

# NAWOŻENIE FOSFOREM A JEGO SKUTKI W ŚRODOWISKU

## Artykuł dyskusyjny

**Andrzej SAPEK**

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Chemii Gleby i Wody

*Słowa kluczowe: eutrofizacja, fosfor, Morze Bałtyckie, nawozy*

### Streszczenie

Upowszechnia się opinię, że poziom nawożenia fosforem w polskim rolnictwie jest niski, co ogranicza ujemny wpływ na eutrofizację wody, zwłaszcza Morza Bałtyckiego. Głównym argumentem takich opinii jest fakt, że bilans fosforu w polskim rolnictwie, obliczany metodą „powierzchni gleby”, wykazuje tylko niewielki nadmiar (dodatnie saldo) lub jest zerowy. Stąd wniosek, iż rolnictwo nie może być w Polsce głównym źródłem eutrofizacji wody, powodowanej tym składnikiem. Zupełnie odmienny obraz pokazują proste testy. Zużycie nawozów fosforowych w Polsce, obliczane w kg na ha, jest takie samo, jak w Niemczech lub Wielkiej Brytanii, a w przeliczeniu na mieszkańca dwa razy większe. Ze 143 tys. t P zastosowanych z nawozami w 2005 r. tylko 57 tys. t P sprzedano z rolnictwa wraz z produktami zwierzęcymi i roślinnymi. Część tego fosforu pozostaje w produktach odpadowych przemysłu spożywczego, które są utylizowane w rolnictwie jako pasze lub nawozy. W glebach uprawnych pozostaje więc przeciętnie ok. 5 kg P·ha<sup>-1</sup> rocznie. Średnie dane nie obrazują w pełni problemu z uwagi na duże zróżnicowanie poziomu produkcji w gospodarstwach. Największe zagrożenie powstaje w gospodarstwach ukierunkowanych na produkcję zwierzęcą, w których nadmiar bilansowy fosforu przekracza w większości 20 kg P·ha<sup>-1</sup>, a nadal stosuje się pełne nawożenie fosforem mineralnym.

### WSTĘP

Wraz z rozpoczęciem w 2004 r. wdrażania w Polsce Dyrektywy Azotowej UE uznano oficjalnie wpływ rolnictwa na środowisko, a w szczególności wpływ nań rozpraszania

związków azotu i fosforu, który skutkuje eutrofizacją środowiska i pogarszaniem jakości wody. Rozpraszanie to jest proporcjonalne do zużycia nawozów mineralnych oraz pogłowa zwierząt. Równocześnie narastająca eutrofizacja Morza Bałtyckiego nasila presję na Polskę, by ostatecznie podjęła odpowiednie działania na rzecz ograniczenia ładunków związków azotu i fosforu zrzucanych do morza. Mimo tego zwiększonego zainteresowania, oficjalne czynniki resortu rolnictwa uspokajają społeczeństwo, wyjaśniając, że produkcja rolna nie stwarza u nas zagrożenia eutrofizacją środowiska, prócz obszarów szczególnie zagrożonych zanieczyszczeniem azotanami, które objęto już pełną kontrolą.

W niniejszym artykule zamierzono podjąć dyskusję o poglądach w Polsce na temat zagrożenia, jakie stwarza fosfor rozpraszany z rolnictwa do środowiska i dalej do Morza Bałtyckiego, na tle "Bałtyckiego planu działania".

Podstawowym odbiorcą fosforu z wydobywanych surowców geologicznych jest rolnictwo, do którego trafia ponad 90% urobku przetwarzanego na nawozy mineralne, zawierające fosfor [OUDE DE, 1989]. Powoduje to, iż sektor rolniczy i wynikający zeń łańcuch pokarmowy człowieka ponosi pełną odpowiedzialność za rozpraszanie tego składnika do środowiska (tab. 1). Wydaje się jednak, że zarówno nasze czynniki oficjalne, jak i ośrodki naukowe nie chcą uznać tego faktu, co potwierdzają odpowiednie dokumenty, według których zużycie nawozów fosforowych w Polsce jest od 2 do 3 razy mniejsze niż średnio w krajach OECD [Spójna polityka..., 1999] oraz że poziom zużycia nawozów mineralnych w Polsce nie powoduje istotnego i powszechnie występującego zagrożenia dla środowiska ze strony gospodarki rolnej [Raport..., 1998]. Taką opinię przedstawiono również w najnowszym opracowaniu dotyczącym eutrofizacji Morza Bałtyckiego, informującym o zmniejszeniu się zużycia nawozów mineralnych w Polsce o 50% od 1990 r. [The state..., 2007]. Ponadto, podczas konferencji poświęconej minimalizacji eutrofizacji Morza Bałtyckiego, która odbyła się w Ministerstwie Środowiska w dniu 4 września 2007 r., przedstawiciel nauk rolniczych wykazywał, iż saldo bilansu fosforu w rolnictwie polskim w latach 1991–2005 było bliskie zeru, co jednoznacznie sugeruje, że sektor rolniczy nie jest źródłem rozpraszania fosforu do środowiska, w tym do środowiska Morza Bałtyckiego [IGRAS, 2007].

