POLSKA
AKADEMIA
NAUK

PL ISSN 0012-5032

INSTYTUT GEOGRAFII
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

# WSPÓŁCZESNE PROCESY MORFOGENETYCZNE W POLSCE
## WYBRANE ZAGADNIENIA

POD REDAKCJĄ
ADAMA KOTARBY

ROK 1990 ZESZYT 1

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

## WYKAZ ZESZYTÓW
## PRZEGLĄDU ZAGRANICZNEJ LITERATURY GEOGRAFICZNEJ
**za ostatnie lata**

**1986**

1-2 **Geografia kultury**, s. 114, zł 240,–
3-4 **Geografia behawioralna**, s. 98, zł 240,–

**1987**

1 **Społeczna geografia medyczna**, s. 156, zł 240,–
2 **Teledetekcja w rolnictwie**, s. 203, zł 240,–
3-4 **Śródziemnomorska Konferencja Międzynarodowej Unii Geograficznej. Hiszpania 1986**, s. 116, zł 480,–

**1988**

1 **Współczesna geografia francuska**, cz. I, s. 204, zł 240,–
2-4 **Współczesna geografia francuska**, cz. II, s. 274, zł 480,–
4 **Próby ujęć globalnych**, s. 200, zł 240,–

**1989**

1 **Problemy standaryzacji nazw geograficznych**, s. 132, zł 360,–
2 **Geografia percepcji**, s. 219, zł 1000,–

http://rcin.org.pl

# WSPÓŁCZESNE PROCESY MORFOGENETYCZNE W POLSCE

## WYBRANE ZAGADNIENIA

http://rcin.org.pl

POLISH ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL
ORGANIZATION

# PRESENT-DAY GEOMORPHIC PROCESSES IN POLAND CHOSEN PROBLEMS

EDITED BY ADAM KOTARBA

YEAR 1990 FASC. 1

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

http://rcin.org.pl

POLSKA
AKADEMIA
NAUK

INSTYTUT GEOGRAFII
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

# WSPÓŁCZESNE PROCESY MORFOGENETYCZNE W POLSCE WYBRANE ZAGADNIENIA

POD REDAKCJĄ
ADAMA KOTARBY

ROK 1990 ZESZYT 1

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

http://rcin.org.pl

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny: Jerzy Grzeszczak
Członkowie: Maria Ciechocińska, Tadeusz Gerlach,
Alina Potrykowska, Józef Skoczek, Władysława Stola
Sekretarz: Maria Mozolewska-Adamczyk

Adres Komitetu:

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania
Polskiej Akademii Nauk
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa

Maszynopis niniejszego numeru przekazano Wydawcy 13 czerwca 1989

Redaktor Wydawnictwa Hanna Jurek

Redaktor techniczny Adam Przylibski

*Printed in Poland*

Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo. Wrocław 1990.
Objętość: ark. wyd. 6,20, ark. druk. 5,25, ark. A1-7.
Wrocławska Drukarnia Naukowa. Zam. 4524/89.

http://rcin.org.pl

SPIS TREŚCI

Adam Kotarba – Postęp metodyczny w badaniach współczesnych procesów morfogenetycznych . . . . . 7
Andrzej Kostrzewski, Zbigniew Zwoliński – Denudacja chemiczna i mechaniczna w zlewni górnej Parsęty w roku hydrologicznym 1986 . . . . . 13
Mieczysław Sinkiewicz – Przydatność panchromatycznych zdjęć lotniczych w kartowaniu form i osadów związanych z denudacją antropogeniczną na polach uprawnych w okolicy Torunia . . . . . 31
Tadeusz Ciupa – Dynamika transportu i uziarnienie rumowiska wleczonego Białej Nidy 51
Jerzy Bieroński – Antropogeniczne uwarunkowania procesów denudacyjnych w zlewni Łomniczki (Karkonosze, Sudety) . . . . . 70
Present-day geomorphic processes in Poland, chosen problems – summary . . . . . 79
Современные морфогенетические процессы в Польше. Избранные вопросы – резюме 82

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

ADAM KOTARBA
(Kraków)

# POSTĘP METODYCZNY W BADANIACH WSPÓŁCZESNYCH PROCESÓW MORFOGENETYCZNYCH

Badania współczesnych procesów morfogenetycznych (zwanych również procesami geomorficznymi) były podejmowane wielokrotnie w studiach geomorfologicznych i geologicznych, lecz systematyczne pomiary ich przebiegu i natężenia rozpoczęto dopiero w latach pięćdziesiątych naszego stulecia. Jedno z podstawowych pytań w tym okresie brzmiało: jakie jest tempo procesów i jaki jest bilans denudacyjny wielkich dorzeczy położonych w różnych strefach klimatycznych. Klasyczne studia J. Corbela, podjęte przez wielu badaczy dały ogólny pogląd na wielkość erozji i denudacji ziemskiej, a w różnych obszarach określono wskaźniki ilościowe. W wielu pracach podjęto próby ilościowego określenia roli poszczególnych, mierzalnych procesów w bilansie ogólnym. Lawinowo narastająca liczba danych została wykorzystana w podręcznikach akademickich. Mapy skonstruowane dla świata są graficznymi syntezami (Strakhov 1967; Fournier 1960). Podjęto nawet próbę określenia wpływu warunków środowiskowych na zróżnicowanie intensywności procesów w skali stref klimatycznych, próbę opartą na literaturze światowej (Saunders, Young 1983). Powstają jednak pytania, czy cytowane dane są reprezentatywne dla większych obszarów, w jakim stopniu pokazują wynik pomiaru odnoszący się do jednego miejsca (punktu) oraz czy lokalna zmienność nie jest większa niż zmienność określona dla różnych stref klimatycznych? Inne pytanie dotyczy możliwości transponowania posiadanych danych ilościowych na większe obszary. Pojawiły się również próby określenia relacji istniejących między działającym procesem (procesami) a zmianą kształtu formy. Określano tendencje rozwojowe stoków używając w tym celu szczegółowych, a także i punktowych wskaźników tempa procesów, obliczone z dokładnością do kilku miejsc po przecinku, w których pierwsza cyfra nie zerowa znajdowała się na drugim lub trzecim miejscu po przecinku. Często nie zdawano sobie sprawy z niebezpieczeństwa, które niesie taka manipulacja nielicznymi danymi pomiarowymi, zwłaszcza w sytuacjach, gdy nie przejmowano się dokładnością metody pomiarowej, a ustalanie granic błędu wyników pomiarów do dzisiaj nie jest stosowane w procedurze obliczeniowej.

http://rcin.org.pl

Powrót do bardziej realistycznego patrzenia na rzeczywistość przyrodniczą nastąpił w momencie, gdy dostrzeżono, że czas jako parametr fizyczny odgrywa ogromną rolę, co wyraża się w jego różnym znaczeniu rzeźbotwórczym uwarunkowanym występowaniem na przemian procesów zwanych ekstremalnymi lub katastrofalnymi (Starkel 1972; Selby 1974), wyzwalanych podczas przekraczania wartości progowych, oraz rozdzielających je procesów działających powolnie, ale w długich przedziałach czasowych. W tej dyskusji niezwykle ważny stał się głos M. J. Selbyego (1974) na temat roli procesów występujących bezpośrednio po zjawiskach ekstremalnych (ang. *form adjustment*). Dzisiaj wiemy, że badając procesy morfogenetyczne musimy określić, w jakiej fazie znajduje się badana forma lub zespół form, mając na uwadze ogólnie akceptowany pogląd, że w przyrodzie istnieje równowaga dynamiczna, metastabilna w skali dziesiątków lat (Chorley, Kennedy 1971). Należy więc określić czy okres badania procesów przypada na fazę występowania wartości progowych, fazę „poprogową", bądź fazę charakteryzującą się stanem stałym. W ten sposób pomiary procesów znajdują odniesienie do konkretnych form rzeźby oraz stopnia ich stabilności.

Rozważanie problemu zróżnicowanego tempa działania procesów w czasie oraz wielu innych problemów geomorfologii dynamicznej wymaga stałego ulepszania istniejących metod i technik pomiarowych oraz wprowadzania nowych. Samo określenie tempa działania procesów w chwili obecnej nie wystarcza. Znacznie ważniejsze stało się badanie mechanizmu procesów oraz określanie relacji między procesami i formami w dłuższych odcinkach czasu. Dlatego tak istotnym staje się postępowanie badawcze zmierzające do poznania procesów intensywnych, a równocześnie krótkotrwałych i decydujących o kształcie form oraz procesów powolnych zacierających ten kształt. Określanie powtarzalności zdarzeń ekstremalnych i prawdopodobieństwa ich występowania na studiowanym obszarze stało się koniecznością.

Badania procesów morfogenetycznych w Polsce mają dobrą tradycję, gdyż polscy badacze kładli podwaliny pod współczesną geomorfologię dynamiczną (Jahn 1961; Gerlach 1958: Czeppe 1966). Przyjmując za J. B. Thornesem (1985), że istnieją trzy rodzaje metodyk badawczych, a mianowicie: a) dążenie do ustalenia ewolucji form przez odtwarzanie przeszłych procesów; b) studiowanie przestrzennych i czasowych zmian procesów (wielkość i częstotliwość zdarzeń); c) studiowanie zależności między formą i procesem, to tylko dwie ostatnie są przedmiotem naszych szczegółowych zainteresowań. Opierają się one na pracach terenowych prowadzonych w dłuższych okresach (np. Stacja Badawcza Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Szymbarku, we Frycowej i na Hali Gąsienicowej), lecz tylko nieliczne serie pomiarowe przekraczają okres 20 lat (np. pomiary spełzywania pokryw stokowych prowadzone przez A. Jahna w Sudetach).

Podstawy Teoretyczne zostały stworzone w Komisji Geomorfologicznych Eksperymentów terenowych Międzynarodowej Unii Geograficznej w latach siedemdziesiątych (Slaymaker, Rapp, Dunne 1978). Krótkie omówienie zasad

http://rcin.org.pl

eksperymentu terenowego przedstawili A. Kotarba, M. Kłapa, Z. Rączkowska (1983).

W ramach Centralnego Programu Badań Podstawowych 03.13 „Ewolucja środowiska Geograficznego Polski", realizowanego w latach 1986–1990, działa grupa tematyczna „Współczesne procesy geomorfologiczne i hydrologiczne w typowych środowiskach naturalnyh i zmienionych przez człowieka". Grupa skupia zespoły prowadzące badania stacjonarne na obszarach niżowych, wyżynnych i górskich. Uczestniczą w nich prócz pracowników Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Krakowie i Toruniu, zespoły badawcze z Uniwersytetów: w Warszawie, Toruniu, Poznaniu, Wrocławiu oraz z Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Kielcach. Badania są prowadzone w beskidzkich stacjach naukowych w Szymbarku, we Frycowej (Homerka) i na Hali Gąsienicowej w Tatrach (IGiPZ PAN Kraków), w stacji w Storkowie na Pomorzu Zachodnim (UAM Poznań) oraz na obszarach testowych w dolinie dolnej Wisły w otoczeniu Zbiornika Włocławskiego (Stacja w Dobiegniewie, IGiPZ PAN Toruń). Ponadto założono systemy instalacji pomiarowych w zlewni Łomniczki w Karkonoszach (Uniwersytet Wrocławski), w wyżynnej zlewni Białej Nidy (WSP Kielce) i w zlewni górnej Szeszupy na Pojezierzu Suwalskim (Uniwersytet Warszawski).

Postęp metodyczny, który jest „conditio sine qua non" dla osiągnięcia postępu merytorycznego w dążeniu do poznania przestrzennej i czasowej zmienności procesów, jest umiarkowany. Brak profesjonalnego sprzętu pomiarowego, który istnieje w krajach zachodnich, zmusza polskich geomorfologów do używania prostych tradycyjnych urządzeń i ich modyfikacji. Braki w technicznym wyposażeniu uzupełnia się poprzez konstrukcje własnego pomysłu. Praktycznie nie istnieje eksperyment laboratoryjny prowadzony równolegle z odpowiednimi badaniami terenowymi. Nie zapewnia nam ta sytuacja wysokiej pozycji w porównaniu z geomorfologami Europy Zachodniej, lecz pozwala, chociaż z coraz większym trudem, nawiązywać z nimi dyskusje naukowe, a sporadycznie nawet dochodzi do współpracy.

O postępie w badaniach współczesnych procesów morfogenetycznych w Polsce w ostatnich latach świadczą następujące fakty:

1. **Zastosowano ogólną teorię układów** (systemów) w badaniach denudacji zlewni. W zlewni górnej Parsęty prowadzone są badania procesów na podstawie cholleyowskiej koncepcji systemu denudacyjnego i teorii Bertallanffy'ego (1984). A. Kostrzewski wraz z zespołem pracowników Instytutu Badań Czwartorzędu Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu zmierza do poznania nie tylko budowy wewnętrznej systemu zlewni, lecz również współoddziaływań między elementami systemu. Celem tych badań jest określenie ilościowych relacji dotyczących obiegu energii i materii oraz opracowania bilansu materialnego, a być może i energetycznego zlewni jako systemu denudacyjnego. Szeroki program badań uwzględnia metody instrumentalne przy pomiarze elementów meteorologicznych, hydrologicznych, cech hydrochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych oraz pomiaru spływu

http://rcin.org.pl

powierzchniowego oraz spłukiwania. W badaniach tych jest wyraźnie eksponowane poznanie natury współoddziaływania subsystemu fluwialnego i stokowego. Ten kierunek badawczy jest realizowany również w górskiej zlewni fliszowej przez W. Froehlicha (1982).

2. Podjęto **studia nad źródłami zasilania zlewni w produkty wietrzenia** oraz określeniem **dróg transportu zwietrzelin** od wododziału do koryta, a następnie wzdłuż cieków.

Wieloletnie badania W. Froehlicha, E. Gila i J. Słupika doprowadziły do sformułowania wielu istotnych wniosków na temat transformacji opadu w odpływ, roli zlewni cząstkowych oraz dróg polnych w dostawie zwietrzelin do koryta głównego. Zastosowanie polowego eksperymentu geomorfologicznego umożliwiło dokonanie ilościowej wyceny roli poszczególnych procesów, w tym również erozji rozbryzgowej (Froehlich, Słupik 1980; Froehlich 1986). Ten kierunek badawczy jest obecnie realizowany w stacjach naukowych działających w obrębie rzeźby nizinnej (zespoły uniwersyteckie Poznania i Torunia), wyżynnej (WSP Kielce) oraz górskiej (w stacjach IGiPZ PAN w Karpatach oraz uniwersytecki zespół z Wrocławia w zlewni Łomniczki w Karkonoszach).

3. Z powodzeniem zastosowano **porównanie kartograficznych materiałów archiwalnych** i współczesnych oraz **pomiary geodezyjne** w badaniach dynamiki rzeźby.

Szczególnie przydatne są te studia przy ocenie dynamiki koryt rzecznych (np. Baumgart-Kotarba 1983; Soja 1985). Badania współczesnych procesów stokowych i fluwialnych uwarunkowanych wybudowaniem zbiornika wodnego w rejonie Włocławka na Wiśle dały podstawę do wielu syntetycznych uogólnień. Powyżej i poniżej zapory zastosowano różne metody i techniki pomiarowe. Zespół pracowników Zakładu Geomorfologii i Hydrologii Niżu IGiPZ PAN w Toruniu wykorzystuje zarówno plany batymetryczne koryta Wisły z przełomu XIX i XX w. oraz kilku okresów XX w. dla porównania z obrazem aktualnym, metody geodezyjne są zaś użyte w celu określenia tempa erozji, transportu i sedymentacji. Studiuje się tempo i kierunki przemian zboczy doliny Wisły pod wpływem ruchów masowych (Babiński 1982, Banach 1977).

4. Zastosowano **analizę zdjęć lotniczych** do wyróżniania stref degradacji i agradacji w małych zlewniach.

Szczególnie interesujące są próby oceny przestrzennej zmienności denudacji zwanej antropogeniczną, tj. denudacji wzmożonej wskutek zabiegów agrotechnicznych. W badaniach prowadzonych w okolicach Torunia przez pracowników Instytutu Geografii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika wykorzystano multitemporalne panchromatyczne zdjęcia lotnicze do analizy form i osadów stokowych na wysoczyźnie morenowej. Stosując mikrofotometr oraz minikomputer analizuje się rozkład gęstości optycznej obrazu powierzchni Ziemi. Analiza fototonów jest podstawą do wydzielania stref degradowanych i agradowanych, a analiza profilów glebowych, sporadycznie datowanych za pomocą metody radiowęglowej dostarcza danych do oceny tempa działania procesów. Wyniki badań M. Sinkiewicza są prezentowane w niniejszym tomie.

http://rcin.org.pl

5. Wprowadzono **techniki rozwinięte w innych dyscyplinach** naukowych w celu określenia rodzaju i wieku zwietrzelin na stokach i w korytach rzecznych oraz tempa ich obiegu w zlewni.

Oprócz technik wcześniej wprowadzonych do badań geomorfologicznych, zaczerpniętych m.in. z hydrochemii (np. Janiec 1987), znacznego postępu metodycznego i merytorycznego oczekuje się w związku z zastosowaniem cezu – 137, jako uniwersalnego wskaźnika intensywności współczesnych procesów morfogenetycznych. Wprowadzenie do środowiska przyrodniczego sztucznych izotopów promieniotwórczych podczas prób z bronią jądrową i termojądrową dało podstwę do rozwinięcia na światową skalę badań nad denudacją zlewni oraz źródłami dostawy zwietrzelin do koryt i transportu fluwialnego na podstawie zawartości izotopu $^{137}Cs$ na różnych powierzchniach. Kilkuletnia współpraca W. Froehlicha ze Stacji Obserwacyjnej IGiPZ PAN we Frycowej z D. E. Wallingiem (Uniwersytet w Exeter, Wielka Brytania) pozwala sformułować pierwsze wnioski na temat źródeł dostawy zwietrzelin do koryta oraz dróg krążenia zwietrzelin w zlewniach fliszowych Karpat. Studia takie podjęto również w obrębie młodoglacjalnej rzeźby nizinnej w Stacji Naukowej Instytutu Badań Czwartorzędu UAM (Stach 1988).

6. Dostrzeżono **antropogeniczne uwarunkowania dynamiki** współczesnych procesów.

Przyspieszenie tempa procesów denudacji chemicznej i mechanicznej pod wpływem zanieczyszczeń środowiska staje się problemem szczególnie istotnym z gospodarczego punktu widzenia. Dotyczy to wprowadzenia do środowiska sztucznych składników chemicznych poprzez nawożenie oraz emisję gazów i pyłów pochodzących z odległych ośrodków przemysłowych. Badania wpływu nawożenia na bilans denudacji chemicznej prowadzi A. Welc w Stacji Naukowej IGiPZ PAN w Szymbarku, katastrofalne zaś przemiany rzeźby stoków i degradacji pokryw są przedmiotem szczegółowych studiów zespołu Instytutu Geograficznego Uniwersytetu Wrocławskiego w Karkonoszach.

Prace zamieszczone w niniejszym tomie były wykonywane w ramach programu CPBP.03.13. Zamieszczenie ich w jednym wydawnictwie ma na celu udokumentowanie tezy, że w badaniach współczesnych procesów morfogenetycznych obserwuje się postęp metodyczny i merytoryczny pomimo istniejących trudności. Prezentujemy wyniki badań nad przestrzenną i czasową zmiennością denudacji chemicznej i mechanicznej uzyskane przy zastosowaniu monitoringu prowadzonego w Stacji Naukowej UAM w Storkowie (A. Kostrzewski, Z. Zwoliński). Druga praca wykonana również w obrębie rzeźby młodoglacjalnej północnej Polski dokumentuje przydatność technik fotograficznych przy ocenie degradacji pokryw. Są więc obie prace komplementarne względem siebie. Praca T. Ciupy demonstruje ważne, w skali badań polskich, podejście do zagadnienia stabilności koryt wyżynnych w świetle transportu rumowiska wleczonego. Praca zamykająca tom, napisana przez J. Bierońskiego, nie zawiera wprawdzie szczegółowych wyników badań autora, lecz uświadamia nam stan zagrożenia ekologicznego gór południowej Polski

http://rcin.org.pl

i zmusza do pilnego uwzględnienia wpływu antropizacji na przebieg naturalnych procesów. Ten kierunek badań będzie niewątpliwie dominował w najbliższych latach w wielu pracach geomorfologicznych.

## LITERATURA


Babiński Z., 1982, *Procesy korytowe Wisły poniżej zapory wodnej we Włocławku*, Dok. Geogr., 1/2.

Banach M., 1977, *Rozwój osuwisk na prawym zboczu doliny Wisły między Dobrzyniem a Włocławkiem*, Pr. Geogr., IGiPZ PAN, 124.

Baumgart-Kotarba M., 1983, *Kształtowanie koryt i teras rzecznych w warunkach zróżnicowanych ruchów tektonicznych (na przykładzie wschodniego Podhala)*, Pr. Geogr., IGiPZ PAN, 145.

Bertallanffy L., 1984, *Ogólna teoria sytemów. Podstawy, rozwój, zastosowania*, PWN, Warszawa.

Chorley R. J., Kennedy B. A., 1971, *Physical Geography: A. System Approach*, London, Prentice – Hall International.

Czeppe Z., 1966, *Przebieg głównych procesów morfogenetycznych w południowo-zachodnim Spitsbergenie*, Pr. Geogr., IG UJ, 24.

Fournier F., 1960, *Climat et érosion: La relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitation atmosphériques*, Paris.

Froehlich W., 1982, *Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwietrzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej*, Pr. Geogr. IGiPZ PAN, 143.

– 1986, *Influence of the slope gradient and supply area on splash*, Z. Geomorph. N. F. Suppl.-Bd.60.

Froehlich W., Słupik J., 1980, *Importance of splash in erosion processes within a small flysch catchment basin*, Studia Geomorph. Carpatho-Balc., 14.

Gerlach T., 1958, *Wstępne badania nad intensywnością współczesnych procesów denudacyjnych w Jaworkach k. Szczawnicy*, Roczn. Nauk Roln., 72, Ser. F. 3.

Jahn A., 1961, *Quantitative analysis of some periglacial processes in Spitsbergen*, Zesz. Nauk. Uniw. Wrocł., Ser. B, 5.

Janiec B., 1987, *The role of precipitation waters in decalcification of loesses in Western Roztocze (the catchment area of the upper Sanna river)*, Geographia Polon., 53.

Kotarba A., Kłapa M., Rączkowska Z., 1983, *Procesy morfogenetyczne kształtujące stoki Tatr Wysokich*, Dok. Geogr., 1.

Saunders I., Young A., 1983, *Rate of Surface Processes on Slopes, Slope Retreat and Denudation*, Earth Surface Processes and Landforms, 8, 5.

Selby M. J., 1974, *Dominant geomorphic events in landform evolution*, Bull. Int. Assoc. Engng Geol., 9.

Slaymaker O., Rapp A., Dunne T., 1978, *Field instrumentation and geomorphological problems*, Z. Geomorph. Suppl. 29.

Soja R., 1985. *Mountain channel deepening related to water discharge. CNR – PAN Meeting*, Progress in mass novement and sediment transport studies. Problems of recognition and prediction. Torino, December 5-7, 1984.

Stach A., 1988, *Zastosowanie cezu – 137 w badaniach współczesnych procesów morfogenetycznych*, Spraw. Poznań. Tow. Przyj. Nauk, 105, 1986. Wydz. Mat.-Przyr., Poznań.

Starkel L., 1972, *The role of catastrophic rainfall in the shaping of the relief of the Lower Himalaya (Darjeeling Hills)*. Geographia Polon., 21.

Strakhov N. M., 1967, *Principles of lithogenesis*, vol. I. Consultants Bureau, N. Y. Oliver and Boyd, London.

Thornes J. B., 1985, [w:] *Geomorfologia dynamiczna. Metody badania procesów*, PWN, Warszawa.


http://rcin.org.pl

ANDRZEJ KOSTRZEWSKI, ZBIGNIEW ZWOLIŃSKI
(Poznań)

# DENUDACJA CHEMICZNA I MECHANICZNA W ZLEWNI GÓRNEJ PARSĘTY W ROKU HYDROLOGICZNYM 1986

## WPROWADZENIE

Współczesny system denudacyjny północno-zachodniej Polski określany jest przez procesy dominujące i drugorzędne. Czasowy i przestrzenny układ tych procesów jest efektem uwarunkowań o charakterze planetarnym, regionalnym i lokalnym (Kostrzewski 1986). Wewnętrzne zróżnicowanie regionalne sprawia, że obszar północno-zachodniej Polski obejmuje kompleks systemów połączonych ze sobą złożonym układem powiązań. Hierarchiczny układ systemów zależy od przyjętego kryterium podziału. W badaniach denudacji chemicznej i mechanicznej na obszarze północno-zachodniej Polski jako podstawę podziału przyjęto układ zlewni. Takie założenie sprzyja określeniu jakościowemu i ilościowemu przepływu energii i materii w całym systemie denudacyjnym (zlewni głównej) i jego subsystemach (zlewniach cząstkowych).

Od 1981 r. prowadzone są badania denudacji chemicznej i mechanicznej w zlewni górnej Parsęty, traktowanej jako system oraz w zlewniach cząstkowych uznanych za subsystemy (Kostrzewski, Zwoliński 1984, 1985 a, b, c, d, e, 1987 a, b, w druku a, b, c, d, e). Położenie badanego systemu zlewni górnej Parsęty w strefie młodoglacjalnej Pomorza Zachodniego określa jego bilans energetyczny i materialny. Podstawowym założeniem metodologicznym realizowanego programu badawczego jest stwierdzana prawidłowość, że rodzaj i ilość materiału, przepływającego przez profil zamykający zlewnię, jest odbiciem aktualnych procesów geomorficznych w zlewni oraz korycie rzecznym (Froehlich 1982; Gregory, Walling 1973; Knighton 1984; Richards 1982; Simons, Ward, Li 1979). Na podstawie powyższych założeń i serii powtarzalnych pomiarów terenowych prowadzonych w roku hydrologicznym 1986, przedstawiono poniżej wybrane wyniki badań nad systemem denudacyjnym górnej Parsęty.

http://rcin.org.pl

## OBSZAR BADAŃ

Przedstawiony we wprowadzeniu problem badawczy realizowany jest na obszarze zlewni górnej Parsęty, zamkniętej profilem wodowskazowym w Storkowie. Zlewnia obejmuje obszar 73,36 km$^2$, przy długości rzeki 13 km. Zlewnię tę uznano jako reprezentatywną dla strefy młodoglacjalnej Pomorza Zachodniego, jak również dla obszaru Niżu Polskiego.

W celu poznania zmienności przestrzennej i czasowej denudacji chemicznej i mechanicznej wydzielono 10 zlewni cząstkowych. Zlewnie cząstkowe mają zróżnicowaną powierzchnię (0,398 – 26,05 km$^2$) oraz zróżnicowaną morfologię, litologię, gleby, pokrycie i użytkowanie terenu. Kontrolą w zakresie zmienności denudacji chemicznej i mechanicznej objęta jest zlewnia górnej Parsęty jako cały system denudacyjny oraz ważniejsze zlewnie cząstkowe jako subsystemy.

## METODYKA BADAŃ

Do określenia tempa denudacji chemicznej i mechanicznej w zlewni górnej Parsęty wyznaczono 11 stanowisk pomiarowych, zamykających następujące zlewnie: źródeł Parsęty, rowu melioracyjnego, Dalęcińskiego Potoku, Skalneńskiego Potoku, Żegnicy, Leśnego Potoku, Suchego Potoku, Krętacza, Kłudy, Młyńskiego Potoku, górnej Parsęty – Storkowo. Na wymienionych stanowiskach, w odstępach 4 tygodni, przeprowadzono pomiary hydrometryczne i pobierano próbki wody do analiz laboratoryjnych. Ponadto, na profilu wodowskazowym Parsęty w Storkowie, dokonywano codziennych odczytów stanu wody oraz pobierano próbki wody.

Pomiary hydrometryczne wykonano za pomocą młynka lub metodą pływakową w zależności od wielkości koryta. Próbkę wody na określenie materiału zawieszonego pobierano batometrem butelkowym i przesączano przez sączki średnie. Dla określenia materiału rozpuszczonego mierzono przewodność właściwą wody na konduktometrze N 572.

## WAŻNIEJSZE UWARUNKOWANIA FUNKCJONOWANIA WSPÓŁCZESNEGO SYSTEMU DENUDACYJNEGO W ZLEWNI GÓRNEJ PARSĘTY

Funkcjonowanie współczesnego systemu denudacyjnego zlewni górnej Parsęty podporządkowane jest uwarunkowaniom, szczególnie o charakterze regionalnym. Poznanie tych uwarunkowań jest niezbędne do właściwego określenia natury i funkcjonowania systemu zlewni górnej Parsęty. Dane dotyczące uwarunkowań oparte są na badaniach terenowych oraz częściowo na materiałach archiwalnych.

http://rcin.org.pl

## ZMIENNOŚĆ WARUNKÓW POGODOWYCH

Wyjaśnienie dynamiki czasowej funkcjonowania współczesnych procesów morfogenetycznych wymaga przede wszystkim poznania ich zależności od przebiegu warunków pogodowych w różnych skalach czasowych. Temperatura powietrza oraz warunki opadowe najsilniej oddziałują na funkcjonowanie współczesnego systemu denudacyjnego strefy umiarkowanej.

Temperatura dobowa powietrza w roku hydrologicznym 1986 wahała się w granicach −17,6 i 24,5°C, a średnia roczna wynosiła 6,7°C. Najchłodniejszym miesiącem był luty, najcieplejszym natomiast — lipiec. Z kolei suma opadów wyniosła 632,5 mm, z czego 25,2% stanowiły opady śnieżne. Większość opadów (351,4 mm) spadło w półroczu letnim. Najwięcej opadów zanotowano w sierpniu (14,5%), a najmniej w lutym (1,0%)

Porównując powyższe dane z danymi wieloletnimi 1963—1982, zauważa się dobrą reprezentatywność okresu badawczego jako okresu z przeciętnymi warunkami pogodowymi. Średnia roczna suma opadów atmosferycznych wynosiła 609,9 mm, przy czym najwięcej opadów było rejestrowanych od czerwca do sierpnia, a najmniej — w styczniu i lutym. Średnia roczna dobowa temperatura powietrza wynosiła 7,1°C. Analogiczne miesiące były odpowiednio najcieplejszymi i najchłodniejszymi w wieloleciu.

## CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW HYDROLOGICZNYCH

Wody pełnią ważną funkcję w obiegu materii w obrębie systemu denudacyjnego zlewni górnej Parsęty. Za ich pośrednictwem odbywa się krążenie substancji rozpuszczonych i cząstek stałych. Charakter i czas krążenia wód zlewni decyduje o wielkości dostawy i przenoszeniu materiału rozpuszczonego i zawieszonego w obrębie stoków zlewni, jak i w korycie rzecznym.

Codzienne przepływy Parsęty w profilu wodowskazowym w Storkowie w roku hydrologicznym 1986 wahały się w granicach 0,29—3,17 $m^3s^{-1}$, a średnio wynosiły 0,75 $m^3s^{-1}$. W przebiegu rocznym zaznaczyła się wyraźna różnica pomiędzy wielkością przepływów w półroczu zimowym i letnim. W pierwszym półroczu były wszystkie znaczące wezbrania, natomiast okres letni cechował się głębokimi i długimi niżówkami (odpowiednio średnie przepływy 1,01 i 0,49 $m^3s^{-1}$). Analiza przepływów i warunków meteorologicznych pozwala stwierdzić, że zasilanie w zlewni górnej Parsęty w półroczu zimowym miało charakter deszczowo-śnieżno-gruntowy, a w półroczu letnim — gruntowo-deszczowy.

Powyższe dane dobrze korelują z danymi dla wielolecia 1960—1979 rejestrowanymi na profilu wodowskazowym w Starym Chwalimiu (6 km poniżej Storkowa). Dla wzmiankowanego 20-lecia średni roczny przepływ wyniósł 0,88 $m^3s^{-1}m$ przy czym w półroczu zimowym i letnim wynosił odpowiednio 1,04 i 0,71 $m^3s^{-1}$. Najniższe przepływy notowane były od czerwca do września, najwyższe zaś — w grudniu i od lutego do kwietnia.

http://rcin.org.pl

## STRUKTURA UŻYTKOWANIA GRUNTÓW

Pośród względnie stałych uwarunkowań charakteru i intensywności procesów denudacyjnych istotne znaczenie ma struktura użytkowania i pokrycie terenu. Ważny jest tu zarówno udział i przestrzenne rozmieszczenie poszczególnych użytków, rodzaj dominującej uprawy, jak i takie cechy, jak układ pól i dróg w stosunku do rzeźby oraz sieci hydrograficznej itp.

Dla obszaru zlewni górnej Parsęty, tak jak dla całego obszaru strefy marginalnej fazy pomorskiej na Pomorzu, charakterystyczny jest mozaikowy układ użytków. Dominującą rolę odgrywa tu rzeźba i związana z nią litologia i gleby. Grunty orne (43,4%) zlokalizowane są przede wszystkim na obszarach moreny dennej, a tam gdzie rzeźba to umożliwia, także i czołowej. Użytki zielone (12,1%) związane są głównie z obszarami gruntów organicznych w dużych zagłębieniach wytopiskowych i dolinach. Las (33,1%) obejmuje tereny sandrów oraz wszystkie te miejsca, gdzie – ze względu na rzeźbę – inna działalność gospodarcza jest utrudniona.

Południowe i wschodnie obszary zlewni użytkowane są rolniczo. Sporo jest tu zadrzewień śródpolnych i niewielkich zagłębień bezodpływowych o wysokim poziomie wód gruntowych – nieużytków lub łąk. Od północnego-wschodu na południowy-zachód poprzez środek zlewni biegnie pas lasów. W południowo-wschodniej części zlewni znajduje się jedno z największych na Pomorzu torfowisk wysokich – Chwalimskie Bagno (Żukowski 1962). Jest ono w znacznym stopniu zdewastowane przez wielkoobszarową i długotrwałą eksploatację torfu (użytki kopalniane zajmują 2,5% powierzchni zlewni). Na północy zlewni znajduje się drugi duży kompleks użytków rolnych związany z moreną denną falistą. Obszar ten jest ograniczony od północnego zachodu pasem lasów związanych z doliną Parsęty.

