



ANALIZA SPRAWNOŚCI DZIAŁANIA WENTYLACJI GRAWITACYJNEJ STAJNI W OKRESIE ZIMOWYM

Piotr Herbut, Grzegorz Nawalany, Sabina Angrecka, Piotr Janowski
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

ANALYSIS OF EFFECTIVENESS OF THE STABLES NATURAL VENTILATION IN THE WINTER PERIOD

Streszczenie

Celem pracy jest analiza sprawności działania systemu wentylacji grawitacyjnej w stajni użytkowej oraz wskazanie możliwości poprawy jej działania. Badania przeprowadzono w miejscowości Glinik Zaborowski, w okresie zimowym. Zakres badań obejmował pomiary i obserwacje ruchu powietrza przy otwartych i zamkniętych oknach i wrotach.

Na podstawie analizy wyników oraz obserwacji stwierdzono, że sprawność działania wentylacji była bardzo niska. Średnie wartości prędkości przepływu powietrza wynosiły od $0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ do $0,12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Uzyskane wyniki były niższe od minimalnych zalecanych wartości dla stajni. Głównymi powodami zbyt niskich prędkości powietrza w obiekcie była niekorzystna lokalizacja obiektu oraz błędne rozwiązania konstrukcyjne, wśród których najważniejszymi były brak otworów nawiewnych oraz nieprawidłowy kierunek otwierania okien.

Słowa kluczowe: stajnia, wentylacja, prędkość powietrza, zima

Summary

The aim of this study was analyze of the efficiency of the natural ventilation in the horse stable and an indication of opportunities to improve its operation. The study was conducted in Glinik Zaborowski in the

winter. The scope of the research included measurements of air velocity with opened and closed windows and gates.

Based on the results of the measurements and observations, it was found that the efficiency of the ventilation was very low. Average values of the air flow ranged from $0.06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ to $0.12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. These values were lower than the minimum air velocity recommended. The main reasons for very low air velocity in the horse stable was incorrect location and the wrong design solutions, among which the most important were: the lack of ventilation aparatures and abnormal direction of opening windows.

Key words: stable, ventilation, air velocity, winter

WSTĘP

Zwiększone zainteresowanie hodowlą koni zrodziło potrzebę budowy stajni oraz obiektów im towarzyszących. Również coraz liczniejsza grupa Polaków może sobie pozwolić na posiadanie i utrzymanie koni do celów rekreacyjnych, sportowych i rehabilitacji osób niepełnosprawnych. Z powyższych powodów w ostatnich latach obserwuje się powstawanie w sąsiedztwie aglomeracji miejskich licznych stajni.

Stajnia stanowi miejsce przebywania koni na stosunkowo małej powierzchni. Wymagania stawiane pomieszczeniom stajennym powinny uwzględniać zarówno wymagania zootechniczne (etologia, dobrostan zwierząt) oraz warunki mikroklimatyczne (Fiedorowicz, 2008). Odpowiedni mikroklimat wewnątrz budynku składa się z zespołu parametrów fizycznych, chemicznych, a także mikrobiologicznych. Najbardziej istotnymi parametrami określającymi mikroklimat stajni są: temperatura, wilgotność względna, prędkość powietrza, poziom oświetlenia i hałasu oraz stopień koncentracji poszczególnych zanieczyszczeń chemicznych i mikrobiologicznych (Wolski, 1988).

Wentylacja służy, przede wszystkim do utrzymania w pomieszczeniu czynników mikroklimatycznych na poziomie zbliżonym do naturalnego, nie powodując przy tym szkodliwych dla zwierząt przeciągów (Kołac i Dobrzański, 2006). Powietrze wewnątrz budynku powinno zawierać mało pary wodnej, być wolne od zanieczyszczeń biologicznych oraz powinny występować niskie zanieczyszczenia gazowe. Warunki ciepłno-wilgotnościowe powinny być tak modyfikowane, aby w pomieszczeniach w okresie zimowym nie było zbyt zimno, a w okresie letnim zbyt gorąco i duszno (Dziubek i Łęcki, 1984). Zalecane parametry mikroklimatu dotyczące chowu koni przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zalecenia dotyczące parametrów mikroklimatu w stajniach
Table 1. Recommendations for microclimate parameters in the stable

