

*Grzegorz Fiedorowicz, Bogdan Łochowski
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
w Warszawie*

MIKROKLIMAT POMIESZCZEŃ W OBORACH WOLNOSTANOWISKOWYCH W OKRESIE LETNIM

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań w czterech oborach wolnostanowiskowych w okresie letnim 2007 r. Zaprezentowano wyniki badań chwilowych i ciągłych w zakresie następujących parametrów: temperatura wewnętrzna i zewnętrzna, wilgotność względna wewnętrzna i zewnętrzna, stężenie szkodliwego gazu CO₂, ochładzanie katatermometryczne, prędkość ruchu powietrza, jasność w pomieszczeniu i na zewnątrz, ciśnienie atmosferyczne, określenie punktu rosy i zawartości pary wodnej w pomieszczeniu produkcyjnym. Przedstawiono macierz wyliczonych zależności wg współczynników korelacji i ich wybrane wykresy.

Słowa kluczowe: mikroklimat, temperatura, wilgotność względna, stężenie dwutlenku węgla, korelacje zmiennych, obora, ciśnienie atmosferyczne

Wprowadzenie

Warunki mikroklimatyczne w oborach stanowią jeden z ważniejszych czynników wpływających na efektywność produkcji i dobrostan zwierząt, zapewniający ich zdrowotność, komfort i długowieczność [Winnicki 1980]. Mikroklimat ma również wpływ na stan budynku inwentarskiego, zapewniając jego trwałość i warunki cieplne [Wolski 1988]. Ponadto mikroklimat obory ma znaczący wpływ na równowagę ekologiczną środowiska naturalnego. Od 1999 r. prowadzone są badania ciągłe, obok badań w zakresie techniki i technologii, nad kształtowaniem mikroklimatu w nowoczesnych oborach. Przebadano dotychczas 30 obiektów. W 2007 r. objęto badaniami 4 obory, których wyniki przedstawiono w niniejszym opracowaniu.

Celem badań było określenie mikroklimatu w pomieszczeniach produkcyjnych i dojarni w czterech oborach utrzymujących krowy mleczne w okresie letnim systemem alkierzowym, bez pastwiskowania. Są to obory wolnostanowiskowe z krowami zarodowymi będącymi pod oceną, plasujące się w krajowej czołówce hodowlanej, uzyskujące wysokie wyniki produkcyjne (np. Stare Bożejewo – roczna wydajność jednostkowa krów wynosiła 9980 kg).

Metodyka badań i aparatura

Metodykę badań oparto na normie branżowej „Mikroklimat w budynkach inwentarskich” BN-86/8800-03 zgłoszonej przez IBMER w 1986 r. Zalecane standardami parametry mikroklimatyczne przedstawiono w tabeli 1 [Fiedorowicz 2007].

Tabela 1. Zalecane parametry mikroklimatyczne w pomieszczeniach dla bydła
Table 1. Recommended microclimatic parameters in the cattle barns

Kategoria bydła	Temperatura			Wilgotność względna		Prędkość ruchu powietrza		Ochłodzenie optymalne	Oświetlenie W/m ²			Średnie oświetlenie lx
	°C			%		m·s ⁻¹			MJ·cm ⁻² ·s ⁻¹	Oświetlenie		
	min.	opt.	maks.	opt.	maks.	zima	lato	naturalne (dziennie)		jarzeniowe	żarowe	
Krowy mleczne												
- na uwięzi	8	8-16	25	70	80	0,3	0,5	27,2÷35,6	1:16	6,7÷7,5	4,0÷4,5	25÷100
- wolnostanowiskowe	2	8-16	25	70	80	0,3	0,5	29,3÷39,8	1:16	6,7÷7,5	4,0÷4,5	25÷100
- w hali udojowej	10	15-18	25	70	80	0,3	0,5	20,9÷29,3	1:10	30	20	200
- w porodówce	2	16-20	25	70	80	0,3	0,5	20,9÷29,3	1:12	38	23	200
Cielęta												
- w wieku do 3 m-cy	8	12-20	25	70	80	0,3	0,5	23,0÷31,4	1:18	10÷12	6÷7	
- w wieku 4-6 m-cy	6	12-16	25	70	80	0,3	0,5	25,1÷33,5	1:20	1,8÷6,7	3÷4	
Jałówki pow. 6 m-cy	6	8-16	25	70	80	0,3	0,5	27,2÷37,7	1:12	1,8	3	25÷100
Bydło w pomieszczeniu na okres leczenia	8	16-20	25	70	80	0,3	0,5	20,9÷29,3	1:16	30	20	25÷100
Bukaty pow. 6 m-cy	6	10-18	25	70	80	0,3	0,5	25,1÷35,6	1:25	1,8	3	20÷30

* stosunek powierzchni okien do powierzchni podłogi (powierzchnia okien 5-10 % powierzchni podłogi lub powierzchnia świetlika dachowego 3-5 % powierzchni podłogi)
Dopuszczalna koncentracja szkodliwych domieszek gazowych w powietrzu pomieszczeń:
- dwutlenek węgla (CO₂) - 3000 ppm** - zaleca się do 1000 ppm w budynkach z dobrą wentylacją
- amoniak (NH₃) 20 mg/m³ – 20 ppm
- siarkowodor (H₂S) 0,5 mg/m³ – 0,5 ppm – podczas opróżniania kanałów gnojowych dopuszcza się krótkotrwały wzrost do 5 ppm
- zapylenie powietrza – 3 mg/1 m³
Dopuszczalna głośność pracy wentylatorów oraz urządzeń do zadawania paszy i doju – 70 dB/A
** ppm (ang.) parts per million – części na milion

