

## ANALIZA METOD OBLICZANIA ROZSTAWY TARASÓW GRZBIETOWYCH

*Anna Baryła, Edward Pierzgalski*

Katedra Kształtowania Środowiska, SGGW, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa  
e-mail: baryla@alpha.sggw.waw.pl

**Streszczenie.** W pracy scharakteryzowano istniejące metody obliczania rozstawy tarasów grzbietowych oraz przedstawiono sposób obliczania rozstawy za pomocą modelu erozyjnego WinSEADS. Model zweryfikowano na podstawie trzyletnich badań terenowych nad spływem powierzchniowym, które wykonano w latach 2000-2002 w RZD Puczniew na stoku o średnim spadku 10% pokrytym gliną średnią. Stwierdzono, że wielkości rozstaw obliczone za pomocą istniejących metod i zastosowanego modelu są znacznie zróżnicowane.

**Słowa kluczowe:** tarasy grzbietowe, rozstawa tarasów, model spływu powierzchniowego

### WSTĘP

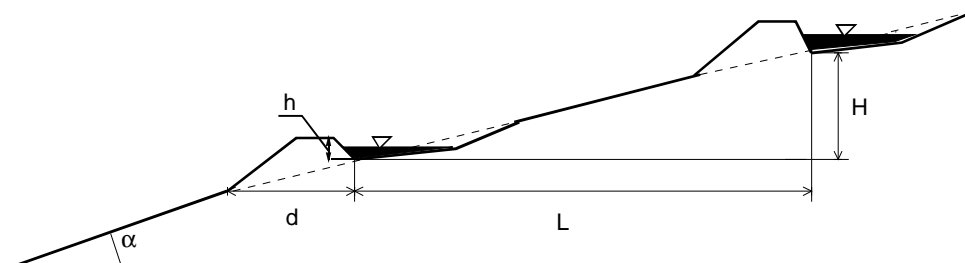
Do najbardziej znanych sposobów ochrony gleb przed erozją należy tarasowanie pól. Wyróżnić można dwa podstawowe rodzaje tarasów: schodkowe i grzbietowe. Tarasy schodkowe stosowane są głównie na stromych stokach przeznaczonych do upraw sadowniczych. Na gruntach ornych i użytkach zielonych przy spadkach do 10% wykonuje się tarasy grzbietowe. Ich konstrukcja jest stosunkowo prosta. Najczęściej są to niskie groble budowane w poprzek stoku zatrzymujące spływającą wodę wraz ze znoszoną glebą. Za pomocą tarasów grzbietowych stok zostaje podzielony na mniejsze jednostki hydrograficzne, wskutek czego drogi spływu wody ulegają skróceniu, co wpływa na zmniejszenie ilości zmywanej gleby. Praktyka rolnicza w wielu krajach np. w USA, Australii, Izraelu, Libii, Czechach wskazuje, że właściwie zaprojektowane i wykonane tarasy grzbietowe są skutecznym sposobem ochrony przed erozją. Stanowią także narzędzie do spowolnienia obiegu wody poprzez zamianę spływu powierzchniowego na gruntowy lub zgromadzenie zatrzymanej przed groblami wody w zbiornikach powierzchniowych. Spowolnienie spływu wpływa także na zmniejszenie ryzyka zjawisk powodziowych.

W Polsce tarasy grzbietowe dla celów rolniczych nie są w zasadzie stosowane. Niskie zainteresowanie rolników tarasami grzbietowymi jest spowodowane głównie brakiem doświadczeń w tym zakresie, a także czynnikami ekonomicznymi związanymi z kosztami wykonania i eksploatacji tarasów oraz zmniejszeniem powierzchni produkcyjnej. Istotnym czynnikiem ograniczającym upowszechnienie tarasów grzbietowych jest często spotykany układ wąskich pól równoległych do spadku terenu. Przy opracowywaniu komasacji gruntów celowe byłoby uwzględnienie możliwości zastosowania tarasów grzbietowych.

Wobec braku wytycznych projektowania tarasów grzbietowych, podjęto zagadnienie określania ich najważniejszego parametru, czyli rozstawy. W tym celu dokonano przeglądu metod stosowanych w świecie oraz wykonano badania terenowe mające na celu zastosowanie do obliczeń rozstawy tarasów modelu spływu powierzchniowego.

