

Szymon SZEWRĄŃSKI¹, Józef SASIK¹, Rafał WAWER², Romuald ŻMUDA³

¹Katedra Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Spatial Management, Wrocław University of Environmental and Life Sciences

²Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach
Institute of Soil Science and Plant Cultivation in Puławy

³Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Institute of Environmental Development and Protection, Wrocław University of Environmental and Life Sciences

**Propozycje rolnośrodowiskowego zagospodarowania
przestrzennego zlewni w aspekcie ochrony gruntów rolnych
przed erozją wodną
The proposal of agri-environmental spatial management
of water erosion control in agricultural lands**

Słowa kluczowe: erozja wodna gleb, działania rolnośrodowiskowe, zagospodarowanie przestrzenne

Key words: soil water erosion, agri-environmental measures, spatial planning

rolnośrodowiskowych. W ramach prac badawczych wdrożono zintegrowane narzędzie analityczne i modelowe GIS – oparte na cyfrowym modelu zlewni Mielnicy.

Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest próba opracowania optymalnego scenariusza zmian w przestrzeni rolniczej małej zlewni wyżynnej. Stanowi ona efekt projektu badawczego nr 2 P06S 056 26, finansowanego w latach 2004–2007 przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Scenariusze proponowanych zmian oraz ich efekty środowiskowe opracowano na zasadach dobrych praktyk przeciwozryjnych i gleboochronnych działaniach

Zakres i metodyka badań

Obszarem badań objęta została mała zlewnia rolnicza cieką Mielnicą, położona w rejonie Wzgórz Trzebnickich (województwo dolnośląskie), która prawie w całości pokryta jest glebami lessowymi. Obszar badawczy charakteryzuje się dominującą przewagą użytków rolnych, urozmaiconą rzeźbą, i jest silnie degradowany procesami erozji wodnej (Żmuda i in. 2005, Żmuda i in. 2006).

Projekt badawczy składał się z 3 etapów:

- studiów uwarunkowań fizjograficznych, przyrodniczych i hydrologicznych zlewni,
- zbudowania kompletnego cyfrowego modelu zlewni opartego na systemie ArcGIS,
- opracowania propozycji zmian zagospodarowania przestrzennego.

W ramach prac badawczych konieczne było przeprowadzenie analiz ekofizjograficznych, uzupełnionych o rozpoznanie warunków hydrometeorologicznych. Badania monitoringowe obejmowały pomiary: codziennych stanów wody, okresowych natężeń przepływu w cieku, codziennych wskaźników batometrycznych (metodą nefelometryczną), okresowe jakości wód powierzchniowych, codziennych danych meteorologicznych (opady, temperatura powietrza,), a także okresowe oznaczenia właściwości fizykochemicznych gleb. Całość uzupełniały wizje terenowo-inwentaryzacyjne.

Analizy studialne były wykonane na podstawie cyfrowej bazy danych przestrzennych opracowanej w następujących etapach:

- georeferencja danych z monitoringu zlewni na podstawie pomiarów GPS,
- ortorektyfikacja i korekcja danych źródłowych: map analogowych, zdjęć lotniczych i satelitarnych,
- utworzenie przestrzennej bazy danych,
- analiza danych przestrzennych i opracowanie zmian zagospodarowania przestrzennego.

Wykorzystując metody komputerowej analizy danych przestrzennych (m.in. obrazów satelitarnych IKONOS,

cyfrowego modelu terenu DEM), określono aktualne parametry opisowe obiektu badawczego, takie jak: powierzchnia zlewni, parametry ekofizjograficzne (spadki terenu, wystawa stoków, pokrywa roślinna, etc.), struktura użytkownia, kompleksy przydatności rolniczej gleb, sieć drogowa oraz ocena pilności utwardzania dróg – UHRR (Nowocien i Wawer 2007), aktualne zagrożenie erozyjne – według metody IUNG (Józefaciuk i Józefaciuk 1996, Józefaciuk i in. 2002).