Źródło: Fiedorowicz [2007]

Tabela 2. Charakterystyka przebadanych obór wolnostanowiskowych w r. 2007 – tabela zbiorcza
 Table 2. Characteristics of the free-stall cattle barns tested in 2007 – summarizing table

Miejscowość	Obszar gospodarstwa, ha*	Data badań	Liczba stanów, liczba krów, wydajność	System utrzymania	Dój i schładzanie mleka	Przygotowanie, zadawanie pasz, pojenie	Usuwanie i zagospodarowanie odchodów	Urządzenia wentylacyjne mikroklimat
Stare Bożejewo gm. Wizna pow. Łomża woj. podlaskie	118	29.05 – 5.06..	71 71 9980	Wolnostanowiskowy boksowy, ściółka - siewczka ze słomy, podłoga pełna	Dojarnia Westfalia „rybia ość” 2x4/8 schładz. zbiornikowe Kryos 3100 dm ³ YAPY	Wóz paszowy mieszający „ITALMIX” 15 m ³ , mieszanka pełnoporcjowa TMR – silos sianokiszki+ pasza treściwa – stacja paszowa w systemie ALPRO. siano – uzupełnienie poidła zbiornikowe komorowe	Szufla czołowa TUR na ciągniku na podłodze pełnej betonowej gnojownia	Wentylacja mechaniczna sterowana automatycznie temperatura wewn. 21,6°C, wilgotność względna 79,8% CO ₂ – 1455 ppm 37,2 m ³ /SD
Bożenica gm. Łomża pow. Łomża woj. podlaskie	11060	5.06 – 11.06.	60 60 6200	Wolnostanowiskowy głęboka ściółka na legowiskach, ciąg paszowy – podłoga szczelinowa	Dojarnia Stangko., „rybia ość” 2x5/10 schładzarka zbiornik MECO o pojemności 4130 l, odbiór cysterną	Latem zielonka, zimą sianokiszka belowana owijana folią, pasza treściwa – stacja paszowa w systemie ALPRO, poidła komorowe	Nawóz wybierany co 0,5 r. ładowacz czołowy bezpośrednio na pole gnojowica z ciągu paszowego – samospływ	Wentylacja grawitacyjna przez szczelinę kalenicową, temperatura wewn. 23,9°C, wilgotność względna 70,5 % CO ₂ – 1450ppm 33,3 m ³ /SD
Niewęgłosz gm. Czemierniki pow. Radzyń Podlaski woj. lubelskie	15045	11.06 – 14.06.	116 80 6300	Wolnostanowiskowy ściółkowy na podłodze samospławialnej podłoga pełna ze zgarniaczem Delta	Dojarnia „rybia ość” 2x 7/14 De Laval, schładzarka zbiornikowa SP 200 - 4000 l Alima Bis odbiór cysterną	Latem zielonka, zimą sianokiszka z silosu przejazdowego ładowarka frez na przyczepę paszową poidła automatyczne miskowe	Zgarniacz Delta do kanału lub spychaczem czołowym TUR poprzeczny – comprimat Gnojownia	Wentylacja grawitacyjna przez szczelinę kalenicową. Nawiew – siatka na oknach temperatura wewn. 23,3°C, wilgotność względna 71,2% CO ₂ – 1237 ppm 62,7 m ³ /SD
Węgrów gm. Węgrów pow. Węgrów woj. mazowieckie	120 20.	14.06 – 19.06.	100 100 7600	Wolnostanowiskowy boksowy na trocinach korytarz gnojowy – przepędowy z podłoga szczelinową	Dojarnia Alfa Laval tandem 6 stanowisk schładzarka zbiornik. Alfa Laval CHH 3500 I	Przyczepa paszowa: kiszka i sianokiszka Pasza treściwa w systemie ALPRO poidła miskowe automatyczne MECO	Samospływ na podłodze szczelinowej gnojowica - zbiornik	Wentylacja grawitacyjna przez szczelinę kalenicową. Nawiew – oknami temperatura wewn. 25°C, wilgotność względna 71,1% CO ₂ – 1520 ppm 26,9 m ³ /SD

* ogółem, w tym – dzierzawa

Źródło: opracowanie własne

Mikroklimat pomieszczeń przebadanych obór określono sposobem ciągłym pracy za pomocą niżej wymienionej aparatury:

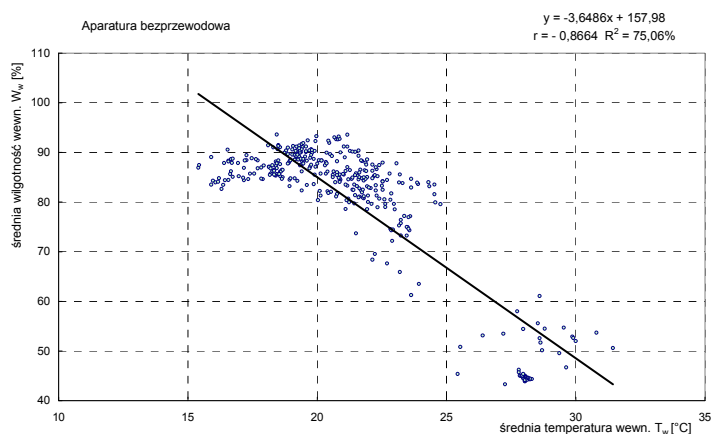
- termohigrometrów LB-710 w postaci elektronicznych czujników przewodowych, rozmieszczanych w trzech punktach obory i jednego czujnika umieszczonego na zewnątrz obory (Firmy LAB-EL) – do mierzenia temperatury i wilgotności powietrza,
- koncentratora LB-731 ww. firmy, do którego są podłączone przewodami elektrycznymi czujniki (LB-710), a który wyposażony jest w pamięć zbierania danych o pojemności 3600 punktów (rekordów), z których każdy obejmuje: datę, czas, temperaturę i wilgotność względną; w wyposażeniu koncentratora znajduje się oprogramowanie, dzięki któremu dane z pomiarów przenoszone są do komputera, po powrocie z terenu; ww. parametry pomiarowe są rejestrowane w impulsach półgodzinnych,
- dwa czujniki LB-551 (ww. firmy) do określania stężenia CO₂ i NH₃ podłączone do koncentratora (LB-731),
- cztery termohigrobarometry LB-706B (firmy LAB-EL) bezprzewodowe do badania ciągłego temperatury, wilgotności względnej i ciśnienia atmosferycznego rozwieszane w 3 punktach w oborze i jeden w hali udojowej, pomiary rejestrowane są co 30 minut,
- detektor SENSE-Air (typ 074001) do pomiaru chwilowego CO₂,
- luxomierz Lx204 do chwilowego określania wskaźnika jasności w pomieszczeniach dla zwierząt i na zewnątrz obory,
- katatermometr do chwilowego pomiaru stopnia ochładzania powietrza i określania prędkości ruchu powietrza w oborze,
- stoper do pomiaru czasu przy określaniu danych odczytanych z katatermometra.

Charakterystyka badanych obór

Skróconą charakterystykę przebadanych obór w roku 2007 przedstawiono w tabeli 2.

Wyniki badań

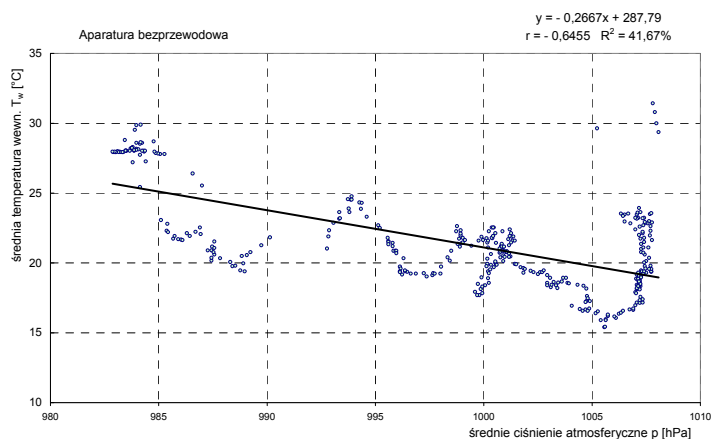
Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i 8 oraz w tabelach 3, 4, 5, 6 i 7.



$y = -3,6486x + 157,98$; korelacja $r = -0,8664$; współczynnik determinacji $R^2 = 75,06\%$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 380$ stopni swobody

Rys. 1. Zależność średniej wilgotności względnej wewnętrznej od średniej temperatury wewnętrznej w oborze wolnostanowiskowej 1- St. Bożejewo w okresie wiosennym wg funkcji liniowej

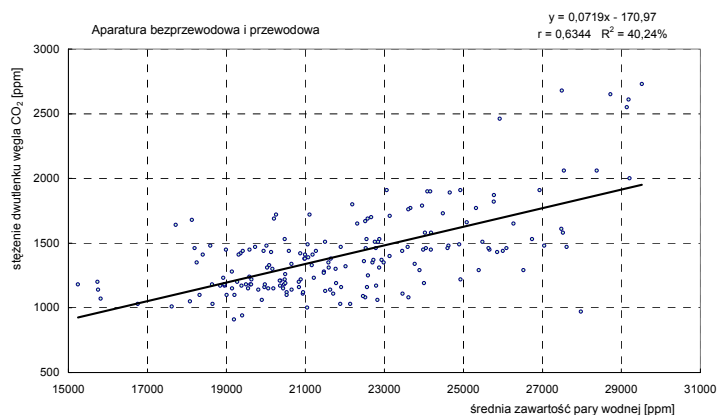
Fig. 1. Average indoors relative humidity of the air depending on the average temperature in the free-stall cattle barn. 1–St.Bożejewo, in spring season according to linear function



$y = -0,2667x + 287,79$; korelacja $r = -0,6455$; współczynnik determinacji $R^2 = 41,67\%$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 380$ stopni swobody

Rys. 2. Zależność średniej temperatury wewnętrznej od średniego ciśnienia atmosferycznego w oborze wolnostanowiskowej; 1- St. Bożejewo w okresie wiosennym wg funkcji liniowej

