

Wpłynęło 04.11.2015 r.
Zrecenzowano 23.06.2016 r.
Zaakceptowano 20.10.2016 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

OKREŚLENIE EROZJI WODNEJ GLEB W ZLEWNI I ILOŚCI TRANSPORTOWANEJ ZAWIESINY W WODACH POTOKU ŚCIEKLEC

Agnieszka KOWALCZYK^{ABCDEF}, Sylwester SMOROŃ^{ABCDEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Małopolski Ośrodek Badawczy w Krakowie

Streszczenie

W zlewni potoku Ścieklec, będącego lewostronnym dopływem rzeki Szreniawy, określano zawartość materiału glebowego erodowanego w formie zawiesiny ogólnej. Scharakteryzowano rodzaj pokrywy glebowej, sposób użytkowania ziemi, spadki terenu, intensywność opadów atmosferycznych oraz obliczono wartość erozji wodnej. W tym celu w okresie 2013–2015 mierzono zawartości zawiesiny ogólnej, a także (w latach 2014–2015) przepływów w wodzie potoku Ścieklec.

Przedstawiono związek pomiędzy przepływem a wartością miesięcznych ładunków zawiesiny ogólnej. W okresie wegetacji 2014 r. suma ładunku zawiesiny ogólnej wynosiła $10,26 \text{ Mg}\cdot\text{km}^{-2}$, natomiast w 2015 r. była o ponad połowę mniejsza i wynosiła $6,15 \text{ Mg}\cdot\text{km}^{-2}$. W wodzie rozpatrywanego potoku podczas większych przepływów notowano wyraźne zwiększenie zawartości zawiesiny ogólnej.

W pracy obliczono również masę erodowanego materiału glebowego metodą USLE wg Wischmeiera i Smitha. Zgodnie z uzyskanym wynikiem badań teren zlewni Ścieklca jest zagrożony erozją stopnia II – erozja słaba, a niektóre rejon z uprawą kukurydzy erozją stopnia III – erozja umiarkowana (wg klasyfikacji Zachara).

Słowa kluczowe: erozja glebowa, Płaskowyż Proszowicki, potok Ścieklec, równanie strat glebowych USLE

WSTĘP

Badania prowadzono w zlewni cząstkowej potoku Ścieklec, będącego lewostronnym dopływem rzeki Szreniawy, która płynie przez tereny powiatów: proszowickiego, miechowskiego, krakowskiego i olkuskiego. W strukturze użytków rolnych zlewni cząstkowej Ścieklca, w której prowadzono szczegółowe badania,

Do cytowania For citation: Kowalczyk A., Smoroń S. 2016. Określenie erozji wodnej gleb w zlewni i ilości transportowanej zawiesiny w wodach potoku Ścieklec. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 16. Z. 4 (56) s. 43–55.

stwierdzono tendencję wzrostową powierzchni gruntów ornych. W aspekcie ochrony gleby przed erozją wodną jest to bardzo niekorzystne zjawisko [SMOROŃ 2012; 2013].

Podstawowym problemem na tych terenach, położonych na glebach lessowych i lessopodobnych, jest agrotechnika, w której stosuje się głównie mechaniczną uprawę gleby. Stymuluje ona procesy erozji wodnej tych pofałdowanych terenów, przyczyniając się tym samym do zagrożenia środowiska wodno-glebowego. Wynika to z przenikania zawiesiny glebowej do wód powierzchniowych, co najczęściej wiąże się ze wzbogacaniem ich w składniki mineralne. Stanowi to jeden z czynników eutrofizacji wód powierzchniowych [SMOROŃ, KOWALCZYK 2012].

Dotychczas na tym lessowym obszarze praktycznie nie prowadzono badań nad ilością masy erodowanego materiału z obszarów użytkowanych rolniczo. Rolnictwo, które oparte jest tu na płuźnej uprawie gleby, stanowi w terenach Płaskowyżu Proszowickiego najważniejszy czynnik denudacji zboczy.

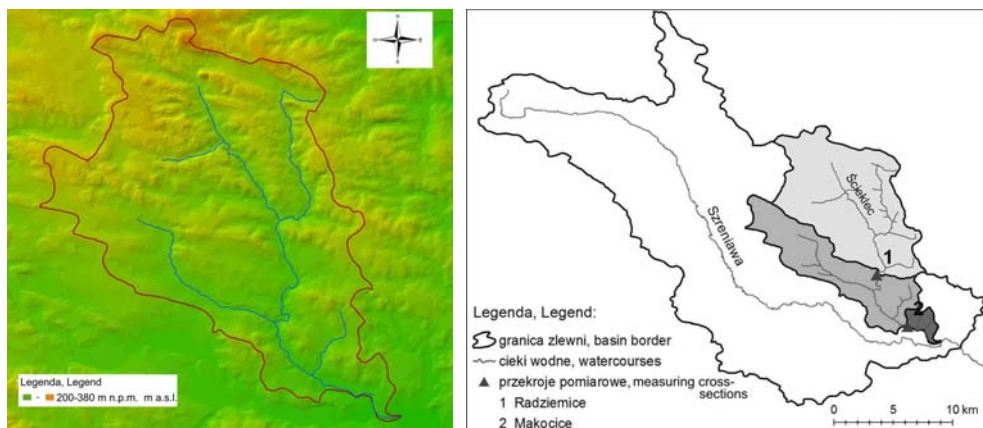
W wyniku erozji wodnej następuje dodatkowe przemieszczanie się wraz z zawiesiną glebową składników nawozowych do środowiska wodnego, powodując jego zanieczyszczenie [FATYGA 1978; GLIŃSKI, PRZESMYCKI, 2011; HAYGARTH, JARVIS 1999; KOĆMIT i in. 2006; KUŹNIAR i in. 2014; PORĘBA i in. 2014]. Przyjmuje się, że na stokach o nachyleniu 5–10° następuje erozja 1 mm warstwy glebowej rocznie, w wyniku której straty fosforu i azotu wynoszą odpowiednio 10 kg P i 10–20 kg N·ha⁻¹ [HAYGARTH, JARVIS 1999]. Przeprowadzone przez CABAJA i CIUPE [2001] badania skutków powodzi w miejscowości Pałecznicza (25 kwietnia 2000 r.), leżącej w zlewni Szreniawy, wykazały, że intensywne opady na terenach lessowych doprowadzają do znacznej erozji wodnej, czego następstwem w tym przypadku było obniżenie powierzchni mikrozlewni o ok. 3 mm. Wykazali oni również, że trwałe użytki zielone należą do sposobów użytkowania ziemi, które najlepiej chronią glebę przed erozją, co potwierdzają także JÓZEFACIUK i JÓZEFACIUK [1992] ORAZ WĘŻYK i in. [2012].

