

OCENA ZASTOSOWANIA PRZEKROJÓW NIWELACYJNO-GLEBOWYCH  
DO BADAŃ NASILENIA EROZJI GLEB\*

*Jan Rodzik<sup>1</sup>, Tomasz Furtak<sup>1</sup>, Jan Paluszek<sup>2</sup>, Jerzy Rejman<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Roztoczańska Stacja Naukowa, Instytut Nauk o Ziemi, Uniwersytet Marii-Curie Skłodowskiej  
Al. Kraśnicka 2 c,d, 20-718 Lublin  
e-mail: jrodzik@biotop.umcs.lublin.pl

<sup>2</sup>Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Akademia Rolnicza  
ul. S. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin

<sup>3</sup>Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki obliczeń nasilenia erozji gleb na podstawie przekrojów niwelacyjno-glebowych, poprowadzonych w różnych wariantach rozstawu przez małą zlewnię lessową. Średnia wielkość erozji obliczona z przekrojów była niższa o około 3,5% od wielkości obliczonej z analizy przestrzennej (14,66 tys. m<sup>3</sup>). W badanej zlewni stosunkowo dokładną ocenę nasilenia erozji uzyskano przy rozstawie przekrojów do 50 m. Przy rozstawie 60 m, niektóre z kombinacji nałożyły się na 60-metrowy interwał rzeźby terenu, co spowodowało znaczny rozrzut wyników. Z przeprowadzonych analiz wynika, że na ocenę nasilenia erozji ma wpływ nie tylko odległość między przekrojami, ale również usytuowanie przekrojów względem najsilniej erodowanych form rzeźby. Odległości między przekrojami nie powinny więc nakładać się na odległości między identycznymi elementami rzeźby terenu, jak: garby, czy niecki.

Słowa kluczowe: erozja gleb, zlewnia lessowa, przekroje niwelacyjno-glebowe

WSTĘP

W trakcie użytkowania rolniczego obszarów lessowych o charakterystycznej drobnopromiennej rzeźbie terenu, znaczne zróżnicowanie nasilenia erozji gleb występuje już na odległości kilkunastu, a w niektórych przypadkach nawet kilku metrów [3,4,9]. Odzwierciedla się ono w budowie profili gleb płowych o różnym stopniu zerodowania lub gleb deluwialnych [10,11].

---

\*Praca wykonana na podstawie badań przeprowadzonych w projekcie finansowanym przez Komitet Badań Naukowych Nr 6P06 S 003 21 w latach 2001-2004.

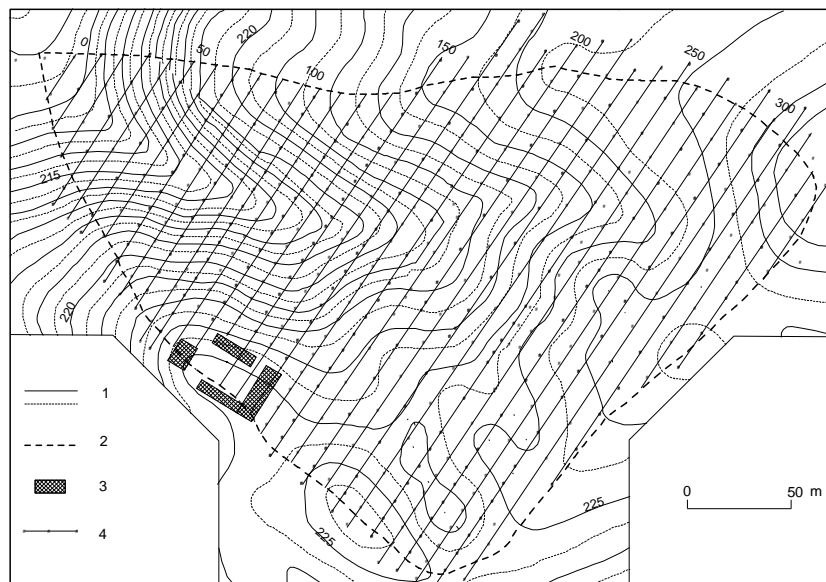
Analiza budowy profili glebowych w przekroju poprowadzonym przez różne formy rzeźby terenu była wykorzystywana do oceny nasilenia erozji [2,6,12,13]. Jeśli prowadzono dokładne pomiary położenia punktów badawczych, to możliwe było powtórzenie badań i bezpośrednie określenie zmian po odpowiednio długim czasie [5,7]. Uzyskane wyniki zależały jednak od usytuowania przekroju w terenie i w związku z tym były w pełni reprezentatywne tylko dla danego przekroju. Z tego względu również obliczenia wielkości erozji w zlewni w oparciu o przekroje należy traktować jako przybliżone [1]. Nieco dokładniejsze mogą być obliczenia uzyskane z analizy przestrzennej [4], jednak dokładność ich zależy od zagęszczenia punktów pomiarowych (profilu glebowych). Z uwagi na dużą pracochłonność, badania oparte na odpowiednio zagęszczonej siatce punktów możliwe są jedynie na obszarze małych zlewni.

