

Wpłynęło 20.11.2013 r.  
Zrecenzowano 06.02.2014 r.  
Zaakceptowano 28.02.2014 r.  
A – koncepcja  
B – zestawienie danych  
C – analizy statystyczne  
D – interpretacja wyników  
E – przygotowanie maszynopisu  
F – przegląd literatury

## INTENSYWNOŚĆ PRODUKCJI MLEKA A ŚRODOWISKO NATURALNE

**Stanisław WINNICKI** ABCDEF, **J. Lech JUGOWAR** ABCDEF

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Poznaniu, Zakład Kształtowania Środowiska w Obiektach Inwentarskich i Ochrony Powietrza

### Streszczenie

W pracy przedstawiono tendencję zmian w Polsce ilości metanu wytwarzanego w procesie fermentacji jelitowej przez krowy od 2000 do 2012 r. Dane o pogłowiu i wydajności mlecznej krów w Polsce zaczerpnięto ze sprawozdań publikowanych przez związek producentów mleka, a wartości jednostkowej produkcji metanu przez krowy – z pracy JENTSCH i in. [2009]. W rozpatrywanym okresie zwiększyła się o 1,4 tys. kg jednostkowa wydajność mleczna krów w roku, a całkowita produkcja mleka w Polsce zwiększyła się o ok. 15%, w warunkach spadku pogłowia krów o 470 tys. szt., tj. o ok. 15%. W tym samym czasie zmniejszyła się całkowita produkcja metanu o ok. 11%.

Oszacowano także zawartość mocznika w mleku krów o podobnej wydajności 9 tys. kg·szt.<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>, w czterech stadach. Stwierdzono występowanie różnic dochodzących do 30%. Istnieje dodatnia korelacja między zawartością mocznika w mleku i moczu ( $r^2 = 0,96$ ).

Mocznik w moczu jest substancją wyjściową do powstawania amoniaku. Żywienie wpływa istotnie na zawartość mocznika w mleku i w moczu.

**Słowa kluczowe:** krowa, metan, mleko, mocznik w mleku, mocznik w moczu

### WSTĘP

System produkcji zwierzęcej stanowi kompromis między elementami ekonomii, ekologii i etologii [RATSCHOW 1998]. Produkcja mleka może być realizowana na różnym poziomie intensywności [REKLEWSKI 2008]. W ostatnim okresie w Polsce nastąpiła znaczna intensyfikacja produkcji mleka, zmniejszyło się pogłowie krów, lecz zwiększyła się globalna produkcja mleka. W 2000 r. pogłowie krów wynosiło 3 097 mln szt., a produkcja mleka 11 543 mln l. Natomiast w 2011 r. po-

głowie zmniejszyło się do 2 626 mln krów, a produkcja mleka wzrosła do 12 052 mln l [GUS 2013].

Bydło oddziałuje na środowisko naturalne przez wydalenie gazów, głównie metanu i dwutlenku węgla, oraz wydaliny ciekłe (mocz) i stałe (kał) [VAN DEN WEGHE 1998]. Natomiast podczas produkcji mleka, z mocznika występującego w mieszaninie kału i moczu krów, wytwarza się amoniak.

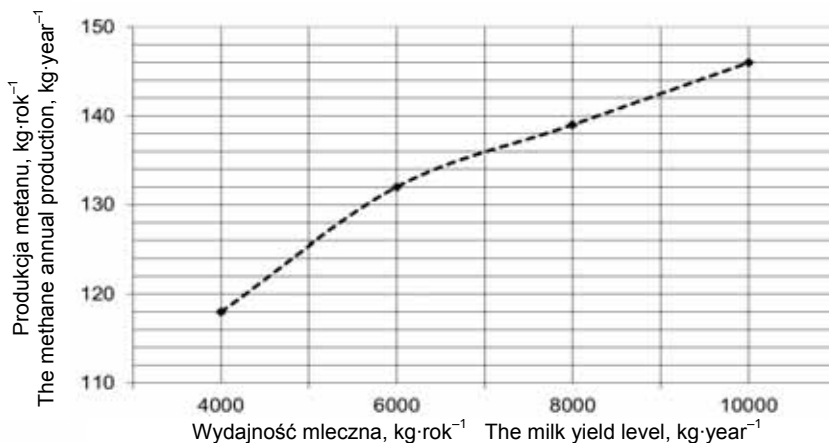
Celem niniejszej pracy było określenie wpływu intensyfikacji produkcji mleka w Polsce na wielkość emisji metanu oraz amoniaku.