#### PODSTAWOWE INFORMACJE O TARASACH GRZBIETOWYCH

Tarasы grzbietowe można podzielić na tarasy bezodpływowe i odpływowe. Tarasy bezodpływowe (rys. 1) stosuje się przede wszystkim na gruntach dobrze i średnio przepuszczalnych. Podstawowym warunkiem prawidłowego ich funkcjonowania jest utrzymanie korony grobli na jednakowym poziomie na całej jej długości.

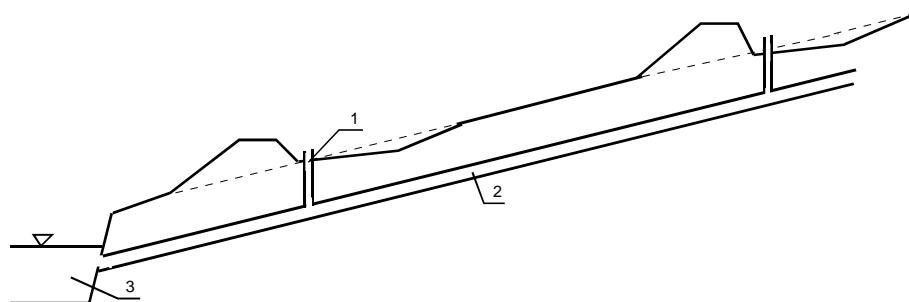


**Rys. 1.** Przekrój poprzeczny tarasu bezodpływowego (H – rozstawa pionowa, L – rozstawa pozioma)

**Fig. 1.** Cross section of terrace without outflow (H – vertical spacing, L – horizontal spacing)

Woda spływająca z obszaru między tarasami zatrzymuje się przed groblą i wsiąka w glebę zamieniając w ten sposób spływ powierzchniowy na odpływ gruntowy. Część zgromadzonej wody ulega ewaporacji. Parametry tarasu muszą być tak dobrane, aby dopływająca do grobli woda nie przelała się przez jej koronę, co spowodowałoby przerwanie grobli i następnie zniszczenie niżej leżących grobli, czyli całego systemu antyerozyjnego. Projekt tarasów powinien uwzględniać możliwość bezawaryjnego odprowadzenia wody z ekstremalnych opadów nawalnych.

Taras z odpływem (rys. 2) wykonuje się w celu zmagazynowania wody w zbiornikach wodnych oraz w sytuacjach, gdy dłuższe stagnowanie wody przed groblą jest niewskazane. Wśród tych tarasów można wyróżnić tarasy z odpływem powierzchniowym oraz tarasy z odpływem podziemnym. Trasa tarasów z odpływem powierzchniowym jest prowadzona z niewielkim spadkiem, zapewniającym nie rozmywający przepływ wody.



**Rys. 2.** Przekrój poprzeczny tarasu odpływowego (1 – studzienka odwadniająca, 2 – rurociąg, 3 – zbiornik)

**Fig. 2.** Cross section of terrace with outflow (1 – drainage well, 2 – pipeline, 3 – reservoir)

#### METODY OBLICZANIA ROZSTAWY TARASÓW GRZBIETOWYCH

Metody obliczania rozstawy tarasów można podzielić na teoretyczne i empiryczne. Jedną z najstarszych metod teoretycznych obliczania rozstawy tarasów grzbietowych podał Ramser [7]:

$$L = \frac{h}{2\sigma R} \left( \frac{d}{2} + \frac{h}{S} \right) \quad (1)$$

gdzie:

- $h$  – wysokość grobli (m),
- $R$  – opad (m),
- $S$  – spadek terenu (-),
- $d$  – szerokość stopy grzbietu (m),
- $\sigma$  – współczynnik spływu (-).

Holy [4] dla warunków Czech poleca zależność zbliżoną do wzoru Ramsera:

$$L = \frac{h^2}{2\sigma I t} \left( \frac{1}{I} + n \right) \quad (2)$$

gdzie:

- $h$  – wysokość grobli (m),
- $n$  – spadek grobli ( $n = 1-4$ ),
- $I$  – spadek stoku (%),
- $i$  – natężenie opadu ( $m \cdot s^{-1}$ ),
- $t$  – czas trwania opadu (s),
- $\sigma$  – współczynnik spływu (-).

