

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA
I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT
BADAWCZY



**STUDIA
I
RAPORTY
IUNG - PIB**

20

PROGRAM WIELOLETNI
2005–2010

PUŁAWY, 2010

**OCENA ZRÓWNOWAŻENIA
GOSPODAROWANIA
ZASOBAMI ŚRODOWISKA
ROLNICZEGO W WYBRANYCH
GOSPODARSTWACH,
GMINACH, POWIATACH
I WOJEWÓDZTWACH**

KSZTAŁTOWANIE
ŚRODOWISKA ROLNICZEGO POLSKI
ORAZ ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ
PRODUKCJI ROLNICZEJ

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Dyrektor: *prof. dr hab. Seweryn Kukula*

Redaktor: *prof. dr hab. Adam Harasim*

Recenzenci: *prof. dr hab. Antoni Faber*
prof. dr hab. Adam Harasim
doc. dr hab. Janusz Igras
prof. dr hab. Stanisław Krasowicz
dr hab. Wojciech Lipiński

Opracowanie redakcyjne i techniczne: *dr Irena Marcinkowska*

ISBN 978-83-7562-058-0

Egzemplarz bezpłatny

Nakład 150 egz., B-5, zam. 49/A/10
Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG - PIB w Puławach
tel. (081) 8863421 w. 301 i 307; fax (081) 8864547
e-mail: iung@iung.pulawy.pl; <http://www.iung.pulawy.pl>

OCENA ZRÓWNOWAŻENIA GOSPODAROWANIA
ZASOBAMI ŚRODOWISKA ROLNICZEGO
W WYBRANYCH GOSPODARSTWACH, GMINACH,
POWIATACH I WOJEWÓDZTWACH

SPIS TREŚCI

Wstęp	7
1. A. Faber, R. Pudelko, K. Filipiak, M. Borzęcka-Walker, R. Borek, J. Jadczyzyn, J. Kozyra, K. Mizak, Ł. Świtaj – Ocena stopnia zrównoważenia rolnictwa w Polsce w różnych skalach przestrzennych	9
2. Beata Feledyn-Szewczyk – Model RISE jako narzędzie oceny i optymalizacji stopnia zrównoważenia produkcji rolnej na poziomie gospodarstwa	29
3. Jerzy Kopiński – Wyniki bilansu azotu brutto w Polsce na tle zmian intensywności produkcji rolniczej	39
4. Mariusz Fotyma, Janusz Igras, Jerzy Kopiński, Wiesław Podyma – Ocena zagrożeń nadmiarem azotu pochodzenia rolniczego w Polsce na tle innych krajów europejskich	53
5. Arkadiusz Tujaka – Bilans fosforu na różnych poziomach integracji przestrzennej w Polsce	77
6. Andrzej S. Zaliwski – Tendencje zmian w emisji metanu (CH_4) i nadtlenu azotu (N_2O) w przekroju województw	87
7. Zuzanna Jarosz – Zmiany w użytkowaniu ziemi w Polsce	97

Wstęp

Niniejsze opracowanie stanowi drugi zeszyt zawierający wyniki prac przeprowadzonych w zadaniu 1.2 pn. „Opracowanie wskaźników oceny zrównoważonego gospodarowania zasobami środowiska rolniczego” w programie wieloletnim IUNG-PIB realizowanym w latach 2005–2010. W zeszycie pt. „Sprawdzenie przydatności wskaźników do oceny zrównoważonego gospodarowania zasobami środowiska rolniczego w wybranych gospodarstwach, gminach i województwach” (Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, 5, ss. 178) zarysowano problem, wytypowano wskaźniki możliwe do przyjęcia w Polsce oraz na przykładach próbowano scharakteryzować ich przydatność. Opracowanie to sugerowało, że wybór wskaźników oraz dokonanie ocen, mimo wysiłków podejmowanych przez międzynarodową społeczność naukową, ciągle jest zadaniem niełatwym i dalekim od metodycznej i operacyjnej doskonałości. Nawet rozległe inicjatywy naukowe w tym zakresie, takie jak na przykład modele OECD (PSR, DSR) czy projekt UE IRENA natrafiły na poważne trudności w ocenach stopnia zrównoważenia rolnictwa w skalach międzynarodowej i regionalnej. Z dużą pokorą oddajemy więc dziś w ręce Czytelnika kolejny raport z realizacji prac własnych pt. „Ocena zrównoważenia gospodarowania zasobami środowiska rolniczego w wybranych gospodarstwach, gminach, powiatach i województwach”. Zawiera on wyniki prac nad operacyjnymi ocenami stopnia zrównoważenia wykorzystywania środowiska przez rolnictwo w Polsce. Pomimo że staraliśmy się w tych pracach wykorzystać dostępne dobre wzorce, konieczne okazało się opracowanie również własnych metod ocen. Mamy pełną świadomość faktu, że przedstawione wyniki ocen nie wyczerpują ani całej złożoności zagadnienia, ani też nie obejmują wszystkich wskaźników, które dobrze byłoby wykorzystać dla uzyskania doskonalszej jednoznaczności wyników i lepszej ich reprezentatywności w skalach przestrzennej i czasowej. Ale też wiemy, że niemal wszystkie analizy prowadzone w tym zakresie w wielu krajach natrafiają, w większym lub mniejszym stopniu, na te same ograniczenia i trudności. Wynikają one w większości z niedostatecznej dostępności danych niż braków koncepcyjnych. Mimo wszystkich uświadomionych niedostatków naszego opracowania pokładamy jednak nadzieję, że stanowić ono będzie przyczynek do lepszego zrozumienia stopnia nierównowagi wykorzystywania środowiska przez rolnictwo w Polsce. Jeśli tak się stanie, to istnieć będzie nadzieja, że luka informacyjna istniejąca w tym zakresie, nie tylko w Polsce, zmniejszy się, a wyniki prac idące w kierunku oceny stopnia nierównowagi rolnictwa dadzą podstawy coraz mocniejsze do podejmowania właściwych działań naprawczych. Pozostajemy w głębokim przeświadczeniu, że jest to możliwe i wykonalne mimo istniejących trudności.

Kierownik zadania 1.2

prof. dr hab. Antoni Faber

**Antoni Faber, Rafał Pudelko, Krystyna Filipiak,
Magdalena Borzęcka-Walker, Robert Borek, Jan Jadczyński,
Jerzy Kozyra, Katarzyna Mizak, Łukasz Świtał**

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

OCENA STOPNIA ZRÓWNOWAŻENIA ROLNICTWA W POLSCE W RÓŻNYCH SKALACH PRZESTRZENNYCH*

Wstęp

Zagadnienie ocen stopnia zrównoważenia rolnictwa od strony metodycznej opracowane zostało zarówno w działaniach organizacji międzynarodowych (np. OECD), jak i w rozległych projektach badawczych, na przykład w projekcie IRENA ufundowanym przez UE (1). Opracowane „uniwersalne” metodyki miały posłużyć do ocen prowadzonych w skali międzynarodowej. Generalnie ich zastosowania natrafiają na liczne ograniczenia. Niektóre z nich zostały scharakteryzowane również w rodzimej literaturze (5, 7). Do głównych ograniczeń zaliczyć należy małą dostępność niezbędnych danych, problemy z określeniem wartości granicznych wskaźników ocen stopnia równowagi oraz trudności w dokonywaniu ocen w skalach przestrzennej i czasowej.

Ze względu na ciągle jeszcze występujące luki w bazach danych analizy stopnia zrównoważenia rolnictwa często wykonuje się, wykorzystując dane statystyczne różnego pochodzenia (statystyki publiczne, statystyki gromadzone przez agencje rządowe oraz statystyki instytucji badawczych). Dobrym przykładem takiego podejścia są wydane ostatnio opracowania IERiGŻ-PIB (5, 7).

Celem opracowania było scharakteryzowanie stopnia zrównoważenia rolnictwa na terenie Polski w przekroju gmin, powiatów i województw z uwzględnieniem aspektów: ekonomicznego, środowiskowego i społecznego. Główny nacisk położono na aspekt środowiskowy równowagi. Praca ma nastawienie metodyczne i w zamyśle autorów miała dać wyniki ocen dla stanu rolnictwa w 2002 r. i w ten sposób przygotować metodyki i narzędzia do opracowywania danych ze Spisu Rolnego w 2010 r. oraz umożliwić porównanie ocen stopnia zrównoważenia rolnictwa w skali przestrzennej i czasowej w różnych przekrojach administracyjnych Polski.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 w programie wieloletnim IUNG - PIB

Materialy i metodyka badań

W opracowaniu wykorzystano bazę danych GUS ze Spisu Rolnego 2002 oraz wyniki opracowań wykonanych w IUNG-PIB (2-4).

Jako wskaźniki charakteryzujące stan równowagi rolnictwa wybrano:

- 1) Jakość i przydatność rolniczą gleb (**WWRP**) w przekroju gmin. Jakość rolnicza gleb jest głównym czynnikiem określającym ich przydatność i potencjał produkcyjny. Wyrażono ją opracowanym w IUNG-PIB wskaźnikiem waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (WWRP). Wycenia on liczbowo jakość gleb, klimatu, rzeźby terenu i stosunków wodnych, przyjmując wartości mieszczące się w zakresie od 31 do 111 punktów.
- 2) Udział/procent powierzchni użytków rolnych o zawartości próchnicy w glebie mniejszej od 1% (**Proch**) w przekroju gmin. Zawartość próchnicy w glebie jest przyjętym w UE wskaźnikiem kultury rolnej (Good Agricultural and Environmental Conditions (GAECs); Annex III of Council Regulation (EC) No 73/2009). W Polsce według badań IUNG-PIB prawie połowa gleb traci od 0,2 do 0,8 t C · ha⁻¹ · rok⁻¹. Jedynym sposobem zwiększenia akumulacji (sekwestracji) węgla w glebie jest obecnie poprawienie gospodarowania resztkami pożywnymi i nawozami naturalnymi. Może to dać sekwestrację rzędu 0,3 do 0,7 t · ha⁻¹ · rok⁻¹. Najpierw jednak trzeba wiedzieć, w jakich gminach należy na zwiększenie sekwestracji węgla położyć największy nacisk.
- 3) Udział/procent silnego i średniego zagrożenie gleb erozją wodną (**Eroz**) w przekroju gmin. Polska nie należy do krajów szczególnie narażonych na erozję. Degradacja tego typu występuje lokalnie. Jednakże ze względu na to, że jest to również wskaźnik przyjęty w UE jako miara dobrej kultury rolnej został on włączony do prowadzonych analiz. Uwzględniono w nich procent gleb o silnym i średnim stopniu erozji wodnej gleb.
- 4) Procent gleb bardzo kwaśnych (**GI-bkw**) w przekroju gmin. W Polsce jest to główny obszarowy czynnik chemicznej degradacji gleb. Powoduje nie tylko ograniczenie efektywności gospodarowania, wykorzystania składników nawozowych, ale również przyczyniać się może do pogorszenia jakości produktów, np. przez nadmierną akumulację niektórych pierwiastków. Sytuacja w zakresie regulacji odczynu gleb od lat nie poprawia się, a w niektórych rejonach się pogarsza.
- 5) Udział/procent gleb o Klimatycznym Bilansie Wodnym <150 mm (**KBW**) w przekroju gmin (4). Postępujące zmiany klimatu i małe zasoby (retencja) wody w Polsce powodują zwiększoną częstotliwość występowania susz. Narażenie na susze scharakteryzowano wartością wieloletniego Klimatycznego Bilansu Wodnego. Jest to wartość liczona dla okresu wegetacji przez odjęcie od sumy opadów wielkości ewapotranspiracji potencjalnej.
- 6) Emisja gazów cieplarnianych, tj. metanu i podtlenku azotu (**GHG**) w przekroju województw (6). Rolnictwo w UE zaliczane jest obecnie do działów gospodarki, które w największym stopniu zredukowały emisję metanu i podtlenku azotu.

Nie było to jednak wynikiem bezpośrednich programów ograniczania emisji, ale skutkiem pośrednim redukcji pogłowia bydła oraz zmniejszonego zużycia nawozów azotowych. W najbliższej perspektywie czasowej należy oczekiwać nacisków na wprowadzenie w rolnictwie programu zmniejszenia emisji tych gazów. Niestety oficjalnie przyjęta metodyka szacowania emisji według IPCC dotyczy wyłącznie kraju. W opracowaniu została ona zastosowana do szacunków w przekroju województw (6). Metodyka ta nie może być niestety zastosowana dla mniejszych jednostek administracyjnych. Analizy mają więc charakter wstępny. Powinny jednak dostarczyć cennych informacji dla administracji, których dotąd brakowało.

- 7) Indeks pokrycia gleb roślinami uprawnymi w zimie w przekroju województw (3). Jest on najprostszą miarą narażenia obszarów rolniczych na wymywanie azotanów. Niestety nie dysponujemy danymi o większej rozdzielczości przestrzennej.
- 8) Powierzchnia gospodarstwa w ha (**Pow_g**) w przekroju gmin. Rozdrobnienie gospodarstw jest miarą trudności organizacyjno-technicznych w prowadzeniu produkcji rolniczej. W tym sensie im większe rozdrobnienie, tym trudniej osiągnąć stan zrównoważenia produkcji i właściwą żywotność gospodarstw.
- 9) Obsada zwierząt w sztukach dużych (**SD**) na ha UR w przekroju gmin. Do pewnej liczebności pogłowia zwierząt przyczyniać się może do zrównoważenia produkcji (większy dochód i jego dywersyfikacja, wykorzystanie nawozów naturalnych, zwiększona sekwestracja węgla). Po przekroczeniu pewnej liczebności pogłowia skutki mogą być negatywne. W UE ugruntowuje się przeświadczenie, że główne problemy środowiskowe związane mogą być z nadmiernym rozwojem produkcji zwierzęcej. W Polsce już teraz obserwowana jest pewna specyfika negatywnych oddziaływań produkcji zwierzęcej. Na przykład większą emisję metanu mamy ze źle przechowywanych nawozów naturalnych niż z fermentacji jelitowej zwierząt.
- 10) Produkcja towarowa w przekroju gmin. Nie jest możliwe analizowanie stanu zrównoważenia gospodarowania zasobami środowiska rolniczego bez uwzględnienia sytuacji ekonomicznej. Przy rozpatrywaniu zagadnienia w skali regionalnej jedynie dostępnym dla nas wskaźnikiem była wielkość produkcji towarowej w PLN na hektar dla gmin wiejskich.
- 11) Udział/procent gospodarstw stosujących nawożenie mineralne (**Nmin**) i naturalne (**Nnat**) w przekroju gmin.
- 12) Udział/procent gospodarstw stosujących pestycydy (**Pest**) w przekroju gmin. Chemizacja rolnictwa stosowana według zasad dobrej praktyki rolniczej przyczynia się do zwiększenia produkcji, a stosowana w nadmiarze może mieć negatywne skutki, pogarszając jakość produktów rolnych i środowiska.
- 13) Udział/procent urolniczenia (**Urol**) w przekroju gmin (stosunek powierzchni użytków rolnych w gminie do powierzchni całkowitej gminy $\times 100$). Obrazuje znaczenie rolnictwa w określonej gminie.

- 14) Udział zbóż (procentowy) w strukturze zasiewów (**U-zb**) w przekroju gmin. Charakteryzuje poprawność zmianowania roślin oraz stopień bioróżnorodności agrocenoz.
- 15) Nakłady na produkcję rolną w PLN na ha UR (**Nak**) w przekroju gmin. Charakteryzują koszty produkcji.
- 16) Udział/procent rolników z wykształceniem podstawowym i innym (**Wyk_p**) w przekroju gmin. Efekty gospodarowania w coraz większym stopniu zależeć mogą od dobrego wykształcenia rolników. Wykształcenie podstawowe i zawodowe nie wystarcza już do dobrego zarządzania gospodarstwem.
- 17) Udział/procent rolników w wieku mobilnym w przekroju gmin (**Wmob**); (do 35 r. życia). Rolnicy młodzi powinni być bardziej zainteresowani niż starsi rozwijaniem produkcji rolnej i sprawnym gospodarowaniem.
- 18) Procent obszaru objętego prawną ochroną przyrody (**OchP_I**) w przekroju gmin. Gospodarowanie na obszarach prawnie chronionej przyrody wiąże się z koniecznością ograniczenia intensywności rolnictwa. Pogarszać to może wynik finansowy gospodarowania, co w pewnej mierze jest już obecnie kompensowane rolnikom (programy rolnośrodowiskowe).

Dwa spośród wymienionych wskaźników traktowane były w sposób specjalny. Produkcja towarowa stanowiła zmienną zależną w określeniu znaczenia pozostałych czynników w efekcie ekonomicznym gospodarowania (wag). Zaś WWRP stanowił teoretyczną miarę potencjału produkcji, do której odniesiono obliczony zintegrowany wskaźnik zrównoważenia rolnictwa.

Utworzona do analiz baza danych obejmowała 17 wskaźników dla 2171 gmin wiejskich. Zostały one przekształcone we wskaźniki rangowe pozwalające analizować każdy wskaźnik indywidualnie dla wszystkich gmin. Następnie wskaźniki indywidualne przekształcone zostały w jeden uniwersalny wskaźnik zintegrowany, który odniesiono do potencjału produkcji charakteryzowanego przez WWRP.

Analiza rozkładów statystycznych wskaźników wykazała, że nie mają one rozkładów normalnych. Indywidualnie dla każdego wskaźnika dobrano transformację, która zmniejszała skośność rozkładu. Następnie w celu uniezależnienia dalszych analiz od wpływu na ich wyniki danych ekstremalnych obcinano wartości minimalne i maksymalne próby każdego wskaźnika do rozkładu 90%. Odcięte wartości dolne uzupełniono wartością krytyczną 5 procentyla, zaś górne wartością krytyczną 95 procentyla rozkładu. Procedura została zastosowana z dwóch powodów. Po pierwsze należy mieć mniejsze zaufanie dla dokładności danych w zakresie ekstremalnej części rozkładu. Po drugie obliczone wskaźniki mają być miarami porównywalnymi i należy unikać wpływu wartości ekstremalnych na wyniki porównań.

Dane o poprawionych rozkładach standaryzowano dla umożliwienia ich agregacji w znormalizowane rangi, tzw. Z-rangi (wartość minus średnia, podzielone przez odchylenie standardowe) dla tych przypadków, kiedy większa wartość wskaźnika wpływa na podwyższenie zrównoważenia gospodarowania (obsada zwierząt, nawożenie mineralne, stosowanie pestycydów, powierzchnia gospodarstw, nakłady, Klimatyczny

Bilans Wodny, urolniczenie). Jeśli większa wartość wskaźnika prowadzi do pogorszenia równowagi gospodarowania (erozja wodna, wykształcenie podstawowe, udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych, udział zbóż, udział powierzchni UR o małej zawartości próchnicy, wielkość powierzchni objętej ochroną przyrody) standaryzacja polegała na obliczeniu Z-rangi w następujący sposób: średnia minus wartość dzielone przez odchylenie standardowe. Z-ranga uzyskująca wartość 0 odpowiada średniej wartości wskaźnika dla wszystkich danych. Wartości w zakresie od -1 do +1 odchylają się od średniej w zakresie jednego odchylenia standardowego (66% ogółu danych). Wartości w przedziale od -2 do +2 odchylenia standardowego od średniej stanowią 95% ogółu danych, zaś wartości od -3 do +3 to 99,7% ogółu danych. Po obliczeniu Z-rang przeprowadzono analizy, których celem było stwierdzenie czy zastosowane procedury nie wprowadziły do danych błędu systematycznego, tzw. obciążenia (bias). Polegały one na policzeniu regresji pomiędzy danymi wejściowymi i Z-rangami. Nie stwierdzono, aby zastosowane procedury przekształcenia danych wprowadziły do nich błąd systematyczny.

Zintegrowany wskaźnik ze wszystkich 15 wskaźników cząstkowych oszacowano poprzez obliczenie dla nich wag regresji cząstkowych liczonych metodą najmniejszych kwadratów. W analizie zmienną zależną była produkcja towarowa, zaś zmiennymi niezależnymi pozostałe wskaźniki, z wyjątkiem wskaźnika WWRP. Program liczący regresje wykorzystywał metodę zbliżoną do analizy składowych głównych (SIMCA). Zważone Z-rangi dla 15 wskaźników następnie uśredniano do jednego wskaźnika zintegrowanego.

W dalszym toku analizy wskaźnik zintegrowany oraz WWRP przeliczono na standaryzowane procentyle normalne (przyjmując one wartości od małej równowagi 0 do dużej równowagi 100). Innymi słowy wyniki wyrażono w procentach. Procenty zostały wybrane dlatego, że są one intuicyjnie bardziej zrozumiałe niż Z-rangi. Sposób transformacji na standardowe procenty normalne zastosowano dlatego, ponieważ nie można założyć, że największe i najmniejsze średnie odpowiadają maksymalnej i minimalnej równowadze wykorzystania zasobów gospodarowania. Powinno się natomiast przyjąć, że uzyskane wyniki reprezentują oszacowania leżące w zakresie aktualnego rozkładu, zaś minimum i maksimum zrównoważenia gdziekolwiek by nie leżało można z dużą dozą pewności wnosić, że leżą one poza obecnym rozkładem posiadanych danych. Oznacza to innymi słowy, że zasoby rolnictwa są wykorzystywane w mniejszym lub większym stopniu w sposób niezrównoważony.

Stopień zrównoważenia oceniano, odejmując od standaryzowanych procentów WWRP procenty wskaźnika zintegrowanego. Procent WWRP przyjęto za miarę optymalnego wykorzystania rolniczej przestrzeni produkcyjnej, zaś różnicę między WWRP w % oraz wskaźnikiem zintegrowanym w % za miarę stopnia zrównoważenia rolnictwa. Metodą analizy skupień określono gminy, powiaty i województwa o różnym stopniu zrównoważenia rolnictwa. Wyniki analizy skupień przedstawiono na mapach opracowanych w Systemie Informacji Geograficznej.

Omówienie wyników

W większości przypadków wybrane do analiz wskaźniki (po korekcji rozkładów) były ze sobą istotnie skorelowane (tab. 1). W tej postaci nie mogły więc być one wykorzystane do obliczenia regresji pomiędzy produkcją towarową (zmienna zależna) a wskaźnikami zrównoważenia produkcji (zmienne niezależne). Przekształcenie zmiennych niezależnych do Z-rang analizę taką umożliwiło. Uzyskana regresja wyjaśniała 64% zmienności wielkości produkcji towarowej w analizowanych 2171 gminach wiejskich (tab. 2).

Brak rozkładów normalnych analizowanych wskaźników przesądził jednak o wyborze do dalszych analiz regresji cząstkowej liczonej według metody najmniejszych kwadratów z wykorzystaniem analizy składowych głównych (SIMCA). Częściowo wyeliminowano w ten sposób wpływ rozkładu danych na oszacowanie wag dla poszczególnych wskaźników. Wagi liczone były z regresji pomiędzy produkcją towarową z ha UR a pozostałymi 15 wskaźnikami z wyłączeniem WWRP.

Oszacowano w ten sposób względny wpływ na produkcję towarową poszczególnych wskaźników i uszeregowano go od największego do najmniejszego. Uwagę zwraca, że niskie wykształcenie rolników ma bardzo silny negatywny wpływ na produkcję towarową (rys. 1).

Poszczególne wskaźniki wywierały na produkcję towarową wpływ pozytywny (SD, N_{min} , Pow_g), negatywny (Eroz, Nnat, Wyk_p) lub pozytywny albo negatywny w zależności od warunków ze średnią przewagą jednego z nich (pozostałe); (rys. 2).

Aby prawidłowo wycenić znaczenie każdego z 15 wskaźników dla produkcji towarowej Z-rangi każdego z nich przemnożono przez oszacowane wagi. Były nimi przeliczone na procenty współczynniki podane w drugiej kolumnie tabeli 3. Następnie obliczono wskaźnik zintegrowany, uśredniając 15 zważonych wskaźników cząstkowych i wyrażono go w procentach. Wskaźnik przyjmował wartości w zakresie od 0 (najgorsze zrównoważenie rolnictwa), poprzez 50 (zrównoważenie odpowiadające średniej dla kraju) do 100 (najlepsze zrównoważenie rolnictwa).

Obliczony wskaźnik należało odnieść do wyceny potencjału produkcji. Przyjęto, że dobrze jest on charakteryzowany wskaźnikiem waloryzacji rolniczej przestrzeni przedstawionym w skali procentowej. Odejmując od wskaźnika zrównoważenia wskaźnik WRP uzyskano procent ujemnego lub dodatniego odchylenia od optymalnego wykorzystania potencjału gospodarowania. Gospodarowanie jest zrównoważone, kiedy wskaźnik przyjmuje wartość 0. Ujemne wartości wskaźnika wskazują, że rolnictwo jest nadmiernie ekstensywne w stosunku do potencjału. Dodatnie zaś, że wykorzystanie potencjału jest nadmiernie intensywne.

Metodą analizy skupień sklasyfikowano wszystkie 2171 gmin pod względem zrównoważenia wykorzystania potencjału produkcji (tab. 4; rys. 3).

Przedstawione wyniki analizy skupień pozwalają zaklasyfikować rolnictwo w badanych gminach do pięciu grup:

- **Skupienie -2:** Produkcja mocno niezrównoważona – nadmiernie ekstensywna;

Tabela 1

Korelacje pomiędzy danymi wytypowanymi do analiz*

	Eroz_I	Gl_bkw_I	KBW_I	Nak_I	Nmin_I	Nnat_I	OchP_I	Pest_I	Pow_g_I	Proch_I	Prtow_I
Eroz_I		-0,0085	-0,3270	0,2902	-0,2129	-0,0474	0,1568	-0,1730	-0,2194	-0,0245	-0,2809
Gl_bkw_I	-0,0085		-0,0726	0,0916	0,0117	0,2485	-0,0168	-0,0336	-0,1572	0,0820	-0,2899
	0,6911		0,0007	0,0000	0,5843	0,0000	0,4338	0,1172	0,0000	0,0001	0,0000
KBW_I	-0,3270	-0,0726		-0,1526	0,2840	0,2068	-0,0879	0,2472	0,2914	-0,0044	0,3658
	0,0000	0,0007		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8386	0,0000
Nak_I	0,2902	0,0916	-0,1526		-0,1361	-0,0914	0,0520	-0,1025	-0,4621	0,0880	0,0561
	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0153	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089
Nmin_I	-0,2129	0,0117	0,2840	-0,1361		0,8162	-0,1585	0,9643	0,1836	0,0334	0,3080
	0,0000	0,5843	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1194	0,0000
Nnat_I	-0,0474	0,2485	0,2068	-0,0914	0,8162		-0,0646	0,7941	0,0905	0,0416	0,0447
	0,0271	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0026	0,0000	0,0000	0,0526	0,0372
OchP_I	0,1568	-0,0168	-0,0879	0,0520	-0,1585	-0,0646		-0,1371	-0,0626	0,0389	-0,1301
	0,0000	0,4338	0,0000	0,0153	0,0000	0,0026		0,0000	0,0035	0,0696	0,0000
Pest_I	-0,1730	-0,0336	0,2472	-0,1025	0,9643	0,7941	-0,1371		0,1377	0,0696	0,2826
	0,0000	0,1172	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0012	0,0000
Pow_g_I	-0,2194	-0,1572	0,2914	-0,4621	0,1836	0,0905	-0,0626	0,1377		-0,1201	0,2293
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0035	0,0000		0,0000	0,0000
Proch_I	-0,0245	0,0820	-0,0044	0,0880	0,0334	0,0416	0,0389	0,0696	-0,1201		-0,0702
	0,2530	0,0001	0,8386	0,0000	0,1194	0,0526	0,0696	0,0012	0,0000		0,0010
Prtow_I	-0,2809	-0,2899	0,3658	0,0561	0,3080	0,0447	-0,1301	0,2826	0,2293	-0,0702	
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089	0,0000	0,0372	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	
SID_I	-0,0973	0,0616	0,3773	-0,0059	0,5479	0,6871	-0,0509	0,4912	0,1070	-0,0702	0,3904
	0,0000	0,0040	0,0000	0,7828	0,0000	0,0000	0,0176	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000
U_zb_I	-0,3459	0,1274	0,1816	-0,2835	0,0742	0,1849	0,0195	0,0111	0,1313	-0,0100	-0,0321
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,3647	0,6060	0,0000	0,6409	0,1351
Urol_I	-0,1482	-0,1203	0,2019	-0,0007	0,6229	0,4325	-0,2137	0,6461	0,2098	-0,0165	0,3796

	0,0000	0,0000	0,0000	0,9752	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4418	cd. tab. 1
Wmob 1	-0,1658	0,0368	0,3691	-0,1941	0,6925	0,6767	-0,0877	0,6460	0,2710	-0,0561	0,2924	0,0000	
	0,0000	0,0864	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0088	0,0000		
WWRP 1	0,0678	-0,4524	0,1206	0,0371	0,2274	-0,1123	-0,1405	0,3245	0,0316	-0,0572	0,3038		
	0,0015	0,0000	0,0000	0,0836	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1414	0,0076	0,0000		
Wyk p 1	0,0821	0,3025	-0,1671	-0,1962	-0,0138	0,2392	0,0600	-0,0109	0,0023	0,0897	-0,4768		
	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,5217	0,0000	0,0051	0,6128	0,9158	0,0000	0,0000		

* współczynniki korelacji – bold

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2

Regresja wielokrotna liniowa pomiędzy Z-rangą produkcji towarowej a Z-rangami wybranych wskaźników stopnia zrównoważenia rolnictwa

Wskaźnik	Współczynniki regresji	Błąd standardowy	Wartość prawdopodobieństwa P
CONSTANT	0,0487365	0,0162596	0,0027
Eroz_Z	0,0700188	0,0107461	0,0000
Gl_bkw_Z	0,0636174	0,0136325	0,0000
KBW_Z	0,0571636	0,0135088	0,0000
Nak_Z	0,1867670	0,0177788	0,0000
Nmin_Z	0,4529270	0,0297742	0,0000
Nnat_Z	0,6862700	0,0330395	0,0000
Pow_g_Z	0,3100820	0,0198520	0,0000
SD_Z	0,4032640	0,0211007	0,0000
U_zb_Z	-0,0429065	0,0165709	0,0096
Urol_Z	0,0594642	0,0191957	0,0019
Wmob_Z	-0,0539406	0,0174326	0,0020
WWRP_Z	0,0915008	0,0178494	0,0000
Wyk_p_Z	0,1373210	0,0153774	0,0000

Źródło: opracowanie własne.

bardzo wysoki potencjał produkcji (89%) bardzo ekstensywnie wykorzystywany (-39%).

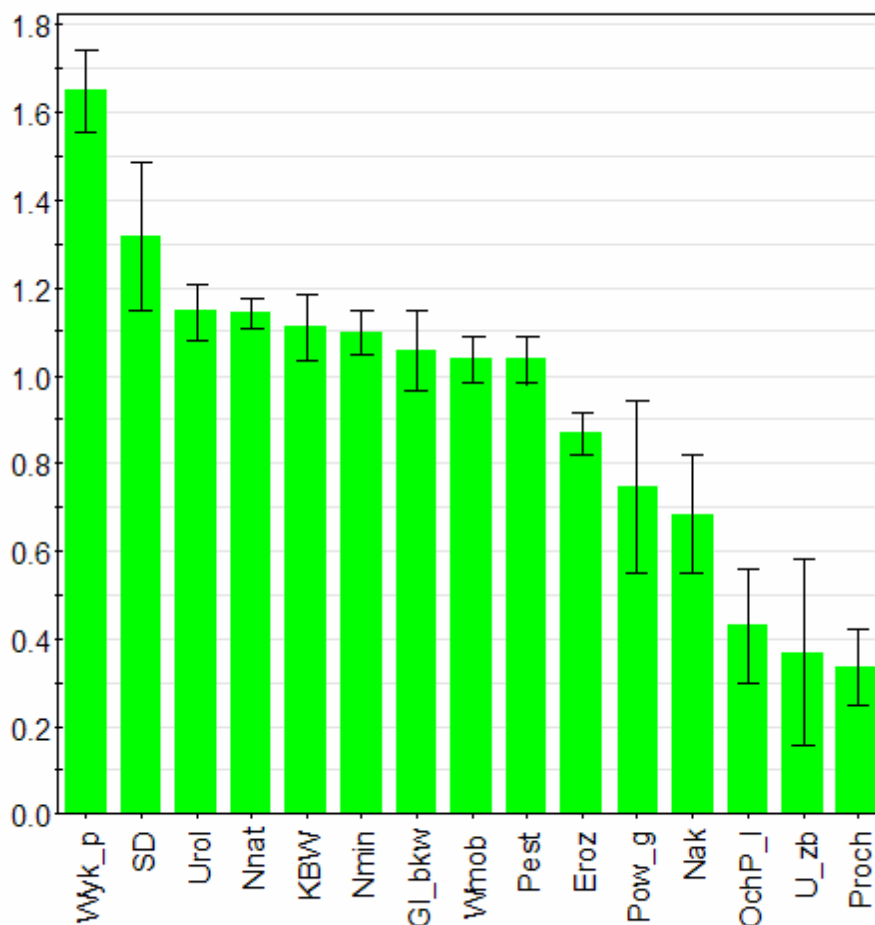
- **Skupienie -1:** Produkcja słabo niezrównoważona – ekstensywna; wysoki potencjał produkcji (66%) średnio ekstensywnie wykorzystywany (-14%).
- **Skupienie 0:** Produkcja zrównoważona – nieco mniejszy od średniej potencjał produkcji (43%) wykorzystywany w sposób bliski zrównoważeniu (-6%).
- **Skupienie 1:** Produkcja słabo niezrównoważona – intensywna; niski potencjał produkcji (35%) średnio intensywnie wykorzystywany (13%),
- **Skupienie 2:** Produkcja mocno niezrównoważona – nadmiernie intensywna; bardzo niski potencjał produkcji (11%) bardzo intensywnie wykorzystywany (30%).

Podane wartości krytyczne należy rozumieć w sposób następujący: potencjał produkcji bardzo wysoki – 100%, średni dla kraju – 50%, bardzo niski – 0%. Zrównoważenie wykorzystania potencjału podane jest w procentach odchylenia od WWRP wyrażonego w % dla każdej gminy. Przestrzenne zróżnicowanie stanu zrównoważenia rolnictwa w gminach przedstawiono na rysunku 4.

Analizy zrównoważenia rolnictwa w powiatach przeprowadzono w sposób analogiczny, jak dla gmin (tab. 5, rys. 5 i 6).

Przedstawione wyniki analizy skupień pozwalają zaklasyfikować rolnictwo w badanych powiatach do pięciu grup:

- **Skupienie -3:** Produkcja mocno niezrównoważona – nadmiernie ekstensywna; bardzo wysoki potencjał produkcji (92%) bardzo ekstensywnie wykorzystywany (-40%).



Rys. 1. Względne znaczenie zmiennych niezależnych dla produkcji towarowej z ha UR w 2171 gminach (skala względna; linie wyznaczają odchylenie standardowe)

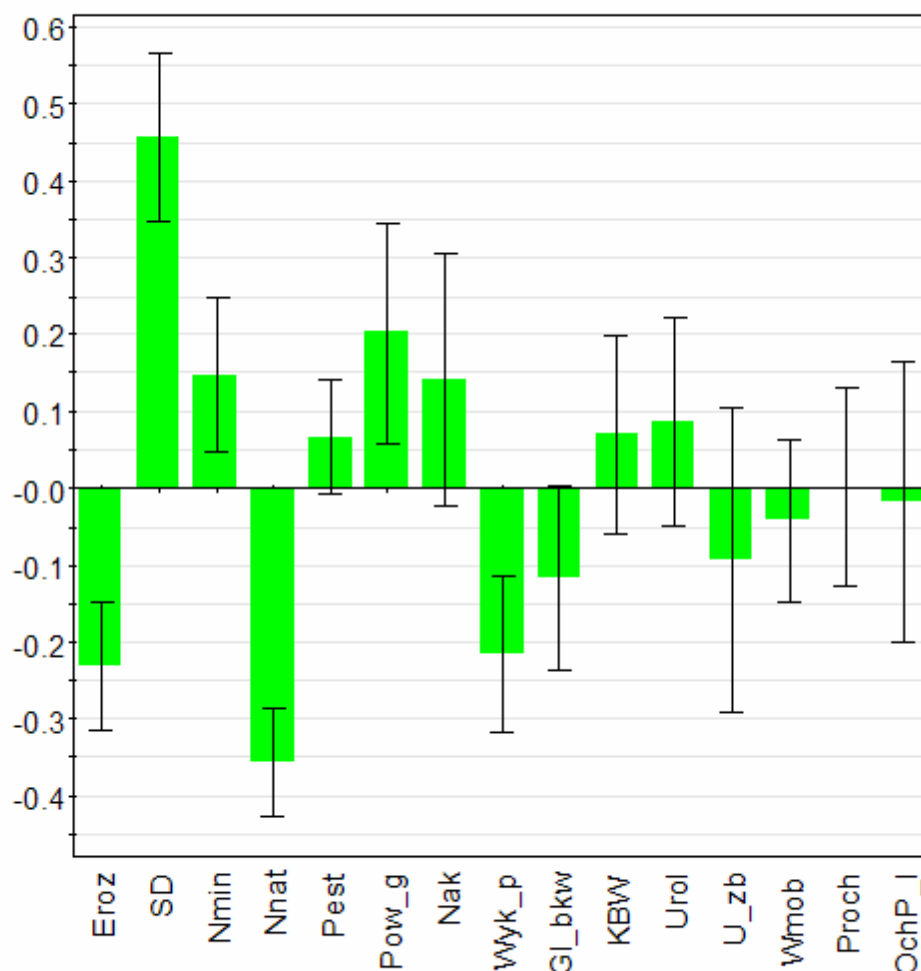
Źródło: opracowanie własne.

- **Skupienie -2:** Produkcja nie zrównoważona – ekstensywna; wysoki potencjał produkcji (73%) średnio ekstensywnie wykorzystywany (-23%).
- **Skupienie -1:** Produkcja nie zrównoważona – umiarkowanie ekstensywna; mniejszy potencjał (54%) wykorzystywany w sposób bliski zrównoważeniu (-18%).
- **Skupienie 0:** Produkcja zrównoważona – potencjał produkcji (45%) średnio intensywnie wykorzystywany (4%).
- **Skupienie 1:** Produkcja nie zrównoważona – intensywna; niski potencjał produkcji (22%) bardzo intensywnie wykorzystywany (20%).

Przestrzenny obraz stanu zrównoważenia rolnictwa w powiatach przedstawiono na rysunku 6.

Stan równowagi rolnictwa w województwach oceniano, wykorzystując 15 wskaźników użytych do ocen w gminach i powiatach z dodatkowym uwzględnieniem: indek-

Ocena stopnia zrównoważenia rolnictwa w Polsce w różnych skalach przestrzennych



Rys. 2. Pozytywny i negatywny wpływ czynników na produkcję towarową rolnictwa (skala względna; linie wyznaczają odchylenie standardowe)

Źródło: opracowanie własne.

su pokrycia gleb roślinami uprawnymi w zimie (3), emisji gazów cieplarnianych (metanu i podtlenku azotu); (6) oraz wielkości strat azotanów w okresie zimowym (2). Województwa pogrupowano na trzy skupienia (tab. 6).

