

## Szacowanie dobowej wydajności mleka krów na podstawie porannych lub wieczornych udojów\*

Agnieszka Otwinowska-Mindur<sup>1</sup>, Ewa Ptak<sup>1</sup>, Krzysztof Słoniewski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt,  
Katedra Genetyki i Metod Doskonalenia Zwierząt,  
al. Mickiewicza 24/28; 30-059 Kraków; e-mail: rzmindur@cyf-kr.edu.pl  
<sup>2</sup>Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka,  
ul. Żurawia 22, 00-515 Warszawa

Celem pracy było porównanie kilku metod szacowania dobowej wydajności mleka na podstawie jednego udoju: porannego lub wieczornego, krów ocenianych metodą AT4. Materiał stanowiły dane z robotów udojowych udostępnione przez Polską Federację Hodowców Bydła i Producentów Mleka (PFHBiPM). Wybrano 43 309 udojów wykonanych między 5. a 305. dniem doju dla krów z jednym lub dwoma udojami w ciągu doby. Odstęp między danym dojem a poprzednim podzielono na klasy (MIC), a laktacje podzielono na 10 miesięcznych faz. Wydajności dobowe szacowano na podstawie równań regresji liniowej. Porównano 3 równania: w obrębie laktacji pierwszych i pozostałych (wariant 1, modele 1-3) lub łącznie dla wszystkich laktacji (wariant 2, modele 4-6). Współczynniki dla modelu 1. wyznaczono w obrębie pory doju, klasy MIC i fazy laktacji. Współczynniki modelu 2. obliczono w obrębie pory doju, a odstępy między danym dojem i poprzednim uwzględniono jako dodatkową współmienną. Współczynniki dla modelu 3. wyznaczono w obrębie pory doju, klasy MIC, a fazę laktacji zastąpiono regresją na dzień doju. Rekomendowany do wdrożenia jest model 1., który stanowi prosty model regresji, łatwy do implementacji w praktyce. Wyznaczenie współczynników w obrębie laktacji podzielonych na pierwsze i pozostałe pozwoli na dokładniejsze szacowanie wydajności dobowej.

**SŁOWA KLUCZOWE:** metoda AT4 / udoj poranny / udoj wieczorny

W Polsce stosowane są trzy metody oceny użyteczności mlecznej krów należące do grupy A (A4, AT4 i A8), które zostały zaakceptowane przez Międzynarodową Organizację ICAR. Metodę referencyjną stanowi metoda A4. Stosując metodę A4 zootechnik oceny odwiedza oborę co miesiąc, przeprowadzając od 11 do 13 próbnych udojów w roku. Pomiar ilości udojonego mleka wykonywany jest w każdym doju w ciągu doby.

---

\*Badania sfinansowane przez Polską Federację Hodowców Bydła i Producentów Mleka i oparte na danych udostępnionych przez PFHBiPM, a publikacja sfinansowana z dotacji na naukę przyznanej przez MNiSW w ramach tematu nr DS 3254

Zasady obowiązujące w metodzie AT4 są zbliżone do zasad w metodzie A4, przy czym w ciągu doby wykonywany jest tylko jeden próbny udój, naprzemiennie, w jednym miesiącu rano, a w kolejnym miesiącu wieczorem. Jako dzienną wydajność mleka przyjmuje się ilość mleka uzyskaną podczas próbnego udoju pomnożoną przez dwa. W metodzie A8 system rejestracji udojonego mleka jest identyczny jak w metodzie referencyjnej A4, z tym, że próbne doje wykonywane są co 8 tygodni [5]. W celu obniżenia kosztów wielu hodowców rezygnuje z metody A4, wybierając tańsze metody, głównie AT4. Obecnie w Polsce metodą AT4 jest ocenianych około 67% krów, metodą A4 – 28%, a metodą A8 – 5% krów pod oceną [4].

Z uwagi na tak częste wykorzystanie metody AT4 w ocenie bydła pod względem cech wydajności mlecznej, na przestrzeni ostatnich lat podjęto próbę szacowania dobowej wydajności mleka i jego składników na podstawie jednego doju, metodą dokładniejszą niż proste mnożenie przez dwa. Badania nad oceną dokładności metody AT4 w odniesieniu do standardowej metody A4 prowadzili m.in. DeLorenzo i Wiggans [2], Cassandro i wsp. [1] oraz Liu i wsp. [3]. W większości badań wykazano, że metody regresyjne dają dokładniejsze oszacowania wydajności dobowej krów niż podwojenie ilości mleka z jednego próbnego doju w ciągu doby. Badania te potwierdziły duży wpływ odstępu między dojami na szacowaną wydajność dobową, podczas gdy uwzględnienie efektów takich jak dzień laktacji czy numer laktacji ma mniejsze znaczenie w szacowaniu wydajności dobowej.

