

Instytut Geografii  
Uniwersytetu Gdańskiego  
Gdańsk

Tadeusz Gacki, Roman Gołębiowski

## FOTOINTERPRETACJA EROZJI GLEB OBSZARÓW MŁODOGLACJALNYCH NA PRZYKŁADZIE ZLEWNI GÓRNEJ RADUNI

W ostatnim czasie, w polskiej literaturze naukowej ukazało się szereg publikacji poświęconych problemowi erozji gleb. Jak podaje S. Ziemiński i J. Repelewska-Fękałowa tylko w okresie 1968-1969 ukazało się 109 pozycji poświęconych problemowi zagrożenia erozyjnego gleb /12/.

Z przeglądu prac traktujących o zagrożeniu erozyjnym gleb wynika, iż większość opracowań dotyczy obszaru gór i wyżyn Polski Południowej. Proces erozji gleb na pagórkowatych obszarach młodoglacjalnych znalazł się w centrum zainteresowań tylko kilku placówek naukowych takich jak Stacja Doświadczalna JUNG w Minikowie, Akademia Rolnicza w Olsztynie i Szczecinie, a ostatnio także IG UMK. Wg wyliczeń L. R o s z k o /11/ około 9,9% użytków rolnych /bez łąk/ byłego województwa bydgoskiego zagrożonych jest aktualnie erozją wzmożoną, zaś erozją silną i intensywną aż 12,2% tych użytków. Badania Z. C h u r s k i e j /5/ i W. N i e w i a r o w s k i e g o /9/ wskazują, że niektóre regiony fizyczno-geograficzne bądź geokompleksy w strefie krajobrazu młodoglacjalnego zagrożone są procesem niszczenia gleby w takim stopniu, iż istnieje konieczność stosowania odpowiednich zabiegów przeciwoerozyjnych lub dokonania zmiany dotychczasowego sposobu użytkowania. Pojezierze Wschodniopomorskie mimo, iż wyróżnia się w strefie młodoglacjalnej nadzwyczaj dużymi deniwelacjami rzeźby, dotychczas stosunkowo słabo zostało rozpoznane w aspekcie zagrożenia erozyjnego gleb. Wymienić można jedynie opracowania J. K r z y m u s k i e g o /7/, K. A b r a m s k i e g o /1/, J. K r z y s z k o w s k i e g o /8/, J. K ł o s a i K. B a n a -

cha /3/. Z badań J. Krzymuskiego wynika, że około 16% użytków rolnych Pojezierza Kaszubskiego cechuje się dużym i dość dużym zagrożeniem erozją gleb. J. Kłos i K. Banach obliczyli, że roczna denudacja dla zlewni dopływu Styny obejmującej moreny czołowe użytkowane rolniczo wynosi 970 kg/ha/rok /3/.

## I. O g ó l n a c h a r a k t e r y s t y k a z l e w n i G ó r n e j R a d u n i

Zlewnia Górnej Raduni będąca przedmiotem badań, posiada wszystkie charakterystyczne cechy obszarów młodoglacjalnych. Spośród nich na wyróżnienie zasługuje przede wszystkim wielka świeżość rzeźby, której deniwelacje osiągają maksymalną wartość 170 m, a przeciętnie od 40-70 m. Na takie zróżnicowanie wysokości względnych składa się typowy dla tego regionu inwentarz form, a więc rynny jeziorne wcięte na głębokość 20-70 m, o zboczach nachylonych przeciętnie od 20-40<sup>o</sup>, a których gęstość dochodzi do 10 i więcej km/10 km<sup>2</sup>, dalej, skupiska moren czołowych, których kulminacje przekraczają często 60-70 m ponad poziom lokalnej bazy erozyjnej, którą jest tutaj poziom wód w systemie rynien raduńsko-ostrzyckich. Bardzo duży udział w kształtowaniu powierzchni zlewni mają formy wytopiskowe. Są to różne pod względem wielkości, kształtu, głębokości i nachylenia stoków obniżenia terenu, a więc formy wklęsłe, powstałe z wytapiania się brył martwego lodu. Gęstość ich dochodzi niekiedy do 40 wytopisk na 10 km<sup>2</sup> /2/.

