

**Jolanta Świąchowicz**

*Uniwersytet Jagielloński w Krakowie*

WPLYW CECH DESZCZU NA WYSTĘPOWANIE SPŁUKIWANIA  
NA STOKACH POGÓRSKICH UŻYTKOWANYCH ROLNICZO  
(POGÓRZE WIŚNICKIE)

**Wstęp**

Jednym z głównych czynników wywołujących erozję gleby na stokach użytkowanych rolniczo jest woda deszczowa, a o jej wpływie na procesy erozyjne decyduje częstość występowania deszczu oraz takie jego cechy, jak wielkość opadu, czas trwania i natężenie. Między innymi to od cech deszczu zależy tempo infiltracji i natężenie spływu powierzchniowego, a tym samym występowanie, przebieg oraz efektywność procesów erozyjnych (7-10, 15-24, 27, 31). Opad deszczu jest procesem dynamicznym. Cechuje go zmienność czasowa i zróżnicowanie przestrzenne. Suma opadu zmienia się zarówno w okresach krótkich (np. w ciągu minuty, godziny, doby, miesiąca, roku), jak i w długich okresach wieloletnich. Deszcz nie jest zjawiskiem ciągłym, składa się z wielu faz o różnej wielkości opadu, czasie trwania i natężenia. Odstępów czasowe między poszczególnymi fazami nie są równe. Dlatego stosowano różne kryteria oddzielające poszczególne deszcze od siebie. Najczęściej spotykaną wielkością charakteryzującą warunki opadowe jest suma opadów w danym okresie, a podstawowym parametrem jest dobowa suma opadu. Wielkość opadu na stacjach meteorologicznych mierzy się za pomocą deszczomierza Hellmanna o godz. 7 rano. Doba opadowa trwa od godziny 7 dnia bieżącego do godziny 7 dnia następnego. Ta umowna granica sprawia, że niejednokrotnie opady ciągłe są dzielone i zaliczane do sum opadowych kolejnych dni. Nie określono w sposób jednoznaczny wartości progowej (granicznej) minimalnej przerwy czasowej między kolejnymi deszczami, która pozwoliłaby na wyodrębnienie deszczów pojedynczych. W literaturze polskiej stosowano różne przerwy czasowe – od 20 minut do co najmniej 2 godzin (23, 29, 30, 33). W empirycznym modelu Uniwersalnego Równania Strat Gleby (Universal Soil Loss Equation – USLE) za pojedynczy opad deszczu uznano taki, który od następnego oddzielony jest 6-godzinną przerwą lub z opadem mniejszym od 1,3 mm (1, 2, 32). Każdy pojedynczy deszcz można scharakteryzować za pomocą cech takich, jak: wielkość opadu, czas trwania oraz natężenie i to od nich zależy jego erozyjne oddziaływanie. Cechy te stanowiły podstawę do opracowania przez Chomicza (4) powszechnie w Polsce stosowanej klasyfikacji opadów wyróżniającej deszcze zwykłe, silne, ulewne i nawa-

ne (4). Jeśli deszcz trwa nieprzerwanie od 5 godzin do kilku dni uznawany jest za rozlewny (13). Nie każdy pojedynczy opad jest deszczem erozyjnym, czyli takim, który powoduje spływ powierzchniowy i erozję gleby na stokach. Za najbardziej erozyjne uznaje się deszcze o stosunkowo krótkim czasie trwania i dużej sumie opadu (ulewne i nawalne) oraz deszcze rozlewne. Według S t a r k l a (20, 21) największe spłukiwanie na stokach użytkowanych rolniczo występuje podczas krótkotrwałych lokalnych ulew (o natężeniu  $1-3 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) oraz opadów rozlewnych (150-400 mm w ciągu 2-5 dni).

