

JERZY BIEŃKOWSKI, JANUSZ JANKOWIAK,
RADOSŁAW DĄBROWICZ, MAŁGORZATA HOLKA¹

Institut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN w Poznaniu

POZIOM I PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH Z ROLNICTWA W POLSCE

Nadesłany: 20.08.2015 Zaakceptowany do druku: 15.12.2015

1. Wstęp

W wyniku podjętej decyzji przez parlament Europejski i Radę Europy [2013] rolnictwo i leśnictwo krajów UE zostały włączone do unijnej polityki przeciwdziałania zmianom klimatu poprzez ograniczanie emisji i wychwytywania gazów cieplarnianych. W dalszej perspektywie (do 2050 r.), jej konsekwencją ma być przejście krajów UE do globalnej, konkurencyjnej gospodarki niskoemisyjnej. W przedmiotowej decyzji określono zasady rozliczania emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych², jako pierwszy krok na drodze do ich redukcji w sferze produkcji rolniczej. Dla krajów członkowskich wynika z tego szereg zobowiązań w najbliższej perspektywie czasowej (do 2020 roku) dotyczących przedstawienia danych o wielkościach emisji i opracowanych systemach ich redukcji oraz zastosowanych metodykach przeprowadzanych szacunków (w szacunkach powinna być stosowana przynajmniej metoda IPCC³ określona jako poziom 1, ale zalecane są metody poziomu 2 i 3, właściwe dla poszczególnych krajów, w celu uściślenia szacunków) [Decyzja 529/2013/EU 2013].

Zrealizowanie decyzji UE wymagać będzie szeroko zakrojonych działań w zakresie poprawy metodyk szacowania emisji i ich harmonizacji, właściwego dobo-

¹ Wkład pracy: Jerzy Bienkowski – 40%; Janusz Jankowiak – 30%; Radosław Dąbrowicz – 15%; Małgorzata Holka – 15%.

² Inaczej gazy cieplarniane, GHG (ang. Greenhouse Gases). Tworzą je CH₄ - metan, N₂O - podtlenek azotu i CO₂ - dwutlenek węgla.

³ Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu.

ru praktyk rolniczych zmniejszających emisję lub zwiększających pochłanianie GHG, takich które byłyby jednocześnie efektywne technicznie i ekonomicznie.

W Polsce występuje pilna potrzeba z jednej strony uściślenia szacunków emisji GHG z rolnictwa i z drugiej – określenia rodzaju i zakresu praktyk mitygacyjnych ograniczających emisję i zwiększających pochłanianie gazów w rolnictwie. Dotychczasowe szacunki nie spełniają bowiem wymogów rozliczania emisji tych gazów nakładanych przez stosowne regulacje UE [KOBIZE 2013].

Przeprowadzone badania wnoszą wkład w ocenę poziomu emisji GHG z rolnictwa w Polsce i orientują o ich strukturze i przestrzennym rozmieszczeniu.