Ta zróżnicowana rzeźba mająca swe odbicie w dużych wartościach wysokości względnych stwarza doskonałe warunki do rozwoju intensywnej erozji gleb, erozji zarówno liniowej jak i powierzchniowej.

## II. R o z m i e s z c z e n i e i g ę s t o ś ć f o r m e r o z y j n y c h

Wykorzystując mapy topograficzne w podziałce 1:10 000 oraz zdjęcia lotnicze w tej samej podziałce i mniejszych, obliczono częstość form erozyjnych dla prawie całej zlewni Górnej Raduni. Zlewnia zajmuje powierzchnię 206 km<sup>2</sup>, niestety jak dotychczas nie cały obszar posiada pokrycie w mapach o podziałce 1:10 000. Na 182 km<sup>2</sup> zlewni górnej Raduni znajduje się 318 form erozyjnych o łącznej

długości 33669,0 m, co odpowiada 0,18 km/km<sup>2</sup>. Zajmują one łączną powierzchnię 634657,5 m<sup>2</sup> /0,63 km<sup>2</sup>/ co odpowiada 0,34% obszaru badanego zlewni.

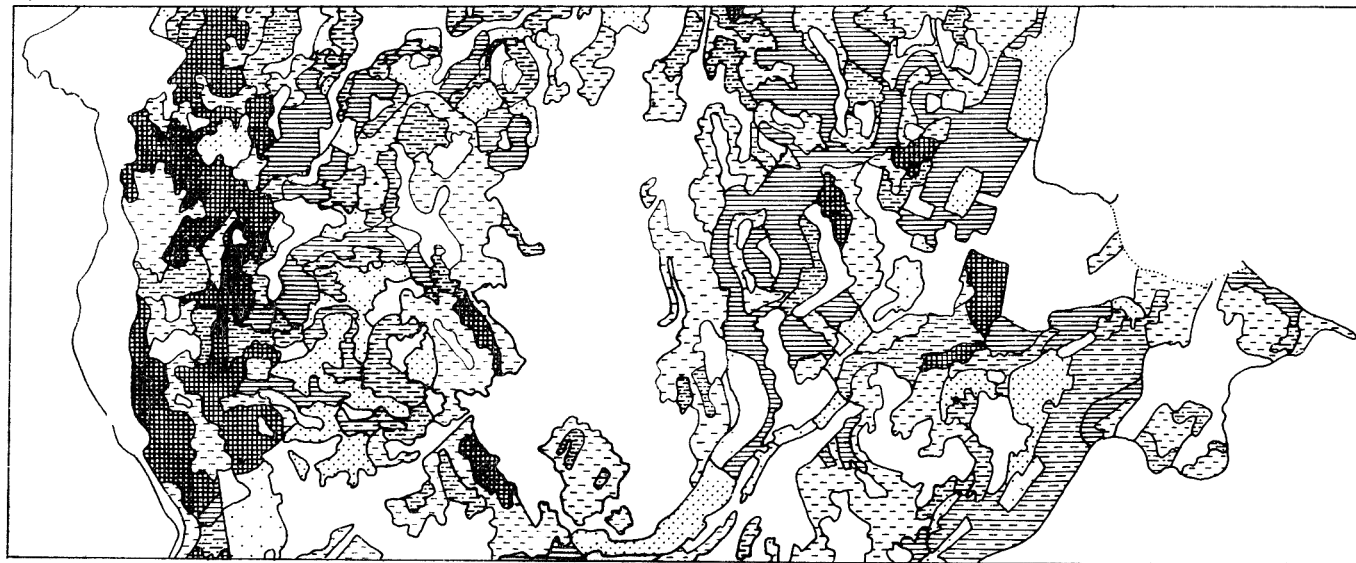
Rozmieszczenie tych form na obszarze zlewni jest bardzo nierównomierne. Występują przeważnie na powierzchniach o dużych spadkach, a więc na zboczach rynien, wzgórz czołowomorenowych i wytopisk. Jednakże i na tych formach rozmieszczenie wąwozów jest bardzo zróżnicowane, czyli że nie tylko spadki terenu decydują o natężeniu zjawisk erozji liniowej. Wyróżnić można obszary, gdzie wysokości względne są podobne, budowa geologiczna identyczna, a mimo to ilość rozcięć jest niewielka. Do takich należą zbocza rynny lubowisko-ostrzyckiej. O stopniu rozczłonkowania rzeźby decyduje przede wszystkim rodzaj użytkowania ziemi. Na zboczach zalesionych ilość form jest znikoma. Na terenach ogołconych z lasów zagęszczenie wąwozów i bruzd erozyjnych jest bardzo znaczne i wielokrotnie przekracza wartości przeciętne. Przykładem może tu być fragment sandru przecięty rynną jeziorną i urozmaicony wytopiskami w okolicy Żuromina, gdzie zjawiska te osiągnęły swoje maksimum. Obszar ten o pow. 1 587 000 m<sup>2</sup> pocięty jest 31 wąwozami o łącznej długości 1689,3 m co odpowiada średniemu zagęszczeniu 1,06 km/km<sup>2</sup> i 1,3% zajmowanej powierzchni.