**Tabela 1.** Wykorzystanie fosforu z surowców kopalnych w procentach całości z 15 wydobywanych rocznie milionów ton fosforu (P) [OUDE DE, 1989]

**Table 1.** Phosphorus use from extracted ore in per cent of the total of 15 million tons of quarried phosphorus (P) [OUDE DE, 1989]

Wytwór lub zastosowanie Product or application	Wykorzystanie, % Use, %
Nawozy mineralne Mineral fertilizers	90,0
Środki czystości Cleansing agents	4,5
Pasze dla zwierząt Livestock fodder	3,4
Żywność i napoje Food and beverages	0,7
Obróbka metali Metal processing	0,6
Uzdatnianie wody Water softening	0,3
Inne Other	0,7

Również w głównym ośrodku naukowym, odpowiadającym za strategię i taktykę gospodarki nawozowej, a w konsekwencji zobowiązanym do działań na rzecz ograniczania rozpraszania fosforu do środowiska zajmowane jest takie samo stanowisko, jak wymienionych czynników oficjalnych, co podbudowuje się stwierdzeniem, iż bilans fosforu w rolnictwie jest zrównoważony, to znaczy z płodami wynosi się podobne ilości tego składnika, jakie wnosi się z nawozami mineralnymi, rozumiejąc przez płody plony roślin i produkty zwierzęce [FOTYMA, 2003; FOTYMA i in., 2000]. Autor artykułu dyskusyjnego pozwala sobie mieć odmienne zdanie, którego tezy zamierza omówić.

## ZUŻYCIE NAWOZÓW FOSFOROWYCH

W Europie, według danych FAO z 2005 r., większą masę mineralnych nawozów fosforowych niż rolnictwo polskie zużywa tylko rolnictwo we Francji i Hiszpanii, z krajów UE, oraz Rosja (tab. 2). Być może takie ogólne zestawienie zbyt słabo obrazuje fakt, iż w Polsce zużycie tych nawozów jest stosunkowo duże, dlatego przedstawiono je na tle zużycia w trzech krajach o podobnym areale gruntów rolnych – Niemczech, Wielkiej Brytanii i Włoszech, lecz o wysokim poziomie produkcji rolnej i liczniejszej ludności (tab. 3). Zużycie nawozów fosforowych w tych krajach, w przeliczeniu na hektar, niewiele się różni. W przeliczeniu natomiast na mieszkańca jest w Polsce dwa razy większe, co świadczy o nieefektywnym stosowaniu u nas tego nawozu. Ponadto w Polsce są mniejsze plony zbóż i mniejsza obsada zwierząt, a także jest dużo większy areal gruntów rolnych przypadających na mieszkańca. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych ubiegłego stulecia stosowano w Polsce „na zapas” zawyżone dawki nawozów fosforowych, podobnie jak w Niemczech, zwłaszcza w byłej NRD. Takich ilości nie stosowano w pozostałych krajach Europy Zachodniej (rys. 1). To historyczne, nadmierne nawożenie fosforem było w Polsce tak duże, iż w przeliczeniu na mieszkańca prawie dwukrotnie przewyższało nawożenie w Niemczech (rys. 2). W krajach zachodnioeuropejskich, o intensywnym rolnictwie, obserwuje się wyraźne zmniejszanie poziomu nawożenia fosforem, co wynika ze świadomego i celowego działania czynników oficjalnych, przy dużym zaangażowaniu ośrodków naukowych i rolników. W Polsce, od 1990 r., zmniejszyło się również zużycie nawozów fosforowych, co uznano za ważne osiągnięcie ze względu na ochronę przed eutrofizacją środowiska. Nie wynikało ono jednak z celowego działania lub wysiłku naukowego, a z niefortunnych decyzji ekonomicznych ograniczających produkcję rolniczą. Fakt ten nie może być jednak powodem do zadowolenia. Przyczynił się jednak do zastoju w badaniach naukowych i w podejmowaniu odpowiednich działań naprawczych, stosowanych w państwach na zachód od Odry.