## PRZEBIEG DENUDACJI CHEMICZNEJ I MECHANICZNEJ W ZLEWNI GÓRNEJ PARSĘTY

Zlewnie cząstkowe oddziałują na funkcjonowanie całego systemu denudacyjnego górnej Parsęty. Suma tych oddziaływań jest kontrolowana w profilu wodowskazowym w Storkowie, zamykającym całą zlewnię górnej Parsęty. Uzyskane wyniki badań są wypadkową wszystkich uwarunkowań środowiskowych zlewni górnej Parsęty, a także informują o czasowej intensywności procesów denudacyjnych na powierzchniach stokowych całej zlewni.

### CHEMIZM WÓD RZECZNYCH

Na całkowity ładunek jonów w wodach rzecznych składają się komponenty denudacyjne i pozadenudacyjne (Kostrzewski, Zwoliński 1985). Komponenty denudacyjne pochodzą z rozpuszczania podłoża zlewni przez kwaśne wody opadowe lub zasadowe wody gruntowe. Komponenty pozadenudacyjne są

http://rcin.org.pl

wprowadzane do obiegu wody w zlewni przez opady atmosferyczne i gospodarczą działalność człowieka. O tempie denudacji chemicznej świadczy ilość składników pochodzenia naturalnego.

Górna Parsęta pod względem mineralizacji wód jest rzeką o średnim stopniu zmineralizowania (średnio 302 mg $dm^{-3}$), a chemizm jej wód jest charakterystyczny dla słodkich wód śródlądowych. Średni skład jonowy układa się w szereg malejący:

kationy: $Ca^{++} > Na^{+} > Mg^{++} > K^{+}$,
70,1 > 6,3 > 5,8 > 2,9 mg $dm^{-3}$,
aniony: $HCO_3^{-} > SO_4^{--} > Cl^{-}$,
191,8 > 29,4 > 10,2 mg $dm^{-3}$.

Powyższe szeregi dobrze korespondują z szeregami dla poszczególnych zlewni cząstkowych. Koncentracja głównych jonów pochodzących z podłoża jest proporcjonalna do ogólnej mineralizacji wód. W zlewniach cząstkowych górnej Parsęty średnie roczne koncentracje materiału rozpuszczonego zmieniały się w zakresie od 259 dla Kłudy do 516,9 mg $dm^{-3}$ dla źródeł Parsęty. Oprócz obszaru źródłowego Parsęty, we wszystkich pozostałych zlewniach wyższe koncentracje występowały w półroczu letnim.

Wielkość mineralizacji ogólnej, jak i zawartość jonów w wodach Parsęty uwarunkowana jest czynnikami środowiskowymi (utwory powierzchniowe, pokrycie terenu, użytkowanie, nawożenie). Tempo ługowania jonów z podłoża zależy natomiast od aktualnych warunków pogodowych, głównie opadów. W cyklu rocznym koncentracja jonów i materiału rozpuszczonego ulegała zróżnicowanym wahaniom. Zaobserwowano, że najniższe wartości koncentracji materiału rozpuszczonego oraz jonów wodorowęglanowych, wapniowych i sodowych występują podczas kulminacji przepływów, gdy rzeka zasilana jest głównie spływami powierzchniowymi. Spływy te pochodzenia roztopowego i opadowego powodują znaczne rozcieńczenie roztworu w korycie rzecznym (Johannessen, Wright 1980; Kostrzewski, Zwoliński 1986 d; Tlałka 1967; Suzuki 1984; Webb, Walling 1983). Maksymalne stężenia tych jonów oraz mineralizacji ogólnej, przypadają zaś na okres letnich i zimowych niżówek. Rzeka zasilana jest wówczas wodami gruntowymi, które ze względu na dłuższy czas krążenia są silniej zmineralizowane niż wody powierzchniowe.

## DENUDACJA W ZLEWNIACH CZĄSTKOWYCH

Obliczone wskaźniki denudacyjne metodą hydrometryczną (Pulina 1974, Kostrzewski, Zwoliński 1984, 1985) pozwalają prześledzić przestrzenną i czasową zmienność denudacji chemicznej i mechanicznej w zlewniach cząstkowych. Subsystemy denudacyjne górnej Parsęty charakteryzują się przestrzennym zróżnicowaniem procesów denudacyjnych (tab. 1). Jest ono odbiciem zróżnicowanych warunków morfologicznych, litologicznych i hydrologicznych. Pomimo to wskaźniki denudacyjne zlewni cząstkowych zadowalająco



http://rcin.org.pl

Tabela 1

Tempo denudacji chemicznej i mechanicznej w zlewniach cząstkowych górnej Parsęty (w t $km^{-2}a^{-1}$)

| Zlewnia | Denudacja chemiczna | | | | | Denudacja mechaniczna | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | min | max | XI–IV | V–X | rok | min | max | XI–IV | V–X | rok |
| Źródła Parsęty | 100,4 | 412,1 | 277,8 | 178,4 | 231,9 | 0,01 | 49,9 | 10,5 | 4,5 | 7,7 |
| Rów melioracyjny | 46,1 | 343,2 | 207,8 | 82,4 | 149,9 | 0,75 | 68,5 | 17,4 | 3,1 | 10,8 |
| Dalęciński Potok | 19,6 | 220,8 | 116,3 | 62,5 | 91,5 | 0,04 | 18,4 | 6,8 | 2,0 | 4,6 |
| Skalneński Potok | 6,2 | 127,3 | 73,9 | 19,0 | 48,6 | 0,03 | 16,8 | 6,8 | 0,5 | 3,9 |
| Żegnica | 4,6 | 204,4 | 95,4 | 22,6 | 61,8 | 0,03 | 59,8 | 14,5 | 1,0 | 8,3 |
| Leśny Potok | 179,2 | 1217,1 | 701,5 | 553,8 | 633,3 | 3,98 | 217,4 | 56,9 | 16,2 | 38,1 |
| Suchy Potok | 2,8 | 299,1 | 184,2 | 72,9 | 132,8 | 0,06 | 12,8 | 5,0 | 3,8 | 4,4 |
| Krętacz | 258,9 | 995,7 | 525,5 | 492,1 | 510,1 | 1,46 | 67,5 | 39,0 | 29,3 | 34,5 |
| Kłuda | 29,6 | 135,6 | 101,0 | 62,6 | 83,5 | 1,07 | 16,6 | 6,8 | 6,8 | 6,8 |
| Młyński Potok | 14,4 | 300,1 | 177,5 | 72,1 | 128,9 | 0,06 | 15,6 | 5,0 | 2,1 | 3,7 |
| Parsęta – Storkowo | 44,4 | 285,4 | 119,6 | 66,1 | 92,6 | 0,05 | 691,0 | 14,8 | 2,7 | 8,7 |

http://rcin.org.pl

oddają charakter procesów denudacyjnych kontrolowanych na profilu w Storkowie.

Jedynie dwie zlewnie o najwyższych tempach denudacji chemicznej i mechanicznej — Krętacz i Leśny Potok — są zlewniami, w których lokalna sytuacja hydrogeologiczna mocno podwyższa wielkości wskaźników. Zlewnie te mają specyficzny obieg wody, polegający na zdecydowanej przewadze zasilania gruntowego z głębokiego podłoża z możliwością dodatkowego wydatnego zasilania spoza obszaru wyznaczonej zlewni topograficznej. Poza tym zlewnie te są jednymi z najmniejszych subsystemów oraz mają słabo rozwiniętą sieć cieków.

W zlewniach większych występuje mniejsze prawdopodobieństwo zawyżenia faktycznej wartości chemicznej i mechanicznej. Po pierwsze, mają one mniejsze wartości energii rzeźby, a po drugie posiadają lepiej rozwiniętą sieć dopływów. Ponadto w zlewniach tych „uśredniają" się wszelkie uwarunkowania i oddziaływania środowiskowe mające znaczenie w przebiegu oraz natężeniu procesów denudacyjnych. Najmniejszą efektywnością denudacyjną cechują się zlewnie Dalęcińskiego i Skalneńskiego Potoku oraz Żegnicy i Kłudy, a więc największe subsystemy górnej Parsęty.

Zlewnie cząstkowe górnej Parsęty, choć mają odmienne czasoprzestrzenne wielkości denudacji, wynikające z ich indywidualności środowiskowej, to jednak w sposób wystarczający odzwierciedlają naturę i rozmiary procesów denudacyjnych w całej zlewni górnej Parsęty.

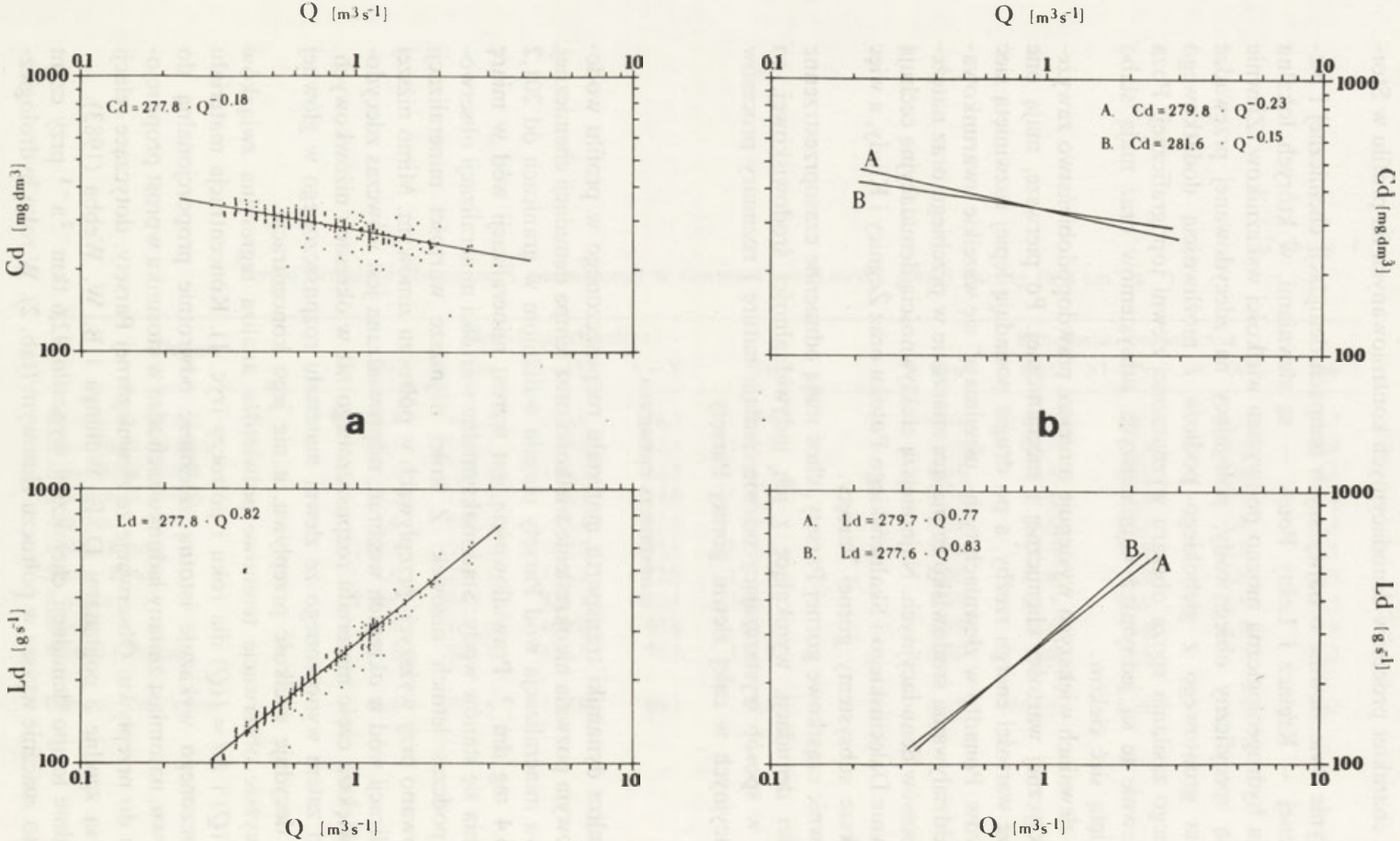
## DENUDACJA CHEMICZNA

Analiza dynamiki transportu materiału rozpuszczonego w profilu wodowskazowym pozwala na określenie wielkości oraz tempa denudacji chemicznej. Dobowa mineralizacja wód Parsęty ulegała wahaniom w granicach od 201,2 do 366,4 mg $dm^{-3}$. Prawidłowością jest wzrost mineralizacji wód w miarę obniżania się stanów wody. Stąd maksymalne wartości mineralizacji obserwowano podczas letnich niżówek. Z kolei najniższe wartości mineralizacji rejestrowano przy wyższych przepływach w półroczu zimowym. Mimo niższej mineralizacji wód w okresach wezbrań, odprowadzana jest wówczas zdecydowanie większa część materiału rozpuszczonego niż w okresach niżówkowych. O ilości zatem wynoszonego ze zlewni materiału rozpuszczonego w głównej mierze decyduje wielkość przepływu, a nie jego koncentracja.

Powyższe obserwacje terenowe potwierdza analiza regresyjna związków $Cd = f(Q)$ i $Ld = f(Q)$ dla roku i półroczy (ryc. 1). Koncentracja materiału rozpuszczonego wykazuje istotną zależność odwrotnie proporcjonalną do przepływu, natomiast zmiany ładunku zachodzą w stosunku wprost proporcjonalnym do przepływu. Obserwacje ze zlewni górnej Parsęty, dotyczące relacji $Cd$-$Q$, są zgodne z poglądami D. E. Wallinga i B. W. Webba (1983).

Średnie tempo denudacji chemicznej wynosiło 92,6 $tkm^{-2}a^{-1}$ przy czym było ono znacznie wyższe w półroczu zimowym (tab. 2). W roku hydrologicz-

http://rcin.org.pl




Ryc. 1 Zależności między koncentracją (*Cd*) i ładunkiem (*Ld*) materiału rozpuszczonego a przepływem (*Q*) wód górnej Parsęty w Storkowie dla roku hydrologicznego 1986 (a) i półroczy (b): zimowego (A) i letniego (B)

Fig. 1 Relationships between dissolved material concentration (*Cd*) as well as load (*Ld*) and discharge (*Q*) of the upper Parsęta River as Storkowo for the hydrological year 1986 and (a) for winter (A) and summer (B) half-years (b)

http://rcin.org.pl

Tabela 2

Tempo denudacji chemicznej i mechanicznej w zlewni górnej Parsęty (w t $kw^{-2}$ $a^{-1}$)

| Okres | Tempo denudacji chemicznej | Tempo denudacji mechanicznej |
|---|---|---|
| XI | 81,1 | 5,7 |
| XII | 153,1 | 43,5 |
| I | 150,1 | 13,6 |
| II | 92,8 | 3,7 |
| III | 100,3 | 9,3 |
| IV | 137,0 | 11,8 |
| V | 83,3 | 4,3 |
| VI | 71,4 | 4,9 |
| VII | 59,4 | 2,5 |
| VIII | 57,9 | 2,1 |
| IX | 66,5 | 1,4 |
| X | 58,3 | 1,0 |
| XI–IV | 119,6 | 14,8 |
| V–X | 66,1 | 2,7 |
| 1986 | 92,6 | 8,7 |

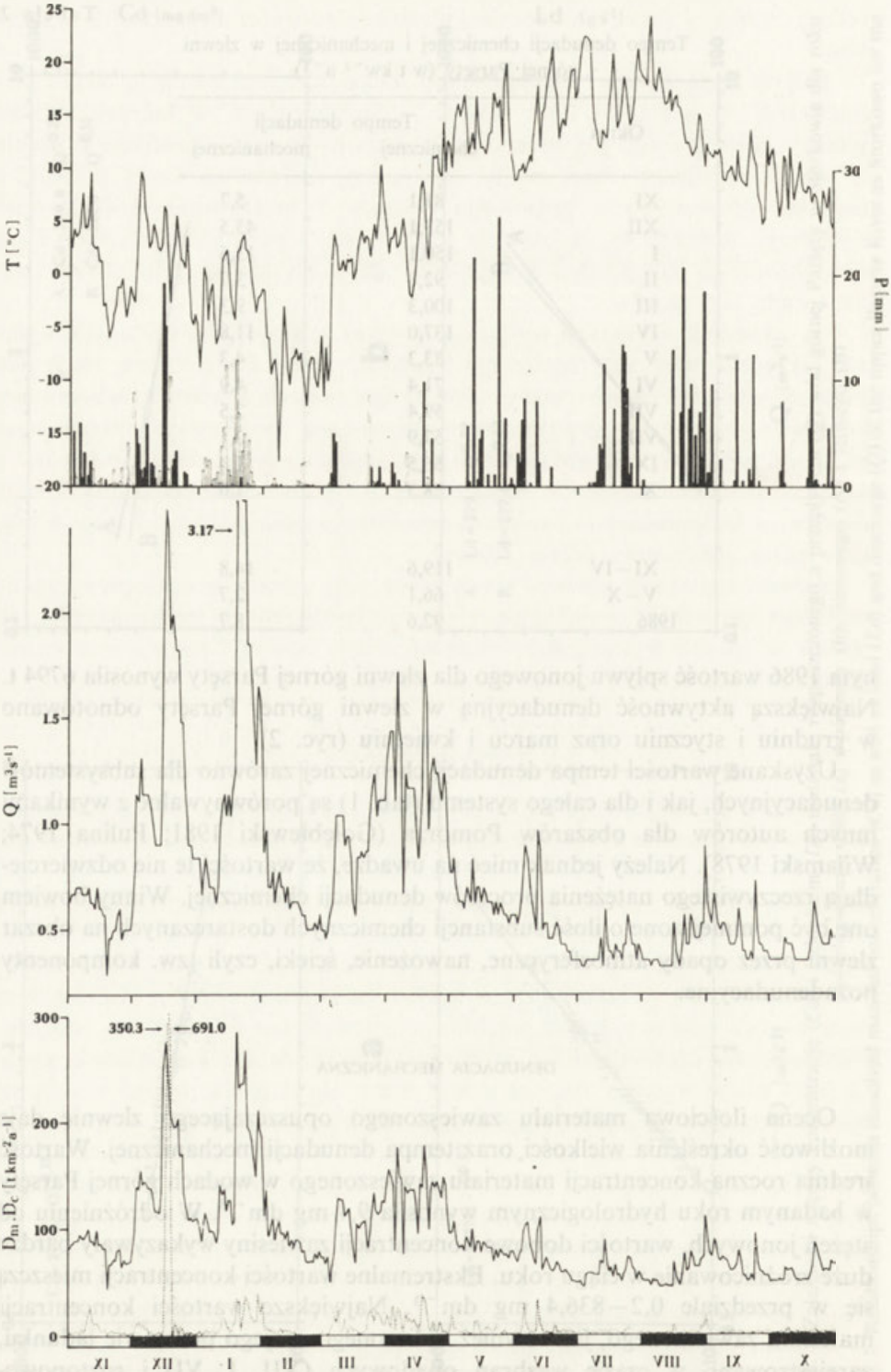
nym 1986 wartość spływu jonowego dla zlewni górnej Parsęty wynosiła 6794 t. Największą aktywność denudacyjną w zlewni górnej Parsęty odnotowano w grudniu i styczniu oraz marcu i kwietniu (ryc. 2).

Uzyskane wartości tempa denudacji chemicznej zarówno dla subsystemów denudacyjnych, jak i dla całego systemu (tab. 1) są porównywalne z wynikami innych autorów dla obszarów Pomorza (Gołębiewski 1981; Pulina 1974; Wilamski 1978). Należy jednak mieć na uwadze, że wartości te nie odzwierciedlają rzeczywistego natężenia procesów denudacji chemicznej. Winny bowiem one być pomniejszone o ilość substancji chemicznych dostarczanych na obszar zlewni przez opady atmosferyczne, nawożenie, ścieki, czyli tzw. komponenty pozadenudacyjne.

## DENUDACJA MECHANICZNA

Ocena ilościowa materiału zawieszonego opuszczającego zlewnię daje możliwość określenia wielkości oraz tempa denudacji mechanicznej. Wartość średnia roczna koncentracji materiału zawieszonego w wodach górnej Parsęty w badanym roku hydrologicznym wynosiła 9,4 mg $dm^{-3}$. W odróżnieniu od stężeń jonowych, wartości dobowe koncentracji zawiesiny wykazywały bardzo duże zróżnicowanie w ciągu roku. Ekstremalne wartości koncentracji mieszczą się w przedziale 0,2–836,4 mg $dm^{-3}$. Największe wartości koncentracji materiału zawieszonego, jak również obliczonego na jego podstawie ładunku, zarejestrowano w czasie wezbrań opadowych (XII, I, VI) i roztopowo-

http://rcin.org.pl




http://rcin.org.pl

-opadowych (III, IV). Minimalne wartości koncentracji i ładunku zawiesiny górnej Parsęty stwierdzono w czasie zimowych (2 połowa II) oraz letnich (VII–X) niżówek.

Generalnie więc, koncentracja i ładunek materiału zawieszonego wzrasta wraz ze wzrostem wielkości przepływu. Zależności te opisane zostały dodatnimi związkami funkcji potęgowych (ryc. 3). Obserwacje ze zlewni górnej Parsęty, dotyczące relacji Cs-$Q$, są zgodne z poglądami D. E. Wallinga i B. W. Webba (1981). Niskie wartości wykładników dla tej zależności, w opinii tych autorów, charakteryzują zlewnie nizinne zbudowane ze skał podatnych na procesy denudacyjne, co znajduje swoje potwierdzenie w przypadku zlewni górnej Parsęty.

Wyniki pomiarów zawiesin w przekroju wodowskazowym Parsęty posłużyły do obliczenia odpływu materiału zawieszonego oraz wielkości i tempa denudacji mechanicznej dla całego systemu denudacyjnego górnej Parsęty (ryc. 2). Podczas roku hydrologicznego 1986 całkowity odpływ materiału zawieszonego wyniósł 639,8 t, co daje średnie tempo denudacji równe 8,7 $tkm^{-1}$ (tab. 2). Zdecydowanie silniej powierzchnia zlewni była degradowana mechanicznie w półroczu zimowym 14,8 niż letnim 2,7 $tkm^{-2}a^{-1}$.

## DENUDACJA REGIONALNA W UJĘCIU PÓR MORFOGENETYCZNYCH

Poznane tempa denudacji chemicznej i mechanicznej upoważniają do określenia wielkości denudacji regionalnej zlewni górnej Parsęty. Wyniosła ona w roku hydrologicznym 1986 101,3 $tkm^{-2}a^{-1}$, natomiast w półroczach zimowym i letnim: 134,4 $tkm^{-2}a^{-1}$ i 68,8 $tkm^{-2}a^{-1}$. Należy pamiętać, że powyższe wartości są nieco zawyżone, gdyż uwzględniają udział komponentów pozadenudacyjnych tak rozpuszczonych, jak i zawieszonych. Natężenie denudacji regionalnej wykazuje rytm zmienności sezonowej, nawiązując ściśle do typów pogody i przepływów wody w rzece (por. ryc. 2).

Wyznaczono trzy zasadnicze pory morfogenetyczne denudacji, których charakterystyki denudacyjne zestawiono w tabeli 3: a) zimową (1 XI – 6 III); b) wiosenną (7 III – 3 V); c) letnią (4 V – 31 X).

Okres zimowy zaznaczył się dużą aktywnością procesów denudacyjnych ze

---

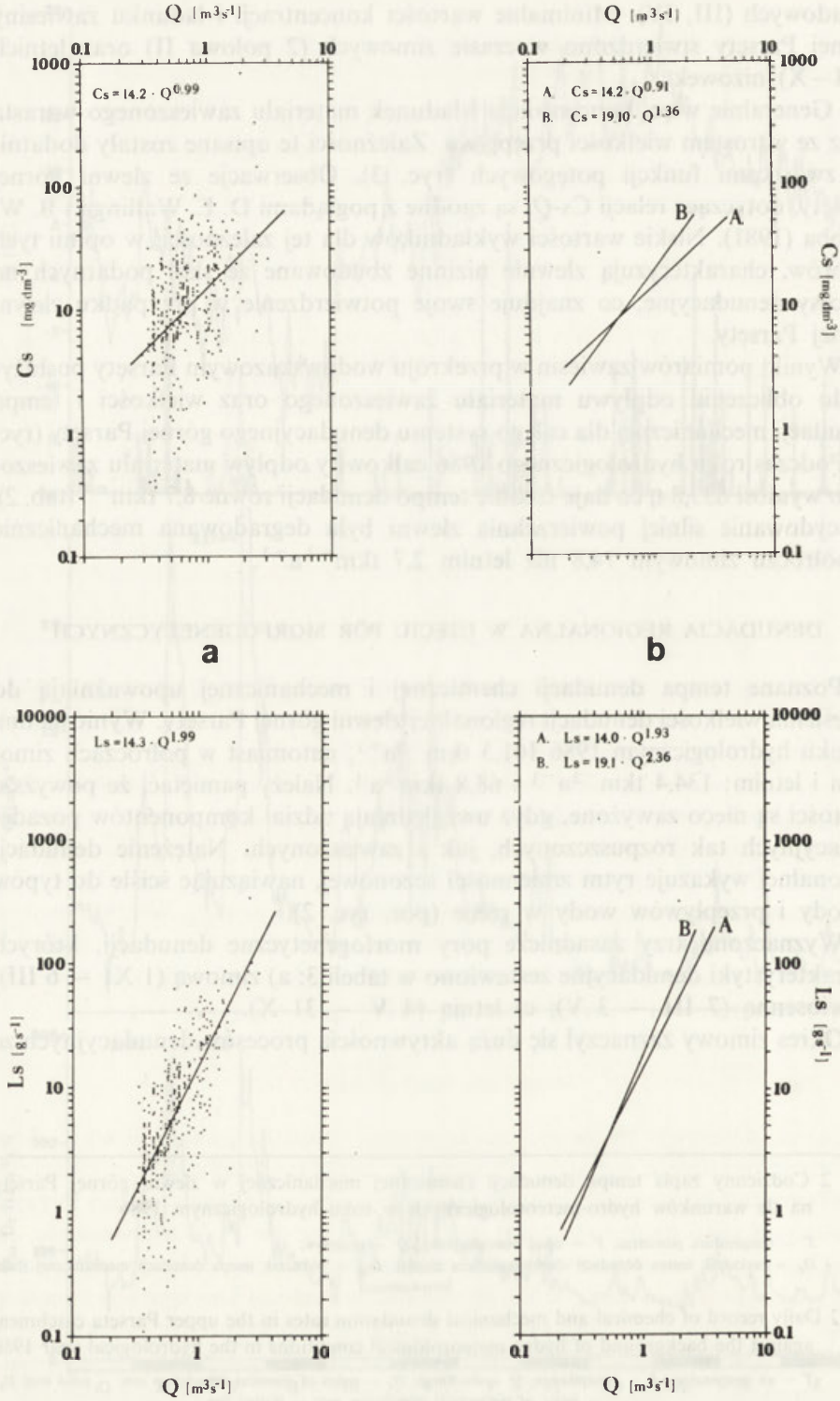
Ryc. 2 Codzienny zapis tempa denudacji chemicznej mechanicznej w zlewni górnej Parsęty na tle warunków hydro-meteorologicznych w roku hydrologicznym 1986

$T$ – temperatura powietrza; $P$ – opad atmosferyczny; $Q$ – przepływ;
$D_c$ – wskaźnik tempa denudacji chemicznej (linia ciągła); $D_m$ – wskaźnik tempa denudacji mechanicznej (linia kropkowana)

Fig. 2 Daily record of chemical and mechanical denudation rates in the upper Parsęta catchment against the background of hydro-meteorological conditions in the hydrological year 1986

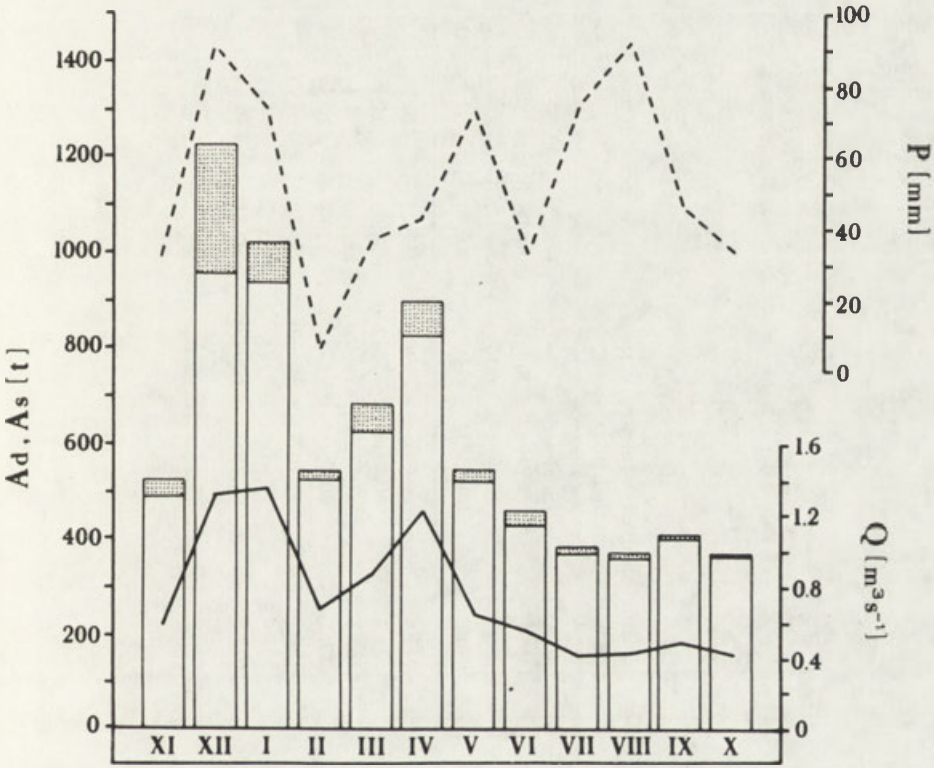
$T$ – air temperature; $P$ – precipitation; $Q$ – discharge; $D_c$ – index of chemical denudation rate – solid line; $D_m$ – index of mechanical denudation rate – dotted line

http://rcin.org.pl




http://rcin.org.pl

względu na sprzyjające warunki pogodowe i hydrologiczne oraz brak pokrycia terenu zlewni szatą roślinną. Z uwagi na krótkoterminowe zróżnicowanie dwóch pierwszych z wymienionych uwarunkowań, porę zimową rozdzielono na 3 podokresy. Na podkreślenie zasługuje drugi podokres (2 XII – 3 II), który odznaczał się największą aktywnością procesów denudacyjnych na obszarze zlewni i w obrębie koryta rzecznego. W podokresie tym (17,5% trwania roku)




Ryc. 4 Miesięczne rozkłady spływu jonowego (*Ad*) i odpływu zawiesiny (*As* — zakropkowane) na tle średnich Miesięcznych przepływów wód górnej Parsęty (*Q*) i miesięcznych sum opadów atmosferycznych (*P*)

Fig. 4 Monthly distribution of dissolved (*Ac*) and suspended outflow (*As* — dotted space) against the background of mean monthly discharges (*Q*) of the upper Parsęta River and monthly rainfall (*P*)

---

Ryc. 3 Zależności między koncentracją (*Cs*) i ładunkiem (*Ls*) materiału zawieszonego a przepływem (*Q*) wód górnej Parsęty w Storkowie dla roku hydrologicznego 1986 (a) i półroczny (b): zimowego (A) i letniego (B)

Fig. 3 Relationships between suspended material concentration (*Cs*) as well as load (*Ls*) and discharge (*Q*) of the upper Parsęta River at Storkowo for the hydrological year 1986 (a) and for winter (A) and summer (B) half-years (b)

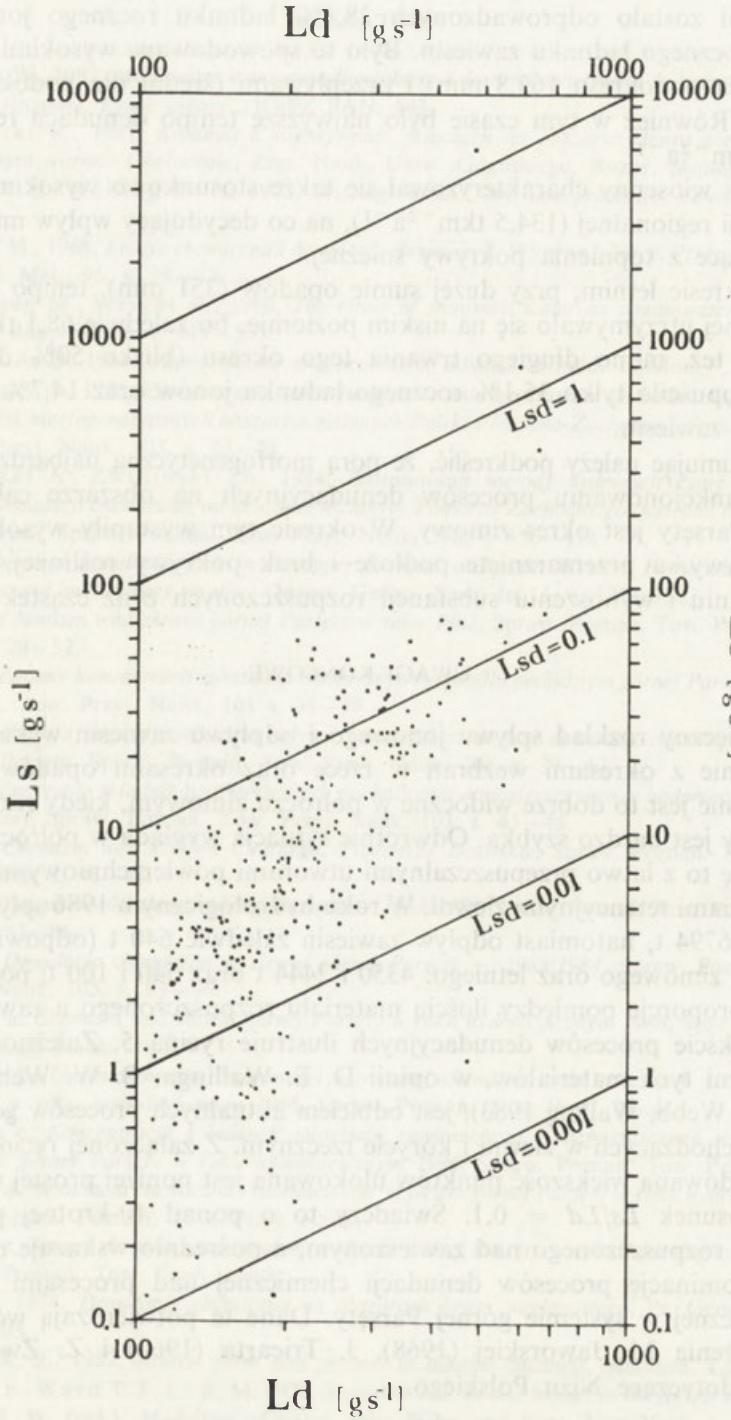
http://rcin.org.pl

Tabela 3

Spływ jonowy i odpływ zawiesiny oraz tempo procesów denudacyjnych w zlewni górnej Parsęty w porach morfogenetycznych na tle opadów atmosferycznych i przepływów

| Pora morfogenetyczna denudacji | Czas trwania dni | pory % | Opady atmosferyczne (mm) | Średni przepływ ($m^3s^{-1}$) | Spływ jonowy (t) | Tempo denudacji chemicznej ($t\ km^{-2}a^{-1}$) | Odpływ zawiesiny (t) | Tempo denudacji mechanicznej ($t\ km^{-2}a^{-1}$) | Tempo denudacji regionalnej ($t\ km^{-2}a^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zimowa | 1 XI – 7 III | 34,8 | 212,4 | 0,97 | 2996,7 | 117,40 | 419,2 | 16,42 | 133,82 |
| a | 1 XI – 1 XII | 8,5 | 31,4 | 0,59 | 504,6 | 81,00 | 34,4 | 5,53 | 86,52 |
| b | 2 XII – 3 II | 17,5 | 163,8 | 1,53 | 1960,3 | 152,40 | 364,4 | 28,53 | 180,73 |
| c | 4 II – 7 III | 8,8 | 17,2 | 0,61 | 531,7 | 82,68 | 20,3 | 3,16 | 85,83 |
| Wiosenna | 8 III – 3 V | 15,6 | 68,7 | 1,10 | 1413,6 | 123,39 | 126,9 | 11,07 | 134,47 |
| Letnia | 4 V – 3 IX | 49,6 | 351,4 | 0,49 | 2383,7 | 65,52 | 93,8 | 2,58 | 68,10 |
| 1986 | 1 XI – 3 IX | 100,0 | 632,5 | 0,75 | 6794,0 | 92,61 | 639,8 | 8,72 | 101,33 |

http://rcin.org.pl




Ryc. 5 Stosunek materiału zawieszonego (*Ls*) do ładunku materiału rozpuszczonego (*Ld*) w wodach górnej Parsęty w Storkowie

Fig. 5 Suspended load (*Ls*) dissolved load (*Ld*) ratio for the upper Parsęta River at Storkowo

http://rcin.org.pl

ze zlewni zostało odprowadzonych 28,8% ładunku rocznego jonów oraz 57,0% rocznego ładunku zawiesin. Było to spowodowane wysokimi opadami (suma dla podokresu 163,8 mm) i przepływami (średni dla podokresu 1,33 $m^3s^{-1}$). Również w tym czasie było najwyższe tempo denudacji regionalnej 180,7 $tkm^{-2}a^{-1}$.