W latach 2002-2003, przeprowadzono szczegółowe badania zróżnicowania erozji na terenie zlewni lessowej o powierzchni 5,7 ha. Zlewnia położona jest w środkowej części Płaskowyżu Nałęczowskiego (Wyżyna Lubelska), 1,3 km od jego północnej krawędzi, na gruntach wsi Bogucin. Współrzędne geograficzne środka zlewni, to:  $\varphi = 51^{\circ} 19' 56''$ ,  $\lambda = 22^{\circ} 23' 18''$ . Analiza przestrzenna oparta na opisie 456 profili glebowych i rekonstrukcji ich pierwotnej budowy wykazała, że podczas rolniczego użytkowania zlewni, w okresie ostatnich 110-190 lat, erozji uległo 14658 m<sup>3</sup> gleby, z czego 70% zostało zakumulowane w zlewni [8]. Uzyskane materiały wykorzystano także do oceny zastosowania przekrojów niwelacyjno-glebowych w badaniach nasilenia erozji gleb (w porównaniu do wyników analizy przestrzennej). Jest to głównym celem niniejszej pracy, dlatego w rozważaniach pominięto akumulację – drugą składową bilansu denudacyjnego.

#### MATERIAŁ I METODY

Szczegółowe badania nasilenia erozji gleb przeprowadzono w zlewni lessowej dolinki denudacyjnej (5,7 ha), stanowiącej odgałęzienie systemu suchej doliny erozyjno-denudacyjnej, podstawowej formy rzeźby obszarów lessowych o stosunkowo małych deniwelacjach. W obrębie zlewni, deniwelacja (różnica punktów skrajnych) wynosi 16,8 m. Zbocza dolinki urozmaicają niezbyt wyraźne niecki i garby stokowe, natomiast powierzchnię wierzchowinową w rejonie wododziału – zagłębienia bezodpływowe i połogie pagórki. Na terenie zlewni występują gleby płowe o różnym stopniu zerodowania lub namycia.

Prace polowe prowadzono w oparciu o układzie pół siatki pomiarowej 20 x 20 m z dodatkowym punktem na przecięciu przekątnych, zaś w intensywniej urzeźbionych fragmentach zlewni – w siatce 10 x 10 m. Takie rozmieszczenie punktów umożliwiło poprowadzenie przekrojów poprzecznych przez zlewnię co 10 m, z rozmieszczeniem punktów pomiarowych w przekroju co 20, a miejscami co 10 m. Na podstawie pola powierzchni zajętej w przekroju przez erozję obliczono średnią wielkość redukcji profilu glebowego w poszczególnych przekrojach (rys. 1).



**Rys. 1.** Rozmieszczenie punktów pomiarowych (profilu glebowych) i układ przekrojów niwelacyjno-glebowych w badanej zlewni: 1 – poziomice (co 1 m i co 0,5 m), 2 – dział wodny, 3 – zabudowania, 4 – profile glebowe i przekroje

**Fig. 1.** Distribution of measurement points (soil profiles) and arrangement of transects in the catchment: 1 – contour lines (every 1 m and every 0.5 m), 2 – watershed, 3 – buildings, 4 – soil profiles and transects

Następnie obliczono wielkość erozji w całej zlewni w różnych wariantach odległości (rozstawach) między przekrojami oraz w różnych kombinacjach dla poszczególnych rozstawów (tab. 1). Obliczenia wykonano wg wzoru:

$$E = \frac{\sum pe}{\sum dp} \cdot Pz \quad (1)$$

gdzie:

- $E$  – wielkość erozji w zlewni ( $m^3$ ),
- $pe$  – pole erozji w przekroju ( $m^2$ ),
- $dp$  – długość przekroju (m),
- $Pz$  – powierzchnia zlewni ( $m^2$ ).