2. Metodyka badań

W badaniach wykorzystano dane o produkcji roślinnej i zwierzęcej w Polsce w podziale na województwa w latach 2009-2011, zamieszczone w materiałach statystycznych publikowanych przez GUS oraz w elektronicznej bazie danych regionalnych [GUS 2009, 2010, 2011, GUS 2013]. Ładunki emisji GHG w województwach obliczano przy pomocy autorskiego programu EMKAL1 [Bieńkowski i in. 2013]. Program ten działa w oparciu o arkusze kalkulacyjne aplikacji Excel®. Składa się z trzech modułów: szacowania emisji CH₄ w produkcji zwierzęcej oraz dwóch dynamicznie powiązanych ze sobą części szacowania emisji N₂O w produkcji zwierzęcej i uprawie polowej. Podstawą do określenia źródeł i typów emisji oraz ich wielkości były modele oraz współczynniki emisji gazowych przedstawione w raportach IPCC [IPCC 2006]. Wbudowane do programu algorytmy obliczeń oparto na metodologii IPCC. Emisje N₂O w środowisku rolniczym odniesiono wyłącznie do strat gazowych z gruntów ornych i trwałych użytków zielonych, z utrzymywania zwierząt oraz stosowania nawozów naturalnych. W obliczeniach emisji nie uwzględniono natomiast strat gazowych związanych z nośnikami energii. W szacowaniu emisji CH₄ i N₂O w produkcji zwierzęcej uwzględniono wszystkie gatunki i grupy wiekowe zwierząt, zgodnie z nomenklaturą stosowaną przez GUS. Podstawowe dane, pozyskane ze statystyk GUS, dotyczyły liczebności zwierząt według grup wiekowych i typów użytkowych bydła, trzody chlewnej, owiec, kóz, koni, drobiu kurzego oraz pozostałych gatunków drobiu, tj. gęsi, kaczek i indyków. Pozostałe informacje wymagane przez program, w jego zbiorze danych wejściowych, obejmowały wydajność mleczną krów, średnią wagę zwierząt w grupach wiekowych zwierząt oraz sposoby ich utrzymywania w budynkach inwentarskich i przechowywania nawozów naturalnych. Część danych, niewykazywana w regionalnych bazach statystycznych, została uzupełniona w oparciu o wiedzę ekspercką i własną bazę danych o gospodarstwach w zlewni rowu Wysocko [Bieńkowski i in. 2013]. Zbiór obiektów badanych obejmował 1522

pól uprawnych. Pozyskane informacje dotyczyły ilości zastosowanych nawozów naturalnych, czasu wypasu i ilości wypasanych zwierząt na pastwiskach, sposobu przechowywania nawozów naturalnych oraz ilości i rodzaju nawozów azotowych.

Emisję z produkcji zwierzęcej analizowano w podziale na emisję bezpośrednią oraz emisję pośrednią dotyczącą przebywania zwierząt w budynkach inwentarskich, ich wypasania, a także przechowywania zwierzęcych nawozów naturalnych oraz ich stosowania na polach uprawnych. W produkcji roślinnej określano wielkości bezpośrednich i pośrednich emisji N_2O w odniesieniu do stosowania mineralnych nawozów azotowych, zagospodarowania resztek poźniwnych, ilości N wiążanego symbiotycznie, wymywania azotanów (NO_3^-) oraz zmian sposobu użytkowania gruntów ornych i trwałych użytków zielonych. Do szacowania emisji pośredniej z tytułu wymywania azotanów posłużono się modelem De Willigena [2000], który w odróżnieniu od modelu IPCC pozwalał uwzględnić wpływ przestrzennego zróżnicowania wielkości opadów atmosferycznych oraz jakości gleb (zawartość części splawianych i materii organicznej gleb) na intensywność wymywania NO_3^- .

Ładunki emisji CH_4 i N_2O poddano konwersji do wspólnej jednostki, tzw. ekwiwalentu CO_2 , w oparciu o ich potencjał ocieplenia w stosunku do wzorca. Jednostka ta wyraża globalny potencjał ocieplenia powodowany przez ciągłą emisję 1 kg CO_2 dla okresu stuletniego. Ustalono, że potencjał ocieplenia 1 kg CH_4 i N_2O jest większy niż CO_2 odpowiednio o 25 i 298 razy [Forster i in. 2007].

Z powodu braku szczegółowych informacji statystycznych o poziomie mineralnego nawożenia N dla poszczególnych roślin uprawnych według regionów dane te zostały oszacowane za pomocą metody programowania liniowego. Jako funkcję celu przyjęto średnie nawożenie N w województwach, dostępne ze statystyk GUS. Celem rozwiązań było znalezienie wartości zmiennych nawożenia N, które realizowałyby funkcje celu (średnie nawożenie N w regionach) oraz spełniałyby warunki brzegowe o ograniczeniach od góry, którymi były zalecane dawki nawozów N dla roślin uprawnych wg zaleceń IUNG [Jadczyżyn i in. 2010]. Warunkami brzegowymi o ograniczeniach od dołu były natomiast wartości nawożenia do 40% poniżej dawek zalecanych. Tę samą metodę zastosowano do oszacowania nawożenia naturalnego organicznego dla poszczególnych roślin uprawnych w regionach.

