

**Rafał WAWER, Eugeniusz NOWOCIEŃ, Bogusław PODOLSKI,
Małgorzata CAPAŁA**

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
The Institute of Soil Science and Plant Cultivation – State Research Institute of Puławy

Ocena zagrożenia erozją wodną zlewni rzeki Bystrej z wykorzystaniem modelowania przestrzennego Estimating water erosion of the Bystra catchment using spatial modelling

Słowa kluczowe: erozja wodna, modelowanie erozji, zlewnia Bystrej

Key words: actual water erosion, erosion modelling, Bystra catchment

Wprowadzenie

Erozja gleb jest procesem naturalnym, a jej natężenie jest determinowane czynnikami antropogenicznymi, które czynią ją jedną z głównych i najbardziej rozpowszechnionych form degradacji powierzchni ziemi.

W Polsce około 29% ogólnego obszaru jest potencjalnie zagrożone erozją wodną, przy czym erozją w stopniu od średniego do bardzo silnego zagrożone jest około 10% powierzchni kraju. Średnia wartość rocznych strat gleby w wyniku erozji wodnej dla obszaru Polski jest szacowana na poziomie 76 Mg/km²/rok (Jadczyzyn i in. 2003, Józefaciuk i Józefaciuk 1995), przy czym wartości skrajne wahają się od 2,7 do 280

Mg/km²/rok (Maruszczak 1991), osiągając lokalnie ekstremalne wartości. Według szacunków około 28% powierzchni kraju zagrożonych jest erozją wietrzną (11% średnia – silna), a na 18% występuje erozja wąwozowa (7% średnia – bardzo silna).

Wymienione procesy powodują zmiany fizykochemicznych właściwości gleby, najczęściej w kierunku niekorzystnym dla rolnictwa, ubytek substancji glebowej i przeważnie niekorzystne zmiany typologiczne. Następstwem ich jest również tworzenie się urozmaiconej rzeźby terenu, a przez to trudnej dla upraw polowych oraz deformowanie i zakłócanie stosunków wodnych nie tylko w glebie, ale także w ciekach i zbiornikach wodnych. Erozja gleb jest również tematem priorytetowym nowej Strategii Ochrony Gleb UE.

Polska dysponuje mapą wskaźnika erozji wodnej potencjalnej (PWER) w skali 1 : 300 000, pokrywającą obszar całego kraju, wykonaną przez zespół pod

kierunkiem profesora Czesława Józefaciuka i profesor Anny Józefaciuk (1995, 1996). Mapa erozji wodnej potencjalnej została w późniejszym okresie zdigitalizowana i włączona do systemu AgroGIS (Zaliwski i Stuczyński 1999), jako jeden z elementów informacji o degradacji środowiska w Polsce.

W ostatnich latach dokonano oceny aktualnego zagrożenia erozją wodną powierzchniową na podstawie wskaźnika erozji wodnej aktualnej – AWER (Wawer i Nowocień 2007), opracowanego również przez Józefaciuka i Józefaciuk (1996). Wyniki tej analizy wskazują na istotne zmniejszenie zagrożenia erozją dzięki korzystnej strukturze użytkowania terenu z dużym udziałem użytków ochronnych.

Metoda

Analizę wykonano na podstawie wskaźnika erozji wodnej aktualnej, według metody Anny i Czesława Józefaciuków (1996), która wprowadza sześć stopni intensywności erozji wodnej powierzchniowej na podstawie wydzielenia metodą *overlay* z warstw reprezentujących następujące zmienne: gatunek gleby, spadki terenu, średni roczny opad i typy użytkowania terenu. Ponieważ wskaźnik erozji wodnej potencjalnej jest interpretowany jako intensywność erozji na gruncie ornym utrzymywanym w czarnym ugorze, więc regułą decyzyjną metody wyznaczania erozji wodnej aktualnej można przedstawić jako tabelę wskaźników redukcji potencjalnego zagrożenia erozją wodną powierzchniową, przypisanych poszczególnym typom

użytkowania terenu wyróżnionym w bazie danych CORINE CLC2000 (tab. 1).

Dane CORINE Land Cover obejmują głównie typ użytkowania terenu (CORINE, 1992, Bittner i in. 2002), bez uwzględnienia informacji o agrotechnice. Uproszczono oryginalną metodykę, zakładając, że wszystkie rolnicze typy użytkowania terenu nie są utrzymywane w sposób przeciwerozyjny.

