

Edyta REGULSKA, Barbara SZEJGIEC

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN
Warszawa, Polska
e-mail: eregulska@twarda.pan.pl, b.szejgiec@twarda.pan.pl

BIOINDYKACJA JAKO FORMA OCENY ZMIAN STRUKTURY KRAJOBRAZU ROLNICZEGO

BIOINDICATION AS FORM OF ASSESSMENT OF CHANGES IN AGRICULTURAL LANDSCAPE

Słowa kluczowe: struktura krajobrazu rolniczego, bioindykacja
Key words: *agricultural landscape structure, bioindication*

Streszczenie

Celem prezentowanej pracy jest zidentyfikowanie obszarów rolniczych zagrożonych zanikiem różnorodności gatunkowej na przykładzie zgrupowania dżdżownic traktowanego jako zastępczy indyktor różnorodności gatunkowej organizmów glebowych. Przeanalizowano najważniejsze cechy charakteryzujące bieżące tendencje w zakresie przestrzennego zróżnicowania rolnictwa w Polsce, a także przeprowadzono szczegółowe badania z wykorzystaniem metody bioindykacyjnej. Wyniki tych dwóch analiz stanowiły podstawę do wskazania trzech typów obszarów o dużym prawdopodobieństwie nasilania się procesów upraszczania struktury krajobrazu, a więc i ryzyka utraty różnorodności biologicznej gleby.

Abstract

The aim of this study is to identify the agricultural areas threatened by biodiversity decline on the example of earthworm assemblages treated as a surrogate indicator of soil organisms' diversity. Authors carried out an analysis of characteristics of current trends in spatial structure of agriculture in Poland. Moreover, detailed study based on the bioindication method was conducted. The results of these two studies were the basis for identifying three types of areas with a high probability of intensification of the process of simplifying the landscape structure, and thus the risk of soil biodiversity loss.

WPROWADZENIE

W koncepcji zrównoważonego rozwoju istotne jest poszukiwanie równowagi pomiędzy aspektami ekonomicznymi i przyrodniczymi działalności rolniczej, kreującej najkorzystniejszy model krajobrazu wiejskiego (sensu Richling i Solon, 2011). Obniżanie wartości ekosystemów rolnych następuje m.in. na skutek przekształcania tradycyjnych wiejskich krajobrazów kulturowych na rzecz wielkoobszarowych monokultur uprawowych, co powoduje znaczne uproszczenia struktury krajobrazu, i wiąże się z likwidacją lub ograniczeniem zasięgu siedlisk półnaturalnych. Stanowi to przyczynę zanikania wielu gatunków związanych z siedliskami marginalnymi (np. miedze, wyspy śródpolne, okrajki czy zagajniki), jak i tymi, bezpośrednio zależnymi od kondycji gleby a jednocześnie mającymi kluczowy wpływ na jej funkcjonowanie.

W naukach geograficznych (ale także rolniczych) badania przekształceń struktury agrarnej w różnych skalach i organizacji przestrzennej wsi – w szczególności opracowania dotyczące użytkowania ziemi oraz liczby, rozkładu i wielkości pól uprawnych oraz wpływu tych elementów na koszty działalności rolniczej – są domeną podejścia ekonomicznego znajdującego swoje odzwierciedlenie m.in. w pracach S. Harasimowicza (2000, 2001), F. Wocha (2007) czy L. Kozłowskiego (2012). Badania zróżnicowania ukształtowania rozłogów działek rolnych uwzględniają również kontekst historyczny, stanowiąc przedmiot badań nad morfogenezą wsi realizowanych np. przez H. Szulc (1995).

W aspekcie bioindykacyjnym, a szczególnie zooindykacyjnym opracowania dotyczą głównie wpływu obecności wysp ekologicznych w krajobrazie rolniczym na różne grupy bezkręgowców (Kajak, Oleszczuk, 2004; Ryszkowski i in., 2009). Zastosowanie podejścia bioindykacyjnego w analizie i ocenie stanu środowiska przyrodniczego i jego komponentów weszło do zestawu standardowych metod badawczych (Roo-Zielińska i in., 2007). Stosowane jest w odniesieniu do różnych poziomów szczegółowości przestrzennej, od poszczególnych ekosystemów (w tym agrocenoz) do krajobrazów w całości (Regulska, 2008, 2014; Regulska i in., 2015).

Celem prezentowanej pracy jest zidentyfikowanie obszarów rolniczych zagrożonych zanikiem różnorodności gatunkowej na przykładzie charakterystyk zgrupowania dżdżownic (*Lumbricidae*) traktowanego jako zastępczy indyktor różnorodności gatunkowej fauny glebowej. W związku z tym uwzględniono: (a) główne cechy struktury agrarnej kraju w ujęciu przestrzennym oraz ukazano zmiany zachodzące w tej kwestii w ostatnich latach, (b) przyrodnicze konsekwencje przyjęcia konkretnych kierunków i sposobów rolniczego użytkowania ziemi (odmienny poziom fragmentacji terenu) na przykładzie dżdżownic = -097 (c) wyznaczono przybliżone zasięgi obszarów najbardziej zagrożonych utratą różnorodności gatunkowej organizmów glebowych w wyniku przyjętego modelu użytkowania ziemi.

METODY I MATERIAŁY

Opracowanie w części dotyczącej kraju ogółem i zróżnicowania przestrzennego bazuje na danych statystycznych GUS (głównie ze spisów rolnych) i GUGiK (o kierunkach wykorzystania przestrzeni). Trzeba podkreślić, że analizowane dane GUS w sposób pośredni wskazują na obszary, w których strukturze występują duże pola uprawne, stanowiąc pewne przybliżenie, pozwalające jednak na poziomie kraju na sformułowanie ogólnych wniosków i wydzielenie zasięgów obszarów o nasileniu zjawiska zwiększania jednostkowej powierzchni monokulturowych działek rolnych i koncentracji na małej liczbie upraw roślinnych.

W części dotyczącej bioindykacji, wykorzystane zostały wyniki badań E. Regulskiej prowadzonych w gminie Dubeninki, w północno-wschodniej części województwa warmińsko-mazurskiego.

Zbioru materiału faunistycznego dokonano w sezonach wiosennych i jesiennych w 2007 i 2008 r. Za pomocą łopaty, pobierano próby z powierzchni 25 cm x 25 cm i 30 cm w głąb profilu, które następnie ręcznie przebierano i przesiewano na sitach. W celu oszacowania zagęszczenia dżdżownic uwzględniono osobniki oznaczone do gatunku i rodzaju. W przypadku biomasy ogólnej wykorzystano również materiał, nie zaszeregowany do powyższych kategorii systematycznych. Próby glebowe pobierano w tej samej lokalizacji co próby faunistyczne.