Lokalizacja obiektu badawczego

Badania prowadzono na obszarze Wzgórz Trzebnickich rozciągających się na północ od Wrocławia. Stanowią one najwyższą wzniesioną część Wału Trzebnickiego (Kocie Góry), który od północy zamyka Nizinę Śląską.

Wytypowana do badań zlewnia cieku Mielnica położona jest na południowych stokach Wzgórz, a obszary zalegania gleb lessowych stanowią równocześnie południową granicę tego regionu (Żmuda 2006a). Powierzchnia całkowita zlewni, wyznaczona metodami GIS, wynosi 659,40 ha. Administracyjnie zlewnia zlokalizowana jest w granicach gmin Trzebnica i Zawonia.

Wyniki analiz przestrzennych

Dzięki aplikacji Systemu Informacji Geograficznej możliwa były weryfikacja i aktualizacja dotychczasowego stanu wiedzy na temat uwarunkowań hydrologicznych, pedologicznych i fizjograficznych zlewni Mielnicy. Opracowane bazy

geoinformacyjne w przyszłości będą mogły być z powodzeniem wykorzystane do wdrażania najnowszych rozwiązań prawnej ochrony gleb w UE (Szewrański i in. 2007).

Gleby pokrywające zlewnię Mielnicy przedstawiono w postaci typów i gatunków zgodnie z systematyką gleb Polski z 1989 roku. Prezentowane informacje stanowią najbardziej aktualny stan wiedzy na temat okrywy glebowej badanego obszaru (Żmuda 2006a, Szewrański i in. 2007). Zlewnia cieką Mielnica jest bardzo słabo zróżnicowana pod względem typologicznym. Największy udział przypada na gleby brunatne, zajmujące około 85% powierzchni całkowitej. Wśród nich około 78% stanowią gleby brunatne wylugowane i kwaśne, a w przybliżeniu 7% – gleby brunatne właściwe. Pierwsze z nich pokrywają praktycznie większość obszaru zlewni, natomiast drugie rozmieszczone są głównie w północno-wschodniej części oraz niewielkiej enklawie po stronie zachodniej. Pozostałe typy gleb zajmują tylko niewielkie, nieregularnie porozrzucane obszary. Spośród nich na gleby bielcowe przypada około 7% powierzchni w enklawach środkowej i północno-wschodniej części zlewni oraz 0,7% na czarne ziemie zdegradowane, leżące w części środkowej. Mady (ok. 3%) zlokalizowane są na południu zlewni, wzdłuż dolnego odcinka cieką Mielnica.

Również pod względem gatunkowym można przyjąć, że cały obszar zlewni jest jednorodny i pokrywa go w zasadzie jeden gatunek gleb – lessy ilaste. Zajmują one około 96% całkowitej powierzchni zlewni. Pozostałe gatunki gleb zalegają na niewielkich enklawach terenu porozrzucanych nierównomier-

nie po całym obszarze. Pyły ilaste zajmują powierzchnię około 0,2 km² (ok. 3%) i leżą w południowej części zlewni wzdłuż dolnego odcinka cieką. W części zachodniej i wschodniej napotyka się niewielkie enklawy glin średnich, w północnej – piasków gliniastych mocnych, a w północno-wschodniej – piasków luźnych. Mają one niewielki udział procentowy w ogólnej powierzchni zlewni.

Tak duży udział gleb wytworzonych z lessów, klasyfikowanych do najsilniej podatnych gleb na zmywanie oraz uwarunkowania fizjograficzno-gospodarcze sprawiają, iż zlewnia ta wykazuje strefowość zagrożenia erozyjnego (Żmuda 2006a). Górna część zlewni, reprezentująca najwyższe partie Wzgórz Trzebnickich, jest zagrożona erozją wodną gleb w stopniu silnym, środkowa w stopniu średnim, a dolna część zlewni wykazuje zagrożenie słabe. Wyższe stopnie zagrożenia erozyjnego potęgowane są silnie rozwiniętą na Wzgórzach gospodarką rolną, w której dominuje orne użytkowanie gruntów.