Wyszczególnienie	Wielkość
Maksymalne dopuszczalne stężenie szkodliwych gazów:	
– CO ₂	3000 ppm
– NH ₃	20 ppm
– H ₂ S	0,5 ppm
Poziom zapylenia – maksymalny	3 mg·m ⁻³
Temperatura pomieszczenia stajennego – optymalna	5 – 15 °C
Wymiana powietrza w stajni	4 – 8. krotnie/h
Powierzchnia okien w stosunku do powierzchni	1:15 (7% plus 2,5 – 3,0 W·m ⁻²)
Wilgotność względna powietrza – maksymalna	80%
Poziom hałasu w stajni – maksymalny	65 dB

Źródło: Fiedorowicz (2007)

Dobrze zaprojektowana i wykonana wentylacja jest gwarancją właściwego mikroklimatu. Pozwala dostarczać odpowiednią ilość świeżego powietrza oraz usuwać zużyte wraz z mieszaniną szkodliwych gazów. Dokonywanie regularnych kontroli oraz konserwacji wentylacji daje możliwość uniknięcia zawilgoceń budynków, występowania trujących gazów oraz rozwoju grzybów i pleśni szkodliwych dla zdrowia i życia zwierząt.

Lokalizacja stajni, jej usytuowanie w terenie względem stron świata oraz przeważających wiatrów wpływa na skuteczność działania wentylacji naturalnej. W naszej szerokości geograficznej stajnie należy budować osi podłużną w kierunku północno-południowym, co zapewni jej równomierne oświetlenie. Jeżeli w danej okolicy wieją silne wiatry, stajnie powinny stać od strony zawietrznej (Jodkowska, 2007). Prędkość wiatru oraz kierunek ma wpływ na wydajność urządzeń, które wykorzystują ciśnienie dynamiczne. Z kolei częstotliwość występowania wiatru o małych prędkościach, czyli tzw. cisze powodują, iż deflektory są nieskuteczne.

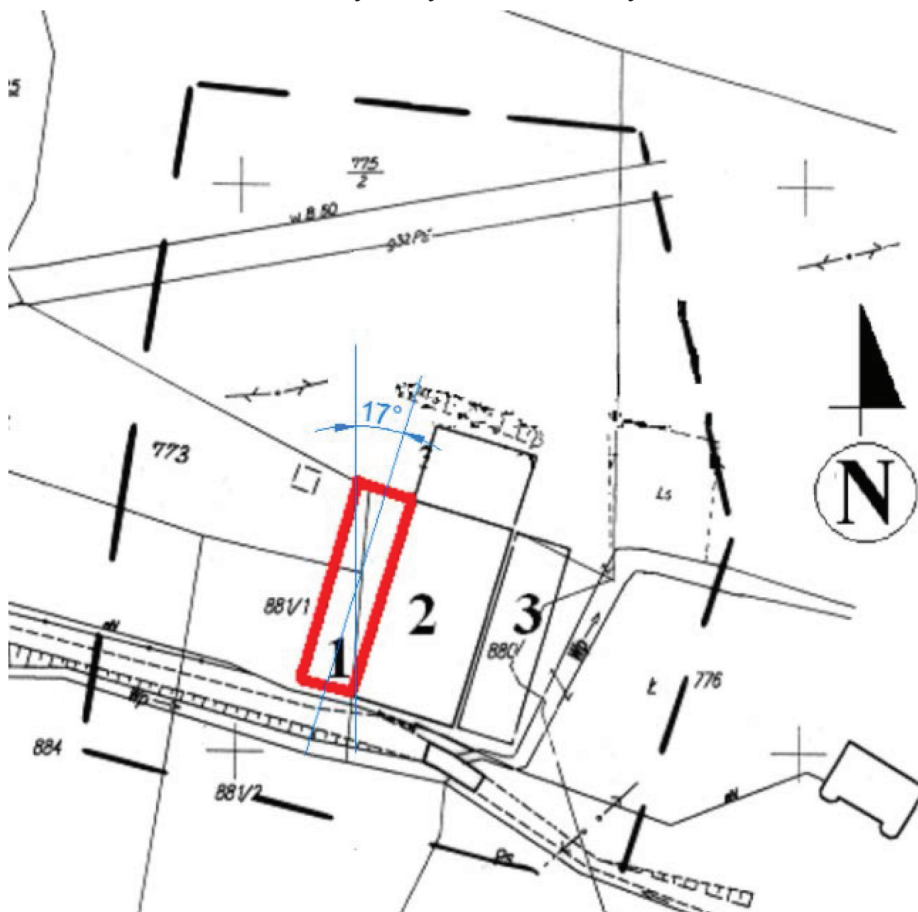
Biorąc pod uwagę wyżej wymienione zagadnienia za cel pracy przyjęto analizę sprawności działania systemu wentylacji grawitacyjnej w istniejącej użytkowej stajni, oraz wskazanie możliwości poprawy jej działania. Poprzez pomiary poligonowe i obserwacje wyodrębniono strefy zastoju mas powietrza i wskazano przyczyny niesprawności systemu wentylacji.