Celem pracy było porównanie kilku metod szacowania dobowej wydajności mleka krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej na podstawie udoju porannego lub wieczornego.

### Material i metody

Do obliczeń wykorzystano dane o dobowej wydajności mleka, tłuszczu i białka 4349 krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej (HO). Dane pochodziły z robotów udojowych i były udostępnione przez Polską Federację Hodowców Bydła i Producentów Mleka (PFHBiPM). Wybrano 43 309 udojów zarejestrowanych między 5. a 305. dniem laktacji dla tych krów, które doiły się raz lub dwa razy w ciągu doby. Dane o krowach, które doiły się więcej niż dwa razy na dobę nie zostały uwzględnione w obliczeniach. Dane pochodziły z 9 laktacji, które podzielono na laktacje pierwsze i pozostałe (1,  $\geq 2$ ).

Dane z udojów porannych (AM) stanowiły 66% danych ( $n=28\ 677$ ), a z udojów wieczornych (PM) – 34% ( $n=14\ 632$ ). Udoje z pierwszych laktacji były mniej liczne ( $n=16\ 204$ , tj. 37%) w porównaniu z udojami z kolejnych laktacji ( $n=27\ 105$ , tj. 63%). Odstęp między danym dojem a poprzednim podzielono na klasy (MIC). Dla dojów AM utworzono 8 klas MIC: <6-7), <7-8), <8-9), <9-10), <10-11), <11-12), <12-13), <13-18) godzin, a dla PM 6 klas: <6-7), <7-8), <8-9), <9-10), <10-11), <11-18) godzin. Przy tworzeniu klas MIC jako kryterium przyjęto podobną liczebność w każdej klasie, dlatego w przypadku udojów PM utworzono mniej klas niż w przypadku udojów AM. Każdą laktację podzielono na dziesięć miesięcznych faz (1 faza = 30 dni).

Wydajności dobowe krów szacowano na podstawie trzech równań regresji liniowej [2, 3]:

$$(1) \quad y_{TD} = b_0 + b_1 \times y_{AM/PM}$$

$$(2) \quad y_{TD} = b_0 + b_1 \times y_{AM/PM} + b_2 \times MI$$

$$(3) \quad y_{TD} = b_0 + b_1 \times y_{AM/PM} + b_2 \times (DIM - 153)$$

W każdym równaniu regresji (1)-(3) zmienną niezależną stanowiła wydajność mleka, tłuszczu lub białka z udoju rannego lub wieczornego ( $y_{AM/PM}$ ), a zmienną zależną – wydajność dobową tych samych cech ( $y_{TD}$ ). Dodatkowo w równaniu (2) uwzględniono odstęp czasu między danym dojem a poprzednim (w minutach) jako współzmienną  $MI$ , a w równaniu (3) – współzmienną  $DIM$ , czyli dzień laktacji, poprawiony na środkowy dzień laktacji (tzn. 153. dzień doju). Współczynniki  $b_0$ ,  $b_1$  i  $b_2$  oznaczały współczynniki regresji.

Wyznaczono współczynniki regresji dla 6 różnych modeli, wykorzystując równania (1)-(3) w dwóch wariantach: z podziałem na laktacje pierwsze i pozostałe (wariant 1) lub łącznie dla wszystkich laktacji (wariant 2). Współczynniki modelu 1. wyznaczono w oparciu o równanie (1) w obrębie podklas: numer laktacji (1,  $\geq 2$ ) x pora doju (AM, PM) x odstęp czasu między danym dojem a poprzednim (MIC) x faza laktacji. Współczynniki modelu 2. oszacowano na podstawie równania (2) w obrębie podklas: numer laktacji x pora doju, a odstęp czasu między danym dojem a poprzednim został uwzględniony jako współzmienna (MI). Współczynniki modelu 3. uzyskano wykorzystując równanie (3) w obrębie podklas: numer laktacji x pora doju x odstęp czasu między danym dojem a poprzednim (MIC), a faza laktacji została zastąpiona przez dodatkową współzmienną, tzn. dzień laktacji (DIM). Modele 4-6 stanowią odpowiedniki modeli 1-3 opisanych wyżej, przy czym w modelach tych współczynniki regresji wyznaczono dla wszystkich laktacji łącznie, bez podziału na laktacje pierwsze i pozostałe.

