

# BILANS AZOTU I FOSFORU W ROLNICTWIE POLSKIM

**Jerzy KOPIŃSKI, Arkadiusz TUJAKA**

<sup>1)</sup> Instytut Uprawy i Nawożenia Gleby – PIB w Puławach, Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej

<sup>2)</sup> Instytut Uprawy i Nawożenia Gleby – PIB w Puławach, Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia

*Słowa kluczowe: bilans azotu i fosforu, efektywność wykorzystania, wskaźnik agro-środowiskowy*

## Streszczenie

Rolnicza działalność znacząco ingeruje w naturalny obieg składników pokarmowych, głównie przez intensyfikację produkcji. Za najpoważniejsze zagrożenia generowane przez rolnictwo uznaje się (biogenne) związki azotu i fosforu. Bilanse azotu i fosforu, jako jedno z wielu wskaźników agro-środowiskowych, są bardzo ważnym źródłem informacji o oddziaływaniu rolnictwa na kształtowanie się warunków środowiska. Dotyczą wszystkich poziomów rolnictwa, począwszy od pojedynczego pola uprawnego przez gospodarstwo, aż do zlewni, regionów, a także całych krajów.

Spośród krajów UE i OECD Polska należy do grupy o najmniejszych saldach bilansu azotu i fosforu. Większe salda są notowane w wybranych do porównań krajach nadbałtyckich, szczególnie w krajach z intensywnym rolnictwem, tj. Niemczech i Danii.

Z analizy bilansów składników pokarmowych wynika znaczne zróżnicowanie, którego przyczyną są zarówno warunki klimatyczno-glebowe, jak i poziom techniczno-organizacyjny polskiego rolnictwa. Największe dodatnie salda bilansu azotu stwierdza się w województwach o intensywnym rolnictwie, głównie znajdujących się w obrębie zlewni Odry i Przymorza. W ocenie bilansu fosforu, obejmującego obszar zlewni głównych rzek Polski, nie stwierdzono znaczących różnic. Większe zróżnicowanie, obrazujące skalę poprawności gospodarowania tym składnikiem, występuje na poziomie województw, jednostek podziału terytorialno-administracyjnego.

## WSTĘP

Procesy związane z integracją polskiego rolnictwa z rolnictwem krajów Unii Europejskiej powodują, że coraz wyraźniej są dostrzegane zagrożenia, dotyczące

zagrożeń dla środowiska przyrodniczego. Rolnicza działalność znacząco ingeruje w naturalny obieg składników mineralnych, głównie przez intensyfikację produkcji [GÓRKA, POSKROBKO, RADECKI, 1998]. Oprócz pozytywnych efektów produkcyjno-ekonomicznych tej intensyfikacji występują także jej negatywne skutki w postaci zmiany żyzności gleby oraz składu wód gruntowych.

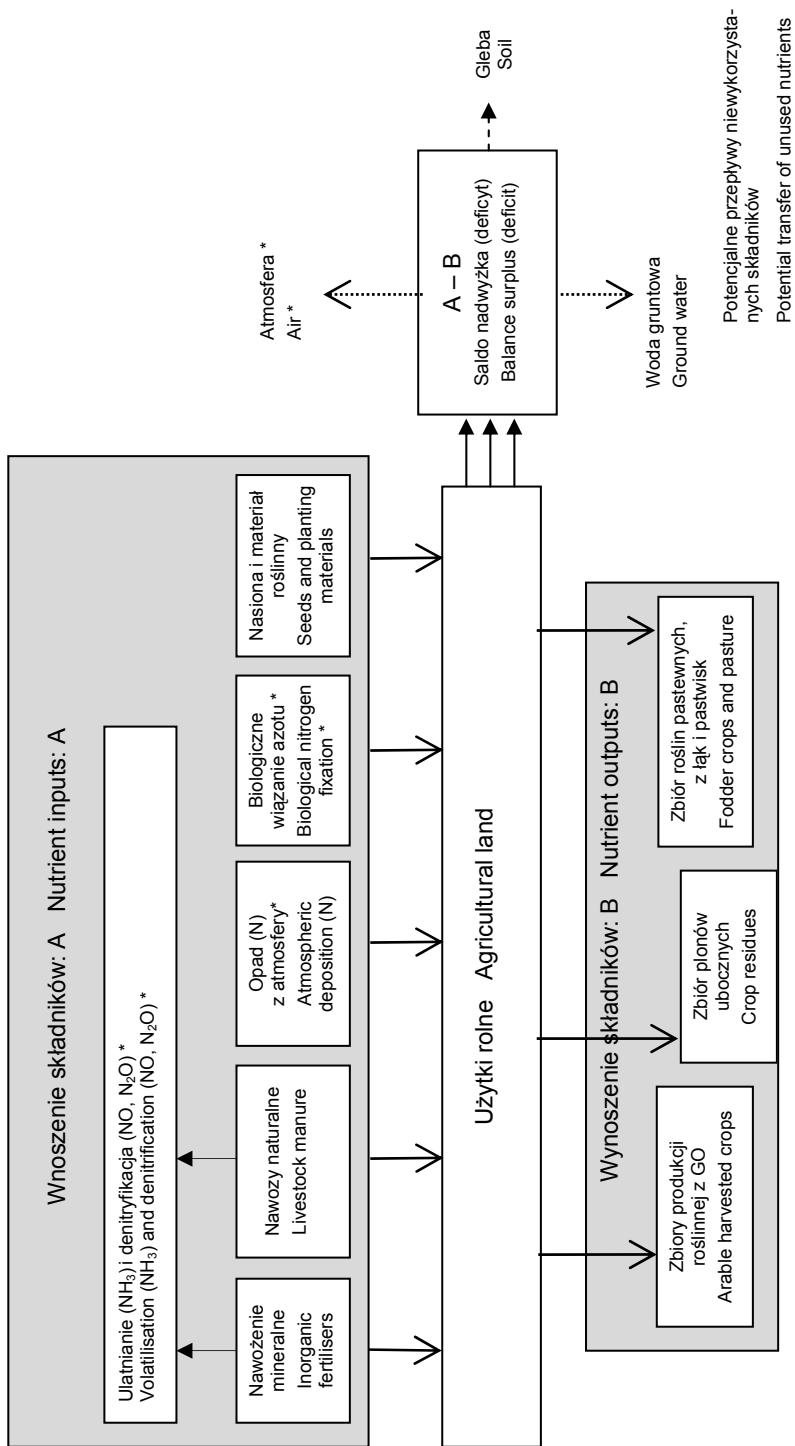
Za najpoważniejsze zagrożenia generowane przez rolnictwo uznaje się niewykorzystane w produkcji rolniczej związki azotu i fosforu, które mogą się przemieszczać do wód gruntowych i otwartych (azotany i fosforany) oraz, w przypadku azotu, ulatniać do atmosfery (amoniak i tlenki azotu). Ich deficyt natomiast może prowadzić do zmniejszenia produktywności gleb [Environmental..., 2006].

