

## KSZTAŁTOWANIE SIĘ WARUNKÓW CIEPLNO-WILGOTNOŚCIOWYCH W OBORZE WOLNOSTANOWISKOWEJ Z UTRZYMANIEM ZWIERZĄT NA GŁĘBOKIEJ ŚCIÓŁCE W OKRESIE ZIMOWYM

Paweł Sokołowski<sup>1</sup>, Grzegorz Nawalany<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Budownictwa Wiejskiego, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: g.nawalany@ur.krakow.pl; p.sokolowski@ur.krakow.pl

### STRESZCZENIE

W oborze wolnostanowiskowej, z utrzymaniem zwierząt na głębokiej ściółce, przeprowadzono pomiary temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnętrznego oraz temperatury i wilgotności względnej powietrza zewnętrznego. Obserwacją objęto także warunki cieplne podłoża ściółkowego oraz jego miąższość. Badania obejmowały okres zimowy od 01.12.2014 do 28.02.2015. Przeprowadzone badania wykazały, że podczas okresu zimowego istnieje niewielkie ryzyko wystąpienia w oborze niekorzystnych warunków termicznych dla bydła mlecznego. Szczegółowa analiza uzyskanych wyników badań wykazała istotny wpływ obsady na kształtowanie się warunków cieplno-wilgotnościowych. Wzrost zagęszczenia obsady w oborze wpływał na podwyższenie się temperatury wewnętrznej i wilgotności względnej powietrza.

**Słowa kluczowe:** obora, mikroklimat, głęboka ściółka

### FORMATION OF HYGROTHERMAL CONDITIONS IN A DEEP-LITTER BARN IN A WINTER SEASON

#### ABSTRACT

In free stall, the maintenance of animals in the deep litter, the measurements of temperature and relative humidity of indoor air, temperature and relative humidity of the outside air were conducted. Observation also covered the thermal conditions of litter and its thickness. The study covered the winter period from 1<sup>st</sup> of December to 28<sup>th</sup> of February. The study showed that during the winter there is a slight risk of unfavorable thermal conditions for dairy cattle in the barn. The analysis of the obtained results showed a significant effect of the number of animals present in the barn on thermal conditions and humidity. The increase in stocking density in the barn affects the increase of the internal temperature and relative humidity.

**Keywords:** barn, microclimate, deep litter

#### WSTĘP

Mikroklimat wewnątrz budynku inwentarskiego, w którym prowadzona jest intensywna produkcja zwierzęca, może silnie oddziaływać na efektywność tej produkcji. Dotychczas prowadzone badania wykazały, że w wyniku niedostatecznej wentylacji i zbyt dużej wilgotności powietrza istnieje ryzyko spadku produktywności nawet o 15%, przy jednoczesnym zwiększeniu zapotrzebowania na pożywienie nawet o 35% [Fiedorowicz i Mazur, 2011; Płaszczenko i Chochołowa, 1981; Winnicki, 1980]. Aby temu za-

pobiec, niezbędne jest poznanie charakterystyki mikroklimatu w oborze oraz jego optymalizacja w celu zapewnienia komfortu dla bydła.

Głównymi parametrami warunkującymi odczucie komfortu przez zwierzęta jest temperatura i wilgotność względna powietrza wewnętrznego, których związek określany jest jako indeks THI (temperature-humidity index). Należy jednak dążyć do poprawy metody wyznaczania tego wskaźnika, uwzględniając większą liczbę parametrów, charakteryzujących mikroklimat w budynku [Herbut i Angrecka, 2012]. Najkorzystniejsze warunki cieplno-wilgotnościowe dla bydła występu-

ją wtedy gdy temperatura powietrza w budynku zawiera się w przedziale od  $-7^{\circ}\text{C}$  do  $18^{\circ}\text{C}$ , natomiast wilgotność względna wynosi od 60 do 80% [Jaśkowski i in. 2005]. Zakres tolerancji termicznej bydła jest jednak szerszy, dzięki umiejętności przystosowania się do panującego mikroklimatu w budynku przez zwierzęta. Dopiero poniżej  $-10^{\circ}\text{C}$  staje się wyraźnie zauważalne większe spożycie paszy oraz przyrost okrywy włosowej, natomiast temperatura wyższa od  $25^{\circ}\text{C}$  powoduje spadek spożycia pokarmu oraz wydajności mlecznej wraz ze spadkiem masy ciała. W skrajnych przypadkach, kiedy temperatura powietrza utrzymuje się powyżej  $25^{\circ}\text{C}$ , wilgotność względna powietrza przekracza 80% i wymiana powietrza jest niedostateczna, może dojść do zjawiska stresu cieplnego u bydła mlecznego [Daniel, 2008].