W przypadku każdego modelu (1-6) współczynniki regresji liniowej dla wydajności mleka, tłuszczu i białka posłużyły do obliczenia wydajności dobowej tych cech. Tak oszacowane wydajności dobowe porównano z wydajnościami wyznaczonymi za pomocą dotychczasowej metody, tzn.  $y_{TD} = 2 \times y_{AM/PM}$  oraz z wydajnościami rzeczywistymi, wykorzystując następujące kryteria:

- współczynnik korelacji liniowej między oszacowanymi ( $\hat{y}_{TD}$ ) i rzeczywistymi ( $y_{TD}$ ) wydajnościami dobowymi,

- średni kwadrat błędu (gdzie błąd =  $y_{TD} - \hat{y}_{TD}$ ),

- odchylenie standardowe oszacowanych wydajności dobowych,

- średni błąd w kolejnych fazach laktacji.

Model, który charakteryzuje największy współczynnik korelacji, najmniejsza wartość średniego kwadratu błędu oraz wartość odchylenia standardowego najbardziej zbliżona do wartości tego odchylenia dla wydajności rzeczywistych, najdokładniej szacuje wydajność dobową krów. Dodatkowo, wartość odchylenia standardowego dla oszacowanych wydajności, która jest mniejsza od wartości tego odchylenia dla wydajności rzeczywistych, wskazuje na lepsze oszacowanie wydajności dobowej i dlatego taki model jest zalecany do wdrożenia.

Obliczenia wykonano za pomocą procedur SAS/STAT pakietu statystycznego SAS [6].

### Wyniki i dyskusja

W tabelach 1. i 2. przedstawiono średnie wraz z odchyleniami standardowymi i współczynnikami zmienności wydajności dobowych mleka, tłuszczu i białka, które oszacowano na podstawie poszczególnych modeli i zestawiono według pory doju i numeru laktacji. Średnie wydajności dobowe trzech cech obliczone na podstawie modeli 1-3 są podobne do wydajności rzeczywistych. Odchylenia standardowe (SD) dla wydajności oszacowanych przy użyciu każdego z 6 modeli oraz za pomocą metody obecnie stosowanej są mniejsze od SD dla wydajności rzeczywistych o około 2-4%. Modele 4-6 nieco przeszacowują wydajności dobowe wszystkich cech w przypadku laktacji pierwszych, a najbardziej model 5. W przypadku laktacji późniejszych występuje niewielkie niedoszacowanie rzeczywistych wydajności przez modele, w których nie uwzględniono podziału na pierwsze i kolejne laktacje (modele 4-6). Wyniki uzyskane dla obecnej metody najbardziej odbiegają od rzeczywistych wydajności dobowych. W tym przypadku występuje znaczne niedoszacowanie wydajności dobowych, wynoszące nawet do 9 kg mleka (dla laktacji  $\geq 2$  i udojów PM). Współczynnik zmienności dla dotychczasowej metody jest największy (tab. 1 i 2).

Uszeregowanie stosowanych modeli (1-6) według każdego z kryteriów przedstawionych w tabeli 3. jest podobne. Współczynniki korelacji liniowej ( $r$ ) między oszacowaną i rzeczywistą wydajnością mleka oraz białka są wysokie i wynoszą od 0,88-0,91 (model 5.) do 0,92-0,94 (model 1.). Wartości  $r$  dla wydajności tłuszczu są niższe i wynoszą od 0,83 (model 5.) do 0,87 (model 1.). Uszeregowanie modeli ze względu na dokładność dopasowania mierzoną wielkością średniego kwadratu błędu (MSE) jest takie samo jak według wielkości korelacji, tzn. najmniejszym błędem charakteryzuje się model 1., a największym model 5. W przypadku każdego z 6 modeli i każdej z trzech cech odchylenie standardowe dla oszacowanej wydajności dobowej jest mniejsze od SD dla wydajności rzeczywistej. Odchylenia standardowe wydajności oszacowanych modelem 1. są najbardziej zbliżone do wartości odchyleń standardowych charakteryzujących wydajności rzeczywiste. Największą różnicę między odchyleniami standardowymi wydajności rzeczywistych i wydajności oszacowanych zaobserwowano dla modelu 5. Oznacza to, że model 1. najlepiej przybliży rzeczywisty rozkład wydajności mleka, tłuszczu i białka, przy czym najdokładniej oszacowana jest dobową wydajność mleka, następnie białka, a na końcu tłuszczu.