Na każdym stanowisku badawczym wytyczono po dwa transekty (ok. 200 m każdy). Oba transekty poprowadzono w taki sposób, aby uchwycić maksymalne zróżnicowanie struktury przestrzennej i ograniczyć wpływ ukształtowania terenu na wyniki badań. Na stanowisku Dd transekty znajdowały się w obrębie jednego, homogenicznego pola, zaś w układzie mozaikowym Dm były zorientowane poprzecznie w stosunku do poszczególnych pól przecinając również miedze i drogi polne (ryc. 3). Założono stałe powierzchnie badawcze, z których pobierano próby faunistyczne i glebowe, a ich liczba była dostosowana do powierzchni i przestrzennego zróżnicowania badanych obiektów.

Do analiz statystycznych wykorzystano programy Statistica 7.0 i SAS 9.2. Istotności różnic między charakterystykami ilościowymi zgrupowania dżdżownic na poszczególnych typach pól ustalono za pomocą wieloczynnikowej analizy wariancji (ANOVA), na poziomie istotności ($p=0,05$).

REGIONALNE ZRÓŻNICOWANIE KRAJOBRAZU WIEJSKIEGO – WYBRANE ASPEKTY

Struktura przestrzenna rolnictwa w Polsce została ukształtowana przez szereg szczegółowo omawianych w literaturze przedmiotu czynników, w szczególności: uwarunkowania przyrodnicze (warunki klimatyczne, glebowe czy ukształtowanie powierzchni); uwarunkowania historyczne (zróżnicowana polityka rolna realizowana w poszczególnych zaborach; reforma rolna z 1944 r.) i społeczno-ekonomiczne (przeludnienie agrarne i ukryte bezrobocie; towarowość rolnictwa, kultura rolna). Na

potrzeby tematyki niniejszego artykułu wybrano trzy główne wskaźniki charakteryzujące bieżące tendencje w zakresie struktury agrarnej kraju, są to:

- (1) struktura wielkościowa gospodarstw rolnych,
- (2) przemiany szachownicy gruntów według grup obszarowych gospodarstw rolnych,
- (3) kierunki rolniczego użytkowania ziemi na przykładzie znaczenia gruntów ornych w strukturze użytków rolnych.

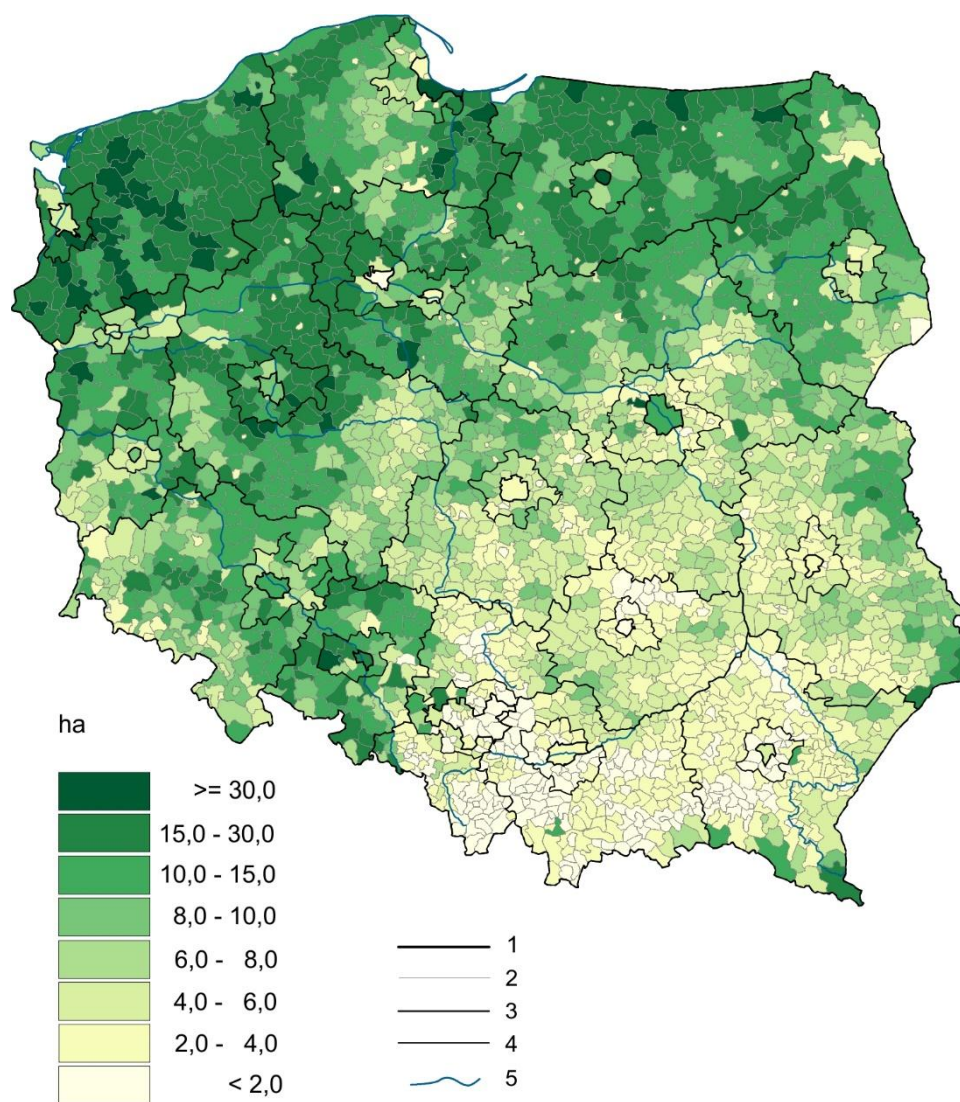
Odnosnie punktu pierwszego, przestrzenny obraz zróżnicowania wielkości gospodarstw rolnych odzwierciedla dawne podziały historyczne, które skutkowały różnymi sposobami przeprowadzenia uwłaszczenia chłopów na terenie poszczególnych zaborów prowadzącymi do silnego rozdrobnienia agrarnego w zaborze austriackim, wykształcenia małych oraz średnich gospodarstw w Królestwie Kongresowym oraz powstania dużych gospodarstw w zachodniej Polsce (ryc. 1). Na uwarunkowania historyczne nałożyły się współczesne procesy przekształcania rolniczej przestrzeni produkcyjnej polegające na powiększaniu gospodarstw ze względu na likwidację Państwowych Gospodarstw Rolnych i konieczność utrzymania ich konkurencyjności w warunkach integracji z UE oraz procesy suburbanizacji wokół miast prowadzące do wykształcenia obszarów wielofunkcyjnych.