Okres wiosenny charakteryzował się także stosunkowo wysokim tempem denudacji regionalnej (134,5 $tkm^{-2}a^{-1}$), na co decydujący wpływ miały wody pochodzące z topnienia pokrywy śnieżnej.

W okresie letnim, przy dużej sumie opadów (351 mm), tempo denudacji regionalnej utrzymywało się na niskim poziomie, bo zaledwie 68,1 $tkm^{-2}a^{-1}$. Dlatego też, mimo długiego trwania tego okresu (blisko 50% dni roku), zlewnię opuściło tylko 35,1% rocznego ładunku jonów oraz 14,7% rocznego ładunku zawiesin.

Reasumując należy podkreślić, że porą morfogenetyczną najbardziej wydajną w funkcjonowaniu procesów denudacyjnych na obszarze całej zlewni górnej Parsęty jest okres zimowy. W okresie tym wystąpiły wysokie opady i przepływy, a przemarznięte podłoże i brak pokrywy roślinnej, sprzyjały wymywaniu i wynoszeniu substancji rozpuszczonych oraz cząstek stałych.

## UWAGI KOŃCOWE

Miesięczny rozkład spływu jonowego i odpływu zawiesin wykazuje duże powiązanie z okresami wezbrań w rzece oraz okresami opadów (ryc. 4). Szczególnie jest to dobrze widoczne w półroczu zimowym, kiedy reakcja rzeki na opady jest bardzo szybka. Odwrotnie sytuacja wygląda w półroczu letnim. Wiąże się to z łatwo przepuszczalnymi utworami powierzchniowymi i dużymi zdolnościami retencyjnymi zlewni. W roku hydrologicznym 1986 spływ jonowy wyniósł 6794 t, natomiast odpływ zawiesin zaledwie 640 t (odpowiednio dla półroczy zimowego oraz letniego: 4350 i 2444 t oraz 540 i 100 t; por. tab. 3).

Dysproporcje pomiędzy ilością materiału rozpuszczonego a zawieszonego w kontekście procesów denudacyjnych ilustruje rycina 5. Zależność między ładunkami tych materiałów, w opinii D. E. Wallinga, B. W. Webba (1981, a także: Webb, Walling 1983), jest odbiciem aktualnych procesów geomorficznych, zachodzących w zlewni i korycie rzecznym. Z załączonej ryciny wynika, że zdecydowana większość punktów ulokowana jest poniżej prostej wyznaczającej stosunek $Ls/Ld = 0,1$. Świadczy to o ponad 10-krotnej przewadze ładunku rozpuszczonego nad zawieszonym, a pośrednio wskazuje na stosunkową dominację procesów denudacji chemicznej nad procesami denudacji mechanicznej w systemie górnej Parsęty. Dane te potwierdzają wcześniejsze spostrzeżenia M. Jaworskiej (1968), J. Tricarta (1960) i Z. Zwolińskiego (1989), dotyczące Niżu Polskiego.

http://rcin.org.pl

## LITERATURA

Froehlich W., 1982, *Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwietrzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej*, Prace Geogr., IGiPZ PAN, 143.

Gołębiewski R., 1981, *Kierunki i intensywność denudacji na obszarze zlewni górnej Raduni w późnym wiirmie i holocenie*, Zesz. Nauk. Uniw. Gdańskiego, Rozpr. Monogr., 26.

Gregory K. J., Walling D. E., 1973, *Drainage basin: form and processes*, Edward Arnold, London.

Jaworska M., 1968, *Erozja chemiczna i denudacja zlewni rzek Wieprza i Pilicy*, Prace Państ. Inst. Hydrol. Met., 95, s. 29–47.

Johannessen M., Wright R., 1980, *The effect of snowmelt water on streamwater chemistry*, UNGI Rapport, 52, s. 543–553.

Knighton A. D. 1984, *Fluvial forms and processes*, Edward Arnold, London.

Kostrzewski A., 1986, *Zastosowanie teorii funkcjonowania geosystemu do badań współczesnych środowisk morfogenetycznych obszarów nizinnych Polski Północno-Zachodniej*, Spraw. Poznań. Tow. Przyj. Nauk, 103, s. 26–28.

Kostrzewski A., Zwoliński Zb., 1984, *Zastosowanie metody hydrometrycznej do analizy tempa denudacji chemicznej na obszarze nizinnym Pomorza Zachodniego: wstępne opracowanie metodyczne*, Spraw. Poznań. Tow. Przyj. Nauk, 100, s. 150–158.

— 1985, *Chemical denudation rate in the upper Parsęta catchment, Western Pomerania: research methods and preliminary results*, Quaest. Geogr., Spec. Iss. 1, s. 121–138.

— 1986 a, *Chemizm wód zlewni górnej Parsęty w roku 1982*, Spraw. Poznań. Tow. Przyj. Nauk, 103, s. 29–32.

— 1986 b, *Zmiany koncentracji substancji chemicznych w profilu podłużnym górnej Parsęty*, Spraw. Poznań. Tow. Przyj. Nauk, 103 s. 36–39.

— 1986 c, *Relacja między wielkością spływu jonowego a tempem denudacji chemicznej; zlewnia górnej Parsęty*, Spraw. Poznań. Tow. Przyj. Nauk, 103, s. 39–42.

— 1986 d, *Znaczenie składników chemicznych pochodzenia atmosferycznego w badaniach denudacji chemicznej*, Spraw. Poznań. Tow. Przyj. Nauk, 103, s. 43–45.

— 1986 e, *Chemizm wód Jeziora Czarnego, Pojezierze Drawskie*, Spraw. Poznań. Tow. Przyj. Nauk, 103, s. 46–48.

— 1987 a, *Chemizm wód zlewni górnej Parsęty — 1983/1984*, Spraw. Poznań. Tow. Przyj. Nauk, 105, s. 83–86.

— 1987 b, *Denudacja chemiczna w zlewni górnej Parsęty — 1983/1984*, Spraw. Poznań. Tow. Przyj. Nauk, 105, s. 83–86.

— w druku a, *Chemizm wód zlewni górnej Parsęty w roku hydrologicznym 1986*, Spraw. Poznań. Tow. Przyj. Nauk.

— w druku b, *Uwarunkowania zmienności sezonowej chemizmu wód rzecznych zlewni górnej Parsęty w roku hydrologicznym 1986*, Spraw. Poznań. Tow. Przyj. Nauk.

— w druku c, *Koncentracja i ładunek materiału zawieszonego i rozpuszczonego w zlewniach dorzecza górnej Parsęty w roku hydrologicznym 1986*, Spraw. Poznań. Tow. Przyj. Nauk.

— w druku d, *Denudacja chemiczna i mechaniczna w zlewni górnej Parsęty w roku hydrologicznym 1986*, Sprawa. Poznań. Tow. Przyj. Nauk.

— w druku e, *Tempo denudacji regionalnej w zlewni górnej Parsęty w roku hydrologicznym 1987*, Spraw. Poznań, Tow. Przyj. Nauk.

Pulina M., 1974, *Denudacja chemiczna na obszarach krasu węglanowego*, Pr. Geogr., IGiPZ PAN, 105.

Richards K. S., 1982, *Rivers: form and process in alluvial channels*, Methuen, London.

Simons D. B., Ward T. J., Li R. M. 1979, *Sediment sources and impact in the fluvial system*, [w:] Shen H. W. (red.), *Modelling of rivers*, John Wiley and Sons, New York, s. 7/1–27.

http://rcin.org.pl

Suzuki K., 1984, *Variations in the concentration of chemical constituents of a stream water during the snowmelt season*, Geogr. Reports, Tokyo Metropol. Univ., 19, s. 137–148.

Tlałka A. 1967, *Chemizm wody rzeki Rudawy i jego zmiany w ciągu roku*, Przegl. Geogr., 33, s. 553–576.

Tricart J., 1960, *Zagadnienia geomorfologiczne*, PWN, Warszawa.

Walling D. E., Webb B. W., 1981, *Water quality*, [w:] Lewin J. (red.), *British rivers*, George Allen and Unwin, London, s. 126–169.

— 1983, *The dissolved loads of rivers: a global overview*, IAHS Publ., 141, s. 3–20.

Webb B. W., Walling D. E., 1983, *Stream solute behavior in the River Exe basin*, Devon, UK, IAHS Publ., 141, s. 153–169.

Wilamski J., 1978, *Erozja chemiczna zlewni Słupi*, Materiały badawcze IMGW, Ser. Gosp. Wod. Ochr. Wód.

Zwoliński Z., 1989, *Geomorficzne dostosowywanie się koryta Parsęty do aktualnego reżimu rzecznego*, Dok. Geogr., 3–4.

Żukowski W., 1962, *Roślinność naczyniowa okolic Szczecinka*, Prace Kom. Biol. Poznań. Tow. Przyj. Nauk, 22.

http://rcin.org.pl

MIECZYSŁAW SINKIEWICZ
(Toruń)

# PRZYDATNOŚĆ PANCHROMATYCZNYCH ZDJĘĆ LOTNICZYCH W KARTOWANIU FORM I OSADÓW ZWIĄZANYCH Z DENUDACJĄ ANTROPOGENICZNĄ NA POLACH UPRAWNYCH W OKOLICY TORUNIA

## WSTĘP

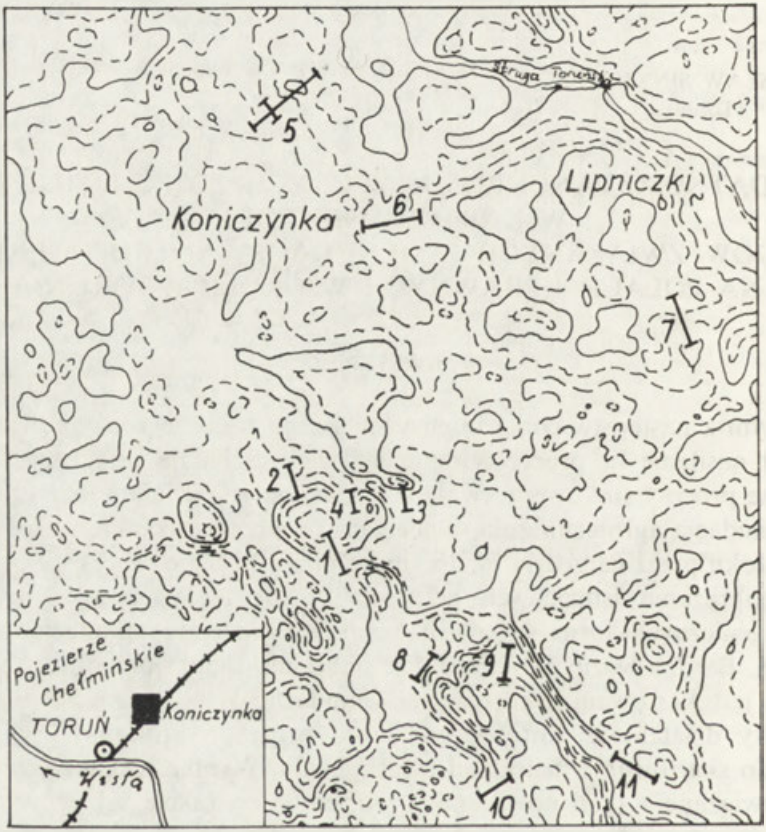
Jednym z następstw coraz intensywniejszego rolniczego użytkowania stoków jest nasilanie się procesów denudacji gleb. Składają się na nie zarówno naturalne procesy stokowe, wywołane i uaktywnione działalnością człowieka, jak i denudacja agrotechniczna, polegająca na przemieszczaniu gleb i podglebia po stoku przez narzędzia i maszyny rolnicze. Łącznie procesy te prowadzą do przeobrażania istniejących już form rzeźby terenu poprzez tworzenie antropogenicznych form stokowych oraz degradację i agradację pokrywy glebowej. Bardzo ważnym, aczkolwiek słabo jak dotąd opracowanym zagadnieniem jest kartowanie skutków tej denudacji.

Efekty działalności antropogenicznych procesów stokowych są bardzo trudne do skartowania metodami tradycyjnymi. Wynika to z tego, że drobne formy związane z tymi procesami są zacierane w trakcie zabiegów rolnych. W związku z tym głównym zewnętrznym odbiciem denudacji antropogenicznej jest tzw. plamistość gleb będąca rezultatem zdenudowania poziomu mineralno-próchniczego i odsłonięcia podglebia w górnych odcinkach stoków oraz akumulacji przemieszczanego materiału na lokalnych bazach denudacyjnych. Duża zmienność litologiczno-glebowa, wynikająca m.in. z denudacyjnych przekształceń drobnopromiennej rzeźby młodoglacjalnej, praktycznie uniemożliwia stosowanie tradycyjnej metody kartowania gleboznawczego, zwłaszcza że obecnie dostępne mapy topograficzne, nawet w skali 1:10 000, nie zawierają dostatecznej liczby szczegółów sytuacyjnych niezbędnych do wrysowania granic jednostek litologicznych. Z tych względów koniecznością staje się wypracowanie metod, które umożliwiłyby rozpoznawanie i wyznaczanie zasięgów występowania gleb „ogłowionych" oraz pokryw stokowych.

W trakcie badań nad denudacją antropogeniczną w obrębie stoków

http://rcin.org.pl

wysoczyzn morenowych okolic Torunia[1] autor podjął próbę wykorzystania do kartowania antropogenicznych form i osadów stokowych ogólnie dostępnych w kraju, powtarzalnych, panchromatycznych zdjęć lotniczych. Wybrany do badań obszar położony jest na Pojezierzu Chełmińskim, na północny wschód od Torunia (ryc. 1).




Ryc. 1. Rozmieszczenie przekrojów geologicznych na tle stosunków hipsometrycznych obszaru badań

Fig. 1. Distribution of geological cross-sections against the background of hypsometric conditions in the investigated area

## PRZEGLĄD LITERATURY

Wykorzystanie zdjęć lotniczych, a ostatnio i satelitarnych, w badaniach denudacji antropogenicznej sprowadza się głównie do rozpoznawania form i procesów stokowych określanych mianem „erozji gleb". Ogólne podsumowa-

[1]Niniejsze badania prowadzone są w ramach CPBP 03. 13, w grupie tematycznej 02, kierowanej przez prof. dra hab. Adama Kotarbę.

http://rcin.org.pl

nie wyników tych badań znajduje się między innymi w pracach S. Schneidera (1974), R. P. C. Morgana i M. A. Keecha (1976), W. L. Andronikowa (1986), A. Ciołkosza, J. Miszalskiego i J. R. Olędzkiego (1986). Warto jednakże zwrócić uwagę na kilka opracowań szczegółowych, do których nawiązują niniejsze badania.

Jedną z większych prac dotyczących wykorzystania zdjęć lotniczych w badaniach nad erozją gleb jest opracowanie K. Stübnera (1955), który na podstawie badań w miejscowości Durinsk (Turyngia), opisał metody badań fotointerpretacyjnych oraz zaprezentował klasyfikację form powstałych w wyniku spłukiwania i spełzywania. Interesujące wyniki wykorzystania zdjęć lotniczych w badaniach erozji gleb, z jednoczesnym prowadzeniem badań naziemnych uzyskali: G. Richter (1962), H. J. Steinmetz (1958), A. I. Baranowa (1964, 1978), N. N. Bobrowickaja i I. I. Worożbitow (1979, 1980) oraz R. G. Schmidt (1979). Wspomniani autorzy zastosowali zdjęcia lotnicze głównie do dokładnej lokalizacji stref aktywnej erozji gleb, łatwych do identyfikacji ze względu na widoczne w nich wklęsłe formy erozyjne różnego rzędu. Zdjęcia lotnicze posłużyły również do analizy zmian, jakie nastąpiły w terenie, między kolejnymi rejestracjami fotograficznymi oraz do określenia zależności rodzaju natężenia procesów stokowych od poszczególnych elementów środowiska geograficznego. W Polsce zdjęcia lotnicze do tych celów były wykorzystywane raczej sporadycznie. Krajowe piśmiennictwo omówione zostało przez autora w osobnym artykule (Sinkiewicz 1977). W międzyczasie ukazało się kilka interesujących artykułów, m.in. J. Słupika (1976) oraz E. Kleczewskiej i A. Kijowskiego (1977).

Istotnym zagadnieniem badawczym przewijającym się w wielu pracach jest odpowiedź na pytanie, czy zróżnicowanie fototonalne oraz struktura i tekstura obrazu powierzchni stoków może stanowić podstawę do wydzielenia stref morfodynamicznych w obrębie stoków oraz wyodrębnienia miejsc o różnym stopniu przeobrażenia. K. Billwitz (1985), na podstawie badań przeprowadzonych na silnie urzeźbionym obszarze Velgaster Staffel na wschód od Barth (NRD) sugeruje, że zróżnicowanie fototonalne jest stabilną cechą rozpoznawczą, umożliwiającą znalezienie granicy między stokiem degradowanym a agradowanym, nawet porośniętym roślinnością uprawną. Wcześniej do podobnych wniosków doszedł G. Richter (1965). Autor ten zamieszcza w swojej pracy wielkoskalowe zdjęcie lotnicze okolic miejscowości Weimersheim (Bawaria), wykonane w kwietniu 1957 r. Wyróżnia na nim uwiarygodnione badaniami terenowymi kontury gleb o nienaruszonych profilach glebowych na płaskiej wierzchowinie, strefę stoku degradowanego wraz z wyrównanymi w wyniku orki erozyjnymi formami wklęsłymi oraz strefę agradacji, zakończoną skarpą terasy rolnej o wysokości 1 m.

Do głównych właściwości, które powinny być brane pod uwagę przy ocenie stopnia zdenudowania gleb, M. N. Zasławskij (1979) zalicza barwę powierzchniowej warstwy gleby, miąższość poziomu próchnicznego i zawartość w niej humusu, występowanie form ze spłukiwania linijnego na powierzchni ornej


http://rcin.org.pl

oraz niektóre cechy chemiczne gleb. Właściwości te, jak wykazał S. Białousz (1978), bezpośrednio lub pośrednio wpływają na fototon oraz strukturę i teksturę obrazu gleb na czarno-białych zdjęciach lotniczych. Rozkład gęstości optycznej teoretycznie powinien więc odzwierciedlać rozmieszczenie w miarę homogenicznych jednostek litologiczno-glebowych, a tym samym umożliwiać znalezienie granicy między stokiem obnażonym a pokrywą stokową.

Wyniki dotychczasowych badań częściowo potwierdzają tę hipotezę. Szczególnie łatwe do identyfikacji na zdjęciach lotniczych są granice między stokiem obnażonym a pokrywą stokową, gdy na powierzchni stoku odsłaniają się dolne poziomy profilu glebowego, zwłaszcza podglebie (Gacki, Gołębiewski 1977; Michajłowa, Orłow 1986; Sinkiewicz 1990). Istotną rolę odgrywa przy tym zgruźlenie i skład mechaniczny osadów powierzchniowych (Białousz 1978; Cierniewski 1984). Uchwycenie przebiegu granicy między stokiem degradowanym a agradowanym, widocznej na zdjęciach lotniczych, jest dodatkowo ułatwione faktem, że stopniowa denudacja wypukłości stokowych oraz odkładanie przemieszczanych utworów u podnóży stoków powodują tworzenie się stosunkowo prostych związków katenopodobnych (Acton 1965; Bergsma 1974). Mogą być one częściowo zaburzone pod wpływem lokalnej mikrorzeźby (Gerrard 1981).

Nowsze prace nad zastosowaniem zdjęć lotniczych do kartowania efektów denudacji antropogenicznej zmierzają do zastąpienia subiektywnej metody wizualnej obiektywnymi pomiarami rozkładu gęstości optycznej za pomocą densytometrów i przedstawiania wyników tych pomiarów w postaci cyfrowej (Bobrowickaja 1985; Billwitz 1985; Andronikow 1986). Umożliwia to wydzielanie konturów litologiczno-glebowych nawet przy bardzo nieznacznym zróżnicowaniu właściwości gleb. Coraz częściej wykorzystuje się do tego celu zdjęcia wielospektralne, barwne oraz spektrostrefowe (Lepeszew, Jaroszewicz 1976; Morgan, Keech 1976; Andronikow 1986). Warto jednak podkreślić, że przeprowadzone w wielu krajach badania porównawcze nad przydatnością określonych materiałów fotolotniczych dowodzą, że czarno-białe panchromatyczne zdjęcia lotnicze dostarczają dostatecznie dużo informacji gleboznawczo-geomorfologicznych dla badań denudacji gleb (Białousz 1978; Clément, Bonn 1979; Garland 1982; Billwitz 1985).

## PROCEDURA BADAWCZA

W niniejszych badaniach wykorzystano diapozytywy zdjęć lotniczych z lat 1960, 1969, 1972, 1976 i 1978, w skali od 1:10000 do 1:30000 oraz odbitki tych zdjęć, powiększone do skali 1:5000. Brak dokładnych dat wykonania większości zdjęć uniemożliwił określenie wpływu warunków pogodowych na obraz zarejestrowanej na nich powierzchni terenu.

Prace badawcze składały się z analiz wizualnych oraz pomiarowych. Wizualna interpretacja zdjęć lotniczych polegała na wydzieleniu pod interpretoskopem wszystkich elementów rzeźby oraz konturów związanych z fototo-

http://rcin.org.pl

nem i strukturą obrazu. Szczególnie wnikliwie analizowano układ fototonów na stokach. W końcowej fazie tych prac sporządzono kalkę fotointerpretacyjną w skali 1:10000, która zawiera wszystkie dane uzyskane z interpretacji zdjęć z poszczególnych nalotów.

Analizy pomiarowe dotyczyły określenia gęstości optycznej obrazu powierzchni terenu na wybranych diapozytywach zdjęć lotniczych przy użyciu mikrofotometru G-III, produkcji zakładów C. Zeissa w Jenie. Prace rozpoczęto od sporządzenia profilów mikrofotometrycznych na samorejestratorze kompensacyjnym K-200, sprzężonym z fotometrem. Dalsze prace dotyczyły próby zastosowania nadzorowanej interpretacji zdjęć do uzyskania przestrzennego rozkładu gęstości optycznej. Wykorzystano do tego mikrofotometr i mikrokomputer Schneider CPC 6128, współpracujący z drukarką SG10x firmy Star. Pomiary gęstości optycznej w polach elementarnych o wymiarach 0,3 X 0,5 mm oraz 0,25 X 0,4 mm zostały wykonane „ręcznie" poprzez skasowanie wybranych fragmentów diapozytywów zdjęć lotniczych obejmujących najbliższe okolice Koniczynki. Pomiary prowadzono na zdjęciach lotniczych w skali 1:10000, wykonywanych wczesną wiosną 1960 r. oraz na zdjęciach w skali 1:16000 z 18.05.1976 r. „Ręczne" przesuwanie wózka z diapozytywem za pomocą śruby nastaw dokładnych (x) umożliwiło wgląd w treść obrazu znajdującego się w danej chwili w pojedynczym polu pomiarowym. Przyjęty do pomiarów prostokątny kształt pola elementarnego nawiązywał do proporcji długości bloków pola, które zajmuje znak drukarki komputera (Furmańczyk i in. 1983). Łącznie, częściowo na podstawie danych z pomiarów S. Nadolskiego (1987), wykonano wydruki komputerowe 7 niedużych obszarów testowych zajmujących powierzchnię około 40 ha. Granice przedziałów cyfrowych ustalono według kryteriów zaproponowanych przez K. Furmańczyka i E. Chabowskiego (1984). Zostały one skorygowane w trakcie badań terenowych. Program komputerowy ułożył i zrealizował P. Proszek, któremu w tym miejscu autor składa serdeczne podziękowanie.

W celu uchwycenia zależności rozkładu gęstości optycznej od warunków litologiczno-glebowych i hipsometrycznych wykonano 11 długich przekopów, których lokalizacja przedstawiona jest na rycinie 1, oraz kilkadziesiąt wkopów i wierceń. Uwzględniono również wyniki analiz laboratoryjnych prób osadów powierzchniowych (uziarnienie, wilgotność, obróbkę, zawartość węglanów i materii organicznej). W trakcie fotointerpretacji wizualnej i pomiarowej wykorzystano też bogaty materiał dokumentacyjny o środowisku badanego terenu (Acta Univ. 1987).

## OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Na badanym obszarze wyróżnić można trzy główne jednostki morfogenetyczne: równinę morenową, pagórki i wzgórze morenowe oraz erozyjną równinę wód roztopowych (Niewiarowski, Tomczak 1973; Celmer 1987). Deniwelacje w obrębie analizowanego terenu wahają się na ogół od 1 m do 3 m,

http://rcin.org.pl

a nachylenie stoków rzadko przekracza 5° (ryc. 1). Wyjątek stanowią pagórki morenowe w południowej części obszaru, których wysokość względna wynosi około 5 m oraz pojedyncze wzgórze morenowe w pobliżu linii kolejowej, o wysokości względnej przekraczającej 10 m. Pagórki te zbudowane są zarówno z glin morenowych, jak i z piasków, żwirów i mułków. Taka budowa geologiczna w znacznym stopniu wpłynęła na występującą w obrębie tych form mozaikowatość pokrywy glebowej (Dziadowiec, Plichta 1987). Największą powierzchnię zajmuje równina morenowa zbudowana z glin zwałowych, przykrytych w wielu miejscach utworami piaszczystymi. Jest ona łagodnie pofalowana i urozmaicona rozległymi płaskimi obniżeniami bezodpływowymi oraz drobnymi zagłębieniami wytopiskowymi. Stoki pagórków, zagłębień bezodpływowych oraz falistości w obrębie równiny morenowej, jak również skłon wysoczyzny morenowej podlegają zróżnicowanym przeobrażeniom wskutek procesów denudacji antropogenicznej. Przeobrażeniom tym podlegają również łagodne wyniosłości w obrębie równiny wód roztopowych.

Procesy stokowe wywołane działalnością człowieka zachodzą na badanym terenie od 4–5 tys. lat. Zostały one zapoczątkowane wykarczowaniem lasów i uprawą ziemi przez człowieka neolitycznego (Chudziakowa 1974). Potwierdzają to daty uzyskane metodą radiowęglową: wiek stropu gleby kopalnej zalegającej w obniżeniu bezodpływowym w Papowie Stacji został określony na 3160±70 BP (Gd–2706), a u podnóża stoku pagórka morenowego w Koniczynce na 4690±90 BP (Gd–2707). Przebieg i natężenie denudacji antropogenicznej niewątpliwie związane są ściśle z fazami osadnictwa na tym obszarze. Świadczy o tym między innymi budowa pokryw stokowych, w których poszczególne warstwy osadów przedzielone są słabiej lub mocniej wykształconymi glebami kopalnymi. W pokrywach tych, spoczywających zazwyczaj na dobrze rozwiniętych glebach kopalnych typu czarnej ziemi, gleby glejowej czy płowej (stanowiących pierwotną holoceńską powierzchnię terenu), znaleziono szczątki polepy, ceramiki, cegieł, szkła oraz kości zwierzęcych. Dowodzi to, że wspomniane osady stokowe zostały założone w okresie działalności człowieka. Okres najbardziej intensywnego rolniczego użytkowania ziemi, które spowodowało wzmożoną denudację antropogeniczną na badanym obszarze, rozpoczyna się od 1819 r., kiedy to w Koniczynce założono gospodarstwo rolne o powierzchni 884 mr (*Słownik geograficzny* ..., 1886). Obecnie większość badanego terenu należy do Rolniczego Zakładu Doświadczalnego w Koniczynce i podlega, wraz ze wzrostem mechanizacji, coraz intensywniejszej uprawie rolnej.

Dotychczasowe badania geomorfologiczne na tym słabo urozmaiconym hipsometrycznie obszarze, umożliwiły szacunkowe określenie wielkości i tempa degradacji stoków o dodatnim bilansie denudacyjnym. W okresie rolniczej działalności człowieka średnia miąższość warstwy zdenudowanej wynosi tu od 36 do 96 cm. Biorąc pod uwagę morfometrię oraz inne czynniki denudacyjne tempo degradacji stoków (0,17–0,30 mm rocznie) należy uznać za bardzo wysokie. Znaczne przeobrażenie stoków wskutek denudacji antropogenicznej

http://rcin.org.pl

przyczyniło się niewątpliwie do bardziej czytelnego obrazu granic litologiczno-glebowych na zdjęciach lotniczych.

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat rolnictwo na badanym obszarze znacznie udoskonaliło systemy uprawowe. Nastąpiło przejście do gospodarki tradycyjnej opierającej się na zwierzęcej sile pociągowej, do intensywnej gospodarki zmechanizowanej. Proces ten spowodował m.in. zmiany w układach pól, wkraczanie pól na zmeliorowane łąki i wypełnianie osadami stokowymi podmokłych obniżeń bezodpływowych. Powierzchnia poszczególnych pól uprawnych w Koniczynce waha się obecnie od kilku do kilkunastu hektarów (Celmer 1987).

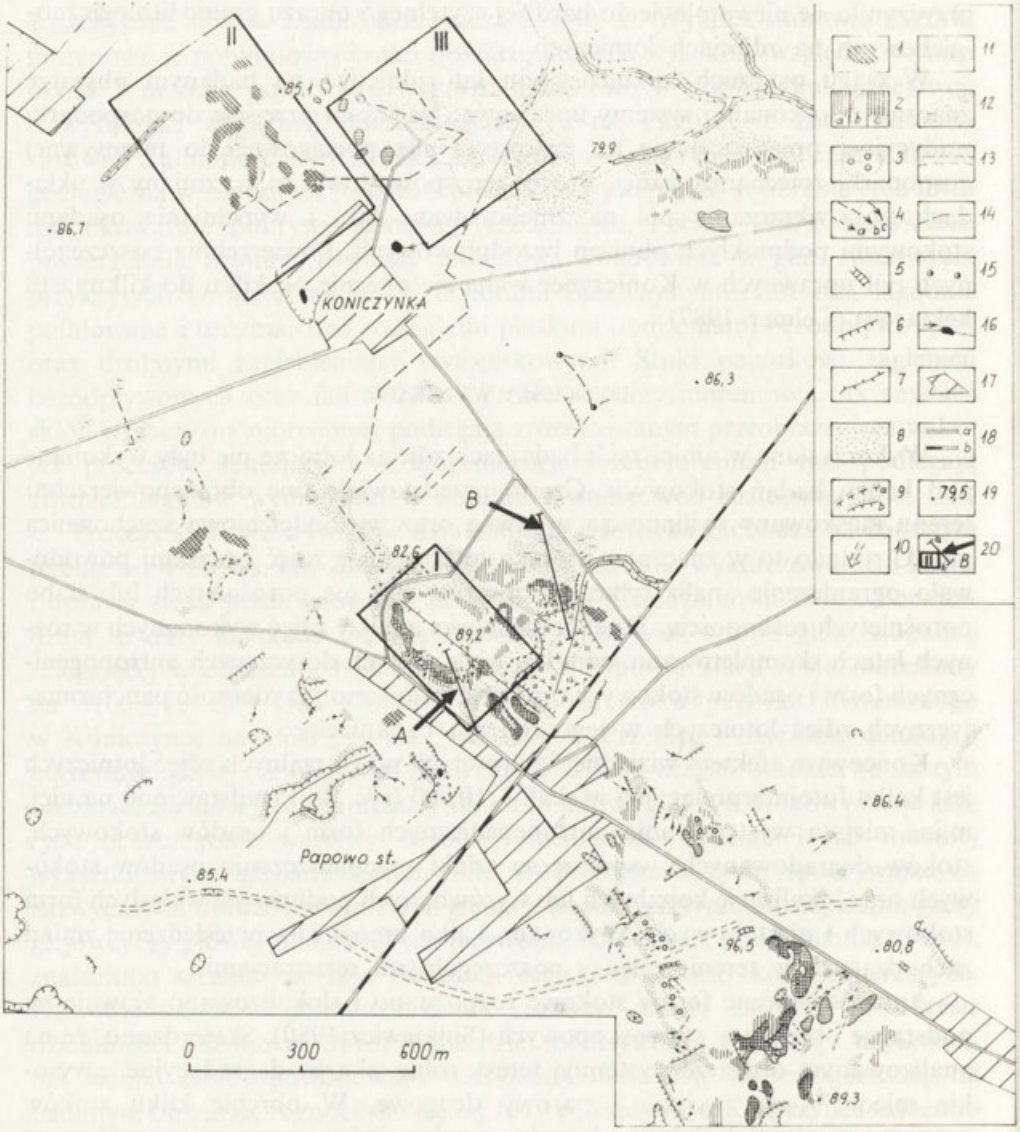
## DYSKUSJA WYNIKÓW

Wykorzystane w niniejszych badaniach zdjęcia lotnicze nie były wykonane pod kątem badań stokowych. Często przedstawiają one obraz powierzchni terenu maskowany roślinnością uprawną oraz wieloodcieniową szachownicą pól. Utrudniło to w znacznym stopniu interpretację zdjęć i czasami powodowało ograniczenie analiz tylko do obrazów pól nie porośniętych lub słabo porośniętych roślinnością. Dzięki możliwości analizy zdjęć wykonanych w różnych latach skompletowano jednakże wiele danych dotyczących antropogenicznych form i osadów stokowych oraz przetestowano przydatność panchromatycznych zdjęć lotniczych w tego rodzaju badaniach.