Model obecnie stosowany do szacowania wydajności dobowej w metodzie AT4 odbiega od modeli regresyjnych i daje najmniej dokładne oszacowania wydajności dobowej. W przypadku tego modelu wartość współczynnika korelacji waha się od 0,66 do 0,75, a MSE jest ponad 5-krotnie większy (mleko i białko) i 3-krotnie większy (tłuszcz) od MSE dla modelu 5., tzn. najmniej dokładnego spośród analizowanych modeli.

Na wykresie przedstawiono średnie błędy w oszacowaniu dobowej wydajności mleka w kolejnych fazach laktacji. Dla przejrzystości, na wykresie nie zamieszczono wyników dla obecnie stosowanej metody. Warto zauważyć, że dla obecnej metody wszystkie wydajności dobowe są niedoszacowane; przykładowo, średnie niedoszacowanie dobowych wydajności mleka wynosi od 3,5 do 9,5 kg w kolejnych fazach laktacji (informacja wła-

**Tabela 1 – Table 1**  
 Średnie ( $\bar{x}$ ) wraz z odchyleniami standardowymi (SD) i współczynnikami zmienności (CV) rzeczywistych wydajności dobowych ( $y_{TD}$ ) oraz oszacowanych na podstawie wybranych modeli dla cech wydajności mlecznej w pierwszej laktacji  
 Means ( $\bar{x}$ ), standard deviations (SD) and coefficients of variation (CV) of true ( $y_{TD}$ ) and estimated daily yield using selected models in first lactation

Cecha Trait	Pora dnia Time of day	$y_{TD}$	Model						Obecna metoda Current method
			1	2	3	4	5	6	
Mleko (kg) Milk (kg)	AM – udój poranny	$\bar{x}$	27,045	27,043	27,045	27,469	27,740	27,450	21,425
	AM – a.m. milking	SD	6,648	5,778	6,015	6,287	6,353	6,252	5,950
		CV	24,580	22,350	22,240	22,890	22,900	22,780	27,770
	PM – udój wieczorny	$\bar{x}$	27,534	27,531	27,534	27,985	28,185	27,969	20,212
	PM – p.m. milking	SD	6,661	5,862	6,060	6,364	6,448	6,336	5,537
		CV	24,190	21,290	22,010	22,740	22,880	22,650	27,400
Tuszczyz (kg) Fat (kg)	AM – udój poranny	$\bar{x}$	1,054	1,052	1,054	1,092	1,097	1,091	0,836
	AM – a.m. milking	SD	0,237	0,189	0,195	0,212	0,215	0,211	0,240
		CV	22,450	18,000	18,500	19,390	19,620	19,300	28,730
	PM – udój wieczorny	$\bar{x}$	1,065	1,064	1,065	1,103	1,107	1,102	0,805
	PM – p.m. milking	SD	0,237	0,190	0,194	0,208	0,210	0,206	0,226
		CV	22,300	17,830	18,240	18,850	19,000	18,690	28,090
Białko (kg) Protein (kg)	AM – udój poranny	$\bar{x}$	0,899	0,897	0,899	0,913	0,923	0,913	0,712
	AM – a.m. milking	SD	0,204	0,183	0,182	0,189	0,192	0,188	0,194
		CV	22,660	20,340	20,230	20,690	20,760	20,610	27,250
	PM – udój wieczorny	$\bar{x}$	0,911	0,912	0,911	0,927	0,934	0,926	0,675
	PM – p.m. milking	SD	0,204	0,184	0,183	0,190	0,194	0,189	0,181
		CV	22,400	20,170	20,070	20,510	20,790	20,440	26,840

Tabela 2 – Table 2

Średnie ( $\bar{x}$ ) wraz z odchyleniami standardowymi (SD) i współczynnikami zmienności (CV) rzeczywistych wydajności dobowych ( $Y_{TD}$ ) oraz oszacowanych na podstawie wybranych modeli dla cech wydajności mlecznej w laktacji drugiej i następnym