Inny wzór określania rozstawy tarasów grzbietowych zaproponował Morgan [5]:

$$L = \frac{v^{5/2} n^{3/2}}{(R-i) \sin^{3/4} \theta \cos \theta} \quad (3)$$

gdzie:

- $v$  – dopuszczalna prędkość spływającej wody ( $m \cdot s^{-1}$ ),
- $n$  – współczynnik zależny od szorstkości powierzchni (-),
- $R$  – opad ( $mm \cdot h^{-1}$ ),
- $i$  – infiltracja ( $mm \cdot h^{-1}$ ),
- $\theta$  – kąt nachylenia zbocza.

Rozstawę tarasów dobiera się także za pomocą zależności empirycznych. W USA określa się rozstawę tarasów za pomocą następującego równania [6]:

$$H = xs + y \quad (4)$$

$$L = (xs + y) (100/s) \quad (5)$$

gdzie:

- $H$  – rozstawa pionowa (m),
- $L$  – rozstawa pozioma (m),
- $x$  – zmienna zależna od strefy geograficznej,
- $s$  – spadek (%),
- $y$  – zmienna zależna od podatności gleb na erozję.

Do obliczania rozstawy tarasów grzbietowych wykorzystywane jest także powszechnie znane równanie USLE [8]. Rozstawę tarasów według tego równania oblicza się przyjmując dopuszczalną wielkość zmywanej gleby.

## MATERIAŁ I METODY

W niniejszej pracy podjęto próbę wykorzystania do obliczania rozstawy tarasów grzbietowych modelu WinSEADS – Soil Erosion and Deposition Systems [9]. Model składa się z trzech procedur obliczeniowych. Pierwsza obejmuje obliczenie przewidywanego odpływu oraz jego maksymalnego natężenia wywołanego opadem. Procedura druga określa straty glebowe na stoku. Natomiast proce-

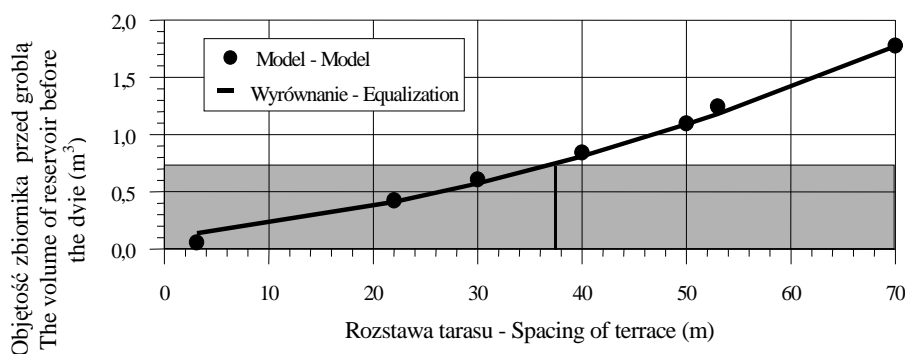
dura trzecia chemiczna pozwala na określenie ilości i stężenia związków chemicznych (azot, fosfor i pestycydy) w odpływie. Spływ powierzchniowy w modelu oblicza się za pomocą równania fali kinematycznej. Dane wejściowe do modelu obejmują następujące charakterystyki: wymiary, kształt i spadek stoku, współczynnik Manninga, wilgotność początkowa gleby, infiltracja, opad atmosferyczny. Jako wynik obliczeń w pierwszej z trzech wymienionych procedur uzyskuje się objętość spływającej wody na długości stoku w określonym przedziale czasowym. Weryfikację modelu przeprowadzono na podstawie wyników badań spływów powierzchniowych uzyskanych na stanowisku badawczym założonym na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego w Puczniewie (dzielnica Łódzka).

Badania terenowe prowadzono na stoku o kształcie wypukłym i średnim spadku 10%. Wydzielono na nim trzy oddzielone od siebie poletka o jednakowej szerokości 4 m i różnych długościach 40 m, 60 m, 80 m. Na powierzchni poletek znajdowała się gleba o składzie mechanicznym gliny średniej. Doświadczenie rozpoczęto w dniu 30.04.2000 r. i prowadzono przez następne 3 lata w okresie letnim. Przez cały czas trwania doświadczenia poletka utrzymywane były w czarnym ugorze. Przed rozpoczęciem pomiarów wykonywano spulchnienie gleby płytką orką. Spływające wody z poszczególnych poletek były przechwytywane przez rynny o średnicy 15 cm odprowadzające wodę do wanien z przelewami trójkątnymi i zainstalowanymi standardowymi limnigrafami, które w ostatnim roku zastąpiono czytnikami elektronicznymi. Na poletkach wykonano pomiary infiltracji metodą podwójnych cylindrów. Określono także parametry niezbędne do określenia strat glebowych za pomocą równania USLE. Wskaźnik erozyjności opadu R obliczono na podstawie danych klimatycznych stacji IMGiW w Puczniewie zgodnie z metodyką przyjętą przez Banasika i Górskiego [2].