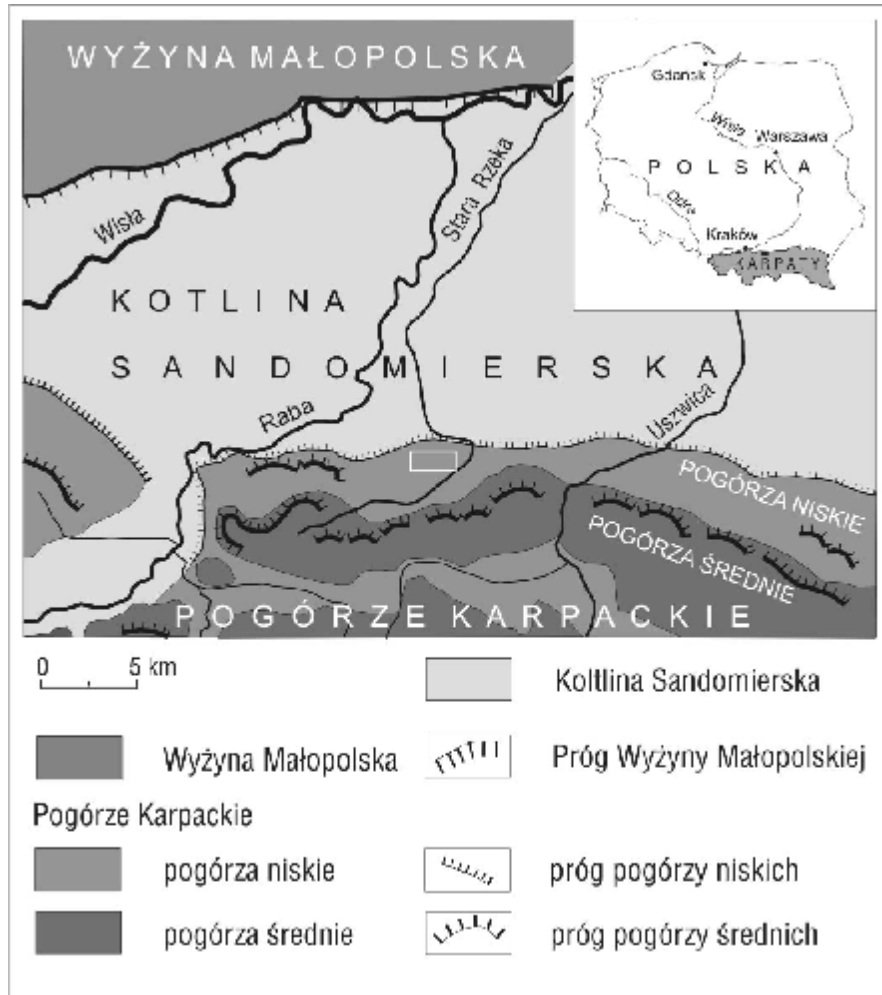
Do deszczy erozyjnych według kryterium USLE (32) zaliczane są deszcze oddzielone od siebie 6-godzinną przerwą lub z opadem mniejszym niż 1,3 mm o warstwie [P] większej lub równej 0,5 cala, co odpowiada 12,7 mm lub mniejszej, jeśli spełniony jest następujący warunek:  $I_{\max} \geq 0,25 \text{ cala} \cdot 15 \text{ min}^{-1}$ , czyli  $I_{\max} \geq 6,3 \text{ mm} \cdot 15 \text{ min}^{-1}$ . Dla tak wyróżnionych deszczów oblicza się erozyjność, czyli sparametryzowaną jego cechę, w postaci iloczynu jego energii kinetycznej i maksymalnego natężenia 30-minutowego (1, 2, 3, 5, 14, 15, 18, 32).

Celem artykułu jest poznanie wpływu cech deszczu na wystąpienie spłukiwania na stokach pogórskich użytkowanych rolniczo. Badania prowadzono w strefie prognozy Pogorza Wiśnickiego, gdzie zlokalizowana jest Stacja Naukowa Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ w Łazach (rys. 1); (23). Obszar charakteryzuje się typem rzeźby pogórzy niskich. Wierzchowiny i stoki pogórskich garbów pokryte są miększymi pokrywami lessopodobnymi, a dna dolin pyłowymi deluwiami i aluwiami (23). Pokrywa glebowa jest mało zróżnicowana. Dominują gleby płowe opadowo-glejowe (*Stagnic Luvisols*) występujące na wierzchowinach. Na stokach w wyniku erozji spowodowanej uprawą gleby te uległy przeobrażeniu w gleby wtórnie brunatne (*Cambic Luvisols*). U podnóży stoków występują gleby brunatne deluwialne, a w dnach dolin gleby gruntowo-glejowe (12). Główne doliny oddzielone są od siebie szerokimi garbami o zaokrąglonych i wyrównanych wierzchowinach. Większość wypukło-wklęsłych stoków przechodzi w szerokie akumulacyjne dna dolin bez wyraźnego załomu. U podnóży stoków występują równiny podstokowe, które są rezultatem akumulacji materiału spłukiwanego ze stoków (23).

Stacjonarne badania spłukiwania prowadzono na stoku doświadczalnym i na poletkach doświadczalnych. Kartowano również skutki ekstremalnych zdarzeń spłukiwania na stokach użytkowanych rolniczo (23, 25, 26, 27). Charakterystykę opadów przeprowadzono na podstawie danych pomiarowych pochodzących ze Stacji Meteorologicznej IGiGP UJ w Łazach.