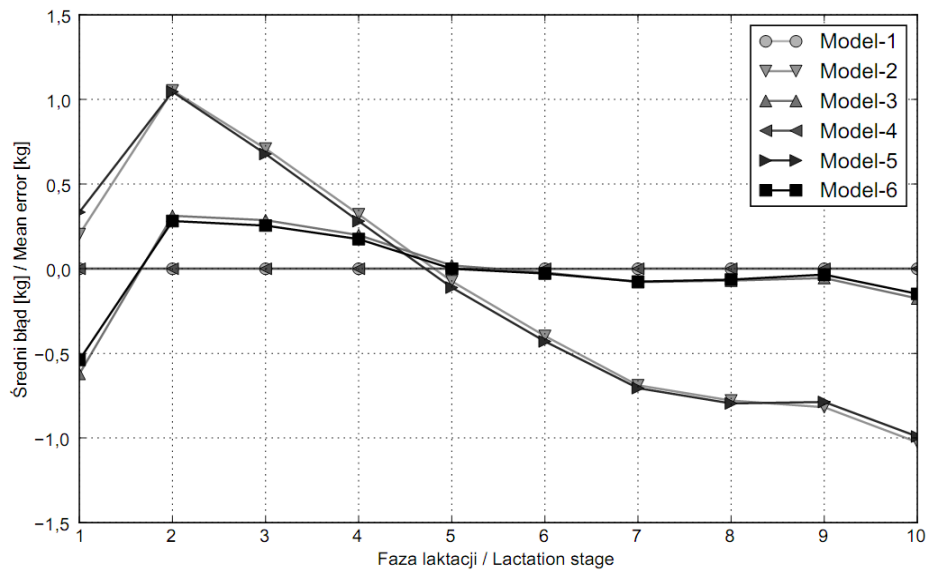
Means ( $\bar{x}$ ), standard deviations (SD) and coefficients of variation (CV) of true ( $Y_{TD}$ ) and estimated daily yield using selected models in later lactations

Cecha Trait	Pora dnia Time of day	$Y_{TD}$	Model						Obecna metoda Current method
			1	2	3	4	5	6	
Mleko (kg) Milk (kg)	AM – udój poranny	$\bar{x}$	32,145	32,145	32,145	31,885	31,719	31,897	25,517
	AM – a.m. milking	SD	9,801	9,096	9,082	9,105	8,705	9,097	7,818
		CV	30,490	28,300	28,250	28,560	27,440	28,520	30,640
	PM – udój wieczorny	$\bar{x}$	33,100	33,102	33,100	32,844	32,727	32,853	24,088
	PM – p.m. milking	SD	9,854	9,273	9,256	9,283	8,972	9,273	7,186
		CV	29,770	28,010	27,960	28,260	27,410	28,230	29,830
Tłuszcz (kg) Fat (kg)	AM – udój poranny	$\bar{x}$	1,268	1,268	1,268	1,244	1,238	1,245	1,004
	AM – a.m. milking	SD	0,359	0,307	0,305	0,310	0,296	0,309	0,314
		CV	28,340	24,210	24,080	24,900	23,900	24,810	31,270
	PM – udój wieczorny	$\bar{x}$	1,299	1,297	1,299	1,277	1,278	1,278	0,985
	PM – p.m. milking	SD	0,356	0,304	0,302	0,310	0,299	0,309	0,302
		CV	27,400	23,400	23,290	24,230	23,390	24,160	30,650
Białko (kg) Protein (kg)	AM – udój poranny	$\bar{x}$	1,062	1,062	1,062	1,053	1,046	1,053	0,845
	AM – a.m. milking	SD	0,287	0,262	0,262	0,263	0,251	0,263	0,243
		CV	27,070	24,690	24,640	25,030	23,990	24,990	28,780
	PM – udój wieczorny	$\bar{x}$	1,091	1,091	1,091	1,082	1,078	1,082	0,803
	PM – p.m. milking	SD	0,286	0,265	0,265	0,267	0,257	0,267	0,224
		CV	26,240	24,300	24,250	24,680	23,820	24,640	27,850