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Średnia wielkość erozji obliczona w różnych wariantach rozstawu przekrojów z uwzględnieniem wszystkich kombinacji, mieści się w przedziale 14,11-14,3 tys.  $m^3$  i jest niższa o około 3,5% od wielkości obliczonej z analizy przestrzennej. Nieco

tylko większy jest współczynnik zmienności przy rozstawie 20 m, w stosunku do rozstawu 10 m. Następnie wraz ze zwiększaniem się rozstawu między przekrojami i wzrostem ilości kombinacji w przekrojach, a co za tym idzie zmniejszaniem się ilości profili w poszczególnych kombinacjach, rośnie rozrzut wyników. W wariantach rozstawu 20-50 m, współczynnik zmienności nie wzrasta znacząco. Znaczący rozrzut wyników i różnice przekraczające 20% w stosunku do średniej, pojawiają się przy rozstawie 60 m. Z kolei w kombinacjach rozstawu 70 m rozrzut wyników zadziwiająco się zmniejsza do poziomu odpowiadającemu rozstawowi zaledwie 40 m, po czym stopniowo wzrasta, osiągając współczynnik zmienności 20-30%. Poza wymienionym przypadkiem rozstawu 60 m, mniejsze choć wyraźne „skoki” błędów wystąpiły przy rozstawie 30 m oraz 90 m (tab. 1).

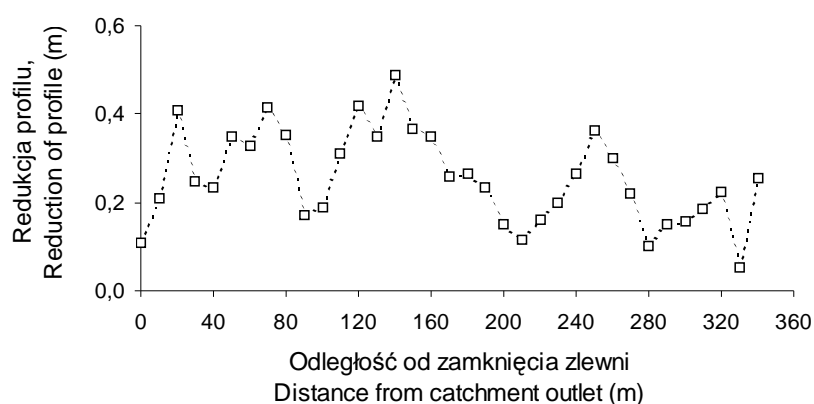
**Tabela 1.** Porównanie wielkości erozji gleb w zlewni Bogucin obliczonych na podstawie analizy przekrojów w wybranych wariantach rozstawu

**Table 1.** Comparison of erosion values calculated from analysis of transects at various spacing

Rozstaw przekrojów	Ilość kombinacji w rozstawie	Ilość przekrojów w kombinacji	Zakres wartości erozji	Wartość średnia erozji	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności
Transect spacing	Number of combinations in spacing	Number of transects in combination	Range of values of erosion	Average value of erosion	Standard deviation	Coefficient of variation
m	n	n	x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	%
10	1	35	–	14,12	–	–
20	2	18	13,73-14,51	14,12	0,55	3,9
30	3	11-12	13,33-15,05	14,12	0,87	6,2
40	4	8-9	12,92-15,28	14,14	1,02	7,2
50	5	7-8	12,26-15,17	14,14	1,11	7,8
60	6	5-6	11,01-17,05	14,11	2,69	19,1
70	7	5	12,80-15,83	14,11	1,02	7,4
80	8	4-5	11,13-16,44	14,14	1,84	13,0
90	9	4	9,64-20,63	14,28	3,46	24,2
100	10	3-4	9,13-20,65	14,30	3,96	27,7
110	11	3-4	9,38-22,07	14,22	4,10	28,8
120	12	2-3	6,63-21,55	14,13	4,10	29,0