W pracy wykorzystano wyniki własnych badań terenowych oraz dane uzyskane przy realizacji pracy magisterskiej realizowanej pod kierunkiem autorów (Pałys, 2009).

METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzone zostały w lutym 2009 roku, w stadninie koni położonej w miejscowości Glinik Zaborowski (współrzędne geograficzne N: 49°53'48", E: 21°49'03") w gminie Strzyżów, w południowo-zachodniej części województwa podkarpackiego.

Do oceny sprawności wentylacji wybrano stajnię oznaczoną nr 1. (Rys. 1) o wskaźnikach techniczno-użytkowych zamieszczonych w tabeli 2.



Źródło: opracowanie własne

Rysunek 1. Mapa sytuacyjna: 1 – obiekt badań, 2 – kryta ujeżdżalnia, 3 – stajnia
Figure 1. Situation Map: 1 – the object of research, 2 – indoor riding arena, 3 – stable

Tabela 2. Wskaźniki techniczno-użytkowe stajni
Table 2. Technical and utility indicators of horse stable

Wyszczególnienie	Wartość
Długość	37,05 m
Szerokość	9,90 m
Wysokość	2,30 – 4,31 m
Kubatura	1011,29 m ³
Okna i Świetliki	37,14 m ²
Drzwi	12,42 m ²
Posadzka	281,56 m ²
Wywietrzniki	1,62 m ²

Źródło: opracowanie własne



Źródło: N. Pałys (2009)

Rysunek 2. Widok stajni od strony zachodniej
Picture 2. View of the stable from the west

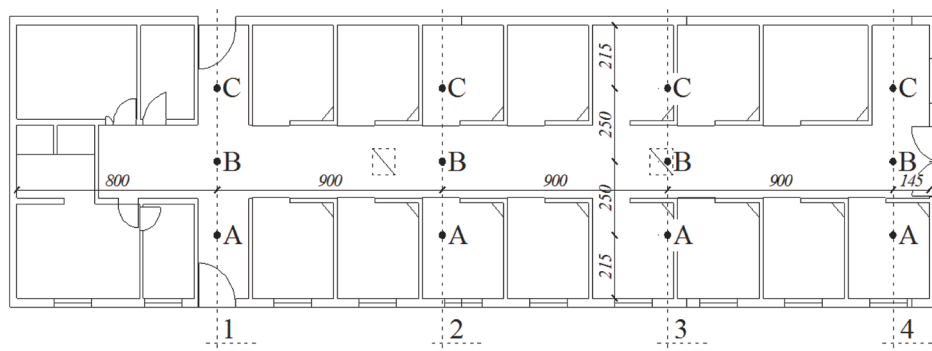
Stajnia, w której przeprowadzone zostały badania, posiadała orientację północ-południe z odchyleniem wschodnim wynoszącym około 17°. Widok lo-

kalizacji badanej stajni przedstawia rys. 1. Od strony północnej i południowej znajdowały się wzniesienia o wysokości około 20 m. Ze względu na lokalizację obiektu w terenie dominującym kierunkiem wiatru był wschodnio-zachodni.

Stajnia wykonana została w technologii tradycyjnej murowanej. Ściany budynku wykonane są z gazobetonu o grubości 24 cm, ocieplonego 5 cm styropianem, obustronnie otynkowane. Dach jednospadowy ocieplano styropianem umieszczonym między krokwiami. Wymiary budynku wynosiły 37,05 x 9,90 m i maksymalnej wysokości 4,31 m. Ściana wschodnia budynku sąsiadowała z krytą ujeżdżalnią, dlatego bryła budynku stajni posiadała dach jednospadowy (Rys. 2).

System wentylacji stajni składał się z dwóch kanałów wywiewnych umieszczonych w środkowej części dachu wykonanych z płyty OSB. Kanały wywiewne miały wymiary 90x90 cm i wysokość 150 cm. Każdy z nich zakończony był dwuspadowym daszkiem, przykrywającym wyloty powietrza.