Przedstawione wyniki analizy skupień pozwalają zaklasyfikować rolnictwo w województwach do pięciu grup:

- **Skupienie -2:** Produkcja mocno niezrównoważona – ekstensywna; większy niż średni potencjał produkcji (60%) wykorzystywany ekstensywnie (-30%).
- **Skupienie -1:** Produkcja niezrównoważona – ekstensywna; mniejszy niż średni potencjał produkcji (42%) umiarkowanie ekstensywnie wykorzystywany (-11).

Tabela 3

Wagi obliczone dla wskaźników wpływających na produkcję towarową

Wskaźnik	Współczynniki regresji wielokrotnej	
	w jednostkach rzeczywistych	znormalizowane wagi
Wyraz wolny	1,80012000	0
Eroz	-0,23032900	0,0844448
SD	0,45619400	0,1094780
Nmin	0,14710700	0,0988824
Nnat	-0,35662800	0,0709598
Pest	0,06707130	0,0742496
Pow_g	0,20248500	0,1433030
Nak	0,14132500	0,1642810
Wyk_p	-0,21572700	0,1032390
Gl_bkw	-0,11718400	0,1200180
KBW	0,07052060	0,1287280
Urol	0,08736920	0,1354880
U_zb	-0,09420360	0,1977860
Wmob	-0,04220580	0,1041420
Proch	0,00108159	0,1285390
OchP_l	-0,01680160	0,1815970

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4

Podział 2171 gmin wiejskich na skupienia ze względu na stan zrównoważenia rolnictwa

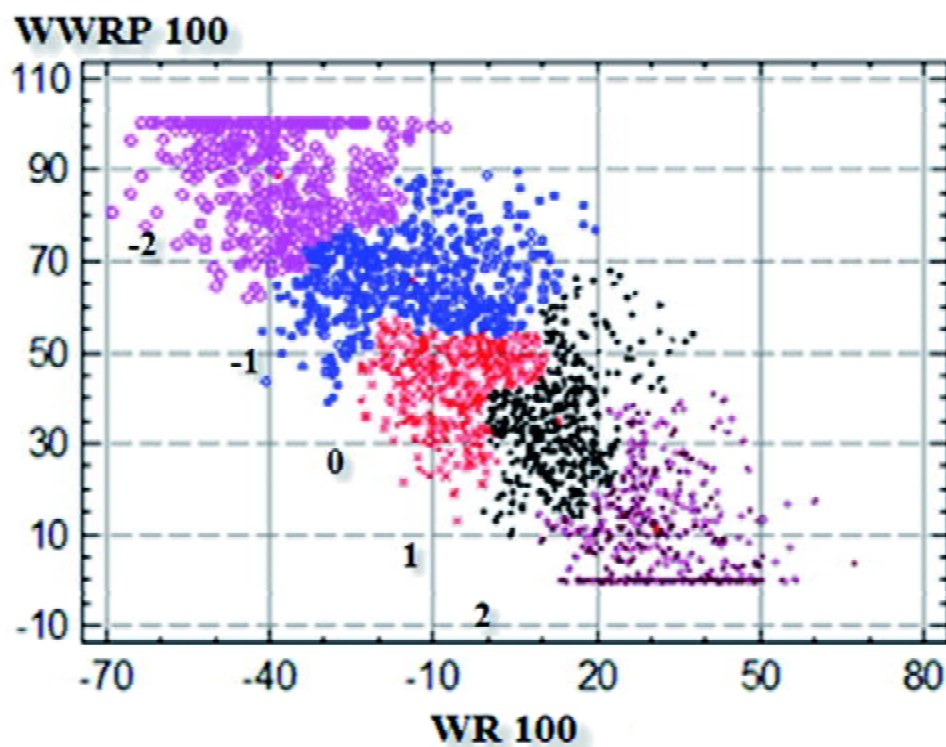
Skupienia	Liczba gmin	Procent	WWRP · 100	WR · 100*
-1	431	19,9	34,6	-38,6
-2	513	23,6	43,3	-13,8
0	445	20,5	11,8	12,9
1	392	18,1	65,8	30,9
2	390	8,0	88,9	-6,0

* $WR \cdot 100 = WWRP \cdot 100$ – zintegrowany wskaźnik równowagi · 100

Źródło: opracowanie własne.

- **Skupienie 1:** Produkcja niezrównoważona – umiarkowanie intensywna; mniejszy niż średni potencjał produkcji (47%) wykorzystywany w sposób umiarkowanie intensywny (24%).

Graficzny obraz klasyfikacji przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 3. Klasyfikacja 2171 gmin wiejskich według stopnia zrównoważenia produkcji przeprowadzona metodą analizy skupień (cyfry od -2 do +2 oznaczają numery skupień)

Źródło: opracowanie własne.

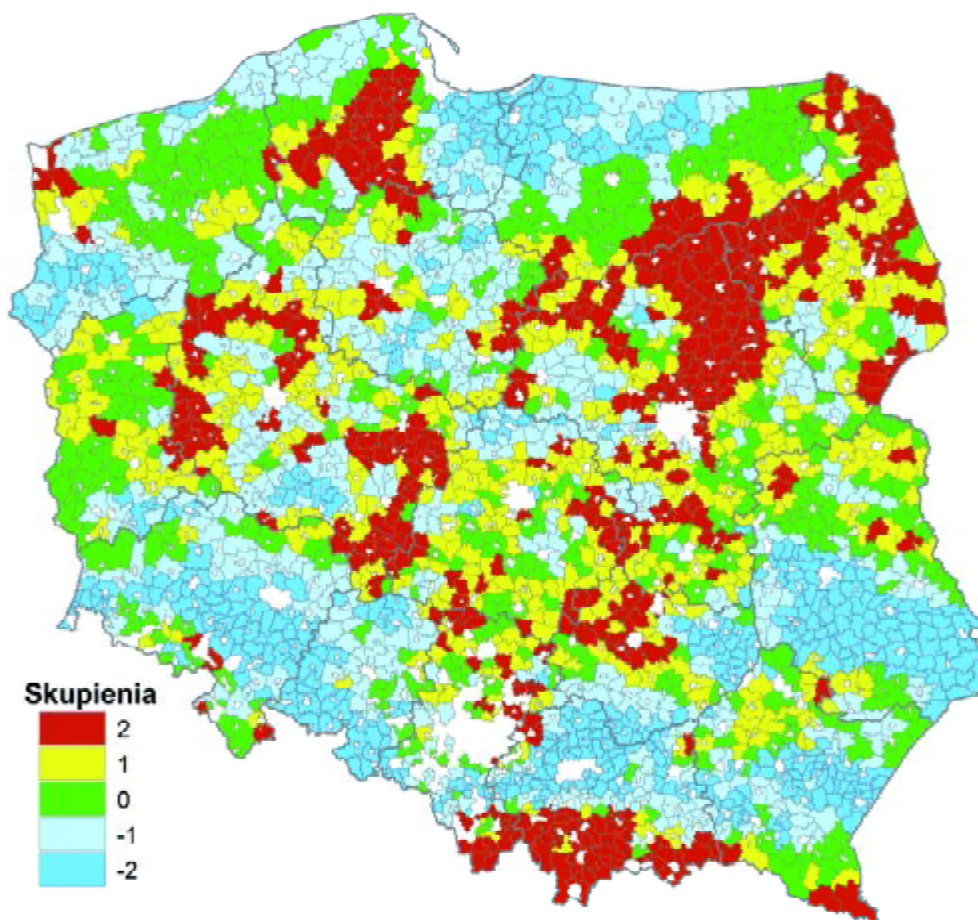
Tabela 5

Podział 308 powiatów na skupienia ze względu na stan zrównoważenia rolnictwa

Skupienie	Liczba powiatów	Procent	WWRP · 100	WR · 100*
-2	28	9,1	91,8	-39,5
-1	59	19,2	73,3	-23,4
0	35	11,4	54,1	-18,4
1	117	38,0	45,1	3,6
2	69	22,4	21,8	20,2

* $WR \cdot 100 = WWRP \cdot 100$ – zintegrowany wskaźnik równowagi · 100

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Stan zrównoważenia rolnictwa w 2171 gminach wiejskich w Polsce
(opis legendy skupień znajduje się w tekście)

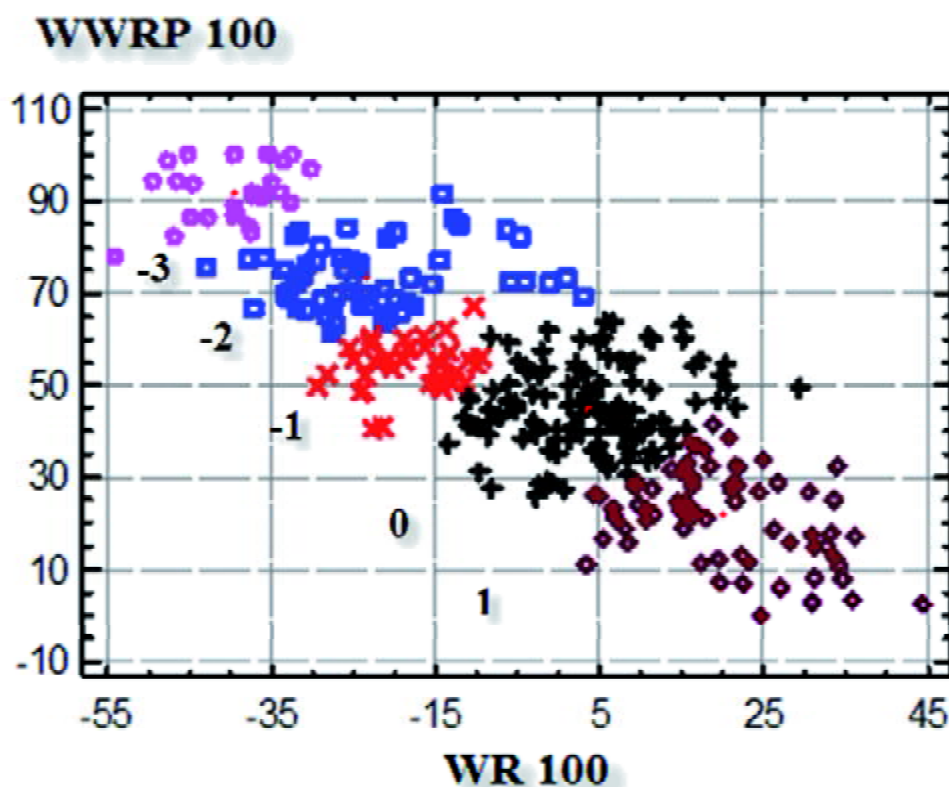
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 6

Podział województw na skupienia ze względu na stan zrównoważenia rolnictwa

Skupienie	Liczba województw	Procent	WWRP · 100	WR · 100
1	7	25,0	65,3	-29,8
2	6	18,8	46,8	25,4
3	3	43,8	47,5	-17,2

Źródło: opracowanie własne.



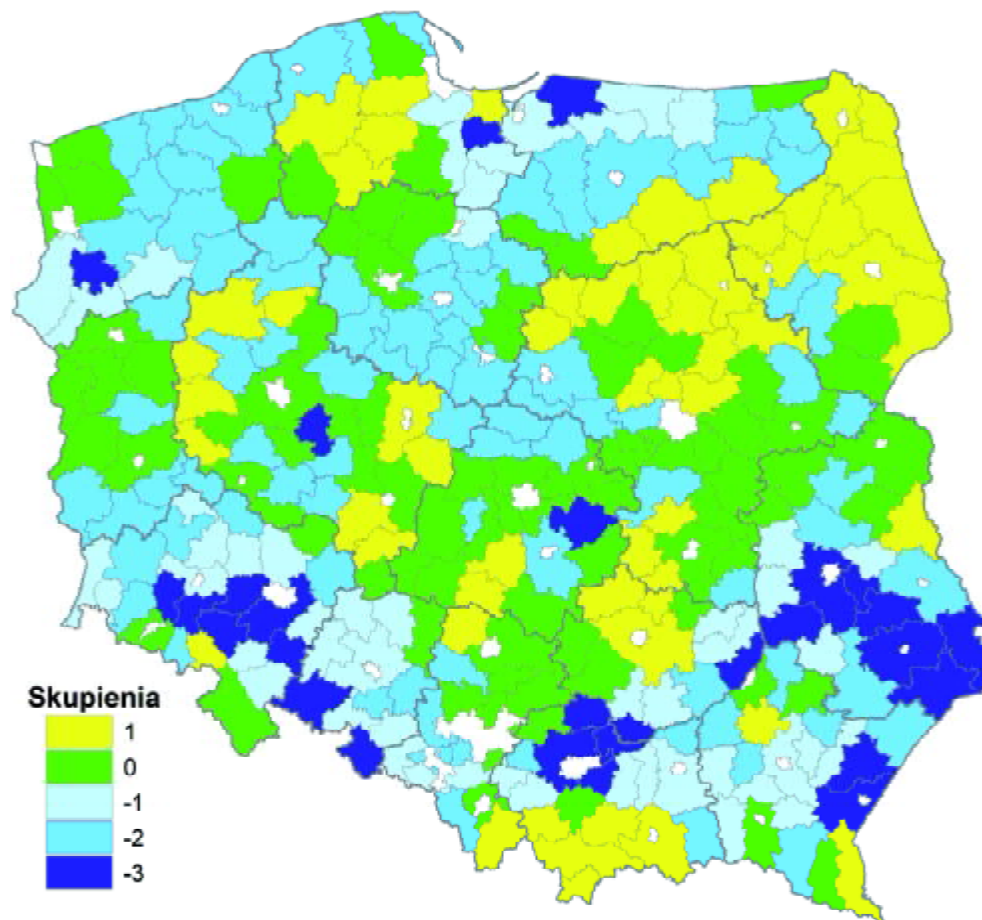
Rys. 5. Klasyfikacja 308 powiatów według stopnia zrównoważenia produkcji przeprowadzona metodą analizy skupień (cyfry od -3 do 1 oznaczają numery skupień)

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono oryginalną metodę oceny stopnia zrównoważenia rolnictwa, ze szczególnym uwzględnieniem aspektu środowiskowego, w przekrojach przestrzennych gmin, powiatów oraz województw. Zdecydowano się na jej opracowanie dlatego, że dotychczasowe „uniwersalne” metodyki ocen w skali międzynarodowej nie przynoszą, zdaniem autorów, oczekiwanych rezultatów.

Filozofia zaprezentowanego podejścia metodycznego zasadza się na konstatacji, że nigdzie nie jest znany system rolniczy, czy rolnictwo jako takie, które mogłyby być uznane za zrównoważone. W ocenach mamy więc do czynienia jedynie z systemami rolnictwa, albo rolnictwem w ogólności, mniej lub bardziej zrównoważonymi w skali rozpiętości od rolnictwa ekstensywnego do intensywnego. Poszukiwanie nowego podejścia metodycznego do ocen pozostawało w zgodzie z motywem przewodnim zada-

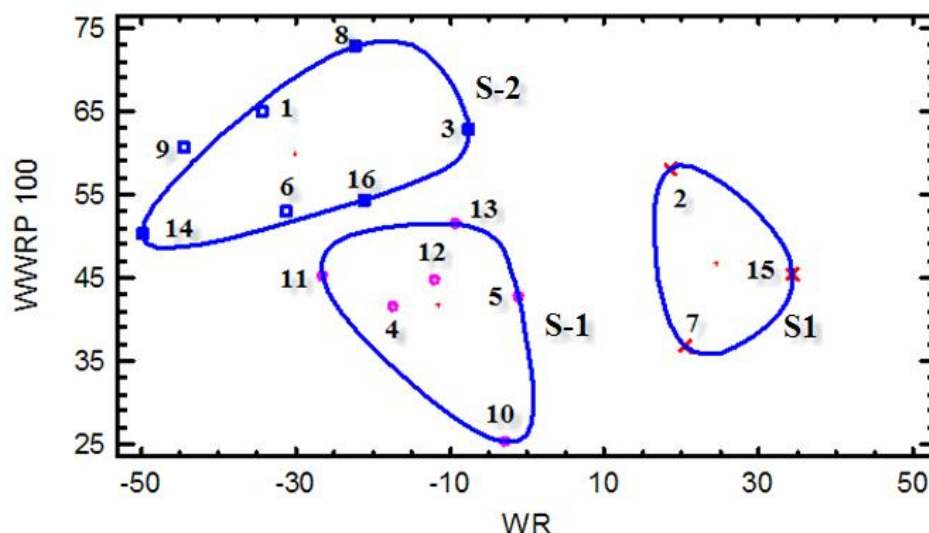


Rys. 6. Stan zrównoważenia rolnictwa w 308 powiatach w Polsce
(opis legendy skupień znajduje się w tekście)

Źródło: opracowanie własne.

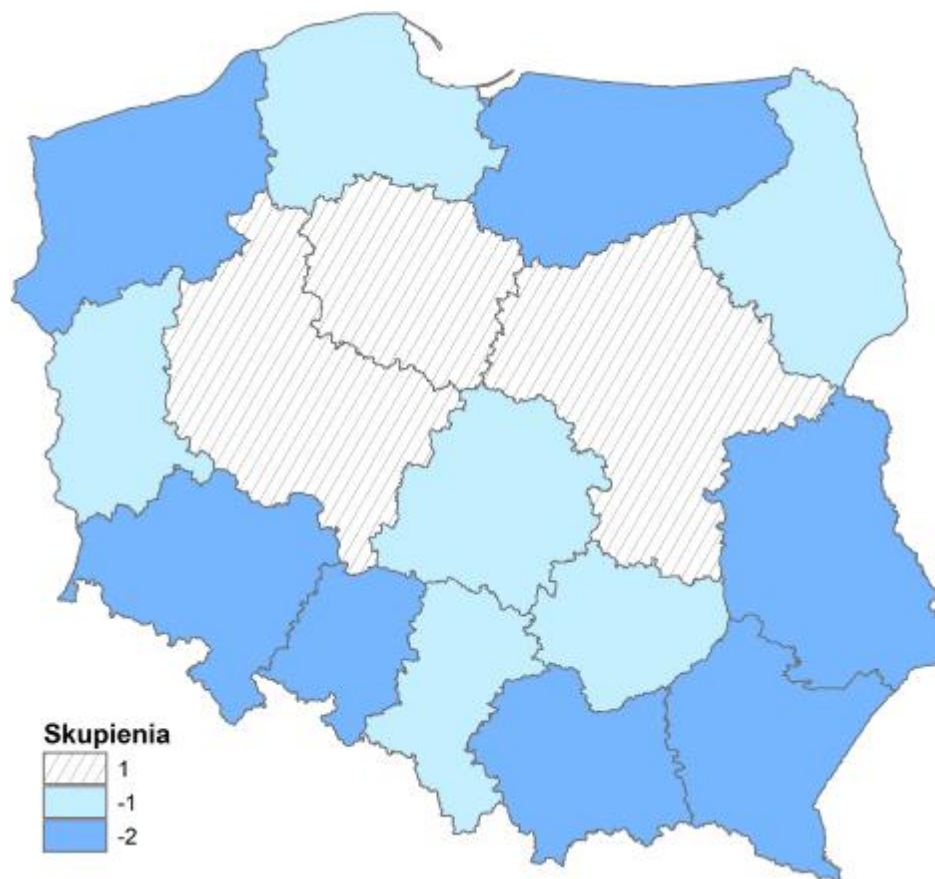
nia 1.2 w programie wieloletnim PIB, którym jest sprawdzenie przydatności wskaźników do oceny zrównoważonego gospodarowania zasobami środowiska rolniczego. W ocenach uwzględniono także wskaźniki ekonomiczne i społeczne, bez których oceny wykorzystywania zasobów środowiskowych rolnictwa nie mogłyby być wystarczająco wyczerpujące.

Zaletą zaprezentowanego podejścia jest całkowicie nowa, ilościowa kwantyfikacja stanu zrównoważenia rolnictwa. Jego słabością jest ograniczona możliwość analizowania dynamiki zmian zrównoważenia w czasie. Dlatego, że wynikami spisu rolnego dysponujemy w Polsce co kilka lat. Niewątpliwą wartością dodaną przeprowadzonych badań jest rozległa baza danych, która nie mogłaby powstać poza realizacją programu PIB.



Rys. 7. Klasyfikacja województw według stopnia zrównoważenia produkcji przeprowadzona metodą analizy skupień (S -2 do 1 – skupienia, cyfry – kolejny numer województwa wg porządku alfabetycznego); (przestrzenne zróżnicowanie zrównoważenia rolnictwa przedstawiono na rys. 8) Źródło: opracowanie własne.

Trudno w tej chwili oceniać w sposób jednoznaczny uzyskane wyniki badań. Analizy zostaną powtórzone dla wyników Spisu Rolnego 2010, co zapewne pozwoli dokonać szerszej interpretacji uzyskanych rezultatów ocen stopnia zrównoważenia rolnictwa polskiego przed i po wstąpieniu Polski do UE. Na podstawie przedstawionych wyników można jednak wysnuć wniosek, że nawet wtedy, kiedy wskaźniki zostaną dobrze wyważone ich agregowanie prowadzi do zacierania się przestrzennej specyfiki różnic stopnia zrównoważenia rolnictwa. Jest to wynik całkowicie zrozumiały. Trzeba jednak z naciskiem podkreślić, że otrzymany zintegrowany wskaźnik zrównoważenia rolnictwa dla województw jest tak dalece zgeneralizowany, iż wydaje się, że jego analizowanie traci swój sens merytoryczny. Jest to konstatacja bardzo ważka, ponieważ oceny w UE prowadzi się z reguły z rozdzielczością przestrzenną do NUTS 2 (w Polsce województw). Autorzy na podstawie uzyskanych wyników powątpiewają więc w merytoryczną przydatność takich ocen. Zasadne wydaje się twierdzenie, że będą one nie dość precyzyjne, aby mogły dać miarodajny obraz stopnia zrównoważenia rolnictwa w skali regionalnej UE. Teza ta w odniesieniu do Polski będzie przedmiotem dalszych rozważań po wykonaniu obliczeń dla wyników Spisu Rolnego 2010.



Rys. 8. Stan zrównoważenia rolnictwa w województwach
(opis legendy skupień znajduje się w tekście)

Źródło: opracowanie własne.

Literatura

1. Faber A.: Przegląd wskaźników rolnośrodowiskowych zalecanych do stosowania w ocenie zrównoważonego gospodarowania w rolnictwie. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2007, **5**: 9-24.
2. Fotyma M.: Monitoring of N_{min} content in soils of Poland. *Nawozy i Nawożenie/Fertilizers and Fertilization*, 2009, **37**: 108-128.
3. Harasim A.: Regionalne zróżnicowanie pokrycia roślinnością gleb Polski. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2009, **15**: 71-80.
4. Górski T., Kozyra J., Stuczyński T.: Identification of soil vulnerable to water deficit in Poland. *Bibl. Fragm. Agron.*, 2006, **11**: 279-280.
5. Toczyński T., Wrzaszcz W., Zegar J. S.: Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym. Zrównoważenie polskiego rolnictwa w świetle statystyki publicznej (8). IERiGŻ-PIB Warszawa, 2009, 161, ss. 156.
6. Zaliwski A.: Tendencje zmian w emisji CH_4 i N_2O w przekroju województw. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2010, **20**: 87-95.

7. Z e g a r J. S.: Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym (10). Raport końcowy: synteza i rekomendacje. IERiGŻ-PIB Warszawa, 2009, 175, ss. 102.

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Antoni Faber
IUNG-PIB

Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy

tel.: (81) 886 34 21 w. 203

e-mail: faber@iung.pulawy.pl

Beata Feledyn-Szewczyk

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

**MODEL RISE JAKO NARZĘDZIE OCENY I OPTIMALIZACJI STOPNIA
ZRÓWNOWAŻENIA PRODUKCJI ROLNEJ NA POZIOMIE
GOSPODARSTWA***

Wstęp

W koncepcji rozwoju zrównoważonego, której powinny podlegać strategie rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich, zakłada się realizację celów ekonomicznych, ekologicznych i społecznych (4). Zrównoważony rozwój rolnictwa i obszarów wiejskich oznacza produkcję żywności w sposób bezpieczny dla środowiska, zgodnie z zaleceniami Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej. Ważnym zagadnieniem jest wypracowanie metod oceny stopnia zrównoważenia na różnych poziomach: globalnym, krajów, regionów i gospodarstwa (3, 5). Z przeglądu literatury wynika, że istniejące metody oceny stopnia zrównoważenia produkcji rolnej nie pozwalają na kompleksową ocenę na poziomie gospodarstwa, ponieważ większość z nich uwzględnia tylko wybrane, specyficzne aspekty rozwoju zrównoważonego (1, 9, 13, 15, 18). W świetle tego bardzo przydatnym narzędziem (programem komputerowym) do prostej, a zarazem całościowej (holistycznej) oceny stopnia zrównoważenia produkcji rolnej w gospodarstwie może być model RISE (the Response-Inducing Sustainability Evaluation) opracowany przez zespół ze Swiss College of Agriculture w Zollikofen (Szwajcaria); (2, 10, 11, 16, 17). Jedną z zalet modelu RISE jest możliwość jego wykorzystania nie tylko w celu diagnozy sytuacji, ale także poprawy gospodarowania w kierunku bardziej zrównoważonej produkcji rolnej. Model przeznaczony jest głównie dla rolników, ale może stanowić też cenne narzędzie dla doradców oraz firm działających w sektorze rolno-spożywczym. Daje możliwość prowadzenia analiz porównawczych, przez co może być wykorzystywany przez administrację różnego szczebla do określania trendów w rozwoju sektora rolnego oraz planowania działań i tworzenia nowych strategii.

Celem badań była ocena stopnia zrównoważenia produkcji rolnej za pomocą modelu RISE w dwóch gospodarstwach o różnych kierunkach produkcji.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 w programie wieloletnim IUNG - PIB

Metodyka badań

Model RISE powstał w oparciu o metodologię PSR (Pressure-State-Response; Presja-Stan-Działanie) opracowaną przez OECD i stosowaną na szeroką skalę przez różne instytucje do ocen na poziomie krajowym i lokalnym (3, 12). Obejmuje 12 wskaźników, które uwzględniają ekologiczne, ekonomiczne i społeczne aspekty zrównoważonej produkcji rolniczej i są obliczane lub szacowane na podstawie ponad 60 parametrów (6, 10). Wskaźniki dotyczą: gospodarowania energią, wodą i glebą, bioróżnorodności, gospodarki nawozowej, ochrony roślin, gospodarki odpadami, efektywności i stabilności ekonomicznej gospodarstwa, a także warunków socjalnych. Każdy wskaźnik obejmuje parametry, które opisują obecny stan gospodarstwa (S – state) oraz określają presję/oddziaływanie na gospodarstwo (D – driving force, pressure). Parametry „stanu” i „presji” przyjmują wartości punktowe między 0 a 100. Stopień zrównoważenia wskaźnika jest różnicą między wartością stanu (S) i presji (D); ($DS = S - D$) i ma zakres od -100 do +100. Pojedyncze wskaźniki są uważane za zrównoważone, jeśli ich wartość jest powyżej +10, a całe gospodarstwo uważa się za zrównoważone, kiedy żaden ze wskaźników nie przyjmuje wartości poniżej -10 (6, 10, 17).

Analizy stopnia zrównoważenia wykonano w dwóch gospodarstwach z woj. lubelskiego o różnych kierunkach produkcji, które potraktowano jako studium przypadku. Badania przeprowadzono w 2005 i 2007 roku w celu porównania stopnia zrównoważenia tych gospodarstw przed i po podjęciu pewnych działań naprawczych. Powtórna analiza po 2 latach miała na celu określenie, jak wprowadzone zmiany wpływają na stopień zrównoważenia tych gospodarstw oraz sprawdzenie przydatności modelu RISE do oceny wprowadzonych zmian w gospodarowaniu. Źródłem informacji były badania ankietowe rolników. Dane z ankiety zostały wprowadzone do modelu RISE (programu komputerowego), a wyniki prezentowane są w postaci tzw. „wielokąta zrównoważenia”.

Wyniki badań

Charakterystyka i ocena gospodarstw za pomocą modelu RISE

W tabeli 1 przedstawiono krótką charakterystykę analizowanych gospodarstw rolnych w latach badań. Gospodarstwo nr 1 reprezentowało trzodowy profil produkcji, a gospodarstwo nr 2 zajmowało się chowem bydła mlecznego. Obydwa posiadały zbliżony areal użytków rolnych i oprócz produkcji zwierzęcej uprawiano w nich też rośliny na gruntach ornych. Prowadzono w nich dość intensywną produkcję z wykorzystaniem znacznych ilości nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin.

W ocenie stopnia zrównoważenia tych gospodarstw za pomocą modelu RISE, w obu latach badań, większość z 12 wskaźników przyjmowała wartości mieszczące się w przedziale uznawanym za zrównoważony. Wskazuje to na właściwe gospodarowanie energią, wodą, prawidłowo realizowaną ochronę gleb i wód oraz efektywne

i bezpieczne dla środowiska systemy ochrony roślin. Warunki pracy były poprawne i nie stwarzały większych zagrożeń dla osób pracujących. Wskaźniki ekonomiczne dla tych gospodarstw należy ocenić jako dobre, spełniające kryteria zrównoważenia według metodyki RISE.

W ocenie obu gospodarstw wartości wskaźników na wielokątach zrównoważenia były przesunięte w lewą stronę, co świadczy o realizacji w większym stopniu celów ekonomicznych niż ekologicznych (rys. 1 i 2). Ujemne wartości, wskazujące na brak zrównoważenia według metodyki RISE, przyjmowały wskaźniki charakteryzujące bioróżnorodność i potencjał emisyjny N i P. O niskiej wartości wskaźnika bioróżnorodności w obu gospodarstwach zdecydował fakt, że większość użytków rolnych stanowiły grunty orne z intensywną uprawą roli i ochroną roślin. Nie występowały miedze czy inne cenne użytki przyrodnicze, mogące stanowić ostoje bioróżnorodności flory i fauny.

W przypadku wskaźnika dotyczącego potencjału emisyjnego N i P oceniany jest sposób przechowywania i stosowania nawozów naturalnych oraz bilans azotu i fosforu w gospodarstwie. Niska wartość tego wskaźnika dla gospodarstwa nr 1 w 2005 r. wynikała z braku odpowiedniej infrastruktury do przechowywania obornika, który był przetrzymywany na podłożu nieutwardzonym, co stwarzało zagrożenie dla środowiska poprzez zanieczyszczenia gleby i wody (rys. 1, tab. 1). Po wywiezieniu obornika na pole nie był on bezpośrednio przyorany lub mieszany z glebą, co powodowało straty azotu. Niska wartość wskaźnika potencjału emisyjnego N i P w przypadku gospodarstwa nr 2 była spowodowana głównie bardzo niekorzystnym bilansem N i P (nadwyżka bilansowa azotu wynosiła $158 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$, a fosforu $35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$), co pociąga za sobą potencjalne zagrożenia dla środowiska ze strony tych biogenów (tab. 1, rys. 2). Przechowywanie nawozów naturalnych odbywało się zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej (płyta obornikowa, zbiornik na gnojówkę). Natomiast sposób aplikacji nawozów naturalnych w tym gospodarstwie oraz przechowywanie kiszzonek nie odpowiadały w pełni wymogom dobrej praktyki rolniczej i zostały nisko ocenione w modelu RISE.

Porównanie stopnia zrównoważenia gospodarstw przed i po podjęciu działań naprawczych (2005 i 2007 rok)

Gospodarstwo nr 1

W 2007 roku gospodarstwo w porównaniu ze stanem w 2005 roku zwiększyło powierzchnię gruntów ornych o 3,30 ha i przeznaczyło ją pod uprawę zbóż (tab. 1). Nie zostały zmienione podstawowe profile działalności gospodarstwa: trzodowy i roślinny, choć obsada zwierząt uległa zmniejszeniu (z 14,9 DJP w 2005 r. do 12,3 DJP w 2007 r.). Istotną zmianą było wybudowanie płyty obornikowej i zbiornika na gnojówkę w 2006 roku, co umożliwiło właściwe przechowywanie nawozów naturalnych. Większa racjonalność stosowania nawozów mineralnych i mniejsza produkcja nawozów naturalnych (ze względu na mniejszą obsadę zwierząt) wpłynęły na poprawę stosunku dopływ/odpływ N i P, a tym samym na zmniejszenie nadwyżki bilansowej N

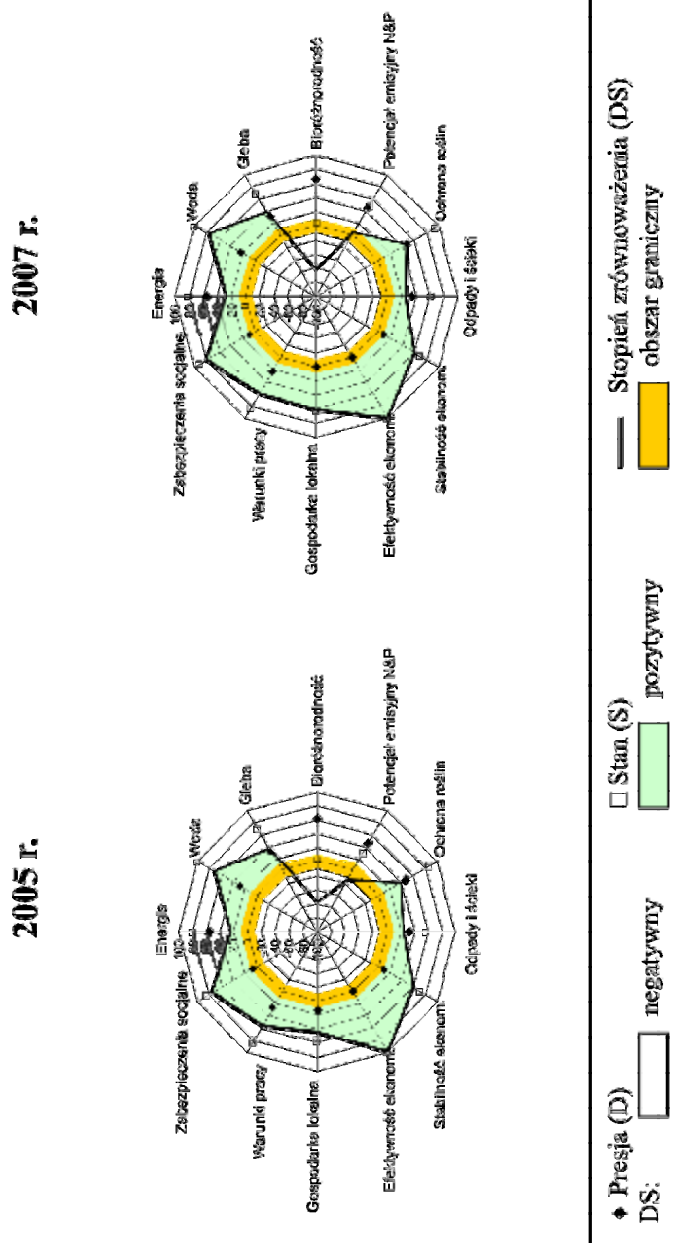
Tabela 1

Podstawowe cechy i wskaźniki charakteryzujące badane gospodarstwa rolne

Wyszczególnienie	Gospodarstwo 1		Gospodarstwo 2	
	2005	2007	2005	2007
Użytki rolne (UR); (ha)	34,9	38,2	35,5	34,0
Trwałe użytki zielone (TUZ); (%)	0,9	0,9	-	0,6
Struktura zasiewów (%) GO				
zboża	66,0	65,0	65,7	58,9
ziemniak	1,0	0,1	0,3	0,1
przemysłowe (buraki, rzepak)	24,0	34,9	19,0	19,0
pastewne	8,0	-	15,0	22,0
pozostałe rośliny	1,0	-	-	-
Obsada zwierząt (DJP · ha ⁻¹ UR); w tym:	0,4	0,3	0,7	0,9
bydło	-	-	0,7	0,9
trzoda chlewna	0,4	0,3	-	-
Bilans azotu N total/N pobranie	1,4	1,1	2,4	1,8
Nadwyżka bilansowa N kg·ha ⁻¹	42	10	158	87
Nadwyżka bilansowa P kg·ha ⁻¹	38	49	35	14
Zużycie substancji aktywnej środków ochrony roślin, kg (l)·ha ⁻¹	1,05	1,44	1,06	1,18
Zatrudnienie – osób pełnozatrudnionych wg metodyki RISE*/gospodarstwo	1,7	1,7	3,1	2,8
Zatrudnienie – osób pełnozatrudnionych wg metodyki RISE*/ha	0,05	0,04	0,09	0,08
Dochód rolniczy brutto (zł/gospodarstwo)	95729	106184	88011	109978
Zysk/strata (zł/gospodarstwo)	49150	42107	15619	16914
Potencjalne problemy w 2005 r.	brak płyty gnojowej i zbiorników na gnojówkę		ilość składników w nawozach naturalnych i mineralnych przekracza zapotrzebowanie roślin, nieodpowiedni sposób przechowywania kiszzonek oraz aplikacji nawozów naturalnych.	
Zmiany w 2007 r.	infrastruktura do przechowywania nawozów naturalnych, unowocześnienie parku maszynowego, większe dopłaty bezpośrednie, dodatkowe ubezpieczenie na życie.		przystąpienie do programu rolnośrodowiskowego, poprawa gospodarowania N i P, większe dopłaty bezpośrednie i z innych działań PROW.	

* 1 osoba pełnozatrudniona wg metodyki RISE: samozatrudnienie – 3000 godz./rok, zatrudnienie 2400 godz./rok
 Źródło: opracowanie własne.

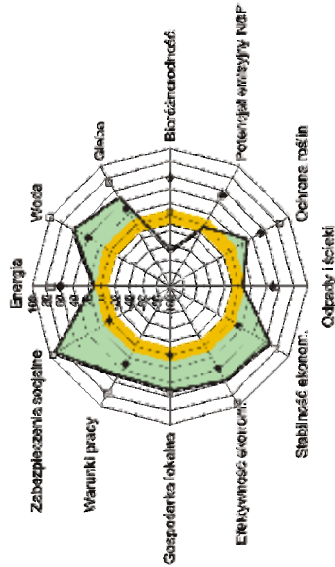
i P na 1 ha UR (z 80 do 59 kg NP · ha⁻¹); (tab. 1). Właściwe przechowywanie nawozów naturalnych oraz poprawa bilansu N i P spowodowały poprawę stopnia zrównoważenia i wartości wskaźnika potencjału emisyjnego N i P z -14 pkt. w 2005 r. do wartości dodatniej 5 pkt. w 2007 r. (rys. 1).



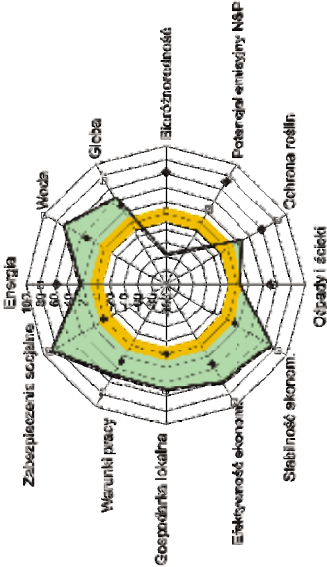
Rys. 1. Porównanie stopnia zrównoważenia gospodarstwa nr 1 w 2005 i 2007 roku

Źródło: opracowanie własne.