Wpływ na kształtowanie mikroklimatu wnętrza obory może mieć przyjęcie odpowiednich rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych posadzki, która może regulować zależność pomiędzy mikroklimatem wewnątrz budynku oraz czynnikami zewnętrznymi. W przypadku hodowli wysokoprodukcyjnych bydło lepiej znosi niskie temperatury gdy zapewniona zostanie grubość około 40 cm ściółki [Chodanowicz i in. 2009]. Zastosowanie systemu chowu na głębokiej ściółce jest mniej korzystne w okresie letnim, ponieważ zachodząca w podłożu ściółkowym fermentacja przyczynia się do dostarczania ciepła do wnętrza budynku, który i tak jest już narażony w tym okresie na działanie wysokiej temperatury i intensywnego promieniowania słonecznego [Nawalany i Sokołowski 2015].

Ograniczenie niekorzystnego oddziaływania mikroklimatu wewnętrznego na zwierzęta w czasie lata, może przynieść zastosowanie pastwiskowego chowu bydła. Utrzymywanie krów na pastwisku, przez okres minimum 150 dni w okresie letnim, pozwala uzyskać wymierne korzyści w porównaniu ze zwierzętami hodowanymi jedynie w systemie alkierzowym. Wypas krów na pastwisku jest często spotykany w gospodarstwach ekologicznych, w których zwierzęta cechują się większą odpornością na choroby oraz mają zapewnioną niezależność w samodzielnej regulacji ilości pobieranej paszy [Radkowska 2012, Strzetelski i in. 2004].

Celem badań była analiza kształtowania się temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnętrznego w oborze wolnostanowiskowej, z utrzymaniem zwierząt na głębokiej ściółce, w okresie zimowym.

Zakres badań obejmował pomiary temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnętrznego, temperatury i wilgotności względnej powietrza zewnętrznego oraz monitoring obsady zwierząt w oborze. Przeprowadzono również analizę obliczeniową warunków ciepłno-wilgotnościowych w ścianach zewnętrznych obory.

## MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań była obora wolnostanowiskowa, zlokalizowana w województwie świętokrzyskim, w której prowadzono hodowlę krów mlecznych z zastosowaniem systemu utrzymania zwierząt na głębokiej ściółce. Badany obiekt, usytuowany osią podłużną w kierunku północ-południe, został wzniesiony w technologii tradycyjnej, murowanej. Posadowienie budynku stanowią fundamenty betonowe, wykonane na głębokości 120 cm poniżej poziomu terenu, natomiast ściany zewnętrzne obiektu zostały wykonane z ceramiki poryzowanej typu MAX. Pokrycie dachu obory, o konstrukcji płatwiowo-kleszczowej, wykonano przy użyciu blachy trapezowej. Podbudowę części legowiskowej w budynku stanowi płyta betonowa o grubości 12 cm, której poziom znajduje się 100 cm poniżej poziomu powierzchni stołu paszowego. Wentylacja obory odbywa się poprzez szczeliny kalenicowe w systemie wentylacji naturalnej.

Badania wykonano w okresie 1.12.2014 – 28.02.2015. W tym czasie prowadzono cykliczne pomiary miąższości i temperatury podłoża ściółkowego oraz ciągły pomiar temperatury powietrza wewnętrznego. Pomiar temperatury ściółki oraz jej miąższości prowadzono co 7 dni przy użyciu kamery termowizyjnej oraz sondy do głębinowego pomiaru temperatury. Do pomiarów temperatury i wilgotności powietrza wewnętrznego i zewnętrznego zastosowano przenośne rejestratory USB Voltcraft DL-121TH o następującej specyfikacji technicznej: zakres pomiarowy temperatury od  $-40$  do  $70^{\circ}\text{C}$ , rozdzielczość pomiaru temperatury co  $0,1^{\circ}\text{C}$ , zakres pomiarowy wilgotności względnej od 0 do 100% RH oraz rozdzielczość pomiaru wilgotności względnej powietrza co  $0,1\%$ . Pomiar wilgotności względnej oraz temperatury powietrza wewnętrznego prowadzono z 5-minutową częstotliwością w 5 punktach pomiarowych. Przeprowadzono również ciągłą rejestrację warunków ciepłno-wilgotnościowych klimatu zewnętrznego. Schemat obiektu badaw-

