

## WSTĘPNA OCENA NATĘŻENIA EROZJI ROZBRYZGOWEJ NA GLEBIE LESSOWEJ

*Szymon Szewrański*

Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Akademia Rolnicza  
Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław  
e-mail: sionek@miks.ar.wroc.pl

**Streszczenie.** Artykuł stanowi podsumowanie wstępnych wyników badań natężenia rozbryzgu na polu uprawnym, zlokalizowanym w obrębie silnie erodowanej zlewni rolniczej. Pomiary metodą „splash cups” wykonywane były w okresie od kwietnia do lipca 2004 roku. W trakcie badań wykonywano fotometryczne analizy pokrycia terenu roślinnością oraz zbierano dane pluwiometryczne. Wstępne wyniki pozwoliły na sformułowanie ogólnych relacji pomiędzy tymi czynnikami a wielkością erozji rozbryzkowej.

**Słowa kluczowe:** erozja wodna, rozbryzg, kubki rozbryzkowe, intensywność opadu, pokrywa roślinna, pszenica

### WSTĘP

Erozja rozbryzgowa ma miejsce podczas opadów atmosferycznych, kiedy spadające krople deszczu powodują odrywanie i odrzucanie cząstek ziemnych, równocześnie ubijając i zamulając powierzchnię gruntu. Efektem rozbryzgu jest niszczenie struktury i pogorszenie przepuszczalności gleby, co z kolei jest przyczyną pojawiania się procesów splukiwania [8,9,10,12,25].

Wyniki pomiarów rozbryzgu często są niejednoznaczne i zależą od zastosowanych technik. Do metod podstawowych badawczych należy zaliczyć technikę „splash cups” – kubków rozbryzgowych [1,2,4,8,17,18]. Stosuje się dwa warianty kubków: puste oraz wypełnione glebą. Za „splash cups” mogą służyć pojemniki cylindryczne, lejki, rurki etc. Radialny pomiar rozbryzgu pozwala na określenie ilości materii uruchamianej w wyniku działalności kropeł deszczu [16,24]. Druga metoda – „splash boards” po raz pierwszy została zaproponowana przez Ellisona [3]. Łapaczki rozbryzgu mają formę ekranów i pozwalają na określenie transportu rozbryzgu w kierunku „w dół” i „w górę” nachylonego stoku [6,11,14,20]. Do

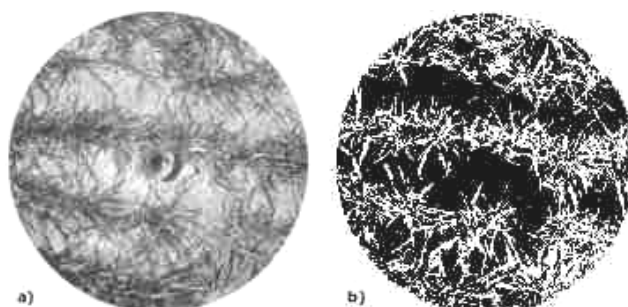
szacowania wysokości rozbryzgu stosuje się łapaczki pionowe z zainstalowanymi na różnych wysokościach półeczkami lub techniki „splash paper” [4,5,13,23]. Na podstawie uzyskanych wyników opracowano modele prognostyczne rozbryzgu rozwijane po dziś dzień [7,13,15,21,24]. W warunkach polskich, ze względu na stosunkowo małe rozpoznanie zjawiska, modele te dotychczas nie znalazły szerszego zastosowania [17,22].

#### MATERIAŁY I METODY

Badania natężenia erozji rozbryzgowej przeprowadzono w zlewni Mielnicy, zlokalizowanej w rejonie Wzgórz Trzebnickich. Pomiary rozbryzgu zostały wykonane metodą „splash cups”. Kubki wykonane z polietylenu, zostały umieszczone w 12 punktach w obrębie stoku, na którym uprawiano pszenicę ozimą odmiany „Turnia”. Trzy z nich zostały umieszczone na płaskiej powierzchni wierzchowiny pozbawionej pokrywy roślinnej. W konstrukcji kubków wykorzystano lekkowate wloty o średnicy  $d = 6$  cm, uniemożliwiające rozbryzg wtórny. Materiał glebowy gromadził się na krążkach z papieru filtracyjnego. Próbkę były pobierane każdorazowo po wystąpieniu opadów atmosferycznych i poddawane analizie suszarkowo-wagowej. Przeprowadzono analizy składu granulometrycznego wierzchniej warstwy gleby.