Końcowym efektem wizualnej interpretacji powtarzalnych zdjęć lotniczych jest kalka fotointerpretacyjna w skali 1:10 000 (ryc. 2). Przedstawiono na niej, m.in. miejsca występowania antropogenicznych form i osadów stokowych, stoków degradowanych, współczesne szlaki przemieszczania osadów stokowych oraz lokalizację kopalnych lub wyrównanych podłużnych wklęsłych form stokowych i niestokowych. Wykonana kalka umożliwiła prześledzenie zmian zachodzących w terenie między poszczególnymi rejestracjami.

Antropogeniczne formy stokowe rozpoznano i zlokalizowano głównie na podstawie obserwacji stereoskopowych (Sinkiewicz 1980). Stwierdzono, że na analizowanym obszarze występują terasy rolne, skarpy degradacyjne, „wysokie miedze" oraz wcięcia i parowy drogowe. W obrębie kilku stoków rozpoznano również żłobiny i bruzdy erozyjne, które wyznaczają współczesne szlaki powierzchniowego przemieszczania osadów wskutek spłukiwania. Terasy rolne znajdują się na granicy pól uprawnych i podmokłych równin biogenicznych. Na modelu stereoskopowym można je rozpoznać dzięki nachylonej powierzchni (ławie) zakończonej stromą skarpą utrwaloną darniną. Jak wykazały badania terenowe terasy rolne są zbudowane z młodych osadów stokowych spoczywających na glebach kopalnych lub na utworach biogenicznych. Przykładowy przekrój przez jedną z tych form przedstawiono na rycinie 3. Wskutek orki oraz naturalnych procesów stokowych, uaktywnionych rolniczą działalnością człowieka, skarpy teras rolnych są przesuwane stopniowo w dół po stoku na podmokłe równiny biogeniczne. Z porównania

http://rcin.org.pl




Ryc. 2. Antropogeniczne formy i osady stokowe — kalka fotointerpretacyjna wykonana na podstawie zdjęć lotniczych z lat 1960, 1969, 1976, 1978

1 — obszary występowania gleb „ogłowionych"; 2 — gliniaste powierzchnie stoków degradowanych, widoczne na zdjęciach: a — 1960 r., b — 1969 r., c — 1960 r. i 1978 r. (łącznie); 3 — piaszczyste powierzchnie stoków degradowanych; 4 — współczesne szlaki przemieszczania osadów stokowych wzdłuż linii okresowo odnawiających się żłobin i bruzd erozyjnych, widoczne na zdjęciach: a — 1960 r., b — 1969 r., c — 1976 r.; 5 — wcięcia i parowy drogowe; 6 — antropogeniczne skarpy degradacyjne; 7 — „wysokie miedze"; 8 — antropogeniczne pokrywy stokowe; 9 — terasy rolne, widoczne na zdjęciach: a — 1960 r., b — 1976 r.; 10 — miejsca występowania kopalnych lub wyrównanych podłużnych wklęsłych form stokowych; 11 — akumulacja osadów stokowych w zagłębieniach bezodpływowych; 12 — kopalne koryta wód płynących wypełnione osadami piaszczystymi; 13 — kopalne lub wyrównane wklęsłe formy niestokowe (dawne wcięcia drogowe, rowy przeciwczołgowe, rowy melioracyjne); 14 — kopalne rowy drenarskie; 15 — studzienki drenarskie; 16 — wody; 17 — kontury osiedli; 18 — drogi (a), linie kolejowe (b); 19 — punkty wysokościowe; 20 — linie profili mikrofotometrycznych oraz obszary objęte wydrukami

http://rcin.org.pl

zdjęć lotniczych oraz obserwacji terenowych wynika, że w ostatnim trzydziestoleciu niektóre skarpy teras rolnych zostały przemieszczone w ten sposób o 5—10 m, a w skrajnym przypadku nawet o 33 m (ryc. 2). Osiągają one obecnie wysokość od 0,6 m do 1,4 m. Kolejny rodzaj form — antropogeniczne skarpy degradacyjne cechują się stromym załomem oraz — w odróżnieniu od teras rolnych — brakiem spłaszczenia ponad skarpą. Występują one na granicy nieużytków rolnych zajmujących górną część stoku i gruntów ornych znajdujących się w dolnej części stoku. Formy te osiągają wysokość 0,3—1,1 m. Zostały one otworzone głównie na skutek denudacji agrotechnicznej zachodzącej na powierzchni u podnóża skarpy. Specyficzną odmianą antropogenicznych skarp degradacyjnych są „wysokie miedze", wznoszące się o 50—100 cm ponad otaczające je powierzchnie drobnopromiennych wyniosłości terenowych. Wcięcia i parowy drogowe charakteryzują się stromymi zboczami i płaskim dnem, w którym często zaznaczają się wyraźne koleiny. Na badanym obszarze stwierdzono zaledwie kilka takich form (ryc. 2). Wspomniane wyżej wszystkie formy stokowe występują głównie na skrajach pól uprawnych. Po zmianie granic parceli rolnych formy te ulegają likwidacji, a o ich istnieniu w przeszłości świadczą prostolinijne lub geometryczne układy fototonów (fot. 1).

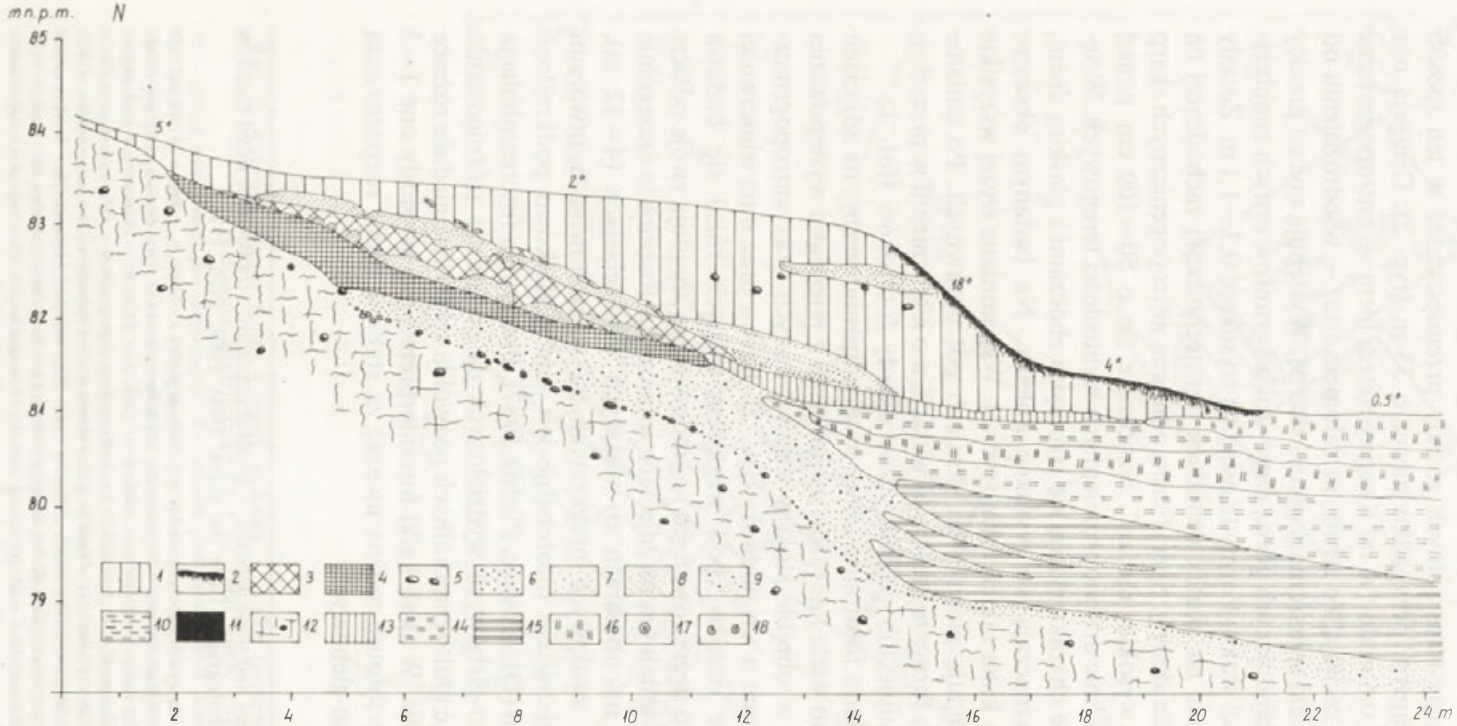
Na podstawie układu fototonów, przy uwzględnieniu rzeźby, na zdjęciach lotniczych wyróżniono wiele konturów związanych z miejscami występowania gleb „ogłowionych" w obrębie stoków degradowanych oraz antropogenicznych pokryw stokowych u ich podnóży (ryc. 2). Barwa oraz inne właściwości fizyczne i chemiczne osadów, pod względem których różni się budowa powierzchniowa stoku degradowanego i agradowanego znajdują swoje odbicie w zróżnicowaniu fototonalnym na zdjęciach lotniczych. Różnice te szczególnie wyraźnie występują na obszarach o większych deniwelacjach (4—12 m), zbudowanych z glin zwałowych przykrytych na wierzchowinach utworami piaszczystymi. Zróżnicowanie fototonalne jest tam dodatkowo podkreślone układami katenowymi (Dziadowiec, Plichta 1987). Precyzyjna fotoreambulacja konturów litologiczno-glebowych wydzielonych na podstawie zróżnicowania fototonalnego ze zdjęć multitemporalnych pozwoliła stwierdzić nieduże różnice w przebiegu ich granic. W skali kalki fotointerpretacyjnej wyniosły one 1—3 mm. Świadczy to, że fototon można uważać za stabilną cechę rozpoznawczą jednostek litologiczno-glebowych.

---

Fig. 2. Anthropogenic forms and slope deposits — photointerpretative transparent sheed based on aerial photographs from the years: 1960, 1969, 1976, 1978

1 — areas of „pollared" soils; 2 — clayey surfaces of degraded slopes, visible in photos: a — 1960, b — 1969, c — 1960 and 1978 (together); 3 — sandy surfaces of degraded slopes; 4 — present-day displacement tracks of slope deposits along periodically renewed erosion furrows and rills, visible in photos: a — 1960, b — 1969, c — 1976; 5 — incisions and road ravines; 6 — anthropogenic degradation escarpments; 7 — „high balks"; 8 — anthropogenic slope covers; 9 — agrarian terraces, visible in photos: a — 1960, b — 1976; 10 — sites of occurrance of fossil or graded oblong concave slope forms; 11 — accumulation of slope deposits in depressions with no outlet; 12 — fossil channels of flowing waters filled with sandy deposits; 13 — fossil or graded concave non-slope forms (old road incisions anti-tank ditches, drainage ditches); 14 — fossil drainage ditches; 15 — drainage wells; 16 — waters; 17 — outlines of settlements; 18 — roads (a), railway lines (b); 19 — spot heights; 20 — lines of microphotometric profiles areas comprised in outprints

http://rcin.org.pl



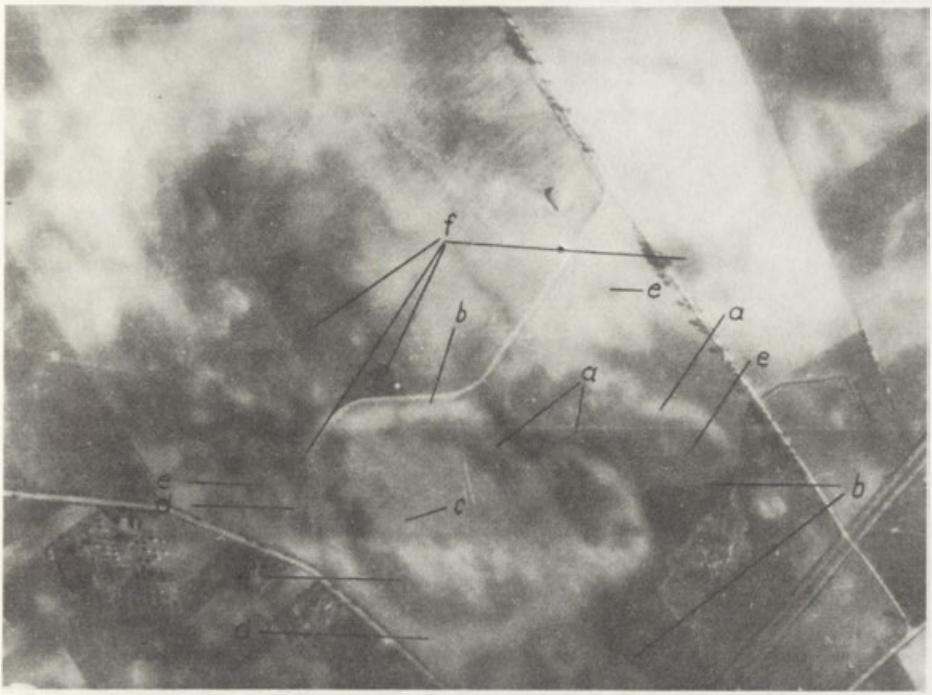

Ryc. 3. Budowa terasy rolnej u podnóża stoku wzniesienia morenowego w Papowie Stacji (ryc. 1, przekrój 3)

1 — próchniczne piaszczysto-gliniaste osady stokowe budujące terasę rolną; 2 — poziom darniowy gleby współczesnej; 3 — deluwia glebowe; 4 — gleba kopalna; 5 — głazy; 6 — żwiry i piaski gruboziarniste; 7 — piaski średnioziarniste; 8 — piaski drobnoziarniste; 9 — piaski różnoziarniste; 10 — mułki ilaste; 11 — iły; 12 — gliny zwałowe; 13 — mursze; 14 — torfy; 15 — gytie; 16 — namuły organiczne; 17 — pnie drzew; 18 — muszelki

Fig. 3. Structure of an agrarian terrace at the slope foot of a morainic elevation at Papowo Stacja (Fig. 1, cross-section 3)

1 — humic sand-and-clay slope deposits bulding the agrarian terrace; 2 — turf horizon of contemporary soil; 3 — soil deluvia; 4 — fossil soil; 5 — blocks; 6 — gravel and coarse-grained sand; 7 — medium-grained sand; 8 — fine-grained sands; 9 — various-grained sand; 10 — clayey silts; 11 — clays; 12 — boulder clay; 13 — muck; 14 — peat; 15 — gyttia; 16 — organic silts; 17 — tree stumps; 18 — shells

http://rcin.org.pl




Fot. 1. Układy fototonalne w obrębie pagórka morenowego i jego otoczenia w Papowie Stacji

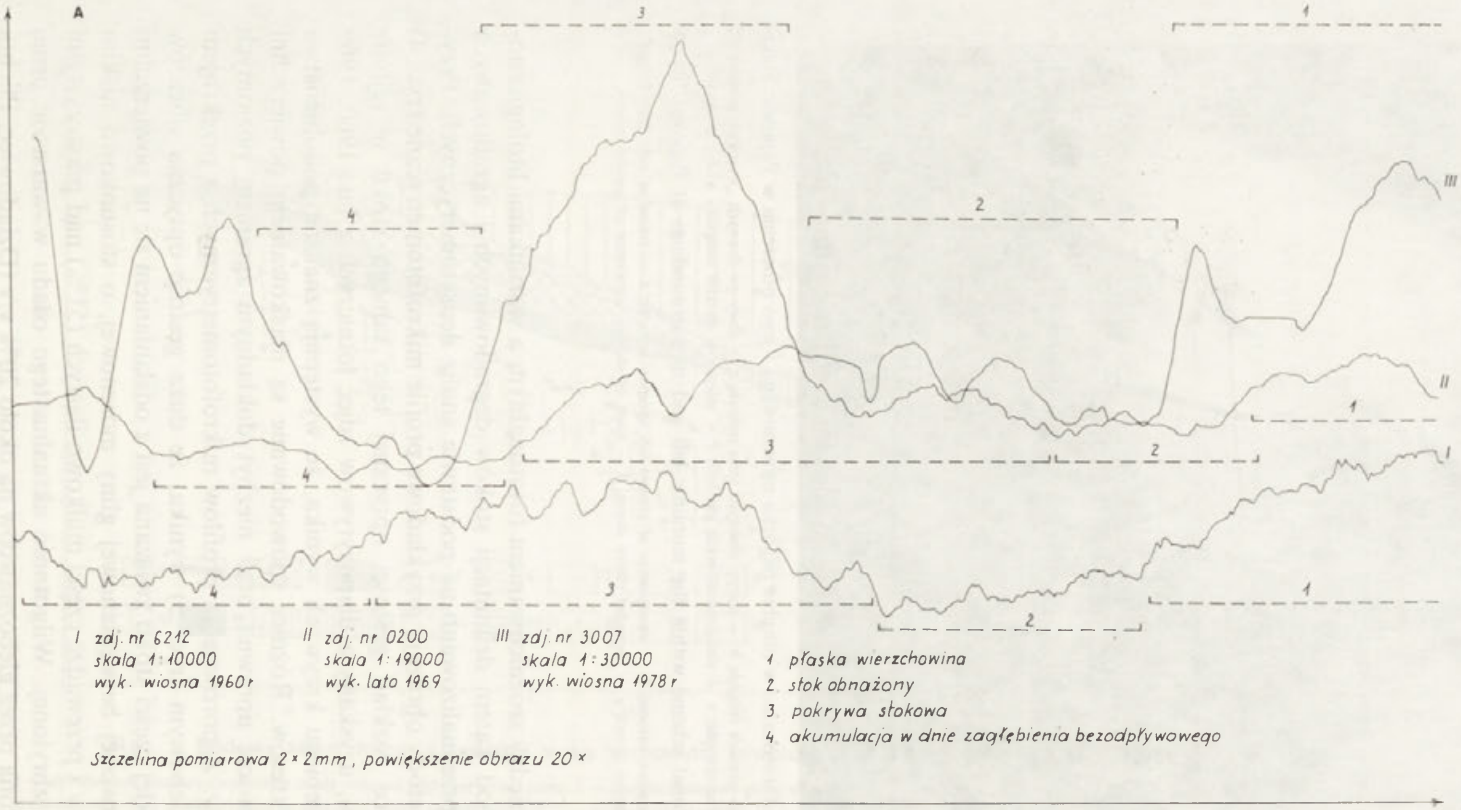
a — ślady po dawnych terasach rolnych; b — skarpy obecnych teras rolnych; c — ślady po dawnych „wysokich miedzach"; d — pokrywy akumulacyjne; e — stoki degradowane gliniaste; f — miejsca o płytkim zaleganiu wód gruntowych

Photo 1. Phototonal scheme within the morainic hill and its surroundings at Papowo Stacja

a — traces of old agrarian terraces; b — escarpments of present-day agrarian terraces; c — traces of old „high balcks"; d — accumulation covers; e — degraded clayey slopes; f — spots of shallow occurrence of ground waters

Związki między zróżnicowaniem fototonalnym a warunkami litologiczno-glebowymi pod kątem delimitacji stoków degradowanych i agradowanych szczegółowo przeanalizowano na podstawie analiz densytomerycznych. Przydatność tej metody obrazują przykładowe profile mikrofotometryczne (ryc. 4) przedstawiające rozkład gęstości optycznej tego samego stoku w rejonie Papowa Stacji, uzyskany z diapozytywów zdjęć lotniczych z lat: 1960, 1969 i 1978. Z przebiegu krzywych wynika, że występują znaczne podobieństwa kształtów wykresów. Różnice spowodowane są maskowaniem powierzchni stoku roślinnością uprawną oraz niezbyt dokładnym zgraniem poziomych skal wykresów. Z porównania profilów mikrofotometrycznych z przekrojem litologiczno-glebowym (ryc. 5) wynika, że duża gęstość optyczna obrazów górnej, wypukłej części stoku związana jest z odsłanianiem się na powierzchni brunatno-czerwonej bezwęglanowej gliny morenowej, o stosunkowo niskim udziale żwirów i przewadze części mułkowo-ilastych (51%) nad piaszczystymi (43%), silnie zbrylonej. Wilgotność aktualna tego osadu w warstwie ornej została określona przez gleboznawców na około 20% v/v (Dziadowiec, Plichta

http://rcin.org.pl



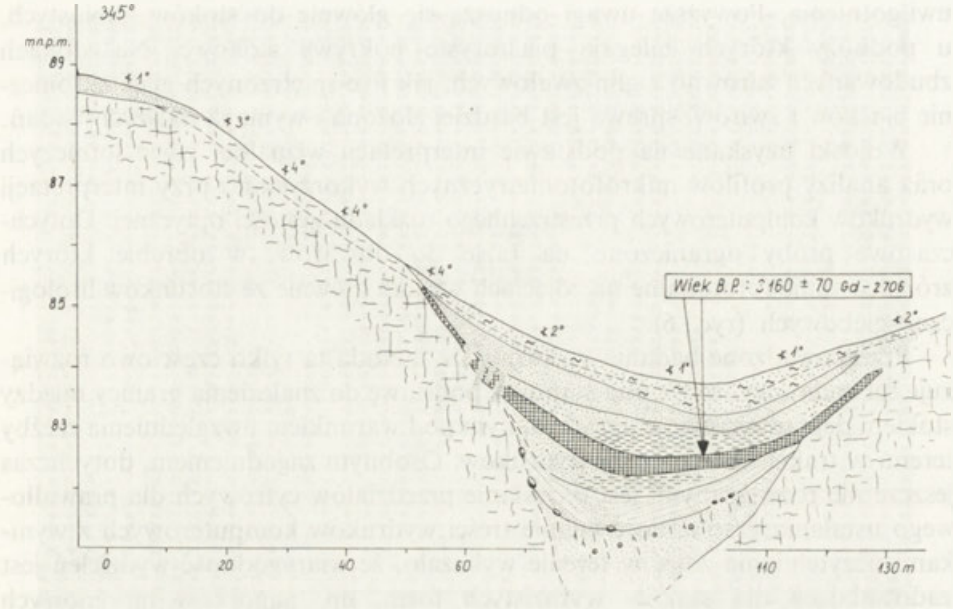

Ryc. 4. Profile mikrofotometryczne — stok pagórka morenowego w Papowie Stacji, wykonane na podstawie diapozytywów zdjęć lotniczych z lat: 1960 (I), 1969 (II), 1978 (III)

1 — płaska wierzchowina; 2 — stok degradowany; 3 — pokrywa stokowa; 4 — akumulacja w dnie zagłębienia bezodpływowego

Fot. 4. Microphotometric profiles — slope of moranic hill at Papowo Stare; based on diapositives of aerial photographs taken in: 1960 (I), 1969 (II), 1979 (III)

1 — flat plateu; 2 — degraded slope; 3 — slope cover; 4 — accumulation in the bottom of depression with no outlet

http://rcin.org.pl




Ryc. 5. Przekrój litologiczno-glebowy stoku pagórka morenowego w Papowie Stacji (ryc. 1, przekrój 1)

Objaśnienia znaków jak na rycinie 3.

Fot. 5. Lithologic and soil cross-section of a morainic hill slope at Papowo Stacja (Fig. 1, cross-section 1)

Legend as in Fig. 3

1987). Pokrywa stokowa zbudowana w stropie z utworu piaszczysto-mułkowego zaznacza się z kolei gwałtownie malejącą gęstością optyczną. Wiąże się to z przejściem glin w jasne osady piaszczyste, wzrostem miąższości pokrywy oraz spadkiem zawartości w niej substancji organicznych (z 4.6% w warstwie ornej gliniastego stoku degradowanego do 0.8% w środkowym odcinku stoku agradowanego). Ponowny wzrost gęstości optycznej występuje dopiero w dnie zagłębienia bezodpływowego u podnóża stoku, zbudowanego z piasków gliniastych podścielonych mułkami ilastymi i glebą kopalną. Ciemny fototon wynika tu z nadmiernego uwilgotnienia (25% v/v) i znacznej zawartości substancji organicznych w osadach (do 10%).

Przytoczony rozkład gęstości optycznej na stoku pagórka morenowego w Papowie Stacji jest charakterystyczny dla większości stoków w okolicy Koniczynki. Wskazuje on, że w miejscach, w których nie ma warunków do płytkiego zalegania wód gruntowych oraz nadmiernego gromadzenia się substancji organicznych występuje ścisła zależność fototonu od litologii. Analiza densytometryczna umożliwia w takich przypadkach precyzyjne rozdzielenie stoków degradowanych i agradowanych, gdyż granica między nimi znajduje się zazwyczaj powyżej silnie uwilgotnionych den zagłębień bezodpływowych oraz dolnych odcinków stoków i nie jest zakłócona wpływem nadmiernego

http://rcin.org.pl

uwilgotnienia. Powyższe uwagi odnoszą się głównie do stoków gliniastych, u podnóży których zalegają piaszczyste pokrywy stokowe. Na stokach zbudowanych zarówno z glin zwałowych, jak i ze spiętrzonych glacitektonicznie piasków i żwirów, sprawa jest bardziej złożona i wymaga dalszych badań.

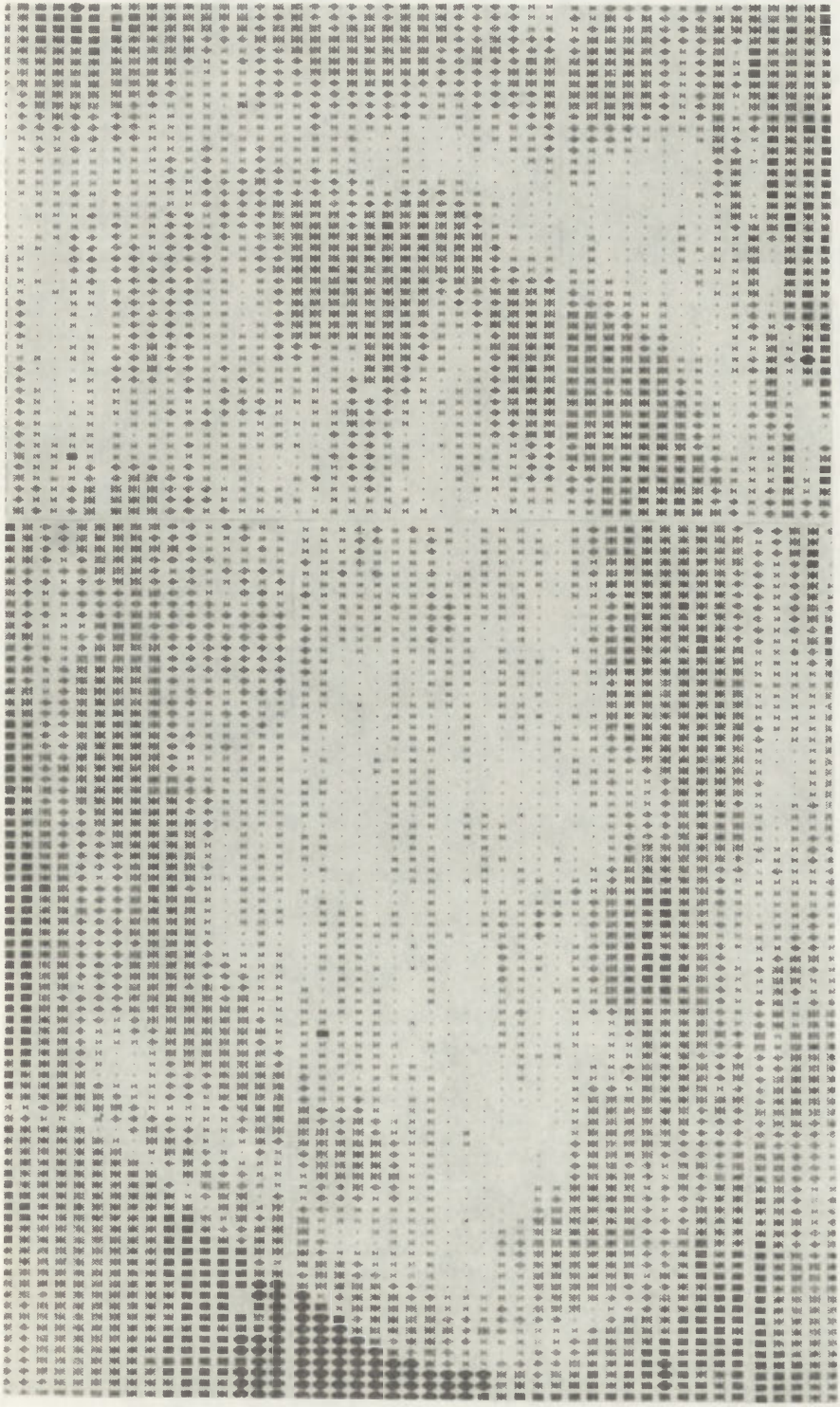
Wnioski uzyskane na podstawie interpretacji wizualnej zdjęć lotniczych oraz analizy profilów mikrofotometrycznych wykorzystano przy interpretacji wydruków komputerowych przestrzennego rozkładu gęstości optycznej. Dotychczasowe próby ograniczono na razie do obszarów, w obrębie których zróżnicowanie fototonalne na zdjęciach wynika głównie ze stosunków litologiczno-glebowych (ryc. 6).

Przeprowadzone badania wykazały, że metoda ta tylko częściowo rozwiązuje cel badawczy. Może ona stanowić podstawę do znalezienia granicy między stokiem degradowanym a agradowanym pod warunkiem uwzględnienia rzeźby terenu w trakcie interpretacji wydruków. Osobnym zagadnieniem, dotychczas jeszcze nie rozwiązanym, jest określanie przedziałów cyfrowych dla prawidłowego ustalania granic. Porównanie treści wydruków komputerowych z wynikami uczytelniania zdjęć w terenie wykazało, że wiarygodność wydzieleń jest zadowalająca dla stoków wyrazistych form, np. pagórków morenowych i głębszych zagłębień bezodpływowych powyżej miejsc nadmiernie uwilgotnionych. Wydruki umożliwiają wtedy obiektywne i jednoznaczne postawienie granic, nawet przy słabym zróżnicowaniu fototonalnym.