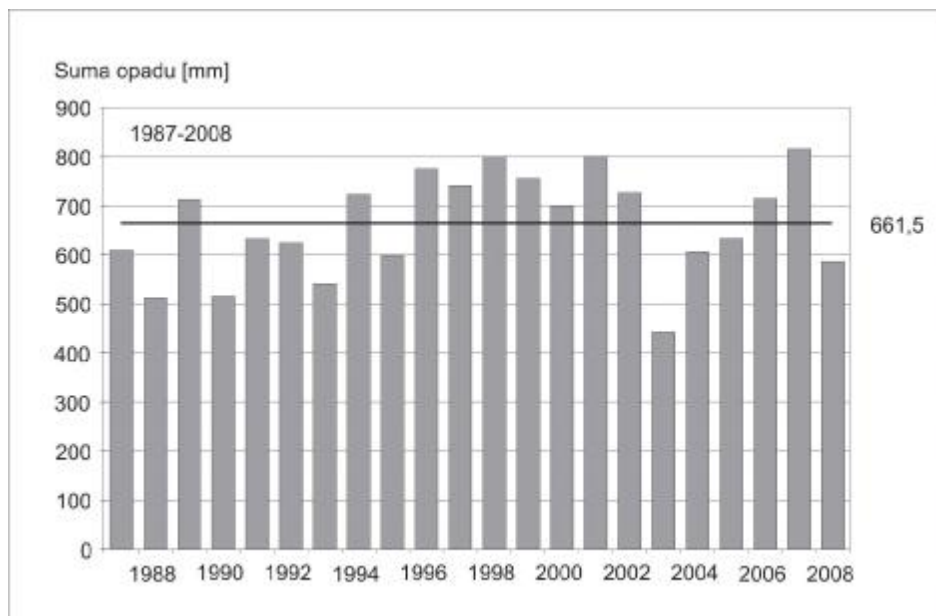
## Wyniki i dyskusja

W okresie badań opady atmosferyczne charakteryzowały się dużą zmiennością zarówno sum dobowych, jak i miesięcznych. Średnia roczna suma opadów w latach hydrologicznych 1987–2008 wynosiła 661,5 mm. W okresie tym najbardziej suchy był rok 2003 z roczną sumą opadów wynoszącą 442,1 mm, która stanowiła zaledwie 66,8% średniej z wielolecia 1987–2008. Według klasyfikacji opracowanej przez Ka-



Rys. 1. Obszar badań

czorowską (11) rok ten był bardzo suchy. Najbardziej wilgotny był rok 2007 z roczną sumą opadów wynoszącą 814,1 mm, co stanowiło 123,1% średniego opadu z wielolecia (rys. 2). Zmienność dobowych, miesięcznych, sezonowych i rocznych sum opadu sprawia, że kolejne lata zwykle różnią się od siebie. W każdym roku występują mniejsze lub większe odchylenia od średnich wieloletnich. W badanym okresie liczba lat z sumami opadu większymi i mniejszymi od tzw. normy (11) była prawie taka sama (tab. 1). Dotychczasowe badania splukiwania wskazują, że liczba zdarzeń nie ma bezpośredniego związku z rocznymi, sezonowymi czy miesięcznymi sumami opadów. Zdarzenia splukiwania rejestrowano zarówno w latach suchych (np. 1990), normalnych (np. 1989, 1991, 2002, 2005, 2006), jak i wilgotnych (np. 1998, 2007), chociaż zdarzył się też rok suchy (2008), w którym zdarzeń splukiwania wywołanych desz-



Rys. 2. Roczne sumy opadów w latach hydrologicznych 1987–2008  
(Stacja Naukowa IGiGP UJ w Łazach k/ Bochni)

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 1

Liczba lat hydrologicznych 1987–2008 według klasyfikacji Kaczorowskiej

Lp.	Typ roku	Kryterium (% średniej rocznej sumy opadów <sup>1</sup> )	Liczba przypadków
1.	Skrajnie suchy	<50	–
2.	Bardzo suchy	50-74	1
3.	Suchy	75-89	4
4.	Normalny	90-110	11
5.	Wilgotny	111-125	6
6.	Bardzo wilgotny	126-150	–
7.	Skrajnie wilgotny	>150	–

<sup>1</sup> – średnia roczna suma opadów z wielolecia 1987–2008 wynosiła 661,5 mm

Źródło: opracowanie własne wg Kaczorowskiej, 1962 (11).

czem nie odnotowano w ogóle (23, 27). W okresach badań zdarzenia spłukiwania miały miejsce zarówno w miesiącach, w których stwierdzono opady duże, jak i małe.

Brak jednoznacznych zależności związany jest przede wszystkim z tym, że na miesięczną sumę opadów składają się sumy pojedynczych deszczów, a tylko nieliczne z nich mają status erozyjnych, czyli takich, które faktycznie wywołują spływ powierzchniowy i spłukiwanie. Transformacja opadu w odpływ i spłukiwanie na stoku jest procesem złożonym, uwarunkowanym zarówno przez czynniki zewnętrzne (wielkość opadu

i jego natężenie), jak i wewnętrzne (np. nachylenie i kształt stoku, skład granulometryczny gleby, wilgotność gleby w chwili wystąpienia deszczu, rodzaj i stadium wzrostu okrywy roślinnej, sposób uprawy). Równoczesne wystąpienie niektórych cech tych czynników wzmacnia erozyjne działanie deszczu. Zdarza się, że silne deszcze powodują niewielką erozję gleby, jeśli wystąpią w pełni sezonu wegetacyjnego. Odwrotnie, na początku sezonu wegetacyjnego, kiedy pola przygotowywane są pod zasiewy lub rośliny znajdują się w początkowej fazie wzrostu ich destrukcyjne działanie jest bardzo duże (7, 9, 17, 23, 24, 25, 26).