Celem badań było oszacowanie masy erodowanego materiału glebowego na obszarze zlewni potoku Ścieklec, określonej zarówno wielkością zawiesiny ogólnej w wodach powierzchniowych, jak i ilością zmywanej gleby z różnie uprawianych pól.

METODA BADAŃ

Zlewnia rzeki Szreniawy została podzielona na pięć zlewni cząstkowych, przy czym do szczegółowych badań wybrano zlewnię potoku Ścieklec. Jej powierzchnia wynosi 154 km². Potok ten jest największym lewostronnym dopływem Szreniawy (ujście w Proszowicach).

Próbki wody niosącej erodowany materiał glebowy pobierano w dwóch punktach pomiarowych i określono w niej ilość zawiesiny ogólnej (rys. 1).



Rys. 1. Mapa wysokościowa zlewni oraz obszar badań z zaznaczonymi punktami pobierania próbek zawiesiny; źródło: opracowanie własne

Fig. 1. An elevation map and the study area with marked points for sampling of suspended solids; source: own elaboration

Scharakteryzowano również rodzaj pokrywy glebowej zlewni Ścieklca, przeanalizowano użytkowanie ziemi oraz obliczono, wykorzystując program USLE, ilość erodowanego materiału glebowego z wybranych upraw polowych. W tym celu prowadzono bieżący monitoring zawartości zawiesiny ogólnej w wodach potoku odpływającego ze zlewni Ścieklca. Był on prowadzony przez dwa lata, od kwietnia 2014 r. do października 2015 r., próbki pobierano raz w miesiącu.

Badania realizowane były zgodnie z ustaloną metodyką, próbki wody pobierano w trzech powtórzeniach. Analizowano je w laboratorium Małopolskiego Ośrodka Badawczego ITP w Krakowie ogólnie przyjętymi metodami, zgodnie z normą PN-EN 872:2007/Ap1. Terminy pobierania próbek do analiz zawartości zawiesiny ustalano w ten sposób, aby były najbardziej reprezentatywne dla różnych stanów wód – od niskich po bardzo wysokie. W tym celu korzystano z danych zawartych w biuletynie hydrologicznym IMiGW oraz prognoz pogody, co pozwalało przewidzieć ewentualną zmienność opadową, a tym samym hydrologiczną na omawianym obszarze.

Punkt nr 1 – Radziemice – charakteryzował ilość zawiesiny ogólnej niesionej z fragmentu zlewni Ścieklca o powierzchni 95,85 km², nr 2 – Makocice – z powierzchni 149,05 km² (rys. 1). W punkcie nr 1 wykonano dodatkowo pomiary przepływu z zastosowaniem młynka hydrometrycznego (rejestrator R1 OTT), których wyniki zostały wykorzystane do obliczenia zawartości zawiesiny ogólnej w chwili pobierania próbek wody. Stosując tę metodę, określa się prędkość przepływu w poszczególnych punktach pionu pomiarowego, w wyniku czego otrzymuje się obraz rozkładu prędkości przepływu wody.

Wykorzystano również dane monitoringowe udostępnione przez PIOŚ Kraków, obejmujące zawartość zawiesiny ogólnej w punkcie pomiarowym nr 2 (Makocice). Badania te były prowadzone w latach 2013 i 2014 wg metodyki stosowanej w Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska.