## WYNIKI I DYSKUSJA

W czasie prowadzenia doświadczenia zarejestrowano 14 spływów powierzchniowych. Spływy powierzchniowe podczas prowadzenia badań pojawiły się podczas opadów o dużej wydajności lub dużym natężeniu, przekraczającym aktualne zdolności infiltracyjne wierzchnich warstw gleby. Największy spływ powierzchniowy na wszystkich poletkach zaobserwowano 17 sierpnia 2001. Dobowy opad wyniósł 78,7 mm, a jego natężenie było równe  $65,6 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ . Na poletku o długości 80 m całkowity spływ wyniósł wówczas 34,2 mm stanowiąc 43% opadu. Na poletku 60-metrowym całkowity spływ wyniósł 31,8 mm (40% opadu), a na najkrótszym 40-metrowym spływ wyniósł 28,7 mm (36% opadu). Współczynniki spływów wahały się od 0,02 do 0,36 na poletku 40-metrowym, na 60 i 80-metrowym odpowiednio 0,02-0,4 i 0,018-0,43. Uzyskane dane posłużyły do kalibracji i następnie weryfikacji modelu WinSEADS, którą uznano za pozytywną [3].

Dla największego obserwowanego w Puczniewie dobowego zdarzenia opadowego (78,7 mm) wykonano obliczenia za pomocą modelu WinSEADS ilości wody spływającej z powierzchni pola. Według tych obliczeń objętość wody dopływająca do grobli wynosiła: dla długości stoku 10 m –  $0,164 \text{ m}^3 \cdot \text{mb}^{-1}$  grobli; 20 m –  $0,348 \text{ m}^3 \cdot \text{mb}^{-1}$  grobli; 30 m –  $0,561 \text{ m}^3 \cdot \text{mb}^{-1}$  grobli; 40 m –  $0,812 \text{ m}^3 \cdot \text{mb}^{-1}$  grobli. Wyniki te posłużyły do skonstruowania zależności między ilością wody dopływającą do grobli i rozstawą tarasów (rys. 3). Na jego podstawie można, przy przyjętej pojemności możliwej do zatrzymania przed groblą, wyznaczyć rozstaw między groblami. Z rysunku 3 wynika również, że rozstaw tarasów można dobierać zgodnie z wymogami prac agrotechnicznych zmieniając parametry grobli i tym samym objętość zbiornika wody przed groblą.



Rys. 3. Określanie rozstawy tarasów za pomocą modelu WinSEADS

Fig. 3. Estimation of terrace spacing by WinSEADS model

Wyniki uzyskane za pomocą modelu WinSEADS porównano z metodami: Morgana, Ramsera i Holego, USLE oraz metodą empiryczną stosowaną w USA. W obliczeniach przyjęto: wysokość grobli – 0,3 m, szerokość grobli – 3 m, spadki 5 i 10%. Współczynniki spływu przyjęto zgodnie z zasadami podanymi w każdej z analizowanych metod. W metodzie Morgana dopuszczalną prędkość spływającej wody przyjęto  $0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , a współczynnik szorstkości  $n$  równy 0,03 (dla gruntów ornych). Obliczenia rozstawy tarasów za pomocą modelu USLE wykonano przy założeniu, że dopuszczalna ilość zmywanej gleby wynosi  $10 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ , a wskaźnik erozyjności opadu  $R$  przyjęto jako średni dla warunków Puczniewa 48,3 Je. Określając rozstaw tarasów według normy ASAE [1] wskaźniki  $x$  i  $y$  przyjęto zgodnie z danymi zawartymi w tej normie. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Rozstawa tarasów obliczona różnymi metodami (m)**Table 1.** Terrace spacing calculated by various methods (m)

Metoda – Method	Spadek – Land slope (%)	
	5	10
Morgan	63	38
Ramser	20	11
Holy	36	27
USLE	40	6
ASAE	10-28	9-21
Model WinSEADS	38	13