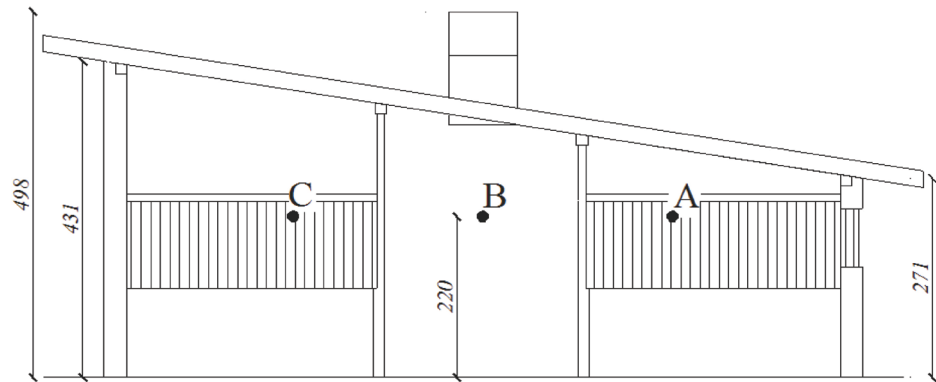
W budynku wyznaczono 4 poprzeczne przekroje oznaczone kolejno od 1 do 4 (Rys. 3 i 4). W każdym z przekrojów wyznaczono kolejno trzy punkty pomiarowe (A, B, C).



Źródło: opracowanie własne

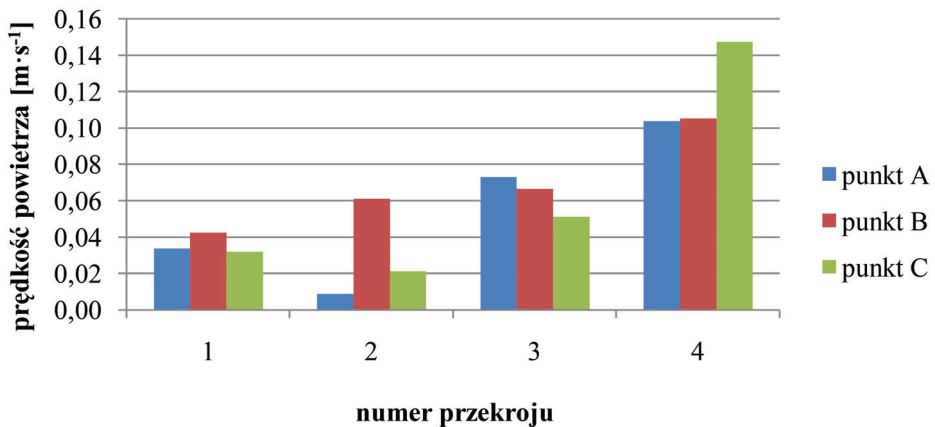
Rysunek 3. Rzut stajni: przekroje pomiarowe (1 – 4)
Figure 3. Throw stables: measuring cross-sections (1 – 4)

Pomiary prędkości ruchu powietrza wykonywano podczas ciszy wiatrowych przy otwartych i zamkniętych oknach i wrotach powtarzając je kilkakrotnie dla uzyskania miarodajnych wyników. Wykonywał je kilkusobowy zespół pomiarowy za pomocą termo-anemometrów TA – 5 o zakresie pomiarowym od 0 do 2 m·s⁻¹ i dokładności 0,01 m·s⁻¹. Odczytu prędkości przepływu powietrza dokonano seriami 15 pomiarów z 20 sekundowym interwałem.



Źródło: opracowanie własne

Rysunek 4. Przekrój poprzeczny stajni z rozmieszczeniem punktów pomiarowych
Figure 4. The cross section of the stable with location of measurement points



Źródło: opracowanie własne

Rysunek 5. Prędkość powietrza wentylacyjnego w stajni przy wrotach i oknach zamkniętych
Figure 5. Velocity of ventilation air in the stable with closed gates and windows