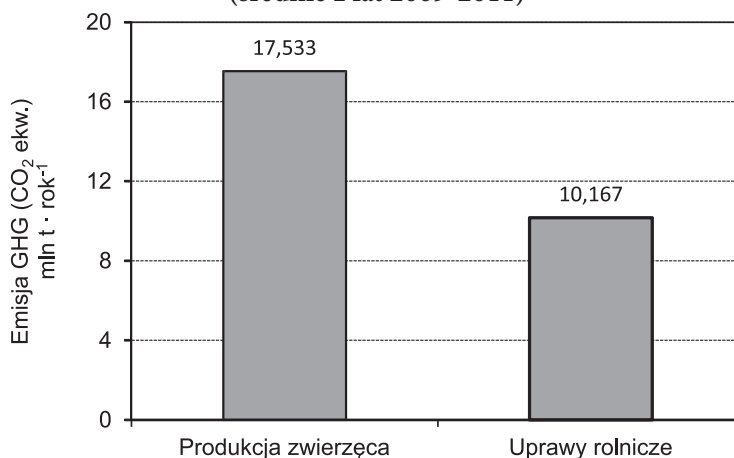
3. Wyniki

Roczna emisja GHG (CH_4 i N_2O) z rolnictwa w Polsce, średnio z lat 2009-2011, wyrażona w ekwiwalencie CO_2 , wynosiła 27,7 mln. ton. W przeliczeniu na 1 ha UR stanowiło to średnio 1,77 t CO_2 ekw. Występowało duże zróżnicowanie strukturalne i przestrzenne uwalniania tych gazów z działalności rolniczej do atmos-

fery. Z porównania głównych działów produkcji rolniczej wynika (rysunek 1), że znacznie większym emitentem jest produkcja zwierzęca, niż uprawy polowe (odpowiednio 63,3 i 36,7%). Poziom emisji z produkcji zwierzęcej kształtowany jest głównie, jak wykazano na rysunku 2, przez emisję z produkcji bydła. Stanowi ona 81,1% łącznej emisji z produkcji zwierzęcej. Uwalniany jest z tej produkcji w przeważającej części metan (81,1%). Emisja z produkcji trzody chlewnej stanowi tylko 13,9% całkowitej emisji z produkcji zwierzęcej, a przeważa w niej, w odróżnieniu od produkcji bydła, N_2O (53,9%). Emisje GHG z pozostałych gałęzi produkcji zwierzęcej (drób i inne gatunki) są relatywnie niskie. Struktura emisji jest związana zarówno z obsadą zwierząt, jak i z charakterystyką procesów fizjologicznych poszczególnych gatunków zwierząt oraz rodzajem skarmianej paszy (bydło żywione jest głównie paszami objętościowymi z dużym udziałem włókna, podlegającego procesom fermentacji w żwaczu). Przejawia się to w efekcie w różnicach obciążenia emisją przypadającą na 1 kg wytworzonego produktu. Obrazuje to tabela 1. Największą emisję, przy dużym wprawdzie statystycznym współczynniku zmienności, powoduje wyprodukowanie 1 kg żywca wołowego, a najmniejszą mięsa drobiowego i jaj. Obciążenie emisją GHG produkcji 1 kg mleka i 1 kg żywca trzody chlewnej jest podobne (odpowiednio 0,94 i 0,89 kg GHG·kg⁻¹ produktu). Jest ono jednak odpowiednio o 4,18 i 4,42 razy mniejsze niż przy produkcji żywca wołowego. Te zależności stanowią istotną przesłankę dla uruchomienia procesów mitygacji produkcji w celu osiągnięcia redukcji GHG z rolnictwa.

