleby terenu dorzecza Białej Wody*, *RNR*, Ser. F-72-3.

- 1962, *Charakterystyka erodowanych gleb dorzecza Czarnej Wody*, RNR, Ser. D — 96.
- Dylik J., 1969, *Pojmowanie stoku w geomorfologii*, Czasop. Geogr. t. 40, z. 1.
- Ellison W. D., 1945, *Some effects of raindrops and surface flow on soil erosion and infiltration*, Trans. Am. Geoph. Union, vol. 26.
- Feodoroff A., 1965, *Mecanismes de l'érosion par la pluie*, Revue de Géogr. Physique et de Géol. Dynam. vol. 7.
- Figuła K., 1955, *Wstępna charakterystyka zjawisk erozji na terenie kilku powiatów województwa krakowskiego*, RNR, Ser. F-71-1.
- 1960, *Erozja w terenach górskich*, Wiadomości IMUZ, t. 1, z. 4.
- 1966, *Badania transportu rumowiska w ciekach górskich i podgórskich o różnej budowie geologicznej i użytkowaniu*, Wiadomości IMUZ, t. 4, z. 3.
- Friedberg W., 1902, *Woda jako czynnik geologiczny*, Lwów.
- Froehlich W., 1972, *The carrying out of suspended and dissolved load in the Kamienica Nawojowska and Łubinka catchment basins during the flood in 1970*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica, vol. 6.
- 1973, *Transport of materials by the river Kamienica Nawojowska during melt-water and rainfall floods in the Beskid Sądecki MTS (the Western Carpathians)*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica, vol. 7.
- Gerlach T., 1960, *W sprawie genezy kopczyków ziemnych na Hali Długiej w Gorcach*, Przegl. Geogr. t. 32, z. 1—2.
- 1964, *Metódy a terajši stav vyskumu morfogenetických procesov w Polských Karpatoch*, Geogr. Časop. t. 16, z. 3.
- 1966, *Współczesny rozwój stoków w dorzeczu górnego Grajcarka*, Prace Geogr. IG PAN nr 52.
- 1967, *Ważniejsze poglądy na rozwój stoków i stan badań nad współczesnymi procesami stokowymi*, Przegl. Geogr. t. 39, z. 3.
- 1970, *Etat actuel et méthodes de recherches sur les processus morphogénétiques actuels sur le fond des étages climatiques et végétaux dans les Carpates polonaises*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica, vol. 4.
- 1972, *Środowisko geograficzne powiatu krośnieńskiego*, [w:] Krosno — studia z dziejów miasta i regionu, Kraków.
- 1976, *Bombardująca działalność kropel deszczu i jej znaczenie w przemieszczaniu gleby na stokach*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica, vol. 10.
- Gerlach T., Koszarski L., 1968, *Współczesna rola morfogenetyczna wiatru na przedpolu Beskidu Niskiego*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica, vol. 2.
- 1969, *Badania nad pokrywami stokowymi w rejonie silnej współczesnej działalności wiatrów*, Sprawozd. z Posiedz. Komisji Oddziału PAN w Krakowie, styczeń—czerwiec 1968.
- Gerlach T., Koszarski L., Koperowa W., Koster E. A., 1972, *Sédiments lacustres postglaciaires dans la dépression de Jasto — Sanok*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica, vol. 6.
- Gerlach T., Niemirowski M., 1968, *Charakterystyka geomorfologiczna dolin Jaszczce i Jamne w Gorcach*, Studia Naturae, Ser. A, nr 2.
- Gil E., 1964, *Współczesne procesy erozji, transportu i sedymentacji w zlewni Budziszka*, Katedra Geogr. Fiz. Kraków (maszynopis).
- Gil E., 1974, *An attempt to determine the rate of washing in the Bystrzanka catchment basin near Szymbark*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica, vol. 8.
- Gil E., Slupik J., 1972, *The influence of the plant cover and land use on the surface run-off and wash down during heavy rain*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica, vol. 6.
- Gładki H., Madeyski M., 1975, *Transport rumowiska w korycie rzeki Ropy w przekroju Stróża i Proszówki*, Probl. Zagosp. Ziem Górskich.

- Gossmann H., 1970, *Theorien zur Hangentwicklung in verschiedenen Klimazonen (Mathematische Hangmodelle und ihre Beziehung zu den Abtragungsvorgängen)*, Würzburger Geogr. Arb., z. 31, Würzburg.
- Göttinger G., 1907, *Beiträge zur Entstehung der Bergrückenformen*, Geogr. Abhandl. t. 9, Leipzig.
- Grześ M., 1971, *Wstępne wyniki badań nad rolą kropel deszczu w procesie erozji*, Zesz. Nauk. Uniw. im. M. Kopernika w Toruniu, z. 26, Geografia nr 8.
- Hess M., 1965, *Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Inst. Geogr. nr 33.
- Hirsch F., 1962, *Méthode de prevision des débits des cours d'eau par l'analyse morphométrique des réseaux fluviatiles*, Reve de Géomorph. Dynam.
- Horton R. E., 1945, *Erosional development of streams and their Drainage Basins, Hydrophysical approach to quantitative morphology*, Bull. of the Geolog. Soc. of America, vol. 56.
- Hubicki S., 1927, *Zabudowa potoków górskich*, Lwów.
- Jągła S., 1966, *Wstępne badania nad wielkością zmywu gleb w terenach podgórskich i górskich przy różnym ich pokryciu*, Wiadomości IMUZ, t. 6, z. 3.
- Jahn A., 1954, *Denudacyjny bilans stoku*, Czasop. Geogr. t. 25, z. 1—2.
- Jahn A., Cielińska M., 1974, *Ruchy gruntu na stokach Karkonoszy*, Prace Inst. Geogr., Ser. A.
- Jakubowski K., 1968, *Rola płytkich ruchów osuwiskowych zwietrzliny w procesach zboczowych na terenie wschodniego Podhala*, Prace Muzeum Ziemi nr 13.
- Janiga S., 1971, *Deflacyjna rola wiatru w kształtowaniu rzeźby Beskidu Niskiego*, Przegl. Geogr., t. 43, z. 3.
- 1973, *Rola okresu zimowego w przekształcaniu rzeźby w Beskidzie Niskim*. Praca doktorska (maszynopis, Biblioteka WSP, Kraków).
- Jarocki M., 1957, *Ruch rumowiska w ciekach*, Gdynia.
- Jaros S., 1935, *Badania geograficzno-leśne w Gorcach*, Prace Roln. Leś. PAU nr 16, Kraków.
- Just J., Hermanowicz W., 1955, *Fizyczne i chemiczne badania wody do picia i potrzeb gospodarczych*, Warszawa.
- Kaszowski L., 1965, *Współczesne procesy erozji, transportu i sedimentacji rzecznej w zlewni Potoku Tenczyńskiego*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Inst. Geogr. nr 34.
- Kaszowski L., Kotarba A., Niemirowski M., Starkel L., 1966, *Maps of contemporaneous morphogenetic processes in Suthern Poland*, Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. geol. et geogr. t. 14, nr 2.
- King L. C., 1953, *Canons of landscape evolution*, Bull. of the Geol. Soc. of America, t. 64, July nr 7.
- Kirkby M. J., 1971, *Hillslope process-response models based on the continuity equation, Slopes form and process*, London Inst. of British Geogr.
- Klimaszewski M., 1933, *Grzyby skalne na Pogórzu karpackim*, Ochrona Przyrody.
- 1935, *Przyczynek do poznania morfologicznej działalności roztopów wiosennych*, Czasop. Geogr. t. 13, z. 2—4.
- 1953, *Zadania i plan badań geomorfologicznych w Polsce południowej*, Przegl. Geogr. t. 25, z. 2.
- 1961, *Geomorfologia ogólna*, PWN, Warszawa.
- Klus T., 1965, *Wpływ lokalnych warunków na odpływ w wybranych zlewniach górskich*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie nr 25, Ser. Rozprawy, z. 2.
- Kotarba A., 1970, *The morphogenetic role of foehn wind in the Tatra Mts*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica*, t. 4.

