

RAFAŁ STASIK, CZESŁAW SZAFRAŃSKI

**PRÓBA ZASTOSOWANIA MODELU USLE DO PROGNOZOWANIA
NATĘŻENIA EROZJI WODNEJ GLEB
NA POJEZIERZU GNIEŹNIEŃSKIM**

**AN ATTEMPT TO APPLY THE USLE MODEL FOR PREDICTING
INTENSITY OF WATER EROSION OF SOILS IN THE AREA
OF GNIEZNO LAKELAND**

Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego
ul. Wojska Polskiego 71E, 60–625 Poznań

Słowa kluczowe: modelowanie erozji wodnej, tereny bogato rzeźbione.

Key words: modelling of water erosion, rich relief area.

S u m m a r y The aim of the work was an attempt to estimate the extent of soil losses in the area of Gniezno Lakeland using the USLE model. The results of the calculations indicate that potentially highest losses of soil material occurred in the 1996/1997 hydrological year ($0.735 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$), whereas the lowest ones in 1997/1998 ($0.611 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$). Both winter wheat and corn cultivated in the studied area constituted a favourable protection against water erosion. It must be stressed that the size of the expected soil losses as a result of water erosion defined by help of the USLE model were over two times higher than the soil losses measured on the basis of field analyses. It indicates the necessity of further detailed to adapt the parameters of the model to the studies area conditions.

Obecnie coraz szersze zastosowanie przy prognozowaniu i ocenie natężenia erozji wodnej gleb znajdują różnego rodzaju modele numeryczne, pozwalające na szacowanie wielkości strat gleby na podstawie lokalnych warunków fizjograficznych. Jednak dobór odpowiednich parametrów modelu jest niekiedy trudny i budzi wątpliwości (Bollinne 1985; Rejman, Link 1996). W praktyce może powodować to rozbieżności między estymowanymi wielkościami strat gleby, a wynikami uzyskiwanymi z badań polowych. Konieczne jest zatem wykonanie odpowiednich badań terenowych i analiz celem weryfikacji wartości poszczególnych wskaźników oraz adaptacji stosowanych modeli do istniejących warunków fizjograficznych (Koreleski 1994).

Celem niniejszej pracy była próba określenia wielkości strat gleby przy pomocy modelu USLE na Pojezierzu Gnieźnieńskim.

METODY

Przeprowadzoną w pracy próbę określenia wielkości strat gleby dla warunków fizjograficznych Doświadczalnej Stacji Badawczej Mokronosy oparto o powszechnie stosowaną formułę USLE (Wischmeier, Smith 1978). W oparciu o ten sam wzór w pracy podjęto także próbę prognozowania wielkości strat gleb, zakładając uprawy różnych gatunków roślin. W tym celu wykorzystano program komputerowy DR-USLE v. 2.1 opracowany przez Banasika i Górskiego (1992). Podstawą wykonania obliczeń modelowych było dokładne rozpoznanie warunków fizjograficznych badanego obiektu. Charakterystykę warunków fizjograficznych oparto na wynikach szczegółowych badań i pomiarów polowych prowadzonych w latach hydro-

logicznych od 1995/1996 do 1997/1998 w Doświadczalnej Stacji Badawczej Mokronosy położonej na Pojezierzu Gnieźnieńskim. Wykorzystano także wyniki oznaczeń laboratoryjnych podstawowych właściwości fizycznych, chemicznych i wodnych gleb badanego obszaru. Szczegółowe badania terenowe prowadzono na 11 doświadczalnych poletkach spływowym usytuowanych w różnych partiach stoku oraz na wytypowanych powierzchniach badawczych. Na powierzchniach tych wyznaczono 19 przekrojów badawczych na zboczach o zróżnicowanym spadku, długości, kształcie i wystawie.

Stałe obserwacje terenowe i pomiary oraz badania laboratoryjne obejmowały:

- codzienne pomiary opadów deszczomierzem Hellmanna, a w okresie wegetacyjnym pluwiografem,
- pomiary grubości pokrywy śnieżnej i głębokości przemarzania gleby,
- rejestrację i pomiary form erozji wodnej,
- wykonanie odkrywek i wierceń glebowych, z których pobrano próbki do badań laboratoryjnych, celem oznaczenia składu granulometrycznego, gęstości objętościowej, infiltracji wierzchnich warstw profili glebowych oraz zawartości materii organicznej.