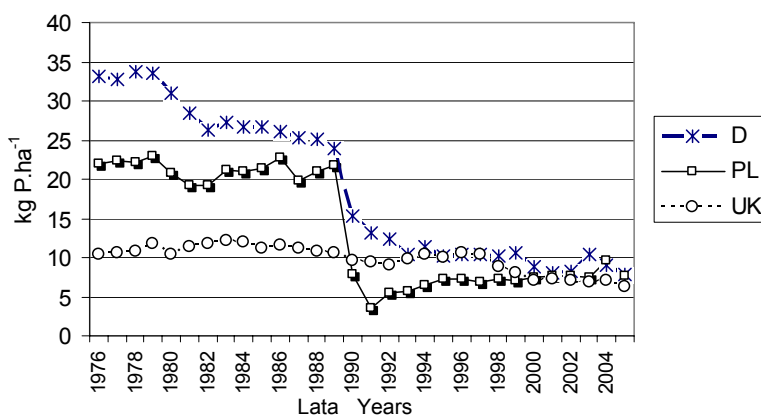
Należy jednoznacznie stwierdzić, że zużycie nawozów fosforowych w Polsce jest nie mniejsze niż w krajach europejskich oraz OECD, a ponadto efektywność ich stosowania jest wyraźnie mniejsza, a to wskazuje na potrzebę ograniczenia nawożenia fosforem, nie tylko ze względów ekonomicznych, lecz szczególnie z uwagi na potencjalną eutrofizację zasobów wody.

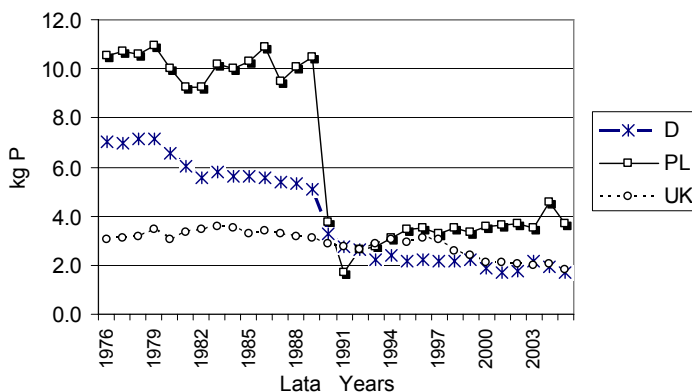
**Tabela 2.** Zużycie nawozów fosforowych w krajach europejskich tys. t P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (FAOSTAT)**Table 2.** Consumption of phosphorus fertilizers in European countries thous. t P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> [FAOSTAT]

Kraj Country	Lata Years			
	2002	2003	2004	2005
Austria Austria	78	64	61	63
Białoruś Belarus	70	70	107	141
Bułgaria Bulgaria	91	134	125	138
Chorwacja Croatia	40	44	39	25
Czechy Czech Republic	48	52	71	62
Dania Denmark	5	16	34	7
Estonia Estonia	160	146	146	182
Finlandia Finland	48	22	40	30
Francja France	713	746	769	627
Niemc Germany	327	409	359	314
Grecja Greece	120	109	116	109
Węgry Hungary	100	91	109	94
Irlandia Ireland	118	112	103	77
Włochy Italy	457	457	410	313
Łotwa Latvia	5	12	17	16
Litwa Lithuania	67	67	94	121
Luksemburg Luxembourg	5	4	4	4
Holandia Netherlands	92	54	57	177
Norwegia Norway	13	13	13	13
Polska Poland	327	312	406	328
Portugalia Portugal	78	72	61	62
Rumunia Romania	73	95	94	138
Federacja Rosyjska Russian Federation	313	296	334	524
Słowacja Slovakia	23	17	22	19
Słowenia Slovenia	18	15	16	15
Hiszpania Spain	563	589	550	485
Szwecja Sweden	38	48	62	52
Szwajcaria Switzerland	16	16	12	13
Ukraina Ukraine	33	43	19	21
Zjednoczone Królestwo United Kingdom	273	269	273	245

**Tabela 3.** Zużycie nawozów fosforowych w 2005 r. w krajach europejskich o podobnym areale użytków rolnych na tle innych wskaźników**Table 3.** Consumption of phosphorus fertilizers in 2005 in European countries with a similar area of agricultural lands on the background of other indicators