- Kostuch R., 1966, *Użytki zielone zlewni Białej Wody*, RNR, Ser. D — 118.
- Książkiewicz M., 1968, *Geologia dynamiczna*, Warszawa.
- Lazar J., 1952, *Badania wstępne nad glebami Karpat fliszowych*, RNR, Ser. A — 66 — 1.
- Leopold L. B., Wolman M. G., Miller J. P., 1964, *Fluvial processes in geomorphology*, San Francisco — London.
- Lewińska J., 1958, *Wiatry ryterskie i rymanowskie*, Przegł. Geofiz. R. 3, z. 1.
- Lityński J., 1962, *Liczbowe systemy klasyfikacji typów pogody i typów cyrkulacji*, Prace PIHM, z. 64.
- Łoziński W., 1909, *O osuwaniu się gliny w Tymowej w brzeskim powiecie*, Sprawozd. Kom. Fizjogr. A.U. nr 43.
- Makkawiejew N. I., 1955, *Rusło rieki i erozja w jeje bassiejnie*, Izd. AN SSSR, Moskwa.
- Matakiewicz M., 1936, *Materiał ruchomy w potokach i rzekach i badanie jego ruchu*, Czasop. Techn. t. 54, nr 1.
- Maultz S., 1972, *Chemizm wód dopływów górnej Wisły*, Folia Geogr. t. 6.
- Medwecka-Kornaś A., Kornaś J., 1968, *Zbiorowiska roślinne dolin potoków Jaszczce i Jamne*, Studia Naturae. Ser. A, nr 2.
- Michalik A., 1970, *Mapa osuwisk Karpat 1:200 000*, Inst. Geol. Oddz. Karpacki, Kraków.
- Miesięczne wykazy spostrzeżeń meteorologicznych stacji Jaworki (za lata 1955—1971)*, Archiwum IMUZ Oddział w Krakowie.
- Miesięczne wykazy spostrzeżeń meteorologicznych stacji: Turbacz, Kamienica, Krośno, Iwonicz Zdrój, Rymanów Zdrój (za lata 1964—1971)*, Archiwum PIHM, Warszawa.
- Mikulski Z., 1961, *Transport zawiesiny mineralnej w rzekach polskich*, Gosp. Wod. z. 10.
- Nagawiecka H., 1966, *Termika wody potoków górskich w Jaworkach kolo Szczawnicy*, RNR, Ser. D — 118.
- Niemirowska J., Niemirowski M., 1968, *Stosunki hydrograficzne zlewni potoków Jaszczce i Jamne*, Studia Naturae, Ser. A, nr 2.
- Niemirowski M., 1974, *Dynamika współczesnych koryt potoków górskich*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Inst. Geogr. nr 56.
- Obrębska-Starkłowa B., 1970, *Mezoklimat zlewni potoków Jaszczce i Jamne*, Studia Naturae, Ser. A, nr 3.
- Parczewski W., 1960, *Klasyfikacja przedziałów prędkości wiatru w zastosowaniu do opracowań klimatycznych i bioklimatycznych*, Przegł. Geofiz. z. 2.
- Pasternak K., 1960, *Gleboznawcza i geologiczna charakterystyka dorzecza rzeki Soły*, Acta Hydrobiol. t. 2, z. 3—4.
- 1968, *Skład chemiczny wody rzek i potoków o zlewniach zbudowanych z różnych skał i gleb*, Acta Hydrobiol. t. 10, z. 1—2.
- 1969, *Szkic geologiczno-gleboznawczy zlewni rzeki Raby*, Acta Hydrobiol. t. 11, z. 4.
- Penck W., 1924, *Morphologische Analyse*, Stuttgart.
- Perelman A. I., 1971, *Geochemia krajobrazu*, PWN, Warszawa.
- Pietruszewski W., 1949, *Zabudowa potoków czy zbiorniki retencyjne*, Gosp. Wod. t. 12, z. 6.
- Pitty A. F., 1971, *Introduction to geomorphology*, London.
- Pol W., 1851, *Rzut oka na północne stoki Karpat*, Kraków.
- Polak S., 1965, *Erozja gleb w obrębie zlewni potoku Brzeźnianka w powiecie Nowy Sącz*, Roczn. Gleboz. t. 15.
- Polak S., Wittek T., 1966, *Wstępne badania nad skutecznością zabiegów prze-*



- ciwerozyjnych na polu doświadczalnym Brzezna, pow. Nowy Sącz, Wiadomości IMUZ, t. 6, z. 3.
- Prochal P., 1968, *Badania nad erozją gleb w terenach górskich*, Katedra Melior. Rol. WSR Lublin, z. 2.
- Pulina M., 1974, *Denudacja chemiczna na obszarach kwasu węglanowego*, Prace Geogr. IG PAN, nr 105.
- Rehman A., 1895, *Ziemie dawnej Polski i sąsiednich krajów słowiańskich opisane pod względem fizyczno-geograficznym*, Część 1: Karpaty, Lwów.
- Reniger A., 1950, *Próba oceny nasilenia i zasięgów potencjalnej erozji gleb w Polsce*, PWRL, Warszawa.
- 1955, *Erozja gleb na terenie podgórskim w obrębie zlewni potoku Łukawica*, RNR, Ser. F-71-1.
- 1957, *Ilość materiału unieszonego ze zlewni podgórskiej rzeki Mleczy*, Gosp. Wod. z. 7.
- Romer E., 1909, *Kilka wycieczek w źródlika Bystrzycy, Łomnicy i Cisy Czarnej*, Kosmos, t. 29.
- Rougerie G., 1963, *Observations qualitatives et précisions qualitatives sur les pertes de substance des versants couverts*, Nachrichten der Akadem. der Wissensch. in Göttingen, nr 2.
- Savigear R. A. G., 1967, *The analysis and classification of slope profile forms*, [w:] *L'évolution des versants*, Colloque Intern. de géomorph. tenu à l'Université de Liège du 8 au 13 juin 1966.
- Sawicki L., 1917, *Osuwisko ziemne w Szymbarku i inne zsuwy powstałe w 1913 r. w Galicji zachodniej*, Rozpr. Wydz. Mat. Przyr. PAU. Ser. A, t. 56.
- Scheidegger A. E., 1974, *Geomorfologia teoretyczna*, PWN, Warszawa.
- Schramm W., 1925, *Zsuwiska stoków górskich w Beskidzie. Wielkie osuwisko w lesie wsi Duszatyn ziemi sanockiej*, Kosmos t. 50.
- Schumm S. A., 1956, *Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy*, New Jersey, Bull. Geol. Soc. Amer. t. 67.
- Sikora W., Żytko K., 1968, *Warunki geologiczne dolin Jaszczce i Jamne*, Studia Naturae, Ser. A, nr 2.
- Simonow J. G., 1971, *Razwitié skłonow w usłowijach chołodnogo riezko kontinentalnogo klimata*, Woprosy Geogr. t. 85.
- Słupik J., 1973, *Zróźnicowanie splywu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich*, Dokument. Geogr. z. 2.
- Słupik J., Gil E., 1974, *The influence of intensity and duration of rain on water circulation and the rate of slope-wash in the flysch Carpathians*, Abh. der Akademie der Wissenschaften in Göttingen.
- Sobolew S. S., 1948, *Razwitiije erozjonnych procesow na tieritorii jewropiejskoj czasti SSSR i borba s nimi*, Moskwa.
- Starkel L., 1960, *Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie*, Prace Geogr. IG PAN nr 22.
- 1969, *L'évolution des versants des Carpates à flysch au Quaternaire*, Biul. Perygl. nr 18.
- 1972, *Charakterystyka rzeźby polskich Karpat i jej znaczenie dla gospodarki ludzkiej*, Probl. Zagosp. Ziem Górskich z. 10.
- Starkel L., Baumgart-Kotarba M., Kramarz K., Niemirowski M., Partyka J., 1973, *Cechy morfologiczne terenów reprezentacyjnych Karpat*, Probl. Zagosp. Ziem Górskich, z. 12.
- Staszic S., 1815, *O ziemiorodztwie Karpatów*, Wyd. Geol., wyd. wznowione, Warszawa, 1955.
- Stecki K., 1934, *Zsuwy ziemne w Beskidzie Zachodnim*, Kosmos t. 59.

