

Beata Feledyn-Szewczyk

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

BIORÓŻNORODNOŚĆ JAKO WSKAŹNIK MONITOROWANIA STANU ŚRODOWISKA*

Słowa kluczowe: bioróżnorodność, środowisko, usługi ekosystemowe, wskaźniki bioróżnorodności, monitoring bioróżnorodności

Wstęp

Wyzwaniem dla współczesnego rolnictwa, które powinno respektować zasady zrównoważonego rozwoju, jest godzenie celów produkcyjnych, ekonomicznych i ekologicznych. Produkcja rolna odbywa się w oparciu o zasoby środowiska: glebę, wodę, powietrze oraz bioróżnorodność i nie powinna wpływać negatywnie na jego składniki i funkcje. Bioróżnorodność w rolnictwie spełnia wiele ważnych funkcji, takich jak: zapylenie roślin uprawnych, biologiczna ochrona upraw, utrzymanie właściwej struktury i żyzności gleby, ochrona gleby przed erozją, obieg składników pokarmowych, kontrola przepływu i dystrybucji wody (32). Utrata różnorodności biologicznej stanowi duże zagrożenie dla gospodarki człowieka (19). Zgodnie z wymogami Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) oraz dyrektywami UE i przepisami krajowymi w zakresie ochrony środowiska, rolnicy powinni stosować metody produkcji, które chronią różnorodność biologiczną. Istnieje szereg instrumentów w ramach WPR, które mają na celu wsparcie działań rolnika w celu zachowania i zwiększania różnorodności biologicznej agroekosystemów (minimalne normy i wymagania wzajemnej zgodności – ang. *cross-compliance*, działanie „zazielenienie”, działanie rolno-środowiskowo-klimatyczne, rolnictwo ekologiczne, gospodarowanie na obszarach Natura 2000). Przepisy UE wymagają monitorowania stanu różnorodności biologicznej w krajach członkowskich, w tym także w zakresie bioróżnorodności na obszarach wiejskich oraz skuteczności różnych programów działań (12). Ocena i monitoring bioróżnorodności może być prowadzony w różnych skalach przestrzennych, co wpływa na dobór metod i wskaźników.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.8 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

Znaczenie bioróżnorodności dla zachowania właściwego stanu środowiska i ekosystemów rolniczych

Bioróżnorodność definiowana jest jako zmienność żywych organizmów zamieszkujących wszystkie środowiska oraz zmienność systemów ekologicznych, których częścią są te organizmy, przy czym tak ujęta zmienność obejmuje różnorodność wewnątrzgatunkową, międzygatunkową i różnorodność ekosystemów (46). Znaczenie różnorodności biologicznej wypromowała Konwencja o różnorodności biologicznej, ustanowiona podczas Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 r., zobowiązująca państwa sygnatariuszy do podejmowania działań zmierzających do ochrony bioróżnorodności.

Bioróżnorodność ma ogromne znaczenie dla właściwego funkcjonowania ekosystemów na Ziemi i warunkuje dostarczanie ludzkości różnych usług ekosystemowych. Usługi ekosystemowe są definiowane jako korzyści, które ludzie uzyskują z ekosystemów i dzielą się na cztery kategorie: **zaopatrzeniowe** (np. produkcja żywności, drewna, paliw, zaopatrzenie w wodę), **regulacyjne** (np. regulacja składu powietrza, klimatu, zanieczyszczeń oraz procesy biologiczne), **wspomagające** (m.in. krążenie pierwiastków, produkcja pierwotna, tworzenie gleby, funkcja siedliskowa, cykl hydrologiczny) oraz **kulturowe** (funkcje rekreacyjne, estetyczne, edukacyjne); (28). Bioróżnorodność odgrywa ważną rolę w tworzeniu każdej z usług ekosystemowych. Może dostarczać żywności, zasobów genowych dla hodowli nowych odmian roślin i ras zwierząt oraz nowych substancji aktywnych dla medycyny (24). Determinuje wiele podstawowych funkcji ekosystemów, takich jak obieg pierwiastków, produkcja roślinna, odporność ekosystemów na stresy. W usługach kulturowych pełni funkcje estetyczne, rekreacyjne i duchowe (39). Powiązania między bioróżnorodnością a świadczeniami ekosystemowymi są różnie postrzegane przez autorów (24). Według niektórych opinii, obecnie nie jesteśmy w stanie w pełni ocenić i docenić relacji między bioróżnorodnością a usługami ekosystemowymi, których ona dostarcza (44).

Według *Stawickiej* (40) zachowanie bogactwa gatunkowego ma dla człowieka znaczenie praktyczne, etyczne i estetyczne. Według autorki najważniejszymi argumentami przemawiającymi za utrzymaniem dużej bioróżnorodności są: równowaga w przyrodzie, prawidłowe użycie zasobów żywych i względy etyczne. Złożone interakcje pomiędzy organizmami tworzą skomplikowaną sieć ekologiczną, która utrzymuje życie na naszej planecie. Podejście utylitarne związane jest z bezpośrednim czerpaniem korzyści z zasobów środowiska (produkcja żywności, leków, pozyskiwanie surowców, wykorzystanie różnorodności gatunkowej w zastosowaniach biologii molekularnej) oraz z utrzymywaniem stanu umożliwiającego podtrzymanie cywilizacji (48). Wiele gatunków roślin, zwierząt, bakterii i grzybów uważamy za bezużyteczne i zbędne, ponieważ niewiele wiemy o potencjale w nich tkwiącym. Dlatego utrata nawet niewielkich zasobów przyrody, tak mało jeszcze poznanej, może mieć poważne skutki ekonomiczne i społeczne. Od jakości środowiska zależy

rozwój turystyki i rekreacji, jak również zdrowie człowieka. Ludzie mają moralny obowiązek przekazać Ziemię następnym pokoleniom w stanie jak najmniej zmienionym, z całym bogactwem i pięknem przyrody. Zgodnie z nakazami etyki ekologicznej, obowiązuje zasada poszanowania życia wszystkich bytów (40).

Bioróżnorodność w ekosystemach rolniczych tworzy różnorodność gatunków i odmian roślin uprawnych oraz gatunków i ras zwierząt hodowlanych oraz bioróżnorodność roślin i zwierząt dzikich. Do najważniejszych funkcji bioróżnorodności, które mają bezpośredni lub pośredni wpływ na plonowanie roślin uprawnych należą: zapewnianie obiegu składników pokarmowych, utrzymanie zapylaczy, utrzymywanie równowagi wśród patogenów i szkodników roślin uprawnych, ochrona gleby przed erozją i korzystne oddziaływanie na jej strukturę oraz regulacja stosunków wodnych (32, 42). Hillebrandt i Matthiessen (14) uważają, że dla funkcjonowania ekosystemu ważna jest nie tylko bioróżnorodność jako liczba gatunków, ale przede wszystkim ich skład, liczebność poszczególnych gatunków oraz grupy funkcjonalne. Istotne dla funkcjonowania ekosystemów jest nie tylko zachowanie dużej różnorodności biologicznej, ale także gatunków kluczowych, których usunięcie z ekosystemu powoduje trwałe i nieodwracalne zmiany w funkcjonowaniu całych zespołów organizmów (4). Działalność rolnicza, w zależności od stopnia intensywności gospodarowania, może sprzyjać utrzymywaniu lub nawet zwiększaniu bioróżnorodności, bądź wpływać ograniczająco na bogactwo gatunkowe i liczebność populacji różnych organizmów wchodzących w skład agroekosystemów.