Użyta do analizy cyfrowa mapa erozji wodnej potencjalnej stanowi generalizację oryginalnej mapy i zawiera tylko 3 klasy nasilenia erozji wodnej, dlatego też konieczne przetworzenie 3-klasowego podziału na 5-klasowy (tab. 2). Ponieważ klasy 1 i 2 oraz 4 i 5 podziału pięcioklasowego nie znajdowały bezpośredniego odpowiednika w podziale trójklasowym, więc założono dwa przypadki: minimalnej (rys. 1) i maksymalnej (rys. 2) wartości klas odpowiadających 1 i 3 klasie w podziale trójklasowym. Otrzymane wyniki należy traktować jako minimalną i maksymalną granicę przedziału aktualnego zagrożenia erozją wodną.

Mapy wynikowe otrzymano po zastosowaniu modelu opartego na module Modeler, systemu ERDAS Imagine, realizującego operacje przecięcia warstw przestrzennych potencjalnej erozji wodnej, stanowiącej część systemu AGROGIS, oraz warstwy wektorowej CORINE Land Cover 2000 (rys. 3). Następnie model wykonuje rekodyfikację i operacje arytmetyczną na bazie danych, stosując wskaźniki redukcji zagrożenia erozją wodną powierzchniową przyporządkowane odpowiednim klasom użytkowania terenu CORINE Land Cover 2000 (CLC2000).

TABELA 1. Współczynniki redukcji wskaźnika erozji wodnej potencjalnej względem klas CORINE 2000

TABLE 1. Potential erosion risk reduction factors associated with CORINE CLC2000 classes

Oryginalne klasy użytkowania CLC2000 / Corine Land Cover classes				Wskaźnik redukcji Reduction factor	
Nr No	Poziom 1 Level 1	Poziom 2 Level 2	Poziom 3 Level 3		
1	2	3	4	5	
111	Obszary antropogeniczne Artificial surfaces	Obszary miejskie zabudowane Urban fabric	Zabudowa ciągła Continuous urban fabric	4	
112			Zabudowa nieciągła Discontinuous urban fabric	4	
121		Obszary przemysłowe, komunikacja. Industrial, commercial and transport units	Przemysł i handel Industrial or commercial units	5	
122			Sieć drogowa i kolejowa wraz z przyległym terenem Road and rail networks and associated land	5	
123			Porty Port areas	3	
124			Lotniska Airports	5	
131			Kopalnie, składowiska, budowy Mine, dump and construction sites	Kopalnie surowców mineralnych Mineral extraction sites	1
132		Składowiska Dump sites		5	
133		Budowy Construction sites		0	
141		Sztuczne, nierolnicze obszary z roślinnością Artificial, non-agricultural vegetated areas	Zieleń miejska Green urban areas	3	
142		Sport i wypoczynek Sport and leisure facilities	2		
211		Obszary rolnicze Agricultural areas	Użytki orne Arable land	Nienawadniane Non-irrigated arable land	0
222			Użytki trwałe Permanent crops	Sady i uprawy owocowe Fruit trees and berry plantations	2
231					
242	Pastwiska Pastures		Pastwiska Pastures	3	
243	Niejednorodne obszary rolnicze Heterogeneous agricultural areas		Złożone struktury upraw Complex cultivation patterns	1	
		Obszary zajęte przez rolnictwo ze znaczącym udziałem roślinności naturalnej Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	1		

Tabela 1, cd.

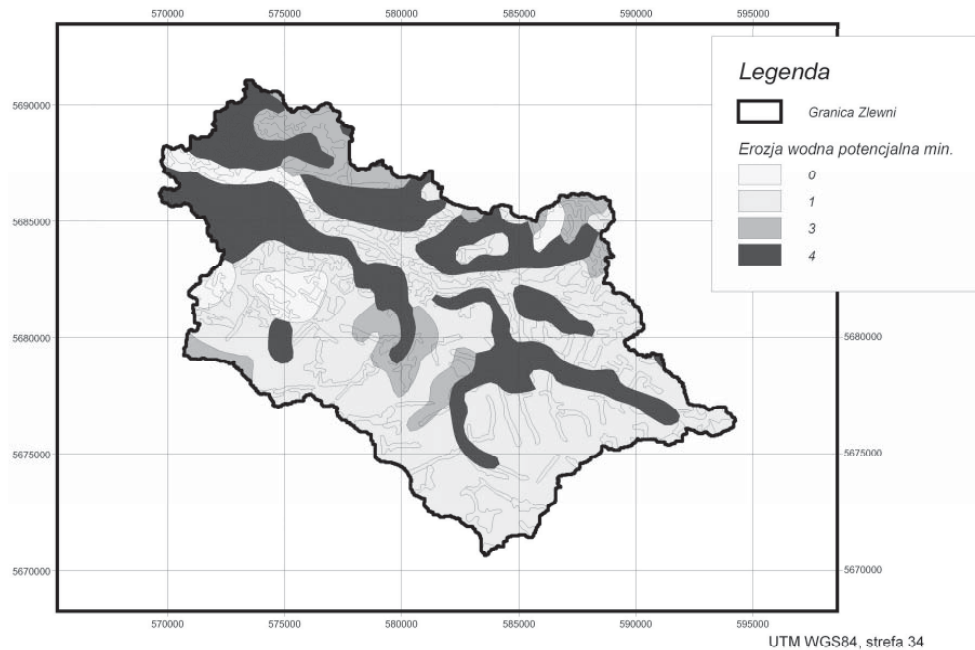
Table 1, cont.