Kraj Country	Niemcy Germany	Polska Poland	Wielka Brytania Great Britain	Włochy Italy
Ludność, mln Population, millions	81,6	38,6	58,3	57,2
Użytki rolne, mln ha Agricultural lands, milion ha	17,3	18,6	17,1	15,6
Użytki rolne, ha·mieszkaniec <sup>-1</sup> Agricultural lands, ha·capita <sup>-1</sup>	0,21	0,48	0,29	0,27
Zużycie nawozów fosforowych, kg P·ha <sup>-1</sup> Consumption of phosphorus fertilizers, kg P·ha <sup>-1</sup>	7,9	7,7	6,2	8,7
Zużycie nawozów fosforowych, kg P·mieszkaniec <sup>-1</sup> Consumption of phosphorus fertilizers, kg P·capita <sup>-1</sup>	1,7	3,7	1,8	2,4
Średni plon zbóż, t·ha <sup>-1</sup> Mean cereal yield, t·ha <sup>-1</sup>	60,5	30,2	69,8	46,7
Obsada zwierząt, DS·ha <sup>-1</sup> Livestock density, LU ha <sup>-1</sup>	96,4	48,1	76,3	50,4
Zużycie nawozów azotowych, kg N·ha <sup>-1</sup> Consumption of nitrogen fertilizers, kg N·ha <sup>-1</sup>	103,2	47,7	64,4	39,5
Zużycie nawozów potasowych w 2005 r., kg K·ha <sup>-1</sup> Consumption of potassium fertilizers in 2005, kg K·ha <sup>-1</sup>	20,5	20,5	21,5	15,3

Rys. 1. Zmiany w zużyciu nawozów fosforowych (kg P·ha<sup>-1</sup>) w Niemczech, Polsce, Włoszech i Wielkiej Brytanii w latach 1976–2005Fig. 1. Changes in the consumption of phosphorus fertilizers (kg P·ha<sup>-1</sup>) in Germany, Poland, Italy and Great Britain between 1976 and 2005



Rys. 2. Zmiany w zużyciu nawozów fosforowych (kg P na mieszkańca) w Niemczech, Polsce, Włoszech i Wielkiej Brytanii w latach 1976–2005

Fig. 2. Changes in the consumption of phosphorus fertilizers (kg P·capita<sup>-1</sup>) in Germany, Poland, Italy and Great Britain between 1976 and 2005

## BILANS FOSFORU

Bilans fosforu w rolnictwie jest różnicą między jego masą wprowadzoną do gospodarstw z nawozami mineralnymi i dodatkami do pasz a masą sprzedaną z produktami roślinnymi i zwierzęcymi. Różnicę tę nazwano saldem bilansu składnika, odpowiadającym ilości niewykorzystanej w procesie produkcji i nagromadzającej się w glebie gospodarstwa, gdy nadmiar ten ma wartość dodatnią.

W Instytucie Uprawy, Nawożenia Gleboznawstwa upowszechniane jest twierdzenie o zrównoważonym bilansie fosforu w rolnictwie polskim, którego saldo wykazuje niewielką nadwyżkę: 2,8, 2,2, 1,4 i 2,2 P kg·ha<sup>-1</sup>, w zależności od daty publikacji [FOTYMA, 2003; FOTYMA i in., 2000; TUJAKA, 2006]. Ponadto ostatnio, podczas konferencji poświęconej minimalizacji eutrofizacji Morza Bałtyckiego, która odbyła się w ministerstwie Środowiska w dniu 4 września 2007 r., przedstawiono, iż saldo fosforu w rolnictwie polskim w latach 1991–2005 było bliskie zeru, ze skrajnymi wartościami od –2 do 2 kg P·ha<sup>-1</sup> [IGRAS, 2007]. Powyżej wymienione salda są jednak mało przekonujące. Wynikałoby, że ze 140 tys. t P wprowadzanych rocznie z nawozami mineralnymi tylko ok. 40 tys. t tego składnika pozostaje w glebach gospodarstw rolnych w roku, gdy saldo stanowi 2,2 kg P·ha<sup>-1</sup>, oraz że gleby są zubożone o 40 tys. t P w roku, gdy saldo to jest ujemne. W ten sposób rocznie rozprasa się do środowiska od 100 do 180 tys. t P. W przeliczeniu na tereny nierolnicze odpowiada to od 7 kg do 13 t P·ha<sup>-1</sup> rocznie. Sądzę, iż powierzchnia wód cieków i zbiorników mogłaby być uprzywilejowana w odbiorze tych ładunków, skąd prosta droga do morza. Autorzy opierali swoje wnioski na obliczeniach według metody OECD zalecanej do wykonywania bilansów w skali kraju w krajach członkowskich. Jest to bilans „powierzchni gleby”, w którym oblicza się różnicę między masą składnika wprowadzaną na powierzchnię pola z nawozami mineralnymi i naturalnymi a masą składnika w plonie zbieranym z pola. Wskaźniki wejściowe odnoszące się wielkości plonów, obsady zwierząt itp. pochodzą z da-

nych GUS, a mnożniki dotyczące średnich zawartości fosforu w bilansowanych materiałach przyjmuje się z danych literaturowych. Ostatecznie nie jest to bilans w dosłownym znaczeniu sumującym, a swojego rodzaju uproszczony model niewymagający kalibracji, lecz weryfikacji. Teoretycznie, weryfikacja jest możliwa, lecz liczba różnorodnych gospodarstw, z których dane spełniałyby wymagania statystyki oraz liczba potrzebnych analiz chemicznych jest zbyt wielka i wymagałaby nazbyt dużych nakładów. Nie wydaje się jednak, by taki wysiłek był niezbędny do weryfikacji wyników bilansu, którą można ograniczyć do pytania, czy otrzymywane wyniki odpowiadają zdrowemu rozsądkowi. Można to uczynić za pomocą prostych testów, które chciałbym zaproponować.