W pracy wykorzystano również wyniki pomiarów sum opadów atmosferycznych prowadzonych w latach 1979/1980–1994/1995 oraz wyniki codziennych pomiarów temperatur powietrza ze Stacji Poznań Sołacz.

WYNIKI

Podstawą uzyskania wiarygodnych wyników z modelu USLE jest przyjęcie odpowiednich danych wyjściowych do obliczenia parametrów modelu.

W pracy Wskaźnik podatności gleb na erozję K wyznaczono dla czterech zespołów glebowych wyróżnionych na badanym obszarze przez Szafrńskiego (1993). Poszczególne parametry dla danego zespołu glebowego przyjęto jako średnie z wierzchnich warstw (Ap) wszystkich profili reprezentatywnych dla tego zespołu glebowego (tab. 1).

Tabela 1. Wartości parametrów przyjętych do obliczenia wskaźnika podatności gleb na erozję K dla warunków Doświadczalnej Stacji Badawczej Mokronosy

Table 1. The parameters used for the estimation of soil erodibility K-factor for Mokronosy Experimental Station conditions

Podtyp glebowy Soil subtype	Procentowy udział w powierzchni Percent of area	Zawartość frakcji Content of fraction [%]		Zawartość substancji organicznej Content of organic matter [%]	Struktura gleby Soil structure	Klasa przepuszczalności Permeability class
		0,002–0,1 mm	0,1–2,0 mm			
Gleby płowe typowe Brown forest podzolic typic	39	35	50	2,1	bardzo drobne granulatory very fine granular	mała do umiarkowanej slow to moderate
Gleby płowe opadowo-glejowe Brown forest podzolic epigleyed	25	39	56	1,8	bardzo drobne granulatory very fine granular	umiarkowana moderate
Gleby płowe grunto-glejowe Brown forest podzolic endogleyed	19	35	59	1,4	bardzo drobne granulatory very fine granular	umiarkowana moderate
Czarne ziemie zbrunatniałe Black earths browned	17	29	51	3,1	drobne granulatory fine granular	umiarkowana moderate

Wskaźnik erozyjności deszczy R obliczono na podstawie rocznych sum opadów atmosferycznych, które dla analizowanego okresu lat hydrologicznych 1995/1996–1997/1998

wyniosły odpowiednio 533, 554 i 576 mm. Ponieważ, jak dotychczas nie została opracowana formuła pozwalająca otrzymać wielkość erozyjności deszczy na podstawie sum opadów dla Polski zachodniej, w pracy przyjęto rozkład erozyjności jak dla obszaru Polski środkowej, którego klimat jest najbardziej zbliżony do klimatu obszaru objętego badaniami (Woś 1994).

Współczynnik ukształtowania terenu LS. Średnia długość dróg spływu powierzchniowego wynosi na omawianym obszarze 72 m. W programie DR-USLE wielkość średniego spadku w zlewni wyznaczana jest metodą długości warstwicy.

Współczynnik rodzaju upraw i sposobów użytkowania zlewni C. Sto procent badanej powierzchni, tj. 33,92 ha stanowią grunty orne, przy czym obiekt przedzielony jest drogą gruntową na część północną i południową. W kolejnych latach użytkowanie terenu przedstawiało się następująco:

Rok hydrologiczny:	część północna (32% pow.)	część południowa (68% pow.)
1995/1996	jęczmień ozimy	pszenica ozima
1996/1997	rzepak	owies
1997/1998	pszenica ozima	żyto

Wyniki obliczeń przewidywanych strat gleby wskazują, że potencjalnie największe straty materiału glebowego wystąpiły w roku hydrologicznym 1996/1997, podczas gdy w roku 1997/1998 były one najmniejsze (tab. 2). Wielkość przewidywanych strat gleby wyniosła 0,735 t·ha⁻¹·rok⁻¹ w roku 1996/1997, a w przeliczeniu na miąższość stanowi około 0,047 mm warstwy gleby. W roku 1997/1998 określone z modelu wielkości strat gleby wyniosły odpowiednio 0,611 t·ha⁻¹·rok⁻¹ i 0,039 mm warstwy gleby. Obliczone dla roku 1995/1996 wielkości strat gleby wyniosły 0,631 t·ha⁻¹·rok⁻¹, czyli około 0,04 mm warstwy gleby.