Wpływ samych cech deszczu, takich jak: wielkość opadu, czas trwania i natężenie nie zawsze jest łatwy do zinterpretowania przy typowaniu jego erozyjnego wpływu. Jedną z propozycji jest podział deszczów zaproponowany przez Chomicza (4) i dokonany na podstawie natężenia opadu, które jest pochodną jego wielkości i czasu trwania. Zwykle deszcze ulewne i nawalne uznaje się za potencjalnie erozyjne (20, 21, 27). Inne kryterium zastosowano w empirycznym modelu USLE, gdzie za deszcz erozyjny uznaje się deszcz o warstwie opadu  $\geq 12,7$  mm oddzielony od poprzedniego przerwą co najmniej 6-godzinną.

W Łazach w latach 1987–2008 w półroczu letnim (V-X) wyróżniono 199 deszczów spełniających kryterium USLE, z tego prawie wszystkie (196) były większe lub równe 12,7 mm, a tylko trzy deszcze charakteryzowały się opadem mniejszym, ale natężeniem przekraczającym 6,35 mm w ciągu 15 minut. Liczba deszczów erozyjnych była zróżnicowana i wahała się od 3 (1993, 2003) do 15 (1997, 2001) – średnio 9 w ciągu roku (tab. 2). Liczba deszczów erozyjnych powyżej średniej części występowała w latach wilgotnych, natomiast najmniejszą ich liczbą charakteryzowały się

Tabela 2

Charakterystyka deszczów w latach hydrologicznych 1987–2008  
(Stacja Naukowa IGiGP UJ w Łazach)

Charakterystyki	1987–2008			
	min.	max.	śred.	
Roczna suma opadów (mm)	442,1	814,1	661,5	
Suma opadów (mm) półroczu letniego (V-X)	296,9	587,6	453,7	
Dobowa suma opadów (mm) półroczu letniego	0,1	83,4		
Erozyjność pojedynczego deszczu ( $\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) w półroczu letnim (V-X)	2,3	3355,4	89,6	
Maksymalne natężenie 30-minutowe deszczu ( $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ) w półroczu letnim (V-X)	0,18	147,2		
Liczba dni z deszczem ( $\geq 0,1$ ) w półroczu letnim (V-X)	43,0	82,0	66,9	
Roczna liczba deszczów erozyjnych w półroczu letnim (V-X)	3,0	15,0	9,0	
Roczna liczba deszczów o erozyjności ( $\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ )	powyżej 50	0,0	9,0	3,5
	powyżej 100	0,0	6,0	2,0
	powyżej 200	0,0	2,0	0,8
	powyżej 500	0,0	1,0	0,2
	powyżej 1000	0,0	1,0	0,1

Źródło: opracowanie własne.

lata bardzo suche i suche. Najwięcej deszczów erozyjnych miało miejsce w miesiącach lipcu i czerwcu, najmniej w październiku. Wartość wskaźnika erozyjności poszczególnych deszczów zmieniała się w bardzo szerokim zakresie i wynosiła od 2,3 do 3355,4 MJ · mm · ha<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup> (tab. 2).

Potencjalnie tylko te deszcze powinny być erozyjne i każdy z nich powinien wywołać spłukiwanie na stoku. Jednak stacjonarne badania terenowe nie zawsze potwierdzają tę prawidłowość. Na przykład w latach 2007–2008 na poletkach spełniających standardy modelu USLE (28) liczba deszczów erozyjnych i zdarzeń spłukiwania była różna (tab. 3). Nie wszystkie wyróżnione deszcze erozyjne wywołały spłukiwanie. Dotyczyło to dwóch opadów w październiku 2007 r. (rok wilgotny), których wydajność przekraczała 12,7 mm, ale erozyjność była bardzo niska. Równocześnie w tym samym roku, w czerwcu, lipcu i sierpniu miało miejsce 7 przypadków spłukiwania, które były spowodowane przez deszcze niespełniające kryterium deszczu erozyjnego według USLE (w warstwie opadu mniejszej niż 12,7 mm); (tab. 3). W suchym roku 2008 wyróżniono 7 potencjalnie erozyjnych deszczów, ale żaden z nich nie wywołał