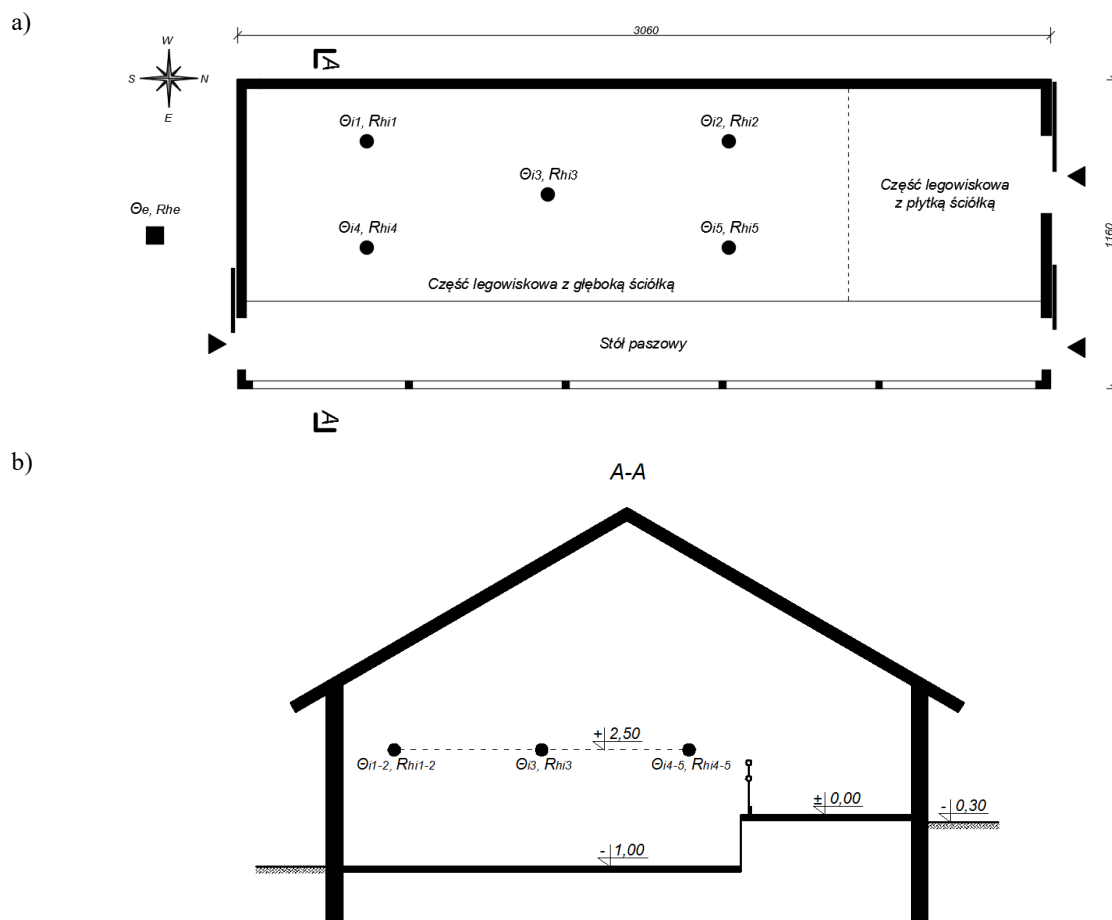
czego, wraz z naniesionymi punktami pomiarowymi, przedstawiono na rysunku 1.

W oparciu o wyniki badań kształtowania się mikroklimatu wewnętrznego w budynku, przeprowadzono analizę ryzyka kondensacji powierzchniowej pary wodnej na ścianach zewnętrznych obiektu. Do przeprowadzenia analizy ciepłno-wilgotnościowej wykorzystano oprogramowanie komputerowe Audytor OZC.