### III. A n a l i z a z a g r o ż e n i a e r o z j ą p o w i e r z c h n i o w ą W y s o c z y z n y Ł ą c z y ń s k i e j

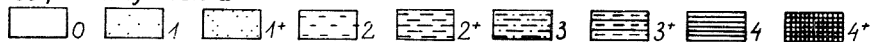
Dla zorientowania się w zagrożeniu erozją powierzchniową zlewni górnej Raduni przeanalizowano takie parametry jak nachylenie powierzchni i jej ekspozycja, użytkowanie, litologia - obszaru otoczonego przez rynnę jeziora Glinno, dolinę Boruciński, dolinę Cieku Łączyńskiego oraz jeziora Łączyńskie i Raduńskie Dolne, określonego w niniejszym opracowaniu Wysoczyzną Łączyńską. Obszar ten w ponad 96% posiada granice naturalne w postaci cieków wodnych, kanałów i jezior. Właściwości geoekologiczne Wysoczyzny Łączyńskiej można przyjąć za reprezentatywne dla zlewni górnej Raduni.

Na analizowanym obszarze wyznaczono 19 typów kompleksów fizjograficznych o różnym stopniu zagrożenia erozyjnego, a także zbiorniki wodne, obszary zabudowane oraz drogi bite. Mapę kompleksów fizjograficznych wykreślono wykorzystując mapę topograficzną w skali

Rys. 1



Stopień zagrożenia



Rys. 1. Mapa zagrożenia erozyjnego gleb Wysoczyzny Łączyńskiej

Fig. 1. Erosive threat to soils in Łączyński Morainic Plateau

1:10 000 o cięciu poziomicowym co 1,25 m, mapę użytkowania terenu w roku 1971, mapy glebowo-rolnicze w skali 1:5 000 wykonane w B.G. i K. Gdańsk, a także własne badania i obserwacje terenowe. Każde - mu z wyznaczonych kompleksów fizjograficznych przypisano określony określony stopień zagrożenia w dziewięciostopniowej skali /0-4+/.

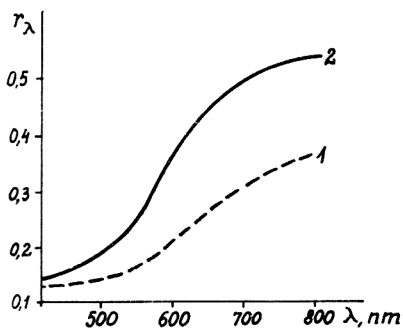
Rys.1 obrazuje przestrzenne zagrożenie erozyjne gleb fragmentu Wysoczyzny Łączyńskiej w przyjętej skali. Obszary zagrożone w najwyższym stopniu położone są przeważnie w strefie krawędziowej ry - nien i dolin obramowujących opracowany teren. Brakiem erozji, bądź erozją nieznaczną cechuje się centralna część terenu oraz dna ry - nien i dolinek obrzeżających Wysoczyznę Łączyńską.