W konsekwencji w latach 2002-2010 nastąpił wzrost przeciętnego areалу gospodarstw rolnych, z 8,4 do 9,8 ha (z wyłączeniem gospodarstw o powierzchni do 1 ha). Wzrost średniej powierzchni gospodarstw rolnych nastąpił głównie w wyniku znacznego ubytku gospodarstw najmniejszych (1-5 ha), co skutkowało przyrostem liczby gospodarstw o powierzchni użytków rolnych przekraczającej 50 ha. Zmiany te dotyczyły w dużym stopniu terenów stanowiących w przeszłości własność Skarbu Państwa, tj. północnej i zachodniej części kraju, gdzie duże gospodarstwa rolne są silnie zarysowane w przestrzeni oraz centrum kraju (ryc. 1). Gospodarstwa małe – do 6 ha użytków rolnych – koncentrują się głównie na południu kraju, jednak i na tym obszarze następują zmiany struktury wielkościowej.

W zakresie przemian szachownicy gruntów (punkt 2) – rozproszenie gruntów z jednej strony zwiększa koszty transportu i nakłady pracy, obniżając produktywność gospodarstwa (Głębocki, 2005), a z drugiej w pewnym stopniu zapobiega negatywnym trendom związanym z wprowadzeniem dużych, jednorodnych uprawowo pól. W latach 2002-2010 największe rozproszenie rozłogu nastąpiło w grupie dużych gospodarstw rolnych o powierzchni powyżej 10 ha (odsetek gospodarstw z liczbą działek rolnych 6 i więcej wzrósł w grupie obszarowej 50 i więcej ha z 61,3 do 82,4%), przy czym procesowi temu nie towarzyszył analogiczny wzrost liczby i powierzchni tych gospodarstw (ryc. 2). Tym samym ocena szachownicy pól wskazywałaby na tendencje rozdrabniania rozłogu gospodarstw rolnych, w szczególności gospodarstw o największej powierzchni użytków rolnych.

Jednakże oprócz samej wielkości i liczby działek, istotna jest również struktura zasiewów i stosowanych zmianowań (punkt 3). Dominującym kierunkiem produkcji roślinnej w Polsce od wielu lat jest uprawa zbóż zajmujących ponad 70% powierzchni gruntów ornych (w tym pszenicy około $\frac{1}{4}$), przy malejącym znaczeniu roślin

pastewnych i okopowych. Szczególną rolę zboża odgrywają w gospodarstwach mniejszych (1-10 ha), gdzie w ostatnich latach ich znaczenie w strukturze upraw wzrosło do poziomu około 80%. Wskazuje to na pewne uproszczanie produkcji roślinnej, ograniczające możliwości wprowadzenia odpowiedniego zmianowania. Przykładowo w 2010 r. w zaledwie około 1/3 gospodarstw rolnych stosowano płodozmian na całej powierzchni zasiewów i gruntów ugorowanych, a w nieco ponad 40% – stosowano płodozmian w ogóle na całym lub części obszaru gospodarstwa.



Ryc. 1. Przeciętna powierzchnia użytków rolnych w gospodarstwach rolnych w 2010 r.

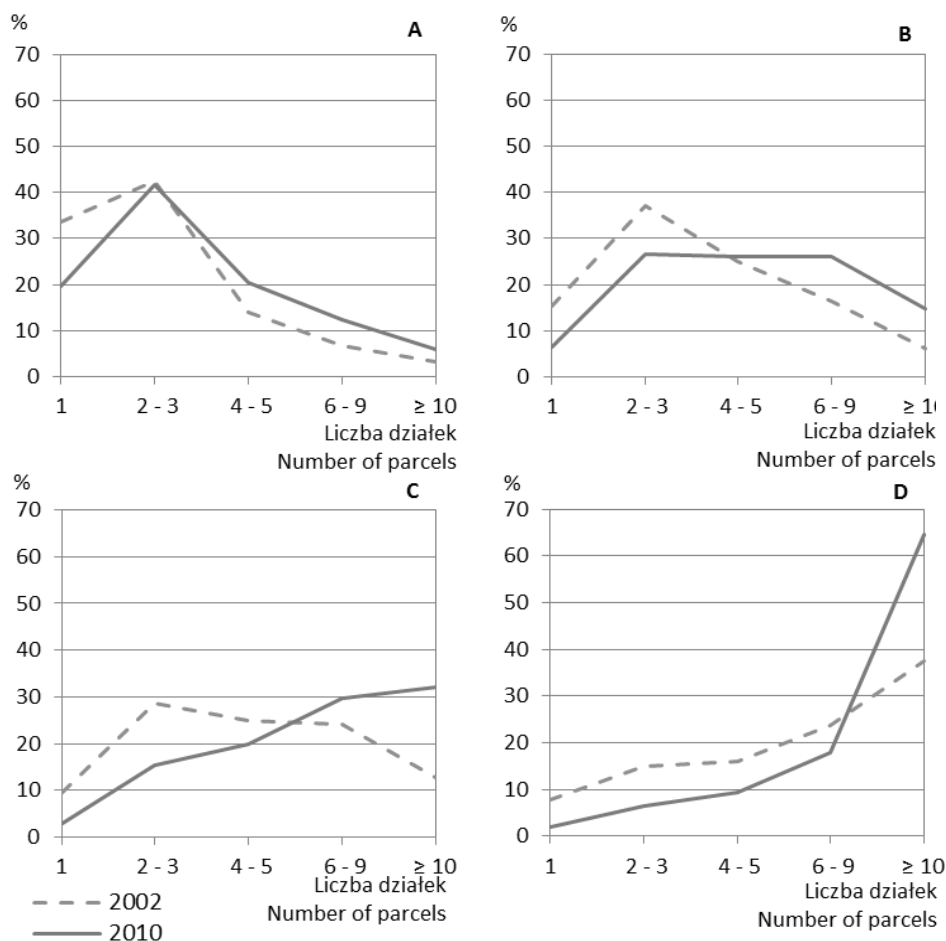
Objaśnienia: 1 – granice województw, 2 – granice gmin, 3 – rdzenie miejskich obszarów funkcjonalnych, 4 – strefy zewnętrzne miejskich obszarów funkcjonalnych, 5 – główne rzeki.

Fig. 1. The average area of agricultural land in farms in 2010.

Explanations: 1 – administrative boundaries of voivodeships, 2 – administrative boundaries of communities, 3 – cores of functional urban area, 4 – peripheries of functional urban area, 5 – main rivers.

Źródło: opracowanie własne E. Regulska, B. Szejgiec na podstawie danych GUS – Bank Danych Lokalnych i Śleszyński 2013.

Source: own elaboration by E. Regulska, B. Szejgiec based on the statistical data of GUS – Local Data Bank and Śleszyński 2013.



Ryc. 2. Liczba działek rolnych w gospodarstwach rolnych o powierzchni: A – 1-5 ha, B – 5-10 ha, C – 10-50 ha i D – 50 ha i więcej w latach 2002 i 2010.