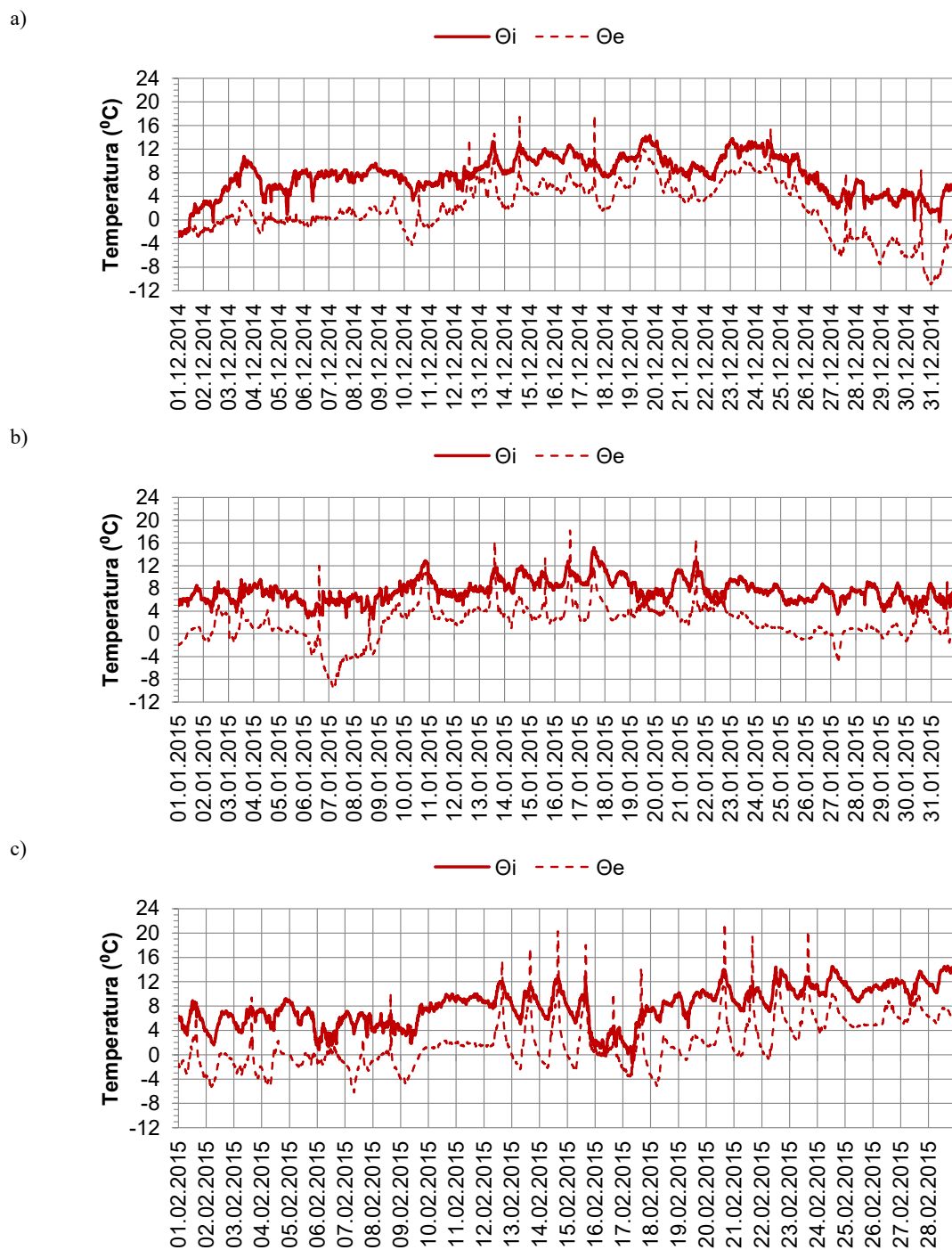
## WYNIKI BADAŃ I ANALIZA

Na rysunku 2 przedstawiono przebieg temperatury powietrza wewnętrznego ( $\Theta_i$ ) na tle temperatury powietrza zewnętrznego ( $\Theta_e$ ). W początkowym okresie badań w budynku rozścielona była warstwa ściółki o grubości 45 cm, która była sukcesywnie uzupełniana, osiągając maksymalny poziom 60 cm w lutym. W grudniu, pomimo niskiej temperatury zewnętrznej budynek był sta-

