

EMISJA METANU Z RÓŻNYCH SYSTEMÓW UTRZYMANIA BYDŁA MLECZNEGO

Jacek Walczak, Agata Szewczyk, Tomasz Pająk, Piotr Radecki,
Dorota Mazur

Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy, Dział Technologii, Ekologii i Ekonomiki Produkcji Zwierzęcej, 32-083 Balice k. Krakowa

Utrzymanie bydła jest jednym z głównych źródeł produkcji metanu odpowiedzialnego za powstawanie tzw. dziury ozonowej i związanego z nią efektu cieplarnianego. Celem przeprowadzonych badań było oszacowanie wielkości emisji metanu z utrzymania różnych grup technologicznych bydła. Materiał doświadczalny stanowiło 136 sztuk bydła czarno-białego: krowy, jałówki oraz cielęta. Zwierzęta utrzymywano w 6 komorach klimatycznych, z których każda wyposażona była w inny system utrzymania: ściółkowy – płytkiej i głębokiej ściółki z trocinami lub słomą, oraz bezściółkowy – z pełną podłogą betonową lub na ruszcie. Uzyskane wyniki wskazują jednoznacznie na systemy ściółkowe, w tym na głębokiej ściółce trocinowej (126,32 kg/szt./rok) jako źródło największej emisji metanu. Najmniejszą emisją tego gazu w przypadku krów mlecznych, cechował się system płytkiej podściółki (108,4 kg/szt./rok). Analogiczne zależności odnotowano w przypadku pozostałych grup technologicznych bydła.

Zachodzące globalnie zmiany klimatyczne, charakteryzujące się wzrostem średniej temperatury powierzchni Ziemi, czyli tak zwanym efektem szklarniowym, mają podłoże antropogeniczne. Obejmują one reakcje zachodzące w stratosferze, a prowadzące do zaniku strefy ozonowej chroniącej żywe organizmy przed promieniowaniem ultrafioletowym oraz wysokoenergetycznym promieniowaniem kosmicznym. Cząsteczki dwutlenku węgla, pary wodnej oraz metanu posiadają zdolność adsorpcji promieniowania długofalowego w zakresie podczerwieni, pochodzącego z litosfery i dolnej warstwy troposfery. Winą za taki stan obarcza się przede wszystkim przemysł i energetykę. Dopiero w latach osiemdziesiątych wyniki prac badawczych wskazały na rolnictwo, jako równie groźne źródło tego oddziaływania. Szczególny udział w tym procesie bierze produkcja bydła. Według danych IPCC przeszło 50% metanu, gazu współodpowiedzialnego za globalny efekt szklarniowy, pochodzi z fermentacji jelitowej bydła (Casey i Holden, 2005). Średnie tempo przyrostu stężenia ekwiwalentu dwutlenku węgla w skali globu wynosi 2 ppm/rok. W produkcji bydła metan jest wynikiem procesów oddychania zarówno zwierząt, jak i mikroflory zawartej w żwaczu oraz mikroflory przerabiającej obornik czy gnojowicę. Emisja metanu w Unii Euro-

pejskiej według ostatnich danych wynosi 10,2 milionów t/rok (Moss i in., 2000). Szacowania emisji gazów cieplarnianych dokonuje się przy pomocy wzorów i uwzględnieniu odpowiednich współczynników. Dane te odbiegają znacznie od rzeczywistych pomiarów nie uwzględniając warunków utrzymania i mikroklimatu (Dustan, 2002). Każde z takich obliczeń obarczone jest zatem błędem. Mając na względzie opisany stan zagadnienia, celem zrealizowanych badań było oznaczenie rzeczywistych ilości emisji metanu z najczęściej stosowanych w kraju systemów utrzymania poszczególnych grup technologicznych bydła.