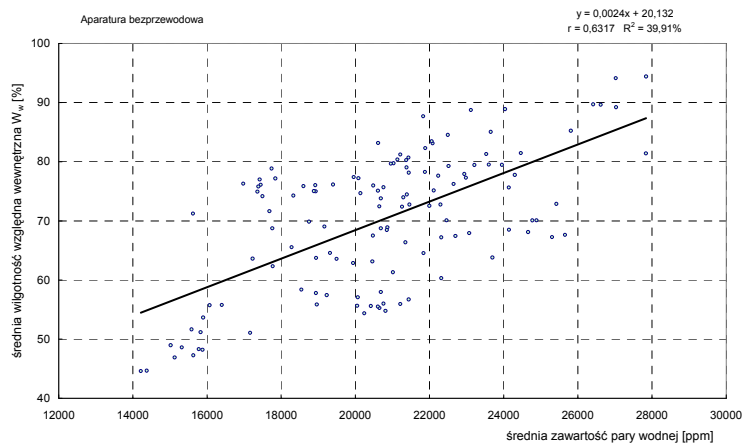
Fig. 2. Average indoors temperature in a free-stall cattle barn depending of the average barometric pressure. 1-St.Bożejewo, in spring season according to linear function



$y = 0,0719x - 170,97$; korelacja $r = 0,6344$; współczynnik determinacji $R^2 = 40,24\%$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 181$ stopni swobody

Rys. 3. Zależność stężenia dwutlenku węgla CO₂ i średniej zawartości pary wodnej w oborze wolnostanowiskowej 2 – Bożenica w okresie wiosennym wg funkcji liniowej

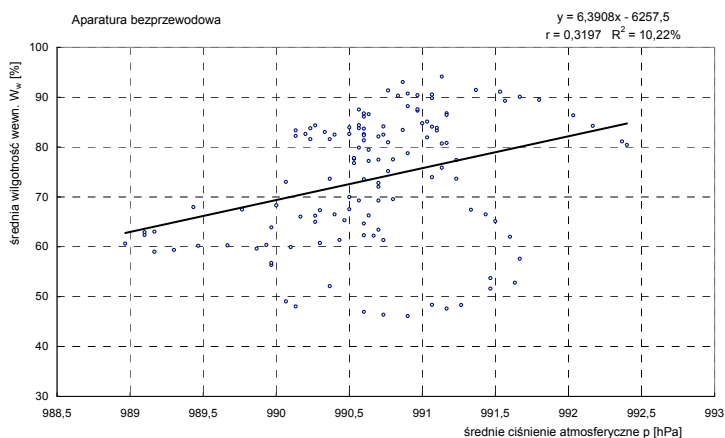
Fig. 3. Carbon dioxide concentration versus average water vapour content in the freestall cattle barn. 2-Bożenica, in spring season according to linear function



$y = 0,0024x + 20,132$; korelacja $r = 0,6317$; współczynnik determinacji $R^2 = 39,91\%$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 128$ stopni swobody

Rys. 4. Zależność średniej wilgotności względnej wewnętrznej i średniej zawartości pary wodnej w oborze wolnostanowiskowej 3 – Niewęgłosz w okresie wiosennym wg funkcji liniowej

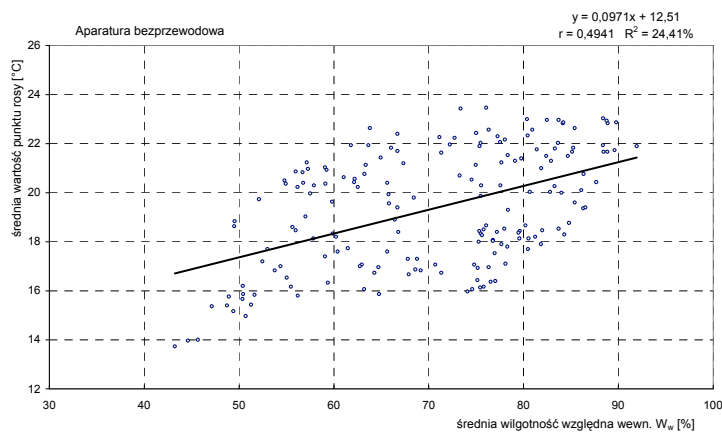
Fig. 4. Average indoors relative humidity of air versus mean water vapour content in the freestall cattle barn. 3-Niewęgłosz, in spring season according to linear function



$y = 6,3908x - 6257,5$; korelacji $r = 0,3197$; współczynnik determinacji $R^2 = 10,22\%$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 128$ stopni swobody

Rys. 5. Zależność średniej wilgotności względnej od średniego ciśnienia atmosferycznego w oborze wolno-stanowiskowej 3 – Niewęłosz w okresie wiosennym wg funkcji liniowej

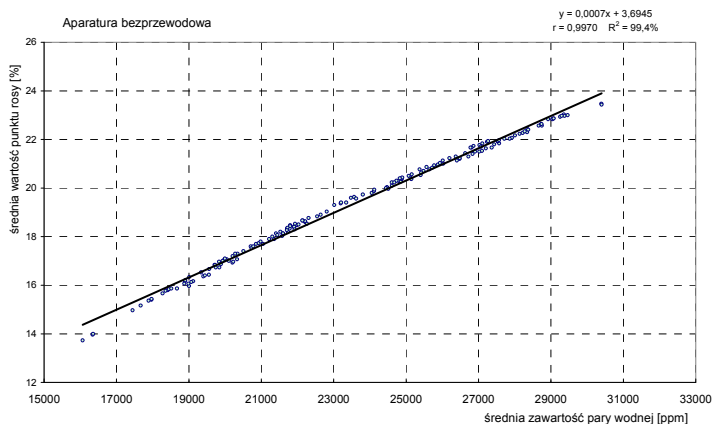
Fig. 5. Average humidity of air inside the free-stall cattle barn versus mean barometric pressure. 3-Niewęłosz, in spring season according to linear function