Analiza kartometryczna mapy zagrożenia erozyjnego pozwoliła na określenie udziału obszarów o różnym stopniu zagrożenia erozyjnego. Obszary nie zagrożone erozją zajmują 39,9% powierzchni obszaru opra - cowania, zaś intensywną erozją /4,4+/ cechuje się aż 18,7%. Ocena za - grożenia erozyjnego gleb w oparciu o źródła kartograficzne i badania terenowe jest niezwykle pracochłonna i czasochłonna. Istnieje koniecz - ność wypracowania metod bardziej efektywnego sposobu analizy tego zjawiska. Wydaje się, że spotęgowanie badań nad jakościowym i prze - strzennym zróżnicowaniu tego zjawiska możliwe jest poprzez wykorzy - stanie zdjęć lotniczych. Zdjęcia lotnicze dotychczas w Polsce były ma - ło wykorzystywane w badaniach zagrożenia erozyjnego gleb. Ze zna - nych autorom prac, w których zdjęcia lotnicze wykorzystane były jako źródła informacji o niszczeniu gleb wymienić należy opracowanie L. B a r a n i e c k i e g o /3/, A. K ę s i k a /6/, R. Obrączki /10/.

Jak wynika z dokonanego przez autorów przeglądu literatury, zdję - cia lotnicze wykorzystane zostały w badaniach erozji gleb fragmentów terenu o odmiennych właściwościach geoeologicznych w stosunku do obszarów młodoglacjalnych. W związku z tym podjęto zadanie wskaza - nia możliwości zastosowania zdjęć lotniczych w badaniach niszczenia gleb obszarów młodoglacjalnych.

#### IV. E r o z j a   p o w i e r z c h n i o w a

Dotychczasowe obserwacje i badania terenowe wskazują, że nie - zwykłe niszczącą rolę na powierzchniach nachylonych, zwłaszcza w górnej części stołu, odgrywa spłukiwanie rozproszone powodujące se - lektywną erozję gleb.



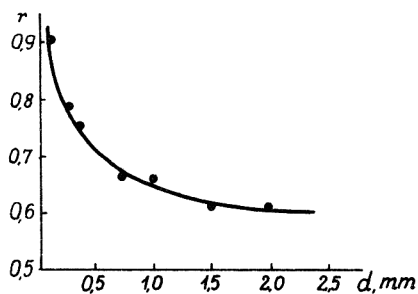
Rys. 2. Wskaźniki jasności spektralnej gleby iltowo-glejowej

Gleba: 1 - w powietrzno-suchym stanie  
2 - po rozkładzie humusu przy pomocy  $H_2O_2$

[Tołczelnikow, 1974/

Fig. 2. Index  $r_\lambda$  of clay-gley soil

1. dry soil
2. soil without humus



Rys. 3. Wskaźniki jasności kwarcu przy różnym wymiarze cząstek

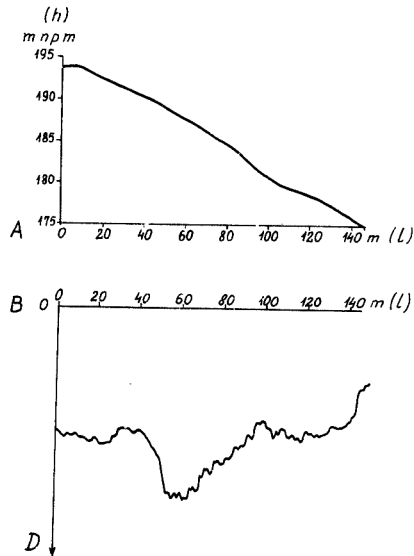
[Tołczelnikow, 1974/

Fig. 3. Index  $r_\lambda$  of quartz for the different grain size

Zmiana składu i właściwości erodowanych gleb prowadzi do zmiany ich właściwości spektralnych, a tym samym do zmiany ich obrazu na zdjęciu lotniczym. Rys.2 wskazuje, że współczynnik jasności spektralnej dla gleby pozbawionej humusu ulega wzrostowi w paśmie 400-800 nm.

Można przyjąć, że zmniejszenie ilości próchnicy na erodowanym stoku prowadzi do obniżenia gęstości optycznej tychże gleb na zdjęciach. Proces erozji gleb prowadzi do zróżnicowania składu mechanicznego na powierzchni stoku, a więc także zawartości i frakcji minerałów krzemianowych w tym także kwarcu. Rys.3 obrazuje zmiany jasności spektralnej kwarcu w zależności od średnicy jego ziaren. W trakcie przeglądu zdjęć zauważono, że przedstawione wyżej zależności posiadają ważne znaczenie w procesie interpretacji erozji powierzchniowej, bowiem erodowane stoki z glebami piaszczystymi o małej zawartości próchnicy posiadają ciemniejszy fototon niż podnóże tych stoków oraz wierzchowiny, co uwi-