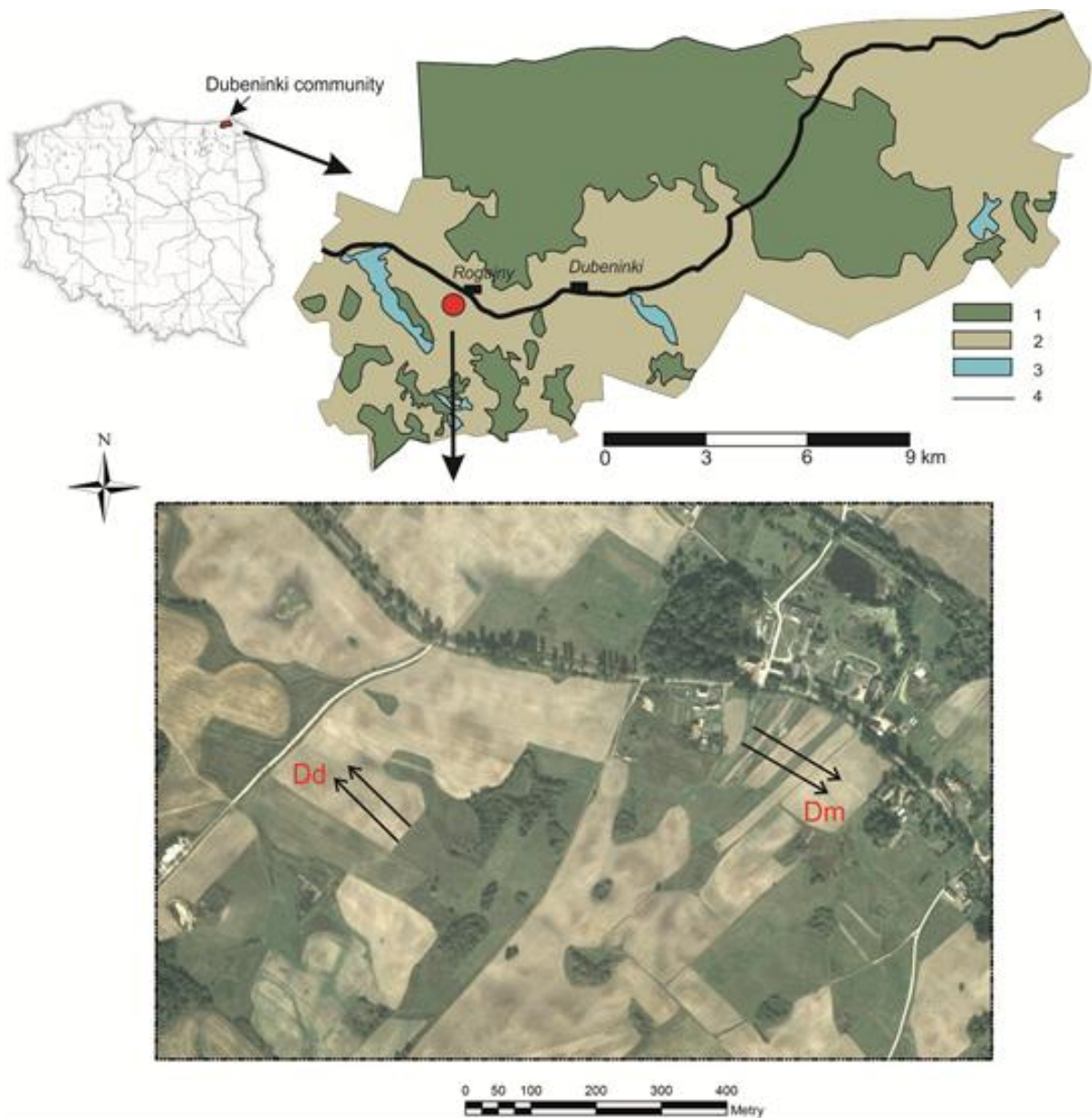
Fig. 2. The number of agricultural parcels in farms with agricultural area of: A – 1-5 ha, B – 5-10 ha, C – 10-50 ha and D – 50 ha and more in 2002 and 2010.

Źródło: opracowanie własne E. Regulska, B. Szejgiec na podstawie danych GUS (Użytkowanie gruntów ..., 2003; Uprawy rolne ..., 2011).

Source: own elaboration E. Regulska, B. Szejgiec based on statistical data of GUS (Użytkowanie gruntów ..., 2003; Uprawy rolne ..., 2011).

WYBÓR TERENU BADAŃ I JEGO CHARAKTERYSTYKA

Badania szczegółowe przeprowadzono w latach 2007 i 2008 we wsi Rogajny w gminie Dubeninki. Zgodnie z regionalizacją fizycznogeograficzną (Kondracki, 2002) badany obszar znajduje się w mezoregionie Pojezierze Zachodniosuwalskie. Gmina Dubeninki ma charakter rolniczo-leśny, lasy zajmują ponad 40% całkowitej powierzchni gminy (ryc. 3). Co więcej, o ile w 2002 r. w rolniczym użytkowaniu ziemi przeważały grunty orne, o tyle w ciągu kolejnych lat nastąpiły zmiany polegające na zmniejszeniu ich areалу do około 40% i zwiększeniu powierzchni pastwisk (ponad ¼ gruntów należących do gospodarstw rolnych).



Ryc. 3. Lokalizacja stanowisk badawczych.

Objaśnienia: kompleks pól małych (Dm) i pole duże (Dd), strzałki oznaczają transekty badawcze, 1 – lasy, 2 – pola uprawne, 3 – jeziora, 4 – główne drogi

Fig. 3. The location of the study areas.

Explanations: complex of arable fields (Dm) and homogeneous arable field (Dd), the arrows indicate the research transects, 1 – forests, 2 – arable lands, 3 – lakes, 4 – main roads

Źródło: opracowanie własne E. Regulska i ortofotomapa z www.geoportal.gov.pl.

Source: own elaboration by E. Regulska and orthophoto from www.geoportal.gov.pl.

Strukturę agrarną w gminie determinowały w dużym stopniu uwarunkowania historyczne. Przed 1990 r. blisko 70% gruntów rolnych na jej terenie było użytkowane przez państwowe gospodarstwa rolne, których grunty w wyniku przemian restrukturyzacyjnych zostały następnie wydzierżawione, sprzedane bądź przeszły w zarząd

byłej AWRSP (Bański, 1998). Stąd też obecnie przeciętna powierzchnia użytków rolnych w gospodarstwie rolnym jest dwukrotnie wyższa niż średnia krajowa, a w strukturze wielkościowej dominują gospodarstwa o powierzchni powyżej 10 ha prowadzące działalność rolniczą na ponad 90% użytków rolnych gospodarstw ogółem. Przyrost liczby i powierzchni gospodarstw największych wynikał ze znacznego ubytku gospodarstw małych (1-5 ha), jak i tych o charakterze siedliskowym – o powierzchni do 1 ha, w pewnym stopniu był również efektem ich wewnętrznego podziału. Przy tak wykształconej strukturze agrarnej w gospodarstwach rolnych położonych na terenie gminy współwystępują zarówno duże, jak i małe pola uprawne (fot. 1).

