

## REGIONALNE ZRÓŻNICOWANIE EMISJI AMONIAKU W POLSKIM ROLNICTWIE W LATACH 2005–2007

JERZY BIEŃKOWSKI

*Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN w Poznaniu*

bjerzy@man.poznan.pl

**Synopsis.** Celem badań było dokonanie aktualnej oceny emisji amoniaku w polskim rolnictwie oraz przeprowadzenie analizy przestrzennego zróżnicowania jego emisji w latach 2005–2007. Inwentaryzację emisji amoniaku w rolnictwie przeprowadzono we wszystkich województwach wykorzystując regionalne dane statystyczne o produkcji zwierzęcej i roślinnej. Wykazano, że średnia roczna emisja amoniaku wynosiła powyżej 380 tys. ton. Zdecydowana większość ulatniającego się do atmosfery amoniaku pochodziła z produkcji zwierzęcej. Wielkość emisji amoniaku była silnie zróżnicowana przestrzennie, a największy względny udział w całkowitej emisji tego gazu (ponad 32%) miały województwa wielkopolskie i mazowieckie.

**Słowa kluczowe** – *key words*: emisja amoniaku – *ammonia emission*, polskie rolnictwo – *Polish agriculture*, produkcja zwierzęca – *animal production*, regiony – *regions*

### WSTĘP

Ulatnianie się amoniaku jest jedną z głównych dróg emisji azotu do atmosfery i przyczynia się do jego późniejszej depozycji. Amoniak wyemitowany do atmosfery wchodzi w cykl przemian chemicznych, które mogą w efekcie końcowym przyczyniać się do wywoływania ujemnych skutków zarówno w środowisku glebowym, jak i wodnym [Pinder i in. 2006, Sapek 1995]. Głównym zagrożeniem dla środowiska jest wpływ amoniaku na zakwaszanie gleb. We wrażliwych ekosystemach zostaje zakłócona równowaga składników mineralnych z powodu zakwaszania gleb, będącego skutkiem procesu nityfikacji jonów amonowych pochodzących z atmosfery [Krupa 2003, Pietrzak 2000, Smil 1999]. Obszary położone blisko miejsc o dużej emisji amoniaku są bezpośrednio narażone na szkodliwe oddziaływanie nadmiernej depozycji amoniaku. Na obszarach z intensywną produkcją zwierzęcą o dużej emisji amoniaku, rejestrowane są jednocześnie wysokie stężenia form amonowych w wodzie deszczowej. Amoniak bierze także udział w formowaniu bardzo drobnych cząsteczek (PM<sub>2,5</sub>) przemieszczających się na duże obszary o zasięgu ponad regionalnym. Zanieczyszczenie powietrza drobnymi cząsteczkami oddziałuje szkodliwie na stan zdrowotny ludzi [Communication ... 2005].

Rolnictwo jest głównym źródłem emisji amoniaku do atmosfery, mając udział 80–95% w ogólnej emisji tego gazu. Około 80% emitowanego amoniaku w rolnictwie pochodzi z produkcji zwierzęcej [EMEP/CORINAIR ... 2007, Krupa 2003]. Ulatnianie się amoniaku podczas zabiegów nawożenia mineralnego azotem jest drugim, ważnym źródłem emisji tego gazu, stanowiącym 20% puli amoniaku emitowanego z działalności rolniczej. Całkowitą ilość emitowanego amoniaku w Europie szacuje się na około 8 milionów ton rocznie [Radosz 2001].

Kontrola emisji amoniaku odgrywa ważną rolę w międzynarodowej polityce dotyczącej środowiska. Od kiedy udowodniono, że amoniak jest ważnym czynnikiem zakwaszania gleb

i eutrofizacji europejskich ekosystemów, zawarto kilka międzynarodowych porozumień na temat strategii ograniczania emisji tego gazu. Przełomem w tej dziedzinie był protokół gøteborski z 1999 roku oraz Dyrektywa o krajowych poziomach emisji, przyjęta w 2001 roku przez Unię Europejską [Directive 2001/81/EC, Protocol to the 1979 Convention ... 1999]. W ramach tych międzynarodowych regulacji maksymalny pułap emisji amoniaku dla Polski wynosi 468 tys. ton w stosunku rocznym. Przewiduje się, że pomimo wprowadzania strategii ograniczania emisji zanieczyszczeń tempo redukcji emisji amoniaku w Europie będzie niewystarczające, aby wyeliminować w krótkim czasie zjawisko zakwaszania gleb. W strategii tematycznej dotyczącej zanieczyszczenia powietrza zaakceptowano cel zmniejszenia zagrożenia zakwaszeniem i eutrofizacją środowiska naturalnego o 55% do roku 2020 [Communication ... 2005]. By osiągnąć ten cel konieczne będzie między innymi dalsze ograniczanie emisji amoniaku.