le otwarty, co umożliwiała przemieszczanie się zwierzętom poza jego obręb w czasie dnia. Średnie dobowe temperatury powietrza wewnętrznego oscylowały w przedziale od  $-3^{\circ}\text{C}$  do  $11^{\circ}\text{C}$ . W okresie od 5.12 do 12.12 budynek zamknięto, zwierzęta przebywały ciągle w oborze, zapewniając jednak zalecaną wymianę powietrza wewnątrz obory. W tym okresie ustabilizowała się temperatura powietrza wewnętrznego, której średnia dobowa wartość wynosiła  $7,5^{\circ}\text{C}$ . W styczniu odnotowano wzrost średniej dobowej temperatury powietrza wewnętrznego, której wartość oscylowała w przedziale od  $4^{\circ}\text{C}$  do  $13^{\circ}\text{C}$ . W stosunku do wyników badań prowadzonych w grudniu, średnia dobowa amplituda powietrza wewnętrznego zmniejszyła się o około  $3^{\circ}\text{C}$ . W lutym, ze względu na większą liczbę słonecznych dni, zwierzęta chętnie opuszczały budynek. Przyczyniło się to do wzrostu oddziaływania klimatu zewnętrznego na mikroklimat w oborze, czego skutkiem było zwiększenie dobowych amplitud powietrza we-



**Rys. 1.** Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych temperatury powietrza wewnętrznego ( $\Theta_{i1-5}$ ), wilgotności względnej powietrza wewnętrznego ( $Rh_{i1-5}$ ) oraz temperatury powietrza zewnętrznego ( $\Theta_e$ ) i wilgotności względnej powietrza zewnętrznego ( $Rh_e$ ): a) rzut, b) przekrój