Zagrożenia dla bioróżnorodności i działania na rzecz powstrzymania utraty bioróżnorodności w agroekosystemach

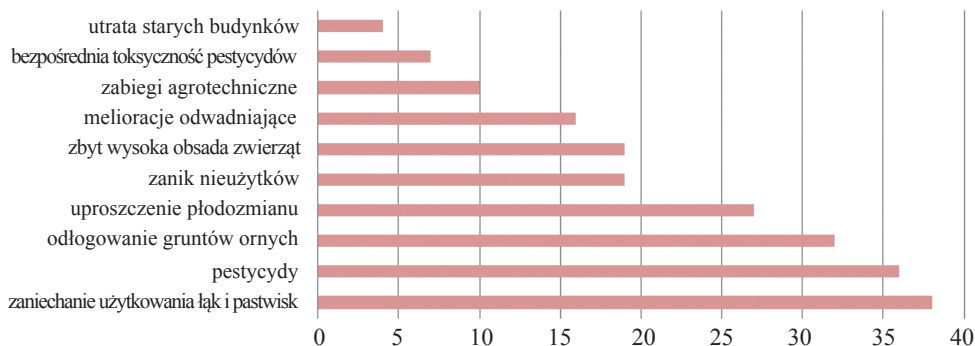
Utrata różnorodności biologicznej ekosystemów stanowi zagrożenie dla właściwego funkcjonowania naszej planety, w dalszej konsekwencji dla gospodarki i ludzkości (7, 19). Wskaźniki wymierania gatunków i utraty siedlisk na świecie są obecnie bardzo wysokie. Tempo wymierania gatunków, spowodowane głównie działalnością człowieka, obecnie jest od 100 do 1000 razy wyższe niż tempo wymierania gatunków występujące w warunkach naturalnych, niezakłóconych przez człowieka (12). Według danych zgromadzonych przez FAO (10), ponad 60% światowych ekosystemów uległo degradacji lub jest niewłaściwie wykorzystywanych, a od 1990 r. na całym świecie utracono ok. 75% różnorodności genetycznej upraw rolniczych.

Główne zagrożenia dla siedlisk przyrodniczych oraz gatunków roślin i zwierząt związane są z rolnictwem, leśnictwem, budową dróg i autostrad, turystyką, gospodarką wodną, w tym także wodno-ściekową, z czego do najczęstszych potencjalnych zagrożeń należą:

- intensyfikacja rolnictwa: powiększanie jednorodnych, monokulturowych upraw, upraszczanie płodozmianu, specjalizacja w chowie zwierząt, zwiększenie użycia środków ochrony roślin, nadmierne nawożenie;
- intensywne koszenie i wypas na łąkach oraz pastwiskach lub zaniechanie tych praktyk, sukcesja wtórna, odwadnianie i osuszanie obszarów wodno-błotnych,
- przeznaczanie użytków rolnych na cele nierolnicze, zmniejszanie powierzchni łąk i pastwisk, fragmentacja siedlisk;
- obniżanie poziomu wód gruntowych, eutrofizacja, regulacja cieków, zanieczyszczenie wód;
- intensywna gospodarka stawowa, nadmierny połów ryb;
- budowa dróg, zwłaszcza szybkiego ruchu i autostrad, rozwój innej infrastruktury;
- konkurencja gatunków rodzimych z inwazyjnymi gatunkami obcymi;
- turystyka, wędkarstwo, płoszenie, kolekcjonerstwo – odłów okazów rzadkich gatunków;
- usuwanie starodrzewi oraz martwych drzew, a także inne niekorzystne działania w gospodarce leśnej (12).

Ekosystemy rolnicze są jednymi z najbardziej zagrożonych utratą różnorodności biologicznej (7). Istniejące we współczesnym rolnictwie systemy produkcji rolniczej mogą w różny sposób oddziaływać na środowisko, w tym na bioróżnorodność. Rolnictwo konwencjonalne intensywne ogranicza powierzchnie naturalnych i półnaturalnych ekosystemów przez tworzenie upraw wielkopowierzchniowych. Prowadzi to do upraszczania krajobrazu rolniczego i zanikania cennych przyrodniczo użytków, jak zadrzewienia śródpolne, oczka wodne, miedze, a tym samym stanowi zagrożenie dla wyspecjalizowanych mieszkańców tych siedlisk (47). Wskutek stosowania środków chemicznych w postaci nawozów i pestycydów zmienia się jakość siedlisk otaczających pola, a ponadto zanikają gatunki od wieków związane z uprawami (40). Podczas, gdy grunty rolne dobrej jakości są poddawane intensyfikacji, obszary o gorszych warunkach do produkcji rolnej zostają porzucone bądź zalesione. Zarówno intensyfikacja, jak i zbytnia ekstensyfikacja gospodarowania nie służy biologicznej różnorodności ekosystemów rolnych (rys. 1).

Zmiany w zasięgu i kondycji siedlisk mogą istotnie wpływać na usługi ekosystemowe bioróżnorodności. Intensyfikacja rolnictwa w Wielkiej Brytanii spowodowała, że produkcja rolnicza, a z nią usługi zaopatrzeniowe, istotnie wzrosły, ale towarzyszyło im zmniejszenie różnorodności krajobrazu, wzrost erozji gleby i pogorszenie jej jakości, zmniejszenie populacji ptaków i zapyłaczy. Podobnie przekształcenie naturalnych ekosystemów w obszary produkcji rolnej wpływa na zwiększenie dochodów rolników, ale jednocześnie powoduje zmniejszenie siedlisk do rekreacji i wzrost zagrożenia niekorzystnymi zjawiskami atmosferycznymi (44). Wyniki badań wskazują na pozytywny wpływ rolnictwa ekologicznego i dużej różnorodności krajobrazu na bogactwo gatunkowe flory i fauny (1, 11, 16, 27)



Rys. 1. Czynniki najsilniej ograniczające różnorodność biologiczną ekosystemów rolnych

Źródło: Tucker i Heath, 1994 za: Tyburski i in., 2000 (43)

We współczesnych strategiach rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich uwzględnia się potrzebę działań na rzecz zachowania bioróżnorodności agroekosystemów. Zgodnie z postanowieniami Konwencji o różnorodności biologicznej z 1992 r. oraz Krajowej strategii ochrony i zrównoważonego użytkowania różnorodności biologicznej z 2007 r., Polska zobowiązana jest do powstrzymania spadku różnorodności biologicznej, także na obszarach użytkowanych rolniczo. Unijna strategia ochrony różnorodności biologicznej na okres do 2020 r. (45) wśród 6 celów strategicznych wymienia, m.in. wzmocnienie ochrony ekosystemów rolniczych i zrównoważony rozwój rolnictwa jako narzędzie ochrony bioróżnorodności na obszarach wiejskich. Ponadto na obszarach Natura 2000, stanowiących około 1/3 użytków rolnych, obowiązują przepisy Dyrektywy Ptasiej i Siedliskowej, zobowiązujące do nie pogarszania istniejącego stanu siedlisk przyrodniczych oraz liczebności tych gatunków roślin i zwierząt, dla ochrony których wyznaczono dany obszar.

Do poprawy stanu środowiska na obszarach wiejskich przyczyniają się działania podejmowane od kilku lat przez rolników w ramach spełniania norm i wymogów wzajemnej zgodności (ang. *cross-compliance*) oraz realizacja niektórych działań w ramach PROW, takich jak program rolnośrodowiskowy w latach 2004-2013 oraz działanie rolno-środowiskowo-klimatyczne na lata 2014-2020. Działanie rolno-środowiskowo-klimatyczne wspiera gospodarowanie metodami przyjaznymi dla środowiska i ochronę zagrożonych gatunków flory i fauny (pakiety: „Rolnictwo zrównoważone”, „Cenne siedliska i zagrożone gatunki ptaków na obszarach Natura 2000” oraz „Cenne siedliska poza obszarami Natura 2000”, „Zachowanie zagrożonych zasobów genetycznych roślin i zwierząt w rolnictwie”). Do zachowania właściwego stanu środowiska i bioróżnorodności mogą przyczynić się także inne działania PROW, jak: „Rolnictwo ekologiczne”, „Inwestycje w gospodarstwach położonych na obszarach Natura 2000”, „Uczestnictwo rolników w systemach jakości żywności”, „Inwestycje w rozwój obszarów leśnych”, jak również edukacja rolników i kształtowanie świadomości ekologicznej przez właściwe dobrane programy szkoleń.