2007 r.



2005 r.



Rys. 2. Porównanie stopnia zrównoważenia gospodarstwa nr 2 w 2005 i 2007 roku

Źródło: opracowanie własne.

W analogicznym porównaniu pogłębiła się ujemna wartość wskaźnika bioróżnorodności (z -58 do -62 pkt.). Rolnik ten nadal stosował intensywną ochronę roślin przed agrofagami z wykorzystaniem chemicznych środków ochrony roślin, co nie sprzyja zachowaniu bioróżnorodności dzikich gatunków roślin i zwierząt. Zwiększyła się ilość zużywanych preparatów chemicznych mierzona ilością substancji aktywnej na 1 ha (z 1,05 do 1,44 kg s.a. · ha⁻¹). W gospodarstwie brakowało ostoj dzikiej przyrody (trwałych użytków zielonych, miedz, zadrzewień, zakrzaczeń itp.).

Zwiększyła się wartość wskaźnika ochrony roślin (z 39 do 46 pkt.). Parametrami stanu wpływającymi na tę wartość była jakość wykonywania zabiegów z użyciem środków ochrony roślin, która w ciągu 2 lat uległa poprawie (opryskiwacze sprawdzone, posiadały atest, czego nie było w 2005 roku). Jednym z parametrów presji dla wskaźnika ochrony roślin jest też nawożenie azotem przewyższające pobranie tego składnika przez rośliny. W 2005 roku presja ta była większa ze względu na większą nadwyżkę bilansową N i P, natomiast w 2007 roku saldo uległo zmniejszeniu (stosunek dopływ/odpływ N był bliski 1). Ponadto rolnik uprawiał poplon (gorczycę) na powierzchni 5 ha, co pozwoliło na bardziej efektywne i bezpieczne dla środowiska zagospodarowanie potencjalnej nadwyżki azotu po zbiorze rośliny głównej.

Dochody tego gospodarstwa w 2007 r. były podobne jak w 2005 r. Gospodarstwo miało większe wpływy z tytułu dopłat bezpośrednich (2005 rok – 14000 zł, 2007 rok – 29000 zł z dopłatą do produkcji buraka), ale wzrosły też koszty produkcji. Poprawił się wskaźnik gospodarki lokalnej (z 44 do 60 pkt. w 2007 r.), co było bezpośrednio związane z większym przychodem w przeliczeniu na 1 ha. Zwiększyła się wartość wskaźnika dotyczącego opieki socjalnej w porównaniu ze stanem w 2005 roku, co mogło wynikać z faktu, że oprócz gospodarza także gospodyni ubezpieczyła się dodatkowo na życie.

Wartości pozostałych wskaźników nie uległy zasadniczym zmianom w porównaniu z ich wielkością w 2005 roku.

Gospodarstwo nr 2

W 2007 roku gospodarstwo zmniejszyło o 1,5 ha powierzchnię użytków rolnych w porównaniu z arealem w 2005 roku, przy jednoczesnym wzroście obsady zwierząt (z 24 do 31 DJP · ha⁻¹); (tab. 1). Zmniejszył się udział zbóż w strukturze zasiewów, a wzrósł udział roślin pastewnych uprawianych na gruntach ornych. Znaczącą zmianą było przystąpienie gospodarstwa w 2006 roku do realizacji jednego z pakietów programu rolnośrodowiskowego – „Ochrona gleb i wód”. Oprócz wprowadzenia poplonów: ozimego i ścierniskowego (żyta i gorczycy) na powierzchni 7 ha oznaczało to także konieczność przestrzegania zasad zwykłej dobrej praktyki rolniczej w gospodarstwie. Dotyczyło to również odpowiedniego gospodarowania azotem i fosforem, co było problemem tego gospodarstwa w 2005 roku. Przystąpienie do programu rolnośrodowiskowego wymaga opracowania planu nawozowego i bilansów N i P przy konsultacji z doradcą rolnośrodowiskowym. W porównaniu z rokiem 2005 w gospodarstwie tym stwierdzono wyraźną poprawę bilansów N i P spowodowaną zmniejszeniem nad-

wyżki bilansowej o połowę (ze 193 do 101 kg NP · ha⁻¹). Dzięki temu wskaźnik potencjału emisyjnego N i P zwiększył wartość z -46 pkt. w 2005 r. do 3 pkt. w 2007 r., czyli wartości mieszczące się w przedziale granicznym od -10 do + 10 pkt. Jest to znacząca poprawa stopnia zrównoważenia tego gospodarstwa w porównaniu ze stanem w 2005 roku (rys. 2).

Nastąpiła również poprawa wartości wskaźnika bioróżnorodności (od -57 do -49 pkt.). Mogło to wynikać z kilku zmian: pojawienia się w strukturze użytków rolnych tego gospodarstwa łąki ekstensywnie użytkowanej, wprowadzenia poplonów, stosowania mniej intensywnych zabiegów ochrony roślin.

Wskaźniki ekonomiczne gospodarstwa w obu latach były podobne. Jednak większe były przychody gospodarstwa z tytułu większych dopłat (dopłata cukrowa i płatność rolnośrodowiskowa), ale zarazem wzrosły koszty produkcji. Gospodarstwo było aktywne w pozyskiwaniu dodatkowych funduszy; w 2007 roku otrzymało dotację do przeprowadzonych inwestycji w ramach PROW (35700 zł).

Wartości pozostałych wskaźników pozostały na zbliżonym poziomie w porównaniu ze stanem w 2005 roku. W obu latach badań problematyczne były niektóre aspekty zagospodarowania odpadów, głównie zużytych baterii, używania znacznych ilości środków dezynfekujących, małej ilości odpadów powtórnie wykorzystywanych lub profesjonalnie utylizowanych poza gospodarstwem.

Dyskusja i podsumowanie

Analiza wykazała, że badane gospodarstwa nie uzyskiwały korzystnych wartości wszystkich 12 wskaźników składających się na całościową ocenę zrównoważenia, wobec czego nie można je uznać za zrównoważone zgodnie z metodyką RISE. Gospodarstwa te cechowały się intensywną produkcją rolną; niezależnie od profilu produkcji osiągały dobre wyniki ekonomiczne, ale miały problemy z gospodarką nawozową (potencjałem emisyjnym N i P) i wykazywały małą dbałość o bioróżnorodność. Aby wskaźnik bioróżnorodności spełniał kryteria zrównoważenia w strukturze tych gospodarstw musiałby być większy udział obszarów ekologicznej kompensacji, tj. ekstensywnych trwałych użytków zielonych, cennych użytków przyrodniczych i innych ostoi bioróżnorodności (miedze, odłogi itp.). Ocena ujawniła mocne i słabe strony zagospodarowania, po czym stwierdzono pewne zmiany i działania naprawcze w kierunku bardziej zrównoważonej produkcji rolniczej. Wyniki badań potwierdziły pogląd Kopieńskiego i Stalenga (14), że gospodarstwa o intensywnej produkcji rolnej osiągają na ogół lepsze wyniki ekonomiczne niż gospodarstwa ekstensywne, ale stosują metody mało przyjazne środowisku i nie prowadzą racjonalnej gospodarki składnikami nawozowymi. Spośród nich najlepszą wydajnością pracy i realizacją celów ekonomicznych wyróżniały się gospodarstwa specjalizujące się w towarowej produkcji mleka, a w mniejszym stopniu w chowie świń.

Model RISE z założenia jego twórców może być wykorzystywany do oceny poziomu zrównoważenia produkcji w gospodarstwie, jak również wskazania kierunków zmian w celu jej poprawy (10, 11, 17). Na podstawie przeprowadzonych badań stwier-

dzono, że model ten może być przydatnym narzędziem do oceny stopnia zrównoważenia gospodarstw w warunkach Polski. Pozwala na zdiagnozowanie mocnych i słabych stron gospodarowania oraz wykazanie wprowadzonych zmian. Należy jednak zwrócić uwagę, że dotychczas był on testowany na niewielkiej grupie gospodarstw rolnych w obrębie jednego województwa i na tej podstawie trudno o obiektywne opinie (7, 8). Dalszym etapem powinno być rozszerzenie badań na większą grupę gospodarstw w różnych regionach kraju.

Literatura

1. Bechini L., Castoldi N.: Assessment of crop management using agro-ecological and economic indicators. *Ital. J. Agron.*, 2008, **3** (suppl.): 297-298.
2. Boller E. F., Häni F., Poehling H. M.: Ecological infrastructures: ideabook on functional biodiversity at farm level. IOBC, LBL Lindau, 2004, pp. 213.
3. Environmental indicators for agriculture. Methods and results. Executive summary. OECD, Paris 2000, pp. 53.
4. Faber A.: Wskaźniki proponowane do badań równowagi rozwoju rolnictwa. *Fragm. Agron.*, 2001, **1**: 31-44.
5. Faber A.: Przegląd wskaźników rolnośrodowiskowych zalecanych do stosowania w ocenie zrównoważonego gospodarowania w rolnictwie. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2007, **5**: 9-24.
6. Feledyn-Szewczyk B.: Opis modelu RISE do oceny stopnia zrównoważenia gospodarstw. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2007, **5**: 141-156.
7. Feledyn-Szewczyk B.: RISE model as a tool for sustainability assessment of farms in Poland. W: *Integrated agricultural systems: methodologies, modelling and measuring*. *Asp. Appl. Biol.*, 2009, **93**: 263-268.
8. Feledyn-Szewczyk B., Kopiński J.: Ocena stopnia zrównoważenia wybranych gospodarstw za pomocą modelu RISE. *Fragm. Agron.*, 2009, (w druku).
9. Galusin M., Munitlak Ivanović O.: Definition, characteristics and state of the indicators of sustainable development in countries of Southeastern Europe. *Agric. Ecosys. Environ.*, 2009, **130**: 67-74.
10. Häni F., Braga F., Stämpfli A., Keller T., Fischer M., Porsche H.: RISE: A tool for holistic sustainability assessment at the farm level. *IAMA Inter. Food Agribus. Manag. Rev.*, 2003, **6(4)**: 78-90.
11. Häni F., Stämpfli A., Gerber T., Porsche H., Thalmann C., Studer C.: RISE: A tool for improving sustainability in agriculture. A case study with tea farms in southern India. In: *Sustainable agriculture – from common principles to common practice*, IISD, 2007, 121-148.
12. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies, Division for Sustainable Development, UN (United Nations), New York, 2001, pp. 315.
13. Kopyński J.: Porównanie wskaźników rozwoju zrównoważonego gospodarstw o różnej intensywności produkcji rolnej. *Rocz. Nauk Rol., G*, 2002, **89(2)**: 71-77.
14. Kopyński J., Stalenga J.: Ocena ekonomiczno-organizacyjna grup gospodarstw ekologicznych i konwencjonalnych. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2007, **7**: 151-169.
15. Oszmiańska M., Mielczarek M.: Ochrona środowiska w gospodarstwach chłopskich. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol.*, 2006, **540(87)**: 409-414.
16. Porsche H., Fischer M., Braga F., Häni F.: Introduction of the sustainability assessment tool RISE into Canadian Agriculture. 2004. [http://www.ifama.org/conferences/2004Conference/Papers/Braga1144.pdf\(03.02.2009\)](http://www.ifama.org/conferences/2004Conference/Papers/Braga1144.pdf(03.02.2009))
17. Studer C., Häni F., Porsche H., Stämpfli A., Thalmann C.: RISE-response-inducing sustainability evaluation: model synopsis. Report of Swiss College of Agriculture, Zollikofen, Switzerland, 2006, pp. 18.

18. Zahm F., Viaux P., Girardin P., Vilain L., Mouchet C h.: Farm Sustainability Assessment using the IDEA Method. From the concept of farm sustainability to case studies on French farms. In: Sustainable agriculture – from common principles to common practice. IISD, 2009, 77-110.

Adres do korespondencji:

dr Beata Feledyn-Szewczyk
Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (81) 886 34 21 wew. 327
e-mail: bszewczyk@iung.pulawy.pl

Jerzy Kopiński

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

BILANS AZOTU W POLSCE NA TLE ZMIAN INTENSYWNOŚCI PRODUKCJI ROLNICZEJ*

Wstęp

Funkcje użyteczności publicznej współczesnego rolnictwa postindustrialnego nabierają coraz większego znaczenia. Wynika to między innymi z dostrzegania zagrożeń dla środowiska przyrodniczego ze strony działalności rolniczej (8). Działalność ta powoduje znaczącą ingerencję w naturalny obieg składników pokarmowych, głównie poprzez intensyfikację produkcji. O całkowicie zamkniętym obiegu składników można mówić tylko w naturalnych ekosystemach, z których nie zabiera się żadnej masy roślinnej. W rolnictwie natomiast jest przeciwnie – dąży się do uzyskania maksymalnych zbiorów użytkowych części roślin. Z plonami zabierane są składniki mineralne i ubytek ten musi być wyrównany nawozami naturalnymi i mineralnymi. Chociaż azot, fosfor i potas należą do czynników warunkujących rozwój produkcji rolniczej, to gospodarowanie nimi jest integralną częścią ryzyka produkcyjnego. Środowiskowe skutki wysokiej intensywności produkcji rolniczej ujawniają się w mierzalny sposób w zmianie wskaźników żyzności gleby oraz w składzie wód gruntowych (13).

W rolnictwie polskim po akcesji do struktur EU nastąpił wzrost oddziaływania Wspólnej Polityki Rolnej (WPR). Jednocześnie coraz bardziej widoczne są procesy koncentracji i polaryzacji produkcji. Intensywność stosowanych technologii produkcji jest jedną z cech które różnicują polskie rolnictwo (15). Z jednej strony funkcjonuje niskonakładowe rolnictwo tradycyjne, które nie odpowiada współczesnym wymaganiom ekonomicznym, gdzie rządzi rynek i konkurencja. Z drugiej strony w warunkach nasilającej się konkurencji coraz bardziej widoczne są procesy specjalizacji, koncentracji i intensyfikacji produkcji (10, 22), wynikające z dążenia do poprawy rentowności i dochodowości gospodarowania. Nie bez znaczenia jest skala produkcji, gdyż dopiero gospodarstwa o wielkości ekonomicznej powyżej 8 ESU osiągają taki poziom dochodu, który zapewniałby reprodukcję rozszerzoną środków trwałych (5). W rolnictwie postindustrialnym uwzględnia się wiele jego funkcji użytecznych społecznie, odnoszących się do celów produkcyjno-ekonomicznych, które powinny realizować się w atmosferze wzajemnej integracji (2). Jedną z cech powinno być dążenie do optymalne-

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 w programie wieloletnim IUNG - PIB

go poziomu intensywności, zależnego w pewnym stopniu od etapu rozwoju. Dodatkowe przychody uzyskiwane w formie płatności rolnośrodowiskowych (w ramach WPR) powinny stanowić zachętę do ograniczania intensywności produkcji i rekompensatę utraty możliwych dochodów rolników. Obecne ustawodawstwo krajowe wprowadza regulacje, które bezpośrednio nie ograniczają intensyfikacji produkcji, ale nakazują uwzględniać ochronę zasobów naturalnych środowiska (20).

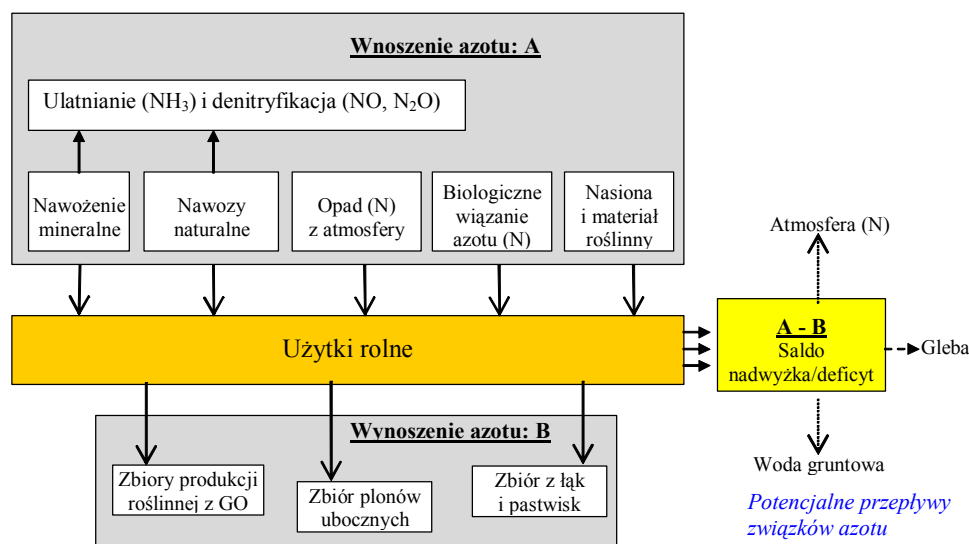
Jednym z najważniejszych wskaźników agrosśrodowiskowych pozwalających ocenić poprawność gospodarowania składnikami nawozowymi oraz skalę potencjalnych zagrożeń dla środowiska jest bilans azotu brutto sporządzany według metody zaproponowanej przez OECD. Jego saldo jest pochodną zmian poziomu intensywności i efektywności produkcji rolniczej mierzonej poziomem nawożenia mineralnego, wielkością obsady zwierząt i plonami roślin. Niewykorzystane w produkcji rolniczej związki azotu mogą się przemieszczać do wód gruntowych i otwartych oraz ulatniać do atmosfery. Natomiast deficyt bilansowy azotu (lub zbyt niski poziom) prowadzić może do obniżenia produktywności i degradacji gleb (3). Stosowanie ujednoliconej metody bilansu umożliwia dokonywanie ocen i porównań na różnych poziomach: krajów, regionów czy gospodarstw. W Polsce bilans azotu jest wykonywany na poziomie kraju od 1996 r., a dla województw od 2002 r. Informacje z wynikami bilansu azotu otrzymują poza Sekretariatem Rolnictwa OECD także Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW) oraz Główny Urząd Statystyczny (GUS).

Celem pracy było przedstawienie wyników bilansu azotu na tle zmian intensywności produkcji rolniczej w Polsce w układzie czasowym i przestrzennym.

Metodyka badań

W IUNG-PIB bilanse azotu brutto są sporządzane według metodyki zaproponowanej przez OECD (Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju) od ponad 10 lat. Wykonanie bilansów tego składnika, podobnie jak i fosforu, jest obligatoryjne dla krajów należących do tej organizacji. Jest to jedna z powszechnie uznanych metod oceny strat i przepływu tego składnika w środowisku. Szczegółowy opis metodyki, na podstawie której sporządzony jest bilans azotu brutto dla kraju i województw został przedstawiony we wcześniejszej pracy K o p i ń s k i e g o (7).

Wynikiem sporządzonego bilansu jest różnica pomiędzy całkowitą ilością azotu wnoszonego i wynoszonego z powierzchni użytkowanej rolniczo, tj. gruntów ornych, plantacji trwałych oraz łąk i pastwisk, a zatem z systemu produkcji rolniczej (rys. 1). Saldo bilansu azotu brutto zawiera oprócz nieokreślonej emisji jego związków do gleby i wody także straty gazowe w postaci amoniaku i tlenków azotu powstających w trakcie produkcji zwierzęcej oraz przy przechowywaniu i stosowaniu nawozów naturalnych. W badaniach przyjęto, ujęte po stronie przychodowej, straty gazowe związków azotu na poziomie 15% ilości N w wytwarzanych nawozach naturalnych (od 2008 roku udział ten wynosi 20%). Ilość azotu dostarczanego w opadzie atmosferycznym przyjęto na poziomie $17 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ użytków rolnych w ciągu roku (17).



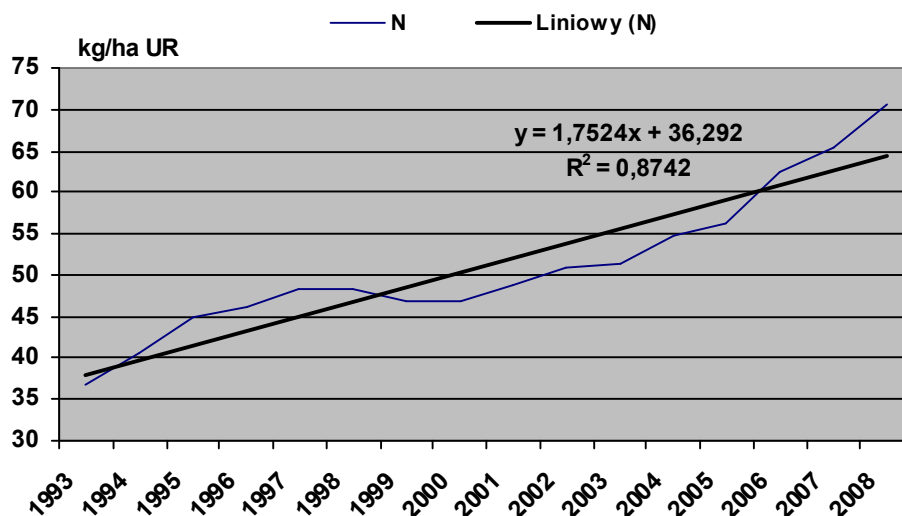
Rys. 1. Główne elementy bilansu azotu brutto (N) na powierzchni pola według metody OECD (3)

Źródło: opracowanie własne (9).

Pomimo że bilans składników nawozowych sporządza się dla każdego roku, to zakres analiz i ocen powinien obejmować minimum 3 lata. Ogranicza się wówczas dużą zmienność powodowaną warunkami pogodowymi lub rynkowymi. Podstawowym źródłem informacji, w oparciu o które sporządzony jest bilans azotu brutto są dane statystyczne GUS (18, 19, 21). Przeprowadzona analiza zmian sald bilansów dla kraju obejmowała lata 1985–2008. Natomiast porównania wyników bilansu i efektywności wykorzystania azotu w poszczególnych województwach dokonano dla lat 2006–2008 w odniesieniu do stanu z okresu 2002–2004. Poziom nawożenia mineralnego azotem i obsada zwierząt inwentarskich stanowiły główne miary faktycznej intensywności produkcji rolniczej, którą mierzy się wielkością nakładów lub wartością środków poniesionych na jednostkę powierzchni UR.

Wyniki badań i dyskusja

W Polsce po zmianach związanych z transformacją ustrojową od 1993 roku obserwujemy wzrastający trend intensywności produkcji mierzony zużyciem nawozów azotowych (rys. 2). Długookresowa analiza trendu wskazuje na średni przyrost zużycia nawozów azotowych o około $1,7 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$ rocznie. W latach 1991–1993 nawożenie mineralne azotem kształtowało się na poziomie około 50% w odniesieniu do stanu z lat 1988–1990 (tab. 1). Jednak w latach bezpośrednio po akcesji Polski do UE nastąpiło przyspieszenie dynamiki wzrostu intensywności produkcji roślinnej mierzonej średnim przyrostem zużycia azotu z nawozów mineralnych w ciągu roku o $3,9 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$ (rys. 3). Niestety wzrost zużycia środków plonotwórczych nie skutkowało



Rys. 2. Długookresowa analiza trendu zmian zużycia azotu w nawozach mineralnych (n) w Polsce
 Źródło: opracowanie własne na podstawie Kopiński i Matyka, 2009 (14).

w podobnym stopniu wzrostową dynamiką plonowania roślin. W Polsce w okresie ostatnich 20 lat średnie plony zbóż podstawowych z trzech lat zmieniały się w przedziale 2,82-3,21 t · ha⁻¹ (tab. 1). W pewnym sensie ten dynamiczny wzrost nawożenia mineralnego był rekompensatą niższego niż w latach 80. nawożenia naturalnego.

W ostatnim 20-leciu nastąpiło gwałtowne zmniejszenie pogłowia zwierząt gospodarskich. Poziom ich obsady zmniejszył się z 67 do 44 DJP · ha⁻¹ UR (tab. 1). Obecnie poziom obsady zwierząt inwentarskich jest ustabilizowany, a pula azotu dostarczanego w nawozach naturalnych ulega niewielkim wahaniom. Obserwujemy jednak wzrost intensywności produkcji, który wyraża się wyższą wydajnością zwierząt produkcyjnych (mleczność krów, nieśność kur, krótszy okres tuczu świń); (6). Poza postępem hodowlanym wynika to głównie ze zmian modeli żywienia, opierających się na ogół na paszach treściwych (przemysłowych). Potwierdzeniem jest trwający nieprzerwanie przez okres ostatnich 20 lat wzrost dostaw (zużycia) pasz krajowych i importowanych na rynek krajowy (tab. 1).

W Polsce w ostatnich latach wzrastającej intensywności produkcji rolniczej nie towarzyszyła poprawa efektywności wykorzystania azotu. Nawozochłonność azotu z nawozów mineralnych, po spadku w latach dziewięćdziesiątych, wzrosła przeciętnie do poziomu 2 kg N · dt⁻¹ ziarna zbóż. W ostatnim okresie niższa efektywność wykorzystania azotu prowadząca do wyższej nawozochłonności wynikała głównie z mniejszego wnoszenia azotu w zbiorach roślin pastewnych (w tym z łąk i pastwisk). Pomimo znacznych wahań powodowanych w pewnym stopniu warunkami pogodowymi wpływającymi na wielkość zbiorów roślin także saldo bilansu azotu w Polsce wykazywało tendencję wzrastającą. W ostatnich trzech latach nadwyżka bilansowa azotu brutto w Polsce wzrosła do poziomu 59,2 kg N · ha⁻¹ UR (tab. 1), ze średnim przyro-

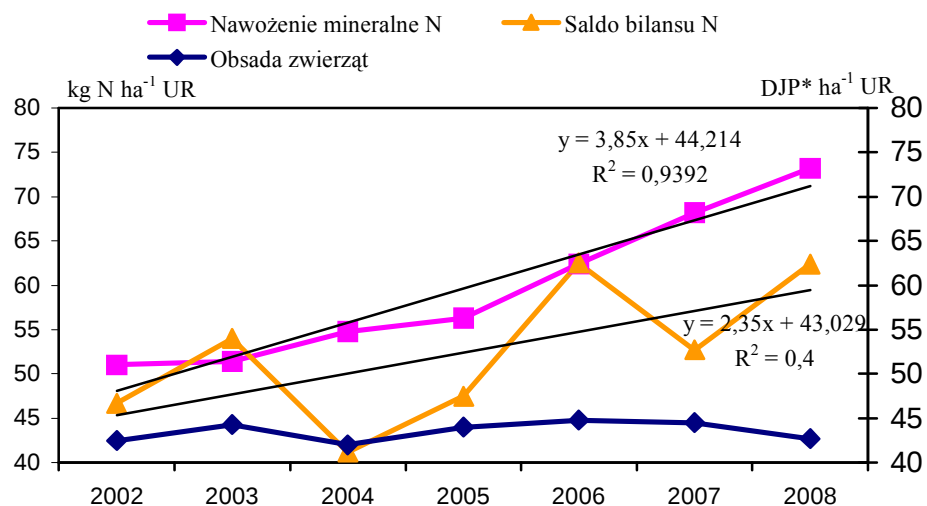
Tabela 1

Poziom wybranych wskaźników intensywności produkcji rolniczej w Polsce na tle elementów bilansu azotu brutto (lata 1985–2008)

Wyszczególnienie	Średnia z 3 lat										Zakres zmienności	
	1985-1987	1988-1990	1991-1993	1994-1996	1997-1999	2000-2002	2003-2005	2006-2008	min	max		
Nawożenie mineralne azotem (kg N · ha ⁻¹ UR)	70,2	73,5	36,4	45,0	49,4	49,9	54,2	68,0	33,1	81,2		
Obsada zwierząt inwentarskich (DJP · ha ⁻¹ UR)	67,0	65,5	58,7	51,9	51,2	43,9	43,4	44,0	42,0	68,4		
Dostawa pasz krajowych i impor- towych na rynek krajowy (t · DJP ⁻¹)	0,29	0,33	0,31	0,44	0,55	0,71	0,75	0,93	0,26	0,99		
Plony zbóż podstawowych (t · ha ⁻¹ UR)	3,02	3,17	2,82	2,86	2,96	2,93	3,21	2,95	2,46	3,55		
Wynoszenie azotu w zbiorach roślin towarowych (kg N · ha ⁻¹ UR)	34,6	36,7	32,1	32,5	34,7	33,8	37,3	38,0	27,0	41,2		
Wynoszenie azotu w zbiorach roślin pastewnych oraz TUZ (kg N · ha ⁻¹ UR)	39,5	36,4	27,3	24,6	26,2	22,4	22,1	24,9	19,5	39,8		
Saldo bilansu azotu brutto (kg N · ha ⁻¹ UR)	65,9	68,0	38,4	42,5	41,9	44,3	47,5	59,2	32,9	76,1		
Efektywność wykorzystania azotu w % (odpływ/dopływ x 100)	56,2	55,3	64,2	60,7	62,2	58,8	58,0	54,0	48,9	68,8		

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (16, 18).

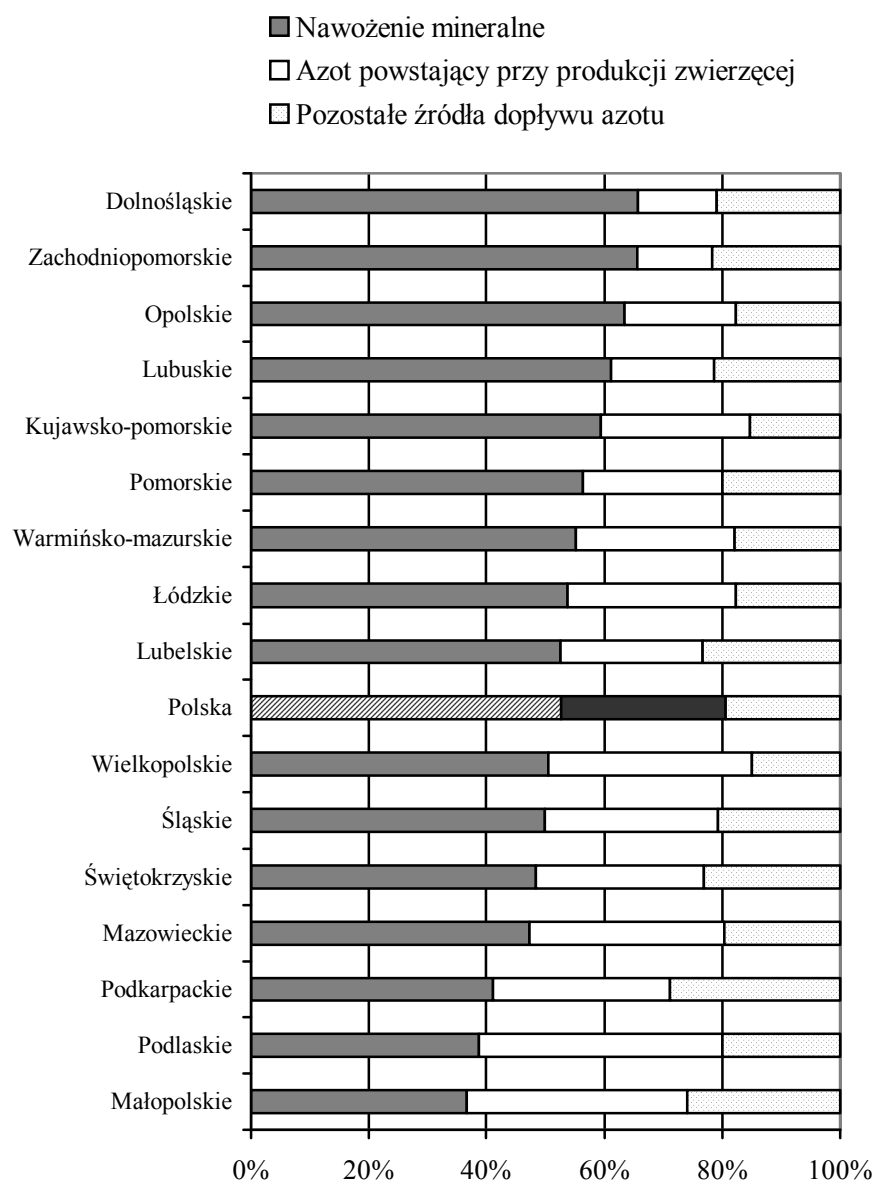
stem w ciągu roku szacowanym na około $2,3 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$ (rys. 3). Analizując dane z a m i e s z c z o n e w tabeli 1, można stwierdzić, że saldo bilansu azotu brutto jest w znacznym stopniu skorelowane z intensywnością produkcji mierzoną poziomem nawożenia mineralnego i naturalnego azotem (11). Wynika to z tego, że nawozy mineralne i naturalne są podstawowymi źródłami dopływu azotu w systemie produkcji rolniczej i stanowią około 75% przychodowej strony bilansu azotu brutto. Wielkości dawek azotu i efektywność jego wykorzystania w produkcji roślinnej mają decydujący wpływ na poziom zbiorów roślin i wyniki bilansu składników.



Rys. 3. Zmiany poziomu nawożenia mineralnego azotem, obsady zwierząt i salda bilansu azotu brutto w Polsce w latach 2002–2008

Źródło: Kopiński, 2010 (8).

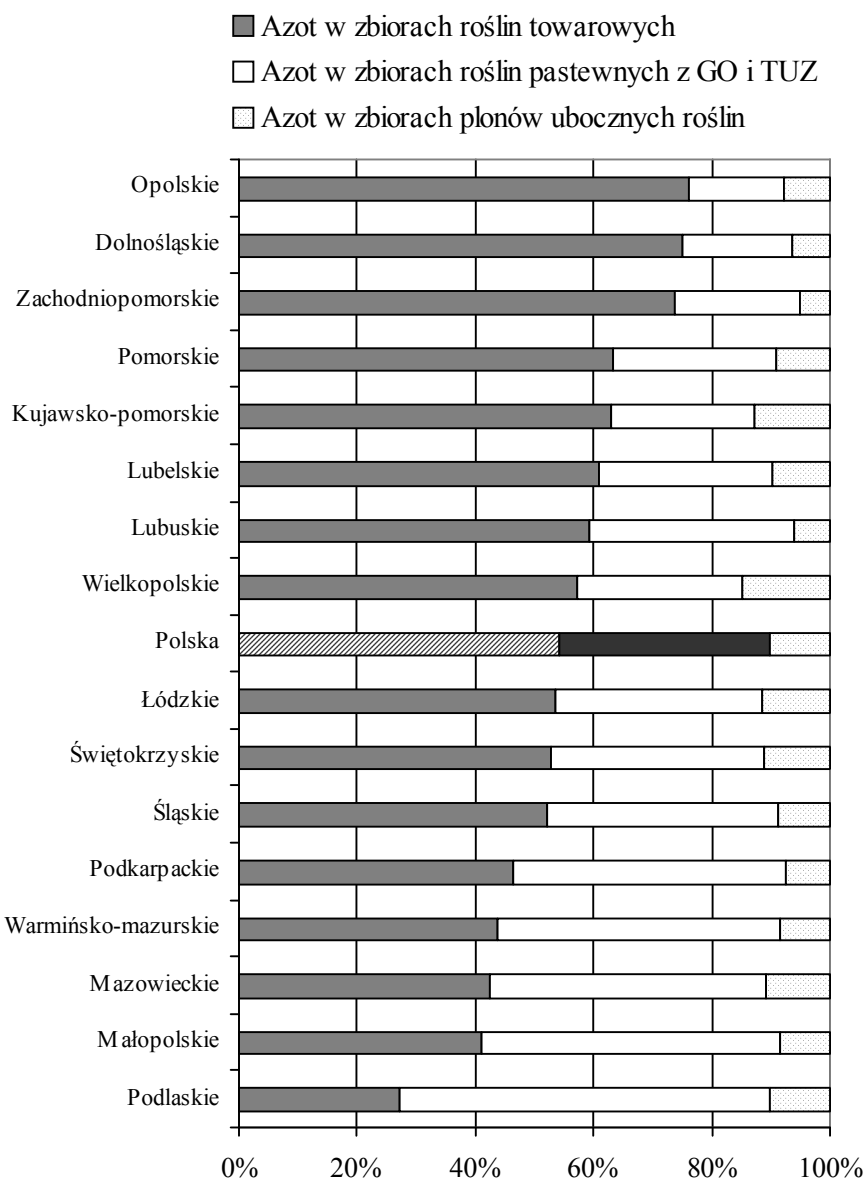
Na rysunku 4 przedstawiono aktualną strukturę przychodów azotu w bilansach poszczególnych województw. Struktura i poziom przychodów azotu oraz jego rozchodów (wynoszenie w zbiorach roślin) wykazują znaczne zróżnicowanie regionalne (rys. 5). Jest on wynikiem, jak twierdzą F o t y m a i in. (4), bardzo dużych różnic w produktywności użytków rolnych i potencjału organizacyjno-produkcyjnego, czego przejawem są różnice w poziomie intensywności produkcji (9, 12). Podłożem tego są różnice zarówno w warunkach środowiskowych (gleby, klimat), jak i w osiągniętym poziomie techniczno-organizacyjnym rolnictwa. Należy zaznaczyć, że w Polsce większość azotu wynosi się w zbiorach roślin towarowych, podczas gdy w krajach należących do OECD dominującą na ogół pozycję w strukturze wynoszenia azotu zajmuje zbiór z plonami roślin pastewnych uprawianych na gruntach ornych oraz z łąk i pastwisk (9).



Rys. 4. Udział głównych źródeł wnoszenia (wpływu) azotu w przychodowej stronie bilansu azotu brutto dla Polski i województw, średnio w latach 2006–2008

Źródło: opracowanie własne.

Druga część opracowania obejmuje wyniki bilansów azotu brutto na poziomie regionalnym i krajowym (lata 2006–2008) oraz skalę zmian jakie zaszły od lat 2002–2004 (tab. 2). Z przeprowadzonej oceny wynika, że w ostatnich czterech latach nadwyżka bilansowa azotu brutto w Polsce wzrosła w odniesieniu do stanu z lat 2002–



Rys. 5. Udział głównych źródeł wynoszenia (odpływu) azotu w rozchodowej stronie bilansu azotu brutto dla Polski i województw, średnio w latach 2006–2008

Źródło: opracowanie własne.