**Test strat ze środowiska.** W 2005 r. do środowiska w Polsce wprowadzono w postaci nawozów mineralnych 143 tys. t P (328 t  $P_2O_5$ ). Jedyłą udokumentowaną stratą ze środowiska jest ładunek fosforu wynoszony z Polski rzekami do Morza Bałtyckiego. Wyniósł on w 2005 r. 8,3 tys. t P. Pozostało w środowisku 134 tys. t P – jeśli nie w glebach użytków rolnych, to gdzie? Ilości fosforu wnoszone ze środkami czystości oraz w dodatkach mineralnych do pasz i żywności stanowią kilka procent pierwiastka wprowadzanego z nawozami, mimo to pomijamy je w naszych rozważaniach.

**Test spożycia przez ludność.** Zdecydowana większość płodów rolnych, sprzedanych z rolnictwa, jest, pośrednio lub bezpośrednio, spożywana przez ludność. KIRCHMANN [1998] w ramach skrupulatnych badań wykazał, że jeden mieszkaniec Szwecji rocznie spożywa i zostawia w toalecie przeciętnie 0,6 kg P, a 0,25 kg P wyrzuca do śmieci. Zastosowanie tego przelicznika do warunków polskich wykazałoby, że jeden mieszkaniec rozprasza rocznie 0,85 kg P z zakupionej żywności, co pomnożone przez liczbę mieszkańców czyni rocznie 32 tys. t P. Różnica między masą fosforu zastosowaną z nawozami mineralnymi a zakupioną przez mieszkańców z żywnością wynosi nadal 111 tys. t P.

**Test rozproszenia z płodów rolnych po opuszczeniu gospodarstwa.** Można założyć, iż różnica między masą fosforu w sprzedanych płodach rolnych a jego masą w żywności zakupionej przez konsumentów uległa rozproszeniu do środowiska w czasie transportu płodów, ich przechowywania lub przetwarzania. Ilość fosforu w produktach roślinnych i zwierzęcych sprzedawanych rocznie oszacowano w 2005 r. na 57 tys. t P [Rocznik statystyczny..., 2005], to stanowi nadal niecałe 40% fosforu zastosowanego z nawozami mineralnymi, gdyż w rolnictwie pozostała różnica – 86 tys. t P (tab. 4). Różnica między masą fosforu w sprzedanych produktach a tą masą w żywności zakupionej przez ludność wynosi ok. 25 tys. t P. Jest małe prawdopodobieństwo, by tak duża ilość fosforu ulegała stracie w trakcie przetwarzania, składowania lub transportu żywności. Ponadto należy uwzględnić ilości fosforu, które z przemysłu spożywczego powracają do rolnictwa w postaci użytecznych surowców odpadowych, zawierających fosfor, w postaci pasz, dodatków do pasz i nawozów.

**Porównanie z innymi metodami bilansowania.** Sprawdzanie wiarygodności bilansów substancji może polegać również na porównywaniu z wynikami otrzymanymi tą samą metodą przez innych autorów lub otrzymanymi innymi metodami. Odnośnie do tych drugich w Polsce stosuje się również metodę bilansu „wrót zagrody”, która wykazuje nadmiar fosforu (dodatnie saldo) ok. 5,7 kg  $P \cdot ha^{-1}$ , co jest liczbą tylko o 1,3 kg  $P \cdot ha^{-1}$  mniejszą od obecnego zużycia nawozów fosforowych w Polsce [CSATHÓ, 2002; SAPEK, SAPEK, 2002]. W upowszechnianych powyżej wynikach bilansu fosforu w rolnictwie polskim wspomniano wprawdzie o tej alternatywnej metodzie, lecz własnych wyników z nią nie porównano.