W zintegrowanym rolnictwie dąży się do zachowania możliwie zamkniętego obiegu składników pokarmowych: nawozy → gleba → rośliny. Jedną z powszechnie uznanych metod badania przepływów azotu i fosforu oraz oceny stopnia obciążenia środowiska tymi składnikami są ich bilanse, sporządzane metodą zaproponowaną przez OECD (Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju) [KOPIŃSKI, 2007]. Wyniki bilansów nabierają szczególnego znaczenia w zestawieniu ze stanem zasobności gleb oraz jakością wód gruntowych i powierzchniowych [IGRAS, LIPIŃSKI, 2005]. W większości krajów należących do OECD bilanse azotu i fosforu – obok oceny zużycia środków ochrony roślin oraz energii – są podstawowymi wskaźnikami agro-środowiskowymi [Environmental..., 2008; FABER, 2001]. W Polsce, należącej do OECD od 1996 r., bilanse azotu i fosforu są wykonywane obligatoryjnie w skali kraju i województw.

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

## METODY BADAŃ

Celem sporządzania bilansów azotu i fosforu jest ocena poprawności gospodarowania tymi składnikami [FOTYMA i in., 2000]. Wynikiem bilansów jest różnica między całkowitą ilością azotu lub fosforu wnoszonego na pola uprawne, a ilością tych składników wynoszoną z pól rozumianych jako całość użytków rolnych a zatem różnica między ilością tych składników wnoszonych do systemu produkcji rolniczej i wynoszonych z niego (rys. 1). Po stronie przychodów uwzględnia się ilości składników aplikowanych w formie nawozów mineralnych i naturalnych oraz (niekiedy pomijane) składniki dostarczane do gleby w materiale siewnym i innych częściach roślin, a w przypadku azotu także w opadzie atmosferycznym i w wyniku biologicznego wiązania przez bakterie symbiotyczne oraz wolnożyjące. Po stronie rozchodów uwzględnia się ilości składników w plonach głównych roślin zbieranych z gruntów ornych i użytków zielonych oraz, w dających się określić, zbieranych plonach ubocznych. Saldo bilansu azotu brutto zawiera więc, oprócz



\* Dotyczy tylko bilansu azotu Applies to the nitrogen only

Rys. 1. Główne elementy bilansu azotu brutto (N) i fosforu (P) obliczanego metodą OECD (źródło: Environmental... [2006])

Fig. 1. The main elements in the OECD gross nitrogen and phosphorus balance calculation (source: Environmental... [2006])

emisji jego związków do gleby i wody, także „straty” gazowe w postaci amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) i tlenku azotu ( $\text{N}_2\text{O}$ ), powstające w trakcie produkcji zwierzęcej, w tym także podczas przechowywania i stosowania nawozów naturalnych. Dodatkowo saldo może być utożsamiane ze stratami danego składnika (niewykorzystaniem), ujemne natomiast w dłuższym okresie może prowadzić do degradacji gleb [GOSEK, 1997]. Szczegółowy opis metody sporządzania bilansów azotu i fosforu podano w pracach KOPIŃSKIEGO [2007] i TUJAKI [2007].