Na podstawie mapy sytuacyjno-wysokościowej w skali 1 : 10 000 oraz cyfrowego modelu terenu DEM wyznaczono powierzchnie o jednakowych nachyleniach w pięciu przedziałach spadków, zalecanych przez Ziemińskiego (1950) przy określaniu zagrożeń erozyjnych obszarów lessowych. Z analizy ukształtowania terenu wynika, że najwięcej jest obszarów o nachyleniach zboczy 3–6% – zajmują one około 40% całej powierzchni zlewni. Drugim co do wielkości zasięgu jest przedział spadków 0–3% – przypada na niego około 33% ogólnej powierzchni. Równie duży udział mają spadki w przedziale 6–10%, które zajmują około 17% arealu. Na

spadki największe (powyżej 15%) przypada najmniejszy odsetek zajmowanej powierzchni całkowitej, bo nieco powyżej 5%. Ocena zjawisk erozyjnych wymaga ustalenia przestrzennego rozkładu terenów zajętych poszczególnymi klasami spadków. Obszary o największych nachyleniach występują wzdłuż wschodniej granicy zlewni oraz w środkowej i zachodniej części obiektu badawczego. Rejony o najmniejszych nachyleniach są nieregularnie porzucane i dominują głównie na wierzchołkach wzniesień oraz w obniżeniach terenowych.

W trakcie badań przeprowadzono liczne wizje lokalne, podczas których zwracano uwagę na przestrzenne rozmieszczenie poszczególnych rodzajów użytków. Na ich podstawie oraz na podstawie bazy CORINE i danych fotogra-

metrycznych IKONOS sporządzono aktualną mapę użytkowania obszaru zlewni. Stanowiła ona podstawę charakterystyki zagospodarowania zlewni (tab. 1). W opisie użytków posłużono się kluczem klasyfikacyjnym opartym na standardzie CORINE.

W ramach prac badawczych oceniono również przydatność produkcyjną gleb oraz na podstawie danych z klasyfikacji gruntów rolnych opracowano mapę kompleksów przydatności rolniczej.

Ze względu na charakter projektu badawczego ważnym zagadnieniem było rozpoznanie potencjalnych dróg dostawy erodowanego materiału ze stoków do cieków. Znacząca pod tym względem jest ocena zagospodarowania rolniczego pojedynczych stoków i pól uprawnych. Kształty pól mają formę wydłużonych

TABELA 1. Struktura użytkowania w zlewni cieków Mielnica

TABLE 1. Land use pattern in Mielnica catchment

Użytkowanie terenu Land use	ha	%
Użytki rolne Arable lands	413,09	62,65
Uprawy trwałe, sady, uprawy rzędowe Permanent crops	21,30	3,23
Łąki i pastwiska Pastures	50,47	7,65
Urozmaicone tereny rolnicze (złożone struktury uprawowe) Complex cultivation patterns	9,34	1,42
Teren użytkowany rolniczo z dużym udziałem roślinności naturalnej Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	18,89	2,87
Lasy liściaste Broad-leaved forest	20,93	3,17
Lasy mieszane Mixed forests	89,12	13,51
Zabudowa zwarta nieciągła + drogi Discontinuous urban fabric + roads	34,85	5,28
Użytki przemysłowe Industrial units	1,42	0,21
Razem Total	659,40	100,00