**Tabela 4.** Ilość fosforu w produktach roślinnych i zwierzęcych zakupionych z gospodarstw rolnych w Polsce w 2005 r.

**Table 4.** The amount of phosphorus in plant and animal products purchased from farms in Poland in 2005

Produkt Product	Skup Purchase		Zawartość Content P kg·t <sup>-1</sup>	Ilość w skupionych produktach Amount in purchased products	
	tys. t	thous. t		tys. t P	thous. t P
Zboża Cereals	5 578		3,5	19,5	
Ziemniaki Potatoes	897		0,5	0,4	
Buraki cukrowe Sweet beets	9 578		0,4	3,8	
Rzepak Rape	777		6,0	4,7	
Warzywa Vegetables	1 146		0,5	0,6	
Owoce Fruits	1 137		0,2	0,2	
Żywiec rzeźny Slaughter animal	3 423		5,5	18,8	
Mleko Milk	7 929		1,0	7,9	
Jaja Eggs	690		1,0	0,7	
Razem Total				56,6	

Być może alternatywna metoda jest niepoprawna, jest ona jednak stosowana w licznych ośrodkach, także w Polsce, ponadto jest obowiązująca w badaniach na rzecz PARCOMU, odpowiednika HELCOMU dla Morza Północnego.

### ZASOBNOŚĆ GLEB W FOSFOR

Intensywnemu rozwojowi przemysłu fosforowego w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego stulecia towarzyszyły badania nad zasobnością gleb, których wyniki promowały strategię nawożenia na zapas w celu doprowadzenia zasobności gleb w fosfor do testu dobrego lub bardzo dobrego. W Europie dotyczyło to zwłaszcza państw dawnego bloku sowieckiego. Obecnie strategia ta jest zaniechana na rzecz utrzymywania zasobności gleby w fosfor na poziomie testu średniego, z zamiarem ograniczenia rozpraszania fosforu z rolnictwa do środowiska [ISERMANN, 1999]. Zachodzi bowiem obawa, iż zostanie przekroczona pojemność wysycenia gleby fosforem, a w konsekwencji fosfor będzie z łatwością z nich uwalniany, skutkując trudną do opanowania eutrofizacją zasobów wody [SIBBESSEN, SHARPLEY, 1997]. Gleby w Polsce na coraz większym obszarze wykazują zasobność w fosfor zbliżającą się do ich pojemności wysycenia, szczególnie w gospodarstwach ukierunkowanych na chów zwierząt, w których prócz nawożenia fosforem dodaje się znaczne ilości tego składnika z paszami treściwymi i z mineralnymi dodatkami [SAPEK, 2007].

### PODSUMOWANIE

Dane statystyczne FAO wykazały, iż poziom nawożenia fosforem w Polsce, odniesiony do powierzchni gruntów rolnych, nie jest mniejszy niż w europejskich krajach z inten-



sywnym rolnictwem, w porównaniu do których zużycie nawozów fosforowych w przeliczeniu na mieszkańca jest znacznie większe i wyraźnie zwiększa się, co jest dodatkową informacją o nieefektywnym gospodarowaniu tym składnikiem w Polsce.

Testowano tezę, że bilans fosforu w rolnictwie polskim, w skali kraju, jest zrównoważony, to znaczy, że z gospodarstw wynosi się z produktami podobną masę fosforu, jaką wprowadza się doń z nawozami mineralnymi. Testy wykazały, że w gospodarstwach pozostaje liczący się nadmiar fosforu, większy niż upowszechniane saldo.

- Z całej masy 143 tys. t P zastosowanej z nawozami mineralnymi odpłynęło do Morza Bałtyckiego 9 tys., w środowisku pozostało więc 134 tys. t P.
- Z tej masy mieszkańcy zakupili z żywnością ok. 32 tys. t P, które trafiło ostatecznie do toalety lub do śmieci. Pozostałe 111 tys. t P rozproszyło się do środowiska.
- Wraz ze sprzedanymi produktami zwierzęcymi i roślinnym opuszcza gospodarstwa rolne rocznie 57 tys. t P, co stanowi tylko 40% fosforu wprowadzonego doń rocznie z nawozami mineralnymi. Ta różnica nagromadza się w glebach uprawnych bądź rozprasza się z nich do środowiska. W teście tym pominięto fakt, że wraz z użytecznymi ubocznymi produktami z przemysłu spożywczego znaczna część fosforu powraca do rolnictwa.
- Alternatywna metoda bilansowania wykazuje, iż saldo fosforu w rolnictwie polskim wynosi ok.  $5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

Wyniki testowania wykazały, iż dyskutowaną tezę o równowadze ilości fosforu w rolnictwie można by uznać za wiarygodną tylko wtedy, gdyby określono, w którym odcinku obiegu fosforu z nawozów fosforowych, poza rolnictwem, ulega on rozproszeniu i jakie procesy są związane z tym zjawiskiem.