Mimo, że bilans składników nawozowych sporządza się dla każdego roku, to analizy i oceny powinny obejmować co najmniej 3 lata. Ogranicza się wówczas zmienność powodowaną warunkami pogodowymi. Taki okres jest przyjmowany najczęściej do porównań i zestawień sporządzanych przez OECD.

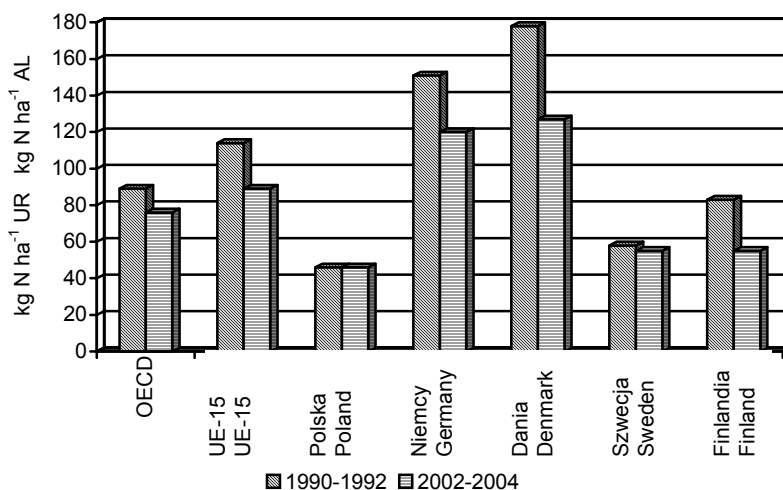
Bilanse azotu i fosforu dla Polski oraz województw wykonano na podstawie danych statystycznych GUS [Produkcja..., 2002–2008; Środki..., 2002–2008; Użytkowanie..., 2002–2008]. Porównania bilansów w ujęciu międzynarodowym dokonano, wykorzystując wyniki publikowane przez OECD [Environmental..., 2008].

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

### BILANS AZOTU I FOSFORU DLA POLSKI – UJĘCIE MIĘDZYNARODOWE

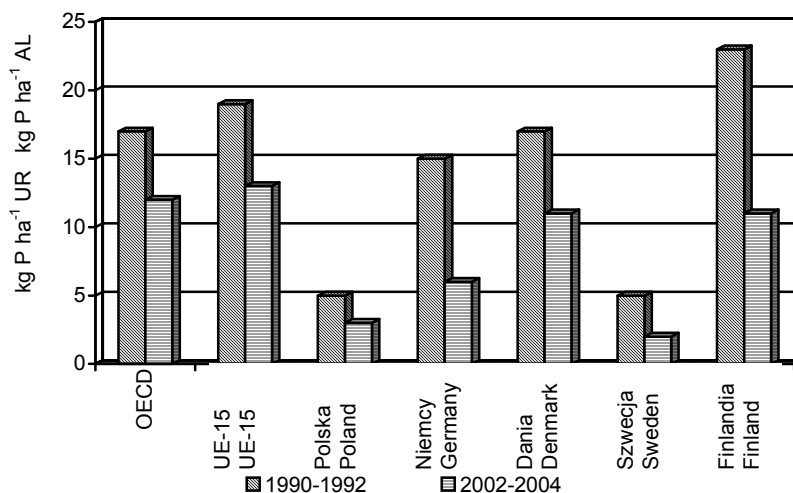
Wprowadzenie przez OECD ujednoliconej metodyki bilansowania głównych biogenów w rolnictwie, tj. azotu i fosforu, umożliwia porównanie i ocenę wyników w różnych krajach członkowskich tej organizacji. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki bilansów azotu (N) i fosforu (P) dla Polski na tle wartości średnich dla OECD i UE-15 oraz czterech wybranych krajów nadbałtyckich (rys. 2, 3). Porównanie to jest istotne z uwagi na potencjalne zagrożenia wód basenu Morza Bałtyckiego biogenami transportowanymi rzekami z obszarów rolniczych krajów nadbałtyckich. Przeważająca część terytorium Polski jest położona w granicach zlewni jej dwóch największych rzek, tj. Wisły i Odry, odprowadzających wody do Bałtyku.

Analizując zamieszczone dane (rys. 2, 3), należy stwierdzić, że największe nadwyżki azotu oraz fosforu, przekraczające odpowiednio  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  UR oraz  $10 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$  UR, występują w krajach z intensywnym rolnictwem (wysoki poziom nawożenia mineralnego oraz duża obsada zwierząt). Polska z nadwyżką  $46 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  UR należy do grupy krajów o najmniejszych saldach bilansu azotu (rys. 2). Nadwyżka azotu w Polsce w ciągu 12 lat (1990–1992 – 2002–2004) nie uległa zmniejszeniu, tak jak w porównywanych krajach, mimo to jest ona mniejsza prawie 2-krotnie niż w krajach „starej 15” Unii Europejskiej i blisko 3-krotnie – niż w Niemczech i Danii. Saldo to jest także mniejsze od notowanego w Szwecji i Finlandii, w których dużą wagę przywiązuje się do zagadnień ochrony środowiska.