prostokątów, przy czym ich dłuższe granice bieżą wzdłuż linii największych spadków. Wymusza to prowadzenie niezwykle niekorzystnej uprawy podłużnostokowej. Stosowane przy takim układzie pól zabiegi agrotechniczne przyspieszają i potęgują zmiany erozyjne (Żmuda 2006a). Układ ten wpływa również na usytuowanie dróg dojazdowych. W większości przypadków bieżą one prostopadle do warstwic po linii spadków. Drogi stają się głównymi korytami odpływowymi erodowanej gleby, a w skrajnych przypadkach przekształcają się w nieprzejezdne wąwozy (Żmuda 2006a, Nowocien i Wawer 2007). Wyniki z opracowania wskaźnika UHRR wskazują na bardzo duży udział odcinków dróg wymagających pilnych działań ochronnych w formie utwardzania nawierzchni oraz tworzenia bądź umacniania urządzeń odwadniania powierzchniowego. Około 50% dróg rolniczych zlokalizowanych w zlewni Mielnicy wymaga pilnej, względnie bardzo pilnej ingerencji.

Do wyznaczenia obszarów zagrożonych erozją wodną powierzchniową

wykorzystano metodę opracowaną w Instytucie Uprawy i Nawożenia Gleb (Józefaciuk i Józefaciuk 1996). Zagrożenie rzeczywiste erozją wodną na obszarze zlewni Mielnicy wyznaczone technikami GIS przedstawiono w tabeli 2.

Gleba poddawana ciągłej presji czynnika antropogenicznego, jakim jest częste, nieprawidłowe z punktu widzenia profilaktyki przeciwoerozyjnej wykonywanie zabiegów agrotechnicznych na polach ornych oraz wadliwe prowadzenie kierunków upraw, ulega zmywaniu ze zboczy ku podstawie erozyjnej. Badania pedologiczne stoku użytkowanego ornice przeprowadzone przez Żmudę (2006b) wykazały, że wieloletnia jednokierunkowa orka doprowadziła do wytworzenia się na głębokości około 50 cm podeszwy płużnej, utrudniającej infiltrację wód opadowych i sprzyjającej powstawaniu spływów hipodermicznych, stanowiących zasadniczy sposób odprowadzania wody ze stoku w okresach posusznych, a wraz z nią przemieszczania zwietrzeli-ny na stoku. Częste wizje lokalne w te-

TABELA 2. Zagrożenia rzeczywiste erozją wodną na obszarze zlewni Mielnicy
TABLE 2. Actual soil erosion risk in Mielnica catchment

Zagrożenie erozyjne Erosion risk	ha	%
Brak erozji (0) No erosion	201,67	30,6
Erozja słaba (1) Low erosion	175,51	26,6
Erozja umiarkowana (2) Moderate erosion	193,80	29,4
Erozja średnia (3) Average erosion	65,58	9,9
Erozja silna (4) High erosion	15,00	2,3
Erozja bardzo silna (5) Severe erosion	7,84	1,2
Razem Total	659,40	100,0

renie pozwalają stwierdzić, że na obszarach kartowanych w najwyższych stopniach rzeczywistego zagrożenia najczęściej pojawiają się objawy erozji wodnej powierzchniowej, nawet po niewielkich jednorazowych opadach rzędu 5–7 mm, ale których intensywność chwilowa przekracza nawet $100 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$.

Wyniki przedstawionych powyżej analiz zostały wykorzystane do opracowania scenariusza kompleksowych działań rolnośrodowiskowych na obszarze zlewni Mielnicy, których celem byłaby zintegrowana ochrona gruntów przed erozją wodną.