Tabela 3

Liczba deszczów erozyjnych wg kryterium USLE oraz liczba wywołanych przez nie zdarzeń spłukiwania w latach hydrologicznych 2007–2008 (czarny ugór)

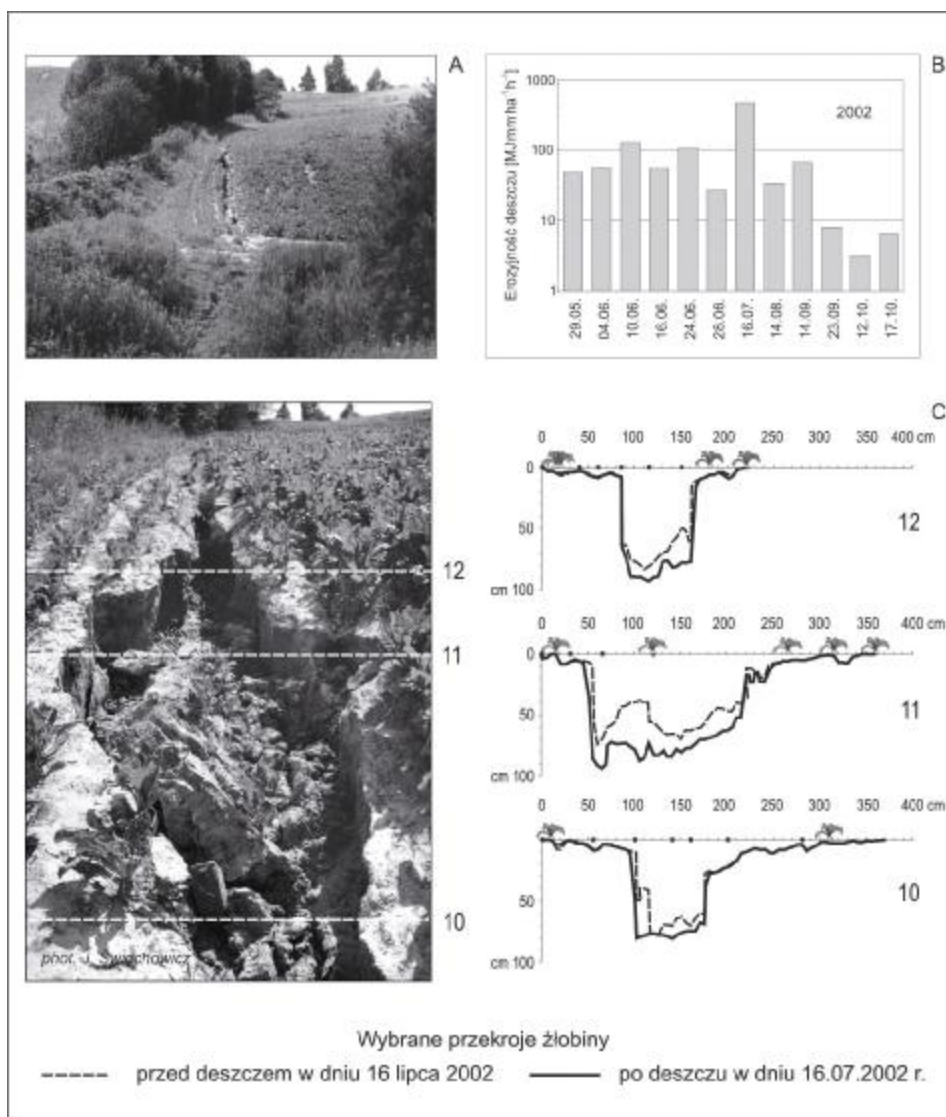
Rok	Kategoria	Miesiące						V-X
		V	VI	VII	VIII	IX	X	
2007	Liczba deszczów erozyjnych wg kryterium USLE	1	1	1	1	2	2	8
	Erozyjność deszczów (MJ·mm · ha <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	125,6	233,3	226,8	112,6	382,6	26,1	1107,0
	Liczba zdarzeń spłukiwania	1	1	1	1	2	0	6
	Masa zmytej gleby (kg ha <sup>-1</sup> )	417,2	13594,3	19432,4	3509,5	1989,3	0	38942,7
	(%)	0,9	28,7	41,1	7,4	4,2	0	82,3
	Liczba deszczów niespełniających kryterium USLE, które wywołały spłukiwanie	0	4	2	1	0	0	7
	Erozyjność deszczów (MJ·mm · ha <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	0	120,9	12,2	41,3	0	0	174,4
Masa zmytej gleby (kg ha <sup>-1</sup> )	0	6844,1	185,2	1367,7	0	0	8397,0	
(%)	0	14,4	0,4	2,9	0	0	17,7	
2008	Liczba deszczów erozyjnych wg kryterium USLE	0	0	3	1	2	1	7
	Erozyjność deszczów (MJ·mm · ha <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	0	0	202,3	6,8	11,7	11,3	232,1
	Liczba zdarzeń spłukiwania	0	0	0	0	0	0	0
	Liczba deszczów nieerozyjnych, które wywołały spłukiwanie	0	0	0	0	0	0	0