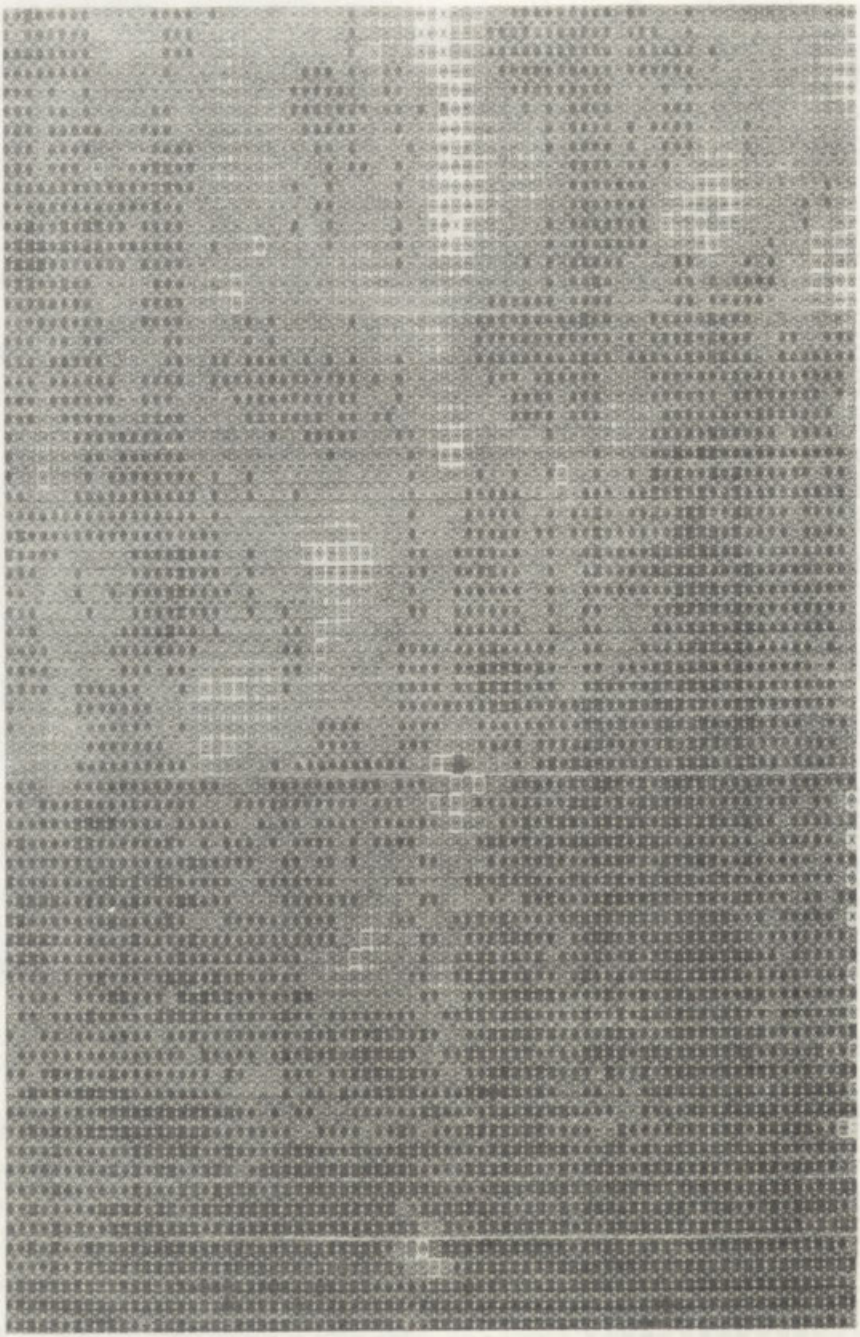
Znacznym utrudnieniem w stosowaniu analizy przestrzennego rozkładu gęstości optycznej jest plamistość fototonalna charakterystyczna dla obrazu równiny morenowej urozmaiconej licznymi podmokłymi zagłębieniami bezodpływowymi. Zagłębienia bezodpływowe stanowią bazy denudacyjne dla osadów przemieszczanych po łagodnie nachylonych i krótkich (15—30 m) stokach. Są one wypełnione antropogenicznymi osadami stokowymi, o miąższości do 70 cm, które spoczywają na torfach i na mułach pochodzących z zarastania istniejących w nich w przeszłości zbiorników wodnych. Płytkie zaleganie wód gruntowych oraz nieduże wysokości względne tych form w stosunku do rozdzielających je wyniesień powodują maskowanie granic litologicznych na zdjęciach przez intensywnie ciemne fototony. Utrudnia to, a miejscami uniemożliwia znalezienie granic między stokiem degradowanym i agradowanym. Kartowanie w obrębie równin morenowych należy więc prowadzić tradycyjnymi metodami terenowymi.

Na rycinie 7 przedstawiono profil mikrofotometryczny, który jest bardzo pomocny w interpretacji wydruków komputerowych obszarów płaskich, o płytko zalegającej wodzie gruntowej. Przebieg tego profilu zaznaczono symbolem B na rycinie 2. Zaznaczające się na profilu wyraźne kontrasty w rozkładzie gęstości optycznej wskazują na możliwości metody densytometrycznej. Zwraca uwagę duża gęstość optyczna obrazu silnie uwilgotnionej równiny morenowej, o wiele większa od gęstości obrazu denudowanych stoków gliniastych. W pewnym stopniu umożliwia to wydzielanie na wydrukach komputerowych

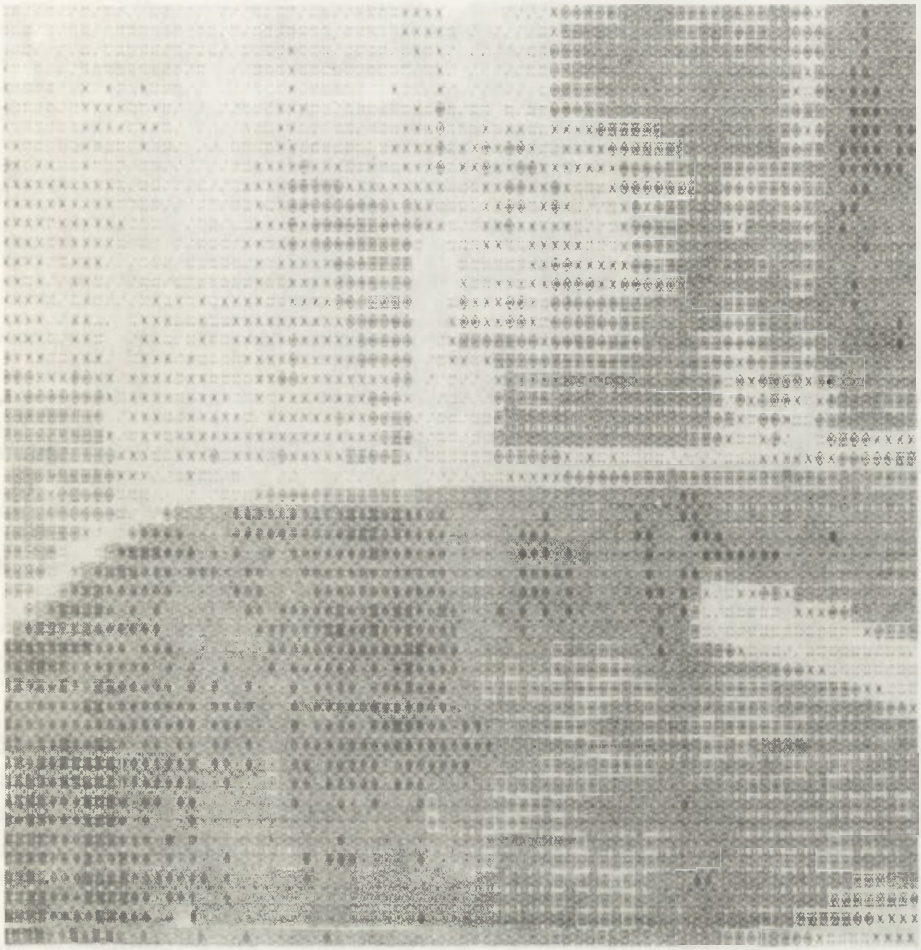
http://rcin.org.pl



http://rcin.org.pl



http://rcin.org.pl



Ryc. 6. Wydruki komputerowe przestrzennego rozkładu gęstości optycznej w 8 przedziałach cyfrowych (obszar I na ryc. 2) oraz w 12 przedziałach cyfrowych (obszar II i III na ryc. 2)

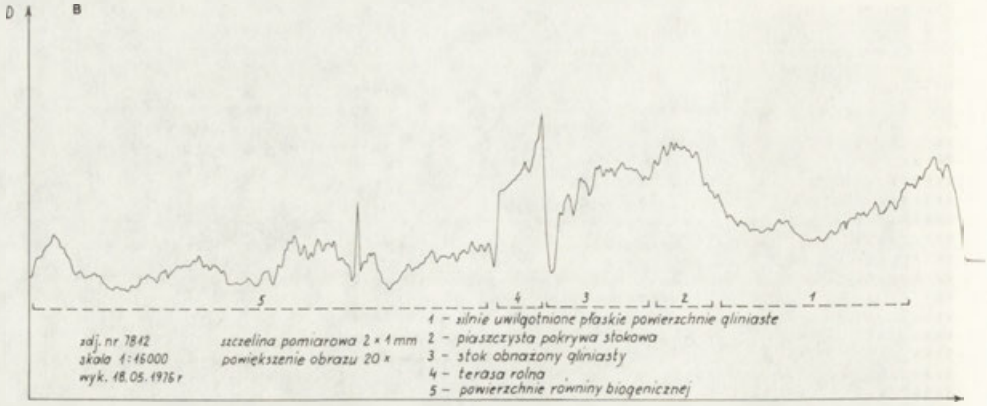
Fot. 6. Computer outprints of spatial distribution of optical dencity in eight figure intervals (area I, Fig. 2) and in twelve figure intervals (area II and area III, Fig. 2)

miejsc silnie uwilgotnionych. Zdecydowanie najmniejszą gęstością optyczną cechują się obrazy pokryw stokowych, stąd też można je łatwo oddzielić od fragmentów stoków degradowanych.

## UWAGI KOŃCOWE

W świetle przedstawionych wyników można stwierdzić, że ogólnie dostępne w kraju panchromatyczne zdjęcia lotnicze umożliwiają i ułatwiają rozwiązanie wielu problemów związanych z kartowaniem antropogenicznych form i osa-

http://rcin.org.pl




Ryc. 7. Profil mikrofotometryczny przez równinę morenową i pagórek morenowy w Papowie Stacji (ryc. 2, symbol B) wykonany na podstawie zdjęcia lotniczego z 1976 r.

1 – silnie uwilgotnione płaskie powierzchnie gliniaste; 2 – piaszczysta pokrywa stokowa; 3 – stok obnażony gliniasty; 4 – terasa rolna; 5 – powierzchnia równiny biogenicznej

Fot. 7. Microphotometric profile through morainic plain and hill at Papowo Stacja (Fig. 2, symbol B) based on aerial photo of 1976

1 – very humid flat clayey surfaces; 2 – sandy slope cover; 3 – senuded clayey slope; 4 – agrarian terrace; 5 – surface of biogenic plain

dów stokowych. Należy podkreślić, że mimo znacznego postępu badań nad procesami denudacyjnymi zachodzącymi współcześnie oraz w przeszłości, kartowanie form i osadów stokowych metodami tradycyjnymi sprawiało i sprawia najwięcej trudności. Możliwość rozpoznania i lokalizacji form, a zwłaszcza osadów stokowych na zdjęciach lotniczych stanowi więc punkt wyjścia do szczegółowych badań terenowych. Wykorzystanie multitemporalnych zdjęć lotniczych (obszar kraju ma wielokrotne pokrycie) umożliwia zaś dodatkowo prześledzenie zmian, jakie następują w okresach między kolejnymi rejestracjami.

Rezultaty kontynuowanych jeszcze badań densytometrycznych wskazują, że w określonych warunkach, przy uwzględnieniu rzeźby i stosunków wodnych, wydruki komputerowe przedstawiające przestrzenny rozkład gęstości optycznej mogą stanowić podstawę do wyznaczania zasięgów stoków degradowanych i agradowanych. Istotne znaczenie ma tu termin fotografowania powierzchni terenu. Zdjęcia powinny być wykonane w okresie, gdy możliwie największe powierzchnie nie są pokryte roślinnością, najlepiej w kilka dni po deszczu.

## LITERATURA

*Acta Universitatis Nicolai Copernici*, 1987, Biologia, 35, Nauki Mat.-Przyr., 72.

Acton D. F., 1965, *The relationship of pattern and gradient of slopes to soil type*, Can. J. Soil Sci., 45.

http://rcin.org.pl

Andronikow W. L., 1986, *Teledetekcja gleb*, PWN, Warszawa.
Baranowa A. I., 1964, *Erozionnyje processy na Prawobierež'je Wołgogradskogo Wodochraniliszcza i aeromietody ich izuczenija*, Izw. Vses. Geogr. Obszcz., 96, 1.
— 1978, *O landszaftnom mietodie deszifrirowanija aerofotosnimkow*, Izw. Vses. Geogr. Obszcz., 110, 4.
Bergsma E., 1974, *Soil erosion toposequences on aerial photographs*, ITC Journal, 2 /3/.
Białousz S., 1978, *Zastosowanie fotointerpretacji do wykonywania map stosunków wodnych gleb*, V Komisja Genezy, Klasyfikacji i Kartowania Gleb, Pol. Tow. Gleb., V/35, Warszawa.
Billwitz K., 1985, *Bodenheterogenität und Bodenverlgerungsprozesse im Jungmoränengebiet und ihre Interpretation anhand von Luftbildern*, (m-pis w Inst. Geogr. Uniw. Mikołaja Kopernika w Toruniu).
Bobrowickaja N. N., 1985, *Primienienije distancionnych i naziemnych ekspierimientalnych mietodow dla issledowanija i rascziota charaktieristyk wodnej erozii poczw*, (m-pis w Pracowni Fotointerpretacji Geograficznej WGiSR Uniw. Warszawskiego).
Bobrowickaja N. N., Worożbitow I. I., 1979, *Issledowanije wremiennoj ruczejkowoj seti s ispol'zowanijem aeromietodow*, Trudy Gosp. Gidrobiol. Inst., 267, Leningrad.
— 1980, *Opredielenije miestopołożenija i rozmierow zon aktiwnoj erozii poczw po matierialam aerofotos'jomok*, Trudy Gosp. Gidrobiol. Inst., 276, Leningrad.
Celmer T., 1987, *Rzeźba terenu i budowa geologiczna powierzchni obszaru Rolniczego Zakładu Doświadczalnego UMK w Koniczynce i jego najbliższych okolic*, Acta Univ. Nicol. Copernici, Biologia, 35, 72.
Chudziakowa J., 1974, *Kultura łużycka na terenie międzyrzecza Wisły, Drwęcy i Osy*, TNT, Prace Arch., Warszawa-Poznań.
Cierniewski J., 1984, *Influence of surface soil clod structure on spectral responce of soil cover*, [w:] *Les Colloques de l'INRA*, 23, Paris.
Ciołkosz A., Miszalski J., Olędzki J. R., 1986, *Interpretacja zdjęć lotniczych*, PWN, Warszawa.
Clément P., Bonn F., 1979, *Etude comparée differentes techniques de télédétection appliqées a la géomorphologie*, [w:] Bonn F. (red.), *Télédetection et Gestion des Ressources*, Ass. Queb. Télédetection.
Dziadowiec H., Plichta W., 1987, *Materiały do przyrodniczej charakterystyki gleb Rolniczego Zakładu Doświadczalnego UMK w Koniczynce i pól doświadczalnych we wsi Grębocin*, Acta Univ. Nicolai Copernici, Biologia, 35, 72.
Furmańczyk K., Chabowski E., 1984, *Nadzorowana interpretacja zdjęć wielospektralnych przy użyciu EMC ODRA 1204*, Fotoin. Geogr., 17.
Furmańczyk K., Pankiewicz Z., Chabowski E., Musielak S., 1983, *Cyfrowy skanerowy przetwornik obrazu CSPO-01/G III-P*, Fotoin. Geogr., 16.
Gacki T., Gołębiewski R., 1977, *Fotointerpretacja erozji gleb obszarów młodoglacjalnych na przykładzie zlewni górnej Raduni*, Fotoin. Geogr., 10.
Garland G. G., 1982, *Mapping erosion with airphotos: panchromatic or black and white infrared*, ITC Journal, 3.
Gerrard A. J., 1981, *Soils and landforms. An intergration of geomorphology and pedology*, London.
Kleczewska E., Kijewska A., 1977, *Przydatność powtarzalnych zdjęć lotniczych w badaniach erozji gleb*, Fotoin. Geogr., 12.
Lepeszew A. A., Jaroszewicz L. M., 1976, *Kartografirowanije erodirowannych poczw Bełorussii s pomoszczju materiałow aerofotos'jomki*, [w:] *Zakonomernosti projawlenija erozionnych i rusłowych processow w raznych prirodnych usłowijach*, Moskwa.
Michajłowa N. A., Orłow D. S., 1986, *Opticzeskije swojstwa poczw i poczwiennych komponientow*, Nauka, Moskwa.
Morgan R. P., Keech M. A., 1976, *The aspects of scale in the application of remote sensing to the evaluation of soil erosion risk'*, [w:] *Landuse studies by remote sensing*, Remote Sensing Society.
Nadolski S., 1987, *Próba określenia rozmieszczenia osadów stokowych na wysoczyźnie morenowej*


http://rcin.org.pl

*okolic Koniczynki przy użyciu metody mikrofotometrycznej*, (m-pis pracy magisterskiej w Inst. Geogr. Uniw. Mikołaja Kopernika w Toruniu).

Niewiarowski W., Tomczak A., 1973, *Morfologia i rozwój rzeźby obszaru miasta Torunia i jego okolic*, Acta Univ. Nicolai Copernici, Geografia, 10, 32.

Richter G., 1962, *Die hilfe des Luftbildes für die praktische Bodenerosionsbekämpfung*, Archs Int. Photogramm., 14, Delft.

– 1965, *Bodenerosion, Schäden und gefährdete Gebiete in der Bundesrepublik Deutschland*, Forschn Dt. Landesk., 152, Bad Godesberg.

Schmidt R. G., 1979, *Probleme der Erfassung and Quantifizierung von Ausmase und Prozessen der aktuellen Bodenerosion (Abspülung) auf Ackerflächen, Phisiogeographie*, Basler Beitr. Physiogeogr., 1, Basel.

Schneider S., 1974, *Luftbild und Luftbildinterpretation*, Berlin-New York.

Sinkiewicz M., 1977, *Dawne i współczesne procesy denudacyjne w okolicy Witowic (Kujawy) w świetle analizy zdjęć lotniczych*, Fotoin. Geogr., 10.

– 1980, *Próba wykorzystania zdjęć lotniczych w badaniach form i procesów denudacyjnych w okolicach Jeziora Pakoskiego*, Fotoin. Geogr., 14.

– 1990, *Niektóre problemy przeobrażania stoków na Pojezierzu Kujawskim wskutek denudacji antropogenicznej*, Acta Univ. Nicolai Copernici, Geografia, (w druku).

*Słownik Geograficzny Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich*, 1886, Druk „Wieku", Warszawa.

Słupik J., 1976, *Zastosowanie zdjęć lotniczych w określeniu wpływu bruzd i dróg polnych na strukturę bilansu wodnego stoków górskich*, Fotoin. Geogr., 11.

Steinmetz H. J., 1958, *Luftbild und Reliefveränderungen infolge Bodenerosion*, [w:] *Assemblée Générale de Toronto*, Association Internationale d'Hydrologie Scientifique, 3-14 sept. 1957, 1, Gentbrugge.

Stübner K., 1955, *Luftbild und Bodenerosion*, VEB Verlag Technik, Berlin.

Zasławskij M. N., 1979, *Erozija poczw*, „Myśl", Moskwa.

http://rcin.org.pl

TADEUSZ CIUPA
(Kielce)

# DYNAMIKA TRANSPORTU I UZIARNIENIE RUMOWISKA WLECZONEGO BIAŁEJ NIDY*

Transport rumowiska wleczonego w stosunku do pozostałych rodzajów transportu fluwialnego jest najsłabiej poznany (Skibiński 1976; Dąbkowski, Skibiński, Żbikowski 1982). Na Wyżynie Małopolskiej badania rumowiska wleczonego prowadzono jedynie na Nidzie (Skibiński i in. 1972, 1976; Brański 1978).

## CEL I METODY PRACY

Celem pracy jest próba poznania dynamiki uziarnienia rumowiska wleczonego i dennego oraz natężenia wleczenia w przekroju poprzecznym rzeki Białej Nidy w cyklu rocznym. Badania stacjonarne rozpoczęto 1.11.1980 r. i kontynuowano do 30.10.1982 r. W celu uzupełnienia danych i sprawdzenia niektórych hipotez roboczych wykonano dodatkowo serię szczegółowych pomiarów transportu fluwialnego podczas wezbrania roztopowego w dniach 7—14.03.1985 r. w profilu Żerniki. Badania terenowe obejmowały rejestrację codziennych stanów wody i koncentracji zawiesiny, a średnio raz na miesiąc pomiary przepływu wody i transportu fluwialnego (koncentracja materiału rozpuszczonego i zawiesiny, natężenia wleczenia) oraz temperatury wody w czterech profilach wodowskazowych (Podłazie, Mniszek, Jacłów, Żerniki). Pomiary były zawsze prowadzone w tych samych profilach hydrometrycznych.

Aluwia facji korytowej składają się prawie w całości z frakcji piaszczystej, można więc było stosować do pomiaru natężenia wleczenia łapaczkę typu PIHM-C o szerokości wlotu 12 cm i sprawności 52% (Brański 1965).

Z wszystkich pionów hydrometrycznych pobierany był czerpakiem materiał denny z głębokości 3—4 cm. Z próbek rumowiska dennego i wleczonego wykonano łącznie 866 analiz granulometrycznych. Zastosowano zestaw sit o średnicy oczek (w mm): 6,3; 5,0; 4,0; 3,15; 2,5; 1,6; 1,25; 1,0; 0,80; 0,50; 0,35; 0,25; 0,20; 0,16; 0,1; 0,08; 0,063; 0,04. Wybrane wskaźniki uziarnienia, tj.

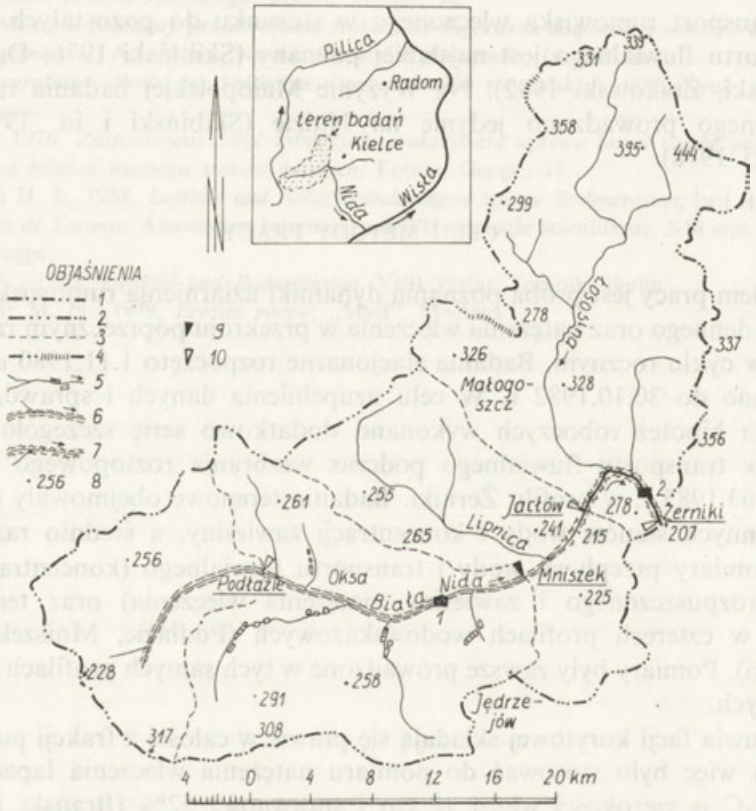
* Temat częściowo dofinansowany i realizowany w ramach problemu CPBP-03.13.

http://rcin.org.pl

średnią średnicę ziarn rumowiska dennego (*Mz*) i rumowiska wleczonego (*Mzr*) i odchylenie standardowe (*SIG* i *SIGr*) obliczono wzorami Folka i Warda w skali phi (Gradziński i in. 1976).

## TEREN BADAŃ

Zlewnia Białej Nidy o powierzchni 1030 km$^2$ obejmuje południowo-zachodnie mezozoiczne obrzeżenie Gór Świętokrzyskich i położona jest na wysokości 444 – 207 m npm. (ryc.1). Biała Nida o długości 52,4 km i średnim spadku 1,13°/$_{oo}$ płynie korytem wyciętym w aluwiach holoceńskich. Dolina odcinka źródłowego i środkowego jest słabo wcięta w wierzchowinę, a przed




Ryc. 1. Szkic sytuacyjny zlewni Białej Nidy

1 – dział wodny II rzędu; 2 – dział wodny III rzędu; 3 – dział wodny do wodowskazu; 4 – dział wodny niepewny; 5 – cieki, rowy melioracyjne i stawy, 6 – koryto rzeki uregulowanej; 7 – koryto rzeki nieuregulowanej; 8 – punkty wysokościowe; 9 – wodowskaz IMGW; 10 – wodowskaz założony na okres badań

Fig. 1. Site sketch of Biała Nida catchment area

1 – second rank watershed; 2 – third rank watershed; 3 – watershed up to water-gauge; 4 – uncertain watershed; 5 – streams, drainage ditches and ponds; 6 – channel of river; 7 – channel of untrained river; 8 – spot heights; 9 – IMGW water-gauge; 10 – water-gauge installed for the period of investigations

http://rcin.org.pl

melioracją posiadała podmokłe, zabagnione dno. W dnach doliny szerokiej miejscami do 2,5 km, znajduje się szereg stawów. Koryto rzeki jest słabo wcięte w terasę i uregulowane aż do ujścia Lipnicy. Na tym odcinku występują liczne progi korekcyjne i jazy. Poniżej koryto Białej Nidy jest naturalne i rzeka meandruje podcinając na wielu odcinkach wysokie brzegi.

Obserwowane dwa lata pod względem wysokości opadu i przepływu wyraźnie różniły się od siebie. Pierwszy rok badań (1981) był zbliżony pod względem wysokości opadu (670 mm) do przeciętnego roku z wielolecia 1965–1980 (684 mm), a 1982 r. – był „suchy" (536 mm). Również przepływy w profilu Mniszek (wodowskaz IMGW) w 1981 r. były zbliżone do średniego z wielolecia ($2{,}97 \cdot 10^3 \cdot dm^3 s^{-1}$). W wieloleciu reżim Białej Nidy był kształtowany w marcu przez wody roztopowe, a w październiku i sierpniu przez opady. W okresie badań reżim odpływu był kształtowany przez śródzimowe i wiosenne wezbrania roztopowe (Ciupa 1989).

Roczny reżim średnich prędkości z pewnym przybliżeniem nawiązuje do rytmu przepływu. Największe prędkości wody w Białej Nidzie występują w miesiącach zimowych i w czasie wiosennych roztopów, natomiast najniższe w miesiącach letnich. W profilu podłużnym Białej Nidy obserwowano wzrost prędkości zwyczajnych w kierunku ujścia rzeki, od 0,28 $ms^{-1}$ (Podłazie) od 0,46 $ms^{-1}$ (Żerniki) w 1981 r. i 0,27 do 0,44 $ms^{-1}$ w 1982 r.

## UZIARNIENIE RUMOWISKA WLECZONEGO I DENNEGO

Na zróżnicowanie granulometryczne osadów facji aluwialnej wpływają m.in. cechy litologiczno-geomorfologiczne zlewni, cechy koryt rzecznych, czynniki hydrodynamiczne itd. W przekroju poprzecznym koryta rzeki zmienne są przede wszystkim te ostatnie (Dynus-Angiel 1980).

W profilach poprzecznych koryt rzecznych rozkład średniej średnicy (Mz) i odchylenia standardowego (SIG) ziarn rumowiska dennego nawiązuje do rozkładu prędkości oraz głębokości. W strefie nurtu występuje zazwyczaj materiał grubszy i lepiej wysortowany.

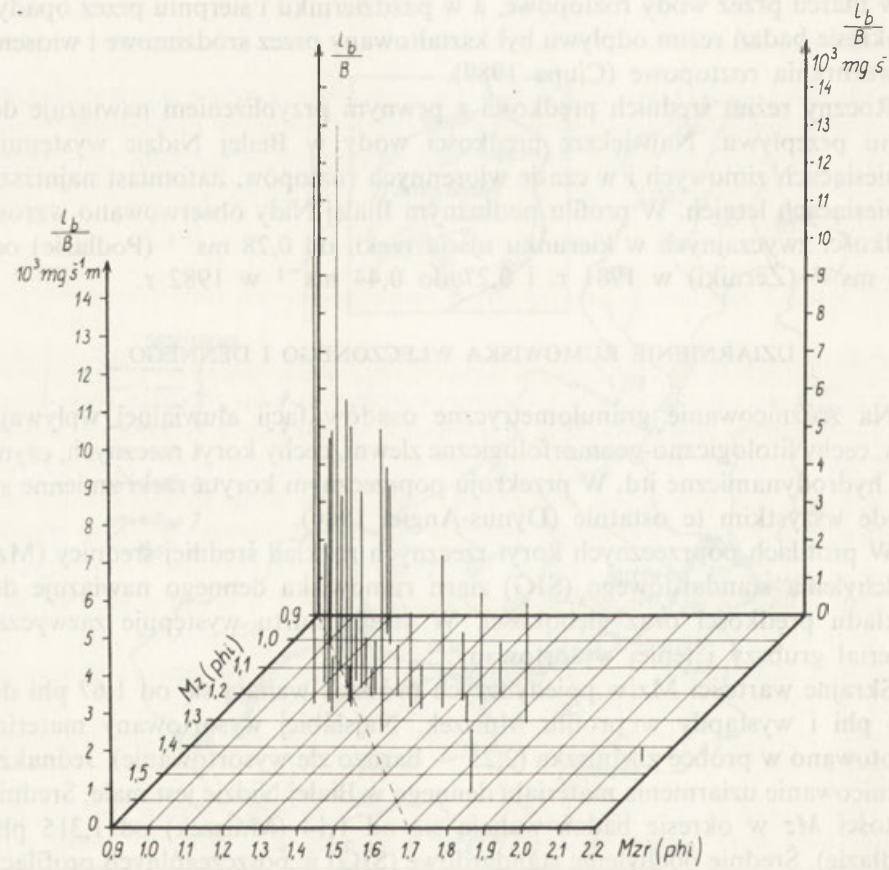
Skrajne wartości Mz w pojedynczych próbach wahają się od 1,67 phi do 2,80 phi i wystąpiły w profilu Mniszek. Najsłabiej wysortowany materiał zanotowano w próbce z Mniszka (2,25 – bardzo złe wysortowanie). Jednakże zróżnicowanie uziarnienia materiału dennego w Białej Nidzie jest małe. Średnie wartości *Mz* w okresie badań wahają się od 1,14 (Mniszek) od 1,315 phi (Podłazie). Średnie odchylenie standardowe (SIG) w poszczególnych profilach pomiarowych jest zawarte między wartościami 0,591–0,883, co oznacza średnie wysortowanie materiału dennego. Zróżnicowanie uziarnienia rumowiska dennego jest większe niż rumowiska wleczonego.

J. Brański (1967) i J. Skibiński i in. (1972) stwierdzają, że próby rumowiska dennego można traktować jako reprezentatywne dla ładunku dennego. Natomiast J. Dynus-Angiel (1980) podaje, że nieraz ziarno rumowiska dennego jest grubsze od wleczonego i odwrotnie. W świetle przeprowadzonych badań

http://rcin.org.pl

wynika, że w 75% próbek średnia średnica ziarn rumowiska dennego (*Mz*) jest większa niż rumowiska wleczonego (*Mzr*), czyli materiał transportowany jest z reguły nieco drobniejszy od zalegającego na dnie.

Porównując średnie wartości *Mz* i *Mzr* w przekroju Żerniki z natężeniem wleczenia na 1 mb przekroju poprzecznego rzeki ($I_b/B$) widzimy pewien związek (ryc. 2). Jeżeli natężenie wleczenia jest duże, to rumowisko denne może być nawet nieco drobniejsze niż wleczone. Uogólniając można powiedzieć, że w miarę zmniejszania się natężenia wleczenia transportowane są ziarna o coraz mniejszej średnicy. Przy najmniejszym natężeniu wleczenia średnia średnica *Mzr* była najmniejsza z zarejestrowanych (2,16 phi), jednocześnie średnia




Ryc. 2. Biała Nida – profil Żerniki. Związek między natężeniem wleczenia na 1 mb przekroju poprzecznego rzeki ($I_b/B$) a średnią średnicą ziarn rumowiska dennego (*Mz*) i wleczonego (*Mzr*)

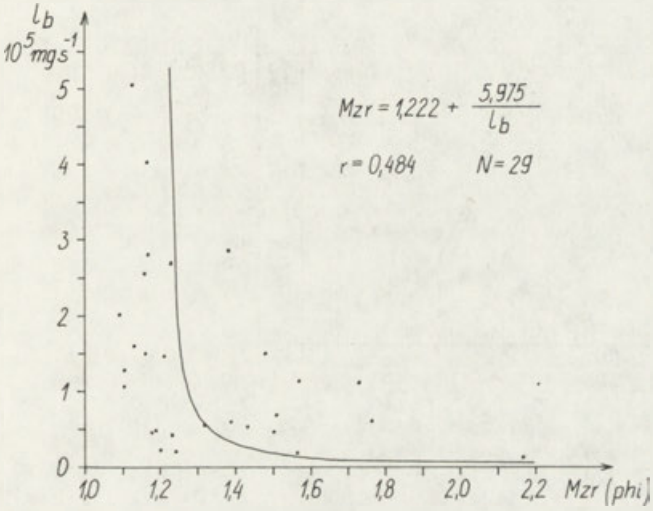
Fig. 2. The Biała Nida river – Żerniki profile. Relationship of transport intensity on running meter of the river cross-section ($I_b/B$) nad the mean diameter of grains of the bad material (*Mz*) and bedload material (*Mzr*)

* Na rycinach 2–11 osie rzędnych mają mieć uzupełnienie frakcji górnej; ryc. 2 – $10^3$ mg $s^{-1}m^{-1}$, ryc. 7, 8, 11 – $10^3$ $dm^3$ $s^{-1}$, ryc. 9 – 11-krotnie – ($mg^{-1}s^{-1}$)

http://rcin.org.pl

średnica *Mz* osiągnęła wartość 1,45 phi. Różnica między *Mz* i *Mzr* była wówczas największa z zaobserwowanych. Wraz ze zmniejszeniem się natężenia wleczenia zwiększa się różnica między *Mz* i *Mzr*. Związek między natężeniem wleczenia ($I_b$), a średnią średnicą ziarn rumowiska wleczonego *Mzr* przebiera postać hiperboli (ryc. 3).

Związek między średnią średnicą *Mz* i *Mzr* opisują równania liniowe o niewysokich współczynnikach korelacji (maks. 0,75) istotnych na poziomie 0,1%.