Saldo  $5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  może wydawać się banalne na tle przeciętnie zalecanych dawek nawozów fosforowych w granicach od 10 do 30  $\text{kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$  (~20 do 60  $\text{kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ). Saldo to jest jednak ilością dodawaną corocznie do trwałego zapasu fosforu w glebie, której pojemność wobec tego składnika jest ograniczona, aczkolwiek w Polsce nie jest oficjalnie zdefiniowana i rutynowo mierzona. Gdy pojemność wysycenia gleby fosforem zostanie przekroczona, będzie on z łatwością z niej uwalniany, skutkując trudną do opanowania eutrofizacją zasobów wody [SIBBESEN, SHARPLEY, 1997]. Zwiększanie zapasu fosforu w glebie rocznie o  $5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$  nie oddziałuje na wyobraźnię, aczkolwiek jest to wzbogacenie gleby o ponad 100  $\text{kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$  w czasie jednego pokolenia. Być może następne pokolenia będą bardziej troszczyły się o zrównoważony (zachowawczy) rozwój. Strategii lub prognozy w zakresie ochrony środowiska nie można opracowywać na podstawie uśrednionych danych. Zanieczyszczenie substancjami rozpraszającymi do środowiska pochodzi głównie z ośrodków, z których substancje te rozpraszają się w ilościach większych od przeciętnych. Zagrożenie rozpraszania fosforu wzrasta w miarę zwiększania się salda bilansu. Opisano gospodarstwa rolne, w których nadwyżka bilansowa przekraczała  $20 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a mimo to nawozi się tam nadal fosforem w dawkach takich samych lub większych niż wynosiła omawiana nadwyżka [LABĘTOWICZ i in., 2002; SAPEK i in., 2000]. Tak duża nadwyżka (saldo) fosforu jest obserwowana we wszystkich gospodarstwach nastawionych na towarową produkcję zwierzęcą, w których, prócz pasz treściwych i dodatków mineralnych kupowanych poza gospodarstwem, stosuje się nawożenie fosforem, często w dawkach ogólnie zalecanych. O udziale produkcji zwierzęcej w obiegu fosforu w gospodarstwie świadczy jego bilans w dziecie krowy o rocznej wydajności 8000 kg sprzedanego mleka, który wykazał nadmiar 22,5 kg P, z czego aż 6,6 kg P pochodziło z mineralnych dodatków do paszy

[SAPEK, 2007]. Obecne zalecenia nawozowe dla gospodarstw ukierunkowanych na towarową produkcję zwierzęcą nie uwzględniają ilości fosforu zawartych w paszach spoza gospodarstwa, w tym dodawanego doń mineralnego fosforu oraz tego składnika w dodatkach mineralnych. Metoda „powierzchni gleby” bilansu składników nawozowych wprowadzona wraz z wdrożeniem Dyrektywy Azotanowej jako podstawa do zaleceń nawozowych na poziomie gospodarstwa nie jest przydatna w gospodarstwach ukierunkowanych na produkcję zwierzęcą, a przynajmniej jej przydatności nie sprawdzono, a tym bardziej udowodniono.

Niezależnie od stanowiska ośrodków decyzyjnych i naukowych odnoszącego się do wymaganego poziomu zużycia nawozów fosforowych oraz zwiększania się zasobności środowiska w fosfor, powodującej jego eutrofizację, prognozy i propozycje działań naprawczych muszą opierać się na sprawdzonych danych wyjściowych. Zakłócenia w środowisku nie rozwijają się liniowo w czasie, lecz wykładniczo. Dlatego w niektórych krajach europejskich podjęto skuteczne działania na rzecz ograniczenia zużycia nawozów fosforowych. W większości przypadków ograniczenie to nie zmniejsza zysków rolnika, lecz zmniejsza wydatki, a zawsze jest korzystne dla środowiska. Upowszechniany jest u nas obecnie pogląd, iż cała masa fosforu wprowadzana z nawozami mineralnymi do rolnictwa jest wynoszona z gospodarstw z plonem. To sugerowałoby, że roczny ładunek ok. 140 tys. t P zdąży ku zasobom wody powierzchniowej oraz dalej ku Morzu Bałtyckiemu. Potrzebne są więc propozycje, w jaki sposób ten ładunek „obłaskawić” poza rolnictwem. Budowa coraz bardziej sprawnych oczyszczalni ścieków problemu nie rozwiąże.