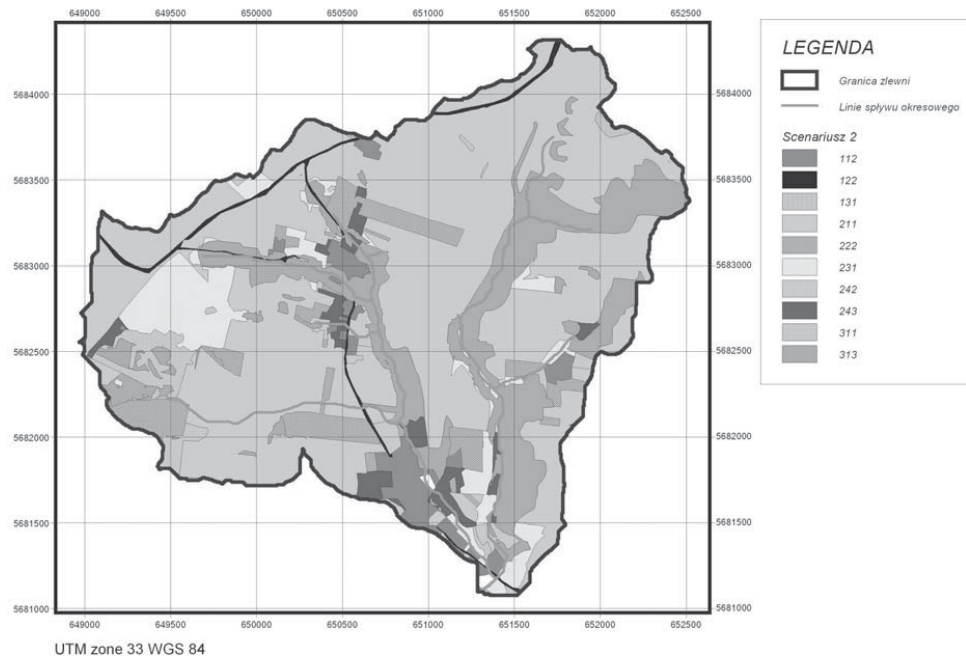
Propozycje działań rolnośrodowiskowych dobrano do warunków lokalnych i opracowano według zaleceń Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej. Zaproponowane działania są zgodne z europejskimi standardami zrównoważonego gospodarowania i produkcji rolnej przyjaznej środowisku. Opracowując scenariusze modelowe, oparto się m.in. na aktach prawa polskiego, dyrektyw Unii Europejskiej oraz zaleceń Komisji Helsińskiej (HELCOM), dostosowując je do uwarunkowań lokalnych i specyfiki obszaru rozpoznanego w trakcie badań oraz wyników analiz GIS przeprowadzonych w ramach niniejszego projektu.

Propozycje zmian w charakterze produkcji rolnej dotyczyły m.in. zagadnień z zakresu: sposobu uprawy roli, struktury użytków rolnych, zmianowania, gospodarki nawozowej, zapobiegania zanieczyszczeniu wód płynących m.in. poprzez wprowadzenie systemów buforowych. Założono, iż wszystkie proponowane zalecenia dobrej agrotechniki należy uzupełnić o zmiany strukturalne w obrębie użytków rolnych na obszarze zlewni. Ze względu na fakt, iż badana

zlewnia ulega silnym procesom degradacji gleb, szczególną uwagę zwrócono na systemy i przestrzenne działania przeciwoerozyjne. Zaproponowano m.in.:

- trwałe zalesianie gruntów na stokach o nachyleniu powyżej 15%,
- trwałe zadarnianie lub uprawy sadownicze na gruntach o nachyleniu 10–15%,
- stosowanie poprzecznostokowego sposobu uprawy roli na gruntach położonych na stokach o nachyleniu do 10%, zwłaszcza na długich skłonach, mimo ich słabszego narażenia na erozję wodną oraz orkę z odkładaniem skib do góry,
- prowadzenie uprawy wstęgowej z naprzemiennym wysiewem roślin okopowych, zbóż, kukurydzy i ochronnych motylkowatych oraz traw, pasy roślinności ochronnej (żyto ozime i łubin) szerokości 10–15 metrów,
- dobór roślin chroniących glebę przed wymywaniem cząstek glebowych, nawozów i środków ochrony roślin, optymalizacja liczby zabiegów uprawowych i nawożeń,
- przeciwoerozyjne zagospodarowanie dróg spływu wód opadowych oraz zabezpieczenie dróg rolniczych.