$y = 0,0971x + 12,51$; korelacja $r = 0,4941$; współczynnik determinacji $R^2 = 24,41\%$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 178$ stopni swobody

Rys. 6. Zależność średniej wartości punktu rosy od średniej wilgotności względnej w oborze wolnostanowiskowej, 4 – Węgrów, w okresie wiosennym wg funkcji liniowej

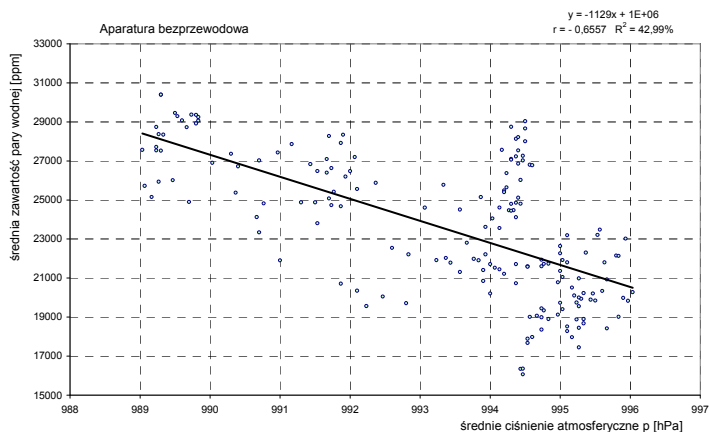
Fig. 6. Average value of dew-point versus average relative humidity of air inside the freestall cattle barn. 4-Węgrów, in spring season according to linear function



$y = 0,0007x + 3,6945$; korelacja $r = 0,997$; współczynnik determinancji $R^2 = 99,4\%$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 178$ stopni swobody

Rys. 7. Zależność średniej wartości punktu rosy od średniej zawartości pary wodnej w oborze wolnostanowiskowej, 4 – Węgrów, w okresie wiosennym wg funkcji liniowej

Fig. 7. Average value of dew-point versus average water vapour content inside the free-stall cattle barn. 4-Węgrów, in spring season according to linear function



$y = -1129x + 1E + 06$; korelacja $r = -0,6557$; współczynnik determinancji $R^2 = 42,99\%$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 178$ stopni swobody

Rys. 8. Zależność średniej zawartości pary wodnej od średniego ciśnienia atmosferycznego w oborze wolnostanowiskowej, 4 – Węgrów, w okresie wiosennym wg funkcji liniowej

Fig. 8. Average water vapour content in free-stall cattle barn depending on mean barometric pressure. 4-Węgrów, in spring season according to linear function

Tabela 3. Parametry mikroklimatu (pomiaru chwilowe) uzyskane w badanych oborach wolnostanowiskowych w r. 2007
 Table 3. Microclimatic parameters (instantaneous measurements) determined in free-stall cattle barns tested in 2007

Nr obory	Miejscowość	Data	Pora roku	Obsada (SD) Wydajność roczna (l)	Kubatura pomieszczeń produkcyjnych na 1 SD (m ³)	Temperatura °C		Wilgotność względna (%)		Stężenie szkodliwych gazów – dwutlenek węgla CO ₂ (ppm)	Ochładzanie kateterometr. MJ cm ⁻² s ⁻¹	Prędkość ruchu powietrza (m s ⁻¹)	Jasność (lx)		
						wewn.	zewn.	wewn.	zewn.				wewn.	zewn.	wskaznik jasności (%)
1	Stare Bożejewo	29.05.07 r.	wiosna	71 9980	37,2	28,9	31,4	57,1	45,7	880	21,58	0,68	78,7	541	14,5
		05.06.07 r.				23,5	23,3	59,6	61,8	1220	21,58	0,68	78,7	541	14,5
2	Bożenica	05.06.07 r.	wiosna	60 6200	33,3	25,3	36,5	62,2	47,4	1080	15,67	0,33	48,0	1353	3,5
		11.06.07 r.				25,8	37,0	62,3	61,0	1180	15,5	0,28	-	-	-
3	Niewęgłosz	11.06.07 r.	wiosna	80 6300	62,7	25,2	25,7	64,2	50,6	2250	-	-	91,0	910	10,0
		14.06.07 r.				23,8	29,6	80,4	52,8	900	-	-	-	-	-
4	Węgrów	14.06.07 r.	wiosna	100 7600	26,9	24,9	22,1	75,5	67,1	1100	12,61	0,26	83,0	891	9,2
		19.06.07 r.				24,1	23,6	75,5	67,1	1930	31,97	0,61	84,0	891	9,2
Dopuszczalna maksymalna norma						25,0	-	80,0	-	3000	40,0 ^{*)}		25,0 ^{**)}		