dacznia poniższy mikrofotogram [rys.4], wykonany z diapozytywu zdjęcia nr 5825 Poligonu Szkoleniowego Gdańsk. Zjawisko to znajduje swoje potwierdzenie w niskiej gęstości optycznej obrazu piaszczystych stożków napływowych u wylotu bruzd i wąwozów erozyjnych, co wiąże się z nagromadzeniem ziaren kwarcu o małej średnicy przy niewielkim udziale związków organicznych oraz małej zawartości wody w profilu [zdjęcie nr 5824 Poligonu Szkoleniowego Gdańsk/.



Rys. 4. Rozkład gęstości optycznej [B] na erodowanym stoku zbudowanym z utworów piaszczystych [A]

Fig. 4. Image density of a slope developed on fluvio-glacial sand

W przypadku erodowanych stoków zbudowanych z gleb gliniastych najniższą gęstością optyczną cechują się najintensywniej erodowane fragmenty powierzchni nachylonej, co wynika przede wszystkim ze spłycenia poziomu próchnicznego i zmniejszenia zawartości próchnicy w profilu glebowym. Zwiększony udział próchnicy w dolnej części stoku oraz wzrost zawartości wody w profilu glebowym prowadzi do wzrostu gęstości optycznej obrazu stref deluwialnych gleb gliniastych. Efektem spłukiwania rozproszonego jest tworzenie się jasnych plam na nieznacznych wzniesieniach w obrębie powierzchni nachylonej oraz ciemniejszych, w lokalnych zagłębieniach w obrębie stoku [zdjęcie nr 5335/]. Erozja powierzchniowa w świetle przeanalizowanych zdjęć lotni-

czych zachodzi nie tylko na obszarze gruntów ornycy, ale także na stokach i zboczach pokrytych mało zwartym borem suchym /zdjęcie nr 5605/.

Oceniając przydatność zdjęć lotniczych wykorzystanych w niniejszym opracowaniu należy stwierdzić, że rejestracja stref powierzchniowej erozji gleb w obrębie stoków oraz stref akumulacji utworów deluwialnych możliwa jest na zdjęciach lotniczych wykonanych w skali około 1:10 000 poprzez analizę modelu stereoskopowego terenu oraz rozkład gęstości optycznej. Zdjęcia lotnicze w skali mniejszej niż 1:10 000 w ograniczonym stopniu, ze względu na swoją skalę, umożliwiają wyznaczenie zasięgu erodowanych stref powierzchni nachylonych, ale walorem zdjęć w tej skali jest to, iż umożliwiają one dokonanie rejonizacji terenu na strefy o różnym stopniu zagrożenia erozyjnego. Zróżnicowanie obrazu fotograficznego terenu zależy w dużym stopniu od intensywności procesów erozyjnych na danym obszarze.

#### V. E r o z j a l i n i o w a

Interpretację form związanych ze spłukiwaniem skoncentrowanym przeprowadzono na zdjęciach lotniczych w skali 1:10 000, gdyż jak się okazało już w trakcie wstępnego przeglądu, zdjęcia lotnicze w tej skali są doskonałym nośnikiem informacji o tym zjawisku. Dokładną rejestrację form erozji liniowej przeprowadzono na zachodnim obrzeżeniu Jeziora Górnego Raduńskiego w sąsiedztwie Jeziora Żuromińskiego na obszarze sandrowym. Rejestrację form erozyjnych przeprowadzono analizując model stereoskopowy terenu oraz strukturę zdjęcia.