Ryc. 3. Biała Nida — profil Żerniki. Związek między średnią średnicą ziarn rumowiska wleczonego (*Mzr*) a natężeniem wleczenia ($I_b$)

*r* — współczynnik korelacji obliczony między *Mzr* pomierzonym i obliczonym równaniem; *N* — liczba pomiarów

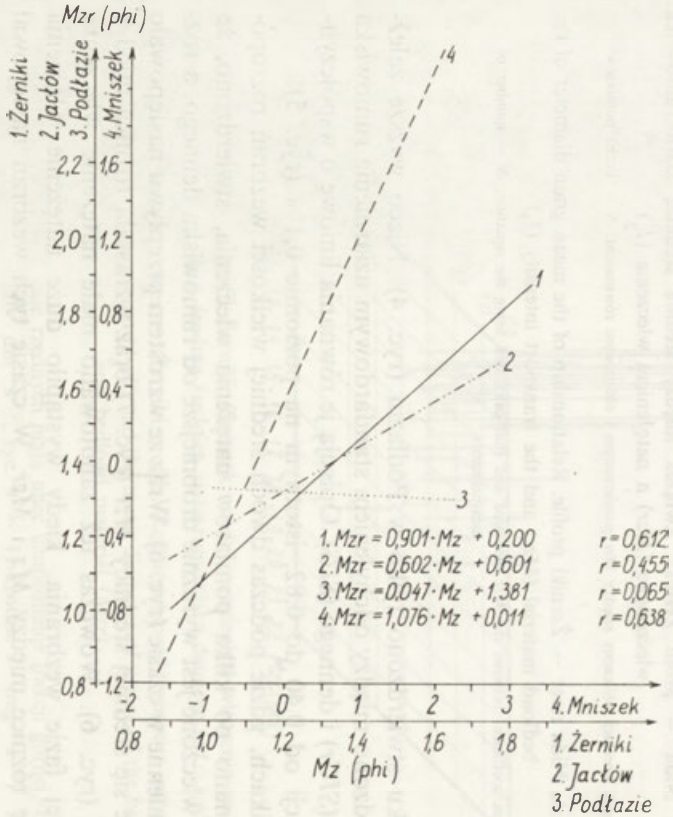
Fig. 3. The Biała Nida river — Żerniki profile. Relationship of the mean grain diameter of the bedload material (*Mzr*) and the transport intensity ($I_b$)

*r* — correlation coefficient between the *Mzr* measured and that calculated using the equation; *N* — number of measurements

Brak związku stwierdzono tylko w Podłaziu (ryc. 4). Nieco wyższe zależności stwierdzono między odchyleniem standardowym uziarnienia rumowiska wleczonego (*SIGr*) i dennego (*SIG*). Opisują je równania liniowe o współczynniku korelacji od 0,40 do 0,82, istotnym na poziomie 0,1% (ryc. 5).

W Żernikach, gdzie podczas dwóch średniej wielkości wezbrań roztopowych wykonano po kilka pomiarów natężenia wleczenia, stwierdzono, że rumowisko wleczone jest wyraźnie drobniejsze od rumowiska dennego, a różnice te są zmienne w czasie (ryc. 6). Wraz ze wzrostem przepływu następowało zmniejszenie się średniej średnicy *Mzr* (ryc. 7) oraz wzrastała różnica między *Mz* i *Mzr* (ryc. 6). Wówczas też zanotowano małe natężenie wleczenia. W końcowej fazie wezbrania, kiedy wystąpiło duże natężenie wleczenia zacierały się różnice między *Mz* i *Mzr*. W czasie tych wezbrań następował

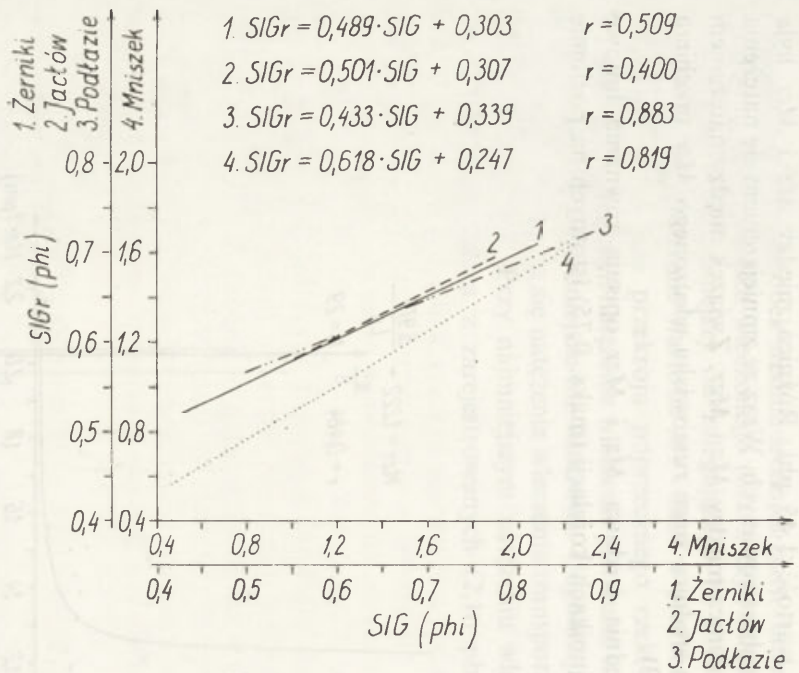
http://rcin.org.pl




Ryc. 4. Związek między średnią średnicą ziarn rumowiska wleczonego (*Mzr*) i dennego (*Mz*) w profilach badawczych na Białej Nidzie

Istotność współczynnika korelacji (*r*) określono testem Studenta

Fig. 4. Relationship of the mean grain diameter of the bedload (*Mzr*) and of the bed material (*Mz*) in the measuring profiles of the



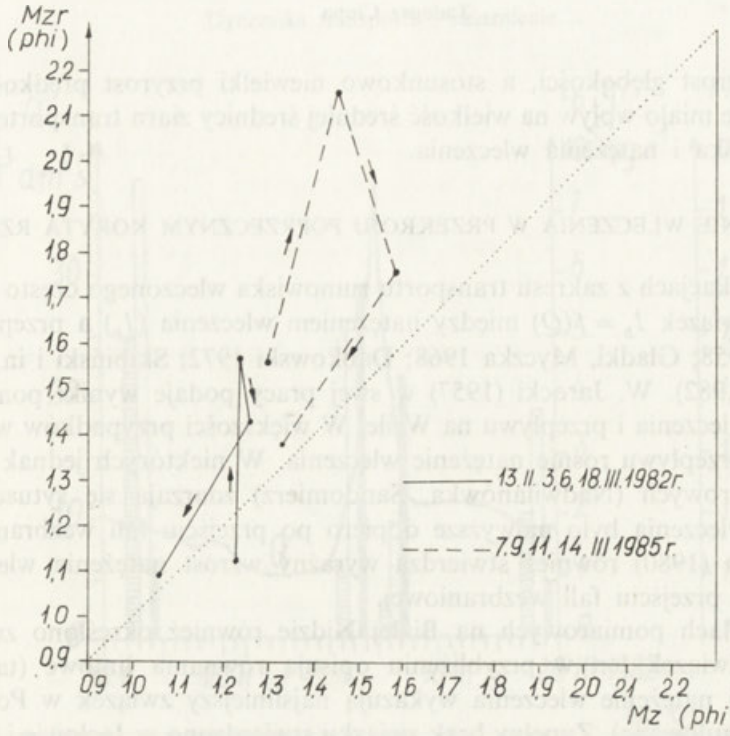

Ryc. 5. Związek między odchyleniem standardowym rumowiska wleczonego (*SIGr*) i dennego (*SIG*) w profilach badawczych na Białej Nidzie

Istotność współczynnika korelacji (*r*) określono testem Studenta

Fig. 5. Relationship of the standard deviation of bedload grains (*SIGr*) and of the bed material grains (*SIG*) in the measuring profiles of the Biała Nida

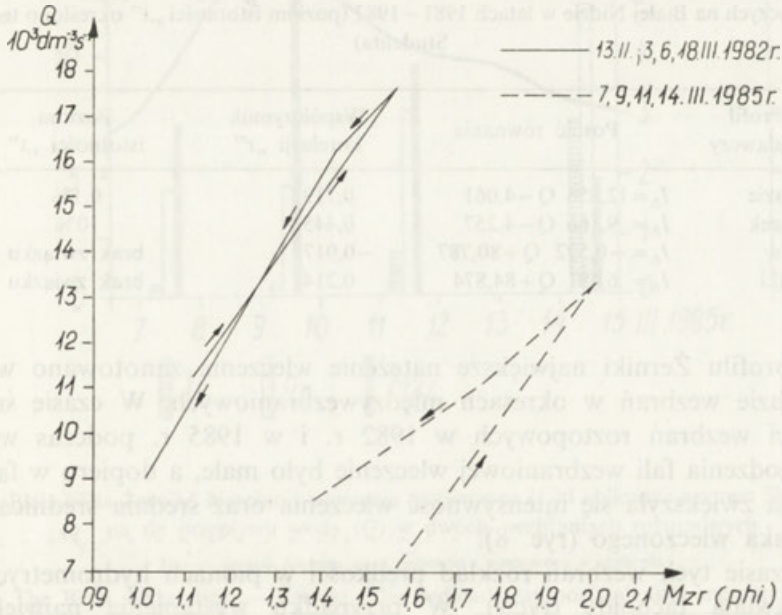
The significance of the correlation coefficient (*r*) has been determined by Student's test

http://rcin.org.pl




Ryc. 6. Biała Nida – Żerniki. Zmienność średniej średnicy ziarn rumowiska wleczonego (*Mzr*) i dennego (*Mz*) podczas dwóch wezbrań roztopowych

Fig. 6. The Biała Nida river – Żerniki. Changes of the grain mean diameter of the bedload (*Mzr*) and the bed material (*Mz*) during two high-water stages




Ryc. 7. Biała Nida – Żerniki. Związek między przepływem (*Q*) a średnią średnicą ziarn rumowiska wleczonego (*Mzr*) podczas dwóch wybranych wezbrań

Fig. 7. The Biała Nida river – Żerniki. Relationship of the discharge (*Q*) and the mean diameter of bedload (*Mzr*) grains during two high-water stages

http://rcin.org.pl

znaczny wzrost głębokości, a stosunkowo niewielki przyrost prędkości, co niewątpliwie miało wpływ na wielkość średniej średnicy ziarn transportowanego rumowiska i natężenia wleczenia.

## NATĘŻENIE WLECZENIA W PRZEKROJU POPRZECZNYM KORYTA RZEKI

W publikacjach z zakresu transportu rumowiska wleczonego często określany jest związek $I_b = f(Q)$ między natężeniem wleczenia ($I_b$) a przepływem Q (Born 1958; Gładki, Myczka 1968; Dąbkowski 1972; Skibiński i in. 1972; Froehlich 1982). W. Jarocki (1957) w swej pracy podaje wyniki pomiarów natężenia wleczenia i przepływu na Wiśle. W większości przypadków wraz ze wzrostem przepływu rośnie natężenie wleczenia. W niektórych jednak profilach pomiarowych (Nadwilanówka, Sandomierz) zdarzają się sytuacje, że natężenie wleczenia było najwyższe dopiero po przejściu fali wezbraniowej. M. Newson (1980) również stwierdza wyraźny wzrost natężenia wleczenia dopiero po przejściu fali wezbraniowej.

W profilach pomiarowych na Białej Nidzie również określono związek $I_b = f(Q)$. Związek ten w przybliżeniu opisują równania liniowe (tab. 1). Przepływy i natężenie wleczenia wykazują najsilniejszy związek w Podłaziu (koryto uregulowane). Zupełny brak związku stwierdzono w Jacłowie i Żernikach (koryta naturalne).

Tabela 1

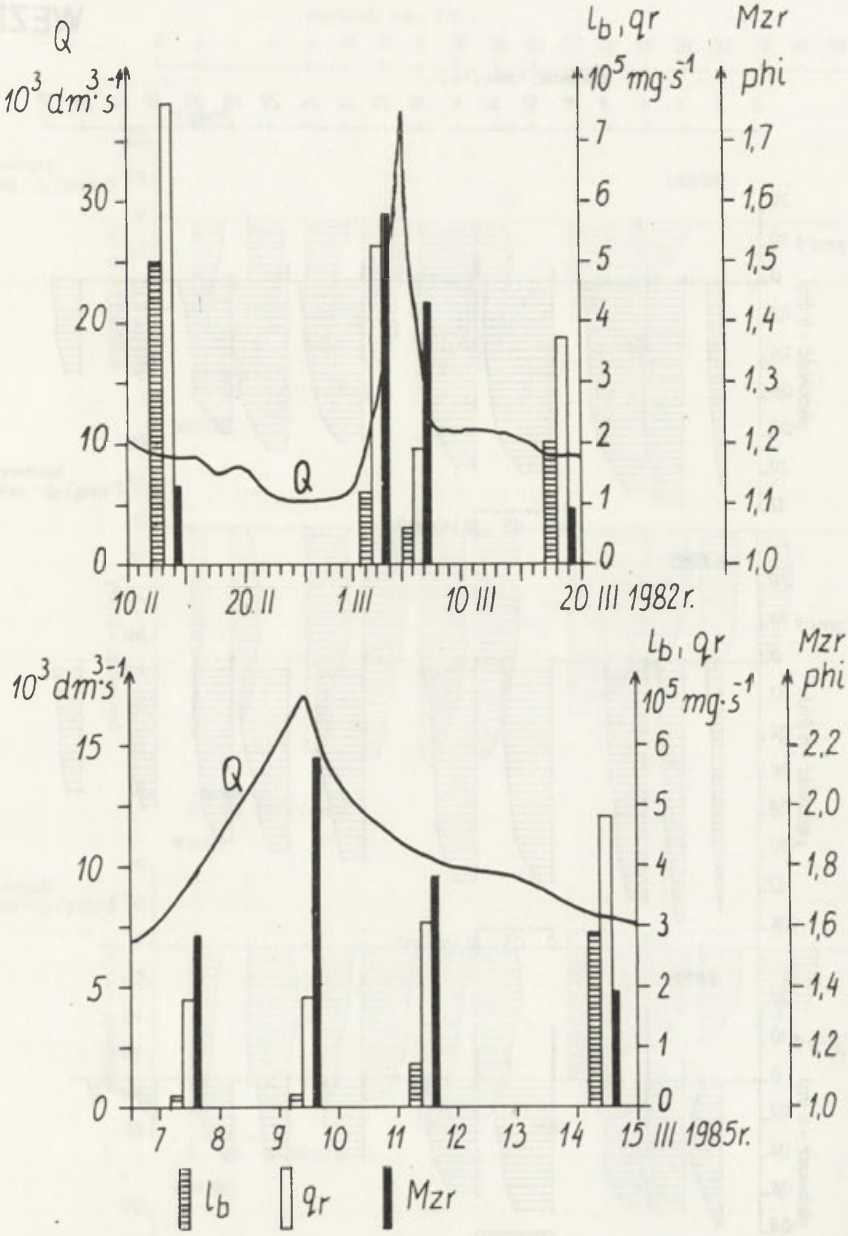
Związek między przepływem ($Q$) i natężeniem wleczenia ($I_b$) w poszczególnych profilach badawczych na Białej Nidzie w latach 1981 – 1982 (poziom istotności „t" określono testem Studenta)

| Profil badawczy | Postać równania | Współczynnik korelacji „r" | Poziom istotności „t" |
|---|---|---|---|
| Podłazie | $I_b = 12{,}858\ Q - 4{,}061$ | 0,719 | 0,1% |
| Mniszek | $I_b = 9{,}166\ Q - 4{,}257$ | 0,445 | 10% |
| Jacłów | $I_b = -0{,}592\ Q + 80{,}787$ | −0,017 | brak związku |
| Żerniki | $I_b = 6{,}481\ Q + 84{,}874$ | 0,214 | brak związku |

W profilu Żerniki największe natężenie wleczenia zanotowano w końcowej fazie wezbrań w okresach międzywezbraniowych. W czasie średniej wielkości wezbrań roztopowych w 1982 r. i w 1985 r. podczas wzrostu i przechodzenia fali wezbraniowej wleczenie było małe, a dopiero w fazie jej opadania zwiększyła się intensywność wleczenia oraz średnia średnica ziarn rumowiska wleczonego (ryc. 8).

W czasie tych wezbrań rozkład prędkości w pionach hydrometrycznych przedstawiają tachoidy (ryc.9). W przypadku wystąpienia największych głębokości (stanów wody) tachoidy stają się wąskie i długie, a natężenie wleczenia bardzo małe. W miarę opadania fali wezbraniowej kształt tachoid

http://rcin.org.pl




Ryc. 8. Biała Nida Żerniki. Natężenie wleczenia pomierzone ($l_b$) i obliczone wzorem Skibińskiego ($q_r$) na tle przepływu wody ($Q$) w dwóch wezbraniach roztopowych

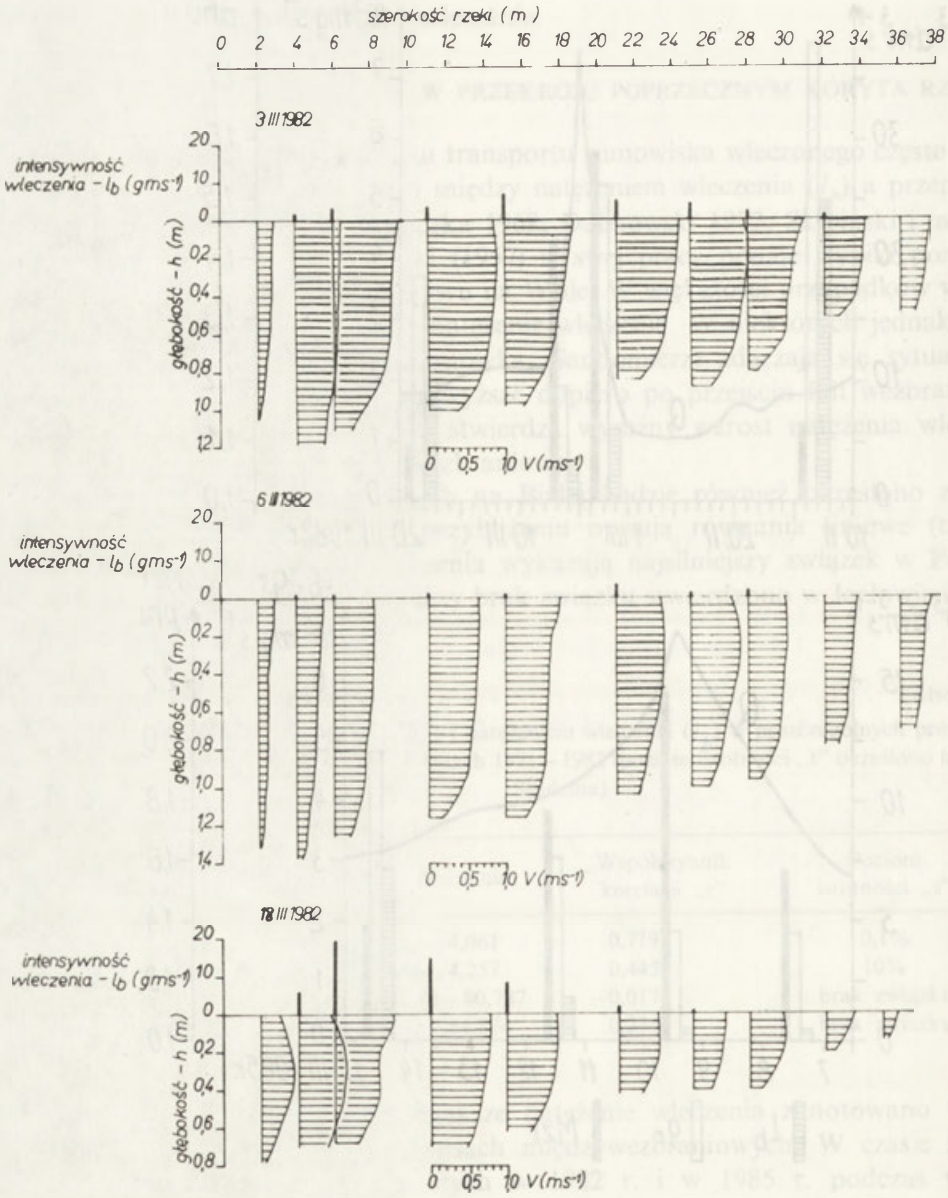
*Mzr* — średnia średnica ziarn rumowiska wleczonego w skali phi

Fig. 8. The Biała Nida river — Żerniki. The bedload transport intensity measured ($l_b$) and calculated after Skibiński's formula ($gr$) — as compared with the discharge ($Q$) during two high-water stages

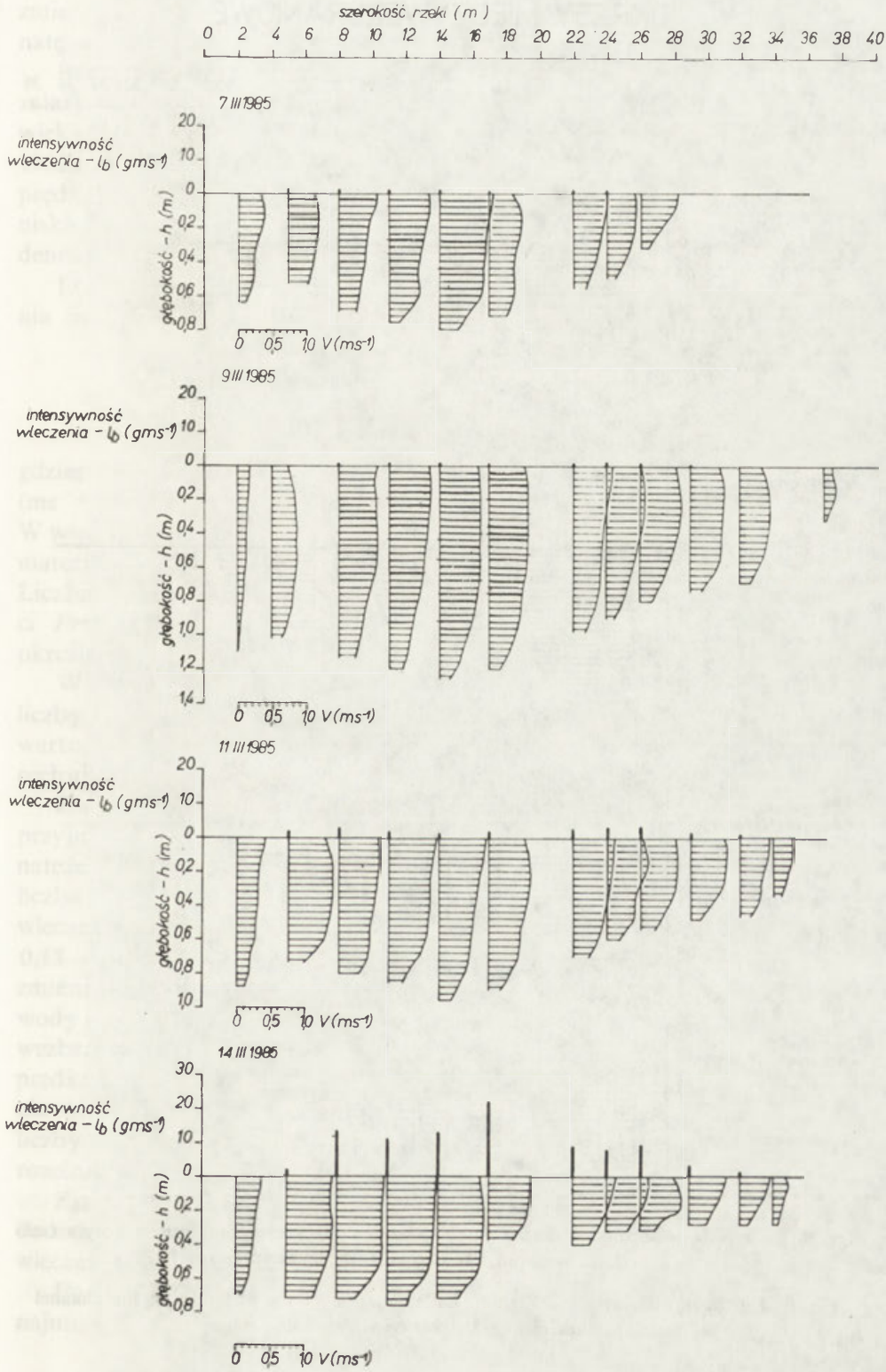
*Mzr* — mean diameter of bedload grains in phi scale

http://rcin.org.pl

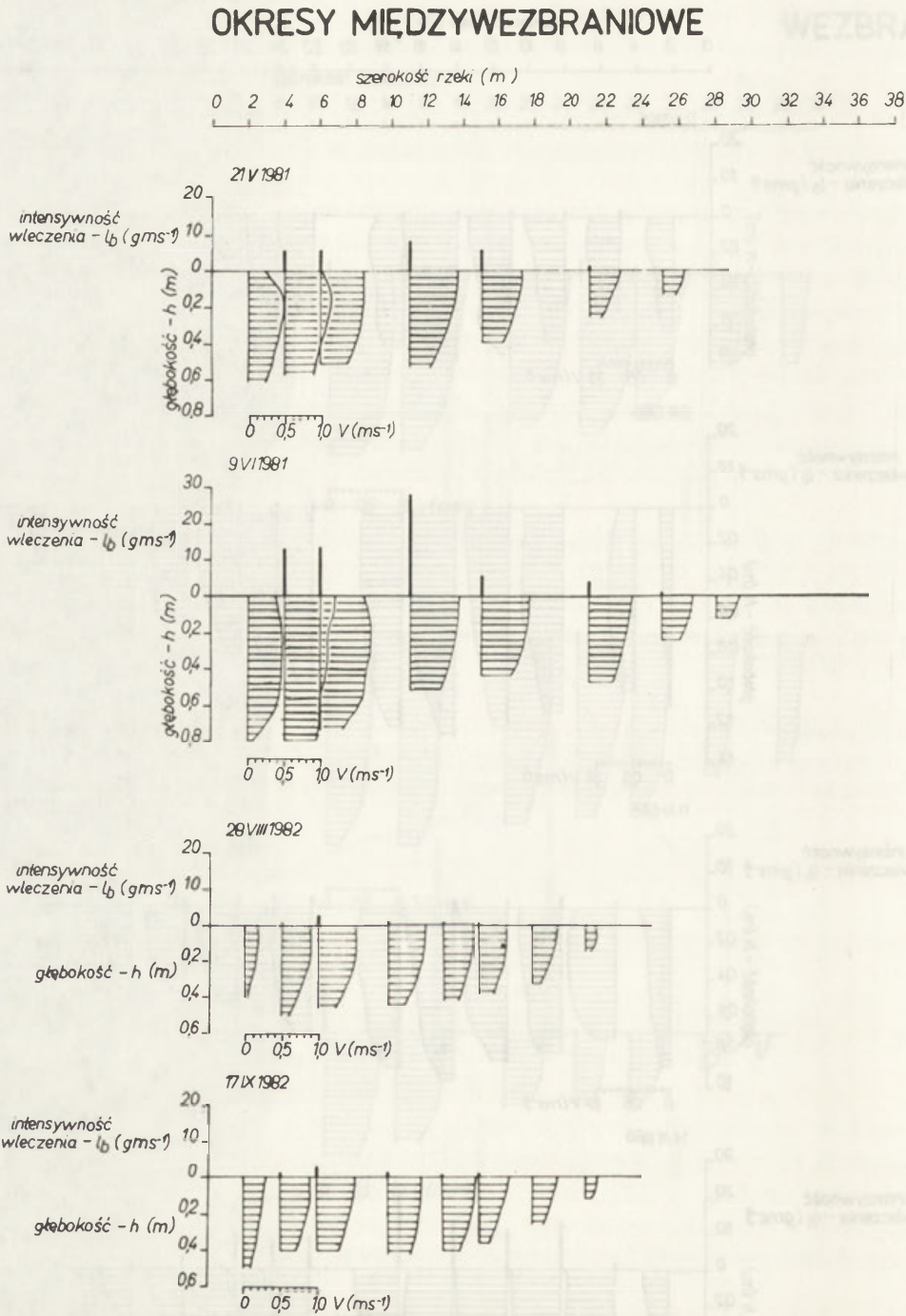
WEZBRANIA




http://rcin.org.pl




http://rcin.org.pl




Ryc. 9. Biała Nida — Żerniki. Zróżnicowanie tachoid w przekroju poprzecznym koryta rzeki podczas wezbrań i w okresach międzywezbraniowych

Fig. 9. The Biała Nida river — Żerniki. Differentiation of the tachoides in the channel cross-section during and between high-water stages

http://rcin.org.pl

zmienia się, stają się one szerokie i krótsze, a wówczas następuje wzrost natężenia wleczenia.

Prędkość, przy której zaczynają się poruszać cząstki różnej wielkości zależy, m.in. od głębokości cieku, przy większej głębokości potrzebna jest nieco większa prędkość do wyprowadzenia cząstki ze stanu spoczynku (Gonczarow 1962). B. R. Colby (1964) wskazuje również na złożoność zależności między prędkością i głębokością a transportem rumowiska wleczonego, bowiem przy niskich prędkościach wraz ze wzrostem głębokości maleje transport ładunku dennego, a przy dużych prędkościach jego wzrost.

Dwa istotne parametry hydrodynamiczne, tj. prędkość i głębokość uwzględnia liczba Frouda:

$$Fr = \frac{v}{gh}$$

gdzie: $v$ – prędkość ($ms^{-1}$); $h$ – głębokość (m); g – przyspieszenie ziemskie ($ms^{-2}$).

W wielu pracach uwzględnia się jej wpływ na zróżnicowanie transportowanego materiału oraz natężenie wleczenia (Sundborg 1956, Jopling, Forbes 1979). Liczba Frouda jest ważnym kryterium określającym stan prądu rzeki. Wartości $Fr<1$ określają prąd spokojny (ruch podkrytyczny), a wartości $Fr>1$ określają prąd rwący (ruch nadkrytyczny).

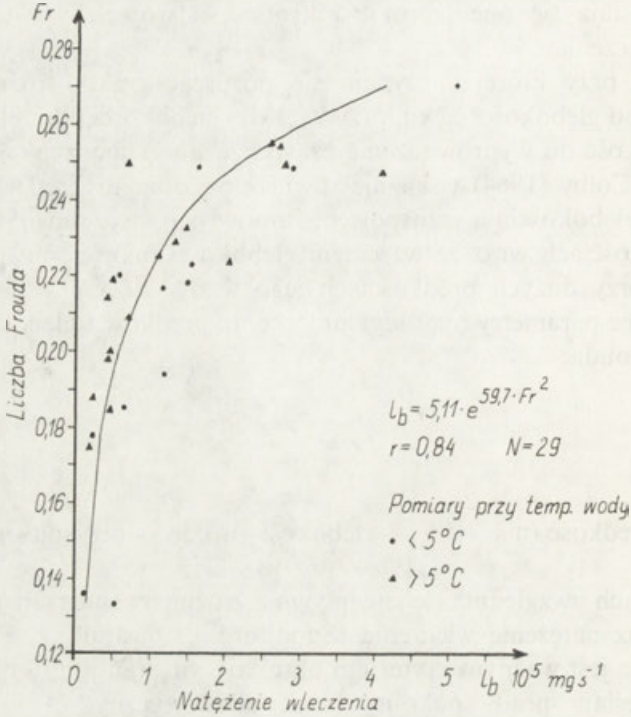
W Białej Nidzie maksymalne zarejestrowane w okresie badań wartości liczby Frouda wahają się od 0,193 (Podłazie) do 0,287 (Jacłów). Średnie wartości tej liczby wzrastają od Podłazia (0,114) do Żernik (0,219). Białą Nidę cechuje zatem podkrytyczny ruch wody.

Związek między natężeniem wleczenia a liczbą Frouda w profilu Żerniki przyjmuje postać równania wykładniczego (ryc.10). Największe zarejestrowane natężenie wleczenia w przekroju ($5.05 \cdot 10^5 \cdot mg \cdot s^{-1}$) wystąpiło wówczas, gdy liczba Frouda była również najwyższa (0,271). Najmniejsze zaś natężenie wleczenia wystąpiło wtedy, gdy liczba Frouda zmniejszała się do wartości 0,13–0,14. Podczas wezbrań natężenie wleczenia wyraźnie nawiązywało do zmienności liczby Frouda (ryc. 11). Wynika z tego, że nie zawsze wzrost stanu wody i przepływu powoduje wzrost natężenia wleczenia. W czasie omawianych wezbrań nastąpił znaczny wzrost głębokości, a stosunkowo niewielki przyrost prędkości. Spowodowało to zmniejszenie liczby Frouda i zahamowanie natężenia wleczenia. Dopiero w czasie opadania fali wezbraniowej wystąpił wzrost liczby Frouda, prąd wody stał się przez to bardziej rwący i doszło do rozcinania form akumulacyjnych oraz pogłębienia dna rzeki.

Zjawisko histerezy krzywej przepływu, występujące podczas wezbrań dodatkowo komplikuje związek między prędkością i głębokością a natężeniem wleczenia.

Podczas badanych wezbrań, gdy liczba Frouda i natężenia wleczenia były najmniejsze, dno było prawie płaskie i cechowało się dość dużą kompakcją

http://rcin.org.pl




Ryc. 10. Biała Nida — Żerniki. Związek między natężeniem wleczenia ($l_b$) a liczbą Frouda ($Fr$) w przekroju poprzecznym rzeki w latach 1981—1982 i w dniach 7—14.03.1985

$r$ — współczynnik korelacji obliczony między $l_b$ pomierzonym i obliczonym; $N$ — liczba pomiarów; $e$ — podstawa logarytmu naturalnego (2,718)

Fot. 10. The Biała Nida river — Żerniki. Relationship of the transport intensity ($l_b$) and Froud's number ($Fr$) in the river cross-section (1981—1982 and from 7th Martch to 14th Martch 1985)

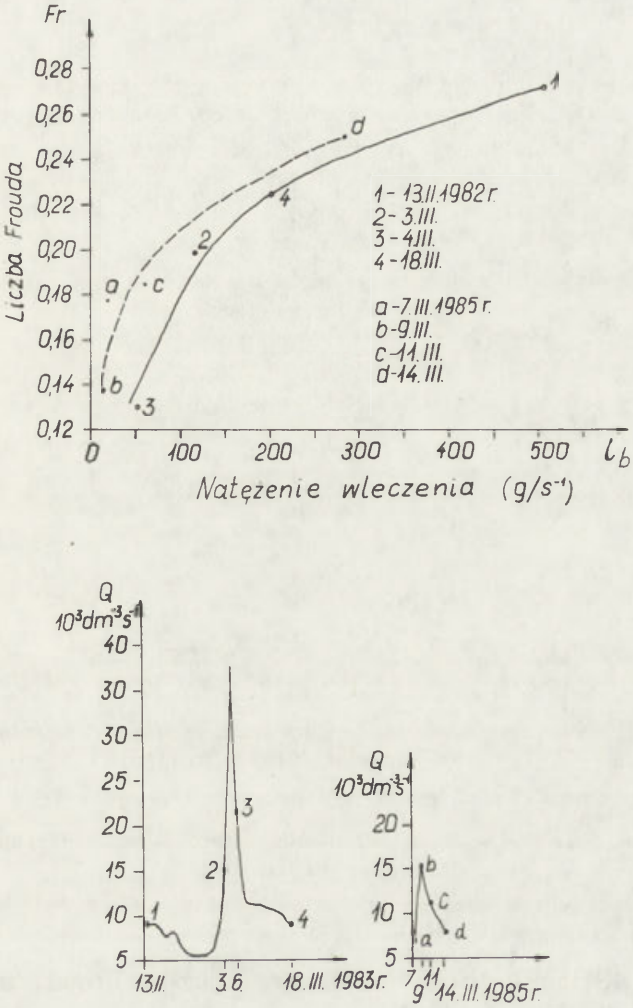
$r$ — correlation coefficient between $l_b$ measured and $l_b$ calculated; $N$ — number of measurements; $e$ — base of natural logarithm (2,718)

materiału. W końcowej fazie wezbrań, gdy wzrastało natężenie wleczenia, dno koryta było pokryte dużymi riplemarkami, a kompakcja rumowiska była niewielka.