Rysunek 1

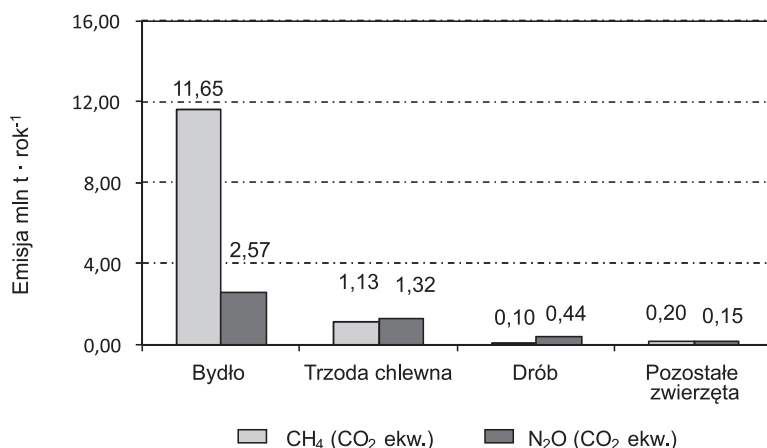
Krajowe poziomy emisji gazów cieplarnianych (CH_4 i N_2O) wyrażone w ekwiwalencie CO_2 w sektorach produkcji zwierzęcej i produkcji roślinnej (średnie z lat 2009-2011)



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 2

Krajowe poziomy emisji gazów cieplarnianych (CH₄ i N₂O) w produkcji zwierzęcej wyrażone w ekwiwalencie CO₂ według różnych kategorii zwierząt (średnia z lat 2009-2011)



Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 1

Zróźnicowanie emisji GHG, wyrażone w ekwiwalencie CO₂ na jednostkę produktu

Specyfikacja	Mleko	Żywiec wołowy	Żywiec trzodowy	Drób	Jaja
	kg GHG·L ⁻¹ mleko	kg GHG·kg ⁻¹ waga żywa			kg GHG · 1 ⁻¹ jajko
Min	0,79	1,05	0,64	0,12	0,015
Max	1,15	7,78	1,22	0,30	0,023
Średnia	0,94	3,93	0,89	0,20	0,019
Współczynnik zmienności	9,92	45,51	21,49	27,63	10,95

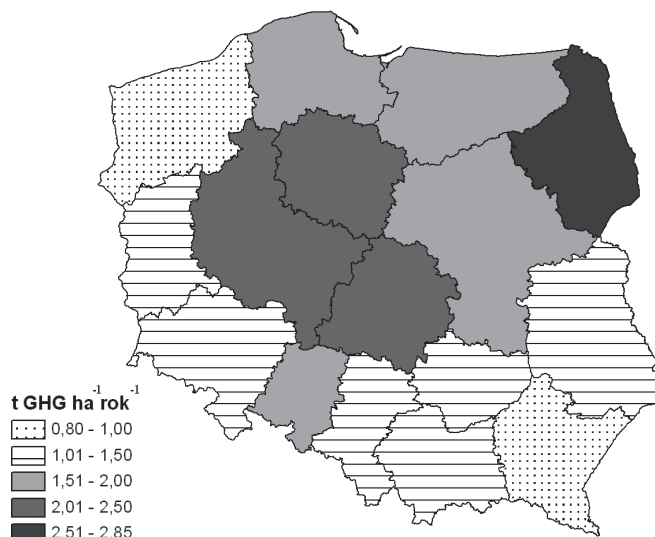
Źródło: Opracowanie własne.

Emisje GHG z rolnictwa wykazują silne zróźnicowanie przestrzenne. Ukazuje to mapa Polski w skali województw, zamieszczona na rysunek 3. Największe, łączne emisje GHG z produkcji zwierzęcej i upraw polowych występują w woj. podlaskim (w przedziale 2,51-2,85 t GHG·ha⁻¹·rok⁻¹), a następnie w województwach: kujawsko-pomorskim, wielkopolskim i łódzkim. Najniższe emisje wykazują województwa zachodniopomorskie i podkarpackie. Te różnice wiążą się, jak już podkreślono, z obsadą i strukturą gatunkową zwierząt oraz kierunkami pro-

dukcji zwierzęcej. Wpływ ma także struktura i intensywność produkcji roślinnej. Jej struktura jest jednak w dalszym ciągu silnie przyporządkowana intensywności organizacji produkcji zwierzęcej [Jankowiak i in. 2012]. Stąd dalsze rozważania problemu emisji GHG są koncentrowane na produkcji zwierzęcej.

Rysunek 3

Regionalne zróżnicowanie emisji GHG z produkcji zwierzęcej i produkcji roślinnej w Polsce, t GHG·ha⁻¹·rok⁻¹



Źródło: Opracowanie własne.