1	2	3	4	5
311	Obszary leśne i półnaturalne Forest and semi natural areas	Lasy Forests	Liściaste Broad-leaved forest	5
312			Iglaste Coniferous forest	5
313			Mieszane Mixed forest	5
321		Zespoły zarośli i/lub ziół Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Naturalne łąki Natural grasslands	3
322			Wrzosowiska i siedliska kserotermiczne Moors and heathland	3
324			Obszary przejściowe między lasem a zaroślami Transitional woodland-shrub	3
331		Obszary otwarte z ubogą szatą roślinną i obszary całkowicie jej pozbawione Open spaces with little or no vegetation	Plaże, wydmy Beaches, dunes, sands	5
332			Nagie skały Bare rocks	5
333			Rzadka roślinność Sparsely vegetated areas	0
334			Obszary wypalone Burnt areas	0
411 -523	Bagna i wody śródlądowe Wetlands and inland waters			5

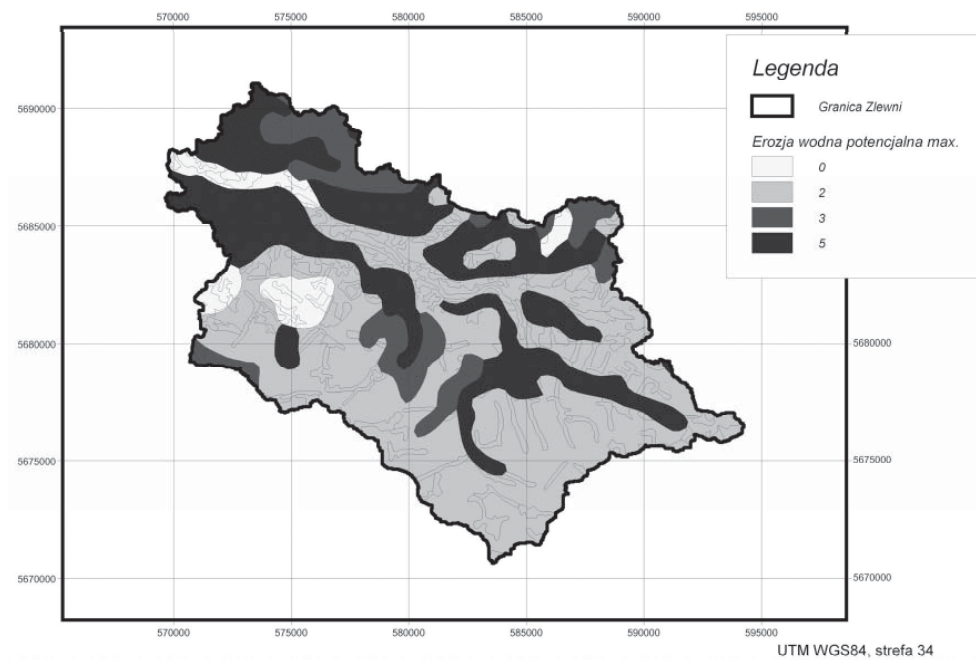
TABELA 2. Erozja wodna potencjalna (PWER) i aktualna (AWER) w zlewni Bystrej

TABLE 2. Potential (PWER) and actual (AWER) superficial water erosion threat in Bystra catchment