Liczba Frouda i średnia średnica *Mzr* wykazują pewien związek, który można przybliżyć równaniem drugiego stopnia (ryc. 12). W miarę wzrostu liczby Frouda wzrasta *Mzr* i zacierają się różnice między rumowiskiem dennym i wleczonym.

Natężenie transportu rumowiska wleczonego można określić dwiema metodami: bezpośrednią (na podstawie pomiarów w rzece) i pośrednią (za pomocą formuł empirycznych). Pośród formuł empirycznych wyróżnia się wzory ustalone w warunkach laboratoryjnych i naturalnych. Wzory pierwszej grupy są omówione szczegółowo w literaturze hydrotechnicznej (Dębski 1967; Dąbkowski 1972; Jasiewicz 1974; Dąbkowski, Skibiński, Żbikowski 1982). Do

http://rcin.org.pl




Ryc. 11. Biała Nida — Żerniki. Związek między natężeniem wleczenia ($l_b$) a liczbą Frouda (*Fr*) podczas wezbrań roztopowych na tle przepływu wody (*Q*) poniżej

Fig. 11. The Biała Nida river — Żerniki. Relationship of the transport intensity ($l_b$) and Froud's number (*Fr*) during high-water as compared with the discharge (*Q*)

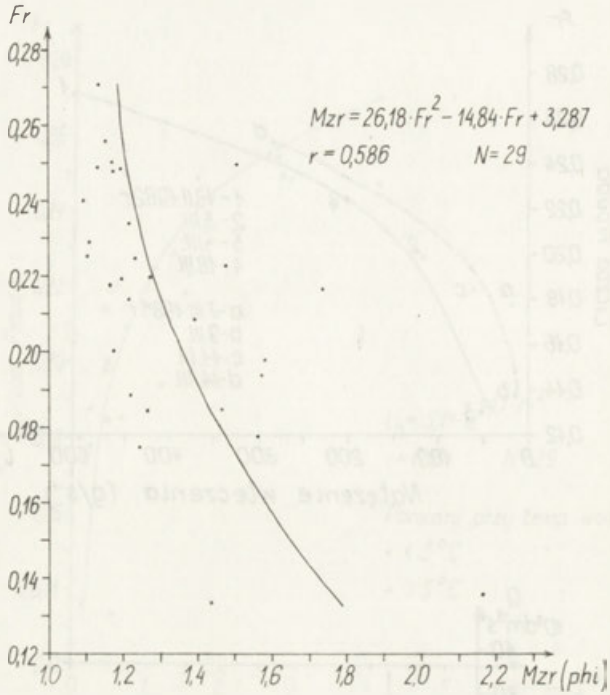
drugiej grupy wzorów ustalonych na podstawie pomiarów w korytach naturalnych, można zaliczyć wzór J. Skibińskiego (1976):

$$qr = 2{,}26 \cdot 10^{-2} \cdot VhC^{0{,}1343} \cdot Re^{0{,}4687} \cdot Fr^{1{,}2080} \cdot (\mathrm{m^2 s^{-1}}),$$

gdzie: *qr* — objętość rumowiska wleczonego wzdłuż jednostki szerokości i w jednostce czasu; *V* — prędkość dynamiczna (Skibiński 1976, s. 43, 46); *h* — głębokość średnia w przekroju; *C* — cecha dominacji charakteryzująca uziarnienie rumowiska; *Re* — liczba Reynoldsa uwzględniająca prędkość



http://rcin.org.pl




Ryc. 12. Biała Nida — Żerniki. Związek między liczbą Frouda (*Fr*) a średnią średnicą ziarn rumowiska wleczonego (*Mzr*)

*r* — współczynnik korelacji obliczony między *Mzr* pomierzonym a obliczonym; *N* — liczba pomiarów

Fig. 12. The Biała Nida river — Żerniki. Relationship of Frouds number (*Fr*) and the mean grain diameter of the bedload (*Mzr*)

*r* — correlation coefficient between *Mzr* measured and *Mzr* calculated; *N* — number of measurements

dynamiczną (Skibiński 1976, s. 74); *Fr* — liczba Frouda uwzględniająca prędkość dynamiczną (ibidem).

Wzorem J. Skibińskiego obliczono natężenie wleczenia w profilu Żerniki i porównano z pomiarami terenowymi (29 pomiarów). Największe różnice otrzymano przy niskich wartościach wleczenia, a najmniejsze przy wysokich. Związek między natężeniem wleczenia pomierzonym (*I*) i obliczonym (*qr*) przybliża równanie liniowe:

$$I_b = -4{,}2508\ qr + 0{,}4209,$$

gdzie współczynnik korelacji $r = 0{,}65$ jest istotny na poziomie 0,1% (test Studenta). We wszystkich przypadkach natężenie wleczenia obliczone wzorem Skibińskiego jest wyższe niż pomierzone, co może być wynikiem błędów pomiarowych oraz małymi rozmiarami Białej Nidy w stosunku do rzek, na których J. Skibiński prowadził badania.

Jak już wcześniej wspomniano, podczas kulminacji badanych wezbrań w Żernikach, natężenie wleczenia było mniejsze niż w ich końcowej fazie. W powyższych sytuacjach hydrologicznych natężenie wleczenia obliczono

http://rcin.org.pl

również wzorem Skibińskiego. Okazało się, że obliczone natężenie wleczenia jest znacznie wyższe niż pomierzone, ale tylko w środkowej części wezbrania. W końcowej fazie natomiast, różnice są tylko rzędu 40–50% (ryc. 8). Pomimo różnic ilościowych między natężeniem wleczenia pomierzonym i obliczonym bardziej istotna wydaje się ta sama tendencja zmian oraz potwierdzenie faktu, że wzrostowi przepływu nie musi towarzyszyć wzrost natężenia wleczenia.

W literaturze hydrotechnicznej podaje się wiele wzorów służących do obliczania prędkości charakteryzujących podatność rumowiska dennego na działanie strumienia. Najczęściej oblicza się prędkości nierozmywające $V_n$ (prędkość poruszająca, graniczna górna, dopuszczalna), przy której istnieje umiarkowany ruch rumowiska (Prochal 1986). Jednakże wzory i formuły opisujące – jak wynika z ich definicji – te same wielkości dają często wyniki rozbieżne.

Z badań J. Skibińskiego (1972) wynika, że w warunkach Nidy rzeczywista prędkość nierozmywająca najlepiej się zgadza z prędkością obliczoną wzorem Łatyszenkowa:

$$V_n = 1{,}6 \cdot \sqrt{g \cdot d_{50\%}} \cdot \left(\frac{h}{d_{50\%}}\right)^{0.2},$$

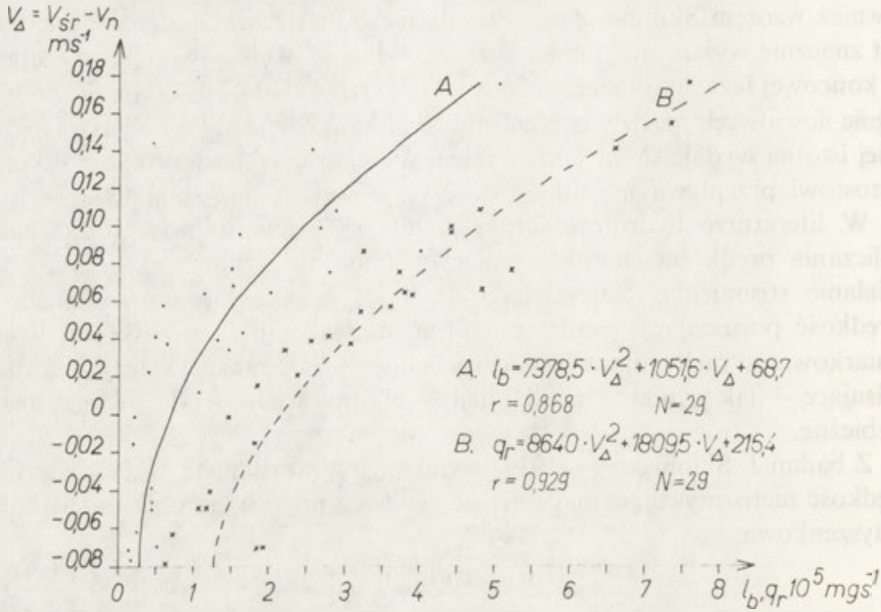
gdzie: $h$ – głębokość średnia w przekroju ($m$); $d_{50\%}$ – mediana średnic ziaren ($m$); g – przyspieszenie ziemskie ($ms^{-2}$). Podobne wyniki uzyskała J. Dynus-Angiel (1980).

Założono, że również w przypadku Białej Nidy formuła Łatyszenkowa będzie najlepiej przybliżać obliczone prędkości nierozmywające do rzeczywistych. W Żernikach w poszczególnych sytuacjach pomiarowych prędkości nierozmywające wahały się od 0,392 $ms^{-1}$ do 0,489 $ms^{-1}$. W miarę wzrostu różnicy $V_\Delta$ między prędkością średnią $V_{śr}$ w przekroju a prędkością nierozmywającą $V_n$ wzrostu na ogół natężenie wleczenia $l_b$ (ryc. 13). Największej różnicy sięgającej 0,176 $ms^{-1}$ odpowiada największe natężenie wleczenia ($5{,}05 \cdot 10^5$ $mgs^{-1}$). Pojawiają się również wartości ujemne $V_\Delta$, którym odpowiada niewielkie natężenie wleczenia (nie przekraczające $0{,}5 \cdot 10^5$ $mgs^{-}$) oraz zmniejszenie średniej średnicy ziarn ładunku dennego. Jeszcze większy związek z różnicą prędkości $V_\Delta$ wykazuje natężenie wleczenia obliczone formułą Skibińskiego. Związek ten w obydwu przypadkach najlepiej opisuje równanie drugiego stopnia. Krzywe obrazujące ten związek są współkształtne, lecz przesunięte względem siebie. Natężenie wleczenia zatem w korycie rzecznym jest także zależne od różnicy między prędkością średnią w korycie a prędkością nierozmywającą. Przesunięcie tych krzywych względem siebie wynikać może z niedoskonałości metod pomiarowych oraz trudności z ustaleniem uniwersalnej formuły wleczenia.

W pozostałych profilach pomiarowych na Białej Nidzie również wraz ze wzrostem różnicy prędkości $V_\Delta = V_{śr} - V_n$ zaznacza się wzrost natężenia wleczenia.

Z powyższych danych wynika, że czynniki hydrodynamiczne panujące w korycie badanej rzeki w istotny sposób kształtują mechanizm transportu rumowiska wleczonego i dynamikę rzecznego środowiska sedymentacyjnego.

http://rcin.org.pl




Ryc. 13. Biała Nida — Żerniki. Związek między różnicą prędkości ($v_\Delta = v_{śr} - v_n$) a natężeniem wleczenia pomierzonym ($I_b$) i obliczonym wzorem Skibińskiego ($qr$)

$v_{śr}$ — średnia prędkość w przekroju rzeki; $v_n$ — prędkość nierozmywająca obliczona wzorem Łatyszenkowa; $r$ — współczynnik korelacji obliczony między wartościami zadanymi a obliczonymi ($I_b$; $qr$); $N$ — liczba pomiarów

Fig. 13. The Biała Nida river — Żerniki. Relationship of velocity difference ($v = v_{śr} - v_n$) and transport intensity ($I_b$) measured and calculated after Skibiński's formula ($qr$)

$v_{śr}$ — mean velocity in river creoss-section; $v_n$ — non-wash velocity after Łatyszenkow's formula; $r$ — correlation coefficient of both measured and calculated values ($I_b$; $qr$); $N$ — number of measurements

## WNIOSKI

1. Średnia średnica ziarn rumowiska wleczonego (*Mzr*) w większości prób (75%) jest nieco mniejsza niż rumowiska dennego (*Mz*).

2. W miarę wzrostu natężenia wleczenia transportowane są ziarna o coraz większej średnicy i zaciera się różnica między rumowiskiem dennym i wleczonym.

3. W profilu Żerniki podczas wezbrań wraz ze wzrostem przepływu maleje średnia średnica ziarn transportowanego materiału i rośnie różnica między *Mzr* i *Mz*. Zjawisko to tłumaczy się zmniejszeniem liczby Frouda w przekroju poprzecznym rzeki.

4. W końcowej fazie wezbrań, na skutek wzrostu liczby Frouda, zwiększa się średnia średnica ziarn rumowiska wleczonego.

5. Związek między liczbą Frouda i średnią średnicą ziarn rumowiska wleczonego w przybliżeniu opisuje równanie drugiego stopnia.

6. Natężenie wleczenia i liczba Frouda wykazują związek, który przybliża równanie wykładnicze.

http://rcin.org.pl

7. Podczas wezbrań w profilu Żerniki natężenie wleczenia nie nawiązuje do wysokości przepływu, lecz do przebiegu liczby Frouda.

8. Wraz ze wzrostem różnicy między prędkością średnią w przekroju a prędkością nierozmywającą (obliczoną wzorem Łatyszenkowa) wzrasta natężenie wleczenia zarówno pomierzone, jak i obliczone formułą J. Skibińskiego. Związek opisuje równanie drugiego stopnia.

## LITERATURA


Born A., 1958, *Wleczenie materiału dennego w korytach rzek i potoków*, Wiad. Sł. Hydrol. Met., 6, 2.

Brański J., 1965, *Analiza błędów przypadkowych przy pomiarach rumowiska wleczonego i ich wpływ na dokładność pomiarów*, Prace Państ. Inst. Hydrol. Met., 88.

— 1967, *Przeciętne wskaźniki zmącenia i transportu rzek polskich oraz materiał denny koryt*, cz. II. *Charakterystyka uziarnienia materiału dennego rzek polskich*, Mat. Państ. Inst. Hydrol. Met., 306.

— 1978, *Wstępna prognoza zamulenia projektowanego zbiornika na górnej Nidzie*, Mat. Badawcze, ser. Inż. Wodna, Inst. Met. Gosp. Wodnej, Warszawa.

Ciupa T., 1989, *Charakterystyka hydrologiczna zlewni Białej Nidy*, Kieleckie Studia Geogr., 4.

Colby B. R., 1964, *Dischange of sands and mean velocity relationships in sans — bed steams*, Prof. Pap. U. S. Geol. Surv., 462-G.

Dąbkowski L., 1972, *O przydatności niektórych wzorów empirycznych do określania intensywności wleczenia*, Prace Państ. Inst. Hydrol. Met., 106.

Dąbkowski L., Skibiński J., Żbikowski A., 1982, *Hydrauliczne podstawy projektów wodnomelioracyjnych*, PWRiL, Warszawa.

Dębski K., 1967, *Obliczanie rumowiska wleczonego w korycie Bugu w Wyszkowie*, Wiad. Sł. Hydrol. Met., 5, 3.

Dynus-Angiel J., *Przestrzenne zróżnicowanie materiału dennego w korytach rzecznych (na przykładzie rzek północnego skłonu Pomorza Zachodniego)*, m-pis w Bibliotece Uniwersytetu Warszawskiego.

Froehlich W., 1982, *Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwietrzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej*, Pr. Geogr., 143.

Gładki H., Myczka J., 1968, *Nowoczesne formuły na ruch rumowiska rzecznego oraz kierunki ich rozwoju w świetle niektórych publikowanych prac*, Czas. Techn., 7—B.

Gonczarow W. N., 1962, *Dinamika rusłowych potokow*, Leningrad.

Gradziński R., Kostecka A., Radomski A., Unrug R., 1976, *Sedymentaologia*, Wyd. Geol., Warszawa.

Jarocki W., 1957, *Ruch rumowiska w ciekach. Badanie oraz obliczanie ilości materiału wleczonego i unoszonego*, Gdynia.

Jasiewicz R., 1974, *O stosowalności wzoru Meyer Petera i Mulera na transport rumowiska wleczonego w warunkach Wisły*, Gosp. Wodna, 12.

Jopling A. V., Forbes D. L., 1979, *Flume study of silt transportation and deposition*, Geogr. Annlr, ser. A. 61A. 1—2.

Newson M., 1980, *The geomorphological effectiveness of floods a contribution stimulated by two recent in mid Wales*, Earth Surface Processes. 5.

Prochal P. (red.), 1986, *Podstawy melioracji rolnych*, 1, PWRiL, Warszawa.

Skibiński J., 1976, *Próba ilościowej oceny intensywności transportu rumowiska wleczonego w rzekach środkowej Polski*, Zesz. Nauk. Szk. Głów. Gosp. Wiejsk., Rozpr. Nauk., 74.

Skibiński J. i in., 1972, *Badania ruchu rumowiska w korycie rzeki Nidy na odcinku od Korczyna do Motkowic* (m-pis w Bibliotece IBMiR Akad. Roln. w Warszawie).

Sundborg A., 1956, *The river Klaralven. A study of fluvial processes*, Geogr. Annlr, 38.


http://rcin.org.pl

JERZY BIEROŃSKI
(Wrocław)

# ANTROPOGENICZNE UWARUNKOWANIA PROCESÓW DENUDACYJNYCH W ZLEWNI ŁOMNICZKI (KARKONOSZE, SUDETY)

Zlewnia Łomniczki obejmuje północny skłon Karkonoszy pomiędzy ich najwyższym szczytem – Śnieżką (1601 m npm) oraz okolicami Karpacza, gdzie potok ten uchodzi na wysokości 444 m npm do Łomnicy. Jest to górski potok, typowy dla Karkonoszy, jedynie w swym najniższym odcinku uregulowany, natomiast w górnym i środkowym – o charakterze naturalnym. Powierzchnia zlewni wynosi 18,894 km$^2$ (Komar 1985).

Większa część zlewni zbudowana jest z granitów, wśród których przeważają odmiany gruboziarniste, porfirowate. We wschodniej jej części większy udział w budowie podłoża mają łupki łyszczykowe, granitognejsy, gnejsy oczkowe i hornfelsy (Szałamacha M. 1960, 1965; Szałamacha J. 1960). Na terenie zlewni stwierdzone zostały pokrywy morenowe górskich zlodowaceń plejstoceńskich, pozostała część nosi świeże piętno oddziaływania zjawisk peryglacjalnych. Stoki pokryte są zwietrzelinami wymienionych wyżej skał podłoża. W górnych partiach przeważają pokrywy blokowe przechodzące niżej w gruzowe i gliniasto-gruzowe. Fragmenty stoków pokryte są regolitowymi zwietrzelinami typu kaszy granitowej, która często występuje także w podłożu zwietrzelin gruzowych (Czerwiński 1985). Miąższość zwietrzelin jest trudna do ustalenia, niewątpliwie jednak wzrasta w dolnych odcinkach stoków. Najgłębsze z wykonanych wkopów nie przebiły ich do głębokości 5,2 m. W wielu miejscach pokrywy stokowe mają małą miąższość, jednakże wychodnie nagiej skały nie zajmują dużej powierzchni na obszarze zlewni.

Zwietrzeliny te cechuje bardzo zróżnicowana przepuszczalność. J. T. Tomaszewski (1985) ustalił wyraźną zależność ich przepuszczalności od rodzaju pokrycia roślinnego. Zwietrzeliny pokryte lasem są znacznie bardziej przepuszczalne niż porośnięte trawą. Fragmenty stoków oraz znaczne części wierzchowiny tworzą zrównania o niewielkich nachyleniach i utrudnionym odpływie wody, co stwarza warunki do rozwoju torfowisk (szczególnie na Równi Pod Śnieżką).

Do wysokości około 1200 m npm zlewnia porośnięta jest lasem, w przewadze świerkowym. Wyższe partie natomiast są porośnięte w większym lub mniejszym stopniu kosodrzewiną.

http://rcin.org.pl

Podjęte ostatnio w zlewni Łomniczki badania nad współczesnymi procesami geomorfologicznymi formalnie dotyczą obszaru w zdecydowanej przewadze objętego ochroną prawną. Większa część tej zlewni stanowi bowiem fragment Karkonoskiego Parku Narodowego z rozległym obszarem rezerwatu ścisłego w jej górnej części. Dlatego też bezpośrednie oddziaływanie człowieka zaznacza się silnie jedynie w strefie leżącej poza granicami Parku, głównie w części przyległej do Karpacza. Na terenie samego Parku oddziaływanie to ma charakter permanentny jedynie w strefach szlaków turystycznych, stwarzając problemy zbliżone do występujących także na innych obszarach chronionych o intensywnym ruchu turystycznym. Część zlewni (Sowia Dolina) nosi ślady zarzuconej obecnie eksploatacji górniczej na niewielką skalę. Wyrąb lasu – ograniczony przepisami do działań sanitarnych – odgrywa w ostatnich latach wzrastającą rolę (także morfogenetyczną). Wiatrołomy oraz choroby drzewostanu są wynikiem pośrednich oddziaływań antropogenicznych związanych z emisją nadmiernych ilości toksycznych substancji do atmosfery. Zjawiska te jednak nie przybrały jeszcze na terenie zlewni Łomniczki takiej dramatycznej skali, którą notuje się na obszarze zachodniej części Karkonoszy i w Górach Izerskich, gdzie klęska ekologiczna przybrała rozmiary katastrofalne.

Założonym celem badań na obszarze zlewni Łomniczki jest ustalenie dynamiki współczesnych procesów geomorfologicznych. Aktualnie można z całą pewnością twierdzić, że nie przebiegają one jedynie pod wpływem naturalnych czynników przyrodniczych. Antropopresja ma jednak na tym obszarze szczególny charakter, gdyż nie działa w sposób jawny. Działa ona na tyle skrycie, że pomimo co najmniej kilkudziesięcioletniego istnienia, dopiero w ostatnich latach jej efekty stały się oczywiste dla społeczeństwa. Z punktu widzenia prowadzonych badań istotne jest przede wszystkim jej oddziaływanie morfogenetyczne na dynamikę i strukturę procesów.

W miarę postępującej industrializacji i urbanizacji krajów Europy Środkowej wzrastało w sposób gwałtowny wydobycie oraz spalanie paliw kopalnych, a zwłaszcza węgla kamiennego i brunatnego. Do atmosfery przedostawać zaczęły się coraz większe ilości toksycznych produktów tego spalania , szczególnie tlenków siarki i azotu (Kostrakiewicz, Sawicka 1988). Reagując z wodami atmosferycznymi, powodują one ich zakwaszenie. Obok bezwodników kwasów mineralnych, wody te wchłaniają również znaczne ilości innych produktów spalania, toksycznych dla świata organicznego. Powierzchnia terenu otrzymuje także podwyższony opad pyłu oraz kontaktuje się z zanieczyszczeniami gazowymi. Efekty przedostawania się tych zanieczyszczeń do atmosfery, a poprzez nią do środowiska zlewni, są zasadniczo dwojakiego rodzaju:

– następują zmiany o charakterze degradacyjnym wśród fauny i flory;
– zmianie ulega dynamika i struktura procesów hipergenicznych.

Wskutek istnienia dwustronnych powiązań pomiędzy światem organicznym i procesami w podłożu występuje synergizacja niektórych oddziaływań, nadająca im w końcu znaczenie morfogenetyczne.

W warunkach naturalnych mamy do czynienia z systemem oddziaływań

http://rcin.org.pl

środowiskowych, cechujących się istnieniem stanu quasi-równowagi dynamicznej pomiędzy jego częściami składowymi. W takiej sytuacji rzadko dochodzi do pojawienia się nagłych zakłóceń wstrząsających systemem przyrodniczym. Jego poszczególne części składowe wykazują większą lub mniejszą tolerancję na negatywne bodźce zewnętrzne, a ich reakcja jest wyraźnie spóźniona w stosunku do momentu zadziałania zakłócenia. Stan systemu po wystąpieniu zakłócenia równowagi dynamicznej, przy braku widomej reakcji z jego strony, bywa określany mianem stanu metastabilnego. Dolną jego granicę wyznaczą zatem warunki równowagi dynamicznej, górną zaś – przejście do stanu niestabilnego zależne od wielkości zakłócenia, zdolności systemu do jego neutralizacji oraz czasu działania zakłócenia. Systemy bardziej złożone cechuje mniejsza czułość na rodzaj zakłócenia ze względu na większe prawdopodobieństwo wystąpienia reakcji o wzajemnie znoszących się efektach. W tym właśnie upatrywać należy przyczyn większej częstotliwości występowania różnego rodzaju klęsk na obszarach monokultur roślinnych, takich jak monokultura świerka w Karkonoszach lub w większej części Sudetów.

Z zebranych obserwacji oraz faktów powszechnie już znanych wynika, że rozmiary ekologicznego zagrożenia maleją w Karkonoszach od zachodu ku wschodowi, co jest uwarunkowane zarówno lokalizacją głównych źródeł zanieczyszczeń atmosfery, jak też w jeszcze większym chyba stopniu przeważającą cyrkulacją atmosferyczną. Natężenie zakłóceń równowagi dynamicznej systemu przyrodniczego zlewni Łomniczki jest więc mniejsze niż w obszarze zachodnich Karkonoszy. Ze względu na podobną budowę geologiczną większej części badanej zlewni do budowy obszarów leżących bardziej na zachód nie należy oczekiwać większych różnic w zdolnościach neutralizacyjnych podłoża. Pozostaje zatem czynnik czasu, który przy relatywnie słabszym oddziaływaniu czynników zakłócających musi być dłuższy, aby ujawniły się oznaki katastrofy. Należy przyjąć zatem, że badana zlewnia znajduje się w przededniu uaktywnienia lawinowych reakcji systemu, charakterystycznych dla przejścia ze stanu metastabilnego do niestabilnego, które wystąpiły już wcześniej w zachodnich Karkonoszach i Górach Izerskich. Muszą wówczas nastąpić oznaki reorganizacji systemu prowadzącej do osiągnięcia stanu nowej równowagi dynamicznej w zmienionych warunkach. Reorganizacja ta musi objąć w większym lub mniejszym stopniu nie tylko faunę i florę, ale także szeroko rozumiane podłoże. Obserwuje się już oznaki uruchamiania tych mechanizmów, np. powstały rozległe wiatrołomy oraz klęski szkodników roślinnych. Efekty morfologiczne ograniczone są zasadniczo do obszarów wiatrołomów, natomiast powszechnie występować musi zdynamizowanie i zmiana struktury procesów geomorfologicznych. Wśród nich jako pierwsze obejmowane są zmianami procesy denudacyjne, a zwłaszcza procesy wietrzeniowe i denudacji chemicznej.

Badania nad współczesnymi procesami wietrzenia chemicznego i denudacji chemicznej muszą równoprawnie uwzględnić czynniki hydrologiczne, a zwłaszcza ich strukturę. Dawniejsze opracowania rzadko spełniały ten warunek w stopniu wystarczającym. Wieloletnie zaniedbania w tej dziedzinie badań,

http://rcin.org.pl

niedopracowanie metodologiczne oraz zauważalny często merkantylny charakter podejmowanych działań powodują że nie dysponujemy obrazem działania tych procesów w Karkonoszach. Tempo zmian środowiskowych jest tu tak duże, iż badania cząstkowe szybko ulegają dezaktualizacji. Zmusza to do korzystania z analogii do lepiej zbadanych obszarów granitowych oraz wyników laboratoryjnych i terenowych eksperymentów stymulacyjnych.

Eksperymenty te dostarczają ciekawych informacji na temat struktury i intensywności wietrzenia chemicznego granitów oraz tworzących je minerałów. Badania takie, wykonane przez L. A. Matwiejewą i Z. S. Rożdiestwienską (1975 a) rzuciły światło na procesy wietrzenia biotytu, który jest jednym z łatwiej wietrzejących minerałów granitu. Przeprowadziły one, m.in. eksperymentalne rozpuszczanie tego minerału w czystej wodzie oraz roztworach kwasu siarkowego i organicznych kwasów występujących w glebie. Wyniki tych eksperymentów wykazują znaczne zwiększenie tempa rozkładu biotytu w roztworach kwasów. Z minerału tego ługowane były wielokrotnie większe ilości $SiO_2$, $Al_2O_3$, FeO, MgO, $K_2O$, $Na_2O$ przez roztwory zakwaszone w porównaniu z czystą wodą. Analiza wyników – eksperymentów wskazuje na zbliżone tempo wietrzenia biotytu w środowisku rozcieńczonego kwasu siarkowego i kwasów glebowych. Skłania to do wniosku, że antropogeniczne zwiększenie podaży kwasów mineralnych powoduje zbliżenie warunków wietrzenia biotytu w granicie karkonoskim do panujących w ciepłych i wilgotnych strefach klimatycznych, cechujących się występowaniem znacznych ilości naturalnych kwasów glebowych. W innych eksperymentach L. A. Matwiejewa i Z. S. Rożdiestwienskaja (1975 b) stwierdziły znaczny wpływ wartości pH roztworu rozpuszczającego minerały na mechanizm reakcji rozpuszczania. Przy niższych wartościach pH ma ona charakter bardziej zbliżony do rozpuszczania kongruentnego, tzn. występuje tendencja do zmniejszania ilości pozostających na miejscu rezyduów powietrzeniowych. Przy niskim pH ulega powolnemu odprowadzeniu $SiO_2$ oraz $Al_2O_3$ nawet z gibbsytu, który może wchodzić w skład rezyduów powietrzeniowych. W eksperymencie rozpuszczania granitu przez wody kwaśne (pH = 2,7), L. A. Jarg (1987) uzyskała odprowadzenie 14 g/kg·rok, natomiast przy działaniu wodą o odczynie zbliżonym do obojętnego (pH = 6,3) – tylko 1,5 g/kg·rok. Różna była nie tylko intensywność, ale i struktura procesów wietrzeniowych w obu próbach. W przypadku wód kwaśnych uzyskała ona kolejność koncentracji w roztworze: $CaO > Fe_2O_3 > MgO > SiO_2 > Al_2O_3$, natomiast w przypadku wód o odczynie obojętnym: $SiO_2 > CaO > MgO > Fe_2O_3 \approx Al_2O_3$. Główna różnica polega zatem na intensywnym odżelazieniu profilu przemywanego wodą kwaśną. Podkreślić należy, że dalekie pozycje krzemionki i tlenku glinowego przy rozpuszczaniu kwaśnym nie świadczą o słabym odprowadzeniu tych związków, gdyż ilościowo są one i tak znacznie intensywniej ługowane niż przy rozpuszczaniu w warunkach neutralnych. W środowisku kwaśnym silnie rozkładał się biotyt, a stopień zażelazienia profilu eksperymentalnego zmniejszał się z głębokością. W środowisku neutralnym wystąpiła silna inkrustacja biotytu związkami żelaza, które były słabo odprowadzane, skalenie uległy zmatowieniu, widoczne

http://rcin.org.pl

były ślady rozpuszczania kwarcu — przy czym zmiany te były wyraźniejsze w strefie aeracji niż w strefie wahań zwierciadła wody. Stwierdzone przemiany odpowiadały początkowemu stadium wietrzenia granitu w warunkach naturalnych.

Istotne znaczenie z punktu widzenia przemian w środowisku mają procesy mobilizacji glinu w formie jonowej, gdyż jest on w tej postaci silnie toksyczny dla fauny i flory. Badania nad tymi zjawiskami w warunkach eksperymentu terenowego prowadzili S. A. Norton i in. (1987). Stwierdzili oni, że po zakwaszeniu wody potoku kwasem siarkowym nastąpiło przejście Al z formy skompleksowanej (obojętnej dla świata organicznego) w formę jonową (toksyczną), przy jednoczesnym zwiększeniu jego ogólnej zawartości. Zaawansowane badania nad rolą związków glinu w ekologicznej degradacji obszarów zanieczyszczonych antropogenicznie potwierdzają ich wysoką toksyczność (*The Norwegian Monitoring...*, 1986). Podobne zależności stwierdzają specjaliści z dziedziny chemii rolnej (Koter 1979). Abstrahując od denudacyjnej roli antropogenicznej mobilizacji związków glinu z podłoża, bardziej istotne jest ich oddziaływanie na świat organiczny, skutki denudacyjne są bowiem wówczas znacznie większe. Ługowanie glinu przez wody gruntowe jest efektem zakwaszenia przewyższającego zdolności neutralizacyjne niewielkich ilości alkaliów uwalnianych podczas wietrzenia granitoidów. Według zestawienia podanego przez E. Erikssona (1987) z 22 zlewni o podłożu krystalicznym z Norwegii, Szwecji, USA i Finlandii, każdy metr kwadratowy takiego obszaru dostarcza rocznie od 33 do około 50 meq alkaliów rocznie. Autor ten podaje, że dla strefy ukorzenienia roślin uwalnianie alkaliów jest jeszcze mniejsze i szacuje je na mniej niż 10 meq z 1 $m^2$ w ciągu roku. Są to wartości bardzo niskie i łatwe do przekroczenia przez kwasy dostarczane antropogenicznie, zwłaszcza że część tych alkaliów może wchodzić w reakcje z kwasami pochodzenia naturalnego. Nie zneutralizowana alkaliami kwasowość powoduje mobilizację glinu, zwłaszcza w strefie korzeniowej. Jednocześnie niskie pH wody gruntowej zmienia potencjał elektryczny włośników korzeniowych (Koter 1979), co prowadzi do ograniczenia sorbcji kationów przez roślinę. W rezultacie obumiera system korzeniowy i cała roślina, o ile wcześniej już nie ulegnie zniszczeniu przez wiatr. Zjawisko to obejmuje przede wszystkim wyżej położone partie zlewni, które z reguły otrzymują większe dawki zanieczyszczonych opadów, gdzie jednocześnie zwietrzeliny słabiej neutralizują kwasowość i gdzie roślinność rozwija się w subkrytycznych warunkach klimatyczno-glebowych.