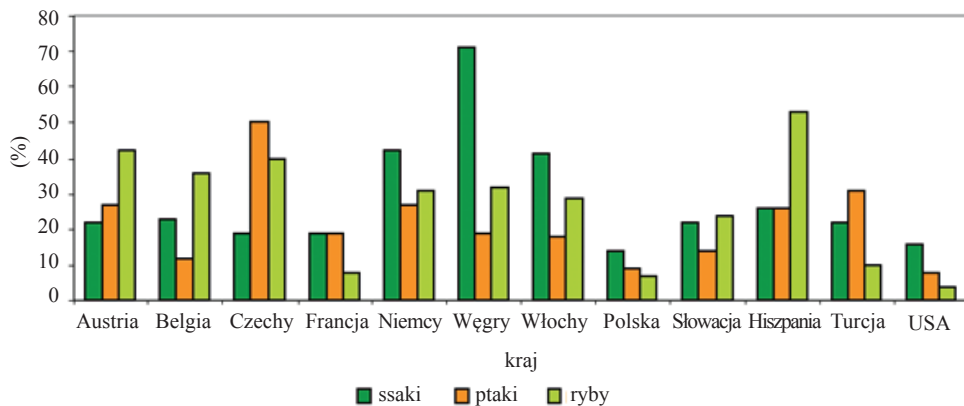
Badania prowadzone w Austrii wykazały zależność między świadomością ekologiczną rolnika, intensywnością produkcji rolniczej prowadzonej w gospodarstwie a bioróżnorodnością (34). Rolnicy ukierunkowani na osiąganie wysokich plonów w małym stopniu zwracali uwagę na ochronę bioróżnorodności, podczas gdy rolnicy gospodarujący tradycyjnie (ekstensywnie) lub stosujący innowacyjne praktyki rolnicze przykładali większą wagę do kształtowania różnorodności krajobrazu i bioróżnorodności. Styl gospodarowania zależał także od wysokości otrzymywanych dotacji.

Badania skuteczności programów rolnośrodowiskowych w Szwajcarii wykazały, że ich wpływ na bioróżnorodność zależał od grupy organizmów. U rolników uczestniczących w programach, bogactwo gatunkowe flory segetalnej i ślimaków zwiększało się, natomiast efekt był mniej widoczny w stosunku do ptaków i motyli (33). Dla tych grup organizmów wymagania programów były niewystarczające dla zwiększenia bioróżnorodności. Niektórzy autorzy dowodzą, że płatności rolnośrodowiskowe, które są głównym czynnikiem wspierającym zrównoważone rolnictwo i ochronę bioróżnorodności na obszarach o mniej sprzyjających warunkach do produkcji rolniczej, mogłyby przynieść większe korzyści, gdyby były dostosowane do indywidualnych potrzeb poszczególnym regionów i sposobów gospodarowania (34).

Charakterystyka różnorodności biologicznej w Polsce

Różnorodność biologiczna w Polsce jest kształtowana w dużej mierze przez obszary użytkowane rolniczo, które stanowią około 60% powierzchni kraju oraz lasy, zajmujące 30% powierzchni. Polska cechuje się wysoką różnorodnością biologiczną przestrzeni rolniczej. Około 30% użytków rolnych posiada wysokie walory przyrodnicze, stanowiąc ostoje wielu cennych, w tym zagrożonych wyginięciem gatunków flory i fauny (31). Połowa z 485 zespołów roślinnych występujących na obszarze Polski jest związana z obszarami rolniczymi, 45 typów zbiorowisk roślinnych użytkowanych jest jako łąki i pastwiska, a ich istnienie uzależnione jest od określonych typów gospodarki rolnej i działań, jakie będą podejmowane przez rolników. Na stan różnorodności biologicznej w kraju wpływają przede wszystkim posiadające stosunkowo dużą powierzchnię lasy i obszary wodno-błotne, jak również ekstensywnie użytkowane obszary rolnicze, których wciąż zachowana mozaikowatość siedlisk i związana z tym liczba ekotonów stwarzają dogodne warunki dla bytowania wielu gatunków roślin i zwierząt o różnych wymaganiach (12).

W porównaniu z innymi krajami, odsetek zagrożonych gatunków kręgowców (ssaków, ptaków, ryb) w Polsce jest niewielki i nie przekracza 15% (rys. 2). W ostatnim czasie nie obserwuje się także nagłych zmian w liczbie zagrożonych gatunków zwierząt, a wśród niektórych z nich nastąpił nawet wzrost liczebności populacji, np. bobra (17).



Rys. 2. Udział zagrożonych gatunków zwierząt w wybranych krajach

Źródło: OECD Environmental Indicators, 2005 za: IOŚ, 2006 (17)

O bioróżnorodności obszarów wiejskich decydują takie czynniki jak: wielkość gospodarstw rolnych, struktura zasiewów, metody i intensywność produkcji, obecność obszarów o szczególnych walorach przyrodniczych. W gospodarstwach wielkoobszarowych występuje mniej miedz, zadrzewień śródpolnych, dróg gruntowych oraz obszarów zadrzewionych i zakrzewionych. Gospodarstwa mniejsze, z dużą liczbą działek rolnych, korzystniej kształtują zarówno krajobraz, jak i bioróżnorodność terenów rolniczych, natomiast uproszczona struktura zasiewów z dużym udziałem zbóż ją ogranicza. Poprawę wskaźnika bioróżnorodności na gruntach ornych można uzyskać poprzez uprawę mieszanek i mieszanin zbóż, wsiewek i międzyplonów, prowadzenie produkcji rolnej metodami mało intensywnymi i ekologicznymi, utrzymanie elementów proekologicznych w gospodarstwie (13).

Stan zachowania różnorodności biologicznej na terenach wiejskich w Polsce jest silnie zróżnicowany przestrzennie. Istnieje wyraźny podział kraju pod tym względem na dwie części: strefę ekstensywnego rolnictwa i lepiej zachowanej agrobioróżnorodności w Polsce południowo-wschodniej (głównie województwa lubelskie, mazowieckie, łódzkie, świętokrzyskie, śląskie, małopolskie i podkarpackie) oraz intensywnego rolnictwa, w którym różnorodność biologiczna przestrzeni rolniczej doznała już poważnego uszczerbku, a jej utrata postępuje nadal w stosunkowo szybkim tempie (głównie województwa zachodniopomorskie, lubuskie, dolnośląskie, pomorskie, wielkopolskie, opolskie, kujawsko-pomorskie, warmińsko-mazurskie i częściowo podlaskie); (31).

Skale i wskaźniki oceny bioróżnorodności

Bioróżnorodność jest pojęciem złożonym i może być rozpatrywana na różnych poziomach i w różnych skalach przestrzennych. Najczęściej rozpatruje się ją na 3 poziomach: genetycznym, gatunkowym i ekosystemowym (tab. 1); (37, 46).