- Strahler A. N., 1952, *Hypsometrie analysis of erosional topography*, Bull. Geol. Soc. Am. t. 63, November.
- Strzemiński M., 1966, *Zagadnienie klasyfikacji i nomenklatury nachyleń terenu*, Pam. Puławski, Prace IUNG, z. 22.
- Synteza surowego bilansu wodnego Polski w latach 1951—1965, 1971, Materiały PIHM, Warszawa.
- Śliwa P., 1955, *Osuwisko Bachledzkiego Wierchu w Zakopanem*, Biul. PIG nr 96.
- Swiderski B., 1932, *Przyczynki do badań nad osuwiskami karpackimi*, Przegl. Geogr. t. 12.
- 1938, *Geomorfologia Czarnohory*, Warszawa.
- Swidziński H., 1933, *Prądkki — skałki piaskowca ciężkowickiego pod Krosnem*, Zabytki Przyr. Nieożyw.
- Teisseyre H., 1936, *Materiały do znajomości osuwisk w niektórych okolicach Karpat i Podkarpacia*, Rocznik PTG, 12.
- Timofiejew D. A., Cziczagow W. P., 1972, *Pierwaja sowietskaja monografija o formirowanii sklonow*, Geomorfologia nr 2.
- Tricart J., 1965, *Principes et méthodes de la géomorphologie*. Paris.
- Truszkowska R., Gąsiewicz W., 1963, *Próba oznaczenia na mapach topograficznych w skali 1:25 000 terenów o różnym stopniu nachylenia jako elementu oceny przydatności użytkowej gleb*, Pam. Puławski, Prace IUNG nr 9.
- Welc A., 1972, *Badania nad procesami eolicznymi w zlewni Bystrzanki k. Symbarku w latach 1968—1971*. Stacja Naukowo-Badawcza IG PAN w Symbarku k. Gorlic (maszynopis).
- 1972a, *Transportation of suspended matter in the rivers Ropa and Bystrzanka and magnitude of wash down during the flood in July 1970*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica*, t. 6.
- 1973, *Transport of material carried out from the Bystrzanka catchment area during spring snow melting in 1971*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica*, t. 7.
- Wołek A., 1975, *Zagadnienie nachylenia terenu w rolniczym krajobrazie lessowym*, Prace IUNG (w druku).
- Wood A., 1942, *The development of hillside slopes*, Proc. Geol. Ass.
- Woskriesiński S. S., 1971, *Dinamiczeskaja geomorfologia, formirowanie sklonow*, Izd. MGU, Moskwa.
- Woźniak Z., 1963, *Przebieg i rozmiary współczesnego modelowania zlewni Potoku Bilczyckiego przez procesy denudacyjne*, Dokument. Geogr. z. 5.
- Young A., 1972, *Slopes*, Edinburgh.
- 1974, *The rate of slope retreat*, Spec. Public. nr 7, June, The Inst. of British Geogr.
- Zachar D., 1970, *Erozja Pody*, Bratislava.
- Zawora T., 1967, *Współczesne procesy fluwialne w korycie Hoczewki*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica*, t. 1.
- Ziemnicki S., 1968, *Melioracje przeciwerozyjne*, PWRL, Warszawa.
- Ziemnicki S., Mazur Z., 1955, *Przekrój zbocza jako odzwierciedlenie erozji gleb*, AUMCS, Ser. E-10-3.
- Ziemska Z., 1928, *Próba spostrzeżeń i badań nad erozją wód Wistoka*, *Czasop. Geogr.* t. 6, z. 2—3.
- Zierhoffer A., 1935, *Kilka przykładów działania wód powodziowych w dorzeczu Stryja i Oporu*, *Czasop. Geogr.*, t. 13, z. 3—4.
- Ziętara T., 1968, *Rola gwałtownych ulew i powodzi w modelowaniu rzeźby Beskidów*, Prace Geogr. IG PAN nr 60.
- Zuber R., Blauth J., 1907, *Katastrofa w Duszatynie*, *Czasop. Tech.* t. 25.

## СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ СКЛОНОВ ПОЛЬСКИХ ФЛИШЕВЫХ КАРПАТ

### Резюме

В работе представлены результаты проводившихся в течение нескольких лет исследований по ходу и интенсивности процессов, имеющих место на склонах с растительностью, близкой к естественной (лес, луг), а также на склонах, используемых сельским хозяйством (пахотные поля, пастбища). Основная цель исследований заключалась в определении различий в ходе и интенсивности процессов, происходящих в настоящее время на склонах, между этими средами.

Исследования проводились на территории польских флишевых Карпат, в пределах которых выделяются два крупных района, расположенных в широтном направлении: 1) южный, с типом рельефа, характерным для средних (до 1725 м н. у. м.) и низких гор (с высотами до 1000 м н. у. м.); 2) северный — с рельефом, характерным для возвышенностей, с относительными высотами от около 120 до 300 м. Эти горы и возвышенности построены из флишевых образований мелово-палеогенового возраста. Они характеризуются интенсивной складкообразной тектоникой (многочисленные складки, крупные чешуйчатые складки, чешуи, надвиговые складки). Основные черты рельефа — плиоценового возраста. В плейстоцене рельеф подвергался значительным преобразованиям. Современное моделирование склонов совершается на формах, унаследованных от предыдущих периодов.