Rys. 2. Saldo bilansu azotu brutto w latach 1990–1992 i 2002–2004 w Polsce na tle wybranych krajów nadbałtyckich, OECD i UE-15 (źródło: opracowanie autorów na podstawie danych OECD [Environmental..., 2008])

Fig. 2. Nitrogen gross balance in Poland against a background of selected Baltic countries, OECD and EU-15: 1990–1992 and 2002–2004 (sources: own study based on OECD data [Environmental..., 2008])



Rys. 3. Saldo bilansu fosforu brutto w latach 1990–1992 i 2002–2004 w Polsce na tle wybranych krajów nadbałtyckich, OECD i UE-15 (źródło: opracowanie autorów na podstawie danych OECD [Environmental..., 2008])

Fig. 3. Phosphorus balance in Poland against a background of selected Baltic countries, OECD and EU-15: 1990–1992 and 2002–2004 (sources: own study based on OECD data [Environmental..., 2008])

W większości „starych” krajów UE nadwyżki fosforu w ciągu 12 lat uległy zmniejszeniu o ponad 30%. Wynika to przede wszystkim z ograniczenia zużycia nawozów fosforowych. W Polsce, w omawianym okresie, można zaobserwować podobną skalę redukcji. Polska oraz Szwecja, wykazujące bilans P na poziomie 2–3 kg P·ha<sup>-1</sup> UR, są krajami o najmniejszych nadwyżkach fosforu spośród pozostałych krajów UE i OECD (rys. 3).

#### **BILANS AZOTU I FOSFORU BRUTTO NA POZIOMIE REGIONALNYM I KRAJOWYM (LATA 2002–2007)**

Średnie wartości elementów bilansu azotu (N) w poszczególnych województwach Polski (z lat 2002–2007) wskazują na znaczne jego zróżnicowanie regionalne (tab. 1). Zróżnicowanie bilansu fosforu (P) w poszczególnych województwach kraju (tab. 2), w omawianym okresie, jest znacznie mniejsze. Według KOPIŃSKIEGO [2006b], jednym z przejawów pogłębiającego się w ostatnich latach zróżnicowania regionalnego polskiego rolnictwa są różnice intensywności produkcji, spowodowane zarówno warunkami środowiskowymi (gleby, klimat), jak i poziomem techniczno-organizacyjnym.

Z przeprowadzonej oceny wynika, że bardzo duże nadwyżki azotu są notowane w regionach północno-zachodnich, szczególnie w województwach kujawsko-pomorskim, łódzkim i wielkopolskim (ponad 70 kg N·ha<sup>-1</sup> UR). Wskaźnik efektywności wykorzystania azotu w tych województwach jest bliski 50%. Na pola uprawne wnoszone są tam znaczne ilości azotu, zarówno w nawozach naturalnych, jak i mineralnych, które mimo intensywnej produkcji roślinnej, nie są w wystarczającym stopniu wykorzystywane. Jest to istotne o tyle, że nawozy mineralne i naturalne są podstawowymi źródłami azotu w systemie produkcji rolniczej. Stanowią one w Polsce ok. 75% przychodów azotu brutto.

Najmniejszy nadmiar azotu, nieprzekraczający 25 kg N·ha<sup>-1</sup> UR, występuje w ostatnich latach w województwach dolnośląskim i podkarpackim. Szczególnie pozytywnie należy ocenić wyniki województwa dolnośląskiego, wyróżniającego się dużą globalną produkcją roślinną (drugie miejsce w Polsce), w warunkach nawożenia mniejszego niż średnie krajowe. Stosowane są tu niewielkie ilości nawozów naturalnych z uwagi na małą obsadę zwierząt. Województwo to charakteryzuje się bardzo dużą efektywnością wykorzystania azotu. Negatywnie pod tym względem wyróżnia się województwo lubuskie, mające dwukrotnie większą niż dolnośląskie nawozochłonność i bardzo małą efektywność wykorzystania azotu (ok. 45%). Przyczyną tego stanu jest tu prowadzenie produkcji rolniczej na glebach w większości słabych, mimo wyłączenia z produkcji znacznej powierzchni odłogów oraz nieeksploatowanych łąk, co uwzględniono w bilansie [KOPIŃSKI, 2006b].

