

ANDRZEJ SAPEK  
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy  
Falenty

## EMISJA AMONIAKU Z ROLNICTWA W POLSCE

### Wprowadzenie

Rolnictwo jest postrzegane jako ważne źródło zanieczyszczenia środowiska, podejmowane są zatem niezbędne działania w celu jego ograniczenia. To z kolei ingeruje w funkcjonowanie rolnictwa, przyczyniając się często do ograniczenia produkcji oraz obciążeń finansowych i organizacyjnych gospodarstw rolnych. Dobrym przykładem tego integrowania jest wdrażanie Dyrektywy Azotanowej, programów rolnośrodowiskowych lub obszarów Natura 2000 itp., w których należało szukać równowagi między potrzebami rolnictwa a wymaganiami ochrony środowiska, wspomagane przez „lobbowanie” z obydwóch stron. Naczelną jednak rolę należy przypisać nauce, ona winna bowiem dostarczyć odpowiedniego rozpoznania merytorycznego, rozważyć i wykazać korzyści oraz straty nie tylko dla środowiska, lecz także dla rolnictwa. W tym celu niezbędne są miarodajne dane statystyczne, dotyczące zarówno rolnictwa, jak i jego oddziaływania na środowisko.

Ważnym zagadnieniem jest eutrofizacja środowiska, wynikająca z rozpraszania z rolnictwa związków azotu, których pokaźne ilości wprowadza się nawozami sztucznymi. Azot niepobrany przez rośliny oraz wyzwolany z rozkładających się pozostałości uprawianych roślin trafia do środowiska, powodując w nim ujemne skutki, wyczerpująco opisane w literaturze. Azot przenika do zasobów wody głównie w postaci azotanów, a do atmosfery w postaci amoniaku. Wprawdzie brakuje oficjalnych wymogów ograniczających emisję amoniaku, są one jednak zawarte w innych dokumentach, także w Dyrektywie Azotanowej.

Według aktualnych danych GUS, aż 98% emitowanego amoniaku w Polsce pochodzi z rolnictwa. Dane te jednak tylko w niewielkim stopniu uwzględniają źródła nierolnicze, emisja z których ma również znaczenie dla środowiska i nie można jej pomijać [1, 5, 7, 10]. W Polsce od r. 1990 emisja amoniaku zmniejszyła się dwukrotnie, mimo iż nie podjęto żadnych czynności naprawczych w tym zakresie.

Celem opracowania jest porównanie zmian emisji amoniaku z rozwojem gospodarki rolnej w ostatnich 20 latach. Porównanie przeprowadzono w oparciu o dane zestawione w rocznikach GUS.

### Podstawowe wiadomości

Globalna emisja amoniaku ze źródeł lądowych wynosi 44 mln t azotu amoniakalnego ( $N-NH_3$ ), w tym ze źródeł rolniczych 33 mln t, co stanowi aż 75% całkowitej emisji (tab. 1) [2]. Emisję amoniaku oraz pozostałych gazowych związków azotu zestawia się w przeliczeniu na masę cząsteczki, w której zawarty jest azot, a nie na czysty składnik – azot, co bardzo utrudnia porównywanie i bilansowanie azotu w środowisku oraz prowadzi czasem do nieporozumień. Emisja amoniaku w Polsce w 2009 r. wyniosła 273 Gg  $NH_3$ , co w przeliczeniu na czysty składnik odpowiada 227,5 Gg N [3]. W tym samym czasie emisja tlenków azotu w przeliczeniu na  $NO_2$  wynosiła 820 Gg  $NO_x$ , co równało się emisji 249,3 Gg N. Niewiele większy niż w przypadku emisji amoniaku ładunek związanego azotu jest rozpraszany z tlenkami do środowiska (różnica jest w granicach błędu). Mniej wnikliwi czytelnicy mogą być przekonani, iż emisja tlenków azotu stanowi trzykrotnie większe zagrożenie w środowisku niż emisja amoniaku, gorzej, jeśli na tej podstawie podejmowane są decyzje zaradcze. Ponadto emisja cząsteczki amoniaku dwukrotnie silniej przyczynia się do zakwaszania środowiska, gdyż w wyniku utlenienia amoniaku powstają dwa protony, natomiast w reakcji cząsteczki tlenków azotu z wodą tylko jeden.