Do pomiarów stopnia pokrycia roślinnością (pszenica ozima) zastosowano technikę edycji fotografii cyfrowej. Zdjęcia powierzchni gleby (około  $2 \text{ m}^2$ ) wykonywano z użyciem statywu i stałej wysokości fotografowania (1,5 m). Zastosowano aparat CAMEDIA C-220ZOOM wyposażony w 3-krotny zoom optyczny i matrycę o rozdzielczości efektywnej 1.95 megapikseli. Ogniskowa obiektywu wg filmu 35 mm 5-15 mm, jasność obiektywu 2,8-4,9 F, szybkość migawki od 1/2 s do 1/1000 s. Zdjęcia wykonywano w rozdzielczości 1600x1200 piksele (fot. 1a). Tak uzyskane obrazy były przetwarzane komputerowo z zastosowaniem narzędzi inteligentnej selekcji kolorów i nadzorowanego maskowania obiektów. Otrzymane maski obiektów roślinnych były zapisywane w formacie czarno-białym jako nowe pliki (fot. 1b). Następnie obliczano dla nich histogramy wypełnienia pikselami o odcieniach szarości w wartościach od 0 do 256. Uzyskiwane wyniki odpowiadały procentowemu pokryciu terenu przez roślinność.

W trakcie badań prowadzono pomiary wysokości i natężenia opadów atmosferycznych. Zapisy pluwiometryczne uzyskano za pomocą elektronicznego deszczomierza TPG-023 rejestrującego natężenia chwilowe i rozkład opadów w czasie. Urządzenie korytkowo-przelewowe pozwala na pomiary wysokości opadów z rozdzielczością 0,1 mm. Największe chwilowe natężenie opadu możliwe do zarejestrowania wynosi  $1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Dokładność rejestracji danych wynosi 1 s.



**Fot. 1.** Fotograficzna ocena pokrycia roślinnością, a – obraz pierwotny, b- obraz przetworzony  
**Phot. 1.** Photographic canopy cover measurement, a – original image, b- processed image

### WYNIKI I DYSKUSJA

Analizy składu granulometrycznego wierzchniej warstwy gleby (tab. 1) wykazały, że dominującą frakcją są utwory pyłowe stanowiące około 70% objętości próbek. Duży udział mają części spławialne. Gleby praktycznie pozbawione są części szkieletowych i zawierają niewielkie ilości piasku.

**Tabela 1.** Skład granulometryczny gleb w 25 cm warstwie powierzchniowej

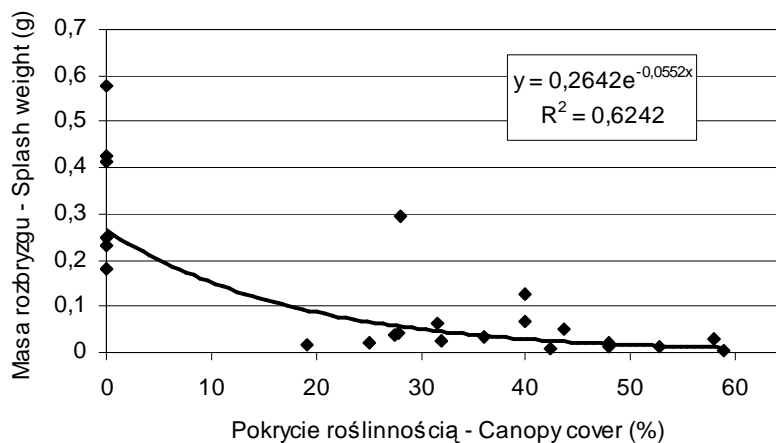
**Table 1.** Grain size distribution in soil surface layer of 25 cm