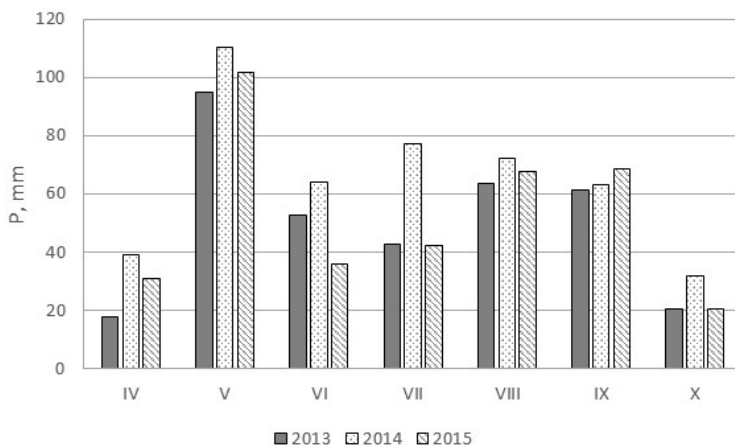
Gleby w tym rejonie zostały wytworzone z lessów położonych na wapieniach jurajskich i marglach kredowych, podatnych na erozję wodną. Przeważają na tym terenie gleby brunatne (właściwe), płowe oraz czarnoziemy wytworzone z lessów. Należą one do kompleksu pszennego bardzo dobrego i dobrego. Również warunki agroekologiczne do produkcji rolniczej należą do dobrych i bardzo dobrych. Procentowo niewielki udział stanowią tu także rędziny różnych formacji geologicznych, zaliczone do kompleksu pszennego wadliwego i silnie degradowane przez zmywy powierzchniowe. Występują również gleby biellicowe najczęściej niewykorzystywane rolniczo, powstałe na podłożu piasków czwartorzędowych. Urodzajność tych gleb jest zróżnicowana – najżyźniejsze, wykształcone na lessach są bogate w składniki mineralne, a także w próchnicę. Gleby biellicowe występujące w dolinach rzek, które powstały na piaskach, należą do suchych i przewiewnych, mało zasobnych w próchnicę oraz słabo wydajnych.

W zlewni Szreniawy dominują głównie intensywne użytki rolne, zajmujące 83,5%, nieużytki – 10,5%, a lasy niespełna – 6% powierzchni całkowitej [SMOROŃ i in. 2009]. Użytkowanie ziemi w zlewni Ścieklca na charakter typowo rolniczy. Grunty orne w strukturze użytków rolnych stanowią 93%, a trwałe użytki zielone tylko 6%. Dominuje tu uprawa zbóż, która zajmuje 60%, w mniejszym stopniu ziemniaków i warzyw (ok. 20%) oraz buraków cukrowych i rzepaku (ok. 20%) powierzchni gruntów ornych. Omawiany obszar charakteryzuje się łagodnymi spadkami terenu, nieprzekraczającymi najczęściej 9° [SMOROŃ 2012; 2013].

Podstawowe wartości parametrów meteorologicznych niezbędnych do obliczenia masy erodowanej gleby na obszarze zlewni Ścieklca pozyskano z automatycznej stacji meteorologicznej Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach zlokalizowanej w Proszowicach/Opatkowicach (o współrzędnych geograficznych 50.210664N, 20.286427E, na wysokości 212 m n.p.m.). Wykorzystano dane charakteryzujące roczną ilość opadu atmosferycznego za lata 2013, 2014 i 2015, którego suma w okresie wegetacji od kwietnia do października wynosiła w 2013 r. 353,6 mm, w 2014 r. – 457,6 mm, a w 2015 r. – 367,5 mm (rys. 2).

Na podstawie zróżnicowania ilości zmywanej gleby z jednostki powierzchni zlewni określono stopień erozji gleb omawianego rejonu (według klasyfikacji przedstawionej w tabeli 1).

W celu określenia strat masy glebowej w wyniku erozji wykorzystano równanie USLE wg WISCHMEIERA i SMITHA [1978], które zostało opracowane na podstawie wieloletnich badań eksperymentalnych prowadzonych w warunkach naturalnych, a także z zastosowaniem symulantów deszczu w terenie i w laboratoriach [BANASIK, GÓRSKI 1992]. Równanie to ma postać:



Rys. 2. Opad atmosferyczny w latach 2013, 2014, 2015, dla miesięcy IV–X; źródło: opracowanie własne na podstawie danych ze stacji automatycznej ITP Proszowice/Opatkowice

Fig. 2. Precipitation in the years 2013, 2014, 2015, for months IV–X; source: own elaboration based on data from the automated station ITP Proszowice/Opatkowice

Tabela 1. Klasyfikacja erozji wodnej

Table 1. Classification of water erosion

Stopień erozji Degree of erosion	Określenie erozji Erosion description	Ilość zmytej gleby, $\text{Mg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ Amount of soil loss, $\text{Mg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$
I	nie występuje lub jest nieznaczna not occurs or negligible	<25
II	słaba weak	25–250
III	umiarkowana moderate	250–700
IV	średnia medium	700–2500
V	silna strong	2500–10000
VI	katastrofalna catastrophic	>10000

Źródło: ZACHAR [1982], zmodyfikowane. Source: ZACHAR [1982], modified.

$$E = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

gdzie:

E = średnia z wielolecia roczna masa erodowanej gleby z jednostki powierzchni, $\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$;

R = średnia roczna erozyjność deszczy i spływów, $\text{Je}^* \cdot \text{rok}^{-1}$ (Je^* = jednostka erodowanej gleby);

K = podatność gleb na erozję, $\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{Je}^{-1}$;

L = bezwymiarowy współczynnik długości zbocza;

S = bezwymiarowy współczynnik spadku zbocza;

C = bezwymiarowy współczynnik rodzaju upraw i sposobu użytkowania terenu;
 P = bezwymiarowy współczynnik zabiegów przeciwdziałających erozji.