Postawiono problem naukowy w postaci pytania: czy zwiększenie wydajności mlecznej krów i zwiększenie produkcji mleka w Polsce, w warunkach jednoczesnego spadku pogłowia powoduje zwiększenie emisji metanu i amoniaku z chowu krów mlecznych, czy też jej zmniejszenie?

Przedstawiono także różnice w zawartości mocznika w mleku krów na przykładzie czterech stad.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Podstawą do obliczeń globalnej produkcji metanu przez pogłowie krów w Polsce były dane zawarte w publikacjach: GUS [2013] – liczebność krów w latach 2000–2012, Polskiej Federacji Hodowców Bydła i Producentów Mleka [PFHBiPM 2013] – wydajność mleczna krów w latach 2000–2012 oraz praca JENTSCH i in. [2009] – zależność rocznej produkcji metanu przez krowę od poziomu wydajności mleka (rys. 1).



Rys. 1. Zależność rocznej produkcji metanu przez krowę od poziomu wydajności mlecznej; źródło: opracowanie własne na podstawie: JENTSCH i in. [2009]

Fig. 1. The relationship between the annual production of methane by a cow and its milk output; source: own elaboration based on JENTSCH *et al.* [2009]

Do analizy zawartości mocznika w mleku wykorzystano dane z wyników kontroli użytkowości mlecznej krów czterech stad z Wielkopolski w 2012 r. Ich wyboru dokonano ze względu na zróżnicowanie średniej zawartości mocznika w mleku oraz charakter zmian w poszczególnych fazach laktacji w wytypowanych stadach. Istnieje dodatni związek między zawartością mocznika w mleku i w moczu, a współczynnik korelacji wynosi  $r^2 = 0,96$ . Do obliczeń zawartości poziomu mocznika w moczu wykorzystano wzór podany w pracy BRADE i BRADE [2010]:

$$MM = -37,33 + 16,01AM \quad (1)$$

gdzie:

$MM$  – ilość mocznika w moczu, g·doba<sup>-1</sup>;

$AM$  – ilość mocznika w mleku, mg·dm<sup>-3</sup>.

## WYNIKI I DISKUSJA

W ostatnich latach w produkcji mleka w Polsce nastąpił wzrost wydajności jednostkowej krów. Szczególnie wyraźny wzrost odnotowano w aktywnej części populacji – to jest krów znajdujących się pod kontrolą użytkowości (tab. 1). Największy przyrost, zaobserwowany w pięcioleciu 1999–2004, związany był z przygotowaniem się producentów do kwotowania produkcji mleka. Również w latach 2011 i 2012 wyraźnie – o 261 kg – zwiększyła się średnia roczna wydajność krów, będąca wynikiem wzrostu cen na mleko w skupie.

**Tabela 1.** Dynamika przeciętnej wydajności mlecznej aktywnej populacji krów w Polsce

**Table 1.** The dynamics of the average milk production by an active cow population in Poland

Rok Year	Średnia wydajność mleczna kg·rok <sup>-1</sup> The average milk yield kg·year <sup>-1</sup>	Okres potrzebny do wzrostu wydajności o 1000 kg, lata The time interval for the output increase by 1000 kg, years	Przyrost wydajności Output increase		Pogłowie krów pod kontrolą użytkowości tys. szt. Cow headage under the control of performance thous. pcs
			w okresie in period	w ciągu roku in the year	
			kg		
1912	2 162	–	–	–	2
1970	3 111	58	949	16	631
1989	4 118	19	1 007	53	758
1999	5 027	10	909	91	379
2004	6 152	5	1 125	225	481
2011	7 135	7	983	140	625
2012	7 396	–	–	261	653

Źródło: opracowanie własne na podstawie: PFHBiPM [2013].