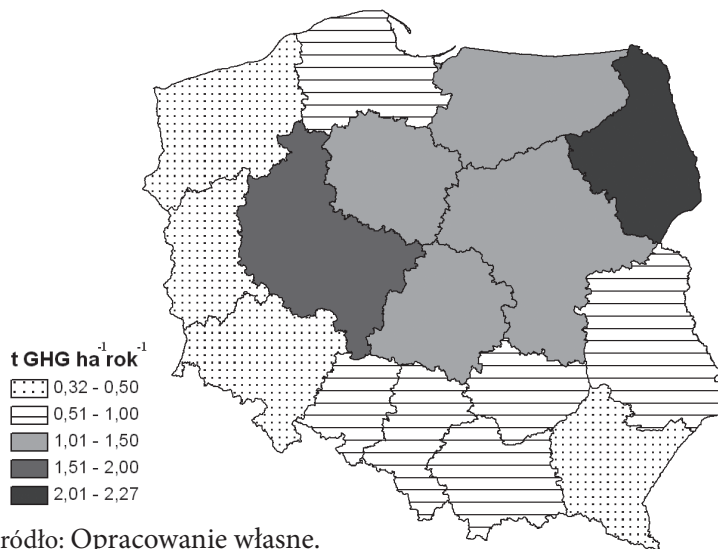
Na rysunku 4. (mapa) przedstawiono regionalne zróżnicowanie emisji GHG z produkcji zwierzęcej. Największa emisja z tego działu produkcji występuje w województwie podlaskim (podobnie jak łącznie dla produkcji zwierzęcej i roślinnej) i następnie w wielkopolskim. Najniższą emisję z produkcji zwierzęcej wykazują województwa podkarpackie i zachodniopomorskie (podobnie jak łącznie dla produkcji zwierzęcej i roślinnej) i dodatkowo województwa lubuskie i dolnośląskie. Różnice między wielkościami najniższymi i najwyższymi dla regionów sięgają 80,9%. Województwa podlaskie i wielkopolskie, wykazujące najwyższą emisję z produkcji zwierzęcej, charakteryzują się przede wszystkim dużą obsadą bydła (odpowiednio 85,6 i 47,8 szt·100 ha⁻¹ UR, co stanowi 222% i 124% w stosunku do wielkości średniej krajowej).

Natomiast w rozkładzie przestrzennym emisji GHG z upraw polowych (rysunek 5 – mapa) prymat uzyskuje województwo opolskie, wiodące w kraju w poziomie wydajności produkcji roślinnej, a następnie województwa wielkopolskie i kujawsko-pomorskie, cechujące się również wysoką wydajnością oraz intensywnością

produkcji roślinnej. Najniższa emisja GHG występuje w województwach podkarpackim, a także małopolskim, cechujących się niską produktywnością rolnictwa.

Rysunek 4

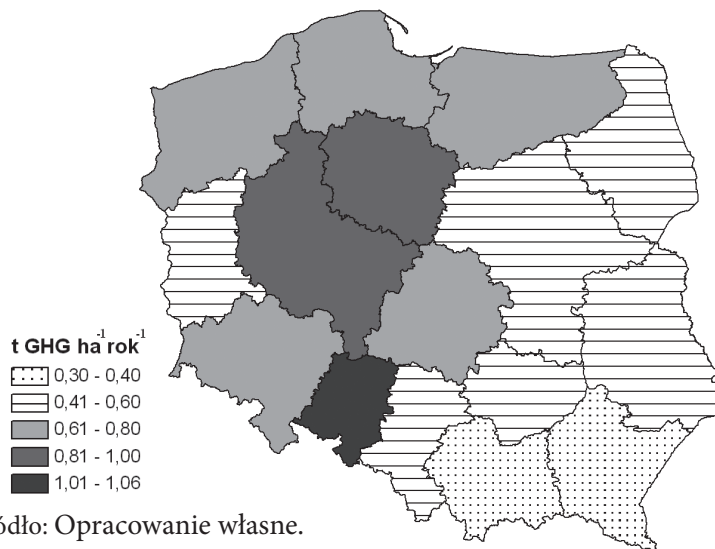
Regionalne zróżnicowanie emisji GHG z produkcji zwierzęcej w Polsce, t GHG·ha⁻¹·rok⁻¹