Tabela 1

Podstawowe poziomy organizacji życia a miary bioróżnorodności

Duża różnorodność przyrodnicza	Rodzaj różnorodności	Mała różnorodność przyrodnicza
duże wewnątrzpopulacyjne zróżnicowanie genetyczne	Różnorodność genetyczna zmiennosc alleli w puli genowej, wymiana genów, dynamika genomu, mutacje	małe wewnątrzpopulacyjne zróżnicowanie genetyczne
duże bogactwo gatunkowe i znaczna równomierność rozmieszczenia osobników	Różnorodność gatunkowa zróżnicowanie, bogactwo gatunkowe, równocennosc	małe bogactwo gatunkowe i znaczna nierównomierność rozmieszczenia osobników
duża rozmaićość ekosystemów, szeroki zasięg rozmieszczenia gatunków, zbiorowisk	Różnorodność ekosystemowa (biogeograficzna) rozmaićość ekosystemów, rozległość zasięgu gatunków, zbiorowisk	mała rozmaićość ekosystemów, wąski zasięg rozmieszczenia gatunków, zbiorowisk

Źródło: opracowanie własne na podstawie Sienkiewicz, 2010 (37)

W ocenach bioróżnorodności najczęściej uwzględnia się następujące grupy taksonomiczne: rośliny naczyniowe, dzikie gatunki zapylaczy, pająki, motyle, dżdżownice, ptaki (15). Bioróżnorodność można rozpatrywać w różnych skalach przestrzennych: kraju, regionu, gospodarstwa rolnego i pola uprawnego, w związku z tym potrzebne są dane w odpowiedniej skali.

Z przeglądu literatury wynika, że najczęściej stosowaną miarą różnorodności gatunkowej w badaniach naukowych i na stosunkowo małych obszarach jest liczba gatunków na poziomie pola i gospodarstwa (6, 9, 30, 41). Wskaźniki oparte na bogactwie gatunkowym różnych grup organizmów są łatwe do zastosowania i stosunkowo niedrogie, przez co są wykorzystywane do oceny bioróżnorodności zarówno na poziomie gospodarstwa, jak również regionu i kraju (15). Innymi miarami oceny są wskaźniki różnorodności uwzględniające, oprócz liczby gatunków, także ich udział w zbiorowisku. Wśród wielu opracowanych wskaźników ekologicznych często wykorzystywane są: indeks różnorodności Shannona i wskaźnik dominacji Simpsona (36, 38). Do oceny bioróżnorodności i obliczania jej wskaźników mogą być stosowane różne miary: frekwencji gatunków, zagęszczenia ich populacji, pokrycia powierzchni, biomasy (9, 37). Do określania podobieństwa bądź różnic między zbiorowiskami chwastów wykorzystywane są wskaźniki podobieństwa jakościowego i ilościowego, np. indeks Sorensena (25).

W badaniach różnorodności ekosystemowej uwzględnia się też zróżnicowanie roślin uprawnych (liczba gatunków lub ich udział w zmianowaniu, udział międzyplonów) oraz zróżnicowanie krajobrazu (długość miedz, liczba elementów proekologicznych lub ich obszar i inne). Dane te mogą również służyć do wyznaczania wskaźników różnorodności, np. wskaźnika Shannona i Simpsona. W projekcie ELISA we wskaźniku bioróżnorodności uwzględniono takie składowe jak: przestrzenna kompleksowość, korytarze i powiązania między siedliskami, wielkość charakterystycznych siedlisk, gatunki wskaźnikowe, różnorodność gatunkowa, trendy populacji gatunkowych, genetyczna różnorodność półnaturalnych agrocenoz, genetyczna różnorodność gatunków w gospodarstwach (8). Harasim (13) do oceny dóbr publicznych obejmujących krajobraz rolniczy i bioróżnorodność terenów rolniczych zaproponował 10 wskaźników analitycznych na poziomie regionalnym (NTS 2 – województwa): udział lasów oraz gruntów zadrzewionych i zakrzewionych, udział trwałych użytków zielonych, udział zbóż w strukturze zasiewów, udział użytków ekologicznych w gospodarstwach, udział gospodarstw z żywopłotami i szpalerami drzew, pokrycie gleby roślinnością w ciągu roku, udział gospodarstw z liczbą działek rolnych równą lub większą niż 10, powierzchnia gospodarstwa rolnego, obszary o szczególnych walorach przyrodniczych prawnie chronione, płatności w ramach działań rolnośrodowiskowych PROW.

Zdaniem Sienkiewicz (37), konieczność oceny bioróżnorodności wynika nie tylko z przesłanek naukowych, ale także ze względów praktycznych, politycznych i gospodarczych. Unia Europejska zwraca coraz większą uwagę na konieczność przeprowadzania ocen i monitoringu bioróżnorodności pod względem skuteczności różnych programów działań. W Estonii opracowano wspólną dla kraju grupę wskaźników bioróżnorodności do oceny wpływu różnych parametrów presji ze strony rolnictwa (tab. 2); (35).

Ponieważ pełna, szczegółowa ocena bioróżnorodności jest możliwa tylko w małej skali, stąd zainteresowanie wskaźnikami ekologicznymi, które nie wymagają wiedzy eksperta o taksonomii gatunków ani wyposażenia technicznego. Niektórzy autorzy stosują wskaźniki zastępcze w oparciu o łatwo mierzalne cechy, które mogą być wykorzystane jako wskaźniki bioróżnorodności: strukturalne (np. fizjonomia drzewostanów – wiek drzew, pokrycie powierzchni i otaczające siedliska) i funkcjonalne (procesy obiegu składników pokarmowych) (2).

Tabela 2

Zależność między presją a wskaźnikami bioróżnorodności w Estonii

Wskaźnik	Parametr presji							
	nawożenie		obsada zwierząt		zmianowanie	pestycydy	wykorzystanie gruntów	
	wysokie dawki nawozów mineralnych	wysokie dawki obornika	duża	mała	mała liczba roślin w zmianowaniu	duże dawki pestycydów	odłogowanie	upraszczanie struktury krajobrazu, duże pola
Liczebność i skład gatunkowy roślin na polach i miedzach	-2	-1	-1	0	-2	-3	-2	-2
Liczba i różnorodność biegaczowatych na polach i miedzach	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2
Liczba i różnorodność dżdżownic	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-/+1	0
Struktura i aktywność mikroorganizmów glebowych	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-/+1	0
Obecność gatunków chronionych	-2	-1	-2	-1	0	-2	-/+1	-2
Obecność gatunków wskaźnikowych (ptaki, trzmiele)	-2	-1	0	-2	-2	-2	0	-2
Różnorodność uprawianych roślin	0	0	0	-3	0	0	-3	0
Udział użytków zielonych	0	0	0	0	0	0	0	0
Udział obszarów naturalnych	-1	-1	0	0	0	-1	+2	0
Średnia wielkość pola	0	0	0	0	-2	0	0	0
Łączna długość miedz	0	0	0	0	-2	0	0	0
Udział struktur liniowych w krajobrazie	0	0	0	0	0	0	-2	0
Zróżnicowanie typów pokrycia gleby	0	0	0	0	-1	0	-1	-2

0 – brak wpływu, 1 – mały wpływ, 2 – znaczący wpływ, 3 – duży wpływ, + pozytywny wpływ, - negatywny wpływ
 Źródło: Sepp i in., 2005 (35)

Oprócz oceny bioróżnorodności monitorowane są też i wyceniane usługi ekosystemowe związane z bioróżnorodnością, w różnych skalach (tab. 3).

Tabela 3

Skale wyceny świadczeń ekosystemowych i przykłady wycen

Skale wyceny	Przykłady	Źródło literatury
Globalna	związek między bogactwem gatunkowym a produkcją pierwotną na świecie	Costanza i in., 1997 (3)
Kraju	ramowa koncepcja oceny świadczeń ekosystemów w Polsce	Mizgajski i Stępniewska, 2012 (29)
Regionu	wycena wartości turystycznej Kanału Augustowskiego	Liziński, 2010 (23)
Miasta/wsi	wycena zieleni w miastach polskich i europejskich (np. Sztokholm, Kopenhaga, Łódź)	Kronenberg, 2012 (21)
Gospodarstwa	wyceny prywatnych działek	Liziński, 2010 (23), Żylicz, 2012 (49)
Grupy organizmów	usługi świadczone przez: <ul style="list-style-type: none"> • drzewa w miastach • zapylacze 	Kronenberg, 2012 (21) Kremen i in., 2004 (20) Dale i Polasky, 2007 (5)
Poszczególnych gatunków	usługi świadczone przez: <ul style="list-style-type: none"> • bociana białego • bez czarny 	Kronenberg i in., 2013 (22) Kostecka i in., 2012 (18)

Źródło: opracowanie własne

Wycena bioróżnorodności jest trudna i złożona ze względu na różne jej poziomy i powiązania między nimi, rolę bioróżnorodności w poszczególnych typach usług ekosystemowych oraz jej wielorakie funkcje.