Lokalizacja Location	Fracje – Fraction (mm, %)					
	1 – 0,1	0,1 – 0,05	0,05-0,02	0,02-0,006	0,006-0,002	<0,002
Wierzchowina Hilltop	7,0	9,1	46,3	20,5	8,6	8,5
Zbocze Mid-slope	5,4	7,8	45,6	22,2	11,4	7,6
Podnóże Footslope	6,1	13,0	45,4	22,3	9,5	3,7

Średnicę drobin  $d_{50}$  określono na poziomie  $d_{50} = 0,025$  mm. Jest to wielkość stosowana w modelu Poesena do prognozowania natężenia erozji rozbryzgowej. Na podstawie opracowanych przez niego nomogramów [14,18] szacowana średnia odporność gleby na rozbryzg wynosi około  $R = 1500 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ . W przyszłości planuje się bardziej dokładne określenie tego parametru. Bardzo istotna jest również znajomość zawartości ilów, w przypadku badanych gleb jest to wielkość około 20%. Parametr ten również jest uwzględniany w niektórych modelach erozji rozbryzgowej [21]. Prezentowane parametry wskazują, iż gleby lessowe zalegające na obiekcie badawczym są mało odporne na erozyjne działanie wód opadowych [9,19].

W okresie od kwietnia do lipca 2004 zanotowano łącznie 21 przypadków wystąpienia opadów atmosferycznych, bezpośrednio po 9 udało się zebrać próbki sedymentu. Łącznie, w tym czasie, na obiekt spadło 82,6 mm deszczu. Maksymalna wysokość opadu wyniosła 16 mm (9 lipca 2004). Średnie godzinowe natężenia opadów wahały się 0,2 od 7,5 mm·h<sup>-1</sup>. Wskazania deszczomierza umożliwiają odczyt maksymalnych natężeń chwilowych w zmiennych przedziałach czasowych. Maksymalne chwilowe natężenia opadów w przeliczeniu na godzinę, wynosiły od 0,5 do 75,0 mm·h<sup>-1</sup>. Pomimo tak dużej zmienności parametrów charakteryzujących potencjalną erozyjność deszczu, we wszystkich tych przypadkach zaobserwowano zjawisko erozji rozbryzgowej.

Wielkość rozbryzgu oceniana na podstawie masy sedymentu gromadzonego w „splash cups” była zmienna w czasie i zależała od stopnia pokrywy roślinnej oraz warunków meteorologicznych. W początkowych pomiarach w łapaczkach gromadziło się średnio około 0,7 g materiału glebowego. Wraz z rozwojem roślinności ilość ta zmalała i wyniosła około 0,2-0,3 g na kubek. W końcowej fazie rozwoju, ze względu na liczne zanieczyszczenia organiczne i zupełny brak sedymentu, pozyskiwanie próbek praktycznie nie było możliwe. W oparciu o wcześniej pozyskane dane fotometryczne udało się przedstawić zależność pomiędzy ochronną rolą roślinności, a wielkością procesu erozji rozbryzgowej (rys. 1).



**Rys. 1.** Zależność pomiędzy wielkością pokrywy roślinnej a masą rozbryzgu

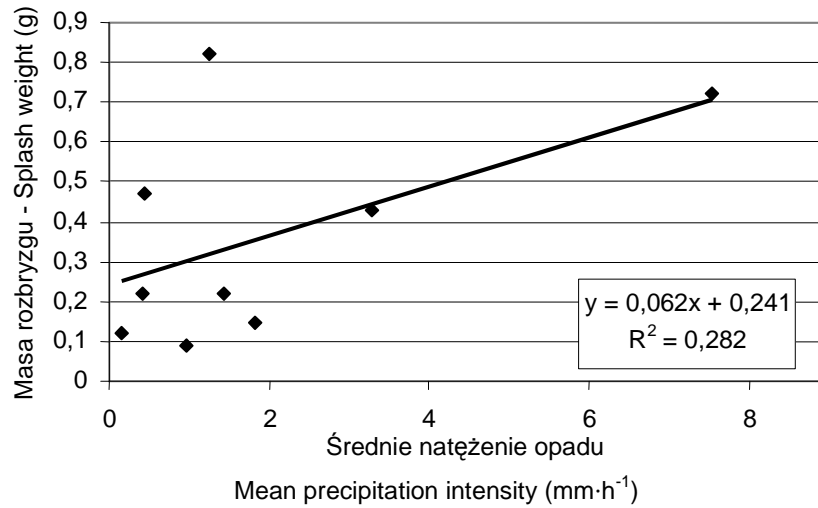
**Fig. 1.** Relation between plant canopy cover and splash weight