Source: own elaboration based on PFHBiPM [2013].

Przy istniejących w latach 2010–2012 relacjach kosztów produkcji do ceny mleka w skupie, wraz ze wzrostem wydajności obniżył się koszt jednostkowy produkcji mleka [LITWIŃCZUK i in. 2013; TETER 2011]. Pozytywnym zjawiskiem jest także poprawa parametrów fizykochemicznych mleka z intensywnej produkcji z systemami tradycyjnymi [LITWIŃCZUK i in. 2013]. Głównym czynnikiem wystąpienia obu tych tendencji jest poprawa jakości żywienia krów.

Coraz powszechniej stosowane jest skarmianie kisonki z kukurydzy o podwyższonej zawartości suchej masy [KRZYŻEWSKI 2013]. Dobra jakość pasz gospodarskich wpływa pozytywnie zarówno na wydajność mleczną krów, jak i na koszty produkcji mleka [GOTTENSTRATER 2007]. W warunkach wzrostu wydajności zwiększa się zużycie paszy treściwej; z ok. 5 kg, gdy wydajność mleczna wynosi 7 tys. kg rocznie, do 10 kg na dzień i sztukę, gdy wydajność wynosi 11 tys. kg [BRADE, BRADE 2008]. Istnieją dobre warunki do intensywnej produkcji, wzrastają bowiem plony roślin zbożowych, a ilość pasz z rzepaku przewyższa ich krajowe zapotrzebowanie [BRZÓSKA i in. 2010].

Następują także pozytywne zmiany w systemie utrzymania krów. Zwiększa się udział zwierząt utrzymywanych w systemie wolnostanowiskowym [WINNICKI, JUGOWAR 2011], który jest lepszy pod względem dobrostanu dla zwierząt, w porównaniu z systemem uwięziowym.

Wielkość produkcji metanu zależy od ilości pobranej suchej masy paszy oraz rodzaju skarmianej paszy. Im większy udział trawy w dawce, tym większa produkcja metanu. Krowy o wyższej wydajności mlecznej pobierają więcej paszy i produkują więcej metanu [JENTSCH i in. 2009]. Podobną tendencję stwierdzili badacze z Wielkiej Brytanii [HUME i in. 2011] oraz Holandii [BANNINK i in. 2011]. Jednak w przeliczeniu na kg wyprodukowanego mleka ilość metanu zmniejsza się. JENTSCH i in. [2009] obliczyli, że gdy roczna wydajność mleczna krowy wynosi 4 tys. kg, to ilość metanu wynosi 30,8 g na kg mleka, natomiast gdy 10 tys. kg, wówczas tylko 14,6 g·kg<sup>-1</sup>. Podobny kierunek zmian nastąpił w Holandii w dwudziestoleciu od 1990 do 2010 r. Emisja metanu w przeliczeniu na kg mleka zmniejszyła się w tym okresie z 17,5 do 15,0 g [BANNINK i in. 2011].

W latach 2000–2012 pogłowie krów uległo zmniejszeniu o 471,5 tys. szt., a wydajność jednostkowa zwiększyła się o 1423 kg szt.<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> i nastąpił wzrost produkcji globalnej mleka o 1,9 mld l (tab. 2). Towarzyszyła temu korzystna pod względem ekologicznym zmiana – spadek produkcji metanu o 10%. W hipotetycznym wariantcie – wzrostu wydajności mlecznej do 7 tys. kg, stabilną produkcję mleka zapewniłoby znacznie mniej zwierząt – 1 950 tys. W wyniku tego produkcja metanu spadłaby znacząco, do 69,9% w stosunku do 2000 r. Jak wskazują wyniki pogłowia krów będących pod kontrolą użytkowości [PFHBiPM 2013], wariant ten jest realny. Podobna tendencja występuje w Niemczech [PIATKOWSKI i in. 2010]. BRADE i BRADE [2008] zwracają uwagę, że zwiększając wydajność mleczną krów można zmniejszyć ich pogłowie, co umożliwi znaczną redukcję emisji metanu. Autorzy ci wskazują, że prowadząc selekcję zwierząt w kierunku zmniejszenia za-