WYNIKI I DYSKUSJA

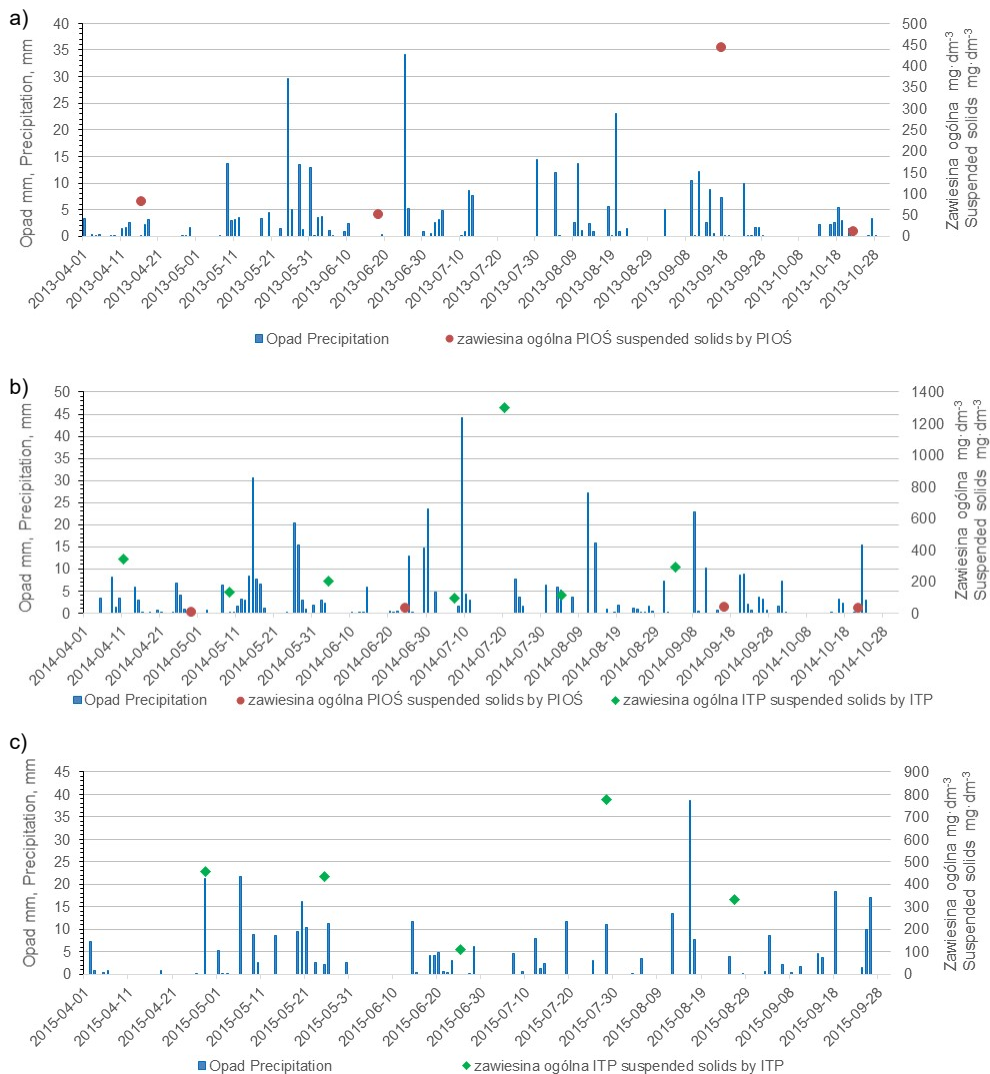
Przeprowadzone badania umożliwiły określenie ilościowych parametrów zawiesiny glebowej w wodach Ścieklca, które opisano w przeliczeniu na suchą masę erodowanej gleby. Stanowiły one podstawę do oceny rozmiarów zjawiska erozji w konkretnym punkcie przekroju pomiarowego i czasie, to jest w chwili pobierania próbek do analizy. Wyniki badań uzyskane w tym zakresie były przydatne w końcowej ocenie intensywności procesów erozyjnych gleb zachodzących na obszarze analizowanej zlewni.

Analizie poddano wyniki z punktu pomiarowego nr 2 na potoku Ścieklec (Makocice). Maksymalne dobowe opady były zróżnicowane w poszczególnych latach. Największe opady notowano w: 2014 r. (44,3 mm – 9 lipca), 2015 r. (38,7 mm – 16 sierpnia) i w 2013 r. (34,2 mm – 25 czerwca). Miesiącem o największych opadach w okresie od kwietnia do października był maj, kiedy opady wynosiły: 2013 r. – 95 mm, 2014 r. – 110,2 mm oraz 2015 r. – 101,7 mm. Najmniejsze opady zanotowano natomiast w kwietniu 2013 r. – 17,9 mm, a w latach 2014 i 2015 r. wystąpiły one w październiku i wynosiły odpowiednio: 31,9 mm i 20,5 mm.

W ciągu okresu badawczego zawartość zawiesiny ogólnej mierzonej w chwili pobierania próbek wody wynosiła od 7,7 (kwiecień 2014 r.) do 1303 mg·dm⁻³ (lipiec 2014 r.) – rysunek 3. Najczęściej jednak wartości te mieściły się w granicach od 32 do 420 mg·dm⁻³. Większą zawartość zawiesiny ogólnej w wodach potoku Ścieklec notowano najczęściej po intensywnych opadach. Obserwowana niekiedy duża wartość zawiesiny ogólnej, np. 28.07.2015 – 777,5 mg·dm⁻³ (w warunkach małego opadu – 11 mm), najprawdopodobniej były spowodowane innymi czynnikami. W tym okresie w górnym odcinku potoku umacniano brzegi faszyną, co powodowało zwiększenie zawartości zawiesiny ogólnej w wodzie.