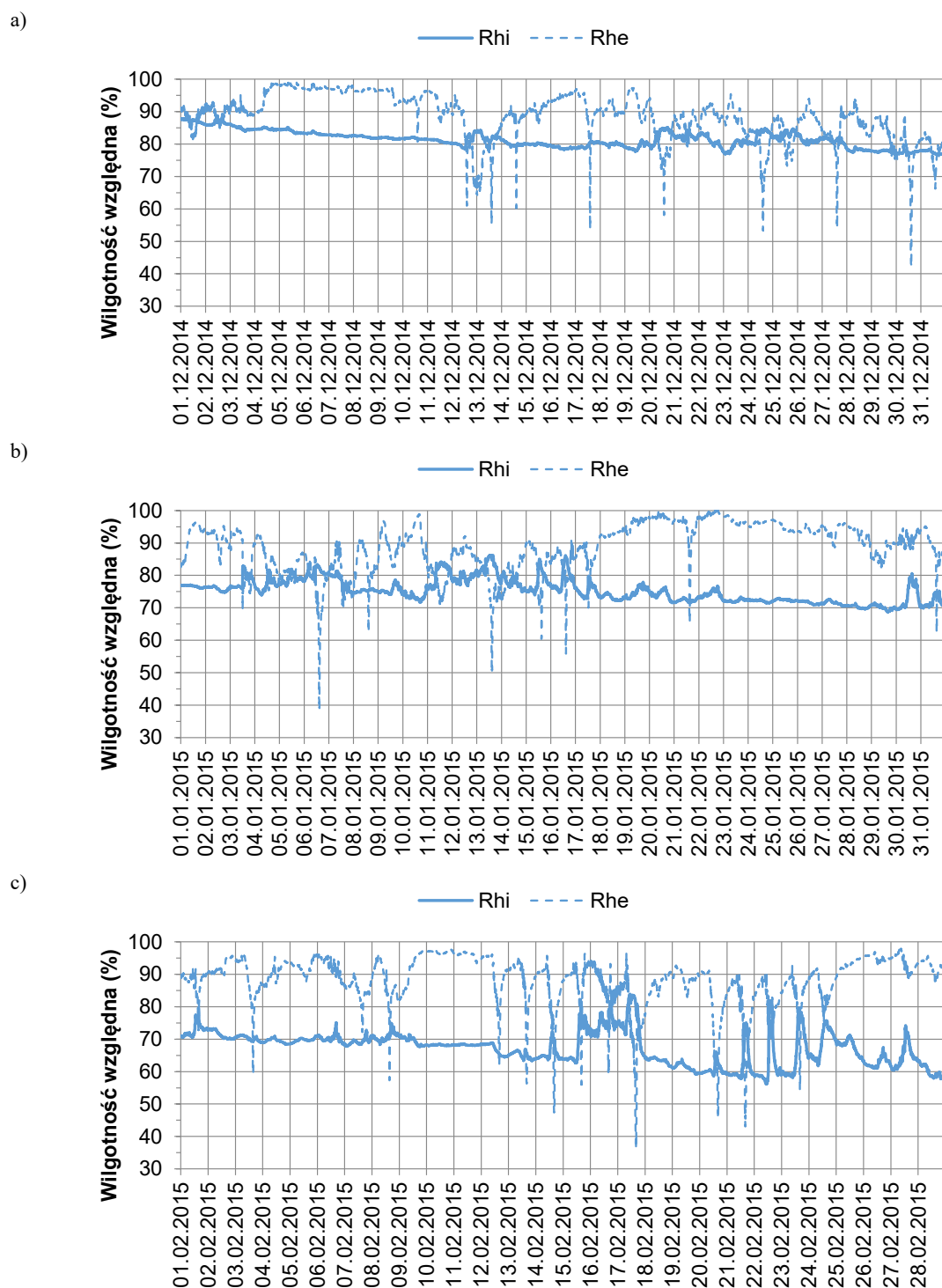


**Rys. 2.** Temperatura powietrza wewnętrznego ( $\Theta_i$ ) i temperatura powietrza zewnętrznego ( $\Theta_e$ ) w:  
a) grudniu, b) styczniu, c) lutym

wewnętrznego nawet o  $5^{\circ}\text{C}$ , w stosunku do wyników badań prowadzonych w styczniu, oraz o  $8^{\circ}\text{C}$  w odniesieniu do wyników uzyskanych w grudniu. Analiza uzyskanych w tym okresie przebiegów temperatury wewnątrz obory wykazała, że zwierzęta przebywające w oborze istotnie wpływają na zmienność temperatury i wilgotności powietrza wewnętrznego. Stwierdzono, że w całym

okresie badań w budynku panowały korzystne warunki termiczne dla bydła, które mieściły się w granicach wartości zalecanych.

Przebieg wilgotności względnej powietrza wewnętrznego ( $Rh_i$ ) oraz wilgotności względnej powietrza zewnętrznego ( $Rh_e$ ) przedstawiono na rysunku 3. W początkowych dwóch tygodniach badań (1.12–14.12) stwierdzono przekroczenie



Rys. 3. Wilgotność powietrza wewnętrznego ( $R_{hi}$ ) i zewnętrznego ( $R_{he}$ ) w: a) grudniu, b) styczniu, c) lutym

dopuszczalnej wartości wilgotności względnej powietrza wewnętrznego o ok. 6%. Do końca grudnia wartość tego parametru oscylowała w granicach 80%. W pozostałym okresie wilgotność względna powietrza wewnętrznego zawierała się w przedziale od 55% do 80%, z chwilowymi przekroczeniami górnej dopuszczalnej granicy.

Szczegółowej analizie cieplno-wilgotnościowej mikroklimatu wewnątrz obory poddano jeden z okresów, w których zwierzęta w zdecydowanej większości opuszczały budynek. Taka sytuacja miała miejsce w dniach 15.02–18.02.2015. Szczegółowy przebieg temperatury powietrza wewnętrznego i zewnętrznego oraz wilgotności

względnej powietrza wewnętrznego i zewnętrznego dla tego okresu przedstawiono na rysunku 4.

Wyniki szczegółowej analizy wykazały, że podczas przebywania zwierząt w budynku różnica pomiędzy temperaturą powietrza wewnętrznego a zewnętrznego wynosiła około 8°C. W momencie opuszczenia obory przez krowy stwierdzono wzrost oddziaływania klimatu zewnętrznego na mikroklimat wewnętrzny, poprzez spadek wartości temperatury wewnątrz obory o 7°C. Obniżenie wartości wilgotności względnej powietrza wewnętrznego, wskutek opuszczenia budynku przez zwierzęta wyniósł około 10%.

W okresach, w których krowy przebywały stale w budynku (6.01–9.01.2015) zaobserwowano zwiększenie wpływu obsady na kształtowanie się mikroklimatu wewnątrz obory (rys. 5).