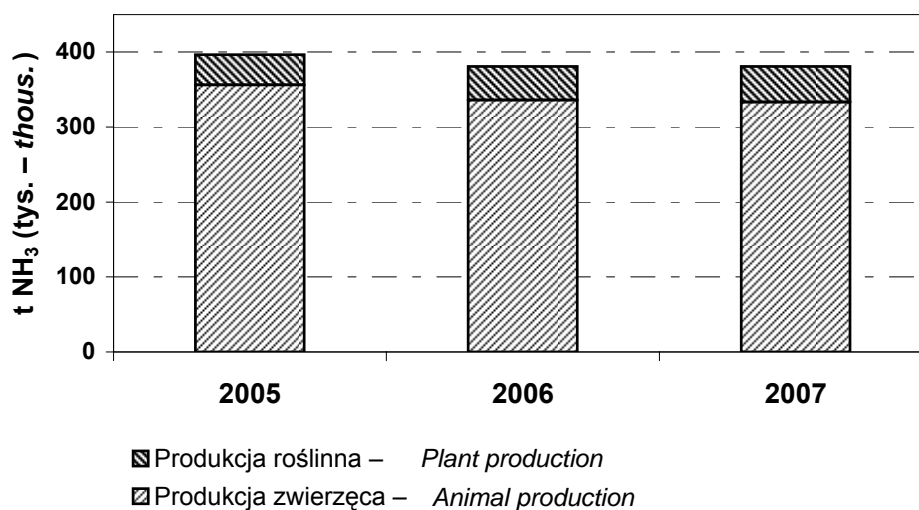
Celem pracy jest przedstawienie aktualnego stanu emisji amoniaku w polskim rolnictwie. Podjęto próbę alokacji przestrzennej emisji amoniaku na poziomie regionalnym w oparciu o aktualne dane dotyczące intensywności produkcji i kategorii zwierząt oraz wielkości nawożenia azotowego.

## MATERIAŁ I METODY

Emisję amoniaku z produkcji zwierzęcej w skali regionów obliczono dla różnych grup zwierząt w oparciu o typowe sposoby przechowywania i wykorzystywania odchodów zwierzęcych, na podstawie metodologii Emission Inventory Guidebook [EMEP/CORINAIR... 2007]. Współczynniki strat odniesiono do poszczególnych źródeł emisji amoniaku. W procesie identyfikacji strat amoniaku ujęto trzy etapy: emisję tego gazu z pomieszczeń inwentarskich, emisję podczas przechowywania oraz emisję podczas stosowania obornika na polu. Szacowano również straty amoniaku z odchodów zwierząt w formie stałej i płynnej podczas ich wypasania. Dane o stanie pogłowia głównych gatunków zwierząt gospodarskich w województwach (bydła, trzody chlewnej, koni, owiec i kóz) oraz liczbie sztuk drobiu uzyskano z danych statystycznych [Rocznik Statystyczny... 2007, 2008]. Analizowano okres lat 2005–2007. Obliczenia emisji amoniaku z nawozów mineralnych podczas nawożenia roślin uprawnych prowadzono zgodnie z tzw. szczegółową metodologią. Wybrane współczynniki emisji z różnych nawozów odpowiadały współczynnikom określonym dla trzeciej grupy krajów o umiarkowanym lub chłodniejszym klimacie, posiadającej w większości gleby kwaśne. Materiałem źródłowym o zużyciu mineralnych nawozów azotowych we wszystkich województwach w latach 2005–2007 były roczniki statystyczne [Rocznik Statystyczny... 2007, 2008]. Brak danych o strukturze zużycia różnych typów nawozów zawierających azot mineralny na poziomie regionów uniemożliwił stosowanie współczynników emisji. W celu rozwiązania tego problemu wykorzystano własne dane o stosowaniu różnego rodzaju nawozów azotowych w 103 gospodarstwach powiatu kościańskiego ankietowanych w ramach prowadzonego przez Instytut europejskiego programu naukowego „NitroEurope”. Na tej podstawie ustalono proporcje azotu pomiędzy różnymi rodzajami nawozów azotowych stosowanych w gospodarstwach rolnych. Udział względny azotu mineralnego stosowanego w poszczególnych typach nawozów mineralnych przedstawiał się w sposób następujący: mocznik – 17%, saletra amonowa – 47%, fosforan amonu – 8%, wieloskładnikowe nawozy zawierające azot – 28%. Taką strukturę nawożenia azotowego powielono dla 16 regionów Polski. Dzięki temu rozwiązaniu było możliwe szacowanie w przybliżeniu emisji amoniaku z różnych nawozów azotowych w województwach.