Przedstawione wyniki stanowią wartości bezwzględne (pomierzone). W literaturze można spotykać wartości względne (przeliczone na powierzchnię wlotową kubka), co docelowo ma wyrażać natężenie rozbryzgu na powierzchni pola. Badania Poesena i Torriego [16,24] udowodniły, iż sama wielkość kubka wpływa na ilość wychwytywanego sedymentu. W praktyce wyrażanie rozbryzgu w wielkościach bezwzględnych wymaga wykorzystania odpowiedniego nomogramu przeliczeniowego [17,22,24]. Wykorzystując powyższy nomogram ustalono, że w przypadku opisywanych badań, sedyment gromadzony w kubkach stanowi około 70% materiału potencjalnie uruchamianego na jednostce powierzchni pola. Niemniej ze względu na złożony charakter zjawiska i niejednoznaczności interpretacyjne [4,16,20], na tym etapie badań, zdecydowano się na prezentację wyników wyrażonych w wartościach pomierzonych bezpośrednio.

W przypadku uprawy pszenicy prowadzonej na zboczu, zaobserwowano wyraźną ujemną korelację pomiędzy pokryciem roślinnością i ilością sedymentu gromadzonego w kubkach. Najlepiej dopasowaną funkcją ilustrującą ten trend okazała się być zależność wykładnicza, współczynnik korelacji  $r = -79\%$  (rys. 1). Podobną zależność uzyskali Bochet i in. [2]. Rejman i in. [18] uzyskali również trend ujemny, ale opisany zależnością liniową. Potwierdza to ochronną rolę pokrywy roślinnej, przy czym stopień tej ochrony jest ściśle powiązany z fazami rozwoju roślin.

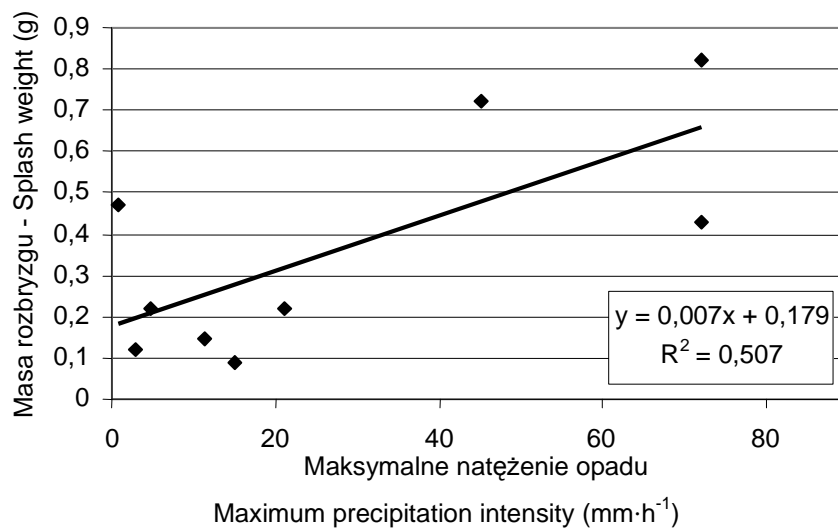
W przypadku 3 kubków umieszczonych na odkrytej powierzchni, ilość materiału glebowego uzależniona była jedynie od opadu atmosferycznego. Masa materiału glebowego zebranego wahała się w przedziale od 0,09 do 1,13 g w różnych kubkach. Otrzymane wartości uśredniono dla każdego pojedynczego wydarzenia z opadem atmosferycznym. Średnie wartości rozbryzgu wahały się pomiędzy 0,09 a 0,82 g. Tak opracowane dane wyjściowe przedstawiono na tle średniego natężenia opadu (rys. 2) oraz maksymalnego natężenia opadu (rys. 3).