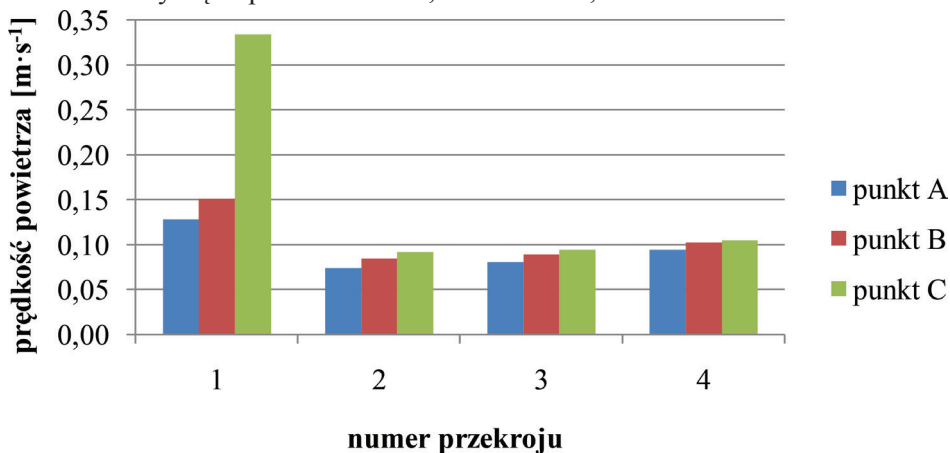
WYNIKI BADAŃ

W okresie badań średnia temperatura powietrza na zewnątrz budynku wynosiła 0,7 °C a w stajni 11,3°C. Przeprowadzone pomiary prędkości powietrza

w stajni dla wybranych przekrojów pomiarowych przedstawiono w postaci wykresów słupkowych.

Na rys. 5. zilustrowano ruch powietrza charakterystyczny dla wszystkich przekrojów pomiarowych występujący przy zamkniętych oknach i wrotach stajni. Najwyższe prędkości występowały przy ścianie północnej budynku; gdzie zlokalizowane były punkty pomiarowe przekroju 4, co spowodowane było prawdopodobnie nieszczelnościami wrot i okien. Również pod świetlikiem dachowym (przekrój 3) stwierdzono wyższe prędkości ruchu powietrza niż w przekrojach pomiarowych 1. i 2.

Otwarcie wrot i okien spowodowało podwyższenie prędkości przepływu powietrza wentylacyjnego w stajni (Rys. 6). Największy wzrost prędkości powietrza wystąpił w przekroju 1. Punkty pomiarowe tego przekroju znajdowały się w korytarzu, na początku i końcu którego zlokalizowane były wrota. Otwarcie wrot spowodowało największy przepływ powietrza w obiekcie. W pozostałych przekrojach wartości prędkości przepływu powietrza były porównywalne i kształtowały się w przedziale od $0,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ do $0,10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



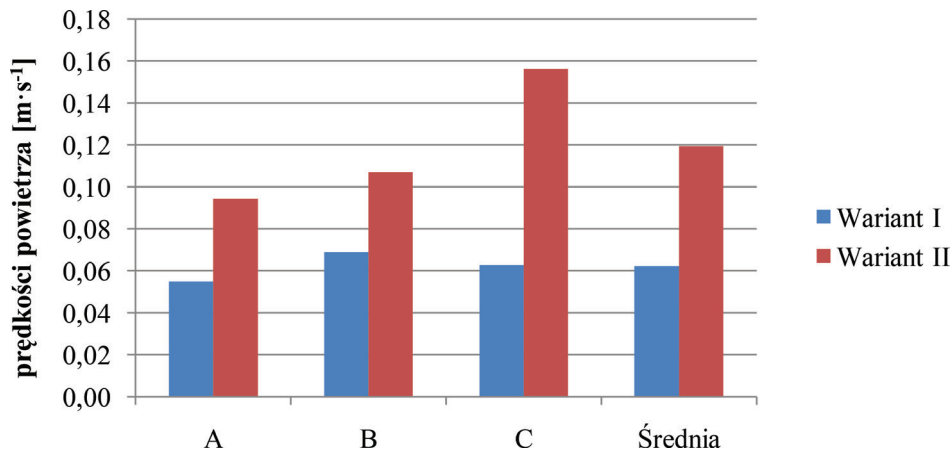
Źródło: opracowanie własne

Rysunek 6. Prędkość powietrza wentylacyjnego w stajni przy wrotach i oknach otwartych

Figure 6. Velocity of ventilation air in the stable with opened gates and windows

Pomiary prędkości przepływu powietrza dowodzą, iż w stajni występował brak wentylacji lub była ona bardzo słaba. W swoich badaniach Kalisek i in.(2013) stwierdzili, że minimalna prędkość przepływu powietrza w stajniach powinna mieścić się w przedziale $0,15\text{-}0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a wartość optymalna wynosić $0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Przeprowadzone badania wykazały, że średnia prędkość ruchu powietrza wewnątrz budynku była niższa od minimalnej i nie przekraczała

$0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ przy zamkniętych oknach i wrotach oraz $0,12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ przy otwartych. Średnie prędkości powietrza wentylacyjnego przy otwartych oknach i drzwiach były wyższe o ok. 42% dla punktów A, 36% dla punktów B oraz 60% dla punktów C w stosunku do stajni pozbawionej nawiewu (Rys.7).