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 5

Regionalne zróżnicowanie emisji GHG z produkcji roślinnej w Polsce, t GHG·ha⁻¹·rok⁻¹

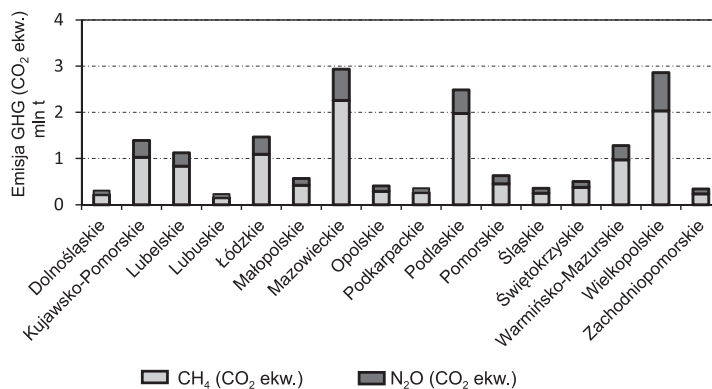


Źródło: Opracowanie własne.

Wielkość i struktura produkcji zwierzęcej w regionach rzutują nie tylko na poziom emitowanych gazów szklarniowych, ale także na ich skład. Na rysunku 6 przedstawione zostały, według danych z 2011 r., wielkości emisji GHG w województwach i na ich tle udział emisji CH_4 i N_2O . We wszystkich województwach dominuje emisja metanu. Widoczny jest duży udział metanu nawet w województwach o stosunkowo niedużej emisji łącznej z produkcji zwierzęcej. Należy podkreślić, że przedstawione dane są przeliczone na ekwiwalent CO_2 , a to oznacza, że uwzględnione są podkreślane w literaturze różnice w oddziaływaniu tych gazów na kształtowanie efektu cieplarnianego [Faber 2001, Freibauer 2003].

Rysunek 6

Poziomy emisji CH_4 i N_2O w produkcji zwierzęcej wyrażone w ekwiwalencie CO_2 według województw w 2011 roku



Źródło: Opracowanie własne.

Ograniczanie emisji GHG jest możliwe przez podjęcie wspomnianych we wstępie do niniejszej pracy praktyk mitygacyjnych. Przedstawiony w dalszej jej części materiał wskazuje na ich główne kierunki. Praktyk tych nie można jednak realizować tylko przez, sugerowane często w literaturze, zmiany strukturalne w produkcji rolnej [Harvey i Pilgrim 2011]. Ważne jest modernizowanie technologii produkcji. W produkcji zwierzęcej istotny wpływ na emisję ma usprawnienie żywienia zwierząt i doskonalenie genetycznych wartości stada (w kierunku efektywniejszego wykorzystania paszy, skrócenia cyklu produkcyjnego itp.). W produkcji roślinnej podkreśla się zarówno konieczność wprowadzania efektywniejszych technologii produkcji, jak i zwracania uwagi na wykorzystanie naturalnych cech siedlisk przyrodniczych, a także kształtowanie przyrodniczej struktury krajobrazu rolniczego (wprowadzania trwałych elementów ochronnych, jak zadrzewienia śródpolne), stanowiących silne bariery biogeochemiczne.

Bardzo ważne jest również tworzenie instrumentów ekonomicznych redukcji emisji GHG, obejmujących producentów rolnych. Podkreśla się konieczność wypracowania (ze względu na powiązania działań mitygacyjnych z nierynkowymi usługami środowiska) praktyk o pożądanej, wysokiej synergii ekonomicznej i przyrodniczej oraz minimalizacji zasady „trade off”, tj. coś za coś), tj. ponoszenia trudno wycenialnych strat w zasobach produkcyjnych.