**Tabela 2.** Produkcja metanu przez pogłowie krów w Polsce w latach 2000–2012**Table 2.** Methane production by cows in Poland in the years 2000–2012

Rok Year	Pogłowie krów tys. Cows population thous.	Średnia roczna wydajność mleczna Mean annual milk production kg	Roczna produkcja metanu Annual production of methane from		Roczna produkcja Annual production of	
			sztuki heads kg	pogłowie headage kg	metanu methane %	mleka milk 10 <sup>9</sup> kg
2000	3 097,5	3 771	122,2	378 514	100,0	11,7
2005	2 795,0	4 336	124,4	347 698	91,9	12,1
2010	2 657,4	4 841	126,7	336 692	89,0	12,9
2012	2 626,0	5 194	128,4	337 178	89,1	13,6
Różnica Difference	–471,5	+1 423	+6,2	41 336	–10,9	+1,9
2000–2012						
Prognoza Forecast	1 950	7 000	135,6	264 420	69,9	13,6

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

wartości tłuszczu oraz zwiększenia zawartości białka w mleku można obniżyć nakład energetyczny na produkcję mleka oraz emisję metanu i straty azotu w odchodach.

Wykorzystanie azotu pobranego z paszą przez krowy o wysokiej wydajności do produkcji białka mleka wynosi ok. 20%. Natomiast wydalanie azotu z kałem wynosi ok. 30% i z moczem ok. 50% [TAMMINGA 1992]. Wzrost wydajności mlecznej tylko nieznacznie wpływa na wydalanie azotu u poszczególnych zwierząt [BRADE 2013]. Najbardziej istotny wpływ na zawartość mocznika w mleku ma zawartość białka i energii w suchej masie dawki pokarmowej [STAMER i in. 2010; 2011].

Zawartość mocznika w mleku w poszczególnych stadach kształtowała się na bardzo różnym poziomie, co przedstawiono w tabeli 3. Różnice między stadami były znaczne, zarówno w wartościach średnich, jak i w poszczególnych fazach laktacji. ZIEMIŃSKI i JUSZCZAK [1997] jako optymalny przedział zawartości mocznika w mleku podają od 150 do 300 mg·dm<sup>-3</sup>. W stadach A i B średnia zawartość mocznika w mleku była zbliżona i wynosiła nieco ponad 200 mg·dm<sup>-3</sup>. Wskazuje to na poprawne zaopatrzenie krów w białko z paszą. Stada A i B różniły się przebiegiem zmian zawartości mocznika w mleku w fazach laktacji. W stadzie A najmniejsza zawartość mocznika w mleku była na początku, a największa w końcu laktacji. Natomiast w stadzie B poziom był podobny podczas całej laktacji. W stadzie C poziom ten przewyższał wartości dla stad A i B i był bardzo wyrównany podczas całej laktacji. Największą zawartość mocznika w mleku stwierdzono w stadzie D, średnio 318 mg·dm<sup>-3</sup>, z wyraźną tendencją wzrostu z przebiegiem laktacji. Tylko

w pierwszych stu dniach laktacji zawartość mocznika była na poziomie optymalnym. Począwszy od drugich 100 dni laktacji zawartość mocznika przekraczała nieznacznie, a w końcu laktacji znacznie wartość  $300 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , przyjmowaną jako górną granicę optimum. Przykładowe dane dotyczące zawartości mocznika w mleku, przedstawione w tabeli 3., są odzwierciedleniem zmienności występującej w praktyce.

Azot niewykorzystany przez organizm zwierzęcia w procesie przemiany białka jest wydalany w postaci mocznika (amidu kwasu węglowego  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ) zawartego w moczu. Mocznik, występujący w mieszaninie kału i moczu krów, jest substancją wyjściową do powstawania amoniaku.