Sprawą kluczową przy wyborze miejsca badań było niedalekie sąsiedztwo dwóch różnych układów pól, a mianowicie: (a) z utrwaloną przez dziesięciolecia i kontynuowaną obecnie wielkoobszarową gospodarką rolną; (b) kompleksu pól drobnopowierzchniowych od dekad należących do prywatnych właścicieli. W konsekwencji wytypowane zostały dwa stanowiska badawcze we wsi Rogajny (54°17'N, 22°30'E; UTM: EF91): kompleks pól małych (Dm) o ogólnej powierzchni 3,2 ha i średniej powierzchni pola 0,27 ha oraz pole duże (Dd) o powierzchni 19,98 ha (ryc. 3).

Na obydwu obszarach polnych w uprawach zbożowych występuje zbiorowisko chwastów ze skrytkiem polnym z podzwiazku *Aphanenion arvensis* (R.Tx. et J.Tx., 1960). Na stanowisku Dd dominują gleby płowe zbudowane z piasku gliniastego mocnego, natomiast na Dm gleby brunatne zbudowane z gliny lekkiej.



Fot. 1. Stanowiska badawcze – Dd (po lewej stronie) i Dm (po prawej stronie) (fot. E. Regulska).
Photo 1. Study areas – Dd (on the left) and Dm (on the right) (photo by E. Regulska).

WYNIKI

Studium przypadku – podejście bioindykacyjne

Szczegółowe badania przyrodnicze bazujące na metodzie bioindykacyjnej mogą być prowadzone w skali lokalnej np. wsi czy tak jak w tych badaniach – pojedynczych gospodarstwach rolnych. Analiza zebranych danych potwierdziła, że obszary polne o odmiennej strukturze przestrzennej, a co się z tym wiąże różnych warunkach ekologicznych, różniły się składem gatunkowym i liczbą gatunków dżdżownic. Łącznie zarejestrowano obecność 8 gatunków, z czego 8 na stanowisku Dm i 5 na stanowisku Dd. Stwierdzono 5 gatunków wspólnych dla omawianych obszarów oraz 3 gatunki występujące tylko w kompleksie pól małych. Ponadto 2 z 3 grup ekologicznych były liczniej reprezentowane również w układzie heterogenicznym (tab. 1).

Tab. 1. Skład gatunkowy zgrupowań dżdżownic z przypisaniem do grup ekologicznych
Tab. 1. The species composition of earthworms community along with the assignment to ecological groups

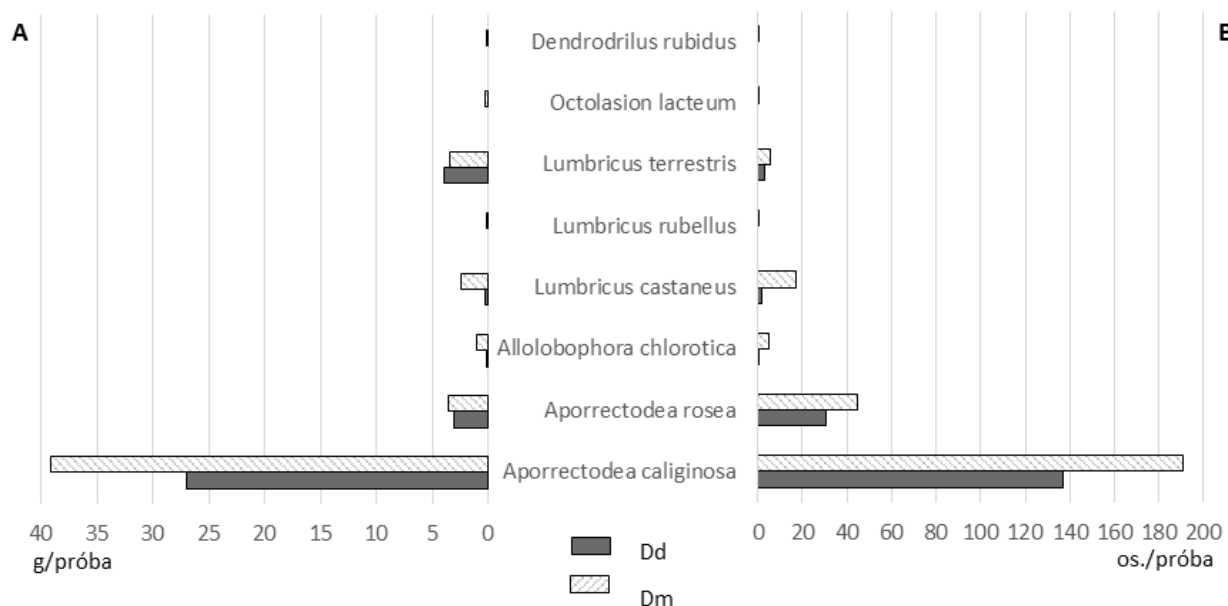
Dm	Dd
Aporrectodea caliginosa ^a	Aporrectodea caliginosa ^a
Aporrectodea rosea ^a	Aporrectodea rosea ^a
Allolobophora chlorotica ^a	-
Octolasion lacteum ^a	-
Lumbricus castaneus ^b	Lumbricus castaneus ^b
Dendrodrilus rubidus ^b	-
Lumbricus rubellus ^b	Lumbricus rubellus ^b
Lumbricus terrestris ^c	Lumbricus terrestris ^c

Objaśnienia: Dm – kompleks pól małych, Dd – pole duże, „a” – gatunki glebowe (endogeic) zamieszkują podłoże mineralne, ale odżywiają się organiczną substancją pochłanianą z glebą, drążą kanały o przebiegu głównie poziomym; „b” – gatunki powierzchniowe (epigeic) zamieszkują ściółkę i odżywiają się rozkładającymi się resztkami roślin, nie drążą kanałów; „c” – gatunki głęboko kopiące (anecic) zamieszkują glebę i odżywiają się resztkami roślin, które wciągają w głąb profilu. Drążą kanały o przebiegu pionowym, nawet do 3 m).

Explanations: Dm – mosaic of small fields, balks and field tracks, Dd – large, homogenous field, „a” – endogeic species live in and feed on the soil, they make horizontal burrows through the soil; „b” – epigeic species earthworms live and feed on the surface of the soil in leaf litter, tend not to make burrows; „c” – anecic species of earthworms form vertical burrows down to 2 meters into the soil but feed on fresh surface litter which it pulls down into its burrow.