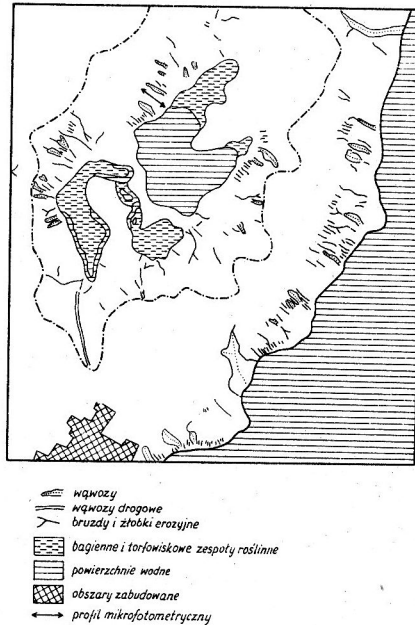
Analiza modelu stereoskopowego terenu umożliwiła wyznaczenie przebiegu większych, tzn. dłuższych i głębiej wciętych rowków, bruzd erozyjnych i wąwozów. Formy, które słabo zaznaczały się pod stereoskopem ze względu na swoje nieznaczące wymiary kartowano analizując rozkład gęstości optycznej zdjęcia. Należy podkreślić, że drobne formy erozyjne posiadają różną postać na zdjęciach lotniczych. Część z nich rysuje się jako białe smugi. Jasny fototon żywych bruzd i rowków erozyjnych jest efektem dużej jasności spektralnej utworów piaszczystych oraz dużego odbicia promieni słonecznych eksponowanych w stronę słońca ścian tychże mikroform. Rejestrację niektórych bruzd i rowków erozyjnych słabo widocznych prowadzono w ten sposób, że w pierwszej kolejności dokonano interpretacji piaszczystych, o jasnym fotonie



stożków napływowych, a następnie odczytywano przebieg bruzd erozyjnych. W trakcie interpretacji zaobserwowano, że niektóre mikroformy rysują się na zdjęciu jako ciemne smugi.

Bardzo interesujące wyniki dała interpretacja modelu stereoskopowego dużych form erozyjnych, przede wszystkim wąwozów. Na podstawie zdjęcia lotniczego można:

1. zewidencjonować znacznie większą ilość form erozyjnych w porównaniu do mapy topograficznej w tej samej podziałce. Właśnie w celu porównania ilości rozcięć zaznaczonych na mapach topograficznych w podziałce 1:10 000 i zdjęciach lotniczych dokonano szczegółowej preparacji fragmentu zdjęcia lotniczego nr 5925 w podziałce 1:9 900 obejmującego okolice wsi Żuromino /rys. 5/.



Rys. 5. Formy i mikroformy erozji liniowej zinterpretowane ze zdjęć lotniczych w skali 1:9900

Fig. 5. Photo-interpretation of the linear erosion occurrences

Analizowany teren o powierzchni 1587000 m<sup>2</sup> to fragment sandru przecięty rynną jeziorną i urozmaicony wytopiskami. Dzięki tym formom, powierzchnia sandru cechuje się dużą dynamiką wysokości względnych,

przekraczający 40 m. Na tym niewielkim obszarze naliczono 199 form erozyjnych /na mapie topogr. 31/ różnej wielkości takich jak wąwozy, bruzdy i żłobki erozyjne o łącznej długości 6910 m /na mapie topogr. 1689,3 m/ w tym drobnych form erozyjnych nie uwidoczniionych na mapie 4970,7 m. Ponadto jest tu wąwóz drogowy długości 250 m. Daje to gęstość 4354 m/km<sup>2</sup>, /gęstość obliczona z mapy wynosi 1,06 km/km.<sup>2</sup>/. W obrębie tego 1,5 km<sup>2</sup> wycinka terenu przeanalizowano jeszcze mniejszy, bo liczący 507500 m<sup>2</sup> obszar będący zlewnią J. Żuromińskiego. Znajdujące się tutaj formy liczą łącznie 3950 m, w tym 2010 m rozcięć nie uwidoczniionych na mapie topograficznej. Odpowiada to gęstości 7073 m/km<sup>2</sup>, /gęstość obliczona z mapy równa się 1,21 km/km.<sup>2</sup>/ czyli jest około sześciokrotnie większa niż wynikałoby to z mapy topograficznej w tej samej podziałce.

2. stwierdzić asymetryczność profili poprzecznych. Zaobserwowano, że wiele wąwozów ma profil poprzeczny asymetryczny, a część z tych form ma ścianę dostępczną bardziej stromą, niż przeciwną, inne natomiast odwrotnie.

To zróżnicowanie profili poprzecznych uzależnione jest od kąta nachylenia stoku na którym rozwija się wąwóz. Wielkością graniczną jest kąt 18°-20°. Poniżej tego kąta ściana "ciepła" wąwozu jest bardziej łagodna niż przeciwną; przy kącie większym jest na odwrót. W tym ostatnim przypadku ma miejsce bardziej intensywne wyprzątanie koluwiów i podcinanie zbocza dostępcznego.