^{*)} komfort termiczny zawarty jest: 29-40 MJ cm⁻²s⁻¹

^{**)} minimalne oświetlenie wewnętrzne (orientacyjne) – optymalne w oborze 75 lx – ciąg wypoczynkowy i żywieniowy, w dojarni 200 lx

Źródło: badania własne

Tabela 4. Zestawienie parametrów mikroklimatu pomieszczeń w badanych oborach wolnostanowiskowych w 2007 r. – badania ciągłe (impulsy 0,5 h). Aparatura bezprzewodowa zestawu I: termohigrometr z panelem – barometrem LB 706 (3 czujniki z pamięcią)

Table 4. Microclimatic parameters inside the free-stall cattle barns tested in 2007 – continuous measurements (pulses 0.5 h). Wireless apparatus, set I: hytherograph with panel - barometer LB 706 (3 sensors with memory)

Nr obiektu	Temperatura wewnętrzna (°C)	Wilgotność względna (%)	Ciśnienie (hPa)	Punkt rosy (°C)	Zawartość pary wodnej (ppm)
1	21,2 – 21,9 – 21,7* 21,6	86,8 – 76,4 – 74,2* 79,8	997,9 – 1001 – 998,4* 999,1	17,5 – 17,2 – 16,6 * 17,5	21930 -20152 -19458* 20513
2	23,6 – 25,0 – 23,7 23,9	79,9 – 66,4 – 65,1 70,5	1001,1 – 1005,2 – 1002,1 1002,8	19,5 – 17,9 – 16,4 18,3	23798 – 21143 – 19158 21233
3	24,1 – 24,2 – 21,8 23,3	72,7 – 68,3 – 72,6 71,2	989,7 – 992,2 – 990,3 990,7	18,6 – 17,8 – 16,2 17,5	22395 – 21114 – 19331 20950
4	25,4 – 26,5 – 23,2 25,4	72,2 – 72,8 – 68,2 71,1	992,5 – 995,1 – 992,9 993,5	19,7 – 20,9 – 16,9 19,2	23945 – 25736 – 20007 23230
Średnio	23,5	73,1	996,5	18,1	21481
Norma standardowa	opt. 8-16, max 25	opt.70, max 80			

* trzy czujniki w różnych miejscach obory i średnie

Źródło: badania własne

Tabela 5. Zestawienie parametrów mikroklimatu pomieszczeń w badanych oborach wolnostanowiskowych w 2007 r. – badania ciągłe (impulsy 0,5 h). Aparatura przewodowa zestawu II: termohigrometr LB-710 (4 czujniki) + miernik stężenia dwutlenku węgla (CO₂) + koncentrator LB-731

Table 5. Microclimatic parameters inside the free-stall cattle barns tested in 2007 – continuous measurements (pulses 0.5 h). Wiring apparatus, set II: LB710 hytherograph (4 sensors) + CO₂ concentration meter + LB731 concentrator

Nr obiektu	Miejscowość	Okres badań	Temperatura (°C)			Wilgotność względna (%)			Stężenie CO ₂ średnie wahania od-do ppm
			zewn. średnia wahania od-do	wewn. w oborze średnia wahania od-do	wewn. w dojarni średnia wahania od-do	zewn. średnia wahania od-do	wewn. w oborze średnia wahania od-do	wewn. w dojarni średnia	
1	Stare Bożejewo	28.05. - 05.06. wiosna	17,3 13,1 – 26,7	21,3 16,0 – 31,0	17,5 13,3 – 21,8	89,7 60,1 – 99,9	79,8 44,0 – 99,9	89,9	1455 800 – 2180
2	Bożenica	05.06. - 11.06. wiosna	24,2 15,2-30,3	24,1 21,3-27,0	18,3 14,4 – 27,8	52,9 26,0-74,9	70,5 60,3 – 99,9	75,2	1450 910 – 2680
3	Niewęgłosz	11.06. - 14.06. wiosna	22,8 13,0-30,9	23,1 12,5-28,6	17,5 14,0 – 22,6	68,3 40,0 – 94,0	71,2 41,2 – 97,7	71,6	1237 810 – 2990
4	Węgrów	14.06. – 18.06. wiosna	23,3 18,6-30,0	25,3 23,0 – 28,6	19,2 13,0-24,6	60,4 40,9 – 83,7	71,1 41,2 – 93,1	75,2	1520 890 - 2740
Norma standardowa			-	opt. 8-16 max. 25	opt. 15-18 max. 25	-	opt. 70 max. 80	opt. 70 max. 80	max. 3000

Źródło: badania własne

Tabela 6. Macierz wyliczonych zależności wg współczynnika korelacji parametrów mikroklimatu w oborach wolnostanowiskowych przebadanych w okresie wiosennym w 2007 r. Aparatura bezprzewodowa

Table 6. Matrix of calculated relationships according to correlation coefficient of microclimate parameters in the free-stall cattle barns tested in spring season of 2007. Wireless apparatus