## WYNIKI I DYSKUSJA

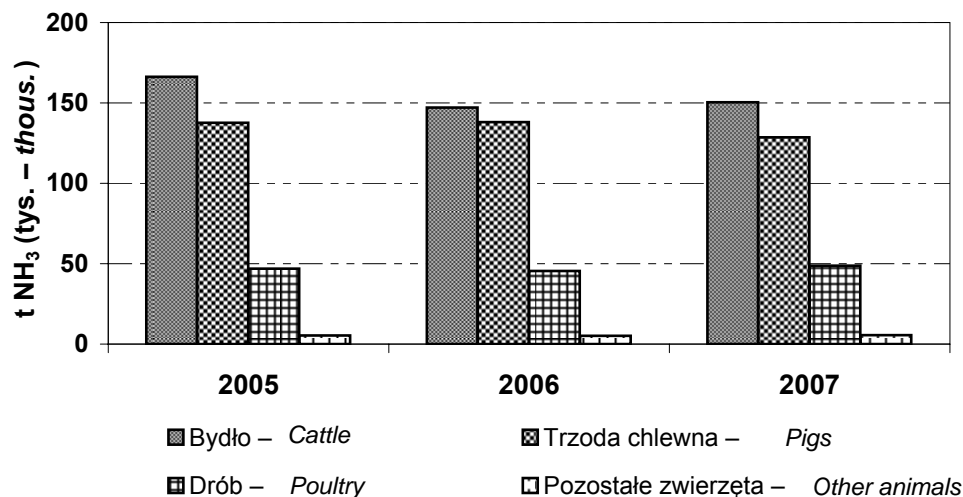
Średnia roczna emisja amoniaku z rolnictwa w badanym okresie wynosiła około 386 tys. ton (rys. 1). W latach 2006 – 2007 nastąpił spadek emisji w porównaniu do 2005 roku o około 4%. Wystąpiły przeciwstawne tendencje zmian emisji amoniaku pomiędzy produkcją zwierzęcą



Rys. 1. Krajowe poziomy emisji amoniaku w rolnictwie w latach 2005–2007  
 Fig. 1. National ammonia emission levels in agriculture in the years 2005–2007

i roślinną. Ilości emitowanego amoniaku z produkcji zwierzęcej zmniejszyły się o około 23 tys. ton (6,5%) podczas, gdy wzrastała systematycznie w tym czasie emisja amoniaku z produkcji roślinnej, aż do wielkości 47,6 tys. ton (wzrost o blisko 18%). Aktualny poziom emisji kształtuje się na poziomie 83% dozwolonej dla Polski wielkości. W kraju nie ma zatem zagrożenia przekroczenia progowych poziomów emisji w bliskim horyzoncie czasowym. W innych krajach europejskich, na przykład w Niemczech roczna emisja amoniaku w tym samym okresie wynosiła 619 tys. ton. Była ona większa o 13% od maksymalnej wielkości emisji dla Niemiec rekomendowanej do osiągnięcia w 2010 roku. Emisja amoniaku w Danii w 2005 roku osiągnęła wartość 69 tys. ton, przekraczając wytyczoną wartość progową na 2010 rok o 35% [Tarrason i in. 2007]. Istnieje możliwość, że w przyszłości dopuszczalne pułapy emisji w EU ulegną dalszemu obniżeniu. Strategia tematyczna dotycząca zanieczyszczeń powietrza informuje o konieczności redukcji emisji amoniaku w EU o 27% do roku 2020, w porównaniu z poziomem referencyjnym z roku 2000 [Communication ... 2005]. Dotychczasowa poprawa może być niewystarczająca do realizacji celów europejskiej strategii poprawy jakości powietrza. Nadal istotne będzie dążenie do realizacji polityk racjonalizujących wykorzystanie azotu w rolnictwie.

Najwyższą emisją amoniaku charakteryzowała się produkcja bydła (rys. 2). Średnia emisja tego gazu w okresie trzyletnim wynosiła w kraju 154,5 tys. ton, natomiast jego emisja z produkcji

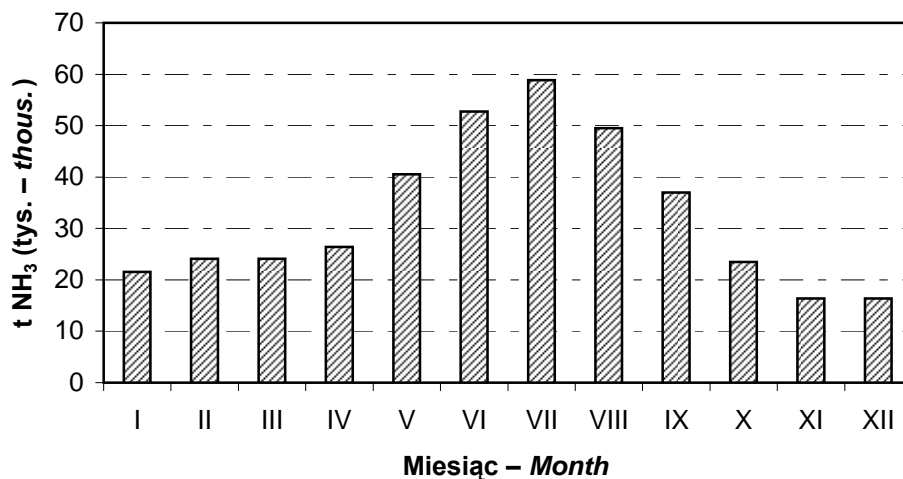


Rys. 2. Krajowe poziomy emisji amoniaku z produkcji zwierzęcej w latach 2005–2007  
 Fig. 2. National ammonia emission levels from animal production in the years 2005–2007

trzody chlewnej była niższa o prawie 20 tys. ton. Wartości rocznych emisji amoniaku analizowane według grup zwierząt były zmienne i nie wykazywały wyraźnego trendu. Szczytowa emisja amoniaku w odniesieniu do bydła występowała w 2005 roku, w chowie trzody chlewnej w 2006 roku, z kolei w chowie drobiu w 2007 roku. Dopiero zagregowane, całkowite wartości emisji amoniaku z produkcji zwierząt wskazują na systematyczny jej spadek do poziomu 333,2 tys. ton w 2007 roku.