Tabela 1

#### Emisja amoniaku do atmosfery ze źródeł lądowych

Źródło	Emisja mln $N-NH_3 \cdot t \cdot r^{-1}$	% emisji całkowitej
Nawozy naturalne	21,6	48,6
Nawozy mineralne	9	20,3
Uprawy rolnicze	2,6	5,9
Odchody bytowe	2,6	5,9
Gleby pod naturalną roślinnością	2,4	5,4
Spalanie biomasy i biopaliw	5,9	13,3
Spalanie paliw kopalnych	0,1	0,2
Procesy przemysłowe	0,2	0,5
Razem	44,4	100,0

Źródło: [3].

Dane GUS dotyczące emisji amoniaku opierają się nie na jej pomiarze, a na ocenie, w której stosuje się odpowiednie przeliczniki zwane współczynnikami emisji. Spotykane w literaturze współczynniki emisji amoniaku z rolnictwa ograniczają się do zwierząt gospodarskich i stosowanych mineralnych nawozów azotowych. Współczynniki dla poszczególnych gatunków zwierząt opierają się na zawartości azotu w odchodach i mają miano  $kg N-NH_3 \cdot zwierze^{-1} \cdot rok^{-1}$ . Międzynarodowy Instytut Stosowanych Analiz Systemowych (IIASA) w Laksenburgu przyjmuje, że w rocznych odchodach od krowy w Polsce znajduje się przeciętnie 75,9 kg N, z którego 39% jest emitowane w postaci amoniaku, w odchodach świni natomiast

znajduje się 11,1 kg N, z którego aż 53% emituje się w postaci amoniaku [6]. Wraz ze zwiększaniem się wydajności mleka wzrasta udział azotu w diecie krów. W gospodarstwie Zakładu Doświadczalnego ITEP w Falentach zawartość azotu w rocznych odchodach krowy wynosiła 115, 130 i 180 kg N, przy rocznej wydajności mleka od krowy wynoszącej odpowiednio 7000, 8000 i 10 000 litrów [8]. Podobne zależności występują w wyniku zwiększania udziału białka w produktach trzody i drobiu. Emisja amoniaku z zastosowanych nawozów mineralnych zależy od ich rodzaju i jest większa z postaci amonowych niż saletrzanych, a największa z mocznika. Mianem współczynników emisji z zastosowanych nawozów jest  $\text{kg N-NH}_3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Emisja z zastosowanych nawozów naturalnych jest włączona do współczynników emisji od każdego gatunku zwierząt. Współczynnik emisji dla odpowiedniego gatunku zwierząt mnoży się przez ich obsadę w kraju lub regionie, a współczynniki emisji z nawozów sztucznych przez zużycie każdego ich rodzaju. Wielkość współczynnika emisji od zwierząt jest zależna od przeciętnej masy azotu w ich odchodach (która jest funkcją zawartości białka w diecie), a zatem od sposobu żywienia oraz od wydajności mleka lub przyrostu mięsa zwierząt rzeźnych, a te wahają się w szerokim zakresie.

### Ocena emisji amoniaku z rolnictwa w Polsce

Dane o emisji amoniaku zestawiane w rocznikach GUS są dostępne dopiero od 1990 r. Są one wyrażane w tysiącach ton  $\text{NH}_3$  na rok i podawane jako emisja amoniaku. W celu zachowania spójności z pracami dotyczącymi obiegu azotu w środowisku wszystkie dane przeliczono na azot amoniakalny ( $\text{N-NH}_3$ ). Oceniono, że 99% emitowanego amoniaku w Polsce pochodzi z rolnictwa, w tym 70% z produkcji zwierzęcej, a pozostałe 30% ze stosowania mineralnych nawozów azotowych. Emisja amoniaku była największa w latach od 1990 do 1992 (średnio 418 tys. t  $\text{N-NH}_3$  rocznie). W następnych latach zmniejszyła się prawie dwukrotnie – do 235 tys. t N w roku 2009 r., co potwierdził istotny trend malejący  $R^2 = 0,74$  (rys. 1). Zużycie nawozów azotowych było niewielkie w pierwszych trzech latach transformacji (średnio 679 tys. t N), lecz od 2004 r. wzrosło po przyznaniu rolnikom dopłat bezpośrednich, co potwierdza istotny trend rosnący  $R^2 = 0,77$  (rys. 1, tab. 1). Ujemna wartość istotnego współczynnika regresji zależności między emisją a nawożeniem nie potwierdza jednak postulowanego 30% udziału nawożenia azotem w emisji amoniaku z rolnictwa (tab. 2).