Nr obory	Zmienne		Temperatura wewn.	Wilgotność wewn.	Ciśnienie atm.	Para wodna	Punkt rosy	Dwutlenek węgla CO ₂	Próg istotności korelacji
	parametry	n	°C	%	hPa	ppm	°C	ppm	r
1 St. Bożejewo	T _w	380	1,0000	- 0,8664 *	- 0,6455	0,2069	0,2551	-	0,1010
	W _w	380	- 0,8664	1,0000	0,5776	0,3033	0,3490	-	0,1010
	Ciś. atm.	380	- 0,6455 *	0,5776	1,0000	- 0,2105	-	0,2145	0,1010
	P _w	316	0,2069	0,3030	- 0,2105	1,0000	0,9949	0,0769	0,1110
	P _{kt f.}	380	0,2551	0,3490	-	0,9949	1,0000	-	0,1010
	CO ₂	316	-	-	0,2145	0,0769	-	1,0000	0,1110
2 Bożenica	T _w	182	1,0000	-	-	-	-	-	0,1392
	W _w	182	- 0,6584	1,0000	0,2751	0,5185	0,7284	-	0,1392
	Ciś. atm.	180	- 0,3934	0,2751	1,0000	- 0,1221	-	- 0,1081	0,1392
	P _w	181	0,2990	0,5185	- 0,1221	1,0000	0,8546	0,6344 *	0,1392
	P _{kt f.}	181	- 0,1098	0,7284	-	0,8546	1,0000	-	0,1392
	CO ₂	181	-	-	- 0,1081	0,6344	-	1,0000	0,1392
3 Niewęglisz	T _w	128	1,0000	- 0,5754	- 0,4088	0,2674	0,2470	-	0,1740
	W _w	128	- 0,5754	1,0000	0,3197	0,6317 *	0,6460	-	0,1740
	Ciś. atm.	128	- 0,4088	0,3197*	1,0000	0,0998	-	- 0,2670	0,1740
	P _w	128	0,2674	0,6317	0,0998	1,0000	0,9962	0,3167	0,1740
	P _{kt f.}	128	0,2470	0,6460	-	0,9962	1,0000	-	0,1740
	CO ₂	128	-	-	- 0,2670	0,3167	-	1,0000	0,1740
4 Węgrów	T _w	178	1,0000	0,6440	- 0,4993	0,3454	0,3422	-	0,1393
	W _w	178	0,6440	1,0000	- 0,0688	0,4895	0,4941 *	-	0,1393
	Ciś. atm.	177	- 0,4993	- 0,0688	1,0000	- 0,6557	-	0,0536	0,1393
	P _w	177	0,3454	0,4895	- 0,6557*	1,0000	0,9970	0,3850	0,1393
	P _{kt f.}	178	0,3422	0,4941	-	0,9970 *	1,0000	-	0,1393
	CO ₂	177	-	-	0,0536	0,3850	-	1,0000	0,1393

* zależności przedstawione na rysunkach

Źródło: badania własne

Tabela 7. Macierz wyliczonych zależności wg współczynnika korelacji r parametrów mikroklimatu w oborach wolnostanowiskowych przebadanych w okresie wiosennym w 2007 r. Aparatura przewodowa

Table 7. Matrix of calculated relationships according to correlation coefficient of microclimate parameters in the free-stall cattle barns tested in spring season of 2007. Wiring apparatus

Nr obory	Zmienne		Temperatura zewn. °C	Temperatura wewn. °C	Wilgotność względna zewn. %	Wilgotność względna wewn. %	Dwutlenek węgla CO ₂ ppm	Próg istotności korelacji r
	parametry	n						
1 St. Bożejewo	T _z	315	1,0000	0,8584	-0,8498	-	-	0,1120
	T _w	315	0,8584	1,0000	-	-0,5912	0,1236	0,1120
	W _z	271	-0,8498	-	1,0000	0,9313	-	0,1110
	W _w	271	-	-0,5912	0,9313	1,0000	0,2609	0,1110
	CO ₂	315	-	0,1236	-	0,2609	1,0000	0,1120
2 Bożenica	T _z	279	1,0000	0,9136	-0,9558	-	-	0,1290
	T _w	279	0,9136	1,0000	-	-0,8771	-0,0636	0,1290
	W _z	279	-0,9558	-	1,0000	0,8827	-	0,1290
	W _w	279	-	-0,8771	0,8827	1,0000	0,2650	0,1290
	CO ₂	279	-	-0,0636	-	0,2650	1,0000	0,1290
3 Niewęgłosz	T _z	128	1,0000	0,5997	-0,9227	-	-	0,1810
	T _w	128	0,5997	1,0000	-	-0,7967	0,1193	0,1810
	W _z	128	-0,9227	-	1,0000	0,7309	-	0,1810
	W _w	128	-	-0,7967	0,7309	1,0000	0,1033	0,1810
	CO ₂	128	-	0,1193	-	0,1033	1,0000	0,1810
4 Węgrów	T _z	177	1,0000	0,9482	-0,6008	-	-	0,1500
	T _w	177	0,9482	1,0000	-	-0,6208	0,0002	0,1500
	W _z	177	-0,6008	-	1,0000	0,9014	-	0,1500
	W _w	169	-	-0,6208	0,9014	1,0000	0,5036	0,1503
	CO ₂	177	-	0,0002	-	0,5036	1,0000	0,1500

Źródło: badania własne

Podsumowanie wyników badań

Temperatura powietrza wewnętrznego

We wszystkich obiektach temperatura wewnętrzna średnio wynosiła 23,5°C z wahaniami od 21,6°C do 25,4°C, czyli była znacznie wyższa od optymalnej (8–16°C) zbliżając się do maksymalnej 25°C. Temperatura wewnętrzna koreluje się wysokoistotnie ujemnie (np. obiekt 1 $r = -0,8664$) z wilgotnością względną w pomieszczeniu (rys.1). Również temperatura w oborze koreluje się istotnie ujemnie z ciśnieniem atmosferycznym (np. obora 1, $r = -0,6455$), co oznacza, że im niższe ciśnienie atmosferyczne tym wyższa temperatura pomieszczenia. Temperatura w dojarniach średnio wynosiła 18,1°C z wahaniami 17,5-19,2°C, czyli była optymalna.