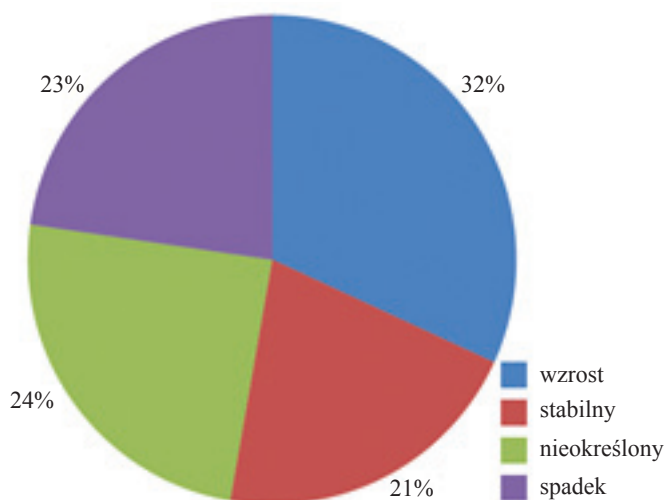
Monitoring bioróżnorodności i stanu środowiska w Polsce

Osiągnięcie i utrzymanie dobrego stanu środowiska jest nadrzędnym celem polityki ochrony środowiska w Polsce. Główny Inspektor Ochrony Środowiska opracowuje nie rzadziej niż raz na cztery lata raport o stanie środowiska w Polsce, uwzględniający w szczególności dane z Państwowego Monitoringu Środowiska (PMS) (12). Zasady prowadzenia badań i obserwacji oraz wykonywania ocen stanu środowiska oraz poszczególnych grup organizmów mają swoje podstawy w prawie krajowym, które w zdecydowanej większości przypadków jest wynikiem transpozycji prawa wspólnotowego i traktatów Organizacji Narodów Zjednoczonych. Obecny zakres i sposób realizacji zadań PMS jest wynikiem modyfikacji i rozszerzania wcześniejszych programów monitoringowych stosownie do zmieniających się wymagań wspólnotowych. W ostatnim Raporcie stanu różnorodności biologicznej przygotowanym przez GIOŚ (12) przedstawiono wyniki uruchomionych w 2006 r. dwóch programów monitoringu przyrodniczego: monitoringu siedlisk przyrod-

nicznych i gatunków ze szczególnym uwzględnieniem specjalnych obszarów ochrony siedlisk (SOO) sieci Natura 2000 oraz monitoringu ptaków, w tym monitoring obszarów specjalnej ochrony ptaków (OSO) sieci Natura 2000. Wypełniają one wymagania dyrektywy Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory (Dyrektywy Siedliskowej) i dyrektywy Rady 79/409/EWG z dnia 2 kwietnia 1979 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa (Dyrektywy Ptasiej). Programy te są sukcesywnie rozszerzane i dostarczają coraz obszerniejszej informacji o stanie różnorodności biologicznej w Polsce.

Siedliska przyrodnicze oraz gatunki roślin i zwierząt, rzadkie i zagrożone w skali europejskiej, podlegają ochronie na mocy tzw. Dyrektywy Siedliskowej. Wśród nich w Polsce występuje 81 typów siedlisk przyrodniczych (w tym 18 o znaczeniu priorytetowym), 48 gatunków roślin (w tym 10 gatunków o znaczeniu priorytetowym) i 141 gatunków zwierząt z wyłączeniem ptaków (w tym 12 gatunków o znaczeniu priorytetowym); (12). Dyrektywa Siedliskowa wymaga nadzorowania stanu ochrony cennych siedlisk przyrodniczych i gatunków objętych dyrektywą w danym kraju. Odzwierciedla ona nie tylko ich aktualny stan zachowania, ale i ich perspektywy ochrony w przyszłości. Kraje członkowskie Unii Europejskiej (UE) co sześć lat składają raport ze stanu ochrony gatunków i siedlisk. Zgodnie z Dyrektywą Siedliskową oraz wytycznymi Komisji Europejskiej oceny stanu ochrony siedlisk i gatunków dokonuje się w oparciu o wyniki monitoringu, a także inne dane, w tym również wiedzę ekspercką. Do oceny wykorzystuje się odpowiednie kryteria tzw. parametry stanu ochrony. Dla typu siedliska przyrodniczego są to: zasięg, powierzchnia, specyficzna struktura i funkcja, perspektywy ochrony. Natomiast dla gatunku są to: zasięg, wielkość populacji, jakość i wielkość jego siedliska oraz perspektywy ochrony, uwzględniające zarówno aktualne oddziaływania, jak i przewidywane zagrożenia lub realizowane, a także planowane działania ochronne. Skala ocen jest trzystopniowa: stan właściwy, stan niezadowolający i stan zły, oraz dodatkowo określa się stan nieznany. Ocen dokonuje się uwzględniając stosowne wytyczne Komisji Europejskiej, przy czym każdy kraj stosuje własne metodyki monitoringu, w tym samodzielnie określa i waloryzuje wskaźniki (w Polsce są to specjalnie wybrane wskaźniki stosownie do ekologii i biologii danego gatunku/typu siedliska przyrodniczego), na podstawie których ocenia się stan poszczególnych parametrów, a następnie stan ochrony. Stan ochrony większości gatunków i siedlisk przyrodniczych zagrożonych w skali europejskiej określany jest jako niezadowolający. Przyczyną jest nie tylko niewłaściwy stan populacji w przypadku gatunków czy specyficznej struktury i funkcji w przypadku siedlisk przyrodniczych, ale również stan siedlisk gatunków, mała ich powierzchnia czy złe perspektywy ochrony, czasami także zasięg (12).

Dobrym wskaźnikiem monitorowania stanu środowiska są ptaki. Ze względu na dobrze rozpoznaną biologię, łatwość identyfikacji gatunkowej, wrażliwość na zmiany środowiska i aktualnie prowadzone badania, uważane są za jedne z najlepszych wskaźników stanu różnorodności biologicznej (rys. 3). Wchodzą również do grupy europejskich wskaźników SEBI (ang. *Streamlining European 2010 Biodiversity Indicators* – wskaźniki różnorodności biologicznej do oceny postępów w osiągnięciu celów wyznaczonych na rok 2010, tj. powstrzymanie utraty różnorodności biologicznej do 2010 r.); (12).