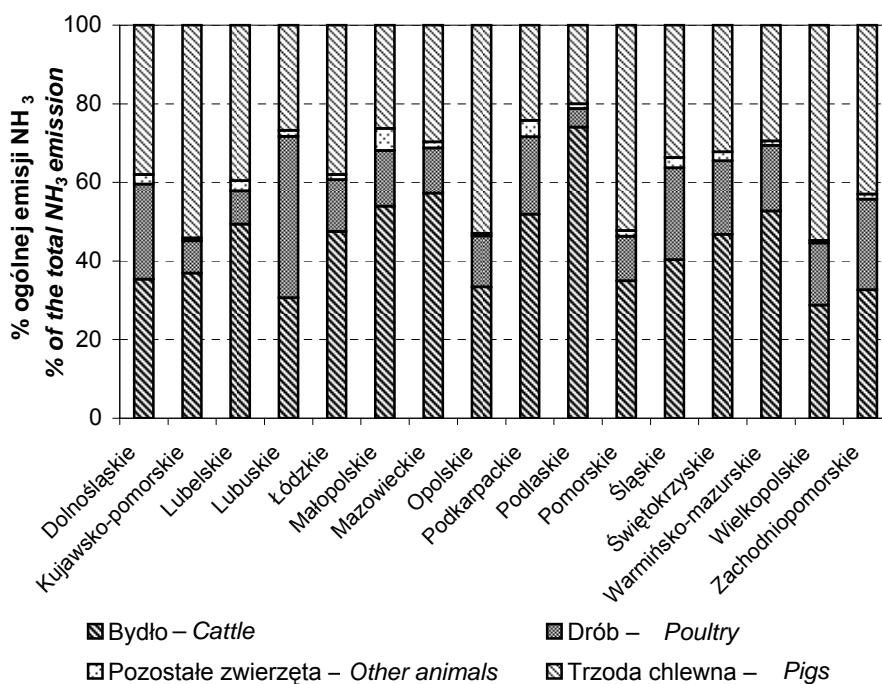
Poprzez agregowanie emisji amoniaku do wartości rocznych zaciera się sezonową zmienność, której ona silnie podlega. Istniejące czasowe różnice w intensywności emisji tego związku spowodowane są głównie dużą jego lotnością, zależną od temperatury, wilgotności i wiatru oraz sezonowością prac polowych. Standardowe inwentaryzacje amoniaku nie uwzględniają do tej pory zmienności w ciągu roku. Obserwowane zależności pomiędzy depozycją jonów amonowych z opadami deszczu a intensywnością emisji amoniaku z obszarów rolniczych we wschodnich terenach USA pozwoliły na opracowanie współczynników alokacji miesięcznej emisji amoniaku w stosunku do całkowitej wartości rocznej [Gilliland i in. 2006]. Szacowany miesięczny rozkład całkowitej emisji amoniaku ze źródeł rolniczych w Polsce, po zastosowaniu wspomnianych współczynników alokacji, podano w rys. 3. W Polsce występuje wyraźny wzrost emisji amoniaku w okresie od maja do lipca. Później ona systematycznie spada, osiągając najniższe wartości w miesiącach listopad i grudzień. W trzech miesiącach intensywnego wzrostu emisji generowane jest blisko 40% rocznego ładunku amoniaku w Polsce. Wyższa dynamika emisji w tych miesiącach jest ważnym argumentem podkreślającym celowość wprowadzania programów ograniczających emisję z gospodarstw oraz monitorowanie zanieczyszczenia powietrza tym gazem przede wszystkim w okresie letnim.

Badania wykazały zróżnicowanie udziału różnych kategorii zwierząt w całkowitej emisji pomiędzy województwami (rys. 4). Ponad 50-procentowy wkład do ogólnej emisji amoniaku z produkcji zwierzęcej miała produkcja bydła w województwach: małopolskim, mazowieckim, podkarpackim, podlaskim i warmińsko-mazurskim. W województwie podlaskim blisko 75%



Rys. 3. Szacowane wielkości miesięcznego rozkładu ogólnej emisji amoniaku ze źródeł rolniczych w Polsce (średnie z lat 2005–2007)

Fig. 3. Expected monthly distribution of total ammonia emission from agricultural sources in Poland (mean values for the years 2005–2007)