Tabela 2. Wielkości przewidywanych strat gleby na podstawie formuły USLE na jednostkę powierzchni (A) oraz w miąższości zmytej warstwy gleby (A_L)

Table 2. Soil erosion yield based on USLE model per surface unit (A) and in layer of eroded soil (A_L)

Rok hydrologiczny Hydrological year	Parametry równania – Equation parameters					Straty gleby – Soil losses	
	R [Je]	K [t·ha ⁻¹ ·Je ⁻¹]	LS	C	P	A [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]	A _L [mm]
1995/1996	61,714	0,243	0,426	0,105	0,942	0,631	0,040
1996/1997	65,032	0,243	0,426	0,116	0,942	0,735	0,047
1997/1998	68,508	0,243	0,426	0,091	0,942	0,611	0,039

Je – jednostka erozyjności równa MJ·ha⁻¹·cm·h⁻¹ – erodibility unit equals MJ·ha⁻¹·cm·h⁻¹.

Należy zwrócić uwagę, że rok 1997/1998 był o najwyższej w badanym trzyletnim okresie sumie opadów atmosferycznych, a zatem najwyższej wartości wskaźnika erozyjności deszczy R, która wyniosła 65,085 Je. W roku tym jednak określone z modelu USLE straty gleb były najmniejsze z uwagi na uprawiane w tym czasie na badanym obszarze pszenicę ozimą oraz żyto. Rośliny te stanowiły zatem dobre zabezpieczenie przed erozją wodną, o czym świadczy najniższa wartość wskaźnika C równa 0,91. Natomiast najwyższa wartość strat gleby w roku 1996/1997 spowodowana była głównie uprawą rzepaku, którego stosunkowo wczesny termin zbioru powoduje dłuższe pozostawienie pól w ugorze. Można zatem stwierdzić, że zboża stanowią na badanym terenie dobre zabezpieczenie przed erozją wodną pojawiającą się najczęściej pod koniec półrocza zimowego.

Określone na podstawie pomiarów polowych wielkości strat gleby w latach hydrologicznych 1995/1996, 1996/1997 i 1997/1998 wyniosły odpowiednio 0,288, 0,334 oraz 0,293 t·ha⁻¹·rok⁻¹. Wielkości strat gleby określone za pomocą modelu (0,631, 0,735, 0,611 t·ha⁻¹·rok⁻¹) były w stosunku do pomiarów terenowych ponad dwukrotnie większe. Pomiaru terenowe nie uwzględniają jednak niejawnych form erozji, stąd mogą wynikać rozbieżności pomiędzy modelem a pomiarami terenowymi. Rozbieżności te mogą być również wynikiem pewnych uproszczeń stosowanych podczas procedury obliczeniowej. Wskazują one także na potrzebę dalszych badań, także w latach o odmiennym przebiegu warunków atmosferycznych oraz odmiennym sposobie użytkowania terenu, w celu adaptacji modelu do rozpatrywanego obszaru badań.