<sup>1</sup> – średnia roczna suma opadów z wielolecia 1987–2008 wynosiła 661,5 mm  
Źródło: opracowanie własne.

erozji gleby na poletkach doświadczalnych (tab. 3). Spływ i splukiwanie wywołane były przez deszcze o zróżnicowanej erozyjności, ale prawie zawsze spowodowane były przez te, których maksymalne natężenie 30-minutowe przekraczało  $15 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$  (25). Masa zerodowanej gleby z poletka z czarnym ugiem podczas deszczów erozyjnych stanowiła 82,3%, a podczas opadów niespełniających kryterium USLE 17,7% całkowitej masy gleby zmytej w ciągu roku (tab. 3). Liczba zdarzeń erozyjnych spowodowanych przez deszcze niespełniające kryterium USLE była nieznacznie większa, ale ich oddziaływanie geomorficzne zdecydowanie mniejsze.

Zmyw gleby podczas wszystkich przypadków splukiwania był słabo skorelowany z wydajnością deszczu. Znacznie lepiej korelował z czynnikiem erozyjności  $EI_{30}$  (27). Najwyższe wartości splukiwania odnotowano 2 czerwca i 9 lipca 2007 r., podczas deszczów o najwyższej erozyjności przekraczającej  $200 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . Były to stosunkowo krótkotrwałe opady, ale o dużym maksymalnym natężeniu 30-minutowym, wynoszącym odpowiednio 23,2 i 27,1  $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Stosunkowo niewielki zmyw gleby odnotowano w dwóch przypadkach we wrześniu, które spowodowane były opadami o czynniku erozyjności bliskim  $200 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . Były to jednak opady długotrwałe o dużej wydajności, ale zdecydowanie mniejszych wartościach natężeniach (tab. 3).

Wystąpienie deszczów erozyjnych ( $\geq 12,7 \text{ mm}$ ) na początku sezonu wegetacyjnego (koniec kwietnia-maj) prowadzi zwykle do rozwoju erozji żłobinowej. Powstałe wtedy formy na ogół funkcjonują przez cały sezon wegetacyjny i podczas kolejnych opadów deszczu są pogłębiane i poszerzane, a na skutek procesów erozji wstecznej zwiększa się ich długość. Takie zdarzenia wystąpiły między innymi w roku 2002, w którym roczna suma opadów (725,4 mm) znacznie przewyższała średnią z wielolecia 1987–2008 (rys. 2). Erozja żłobinowa zdarzyła się pod koniec maja na polu z uprawą buraka cukrowego. Podczas kolejnych deszczów erozyjnych rozcięcie ulegało pogłębianiu i poszerzaniu. Łączna erozyjność tych 6 deszczów wyniosła  $422,3 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ; objętość żłobiny na całej długości stoku osiągnęła  $33,7 \text{ m}^3$ , a jej maksymalna głębokość 68 cm (rys. 3). Po kolejnym deszczu, o wyjątkowo dużej erozyjności ( $473,1 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ), który wystąpił 16 lipca 2002 r. objętość żłobiny wzrosła zaledwie o  $5,1 \text{ m}^3$ , a jej maksymalna głębokość osiągnęła 120 cm. Największe przeobrażenia miały miejsce na długości około 30 m. Relatywnie niewielka skuteczność tego deszczu mimo dużej erozyjności spowodowana była gęstą okrywą roślin, która utrudniała skoncentrowany spływ wody. Pogłębianie rozcięcia hamowane było również przez występujący w glebie i bardziej odporny na erozję poziom Bt. Rozwój rozcięcia podczas tego opadu polegał głównie na jego poszerzaniu i pogłębianiu przez erozję wsteczną i nie był już tak szkodliwy, jak na początku sezonu wegetacyjnego (rys. 3).



Rys. 3. Zlewnia Dworskiego Potoku – formy erozyjne na polu buraczanym zarejestrowane w roku 2002 (fot. J. Święchowicz)

A – skutki splukiwania na polu z burakami

B – erozyjność deszczów w 2002 r.