Biomasa i zagęszczenie poszczególnych gatunków dżdżownic były również wyższe na stanowisku Dm (poza *L. terrestris*). Biomasa mieściła się w przedziale 0–2,44 g·m⁻² (*D. rubidus* – *A. caliginosa*) w porównaniu do stanowiska Dd, gdzie wahało się w granicach 0–1,69 g·m⁻². Zagęszczenie wyniosło odpowiednio 0,01–11,91 i 0–8,58 os·m⁻² (ryc. 4).

Biomasa ogółem zgrupowania dżdżownic była także wyższa na stanowisku Dm i wahała się w granicach 0–330,08 g·m⁻² (średnio 56,7) w porównaniu do stanowiska Dd, gdzie mieściła się w przedziale 0,8–136,16 g·m⁻² (średnio 37,5). Zagęszczenie wyniosło odpowiednio 0–1296 os·m⁻² (średnia 276,5) i 16–672 os·m⁻² (średnio 185,3) (tab. 2-3).



Ryc. 4. Porównanie stanowisk badawczych pod względem: A – biomasy i B – zagęszczenia.

Fig. 4. Study areas comparison in the context of: A – biomass and B – density.

Tab. 2. Średnie wartości biomasy (g·m⁻²) zgrupowań Lumbricidae

Tab. 2. The mean values of the biomass (g·m⁻²) of earthworms community

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Średnia <i>Mean</i>		Odchylenie Standardowe <i>Standard deviation</i>		p(ANOVA)
	Dm	Dd	Dm	Dd	
Okres badawczy 2007-2008 <i>Research period</i>	56,7	37,5	3,65	1,87	< 0,0001
2007	66,1	43,6	4,61	1,94	0,0029
2008	47,3	31,5	2,20	1,75	0,0026
Wiosny (<i>Springs</i>)	25,1	20,0	1,49	0,92	0,2360
Jesienie (<i>Autumns</i>)	88,3	55,1	4,08	1,95	0,0001

Objaśnienia: wiosny – wiosny 2007 i 2008 r. łącznie, jesienie – jesienie 2007 i 2008 r. łącznie.

Explanations: springs – spring 2007 and 2008 cumulatively, autumns – autumn 2007 and 2008 cumulatively.

Tab. 3. Średnie wartości zagęszczenia (os·m⁻²) zgrupowań *Lumbricidae*
Tab 3. The mean values of the density (ind·m⁻²) of earthworms community

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Średnia <i>Mean</i>		Odchylenie standardowe <i>Standard deviation</i>		p(ANOVA)
	Dm	Dd	Dm	Dd	
Okres badawczy 2007-2008 <i>Research period</i>	276,5	185,3	15,14	8,48	< 0,0001
2007	288,6	216,0	18,51	9,35	0,0099
2008	264,4	154,7	10,84	7,13	< 0,0001
Wiosny (<i>Springs</i>)	146,3	121,3	7,52	6,33	0,1695
Jesienie (<i>Autumns</i>)	406,7	249,3	16,45	8,53	< 0,0001

Objaśnienia: tab. 2. **Explanations:** tab. 2.

Dane zawarte w dwóch powyższych tabelach wskazują na istotne statystycznie zależności między stopniem fragmentacji stanowiska badawczego a charakterystykami ilościowymi zgrupowania *Lumbricidae* (biomasą i zagęszczeniem). Zależności te zarysowują się zarówno dla ujęcia łącznego, jak i dla poszczególnych lat badań. Przy czym, wartości te uśrednione dla całego roku, są następstwem odmienności zgrupowań w sezonie jesiennym ($p < 0,001$), albowiem sezony wiosenne, znacznie uboższe pod względem występowania dżdżownic, nie różnią się istotnie między badanymi obszarami. Wpływ struktury przestrzennej układów polnych na specyfikę zgrupowań dżdżownic podkreślają jeszcze różnice w odchyleniach standardowych, które (oprócz okresów wiosennych) były od półtora do prawie dwukrotnie wyższe w kompleksie pól małych niż na polu dużym.

Przestrzenny zasięg zagrożeń utraty różnorodności organizmów glebowych – ekstrapolacja wyników

Wyniki badań szczegółowych z zastosowaniem podejścia bioindykacyjnego, analiza literatury badań tego zagadnienia oraz ocena charakteru i struktur gospodarki rolnej całego kraju stanowiły podstawę do wskazania zagrożeń związanych z ograniczaniem bioróżnorodności organizmów glebowych (na przykładzie *Lumbricidae*) w kontekście prowadzenia gospodarki rolnej oraz wyznaczania zasięgów obszarów najsilniej narażonych na te procesy.

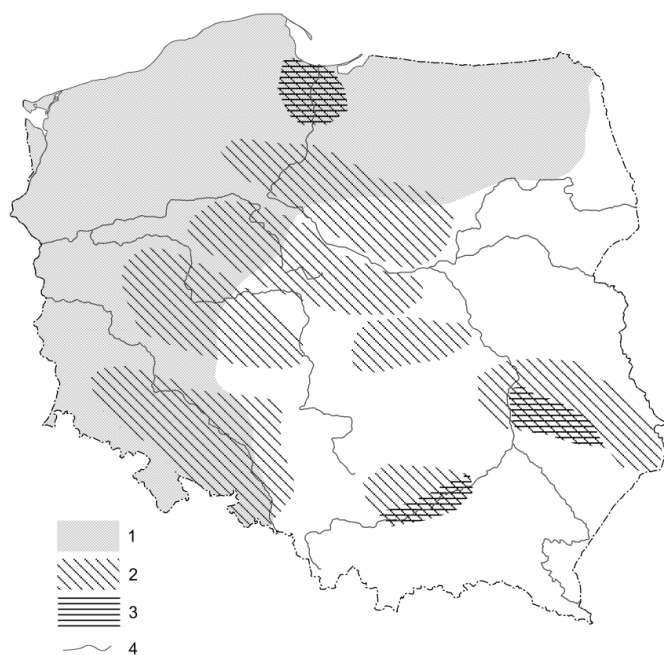
W efekcie, na podstawie kryterium wielkości gospodarstw rolnych, wykorzystania ziemi a wtórnie także ukształtowania terenu i innych cech krajobrazu, zidentyfikowano i przestrzennie wydzielono 3 typy obszarów o dużym prawdopodobieństwie nasilania się procesów upraszczania struktury krajobrazu, a więc i ryzyka utraty różnorodności biologicznej gleby:

a) typ I – odpowiednik gminy ze studium przypadku – tereny charakteryzujące się dużą przeciętną wielkością gospodarstw rolnych; typ będący w znacznym stopniu wynikiem historycznych uwarunkowań; obejmuje głównie tereny uzyskane

po II wojnie światowej, które zagospodarowano powołanymi do tego celu państwowymi gospodarstwami rolnymi, zasięg przestrzenny obejmuje tereny północnej i zachodniej Polski (ryc. 5, por. ryc. 1);