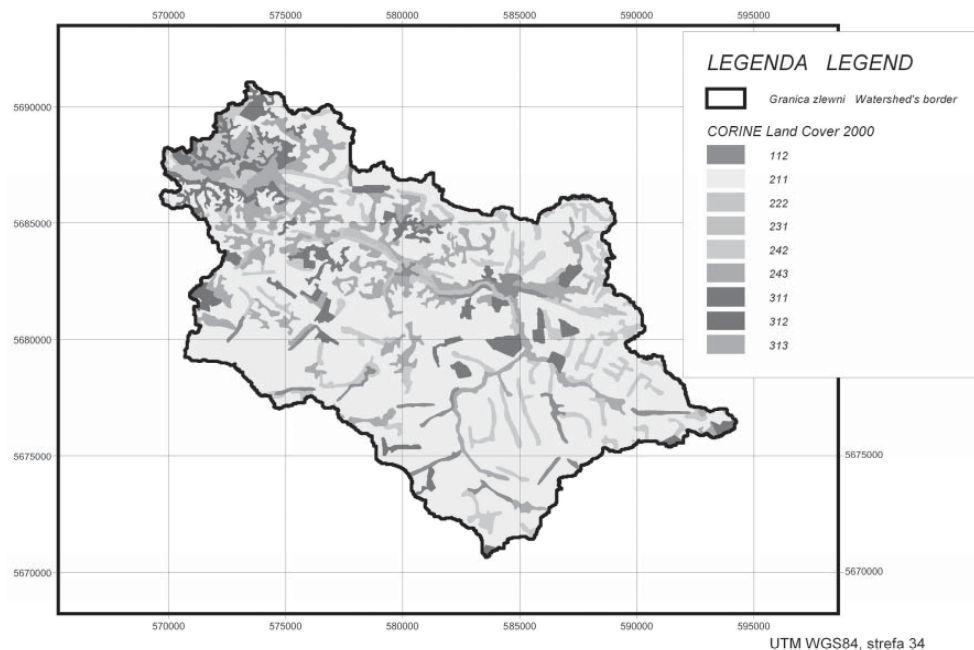
Wskaźnik Indicator	Stopień / Degree											
	0		1		2		3		4		5	
	brak erozji no erosion		erozja słaba weak erosion		erozja umiarkowana moderate erosion		erozja średnia average erosion		erozja silna severe erosion		erozja bardzo silna very severe erosion	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
PWER min	1771	5,9	15 824	52,9			3302	11,0	8995	30,1		
PWER max	1771	5,9			15 824	52,9	3302	11,0			8995	30,1
AWER min	8239	27,6	11 211	37,5	747	2,5	4950	16,6	4744	15,9		
AWER max	5267	17,6	2 984	10,0	11945	40,0	2290	7,7	2661	8,9	4744	15,9



RYSUNEK 1. Mapa minimalnej erozji wodnej potencjalnej (PWER min) w zlewni Bystrej
 FIGURE 1. The map of minimal potential water erosion risk (PWER min.) in Bystra catchment



RYSUNEK 2. Mapa maksymalnej erozji wodnej potencjalnej (PWER max) w zlewni Bystrej
 FIGURE 2. Map of maximal potential water erosion risk (PWER max.) in Bystra catchment



RYSUNEK 3. CORINE Land Cover 2000 w zlewni Bystrej
 FIGURE 3. CORINE Land Cover 2000 for Bystra catchment

Wyniki

Wyniki analiz wskazują, że erozja wodna powierzchniowa o nasileniu od średniego do bardzo silnego zagraża aktualnie aż 32,5% powierzchni zlewni, przy czym obszary jej podlegające zlokalizowane są głównie na stokach doliny rzeki Bystrej i wierzchowinach, charakteryzujących się urozmaiconą rzeźbą terenu.