В настоящее время на рассматриваемой территории выделяется 5 климатически-растительных ярусов: 1) умеренно теплые, со средними годовичными температурами 8—6°С (лиственные леса — *Tilio-Carpinetum* или *Pino-Quercetum*); 2) умеренно прохладные со средней годичной температурой 6—4°С (смешанные леса — *Fagetum Carpathicum*); 3) прохладные 4—2°С (еловые леса — *Piceetum tatricum*); 4) очень прохладные 2—0°С (горная сосна — *Pinetum mughi carpathicum*); 5) умеренно холодные ниже 0°С (альпийские луга — *Trifido-Distichetum*). Три последних яруса занимают незначительный процент всей территории. Умеренно теплый ярус занят под сельско-хозяйственные угодья, а умеренно прохладный — лесное и животноводческое хозяйства.

Подробные исследования проводились на 3 небольших территориях, представляющих: А. среду с растительностью, близкой к естественной — территория „Яще” (смешанные леса — *Fagetum Carpathicum*), Б. среда с сельскохозяйственными культурами — территория „Яворки” (луга, пастбища, пахотные поля) и территория „Лонжаны” (пахотные поля), рис. 1, табл. 1, 2.

В ходе исследований применялись: 1) подробная геоморфологическая съемка масштабom 1:10000 в генетико-хронологическом аспекте; 2) измерения смыва на склонах: лесистых (табл. 7, 11, рис. 6, 9); покрытых лугами (табл. 18, рис. 13); пастбищами (табл. 19); занятых под сельское хозяйство (рис. 14); 3) картирование и измерение депозиции почвенного ветрового материала на снегу (рис. 17, 20); 4) измерения степени минерализации сточных вод (табл. 12, 20); 5) подробный анализ мощности стратификации и других черт покрывающих склоны отложений (рис. 21, 22).

Для каждой из территорий приводится: 1) характеристика физиографических условий (орография, геологическое строение, климат, растительный покров, почвы, водный режим);

- 2) описание склонов и измерительных пунктов (табл. 5, 15, 16); 3) результаты измерений; 4) выводы относительно хода и интенсивности процессов на склонах.

Календарный год был разделен на 2 полугодия: зимнее (с ноября до апреля) и летнее (с мая до октября). В зимнее полугодие о размерах формирования склонов решает главным образом термический режим (промерзание основания и характер таяния), в летнее — обилие и интенсивность осадков. Годы, когда велись измерения, по сравнению со средними показателями, характеризовались значительной дифференциацией как осадков, так и температур (табл. 6, 17). Типы погоды в отдельные годы определялись осадками и температурой. При их характеристике применялось трехклассовое цифровое деление Литыньского (1962). По этой классификации цифровой символ 22 обозначает средние осадки и температуру за многолетний период, символ 11 — годы с более низкими осадками и температурой по сравнению со средними, символ 33 — годы с большими осадками и более высокой температурой по сравнению со средними, а символы 21, 23, 12, 13, 31, 32 — годы, когда осадки или температура были равны, выше или ниже средних за многолетие.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Среди процессов, формирующих склоны флишевых Карпат в естественных условиях (лес, луг), можно выделить: отпадание, обрывание, сползание, оседание, смывание, выщелачивание и косвенное воздействие ветра, так называемую буреломную сальтацию. Два первых процесса не имеют более существенного значения в этом районе из-за весьма незначительного процента склонов свыше  $45^\circ$ , на которых выступают эти процессы. Сложившиеся склоны ниже  $45^\circ$  с отчетливыми следами сползания и оседания занимают около 4% всей территории Карпат. Эти процессы связаны главным образом с литологией (большая доля сланцев) и тектоникой (наклон слоев песчаника и сланцев под разными углами, сильная трещиноватость), а также с крутизной склонов и, в меньшей мере, — с растительным покровом. Указанные процессы имеют региональное значение. В большинстве случаев они выступают в виде „точек” или линий главным образом на нижних и средних участках склонов и в источниковых воронках. В пределах сложившихся перигляциальных склонов образуются тогда нишеобразные и продолговатые углубления и многочисленные нерегулярные вздутия и понижения. Разнообразные по своей величине и виду формы оползней, в ходе последующего своего развития распространяющейся назад или вбок — расчленяются и понижают выровненные перигляциальные склоны. Усиленная активность сползания и оседания связана с периодами, обильными осадками. Оживление указанных процессов наносит значительный ущерб на дорогах, а также жилым домам и хозяйственным строениям.

Процесс сползания, т. е. медленное движение всего пласта почвы и продуктов выветривания или только их верхней части, не оставляющий никаких заметных следов на поверхности склонов, не играет в настоящее время существенной роли в формировании склонов на рассматриваемой территории. А. Юнг (1974), а также А. Ян и М. Челинская (1974), приводя данные, относящиеся к зоне умеренных климатов (по Юнгу размеры сползания составляют от 0,5 до 11 мм/год, по Яну и Челинской — для территории Карконош в зоне, расположенной выше верхней границы лесов, в среднем 3—6 мм/год), придают этому процессу большое значение для моделирования склонов. Геодезические измерения (1955—1958), проводившиеся с точностью 1 мм на луговых и пастбищных склонах (с наклоном от  $12$  до  $26^\circ$ ) на территории Яворки, дали отрицательный результат (Т. Герлях 1966). В связи с этим было принято, что сползание не имеет в настоящее время большого значения для формирования склонов.

Смывание на лесистых и луговых склонах — это процесс чрезвычайно малопродуктивный, составляющий в среднем всего несколько или около 10 кг/га/год. Это соответствует удалению слоя почвы мощностью от 0,00016 до 0,00039 мм/год (средние за 3 и 7 лет), табл. 11, 18, рис. 9, 13. На лесистых склонах наибольшее количество смываемого материала приходится на летние полугодия — около 80% годовичного смыва (табл. 11). На луговых же склонах более существенное значение для смывания имеют зимние полугодия (табл. 18).

Измерение результатов деятельности падающих капель дождя на склоне со смешанными старыми лесами с очень слабо развитым подлеском показали, что кинетическая энергия падающих капель больше в лесу, чем на склонах, лишенных растительности (табл. 7, 8, рис. 7, 8). На лесистых склонах перемещению подвергаются главным образом органические остатки, а гумусные и минеральные — только в незначительном количестве. Обнажение корней деревьев по склону и большое нагромождение подстилки с противоположной стороны стволов — это результат прежде всего разбрызгивания, а не сточных вод (табл. 9, 10).

Выщелачивание. Вес растворенных солей в стекающих водах составляет около 430 кг/га/год, что влечет за собой понижение склонов на около 0,0172 мм/год (табл. 12, 20). По сравнению со смыванием на лесистых и луговых склонах выщелачивание оказывается в 100 раз больше (табл. 28, 29).

Сравнение веса смытых наносов в виде суспензии и влекомых водами потоков с весом растворенных и смываемых со склонов показывает 3-кратный перевес в пользу суспензии и влекомых наносов. Это свидетельствует о темпах углубления русел и о поступающем развитии долин на этих территориях (табл. 30). Значительное количество долин, углубленных в период голоцена (рис. 2, 10, табл. 3, 13), а также достигающие нескольких метров глубины врезы дорог (рис. 4, 11), указывают на интенсивное членение (фрагментацию) склонов.