–2004 przeciętnie o 22% (tab. 2). W tym czasie efektywność wykorzystania azotu zmniejszyła się o 2% do poziomu około 54%. Dość wysokie nadwyżki bilansu azotu notowane są w województwach: kujawsko-pomorskim, łódzkim i wielkopolskim (ponad 70 kg N · ha⁻¹ UR), z efektywnością wykorzystania azotu mniejszą niż 50%. Województwa te należą do wiodących w produkcji żywca wieprzowego. W woje-

Tabela 2

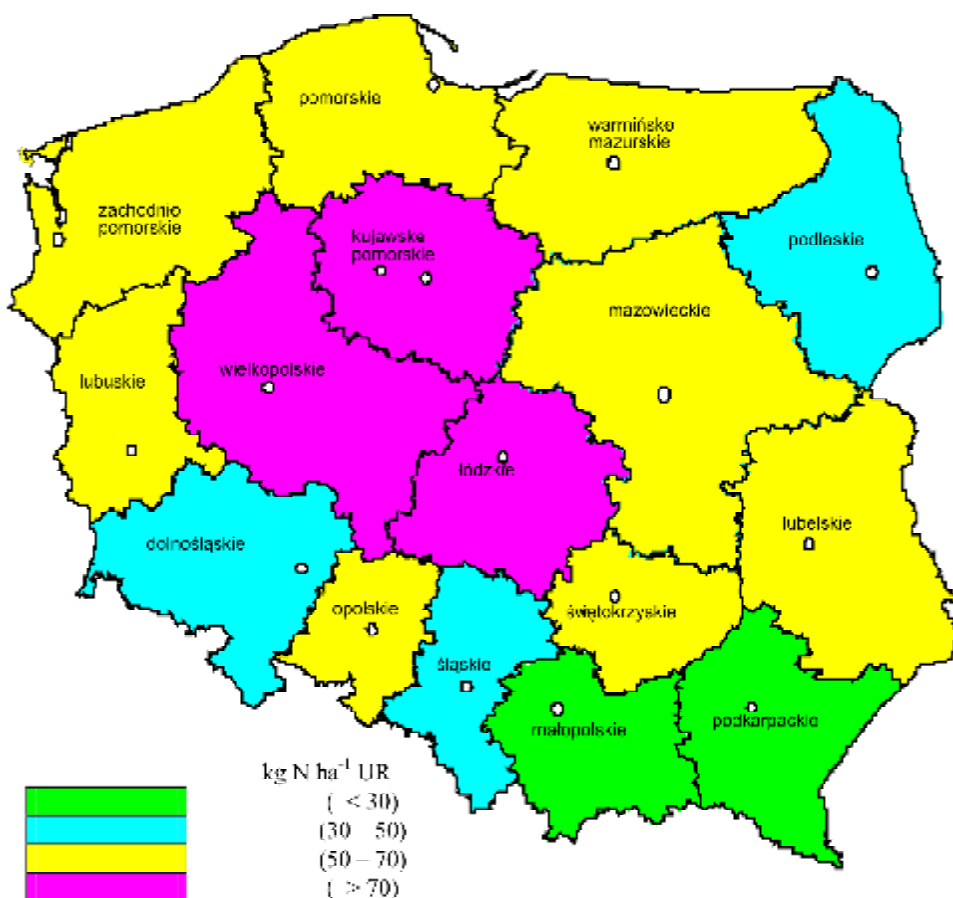
Bilans azotu brutto dla Polski i województw, średnia z lat 2006–2008 na tle lat 2002–2004

Województwo	Wartości elementów bilansu (kg N · ha ⁻¹ UR), lata 2006–2008					Zmiana salda w odniesieniu do stanu z lat 2002–2004 (%)	Efektywność wykorzystania N (odpływ/dopływ) w latach 2006–2008	Zmiana efektywności w odniesieniu do stanu z lat 2002–2004 (%)
	wnoszenie (dopływ)			wyniesienie (odpływ)	różnica (saldo)			
	ogółem (razem)	w tym nawożenie: mineralne naturalne						
Dolnośląskie	115,4	75,9	15,3	71,6	43,9	125,7	62,0	-13,6
Kujawsko-pomorskie	167,9	99,7	42,5	79,9	88,0	12,0	47,6	-1,5
Lubelskie	112,7	59,3	27,1	62,2	50,4	23,3	55,2	-4,7
Lubuskie	114,3	69,8	20,0	51,6	62,7	1,8	45,1	3,9
Łódzkie	141,5	76,0	40,5	65,6	75,9	8,1	46,4	1,1
Małopolskie	98,0	35,9	36,6	69,3	28,6	-19,9	70,8	6,6
Mazowieckie	125,9	59,5	41,6	65,2	60,6	45,7	51,8	-6,3
Opolskie	139,8	88,6	26,4	88,9	50,8	25,9	63,6	-4,9
Podkarpackie	84,0	34,6	25,1	60,5	23,5	5,4	72,0	1,1
Podlaskie	121,2	47,1	49,9	81,6	39,6	-14,9	67,3	8,3
Pomorskie	126,7	71,3	30,1	69,3	57,3	6,1	54,7	2,0
Śląskie	118,0	59,0	34,5	69,3	48,7	33,9	58,7	-3,7
Świętokrzyskie	113,9	55,2	32,4	61,7	52,2	28,4	54,1	-2,7
Warmińsko-mazurskie	137,7	76,0	37,1	75,2	62,5	42,3	54,6	-4,0
Wielkopolskie	170,8	86,2	59,0	78,4	92,4	34,4	45,9	-5,5
Zachodniopomorskie	113,2	74,2	14,4	59,3	53,9	4,3	52,4	2,4
Polska	129,0	67,9	36,0	69,8	59,2	22,3	54,1	-2,3

Źródło: opracowanie własne.

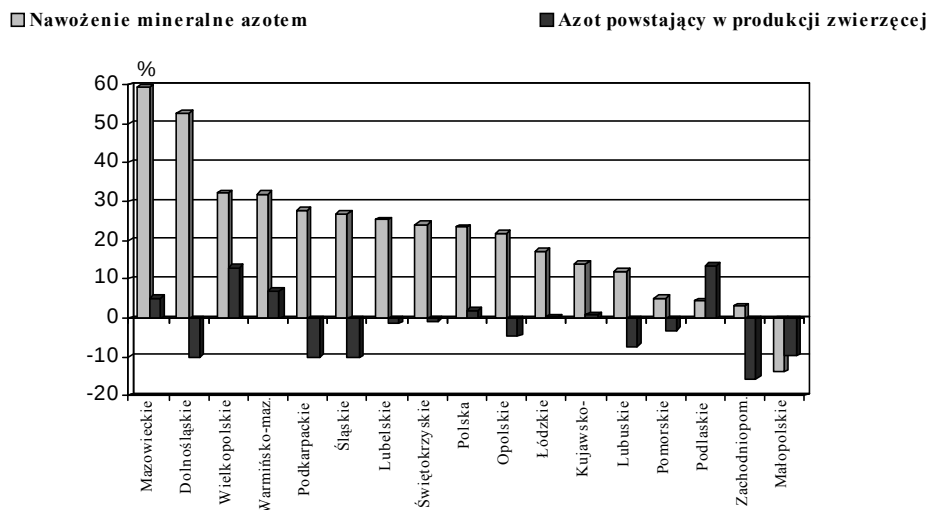
wództwach wyróżniających się bardzo wysokimi nadwyżkami bilansu azotu na pola uprawne wnoszone są znaczne ilości tego składnika zarówno w nawozach mineralnych, jak i naturalnych (pochodna wysokiej dostawy pasz przemysłowych), które pomimo wysokiej intensywności produkcji roślinnej nie są w wystarczającym stopniu wykorzystywane. Uzyskane wyniki bilansu azotu nawet na poziomie wojewódzkim wskazują na istnienie potencjalnych punktowych i obszarowych zagrożeń środowiskowych. W badanym okresie tylko w województwach małopolskim i podlaskim nastąpiło zmniejszenie salda bilansu azotu. Porównanie wyników i zmian w bilansie azotu brutto dla województw jest potwierdzeniem postępującej polaryzacji intensywności produkcji rolniczej (rys. 6). Zachodzące zmiany są widoczne zarówno w układzie przestrzennym, jak i czasowym. Najwyższą dynamikę tych zmian stwierdza się w poziomie zużycia mineralnych nawozów azotowych.

Największy przyrost zużycia azotowych nawozów mineralnych (szacowany na 30-60%) miał miejsce w województwach: mazowieckim, dolnośląskim, wielkopolskim



Rys. 6. Nadwyżki bilansowe azotu w 16 województwach Polski, w latach 2006–2008
Źródło: opracowanie własne.

i warmińsko-mazurskim (rys. 7). Ograniczenie zużycia azotu z nawozów mineralnych nastąpiło tylko w województwie małopolskim. Wahaniom uległa także pula azotu dostarczana w nawozach naturalnych, przy zaznaczającym się trendzie polaryzacji. W województwach mających niską obsadę zwierząt pogłębia się spadek pogłowia i przybywa gospodarstw bezinwentarzowych. Procesy te przebiegają zgodnie z zasadą określoną przez A n d r e a s e (1) „ekstensywnie organizować – intensywnie produkować”. Nasilają się także procesy specjalizacji i koncentracji produkcji, które dość wyraźnie widoczne są w ocenie mniejszych jednostek administracyjnych czy gospodarstw. Obecnie w Polsce funkcjonuje z jednej strony niskonakładowe rolnictwo tradycyjne, a z drugiej rolnictwo z intensywną produkcją rolniczą dążące do poprawy rentowności i dochodowości gospodarowania (8).



Rys. 7. Zmiany w puli azotu w nawozach mineralnych i powstającego w trakcie produkcji zwierzęcej pomiędzy latami 2002–2004 a latami 2006–2008, według bilansu azotu brutto

Źródło: opracowanie własne.

Oceniając zmiany sald bilansu azotu, jakie zaszły w ostatnich latach w poszczególnych regionach należy stwierdzić, że najwyższy przyrost salda (ponad 40%), jako wynik znacznego wzrostu intensywności produkcji, wystąpił w ostatnich latach w województwach przodujących pod względem tempa zużycia azotu w nawozach mineralnych, tj. dolnośląskim, mazowieckim i warmińsko-mazurskim (tab. 2). Niestety, jednocześnie w tych województwach nastąpił wyraźny spadek efektywności wykorzystania azotu o ponad 5%. Zmiany tego wskaźnika są na ogół odwrotnie proporcjonalne do zmian salda bilansu azotu. Można zatem stwierdzić, że wzrost intensywności produkcji rolniczej prowadził do obniżenia efektywności produkcyjnej (i ekonomicznej) wykorzystania azotu, jeżeli nie towarzyszyły temu odpowiednie zmiany

w sferze organizacyjno-technologicznej. Chodzi tu o właściwy stan agrochemiczny gleb oraz wykorzystanie postępu biologiczno-technicznego, ponieważ niewłaściwie prowadzona gospodarka nawozowa może nie tylko niekorzystnie oddziaływać na środowisko, ale prowadzić do obniżenia efektywności i dochodowości produkcji rolniczej.

Wnioski

1. W Polsce po zmianach związanych z transformacją ustrojową od 1993 roku obserwujemy wzrastający trend intensywności produkcji mierzony przyrostem zużycia nawozów azotowych średnio w roku o około $1,7 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$. Przyspieszenie dynamiki wzrostu intensywności produkcji roślinnej nie miało odzwierciedlenia w zmianie poziomu plonowania roślin, a w konsekwencji w poprawie efektywności wykorzystania azotu.

2. Obsada zwierząt w Polsce jest obecnie ustabilizowana na poziomie około $44 \text{ DJP} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$ z zauważalnym rosnącym trendem produktywności zwierzęcej będącym efektem m.in. dynamicznego wzrostu dostaw pasz krajowych i importowanych na rynek.

3. W Polsce w latach 2002–2008 widoczny był wzrostowy trend salda bilansu azotu brutto (o 22%) wynikający w znacznym stopniu ze wzrostu intensywności produkcji roślinnej mierzonej zużyciem nawozów azotowych. W ostatnich trzech latach nadwyżka bilansowa azotu wynosiła średnio około $59 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$, przy wskaźniku efektywności jego wykorzystania na poziomie 54%. Duży wpływ na saldo bilansu azotu miały zmiany poziomu nawożenia mineralnego i naturalnego, z uwagi na znaczący ich udział w przychodowej stronie bilansu azotu.

4. Zachodzące w rolnictwie polskim procesy polaryzacji m.in. struktury agrarnej, intensywności produkcji rolniczej, widoczne są także w wynikach salda bilansu azotu, potwierdzając jego ważną rolę jako wskaźnika agrośrodowiskowego charakteryzującego pogłębienie istniejącego zróżnicowania regionalnego.

5. Największe nadwyżki bilansowe tego składnika w Polsce (ponad $70 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$) stwierdza się w województwach kujawsko-pomorskim, łódzkim i wielkopolskim. Obniżenie wysokości nadwyżki bilansowej azotu miało miejsce w ostatnich latach tylko w województwach małopolskim i podlaskim.

6. Obserwowane zmiany sald bilansu wskazują, że wzrost intensywności produkcji rolniczej prowadzi do obniżenia efektywności produkcyjnej i ekonomicznej wykorzystania azotu, jeżeli nie towarzyszą temu odpowiednie zmiany w sferze organizacyjno-technologicznej produkcji.

Literatura

1. Andrzej B.: Ekstensywnie organizować – intensywnie gospodarować. PWRiL Warszawa, 1974.
2. Baum R.: Zrównoważony rozwój w organizacji i zarządzaniu gospodarstwem rolnym. Roczn. SERiA, 2006, **8(1)**: 14-18.

3. Environmental indicators for agriculture. OECD Publication Service, 2006, **4(3)**.
4. Fotyma M., Igras J., Kopiński J.: Produkcyjne i środowiskowe uwarunkowania gospodarki nawozowej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **14**: 187-206.
5. Józwiak W.: Dylematy efektywności polskiego rolnictwa. Raport IERiGŻ-PIB, 2008, **101**: 72-84.
6. Kopiński J.: Stan i prognozowane kierunki zmian pogłowia zwierząt gospodarskich do roku 2020. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **15**: 149-159.
7. Kopiński J.: Bilans azotu brutto dla Polski i województw w latach 2002–2005. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **5**: 117-131.
8. Kopiński J.: Bilans azotu brutto, jako agrośrodowiskowy wskaźnik zmian intensywności produkcji rolniczej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2010 (w druku).
9. Kopiński J.: Bilans azotu na powierzchni pola jako wskaźnik zmian intensywności produkcji rolnej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **4**: 21-33.
10. Kopiński J.: Ocena gospodarstw rolniczych o różnej intensywności produkcji na tle wybranych wskaźników agrośrodowiskowych. Rocz. Nauk. SERiA, 2009, **11(1)**: 223-228.
11. Kopiński J.: Ocena stopnia zrównoważonego rozwoju w gospodarstwach o różnej intensywności produkcji. Zesz. Nauk. AR Krak., Sesja Nauk., 2001, **373(76)**: 305-311.
12. Kopiński J.: Zróżnicowanie nawożenia jako miara intensywności produkcji roślinnej w regionach. Wieś Jutra, 2006, **6**: 15-17.
13. Kopiński J., Fotyma M.: Bilans azotu w krajach Unii Europejskiej na podstawie danych OECD. Pam. Puł., 2001, **124**: 255-262.
14. Kopiński J., Matyka M.: Założenia do prognozy zużycia nawozów sztucznych dla Polski na lata 2012/2013 i 2017/2018. IUNG-PIB Puławy, 2009 (ekspertyza na potrzeby PIPIC, EFMA).
15. Krasowicz S., Harasim A.: Intensywność technologii a wyniki ekonomiczne gospodarstw rodzinnych w różnych rejonach Polski. Mat. V Kongr. W: Agrobiznes w krajach Europy Środkowej w aspekcie integracji z Unią Europejską. SERiA, 1998, **2**: 581-588.
16. Rocznik statystyczny: GUS Warszawa, 1985–2009.
17. Szponar L., Pawlik-Dobrowolski J., Domagała R., Twardy S., Traczyk I.: Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim. Aneks. Nadmiar azotu w rolnictwie zagrożeniem zdrowia człowieka. Prace IŻŻ, 1996, **80**: 10-27.
18. Środki produkcji w rolnictwie. GUS Warszawa, 1986–2009.
19. Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowia zwierząt gospodarskich. GUS Warszawa, 1985–2008.
20. Wymogi Wzajemnej Zgodności (cross-compliance). Mat. Inf. ARiMR Warszawa, 2008.
21. Wyniki produkcji roślinnej: GUS Warszawa, 1985–2008.
22. Ziętara W.: Kierunki i możliwości rozwoju gospodarstw mlecznych i trzodowych w Polsce. Rocz. Nauk. SERiA, 2005, **7(1)**: 300-305.

Adres do korespondencji:

dr Jerzy Kopiński
Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
IUNG - PIB Puławy
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (81) 886 34 21 w. 359
e-mail: jkop@iung.pulawy.pl

Mariusz Fotyma, Janusz Igras, Jerzy Kopiński, Wiesław Podyma

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

OCENA ZAGROŻEŃ NADMIAREM AZOTU POCHODZENIA ROLNICZEGO W POLSCE NA TLE INNYCH KRAJÓW EUROPEJSKICH*

Wstęp

Rolnictwo jest jedną z dziedzin gospodarki, która istotnie wpływa na środowisko przyrodnicze. Azot i fosfor są podstawowymi składnikami nawozowymi odgrywającymi zasadniczą rolę zarówno w produkcji roślinnej, jak i zwierzęcej. Związki azotu i fosforu zaliczane są do podstawowych składników biogenicznych istotnie oddziałujących na jakość wody.

W krajach UE szczególnie duży nacisk kładzie się na ograniczenie emisji związków azotu poprzez wprowadzanie regulacji prawnych dotyczących zasad stosowania nawozów, ochrony zasobów wodnych oraz zanieczyszczeń atmosfery (1). Poziom antropopresji związkami azotu w makroskali jest jednak zróżnicowany regionalnie i uzależniony od rozwoju gospodarczego kraju i intensywności rolnictwa (28). Z analiz makroekonomicznych wynika, że poziom intensywności rolnictwa w Polsce jest znacznie niższy niż w innych krajach UE (29) i wynika głównie z gorszych warunków klimatycznych i glebowych (22). Dlatego też jednostkowy potencjał produkcyjny rolnictwa w Polsce nie jest zbyt duży i ustępuje potencjałowi większości krajów Europy Zachodniej. Według K r a s o w i c z a i in. (23) ogólny potencjał produkcyjny rolnictwa jest jednak znaczny z uwagi na dużą powierzchnię użytków rolnych, stanowiącą około 11% powierzchni użytków w 25 krajach UE i przewagę w tej powierzchni gruntów ornych, a także ze względu na duże zasoby siły roboczej w rolnictwie (29). Według tych samych autorów stopień wykorzystania potencjału produkcyjnego jest jednak stosunkowo niski i wykazuje znaczne zróżnicowanie regionalne. Cechą charakterystyczną rolnictwa w Polsce jest również mała skala produkcji towarowej i jej rozproszenie. Produkcja rolnicza opiera się w dużej mierze na ekstensywnym modelu organizacji produkcji, wynikającym z dużego rozdrobnienia gospodarstw i struktury użytkowania ziemi. Przeciętna powierzchnia gospodarstwa wynosi około 8,8 ha (25). W poszczególnych częściach kraju wskaźnik ten jest zróżnicowany, niemniej w żadnym z województw średnia nie przekracza 18 ha.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 w programie wieloletnim IUNG - PIB

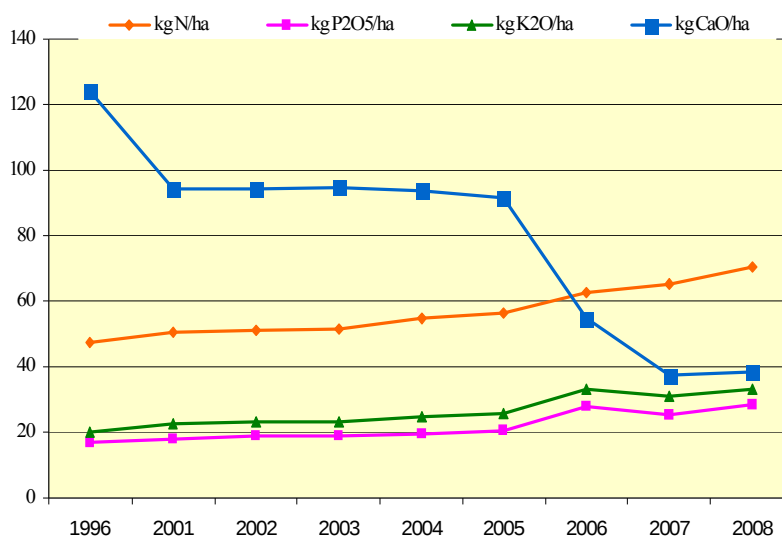
Zarówno warunki naturalne, jak i niskonakładowe technologie produkcji wskazują, że Polska ma warunki do produkcji zdrowej, bezpiecznej żywności, a stopień zagrożeń środowiskowych jest relatywnie niski. Powszechnie przyjętą metodą pośrednią oceny presji rolnictwa składnikami biogenicznymi na środowisko jest ich zużycie w nawozach mineralnych i naturalnych oraz bilans i wykorzystanie tych składników w produkcji roślinnej. Natomiast jako metody bezpośrednie wykorzystuje się zmiany zawartości azotu mineralnego w profilu glebowym oraz bezpośrednią ocenę jakości wody na podstawie zawartości azotu azotanowego.

Celem opracowania była ocena aktualnej presji azotu pochodzącego z rolnictwa na środowisko w Polsce na tle innych krajów europejskich na podstawie wybranych wskaźników. W pracy dokonano także oceny zagrożenia związkami azotu w układzie regionalnym na poziomie NUTS-2 (województwa).

Wyniki badań i dyskusja

Zużycie i wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych w Polsce i w krajach Unii Europejskiej

W Polsce po gwałtownym załamaniu zużycia nawozów NPK, które nastąpiło z początkiem lat 90. ubiegłego wieku, ich jednostkowe zużycie w okresie ostatnich 12 lat powoli, ale systematycznie wzrasta (rys. 1). Jedynie zużycie nawozów wapniowych wykazuje stałą tendencję spadkową. W 2008 roku zastosowano średnio 133 kg NPK, w tym 71 kg N, 29 kg P_2O_5 , 33 kg K_2O i 38,5 kg CaO na 1 ha użytków rolnych.



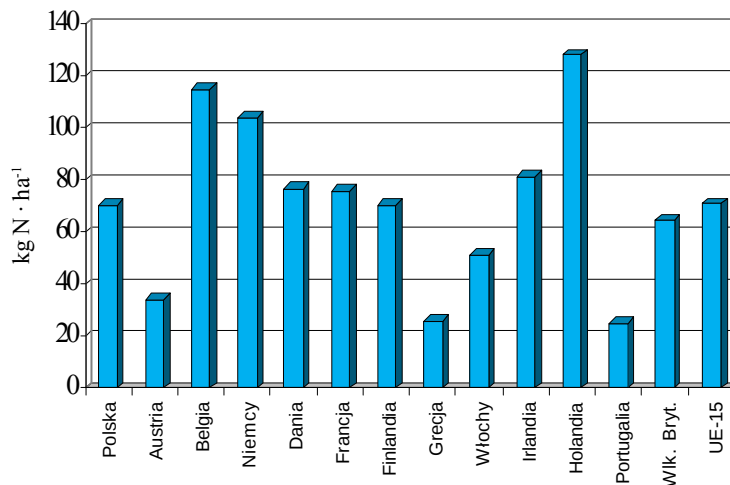
Rys. 1. Zużycie nawozów w rolnictwie polskim w latach 1996–2008

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (27).

Największy wzrost zużycia nastąpił w nawozach azotowych, a stosunek składników pokarmowych N : P : K w nawożeniu ulega stale poszerzeniu na rzecz azotu. Ze względów produkcyjnych, ale też środowiskowych jest to zjawisko niekorzystne, gdyż prowadzi do zubożenia gleby w przyswajalne formy fosforu i potasu oraz do obniżenia efektywności działania nawozów azotowych. Innym bardzo niekorzystnym zjawiskiem jest zmniejszenie zużycia nawozów wapniowych i w związku z tym postępujące zakwaszenie gleb. Na glebach kwaśnych uzyskuje się małe plony roślin i niską efektywność działania pozostałych składników nawozowych.

Wzrost zużycia nawozów azotowych w Polsce jest sprzeczny z tendencjami mającymi miejsce w krajach UE-15, w których notuje się w tym samym okresie spadek lub stabilizację zużycia azotu. W 2008 roku zastosowano w Polsce taką samą przeciętną dawkę nawozów azotowych, jak w krajach UE-15, a pod względem zużycia azotu na 1 ha użytków rolnych kraj nasz ustępował jedynie Belgii, Danii, Niemcom, Francji, Irlandii i Holandii (rys. 2).

Zużycie nawozów na 1 ha użytków rolnych jest wskaźnikiem bardzo ogólnym, a oparte na nim porównania mogą prowadzić do błędnych wniosków. Wynika to z różnej struktury użytkowania gruntów (grunty orne, użytki zielone, plantacje trwałe itp.) w poszczególnych krajach, zróżnicowanej jakości gleb oraz wielkości uzyskiwanych plonów roślin. Ponadto w ostatecznym rachunku nawozy są podstawowym środkiem produkcji dla żywności przeznaczanej na potrzeby mieszkańców danego kraju i na eksport, dlatego ich zużycie powinno być zróżnicowane zależnie od liczby konsumentów produktów rolnych. Dostępność porównywalnych danych jest jednak praktycznie niemożliwa i w dalszej części pracy ograniczono się do porównania dwóch wskaźników – zużycia nawozów azotowych na 1 mieszkańca danego kraju i na jednostkę

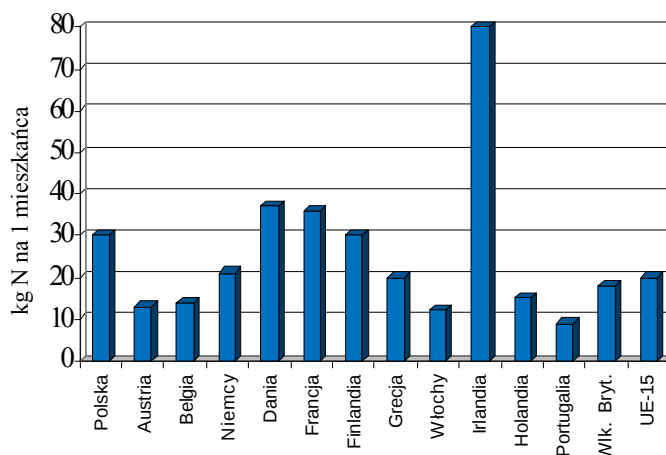


Rys. 2. Zużycie nawozów azotowych w 2008 r. w wybranych krajach UE

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EFMA (9, 10).

podstawowej produkcji roślinnej, jaką stanowi 100 kg ziarna zbóż (tzw. jednostka zbożowa).

W tym miejscu należy jednak podkreślić, że jakość gleb w Polsce jest znacznie gorsza niż w krajach Europy Zachodniej. Również klimat naszego kraju jest mniej sprzyjający dla produkcji roślinnej (23). Ponad 70% gleb Polski wytworzyło się głównie z plejstocenijskich glin i piasków zwałowych silnie rozmytych i przesortowanych przez wody polodowcowe, w tym ponad 28% gleb zostało wytworzonych ze żwirów oraz piasków luźnych i słabogliniastych. Ogółem ponad 40% powierzchni gleb w naszym kraju wykazuje niską jakość i przydatność rolniczą. Klimat Polski charakteryzuje się mniejszymi opadami i niższymi średnimi temperaturami niż klimat w krajach Europy Zachodniej. Długość okresu wegetacyjnego waha się od poniżej 200 dni w północno-wschodniej części kraju do ponad 240 dni w części południowo-zachodniej (22). Tylko część południowo-zachodnia ma warunki klimatyczne porównywalne do panujących u naszych zachodnich sąsiadów. W sumie, przyjmując za 100 punktów warunki glebowe i klimatyczne w krajach Europy Zachodniej wskaźnik ten dla Polski kształtuje się w granicach 60 punktów. Fakt gorszych warunków do produkcji rolnej znalazł pełne zrozumienie Komisji Europejskiej, która zgodziła się na zaliczenie około 52% powierzchni rolnej Polski do obszarów o niesprzyjających warunkach produkcyjnych (ONW) (3). Dla zapewnienia koniecznego poziomu produkcji rolnej, głównie na potrzeby wewnętrzne, niska jakość gleb i gorsze warunki klimatyczne muszą być substytuowane zwiększonym zużyciem nawozów mineralnych przy mniejszej efektywności ich działania. Dlatego wskaźniki zużycia nawozów azotowych na 1 mieszkańca i na 100 kg ziarna zbóż w wybranych krajach europejskich należy rozpatrywać z uwzględnieniem gorszych warunków naturalnych do produkcji rolnej (rys. 3 i 4).



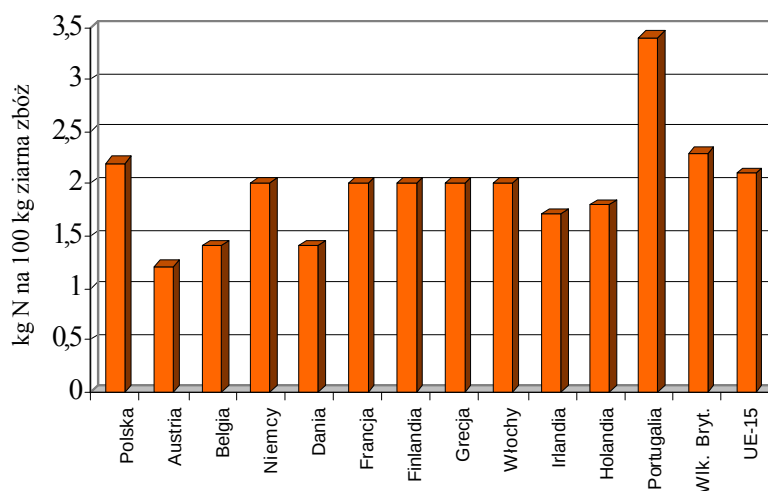
Rys. 3. Zużycie azotu na 1 mieszkańca w wybranych krajach UE

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EFMA (9, 10).

Zużycie nawozów azotowych na 1 mieszkańca (rys. 3) jest największe w Danii i Francji, co można tłumaczyć faktem, że kraje te są dużymi eksporterami produktów rolnych i żywią więcej ludzi niż w nich zamieszkuje. W Polsce argumentem przemawiającym za dużym zużyciem azotu na 1 mieszkańca są natomiast opisane wyżej znacznie gorsze warunki naturalne do produkcji rolnej i konieczność jej wspomagania nawozami.

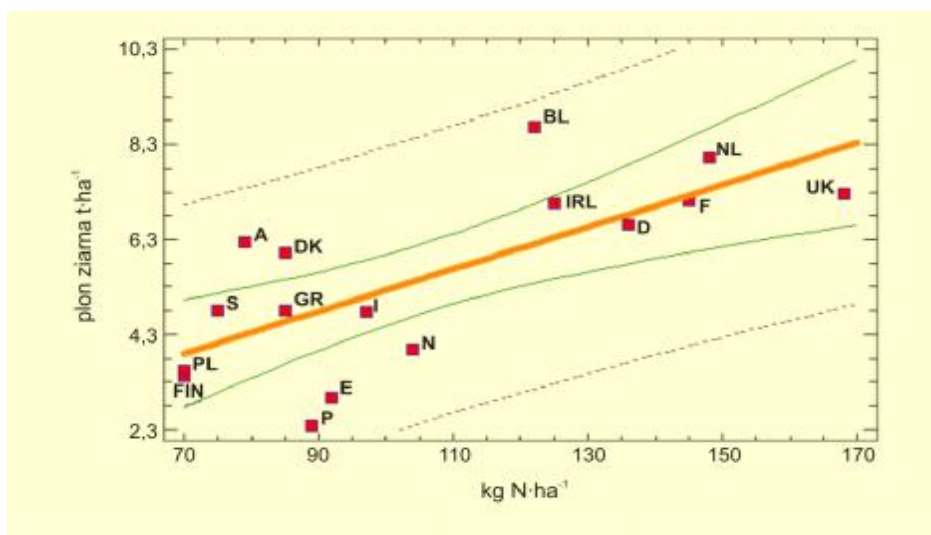
Jednostkowe zużycie nawozów azotowych, czyli tak zwana nawozochłonność produkcji zbóż jest „odwrotnością” efektywności nawożenia wyliczonej z funkcji produkcji. W Polsce nawozochłonność zbliżona jest do średniej wartości dla krajów UE-15 (rys. 4), ustępując pod tym względem Austrii, Belgii, Danii, Irlandii i Holandii. Kraje te mają jednak znacznie lepsze warunki do produkcji rolnej oraz większą obsadę zwierząt i produkcję nawozów naturalnych. Nawozochłonność produkcji zbóż w granicach 2 kg N na 100 kg ziarna jest uzasadniona fizjologicznie, gdyż podobnie kształtuje się pobranie azotu z plonem końcowym tej grupy roślin. Można zatem uznać, że jednostkowe zużycie nawozów azotowych w Polsce zbliżone jest do przeciętnej dla krajów europejskich, a małe plony zbóż w naszym kraju mogą wynikać ze zbyt małych dawek nawozów azotowych stosowanych pod te rośliny.

W krajach UE-15 pomiędzy zużyciem nawozów azotowych i wielkością plonów zbóż występuje dosyć ścisła korelacja ($r = 0,72$). Poniżej dolnej granicy przedziału ufności regresji prostej pozostają Hiszpania, Norwegia i Portugalia – kraje o niesprzyjających warunkach do produkcji zbóż (rys. 5). W krajach tych uzyskuje się mniejsze plony zbóż od oczekiwanych na podstawie zużycia nawozów azotowych. Powyżej górnej granicy przedziału ufności znajdują się natomiast Austria, Belgia i Dania – kraje



Rys. 4. Zużycie nawozów azotowych na wyprodukowanie 100 kg ziarna zbóż w wybranych krajach UE w 2007 roku

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EFMA (9, 10).

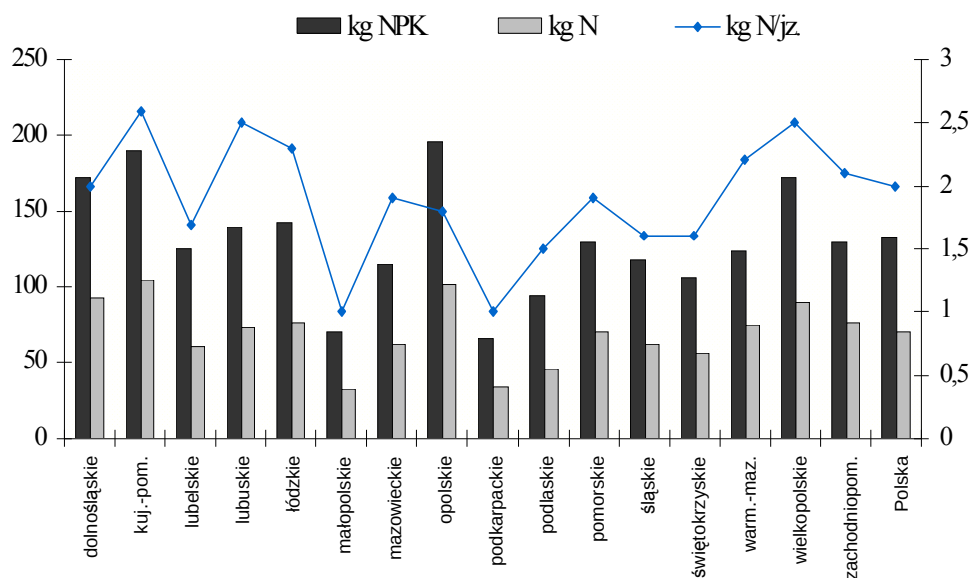


Rys. 5. Zależność pomiędzy wielkością dawek nawozów azotowych i plonami zbóż w krajach EU15 w latach 2004–2006

Źródło: opracowanie własne (6) na podstawie danych EFMA (9, 10).

o wysokiej obsadzie inwentarza i dużej produkcji nawozów naturalnych. Państwa te uzyskują duże plony, przy względnie małym zużyciu nawozów azotowych (26).

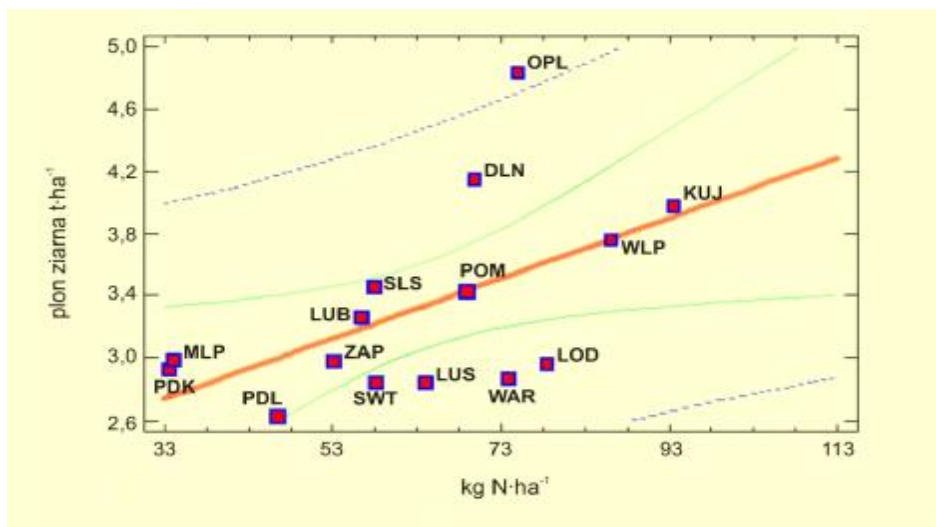
Prezentowane dotychczas dla obszaru całej Polski średnie wskaźniki nawozowe mogą służyć do porównań międzynarodowych, ale nie odzwierciedlają rzeczywistej sytuacji wewnątrz kraju. Zużycie nawozów mineralnych, a szczególnie nawozów azotowych, jest w Polsce bardzo zróżnicowane regionalnie (rys. 6). Najwięcej nawozów mineralnych, w tym azotowych, zużywa rolnictwo w rejonie zachodniej i północno-zachodniej Polski, a najmniej w Polsce centralnej i wschodniej. W województwach dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, opolskim i wielkopolskim zużycie nawozów azotowych przekroczyło znacznie średni poziom dla państw EU i zbliża się do przodujących pod tym względem krajów Europy Zachodniej. W województwach małopolskim, podkarpackim i podlaskim, o rozdrobnionym rolnictwie, zużycie nawozów azotowych jest natomiast bardzo małe i nie przekracza 50 kg N na 1 ha użytków rolnych. Ilość nawozów azotowych zużywanych na 1 ha użytków rolnych nie przesądza jeszcze o rozmiarze presji środowiskowej ze strony nawożenia. Duża nawozochłonność świadczy o tym, że tylko część zastosowanego azotu zabierana jest z pola z plonem roślin, a znaczne pozostałości składnika stanowią zagrożenie dla środowiska glebowego i wodnego. W województwach kujawsko-pomorskim, lubuskim, łódzkim, warmińsko-mazurskim, wielkopolskim i zachodniopomorskim nawozochłonność produkcji roślinnej przekracza, niekiedy znacznie, średnią wartość dla Polski. Należy podkreślić, że z wymienionych województw dwa, tj. kujawsko-pomorskie i wielkopolskie wykazują równocześnie duże zużycie nawozów azotowych i dużą nawozochłonność produkcji



Rys. 6. Zużycie nawozów ogółem NPK i nawozów azotowych w województwach w 2008 roku
 Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (27).