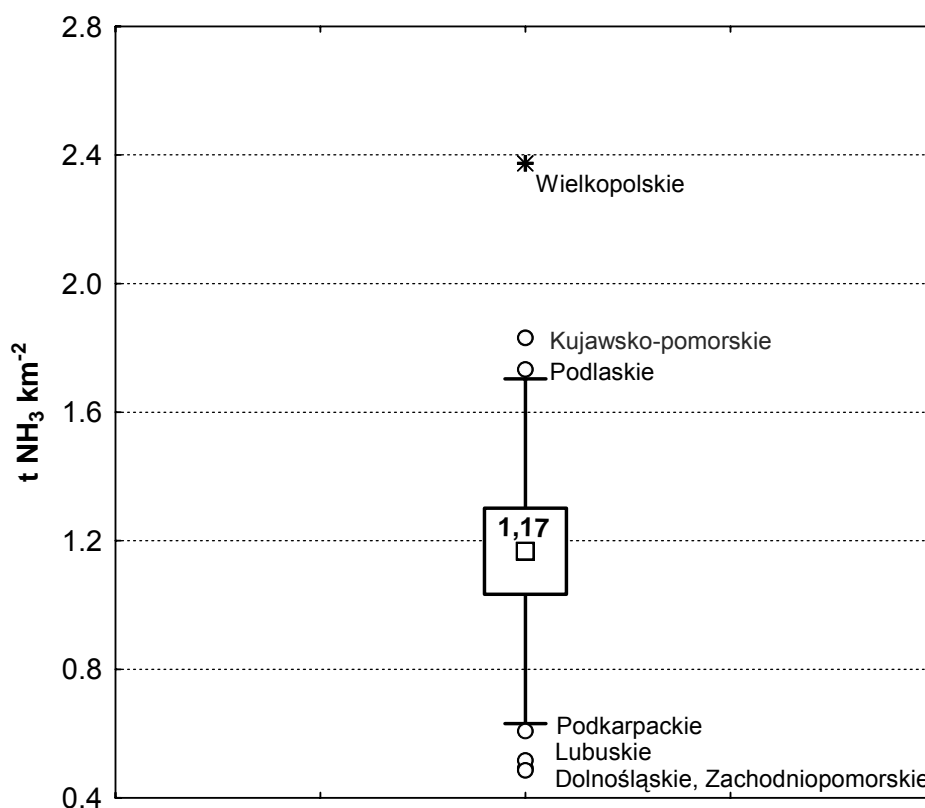


Rys. 4. Struktura udziału różnych kategorii zwierząt w ogólnej emisji amoniaku generowanej w produkcji zwierzęcej według województw (średnia z lat 2005–2007)

Fig. 4. Share structure of different animal categories in the total ammonia emission generated in animal production by regions (mean value for the years 2005–2007)

emisji amoniaku pochodziło z produkcji bydła. Województwo to, wykorzystując duży areał trwałych użytków zielonych (ponad 34% UR), posiada rozwiniętą produkcję bydła mlecznego i najwyższą obsadę bydła w Polsce. W województwach pomorskim, zachodniopomorskim, kujawsko-pomorskim i wielkopolskim przeważała emisja amoniaku z produkcji trzody chlewnej. Regiony te od wielu lat specjalizują się w chowie trzody chlewnej, utrzymując duże stada macior i tuczników. Jedynie w województwie lubuskim emisja amoniaku z drobiu przeważała nad pozostałymi źródłami emisji, osiągając blisko 41%.

W ocenie skutków środowiskowych ważne jest badanie tzw. gęstości emisji amoniaku, w przeliczeniu na jednostkę powierzchni, pomijając w ten sposób efekt obszarowy regionu i umożliwiając przestrzenne porównania emisji między regionami. Średnia emisja amoniaku w kraju w przeliczeniu na 1 km<sup>2</sup> była równa 1,17 t (rys. 5). Występowały duże rozpiętości emisji jednostkowej pomiędzy województwami. W województwie wielkopolskim emisja amoniaku wynosiła 2,37 t·km<sup>-2</sup> i była ona blisko 5-krotnie większa w porównaniu do województw o najmniejszej emisji, tj. dolnośląskiego i zachodniopomorskiego. Jednostkowe emisje amoniaku w połowie województw mieściły się w przedziale 0,71–1,55 t·km<sup>-2</sup>. W związku z większą emi-