Буреломная сальтация — процесс еще малоизученный и количественная его оценка дело трудное. Ее роль для формирования лесистых склонов заключается в перемещении (вместе с корнями вырванных и поваленных деревьев) большого количества (до нескольких сот м<sup>3</sup>/га) почвенных и выветренных слоев вниз по склону на небольшие расстояния. Возникший таким образом характерный своеобразный микрорельеф тарелкообразных углублений и дискообразных или продолговатых вздутий усиливает поверхностную ретенцию на лесистых склонах, затрудняет сток воды, активизируя процессы химического растворения и выщелачивания.

В общем балансе противоположных друг другу процессов, происходящих на лесистых и луговых склонах (т. е. выветривания и образования почвы и удаления перегнойно-минерального слоя и перемещения его вниз) перевес имеет процесс образования почвы, ведущий к постепенному, медленному нарастанию мощности слоя почвы. В результате незначительной интенсивности процессов механического удаления почвы благодаря защитной роли растительного покрова и перегоя активизируются химические и биохимические процессы, ведущие путем растворения и выщелачивания к постоянному значительному удалению из почвы и покровов легкорастворимых элементов и — тем самым, к сокращению их материи, что в конечном эффекте ведет к выравниванию сложившихся склонов. Эта редукция выражается в понижении поверхности склонов на около 0,014 мм/год.

На склонах, занятых под сельскохозяйственные угодья, активность разрушающих почву процессов чрезвычайно сильна. Это относится как к разбрызгиванию, так и к собственно смыванию. Наряду с этим в зимнее полугодие выступают новые процессы, которых нет на склонах с постоянной и плотной растительностью. Это — дефляция и ветровая депозиция, а также гравитационное перемещение под воздействием волокнистого льда.

Самыми главными процессами на склонах, используемых сельским хозяйством, являются: 1) смывание и аккумуляция делювий, а также 2) дефляция и ветровая депозиция. Эти процессы имеют место при благоприятной погоде в зимние (действие ветра, смывание) и летние полугодия (смывание), когда склоны распаханы и лишены плотного растительного покрова.

На склонах с разрыхленной пахотой почвой и лишенных растительного покрова или занятых пропашными культурами (картофель, свекла, овощи) размеры смывания достигают от 1,28 до 9,6 мм/год (рис. 14).

На склонах с хорошо разросшейся озимью размеры смывания составляют 0,004 мм, а на пастбищных — от 0,0002 до 0,0048 мм/год (табл. 19).

Размеры смывания зависят не только от вида растительного покрова, но и от условий погоды в зимние и летние полугодия. В зимнее полугодие после морозной и очень обильной снегом зимы и таяния на промерзшем основании замечается большой смыв — 2,5 мм (рис. 14).

После морозной, но мало обильной снегом зимы и таяния на промерзшей почве, смыв небольшой — 0,04 мм. В летнее — грозовые осадки вызывают очень большое смывание: от 0,4 до 9,6 мм.

В связи с применением в этом районе севооборота (одна и та же сельскохозяйственная культура чередуется на полях примерно через каждые четыре года) приведенные цифры следует отнести не к одному, а к четырем годам, так как в остальные три года пастбищные угодья, разросшаяся озимь довольно действенным образом защищают почву от смывания. Несмотря на четырехкратное сокращение, полученные числа оказываются очень большими: на склонах, занятых под сельское хозяйство, смывание является в несколько сот — до свыше десяти тысяч — раз больше, чем смывание на пастбищных, луговых или лесистых склонах.

Второй очень активный процесс на занятых под сельское хозяйство склонах — это прямое действие ветра. Процесс этот выступает главным образом в зимнее полугодие, когда почва вспахана и лишена растительности. В это время порывистые ветры выдувают почву с ветроударных склонов, откладывая ее на подветренных (рис. 17—20, табл. 22—24). На подветренных склонах, в так называемой аэродинамической тени, измеренные эффекты зональной (рис. 17) депозиции почвенного ветрового материала на снегу составляли от 0 в верхней части подветренного склона до 35 мм несколько десятков метров ниже, постепенно падая до 0 у его подошвы. Приведенные цифры, как и в случае смывания (в связи с севооборотом) следует также отнести к четырем годам.

Подробные исследования и анализ строения склоновых покровов на ветроударных и подветренных склонах (рис. 21, 22) показали, что роль дефляции в разрушении слоя почвы на ветроударных склонах за весь период ведения хозяйства человеком (около 600 лет) составляла 60%, а смывания — 40%. Преобладающая часть (примерно 70%) выдуваемого с ветроударных склонов материала осаждалась на подветренных склонах, образуя агградационный покров (табл. 25—27, рис. 21, 22). В настоящее время формирование склонов рассматриваемом районе совершается путем выравнивания. Закругленные вершины холмов, а также средние и верхние участки ветроударных склонов подверглись понижению, а нижние — оказались надсыпанными и удлиненными. Понижение за около 600 лет достигло 60 см, надсыпка — от 0 до 105 см, удлинение — около 50 м. Основной причиной таких изменений в морфометрии и строении ветроударных склонов была дефляция в их верхней части и намывание — в нижней. Подветренные склоны, за исключением вершинных участков, пониженных (срезанных) дефляцией, оказались надстроенными и удлиненными. Удлинение достигло около 33 м, надсыпка — от 15 до 115 см. Причина таких изменений заключалась в эоловой депозиции на более высоких участках склонов и делювиальной — у их подошвы.

Кроме удлинения и выравнивания склонов вследствие дефляции и смывания, была обнаружена еще одна тенденция — передвижение, „странствование” склонов соответственно с направлением преобладающих сильных ветров. Это передвижение — процесс очень медленный, а его последствием является асимметрия мощности покровов. Таким образом в зоне умеренного влажного климата развитие склонов, занятых под сельское хозяйство, наряду с выравниванием в какой-то мере напоминает развитие склонов на эоловых территориях.

Решающее значение для размеров смывания (малое, среднее, большое) и его дифференцированного хода (участок деградации, переноса, депозиции) имеет геометрия форм. О ряде же величин (эвакуации, депозиции на отдельных участках склона) решает тип растительного покрова. В естественных условиях (лес, луг) имеются различия в размерах и ходе смывания в зависимости от геометрии форм (о чем свидетельствует большая мощность почв на отдельных участках склона), но они выражаются минимальными значениями ряда нескольких, и максимальными ряда нескольких десятков кг/га/год. Что же касается склонов с такими же геометрическими, почвенными и климатическими параметрами, но лишенных прочного растительного покрова, то дифференциация смывания в одни сезоны и дефляции — в другие выступает очень отчетливо: размеры же указанных процессов выражаются другим рядом величин, достигая нескольких и даже несколько сот тонн/га/год. Так разница в интенсивности процессов, разрушающих почвенно-дресвовые пласты, наблюдаемая между скло-

нами с естественной или близкой к естественной растительностью и занятыми под сельское хозяйство склонами оказывается в крайних случаях тысячекратной.

На основании отношения склонов к местным денудационным базам, т. е. к сети дна долин, можно судить о количестве поставки материала со склонов в русла. В случае прямых и выпуклых склонов, непосредственно спускающихся в русла, поставка будет большой. В случае же выпукло-вогнутых — поставка материала со склонов в русла проходит в значительно ограниченных размерах. Это зависит от отношения выпуклого участка к вогнутому. Чем больше вогнутый участок, тем меньше поставка в русла.