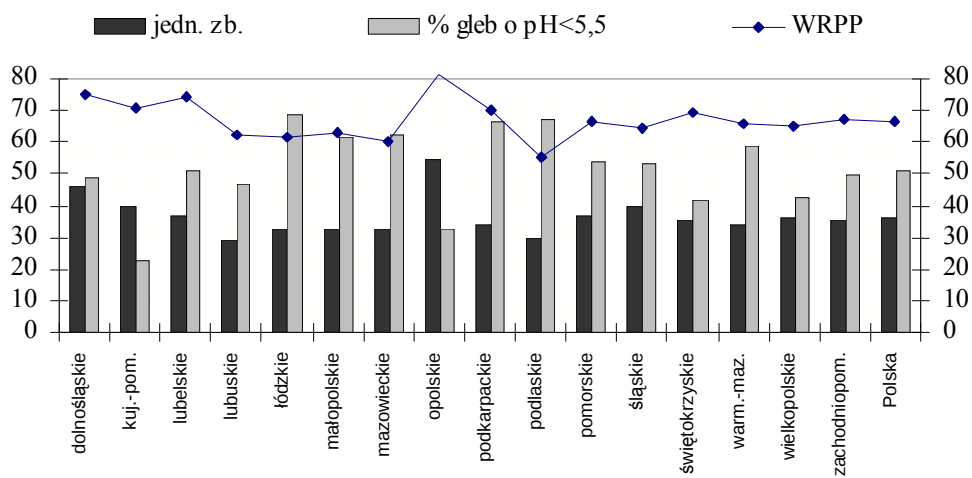
roślinnej. Może to wskazywać na nie zrównoważenie gospodarki tymi nawozami i dużą presję nadmiaru azotu na środowisko.

W Polsce występuje również dość ścisła korelacja ($r = 0,72$) pomiędzy zużyciem nawozów azotowych i wielkością plonów zbóż (rys. 7). Poniżej dolnej granicy przedziału ufności prostej regresji pozostają województwa lubuskie, łódzkie, podlaskie, mazowieckie i warmińsko-mazurskie. Województwa te posiadają niesprzyjające warunki naturalne do produkcji zbóż. Największą produkcję roślinną uzyskano w 2008 r. w województwach dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, opolskim i śląskim, a niewiele mniejszą w województwach pomorskim i wielkopolskim (rys. 8). Analizując rysunek 8 można stwierdzić dodatnią zależność pomiędzy wielkością plonów roślin i wskaźnikiem jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej (WRPP) oraz ujemną zależność pomiędzy wielkością plonów i udziałem gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych o $pH < 5,5$. Od tej prawidłowości występują jednak wyjątki, tj. w województwach kujawsko-pomorskim, lubelskim i świętokrzyskim, gdzie mimo lepszych niż średnie dla Polski warunków naturalnych wielkość uzyskiwanych plonów roślin jest niezadowalająca. W województwach lubelskim i świętokrzyskim można to tłumaczyć małymi dawkami nawozów azotowych i tutaj zwiększenie ich wielkości może być uzasadnione. W województwie kujawsko-pomorskim stosuje się jednak największe w kraju dawki nawozów, a gleby wykazują uregulowany odczyn. Zatem przyczyna niższych od oczekiwanych plonów leży w czynnikach pozanawozowych, tj. organizacyjnych. W województwach łódzkim, małopolskim, mazowieckim, podkarpackim i warmińsko-mazurskim przyczyną małych plonów roślin jest silne zakwaszenie gleb. W województwach tych,



Rys. 7. Zależność pomiędzy wielkością dawek nawozów azotowych i plonami zbóż w województwach w Polsce w latach 2004–2006

Źródło: opracowanie własne (6).



Rys. 8. Plony roślin w jednostkach zbożowych z ha w 2008 roku, udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych oraz wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej WRPP w województwach i w Polsce

Źródło: opracowanie własne.

a zwłaszcza w łódzkim i warmińsko-mazurskim nie powinno się zwiększać dawek nawozów azotowych (i tak już dużych) przed uregulowaniem odczynu gleb, gdyż wystąpi tu duża presja środowiskowa powodowana nadmiarem azotu. Ta uproszczona analiza potwierdza tezę, że rozpatrując skutki produkcyjne i środowiskowe nawożenia, trzeba koniecznie uwzględniać naturalne warunki do produkcji rolnej (w tym odczyn gleby) oraz wielkość uzyskiwanych plonów roślin.

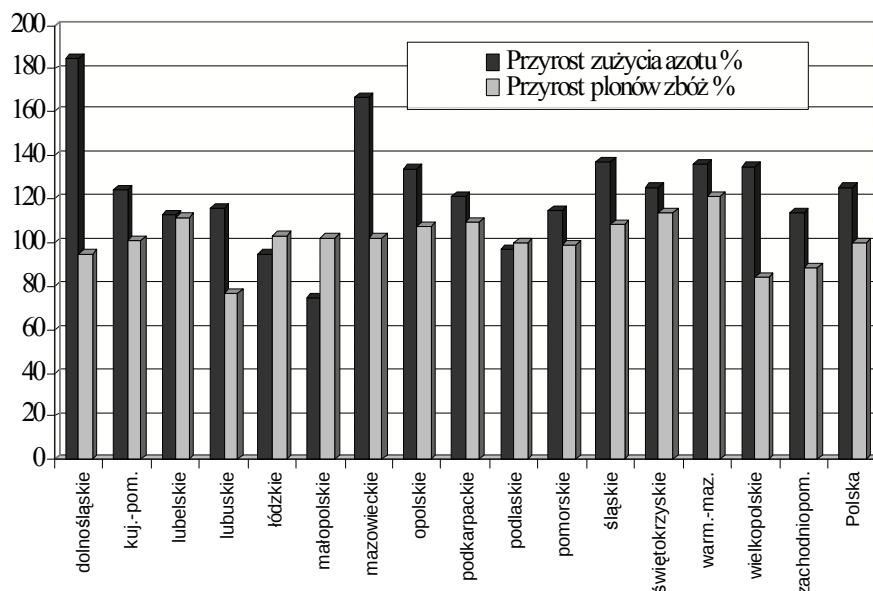
Prognozując zapotrzebowanie na nawozy na podstawie związku pomiędzy ich zużyciem i wielkością plonu roślin należy przyjąć, że na każde 100 kg przyrostu plonu zbóż trzeba będzie dodatkowo przeznaczyć co najmniej 2 kg N. Zakładając utrzymanie obecnej produkcji zbóż na poziomie 26-28 mln ton i konieczność wycofania spod uprawy około 1 mln ha gruntów ornych (z przeznaczeniem na produkcję roślin energetycznych) obecne plony zbóż powinny ulec zwiększeniu o 400–500 kg ziarna z ha (21). Przyjmując podaną wyżej nawozochłonność produkcji zbóż zużycie nawozów azotowych powinno się zwiększyć o około $10 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wyniki te są dosyć zbieżne z wyliczeniami zapotrzebowania na nawozy azotowe na podstawie trendu ich zużycia (21). Słabość takiego rozumowania w konfrontacji z sytuacją w krajach Europy Zachodniej polega na tym, że przy podobnej nawozochłonności produkcji roślinnej uzyskuje się w większości z nich dwukrotnie większe plony zbóż od uzyskiwanych w Polsce. Jak już wcześniej wspomniano w krajach tych od wielu lat jest ustabilizowane zużycie nawozów, a nawet postępuje spadek tego zużycia. Wynika to z lepszych w tych krajach warunków naturalnych do produkcji rolnej, starej „siły nawozowej” gleb, ale również ze wzrastającego znaczenia pozanawozowych czynników produkcji (postęp genetyczny w nasiennictwie, ochrona roślin, struktura obszarowa itp.), które w Polsce nie są w pełni uruchamiane.

Dosyć pesymistyczne są również wnioski z porównania trendów przyrostu zużycia nawozów azotowych i plonów zbóż w latach 2005–2008 (rys. 9). W okresie tym zużycie nawozów azotowych w Polsce wzrosło o ponad 25%, a nawozów ogółem NPK o niemal 30%, podczas gdy plony zbóż uległy zmniejszeniu o około 0,4%, a ogólnie produkcja roślinna wzrosła o zaledwie 6%. W większości województw (z wyjątkiem łódzkiego, małopolskiego i podlaskiego) przyrost zużycia nawozów azotowych wyprzedzał, niekiedy znacznie, przyrost plonów zbóż.

Wydaje się, że wydajność produkcji roślinnej w ostatnich latach nie nadąża za przyrostem zużycia nawozów mineralnych, zwłaszcza azotowych. Zagadnienie to wymaga jednak głębszej analizy wykraczającej poza ramy niniejszego opracowania.

Zużycie nawozów naturalnych

O wielkości produkcji nawozów naturalnych decyduje obsada i struktura pogłowia oraz system utrzymania zwierząt gospodarskich. Wielkość pogłowia krów i produkcja mleka są istotnie skorelowane z udziałem trwałych użytków zielonych, a obsada trzody chlewnej z udziałem zbóż w strukturze zasiewów, stanowiących główne źródło paszy dla tej grupy zwierząt. W okresie ostatnich 7 lat średnia obsada zwierząt w Polsce jest względnie stała i wynosi $0,42\text{--}0,45 \text{ DJP} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$. Obsada zwierząt

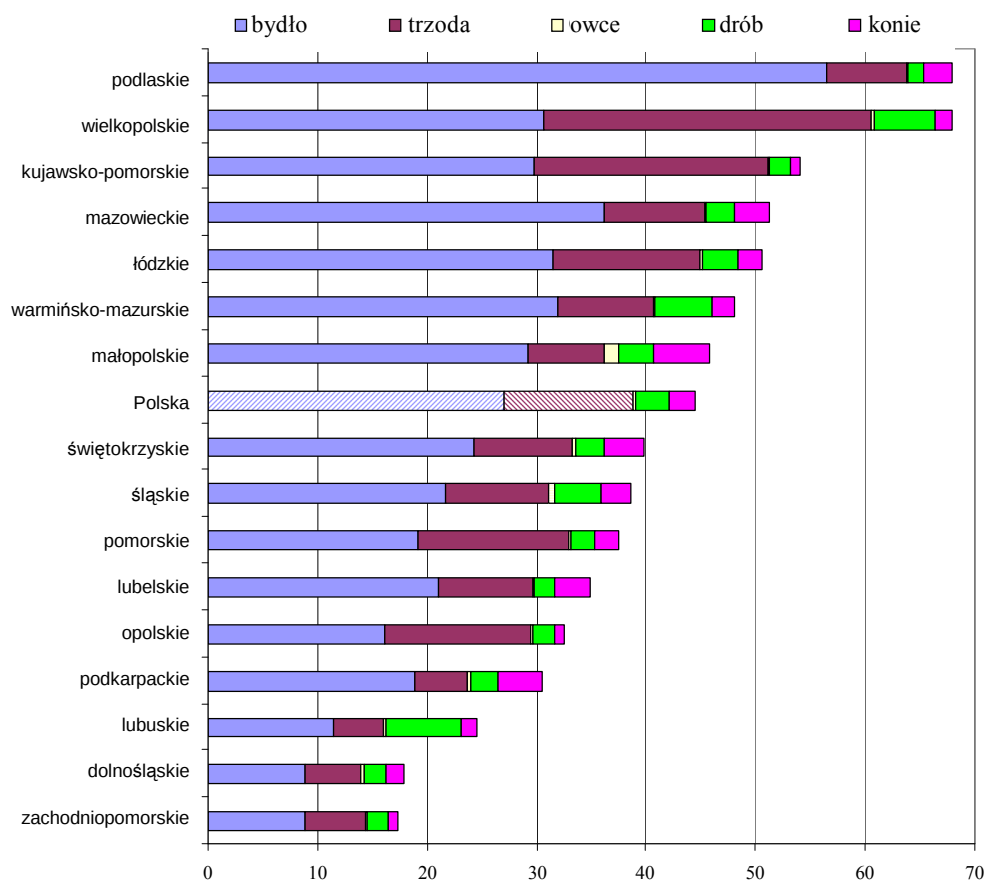


Rys. 9. Względny przyrost zużycia nawozów azotowych i plonów zbóż w latach 2005–2008 w województwach (stan na 2005 roku przyjęto za 100%)

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych PIPC, GUS (26, 27).

wyказuje jednak bardzo znaczne zróżnicowanie regionalne (rys. 10). Największa obsada zwierząt występuje w województwach podlaskim i wielkopolskim (ok. $0,67 \text{ DJP} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$), a najmniejsza w województwach: dolnośląskim, lubuskim i zachodniopomorskim ($0,16\text{--}0,26 \text{ DJP} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$). Znaczne zróżnicowanie regionalne widoczne jest także w kierunkach produkcji zwierzęcej. W województwach: podlaskim, mazowieckim, warmińsko-mazurskim, małopolskim i podkarpackim dominuje wyraźnie chów bydła, zaś w województwach wielkopolskim, kujawsko-pomorskim, pomorskim i opolskim utrzymywane jest w połowie bydło i w połowie trzoda chlewna. W województwach wielkopolskim, warmińsko-mazurskim i lubuskim utrzymuje się dużo drobiu. Konie nie odgrywają większej roli w strukturze pogłowia zwierząt i z reguły występują w województwach o rozdrobnionym rolnictwie, tj. małopolskim, świętokrzyskim, lubelskim i podkarpackim.

Na podstawie obsady zwierząt można określić produkcję nawozów naturalnych (obornik, gnojowica, gnojówka), a następnie ilość składników mineralnych (tab. 1). Średnio w Polsce wnosi się z tymi nawozami 84 kg NPK , w tym niemal 29 kg azotu N , $15 \text{ kg fosforu (P}_2\text{O}_5\text{)}$ i ponad $40 \text{ kg potasu (K}_2\text{O)}$ na 1 ha użytków rolnych. Są to ilości o około $1/3$ mniejsze od dostarczanych w nawozach mineralnych (13). W województwach: kujawsko-pomorskim, mazowieckim, podlaskim i wielkopolskim zużycie NPK pochodzące z nawozów naturalnych osiąga i przekracza 100 kg na ha , w tym $35\text{--}45 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$. W tym miejscu warto podać, że jednostka przeliczeniowa zwierząt (DJP) emituje rocznie do gleb w formie nawozów naturalnych około 64 kg N , $33 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ (14 kg P) i niemal $90 \text{ kg K}_2\text{O}$ (75 kg K); (8, 19).



Rys. 10. Struktura i obsada zwierząt inwentarskich w DJP · 100 ha⁻¹ UR w Polsce i województwach w roku 2007

Źródło: obliczenia własne (16, 20).

Zużycie azotu pochodzącego z nawozów mineralnych i naturalnych

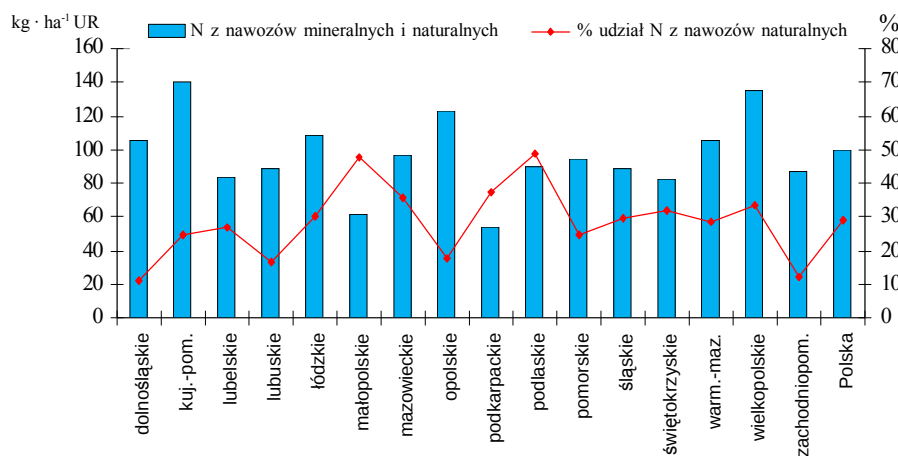
Presję na środowisko ze strony składników mineralnych należy oceniać łącznie w stosunku do składników pochodzących z nawozów mineralnych i nawozów naturalnych. Na rysunku 11 podano sumaryczne ilości azotu pochodzącego z obydwu źródeł w województwach, z zaznaczeniem udziału tego składnika pochodzącego z nawozów naturalnych. Przeciętne zużycie azotu z obydwu źródeł wynosi w Polsce niemal 100 kg N · ha⁻¹, w tym azot z nawozów naturalnych stanowi 29%. Zarówno zużycie, jak i udział azotu wykazuje jednak bardzo duże zróżnicowanie regionalne. Znacznie większe od średniej dla Polski ilości azotu zużywane są w województwach kujawsko-pomorskim, opolskim i wielkopolskim, a nieco mniejsze, ale również przewyższające średnią krajową, w województwach łódzkim i warmińsko-mazurskim. W wojewódz-

Tabela 1

Produkcja składników nawozowych (netto) w nawozach naturalnych w województwach i w Polsce w latach 2005–2008

Województwa	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		NPK	
	tys. ton	kg·ha ⁻¹ UR	tys. ton	kg·ha ⁻¹ UR	tys. ton	kg·ha ⁻¹ UR	tys. ton	kg·ha ⁻¹ UR
Dolnośląskie	11,5	11,8	6,2	6,4	14,6	15,0	32	33
Kujawsko-pomorskie	36,8	34,6	20,7	19,4	50,2	47,2	108	101
Lubelskie	34,6	22,6	17,6	11,5	49,2	32,1	101	66
Lubuskie	7,2	14,7	3,7	7,6	8,5	17,4	19	40
Łódzkie	36,5	33,0	18,7	17,0	51,1	46,3	106	96
Małopolskie	20,7	29,2	9,8	13,8	30,0	42,2	60	85
Mazowieckie	73,5	34,2	35,2	16,3	107,4	49,9	216	100
Opolskie	12,0	21,4	6,9	12,3	15,9	28,3	35	62
Podkarpackie	15,4	20,0	7,5	9,7	21,4	27,9	44	58
Podlaskie	48,5	43,6	21,6	19,4	76,8	69,0	147	132
Pomorskie	18,1	23,4	10,2	13,2	24,3	31,3	53	68
Śląskie	12,2	26,3	6,4	13,8	16,1	34,7	35	75
Świętokrzyskie	15,0	26,2	7,4	13,0	21,1	36,9	44	76
Warmińsko-mazurskie	29,9	29,9	14,5	14,5	43,7	43,7	88	88
Wielkopolskie	80,6	45,0	47,3	26,5	101,8	56,9	230	128
Zachodniopomorskie	10,4	10,7	5,8	5,9	13,2	13,5	29	30
Polska	463,0	28,9	239,5	14,9	645,3	40,2	1348	84

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 11. Zużycie azotu w nawozach mineralnych i naturalnych oraz udział azotu z nawozów naturalnych w ogólnym zużyciu składnika w województwach w 2008 roku

Źródło: obliczenia własne.

twach tych należy się liczyć z dużą presją azotu pochodzącego z nawozów na środowisko glebowe i wodne. Znacznie większy od średniej dla Polski udział azotu pochodzącego z nawozów naturalnych stwierdza się w województwach małopolskim, mazowieckim, podkarpackim i podlaskim, w których zużycie nawozów mineralnych jest najmniejsze w kraju. Świadczy to o substytucji mineralnych nawozów azotowych przez azot z nawozów naturalnych, co należy uznać za zjawisko korzystne.

Nawozochłonność produkcji roślinnej liczona w stosunku do całej ilości stosowanego składnika jest większa od opisanej wcześniej nawozochłonności liczonej w stosunku do nawozów mineralnych. Tak liczona nawozochłonność wynosi przeciętnie w Polsce 2,8 kg N na jednostkę zbożową plonu globalnego. W województwach kujawsko-pomorskim, łódzkim i wielkopolskim nawozochłonność dawki całkowitej osiąga 3,5 kg N · j.zb.⁻¹, a w województwach lubuskim, podlaskim i warmińsko-mazurskim przekracza 3 kg N · j.zb.⁻¹. W województwach tych należy się liczyć z pewnymi zagrożeniami dla środowiska z powodu nadmiaru azotu pochodzącego ze stosowanych nawozów mineralnych i naturalnych.

Bilans azotu na powierzchni pola

Poza nawozami mineralnymi i naturalnymi azot dopływa do rolnictwa w formie opadu atmosferycznego, wiązania azotu przez bakterie wolnożyjące i bakterie symbiotyczne oraz z białkiem importowanych pasz. Z uwagi na presję jego związków na środowisko bardziej interesujące niż suma dopływu jest saldo bilansu azotu rozumiane jako różnica pomiędzy dopływem ze wszystkich źródeł i odpływem w produktach roślinnych zabieranych z pola lub produktach rolnych sprzedawanych z gospodarstwa.

W analizach regionalnych stosuje się z reguły metodę bilansowania składników „na powierzchni pola”, zalecaną oficjalnie i obowiązującą dla azotu i fosforu w krajach członkowskich OECD (2, 15). W metodzie tej po stronie przychodów uwzględnia się ilość składników w nawozach mineralnych i naturalnych, ilość składników wprowadzanych z materiałem siewnym (sadzeniakowym), a w przypadku azotu również w opadzie azotu z atmosfery i wiązanie biologiczne. Po stronie rozchodów uwzględnia się ilość składnika zabieraną z pola z plonami roślin. Dzięki jednolitej metodyce możliwe jest dokonywanie porównań pomiędzy poszczególnymi państwami (tab. 2).

Przeciętne saldo bilansu azotu dla krajów UE-15 latach 2002–2004 wynosiło 88 kg N · ha⁻¹ UR. W tym okresie Polska wykazywała saldo bilansu o połowę mniejsze i ustępowała pod tym względem tylko Austrii, Francji i Portugalii, co należy uznać za wynik bardzo dobry. Saldo bilansu azotu w krajach UE-15 ulega jednak systematycznemu zmniejszaniu, na co wskazuje porównanie jego stanu z lat 1990–1992 (rys. 12). W ciągu 10-14 lat (po roku 1990) saldo bilansu azotu w krajach UE-15 uległo zmniejszeniu o około 20%, a w niektórych krajach o wysokiej wyjściowej wartości tego salda jego zmniejszenie było jeszcze większe. W Polsce w tym okresie nie nastąpiły istotne zmiany salda bilansu azotu. Natomiast znaczący spadek miał miejsce wcze-

Tabela 2

Saldo bilansu azotu i wykorzystanie azotu w wybranych krajach UE-15 w latach 2002–2004*

Wyszczególnienie**	A	BL	DK	FIN	F	D	IRL	I	NL	PL	P	S	UK	N	UE15
Bilans $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \text{UR}$	44	206	131	55	24	102	82	46	254	43	31	75	54	84	88
Wykorzystanie N (%)	65	49	46	71	86	66	73	75	45	57	61	68	88	88	67

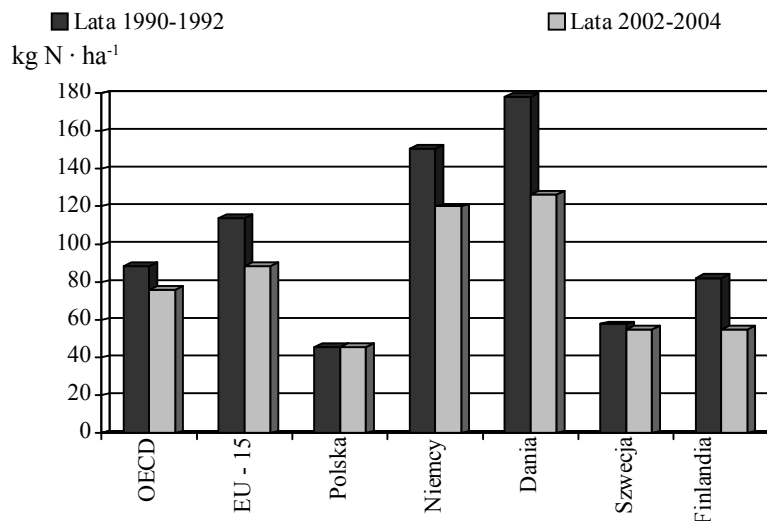
* nowsze dane nie są jeszcze dostępne

** A – Austria, BL – Bułgaria, DK – Dania, FIN – Finlandia, F – Francja, D – Dania, IRL – Irlandia, I – Włochy, NL – Holandia, PL – Polska, P – Portugalia, SE – Szwecja, UK – Wlk. Brytania, N – Norwegia

Źródło: opracowanie własne (6, 7).

ściej, w okresie intensywnych przemian gospodarczych i transformacji ustrojowej (17). Z dużą pewnością można przypuszczać, że w okresie ostatnich 6 lat nastąpiło dalsze zmniejszenie salda bilansu w większości krajów UE, za czym przemawia systematyczny spadek zużycia nawozów azotowych i utrzymujące się na wysokim poziomie plony roślin.

Wykorzystanie azotu w krajach europejskich wynosiło średnio 67%, natomiast Polska z wykorzystaniem azotu w granicach około 57% znajdowała się poniżej tej średniej (tab. 2). Bardzo dobre wykorzystanie azotu występuje we Francji, Wielkiej Brytanii i Norwegii. Małe wykorzystanie azotu notuje się w Holandii i Danii, co wynika z bardzo dużego dopływu składnika w nawozach naturalnych i mineralnych. W Polsce saldo bilansu azotu w ostatnich latach wyraźnie wzrosło i w 2008 roku dochodziło do



Rys. 12. Porównanie sald bilansu azotu w wybranych krajach UE w okresach 1990–1992 i 2002–2004

Źródło: opracowanie własne (7, 21).

60 kg N · ha⁻¹ (tab. 3). Wynika to ze zwiększonego w tym okresie zużycia nawozów azotowych i stagnacji plonów roślin. Obok salda bilansu azotu ważnym wskaźnikiem jest jego wykorzystanie, rozumiane jako iloraz całkowitego (ze wszystkich źródeł) dopływu i całkowitego odpływu. Jest on podobny do wskaźnika zwanego nawozochłonnością produkcji roślinnej.

Zarówno poszczególne elementy bilansu azotu, jak i jego saldo są znacznie zróżnicowane regionalnie (tab. 3). Bardzo duże nadwyżki bilansowe azotu występują w województwach kujawsko-pomorskim, łódzkim i wielkopolskim, a duże w województwie lubuskim. W województwach tych wykorzystanie azotu jest jednocześnie znacznie mniejsze od średniej wartości dla Polski. Małymi nadwyżkami azotu i dobrym wykorzystaniem tego składnika charakteryzują się natomiast województwa małopolskie i podlaskie. W województwach tych uzyskuje się jednak jedne z najmniejszych w kraju plonów roślin.

Zmiany zawartości azotu mineralnego w glebach Polski

Dokonana dotychczas ocena presji składników mineralnych, a szczególnie azotu na środowisko miała charakter pośredni, gdyż przeprowadzono ją na podstawie wskaźników zewnętrznych, tzn. ilości azotu w nawozach i nawozochłonności produkcji ro-

Tabela 3

Bilans azotu brutto dla Polski i województw (średnio z lat 2006–2008)

Województwo	Wartości elementów bilansu (kg N·ha ⁻¹ UR)					Wykorzystanie N (odpływ/ dopływ)
	dopływ			odpływ (b)	saldo (a-b)	
	ogółem (a)	w tym nawożenie:				
		mineralne	naturalne			
Dolnośląskie	115,4	75,9	15,3	71,6	43,8	62,0
Kujawsko-pomorskie	167,9	99,7	42,5	79,9	88,0	47,6
Lubelskie	112,7	59,3	27,1	62,2	50,5	55,2
Lubuskie	114,3	69,8	20,0	51,6	62,7	45,1
Łódzkie	141,5	76,0	40,5	65,6	75,9	46,4
Małopolskie	98,0	35,9	36,6	69,3	28,7	70,8
Mazowieckie	125,9	59,5	41,6	65,2	60,7	51,8
Opolskie	139,8	88,6	26,4	88,9	50,9	63,6
Podkarpackie	84,0	34,6	25,1	60,5	23,5	72,0
Podlaskie	121,2	47,1	49,9	81,6	39,6	67,3
Pomorskie	126,7	71,3	30,1	69,3	57,3	54,7
Śląskie	118,0	59,0	34,5	69,3	48,7	58,7
Świętokrzyskie	113,9	55,2	32,4	61,7	52,2	54,1
Warmińsko-mazurskie	137,7	76,0	37,1	75,2	62,5	54,6
Wielkopolskie	170,8	86,2	59,0	78,4	92,4	45,9
Zachodniopomorskie	113,2	74,2	14,4	59,3	53,9	52,4
Polska	129,0	67,9	36,0	69,8	59,2	54,1

Źródło: opracowanie własne (17, 18, 24).

ślinnej oraz bilansu azotu i wykorzystania całej ilości składnika dopływającego do rolnictwa. Ocenę tę, uwzględniając dostępność danych, prowadzono w układzie porównań z innymi krajami europejskimi. W Polsce dzięki wieloletnim badaniom monitoringowym możliwe jest także dokonanie oceny bezpośredniej, szacując ilość azotu (a ściślej azotanów) wymywanego z gleby i przenikającego do wód glebowo-gruntowych. Monitoring polega na regularnych, prowadzonych dwukrotnie w roku (jesienią i wiosną) pomiarach zawartości azotu mineralnego w profilu gleby do głębokości 90 cm. Różnica pomiędzy zawartością azotu jesienią i wiosną traktowana jest jako bezpośrednia miara presji nadmiaru składnika na środowisko wodne (12). Najważniejszymi czynnikami wpływającymi na tak rozumiane straty azotu z gleby okazały się jej skład granulometryczny oraz ilość azotu pozostająca w glebie po zbiorze roślin (jesienią) związana z gatunkiem uprawianej rośliny i wielkością zastosowanych pod nią dawek azotu w nawozach mineralnych i naturalnych (tab. 4).

Tabela 4

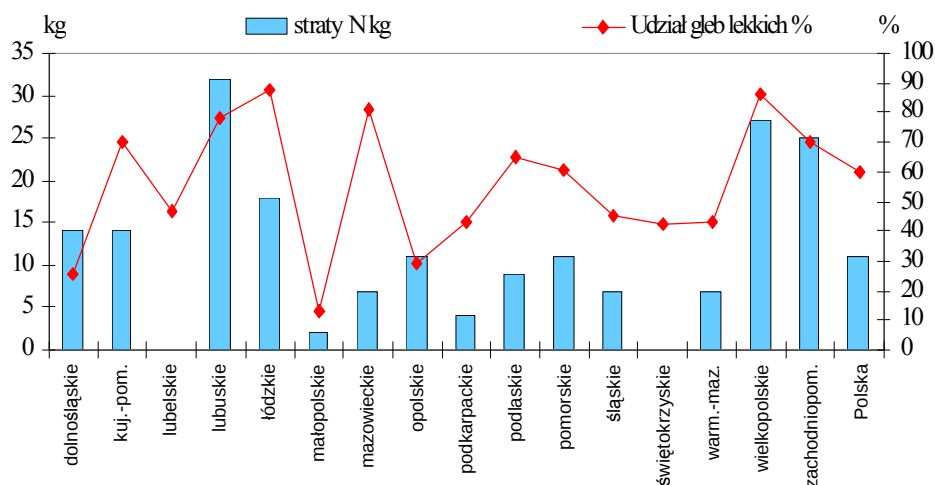
Przeciętny zasób azotu azotanowego w glebie w okresie jesieni i wiosny oraz straty azotu w okresie zimowym zależnie od kategorii agronomicznej gleby (lata 1998–2002)

Kategoria agronomiczna gleby	Liczba próbek gleby	Zawartość N-NO ₃ (kg·ha ⁻¹)		Różnice zawartości (straty N-NO ₃)
		jesień	wiosna	
Bardzo lekkie	10915	52,4	35,3	17,1
Lekkie	19786	63,9	52,5	11,4
Średnie	8844	68,0	62,2	5,8
Ciężkie	8030	72,5	69,4	3,1

Źródło: opracowanie własne (7, 12, 15).

Znając udział gleb zaliczonych do kategorii agronomicznych w poszczególnych województwach możliwe było oszacowanie bezpośrednich strat azotu azotanowego w układzie regionalnym w Polsce (rys. 13).

Największe straty azotu azotanowego do wód glebowo-gruntowych stwierdzono w województwach lubuskim, łódzkim, wielkopolskim i zachodnio-pomorskim, a najmniejsze (lub brak strat) w województwach lubelskim, małopolskim, podkarpackim i świętokrzyskim (4, 12). W województwach lubuskim, łódzkim i wielkopolskim obserwacje z badań pośrednich i bezpośrednich, dotyczące dużej presji nadmiaru azotu, są ze sobą dość zgodne. To samo dotyczy województw małopolskiego i podkarpackiego, w których małą presję nadmiaru azotu na środowisko wykazano obydwoma metodami. Straty azotu zbliżone do średnich dla Polski stwierdza się w województwach dolnośląskim, opolskim i śląskim, które wypadały również korzystnie w pośredniej metodzie oceny presji azotu. Rozbieżności występują natomiast w przypadku województw kujawsko-pomorskiego, w którym presja oszacowana pośrednio jest bardzo dużą, a wyznaczona na podstawie strat azotanów tylko nieco większa od średniej dla Polski oraz województwa świętokrzyskiego, w którym presja oszacowana metodami pośrednimi jest średnia, a ustalona na podstawie strat azotanów bardzo mała (straty



Rys. 13. Straty azotu azotanowego z profilu gleby 0-90 cm w kg N-NO₃ · ha⁻¹ i udział gleb bardzo lekkich i lekkich w województwach (%)

Źródło: opracowanie własne (4, 5, 11).

zbliżone do zera). Ogólnie jednak zgodność obydwu metod szacowania presji azotu na środowisko należy uznać za zadowalającą.

Regionalne zróżnicowanie presji środowiskowej azotu w Polsce

W opracowaniu przedstawiono kilka podstawowych wskaźników pozwalających na ocenę stopnia zagrożenia danego obszaru nadmiarem azotu pochodzącego z różnych źródeł, w tym przede wszystkim z nawozów mineralnych i naturalnych. Najmniejszą jednostką obszarową było województwo, gdyż tylko dla takich jednostek dostępne są wiarygodne dane liczbowe. Wskaźniki te starano się zintegrować i wyznaczyć na tej podstawie obszary zagrożone o szczególnie dużej presji środowiskowej ze strony azotu. Posłużono się w tym celu wielozmienną analizą skupień. Wskaźniki uwzględnione w analizie zamieszczono w tabeli 5. Na podstawie analizy skupień wydzielono 6 grup województw różniących się pod względem presji azotu na środowisko, warunków naturalnych do produkcji rolnej i wielkości produkcji roślinnej (tab. 6). Charakterystykę opisową skupień (poszczególnych grup województw) zamieszczono w tabeli 7.

Bardzo duża presja środowiskowa azotu występuje w 4 województwach (skupienia nr 2 i 4), tj. w województwach kujawsko-pomorskim, wielkopolskim, lubuskim i zachodniopomorskim o nienajlepszych warunkach naturalnych do produkcji rolnej. W kujawsko-pomorskim i wielkopolskim presja ta może być objaśniona dobrymi wynikami produkcyjnymi, a złe warunki naturalne są bardzo dobrze rekompensowane wysokimi dawkami nawozów azotowych.

Bardzo mała i mała presja środowiskowa azotu występuje w 7 województwach:

Tabela 5

Wskaźniki presji azotu w poszczególnych województwach uwzględnione w analizie skupień

Województwo (skrót nazwy)	Nawozy mineralne (kg N·ha ⁻¹ UR)	Nawozy naturalne (kg N·ha ⁻¹ UR)	Nawozochłon- ność (kg N j.zb. ⁻¹ plonu) ¹⁾	Saldo bilansu N (kg·ha ⁻¹ UR)	Wykorzy- stanie azotu (%) ²⁾	Straty ³⁾ N-NO ₃ (kg·ha ⁻¹)	Plon jedn. zboż·ha ⁻¹	Udział gleb kwaśnych (%)	Udział gleb lekkich (%)
Dolnośląskie (DLN)	75,9	15,3	2,29	43,9	62,0	14	45,8	48,7	25,6
Kujawsko-pomorskie (KUJ)	99,7	42,5	3,50	88,0	47,6	14	40,0	22,6	69,8
Lubelskie (LUB)	59,3	27,1	2,28	50,4	55,2	0	36,6	50,9	46,8
Lubuskie (LUS)	69,8	20,0	3,04	62,7	45,1	32	29,2	46,7	72,2
Łódzkie (ŁOD)	76,0	40,5	3,32	75,9	46,4	18	32,8	68,7	87,8
Małopolskie (MLP)	35,9	36,6	1,89	28,6	70,8	2	32,6	61,6	14,3
Mazowieckie (MAZ)	59,5	41,6	2,99	60,6	51,8	7	32,3	62,6	81,0
Opolskie (OPL)	88,6	26,4	2,25	50,8	63,6	11	54,7	32,7	29,2
Podkarpackie (PDK)	34,6	25,1	1,60	23,5	72,0	4	33,8	66,3	52,0
Podlaskie (PDL)	47,1	49,9	3,02	39,6	67,3	9	29,7	67,2	65,3
Pomorskie (POM)	71,3	30,1	2,56	57,3	54,7	11	36,7	53,7	60,3
Śląskie (ŚLS)	59,0	34,5	2,22	48,7	58,7	7	39,9	53,1	45,3
Świętokrzyskie (SWT)	55,2	32,4	2,31	52,2	54,1	0	35,4	42,0	42,3
Warmińsko-mazurskie (WAM)	76,0	37,1	3,07	62,5	54,6	7	34,2	59,0	43,2
Wielkopolskie WLP)	86,2	59,0	3,71	92,4	45,9	27	36,4	42,2	86,0
Zachodniopomorskie (ZAP)	74,2	14,4	2,45	53,9	52,4	25	35,4	49,6	70,3
Polska (PL)	67,9	36,0	2,77	59,2	54,1	11	36,0	51,0	59,5

¹⁾ nawozochłonność produkcji roślinnej liczona w stosunku do całkowitej dawki N z nawozów mineralnych i naturalnych, ²⁾ stosunek odpływu do dopływu azotu,³⁾ różnica zawartości N-NO₃ w profilu glebowym 0-90 cm w okresie jesieni i wiosny

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 6

Zaszeregowanie województw do skupień pod względem rozmiaru presji azotu na środowisko

Skupienie	Województwo	Nawozy mineralne (kg N·ha ⁻¹ UR)	Nawozy naturalne (kg N·ha ⁻¹ UR)	Nawozochłoność (kg N j.zh. ⁻¹ plonu)	Saldo bilansu N (kg·ha ⁻¹ UR)	Wykorzystanie azotu (%)	Straty N-NO ₃ (kg·ha ⁻¹)	Plon (jedn. zboż·ha ⁻¹)	Udział gleb kwaśnych (%)	Udział gleb lekkich (%)
1.	DLN, OPL	82,3	20,9	2,3	47,4	62,8	12,5	50,3	40,7	27,4
2.	KUJ, WLP	93,0	50,8	3,6	90,2	46,8	20,5	38,2	32,4	77,9
3.	LUB, POM, SLS, SWT, WAM	64,2	32,2	2,5	54,2	55,5	5,0	36,6	51,7	47,6
4.	LUS, ZAP	72,0	17,2	2,7	58,3	48,8	28,5	32,3	48,2	71,3
5.	LOD, MAZ, PDL	60,9	44,0	3,1	58,7	55,2	11,3	31,6	66,2	78,0
6.	MLP, PDK	35,3	30,9	1,7	26,1	71,4	3,0	33,2	64,0	33,2
Polska		67,9	36,0	2,77	59,2	54,1	11	36,0	51,0	59,5

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 7

Charakterystyka opisowa skupień województw

Skupienie	Województwo	Warunki naturalne	Produkcja globalna	Środowiskowa presja azotu
1.	DLN, OPL	bardzo dobre	bardzo wysoka	średnia
2.	KUJ, WLP	złe	wysoka	bardzo duża
3.	LUB, POM, SLS, SWT, WAM	dobrze	średnia	mała
4.	LUS, ZAP	złe	niska	bardzo duża
5.	LOD, MAZ, PDL	bardzo złe	bardzo niska	średnia
6.	MLP, PDK	dobrze	średnia	bardzo mała

Źródło: opracowanie własne.

lubelskim, pomorskim, śląskim, świętokrzyskim, warmińsko-mazurskim, małopolskim i podkarpackim o dobrych warunkach naturalnych do produkcji rolnej, ale o zaledwie średnim poziomie produkcji roślinnej (skupienia nr 3 i 6). Skrajnie zróżnicowane są skupienia nr 1 i 5. W obydwu skupieniach presja środowiskowa azotu jest średnia, ale w województwach dolnośląskim i opolskim, posiadających najlepsze warunki naturalne, uzyskuje się bardzo dużą produkcję roślinną. Natomiast w województwach łódzkim, małopolskim i podlaskim bardzo złe warunki naturalne rzutują na najniższy w kraju poziom produkcji roślinnej.