3. określić wiek względny, a często i bezwzględny form poprzez analizę położenia ich dna w stosunku do wydatowanych zmian poziomu wody w jeziorach, stanowiących bazę erozyjną wąwozów.

4. zaklasyfikować rozcięcia do współcześnie czynnych lub martwych.

5. określić typ rozcięcia np. wąwóz, dobrza, parów, itp.

#### L I T E R A T U R A

1. A b r a m s k i K., 1970, Nasilenie erozji na niektórych gruntach województwa gdańskiego, Wiadomości melioracyjne i łąkarskie, nr 11.

2. A u g u s t o w s k i B., 1969, Środowisko geograficzne woj. gdańskiego w zarysie, skrypt WSP Gdańsk.
3. B a n a c h K., K ł o s J., 1971, Erozja gleb Wysoczyzny Kaszubskiej, Sprawozdanie z Sesji Naukowej na temat "Człowiek i jego środowisko naturalne w województwie gdańskim", Gdańsk.
4. B a r a n i e c k i L., 1968, Badania zmywów powierzchniowych na terenach słabo pochylonych przy pomocy zdjęć lotniczych, Fotointerpretacja w geografii, nr 6.
5. C h u r s k a Z., 1973, Zagrożenie erozją gleb Doliny Drwęcy i obszarów sąsiednich w granicach województwa bydgoskiego. Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia IX.
6. K ę s i k A., 1969, Problemy erozji gleb i interpretacji zdjęć lotniczych na przykładzie północnej krawędzi Kotłiny Chodelskiej koło Dobrego, Fotointerpretacja w geografii, nr 7.
7. K r z y m u s k i J., 1964, Rzeźba terenu w aspekcie rolniczego planowania regionalnego /szkic metodologiczny na przykładzie Pojezierza Kaszubskiego/, Zeszyty Naukowe WSR Olsztyn, t.17.
8. K r z y s z k o w s k i J., 1965, Bieżące badania nad erozją gleb Pomorza Gdańskiego, Wiadomości IMUZ, t.4, z.3.
9. N i e w i a r o w s k i W., 1973, Rzeźba terenu i budowa geologiczna Doliny Drwęcy i jej otoczenia /w granicach woj. bydgoskiego/ i ich wpływ na zagrożenie erozją wodną gleb. Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia IX.
10. O b r ą c z k a R., 1970, Prowadzenie ekspertyz przedmelioracyjnych w erodowanych zlewniach przy użyciu zdjęć lotniczych i fotomap, Fotointerpretacja w geografii, nr 8.
11. R o s z k o L., 1973, Zagrożenie erozją gleb obszaru województwa bydgoskiego ze szczególnym uwzględnieniem Doliny Dolnej Wiśły, Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia IX.
12. Z i e m n i c k i S., R e p e l e w s k a - P ę k a l o w a J., 1971, Bibliografia literatury erozyjnej 1968-1969, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z. 419.
13. T o ł c z e l n i k o w J.S., 1974, Opticzskie swojstwa land - szafu /primienitelno k aerosjemkie/, Leningrad.

Tadeusz Gacki, Roman Gołębiewski

PHOTOINTERPRETATION OF SOIL EROSION IN THE YOUTHFUL  
GLACIAL AREAS EXEMPLIFIED BY THE DRAINAGE BASIN OF THE  
UPPER RADUNIA RIVER

S u m m a r y

The considerable relative relief in the Radunia river basin influences the intensity of soil erosion. The analysis of the air photos on the scale 1:10 000 shows the existence of 199 different instances of linear erosion whose connected length is 6910 m in an area of 1,587 km<sup>2</sup> situated around the village Żuromino.

The sheet erosion of soils from the youthful glacial areas is shown on the differentiated image of the areal photograph. The studies carried out by the authors, showed that image density varied according to the nature of the regolith.

Analysis of the air photos revealed the erosive processes in the zone of the youthful glacial regions not only on arable land but also in woodland.

The investigations show that the photointerpretation of the zones of surface soil erosion on the slopes is possible on photographs on the scale of about 1:10 000, whereas the areal photographs of smaller scales enables the regional division of the area on the basis of soil erosion intensity level.