Dla uzyskanych w okresie badawczym wyników udało się ustalić dodatni trend pomiędzy intensywnością opadu atmosferycznego a wielkością rozbryzgu. Intensywność opadu jest jedną z kluczowych charakterystyk energetycznych opadu, wpływających na natężenie zjawiska rozbryzgu. Podobne zależności opisujące natężenie erozji rozbryzgowej zostały opracowane w pracach Sharmy i in. [21] lub Bocheta i in. [2]. Inni autorzy, jak Rejman i in. [18] czy Salles i in. [19] prezentują natężenie opadu jako argument funkcji energii deszczu i również uzyskują dodatnie regresje. W trakcie badań zaobserwowano znacznie mocniejsze związki pomiędzy wartościami chwilowymi niż średnimi dla całego opadu. Świadczy to o tym, iż w przypadku badanych gleb, należy dążyć do pozyskiwania danych w jak najkrótszych krokach czasowych. Ponadto wykonano analizy zależności między rozbryzgiem a całkowitą wysokością opadów. Otrzymane współczynniki korelacji kształtowały się na poziomie od 10 do 26%. Świadczy to, iż do opisu rozbryzgu, intensywność znacznie lepiej odzwierciedla erozyjność opadu niż jego wysokość.



**Rys. 2.** Zależność pomiędzy średnim natężeniem opadu a masą rozbryzgu

**Fig. 2.** Relation between the mean precipitation intensity and the splash weight



**Rys. 3.** Zależność pomiędzy maksymalnym natężeniem opadu a masą rozbryzgu

**Fig. 3.** Relation between the maximum precipitation intensity and the splash weight

## WNIOSKI

Wstępnie przeprowadzone pomiary natężenia erozji rozbryzkowej pozwoliły zweryfikować przyjęte metody pomiarowe i zaplanować kolejne eksperymenty.

1. Wykorzystanie do badań techniki fotografii cyfrowej i jej obróbki, wydają się być poprawne i dają zadowalające rezultaty.

2. Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, iż zjawisko erozji rozbryzkowej ma miejsce również podczas opadów o małym natężeniu. Konieczne będzie ustalenie warunków progowych tego zjawiska.

3. Intensywność lepiej niż wysokość opadu, opisuje erozyjność deszczu. W przyszłości konieczne jest zweryfikowanie istniejących formuł na obliczanie energii kinetycznej deszczu i ich zastosowanie w opisie zjawisk rozbryzgu na obiekcie badawczym.

## PIŚMIENNICTWO

1. **Agassi M., Bradford J.M.:** Methodologies for interrill erosion studies. *Soil & Tillage Research* 49, 277-287, 1999.
2. **Bochet E., Poesen J., Rubio J.L.:** Influence of plant morphology on splash erosion in a Mediterranean matorral. *Z. Geomorph. N.F.* 46, 2, 223-243, 2002.
3. **Ellison W.D.:** Studies of Raindrop Erosion. *Agricultural Engineering*, 25(4), 131-136, 1944.
4. **Froehlich W., Słupik J.:** Importance of splash in erosion process within a small flysch catchment basin. *Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica*, 14, 79-112, 1980.
5. **Gerlach T.:** Bombardująca działalność kropel deszczu i jej znaczenie w przemieszczaniu gleby na stokach. *Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica*, 10, 125-135, 1976.
6. **Grześ M.:** Wstępne wyniki badań nad rolą kropel deszczu w procesie erozji. *Zesz. Nauk. Uniwersytetu M. Kopernika w Toruniu, Nauk. Mat. Przyrodnicze*, 26, Geografia, VIII, 73-80, 1971.
7. **Kinnell P.I.A.:** A discourse on rainfall erosion processes and modelling on hillslopes. *Centre for Australian Regolith Studies. Occasional Papers*, 6, pp. 44, 2000.
8. **Lal R.:** Soil degradation by erosion. *Land Degrad. Develop.* 12, 159-539, 2001.
9. **Mermut A.R., Luk S.H., Römkens M.J.M., Poesen J.:** Soil loss by splash and wash during rainfall from two loess soils. *Geoderma* 75, 203-214, 1997.
10. **Mouzai L., Bouhadeb M.:** Water drop erosivity: effects on soil splash. *Journal of Hydraulic Research*, 41 (1), 61-68, 2003.
11. **Parsons A.J., Abrahams A.D., Simanton J.R.:** Microtopography and soil surface materials on semi-arid piedmont hillslopes, Southern Arizona. *Journal of Arid Environments*, 22, 107-115, 1992.
12. **Parsons A.J., Abrahams A.D., Wainwright J.:** Rainsplash and erosion rates in interrill area on semi-arid grassland, Southern Arizona. *Catena*, 22, 215-226, 1994.
13. **Pietravalle S., van den Bosch F., Welham S.J., Parker S.R., Lovell D.J.:** Modelling of rain splash trajectories and prediction of rain splash height. *Agricultural and Forest Meteorology*, 109, 171-185, 2001.
14. **Poesen J.:** Field measurements of splash erosion to validate a splash transport model. *Z. Geomorph. N.F., Suppl.Bd.*, 58, 81-91, 1986.
15. **Poesen J., Savat J.:** Detachment and transportation of loose sediments by raindrop splash. Part 2: Detachability and transportability measurements. *Catena*, 8, 19-41, 1981.