Material i metody

Materiał doświadczalny stanowiło bydło czarno-białe (ok. 70% udziału krwi hf) z różnych grup technologicznych, a mianowicie: krowy mleczne, jałówki oraz cielęta. Ogółem w doświadczeniu udział wzięło 168 sztuk zwierząt (w tym 60 krów). Badania zrealizowano w trzech powtórzeniach. Zwierzęta z poszczególnych grup technologicznych utrzymywane były przez okres 2 miesiące (krowy mleczne w szczycie laktacji, jałówki od 90. dnia życia, cielęta od urodzenia), w 6 komorach klimatycznych (foto. 1), z których każda wyposażona została w inny system utrzymania. Na potrzeby doświadczenia wykorzystano najczęściej stosowane w kraju rozwiązania:

- stanowisko ściółkowe – posadzka betonowo-keramzytowa, ścielenie słomą jęczmienną, usuwanie obornika jeden raz dziennie,
- stanowisko na głębokiej ściółce – ścielenie słomą jęczmienną, akumulacja ściółki przez cały czas utrzymywania, usuwanie obornika po okresie utrzymania,
- stanowisko ściółkowe – posadzka betonowo-keramzytowa, ścielenie trocinami drzew iglastych, usuwanie obornika jeden raz dziennie,
- stanowisko na głębokiej ściółce – ścielenie trocinami drzew iglastych, akumulacja ściółki przez cały czas utrzymania, usuwanie obornika po okresie utrzymania,
- stanowisko bezściółkowe – posadzka betonowo-keramzytowa, czyszczenie kojca jeden raz dziennie szufłą i wodą – tylko dla jałówek i krów,
- stanowisko bezściółkowe o posadzce rusztowej – ruszta żeliwne na 2/3 powierzchni kojca, 1/3 powierzchni z posadzką pełną betonowo-keramzytową, spływ gnojowicy do kanału zbiorczego, czyszczenie raz dziennie wodą – dla jałówek,
- stanowisko bezściółkowe-rusztowe w postaci uniesionej klatki dla cieląt.

Komory klimatyczne dla poszczególnych kategorii posiadały identyczną powierzchnię w przeliczeniu na sztukę. Dla każdej kategorii zwierząt przyjęto wielkość wymianianego powietrza na godzinę i sztukę, zgodną z normami (krowy mleczne i zasuszone: 375 m³/h/szt.; jałówki: 250 m³/h/szt.; cielęta: 100 m³/h/szt.). W każdej komorze znajdowały się po dwa stanowiska. Wszystkie zwierzęta żywiono zgodnie z ogólnie przyjętym na fermach schematem (według norm INRA). Komory klimatyczne znajdowały się w jednym budynku wyposażonym w systemy ogrzewania i schładzania. Każda komora zasilana była osobnym kanałem wentylacyjnym, którego wlot znajdował się na zewnątrz budynku, poza strefą zrzućtu powietrza zużytego. Temperatura w budynku i w komorach utrzymywana była w zakresie przedziału neutralności termicznej w zależności od badanej grupy technologicznej: krowy mleczne –

16°C; jałówki – 16°C; cielęta – 20°C. Wilgotność względna utrzymywana była w zakresie 65–75 %. W czasie trwania poszczególnych powtórzeń rejestrowano w sposób ciągły stężenie metanu przy pomocy aparatu Multiwarn II firmy Dräger wyposażonego w sondę elektrochemiczną. Pomiary mikroklimatyczne zrealizowano przy pomocy autonomicznej aparatury monitoringowej, również w sposób ciągły. Uzyskane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji przy pomocy komputerowego programu Statgraphics.



Foto. 1. Front i tył komór mikroklimatycznych. Widoczne przewody zasilające oraz szuflady gnojowe
Fig. 1. Back and front of climatic chambers, with visible feeder cables and dung trays

Wyniki

Wyniki monitoringu parametrów mikroklimatu przedstawiono w tabeli 1. Mieszczą się one w górnej strefie optimum warunków dla poszczególnych kategorii bydła. Stan ten był efektem zamierzonym. Co ważne, dla poszczególnych grup udało się zachować nie różniące się statystycznie przebiegi parametrów, co wyklucza rolę mikroklimatu w uzyskanej zmienności wielkości emisji.