На возделываемых склонах, без применения агротехнических средств, в верхних и средних участках склонов слой перегноя, а также более низкие горизонты почвенного профиля подвергаются быстрой деградации вследствие смывания и дефляции. На таких участках поверхность склонов обогащается скелетным материалом, затрудняющим смывание и дефляцию. В таких условиях дальнейший ход смывания и дефляции зависит от развития процессов выветривания. Уменьшение мощности пласта почвы на выпуклых участках ведет к более быстрому стоку воды с этих участков и увеличению смывания ниже, на вогнутых участках. Когда вогнутый участок достигнет русла потока или реки, дальнейшее его развитие будет зависеть от перемещения склонового материала водой, протекающей по дну долин. В случае, когда поставка материала со склонов на дно долин окажется больше возможности его отвода, развитие склонов будет проходить путем выравнивания — нисходящее развитие. В случае же большего отвода материала дном долин, чем его поставки со склонов, будет иметь место восходящее развитие склонов.

Эти общие закономерности в ходе и интенсивности процессов смывания и дефляции на склонах, занятых сельским хозяйством, подвергаются значительным модификациям вследствие применения агротехники, севооборотов и различных технических мероприятий. Обработка земли, совпадающая с наклоном склона, многократно увеличивает интенсивность процессов, а не совпадающая с наклоном — многократно уменьшает интенсивность этих процессов и ведет к образованию микрорельефа сельскохозяйственных террас. Этот микрорельеф дифференцирует и уменьшает на около 40% процессы деградации почв.

С точки зрения рационального использования склонов, которые в горах и на возвышенностях занимают самое большое пространство, сельскохозяйственные угодья следует значительно ограничивать в пользу лесов, пастбищ и садов. Это защитит склоны от вредной денудации почв и снижения их производительности, а также обеспечит большую влагоемкость почвы на осадковые и талые воды. Благодаря подземному стоку этих вод в потоки и реки, уменьшится амплитуда между уровнем воды во время неженей и паводков.

*Перевел Даниэль Хорович*

ПОЛЬСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ  
ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ  
КРАКОВ

## PRESENT-DAY SLOPE DEVELOPMENT IN THE POLISH FLYSCH CARPATHIANS

### Summary

This work presents the results of many year studies of hillslope processes in a nearly natural environment with a dense cover of vegetation (woodland, grassland) and in farm land (cultivated fields, pastures). It was the chief aim of those examinations to determine both the course and the intensities of present-day hillslope processes in the two different kinds of environment.

Studies were undertaken in the Polish flysch Carpathians which comprise two great units: a southern region of both intermediate mountains (up to 1725 m above sea level) and low mountains (up to 1000 m a.s.l.), and a northern upland region having a relief of 120 to 300 m. Both units consist of intensively folded flysch strata which range in age from Cretaceous to Paleogene. The main relief features date from the Pliocene. They were considerably refashioned in Pleistocene times. Today hillslope modelling takes place on landforms inherited from earlier periods.

At the present time, five vertical zones of climate are expressed in the discussed area, namely: 1) the temperate warm zone (mean annual temperatures of 6–8°C, deciduous forests — *Tilio Carpinetum* or *Pino-Quercetum*); 2) the temperate cool zone (mean annual temperature of 4–6°C, mixed forests — *Fagetum Carpathicum*); 3) the cool zone (mean annual temperature of 2–4°C, spruce forests *Piceetum tatricum*); 4) the very cool zone (mean annual temperature of 0–2°C, dwarf pine — *Pinetum mughi carpathicum*), and 5) the moderately cold zone (mean annual temperature below 0°C, alpine meadows — *Trifido-Disticetum*). The latter three zones occupy a relatively small proportion of the total area. In the temperate warm zone agriculture predominates, whereas the temperate cool zone favours forests and a livestock type of farming.

Detailed examinations were carried out in three small areas which represent: A) an environment retaining its nearly natural vegetation, i.e. the „Jaszczce” area (mixed forests — *Fagetum carpathicum*), and B), an environment of cultivated plants, i.e. the „Jaworki” area (grassland, pastures, tilled land) and the „Łęczany” area — tilled land (Fig. 1, Tab. 1, 2).

The following methods were adopted: 1) 1:10 000 geomorphological mapping based on genetic — chronologic principles; 2) slope wash measurement on wooded slopes (Tab. 7, 11, Fig. 6, 9), grass covered slopes (Tab. 18, Fig. 13), pasture slopes (Tab. 19), cultivated slopes (Fig. 14); 3) mapping and measurement of soil material deposited by wind over snow (Fig. 17, 20); 4) measurement of the concentration of dissolved salts in runoff water (Tab. 12, 20), and 5) detailed analyses of the depths, stratification and other features of the slope coverings (Fig. 21, 22).

The description of each of the study areas includes: 1) characteristics of



physiographic conditions (orography, geologic structure, climate, vegetative cover, soils, water conditions); 2) description of hillslopes and observation spots (Tab. 5, 15, 16); 3) results of measurement, and 4) conclusion concerning both course and intensities of hillslope processes.

The calendar year was subdivided into two halfyears: the winter halfyear (XI — IV) and the summer halfyear (V — X). In the winter halfyear, the rate of hillslope modelling is determined primarily by the thermal regimen (frozen ground, type of snowmelt), in the summer halfyear it is controlled by the rainfall amount and intensities. Data for the years of measurement compared with the means for many year periods show considerable variations in precipitation and temperature (Tab. 6, 17). The weather types for the individual years were characterized by using precipitation and temperature data as a basis. These were arranged in Litynski's (1962) three numeric classes. According to this classification, symbol 22 indicates mean precipitation and mean temperature for the many year period, symbol 11 refers to years with precipitation and temperature lower than that of the many year period, symbol 33 designates years with precipitation and temperature higher than that of the many year period, symbols 21, 23, 12, 13, 31 and 32 indicate years with precipitation and temperature similar, higher or lower than the means of the many year period.

#### RESULTS OF STUDY

In the Polish flysch Carpathians, under natural conditions (forest, grassland) one may distinguish the following hillslope processes: rockfall, big boulder fall, sliding, slumping, creep, slope wash, leaching and indirectly the activity of wind or saltation by fallen (uprooted) trees. The foregoing two processes are less effective in the area considered because hillslopes above 45° are limited in extent. Mature slopes up to 45° which show distinct traces of sliding, slumping, and creep occupy some 4 per cent of the total area. These processes are controlled chiefly by lithology (greater share of shales), by tectonics (varying dips of the densely fissured sandstones and shales) and by steep slope gradients, and to a less extent by the vegetative cover. The above processes are of a regional importance and occur mostly on the lower and mid slopes, and in the valley heads. As a consequence, on the mature periglacial slopes crescent and elongated scars, and numerous irregular bulges and depressions are produced. Landslides of different dimensions and shapes may extend backward and at their sides causing fragmentation and lowering of the graded slopes. The high intensities of sliding, slumping and creep being particularly destructive to roads and buildings are attributed to periods of abundant precipitation.