16. **Poesen J., Torri D.:** The effect of cup size on splash detachment and transport measurements. Part 1: Field measurements. *Catena Supplement*, 12, 113-126, 1988.
17. **Rejman J.:** Zastosowanie wartości progowych opadów w prognozowaniu erozji wodnej na stoku lessowym *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 487, 305-313, 2002.
18. **Rejman J., Michiels P., Cadron W., Gabriels D., Dębicki R.:** Splash detachment on a silt loam soil with and without a plant cover of triticale. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 388, 161-168, 1990.
19. **Salles C., Poesen J., Govers G.:** Statistical and physical analysis of soil detachment by raindrop impact: Rain erosivity indices and threshold energy. *Water Resour. Res.*, 36(9), 2721-2729, 2000.
20. **Savat J., Poesen J.:** Detachment and transportation of loose sediments by raindrop splash. Part 1: The calculation of absolute data on detachability and transportability. *Catena*, 8, 1-17, 1981.
21. **Sharma P.P., Gupta S.C., Foster G.R.:** Predicting soil detachment by raindrops *Soil. Sci. Am. J.*, 57, 674-680, 1993.
22. **Szpikowski J.:** Wzajemne relacje rozbryzgu i splukiwania jako przejaw zmienności erozji wodnej gleb na stokach o zróżnicowanym użytkowaniu rolniczym (Zlewnia Chwalimskiego Potoku, górna Parsęta). *Folia Univ. Agric. Stetin.*, 217, *Agricultura* (87), 221-226, 2001.
23. **Śmietana M.:** Zróżnicowanie rozbryzgu gleby na użytkowanych rolniczo stokach fliszowych. *Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica*, 21, 161-182, 1987.
24. **Torri D., Poesen J.:** The effect of cup size on splash detachment and transport measurements. Part 2: theoretical approach. *Catena Supplement*, 12, 127-137, 1988.
25. **Van Dijk A.I.J.M., Bruijnzeel L.A., Eisma E.H.:** A methodology to study rain splash and wash processes under natural rainfall. *Hydrol. Process.*, 17, 153-167, 2003.

## PRELIMINARY ASSESSMENT OF SPLASH EROSION INTENSITY ON LOESS SOIL

*Szymon Szewrański*

Institute of Environmental Development and Environmental Protection, University of Agriculture  
Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław  
e-mail: sionek@miks.ar.wroc.pl

**Abstract.** The paper presents the preliminary results of splash erosion measurements carried out on a wheat plot located in a severely eroded loess catchment. The "splash cup" technique was applied during the investigation which lasted from April to July 2004. Photometric measurements of canopy cover as well as pluviometric records have been collected. Preliminary data analyses permitted the formulation of general relations between these factors and the splash erosion.

**Key words:** water erosion, splash, splash cups, rainfall intensity, canopy cover, wheat