Widoczna jest natomiast dominująca rola produkcji zwierzęcej w emisji amoniaku, o czym świadczy jej zależność od liczby zwierząt, która w pierwszych latach transformacji gwałtownie zmniejszyła się i nadal maleje w odniesieniu do przeliczeniowych dużych sztuk (rys. 2), w tym krów (rys. 3), co potwierdzają istotne współczynniki trendu (tab. 1, 2). W odniesieniu do liczby trzody chlewnej (rys. 4) miały miejsce większe wahania. Zarówno trend zmian liczby zwierząt, jak współczynnik regresji były istotne tylko przy  $p < 0,05$ . Odwrotna zależność wystąpiła jednak przy rozpatrywaniu wytworów produkcji zwierzęcej, gdyż emisja nie ulegała zwiększaniu, a wręcz malała w miarę wzrostu produkcji żywca rzeźnego od 1995 r. (rys. 5), zwłaszcza w przypadku

mięsa drobiowego (rys. 6), którego produkcja zwiększyła się ponad trzykrotnie. Dwukrotnie również wzrosła produkcja jaj od 1994 r. (rys. 7). Produkcja mleka drastycznie malała do 1995 r., by w następnych latach pozostawać na stałym poziomie, wymuszonym kwotami mlecznymi (rys. 8). Dodatniego wpływu na emisję nie miało zwiększanie się mleczności krów, która w 2009 r. była o 50% większa w porównaniu do roku 1990 (rys. 9). Te istotne zmiany jakościowe w produkcji zwierzęcej przyczyniły się do zwiększenia spożycia mięsa, nie wykazano jednak, by miały wpływ na emisję amoniaku (rys. 10).

Tabela 2

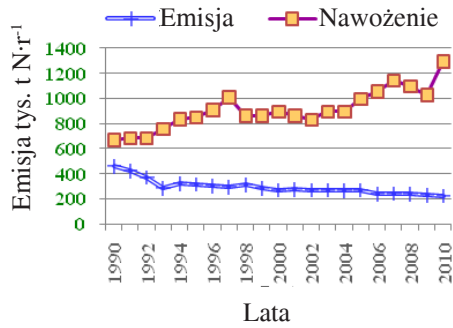
**Wartość R-kwadrat trendu zmian badanego czynnika w czasie**

Badany czynnik	R-kwadrat trendu
Emisja amoniaku	0,74
Nawożenie azotem mineralnym	0,78
Zwierzęta gospodarskie w sztukach przeliczeniowych dużych	0,87
w tym: krowy	0,87
w tym: trzoda chlewna	0,51
Produkcja żywca rzeźnego w tys. t wagi żywej	0,48
w tym: drób	0,95
Produkcja jaj kurzych w mln sztuk	0,85
Produkcja mleka krowiego w mln litrów	0,31
Przeciętny roczny udój mleka od 1 krowy w l	0,85
Spożycie mięsa w przeliczeniu na 1 mieszkańca	0,36