Najniższe emisje metanu dla krów oznaczono w przypadku płytkiej podściółki słomianej (108 kg/rok/szt.) oraz trocinowej (112,9 kg/rok/szt.). Ta pierwsza emitowała statystycznie istotnie mniej gazów niż stanowisko uwięziowe ścielone trocinami i inne pozostałe. Podobne zróżnicowanie potwierdziło się w przypadku głębokich ściółek opartych o wymienione materiały. Jednak to właśnie te systemy emitowały najwięcej metanu (trociny – 126,32 kg/rok/szt., słoma – 123,53 kg/rok/szt.). Emisja od krów w systemie bezściółkowym (119,2 kg/rok/szt.) była na średnim poziomie i różniła się statystycznie, tak od systemów płytkiej ściółki, jak i głębokiej.

Tabela 1. Średnie wartości parametrów mikroklimatycznych pomieszczeń komór
Table 1. Mean values of chamber microclimate parameters

Parametr/ grupa technologiczna Parameter/ Technological group	System utrzymania Housing system					
	ściółowy słomiasty shallow- litter straw	ściółowy trocinowy shallow- litter sawdust	głęboka ściółka słomiasta deep-litter straw	głęboka ściółka trocinowa deep-litteer sawdust	beźściółowy non-litter	rusztowy slatted
Temperatura (°C) Temperature (°C)						
cielęta/calves	-	-	19,2±2,1	18,9±2,9	-	19,0±2,4
jałówki/heifers	16,3±2,9	16,1±2,4	16,8±1,8	16,9±2,9	16,8±2,3	16,2±1,9
krowy/cows	17,4±2,6	17,5±2,3	17,8±1,6	17,1±2,3	17,0±2,1	-
Wilgotność względna (%) Relative humidity (%)						
cielęta/calves	-	-	72,1±5,2	73,4±4,6	-	73,2±4,1
jałówki/heifers	65,6±4,1	64,2±4,3	67,5±3,4	68,6±3,5	69,8±4,1	71,5±3,8
krowy/cows	74,2±3,1	73,3±2,1	75,2±2,3	76,3±3,8	77,3±4,3	-
Prędkość ruchu powietrza (m/s) Rate of air movement (m/s)						
cielęta/calves	-	-	0,19±0,05	0,19±0,04	-	0,18±0,03
jałówki/heifers	0,15±0,04	0,14±0,05	0,15±0,04	0,16±0,04	0,16±0,05	0,21±0,02
krowy/cows	0,22±0,04	0,21±0,04	0,22±0,04	0,23±0,04	0,23±0,05	-

Tabela 2. Wielkość emisji gazowych z podstawowych systemów utrzymania różnych grup technologicznych bydła (kg/rok/szt.).

Table 2. Gas emission rates from basic housing systems of different technological groups of cattle (kg/year/animal)

Grupa technologiczna Technological group	System utrzymania Housing system						SEM
	ściółowy słomiasty shallow-litter straw	ściółowy trocinowy shallow-litter sawdust	głęboka ściółka słomiasta deep-litter straw	głęboka ściółka trocinowa deep-litteer sawdust	beźściółowy non-litter	rusztowy slatted	
Krowy mleczne Dairy cows	108,4 abcd	112,91 aefg	123,53 behi	126,32 cfhi	119,2 dgij		2,31
Jałówki Heifers	56,3 aBCde	57,4 aFGhi	79,32 BFjkl	84,27 CGjMN	66,73 dhkMo	67,58 eilNo	1,32
Cielęta Calves			21,21 ab	24,47 ac		19,68 bc	1,12

aa; bb – różnice istotne statystycznie; AA, BB – różnice wysoko istotne statystycznie.
aa; bb – significant differences; AA, BB – highly significant differences.