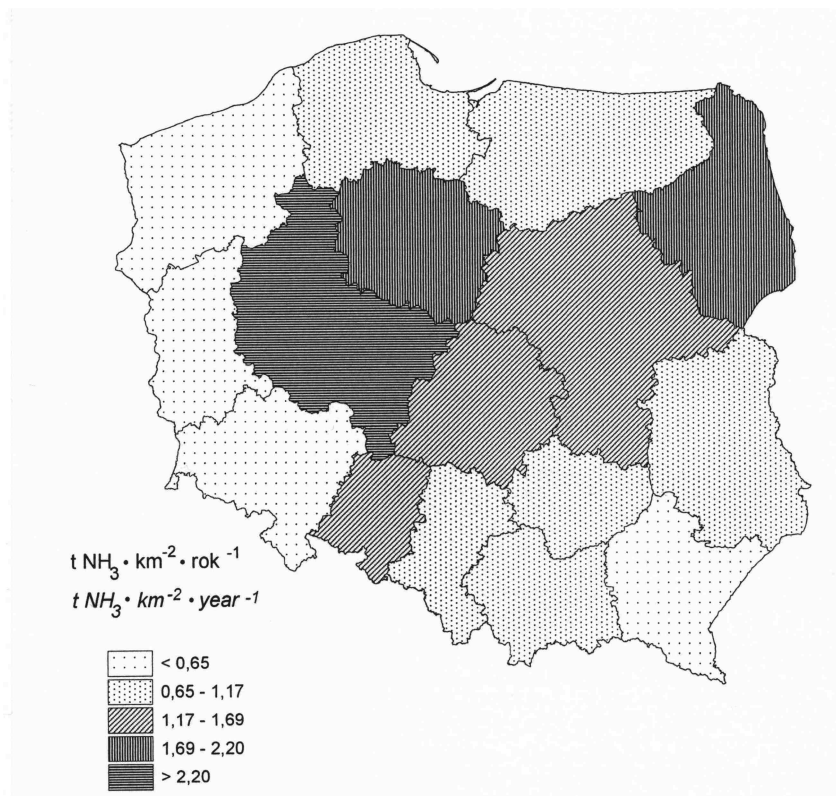


Rys. 5. Wielkość emisji amoniaku ze źródeł rolniczych w przeliczeniu na jednostkę powierzchni według województw. Podano wartość średnią  $\pm$  odchylenie standardowe

Fig. 5. Quantity of ammonia emission from agricultural sources expressed per area unit by regions (mean value  $\pm$  standard deviation was given)

sją amoniaku, w województwie wielkopolskim istnieje ryzyko zwiększonej depozycji azotu z atmosfery. W Europie empirycznie ustalony krytyczny ładunek azotu z atmosfery dla wrażliwych ekosystemów leśnych wynosi  $1,50 \text{ t N} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$  [Achermann i Bobbink 2003]. Szacuje się, że w Polsce krytyczny próg depozycji związków azotowych jest przekroczony na około 59% powierzchni obszarów leśnych. Wyniki scenariuszy emisji amoniaku i tlenków azotu do roku 2020, uzyskane w modelu Rains, przewidują dla Polski redukcję obszarów leśnych narażonych na nadmierną depozycję o 22%, pod warunkiem wdrożenia do działalności rolniczej i przemysłowej wszystkich zaleceń dotyczących standardów emisyjnych. Natomiast po wprowadzeniu nowoczesnych rozwiązań w zakresie technologii i organizacji produkcji (według innego wariantu), przy jednoczesnym utrzymaniu dotychczasowych regulacji prawnych dotyczących ochrony środowiska, możliwe jest zmniejszenie depozycji azotu poniżej wyznaczonego progu do roku 2020 na większości obszarów leśnych [Amann i in. 2004].

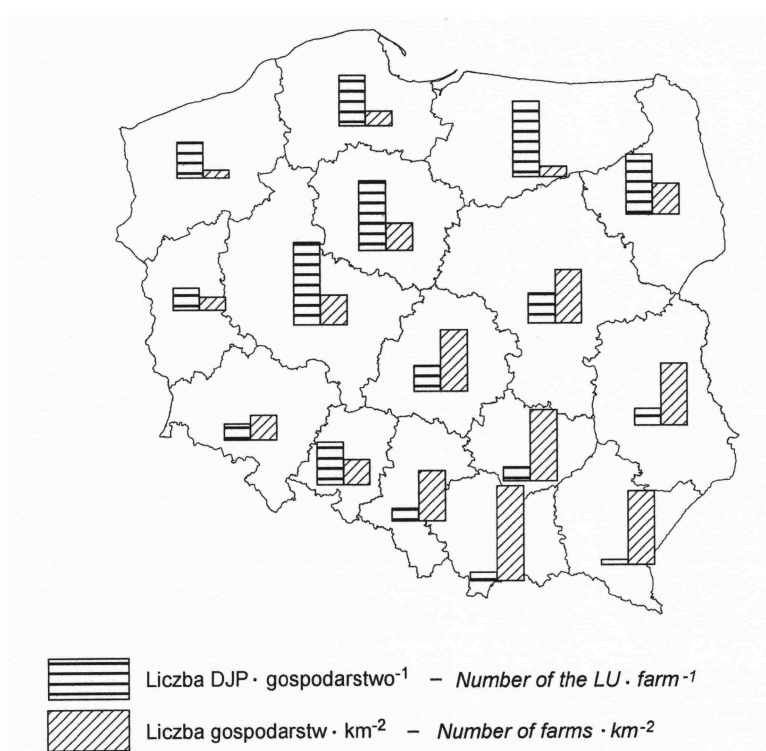
W uzyskanych wynikach badań charakterystyczny był układ przestrzennego zróżnicowania jednostkowej emisji amoniaku (rys. 6). Wyższe od przeciętnych poziomy emisji koncentrowały się regionach środkowo-zachodniej i środkowej części Polski, natomiast w części wschodniej i północnej tylko województwo podlaskie miało wysoką emisję amoniaku.