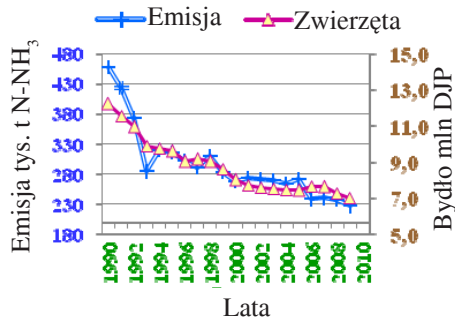
Tabela 3

**Współczynniki regresji liniowej między emisją amoniaku a badanym czynnikiem**

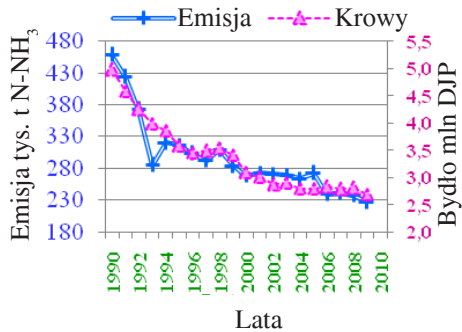
Wyszczególnienie	Równanie regresji	Współczynnik regresji
Nawożenie azotem mineralnym	$y = 19,4x + 688$	-0,83
Zwierzęta gospodarskie w sztukach przeliczeniowych dużych	$y = -241x + 11274$	0,94
w tym: krowy	$y = -104x + 4478$	0,94
w tym: trzoda chlewna	$y = -228x + 20725$	0,51
Produkcja żywca rzeźnego w tys. t wagi żywej	$y = 49,0x + 3898$	-0,32
w tym: drób	$y = 76,5x + 150$	-0,73
Produkcja jaj kurzych w mln sztuk	$y = 249x + 5431$	-0,62
Produkcja mleka krowiego w mln litrów	$y = -92,7x + 13054$	0,84
Przeciętny roczny udój mleka od 1 krowy w l	$y = 81,8x + 2795$	-0,76
Spożycie mięsa w przeliczeniu na 1 mieszkańca	$y = 0,467x + 64,2$	-0,26



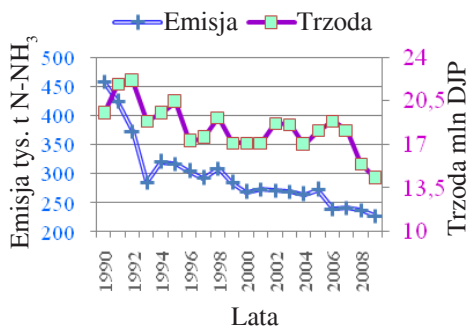
Rys. 1. Nawożenie mineralnym azotem na tle emisji amoniaku



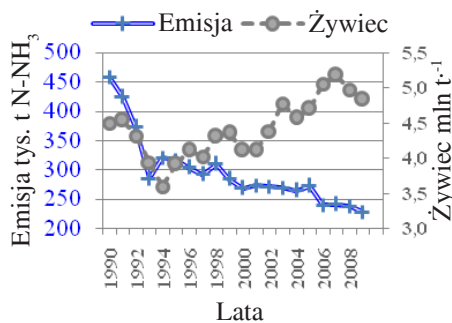
Rys. 2. Zwierzęta gospodarskie w szt. przeliczeniowych dużych na tle emisji amoniaku



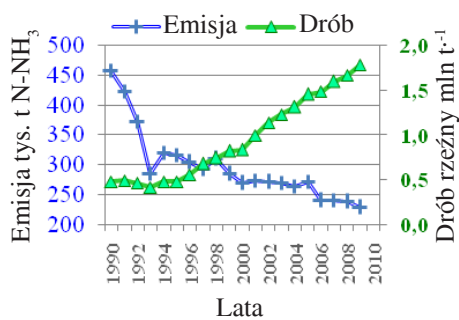
Rys. 3. Krowy w szt. przeliczeniowych dużych na tle emisji amoniaku



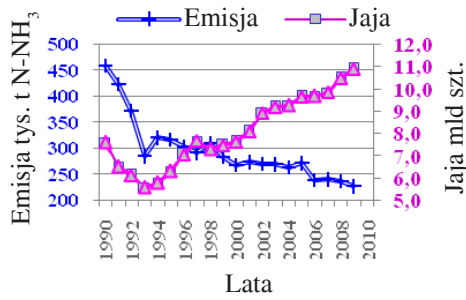
Rys. 4. Trzoda w szt. przeliczeniowych dużych na tle emisji amoniaku



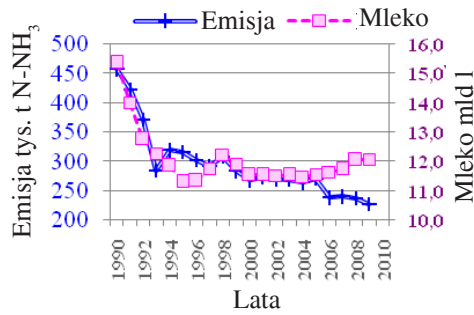
Rys. 5. Produkcja żywca rzeźnego w tys. ton żywej wagi na tle emisji amoniaku