Należy postawić pytanie o przyczynę zmian i „skoków” w ogólnej tendencji do wzrostu błędów, związanego ze zmniejszaniem się ilości przekrojów, a więc i profili badawczych, w kombinacjach o większym rozstawie (tab. 1). Wyjaśnieniem może być wykres średniej redukcji profilu glebowego, obliczonego dla poszczególnych przekrojów poprzecznych, przedstawiony na rysunku 2. W przebiegu tym wyraźnie zaznacza się interwał (między kulminacjami lub między depresjami)

około 60 m oraz w stopniu nieznacznym 30 m. Z kolei z analizy mapy topograficznej wynika, że odcinek 60 m odpowiada średniej odległości między wypukłymi (garby) bądź wklęsłymi (niecki) elementami rzeźby. Tak więc kulminacje na wykresie odpowiadają intensywnie erodowanym garbom w terenie, natomiast depresje obniżeniom, gdzie erozja jest minimalna. W niektórych kombinacjach rozstawu 60 m nastąpiło więc nałożenie się przekrojów na 60-metrowy interwał rzeźby terenu, co spowodowało tak znaczny rozrzut wyników. W mniejszym stopniu nałożenie to dotyczy połowy długości „fali”.



**Rys. 2.** Przebieg średniej wielkości redukcji profilu glebowego w przekrojach poprzecznych zlewni  
**Fig. 2.** Average reduction of soil profile in particular transects of the catchment

W dotychczas prowadzonych badaniach erozji gleb za pomocą poprzecznych przekrojów niwelacyjno-glebowych [2,6,7,13], zwykle nie analizowano wpływu usytuowania przekroju na wyniki. Prowadzono je zwykle po linii największego spadku w obrębie najsilniej erodowanych garbów zboczowych, przez co uzyskiwane w ten sposób wielkości erozji, przyjmowane jako reprezentatywne dla zboczy, były zbliżone do maksymalnych. Na zróżnicowanie tempa erozji w obrębie zboczy, a więc słabą reprezentatywność pojedynczych przekrojów, zwrócili uwagę Mazur [5], Turski i in. [11] oraz Rejman i in. [9].

Okazuje się więc, że taki element rzeźby terenu, jak rozczłonkowanie stoku, na którego rolę w procesie erozji gleb zwrócił uwagę Rodzik [10], powinien być uwzględniany przy projektowaniu rozmieszczenia przekrojów niwelacyjno-glebowych. Rozczłonkowanie stoku powinno być uwzględnione nawet w przypadku dostatecznie dużej liczby przekrojów, pozwalającej na stosowanie metod statystycznych. Ustalenie odpowiedniego ich rozstawu, innego niż interwał rzeźby terenu, pozwoli na uniknięcie zbyt dużego błędu, który mógłby wystąpić przy nałożeniu się tych elementów (tab. 1).

Pozostaje jeszcze problem określenia podstawowego interwału rzeźby terenu, nie zawsze widocznego na powszechnie dostępnej mapie topograficznej 1:10 000. Jeżeli nie dysponujemy dokładniejszą mapą, możemy go wyznaczyć w terenie. W przypadku niemal zupełnego wyrównania garbów przy długotrwałej uprawie w rolnictwie wielkoobszarowym, zwykle ślady rzeźby pierwotnej widoczne są w efektach erozji gleby, w postaci zróżnicowania barwy warstwy ornej na wyrównanym terenie [9]. W przypadku nalessowych gleb płowych, zerodowane garby widoczne są w postaci jaśniejszych plam: rudawych w przypadku erozji umiarkowanej i żółtawych w przypadku erozji silnej. W rozpoznaniu dawnej rzeźby na podstawie zróżnicowania barwy warstwy ornej mogą pomóc wielospektralne (kolorowe) zdjęcia lotnicze.

#### WNIOSKI

Ocena nasilenia erozji w zlewni przeprowadzona na podstawie analizy przekrojów niwelacyjno-glebowych o różnych rozstawach wykazała, że:

1. Na ocenę nasilenia erozji ma wpływ nie tylko odległość między przekrojami, z czym wiąże się ilość analizowanych profili glebowych, ale również usytuowanie przekrojów względem najsilniej erodowanych form rzeźby terenu.

2. W badanej zlewni stosunkowo dokładną ocenę nasilenia erozji uzyskano przy rozstawie przekrojów do 50 m. Przy rozstawie 60 m, niektóre z kombinacji nałożyły się na 60-metrowy interwał rzeźby terenu, co spowodowało znaczny rozrzut wyników.