Creep which is defined as the slow movement of the whole soil and waste cover or of its upper part — usually imperceptible on the hillslope surface — is of no importance in the present fashioning of hill slopes in the area examined. A. Young (1974), A. Jahn and M. Cielińska (1974) who gave data for the temperate zone believe creep is very important in the moulding of hillslopes. After Young, the corresponding rates are 0,5 to 11 mm per annum. According to Jahn and Cielińska, the mean is 3 to 6 mm annually above the tree line in the Karkonosze Mts. Geodetic measurement, accurate to within 1 mm, which was made in 1955—1958 on the grass covered and pasture slopes (up to 12° and 26°) in the Jaworki area revealed that creep was nil there (T. Gerlach 1966). Thus it is concluded that today creep is of no significance in the moulding of hillslopes.

Slope wash on the wooded and grass covered slopes is an extremely little effective process, and it may average about several kg/ha/year. This corresponds

to the annual removal of a soil layer, 0,00016 to 0,00039 mm thick — means for three and seven years (Tab. 11, 18, Fig. 9, 13). On the wooded slopes about 80 per cent of the annual rate of slope wash was noted in the summer half of the year (Tab. 11), whereas on the grass covered slopes wash was greatest in the winter half of the year (Tab. 18). Measurement of the raindrop effect (splash) on a hillslope carrying a mixed old forest, where the thicket, together with the brushwood and herbaceous layer was poorly developed, revealed that in the forest the kinetic energy of falling raindrops exceeds that on the barren cultivated slopes (Tab. 7, 8, Fig. 7, 8). On the wooded slopes, raindrops remove largely organic remains and only small quantities of humus and mineral particles. Tree roots bared downwards and great accumulations of forest litter on the opposite trunk side are chiefly due to splash and less to the activities of runoff water (Tab. 9, 10).

Leaching. The weight of dissolved salts in the runoff water is about 430 kg/ha/year. This corresponds to the overall lowering of hillslopes of 0,0172 mm annually (Tab. 12, 20). Thus, leaching is about 100 times as great as slope wash on the wooded and grass covered slopes (Tab. 28, 29).

A comparison of the weights of suspended and dragged materials (bed load) with those of both dissolved salts and material removed by slope wash shows that the quantities of suspended and dragged materials exceed three times those of the remaining ones. This points to both high rates of channel deepening and ascending valley development in the above areas (Tab. 30). Numerous valleys that were cut deeper in Holocene times (Fig. 2, 10, Tab. 3, 13), together with the holwegs, several metres deep (Fig. 4, 11), indicate intense fragmentation of the hillslopes.

Saltation by fallen (uprooted) trees. Little is known of its nature and it is difficult to give quantitative estimates. This process is important in the moulding of wooded slopes in causing the removal of great amounts (up to several hundred cubic metres per hectare) of soil and waste materials, together with the roots of falling trees over short distances down the slope. Thus a characteristic micro-relief is produced. It includes saucer-like depressions, and shield-like or elongated mounds which increase surface retention of the wooded slopes, impede runoff, and revive chemical dissolution and leaching.

The general balance of the counteracting processes of both weathering and soil formation, and those of removal and transport of the humus and mineral particles down the wooded and grass covered slopes is a positive one. It accounts for the gradual slow increase in the soil layer depth. The protective blanket of vegetation and forest litter under which the processes of mechanical soil removal are less important has a favourable effect on the chemical and biochemical processes. Through dissolution and leaching the easily solvent components are permanently removed from both soil and slope coverings causing their reduction in volume. This brings about the flattening of mature slopes. It also involves a lowering of the hillslope surface at the rate of 0,014 mm annually.

On the cultivated hillslopes, the soil destruction processes including splash and true slope wash are very strong. Furthermore, in the winter halfyear there appear new processes which do not affect the slopes protected by a cover of permanent and dense vegetation. These are deflation, eolian deposition and the gravitational displacement of soil particles by needle ice.

The most important processes that attack the cultivated hillslopes include: 1) slope wash and accumulation of deluvia, and 2) deflation and deposition by wind. These processes proceed under favourable weather conditions in the winter halfyear (eolian activities and slope wash) and in the summer halfyear (slope wash) when the hillslopes are ploughed and unprotected by a dense cover of vegetation.

Barren slopes with soils disturbed by plough and slopes in row crops (potato, beet, vegetable) are affected by slope wash at the rate of 1,28 mm to 9,6 mm annually (Fig. 14).

The comparative rates of slope wash on hillslopes in well developed wintercrops are 0,004 mm, whereas on pasture slopes they are 0,0002 to 0,0048 mm annually (Tab. 19).

The effectiveness of slope wash depends on the kind of vegetative cover and on the weather conditions prevailing in the winter halfyear and in the summer halfyear. In the winter halfyear, a severe winter with a deep snow cover which later on melts on frozen ground is followed by intense slope wash — 2,5 mm (Fig. 14). After a severe winter with a thin snow cover which later on melts on frozen ground the rates of slope wash are low (0,04 mm). In the summer halfyear, heavy downpours of rain produce severe slope wash (0,4 to 9,6 mm).

The above data are representative of four years because of a 4-year crop rotation in this area. It means that a given field is under the same type of cultivated plants every four years. In the remaining three years, greenland and well developed wintercrops sufficiently protect the soil against slope wash. Although the rates have been reduced four times, the obtained data are very high. They show that on the cultivated slopes washing is from a few hundred to a few thousand times as fast as that on slopes occupied by grassland or forests. On the cultivated hillslopes the other vigorous process is the direct activity of wind. It proceeds chiefly in the winter halfyear when the soil is ploughed and unprotected by vegetation. Strong winds blow then away the soil particles on the windward sides to lay them down on the lee sides (Fig. 17—20, Tab. 22—24). In the aerodynamic shelter the amounts of soil material deposited by wind over snow were zero on the upper lee slope. They increased to 35 mm some scores of metres downwards, and decreased gradually to zero at the slope foot (Fig. 17). The above data also refer to the 4-year period because of crop rotation.

Detailed examinations of slope coverings on the windward- and lee sides (Fig. 21, 22) revealed that on the windward side soil destruction was due to deflation as much as 60 per cent over the 600 year period of man's activities. The remaining 40 per cent were the result of slope wash. Some 70 per cent of the soil material blown away on the windward side was laid down on the lee side to form the aggradational covering (Tab. 25—27, Fig. 21, 22). Today the moulding of hillslopes tends toward flattening there. The rounded hilltops, together with the mid- and upper windward slopes were lowered whereas the lower slopes were built up and their length extended. The estimated rate of slope lowering is 60 cm per 600 years. The corresponding data for upbuilding are from zero to 105 cm, and for increased lengths they are about 50 m. Such changes in the morphometry and structure of the windward sides are chiefly due to deflation on the upper slopes and to accumulation of deluvia on the lower slopes. The lee sides (except the hilltops truncated by wind) were built up (from 15 to 115 cm), and their lengths increased about 33 m, a result of eolian deposition on the upper slopes and of deluvial accumulation at the foot of slope.

Attention is also given to the tendency toward slope migration in the direction of dominant strong winds. This is a very slow process leading to the asymmetry of slope covering structure. Thus in the humid temperate zone the development of hillslopes which generally tends toward flattening may also resemble that of dunes.