Rys. 6. Regionalne zróżnicowanie emisji amoniaku ze źródeł rolniczych, w przeliczeniu na  $1 \text{ km}^2$ , średnie z lat 2005–2007

Fig. 6. Regional differentiation of ammonia emission from agricultural sources, expressed per  $1 \text{ km}^2$ , mean values for the years 2005–2007

Wyjaśniając przestrzenne różnice emisji amoniaku należy uwzględnić silną fragmentację gospodarstw odnoszącą się do ich liczby, obszaru użytków rolnych i skali produkcji. Całkowity ładunek emisji kształtuje się jako wypadkowa liczby gospodarstw i ich skali produkcji. Stąd nie bez znaczenia w rozpoznawaniu zagrożeń środowiskowych związanych z emisją amoniaku są informacje o rozmieszczeniu gospodarstw w terenie oraz o wielkości stad utrzymywanych w gospodarstwach. Te dwa czynniki mają największy wpływ na zmienność emisji w skali lokalnej, jak i międzyregionalne zróżnicowanie emisji amoniaku. Możliwość scharakteryzowania przestrzennej alokacji tych czynników pozwala lepiej wyjaśnić zróżnicowanie przestrzenne całkowitej emisji amoniaku w kraju. W Polsce wschodniej i południowej jest największa koncentracja gospodarstw rolnych w przeliczeniu na 1 km<sup>2</sup> (rys. 7). Stanowią one jednak małe,



Rys. 7. Przeciętna liczba zwierząt (DJP) w gospodarstwach rolnych, o powierzchni powyżej 1 ha UR, oraz liczba gospodarstw rolnych na 1 km<sup>2</sup> według województw, średnie z lat 2005–2007  
*Fig. 7. Average number of the livestock units (LU) in farms, with the area above 1 ha AL, and the number of farms per 1 km<sup>2</sup> by regions, mean values for the years 2005–2007*

rozproszone źródła emisji, ponieważ utrzymują przeciętnie małą obsadę zwierząt. Przesuwając się od południowo-wschodu Polski w kierunku północno-zachodnim liczba gospodarstw systematycznie spada. Dominujące znaczenie ma natomiast wzrost skali produkcji zwierzęcej. Liczba zwierząt utrzymywanych przeciętnie w jednym gospodarstwie w regionach środkowej i środkowo-zachodniej Polski jest wielokrotnie większa niż w pozostałych regionach. Amoniak w tych województwach Polski jest zatem emitowany do atmosfery z obszarów o mniejszej liczbie źródeł, natomiast przy większej emisji z pojedynczego obiektu.



Znaczna część amoniaku po wyemitowaniu ulega szybkiej depozycji w promieniu 4–5 km, zanim przekształci się w formy amonowe [Gilliland i in. 2006]. W strukturze krajobrazu województw o dużej emisji amoniaku przeważają ekosystemy rolnicze, stąd na szkodliwe działanie amoniaku mogą być narażone głównie uprawy rolne w pobliżu źródeł emisji oraz pasy brzegowe lasów sąsiadujących z tymi polami. W literaturze podaje się, że toksyczne działanie amoniaku polega na uszkodzaniu powierzchni liści, zmianach w dynamice rozwoju oraz modyfikacji składu chemicznego roślin. Zmienia się również tolerancja roślin na suszę i mrozy [Krupa 2003].

Mając na uwadze realizację europejskiego programu poprawy jakości powietrza niezbędne będzie w przyszłości dalsze ograniczanie emisji amoniaku przede wszystkim w województwach z rozwiniętą produkcją zwierzęcą. Wyniki modelu Rains dla Polski, w scenariuszu zakładającym stosowanie wszystkich zasad i norm prawnych kontrolujących efekty środowiskowe działalności rolniczej i przemysłowej wskazują, że istnieje możliwość zmniejszenia krajowej emisji amoniaku w roku 2020 do 333 tys. ton. W wariancie maksymalnego ograniczenia emisji wskutek wykorzystywania nowych rozwiązań technologicznych przewidywana jest roczna emisja na poziomie 150 tys. ton tego związku [Amann i in. 2004]. Możliwe do osiągnięcia w przyszłości w Polsce mniejsze pulapy emisji amoniaku będą wymagały zmian przede wszystkim w produkcji zwierzęcej, w zakresie technologii utrzymywania zwierząt, sposobów przechowywania i wykorzystywania obornika oraz optymalizacji żywienia zwierząt. Dla osiągnięcia poprawy jakości powietrza prawdopodobnie niezbędne będzie dalsze ograniczanie emisji amoniaku w Polsce, szczególnie na obszarach o dużej koncentracji produkcji zwierzęcej. Zharmonizowanie działań w zakresie wdrażania regulacji unijnych w dziedzinie zanieczyszczenia powietrza i norm krajowych dotyczących kontroli środowiska naturalnego, łącznie z wykorzystywaniem nowoczesnych technologii produkcji zwierzęcej, pozwoli na znaczące zmniejszenie emisji amoniaku w kraju do roku 2020.

## WNIOSKI

1. Roczne, krajowe poziomy emisji amoniaku ze źródeł rolniczych w latach 2005–2007 nie wykazywały tendencji wzrostowej i kształtowały się na poziomie znacznie poniżej wyznaczonego dla Polski prognozy emisji na rok 2010.
2. Na emisję krajową amoniaku z działalności rolniczej największy wpływ miała produkcja zwierzęca; najbardziej znaczący w emisji tego związku był udział bydła i trzody chlewnej.
3. Wielkość emisji amoniaku była silnie zróżnicowana przestrzennie. Najwyższe poziomy emisji występowały w województwach o intensywnej produkcji zwierzęcej.