C – wybrane profile poprzeczne bruzdy erozyjnej (profile 10-12) po deszczu 16 lipca 2002 roku (fot. J. Święchowicz)



### Podsumowanie

Przeprowadzone badania wskazują na dużą zmienność (miesięczną, sezonową, roczną, wieloletnią) występowania deszczów potencjalnie erozyjnych. Ich liczba zależy od przyjętego kryterium wyróżniania. Najprostszym i jednoznacznie rozstrzygającym kryterium podziału deszczów na erozyjne i nieerozyjne jest empiryczne stwierdzenie, który deszcz i o jakich cechach wywołał erozję. Wymaga to jednak prowadzenia wieloletnich stacjonarnych pomiarów terenowych na znormalizowanych polkach doświadczalnych w różnych regionach i na różnych rodzajach użytków. Badania te są zwykle pracochłonne, czasochłonne i kosztochłonne. Dlatego w Karpatach istnieje zaledwie kilka lokalizacji, w których prowadzone były badania spłukiwania, a w skali pojedynczych zdarzeń tylko na Stacji Naukowo-Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku oraz na Stacji Naukowej IGiGP UJ w Łazach. Zwykle były to krótkie kilkuletnie serie pomiarowe, z wyjątkiem Stacji Naukowo-Badawczej w Szymbarku k. Gorlic, która dysponuje unikatową – w skali nie tylko Karpat – serią pomiarową spłukiwania, które rozpoczęto w 1968 r.

Tylko wieloletnie badania stacjonarne pozwalają na ilościowe wyznaczenie wartości progowych cech (np. natężenia, wydajności, erozyjności) deszczu, po przekroczeniu których deszcz otrzymuje status deszczu erozyjnego. Są to jednak wartości względne, bo zależą od przyjętego kryterium wydzielenia oraz długości i specyfiki okresu badań. Równocześnie oddziaływanie deszczów erozyjnych jest zróżnicowane i zależy od cech obszaru, o których decydują między innymi: rzeźba terenu, skład granulometryczny gleby, rodzaj użytkowania ziemi i sposób uprawy roślin.

Największą rolę w transformacji stoków odgrywają deszcze, które powszechnie powodują spłukiwanie w całym profilu podłużnym niektórych bądź wszystkich stoków w zlewni. Wtedy materiał spłukiwany ze stoków akumulowany jest u ich podnóża w obrębie równin podstokowych lub w dnie doliny w postaci stożków deluwialnych, co prowadzi do obniżenia powierzchni stoków, zmiany ich kształtu oraz nadbudowywania i poszerzenia dna doliny.

### Literatura

1. B a n a s i k K., G ó r s k i D.: Wyznaczanie erozyjności deszczu do uniwersalnego równania strat glebowych. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Melioracja, 1990, **34**: 103-109.
2. B a n a s i k K., G ó r s k i D.: Evaluation of rainfall erosivity for east Poland. W: K. Banasik, A. Żbikowski (red.) Runoff and sediment yield modelling. Warszawa: Agricultural University Press, 1993, 129-134.
3. B a r y ł a A.: Erozyjność deszczu w rejonie Puczniewa. Prz. Nauk. Inżynierii i Kształtowania Środowiska, 2004, **13**, **2(29)**: 48-54.
4. C h o m i c z K.: Ulewy i deszcze nawalne w Polsce. Wiad. Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej, 1951, **3**: 5-88.
5. D e m c z u k P.: Wpływ erozyjności deszczu na wielkość erozji gleb w zlewni Bystrzanki w latach 1969–1993. W: W. Bochenek, M. Kijowska (red.) Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce. Szymbark, Bibl. Monit. Środ., 2009, 231-238.
6. D r u ż k o w s k i M.: Współczesna dynamika, funkcjonowanie i przemiany krajobrazu Pogórza Karpackiego. Kraków: Instytut Botaniki UJ, 1998, 1-285.