The intensities of slope wash (slight, moderate, strong) and its different course in the degradational, transitional and depositional sectors are determined by the geometry of hillslopes, whereas the rates of both removal and deposition

of the soil and waste materials in each of the slope sectors vary with the vegetation type. On the wooded and grass covered slopes, the existing differences in the effectiveness and course of soil wash being related to the geometry of hillslopes are evidenced by the locally increased soil depths. On those hillslopes, the soil is washed away at maximum rates of a few tens kg/ha/year. However, hillslopes with the same geometric, soil and climatic parameters but without a permanent cover of vegetation show distinct differences in the seasonal distribution of slope wash and deflation. Their rates being of a quite different order range from a few to a few hundred tons/ha/year. On the cultivated slopes, in extreme cases the soil and waste destruction processes are about thousand times as intense as those on hillslopes clothed with a natural or nearly natural vegetation.

By considering the relation of hillslopes to the local bases of denudation, i.e. the network of valley floors it is possible to calculate the amounts of slope material discharged into the stream channels. Supply will be great where straight and convex hillslopes directly reach the channel. In the case of convex-concave hillslopes it will be restricted and depend on the relationship between convex sectors and concave sectors. The supply of slope material into the channels decreases as the slope concave in plan extends in length.

On the cultivated upper and mid slopes to which agrotechnical practices are not adapted both the humus layer and the lower soil profile horizons are rapidly degraded, the result of slope wash and deflation. The hillslope surface becomes enriched then in skeletal material which retards destruction by hillslope processes. Under such conditions the further course of slope wash and deflation depends on the progress of weathering processes. In the convex sector, reduction in soil depth brings about an increase in runoff. It also accelerates slope wash in the lower concave sectors. The further development of the concave sector that reaches the stream channel will depend on the removal of slope material by running water. If the discharges of slope-derived material into the valley bottom exceed the rates of removal, then the development of hillslopes tends toward flattening (descending development). If the removal of slope-derived material in the valley bottom predominates over their supply, then the ascending development of slopes takes place.

These general rules of both course and intensities of slope wash and deflation on the cultivated slopes are being considerably modified by agrotechnics, crop rotation and various technical treatments. Tillage up and down the slope increases markedly the intensities of hillslope processes, whereas tillage across the slope reduces them and produces field terraces. Because of this microrelief slope wash is modified and soil degradation reduced, about 40 per cent.

From the standpoint of rational use of the hillslopes which in the mountains and uplands occupy the greatest area such relief elements should be cultivated in a smaller extent and retired to woodland, grassland and orchards. This will prevent the hillslopes from both dangerous soil degradation and decrease in soil productivity. It also will insure a great retention capacity for the rain — and snowmelt waters which draining underground into the rivers will reduce the amplitudes between low flows and peak flows.

Polish Academy of Sciences  
Institute of Geography and  
Spatial Organization  
Physical Geography Department  
Cracow

*Translated by Sylwia Gilewska*

102. Matusik M., *Próba typologii i regionalizacji rolnictwa na obszarze Dolnego Powiśla*. 1973, s. 152, 30 ilustr., 6 fot., zł 32,—
103. Ziemońska Z., *Stosunki wodne w polskich Karpatach Zachodnich*. 1973, s. 124, 23 ilustr., zł 25,—
104. Drozdowski E., *Geneza Basenu Grudziądzkiego w świetle osadów i form glacialnych*. 1974, s. 139, 41 ilustr., 17 fot., zł 32,—
105. Pulina M., *Denudacja chemiczna na obszarach krasu węglanowego*. 1974, s. 159, 52 ilustr., 10 fot., zł 36,—
106. Baumgart-Kotarba M., *Rozwój grzbietów górskich w Karpatach fli-szowych*. 1974, s. 136, 39 ilustr., 16 fot., 3 zał. za opaską, zł 40,—
107. Tyszkiewicz W., *Rolnicze użytkowanie ziemi a formy własności i rozmiary gospodarstw rolnych na Kujawach*, 1974, s. 127, 17 ilustr., zł 30,—
108. Leszczycki S., *Problemy ochrony środowiska człowieka*. 1974, s. 88, 7 ilustr., 4 wkł. zł 22,—
109. Gawryszewski A., *Związki przestrzenne między migracjami stałymi i dojazdami do pracy oraz czynniki przemieszczeń ludności*. 1974, s. 155, 18 ilustr., zł 35,—
110. Żurek S., *Geneza zabagnienia Pradoliny Biebrzy*. 1975, s. 107, 28 ilustr., 22 fot., 10 wkładek pod opaską, zł 30,—
111. Jankowski W., *Land use Mapping, Development and Methods*. 1975, s. 111, zł 35,—
112. Dramowicz K. K., *Symulacja cyfrowa i analiza systemowa 'w badaniach procesów urbanizacji wsi (model gromady Biała Stara, powiat płocki)*. 1975, s. 110, 38 ilustr., zł 38,—
113. Żurek A., *Struktura przestrzenna przepływów ludności miast woj. kieleckiego*. 1975, s. 112, 33 ilustr., zł 25,—
114. Froehlich W., *Dynamika transportu fluwialnego Kamienicy Nawojowskiej*. 1975, s. 122, 54 ilustr., 12 fot., zł 35,—
115. Harasimiuk M., *Rozwój rzeźby Pagórów Chełmskich w trzeciorzędzie i czwartorzędzie*. 1975, s. 108, 43 ilustr., 14 fot., zł 26,—
116. Węclawowicz G., *Struktura przestrzeni społeczno-gospodarczej Warszawy w latach 1931 i 1970 w świetle analizy czynnikowej*. 1975, s. 120, 41 ilustr., zł 35,—
117. Praca zbiorowa. *Rozmieszczenie i migracje ludności a system osadniczy Polski Ludowej (w druku)*
118. Szczepkowski J., *Struktura przestrzenna regionu bydgosko-toruńskiego. Ewolucja i dynamika (w druku)*
119. Wiśniewski E., *Rozwój geomorfologiczny doliny Wisły pomiędzy Kotliną Płocką a Kotliną Toruńską*. 1976.
120. Kotarba A., *Współczesne modelowanie węglanowych stoków wysokogórskich (na przykładzie Czerwonych Wierchów w Tatrach Zachodnich)*. 1976.
121. Wójcik Z., *Charakterystyka siedlisk polnych na pogórzu Beskidu Niskiego metodami biologicznymi (w druku)*

### Ważniejsze dostrzeżone błędy druku

strona	wiersz	jest	powinno być
24	2 od g.	... sturly area	... study area
33	11 od d.	(II kolumna tabeli) 15 cm glina lekkka... (III kolumna tabeli) 10 cm glina średnia...	> 15 cm glina lekka... > 10 cm glina średnia
54	1 od d.	Rozmiary splukiwania...	Rates of slope wash on grass covered slopes 1956—1958 and 1968—1971
65	15 od d.	Pionowe linie tabeli przesunięte	Linie powinny być wyrównane
70	14 od d.	... L. Koczarski 1969,	... L. Koszarski 1969,
77	16 od g.	+62.305	+62,205
105	17 od g.	... et precisions qualitatives...	... et precisions quantitatives...

Cena zł 30.—

T. GERLACH, WSPÓŁCZESNY ROZWOJ STÓRÓW W POLSKICH KARPATACH FLISZOWYCH