Podsumowanie

Na podstawie analizy można stwierdzić występowanie w Polsce presji spowodowanej stosowaniem mineralnych nawozów azotowych na środowisko (przynajmniej na pewnych obszarach). Obecnie obserwowany trend wzrostu zużycia nawozów azotowych jest odwrotny do tendencji w większości krajów UE-15, w których następuje obniżenie lub stabilizacja dawek nawozów. Zużycie tych nawozów zarówno na 1 ha użytków rolnych, jak i na mieszkańca jest jednak mniejsze niż w krajach Unii Europejskiej. Pomimo podobnej jak w innych krajach UE nawozochłonności produkcji roślinnej w Polsce uzyskuje się mniejsze plony zbóż. Jest to wynikiem znacznie gorszych warunków naturalnych do produkcji rolnej i konieczności jej wspomagania nawożeniem, ale również z powodu innych czynników decydujących o wielkości plonów roślin.

Niekorzystna sytuacja w zakresie stosowania nawozów wapniowych, których zużycie od 1995 roku systematycznie obniża się (osiągnęło poziom niespełna 40 kg CaO na 1 ha użytków rolnych) powoduje wzrost zakwaszenia gleb w Polsce, a w efekcie obniżenie plonów roślin i efektywności nawożenia mineralnego. Bez poprawy sytuacji w zakresie wapnowania gleb presja nawozów azotowych na środowisko będzie stale wzrastać. Występuje tu przeciwna zależność.

Obsada zwierząt inwentarskich jest w Polsce stosunkowo niewielka i nie przekra-

cza 0,47 dużej jednostki przeliczeniowej (DJP) na 1 ha użytków rolnych. Poziom obsady inwentarza nie uległ zmianie w ostatnich latach. Ilość azotu wnoszona w nawozach naturalnych jest znacząca i stanowi niemal 30% ogólnej ilości składnika dostarczanego w nawozach. W województwach małopolskim, mazowieckim, podkarpackim i podlaskim azot z nawozów naturalnych wykorzystywany jest jako substytut azotu z nawozów mineralnych, natomiast w województwach kujawsko-pomorskim, łódzkim, opolskim, warmińsko-mazurskim i wielkopolskim stosuje się zbyt duże dawki tego składnika w obydwu rodzajach nawozów. W województwie opolskim jest to uzasadnione dużymi plonami roślin i stosunkowo małą nawozochłonnością produkcji roślinnej względem azotu. Natomiast w województwach kujawsko-pomorskim i wielkopolskim presja wynikająca z nadmiernego stosowania azotu w nawozach mineralnych i naturalnych jest największa.

Saldo bilansu azotu w Polsce uległo w ostatnich latach zwiększeniu. Niewielkiemu zmniejszeniu uległo wykorzystanie dopływającego do rolnictwa azotu (efektywność) spowodowane większym zużyciem nawozów azotowych bez wyraźnego postępu w wydajności jednostkowej produkcji roślinnej. Zarówno saldo bilansu azotu, jak i jego wykorzystanie wykazują znaczne zróżnicowanie terytorialne. Najmniej korzystnie kształtują się te wskaźniki w województwach kujawsko-pomorskim, łódzkim i wielkopolskim, w których należy oczekiwać dużej presji na środowisko ze strony nadmiaru azotu. Korzystna pod tym względem wydaje się sytuacja w województwach małopolskim i podlaskim, w których niewielka presja ze strony nadmiaru azotu wiąże się z małymi plonami roślin. Cele produkcyjne (duże plony roślin) i środowiskowe (umiarkowane saldo bilansu i dobre wykorzystanie azotu) są umiejętnie łączone w województwach dolnośląskim, opolskim i śląskim.

Bezpośrednia metoda oceny presji azotu na środowisko wykorzystująca badania monitoringowe zawartości azotu w glebach daje w ujęciu regionalnym podobne wyniki do metody pośredniej opartej na ilości azotu zastosowanego w nawozach i bilansie tego składnika (14). Województwa kujawsko-pomorskie, wielkopolskie, a także lubuskie i zachodniopomorskie mogą stanowić obszary zwiększonych zagrożeń pod względem presji nadmiaru azotu na środowisko. Województwa te położone są w całości lub znacznej części w zlewisku środkowej i dolnej Odry. Na wyróżnienie zasługują województwa dolnośląskie i opolskie odznaczające się bardzo dużą produktywnością i umiarkowaną presją środowiskową. Województwa te korzystają z „renty” posiadania bardzo dobrych warunków naturalnych do produkcji rolnej. Bardzo mała i mała presja środowiskowa azotu występuje w 7 województwach: lubelskim, pomorskim, śląskim, świętokrzyskim, warmińsko-mazurskim, małopolskim i podkarpackim o dobrych warunkach naturalnych do produkcji rolnej, ale o zaledwie średnim poziomie produkcji roślinnej.

Literatura

1. D u e r I.: Zasada wzajemnej zgodności nowym elementem Wspólnej Polityki Rolnej. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **15**: 193-205.
2. Environmental indicators for agriculture: Table of contents. Agriculture Directorate, Paris. 2008, **vol. 4**.
3. Ewaluacja ex-post Planu Rozwoju Obszarów Wiejskich 2004–2006. Raport końcowy. MRiRW, Warszawa, 2009.
4. F o t y m a E., F o t y m a M., I g r a s J.: Stężenie azotanów w wodzie glebowej jako wskaźnik stanu środowiska rolniczego. *Fragm. Agron.*, 2005, **4(88)**: 19-36.
5. F o t y m a E., F o t y m a M.: Normatywy zawartości azotu mineralnego w glebie i stężeń azotanów w roztworze glebowym gleb gruntów ornych w Polsce. Nawozy i Nawożenie/Fertilizers and Fertilization, 2006, **1(26)**: 44-56.
6. F o t y m a M., I g r a s J., K o p i ń s k i J.: Produkcyjne i środowiskowe uwarunkowania gospodarki nawozowej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2009, **14**: 187-206.
7. F o t y m a M., I g r a s J., K o p i ń s k i J.: Wykorzystanie i straty obszarowe azotu z polowej produkcji roślinnej. W: *Udział polskiego rolnictwa w emisji związków azotu i fosforu do Bałtyku*. Red. J. Igras i M. Pastuszek. IUNG-PIB Puławy, 2009, 109-162.
8. F o t y m a M., K o p i ń s k i J.: Tabele pomocnicze. W: *Udział polskiego rolnictwa w emisji związków azotu i fosforu do Bałtyku*. Red. J. Igras i M. Pastuszek. IUNG-PIB Puławy, 2009, 377-388.
9. Forecast of food farming and fertilizer use. 2008–2018. Vol. 1: Executive summary and regional data. *Ann. Stat. Forec.*, EFMA, Brussels, 2006–2009.
10. Forecast of food farming and fertilizer use. 2008–2018. Vol. 2: Executive summary and regional data. *Ann. Stat. Forec.*, EFMA, Brussels, 2006–2009.
11. I g r a s J.: Stężenia składników mineralnych w wodach glebowo – gruntowych w Polsce. Nawozy i Nawożenie/Fertilizers and Fertilization, 2006, **1(26)**: 90-100.
12. I g r a s J.: Zawartość składników mineralnych w wodach drenarskich z użytków rolnych w Polsce. *Monografie i Rozprawy Naukowe*, IUNG-PIB Puławy, 2004, **13**: ss. 123.
13. I g r a s J., K o p i ń s k i J.: Zużycie nawozów mineralnych i naturalnych w układzie regionalnym. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **5**: 107-115.
14. I g r a s J., P i e t r u c h C z.: Zawartość składników biogennych w wodach drenarskich w Polsce. Nawozy i Nawożenie/Fertilizers and Fertilization, 2005, **2(23)**: 97-111.
15. K o p i ń s k i J.: Bilans azotu brutto dla Polski i województw w latach 2002–2005. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **5**: 117-131.
16. K o p i ń s k i J.: Stan i prognozowane kierunki zmian pogłowia zwierząt gospodarskich w Polsce do roku 2020. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **17**: 149-159.
17. K o p i ń s k i J.: Wyniki bilansu azotu brutto w Polsce na tle zmian intensywności produkcji rolniczej. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2010, **20**: 39-51.
18. K o p i ń s k i J.: Zmiany intensywności organizacji produkcji rolniczej w Polsce. *J. Agribus. Rural Devel.*, 2009, **2(12)**: 85-92.
19. K o p i ń s k i J., M a d e j A.: Ilość azotu dostarczanego w nawozach naturalnych w zależności od obsady zwierząt. Nawozy i Nawożenie/Fertilizers and Fertilization, 2006, **4(29)**: 36-45.
20. K o p i ń s k i J., M a t y k a M.: Założenia do prognozy zużycia nawozów sztucznych dla Polski na lata 2012/2013 i 2017/2018. Ekspertyza dla PIPC, 2009.
21. K o p i ń s k i J., T u j a k a A.: Bilans azotu i fosforu w rolnictwie polskim. Woda Środ. Obsz. Wiejskie. 2009, **9**, **4(28)**: 103-116.
22. K o z y r a J., G ó r s k i T.: Wpływ zmian klimatu na uprawę roślin w Polsce. W: *Klimat –*

- Środowisko – Człowiek. Polski Klub Ekologiczny, 2004, 41-50.
23. Krasowicz S., Górski T., Budzyńska K., Kopiński J.: Charakterystyka rolnicza obszaru Polski. W: Udział polskiego rolnictwa w emisji związków azotu i fosforu do Bałtyku. Red. J. Igras i M. Pastuszek. IUNG-PIB, 2009, 41-108.
24. Ochrona Środowiska. GUS Warszawa, roczniki 1991–2008.
25. Roczniki Statystyczny. GUS Warszawa, 2009.
26. Raport Roczny 2008 – Przemysł chemiczny w Polsce. Wyd. PIPC, 2009.
27. Środki produkcji w rolnictwie. GUS Warszawa, roczniki 2001–2008.
28. Zegar J., Toczyński T., Wrzaszcz W.: Zrównoważenie polskiego rolnictwa w świetle danych statystyki publicznej. W: Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym (8). IERiGŻ-PIB Warszawa, 2009, **161**, ss. 156.
29. Ziętara W.: Wewnętrzne uwarunkowania rozwoju polskiego rolnictwa. Roczn. Nauk Rol., G, 2008, **94(2)**: 80-94.

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Mariusz Fotyma
doc. dr hab. Janusz Igras
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
dr Jerzy Kopiński
Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
IUNG-PIB Puławy
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (81) 886 34 21

e-mail: fot@iung.pulawy.pl; ij@iung.pulawy.pl; jkop@iung.pulawy.pl.

Arkadiusz Tujaka

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

BILANS FOSFORU NA RÓŻNYCH POZIOMACH INTEGRACJI PRZESTRZENNEJ*

Wstęp

Wiele krajów w swojej polityce rolnej coraz częściej uwzględnia cele dotyczące ograniczenia zagrożeń środowiskowych powodowanych przez rolnictwo. Rolnicza działalność powoduje znaczącą ingerencję w naturalny obieg składników pokarmowych, głównie poprzez intensyfikację produkcji (9, 14). Za jedno z najpoważniejszych zagrożeń generowanych przez rolnictwo uznaje się związki fosforu. Zintegrowane rolnictwo musi zachowywać racjonalne normy w możliwie zamkniętym obiegu składników pokarmowych: nawozy – gleba – rośliny. O zamkniętym całkowicie obiegu można mówić tylko w naturalnych ekosystemach, z których nie zabiera się żadnej masy roślinnej. W rolnictwie natomiast jest przeciwnie, ponieważ dąży się do maksymalizacji plonów użytkowych części roślin. Z plonami zabierane są składniki i ubytek ten musi być wyrównany nawozami naturalnymi i mineralnymi. W obrębie gospodarstwa obieg składników zależy od obsady inwentarza. Zwierzęta otrzymują składniki w paszach gospodarskich i z zakupu, ale oddają je w nawozach naturalnych. W tak skomplikowanym obiegu powstają straty składników w systemie gleba – roślina. Niewykorzystane w procesie produkcji rolniczej składniki, szczególnie fosfor, mogą prowadzić do zanieczyszczania wód gruntowych i powierzchniowych (eutrofizacja). Ich deficyt prowadzić może natomiast do degradacji gleb oraz obniżenia ich produktywności (12, 16).

Bilans fosforu jako jeden z wielu wskaźników agrośrodowiskowych jest bardzo ważnym źródłem informacji o oddziaływaniu rolnictwa na środowisko, wspierając jednocześnie decyzje w rolnictwie rzutujące na kształt polityki rolnej i środowiskowej w kraju (3, 15, 18). Dla większości krajów należących do OECD bilans fosforu jest również ważnym źródłem oceny zużycia nawozów, środków ochrony roślin i energii. Bilanse sporządza się dla wszystkich poziomów rolnictwa, począwszy od pojedynczego pola uprawnego poprzez gospodarstwo, aż do zlewni, regionów, a także całych krajów. Wymowa wyników bilansów nabiera szczególnego znaczenia w zestawieniu

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 w programie wieloletnim IUNG - PIB

ze stanem zasobności gleb i stanem jakości wód gruntowych i powierzchniowych (11). Dodatkowo saldo bilansu powinno być utożsamiane z kumulacją w glebie (wzrost zasobności) lub ze stratami danego składnika (niewykorzystaniem), tzn. że w dłuższej perspektywie może prowadzić do nieefektywnej ekonomicznie produkcji rolnej oraz zagrożeń środowiskowych związanych z przemieszczaniem fosforu do wód gruntowych, z tego względu (z wyjątkiem gleb o bardzo niskiej i niskiej żyzności) dłuższe jego utrzymywanie się na wysokim dodatnim poziomie jest niewskazane. Ujemny bilans wskazuje natomiast na zbyt małe dawki nawozów w stosunku do potrzeb pokarmowych roślin, co może z kolei doprowadzić do zmniejszenia zasobności przyswajalnych form fosforu i degradacji gleb (8).

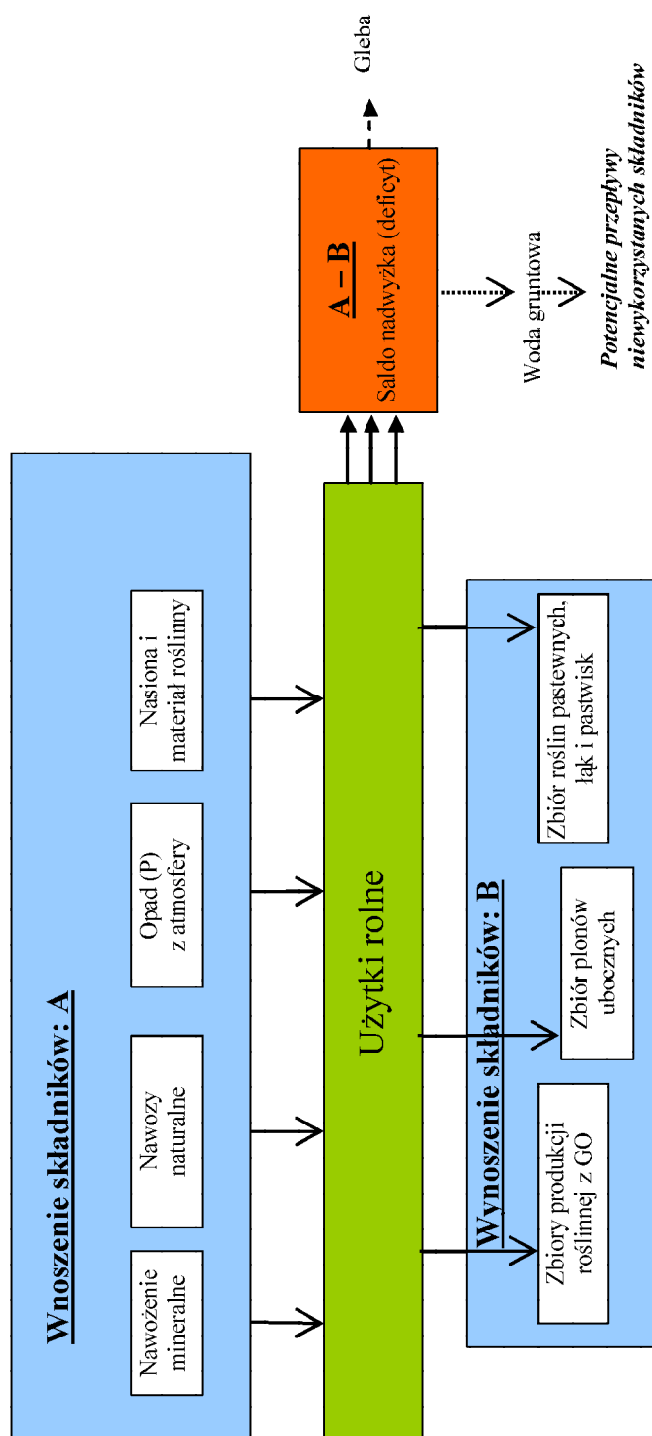
Celem pracy było porównanie wyników bilansu fosforu w Polsce na tle wybranych krajów nadbałtyckich oraz przedstawienie zróżnicowania sald bilansów w poszczególnych regionach i głównych zlewniach rzek Polski.

Metodyka

Niezbędnym narzędziem do opracowania zrównoważonych rozwiązań doradczych dotyczących wykorzystania fosforu w produkcji rolnej jest bilans fosforu przygotowywany na różnych poziomach szczegółowości, tj. na poziomie pola, gospodarstwa, regionu i kraju. Do sporządzania bilansu fosforu w rolnictwie polskim na poziomie krajowym i regionalnym została wykorzystana zaadaptowana w IUNG metoda „na powierzchni pola” (soil surface nutrient balance) opracowana przez OECD. Celem tej metody jest ocena stopnia obciążenia gleby składnikami mineralnymi. Dla zachowania równowagi ekosystemów konieczna jest optymalizacja wykorzystania składników pokarmowych w gospodarstwie, co oznacza kontrolę ich dopływu i odpływu. Po stronie przychodów uwzględnia się ilości składników wnoszonych w nawozach naturalnych, organicznych i mineralnych. Po stronie rozchodów występują natomiast ich ilości odprowadzane z pola z plonami uprawianych roślin (rys. 1).

Bilanse fosforu dla kraju i województw sporządzane są w oparciu o dane statystyczne Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) w Warszawie. Krajowy, regionalny i zlewniowy bilans fosforu przedstawiono dla okresu 2002–2008. Pomimo że bilans składników nawozowych sporządza się każdego roku, to pełna jego ocena powinna być jednak dokonywana na podstawie okresu obejmującego minimum 3 lata (13, 22). Ogranicza się wówczas zmienność powodowaną warunkami pogodowymi. Taki okres czasu przyjmowany jest najczęściej do porównań, zestawień w publikacjach, raportach sporządzanych przez OECD (17).

Dane dotyczące ilości fosforu w nawozach mineralnych pochodzą bezpośrednio z roczników statystycznych GUS (21). Do obliczenia ilości fosforu w nawozach naturalnych posłużyły również dane GUS (23) oraz współczynniki dostarczania fosforu w nawozach naturalnych przez poszczególne grupy zwierząt średnio w roku (2, 15, 19). Ilość fosforu wnoszonego w materiale siewnym została określona na podstawie informacji dotyczącej powierzchni zasiewów głównych roślin uprawnych oraz średnich



Rys. 1. Główne elementy bilansu fosforu (P) obliczanego według metody OECD

Źródło: opracowanie własne.

standardów wysiewu (sadzenia) przeliczonych przez współczynnik zawartości fosforu w materiale roślinnym.

Ilość fosforu dostarczanego w opadzie atmosferycznym w ciągu roku dla kraju i poszczególnych regionów Polski przyjęto według szacunku OECD na poziomie $0,22 \text{ kg} \cdot \text{P} \cdot \text{ha}^{-1}$ użytków rolnych (UR) (17). Pobranie fosforu, a więc jego ilość wynoszona z plonem roślin obliczona jest oddzielnie według zbiorów plonów roślin towarowych oraz roślin pastewnych, łąk i pastwisk, a także oszacowanych plonów ubocznych i poplonów zbieranych z pól. Wielkości te zostały przeliczone z wykorzystaniem współczynników standardowych zawartości fosforu w plonach (6, 7).

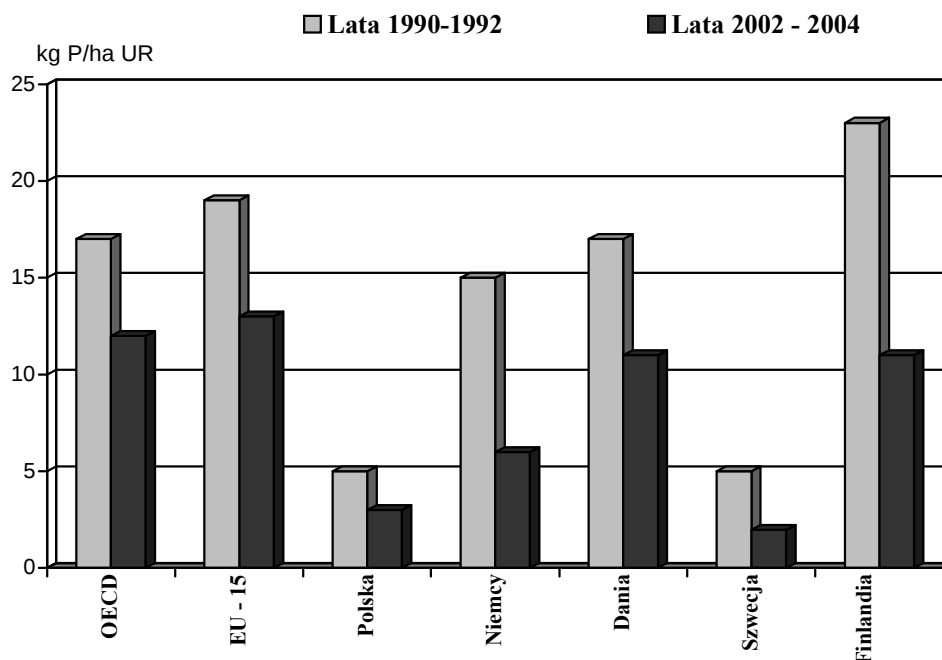
Porównania bilansów w ujęciu międzynarodowym dokonano na podstawie wyników publikowanych przez OECD (15).

Bilans fosforu na poziomie zlewni obliczony został na podstawie średnich ważonych dla bilansu na poziomie regionów z uwzględnieniem powierzchni poszczególnych województw w zlewniach (10).

Omówienie wyników

Intensywne i regularne nawożenie mineralne i organiczne w wielu regionach Europy Zachodniej, a lokalnie również w Polsce, doprowadziło do znacznej akumulacji fosforu w glebach powyżej poziomu wymaganego przez rośliny (1, 4, 20). Na rysunku 2 przedstawiono wyniki bilansu fosforu (P) dla Polski na tle danych z krajów należących do OECD i UE-15 oraz czterech krajów nadbałtyckich członków OECD. Powyższe porównanie jest istotne z uwagi na potencjalne zagrożenia wód basenu Morza Bałtyckiego nadmiarami biogenów transportowanymi rzekami z obszarów rolniczych krajów nadbałtyckich. Przeważająca część terytorium Polski położona jest w granicach zlewni jej dwóch największych rzek, tj. Wisły i Odry, odprowadzających wody do Bałtyku. Analizując dane należy stwierdzić, że największe nadwyżki fosforu przekraczające $10 \text{ kg} \cdot \text{P} \cdot \text{ha}^{-1}$ UR występują w krajach intensywnego rolnictwa (o wysokim poziomie nawożenia mineralnego i dużej obsadzie zwierząt), a jednocześnie w krajach, w których dużą wagę przywiązuje się do zagadnień ochrony środowiska. W większości „starych” krajów UE nadwyżki fosforu uległy zmniejszeniu o ponad 30% w ciągu 12 lat. Wynika to przede wszystkim z redukcji zużycia nawozów fosforowych. W Polsce w omawianym okresie można zaobserwować podobną skalę redukcji. Jednakże Polska i Szwecja, wykazujące bilans P na poziomie $2\text{--}3 \text{ kg} \cdot \text{P} \cdot \text{ha}^{-1}$ UR, są krajami o najniższych wartościach nadwyżek fosforu spośród pozostałych krajów UE i OECD (rys. 2).

Z tabeli 1 wynika, że średnia nadwyżka fosforu dla całego kraju wynosi $3,9 \text{ kg} \cdot \text{P} \cdot \text{ha}^{-1}$ UR, co wiąże się z wysoką efektywnością wykorzystania tego składnika, wynoszącą 78% ze wszystkich źródeł. Przedstawione w tabeli 1 wartości liczbowe elementów bilansu fosforu (średnie dla lat 2002–2008) wskazują na zróżnicowanie w województwach. Jednakże salda bilansu fosforu dla poszczególnych województw i kraju nie wskazują na potencjalne zagrożenie dla środowiska glebowego i wód. Jedy-



Rys. 2. Saldo bilansu fosforu brutto w latach 1990–1992 i 2002–2004 w Polsce i wybranych krajach nadbałtyckich

Źródło: opracowanie własne.

nie bilans w województwie dolnośląskim wskazuje na deficytowe saldo składnika na poziomie $-1,1 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$. Na obszarach tych następuje wyczerpywanie składnika z zasobów glebowych. Województwo dolnośląskie charakteryzuje się bardzo korzystnymi warunkami glebowo-klimatycznymi, mając jedne z najwyższych w kraju wskaźników produktywności roślinnej i duże możliwości wynoszenia fosforu z plonami roślin. Województwo dolnośląskie odznacza się najniższym w kraju poziomem intensywności organizacji produkcji zwierzęcej, wskazującym na niedostateczny dopływ substancji organicznej do gleb i dużym wynoszeniem składników w zbiorach roślin. Obniżanie zawartości w glebie przyswajalnych form fosforu w tych regionach, spowodowane ujemnym bilansem składnika, może w dłuższej perspektywie spowodować poważne ryzyko degradacji gleb.

Większość województw wykazuje jednak dodatni bilans fosforu w przedziale od 0,1 w opolskim do $14,5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$ w wielkopolskim. Małe nadwyżki czy niedobory fosforu oznaczają, że tylko niewielkie ilości tego składnika są akumulowane w glebach, zwiększając ich żyzność (5). Nadwyżki są niezbędne szczególnie w województwach o niskiej i bardzo niskiej zawartości fosforu przyswajalnego w glebach, tj. w województwach podkarpackim, podlaskim, śląskim i świętokrzyskim. Niewielkie nadwyżki fosforu mogłyby być uznane za zadowalające, gdyby gleby Polski były równomiernie dobrze zaopatrzone w przyswajalny P. Niestety wyniki badań OSChR wskazują, że tylko 36% powierzchni gleb uprawnych Polski ma zasobność w P wysoką i

Tabela 1

Bilans fosforu brutto dla Polski i województw (średnie z lat 2002–2008)

Województwo	Wartości elementów bilansu fosforu (P)							Efektywność wykorzystania P (odpływ/dopływ) (%)
	tys. t				wyniesienie (odpływ)	różnica (saldo)	nadwyżka jednostkowa (kg P·ha ⁻¹ UR)	
	wnoszenie (dopływ)			inne źródła				
	ogółem (razem)	nawozy mineralne	w tym: nawozy naturalne					
Lubuskie	7,6	5,2	2,2	0,2	4,7	2,9	6,1	61,8
Pomorskie	15,1	9,8	4,9	0,4	10,0	5,1	6,4	66,2
Wielkopolskie	44,2	20,5	22,8	0,9	29,7	14,5	8,1	67,2
Mazowieckie	36,8	20,1	15,8	0,9	26,6	10,2	4,7	72,3
Śląskie	8,6	5,1	3,3	0,2	6,2	2,4	4,8	72,1
Łódzkie	20,3	11,0	8,7	0,6	14,8	5,5	4,9	72,9
Podlaskie	18,5	9,5	8,6	0,4	14,5	4,0	3,7	78,4
Warmińsko-mazurskie	15,2	8,1	6,8	0,3	12,2	3,0	2,9	80,3
Małopolskie	11,6	6,3	5,0	0,3	9,3	2,3	3,1	80,2
Świętokrzyskie	9,2	5,5	3,4	0,3	7,4	1,8	3,0	80,4
Lubelskie	24,6	15,7	8,1	0,8	20,1	4,5	3,0	81,7
Kujawsko-pomorskie	22,6	12,4	9,7	0,5	18,6	4,0	3,8	82,3
Podkarpackie	9,6	5,6	3,7	0,3	8,1	1,5	1,9	84,4
Zachodniopomorskie	12,0	8,5	3,1	0,4	10,8	1,2	1,2	90,0
Opolskie	11,0	7,4	3,4	0,2	10,9	0,1	0,2	99,1
Dolnośląskie	14,2	10,5	3,3	0,4	15,3	-1,1	-1,0	107,7
Polska	281,4	161,1	112,8	7,5	219,2	62,2	3,9	77,9

Źródło: opracowanie własne.

bardzo wysoką, 26% gleb jest średnio zasobna, a 38% wykazuje zbyt niską zasobność (11). Najwięcej gleb o zawartości wysokiej i bardzo wysokiej fosforu przyswajalnego występuje w województwach wielkopolskim (54% UR), kujawsko-pomorskim (51%), opolskim (45%) i pomorskim (44%). W województwie wielkopolskim, gdzie efektywność wykorzystania fosforu jest jedną z najniższych w kraju (67%), a z drugiej strony występuje tam największy odsetek gleb o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości fosforu przyswajalnego (54% UR) oraz najwyższy udział fosforu pochodzącego z produkcji zwierzęcej po stronie przychodowej tego składnika, powinno się położyć większy nacisk na ochronę środowiska poprzez obniżenie poziomu nawożenia, a nie jak dotychczas na zwiększanie żyzności gleby i zapewnianie dużych plonów roślin (22).

W Polsce ze względu na duży udział powierzchni użytkowanej rolniczo w stosunku do całej powierzchni kraju monitorowanie wyników bilansów azotu czy fosforu oraz kontrola stanu jakości wód mają szczególne znaczenie w ochronie środowiska Morza Bałtyckiego (18). W tabeli 2 przedstawiono główne składowe bilansu fosforu obliczone dla głównych zlewni rzek Polski odprowadzających wody do Bałtyku. Poszczególne zlewnie zostały uszeregowane według wielkości salda składników. Obliczone wielkości odzwierciedlają zróżnicowanie regionalne warunków i intensywności gospodarowania w rolnictwie polskim. Biorąc pod uwagę wielkość nadwyżki fosforu, kształtującą się na poziomie $3,5-4,1 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$, nie stwierdza się wyraźnych różnic pomiędzy największymi zlewniami w kraju. Należy zaznaczyć, że na podstawie sald fosforu trudno jednoznacznie określić wielkość ładunku biogenów pochodzenia rolniczego przedostających się do wód gruntowych oraz powierzchniowych i dalej do wód Bałtyku. Niemniej jednak pożądanym kierunkiem zmian byłby wzrost efektywności wykorzystania składników nawozowych znajdujących się w obiegu w systemach produkcji rolniczej w Polsce (11).

Wnioski

1. Polska z nadwyżką $3,9 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$ należy do grupy krajów o najniższych saldach bilansu azotu i fosforu. Wyższe salda notowane są w pozostałych krajach nadbałtyckich należących do OECD, a szczególnie w krajach z intensywnym rolnictwem (Niemcy, Dania i Finlandia).

2. Najwyższe dodatnie saldo bilansu fosforu ($14,5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$) stwierdzono w województwie wielkopolskim, a ujemne wynoszące $-1,1 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$ występowało w dolnośląskim. Ocena gospodarowania fosforem na szczeblu województw wskazuje na istnienie potencjalnych zagrożeń wynikających zarówno z nadmiarów, jak i niedoborów fosforu.

3. Nie stwierdzono zróżnicowania salda bilansu fosforu brutto w obrębie największych zlewni rzek w Polsce, kształtującego się w zakresie $3,5-4,1 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$.

4. Wartości liczbowe elementów bilansu fosforu potwierdzają duże zróżnicowanie regionalne rolnictwa polskiego, mające podłoże zarówno w warunkach klimatyczno-glebowych, jak również w jego poziomie techniczno-organizacyjnym i ekonomicznym.

Tabela 2

Bilans fosforu brutto dla głównych zlewni wód Polski wpływających do Bałtyku (średnie z lat 2002–2008)

Zlewnia	Wartości elementów bilansu fosforu (P)							Efektywność wykorzystania P (odpływ/dopływ) (%)
	tys. t							
	wnoszenie (dopływ)				wyniesienie (odpływ)	różnica (saldo)	nadwyżka jednostkowa (kg P·ha ⁻¹ UR)	
	ogółem (razem)	w tym						
		nawozy mineralne	nawozy naturalne	inne źródła				
Wisły	151,4	85,8	61,6	4,0	117,6	3,8	77,7	
Odry	104,5	59,8	42,0	2,7	82,1	4,1	78,6	
Przymorza:	12,8	8,6	3,8	0,4	9,8	3,6	76,6	
- wpływające bezpośrednio do Bałtyku	9,7	5,4	4,1	0,2	7,5	3,5	77,3	
- wpływające do Zalewu Wiślanego	2,3	1,2	1,1	0	1,8	3,7	78,3	
- Niemna								
Razem zlewnie dostarczające wody do Bałtyku	280,8	160,7	112,6	7,5	218,7	3,9	77,9	
Inne zlewnie	0,6	0,3	0,2	0,1	0,5	1,6	83,3	
Polska	281,4	161,1	112,8	7,5	219,2	3,9	77,9	

Źródło: opracowanie własne.

Literatura

1. Csatho P., Sisak I., Radimsky L., Lushaj S., Spiegel H., Nikolova M. T., Nikolov N., Cermak P., Klir J., Astover A., Karklins A., Lazauskas S., Kopiński J., Hera C., Dumitru E., Manojlovic M., Bogdanovic D., Torma S., Leskosek M., Khristenko A.: Agriculture as a source of phosphorus causing eutrophication in Central and Eastern Europe. Ed. Soil Use and Management, Journal of British Society of Soil Science, London, 2007, **23 (suppl. 1)**: 36-56.
2. Duer I., Fotyma M., Madej A.: Kodeks dobrej praktyki rolniczej. MRiRW, MS Warszawa, 2004, 1-96.
3. Faber A.: Wskaźniki proponowane do badań równowagi rozwoju rolnictwa. *Fragm. Agron.*, 2001, **1(69)**: 31-44.
4. Fotyma M.: Fertilizer consumption by crop. *Nawozy i Nawożenie*, 2003, **4**: 160-172.
5. Fotyma M.: Zapotrzebowanie rolnictwa polskiego na nawozy. W: Stan i perspektywy rynku nawozów mineralnych i produkcji rolnej w Polsce. IUNG Puławy, 1999, 87-104.
6. Fotyma M., Igras J., Kopiński J., Głowacki M.: Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim. *Pam. Puł.*, 2000, **120/I**: 91-99.
7. Fotyma M., Mercik S.: *Chemia rolna*. PWN Warszawa 1995.
8. Gosek S.: Wapnowanie i nawożenie mineralne a żyzność gleby i plony roślin. *Biul. Inf. IUNG*, 1997, **5**: 6-7.
9. Górka K., Poskrobko B., Radecki W.: *Ochrona środowiska – problemy społeczne, ekonomiczne i prawne*. PWE Warszawa, 1998.
10. Igras J.: Zawartość składników mineralnych w wodach drenarskich z użytków rolnych w Polsce. *Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG-PIB*, 2004, **13**: 1-102.
11. Igras J., Lipiński W.: Zagrożenia dla środowiska przy różnym poziomie intensywności produkcji roślinnej w ujęciu regionalnym. W: *Efektywne i bezpieczne technologie produkcji roślinnej*. *Mat. Konf. Nauk.*, IUNG Puławy, 2005, 141-150.
12. Ilnicki P.: *Polskie rolnictwo, a ochrona środowiska*. Wyd. AR w Poznaniu, 2004, ss. 486.
13. Kopiński J.: Bilans azotu (N) brutto w rolnictwie Polski na tle krajów należących do OECD. *Nawozy i Nawożenie*, 2006, **1(26)**: 112-122.
14. Krasowicz S., Stuczyński T., Doroszewski A.: *Produkcja roślinna w Polsce na tle warunków przyrodniczych i ekonomiczno-organizacyjnych*. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2009, **14**: 27-54.
15. OECD: *Environmental indicators for agriculture: Table of contents*. Agriculture Directorate, Paris, 2008, **4**.
16. OECD: *Environmental indicators for agriculture*. OECD Publication Service, Paris, 2006, **4**, Chapter 3.
17. OECD: *OECD phosphorus balance handbook*. Paris, 2005.
18. Parris K.: *Agri-environmental performance in Poland. Recent trends and future outlook an OECD perspective*. Polish Society for Agronomy, 2007, Poznań.
19. *Produkcja upraw rolnych i ogrodniczych*: GUS Warszawa, 2002–2008.
20. Sibbesen E., Runge-Metzger A.: Phosphorus balance in European agriculture – status and policy options. In: *Phosphorus in the global environment: transfers, cycles and management*. Tieszen H. (ed.), SCOPE 54, John Wiley & Sons, Chichester, 1995, 43-57.
21. *Środki produkcji w rolnictwie*: GUS Warszawa, 2002–2008.
22. Tujak A.: Krajowy bilans fosforu w ujęciu regionalnym. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2007, **5**: 133-140.
23. *Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich*. GUS Warszawa, 2002–2008.