Powyższe propozycje, po dokonaniu analiz przestrzennych GIS, zostały poszerzone o elementy fitomelioracji, których celem jest m.in. zwiększenie retencji obszarowej, hamowanie spływu wody, rozpraszanie strug i przechwytywanie niesionego materiału glebowego. Całokształt propozycji planistycznych został zobrazowany za pomocą oprogramowania ArcView i przedstawiony w formie opracowania kartograficznego (rys. 1).



RYSUNEK 1. Struktura użytkowania zlewni Mielnicy po uwzględnieniu propozycji zmian przestrzennych (legenda według standardu CORINE): 112 – zabudowa zwarta nieciągła, 122 – drogi, 131 – wyrobisko, 211 – użytki rolne, 222 – sady i uprawy rzędowe, 231 – pastwiska, 242 – złożone struktury uprawowe, 243 – teren użytkowany rolniczo z dużym udziałem roślinności naturalnej, 311 – lasy liściaste, 313 – lasy mieszane

FIGURE 1. Land use pattern according to spatial changes proposals (CORINE standard): 112 – discontinuous urban fabric, 122 – roads, 131 – mineral extraction sites, 211 – non-irrigated arable land, 222 – fruit trees and berry plantations, 231 – pastures, 242 – complex cultivation patterns, 243 – land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation, 311 – broad-leaved forest, 313 – mixed forest

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badania bezpośrednie i analizy przestrzenne stanowią wstępną propozycję wdrożenia zintegrowanego narzędzia analityczno-modelowego wykorzystującego system informacji geograficznej (GIS) oraz cyfrowy model ukształtowania terenu zlewni (DEM). Narzędzie takie, w świetle trwających prac nad ramową dyrektywą glebową, może stanowić istotny element wspomagania decyzyjnego podejmo-

wania niezbędnych działań i zabiegów, mających na celu kompleksową ochronę środowiska glebowego. Przykład analizy erodowanej zlewni Mielnicy wskazuje na wiele problemów, z jakimi niewątpliwie będzie musiało się zmierzyć zarówno nasze ustawodawstwo, jak i praktyka rolnicza, których celem będzie spełnienie wymogów zapisów prawnych ustawodawstwa unijnego przy równoczesnym osiągnięciu najkorzystniejszych rezultatów sprzyjających ochronie środowiska naturalnego i rolniczego. Zdobyte do-

świadczenie pozwala na sformułowanie następujących wniosków końcowych:

1. Warunki meteorologiczne i wynikające z nich warunki hydrologiczne procesów erozji wodnej gleb zachodzących w zlewni wyraźnie wskazują na wzrost ich znaczenia w przekształcaniu denudacyjnym Wzgórz Trzebnickich.
2. Działalność antropogeniczna, wynikająca ze złej organizacji ochrony przeciwerozyjnej rozpatrywanego obszaru, doprowadza do wzrostu znaczenia tego czynnika w degradowaniu gleb zlewni i powstawaniu sprzyjających erozji wodnej warunków tzw. szybkiego sposobu odprowadzania wody ze stoku – spływów powierzchniowych i hipodermicznych.
3. W klasyfikowaniu zlewni pod względem pilności objęcia obszaru ochroną przeciwerozyjną wystarczającym narzędziem jest połączenie metody opracowanej przez IUNG z informacjami uzyskanymi na podstawie analizy numerycznego modelu ukształtowania powierzchni zlewni (NMT). Przeprowadzone w ten sposób rozpoznanie klasyfikuje zlewnię Mielnicy do pierwszego stopnia pilności ochrony, co potwierdzają wnioski z wizji terenowych. Na obszarach zaliczonych do najbardziej zagrożonych (od 3° wzwyż) skutki erozji wodnej powierzchniowej są widoczne nawet po niewielkich opadach.
4. Skuteczne przeciwdziałanie degradacji erozyjnej gleb wymaga prowadzenia kompleksowych działań ochronnych, obejmujących swym zasięgiem całą zlewnię, w szczególności polegających na proekologicz-

nym zagospodarowaniu przestrzennym zlewni rolniczej.