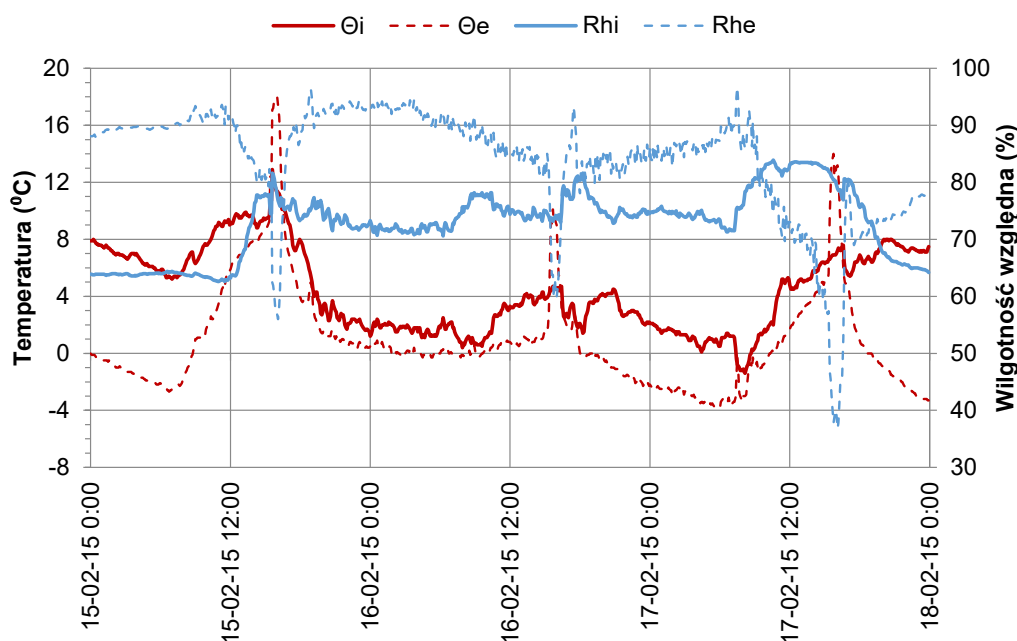
Wyniki szczegółowej analizy wybranych parametrów mikroklimatu w okresie 6.01–9.01.2015, potwierdziły bardzo duży wpływ zwierząt przebywających w budynku na kształtowanie się temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnętrznego. W analizowanym okresie amplituda temperatury powietrza zewnętrznego osiągała ok. 10°C, natomiast temperatura w oborze utrzymywała się w przedziale od 3°C do 7°C. Podobną zależność stwierdzono w przypadku wilgotności względnej powietrza wewnętrznego, która podczas ciągłego przebywania zwierząt w oborze oscylowała w prze-

dziale 75–85%. W tym samym czasie amplituda wilgotności względnej powietrza zewnętrznego wyniosła 35%.

Uzyskane wyniki badań temperatury i wilgotności względnej powietrza posłużyły do przeprowadzenia analizy obliczeniowej kondensacji powierzchniowej i wgłębnej pary wodnej w ścianach zewnętrznych obory. Podczas badanego okresu ryzyko wykrapłania się pary wodnej nie występowało. Jednak już niewielkie obniżenie temperatury wewnętrznej, nawet o 1,5°C lub wzrost wilgotności względnej powietrza wewnętrznego o około 2% spowoduje, że na ścianach zewnętrznych budynku będzie wykraplać się para wodna. Takie zjawisko może być przyczyną destrukcji przegród zewnętrznych w wieloletniej eksploatacji.