4. Podsumowanie

W działalności rolniczej największy udział w krajowym poziomie emisji GHG stanowił sektor produkcji zwierzęcej. Zasadniczymi źródłami jego emisji były chów bydła i trzody chlewnej. Intensywność emisji cechowała się dużą zmiennością przestrzenną. Widoczne było zróżnicowanie obszarowe pomiędzy regionami o dużej koncentracji emisji GHG związanej z produkcją zwierzęcą, a regionami z dużymi emisjami z produkcji roślinnej. Różnice te z pewnością można przypisać odmiennym kierunkom rozwoju specjalizacji produkcji rolniczej na poziomie regionów. Wyniki badań ujawniły również zmienność emisji GHG w odniesieniu do produkcji jednostkowej mięsa, mleka oraz jaj. U podłoża przyczyn kształtujących zróżnicowanie regionalne emisji związanej z produktami końcowymi produkcji zwierzęcej znajduje się z pewnością czynnik efektywności produkcji oraz skala produkcji. Z produkcją mięsa wołowego wiąże się zazwyczaj bardzo wysoka emisja GHG, co ma wpływ na tzw. ślad węglowy przetworzonych produktów na bazie wołowiny.

Mając na uwadze te ograniczenia należy sądzić, że dążenie do niskoemisyjnego rolnictwa będzie uzależnione w pierwszej kolejności od skuteczności działań redukcyjnych emisji GHG w produkcji zwierzęcej. Upowszechnienie zasad zrównoważonego rolnictwa w produkcji roślinnej może z kolei odwrócić niekorzystny trend emisji CO₂ z gleb uprawnych i uruchomić procesy sekwestracji (wychwytywania) CO₂ zwiększające zasoby materii organicznej. Silnym wzmocnieniem działań kompensujących emisje z rolnictwa może być także wprowadzanie zadrzewień śródpolnych, szczególnie na terenach o znaczeniu marginalnym dla produkcji rolnej, znacznie zwiększających pojemność środowiska rolniczego w zakresie pochłaniania CO₂.

LITERATURA

1. Bieńkowski F. J., Jankowiak J., Kędziora A., Dąbrowicz R., Holka M. (2013): Nitrogen surpluses in the Wyskoć ditch catchment (Poland) in relation to spatial field structure and intensity of agricultural activity. EJPAU. 16(3), #07, <http://www.ejpau.media.pl/volume16/issue3/art-07.html>

2. Bieńkowski J., Jankowiak J., Dąbrowicz R., Holka M. (2013): EMKAL1A: Kalkulator emisji gazów szklarniowych w rolnictwie. V Konferencja Naukowa PTA „Aktualne kierunki w technologii uprawy roślin rolniczych”, Bydgoszcz, 19-21 wrzesień 2013, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz.
3. De Willigen P. (2000): An analysis of the calculation of leaching and denitrification losses as practiced in the NUTMON approach – Report 18. Plant Research International, Wageningen, Netherlands.
4. Decyzja 529/2013/EU (2013): Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 529/2013/UE z dnia 21 maja 2013 r. w sprawie zasad rozliczania emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych w wyniku działalności związanej z użytkowaniem gruntów, zmianą użytkowania gruntów i leśnictwem oraz informacji o działaniach związanych z tą działalnością. Dziennik Urzędowy UE L 165, 80 – 97.
5. Faber A. (2001): Emisja gazów cieplarnianych oraz retencjonowanie węgla przez rolnictwo. *Fragmenta Agronomica* nr 4 (82), 102-117.
6. Forster P., Ramaswamy V., Artaxo P., Bernsten T., Betts R., Fahey D.W., Haywood J., Lean J., Lowe D.C., Myhre G., Nganga J., Prinn R., Raga G., Schulz M., Van Dorland R. (2007): Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. [w]: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ed. Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 129-234.
7. Freibauer A. (2003): Regionalised inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. *Europ. J. Agronomy* 19, 135-160.
8. GUS (2009, 2010, 2011): *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
9. GUS (2013): *Bank Danych Lokalnych*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, http://stat.gov.pl/bdl/app/strona.htm?p_name=indeks.
10. Harvey M., Pilgrim S. (2011): The new competition for land: food, energy, and climate change. *Food Policy* 36, 40-51.
11. IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. Task Force on National Greenhouse Gas Inventories. [Http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm).
12. Jadczyzyn T., Kowalczyk J., Lipiński W. (2010): Zalecenia nawozowe dla roślin uprawy polowej i trwałych użytków zielonych. Materiały szkoleniowe Nr 95. IUNG-PIB, Puławy.
13. Jankowiak J., Ryszkowski L., Bieńkowski J. (2012): Transformation of the Polish agriculture towards the sustainable development. [w]: *Agricultural diversity and sustainable development in Europe. Examples from France and Poland*. Ed. Wicherek S.P., Bałazy S. Warsaw University of Life Sciences – SGGW Press Warsaw, 89-100.
14. KOBIZE (2013): *Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami*. IOŚ – PIB Warszawa, <http://www.kobize.pl>