W ciągu ostatnich lat nastąpiło pogłębienie różnic struktury wnoszenia i wynoszenia azotu w poszczególnych regionach. W latach bezpośrednio przed wejściem

**Tabela 1.** Bilans azotu brutto dla Polski i województw, średnia z lat 2002–2007  
**Table 1.** Nitrogen balance for Poland and provinces, mean of years 2002–2007

Województwo Voivodship	Wartości elementów bilansu azotu N Values of nitrogen N balances elements							Efektywność wykorzystania N (odpływ/dopływ) Efficiency of use (outputs/inputs) %
	tys. t N thous. t N							
	ogółem total	wnoszenie (dopływ) inputs		różnica (saldo) balance	wynoszenie (odpływ) outputs	nadwyżka jednostkowa kg N·ha <sup>-1</sup> UR surplus kg N·ha <sup>-1</sup> AL		
		w tym nawożenie: in the fertilisers:						
	mineralne inorganic	naturalne organic						
Kujawsko-pomorskie	167,0	94,7	44,8	83,5	78,9		50,0	
Wielkopolskie	270,8	127,3	97,3	139,1	73,5		51,4	
Łódzkie	148,3	77,4	43,4	67,4	73,4		45,5	
Lubuskie	51,1	29,8	9,7	22,8	59,2		44,6	
Pomorskie	94,3	51,1	22,8	51,3	53,9		54,4	
Warmińsko-mazurskie	120,4	60,9	33,9	68,6	50,0		57,0	
Zachodniopomorskie	104,8	66,2	14,4	55,0	50,0		52,5	
Mazowieckie	229,2	92,7	83,5	129,8	46,4		56,6	
Lubelskie	159,3	78,3	41,7	92,5	44,6		58,1	
Świętokrzyskie	60,3	26,6	18,0	33,9	44,3		56,2	
Podlaskie	127,8	51,0	50,1	80,8	42,7		63,2	
Opolskie	71,6	42,6	15,2	48,6	41,6		67,9	
Śląskie	49,8	22,2	15,7	30,9	38,7		62,1	
Małopolskie	73,0	27,9	26,5	48,8	33,3		66,8	
Podkarpackie	59,6	21,9	19,4	42,9	22,1		71,9	
Dolnośląskie	91,4	52,0	15,2	70,1	21,4		76,7	
<b>Polska Poland</b>	<b>1879,5</b>	<b>922,7</b>	<b>552,4</b>	<b>1063,0</b>	<b>50,6</b>		<b>56,6</b>	

Źródło: opracowanie autorów. Source: own study.

**Tabela 2.** Bilans fosforu brutto dla Polski i województw, średnia z lat 2002–2007  
**Table 2.** Phosphorus balance for Poland and provinces, mean of years 2002–2007

Województwo Voivodship	Wartości elementów bilansu fosforu P Values of phosphorus P balances elements							Efektywność wykorzystania P (odpływ/dopływ) Efficiency of use (outputs/inputs) %
	tys. t P thous. t P							
	ogółem total	wnoszenie (dopływ) inputs		różnica (saldo) balance	wynoszenie (odpływ) outputs	nadwyżka jed- nostkowa kg P·ha <sup>-1</sup> UR surplus kg P·ha <sup>-1</sup> AL		
		w tym nawożenie: in the fertilisers:						
	mineralne inorganic	naturalne organic						
Wielkopolskie	42,9	19,1	22,7	13,3	29,6	7,4	69,0	
Pomorskie	15,3	9,9	5,0	5,4	10,0	6,7	65,4	
Lubuskie	7,4	5,0	2,3	2,8	4,6	5,8	62,2	
Śląskie	8,6	5,0	3,3	2,4	6,1	4,9	70,9	
Mazowieckie	36,3	19,5	15,9	10,3	26,0	4,8	71,6	
Łódzkie	19,7	10,3	8,8	5,1	14,6	4,6	74,1	
Podlaskie	18,2	9,2	8,6	4,2	14,1	3,8	77,5	
Małopolskie	11,8	6,4	5,1	2,5	9,2	3,4	78,0	
Kujawsko-pomorskie	21,7	11,3	9,8	3,4	18,3	3,2	84,3	
Świętokrzyskie	9,2	5,4	3,5	1,9	7,2	3,2	78,3	
Lubelskie	24,0	15,0	8,3	4,7	19,4	3,1	80,8	
Warmińsko-mazurskie	15,0	7,8	6,8	3,0	12,1	2,8	80,7	
Podkarpackie	9,7	5,6	3,7	1,7	8,0	2,2	82,5	
Zachodniopomorskie	11,8	8,2	3,2	1,0	10,8	1,0	91,5	
Opolskie	10,6	6,8	3,4	-0,1	10,7	-0,2	100,9	
Dolnośląskie	13,5	9,6	3,3	-1,7	15,2	-1,7	112,6	
<b>Polska Poland</b>	<b>275,7</b>	<b>154,3</b>	<b>113,8</b>	<b>59,8</b>	<b>215,9</b>	<b>3,7</b>	<b>78,3</b>	

Źródło: opracowanie autorów. Source: own study.