5. Pomimo iż wykorzystanie technologii GIS daje satysfakcjonujące rezultaty, wskazane są dalsze prace rozwojowe nad wykorzystaniem tego narzędzia wspomagania decyzyjnego. Udoskonalanie powinno dotyczyć m.in. wprowadzenia analizy ekonomiczno-własnościowej do konstruowania propozycji scenariuszy zmian zagospodarowania przestrzennego zlewni.

Literatura

- JÓZEFACIUK Cz., JÓZEFACIUK A. 1996: Erozja i melioracje przeciwerozyjne. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- JÓZEFACIUK Cz., JÓZEFACIUK A., NOWOCIEŃ E., WAWER R. 2002: Przeciwerozyjne zagospodarowanie zlewni wyżynnej potoku Grodarz z uwzględnieniem ograniczania powodzi. Monografie i Rozprawy Naukowe 4, Wydaw. IUNG, Puławy.
- NOWOCIEŃ E., WAWER R. 2007: Analiza sieci dróg rolniczych z wykorzystaniem GIS. Studium obszaru zlewni cieką Mielnica. Polskie Towarzystwo Informatyki Przestrzennej. *Roczniki Geomatyki* V, 2: 65–72.
- SZEWRAŃSKI Sz., SZABLA K., WAWEL R., ŻMUDA R. 2007: Ocena przedsięwzięć rolnośrodowiskowych w aspekcie ochrony gleb przed erozją wodną. *Inżynieria Ekologiczna* 18: 101–103.
- SZEWRAŃSKI Sz., WAWER R., ŻMUDA R., HUS T. 2007: Założenia i perspektywy realizacji Strategii Ochrony Gleb UE. WMiŁ 3.
- ZIEMNICKI S. 1950: Zapobieganie i zwalczanie erozji gleb na lessach. W: *Badania nad erozją gleb w Polsce*. Red. S. Baca, J. Ostromecki. PWRiL, Warszawa: 155–188.
- ŻMUDA R. 2006a: Funkcjonowanie systemu transportu fluwialnego w małej zlewni zagrożonej erozją wodną gleb. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rozprawy CCXLIII, 544.

- ŻMUDA R. 2006b: Spływ powierzchniowy i hipodermiczny na erodowanym stoku. *Rocz. AR Pozn. CCCLXXV, Roln.* 65: 273–280.
- ŻMUDA R., SASIK J., SZEWRĄŃSKI S. 2005: Analiza potrzeb zmian zagospodarowania przestrzennego Wzgórz Trzebnickich w aspekcie ochrony przed erozją wodną gleb. *Acta Agrophysica* 5(1): 229–237.
- ŻMUDA R., SZEWRĄŃSKI S., SASIK J., WAWER R. 2006: Erozja wodna gleb na przykładzie geokośmosystemu zlewni Mielnicy. *Roczniki AR w Poznaniu CCCLXXV, Rolnictwo* 65: 281–286.

Summary

The proposal of agri-environmental spatial management of water erosion control in agricultural lands. Results of application of geoinformatic analytical and modeling tool are presented in following paper. The analytical tool was developed for agricultural catchment of the Mielnica Stream, located on the eroded southern slopes

of Trzebnica Hills in Low Silesia district. Land use changes scenarios had been studied there. The main goals were: designing soil erosion control system (basing on good agricultural practices and agri-environmental measures) as well as environmental impacts assessment. Decision Support System for erosion control management was developed on compilation of IUNG methodology and numerical catchment model. A scenario designing was carried out according to eco-physiographic studies as well as to soil cover analyses, meteorological and hydrological monitoring data. It occurred that further studies of economic and ownership aspects of proposed scenarios need to be provided both at farm and catchment scale.

Author's address:

Szymon Szewrański
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Katedra Gospodarki Przestrzennej
ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław
e-mail: szymon.szewranski@up.wroc.pl