Adres do korespondencji:

dr Arkadiusz Tujaka
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.:(81) 886 34 21
e-mail: atujaka@iung.pulawy.pl

Andrzej S. Zaliwski

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

TENDENCJE ZMIAN W EMISJI METANU (CH_4)
I NADTLENKU AZOTU (N_2O) W PRZEKROJU WOJEWÓDZTW*

Wstęp

Atmosfera ziemska składa się z mieszaniny gazów tworzących powłokę ograniczoną od dołu powierzchnią Ziemi, a od góry przestrzenią kosmiczną. Warstwa do 100 km zawiera 99,99% całej masy atmosfery. Dolne warstwy atmosfery do wysokości około 80 km (troposfera, stratosfera i mezosfera) wykazują dość dużą homogeniczność będącą wynikiem ciągłego ruchu powietrza i mieszania się składników (18). Powyżej (jonosfera i egzosfera) przeważa dyfuzja prowadząca do rozwarstwienia się gazów lżejszych i cięższych. Na wysokości 100 km niemal 98% masy atmosfery stanowi wodór.

Oprócz składników pierwszorzędnych (azot, tlen, argon i dwutlenek węgla) dolne warstwy atmosfery zawierają składniki drugorzędne (m.in. gazy szlachetne, metan i wodór) występujące w stałych proporcjach oraz domieszki (m.in. para wodna i amoniak), które występują w ilościach zmiennych. Atmosfera zawiera w ilościach śladowych także liczne gazy i substancje pochodzenia naturalnego (pyły kosmiczne i ziemskie, aerozole morskie, gazy wulkaniczne, mikroorganizmy, części roślinne i zwierzęce) i sztucznego wytwarzane przez przemysł i rolnictwo. Składniki sztuczne oraz składniki naturalne, jeśli występują w ilościach przekraczających wartości graniczne, przyjęto nazywać zanieczyszczeniami (18). Biorąc pod uwagę wpływ na efekt cieplarniany najistotniejszymi zanieczyszczeniami emitowanymi ze źródeł rolniczych jest metan, podtlenek azotu i dwutlenek węgla (tzw. gazy cieplarniane).

Gazy cieplarniane odpowiedzialne są za efekt cieplarniany w różnym stopniu. Dominujący jest tu wpływ dwutlenku węgla ze względu na stosunkowo duże stężenie (jeśli pominie wpływ pary wodnej, która jest naturalnym składnikiem atmosfery) wynoszące około 0,036%. Stężenie metanu i podtlenku azotu wynosi odpowiednio 0,00017 i 0,00003%, ale reprezentują one znacznie większy molekularny potencjał cieplarniany, dlatego ich udział w efekcie cieplarnianym jest dość znaczący i łącznie wynosi około 6,6% (14, 16). Można się spodziewać, że te dwa gazy będą wywierały

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 w programie wieloletnim IUNG - PIB

coraz większy wpływ na zmiany temperatury, ponieważ ich stężenie szybko wzrasta (CH_4 – 0,5% rocznie i N_2O – 0,25% rocznie) i utrzymują się długo w atmosferze: metan do 12 lat, a podtlenek azotu do 120 lat (1, 5, 10).

Metan powstaje w procesach rozkładu naturalnych i wynikających z ludzkich działań, szczególnie w rolnictwie. Najważniejszymi globalnie źródłami metanu są: naturalne bagna, hodowla i chów zwierząt, pola ryżowe, spalanie biomasy, wysypiska śmieci, kopalnie węgla i odwierty gazu naturalnego. Rolnictwo ma znaczący udział w emisji metanu – 24,6% metanu wyemitowanego w Polsce w 2003 roku pochodziło ze źródeł rolniczych (13). Dwa podstawowe źródła rolnicze to fermentacja jelitowa (89,9%) i odchody zwierzęce (9,9%). Trzecie źródło, spalanie resztek poźniwnych, przyczynia się w znacznie mniejszym stopniu do zanieczyszczenia atmosfery (0,2%).

Wzrost stężenia N_2O w atmosferze w 1/3 (lub nawet w połowie) jest wynikiem działalności człowieka, a pozostała część emisji pochodzi z naturalnych procesów zachodzących w glebach i oceanach. Do wzmożonej produkcji podtlenku azotu prowadzą bezpośrednio lub pośrednio zakłócenia globalnego cyklu azotu powodowane przez rolnictwo (w ok. 75%) oraz spalanie biomasy pochodzenia rolniczego (ok. 7%). Za pozostałą część emisji (18%) odpowiedzialny jest przemysł (5). Do źródeł rolniczych N_2O należy zaliczyć stosowanie nawozów sztucznych, odchody zwierzęce, uprawę roślin wiążących azot oraz uprawę gleb mineralnych (i organicznych) prowadzącą do intensywnej mineralizacji materii organicznej. Podtlenek azotu może być emitowany bezpośrednio z gleby i z instalacji w budynkach inwentarskich oraz pastwisk, ale także pośrednio w wyniku transportu azotu z gleby do wód powierzchniowych (przez wymywanie i spływy powierzchniowe) i z systemów rolniczych do gleby (przez unoszenie i osiadanie amoniaku i tlenków azotu NO_x). Głównymi źródłami podtlenku azotu w rolnictwie są procesy nityfikacji i denityfikacji zachodzące w glebie. Udział gleb w produkcji N_2O ze źródeł rolniczych wynosi ponad 64%. Nieco ponad 35% N_2O pochodzi z odchodów zwierzęcych. Trzecim źródłem emisji podtlenku azotu w rolnictwie polskim, znacznie mniej istotnym, jest spalanie resztek poźniwnych (tylko ok. 0,15%). Jest ono także źródłem dwutlenku węgla, metanu, tlenku węgla oraz tlenków azotu (NO_x).

W warunkach Polski emisja N_2O powodowana przez rolnictwo w 2003 roku wynosiła 68,6% (13). Należy wziąć tutaj pod uwagę trzy źródła rolniczej emisji N_2O : gospodarkę odchodami zwierzęcymi, gleby oraz spalanie słomy na polach, przy czym emisja z ostatniego źródła jest niewielka (poniżej 0,1%).

Ze względu na ogólnoświatowy zasięg zmian klimatycznych kwestie emisji gazów cieplarnianych są przedmiotem prac międzynarodowych organizacji i instytucji. Głównym celem prac jest doprowadzenie do ustabilizowania koncentracji gazów cieplarnianych (CO_2 , CH_4 i N_2O) w atmosferze i zapobieżenie niebezpiecznej antropogenicznej ingerencji w system klimatyczny. Do zobowiązań Polski w tym zakresie należy prowadzenie badań i monitoringu zmian klimatu oraz przekazywanie do Sekretariatu Konwencji w Bonn corocznej inwentaryzacji emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych zgodnej z wytycznymi IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change – Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu).

Metodyka badań

Biorąc pod uwagę wytyczne do metodyki inwentaryzacji emisji CH_4 i N_2O przez rolnictwo opracowane przez IPCC (8), w warunkach Polski należy uwzględnić trzy źródła emisji metanu: fermentację jelitową, odchody zwierzęce i spalanie resztek poźniwnych oraz trzy źródła podtlenku azotu: gleby, odchody zwierzęce i spalanie resztek poźniwnych. W metodyce IPCC przewiduje się trzy poziomy dokładności obliczeń dla metanu i podtlenku azotu. Poziom 1 (Tier 1) zakłada wykorzystanie współczynników emisji opracowanych dla potrzeb inwentaryzacji i podanych w metodyce IPCC. Jest to najprostszy sposób obliczeń, ale jego dokładność zależy od zgodności założeń metodycznych z rzeczywistymi warunkami produkcyjnymi. Poziom 2 (Tier 2) zalecany jest w przypadku, gdy charakter produkcji rolniczej zbytnio odbiega od założeń metodyki (gatunki zwierząt i sposoby chowu są inne). Poziom ten wymaga obszernego zestawu danych, których pozyskanie stwarza na ogół duże problemy. Natomiast poziom 3 polega na zastosowaniu zarówno własnych danych, jak i własnych procedur obliczeniowych.

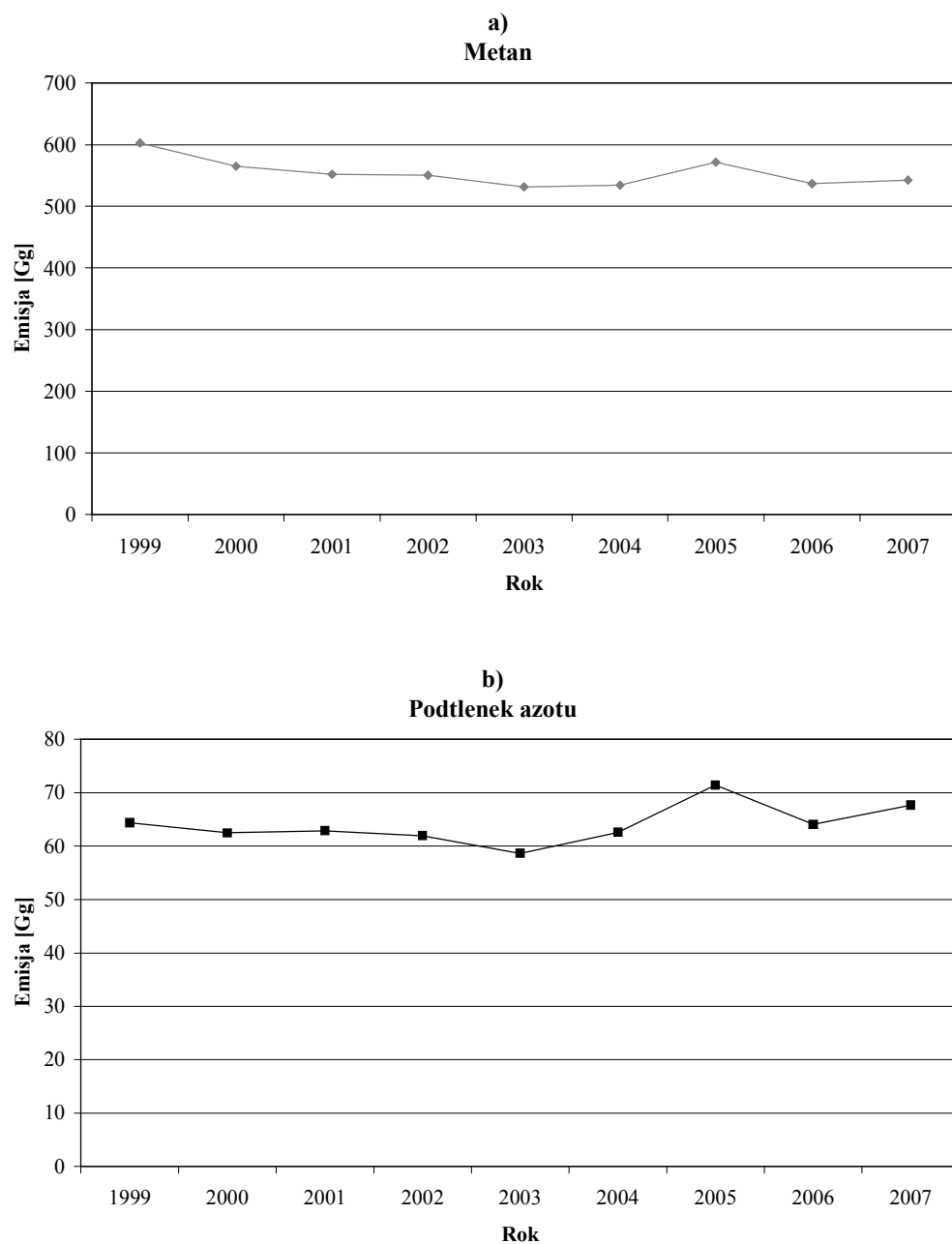
Do szacunków emisji metanu i podtlenku azotu wykonanych w niniejszym opracowaniu wykorzystano arkusz kalkulacyjny „Greenhouse Gas Inventory Workbook” (7), opracowany w MS Excel według obowiązującej metodyki IPCC (3, 4, 6, 8, 9, 11, 16, 20). Dla potrzeb niniejszej inwentaryzacji wykorzystano tabele arkusza w zestawie przewidzianym dla sektora rolniczego, modyfikując je w celu uwzględnienia zmian metodyki wprowadzonych w 2006 roku (3, 4). Inwentaryzację wykonano dla 16 województw dla danych z lat 1999–2007. Tabele arkusza powielono zgodnie z liczbą województw, zachowując układ stron. Do obliczeń wykorzystano dane pobrane z Banku Danych Regionalnych GUS (1) dotyczące stanu zwierząt gospodarskich, zużycia sztucznych nawozów azotowych i zbiorów głównych płodów rolnych (zboża, ziemniak i burak cukrowy).

Na podstawie wyników całkowitej emisji metanu i podtlenku azotu (Gg) wykonano wstępnie wykresy emisji w okresie 1999–2007 osobno dla każdego województwa. Obliczono tempo przyrostu (17) emisji metanu i podtlenku azotu oraz rozdzielono województwa do dwóch grup: o największej i najmniejszej emisji. Dla tych grup województw wykonano wykresy emisji metanu i podtlenku azotu (Gg).

Omówienie wyników

Tempo zmian emisji metanu i podtlenku azotu w okresie 1999–2007 dla poszczególnych województw i kraju przedstawiono w tabeli 1. Prezentowane wyniki wskazują na to, że w analizowanym okresie całkowita emisja metanu w kraju zmniejszyła się dość znacznie (10%), a emisja podtlenku azotu wzrosła (5%).

Do roku 2003 spadek emisji metanu był w miarę wyrównany, potem następują wahania, szczególnie zaznacza się ponowny wzrost emisji w 2005 roku (rys. 1). Emisja podtlenku azotu jest jeszcze mniej stabilna w latach i w 2005 roku wystąpił również jej nagły wzrost. W ujęciu wojewódzkim poziomy emisji zarówno metanu, jak i pod-



Rys. 1. Emisja metanu (a) i podtlenku azotu (b) ze źródeł rolniczych w latach 1999–2007 w Polsce
Źródło: opracowanie własne.

tlenku azotu miały charakter zróżnicowany, wykazując zarówno wzrost, jak i spadek. W trzech województwach: podlaskim, warmińsko-mazurskim i wielkopolskim wystąpił względnie niewielki wzrost emisji, wynoszący odpowiednio 20, 10 i 3%. W pozostałych województwach emisja metanu obniżyła się, przy czym największy spadek nastąpił w czterech województwach: podkarpackim (51%), świętokrzyskim (36%), dolnośląskim (33%) i małopolskim (32%), (tab. 1, rys. 2 i 3). Największy wzrost emisji podtlenku azotu nastąpił w województwach warmińsko-mazurskim (23%), łódzkim (16%) i wielkopolskim (16%), a największy jej spadek w województwach małopolskim i podkarpackim (po 19%). Główna część emisji metanu pochodzi z fermentacji jelitowej (ok. 80%), a wartości te zależą przede wszystkim od wielkości pogłowia bydła i trzody chlewnej (19), dlatego zmienność emisji metanu w latach jest uzależniona od stanów pogłowia wymienionych gatunków zwierząt.

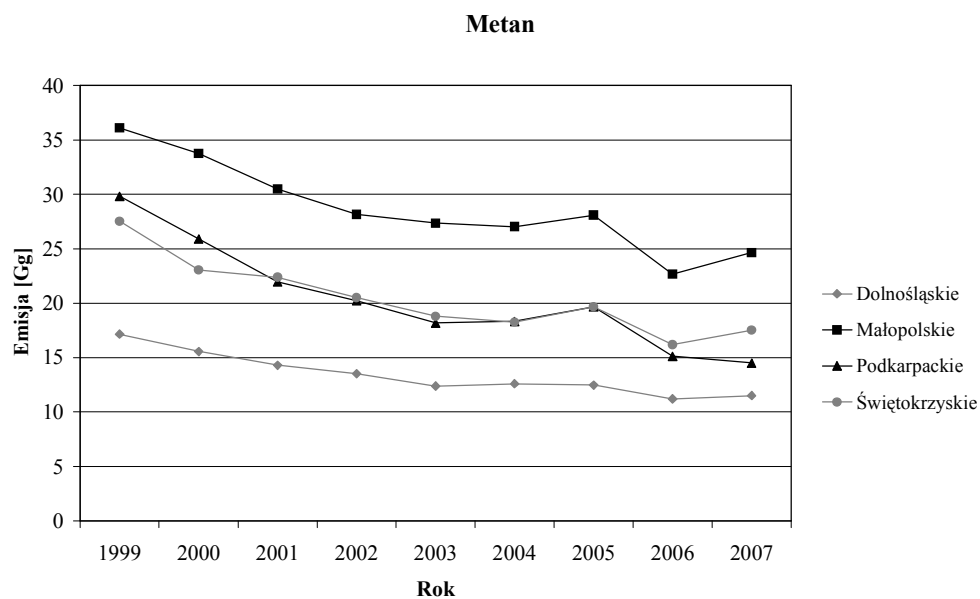
Tabela 1

Tempo zmian emisji metanu i podtlenku azotu ze źródeł rolniczych w województwach i w Polsce w latach 1999–2007

Lp.	Województwo	Metan (%)	Podtlenek azotu (%)
1.	Dolnośląskie	-33	14
2.	Kujawsko-pomorskie	-3	6
3.	Lubelskie	-28	-3
4.	Lubuskie	-13	2
5.	Łódzkie	-5	16
6.	Małopolskie	-32	-19
7.	Mazowieckie	-0,3	13
8.	Opolskie	-16	-0,1
9.	Podkarpackie	-51	-19
10.	Podlaskie	20	6
11.	Pomorskie	-12	-3
12.	Śląskie	-29	-5
13.	Świętokrzyskie	-36	-11
14.	Warmińsko-mazurskie	10	23
15.	Wielkopolskie	3	16
16.	Zachodniopomorskie	-29	-9
Polska		-10	5

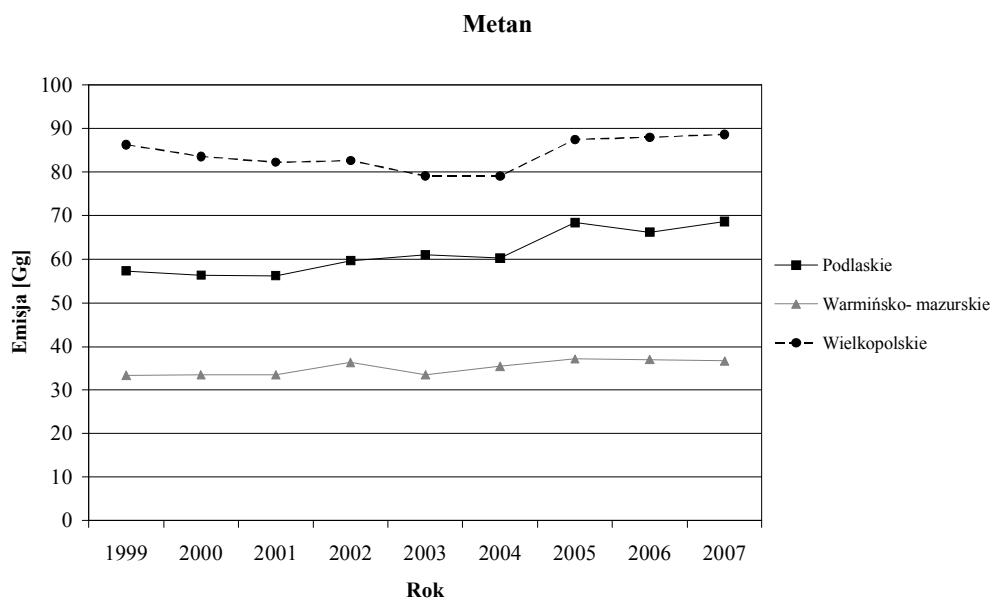
Źródło: opracowanie własne.

Niemal za całość emisji metanu odpowiedzialna jest produkcja zwierzęca, zaś do emisji podtlenku azotu przyczynia się głównie produkcja roślinna. Na przykład w 2007 r. w 58% emisja N_2O była spowodowana przez produkcję roślinną (nawozy azotowe i resztki poźniwne), a udział produkcji zwierzęcej wyniósł 42% (głównie bydło, trzoda chlewna i drób).



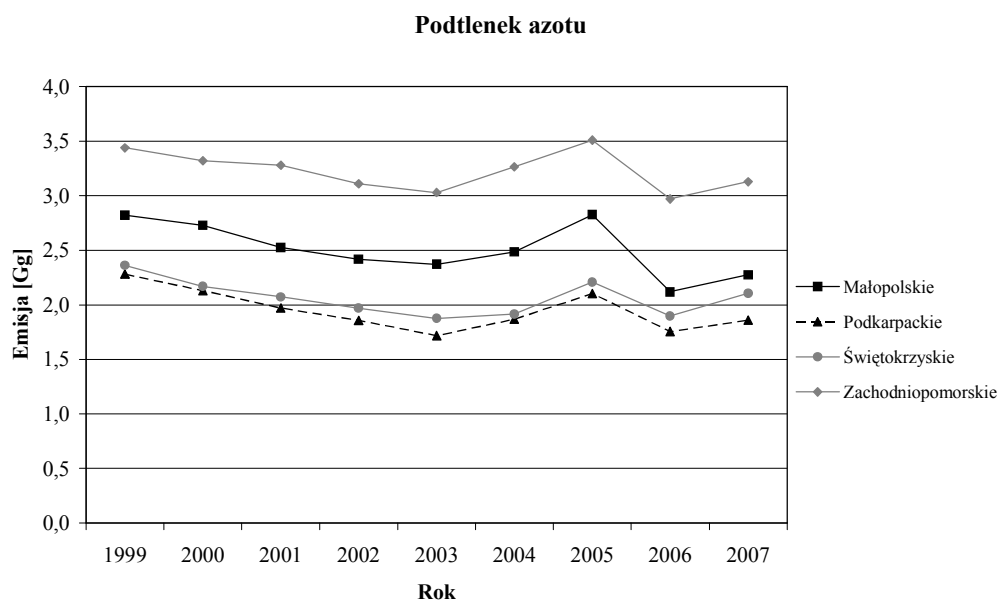
Rys. 2. Emisja metanu ze źródeł rolniczych w latach 1999–2007 w województwach o największej spadkowej tendencji zmian

Źródło: opracowanie własne.



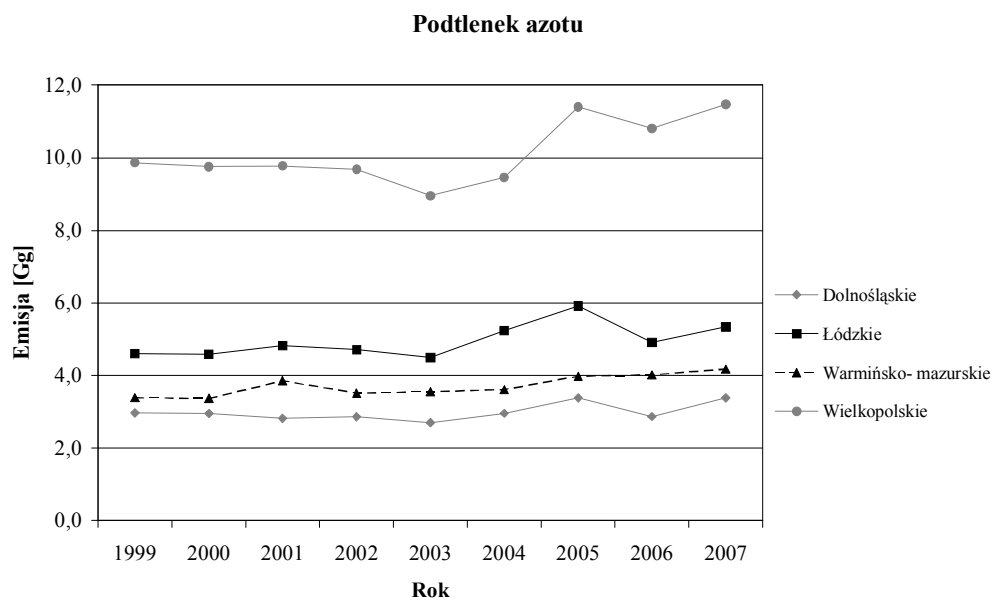
Rys. 3. Emisja metanu ze źródeł rolniczych w latach 1999–2007 w województwach o najwyższym tempie przyrostu

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Emisja podtlenku azotu ze źródeł rolniczych w latach 1999–2007 w województwach o największej spadkowej tendencji zmian

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 5. Emisja podtlenku azotu ze źródeł rolniczych w latach 1999–2007 w województwach o najwyższym tempie przyrostu

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

W analizowanym okresie 1999–2007 całkowita emisja metanu w kraju zmniejszyła się dość znacznie (10%), natomiast emisja podtlenku azotu wzrosła (5%). W podziale na województwa poziomy emisji zarówno metanu, jak i podtlenku azotu miały charakter zróżnicowany, wykazując zarówno dodatnie, jak i ujemne zmiany jej stanu.

W trzech województwach: podlaskim, warmińsko-mazurskim i wielkopolskim wystąpił względnie niewielki wzrost emisji metanu (największy w podlaskim – 20%). W pozostałych województwach emisja metanu zmniejszyła się (najbardziej w województwie podkarpackim – 51% i świętokrzyskim – 36%). W dziewięciu województwach wystąpił wzrost emisji podtlenku azotu (największy w województwie warmińsko-mazurskim – 23%, a mniejszy w łódzkim – 16% i wielkopolskim – 16%), natomiast w siedmiu stwierdzono jej zmniejszenie (największe w województwie małopolskim i podkarpackim – po 19%).

Literatura

1. Bank Danych Regionalnych. Dane dla jednostki podziału terytorialnego. Główny Urząd Statystyczny, 2009. www.stat.gov.pl/bdr_n/app/strona.indeks
2. Climate Change 2001. The scientific basis. Third Assessment Report. IPCC, WG I, 2001. www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1
3. Dong H., Mangino J., McAllister T.A., Hatfield J.L., Johnson D.E., Lasse K.R., Aparecida de Lima M., Romanovskaya A., Bartram D., Gibb D., Martin J.H. Jr.: IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. 2006, Vol. 4: Chapt. 10: Emissions from livestock and manure management. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm
4. De Klein C., Novoa R.S.A., Ogle S., Smith K.A., Rochette P., Wirth C.T., McConkey B.G., Mosier A., Rypdal K., Williams S.A.: IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. 2006, Vol. 4, Chapt. 11: Agriculture, Forestry and Other Land Use. N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm
5. Ehhalt D., Prather M., Dentener F., Derwent R., Dlugokencky E., Holland E., Isaksen I., Katima J., Kirchhoff V., Matson P., Midgley P., Wang M.: Atmospheric chemistry and greenhouse gases. In: Climate Change 2001: The Scientific Basis. IPCC Third Assessment Report, GRID-Arendal, 2003. www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm
6. Gibbs M., Conneely D., Johnson D., Lasse K.R., Ulyatt M.J.: CH₄ emissions from enteric fermentation. In: Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. The Institute for Global Environmental Strategies, Japan, 2002. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/gpg-bgp.htm
7. Greenhouse gas inventory software for the workbook. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 1996. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/software.htm
8. Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Agriculture. IPCC/OECD/IEA, Paris, France, 1997, Vol. 3.
9. Jun P., Gibbs M., Gaffney K.: CH₄ and N₂O emissions from livestock manure. In: Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. 2002.

10. Kędziora A.: Podstawy agrometeorologii. PWRiL Poznań, 2008.
11. Nevison C.: Indirect N_2O emissions from agriculture. In: Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. 2002.
12. Oenema O., Amon B., Gnapet L., Groenestein K., Heinemeyer O., van Aardenne J., van Amstel A.: N_2O emissions from animal waste management systems. In: Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. 2002.
13. Olendrzyński K., Dębski B., Skośkiewicz J., Kargulewicz I., Kluz M., Radwański E., Galiński W., Kozakiewicz J., Mąkosa J., Fudała J., Hławiczka S., Cenowski M.: Inwentaryzacja emisji do powietrza za rok 2003. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, 2005.
14. Pidwirny M.: Atmospheric composition. In: Fundamentals of physical geography. Chapt. 7: Introduction to the atmosphere. 2006. www.physicalgeography.net/fundamentals/7a.html
15. Polityka klimatyczna Polski. Strategie redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce do roku 2020. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2003.
16. Smith K., Bouwman L., Braatz B.: N_2O : direct emissions from agricultural soils. In: Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. 2002.
17. Stęczkowski J.: Opis statystyczny. Pozyskiwanie, przetwarzanie i analizowanie informacji. Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania, Rzeszów, 2005.
18. Szwejkowski Z.: Podstawy agrometeorologii. Wyższa Szkoła Agrobiznesu w Łomży, 1999.
19. Zaliwski A., Purchała L.: Estimation of nitrous oxide and methane emission from Polish agriculture. *Int. Agroph.*, 2008, **22(4)**: 377-382.
20. Zeeman G., Gerbens S.: CH_4 emissions from animal manure. In: Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. 2002.

Adres do korespondencji:

dr Andrzej S. Zaliwski
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (81) 886-34-21, w. 202
e-mail: Andrzej.Zaliwski@iung.pulawy.pl

Zuzanna Jarosz

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

ZMIANY W UŻYTKOWANIU ZIEMI W POLSCE*

Wstęp

Przeobrażenia systemu gospodarczego w Polsce wywarły duży wpływ na zmiany zachodzące zarówno w strukturach własnościowych, jak i kierunkach użytkowania ziemi. Powierzchnia kraju w dużej mierze wykorzystana jest pod produkcję rolną oraz zajęta przez lasy. Łącznie użytki rolne i lasy stanowią tzw. użytki biotyczne i zajmują ponad 81% powierzchni kraju (14). Resztę stanowią grunty zaliczane do pozostałych kategorii wyszczególnionych w ewidencji geodezyjnej.

Polska ma względnie duże zasoby ziemi rolniczej w porównaniu z krajami UE. Położenie w pasie wielkich równin europejskich w znacznym stopniu wpłynęło na sposób użytkowania ziemi. Przeważający typ krajobrazu naturalnego, jakim są równiny i obszary pagórkowate, mimo nie najlepszych gleb, sprawia, że znaczne obszary nadają się do wykorzystania do celów rolniczych. Nic więc dziwnego, że 51,7% ogólnej powierzchni kraju zajęta jest przez użytki rolne. Pod względem obszaru gruntów rolnych Polska znajduje się na 5 miejscu w Europie. Większymi zasobami dysponują jedynie Francja, Hiszpania, Niemcy i Wielka Brytania. Przeciętnie na 1 mieszkańca w Polsce przypada 0,40 ha użytków rolnych, co stawia nas w czołowie krajów europejskich. Jest to dość korzystna sytuacja, gdyż możemy mniej intensywnie je użytkować, stwarzając mniejsze zagrożenie dla środowiska naturalnego.

Celem opracowania było przedstawienie przemian jakie zaszły w użytkowaniu ziemi w Polsce w latach 1995–2008 oraz zmian w strukturze agrarnej w latach 1996–2007. Skrócony zakres analizy struktury agrarnej wynikał z braku danych źródłowych. Dokonano analizy zmian w strukturze władania i użytkowania ziemią oraz w strukturze zasiewów w Polsce. Dynamikę zmian w ujęciu wieloletnim poszczególnych form (użytki rolne, lasy, pozostałe grunty) oraz kategorii użytków rolnych (grunty orne, sady, łąki, pastwiska) wykorzystania ziemi wyrażono za pomocą trendów. Podstawowy materiał źródłowy stanowiły dane statystyczne GUS (3, 12, 14).

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 w programie wieloletnim IUNG - PIB

Omówienie wyników

Struktura użytkowania ziemi jest głównym wyznacznikiem jej funkcji społeczno-gospodarczych. W Polsce dominują dwie formy użytkowania: użytki rolne i lasy. Według stanu na 2008 r. użytki rolne zajmowały 16154,3 tys. ha (51,7%), lasy i grunty leśne 9254,6 tys. ha (29,6%), a pozostałe grunty 5859,1 tys. ha (18,7%) ogólnej powierzchni kraju (tab. 1).

Tabela 1

Użytkowanie gruntów w 1995 i 2008 roku

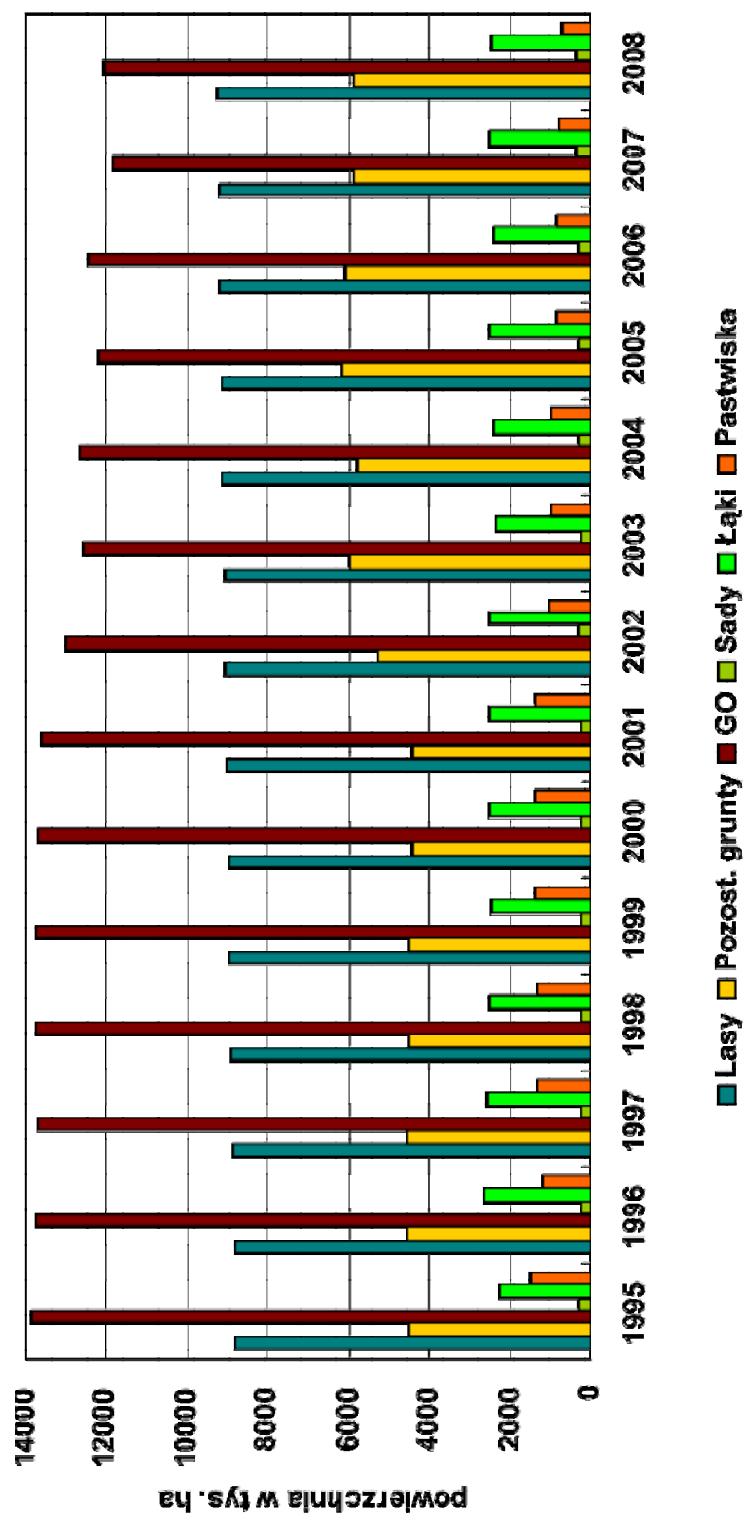
Wyszczególnienie	1995		2008	
	tys. ha	% ^{1/}	tys. ha	% ^{1/}
Użytki rolne	17934,3	57,4	16154,3	51,7
Grunty orne	13885,8	44,4	12447,5	39,8
Sady	278,6	0,9	339,4	1,1
Łąki	2272,2	7,3	2593,3	8,3
Pastwiska	1497,7	4,8	774,1	2,5
Lasy i grunty leśne	8821,8	28,2	9254,6	29,6
Pozostałe tereny	4512,4	14,4	5859,1	18,7

^{1/} powierzchnia kraju = 100%

Źródło: GUS i opracowanie własne.

W latach 1995–2008 powierzchnia użytków rolnych zmniejszyła się z 17934,3 do 16154,3 tys. ha, głównie w wyniku ekspansji przestrzennej miast oraz zalesiania części terenów o gorszych walorach użytkowych. W rezultacie odsetek użytków rolnych w ogólnej powierzchni kraju zmniejszył się z 57,4% do 51,7%. Wśród terenów rolnych dominują grunty orne obejmujące 39,8% powierzchni, łąki 8,3%, pastwiska 2,5% i sady 1,1%. W analizowanym okresie ich udział w ogólnej powierzchni kraju zmienił się odpowiednio: -4,6%; +1,0%; -2,3% i +0,2%. Kosztem ubytku gruntów wykorzystywanych rolniczo zwiększył się udział powierzchni leśnych o 1,4% oraz terenów nierolniczych o 4,3%. W porównaniu ze stanem z roku 1995 areal użytków rolnych zmalał o 1780,0 tys. ha (tj. o 9,9%), gruntów ornych o 10,4% i pastwisk o 48,3% (rys. 1). Powodów tak dużego zmniejszenia powierzchni pastwisk upatruje się w wyzbyciu się przeżuwaczy przez gospodarstwa utrzymujące po kilka sztuk oraz koncentracji i specjalizacji w chowie bydła (1). Natomiast powierzchnia łąk i sadów wzrosła odpowiednio o 14,1 i 21,8%. Również lasy stanowią tę formę użytkowania ziemi, której powierzchnia wykazuje tendencję wzrostową. O ile w 1995 roku ogólna powierzchnia lasów wynosiła 8821,8 tys. ha, to do 2008 roku wzrosła ona o 432,8 tys. ha, co stanowi przyrost o 4,9%.

Dynamika przemian w zagospodarowaniu ziemi w latach 1995–2008 wyrażona za pomocą trendów odzwierciedlających zmiany w ujęciu wieloletnim wskazuje, że struktura użytkowania ziemi była dość stabilna (tab. 2). W analizowanym okresie obserwujemy proces stałego powolnego ubywania powierzchni użytków rolnych. Przyczyną



Rys. 1. Zmiany w wykorzystaniu powierzchni kraju

Źródło: GUS i opracowanie własne.