Wilgotność względna powietrza wewnętrznego

We wszystkich oborach średnia wilgotność względna wewnętrzna wynosząca 73,1% mieściła się w granicach optymalna – maksymalna, jednak wahania ekstremalne, szczególnie w porze nocnej i deszczowej dochodziły do 99,9%, natomiast wilgotność względna w dojarniach średnio wynosiła 77,9% z wahaniami od 71,6% do 89,9% (obora 1), czyli była na granicy maksymalnej (wg zaleceń 80%).

Stężenie dwutlenku węgla (CO₂)

Stężenie CO₂ we wszystkich oborach mieściło się poniżej granicy dopuszczalnej (średnio: 1455, 1450, 1237 i 1520 ppm) z wahaniami 800-2990 ppm. Najwyższe stężenie okresowe w oborze 3 wynoszące w porze nocnej 2990 ppm nie przekraczało dopuszczalnej granicy 3000 ppm. Wyliczona zależność średnia CO₂ w stosunku do zawartości pary wodnej (obora 2) wyrażona wysokoistotną korelacją $r = 0,6344$ oznacza, że im wyższa zawartość pary wodnej tym większe stężenie CO₂, co potwierdza fizjologiczną emisję tych parametrów.

Ochładzanie katatermometryczne

Zmierzone dwukrotnie ochładzanie katatermometryczne we wszystkich zbadanych oborach wahało się w granicach od 12,61 MJ·cm⁻²·s⁻¹ (obora 4) do 31,97 MJ·cm⁻²·s⁻¹ w tejże oborze. W poszczególnych obiektach parametr ten wynosił: 21,58, 15,67, 12,61 i 31,97 MJ·cm⁻²·s⁻¹ i mieścił się w granicach tzw. komfortu termicznego.

Prędkość ruchu powietrza

Pomiary chwilowe wykazały następującą prędkość ruchu powietrza w poszczególnych oborach: 0,26; 0,28; 0,33 i 0,61 m·s⁻¹. W okresie letnim dopuszczalny ruch wynoszący 0,5 m·s⁻¹ był nieznacznie przekroczony (0,61 m·s⁻¹) w jednym obiekcie.

Jasność pomieszczeń

Jasność wewnętrzna wynosiła: 78,7, 48,0, 91,0, 83,0 i 84,0 lx i była odpowiednia w stosunku do wymogów standardowych. Wskaźniki jasności (w stosunku do jasności zewnętrznej) wynosiły: 14,5, 3,5, 10,0 i 9,2%.

Ciśnienie atmosferyczne

Parametr ten po raz pierwszy wykazano w celu określenia jego zależności do innych parametrów mikroklimatu obór. Rysunek 2 przedstawia zależność ciśnienia atmosferycznego z temperaturą, która wynosi $r = -0,6455$, co oznacza, że im niższe ciśnienie atmosferyczne tym wyższa temperatura pomieszczenia. Ciśnienie atmosferyczne nie wykazuje istotnej korelacji w stosunku do stężenia CO_2 w oborach ($r = 0,2145$). Literatura podaje [Rokicki, Kolbuszewski, 1999], że wskutek obniżonego ciśnienia obserwowano spadek mleczności krów.

Para wodna i punkt rosy

Punkt rosy wysokoistotnie koreluje się z zawartością pary wodnej w oborze (rys. 7, $r = 0,997$). Zależność zawartości pary wodnej również istotnie ($r = -0,6557$) skorelowana z ciśnieniem atmosferycznym.

Wnioski

1. We wszystkich oborach stwierdzono zbyt wysoką temperaturę w badanym okresie wiosenno–letnim. Średnia temperatura wynosiła $23,5^\circ\text{C}$ wobec zalecanej optymalnej $8\text{--}16^\circ\text{C}$.
2. Wilgotność względna w oborach średnio wynosiła 73,1% czyli przewyższała zalecaną granicę optymalnej (70%) i zbliżała się do wilgotności maksymalnej (80%).
3. Stężenie dwutlenku węgla (CO_2) we wszystkich oborach mieściło się w granicach dopuszczalnych w standardach.

Bibliografia

- Fiedorowicz G. 2008. Technika w chowie bydła z podstawowymi elementami zootechniki. IBMER, Warszawa, s.250
- Fiedorowicz G. 2001. Mikroklimat w oborach wolnostanowiskowych. Wieś Jutra, 8: 21-25
- Rokicki E. Kolbuszewski M. 1999. Higiena Zwierząt. Fundacja „Rozwój SGGW”. Warszawa, ss. 44-45
- Winnicki S. 1980. Zoohigieniczna ocena ferm krów mlecznych z uwzględnieniem przydatności frakcji stałej odchodów trzody chlewnej jako ściółki dla bydła. Rozprawa habilitacyjna. Instytut Zootechniki, Kraków
- Wolski L. 1988. Mikroklimat w budynkach inwentarskich. PWN, Warszawa