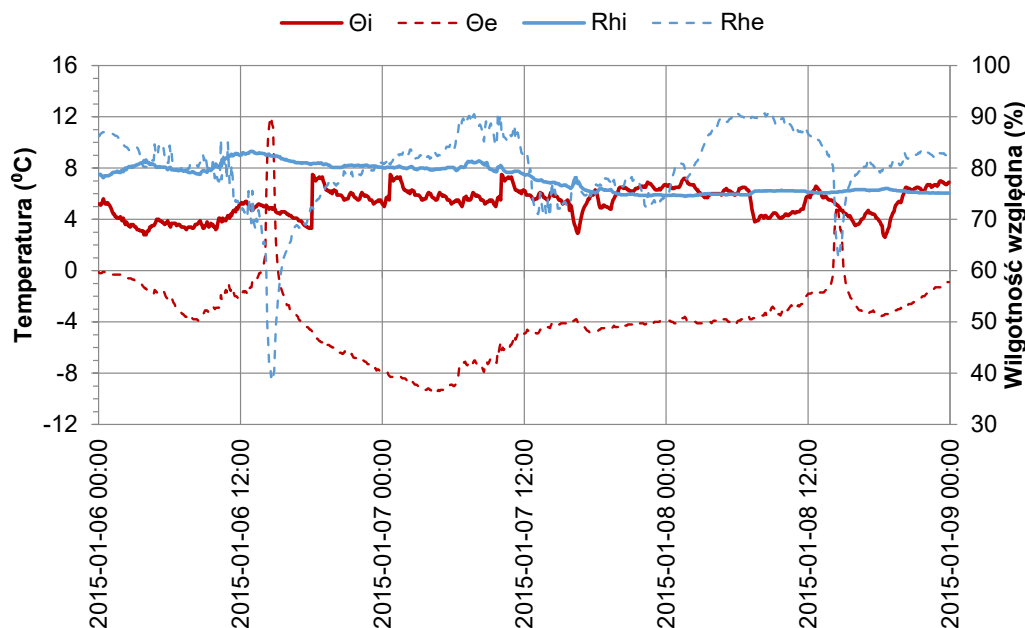
## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania potwierdziły, że badany okres zimowy sprzyjał zapewnieniu w oborze korzystnych warunków termicznych dla bydła mlecznego, które odpowiadają wartościom zalecanym. Odnotowano nieznaczne przekroczenia dopuszczalnej wartości górnej granicy wilgotności względnej powietrza wewnętrznego. Nie zaobserwowano z tego powodu niekorzystnego zjawiska, jakim jest wykrapłanie się pary



Rys. 4. Przebieg temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnętrznego i zewnętrznego w okresie 15.02–18.02.2015





Rys. 5. Przebieg temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnętrznego i zewnętrznego w okresie 6.01–9.01.2015

wodnej na wewnętrznej powierzchni przegród zewnętrznych badanego budynku. Średnia wartość wilgotności względnej powietrza wewnętrznego oscylowała w przedziale 55–80%, natomiast temperatura powietrza wewnętrznego mieściła się w granicach od  $-3^{\circ}\text{C}$  do  $15^{\circ}\text{C}$ . Przebywanie zwierząt w oborze stanowiło jeden z istotnych czynników mających wpływ na kształtowanie się temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnątrz budynku. Możliwość opuszczania obory przez zwierzęta w okresie zimowym przyczyniła się do spadku temperatury powietrza wewnętrznego nawet o  $7^{\circ}\text{C}$  oraz spadku wilgotności względnej powietrza o około 10%.

## LITERATURA

1. Chodanowicz B., Woliński J., Wolińska J. 2009. Problemy chowu bydła w oborach bez izolacji termicznej. *Inżynieria Rolnicza*, 13(5), 17–21.
2. Daniel Z. 2008. Wpływ mikroklimatu obory na mleczność krów. *Inżynieria Rolnicza*, 9(107), 67–73.
3. Fiedorowicz G., Mazur K. 2011. Mikroklimat pomieszczeń w oborach wolnostanowiskowych w okresie jesienno-zimowym cz. II. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 3, 111–120.
4. Herbut P., Angrecka S. 2012. Forming of temperature-humidity index (THI) and milk production of cows in the free-stall barn during the period of summer heat. *Animal Science Papers & Reports*, 30(4), 363–372.
5. Jaśkowski J.M., Urbaniak K., Olechnowicz J. 2005. Stres cieplny u krów – zaburzenia płodności i ich profilaktyka. *Życie weterynaryjne*, 80(1), 18–21.
6. Nawalany G., Sokołowski P. 2015. Characteristics of the temperature and humidity conditions in a deep-litter barn in a summer season. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, nr IV(3).
7. Płaszczenko S., Chochołowa I. 1981. Mikroklimat a wydajność zwierząt. PWRiL Warszawa, ss. 191.
8. Radkowska I. 2012. Wpływ pastwiskowego systemu utrzymania na dobrostan krów mlecznych. *Wiadomości Zootechniczne*, nr L(1), 3–10.
9. Strzetelski J.A., Bilik K., Niwińska B., Szyndler J. 2004. Chów bydła mlecznego metodami ekologicznymi. *Materiały dla rolników. Krajowe Centrum Rolnictwa Ekologicznego – Regionalne Centrum Doradztwa Rozwoju Rolnictwa i Obszarów Wiejskich w Radomiu*, 1–30.
10. Winnicki S. 1980. Zoohigieniczna ocena ferm mlecznych. *Rozprawa habilitacyjna. IZ Kraków*, ss. 117.