Opisana zależność między brakiem a obecnością materiału ściółowego oraz jego rodzajem została potwierdzona dla pozostałych grup technologicznych bydła. Jałówki utrzymywane na płytkiej podściółce słomistej ponownie cechowały się najniższą

w grupie emisją (56,3 kg/rok/szt.), a najwyższą – zwierzęta z głębokiej ściółki trocinowej (84,27 kg/rok/szt.). Różnice te ponownie były istotne statystycznie. Emisje metanu dla cieląt były statystycznie najniższe w systemie bezściółkowym (19,68 kg/rok/szt.), gdyż nie badano tu utrzymania w systemie płytkiej podściółki.

Omówienie wyników

Wyniki monitoringu mikroklimatu komór potwierdziły ich autonomię, opartą na automatycznych systemach kondycjonowania i wymiany powietrza. Chodziło głównie o uniezależnienie się od zewnętrznych warunków pogodowych, ustabilizowanie temperatury w granicach optimum, a przez to uzyskanie wiarygodnych danych w zakresie emisji (Yuwono i in., 2004). W przypadku bydła temperatura wpływa bowiem na wielkość uwalnianego metanu (Misselbrook i in., 2005). Stąd, w najnowszych metodykach szacowania emisji, zarówno IPCC jak i IPCC uwzględniają różnice klimatyczne regionów, wyznaczając odrębne wartości współczynnika Bo (Dustan, 2002; Moss i in., 2000). Konstrukcja części podpodłogowej i tzw. szuflady gnojowej pozwalała natomiast na kolekcję i późniejszą analizę kału, moczu oraz obornika, czy gnojowicy. Elementy te gwarantowały występowanie dodatkowych emisji z warunków utrzymania, obok tych strictly odzwierzęcych, powstających na drodze fermentacji jelitowej. O tym, że są to dość znaczące wielkości świadczą uzyskane dane. Potwierdzają je również źródła literaturowe (Hao i in., 2001; Zhu i in., 2000; Powers i in., 1999). Każdy z systemów różnił się wielkością emitowanego metanu. Za taki stan odpowiedzialność bierze duża dostępność węgla organicznego dla bakterii metanowych i innych beztlenowców wpływająca na wysoką intensywność metanogenezy (Mathison i in., 1998). Przyczyna różnic emisji między słomą a trocinami tkwi w chłonności obu materiałów, pochodzącej od ułożenia łańcuchów celulozowych i występowania garbników (Moss i in., 2000). Zróżnicowanie emisji pomiędzy płytką a głęboką ściółką dyktowane jest zmiennością warunków tlenowych. Stosunkowo niska warstwa słomy czy trocin jest znacznie lepiej napowietrzona niż kilkudziesięciocentymetrowe podłoże. Mikroflora aktywna w metanogenezie jest bowiem beztlenowa (Hinz i Linke, 1998). W przypadku systemu bezściółkowego warunki beztlenowe panujące w kanale gnojowym są jak najbardziej wystarczające do prowadzenia tych przemian, brakuje jednak węgla jako substratu. Do podobnych wniosków doszli również Brewer i Costello (1999), w przypadku utrzymania drobiu, czy Aneja (2000) dla płynnych odchodów świń lub Jeppson (1999) dla bydła. Zróżnicowanie wielkości emisji pomiędzy grupami jest jak najbardziej zrozumiałe i wynika z podłoża fizjologicznego – rozwoju żywca, etapu wzrostu organizmu oraz typu żywienia (Jeppson, 1999).

Podsumowując uzyskane dane zauważyć należy ich porównywalny do wyników literaturowych poziom. Są to wielkości znacznie niższe niż cytowane przez źródła amerykańskie (Zhu i in., 2000) i zbliżone (jedynie nieco niższe) do źródeł europejskich (Höglund-Isaksson i in., 2006). Warto w tym miejscu zaznaczyć różnice nie tylko w poziomie żywienia, wydajności mlecznej, ale także w używanych systemach utrzymania. Europejska i światowa produkcja oparta jest przecież o systemy bezściółkowe, natomiast krajowe pogłowie bydła nadal w przewadze zajmuje płytko ścielone stanowiska.