Uzyskane wyniki rozstawy tarasów grzbietowych obliczone wzorem Morgana przy spadkach 5 i 10% były o 70% i 192% większe od obliczonych modelem WinSEADS, a obliczone wzorem Ramsera były mniejsze o 54 i 15% od wyników obliczeń modelowych. Podobnie, jak przy wzorze Ramsera, przy spadku 5% obliczona rozstawa tarasów wzorem Hologo była mniejsza o 2% od obliczonej modelem WinSEADS, natomiast przy spadku 10% była większa o 108%. Porównując wielkości rozstawy tarasów grzbietowych obliczone za pomocą wzorów empirycznych i modelu WinSEADS uzyskano różnice w szerokim zakresie. Najbardziej zbliżone wielkości uzyskano modelem USLE, zakładając dopuszczalną roczną stratę gleby A równą  $10 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Największą różnicę uzyskano przy porównaniu metody USLE uwzględniając wielkość wskaźnika R. Na podstawie porównania wyników obliczeń można stwierdzić, że największe różnice w stosunku do modelu WinSEADS uzyskano stosując wzory określone w pracy jako empiryczne.

#### WNIOSKI

1. Analiza metod obliczania rozstawy tarasów grzbietowych bezodpływowych wykazała, że metody teoretyczne zostały opracowane na podstawie różnych założeń, a metody empiryczne dla specyficznych warunków klimatycznych i glebowych. Obliczone za ich pomocą wielkości rozstaw znacznie się różnią między sobą.

2. Według badań terenowych na glebach gliniastych wielkość współczynnika spływu powierzchniowego wahała się od 0,01 do 0,43 i zależała przede wszystkim od natężenia opadów.

3. Weryfikacja modelu WinSEADS na podstawie danych z poletek spływowych w RZD Puczniew wykazała jego przydatność do obliczania rozstawy tarasów grzbietowych z wystarczającą dla praktyki dokładnością.

4. Przy opadzie równym  $78,7 \text{ mm}$  i natężeniu  $65,6 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$  rozstawa tarasów obliczona za pomocą modelu WinSEADS wyniosła: 38 i 13 m przy spadkach 5% i 10%.

5. Brak doświadczenia w zakresie stosowania tarasów grzbietowych w Polsce wskazuje na konieczność prowadzenia dalszych prac badawczych mających na celu weryfikację proponowanej metody w innych warunkach środowiskowych np. dla gleb lessowych.

#### PIŚMIENNICTWO

1. ASAE Standard 1989.
2. **Banasik K., Górski D.:** Wyznaczanie erozyjności deszczy do uniwersalnego równania strat glebowych. Zeszyt Naukowy AR Wrocław, 189, 103-109, 1990.
3. **Baryła A.:** Obliczanie rozstawy tarasów grzbietowych za pomocą modelu spływu powierzchniowego. Praca doktorska, maszynopis, SGGW, 2004.
4. **Holy M.:** Protierozni ochrana. Vydavatelstvo technickej a ekonomickej literatury, Bratislava. 1978.
5. **Morgan R.P.C.:** Soil erosion and conservation. Longman Scientific & Technical, Essex, UK, 1986.
6. **Natural Resources Conservation Service (NRCS):** Conservation Practice Standard – Terrace code 600, 1982.
7. **Ostromęcki J.:** Erozja gleb jako zagadnienie melioracyjne. Gospodarka Wodna, 4 i 5, 1-20, 1947.
8. **Wischmeier W.H., Smith D.D.:** Predicting rainfall erosion losses. USDA Agric. Handb. 537. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C, 1-58, 1978.
9. **Yu B.:** Program Notes on Hsview. EXE, ROGER.EXE and SEADS. EXE for hill slope runoff, sediment and nutrients/chemicals generation, 2002.

#### ANALYSIS OF METHODS FOR CALCULATION OF RIDGE TERRACES SPACING

*Anna Baryła, Edward Pierzgałski*

Department of Environmental Improvement, Warsaw Agricultural University  
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa  
e-mail: baryla@alpha.sggw.waw.pl

**Abstract.** Existing methods of ridge terraces spacing calculation are characterized in the paper, as well as the way of spacing calculation by means of an erosion model – WinSEADS. The model has been verified by the results of three years' field investigations which were carried out during the years 2000-2002 in the Agricultural Experimental Station in Puczniew on a 10% slope covered with medium loam. It was found that spacing calculated by existing methods differs considerably.

**Keywords:** ridge terraces, terrace spacing, runoff model