b) typ II – tereny o najlepszych warunkach przyrodniczych do prowadzenia działalności rolniczej, typ charakteryzujący się urodzajnymi glebami, co w kierunkach zagospodarowania przestrzennego znajduje swoje odzwierciedlenie w wysokim udziale gruntów ornych w powierzchni ogółem, jak i powierzchni gospodarstw rolnych, zasięg przestrzenny obejmuje Wyżynę Małopolską i Lubelską, Żuławy Wiślane, Nizinę Śląską, Wielkopolskę i Kujawy (ryc. 5); wyjątek stanowią obszary, na których, mimo dominacji pól uprawnych, ukształtowanie terenu nie pozwala na wielkoobszarowy charakter gospodarki rolnej (podtyp IIa) – czyli tam gdzie: (1) dominują wyraziste elementy erozyjnego krajobrazu lessowego w postaci np. wąwozów czy parowów (np. część Wyżyny Lubelskiej); (2) występują strome stoki i znaczne spadki terenu, które utrudniają mechanizację prac rolnych (Wyżyna Małopolska); (3) tereny charakteryzują się depresyjnym i przydepresyjnym położeniem, co wiąże się z koniecznością ochrony przeciwpowodziowej, a więc wprowadzeniem do krajobrazu urządzeń melioracyjnych – kanałów i zbiorników wodnych, jazów, wałów ochronnych, sieci rowów odwadniających i innych (Żuławy Wiślane);

c) typ III – o rozproszonym charakterze; występujący w praktyce w sposób miejscowy na wykorzystywanym rolniczo terytorium całego kraju, również na terenach o bardziej rozdrobnionej strukturze agrarnej, tj. z wyjątkiem obszarów zurbanizowanych ośrodków miejskich i ich bliskiej strefy funkcjonalnej.



Ryc. 5. Zarys zasięgów głównych obszarów użytkowanych rolniczo zagrożonych utratą bioróżnorodności gleby.

Objaśnienia: 1 – typ I, 2 – typ II, 3 – podtyp IIa, 4 – główne rzeki.

Fig. 5. The geographical coverage of main areas used for agriculture at risk of loss of soil biodiversity.

Explanations: 1 – type I, 2 – type II, 3 – subtype IIa, 4 – main rivers.

Na tak zdefiniowanych typach obszarów na zagrożenie utratą różnorodności biologicznej gleby wpływa zespół czynników ryzyka, czyli przeciętna wielkość pól uprawnych, intensywność upraw polowych vs. łąki i pastwiska, zróżnicowanie gatunkowe roślin uprawnych,

które w połączeniu z brakiem współwystępowania naturalnych i półnaturalnych elementów krajobrazu tworzą warunki sprzyjające zanikaniu różnorodności gatunkowej, liczebności i biomasy organizmów glebowych.

Można przypuszczać, że największe zagrożenie występuje na obszarach na styku I i II typu, tj. zachodnia część Niziny Śląskiej, wschodnia – Niziny Śląsko-Łużyckiej, część makroregionu Niziny Południowowielkopolskiej, Pojezierzy Wielkopolskiego, Południowopomorskiego i Chełmińsko-Dobrzyńskiego; dopiero w dalszej kolejności – na pozostałych wyznaczonych zasięgach obszarów.

DYSKUSJA I WNIOSKI

Krajobraz rolniczy Polski jest silnie zróżnicowany regionalnie. Rolnictwo, jako główny sektor gospodarki na obszarach wiejskich (wyłączając strefy podmiejskie dużych miast, Śleszyński 2013) odgrywa istotną rolę w formowaniu struktur przestrzennych. Uwarunkowania historyczne oraz współczesne trendy w zakresie intensywności i sposobu użytkowania ziemi ukształtowały różne typy krajobrazu wiejskiego od krajobrazu mozaikowego charakteryzującego się zróżnicowanym układem pól rozdzielonych miedzami i zadrzewieniami śródpolnymi przez formy pośrednie po krajobraz monokulturowy odznaczający się wielkopowierzchniowymi polami uprawnymi i uproszczonymi strukturami pozostałych elementów krajobrazu, co znajduje swoje odzwierciedlenie w najnowszej regionalizacji krajobrazowej opracowanej przez J. Plit (Plit, 2015).

Z uwagi na zróżnicowane procesy kształtowania środowiska rolniczego i produkcyjną funkcję gleb, współcześnie kwestie racjonalnego gospodarowania środowiskiem glebowym i monitorowania zmian w nim zachodzących są szczególnie istotne w zarządzaniu obszarami wiejskimi (Krasowicz i in., 2011). Metody bioindykacyjne, bazujące na gruntownej wiedzy o reakcji organizmów na warunki zewnętrzne, w tym na zakłócenia i stres, mogą być wykorzystywane w ciągłych obserwacjach o charakterze monitoringowym, w tym w ocenie efektywności przyrodniczej programów rolnośrodowiskowych.

Wyniki uzyskane na podstawie studium przypadku w Polsce Północno-Wschodniej, odnoszące się do zidentyfikowanego typu pierwszego, pozwalają przypuścić, że charakterystyki zgrupowania dżdżownic uwarunkowane są strukturą przestrzenną analizowanych obszarów polnych. W kompleksie pól małych stwierdzono większą różnorodność gatunkową, ogólną biomasę i zagęszczenie, ponadto liczniejszą reprezentację gatunków w dwóch grupach ekologicznych w porównaniu do obszaru homogenicznego. Stwierdzone różnice w charakterystykach zgrupowania dżdżownic dobrze odpowiadają sytuacjom w innych regionach, gdyż zwykle w systemach rolnych nie odnotowuje się więcej niż 7 gatunków (Kovács-Hostyánszki i in., 2013). Ponadto występowanie w układzie mozaikowym gatunków o szerokim zakresie tolerancji (tj. *A. caliginosa*, *A. rosea* i *L. rubellus*) w towarzystwie gatunków najbardziej wrażliwych (tj. *A. chlorotica*, *L. castaneus*) wskazuje na stosowanie mniej

intensywnych praktyk rolniczych oraz na bardziej zróżnicowane warunki ekologiczne – czyli obecność wysp, miedz i dróg śródpolnych, roślinności ruderalnej i zagajników.

Reasumując, wprowadzenie monokultur uprawowych i upraszczanie struktury krajobrazu może stanowić ryzyko dla różnorodności gatunkowej organizmów glebowych odpowiedzialnych za prawidłowe funkcjonowanie ekosystemu warstwy ornej gleby. Oznacza to, że taki rodzaj prowadzonych praktyk rolniczych, może prowadzić do zubożenia biologicznego gleby, a w dłuższej perspektywie spadku jej produktywności. W związku z tym, można przypuszczać, że największe zagrożenie występuje na obszarach stykowych, których zasięg przestrzenny obejmuje współwystępowanie typów I i II, położonych w pasie o układzie zbliżonym do południkowego od Niziny Śląskiej na południu po Pojezierze Krajeńskie na północy.