Tabela 2

Trendy zmian powierzchni użytków w latach 1995–2008

Wyszczególnienie	Równanie regresji	Współczynnik R^2
Użytki rolne	$Y = 18452,0 - 188,6t$	82,0
Grunty orne	$Y = 14330,0 - 165,4t$	88,3
Sady	$Y = 235,7 + 5,3t$	58,4
Użytki zielone	$Y = 4042,1 - 61,1t$	79,3
Lasy i grunty leśne	$Y = 8780,2 + 35,1t$	98,9
Pozostałe grunty	$Y = 4036,1 + 153,4t$	75,0

y – powierzchnia (tys. ha), t – lata (1995 = 1)

Źródło: GUS i opracowanie własne.

takiego stanu rzeczy było nasilone od wielu lat zjawisko odłogowania (wyłączania z uprawy polowej gruntów o małej wartości użytkowo-rolniczej). Wielu rolników oczekiwało na zmiany warunków, jakie miała przynieść integracja z Unią Europejską. Również względy ekonomiczne (ogólne obniżenie opłacalności produkcji rolniczej) spowodowały, że rolnicy posiadający małe gospodarstwa przestali uprawiać ziemię, powiększając w ten sposób areał ugorów i odłogów (15). Zniesienie dotacji do środków produkcji, liberalizacja handlu z zagranicą, mała dostępność preferencyjnych kredytów i ich relatywnie wysokie oprocentowanie wpłynęły na zmniejszenie strumienia kapitału docierającego na wieś. Wejście Polski w struktury europejskie stworzyło nowe możliwości pozyskania środków finansowych, co znalazło wyraz w ponownym powolnym zagospodarowywaniu terenów odłogowanych i wpłynęło na spowolnienie tempa przemian. Jednak w tym krótkim okresie zaobserwowano także proces trwałego zaniedbania gospodarki na gruntach o małej wartości użytkowo-rolniczej, co umożliwiło przeznaczenie ich na inne cele, zwłaszcza urbanizacyjne.

Przestrzeń rolnicza zmniejszała się o 188,6 tys. ha rocznie, a w niej udział gruntów ornych o 165,4 tys. ha i trwałych użytków zielonych o 61,1 tys. ha (tab. 2). Wysokie ujemne współczynniki korelacji liniowej pomiędzy powierzchnią użytków rolnych i pozostałych terenów ($r = -0,99$) oraz lasów ($r = -0,89$) sugerują, że ubytek powierzchni użytków rolnych nastąpił głównie na rzecz terenów pozarolniczych i gruntów leśnych. Średnie roczne tempo ich przyrostu wynosiło odpowiednio: 153,4 i około 35,0 tys. ha.

Tempo zmian było mocno zróżnicowane regionalnie. Wynika to ze zmiennego tempa rozwoju społeczno-gospodarczego poszczególnych województw oraz zależy od warunków przyrodniczych i organizacyjno-ekonomicznych. Największą dynamiką przemian użytków rolnych charakteryzowały się województwa małopolskie, śląskie i świętokrzyskie, a najmniejszą opolskie, wielkopolskie i zachodniopomorskie (7). Mniejszą zmienność regionalną stwierdzono w przyroście udziału lasów w powierzchni ogólnej. Średni roczny przyrost wahał się w zakresie 0,1–0,2%. Natomiast większą zmiennością charakteryzowała się dynamika udziału pozostałych terenów, od 0,3% (opolskie, wielkopolskie, zachodniopomorskie) do 1,3% rocznie (świętokrzyskie). Reasumując można stwierdzić, że w województwach o najsłabszym wykorzystaniu rolniczej przestrzeni produkcyjnej tempo ubytku użytków rolnych i przeznaczenie ich na cele urbanizacyjne lub leśne było szybsze (5, 6).

Zapotrzebowanie na ziemię do produkcji rolnej w Polsce, podobnie jak w krajach UE, będzie się zmniejszać. Należy zakładać, że tendencja przekazywania użytków rolnych na cele nierolnicze w wielu województwach utrzyma się, a także może ulec nasileniu w związku z planowanymi inwestycjami infrastrukturalnymi i możliwością wykorzystania funduszy strukturalnych na realizację programów przyczyniających się do rozwoju poszczególnych regionów. Szacuje się, że do 2020 roku rolnictwo utraci 0,5-0,6 mln ha UR (8). Zagospodarowanie ziemi wyłączanej z rolniczego użytkowania teoretycznie wydaje się łatwe. Jednak praktycznie jest trudne, ponieważ przy dużym rozdrobnieniu działek trudno jest utworzyć większe kompleksy gruntów do zalesienia lub na cele rekreacyjne.

Rolnictwo polskie przeszło intensywne przemiany w strukturze własności ziemi. Według stanu na 2008 rok sektor prywatny zajmował areał 20399,3 tys. ha powierzchni ogółem kraju i od 1995 roku wzrósł on o 699,4 tys. ha, tj. z 63,0 do 65,2% (tab. 3). W analizowanym okresie obserwujemy spadek zarówno ogólnej powierzchni przestrzeni rolniczej, jak i użytków rolnych stanowiących własność prywatną o 938,6 tys. ha, czyli o 5,7% ogólnej powierzchni kraju. Zmienił się też udział poszczególnych sektorów w rolniczym użytkowaniu ziemi. W 1995 roku powierzchnia użytków rolnych znajdujących się w rękach prywatnych zajmowała 16556,6 tys. ha, co stanowiło 92,3% ich ogólnej powierzchni, a w 2008 roku udział gruntów rolnych sektora prywatnego wynosił 96,7%. Z 1564,3 do 1627,3 tys. ha wzrosła powierzchnia lasów i gruntów leśnych. Wzrost udziału sektora prywatnego dokonał się kosztem zmniejszenia się sektora publicznego. W 2008 roku sektor publiczny zajmował 10868,6 tys. ha, co stanowiło 34,8% powierzchni ogólnej kraju. W użytkowaniu było 536,3 tys. ha użytków rolnych, tj. 1,7% oraz 7627,3 tys. ha lasów, tj. 24,4% powierzchni kraju. Sektor ten ma marginalne znaczenie w rolniczym użytkowaniu gruntów, a dominujące w gospodarce leśnej. Zmiany pomiędzy sektorami spowodowane były przepływem ziemi w różnych kierunkach:

Tabela 3

Udział sektora prywatnego w rolnictwie w 1995 i 2008 roku

Wyszczególnienie	1995	2008	Zmiana
	ogółem (tys. ha)		
Powierzchnia kraju ogółem:	31268,5	31267,9	-0,6
w tym sektor prywatny	19699,9	20399,3	699,4
Powierzchnia użytków rolnych ogółem:	17934,3	16154,3	-1780,0
w tym sektor prywatny	16556,6	15618,0	-938,6
Lasy i grunty leśne:	8821,8	9254,6	432,8
w tym sektor prywatny	1564,3	1627,3	63,0
Udział sektora prywatnego (%)			
W powierzchni ogółem	63,0	65,2	2,2
W powierzchni użytków rolnych	92,3	96,7	4,4
W powierzchni lasów i gruntów leśnych	17,7	17,6	-0.1

Źródło: GUS i opracowanie własne.

- ze spółdzielni produkcyjnych i gmin do gospodarstw indywidualnych, powodując zmiany ilościowe i jakościowe;
- z gospodarstw indywidualnych do spółdzielni produkcyjnych lub różnego rodzaju spółek, powodując również zmiany ilościowe i jakościowe;
- na skutek przemieszczania się wewnątrz sektora prywatnego, powodując powiększanie jednych gospodarstw (poprzez dokupowanie ziemi) i zmniejszanie powierzchni lub likwidację innych (17).

Niewątpliwy wpływ na zmiany w stosunkach własnościowych wywarła nowelizacja ustawy o prawie spółdzielczym (13), zgodnie z którą majątek spółdzielczy uznano za prywatną własność jej członków i zaliczono do sektora prywatnego.

W sektorze prywatnym główny udział mają gospodarstwa indywidualne. Ich powierzchnia ogółem zmniejszyła się o 1166,6 tys. ha, w tym o 763,3 tys. ha użytków rolnych i o 359,9 tys. ha lasów (tab. 4). W 2008 roku gospodarstwa indywidualne obejmowały około 16379 tys. ha, tj. 52,4% powierzchni ogółem kraju i miały w użytkowaniu ponad 14442 tys. ha, tj. 89,4% wszystkich użytków rolnych. Udział gospodarstw indywidualnych w sektorze prywatnym zmalał zarówno w powierzchni ogółem z 89,1% w 1995 roku do 80,3% w 2008 r., jak i w powierzchni lasów i gruntów leśnych z 94,2 do 68,5%, a tym samym wystąpił wzrost udziału innych prywatnych form użytkowania ziemi.

Zasób użytkowanej ziemi w gospodarstwie wpływa na zróżnicowanie wyników ekonomicznych. Rozdrobniona struktura obszarowa hamuje korzystne przemiany w rolnictwie (4, 9, 11). W Polsce struktura agrarna ulega zmianom; w latach 1996–2007 nastąpił wzrost średniej powierzchni gospodarstwa indywidualnego z 6,9 do 7,8 ha użytków rolnych (rys. 2). Wskaźnik wzrostu wyniósł więc 113,0%. Średnia powierzchnia gospodarstw indywidualnych jest najmniejsza na południu kraju (małopolskie, podkarpackie, śląskie) i wzrasta ku północy. Zmiany średniej powierzchni gospodarstwa nie odzwierciedlają złożoności tego zagadnienia.

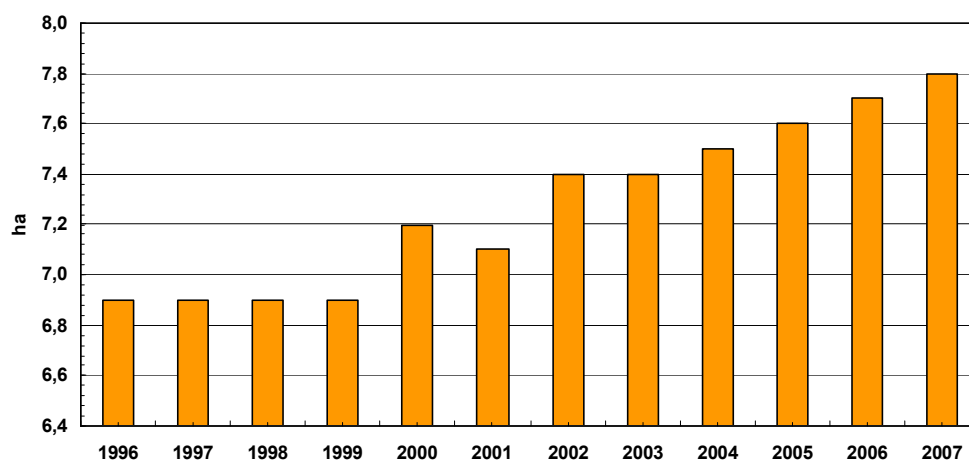
Tabela 4

Udział gospodarstw indywidualnych w użytkowaniu gruntów

Wyszczególnienie	1995	2008	Zmiana
	ogółem (tys. ha)		
Powierzchnia ogólna gospodarstw indyw.:	17545,2	16378,6	-1166,6
w tym użytki rolne	15205,4	14442,1	-763,3
Lasy i grunty leśne	1474,0	1114,1	-359,9
Udział gospodarstw indywidualnych ^{1/} (%)	56,1	52,4	-3,7
Udział powierzchni użytków rolnych (%)	84,8	89,4	4,6
Udział sektora prywatnego (%)			
W powierzchni ogółem	89,1	80,3	-8,8
W powierzchni użytków rolnych	91,8	92,5	0,7
W powierzchni lasów i gruntów leśnych	94,2	68,5	-25,7

^{1/} powierzchnia kraju = 100%

Źródło: GUS i opracowanie własne.



Rys. 2. Zmiana średniej powierzchni użytków rolnych w gospodarstwach indywidualnych
Źródło: GUS i opracowanie własne.

W 1996 roku działalność prowadziło 3060 tys. gospodarstw indywidualnych. W latach 1996–2007 ich liczba zmniejszyła się o 485 tys. (tab. 5). Analizując grupy obszarowe gospodarstw stwierdzono, że nadal w strukturze agrarnej główną grupę stanowią gospodarstwa użytkujące od 0,1 do 1 ha oraz małe (2-5 ha UR), których udział w ogólnej liczbie gospodarstw wynosi odpowiednio 29,9 i 23,8%. W analizowanym okresie nastąpiło znaczne zmniejszenie liczby zagród o 248 tys., tj. o 24,3%. Jednocześnie należy zauważyć, iż minimalne zmiany wystąpiły w grupie jednostek o powierzchni 1-2 ha, co wynika z funkcji, jakie pełnią gospodarstwa drobne. W 1996 r. ich udział w ogólnej liczbie gospodarstw wynosił 15,1%, natomiast w 2007 roku odsetek wyniósł 16,5%, czyli nastąpił wzrost ich udziału o 1,4 pkt. %. Wzrost udziału gospodarstw o powierzchni 1-2 ha wiąże się zwykle z utratą charakteru gospodarstw rolnych, które stają się „działkami przydomowymi” dla rodzin posiadających inne nie-

Tabela 5

Liczba gospodarstw indywidualnych według grup obszarowych użytków rolnych

Gospodarstwa według grup obszarowych (ha)	1996		2008		Zmiana liczby gosp.
	tys.	%	tys.	%	
Razem	3060	100,0	2575	100,0	-485
<1	1019	33,3	771	29,9	-248
1-2	462	15,1	422	16,5	-40
2-5	667	21,8	614	23,8	-53
5-10	520	17,0	399	15,5	-121
10-15	217	7,1	166	6,4	-51
15-20	89	2,9	78	3,0	-11
20-50	77	2,5	103	4,0	+26
50 i więcej	9	0,3	22	0,9	+13

Źródło: GUS i opracowanie własne.

rolnicze źródło utrzymania (17). Niewielkie zmiany stwierdzono także w grupie obszarowej gospodarstw 2-5 ha. Mimo że zmniejszyła się liczba tych jednostek o 53 tys., to w analizowanym okresie nastąpił wzrost ich udziału w ogólnej liczbie gospodarstw o 2,0 pkt. %. Bardzo duży ubytek o 121 tys. zaobserwowano w grupie gospodarstw o powierzchni 5-10 ha. W grupie obszarowej 10-15 ha spadek wyniósł 23,5%, a w grupie 15-20 ha – 12,4% w stosunku do stanu z 1996 roku. Gospodarstwa największe o powierzchni powyżej 20 ha w 1996 roku stanowiły 2,8% ogółu gospodarstw indywidualnych, a w 2007 roku – 4,9%. Nastąpił zatem blisko dwukrotny wzrost udziału tych gospodarstw w strukturze agrarnej.

W Polsce występuje zjawisko polaryzacji gospodarstw, przejawiające się wzrostem udziału gospodarstw małych (1-5 ha) i większych (>15 ha). Najmniejsze gospodarstwa są traktowane jako dodatkowe źródło dochodu, które nie odrywa właściciela od jego podstawowego miejsca zatrudnienia. Gospodarstwa te prowadzi się głównie z myślą o samozaopatrzeniu rodziny oraz o ewentualnej sprzedaży nadwyżek na lokalnym rynku. Z kolei gospodarstwa o powierzchni ponad 15 ha umożliwiają osiągnięcie takiego poziomu produkcji towarowej, przy którym dodatkowe źródło utrzymania nie jest już niezbędne lub ma relatywnie mniejsze znaczenie. Na podstawie literatury przedmiotu można stwierdzić, że w warunkach gospodarki rynkowej lepiej radzą sobie gospodarstwa rolne o większych zasobach ziemi. Natomiast gospodarstwa małe coraz częściej zaprzestają działalności rolniczej (10).

W stosunku do stanu z 1996 roku zmniejszyła się o 220,9 tys. ha (1,5%) ogólna powierzchnia użytków rolnych w gospodarstwach indywidualnych (tab. 6). W 1996 r. głównym użytkownikiem użytków rolnych były gospodarstwa o powierzchni 5-10 ha. W ich władaniu znajdowało się 3718,3 tys. ha (25,4%) powierzchni UR. W okresie objętym analizą udział ten zmniejszył się do 19,7%. Natomiast gospodarstwa o powierzchni 20 ha i więcej użytkowały 24,1%, a w 2007 – 36,7% powierzchni użytków rolnych.

Tabela 6

Powierzchnia gospodarstw indywidualnych według grup obszarowych użytków rolnych

Gospodarstwa według grup obszarowych (ha)	1996		2007		Zmiana pow. (tys. ha)
	tys. ha	%	tys. ha	%	
Razem	14639,1	100,0	14418,2	100,0	-220,9
<1	380,6	2,6	330,8	2,3	-49,8
1-2	644,1	4,4	613,3	4,3	-30,8
2-5	2195,9	15,0	1989,9	13,8	-206,0
5-10	3718,3	25,4	2836,2	19,7	-882,1
10-15	2635,0	18,0	2019,9	14,0	-615,1
15-20	1537,1	10,5	1333,1	9,2	-204,0
20-50	2034,9	13,9	2955,6	20,5	+920,7
50 i więcej	1493,2	10,2	2339,4	16,2	+846,2

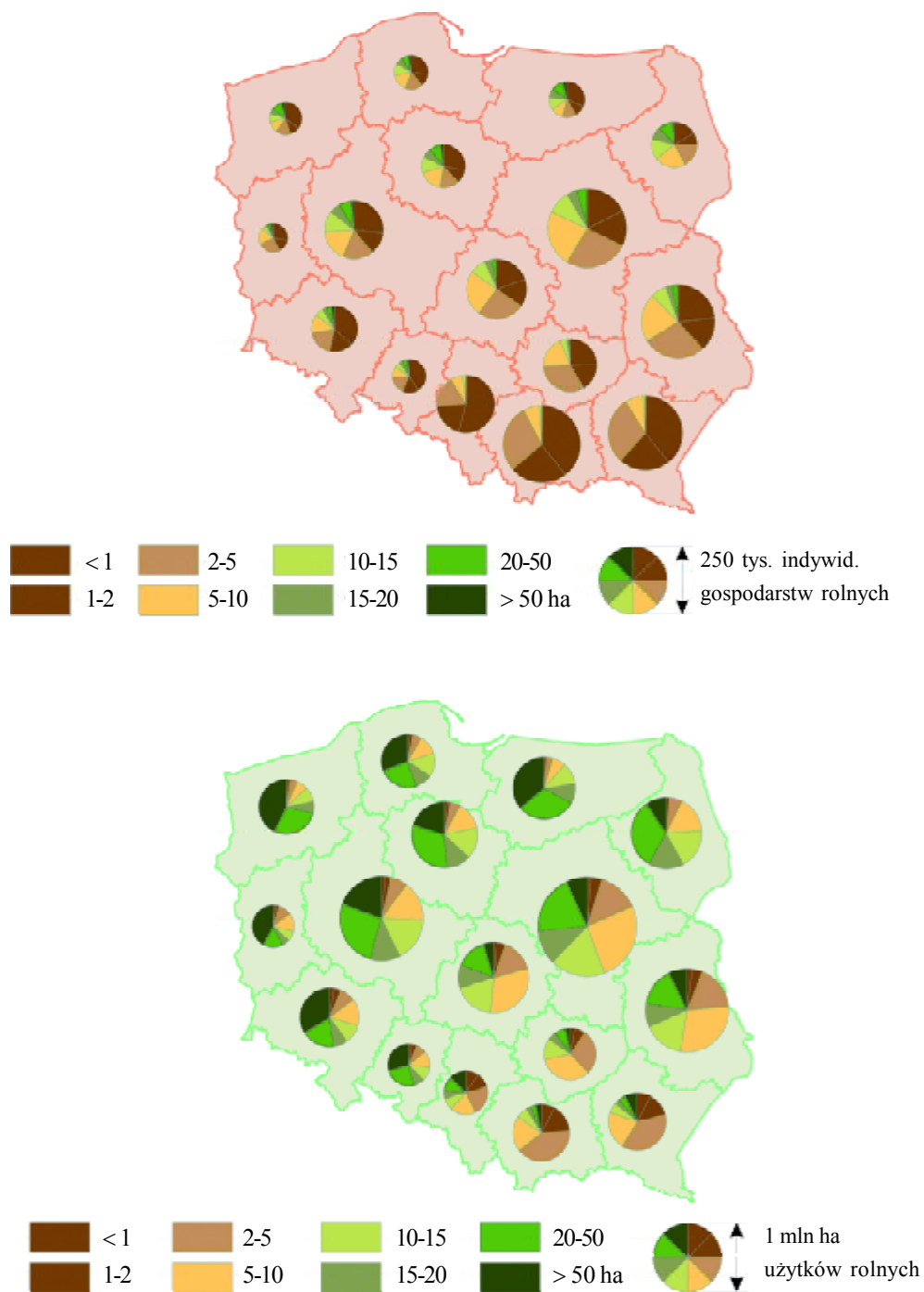
Źródło: GUS i opracowanie własne.

W ujęciu przestrzennym najbardziej liczną grupę stanowią gospodarstwa indywidualne 0-1 ha (rys. 3). Rozpiętość udziału liczby gospodarstw w tej grupie obszarowej wynosi od 16,2% (podlaskie) do 52,9% (śląskie). Bardzo duże zróżnicowanie występuje w grupie obszarowej 20-50 ha. Największy udział liczby gospodarstw indywidualnych w tej grupie odnotowano w województwie warmińsko-mazurskim (12,6%), a najmniejszy w małopolskim (0,3%). Największym udziałem małych gospodarstw charakteryzuje się południowo-wschodnia część kraju, natomiast stosunkowo znaczny odsetek gospodarstw dużych występuje na północy Polski. W ciągu 11 lat nastąpiła zmiana w strukturze obszarowej gospodarstw indywidualnych polegająca na nieznacznym zmniejszeniu się udziału gospodarstw małych i wzroście gospodarstw z przedziału 20-50 ha i więcej. Największe gospodarstwa powstały na bazie byłych państwowych gospodarstw rolnych.

Reasumując należy stwierdzić, że ziemie zachodnie i północne mają najlepszą strukturę obszarową i najwyższy poziom koncentracji ziemi. Środkowo-wschodni obszar Polski charakteryzuje się dominacją struktury średniorolnej, gdzie najliczniejszą grupę stanowią gospodarstwa 5-10 ha, zaś udział gospodarstw dużych jest nieco mniejszy niż średnio w kraju. Natomiast na obszarze Polski południowej występuje rolnictwo najsilniej rozdrobnione, gdzie udział gospodarstw dużych jest niewielki. Przemiany struktury agrarnej są zjawiskiem powolnym. Pomimo stwierdzonych zmian nadal dużą rolę odgrywają gospodarstwa o powierzchni do 10 ha, które wykorzystują 40,1% powierzchni użytków rolnych. W Polsce potrzebne są zatem nakłady na tworzenie pozarolniczych miejsc pracy. Rozumienie rolnictwa jako wyłącznego miejsca pracy ludności rolniczej przechodzi do przeszłości.

Zmiany dokonują się przez oddziaływanie wielu różnych instrumentów. Jednym z instrumentów są dopłaty do oprocentowania kredytów: na zakup ziemi, utworzenie lub urządzenie gospodarstwa rolnego w ramach programu osadnictwa, zakup środków do produkcji rolnej. Instrumentem, który wywołuje zmiany w strukturze agrarnej jest wsparcie ukierunkowane na tworzenie nowych miejsc pracy, pomoc w tworzeniu grup producentów rolnych, bezzwrotne dotacje na inwestycje w gospodarstwach rolnych. Znaczącą rolę w przemianach strukturalnych na obszarach wiejskich odegrała ustawa o rentach strukturalnych (16). Polegają one na tworzeniu atrakcyjnych zachęt finansowych dla rolników w wieku przedemerytalnym do definitywnego zaprzestania działalności rolniczej. Z jednej strony służyła ona poprawie struktury powierzchniowej gospodarstw, z drugiej zaś wpłynęła na obniżenie struktury wiekowej rolników.

Sposobem na powiększenie powierzchni gospodarstwa jest także dzierżawa gruntów rolnych. Dzierżawy w Polsce mają długą tradycję, lecz skala tego zjawiska nigdy nie była duża i nie miała zasadniczego wpływu na przemiany agrarne. Uwarunkowania ekonomiczne, głównie wypadanie słabych gospodarstw z rynku (zaniechanie produkcji), a także coraz szybszy wzrost cen ziemi rolniczej wpłynęły na zmianę podejścia do dzierżaw. Do zwiększenia popularności dzierżaw przyczyniła się działalność Agencji Nieruchomości Rolnych. Należy jednak podkreślić, że wpływ zawieranych przez Agencję dzierżaw na przemiany agrarne ograniczał się głównie do terenów, na



Rys. 3. Udział grup obszarowych w ogólnej liczbie i powierzchni użytków rolnych gospodarstw indywidualnych w poszczególnych województwach – 2007 rok
 Źródło: GUS i opracowanie własne.

których w przeszłości były zlokalizowane państwowe gospodarstwa rolne. Niezależnie od przestrzennych różnic w skali dzierżaw były one formą powiększania powierzchni własnego gospodarstwa.

Struktura użytków rolnych i wielkość gospodarstwa w sposób pośredni wpływają na strukturę zasiewów. Struktura zasiewów warunkuje natomiast produkcję rolną, ponoszone na nią nakłady, wyniki produkcyjne oraz pośrednio na wyniki ekonomiczne.

Oceniając zmiany w powierzchni uprawy poszczególnych roślin, należy stwierdzić, że w analizowanym okresie nieznacznie wzrósł areal uprawy zbóż z 8571,0 do 8604,0 tys. ha. Ich udział w powierzchni kraju zwiększył się z 27,4 do 27,6% (tab. 7). W ramach tej grupy znacznie zmniejszyła się powierzchnia uprawy żyta (o 3,3%) i owsa (o 0,1%), a wzrósł udział pszenżyta o 2,3% i jęczmienia o 0,6%. Wystąpił również szybki wzrost powierzchni uprawy kukurydzy zbieranej na ziarno. Udział zbóż w stosunku do powierzchni obsianej wzrósł w latach 1995–2008 z 66,5 do 74,0%. Areal uprawy zbóż zwiększył się kosztem roślin okopowych. Z przyrodniczego punktu widzenia jest to zjawisko niekorzystne, wymusza bowiem uprawę zbóż po sobie, co grozi zachwianiem równowagi biocenotycznej w siedlisku. W perspektywie do 2020 r. przewiduje się dalszy wzrost powierzchni upraw jęczmienia i pszenżyta, czyli zbóż posiadających mniejsze wymagania płodozmianowe. Należy także oczekiwać wyraźnego wzrostu arealu uprawy kukurydzy, która może stanowić surowiec do produkcji etanolu. Ogólnie można stwierdzić, że zmiany w strukturze zasiewów roślin zbożowych zmierzają do wzrostu udziału gatunków o wyższej wartości gospodarczej, przy ograniczeniu arealu gatunków mniej cennych (8).

Tabela 7

Powierzchnia i struktura zasiewów w 1995 i 2008 roku

Wyszczególnienie	1995			2008		
	tys. ha	% ^{1/}	% ^{2/}	tys. ha	% ^{1/}	% ^{2/}
Zboża	8571	27,4	66,5	8604	27,6	74,0
Pszenica	2407	7,7	18,7	2278	7,3	19,6
Żyto	2452	7,8	19,0	1397	4,5	12,0
Jęczmień	1048	3,3	8,1	1207	3,9	10,4
Owies	595	1,9	4,6	551	1,8	4,7
Pszenżyto	616	2,0	4,8	1333	4,3	11,5
Mieszanki zbożowe	1366	4,4	10,6	1444	4,6	12,4
Gryka i proso	39	0,1	0,3	71	0,2	0,6
Kukurydza na ziarno	48	0,2	0,4	323	1,0	2,8
Strączkowe jadalne	48	0,2	0,4	27	0,1	0,2
Ziemniak	1522	4,9	11,8	530	1,7	4,6
Burak cukrowy	384	1,2	3,0	213	0,7	1,8
Rzepak i rzepik	606	1,9	4,7	771	2,5	6,6
Rośliny pastewne	1087	3,5	8,4	968	3,1	8,6
Pozostałe rośliny	509	1,6	4,0	418	1,3	3,7

^{1/} powierzchnia kraju = 100%

^{2/} powierzchnia zasiewów = 100%

Źródło: GUS i opracowanie własne.

Na uwagę zasługuje drastyczny spadek uprawy ziemniaka z 1522,0 do 530,0 tys. ha, którego udział w powierzchni zasiewów zmniejszył się z 11,8 do 4,6%. Wysoka energochłonność i kosztochłonność produkcji ziemniaka oraz ograniczone możliwości wykorzystania plonów na paszę wpłynęły na zmniejszenie zainteresowania uprawą tej rośliny. Produkcja ziemniaka skupiona jest w bardzo drobnych gospodarstwach i przeznaczona głównie na samozaopatrzenie.

Wzrost ilości biopaliw na rynku oraz obowiązek dodawania biokomponentów do paliw płynnych wpłynął na wzrost produkcji roślin stosowanych do ich wytworzenia. Areal uprawy rzepaku zwiększył się o 165 tys. ha. Zapotrzebowanie na rzepak jest znacznie większe – przewiduje się, że krajowa produkcja w 2020 roku powinna wynosić około 3,1-3,2 mln ton, co wymusza zwiększenie areалу uprawy o około 1,0 mln ha (8). Ograniczeniem wzrostu powierzchni uprawy rzepaku jest mały udział gleb dobrych i bardzo dobrych oraz struktura obszarowa gospodarstw. Dalsze możliwości rozszerzenia areалу uprawy rzepaku dostrzega się na dobrych glebach w południowo-wschodnich rejonach Polski.

Zmniejszeniu uległa powierzchnia uprawy buraka cukrowego o 171 tys. ha, co spowodowane było regulacją rynku cukru w Unii Europejskiej. Zmniejszyło się także zainteresowanie rolników uprawą roślin strączkowych jadalnych i pastewnych, przy czym skala zmniejszenia powierzchni uprawy była znacznie większa w przypadku roślin pastewnych.

Podobne wyniki uzyskała B o Ź e k (2), oceniając zmiany jakie zaszły w strukturze zasiewów poszczególnych województw w latach 2002–2007.

Podsumowanie

Przemiany społeczno-ekonomiczne jakie zaszły w Polsce spowodowały między innymi zmiany w użytkowaniu ziemi. Mają one charakter długofalowy. Stwierdzone w latach 1995–2008 zmiany w użytkowaniu powierzchni rolniczej były niewielkie i objęły powierzchnię około 1780 tys. ha, co stanowiło 5,7% obszaru. Nieznacznie, bo o 1,4% wzrósł udział powierzchni lasów i gruntów leśnych. Nadal niekorzystna jest struktura obszarowa gospodarstw rolnych. Dominują gospodarstwa małe, niedochodowe, a jednostki o powierzchni 1-10 ha stanowią łącznie 79,6% ogólnej liczby gospodarstw. W celu zaspokojenia potrzeb bytowych i materialnych rodziny rolnicy w miarę możliwości podejmują pozarolniczą działalność gospodarczą. W strukturze zasiewów znacznie zmniejszył się udział ziemniaka, a wzrósł udział zbóż wymagających małych nakładów pracy.

Procesy przemian w rolnictwie polskim z uwagi na powolne tempo wymagają czasu i odpowiedniego zaangażowania ze strony władz i społeczności wiejskiej. Niezbędne jest podejmowanie działań i wspomaganie zmian strukturalnych polskiego rolnictwa, zapewniających wyrównanie szans rozwojowych ludności zamieszkałej na obszarach wiejskich. Ważnym instrumentem w polityce rolnej jest wspieranie zakupu ziemi na powiększanie i urządzanie gospodarstw, zwłaszcza przez młodych wykształconych rolników.

Literatura

1. Barszczewski J., Wasilewski Z., Jankowska-Huflejt H., Wróbel B.: Stan i perspektywy wykorzystania trwałych użytków zielonych w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **17**: 59-71.
2. Bożek J.: Taksonomiczna analiza struktury zasiewów w Polsce w 2007 r. i ocena różnic jej stanu w stosunku do roku 2002. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **17**: 107-116.
3. Charakterystyka gospodarstw rolnych. GUS Warszawa, 2007.
4. Głębocki B.: Przemiany struktury agrarnej a wielofunkcyjny rozwój wsi w Polsce. Praca zbiorowa pod red. B. Głębockiego. UAM, Poznań, 1998, 9-73.
5. Filipiak K.: Ocena wykorzystania rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Pam. Puł., 2003, **132**: 73-79.
6. Jarosz Z., Faber A.: Zmiany w użytkowaniu ziemi w województwach. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **5**: 169-178.
7. Jarosz Z.: Regionalne zróżnicowanie i prognoza zmian w użytkowaniu ziemi. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **17**: 9-32.
8. Kuś J., Krasowicz S., Igras J.: Przewidywane kierunki zmian produkcji rolniczej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **17**: 73-92.
9. Kuśmierz - Gozdalik U.: Rozwój zrównoważony obszarów wiejskich w kontekście ukształtowania ich przestrzeni produkcyjnej. Pam. Puł., 2000, **120/I**: 257-261.
10. Ostrowski L.: Gospodarstwa 15-hektarowe i większe. Duże znaczy bardziej dochodowe. Rzeczpospolita, 23-24.03.1996.
11. Ostrowski L.: Procesy transformacji wsi i rolnictwa do gospodarki rynkowej. IERiGŻ, Warszawa, 1997, 108.
12. Powszechny spis rolny. GUS Warszawa, 1996.
13. Prawo spółdzielcze z dnia 16 września 1982 r. (Dz. U. z 2003 r., nr 188, poz. 1848 z późn. zm.).
14. Rocznik statystyczny rolnictwa i obszarów wiejskich. GUS Warszawa, 2008.
15. Rola J., Rola H.: Problem odlogów na gruntach porolnych i perspektywy ich racjonalnego wykorzystania. Pam. Puł., 2000, **120/II**: 361-366.
16. Ustawa o rentach strukturalnych w rolnictwie z dnia 26 kwietnia 2001 r. (Dz. U. z 2001 r., nr 52, poz. 539).
17. Szczurówna H.: Sektor prywatny w rolnictwie i łowiectwie. Agropremiany, 2000, **10**: 8-9.
18. Woś A.: Zmiany struktury agrarnej rolnictwa polskiego do 2020 roku. Zag. Doradz. Rol., 1996, **2**: 31-50.

Adres do korespondencji:

dr Zuzanna Jarosz
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (81) 886 34 21 w. 215
e-mail: bloch@iung.pulawy.pl

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

W serii wydawniczej „STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB” publikowane są recenzowane prace z zakresu agronomii i kształtowania środowiska rolniczego, wykonane w ramach zadań programu wieloletniego pn. „Kształtowanie środowiska rolniczego Polski oraz zrównoważony rozwój produkcji rolniczej”. W zeszytach problemowych wydawanych w ramach tej serii mogą być zamieszczane również prace autorów spoza IUNG - PIB, które merytorycznie mieszczą się w tematyce zadań programu wieloletniego. **Publikowane są prace problemowe, głównie mające charakter przeglądowy, z podkreśleniem znaczenia omawianych zagadnień dla rolnictwa polskiego.**

Wydruk tekstu do recenzji:

czcionka 12 p., z odstępem 1,5-wierszowym.

Przygotowanie do druku:

- tekst i tabele w programie Word, wersja 6.0 lub wyższa
- czcionka – Times New Roman
- układ pracy: wstęp, wyniki i dyskusja bądź omówienie wyników, podsumowanie, literatura

tekst

- czcionka – 11 p. (spis pozycji literatury – 9 p.)
- wcięcie akapitowe – 0,5 cm

tabele

- podział na wiersze i kolumny (z funkcji tworzenia tabel)
- szerokość dokładnie 13 cm (tabele w pionie) lub 19 cm (tabele w poziomie)
- czcionka 9 p., pojedyncze odstępy międzywierszowe
- umieszczone w oddzielnych plikach
- pod tabelą przypis ze wskazaniem źródła danych (autorstwa)

rysunki

- czarno-białe
- wykresy w programie Word lub Excel
- wymiary w zakresie 13 cm × 19 cm
- w podpisach czcionka 9 p.
- na dyskietce w oddzielnych plikach
- pod rysunkiem przypis ze wskazaniem źródła danych (autorstwa)

jednostki miary

- system SI
- jednostki zapisywać potęgowo (np. t · ha⁻¹)

literatura

- spis literatury na końcu pracy w układzie alfabetycznym wg nazwisk autorów, w kolejności: nazwisko (pismo rozstrzelone), pierwsza litera imienia, tytuł pracy, miejsce publikacji: tytuł wydawnictwa (wg ogólnie przyjętych skrótów tytułów czasopism), rok, numer (pismo pogrubione), strony,
- cytowanie w tekście – jako numer pozycji ze spisu literatury (w nawiasach okrągłych) lub dodatkowo z nazwiskiem autora (pismo rozstrzelone).

Pracę do recenzji należy składać w 2 egzemplarzach. Po recenzji oryginalny egzemplarz recenzowany i ostateczną wersję pracy, uwzględniającą uwagi recenzenta i redaktora, składać do Redakcji w 1 egzemplarzu i na dyskietce lub przesłać e-mailem na adres:

Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: imarcinkowska@iung.pulawy.pl

W serii wydawniczej „**RAPORTY PIB**”, a od 2007 r. „**STUDIA I RAPORTY IUNG - PIB**” ukazały się następujące pozycje:

1. *Wybrane aspekty agrochemicznych badań gleby*. Puławy, 2006.
2. *Zasady wprowadzania nawozów do obrotu*. Puławy, 2006.
3. *Regionalne zróżnicowanie produkcji rolniczej w Polsce*. Puławy, 2006.
4. *Monitoring skutków środowiskowych planu rozwoju obszarów wiejskich*. Puławy, 2007.
5. *Sprawdzenie przydatności wskaźników do oceny zrównoważonego gospodarowania zasobami środowiska rolniczego w wybranych gospodarstwach, gminach i województwach*. Puławy, 2007.
6. *Możliwości rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce*. Puławy, 2007.
7. *Współczesne uwarunkowania organizacji produkcji w gospodarstwach rolniczych*. Puławy, 2007.
8. *Efektywne i bezpieczne metody regulacji zachwaszczenia, nawożenia i uprawy roli*. Puławy, 2007.
9. *Wybrane elementy technologii produkcji roślinnej*. Puławy, 2007.
10. *Problem erozji gleb w procesie przemian strukturalnych na obszarach wiejskich*. Puławy, 2008.
11. *Uprawa roślin energetycznych a wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce*. Puławy, 2008.
12. *Wybrane zagadnienia systemów informacji przestrzennej i obszarów problemowych rolnictwa w Polsce*. Puławy, 2008.
13. *Tworzenie postępu biologicznego w hodowli tytoniu i chmielu*. Puławy, 2008.
14. *Kierunki zmian w produkcji roślinnej w Polsce do roku 2020*. Puławy, 2009.
15. *Wybrane elementy regionalnego zróżnicowania rolnictwa w Polsce*. Puławy, 2009.
16. *Systemy wspomagania decyzji w zrównoważonej produkcji roślinnej*. Puławy, 2009.
17. *Stan i kierunki zmian w produkcji rolniczej (wybrane zagadnienia)*. Puławy, 2009.
18. *Produkcyjne i środowiskowe aspekty współczesnych metod nawożenia i regulacji zachwaszczenia*. Puławy, 2009.
19. *Oddziaływanie rolnictwa na środowisko przyrodnicze w warunkach zmian klimatu*. Puławy, 2010.