Natomiast w okresach bezopadowych lub z opadami dziennymi nieprzekraczającymi 5 mm zawartość zawiesiny ogólnej była mała i nie przekraczała 50 mg·dm⁻³. Świadczą o tym również wyniki pomiarów wykonanych przez PIOŚ w latach 2013 i 2014 r. (rys. 3 a i b).

Analizowano również związek między przepływem a wartością miesięcznych ładunków zawiesiny ogólnej w punkcie pomiarowym nr 1 – Radziemice (rys. 4). W okresie wegetacji 2014 r. suma ładunku zawiesiny ogólnej była większa i wynosiła 10,26 Mg·km⁻². Natomiast w roku 2015 była ok. 40% mniejsza i wynosiła 6,15 Mg·km⁻². Łącznie w ciągu dwóch lat wartość ta sięgała 16,41 Mg·km⁻². W okresie większych przepływów notowano zwiększoną zawartość zawiesiny ogólnej. Odnosi się to szczególnie do lipca 2014 r., kiedy ilość zawiesiny glebowej w warunkach natężenia przepływu 0,55 m³·s⁻¹ z powierzchni 1 km² zlewni wynosiła 3,1 Mg.

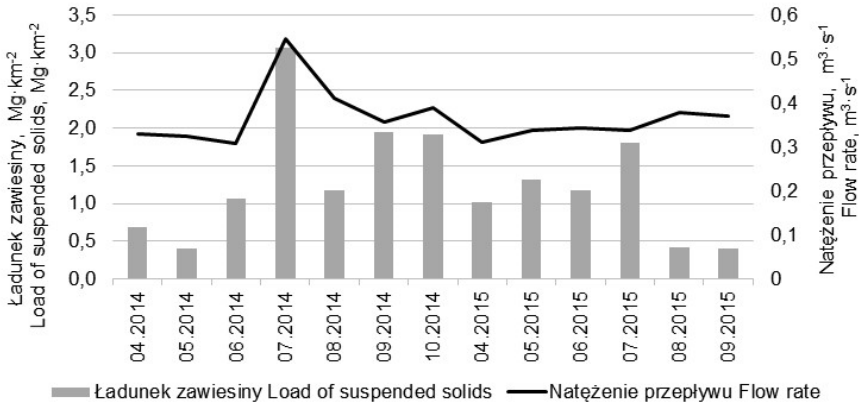


Rys. 3. Opad atmosferyczny (mm) i zawartość zawiesiny ogólnej ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) w punkcie nr 2 w latach: a) 2013, b) 2014, c) 2015; źródło: opracowanie własne

Fig. 3. Precipitation (mm) and total suspended solids ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) at the point No. 2 in the years: a) 2013, b) 2014, c) 2015; source: own elaboration

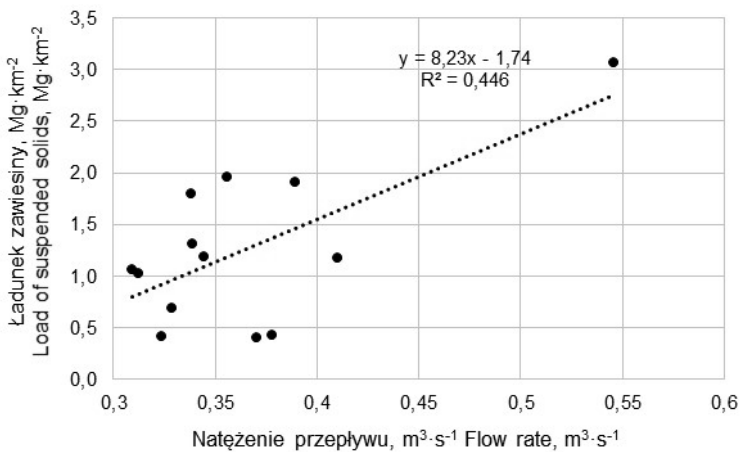
Ładunek zawiesiny glebowej w wodzie wykazywała trend wzrostowy z wartością natężenia przepływu ($R^2 = 0,446$) i była istotnie skorelowana ($r = 0,668$, gdy $p = 0,05$) – rysunek 5.

Przeprowadzone badania w układzie zlewniowym wykazały, że masa gleby erodowanej z pól pod różnymi uprawami była zróżnicowana i zależała od wielu



Rys. 4. Ładunek zawiesiny ogólnej (Mg·km⁻²) i natężenie przepływu (m³·s⁻¹) w punkcie kontrolnym nr 1 Radziemice; źródło: opracowanie własne

Fig. 4. Load of suspended solids (Mg·km⁻²) and flow rate (m³·s⁻¹) at control point No. 1 Radziemice; source: own elaboration



Rys. 5. Zależność między ładunkiem zawiesiny a natężeniem przepływu w punkcie kontrolnym 1 Radziemice; źródło: wyniki własne

Fig. 5. Relationship between load of suspended solids (Mg·km⁻²) and flow rate (m³·s⁻¹) at the control point No. 1 Radziemice; source: own results

czynników (tab. 2). Do najważniejszych z nich należą między innymi: podatność gleby na erozję, wartość współczynnika długości zbocza i spadku, rodzaj upraw i sposób użytkowania terenu, a także zabiegi przeciwdziałające erozji oraz wartość opadu atmosferycznego w okresie wegetacyjnym [ŁĄBĘDZKI 2006; 2013; PAWLIK-DOBROWOLSKI i in. 1992].