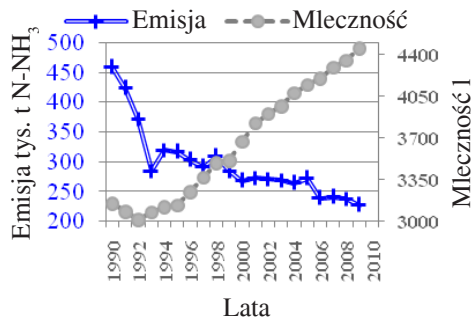
Rys. 6. Produkcja drobiu rzeźnego w mln ton żywej wagi na tle emisji amoniaku



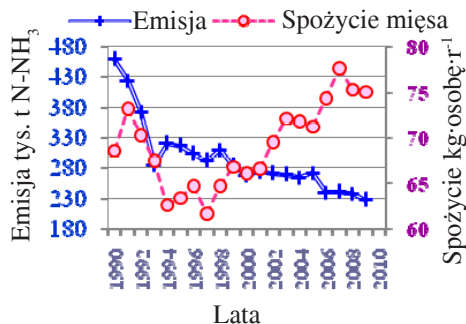
Rys. 7. Produkcja jaj kurzych w mld sztuk na tle emisji amoniaku



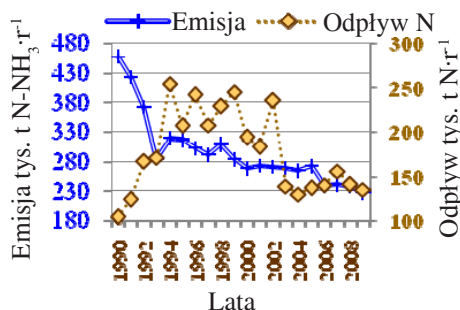
Rys. 8. Produkcja mleka krowiego w mld litrów na tle emisji amoniaku



Rys. 9. Przeciętny roczny udój mleka od jednej krowy w litrach na tle emisji amoniaku



Rys. 10. Spożycie mięsa (+podrobów) przez mieszkańca w kg na rok na tle emisji amoniaku



Rys. 11. Odptyw związanego azotu rzekami do Morza Bałtyckiego na tle emisji amoniaku

## Podsumowanie

W dwudziestoleciu 1990-2009 wykazana emisja amoniaku (przeliczona na czysty składnik – azot) wyniosła średnio 296 tys. t N-NH<sub>3</sub> na rok i 18 kg N·ha<sup>-1</sup> UR, co stanowiło 37% azotu zastosowanego z nawozami mineralnymi w tym okresie. W latach 1990-1992 średnia emisja wynosiła 418 tys. t N-NH<sub>3</sub> na rok i 26 kg N·ha<sup>-1</sup> UR, co odpowiadało 62% zastosowanego wówczas nawożenia. W latach 2007-2009 emisja odpowiadała odpowiednio 235 tys. t N-NH<sub>3</sub> na rok i 15 kg N·ha<sup>-1</sup> UR. Dane te są mało prawdopodobne. Zasadne jest pytanie o wielkość emisji, którą należy brać pod uwagę przy podejmowaniu decyzji na rzecz ochrony środowiska lub zmniejszenia kosztów produkcji – czy kierować się danymi z początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy rolnictwo polskie było w głębokiej recesji, czy współczesnymi, kiedy obserwuje się jego rozwój? Z analizy danych GUS wynika, że emisja amoniaku w Polsce pochodzi w 98% z rolnictwa i jest jedynie zależna od liczby zwierząt gospodarskich, głównie bydła, a zwłaszcza krów. Niezauważane jest dwukrotne zwiększenie stosowania mineralnych nawozów azotowych, odpowiedzialnych w 30% za omawianą emisję. Podobnie, nie są brane pod uwagę zmiany strukturalne



w rolnictwie, jakie nastąpiły w omawianym dwudziestoleciu, zwłaszcza w chowie krów, opisane przez Dzuna. Zauważył on, że w tym okresie nastąpił bardzo duży spadek liczby gospodarstw utrzymujących krowy oraz liczby samych krów. Od połowy lat 90. chów krów przesuwa się do gospodarstw większych obszarowo i zarysowuje się wyraźnie proces koncentracji i specjalizacji, co skutkuje wyraźną poprawą mleczności krów i jakości mleka. Ten proces wymaga zmiany w systemie żywienia krów, polegającej na zwiększeniu białka w diecie, a w konsekwencji zawartości azotu w odchodach – będącego główną miarą emisji amoniaku od zwierzęcia.