Jeżeli znaczne połacie lasu ulegają zniszczeniu, to zaczynają się uaktywniać procesy denudacji mechanicznej i erozji. Procesy te są zatem dopiero w następnej kolejności aktywizowane, po procesach wietrzeniowych. Pozbawiana gleby i rozcinana zwietrzelina jest znacznie trudniej zasiedlana nawet przez bardziej acidofilne rośliny, co bardziej jeszcze rozkręca denudacyjną spiralę.

Szczególnie dużą rolę w transmisji oddziaływań technochemicznych należy przypisać krążeniu wody w zlewni. Badania prowadzone w zlewni Łomniczki w znacznej mierze zmierzają do jak najlepszego poznania jej struktury

http://rcin.org.pl

hydrologicznej. Ze względu na istniejące powiązania pomiędzy podłożem i światem organicznym, najbardziej istotnym ogniwem hydrologicznym są wody glebowo-zwietrzelinowe. Są one słabo w Sudetach zbadane zarówno pod względem reżimu, zasobności, składu chemicznego, jak też ich roli w zasilaniu strumieni powierzchniowych. Wykonane w zlewni Łomniczki instalacje hydrologiczne mają na celu m.in. bliższe poznanie pod tym względem wód środowiska glebowo-zwietrzelinowego.

Zebrane dotychczas informacje potwierdzają silne antropogeniczne zanieczyszczenie wód opadowych w Sudetach. O ile na początku lat siedemdziesiątych z rzadka jedynie stwierdzano opady o pH mniejszym niż 4,0, to obecnie wartości takie występują znacznie częściej i osiągają dużo niższe minima. Analiza tego zjawiska skłania autora do postawienia hipotezy zakładającej, iż główną przyczyną wzrostu zakwaszenia opadów począwszy od lat siedemdziesiątych jest powszechne niemal stosowanie urządzeń odpylających w wielkich zakładach przemysłowych, przy braku efektywnych technologii usuwania zanieczyszczeń gazowych. W okresie wcześniejszym pyły w znacznej mierze neutralizowały technogeniczne zakwaszenie wód opadowych. Na obszarze badanej zlewni jest prowadzony systematyczny monitoring chemizmu wód opadowych. Za wcześnie jest jednak na jakiekolwiek podsumowania wyników.

Wody powierzchniowe Karkonoszy od dawna znane były z silnie kwaśnego odczynu. Wśród pozaantropogenicznych jego źródeł wymienia się na ogół obok monokultury świerka i torfowisk także wpływ granitowego podłoża (Vávra 1982). Podkreślić należy, że samo podłoże pod względem zakwaszenia odgrywa tu raczej bierną rolę, czynną natomiast — pod względem neutralizacji.

Główny wpływ na zakwaszenie wód Karkonoszy wywiera, spośród czynników naturalnych, sama szata roślinna oraz procesy odbywające się w glebach. Silne obniżenie pH następuje w warunkach niskich zdolności neutralizujących granitowego podłoża, jak również wskutek lateralnego przewodzenia wody w płytkich strefach glebowo-zwietrzelinowych ograniczającego czas kontaktu ze skałą. Stwierdzono ponad wszelką wątpliwość, że zakwaszenie wód powierzchniowych wzrasta w okresach wyższych przepływów (Wasilewski, Szyjkowski — w druku), gdy słabiej zmetamorfizowane podłożem wody bardziej odzwierciedlają wpływy antropogeniczne. Własne pomiary autora wskazują, że zasilane podziemnie wody powierzchniowe zlewni Łomniczki wykazują wzrastający stopień neutralizacji zakwaszenia w miarę obniżania wysokości punktu poboru próby wody. Górne partie Karkonoszy cechuje pH wód powierzchniowych około 4,0 lub niższe, natomiast u podnóża gór wzrasta ono do powyżej 6,0.

Uaktywnione antropogenicznie procesy denudacji mechanicznej muszą prowadzić do zmiany bilansu rumowiska w korytach cieków stałych i okresowych. Brak jest danych porównawczych dotyczących bilansu rumowiska w małych strumieniach Karkonoszy. Opierając się na własnych badaniach ilościowych w Masywie Śnieżnika Kłodzkiego, widzę decydującą rolę niewielkich potoków stokowych w kształtowaniu bilansu rumowiska potoków

http://rcin.org.pl

dolinnych. Obszary wiatrołomów obejmują najczęściej wyżej i dalej od dna doliny położone odcinki stoków. Potoki stokowe transmitują niemal cały materiał uruchomiony w strefie tych wiatrołomów. Jednocześnie zniszczenie lasu powoduje przyspieszenie obiegu wody na takim stoku, prowadzące do formowania licznych na ogół strumieni okresowych. Poznanie reżimu rumowiska w potokach stokowych jest zatem niewątpliwie ważne dla badań nad denudacją mechaniczną uwarunkowaną antropogenicznie. Morfologiczna rola potoków tego rodzaju wydaje się bardziej związana z ewolucją stoków niż z procesami dolinnymi. Szczególnie jest to uzasadnione w przypadku okresowych strumieni wykorzystujących antropogeniczne formy erozyjne, których lokalizacja jest przypadkowa w odniesieniu do zjawisk hydrologicznych.

Obecny stan zagrożenia ekologicznego Karkonoszy budzi głosy domagające się przedsiębrania kroków zaradczych, niekiedy radykalnych i mających na względzie efekty doraźne, mające usunąć skutki — nie sięgające jednak przyczyn. Pojawiają się głosy leśników nawołujące do neutralizacji przede wszystkim zakwaszenia środowiska poprzez wapnowanie. Metody te są dość powszechnie stosowane w Europie, co nie znaczy, że dają one zbawienne dla środowiska efekty. Nie wdając się w analizę tego zagadnienia należy stwierdzić, że z przyrodniczego punktu widzenia wprowadzane związki neutralizujące muszą być traktowane jako dodatkowe skażenie antropogeniczne. Prowadzone w zlewni Łomniczki badania utracą wówczas założony sens, gdyż dotyczyć będą obiektu poddawanego zabiegom technicznym o charakterze inżynieryjno-sanitarnym.

W podsumowaniu przeprowadzonej analizy problemu podkreślić należy następujące wnioski:

— zlewnia Łomniczki leży na skraju wielkoobszarowych zniszczeń ekologicznych uwarunkowanych antropogenicznie;

— badaniom intensywności i struktury współczesnych procesów geomorfologicznych w zlewni Łomniczki musi towarzyszyć dogłębna analiza uwarunkowań antropogenicznych;

— analiza tych uwarunkowań oparta na obserwacjach własnych oraz dostępnej literaturze wskazuje, że środowisko zlewni o podłożu granitoidowym wykazuje wysoką reaktywność na skażenia technochemiczne;

— przenoszenie tych zanieczyszczeń odbywa się głównie poprzez atmosferę, natomiast w obrębie zlewni transmitowane są one w różnym stopniu przez poszczególne ogniwa łańcucha zjawisk hydrologicznych;

— szczególnie silnej antropopresji poddawane jest środowisko glebowo-zwietrzelinowe oraz fauna i flora;

— oddziaływanie technochemiczne wpływa w pierwszym etapie głównie na procesy denudacji chemicznej;

— wyraźna antropogeniczna aktywizacja procesów denudacji mechanicznej wykazuje znaczne opóźnienie w stosunku do bodźca i następuje dopiero w etapie arealnych zmian w szacie roślinnej;

http://rcin.org.pl

— większa część antropogenicznie uwarunkowanych procesów denudacyjnych zlewni obejmuje strefę glebowo-zwietrzelinową, co musi prowadzić do degradacji miąższości gleby i osadów stokowych, a w skrajnym przypadku odsłaniania podłoża skalnego;

— morfogenicznym efektem działania skażeń technochemicznych zlewni jest zwiększenie gęstości erozyjnego rozcięcia terenu, akumulacja stożków torencjalnych, mobilizacja spływów błotnych, a w przyszłości zmiana bilansu rumowiska w korytach oraz zmniejszenie erozji wgłębnej koryt lub wręcz ich podnoszenie na odcinkach o mniejszym nachyleniu;

— istnieje poważne niebezpieczeństwo zwiększenia obciążenia technochemicznego środowiska zlewni w przypadku stosowania środków neutralizujących jego zakwaszenie.

## LITERATURA


Czerwiński J., 1985, *Główne rysy rzeźby i rozwój geomorfologiczny*, [w:] Jahn A. (red.), *Karkonosze polskie*, Wrocław — Jelenia Góra.

Eriksson E., 1987, *Alkalinity production in soil and rock: a useful concept for understanding acidification of soil and freshwater*, [w:] *Acidification and Water Pathways*, Int. Symp. on Acidification and Water Pathways, Bolkesjø, 4—5 May 1987, 1.

Jarg L. A., 1987, *Inżenierno-geologiczeskoje izuczenije processa wywietriwanija*, Moskwa.

Komar T., 1985, *Wody powierzchniowe*, [w:] Jahn A. (red.), *Karkonosze polskie*, Wrocław — Jelenia Góra.

Kostrakiewicz L., Sawicka E., 1988, *Wpływ warunków meteorologicznych na stężenie $SO_2$ w powietrzu atmosferycznym masywu Śnieżki*, Wszechświat, 89, 5.

Koter M., 1979, *Chemia rolna*, Warszawa.

Matwiejewa L. A., Rożdiestwienskaja Z. S., 1975 a, *Rol temperaturnogo faktora pri wywietriwanii mineralow*, [w:] Matwiejewa L. A., Sokołowa E. I., Rożdiestwienskaja Z. S. (red.), *Eksperimentalnoje izuczenije wynosa aliuminija w zonie gipergeneza*, Moskwa.

— 1975 b, *Rol pH i kompleksoobrazowanija w wynosie aliuminija w restwor pri razruszenii mineralow*, [w:] Matwiejewa L. A. Sokołowa E. I., Rożdiestwienskaja Z. S. (red.), *Eksperimentalnoje izuczenije wynosa aliuminija w zonie gipergeneza*, Moskwa.

Norton S. A., Henriksen A., Wathne B. M., Weidel A., 1987, *Aluminium dynamics in response to experimental additions of acid to a small norwegian streams*, [w:] *Acidification and Water Pathways*, Int. Symp. on Acidification and Water Pathways, Bolkesjø, 4—5 May 1987, 1.

*The Norwegian Monitoring Programme for Long-Range Transported Air Pollutants*, Results 1980—1984, The Norwegian State Pollution Authority, Report 230/86.

Szałamacha J., 1960, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25000*, ark. Kowary, Warszawa.

Szałamacha M., 1960, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25000*, ark. Sosnówka, Warszawa.

— 1965, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25000*, ark. Czepiel, Warszawa.

Tomaszewski J. T., 1985, *Wody podziemne*, [w:] Jahn A. (red.), *Karkonosze polskie*, Wrocław — Jelenia Góra.

Vávra V., 1982, *Kyselé srážkové vody a jejich vliv na pH toku v Karkonosich*, Opera Corcontica, 19.

Wasilewski M., Szyjkowski A. (w druku), *Kwasowość, zasadowość i odczyn wód płynących w rejonie Karkonoszy*, Acta Univ. Vratisl., Studia Geogr., Wrocław.


http://rcin.org.pl

# PRESENT-DAY GEOMORPHIC PROCESSES IN POLAND, CHOSEN PROBLEMS

## Summary

### METHODICAL PROGRESS IN THE STUDIES OF PRESENT-DAY GEOMORPHIC PROCESSES, BY A. KOTARBA

This introductory paper is a review of research on present-day geomorphic processes in Poland. In general, we observe increase of interest in these studies and some progress has been made towards developing methods and techniques in the quantification of geomorphic processes:

1. General system theory developed by Bertallanffy was used in the study of sediment budget in instrumented basins of different sizes. Both slope and fluvial processes are carefully studied simultaneously in a big river system and tributary valleys as well as on slope and channel subsystems. These studies are organized on the Polish lowland (A. Kostrzewski research group).

2. Geomorphological field experiment is well realized in several research stations leaded by the researchers in Poznań, Toruń, Wrocław, Kielce and Kraków.

3. In order to recognize slope and channel changes the analysis of old and new geodetic plans and cadasters were used with a good result. Comparisons of these data give an idea about the rate of erosion, transport and sedimentation in a big river channels and floodplains. Such studies are well advanced in the Lower Vistula valley near Włocławek.

4. Panchromatic multitemporal aerial photographs in the mapping forms and degradational/agradational zones were introduced on the Polish lowland. Microphotometric profiles are analysed by use a microcomputer. This study is presented in the above volume.

5. The first studies using the $^{137}Cs$ – content of the topsoil to identify the system of sediment fluxes in small mountain and lowland basins started in Poland. In the Flysch Carpathians, W. Froehlich has established close cooperation with the Department of Geography, University of Exeter (D. E. Walling) in this matter.

6. The most modern studies in the Polish mountains (Carpathians and Sudetes) pay special attention to geomorphic processes accelerated by pollution in atmosphere caused by industrial centres and agricultural fertilization on arable lands. Ecological destruction seems to be an important factor in present-day chemical and mechanical denudation.

*Translated by A. Kotarba*

### CHEMICAL AND MECHANICAL DENUDATION IN THE UPPER PARSĘTA CATCHMENT FOR THE HYDROLOGICAL YEAR 1986, BY A. KOSTRZEWSKI AND Z. ZWOLIŃSKI

The study of chemical and mechanical denudation is carried out in the upper Parsęta catchment in west Pomerania, which is regarded as a system, and in ten component catchments representing subsystems. The latter are characterized by spatial variations in denudative processes (Table 1).

http://rcin.org.pl

A regular characteristic is an increase in the mineralization of water with a fall in water stages (Fig. 1). The mean rate of chemical denudation was 92.6 $tkm^{-2}$ $a^{-1}$ (Table 2, Fig. 2). The concentration and load of suspended sediment increase as discharge becomes higher (Fig. 3). The average rate of mechanical denudation is equal 8.7 $tkm^{-2}a^{-1}$ (Table 2). The rate of regional denudation was 101.3 $tkm^{-2}a^{-1}$, while the rates recorded during the winter and summer halves of the year were 134.4 and 68.8 $tkm^{-2}a^{-1}$, respectively.

Three main morphogenetic seasons of denudation have been recognized. Their characteristics are listed in Table 3. In the winter high rainfall and discharge occurred. The frozen bedrock and the absence of a vegetation cover favoured scouring and transport of dissolved material and solid particles. The monthly distribution of ionic and suspension flows coincides with periods of rising water on the river and those of precipitation (Fig. 4). Dissolved load gained an over tenfold advantage over suspended load. This is indirectly suggestive of comparative dominance of chemical denudation over the processes of mechanical denudation in the upper Parsęta system (Fig. 5).

*Translated by Z. Zwoliński*

## USEFULNESS OF PANCHROMATIC AERIAL PHOTOGRAPHS IN MAPPING OF ANTHROPOGENIC DENUDATION LANDFORMS AND DEPOSITS ON AGRARIAN FIELDS IN THE VICINITY OF TORUŃ, BY M. SINKIEWICZ

The purpose of the present work was to make a full use of panchromatic multitemporal aerial photographs in a mapping of anthropogenic forms and slope deposits on a hipsometrically poorly diversified (2—12 m) morainic plateau near Toruń (Fig. 1). By anthropogenic denudation, the author means all combined effects of slope processes caused and enhanced by human activity and agrotechnical denudation resulting from soil and subsoil shifting on the slope due to the use of farming tools and machines.

The work visual included and measurment analysis carried out on diapositives and contact prints at the scale from 1:10,000 to 1:30.000. Visual interpretation of aerial photographs taken every 9 years yielded a collective sketch (Fig. 2). Measurement analyses consisted in determining the optical density of the terrain images with the help of a microphotometer and a microcomputer. Analyses of microphotometric profiles (Fig. 4, 7) and slope geological structure (Fig. 1, 3, 5) was followed by determination of digital brackets for computer printouts (Fig. 6).

Visual analysis and the use of stereoscope helped recognize and locate, among other, anthropogenic field terraces, degradation escarps, road holvegs, recent streaks of slope deposits shifting along erosive furrows and evened longitudinal concave slope forms. Multitemporal photographs enabled observation of terrain changes between particular photographic recordings (Fig. 2). Tone patterns in the aerial photographs, with respect to the relief, produced a number of contours related to degraded and agraded slopes occurrence. The tone was found to be a relatively stable signature of lithological and soil units.

Relations between tonal diversity and lithological and soil conditions in the view of delimination of degraded and agraded slopes were analyzed in detail on the basis of densitymetric analyses. It was found that in the places where there existed no conditions for shallow occurrence of ground waters and excessive accumulation of humus there was evident a strict relation between blackening of photoemulsion and lithology, especially on the slopes built of till. In such instances, densitymetric analyses enable precise distinction between degraded and agraded slopes because the borderline between them usually lies above the strongly humid lower slope sections (Fig. 7). In the case of sandy slopes, these relations are strongly disturbed.

*Translated by M. Sinkiewicz*

http://rcin.org.pl

## DYNAMICS OF TRANSPORT AND GRAIN-SIZE DISTRIBUTION OF THE BEDLOAD MATERIAL IN THE BIAŁA NIDA RIVER, BY T. CIUPA

The catchment area of the Biała Nida (1030 km$^2$) includes the NW Mezozoic margin of the Holy Cross Mountains (Fig. 1). The Biała Nida 52.4 km long, of an average gradient 1.13‰, flows in a channel cut in Holocene alluvia. The bedload transport was investigated in four measuring profiles (Podłazie, Mniszek, Jacłów, Żerniki), from Nov. 1st, 1980 to Oct. 30th, 1982 and from the 7th to the 14th March, 1985. The water level was measured every day while once a month, on the average, full hydrometric measurements (discharge, concentration of dissolved and suspended matter, traction intensity, water temperature) were carried out, always in the same profiles.

The mean diameter of grains of the bedload (*Mzr*) is in most samples (75%) slightly smaller than that of grains of the channel lag deposits *Mz* (Tab. 1). As the bedload transport intensity ($L_b$) grows, grains of larger diameters are transported and the difference between channel lag deposits and bedload decreases (Fig. 2 and 3). During high water stages in the Żerniki profile the mean grain diameter of the bedload material (*Mzr*) decreased as the discharge ($Q$) increased and the difference between *Mzr* and *Mz* also increased (Fig. 6 and 7). This can be explained by the fact that Froud's number decreases in the ceoss-section of the river channel. Owing to the increase of that number in the final stage of the high water stage the value of *Mzr* grows (Fig. 8).

During the high water stages at Żerniki, when the water is deepest the tachoides become narrow and long and the bedload transport intensity ($I_b$) – very low. The increase of $I_b$ occurs when the tachoides become wider and shorter (Fig. 9). The bedload transport intensity and Froud's number reveal a relationship illustrated by an exponential equation (Fig. 10). Also during high water stages at Żerniki the bedload transport intensity is not connected with the discharge value (Fig. 8) but with Froud's number (Fig. 11). Along with the growth of the difference between the mean velocity in the cross-section ($V_{śr}$) and the non-wash velocity ($V_n$ – calculated after Łatyszenkow's formula) the bedload transport intensity grows, both that measured ($I_b$) and that calculated ($q_r$) after Skibiński's formula (1976); (Fig. 13).

*Translated by M. Z. Jabłonowska*

## MAN-INDUCTED DENUDATIONAL PROCESSES IN ŁOMNICZKA CATCHMENT (KARKONOSZE, WEST SUDETES), BY J. BIEROŃSKI

The paper presents the analysis of the conditions of contemporary geomorphological processes in the catchment of Łomniczka River (Karkonosze Mts.) in the area of ecological destruction caused by inflow of technochemical pollution in atmosphere. Granite and similar rocks together with their weathering covers make the catchment basement having a small capacity of neutralization of anthropogenically acidified water alimentation. At the very beginning the system of natural catchment responds to this pollution by changes in dynamics and structure of the processes conditioning chemical denudation especially in the deluvial deposits. The procedure of chemical weathering should change into more similar one occurring in warmer climatic zones. Excessive, non-neutralized by alkalies of the basement, acidity and resulting from it the mobilization of ionic forms of aluminium have toxic effect upon plants. The activation of mechanical denudation takes place at the stage of areal forest destruction. It refers, in the first place, to deforested slopes from which the deluvial material is carried away by slope streams into rivers. The first stage of cutting of deforested slope parts, forming of small mud flows and torrential fans can be observed, what is indirectly a morphological effect of pollution. The change of rock debris balance in river bed and their uplifting in the parts of a gentle slope should be anticipated.

*Translated by J. Bieroński*

http://rcin.org.pl

# СОВРЕМЕННЫЕ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЛШЕ. ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ

Резюме

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС В ИССЛЕДОВАНИЯХ СОВРЕМЕННЫХ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, А. КОТАРБА

Вводная статья даёт обзор исследований современных морфогенетических процессов в Польше. В общем наблюдаем рост интереса к этим исследованиям и умеренный прогресс во введении новых методов и техник измерения активности процессов:

1. Принималась общая теория систем Берталланфи в исследованиях денудационного баланса в водосборных бассейнах разной величины, оснащённых измерительными приборами. Ведутся одновременные исследования склоновых и русловых процессов в крупной речной системе и в субсистемах боковых долин и на склонах (исследовательский коллектив А. Костшевского).

2. Полевой геоморфологический эксперимент проводится на многих исследовательских станциях с центрами в Познани, Торуни, Вроцлаве, Кельце и Кракове.

3. Для определения морфологических перемен на склонах и в руслах сопоставляются старые и новые геодезийные планы, архивальные карты и другие документы. На этой основе определяются темпы эрозии, транспорта и седиментации в крупных реках. Исследования сильно продвинулись вперёд в долине Вислы близ Влоцлавека.

4. Панхроматически повторяемые авиаснимки применялись для картирования форм и зон деградации покровов на польской низменности. Микрофотометрические профили анализируются с помощью микрокомпьютера. Такое исследование входит в настоящий том.

5. Применён изотоп цезия 137 Cs для исследования перемещения проду продуктов выветривания в маленьких горных и низменных водосборах. Во флишевых Карпатах В. Фрёлих сотрудничает в этой области с Институтом географии университета в Эксетере (Д. Э. Валлинг).

6. В последних исследованиях морфогенетических процессов особое внимание уделяется загрязнениям природной среды выбросами химических соединений в атмосферу крупными промышленными предприятиями и внесению искусственных удобрений в грунты. Введённые химические средства ускоряют темпы химической и механической денудации.

*Перевела Э. Яворская*



http://rcin.org.pl

## ХИМИЧЕСКАЯ И МЕХАНИЧЕСКАЯ ДЕНУДАЦИЯ В ВОДОСБОРНОМ БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕЙ ПАРСЕНТЫ В ГИДРОЛОГИЧЕСКОМ ГОДУ, А. КОСТШЕВСКИЙ, З. ЗВОЛИНЬСКИЙ

Исследования химической и механической денудации ведутся в бассейне верхней Парсенты (Западное поморье), трактуемом как система, и в 10 частичных водосборных бассейнах, трактуемых как субсистемы.

Денудационные системы Парсенты характеризуются пространственной дифференциацией денудационных процессов (табл. 1). Закономерностью является рост минерализации вод по мере понижения уровня воды (рис. 1). Среднегодовой темп химической денудации составляет 92,6 т $км^{-2}a^{-1}$ (табл. 2 и рис. 2). В общем, концентрация и объём суспендованного вещества возрастает вместе с ростом объёма расхода (рис. 3).

Величина региональной денудации бассейна верхей Парсенты составляет 101,3 т $км^{-2}a^{-1}$, в то время как в зимнее и летнее полугодия — 134,4 и 68,8 т $км^{-2}a^{-1}$. Выявлены 3 основные морфогенетические поры денудации, денудационные характеристики которых сопоставлены в табл. 3. В зиме большие осадки и расходы заодно с промёрзлым основанием и отсутствием растителыного покрова способствовали вымыванию и выносу растворённых веществ и твёрдых частиц.

Месячное распределение ионового смыва и оттока суспензий показывает тесную связь с периодами паводков и осадков (табл. 4). Констатован свыше 10-кратный перевес объёма растворённого груза над суспендованным, что посредственно показывает относительное преобладание процессов химической денудации над процессами механической денудации в системе верхней Парсенты.

*Перевела Э. Яворская*

## ПРИГОДНОСТЬ ПАНХРОМАТИЧЕСКИХ АЭРОФОТОСЪЁМОК В КАРТОГРАФИРОВАНИИ ФОРМ И ОТЛОЖЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С АНТРОПОГЕННОЙ ДЕНУДАЦИЕЙ НА ПАШНЯХ В ОКРЕСТНОСТИ ТОРУНЯ, М. СИНКЕВИЧ

Целью настоящих исследований является попытка комплексного употребления панхроматических аэромультиизображений в пространственном выражении антропогенных склоновых форм и отложений на слабо взволнованной (2-12м) моренной возвышенности в окрестности Торуня (рис. 1). Антропогенную денудацию автор понимает как совокупность натуральных склоновых процессов, вызванных и активизированных сельскохозяйственной деятельностью человека и агротехнической денудации, которая заключается в перемещении почв и подстилающих пород со склонов почвообрабатывающими машинами.

Работа происходила в виде визуального и измерительного дешифрирования диапозитивов и контактных отпечатков в масштабах от 1:10000 до 1:30000. На основании визуального дешифрирования аэрофотосъёмков, сделанных двухкратно на протяжении 18 лет, была подготовлена сводная тематическая карта (рис. 2). Измерительные анализы, с употреблением микрофотометра и ЭВМ, заключались в определении разложения оптической плотности изображений местности. Определение цифровых промежутков для получения распечатков из вычислителыной машины совершалось путём предварительного анализа микрофотометрических профилей (рис. 4, 7) и геологического строения склонов (рис. 1, 3, 5).

На основании визуального дешифрирования аэрофотосъёмков с употреблением стереоскопа были найдены и локализированы напаханные террасы, антропогенные деградационные откосы, врезы и овраги связанные с дорогами, современные пути

http://rcin.org.pl

перемещения склоновых отложений вдоль эрозионных ложбин, выравненные продольные отрицательные склоновые формы и др. Употребление аэромультиизображений дало возможность проследить изменения, происшедшие на пашнях между очередными фотографированиями (рис. 2). Опираясь на расположение фототонов, с учётом рельефа, по аэрофотосъёмкам был тоже определён ряд контуров, связанных с зонами деградации и аградации на склонах. Было также установлено, что фототон можно считать постоянным дешифрировочным признаком литолого-почвенных единиц.

Взаимосвязи между разновидностями почернения эмульсии и литолого-почвенными условиями в смысле определения деградационных и аградационных склонов были детально проанализированы на основе фотометрических измерений. Было также определено, что там, где нет условий для присутствия неглубоко лежащих грунтовых вод и излишнего накопления гумусовых веществ, выступает точная зависимость фототона от литологии. Это касается особенно склонов, сложенных моренными суглинками. Таким образом, фотометрические измерения предоставляют возможность точного выделения зон деградации и аградации на склонах так как граница между ними преимущественным образом находится выше преувлажнённых нижних отрезков склонов (рис. 7). На склонах, сложенных песком и гравием, эти зависимости сильно нарушены.

*Перевод М. Синкевич*

## ДИНАМИКА ТРАНСПОРТА И ГРАНУЛЯЦИЯ ВОЛОЧЕННОГО ОБЛОМОЧНОГО МАТЕРИАЛА БЕЛОЙ НИДЫ, Т. ЦИУПА

Бассейн Белой Ниды площадью в 1030 км$^2$ занимает Ю З мезозойский ободок Свентокшиских гор (рис. 1). Белая Нида длиной в 52,4 км в среднем понижении 1,13°/$_{oo}$ течет в русле, вырезанном в относящихся к голоцену насосах. Исследования транспорта волоченного обломочного материала были проведены в четырех измерительных профилях (Подлазе, Мнишек, Яцлув, Жерники) с 1 11 1980 г. до 30 10 1982 г. и 7—14 03 1985 г. Каждый день проводились измерения уровня воды, в среднем же раз в месяц полные гидрометрические измерения (расход, скопление растворенного материала и взвешенного насоса, напряжение волочения, температура воды) всегда в тех же профилях.

Средний диаметр зерен волоченного обломочного материала (*Mzr*) в большинстве проб (75°/$_o$) несколько меньше, чем донного материала *Mz* (табл. 1). По мере повышения напряжения волочения ($l_b$) транспортируются зерна все большего диаметра и затушевывается различие между донным и волоченным материалами (рис. 2 и 3). В профиле Жерники во время подъема, одновременно с расходом ($Q$) уменьшался средний диамерт зерна волоченного материала (*Mzr*) и повышалась разница между *Mzr* и *Mz* (рис. 6 и 7). Это явление объясняется уменьшением числа Фруда в поперечном разрезе русла реки. В конечной стадии подъема в результате повышения этого числа увеличивается стоимость *Mzr* (рис. 8).

Во время подъемов в Жерниках, когда появляются самые большие глубины, тахоиды становятся узкими и длинными, а напряжение волочения ($l_b$) небольшое. Повышение появляется тогда $l_b$, когда тахоиды становятся шире и короче (рис. 9). Напряжение волочения и число Фруда показывает связь, которая приближает показательное уравнение (рис. 10). В Жерниках также во время подъемов напряжение волочения не связано с высотой расхода (рис. 8), а с числом (рис. 11). Одновременно с повышением различия между средней скоростью в разрезе ($V_{sr}$) и размывающей скоростью ($V_n$ — подсчитанной по формуле Латышенкова) повышается напряжение волочения как измеренное ($l_b$) так и подсчитанное ($qr$) по формуле Скибинского (1976), (рис. 13).

*Перевод Т. Циупа*

http://rcin.org.pl

## АНТРОПОГЕННАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ДЕНУДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВОДОСБОРНОМ БАССЕЙНЕ ЛОМНИЧКИ (КАРКОНОШЕ, СУДЕТЫ), Е. БЕРОНЬСКИЙ

Статья даёт анализ условий хода современных геоморфологических процессов на территории, охваченной экологическими разрушениями в результате притока технохимических загрязнений посредством атмосферы.

Основание бассейна составляют гранитоиды и сродные породы вместе с их дресвой, обладающие слабой способностью нейтрализации антропогенно подкисленного водного прихода. На первом этапе природная система бассейна реагирует на эти загрязнения изменениями динамики и структуры процессов, определяющих химическую денудацию, прежде всего в почвенно-дресвовой зоне. Должен измениться способ химического выветривания основания, приближаясь к способу наблюдаемому в значительно более тёплых климатических зонах. Избыточная, не нейтрализованная щелочами основания, кислотность токсически воздействует на растения, причём значительную роль приписывается мобилизации ионовых форм алюминия. Активизация механической денудации имеет место на этапе появления разрушений значительных площадей леса. Прежде всего она охватывает обнажённые склоны, с которых выветренный материал уносят склоновые потоки в долинные потоки. Наблюдается начальный этап разрезывания обезлесевших фрагментов склонов, формирования небольших болотных оттоков и торенциальных конусов, что является посредственным морфологическим эффектом денатурации. Следует учитывать изменение баланса наносов в руслах долинных потоков и их подъём на отрезках слабой наклонности.

*Перевела Э. Яворская*

http://rcin.org.pl

## WYDAWNICTWA IGiPZ PAN
## VARIA

**Bibliografia geografii polskiej 1983**, 1987, s. 428, zł 1200,–

**Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich 1986, 1987**, 1988, s. 134, zł 300,–

**Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce**

Zeszyt 5. **Wieloarkuszowe mapy topograficzne Polski 1576–1870**, 1984, cz. 1, s. 109, cz. 2, tab. 220, zł 3500,–

**Katalog dawnych map Rzeczypospolitej Polskiej w kolekcji Emeryka Hutten-Czapskiego i w innych zbiorach.** Oprac. W. Kret, 1978, s. 164, 37 map, zł 140,–; t. 2, **Mapy XVIII wieku.**

http://rcin.org.pl

Cena zł 2700,–

## WYKAZ ZESZYTÓW DOKUMENTACJI GEOGRAFICZNEJ
za ostatnie lata

**1988**

1 H. LIBURA – **Badania wyobrażeń geograficznych na przykładzie mieszkańców Sanoka**, s. 90, zł 100,–
2-3 J. KOSTROWICKI (red.) – **Wybrane zagadnienia z geografii rolnictwa**, s. 103, zł 100,–
4 I. DYNOWSKA (red.) – **Antropogeniczne uwarunkowania zmian odpływu i reżimu rzek w różnych regionach Polski**, s. 95, zł 100,–
5-6 L. KASPRZAK – **Dyferencjacja mechanizmów formowania stref marginalnych faz leszczyńskiej i poznańskiej ostatniego zlodowacenia na Nizinie Wielkopolskiej**, s. 159, zł 200,–

**1989**

1 J. MALCZEWSKI – **Przestrzenna organizacja placówek podstawowej ochrony zdrowia (na przykładzie Dzielnicy Warszawa-Wola)**, s. 96, zł 130,–
2 M. BARTNICKA – **Wyobrażenia przestrzeni miejskiej Warszawy (studium geografii percepcji)**, s. 92, zł 130,–
3-4 Z. ZWOLIŃSKI – **Geomorficzne dostosowywanie się koryta Parsęty do aktualnego reżimu rzecznego**, s. 144, zł 3000,–
5 A. ŁAJCZAK – **Zróżnicowanie transportu zawiesiny w karpackiej części dorzecza Wisły**, s. 85, zł 3400,–
6 P. JOKIEL, K. KOŻUCHOWSKI – **Zmiany wybranych charakterystyk hydroklimatycznych w bieżącym stuleciu**, s. 94, zł 2900,–

**1990**

1 A. KOTARBA (red.) – **Współczesne procesy morfogenetyczne w Polsce. Wybrane zagadnienia**, s. 85,
2-3 B. LUCHTER – **Przestrzenne związki użytkowania ziemi w Krakowie**, s. 91.
4 M. KUCZMARSKI – **Usłonecznienie Polski i jego przydatność dla helioterapii**, s. 69.
5-6 M. DEGÓRSKI – **Warunki siedliskowe kateny ekosystemów leśnych na Wysoczyźnie Rawskiej (ze szczególnym uwzględnieniem dynamiki wodno-troficznych właściwości gleb)** (w druku)

http://rcin.org.pl