Polski do UE i po nim widoczny jest rosnący trend intensyfikacji produkcji, mierzony poziomem zużycia nawozów mineralnych (od 51 do 68 kg N·ha<sup>-1</sup> UR). Wahaniom ulega pula azotu dostarczana w nawozach naturalnych, zmniejsza się natomiast ilość azotu wiązanego symbiotycznie [KOPINSKI, 2006a]

Średnia nadwyżka fosforu dla całego kraju wynosi 3,7 kg P·ha<sup>-1</sup> UR, co wiąże się z dużą efektywnością wykorzystania tego składnika ze wszystkich źródeł, wynoszącą 78% (tab. 2). Ujemne saldo bilansu fosforu stwierdzono jedynie w województwie opolskim i dolnośląskim – odpowiednio –0,2 i –1,7 kg P·ha<sup>-1</sup> UR. Na obszarach tych następuje wyczerpywanie składnika z zasobów glebowych. Województwa te charakteryzują się bardzo korzystnymi warunkami glebowo-klimatycznymi i mają jedno z najwyższych w kraju wskaźniki produktywności roślinnej i duże możliwości wynoszenia fosforu z plonami roślin. Utrzymywanie się ujemnego salda bilansu fosforu w tych województwach w dłuższym okresie może prowadzić do degradacji gleb. Saldo bilansu fosforu w pozostałych województwach jest dodatnie i wynosi od 1,0 kg P·ha<sup>-1</sup> UR w województwie zachodniopomorskim do 7,4 kg P·ha<sup>-1</sup> UR w województwie wielkopolskim (tab. 2). W Wielkopolsce, gdzie z jednej strony efektywność wykorzystania fosforu należy do najniższych w kraju (69%), a z drugiej – występuje największy odsetek gleb o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości fosforu przyswajalnego (54% UR) [IGRAS, LIPINSKI, 2005], powinno się położyć większy nacisk na ochronę środowiska przez ograniczenie nawożenia tym składnikiem [TUJAKA, 2007].

Podobnie jak w przypadku bilansu azotu, w bilansie fosforu głównymi elementami wnoszenia na poziomie pola jest nawożenie mineralne i produkcja zwierzęca, stanowiące ponad 90% wszystkich źródeł tego składnika. Największy udział nawożenia mineralnego po stronie przychodów stwierdzono w województwach dolnośląskim oraz zachodniopomorskim, podczas gdy województwa wielkopolskie i warmińsko-mazurskie charakteryzowały się dużym udziałem fosforu pochodzącego z produkcji zwierzęcej.

#### **BILANS AZOTU I FOSFORU BRUTTO DLA GŁÓWNYCH ZLEWNI RZEK POLSKI (LATA 2002–2007)**

Ze względu na duży udział powierzchni użytkowanej rolniczo w całej powierzchni Polski, monitorowanie wyników bilansów azotu i fosforu oraz kontrola jakości wód mają szczególne znaczenie w ochronie środowiska Morza Bałtyckiego [PARRIS, 2007]. Główne składowe bilansu azotu i fosforu brutto obliczone dla głównych zlewni rzek Polski, odprowadzających wody do Bałtyku, zestawiono w tabelach 3. i 4. Zlewnie uszeregowano według wielkości globalnego salda składników. Obliczone wartości odzwierciedlają regionalne zróżnicowanie warunków i intensywności gospodarowania polskiego rolnictwa. Na podstawie wyników bilansu, odniesionych do jednostki powierzchni, stwierdzono, że największe do-

**Tabela 3.** Bilans azotu brutto dla głównych zlewni wód Polski (wpływających do Bałtyku), średnia z lat 2002–2007  
**Table 3.** Nitrogen balance for the main catchments basins of Poland (draining into the Baltic Sea), mean of years 2002–2007

Zlewnia The basin	Wartości elementów bilansu azotu N Values of nitrogen N balances elements							Efektywność wykorzystania N (odpływ/dopływ) Efficiency of use (outputs/inputs) %
	tys. t N thous. t N							
	wnoszenie (dopływ) inputs			wynoszenie (odpływ) outputs	różnica (saldo) balance	nadwyżka jednostkowa kg N·ha <sup>-1</sup> UR surplus kg N·ha <sup>-1</sup> AL		
	ogółem total	w tym nawożenie: in the fertilisers:						
	mineralne inorganic	naturalne organic						
Wisły The Vistula	1005,5	458,9	319,3	577,4	426,8	47,3	57,6	
Odry The Oder	686,7	363,5	187,3	382,9	303,4	55,5	55,8	
Przymorza (rzek wpływających bezpośrednio do Bałtyku)	93,5	54,9	17,7	49,7	43,6	51,8	53,4	
Pomeranian rivers flows directly into the Baltic Sea	73,4	37,5	20,3	41,3	31,9	50,7	56,6	
Rzek wpływających do Zalewu Wiślanego								
Rivers flows into the Vistula Lagoon	15,8	6,3	6,1	8,7	5,8	42,7	63,2	
Niemna								
<b>Razem zlewnie dostarczające wody do Bałtyku</b>	<b>1874,9</b>	<b>894,5</b>	<b>550,6</b>	<b>1060,0</b>	<b>814,9</b>	<b>50,7</b>	<b>56,0</b>	
<b>Altgether basin of rivers flows into the Baltic Sea</b>								
Innych zlewnisk niż Bałtyku	4,6	1,5	1,0	3,0	1,6	26,9	70,8	
Other catchments than Baltic Sea								
<b>Polska Poland</b>	<b>1879,5</b>	<b>922,7</b>	<b>552,4</b>	<b>1063,0</b>	<b>816,5</b>	<b>50,6</b>	<b>56,6</b>	

Źródło: opracowanie autorów. Source: own study.