## LITERATURA

- CSATHÓ P., 2002. Bilans fosforu na Węgrzech i w wybranych krajach europejskich. *Nawozy Nawożenie* 4(13) s. 83–104.
- FAOSTAT | © FAO Statistics Division 2007 | 17 September 2007, Consumption tones of Phosphate – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- FOTYMA M., IGRAS J., KOPÍŃSKI J., GŁOWACKI M., 2000. Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim. *Pam. Puł.* 120/1 s. 91–99.
- FOTYMA M., 2003. Fertilizer use by crop in Poland. Rome: FAO ss. 44.
- ISERMANN K., 1999. Phosphor (P)-Bilanzen der Landwirtschaft Europas vor dem Hintergrund der nachhaltigen Entwicklung ihrer P-Haushalte. *VDLUFA-Schriftreihe (Kongressband 111)* s. 123–132.
- IGRAS J., 2007. Możliwości redukcji zanieczyszczenia Morza Bałtyckiego substancjami biogenymi pochodzącymi z nawozów w rolnictwie tradycyjnym. Prezentacja na Konferencji „Działania na rzecz minimalizacji eutrofizacji Morza Bałtyckiego – Bałtycki plan działania HELCOM, Ministerstwo Środowiska, 4 września 2007.
- KOPÍŃSKI J., IGRAS J., GŁOWACKI M., 2002. Ocena regionalnego zróżnicowania bilansu fosforu w rolnictwie polskim. *Nawozy Nawożenie* 4(13) s. 130–139.
- KIRCHMANN H., 1998. Phosphorus flows in Swedish society related to agriculture. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* 137(7) s. 145–156.
- LABĘTOWICZ J., MAJEWSKI E., RADECKI A., KASZCZUK M., 2002. Bilans fosforu w wybranych gospodarstwach rolnych w Polsce. *Nawozy Nawożenie* 4(13) s. 139–140.
- OUDE DE N.T., 1989. Anthropogenic sources of phosphorus: Detergents. W: *Phosphates & Potash Insight, Clearwater Supplement*. Red. H. Thiessen. (Ulotka bez stron.)
- Rocznik statystyczny rolnictwa i obszarów wiejskich, 2005. Warszawa: GUS.

- Raport Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska, 1998. Stan środowiska w Polsce. Bibl. Monitor. Środ. Warszawa: PIOŚ ss. 159
- SAPEK A., 1998. Phosphorus cycle in Polish agriculture. Phosphorus in agriculture and water quality protection. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 8–18.
- SAPEK A., 2007. Przyczyny zwiększania się zasobów fosforu w glebach polskich. Roczn. Gleb. 58 3/4 s. 110–118.
- SAPEK, A., SAPEK B., 2002. Obieg i bilans fosforu w łańcuchu pokarmowym człowieka w Polsce. Nawozy Nawożenie 4(13) s. 106–123.
- SIBBESEN E., SHARPLEY A.N., 1997. Setting and justifying upper critical limits for phosphorus in soils. W: Phosphorus loss from soil to water. Pr. zbior. Red. H. Tunney, O.T. Carton. Wexford, 29–31 September 1995. Wallingford: CAB Intern. s. 151–176.
- Spójna polityka strukturalna rozwoju obszarów wiejskich i rolnictwa, 1999. Warszawa: MRiGŻ s. 4–80.
- The state of marine environment of the Polish sector of the Baltic Sea, 2007. Warsaw: Chief Inspectorate Env. Protec. s. 3–32.
- TUJAKA A., 2002. Prognozowanie zużycia nawozów mineralnych oparte o potrzeby roślin. Nawozy Nawożenie 4(13) s. 186–196.

*Andrzej SAPEK*

## **PHOSPHORUS FERTILIZATION AND ITS ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES. A DEBATE**

*Key words: Baltic Sea, content phosphorus, eutrophication, fertilizers*

### **S u m m a r y**

It's generally believed that the consumption of phosphorus fertilizers in Polish agriculture is low and this sector has only low impact on eutrophication of waters, particularly those in the Baltic Sea. This opinion is supported by the fact that phosphorus budget in Polish agriculture made with the "soil surface" method is balanced or shows only a slight surplus. Hence, agriculture could not be the main source of water eutrophication by this element. Simple tests reveal quite opposite picture. The consumption of phosphorus fertilizers in Polish agriculture in kg P per ha is similar to that in Germany and UK agriculture, and calculated per capita is twice that high. Out of about 143 thousand tons of P input in mineral fertilizers in 2005 only 57 tons of P were removed from agriculture with crop and animal products. Part of phosphorus from these products was left in food processing wastes and re-utilized in agriculture. So, c. 5 kg P per ha on average remains in agricultural soils every year. Averaged data do not emphasize the problem since farming systems show great variability in Poland. The main threat of phosphorus dispersion originates in animal farms, where the phosphorus surplus usually exceeds 20 kg P per ha and where complete mineral P fertilization is still continued.

---

Recenzenci:

*doc. dr hab. Janusz Igras*

*prof. dr hab. Jan Łabętowicz*

Praca wpłynęła do Redakcji 18.02.2008 r.