Tabela 2. Masa erodowanego materiału obliczona metodą USLE oraz bezwymiarowy współczynnik rodzaju upraw i sposobu użytkowania terenu *C* w latach 2013, 2014 i 2015 w zlewni potoku Ścieklec

Table 2. Soil losses estimated by the USLE method and dimensionless coefficient *C* for crop types and land use, in the year 2013, 2014 and 2015, in the Ścieklec Stream basin

Roślina Crop	Bezwymiarowy współczynnik rodzaju upraw i sposobu użytkowania terenu <i>C</i> w latach Dimensionless coefficient <i>C</i> for crop types and land use, in the year			Masa erodowanego materiału w zlewni ($\text{Mg}\cdot\text{km}^{-2}$) w latach Soil losses in the basin ($\text{Mg}\cdot\text{km}^{-2}$), in the year		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Pszenvica ozima Winter wheat	0,224	0,101	0,03	105,2	38,4	7,39
Buraki cukrowe Sugar beets	0,271	0,747	0,747	182,24	522,0	382,78
Ziemniaki pózne Late potatoes	0,169	0,315	0,315	106,32	198,3	150,73
Kukurydza na ziarno Maize for grain	0,289	0,757	0,767	188,38	481,8	368,61

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Suma opadu przypadająca na okres wegetacji poszczególnych roślin uprawnych cechowała się dużą zmiennością. Ze względu na późny zbiór kukurydzy na ziarno (po II dekadzie października) i buraków cukrowych (po 30 października), wartość opadu atmosferycznego w ich okresie wegetacji była znaczna i wynosiła odpowiednio od 350 do 450 mm i od 369 do 480 mm. W przypadku pszenicy ozimej i późnych odmian ziemniaków wartość ta była znacznie mniejsza i wynosiła odpowiednio od 212 do 342 mm i od 348 do 439 mm.

Duży wpływ na wielkość erozji wodnej ma również współczynnik rodzaju upraw i sposobu użytkowania terenu (*C*). Największe wartości współczynnika *C* zostały określone dla buraka cukrowego i kukurydzy na ziarno i wynoszą odpowiednio 0,747 i 0,767. Na polach obsianych tymi roślinami stwierdzono największe straty erodowanej gleby, wynosiły one odpowiednio od 182 do 522 $\text{Mg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ i od 188 do 481 $\text{Mg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Natomiast masa erodowanej gleby z pól obsianych pszenicą ozimą i późnymi odmianami ziemniaków była mniejsza i wahała się odpowiednio od 7,39 do 105,2 $\text{Mg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ oraz od 106,32 do 198,3 $\text{Mg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Dla tych roślin obliczony współczynnik *C* był najmniejszy i wynosił dla pszenicy ozimej 0,03, a dla ziemniaków późnych 0,289.

Na polach obsianych pszenicą ozimą erozja praktycznie nie występowała (I stopień erozji), lub była bardzo słaba (II stopień erozji). W przypadku uprawy późnych ziemniaków erozja była również słaba (II stopień erozji), a pod uprawami kukurydzy w 2014 i 2015 r. cechowała się większym nasileniem (w granicach III stopnia erozji).

Zgodnie z uzyskanymi wynikami badań teren zlewni potoku Ścieklec jest zagrożony erozją stopnia II – erozja słaba, a niektóre rejonu z uprawą kukurydzy erozją stopnia III – erozja umiarkowana (wg klasyfikacji ZACHARA [1982]).

Inne badania na glebach mniej podatnych na erozję wodną niż utwory lessowe, które są charakterystyczne dla zlewni potoku Ścieklec, wykazały, że masa erodowanego materiału była znacznie mniejsza i z pól pod okopowymi wynosiła 75–190 $\text{Mg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ [BARSZCZEWSKI i in. 2015; BARYŁA i in. 2007]. Na przykład w zlewni Raby, cechującej się bardziej związłymi słabo gliniastymi glebami, stopień erozji wodnej był około dwukrotnie mniejszy niż w omawianej zlewni Ścieklca [DRZEWIECKI i in. 2014].

Uzyskane wyniki badań uwypuklają problem zagrożenia erozją wodną na obszarach lessowych. Wykorzystana w pracy metodyka może być zastosowana do określania rozmiaru zjawiska erozji wodnej w innych rejonach o podobnych warunkach klimatyczno-glebowych. W świetle uzyskanych wyników konieczne jest prowadzenie szeroko rozumianych działań ograniczających intensywność erozji wodnej. Powinny one obejmować nie tylko elementy związane z właściwą agrotechniką, ale także z rozmieszczeniem elementów liniowych na omawianym obszarze.

Podejmowanie takich przedsięwzięć zostało zapisane także w ustaleniach wspólnej polityki rolnej UE. Jednym z działań w ramach WPR jest realizowany obecnie w Polsce PROW 2014–2020, w tym pakiet 2. „Ochrona gleb i wód” z poddziałaniem „Płatności z tytułu zobowiązań rolno-środowiskowo-klimatycznych” [MRiRW 2014]. Głównym jego celem jest promowanie odpowiedniego użytkowania gleb, ochrony przed erozją wodną, przeciwdziałania utracie glebowej substancji organicznej i ochrony wód przed zanieczyszczeniami.