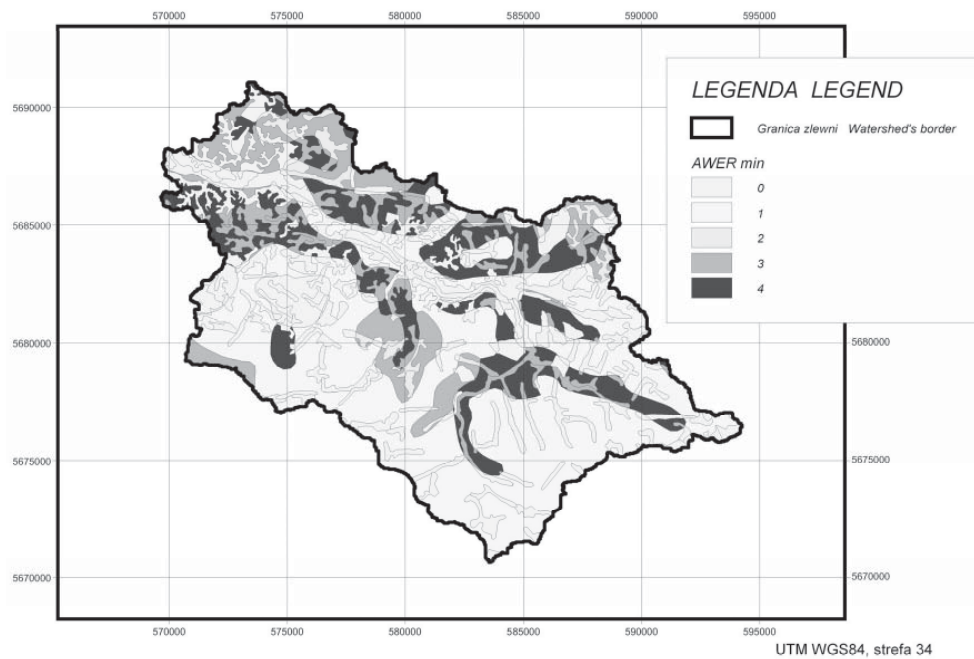
Ogólna powierzchnia zlewni, podlegająca erozji wodnej powierzchniowej przy aktualnym użytkowaniu terenu według CORINE Land Cover 2000, zawiera się między wartością minimalną AWER, wynoszącą 72,4%, a wartością maksymalną 82,4% obszaru zlewni. Szczegółowe wyniki są zawarte w tabeli 2 oraz na rysunkach 4 i 5.

Dyskusja wyników

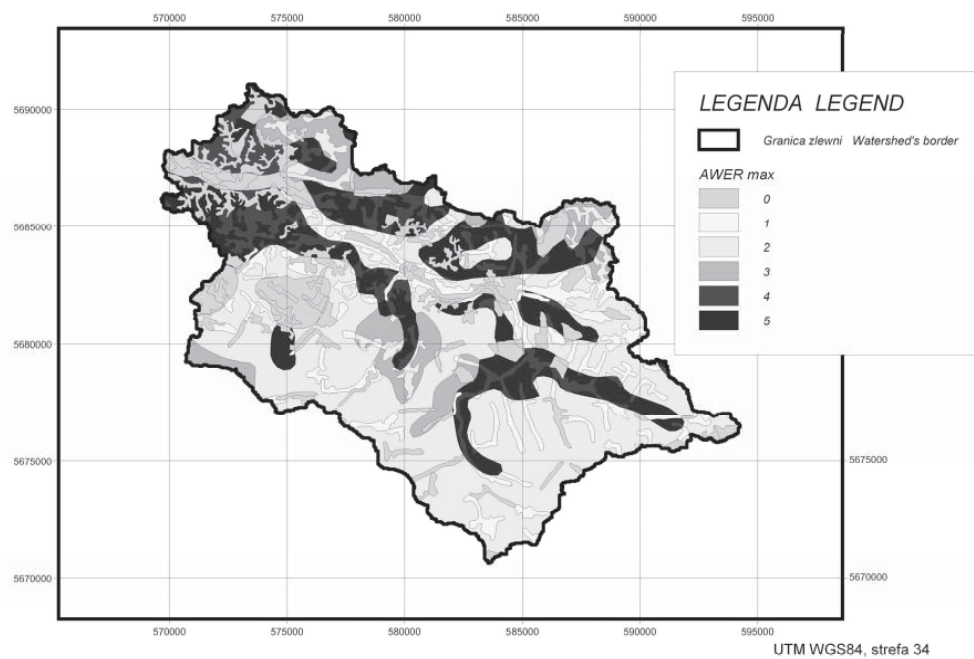
Ogólna powierzchnia zagrożona erozją wodną powierzchniową w zlewni Bystrej zmniejszyła się z 94,1%, według mapy erozji wodnej potencjalnej (tab. 1, rys. 1 i 2) do 72,4 i 81,4%, według odpowiednio mapy minimalnej erozji wodnej aktualnej i maksymalnej erozji wodnej aktualnej.

Najważniejszy wskaźnik – udział powierzchni podlegających erozji średniej do bardzo silnej, zmniejszył się z zaledwie 41,1 do 32,5%.