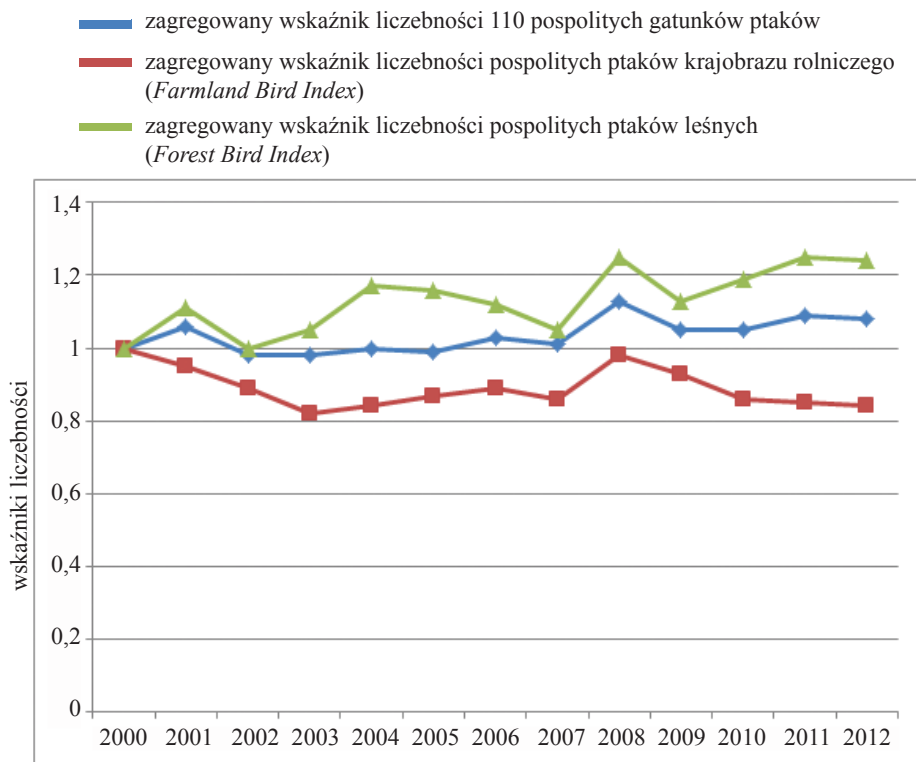


Rys. 3. Trendy populacyjne 172 gatunków ptaków na podstawie wyników Monitoringu Ptaków Polski w latach 2000-2012

Źródło: GIOŚ, 2014 (12)

Wśród gatunków lub grup ptaków pełniących rolę indyktorów wyróżnia się: **gatunki wskaźnikowe** – odzwierciedlające szczególnie stan środowiska lub szybko reagujące na zmiany środowiskowe w podobny sposób, **gatunki kluczowe** – wywierające duży wpływ na pozostałe składniki ekosystemu, **gatunki osłonowe** (parasolowe) – o dużych wymaganiach terytorialnych, których występowanie i ochrona związane są z dużą liczbą gatunków współwystępujących oraz **gatunki z czerwonych list** – uznane m.in. za zagrożone i ginące.

Paneuropejskim wskaźnikiem charakteryzującym grupę ptaków rozpowszechnionych (gatunki wskaźnikowe), jest wskaźnik pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego (ang. *Farmland Bird Index* – FBI 22); (12). Obejmuje on w naszym kraju 22 pospolite gatunki ptaków terenów otwartych. Wskaźnik ten w latach 2001-2003 wykazywał spadek ich liczby o 15%, a następnie od 2005 r. powolny wzrost do poziomu wyjściowego z 2000 r. (rys. 4). Jednak od 2009 r. ponownie notuje się silny spadek liczebności ptaków z tej grupy. Analizy wykazują, że dynamika zmian wskaźnika na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat była powiązana z postępującą intensyfikacją rolnictwa oraz z warunkami pogodowymi w okresie zimowym.



Rys. 4. Zmiany wartości zagregowanych wskaźników liczebności: 110 pospolitych gatunków ptaków, pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego (*Farmland Bird Index*) oraz pospolitych ptaków leśnych (*Forest Bird Index*) w Polsce w latach 2000-2012

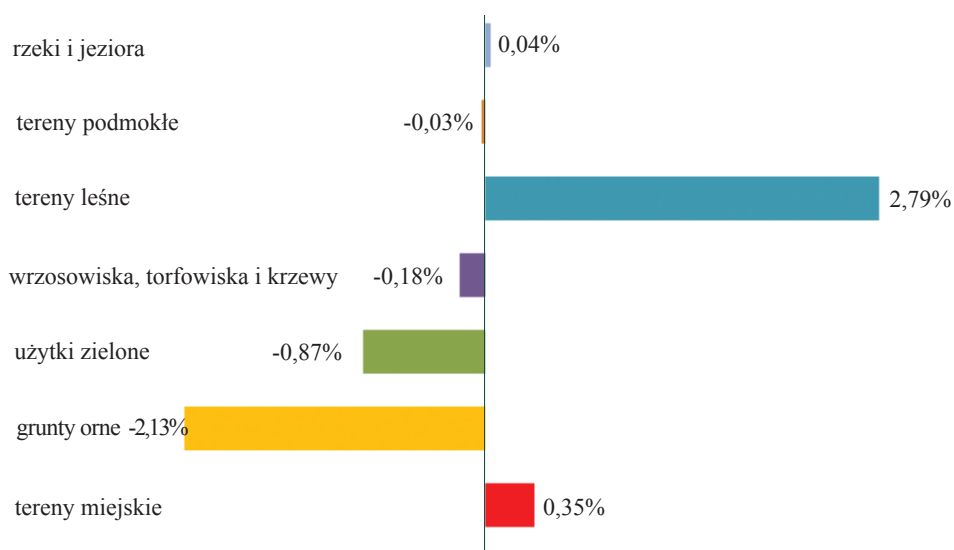
Źródło: GIOŚ, 2014 (12)

Obecnie obserwuje się spadek liczebności wielu gatunków ptaków, np. ptaki pospolite krajobrazu rolniczego (FBI) i ptaki otwartych terenów podmokłych. Jednocześnie liczebność niektórych populacji się powiększa (np. ptaków leśnych, bielika, ślepowrona), a innych jest stabilna. Obserwuje się również pogorszenie stanu ochrony niektórych gatunków innych niż ptaki, np. rysia czy raka szlachetnego i typów siedlisk przyrodniczych, np. obniżen na podłożu torfowym z roślinnością ze związku *Rhynchosporion* czy torfowisk nakredowych (*Cladietum marisci*, *Caricetum buxbaumii*, *Schoenetum nigricantis*); (12).

Monitoring różnorodności biologicznej jest też prowadzony w ramach różnych projektów, m.in. „Ochrona różnorodności gatunkowej cennych przyrodniczo siedlisk na użytkach rolnych na obszarach Natura 2000 w woj. lubelskim” (KIK 25), w którym uwzględnione są różne grupy organizmów: rośliny na gruntach ornych i trwałych użytkach zielonych, pająki, owady prostoskrzydłe i ptaki. Celem tego projektu jest ocena wpływu różnych praktyk rolniczych na bioróżnorodność, ocena skuteczności programów rolnośrodowiskowych, stworzenie sieci monitoringu bioróżnorodności w woj. lubelskim oraz opracowanie rekomendacji dla przyszłych działań rolno-środowiskowo-klimatycznych.

Ocena zmian w ekosystemach i usługach ekosystemowych w skali Unii Europejskiej i Polski

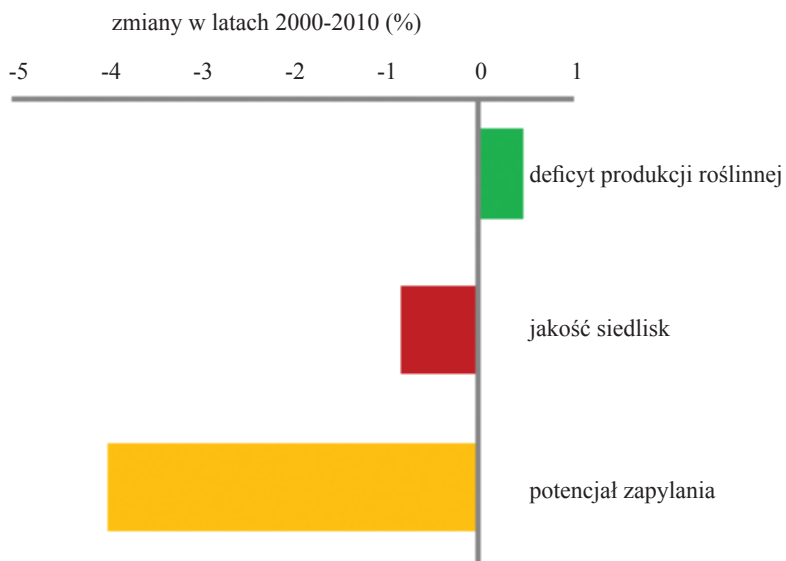
W raporcie Unii Europejskiej z 2015 r. przedstawiono tendencje zmian w zasięgu ekosystemów i dostarczaniu usług ekosystemowych w skali europejskiej w latach 2000-2010 (26). W skali UE tereny miejskie i lasy zwiększyły swój zasięg, natomiast zmniejszyła się powierzchnia pól uprawnych, użytków zielonych i wrzosowisk (rys. 5). Usługi zaopatrzeniowe (żywność i pasze) wykazywały tendencję wzrostową, nawet przy zmniejszeniu powierzchni użytków rolnych. Nastąpił wzrost produkcji żywności ekologicznej. Zmniejszyła się liczba wypasanych zwierząt gospodarskich oraz powierzchnia użytków zielonych objętych wypasem (26).