WNIOSKI

1. Suma opadu atmosferycznego, przypadającego na okres wegetacji pszenicy ozimej i ziemniaków, na terenie zlewni potoku Ścieklec była znacznie mniejsza niż w przypadku kukurydzy na ziarno i buraków cukrowych.

2. Zróżnicowanie ilości opadu atmosferycznego przełożyło się na intensywność erozji wodnej. Najwięcej erodowanej gleby stwierdzono z pól pod uprawą buraków cukrowych i kukurydzy, a znacznie mniej z pól pod uprawą pszenicy ozimej i ziemniaków.

3. Ładunek zawiesiny ogólnej w okresie wegetacji był ściśle związany z natężeniem przepływu wód powierzchniowych. Dwukrotne zwiększenie natężenia przepływu w stosunku do średniego powodowało w podobnej skali zwiększenie zawartości zawiesiny ogólnej.

4. Według przyjętej klasyfikacji stopień erozji wodnej w zlewni potoku Ścieklec najczęściej można określić jako II (erozja słaba), a w niektórych rejonach niekiedy jako III (erozja umiarkowana).

5. Jednym z działań służących ograniczeniu erozji wodnej na tym obszarze powinno być m.in. ograniczenie uprawy płużnej na skłonach o większym nachyleniu i przeznaczenie ich pod trwałe zadarnienie.

W publikacji wykorzystano dane uzyskane w trakcie realizacji działania 1.2 „Monitoring, prognoza przebiegu i skutków oraz ocena ryzyka wystąpienia deficytu i nadmiaru wody na obszarach wiejskich” programu wieloletniego pt.: „Standaryzacja i monitoring przedsięwzięć środowiskowych, techniki rolniczej i rozwiązań infrastrukturalnych na rzecz bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich”, realizowanego przez Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w latach 2011–2015, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

BIBLIOGRAFIA

- BANASIK K., GÓRSKI D. 1992. Wykorzystanie uniwersalnego równania strat glebowych USLE do oceny ilości rumowiska unoszonego odpływającego z małych zlewni [The use of the Universal Soil Loss Equation USLE for assessment of quantity of the rubble carried out from small basins]. *Gospodarka Wodna*. Nr 3 s. 62–65.
- BARSCZEWSKI J., TWARDY S., WRÓBEL B. 2015. Produkcyjno-ekonomiczne i środowiskowe aspekty racjonalnej gospodarki na trwałych użytkach zielonych [Production-economic and environmental aspects of the rational management on permanent grasslands]. Prezentacja na III Kongres Nauk Rolniczych. Warszawa. 10.09.2015.
- BARYŁA A., PIERZGALSKI E., JODŁOWSKI P. 2007. Określenie strat gleby wskutek erozji wodnej [Determination of soil losses due to water erosion]. *Inżynieria Ekologiczna*. Nr 18 s. 63–65.
- DRZEWIECKI W., KOPACZ M., MULARZ S., PIROWSKI T., TOKARCZYK P., TWARDY S. 2014. Modelowanie ładunków zawiesiny ogólnej w zlewni zbiornika Dobczyckiego [Modeling of loads of suspended solids in the Dobczyce Reservoir catchment]. Kraków. Wydaw. AGH. ISBN 978-83-7464-659-8 ss. 156.
- FATYGA J. 1978. Procesy erozyjne na górskich użytkach zielonych [Erosive processes in mountain grasslands]. *Wiadomości IMUZ*. T. 12. Z. 4 s. 235–270.
- GLIŃSKI P., PRZESMYCKI J. 2011. Wpływ erozji wodnej na krajobraz [Water erosion effect on the landscape]. *Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych OL PAN* s. 99–107.
- HAYGARTH P.M., JARVIS S.C. 1999. Transfer of phosphorus from agricultural soil. *Advances in Agronomy*. Vol. 66 s. 195–249
- JÓZEFACIUK A., JÓZEFACIUK Cz. 1992. Struktura zagrożenia erozją wodną fizjograficznych krain Polski [The structure of water erosion threats in physiographic regions of Poland]. *Pamiętnik Puławski Supl.* 1010 s. 23–49.
- KOĆMIT A., PODLĄSIŃSKI M., ROY M., TOMASZEWICZ T., CHUDECKA J. 2006. Water erosion in the catchment basin of the Jeleni Brook. *Journal of Water and Land Development*. No. 10. DOI: 10.2478/v10025-007-0010-x s. 121–131.
- KUŹNIAR A., KOWALCZYK A., KOSTUCH M. 2014. Long-term water quality monitoring of a transboundary river. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 23. No. 3 s. 1009–1015.
- ŁABĘDZKI L. 2006. Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji [Agricultural droughts. An outline of the issues and methods of monitoring and classification]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie*. Nr 17. ISBN 83-88763-63-7 ss. 107.