**Tabela 4.** Bilans fosforu brutto dla głównych zlewni wód Polski (wpływających do Bałtyku), średnia z lat 2002–2007  
**Table 4.** Phosphorus balance for the main waterbasins of Poland (flows into the Baltic Sea), average of years 2002–2007

	Wartości elementów bilansu fosforu P Values of phosphorus P balances elements							Efektywność wykorzystania P (odpływ/dopływ) Efficiency of use (outputs/inputs) %
	tys. t P thous. t P							
	wnoszenie (dopływ) inputs			wynoszenie (odpływ) outputs	różnica (saldo) balance	nadwyżka jednostkowa kg P·ha <sup>-1</sup> UR surplus kg P·ha <sup>-1</sup> AL		
	ogółem total	w tym nawożenie: in the fertilisers:						
	mineralne inorganic	naturalne organic						
Wisły The Vistula	149,2	82,9	62,2	115,0	34,2	3,8	77,1	
Odry The Oder	101,2	56,0	42,2	81,4	19,8	3,6	80,4	
Przymorza (rzek wpływających bezpośrednio do Bałtyku)	12,8	8,5	3,9	9,8	3,1	3,7	76,3	
Pomeranian rivers flows directly into the Baltic Sea	9,6	5,3	4,1	7,5	2,2	3,5	77,4	
Rzek wpływających do Zalewu Wiślanego								
Rivers flows into the Vistula Lagoon	2,2	1,1	1,1	1,7	0,5	3,8	77,5	
Niemna the Neman								
<b>Razem zlewnie dostarczające wody do Bałtyku</b>	<b>275,1</b>	<b>153,8</b>	<b>113,5</b>	<b>215,4</b>	<b>59,7</b>	<b>3,7</b>	<b>78,3</b>	
<b>Altogether basin of rivers flows into the Baltic Sea</b>								
Innych zlewnisk niż Bałtyku	0,6	0,3	0,2	0,5	0,1	1,6	88,7	
Other catchments than Baltic Sea								
<b>Polska Poland</b>	<b>275,7</b>	<b>154,1</b>	<b>113,8</b>	<b>215,9</b>	<b>59,8</b>	<b>3,7</b>	<b>78,3</b>	

Źródło: opracowanie autorów. Source: own study.

datnie salda bilansu azotu brutto występują w zachodniej Polsce, czyli obszarze obejmującym zlewnie Odry i Przymorza. W tych zlewniach średnia wartość nadwyżek bilansowych przekracza  $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ . W pozostałych dwóch zlewniach, odprowadzających wody do Bałtyku z terytorium Polski, salda azotu brutto wynoszą  $42,7 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$  w zlewni Niemna i  $47,3 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$  w zlewni Wisły.

W przypadku fosforu, którego nadwyżka wynosi  $3,5\text{--}3,8 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ , nie stwierdzono wyraźnych różnic między największymi zlewniami w kraju.

Należy zaznaczyć, że na podstawie obliczonych sald azotu i fosforu trudno jednoznacznie określić ładunek biogenów pochodzenia rolniczego przedostających się do wód gruntowych oraz powierzchniowych i dalej do wód Bałtyku, niemniej pożądanym kierunkiem zmian byłby wzrost efektywności wykorzystania składników nawozowych, znajdujących się w obiegu w systemach produkcji rolniczej w Polsce.

## WNIOSKI

1. Polska z nadwyżką  $50,6 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$  oraz  $3,7 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$  należy do grupy krajów europejskich o najmniejszych saldach bilansu azotu i fosforu. Większe salda są notowane w wybranych do porównań krajach nadbałtyckich należących do OECD, szczególnie w krajach z intensywnym rolnictwem, tj. Niemczech i Danii.

2. Największe nadwyżki bilansowe azotu w Polsce (ponad  $70 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), wskazujące na potencjalne zagrożenia środowiskowe, stwierdzono w ostatnich latach w województwach kujawsko-pomorskim, łódzkim oraz wielkopolskim, najmniejsze natomiast, nieprzekraczające  $25 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$  – w województwach dolnośląskim i podkarpackim.

3. Największe dodatnie saldo bilansu fosforu ( $7,4 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ ) odnotowano w województwie wielkopolskim, podczas gdy ujemne saldo tego składnika, wynoszące  $-1,7$  oraz  $-0,2 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ , występuje odpowiednio w województwach dolnośląskim i opolskim. Ocena gospodarowania fosforem na szczeblu województw wskazuje na istnienie potencjalnych zagrożeń wynikających zarówno z nadmiarów, jak i niedoborów tego składnika.