Rys. 5. Zmiany w powierzchni ekosystemów na podstawie danych o pokryciu terenu

Źródło: Mapping... , 2015 (26)

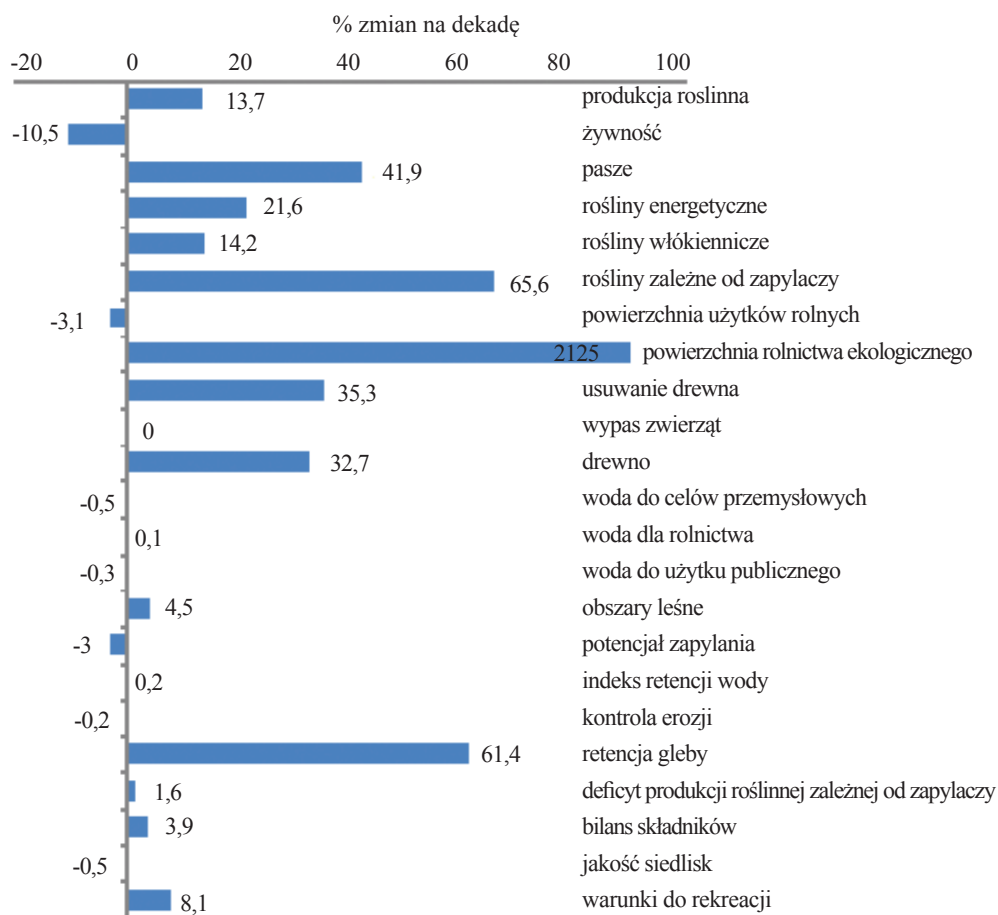
Pogorszeniu uległy trendy dwóch wskaźników usług ekosystemowych, które są bezpośrednio związane z różnorodnością biologiczną: zapylenie i jakość siedlisk (rys. 6).



Rys. 6. Główne tendencje w zakresie usług ekosystemów: ochrona siedlisk i zapyłacze w UE w latach 2000 i 2010

Źródło: Mapping ..., 2015 (26)

Według raportu w krajach Unii Europejskiej odnotowano różne trendy w rolnictwie, ochronie ekosystemów i dostępności usług ekosystemowych (26). W Polsce stwierdzono stosunkowo małe zmiany w czasie dekady 2000-2010, polegające głównie na wzroście produkcji biomasy, zwiększeniu powierzchni rolnictwa ekologicznego, poprawie retencji gleby i niewielkich ujemnych tendencjach w świadczeniu niektórych usług ekosystemowych, na przykład zapyłania i jakości siedlisk (rys. 7). Poprawił się też dostęp ludzi do terenów o dużym potencjale rekreacyjnym.



Rys. 7. Tendencje zmian w ekosystemach i usługach ekosystemowych między rokiem 2000 a 2010 w Polsce

Źródło: Mapping..., 2015 (26)

Podsumowanie

Połączenie ochrony bioróżnorodności z dochodową produkcją żywności jest jednym z zadań współczesnego zrównoważonego rolnictwa, które powinno łączyć cele produkcyjne, ekologiczne i społeczne. Utrzymywanie wysokiej bioróżnorodności czyni produkcję rolną i związane z nią działania bardziej zrównoważonymi i opłacalnymi ekonomicznie. We współczesnym świecie bioróżnorodność jest zagrożona przez działalność człowieka, w tym intensyfikację produkcji rolnej oraz zmiany użytkowania gruntów. Polska jest zobowiązana do ochrony i monitorowania stanu środowiska i bioróżnorodności metodami wynikającymi z przepisów prawa oraz wiedzy naukowej. Funkcjonuje szereg instrumentów wsparcia dla rolników

w zakresie ochrony środowiska i bioróżnorodności na obszarach wiejskich w ramach Wspólnej Polityki Rolnej (zazielenienie, działanie rolno-środowiskowo-klimatyczne, rolnictwo ekologiczne).

Literatura:

1. Bengtsson J., Ahnström J., Weibull A.C.: The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *J. Appl. Ecol.*, 2005, **42**: 261-269.
2. Coote L., Anke C., Dietzsch M., Wilson W., Graham C. T., Fuller L., Walsh A. T., Irwin S., Kelly D. L., Fraser J. G. M., Kelly T. C., O'Halloran J.: Testing indicators of biodiversity for plantation forests. *Ecological Indicators*, 2013, **32**: 107-115.
3. Costanza R., D'Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Bruce Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M.: The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, **387**: 253-260.
4. Czyżewska K., Jazdzewski K., Markowski J.: Co to jest różnorodność biologiczna? W: Ochrona środowiska i żywych zasobów przyrody. Wybrane zagadnienia. W: Olaczek R., Warcholińska A.U. (red.). Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 1999: 92-102.
5. Dale V.H., Polasky S.: Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological Economics*, 2007, **64**: 286-296.
6. Duelli P., Obrist M.K.: Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2003, **98(1-3)**: 87-98.
7. *Ekonomia ekosystemów i bioróżnorodności.*: Luksemburg: Urząd Oficjalnych Publikacji Wspólnot Europejskich. 2008, ss. 64.
8. Faber A.: Przegląd wskaźników rolnośrodowiskowych zalecanych do stosowania w ocenie zrównoważonego gospodarowania w rolnictwie. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, Puławy, 2007, **5**: 9-24.
9. Falińska K.: *Ekologia roślin*. Wyd. PWN, Warszawa, 2004, ss. 453.
10. FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010.
11. Feledyn-Szewczyk B.: Wpływ sposobu użytkowania gruntów na różnorodność gatunkową flory segetalnej. *Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB*, Puławy, 2013, **36**, ss. 184.
12. GIOŚ (Główny Inspektorat Ochrony Środowiska). *Stan Środowiska w Polsce. Raport 2014*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2014, ss. 2014.
13. Harasim A.: Ocena rolnictwa i obszarów wiejskich jako źródła dóbr publicznych w ujęciu regionalnym. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, Puławy, 2015, **43(7)**: 139-152.
14. Hillebrandt H., Matthiessen B.: Biodiversity in a complex world: consolidation and progress in functional biodiversity research. *Ecol. Lett.*, 2009, **12**: 1405-1419.
15. Herzog F., Balázs K., Dennis P., Friedel J., Geijzendorffer I., Jeanneret P., Kainz M., Pointereau P.: *Biodiversity Indicators for European Farming Systems. A Guidebook*. Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, 2012, ss. 105.
16. Hole D.G., Perkins A.J., Wilson J.D., Alexander I.H., Grice P.V., Evans A.D.: Does organic farming benefit biodiversity? *Biol. Conserv.*, 2005, **122**: 113-130.
17. IOŚ (Inspekcja Ochrony Środowiska). *Stan środowiska w Polsce na tle celów i priorytetów Unii Europejskiej. Raport wskaźnikowy 2004*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2006, ss. 88.
18. Kostecka J., Mazur-Pączka A., Jasińska T., Batóg K.: Pojęcie „świadczony ekosystemowy” i jego rola w edukacji dla zrównoważonego rozwoju (na przykładzie bzu czarnego *Sambucus nigra* L.). *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 2012, **15(4)**: 405-417.
19. Kozłowski S.: Ochrona różnorodności biologicznej i georóżnorodności, jako element zrównoważonego rozwoju Europy. *Zeszyty Naukowe PAN*, 2004, **38**: 13-34.

20. Kremen C., Williams N.M., Bugg R.L., Fay J.P., Thorp R.W.: The area requirement of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecol. Lett.*, 2004, **7**: 1109-1119.
21. Kronenberg J.: Usługi ekosystemów w miastach. *Zrównoważony rozwój - Zastosowania* nr 3, 2012: 13-28.
22. Kronenberg J., Bocheński M., Dolata P.T., Jerzak L., Profus P., Tobółka M., Tryjanowski P., Wuczyński A., Żołąnierowicz K.M.: Znaczenie bociana białego *Ciconia ciconia* dla społeczeństwa: analiza z perspektywy koncepcji usług ekosystemów. *Chrońmy Przyr. Ojcz.*, 2013, **69(3)**: 179-203.
23. Liziński T.: Podstawy ekonomii środowiska i zarządzania środowiskiem. Wyd. Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Elblągu, 2010, ss. 260.
24. Mace G. M., Norris K., Fitter A. H.: Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends Ecol. Evol.*, 2012, **27(1)**: 19-26.
25. Magurran A.E.: *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1988, ss. 179.
26. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: Trends in ecosystems and ecosystem services in the European Union between 2000 and 2010. European Commission – Joint Research Centre – Institute for Environment and Sustainability, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015, ss. 131. DOI: 10.2788/341839
27. Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D., Lutman P.J.W., Squire G.R., Ward L.K.: The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Res.*, 2003, **43(2)**: 77-89.
28. MEA 2005. The Millenium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-being: Synthesis, Island Press, Washington.
29. Mizgajski A., Stępniewska M.: Ecosystem Services assessment for Poland – challenges and possible solutions. *Ekonomia i Środowisko*, 2012, **2(42)**: 54-73.
30. Piernik A.: Zastosowanie metod numerycznych w ekologii. UMK Toruń, 2012, ss. 113.
31. Prognoza oddziaływania na środowisko projektu PROW na lata 2007-2013. Konsorcjum: Agrotec Polska Sp. z o.o., Agrotec SpA, Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2006, ss. 143.
32. Rosin Z.M., Takacs V., Báldi A., Banaszak-Cibicka W., Dajdok Z., Dolata P.T., Kwieciński Z., Łangowska A., Moroń D., Skórka P., Tobółka M., Tryjanowski P., Wuczyński A.: Koncepcja świadczeń ekosystemowych i jej znaczenie w ochronie przyrody krajobrazu rolniczego. *Chrońmy Przyr. Ojcz.*, 2011, **67(1)**: 3-20.
33. Roth T., Amrhein V., Peter B., Weber D.: A Swiss agri-environment scheme effectively enhances species richness for some taxa over time. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 2008, **125**: 167-172.
34. Schmitzberger I., Wrška Th., Steurer B., Aschenbrenner G., Peterseil J., Zechmeister H.G.: How farming styles influence biodiversity maintenance in Austrian agricultural landscapes. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2005, **108**: 274-290.
35. Sepp K., Ivask M., Kaasik A., Mikk M., Peepson A.: Soil biota indicators for monitoring the Estonian agri-environmental programme. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2005, **108**: 264-273.
36. Shannon C.E.: A mathematical theory of communications. *Bell Syst. Tech. J.*, 1948, **27**: 379-423.
37. Sienkiewicz J.: Koncepcje bioróżnorodności – ich wymiary i miary w świetle literatury. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2010, **45**: 7-29.
38. Simpson E.H.: Measurement of diversity. *Nature*, 1949, **168**: 668.
39. Solon J.: Koncepcja „Ecosystem services” i jej zastosowania w badaniach ekologiczno-krajobrazowych. W: *Struktura i funkcjonowanie systemów krajobrazowych: meta – analizy, modele, teorie i ich zastosowania*. Chmielewski T.J. (red.). *Probl. Ekol. Krajobr.* 2008, **21**: 25-44.
40. Stawicka J.: Ochrona różnorodności biologicznej. W: *Zasoby przyrodnicze szansą zrównoważonego rozwoju: materiały szkoleniowe dla pracowników administracji samorządowej*. (red). P. Hewelke. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2007, 13-42.

41. Trzcńska-Tacik H.: Znaczenie różnorodności gatunkowej chwastów segetalnych. *Pam. Puł.*, 2003, **134**: 253-262.
 42. Tschardt T., Klein A.M., Krüss A., Steffan-Dewenter I., Thies C.: Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecol. Lett.*, 2005, **8**: 857-874.
 43. Tucker G.M., Heath M.F.: *Birds in Europe: their conservation status*. Cambridge, U.K.: Bird Life International (Bird Life Conservation Series No. 3), 1994 za: Tyburski J., Bartoszek H., Górski A., Szymkiewicz M., Załuski T.: *Walory przyrodnicze użytków rolnych i sposoby ich ochrony na przykładzie Zielonych Płuc Polski w latach 1997–1999*. Warszawa, 2000, ss. 47.
 44. UK National Ecosystem Assessment. *The UK National Ecosystem Assessment: Synthesis of the Key Findings*. UNEP-WCMC, Cambridge, 2011, ss. 85.
 45. Unijna strategia ochrony różnorodności biologicznej na okres do 2020 r. UE, 2011, http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/biodiversity_2020/2020%20Biodiversity%20Fact-sheet_PL.pdf
 46. United Nation 1992. *Convention on Biological Diversity*, Rio de Janeiro, 5 June 1992, United Nation Treaty Series. **1760, I-30619**: 143-382.
 47. van Elsen T.: Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 2000, **77**: 101-109.
 48. Weiner J.: *Życie i ewolucja biosfery*. PWN Warszawa, 2003, ss. 610.
 49. Żylicz T.: Valuating ecosystem services. *Ekonomia i Środowisko*, 2012, **2(42)**: 18-38.
-

Adres do korespondencji:

*dr hab. Beata Feledyn-Szewczyk, prof. nadzw.
Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 4786803
e-mail: bszewczyk@iung.pulawy.pl*