Piśmiennictwo

- Aneja C. (2000). Characterization of Atmospheric Ammonia Emissions from Swine Waste Storage and Treatment Lagoons, *J. Geophys. Res., Atmos.*, 105 (D9): 11535–11545.
- Brewer S.K., Costello T.A. (1999). In situ measurement of ammonia volatilization from broiler litter using an enclosed air chamber. *Transactions of the ASAE*, 42 (5): 1415–1422.
- Casey J.W., Holden N.M. (2005). The relationship between greenhouse gas emissions and the intensity of milk production in Ireland. *J. Environ. Qual.*, 34: 429–436.
- Dustan A. (2002). Review of methane and nitrous oxide emission factors for manure management in cold climates. *JTI-rapport Lantbruk & Industri*, p. 299.
- Hao X., Chang C., Larney F.J., Travis G.R. (2001). Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting. *J. Environ. Qual.*, 30: 376–386.
- Hinz T., Linke S. (1998). A comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings. Part 2: Results. *J. Agricult. Eng. Res.*, 70: 119–129.
- Höglund-Isaksson L., Winiwarter W., Klimont Z., Bertok I. (2006). Emission scenarios for methane and nitrous oxides from the agricultural sector in the EU-25. *IIASA Interim Report IR-06-019*, p. 45.
- Jeppsson K.H. (1999). Volatilization of ammonia in deep-litter systems with different bedding materials for young cattle. *J. Agricult. Eng. Res.*, 73, 1: 49–57.
- Mathison G.W., Okine E.K., McAllister T.A., Dong Y., Galbraith J., Dmytruk O. (1998). Reducing methane emissions from ruminant animals. *J. Appl. Anim. Res.*, 14, 1: 1–28.
- Misselbrook T.H., Brookman S.K.E., Smith K.A., Cumby T., Williams A.G., McCrory D.F. (2005). Atmospheric pollutants and trace gases crusting of stored dairy slurry to abate ammonia emissions: Pilot-scale studies. *J. Environ. Qual.*, 34: 411–419.
- Moss A.R., Jouany J.P., Newbold J. (2000). Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Ann. Zootech.*, 49, 3: 231–253.
- Powers W.J., Horn H.H. van, Wilkie A.C., Wilcox C.J., Nordstedt R.A. (1999). Effects of anaerobic digestion and additives to effluent or cattle feed on odor and odorant concentrations. *J. Anim. Sci.*, 77: 1412–1421.
- Yuwono A., Schulze P., Lammers R. (2004). Odor Pollution in the environment and the detection instrumentation. *Agri. Eng. Inter.: J. Sci. Res. Dev.*, 6: 23–27.
- Zhu J., Jacobson D.L., Schmidt R., Nicolai S. (2000). Daily variations in odor and gas emission from animal facilities. *Appl. Eng. Agric.*, 16 (2): 153–158.

Zatwierdzono do druku 6 XI 2008

JACEK WALCZAK, AGATA SZEWCZYK, TOMASZ PAJĄK, PIOTR RADECKI,
DOROTA MAZUR

Methane emission from different dairy cattle housing systems

SUMMARY

Cattle management is one of the main sources of methane production, which is responsible for ozone layer depletion and the associated greenhouse effect. The aim of the study was to estimate methane emission rates from different cattle management systems. Subjects were 136 Black-and-White cows, heifers and calves. Animals were housed in 6 climatic chambers differing in the housing system: on shallow or deep litter with sawdust or straw, and without bedding on solid concrete floor or slats. The results clearly

show that litter systems, especially the deep-litter sawdust system are the source of highest methane emissions (126.32 kg/animal/year). The lowest methane emission by dairy cows was characteristic of the shallow litter system (108.4 kg/animal/year). Analogous relationships were found for the other cattle groups.

Key words: cattle, methane emission, housing systems