**Tabela 3 – Table 3**

Współczynniki korelacji liniowej ( $r$ ) między oszacowanymi i rzeczywistymi wydajnościami, średnie kwadraty błędów (MSE), odchylenia standardowe rzeczywistej wydajności dobowej ( $\sigma_{yTD}$ ) oraz odchylenia standardowe oszacowanych wydajności dobowych ( $\sigma$ ) na podstawie porannych lub wieczornych udójów  
 Correlations ( $r$ ) between true and estimated yields, mean squared errors (MSE), standard deviations of true yields ( $\sigma_{yTD}$ ) and standard deviations ( $\sigma$ ) of daily yields estimated using morning or evening milkings

Cecha Trait	Pora dnia Time of day	Model						Obecna metoda Current method	$\sigma_{yTD}$
		1	2	3	4	5	6		
Mleko (kg) Milk (kg)	AM – udój poranny	$r$ 0,93	0,90	0,93	0,93	0,90	0,93	0,70	9,080
	AM – a.m. milking	$\sigma$ 8,44	8,16	8,43	8,43	8,13	8,42	7,44	
	MSE 11,16	15,83	11,47	11,47	16,43	11,66	82,29		
PM – udój wieczorny	PM – udój wieczorny	$r$ 0,94	0,92	0,94	0,94	0,91	0,94	0,75	9,230
	PM – p.m. milking	$\sigma$ 8,69	8,47	8,67	8,67	8,44	8,65	6,89	
	MSE 9,73	13,43	10,05	10,07	14,00	10,27	107,97		
Tłuszcz (kg) Fat (kg)	AM – udój poranny	$r$ 0,87	0,84	0,86	0,86	0,83	0,85	0,65	0,335
	AM – a.m. milking	$\sigma$ 0,29	0,28	0,29	0,29	0,28	0,29	0,30	
	MSE 0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,13		
PM – udój wieczorny	PM – udój wieczorny	$r$ 0,87	0,85	0,86	0,86	0,84	0,86	0,70	0,337
	PM – p.m. milking	$\sigma$ 0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,29	0,29	
	MSE 0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,15		
Białko (kg) Protein (kg)	AM – udój poranny	$r$ 0,92	0,88	0,92	0,91	0,88	0,91	0,66	0,271
	AM – a.m. milking	$\sigma$ 0,25	0,24	0,25	0,25	0,24	0,25	0,24	
	MSE 0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,09		
PM – udój wieczorny	PM – udój wieczorny	$r$ 0,93	0,90	0,93	0,93	0,90	0,93	0,71	0,274
	PM – p.m. milking	$\sigma$ 0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,22	
	MSE 0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,11		



Rys. Średnie błędy dobowej wydajności mleka w kolejnych fazach laktacji oszacowane przy użyciu modeli regresyjnych

Fig. Mean errors of daily milk yield in successive lactation stages estimated using six models

sna), a w modelach regresyjnych (1-6) zawiera się w przedziale  $\pm 1$  kg. Modele 1. i 4. są dopasowywane do wydajności AM lub PM w obrębie największej liczby podklas, w których występuje jako składowa faza laktacji, co powoduje, że średni błąd oszacowań jest bliski zera w każdym miesiącu (fazie) laktacji. Pozostałe modele (2., 3., 5., 6.) niedoszacowują wydajności dobowe w pierwszych miesiącach laktacji (faza 1-5) i przeszacowują te wydajności w drugiej połowie laktacji (faza 6-10). Najmniej dokładne jest oszacowanie dobowych wydajności na podstawie modeli najprostszycy (tj. modeli 2. i 5.), w których nie uwzględniono wpływu fazy laktacji. W tym przypadku błędy oszacowania wydajności dochodzą do  $\pm 1$  kg dla mleka (wykres),  $\pm 0,06$  kg dla tłuszczu oraz  $\pm 0,03$  kg dla białka (informacja własna). Modele 3. i 6., czyli zmodyfikowane wersje modelu DeLorenzo i Wiggansa [2], tylko nieznacznie przeszacowują lub niedoszacowują dzienną wydajność mleka. Podobną tendencję dla wszystkich porównywanych modeli (1-6) zaobserwowano również w przypadku dziennej wydajności tłuszczu oraz białka (informacja własna).

Do wdrożenia rekomendowany jest model 1., z uwagi na jego prostotę i łatwość implementacji w praktyce. Potwierdzają to wyniki badań Liu i wsp. [3], którzy porównując kilka modeli regresyjnych uznali, że model 1. najdokładniej szacuje dobowe wydajności na podstawie udojów porannych lub wieczornych. Autorzy ci zauważyli, że za pomocą modelu DeLorenzo i Wiggansa [2], który odpowiada modelom 3. i 6. w prezentowanej pracy, dzienne wydajności zostały gorzej oszacowane niż za pomocą modelu 1. Dodatkowo Liu i wsp. [3] stwierdzili, że modelem 1. najmniej dokładnie oszacowano dzienne wydajności z udojów popołudniowych pierwszej laktacji.