Brak największej wartości wskaźnika w mapie minimalnej erozji aktualnej wynika z założonej metodyki reklasyfikacji wskaźnika erozji wodnej potencjalnej ze skali 3-stopniowej do skali 5-stopniowej. W założeniu minimum



RYSUNEK 4. Mapa minimalnej erozji wodnej aktualnej (AWER min.) w zlewni Bystrej
 FIGURE 4. Map of minimal actual water erosion risk (AWER min.) in Bystra catchment



RYSUNEK 5. Mapa maksymalnej erozji wodnej aktualnej (AWER max.) w zlewni Bystrej
 FIGURE 5. Map of maximal actual water erosion risk (AWER max.) in Bystra catchment

klasa 3 odpowiada klasie 4, stąd maksymalny do uzyskania wskaźnik minimalnej erozji wodnej aktualnej wynosi 4.

Wnioski

Struktura użytkowania terenu w zlewni Bystrej, według danych CORINE 2000, nie sprzyja zmniejszeniu zagrożenia erozją wodną powierzchniową. Znajduje to odzwierciedlenie w minimalnym zmniejszeniu udziału najwyższych stopni zagrożenia erozją wodną powierzchniową (3–5) z potencjalnego 41,1% do aktualnego 32,5% powierzchni zlewni. Aby zmniejszyć wciąż bardzo wysokie aktualne zagrożenie erozją wodną powierzchniową, należałoby zastosować na obszarze jej występowania melioracje przeciwerozyjne, w tym transformację z użytków rolnych na użytki ochronne. Dotyczy to ponad 9695 ha, w tym około 4700 ha, zagrożonych erozją wodną bardzo silną, w trybie bardzo pilnym

Jako że najmniejsza skala referencyjna danych źródłowych wykorzystanych w analizie wynosi 1 : 300 000, uzyskane mapy erozji wodnej aktualnej powinny być rozpatrywane na tym samym poziomie dokładności.

Literatura

- BITTNER G., FERANEC J., JAFFRAIN G. 2002: Corine land cover update 2000: Technical guidelines. EEA Technical Report 82.
- CORINE 1992: Soil Erosion Risk and Important Land Resources in the Southern Regions of the European Community. EUR 13233.
- GENTILE A.R. et al. 2000: Down to earth: Soil degradation and sustainable development in Europe – A challenge for the 21st century. EEA.

- JADCZYSZYN J., STUCZYŃSKI T., SZABELAK P., WAWER R., ZIELIŃSKI M. 2003: History and current status of research and policies regarding soil erosion in Poland. In: *Agricultural Impacts on Soil Erosion and Soil Biodiversity: Developing Indicators for Policy Analysis*. Proceedings from an OECD Export Meeting Rome, Italy, March 2003: 201–209.
- JÓZEFACIUK Cz., JÓZEFACIUK A. 1995: Erosion of Agroecosystems. Biblioteka Monitoringu Środowiska.
- JÓZEFACIUK Cz., JÓZEFACIUK A. 1996: The Erosion Mechanisms and Methodological Indicators for the Research on Erosion. Biblioteka Monitoringu Środowiska.
- MARUSZCZAK H. 1991: Chemical denudation. W: *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*. PWN, Warszawa.
- van der Knijf J.M., Jones R.J.A., Montanarella L. 2002: Soil Erosion Risk Assessment in Europe. EEA, EUR 19044 EN.
- VIEILLEFONT V. et al. 2003: Validation of Soil Erosion Estimates at European Scale. European Commission, JRC, EUR 20827 EN.
- WAWER R., NOWOCIEŃ E. 2007: Digital Map of Water Erosion Risk in Poland: A Qualitative, Vector-Based Approach. *Polish J. of Environ. Stud.* 16, 5: 763–772.
- ZALIŃSKI A., STUCZYŃSKI T. 1999: Integrated Information System. *Nowe Rolnictwo*, 12: 38.

Summary

Estimating water erosion of the Bystra catchment using spatial modelling. The work included the production of an actual water erosion risk map for the area of Bystra watershed, basing on vector layers: potential water erosion risk and CORINE Land Cover 2000 as a source of land use information. The results show relative high share of actual erosion in average to highest intensities – 32.5% of Bystra catchment. Compared to potential water erosion, where the same grades cover 41.0% of watershed's area, the erosion risk at high grades decreased only by 8.5%. Actu-

ally, according to the land use structure derived from CLC2000, around 9694 hectares undergo high water erosion intensity grades and needs erosion control measures.

Authors' address:

Rafał Wawer, Eugeniusz Nowocień, Bogusław Podolski, Małgorzata Capała
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
– Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
Poland