4. Generalnie większe dodatnie salda bilansu azotu brutto stwierdza się na obszarze obejmującym zlewnie Odry i rzek Przymorza (powyżej  $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ ) niż na obszarze zlewni Wisły i Niemna.

5. Nie stwierdzono zróżnicowania salda bilansu fosforu brutto, wynoszącego  $3,5\text{--}3,8 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ , w obrębie największych zlewni rzek w Polsce.

6. Wartości poszczególnych elementów bilansów azotu i fosforu świadczą o dużym zróżnicowaniu regionalnym polskiego rolnictwa. Przyczyną tego zróżnicowania są zarówno warunki klimatyczno-glebowe, jak również, co jest czynnikiem dominującym, poziom techniczno-organizacyjny i ekonomiczny.

## LITERATURA

- Environmental indicators for agriculture, 2006. Vol. 4 Chapt. 3. Paris: OECD Publ. Serv.
- Environmental indicators for agriculture. Table of contents, 2008. Vol. 4 (forthcoming 2008). Paris: Agricult. Direct.
- FABER A., 2001. Wskaźniki proponowane do badań równowagi rozwoju rolnictwa. *Fragm. Agron.* 1(69) s. 31–44.
- FOTYMA M., IGRAS J., KOPIŃSKI J., GŁOWACKI M., 2000. Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim. *Pam. Puł. z.* 120/1 s. 91–99.
- GOSEK S., 1997. Wapnowanie i nawożenie mineralne a żywność gleby i plony roślin. *Biul. Inf. IUNG* nr 5 s. 6–7.
- GÓRKA K., POSKROBKO B., RADECKI W., 1998. Ochrona środowiska – problemy społeczne, ekonomiczne i prawne. Warszawa: PWE ss. 406.
- IGRAS J., LIPIŃSKI W., 2005. Zagrożenia dla środowiska przy różnym poziomie intensywności produkcji roślinnej w ujęciu regionalnym. W: *Efektywne i bezpieczne technologie produkcji roślinnej. Mater. 9 Konf. Nauk.* 1–2 czerwca, Puławy. Puławy: IUNG s. 141–150.
- KOPIŃSKI J., 2006a. Bilans azotu (N) brutto w rolnictwie Polski na tle krajów należących do OECD. *Nawozy Nawożenie* 1(26) s. 112–122.
- KOPIŃSKI J., 2006b. Zróżnicowanie nawożenia jako miara intensywności produkcji roślinnej w regionach. *Wieś Jutra* 6(95) s. 15–17.
- KOPIŃSKI J., 2007. Bilans azotu brutto dla Polski i województw w latach 2002–2005. *St. Rap. IUNG-PIB* nr 5 s. 117–131.
- PARRIS K., 2007. Agri-environmental performance in Poland. Recent trends and future outlook an OECD perspective. *Poznań: Pol. Soc. Agron.* ss. 27.
- Produkcja upraw rolnych i ogrodniczych, 2002–2008. Warszawa: GUS.
- Środki produkcji w rolnictwie, 2002–2008. Warszawa: GUS.
- TUJAKA A., 2007. Krajowy bilans fosforu w ujęciu regionalnym. *St. Rap. IUNG-PIB* nr 5 s. 133–139.
- Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich, 2002–2008. Warszawa: GUS.

*Jerzy KOPIŃSKI, Arkadiusz TUJAKA*

### THE NITROGEN AND PHOSPHORUS BALANCE IN AGRICULTURE OF POLAND

*Key words: agri-environmental indicator, nitrogen and phosphorus balance, nutrients efficiency*

#### S u m m a r y

Agriculture substantially interferes into natural nutrient cycling, mainly by the intensification of production. One of the most serious threats generated by agriculture is nitrogen and phosphorus compounds. Nitrogen and phosphorus balances, as an agri-environmental indicators, are very important source of information on the influence of agriculture on environment conditions. Above mentioned balances are prepared at different levels of territorial and administrative integration i.e. from single field through farm to water bodies, provinces and countries.

Among UE and OECD countries, Poland belongs to the group with the lowest balances of nitrogen and phosphorus. Higher balances were noted in some countries on the Baltic Sea coast, particularly in Germany and Denmark with their intensive agricultural practices.

A assessment of nutrient balances indicates their considerable differentiation caused by climate and soil conditions and by technical and organizational level of agriculture in Poland. Generally, the highest nitrogen surpluses were determined in provinces with intensive agriculture, localized mainly in the catchments of the Oder and Pomeranian rivers. No significant differences were observed in phosphorus balance between the catchments of the main rivers in Poland. However, greater differences, reflecting appropriate phosphorus management, were noted at provincial (administrative) level.

---

Recenzenci:

*prof. dr hab. Jan Łabętowicz*

*prof. dr hab. Andrzej Sapek*

Praca wpłynęła do Redakcji 06.04.2009 r.