**Tabela 3.** Zawartość mocznika w mleku ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) w wybranych stadach krów mlecznych

**Table 3.** The urea content in milk ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) in selected herds of dairy cows

Faza laktacji Phase of lactation	Zawartość mocznika w mleku dla stada Urea content in milk for the herd			
	A	B	C	D
< 100 dni days	173	210	278	261
101–200 dni days	203	220	275	309
> 200 dni days	225	202	268	365
Wartość średnia dla stada Mean value for the herd	205	211	274	318

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

W procesie egzotermicznym z zastosowaniem enzymu ureazy mocznik jest przetwarzany przez bakterie tlenowe w węglan amonowy. Związek ten jest w powietrzu niestabilny i rozpada się na amoniak i dwutlenek węgla. Hydrolityczny rozkład mocznika (amonifikacja) następuje w gnojowicy lub na powierzchni zabrudzonej obornikiem. Enzym ureaza znajduje się w niestrawionych resztkach roślin i jest wytwarzany przez niektóre bakterie. Enzym ten znacznie przyspiesza hydrolizę mocznika. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość istotnego wpływu na zawartość mocznika zarówno w mleku, jak i w moczu krów w następstwie odpowiedniego żywienia. Jest to zgodne z wynikami badań, podanymi przez BRADE i BRADE [2010]. Na wielkość emisji amoniaku z odchodów bydła, oprócz zawartości mocznika w moczu, wpływają także: system utrzymania i sposób przechowywania nawozów naturalnych. Brak danych o liczbie gospodarstw utrzymujących krowy w poszczególnych systemach oraz o metodach gospodarowania odchodami uniemożliwia szacowanie globalnej emisji amoniaku.

## WNIOSKI

1. Zmiany strukturalne w produkcji mleka w Polsce w latach 2000–2010 spowodowały wzrost wydajności mlecznej krów o 38% oraz zmniejszenie pogłowia krów o 15%.

2. W wyniku tych zmian nastąpiło zwiększenie całkowitej produkcji mleka o 15% oraz zmniejszenie rocznej emisji metanu o 11%.

3. Emisja amoniaku z produkcji bydłowej zależy od wielu czynników, m.in. od zawartości mocznika w moczu, a także systemu utrzymania i gospodarowania odchodami.