W warstwie aplikacyjnej odpowiedzią polityki rolnej na opisane zagrożenia jest wprowadzenie instrumentów kształtujących praktyki rolnicze w celu ograniczenia lub wyeliminowania ryzyka utraty bioróżnorodności gleby. Dzięki finansowym zachętom istnieje możliwość kształtowania odpowiednich struktur rolnych korzystnych dla klimatu i środowiska, czyli głównie różnicowania upraw, jak i utrzymania obszarów proekologicznych na gruntach ornych. Warto jednak podkreślić, że o skuteczności tych narzędzi decydować będzie powszechność ich zastosowania na terenach najbardziej tego wymagających. Obecnie nadal jednak w niewielkim stopniu instrumenty te są wykorzystywane, a jeśli są to często na obszarach podlegających już jakiejś formie ochrony lub/i użytkowanych raczej w ekstensywny sposób np. na obszarach objętym programem NATURA 2000, gdzie w użytkowaniu gruntów istotnym elementem są nie tylko pola uprawne, ale też łąki i pastwiska, tj. w województwach pomorskim, zachodniopomorskim i warmińsko-mazurskim.

Sytuacja w zakresie efektywności działań może ulec zmianie w rezultacie ewolucji WPR. O ile w poprzednich perspektywach finansowych wspólnej polityki rolnej realizowanej na terytorium kraju (2004-2006 i 2007-2013) działania rolnośrodowiskowe funkcjonowały wyłącznie w ramach drugiego filaru polityki rolnej (rozwój obszarów wiejskich), co wymagało od właścicieli użytków rolnych podjęcia dodatkowych działań w celu uzyskania wsparcia, o tyle w obecnym okresie finansowania (2014-2020), wsparcie praktyk nastawionych na zachowaniu różnorodności terenów rolniczych wprowadzono, obok programu rolnośrodowiskowego, również w ramach powszechnego systemu płatności bezpośrednich (tzw. płatność na zazielenienie).

LITERATURA

- Bański J., 1998: Gospodarka ziemią w Polsce w okresie restrukturyzacji, Warszawa.
- Głębocki B., 2005: Struktura agrarna - zmiany po 12 latach restrukturyzacji polskiego rolnictwa (199-2002), [w:] (red. B. Głębocki) Struktura przestrzenna rolnictwa Polski u progu XXI w.: 45-99.
- Harasimowicz S., 2000: Ekonomiczna ocena rozłogu gruntów gospodarstw rolnych. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Krakowie, Kraków.
- Harasimowicz S., 2001: Wpływ podstawowych cech rozłogu pola na koszty jego uprawy, Przegląd Geodezyjny nr 12: 10-15.
- Kajak A., Oleszczuk M., 2004: Effect of shelterbelts on adjoining cultivated fields: patrolling intensity of carabid beetles (Carabidae) and spiders (Araneae). Polish Journal of Ecology 52 (2): 155-172.
- Kondracki J., 2002: Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kozłowski L., 2012: Rozłogi wsi, jako treść krajobrazu [w:] (red. K. Kurowska, M. Gwiaździńska-Goraj) Planowanie rozwoju przestrzeni wiejskiej, Studia Obszarów Wiejskich, 29: 9-30.
- Krasowicz S., Oleszek W., Horabik J., Dębicki R., Jankowiak J., Stuczyński T., Jadczyżyn J., 2011: Racjonalne gospodarowanie środowiskiem glebowym Polski. Polish Journal of Agronomy, 7: 43-58.
- Kovács-Hostyánszki A., Elek Z., Balázs K., Centeri C., Falusi E. i in., 2013: Earthworms, spiders and bees as indicators of habitat quality and management in a low-input farming region – A whole farm approach. Ecological Indicators 33: 111-120.
- Plit J., 2015: Regionalizacja współczesnych krajobrazów Historyczno – kulturowych Polski. Mapy krajobrazów kulturowych Polski. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego 27: 79-94
- Przemiany agrarne, 2003: Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Olsztynie, Olsztyn.
- Regulska E., 2008. Ocena stanu środowiska przyrodniczego krajobrazów z zastosowaniem wskaźników faunistycznych [w:] (red. T.J. Chmielewski) Struktura i funkcjonowanie systemów krajobrazowych: Meta-analizy, modele, teorie i ich zastosowania. Problemy Ekologii Krajobrazu 21, Lublin, Wydawnictwo Print 6: 193-205.
- Regulska E., Solon J., Kruczkowska B., 2014. Zooindykacja w badaniach krajobrazowych: relacje między wskaźnikami faunistycznymi a właściwościami gleb i fragmentacją pól uprawnych Polski północno-wschodniej, [w:] (red. J. Solon, E. Regulska, A. Affek) Współczesne metody badań krajobrazu. Ekologii Krajobrazu 38, IGiPZ PAN, PAEK Warszawa.
- Regulska E., 2015. Is there a place of bioindication in the geographical sciences? A focus on two groups (*Carabidae* and *Araneae*). Geographia Polonica 88 (dostęp on-line: <http://dx.doi.org/10.7163/GPol.2015.2>).
- Richling A., Solon J., 2011. Ekologia krajobrazu. Warszawa, PWN.

- Roo-Zielińska E., Solon J., Degórski M., 2007. Ocena stanu i przekształceń środowiska przyrodniczego na podstawie wskaźników geobotanicznych, krajobrazowych i glebowych. Monografie 9, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Ryszkowski L., Karg J., Glura M., 2009. Influence of agricultural landscape structure on diversity of insect communities. *Polish Journal of Ecology* 57 (4): 749-765.
- Szulc H., 1995. Morfogeneza osiedli wiejskich w Polsce, *Prace Geograficzne*, 163, Wrocław.
- Śleszyński P., 2013. Delimitacja Miejskich Obszarów Funkcjonalnych stolic województw, *Przegląd Geograficzny*, 85: 173-197.
- Uprawy rolne i wybrane elementy metod produkcji roślinnej – Powszechny Spis Rolny 2010, 2011. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Użytkowanie gruntów – Powszechny Spis Rolny 2002, 2003. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Woch F., 2007. Organizacja przestrzenna gospodarstw rolniczych oraz jej wpływ na efektywność gospodarowania. *Studia i raporty 7/2007*, PINB Puławy.

ŹRÓDŁA ELEKTRONICZNE

Bank Danych Lokalnych, www.stat.gov.pl.

Tab. 1, 2, 3: E. Regulska.

Ryc. 4, 5/ Fig 4, 5: E. Regulska, B. Szejgiec.