3. Stosując metodę przekrojów niwelacyjno-glebowych, należy przed wyznaczeniem przekrojów przeprowadzić analizę rzeźby terenu. Odległości między przekrojami nie powinny odpowiadać odległościom między podobnymi elementami rzeźby (erodowanymi garbami lub nieckami, w których zachodzi akumulacja materiału glebowego).

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Janicki G., Rodzik J., Zgłobicki W.:** Geomorphic effects of land use changes (a case of the Gutanów loess catchment, Poland). *Geografický časopis*, 54, 1, 39-57, 2002.
2. **Klimowicz J., Uziak S.:** The influence of long-term cultivation on soil properties and patterns in an undulating terrain in Poland. *Catena*, 43, 177-189, 2001.
3. **Maruszczak H.:** Podstawowe cechy genetyczne i stratygraficzne lessów Polski południowo – wschodniej. W: Przewodnik Sympozjum Krajowego „Litologia i stratygrafia lessów w Polsce” (red. H. Maruszczak), Lublin, 89-136, 1972.
4. **Maruszczak H., Michalczyk Z., Rodzik J.:** Warunki geomorfologiczne i hydrogeologiczne rozwoju denudacji w dorzeczu Grodarza na Wyżynie Lubelskiej. *Annales UMCS, B*, 39, 117-145, 1984.
5. **Mazur Z.:** Zmiana rzeźby uprawnych zboczy lessowych w Elizówce. *Annales UMCS, E*, 27, 169-183, 1972.

6. **Mącik M., Wojtanowicz J.:** Z badań nad denudacją w dorzeczu górnej Czechówki (Wyzyna Lubelska). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 193, 101-121, 1977.
7. **Pałys S., Mazur A.:** Zmiany rzeźby na erodowanych lessach na terenie zabezpieczonym i kontrolnym. Bibliotheca Fragmenta Agronomica, 4A, 295-305, 1998.
8. **Rejman J., Paluszek J., Rodzik J.:** Przekształcenia intensywnie użytkowanej rolniczo małej zlewni lessowej pod wpływem erozji wodnej i uprawowej. Acta Agrophysica, w druku.
9. **Rejman J., Turski R., Paluszek J.:** Spatial and temporal variations in erodibility of loess soil. Soil & Tillage Res., 46, 61-68, 1998.
10. **Rodzik J.:** Wpływ rozczłonkowania stoku na zróżnicowanie erozji gleb uprawnych. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, 217, 201-204, 2001.
11. **Turski R., Paluszek J., Słowińska-Jurkiewicz A.:** Wpływ rzeźby terenu na stopień zerodowania i właściwości fizyczne gleb lessowych. W: Erozja gleb i jej zwalczanie (red. Z. Mazur), 47-62, 1991.
12. **Zachar D.:** Soil erosion. Elsevier, Amsterdam, 1-547, 1982.
13. **Ziemiński S., Mazur Z.:** Przekrój zbocza jako odzwierciedlenie erozji gleb. Annales UMCS, E, 10, 1955.

#### SOME ASPECTS OF SOIL TRANSECTS USE IN ASSESSMENT OF SOIL EROSION

*Jan Rodzik<sup>1</sup>, Tomasz Furtak<sup>1</sup>, Jan Paluszek<sup>2</sup>, Jerzy Rejman<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Roztocze Research Station, Institute of Earth Sciences, Maria Curie-Skłodowska University  
Al. Kraśnicka 2 c,d, 20-718 Lublin  
e-mail: jrodzik@biotop.umcs.lublin.pl

<sup>2</sup>Institute of Soil Science and Environmental Management, University of Agriculture  
ul. S. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin

<sup>3</sup>Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

**Abstract.** Results of erosion assessment based on analysis of soil transects carried at various spacing in a small loess catchment are presented. Average value of soil erosion calculated at various transect spacing was lower by 3.5% in comparison to the value calculated from spatial analysis (14.66 thousand of m<sup>3</sup>). Relatively good agreement was found up to transect spacing of 50 m. At transect spacing of 60 m, some of the transect combinations corresponded to relief interval of the same value and this was reflected in large variation of results. Studies showed that both transect spacing and transect localization affected erosion values. Transect spacing cannot correspond to distance between similar elements of relief.

**Key words:** soil erosion, loess catchment, soil transects