Straty azotu z Polski do zasobów wody, ocenione na podstawie jego ilości wnoszonej z rzekami do Morza Bałtyckiego, są o połowę mniejsze (rys. 11), mimo to podejmowane są energiczne przeciwdziałania, zalecane – między innymi – w Dyrektywie Azotanowej i Konwencji Helsińskiej (HELCOM). Emitowany amoniak nie tylko zagraża jakości środowiska, lecz także jest liczącą się stratą finansową w gospodarce narodowej, a szczególnie w dochodach rolnika. Obecnie cena kg azotu w nawozach mineralnych przekracza 3,5 PLN. Można zakładać zatem, że wraz z emitowanym amoniakiem rolnictwo traci ponad 1 mld PLN rocznie. Fakt ten jest słabo rozpoznany, a podejmowane przeciwdziałania nadal są bardzo ograniczone. Amoniak nie jest gazem cieplarnianym, stąd brakuje większego zainteresowania wśród ekologów, a rolnikom łatwiej jest zakazywać i nakazywać aniżeli ich edukować.

Zapobieganie emisji amoniaku może opierać się tylko na czytelnym opisie zjawiska i miarodajnych danych statystycznych. Obecne dane o emisji amoniaku są jednak niepewne, gdyż są zbierane od 1990 r. na tych samych, niezmiennych zasadach, przy zastosowaniu tego samego i jedyne go modelu opierającego się wyłącznie na współczynniku emisji od liczby dużych zwierząt. Jest to nie do przyjęcia w Polsce, w której w wyniku transformacji nastąpiły znaczne zmiany w rolnictwie, a zwłaszcza w żywieniu zwierząt oraz gospodarowaniu azotem. Dotyczą one w szczególności ilości i jakości produkowanego białka zwierzęcego, ze względu na zwiększenie zawartości tego składnika w diecie zwierząt.

Na emisję amoniaku z produkcji rolnej składają się liczne czynniki decydujące o jej wielkości. Uwzględnianie tych czynników umożliwi rozwój umiejętności konstruowania modeli matematycznych, które pozwolą na pełne rozpoznanie zagadnienia ilościowych strat tego składnika, odpowiadających setkom milionów PLN rocznie, a ponadto powodujących straty podobnej wagi w środowisku.

**Literatura:**

1. Battye W., Aneja V.P., Roelle P.A.: Evaluation and improvement of ammonia emissions inventories. *Atmospheric Environment* 37, 2003.
2. FAO: Global estimates of gaseous emissions of NH<sub>3</sub>, NO and N<sub>2</sub>O from agricultural land. International Fertilizer Industry Association, Rome 2001.
3. GUS: Ochrona Środowiska, 1993-2011.
4. GUS: Rolnictwo, 1993-2011.
5. Handley C., Holland M., Dore Ch., Murrells T.: Controlling ammonia from non-agricultural sources. A report produced for Department of the Environment, Transport and the Regions, Report number AET/ENV/R/0565, 2001.
6. Klimont Z., Brink C.: Modelling of emissions of air pollutants and greenhouse gases from agricultural sources in Europe. International Institute for Applied Systems Analysis, Interim Report IR-04-048, 2004.
7. Sapek A.: Ammonia emissions from non-agricultural sources. *Polish Journal of Environmental Studies* 22 (1), 2013.
8. Sapek A., Walczuk T.: Bilans składników nawozowych w diecie krowy mlecznej. *Woda. Środowisko. Obszary Wiejskie*, 9 (1(25)), 2009.
9. Sapek A.: Źródła substancji wprowadzanych rzekami z Polski do Morza Bałtyckiego. *Woda. Środowisko. Obszary Wiejskie*, 8 (2a (23)), 2008.
10. Sutton M.A., Dragosits U., Tang Y.S., Fowler D.: Ammonia emissions from non-agricultural sources in the UK. *Atmospheric Environment* 34, 2000.