Wykorzystując formułę USLE określono wielkości potencjalnych strat gleby dla roku średniego pod względem sumy opadów atmosferycznych (471 mm) oraz dla roku mokrego o największej obserwowanej sumie (651 mm) przy zróżnicowanym sposobie zagospodarowania terenu. Obliczenia wykazały, że największe przewidywane straty gleby w badanej mikrozewni mogą wystąpić przy uprawie kukurydzy. Wielkość strat gleby na tych terenach dla roku średniego wyniosła $3,887 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, a dla roku mokrego $6,029 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Uprawiane znacznie częściej w analizowanym terenie buraki cukrowe stanowią duże zagrożenie, szczególnie w półroczach letnich przy opadach o dużym natężeniu i wydajności. W latach średnich mogą powodować straty erozyjne rzędu $3,699 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, zaś w latach mokrych wielkość strat wzrasta do $5,736 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Zgodnie z przewidywaniami najlepsze zabezpieczenie przeciwezyjne stanowią trwałe użytki zielone ($0,101 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ strat gleby dla roku średniego i $0,155 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ dla roku mokrego). Ich wprowadzenie na tych terenach wymaga zmiany sposobu gospodarowania i w praktyce jest trudne do zrealizowania. Dla upraw zbóż przewidywane straty gleby wyniosły średnio około $0,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ w roku średnim oraz około $0,77 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ w roku mokrym. Można zatem stwierdzić, że w przypadku użytkowania gleb jako gruntów ornych stosowane na Pojezierzu Gnieźnieńskim uprawy zbożowe, są najkorzystniejszym rozwiązaniem z punktu widzenia ochrony gleb przed erozją.

WNIOSKI

1. W omawianym trzyletnim okresie badań największe przewidywane straty gleby wystąpiły w roku hydrologicznym 1996/1997. Wyniosły one $0,735 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{rok}^{-1}$, co daje około 25 t gleby w ciągu roku z całej badanej mikrozewni. Najmniejsze przewidywane straty gleby wystąpiły w roku hydrologicznym 1997/1998 i wyniosły odpowiednio $0,611 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{rok}^{-1}$.
2. Określone przy pomocy modelu USLE wielkości strat gleby były ponad dwukrotnie większe w stosunku do wyników uzyskanych z pomiarów terenowych. Wskazuje to na konieczność dalszych badań, celem lepszego dostosowania parametrów modelu do warunków fizjograficznych rozpatrywanego obszaru.
3. Na podstawie przeprowadzonych przy pomocy modelu USLE symulacji można stwierdzić, że w przypadku użytkowania gleb badanego obszaru jako gruntów ornych uprawy zbożowe są najkorzystniejszym rozwiązaniem z punktu widzenia ochrony gleb przed erozją. Przewidywane straty gleb w latach średnich dla upraw zbożowych wyniosły średnio około $0,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, zaś w roku mokrym o najwyższej sumie opadów około $0,77 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$.
4. Wprowadzenie na badanym obszarze trwałych użytków zielonych pozwoliłoby na ograniczenie wielkości strat gleby do poziomu około $0,101 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ w roku średnim i $0,155 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ dla roku mokrego. Wprowadzenie trwałych użytków zielonych wymaga jednak zmiany całego sposobu gospodarowania na tych terenach i w praktyce jest trudne do zrealizowania.

PIŚMIENNICTWO

1. Banasik K., Górski D., 1992, Wykorzystanie uniwersalnego równania strat glebowych USLE do oceny ilości rumowiska unoszonego odpływającego z małych zlewni. *Gospod. Wod.* 3/92: 62–67.
2. Bollinne A., 1985, Adjusting the USLE for use in Western Europe, in: *Soil Erosion and Conservation*, eds. El Swaify S.A., Moldenhauer W.C., Lo A, SCS USDA: 206–213.
3. Koreleski K., 1994, Amerykańskie systemy prognozowania erozji wodnej i wietrznej. *Rocz. Akad. Rol. Pozn.* 266, *Melior. Inż.* Śr. 14: 341–347.
4. Rejman J., Link M., 1996, Eksperymentalna weryfikacja wskaźnika erozyjności opadu i przewidywanie jego wartości na podstawie opadów dobowych. *Pr. Nauk. IUNG Puławy* 2: 67–78.
5. Szafranski Cz., 1993, Gospodarka wodna gleb terenów bogato rzeźbionych i potrzeby ich melioracji. *Rocz. Akad. Rol. Pozn.* 244: 1–92.
6. Wischmeier W. H., Smith D. D., 1978, Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. *USDA Agriculture Handbook* 537, Washington D.C.: 1–58.
7. Woś A., 1994, *Klimat Niziny Wielkopolskiej*. Wydaw. UAM Pozn.