4. Optymalizując dawki pokarmowe pod względem zawartości białka, można ograniczyć zawartość mocznika w moczu u krów.

## LITERATURA

- BANNINK A., VAN SCHIJNDEL M.W., DIJKSTRA J. 2011. A model of enteric fermentation in dairy cows to estimate methane emission for the Dutch National Inventory report using the IPPC Tier 3 approach. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 166/167 s. 590–595.
- BRADE W. 2013. Mikroben für weniger Methan. *DLG-Mitteilungen*. Nr 6 s. 73–75.
- BRADE E., BRADE W. 2008. Wieviel Korn braucht die Milch? *Neue Landwirtschaft*. Nr 5 s. 58–59.
- BRADE E., BRADE W. 2010. Milchwahnharnstoff als Indikator nutzen. *Neue Landwirtschaft*. Nr 5 s. 67–68.
- BRZÓSKA F., ŚLIWIŃSKI B., MICHALIK-RUTKOWSKA O. 2010. Pasze rzepakowe – miejsce w bilansie białkowym kraju oraz wartość pokarmowa. *Cz. 1. Wiadomości Zootechniczne*. T. 48. Nr 2–3 s. 11–18.
- GOTTENSTRATER A. 2007. Spiel ohne Grenzen. *Neue Landwirtschaft*. Nr 8 s. 54–59.
- GUS 2013. Rocznik statystyczny rolnictwa 2013 [online]. Warszawa. [Dostęp 20.11.2013]. Dostępny w Internecie: [http://www.stat.gov.pl/gus/5840\\_4127\\_PLK\\_HTML.htm](http://www.stat.gov.pl/gus/5840_4127_PLK_HTML.htm)
- HUME D.A., WHITELAW C.B.A., ARCHIBALD A.L. 2011. The future of animal production: improving productivity and sustainability. *Journal of Agriculture Science*. Vol. 149 s. 9–16.
- JENTSCH W., PIATKOWSKI B., SCHWEIGEL M., DERNO M. 2009. Quantitative results for methane production of cattle in Germany. *Archiv Tierzucht*. Vol. 52. Iss. 6 s. 587–592.
- KRZYŻEWSKI J. 2013. Kiszonka z kukurydzy najlepszą paszą dla bydła. *Bydło*. Nr 9 s. 12–16.
- LITWIŃCZUK Z., TETER W., CHABUZ W., STANEK P., ŻÓLKIEWSKI P. 2013. Efektywność produkcji mleka w gospodarstwach rodzinnych południowo-wschodniej. *Polski Przegląd Hodowlany*. Nr 3 s. 9–12.
- PFHBiPM – Region Oceny Poznań 2013. Wyniki prac hodowlanych w roku 2012. *Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka*. Poznań s.1–118.
- PIATKOWSKI B., JENTSCH W., DERNO M. 2010. Neue Ergebnisse zur Methanproduktion und zu deren quantitativer Vorhersage beim Rind. *Züchtungskunde*. Bd. 82 s. 400–407.
- RATSCHOW J. P. 1998. Landwirtschaftliche Tierhaltung – Quo vadis? *KTBL-Schrift*. Nr 254 s. 112–119.
- REKLEWSKI Z. 2008. Intensywny i ekologiczny system produkcji mleka. *Przegląd Hodowlany*. Nr 6 s. 1–5.
- STAMER E., BRADE W., JUNGE W., THALLER G. 2010. Erste Ergebnisse einer Zuchtwertschätzung für Milchwahnharnstoff bei erstlaktierenden Holstein-Kühen und mögliche Selektionsalternativen (Kurzmitteilung). *Züchtungskunde*. Bd. 82. Nr 2 s. 121–130.

- STAMER E., BRADE W., THALLER G. 2011. Modellentwicklung und Schätzung genetischer Parameter für den Harnstoffgehalt in der Milch erst- und zweitlaktierender Holstein-Kühe. Züchtungskunde. Bd. 83. Nr 2 s. 104–117.
- TAMMINGA S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. Journal of Dairy Science. Vol. 75 s. 345–357.
- TETER W. 2011. Analiza kosztów produkcji mleka w gospodarstwie rodzinnym utrzymującym bydło mleczne. Przegląd Hodowlany. Nr 6 s. 19–20.
- VAN DEN WEGHE H. 1998. Umwelttechnik in der Tierhaltung. KTBL-Schrift. Nr 254 s. 159–170.
- WINNICKI S., JUGOWAR J. L. 2011. Struktura systemów utrzymania bydła w województwie wielkopolskim. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 3 (73) s. 83–100.
- ZIEMIŃSKI R., JUSZCZAK J. 1997. Zawartość mocznika w mleku jako wskaźnik stosunku białkowo-energetycznego w dawce pokarmowej dla krów mlecznych. Postępy Nauk Rolniczych. Nr 3 s. 73–82.

*Stanisław WINNICKI, J. Lech JUGOWAR*

## THE INTENSITY OF MILK PRODUCTION AND THE NATURAL ENVIRONMENT

**Key words:** cow, methane, milk, urea in milk, urea in urine

### S u m m a r y

Changes in methane production in the process of intestinal fermentation in cows were shown for the years 2000 to 2012. In this period, the unit milk output increased by 1400 kg while the total milk production in the country increased by about 15% and the number of cows decreased to 470 000 heads. At the same time the total methane production decreased by about 11%.

Data concerning the urea content in milk in four herds of a similar output of 9000 kg per cow per year were analysed. The differences of up to 30% were found. There was a significant correlation ( $r^2 = 0.96$ ) between the urea content in milk and urine. Urea in the urine is the initial substance for ammonia formation. Nutrition significantly affects the urea content in milk and urine.

**Adres do korespondencji:** prof. dr hab. S. Winnicki, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Poznaniu, ul. Biskupińska 67, 60-463 Poznań; tel. +48 61 820-33-31, e-mail: S.Winnicki@itep.edu.pl