7. Gil E.: Obieg wody i splukiwanie na fliszowych stokach użytkowanych rolniczo w latach 1980–1990. Zesz. IGiPZ PAN, 1999, **60**: 1-78.
8. Gil E.: Ekstremalne wartości splukiwania gleby na stokach użytkowanych rolniczo w Karpatach Fliszowych. W: W. Bochenek, M. Kijowska (red.) Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce. Szymbark, Bibl. Monit. Środ., 2009, 191-218.
9. Gil E., Starkel L.: Long-term extreme rainfalls and their role in the modeling of the flysch slopes. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 1979, **13**: 207-220.
10. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Erozja agroekosystemów. Warszawa: Bibl. Monit. Środ., 1995, 1-168.
11. Kaczorowska Z.: Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Pr. Geogr. IGPAN, 1962, **33**: 1-112.
12. Klimek M.: Charakterystyka pokrywy glebowej eksperymentalnej zlewni Dworskiego Potoku (Pogórze Wielickie). W: L. Kaszowski (red.). Struktura i funkcjonowanie środowiska przyrodniczego Progu Karpat. Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr., 1995, **100**: 99-111.
13. Lambor J.: Hydrologia inżynierska. Warszawa, Arkady, 1971.
14. Licznar P., Rojek M.: Erozyjność deszczy Polski południowo-zachodniej na przykładzie stacji Wrocław-Swojec. Pr. Nauk. SGGW, 2002, **11(2)**: 5-14.
15. Rejman J.: Wpływ erozji wodnej i uprawowej na przekształcenie gleb i stoków lessowych. Instytut Agrofizyki PAN, *Acta Agrophysica*, 2006, **136(3)**: 1-106.
16. Rodzik J., Janicki G., Zagórski P., Zgłobicki W.: Deszcze nawalne na Wyżynie Lubelskiej i ich wpływ na rzeźbę obszarów lessowych. W: L. Starkel (red.). Geomorfologiczny i sedimentologiczny zapis lokalnych ulew. Dokumentacja Geograficzna, 1998, **11**: 45-68.
17. Słupik J.: Zróżnicowanie spływu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich. Dokumentacja Geograficzna, 1973, **2**: 1-118.
18. Smolska E.: Erozja powierzchniowa gleb na Pojezierzu Suwalskim i niektóre jej uwarunkowania klimatyczno-topograficzne. Pr. Nauk., SGGW Warszawa, 2003, 12, **1(26)**: 12-23.
19. Smolska E.: Rola opadów ekstremalnych w denudacji stoków młodoglacjalnych na przykładzie Pojezierza Suwalskiego. W: W. Florek (red.) Rola procesów ekstremalnych w kształtowaniu rzeźby. Poznań: Landform Analysis, 2008, **8**: 69-72.
20. Starkel L.: Rola zjawisk ekstremalnych i procesów sekularnych w ewolucji rzeźby (na przykładzie fliszowych Karpat). *Czasopismo Geograficzne*, 1986, **57(2)**: 203-213.
21. Starkel L.: Geomorphic role of extreme rainfalls in the Polish Carpathians. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 1996, **30**: 21-38.
22. Starkel L. (red.): Rola gwałtownych ulew w ewolucji rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy w dniu 15 września 1995 roku). Dokumentacja Geograficzna IG PAN, 1997, **8**: 93-94.
23. Świąchowicz J.: Współdziałanie procesów stokowych i fluwialnych w odprowadzaniu materiału rozpuszczonego i zawiesiny ze zlewni pogórskiej. Kraków, Instytut Geografii UJ, 2002, 1-150.
24. Świąchowicz J.: Wpływ splukiwania, sufozji i procesów eolicznych na współczesną ewolucję stoków Karpat fliszowych. W: L. Starkel, A. Kotarba, A. Kostrzewski, K. Krzemień (red.) Współczesne przemiany rzeźby Polski. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, 2008a, 80-94.
25. Świąchowicz J.: The frequency of slope wash in a small agricultural catchment (Wiśnicz Foothills, Poland). *Questiones Geographicae*, Poznań, 2008b, **27A(2)**: 105-113.
26. Świąchowicz J.: Geomorfologiczne i ekonomiczne skutki deszczu nawalnego z dnia 17 czerwca 2006 r. na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego UJ w Łazach (Pogórze Wiśnickie) W: W. Bochenek, M. Kijowska (red.) Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce. Szymbark, Bibl. Monit. Środ., 2009, 219-230.
27. Świąchowicz J.: Ekstremalne splukiwanie i erozja liniowa na stokach użytkowanych rolniczo w Polskich Karpatach fliszowych. Pr. *Studia Geogr.*, 2010a, **45** (w druku).

28. Ś w i ę c h o w i c z J.: Splukiwanie gleby na użytkowanych rolniczo stokach pogórskich w latach hydrologicznych 2007–2008 w Łazach (Pogórze Wiśnickie). Pr. *Studia Geogr.*, 2010b, **45** (w druku).
29. T a r a n o w s k i M.: Zarys stosunków opadowych w Wilnie (1918–1937). Biuletyn Obserwatorium Astronomicznego w Wilnie. II. *Meteorologia*, 1937, **13**.
30. T r y b o w s k i Cz.: O stosunkach opadowych w Rabce w latach 1934–1952. *Wiad. Służby Hydrol.*, 1955, **3(5)**.
31. T e i s e y r e A. K.: Epizodyczne koryta a rozwój suchych dolin w krajobrazie rolniczym. Wrocław, *Prace Geologiczno-Mineralogiczne*, 1992, **31**: 1-69.
32. W i s c h m e i e r W. H., S m i t h D. D.: Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. Washington DC, *Agricultural Handbook*, U.S. Department of Agriculture, 1978, **537**: 1-58.
33. W i t - J ó ź w i k K.: Analiza deszczów w Szymbarku w latach 1969–1973 (w okresie od maja do września). *Dokumentacja Geograficzna*, 1977, **6**: 23-67.

Adres do korespondencji:

*dr Jolanta Święchowicz*  
*Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej*  
*Uniwersytet Jagielloński*  
*ul. Gronostajowa 7*  
*30-387 Kraków*  
*tel.: (12) 664-52-72*  
*e-mail: j.swiechowicz@geo.uj.edu.pl*

*Praca naukowa finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego ze środków na naukę w latach 2008–2010 jako projekt badawczy nr NN 306 048334.*