## PIŚMIENNICTWO

- Achermann B., Bobbink R. 2003. Empirical critical loads for nitrogen. Proceed. UNECE “Convention on long-range transboundary air pollution”. SAEFL, Berne, Switzerland 11–13 November 2002: 11–18.
- Amann M., Cabala R., Cofala J., Heyes C., Klimont Z., Schöpp W. 2004. The “Current Legislation” and the “Maximum Technically Feasible Reduction” cases for the CAFE baseline emission projections. CAFE Scenario Analysis Report 2. IIASA, Laxenburg, Austria: ss. 41.
- Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Thematic Strategy on Air Pollution. COM (2005) 446 final, Commission of the European Communities, Brussels.

- Directive 2001/81/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants. OJ. 44. L 309: 22–30.
- EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook – 2007. EEA Technical Report No 16/2007. European Environment Agency, Copenhagen.
- Gilliland A.B., Appel K.W., Pinder R.W., Dennis R.L. 2006. Seasonal NH<sub>3</sub> emissions for the continental united states: Inverse model estimation and evaluation. *Atmos. Environ.* 40: 4986–4998.
- Krupa S.V. 2003. Effects of atmospheric ammonia (NH<sub>3</sub>) on terrestrial vegetation: a review. *Environ. Pollut.* 124: 179–221.
- Pietrzak S. 2000. Szacowanie emisji amoniaku z produkcji zwierzęcej. W: *Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE*. IBMER, Warszawa: 177–184.
- Pinder R.W., Adams P.J., Pandis S.N., Gilliland A.B. 2006. Temporally resolved ammonia emission inventories: Current estimates, evaluation tools, and measurement needs. *J. Geophys. Res.* 111, D16310, doi: 10.1029/2005JD006603.
- Protocol to the 1979 Convention on long-range transboundary air pollution to abate acidification, eutrophication and ground-level ozone. EB.AIR/1999/1. United Nations Economic and Social Council, Executive Body. Seventeenth Session, Gothenburg, Sweden, 29 November – 3 December 1999: ss. 71.
- Radosz M. 2001. Metody ograniczenia emisji amoniaku w budynkach inwentarskich. *Wiad. Melior. Łąk.* 44(2): 72–74.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa i Obszarów Wiejskich. 2007. GUS, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa i Obszarów Wiejskich. 2008. GUS, Warszawa.
- Sapek A. 1995. Emisja amoniaku z produkcji rolnej. *Post. Nauk Rol.* 2: 3–23.
- Smil V. 1999. Nitrogen in crop production: an account of global flows. *Global Biogeochem. Cycles* 13: 647–662.
- Tarrason L., Fagerli H., Jonson J.E., Simpson D., Benedictow A., Klein H., Vestreng V., Aas W., Hjelbrekke A. 2007. Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe in 2005. EMEP Status Report, Norwegian Meteorological Institute, Oslo: ss. 100.

J. BIEŃKOWSKI

## REGIONAL DIFFERENTIATION OF AMMONIA EMISSION IN POLISH AGRICULTURE IN THE YEARS 2005–2007

### Summary

Ammonia volatilization is a major pathway of nitrogen emission into atmosphere and subsequently its deposition. Among many sectors of human economic activities, agriculture is a major source of its emission. Elevated concentrations of ammonia in the air can be the cause of many negative environmental effects, for example eutrophication of surface and sea waters, soil acidification and air pollution with PM<sub>2.5</sub>.

The aim of this research was to produce an updated inventory of ammonia emission based on the most up-to-date census data on the types of livestock, their numbers and mineral nitrogen fertilization. The additional aim was to summarize the ammonia emission results at regional level to accurately allocate the emission spatially.

The data from the years 2005–2007 were analyzed. Inventory of ammonia emission in agriculture was conducted for all regions using the data on animal and plant production from statistical yearbooks. The quantity of emission from animal production was calculated using different emission coefficients accepted for a given type of animal. The total loss of ammonia from plant production was estimated based on the emission coefficients for different fertilizers and the nitrogen rate fertilization.

The average emission from Poland's agriculture was estimated at 386 thous. tons of ammonia per year. Contribution from the component of manure management activity, in terms of amount of ammonia lost, was 342 thous. tons, while amount of ammonia losses from fertilizers with cultures was around 44 thous. tons. Cattle accounted for 154,5 thous. ton of ammonia. Emissions from pig production were lower and were equal to 134,8 thous. tons. Third group of production activity was poultry with the ammonia emission of 47.1 thous. tons. There was a clear pattern of spatial allocation of ammonia emission. The highest levels of ammonia emissions were concentrated in mid west and mid east parts of Poland. The highest ammonia emission exceeding  $2.3 \text{ t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{year}^{-1}$  was in Wielkopolska region. It was concluded that there was a marked spatial differentiation of ammonia emission, with the highest levels of emission in the regions in which animal production dominates. Probably, in order to comply with the EU policy targets for improving the air quality within the Europe, it will be necessary to limit the ammonia emission in Polish agriculture, especially in regions with a high concentration of livestock.