Wyznaczenie współczynników regresji w obrębie laktacji podzielonych na 2 klasy: pierwsze i pozostałe, pozwoli na dokładniejsze szacowanie wydajności dobowej analizowanych cech niż potraktowanie wszystkich laktacji łącznie (jak w modelu 4.). Za dopasowaniem równań regresji oddzielnie dla dojów AM i PM przemawiają: 1) większe wartości współczynników korelacji i mniejsze wartości MSE w przypadku wykorzystania udojów PM niż dla udojów AM, 2) różnice w wielkości oszacowanych parametrów prostych regresji w obrębie klas MIC w poszczególnych modelach (informacja własna). Celowe wydaje się zawężenie odstępu czasu między dojami do mniejszego przedziału, z uwagi na mało dokładne szacowanie wydajności dobowych jeśli czas dzielący doje był mniejszy niż 8 lub większy niż 13 godzin. Cassandro i wsp. [1] stwierdzili, że odstęp między dojami jest głównym źródłem zmienności w szacowaniu wydajności mlecznej.

Warto też dodać, że procentowe zawartości składników mleka (tj. tłuszczu i białka) powinny być obliczane na podstawie oszacowanych wydajności dobowych mleka, tłuszczu i białka, a oszacowane współczynniki regresji powinny być co jakiś czas reestymowane.

## PIŚMIENNICTWO

1. CASSANDRO M., CARNIER P., GALLO L., MANTOVANI R., CONTIERO B., BITTANTE G., JANSEN G.B., 1995 – Bias and accuracy of single milking testing schemes to estimate daily and lactation milk yield. *Journal of Dairy Science* 78, 2884-2893.
2. DE LORENZO M.A., WIGGANS G.R., 1986 – Factors for estimating daily yield of milk, fat, and protein from a single milking for herds milked twice a day. *Journal of Dairy Science* 69, 2386-2394.
3. LIU Z., REENTS R., REINHARDT F., KUWAN K., 2000 – Approaches to estimating daily yield from single milk testing schemes and use of a.m.-p.m. records in test-day model genetic evaluation in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 83, 2627-2682.
4. Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka (PFHBiPM), 2013 – Ocena i Hodowla Bydła Mlecznego. Dane za rok 2012. Warszawa.
5. Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka (PFHBiPM), 2014 – Raporty wynikowe z oceny wartości użytkowej i ich wykorzystanie w zarządzaniu stadem bydła mlecznego. [www.pfhb.pl/dokumenty\\_ocena/](http://www.pfhb.pl/dokumenty_ocena/).
6. SAS Institute, 2004 – SAS® 9.1.2 Qualification Tools User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Agnieszka Otwinowska-Mindur, Ewa Ptak, Krzysztof Słoniewski

## Estimation of daily milk yield based on morning and evening milking

### Summary

The aim of the study was to compare several methods for estimating daily milk yield on the basis of one milking – morning or evening – of cows evaluated by the AT4 method. The material consisted of data from milking robots, obtained from the Polish Federation of Cattle Breeders and Dairy Farmers (PFCBDF). A total of 43,309 milkings carried out between the 5th and 305th day of milking in cows milked once or twice a day were selected. The intervals between a given milking and the previous

one were assigned to classes (MIC), and the lactations were divided into 10 one-month stages. Daily yield was estimated on the basis of linear regression equations. Three equations were compared: for first and later milkings (variant 1, models 1-3) or for all lactations combined (variant 2, models 4-6). The coefficients for model 1 were determined for time of milking, MIC and stage of lactation. The coefficients for model 2 were calculated for time of milking, while the interval between a given milking and the previous one was taken into account as an additional covariate. The coefficients for model 3 were determined for time of milking and MIC, while stage of lactation was replaced with day of milking. Implementation of model 1 is recommended, as it is a simple regression model that is easy to implement in practice. Determination of coefficients for lactations divided into first and later lactations allows for more precise estimation of daily milk yield.

**KEY WORDS: AT4 method / morning milking / evening milking**