JERZY BIENKOWSKI, JANUSZ JANKOWIAK, RADOSŁAW DĄBROWICZ,
MAŁGORZATA HOLKA

POZIOM I PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH
Z ROLNICTWA W POLSCE

Słowa kluczowe: *rolnictwo, emisje gazów cieplarnianych, struktura emisji, przestrzenne
zróźnicowanie, sekwestracja*

STRESZCZENIE

Badania miały na celu określenie ilościowe emisji gazów cieplarnianych (CH_4 , N_2O i CO_2) z rolnictwa oraz ich alokacji przestrzennej w kraju. Podstawowym materiałem źródłowym do badań była elektroniczna baza danych GUS (2009-2011). Do szacowania emisji wykorzystano autorski program EMKAL1. Algorytmy obliczeń oparto na metodologii IPCC. Roczna, średnia emisja gazów cieplarnianych z rolnictwa dla całego kraju, wyrażona w ekwiwalencie CO_2 , wynosiła 27,7 mln ton. Emisja z produkcji zwierzęcej była znacznie wyższa (63,3%) niż z produkcji roślinnej (36,7%). Najsilniejszym emitentem była produkcja bydła (81,1%), natomiast trzody chlewnej stanowiła tylko 13,9%, a pozostałych gatunków zwierząt 5,0%. Emisja wykazywała znaczne zróźnicowanie przestrzenne. Największa łączna emisja występowała w woj. podlaskim, a następnie kujawsko-pomorskim, wielkopolskim i łódzkim, a najniższa w województwach zachodnio-pomorskim i podkarpackim. Rozkład przestrzenny emisji wiąże się z obsadą zwierząt oraz strukturą i kierunkami produkcji zwierzęcej i roślinnej, a także ich intensywnością. Wyniki badań wskazują na kierunki działań mitygujących w rolnictwie dla osiągnięcia redukcji emisji.

JERZY BIENKOWSKI, JANUSZ JANKOWIAK, RADOSŁAW DĄBROWICZ,
MAŁGORZATA HOLKA

THE LEVEL AND SPATIAL DIFFERENTIATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS
FROM AGRICULTURE IN POLAND

Keywords: *agriculture, greenhouse gas emissions, emission structure, spatial differentiation, CO_2 sequestration*

SUMMARY

The aim of the study was to produce quantitative estimates of greenhouse gas emissions (CH_4 , N_2O and CO_2) from agriculture and their spatial allocation within the country. The main source material for the study was the GUS electronic database (2009-2001). To calculate emissions original EMKAL1 program was used. The calculation algorithms in the program were based on the IPCC methodology. The mean, annual greenhouse gas emission from agriculture was 27.7 mln t CO_2 eq. Emission originated in animal production was markedly higher (63,3%) than in plant production (36,7%). The biggest emitter was the cattle husbandry (81.1%), while pig production constituted only 13.9%, and the other animal species – 5.0%. Emission showed a high spatial variability. The highest total

emission occurred in Podlaskie Voivodship, followed by Kujawsko-pomorskie, Wielkopolskie and Łódzkie Voivodships, while the lowest emission in Zachodnio-pomorskie and Podkarpackie Voivodships. Spatial distribution of emission is linked to a stocking rate and a structure as well as directions of animal and plant production, together with their intensity. Study results indicate the direction towards mitigation measures in agriculture to achieve emission reduction.

e-mail: bjrzy@onet.pl