- ŁABĘDZKI L. 2013. Monitoring, prognoza przebiegów i skutków deficytu i nadmiaru wody na obszarach wiejskich [Monitoring, forecast of waveforms and effects of deficit and excess water in rural areas] [online]. Falenty. ITP. [Dostęp 15.12.2015]. Dostępny w Internecie: http://agrometeo.itp.edu.pl/mapy_spi-247-mapa.html
- MRiRW 2014. Program rozwoju obszarów wiejskich na lata 2014–2020 (PROW 2014–2020) [The Rural Development Programme for 2014–2020 (PROW 2014–2020)]. Warszawa ss. 327.
- PAWLIK-DOBROWOLSKI J., KRZEMIEN E., KURZBAUER A. 1992. Prognozowany wpływ substancji chemicznych w materiale unoszonym do zbiornika retencyjnego w Dobczycach [The projected inflow of chemical substances with the material carried into the water reservoir in Dobczyce]. Wiadomości IMUZ. T. 17. Z. 2 s. 481–496.
- PORĘBA G., MALIK I., WISTUBA M. 2014. Dendrochronologiczny i geochemiczny zapis erozji i sedymentacji w wąwozach lessowych (przykład z Wysoczyzny Proboszczowickiej) [Dendrochronological and geochemical record of erosion and deposition in loess gullies (example from the Proboszczowicka Plateau)]. Studia i Materiały CEPL w Rogowie. R. 16. Z. 40/3 s. 113–121.
- PN-EN 872:2007/Ap1. Jakość wody – Oznaczanie zawiesin – Metoda z zastosowaniem filtracji przez sączki z włókna szklanego [Water quality – Determination of suspended solids – Method by filtration through glass fiber filters].
- SMOROŃ S. 2012. Zagrożenia eutrofizacją wód powierzchniowych wyżyn lessowych Małopolski [The risk of surface waters eutrophication in loessial uplands of Małopolska]. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 12. Z. 1 (37) s. 181–191.
- SMOROŃ S. 2013. Gospodarowanie na rolniczych obszarach lessowych zagrożonych erozją wodną na przykładzie Płaskowyżu Proszowickiego [Management on agricultural loessial areas threatened by water erosion on the example of Proszowice Plateau]. Materiały Instruktażowe. Nr 138/22. Falenty. Wydaw. ITP. ISSN 0860-0813 ss. 16.
- SMOROŃ S., KOWALCZYK A. 2012. Nitrogen and phosphorus dynamics in the surface flowing waters of the loessial areas in northern Małopolska. Polish Journal of Environmental Studies. Vol. 21. No. 5A s. 392–395
- SMOROŃ S., KOWALCZYK A., KOSTUCH M. 2009. Użytkowanie gruntów zlewni Szreniawy w kontekście ochrony gleby i wody w latach 1995–2005 [Land use in the Szreniawa River basin area in the context of soil and water protection in the years 1995–2005]. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 9. Z. 3 (27) s. 167–179.
- WĘŻYK P., DRZEWIECKI W., WÓJTOWICZ-NOWAKOWSKA A., PIERZCHALSKI M., MŁOST J., SZAFRAŃSKA B. 2012. Mapa zagrożenia erozyjnego gruntów rolnych w Małopolsce na podstawie klasyfikacji OBIA obrazów teledetekcyjnych oraz analiz przestrzennych GIS [The map of agricultural land erosion risk assesment of Malopolska voivodeship (Poland) based on OBIA classification of remotely sensed data and GIS spatial analyses]. Vol. 24. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji s. 403–420.
- WISCHMEIER W.H., SMITH D.D. 1978. Predicting fall erosion losses – a guide to conservation planning. Washington. U.S. Dep. Agricult., Handb ss 537.
- ZACHAR D. 1982. Soil erosion (Developments in soil science). Zvolen. Forest Research Institute. ISBN 0-444-99725-3 s. 27–135.

Agnieszka KOWALCZYK, Sylwester SMOROŃ

DETERMINATION OF WATER EROSION OF SOILS IN THE BASIN AND SUSPENDED SOLIDS LOAD CONVEYED BY ŚCIEKLEC STREAM

Key words: Proszowice Plateau, soil erosion, Soil Loss Equation (USLE), Ścieklec Stream

S u m m a r y

The research aimed to determine the content of eroded soil material in form of suspended solids in water samples obtained within Ścieklec Stream which is the left tributary of Szreniawa River (Małopolska Voivodeship). The research was undertaken in order to determine the size of water erosion. During the analysis the following were registered: soil cover, type of land use, terrain configuration and intensity of precipitation. The results are based on analysis of samples taken through the years 2013–2015 as well as monitoring the water flow of the Ścieklec Stream for the years 2014–2015.

The results showed correlation between monthly flow rate of water and the load of suspended solids. The total load in the water was $10.26 \text{ Mg}\cdot\text{km}^{-2}$ in 2014 during growing season and $6.15 \text{ Mg}\cdot\text{km}^{-2}$ in 2015. The portion of the sediment was found to be increased significantly during more intense flows of the Ścieklec Stream.

Analysis of water samples also included the mass of transported loose soil material using Wischmeier and Smith's USLE model. According to Zachar's classification, the obtained results classify the area of the Ścieklec Stream basin to the second degree erosion (weak) which means a very slight reduction in soil depth due to a down slope transport of soil particles. Some regions with corn cultivation are classified to the moderate (the third) erosion degree.

Adres do korespondencji: dr inż. Agnieszka Kowalczyk, Małopolski Ośrodek Badawczy ITP, ul. Ułanów 21b, 31-450 Kraków; tel. + 48 12 411-81-46, e-mail: a.kowalczyk@itp.edu.pl