Źródło: opracowanie własne

Rysunek 7. Średnie prędkości powietrza w punktach A, B i C przy oknach i wrotach: zamkniętych (wariant I) i otwartych (wariant II)

Figure 7. Average air velocities in points A, B and C with windows and gates: closed (option I) and opened (option II)

Powietrze w stajni powinno być wymieniane 4 – 8 krotnie w ciągu godziny, tak aby uzyskać na jednego dorosłego konia wymianę powietrza wentylacyjnego $30 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ (Poradnik, 2004). Aby zapewnić wymianę powietrza na podanym poziomie powierzchnia otworów nawiewnych powinna wynosić $0,1 \text{ m}^2/\text{konie}$, a wyciągowych $0,3 \text{ m}^2/\text{konie}$ (Jodkowska, 2007).

W stajni stwierdzono również wiele błędów wykonawczych i materiałowych przyczyniających się do złego funkcjonowania systemu wentylacyjnego. Do najpoważniejszych należy zaliczyć nieocieplony kanał wywiewny wentylacji, przyczyniający się do kondensacji pary wodnej na wewnętrznej stronie kanału. Również materiał, którym pokryto daszek wywiewnika został błędnie dobrany, ponieważ absorbuje wilgoć. Wykorzystanie sklejk powoduje schłodzenie powietrza wywiewanego, a co za tym idzie obniżenie skuteczności jego wymiany. Dodatkowym błędnym rozwiązaniem jest umieszczenie kanałów wentylacyjnych w środkowej części dachu jednospadowego. Powinny być one umieszczone w najwyższym punkcie dachu, ponieważ stajnia została dobudowana do krytej ujeżdżalni, przez co wywiewniki zostały zasłonięte przez jej dach (Rys. 8).



Źródło: N. Pałys (2009)

Rysunek 8. Usytuowanie wywiewnika dachowego na dachu stajni
Figure 8. The location of the roof vent on the stable roof



Źródło: N. Pałys (2009)

Rysunek 9. Okna otwierane na zewnątrz stajni
Figure 9. The windows open outside the stable

Kolejnym błędnym rozwiązaniem jest brak otworów nawiewnych. Ich role miały przejąć okna, które otwierają się na zewnątrz, co zdecydowanie utrudnia nawiew powietrza do stajni. W okresie badań większość z nich pomimo temperatur dodatnich była zamknięta (Rys. 9).

O braku sprawnej wentylacji świadczy również skraplanie się pary wodnej na świetlikach, daszkach wywietrzników i zawilgocenie elementów drewnianych stajni (Rys. 10a) oraz duże ilości pajęczyn w otworach kanałów wywiewnych (Rys. 10b). Zawilgocenie budynku wpływa na ogólny dobrostan zwierząt, a spadające bezpośrednio na konie krople wody mogą spowodować ich płoszenie.

a)



b)



Źródło: N. Pałys (2009)

Rysunek 10. Stropodach stajni: a) zawilgocenia na krokwiach,
b) zawilgocenia i pajęczyny na daszku wywietrznika

Figure 10. Flat roof of stable: a) moisture on the rafters,
b) moisture and cobwebs on the roof vent

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Pomiary prędkości ruchu powietrza oraz obserwacje działania systemu wentylacji budynku pozwoliły stwierdzić, że jej sprawność była niewystarczająca. W stajni stwierdzono nadmierne ilości skraplającej się pary wodnej, która w połączeniu z niewłaściwie dobranymi i wykonanymi elementami konstrukcji budynku przyczynia się do szybkiej destrukcji pomieszczenia.

W rozpatrywanym okresie badawczym wystąpiły w stajni prędkości przepływu powietrza z przedziału $0,01 - 0,33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, w którym zdecydowana większość wyników była niższa od zalecanych minimalnych przepływów powietrza w tego typu budynkach inwentarskich (Kalisek i in. 2013). Wartości powyżej $0,30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ zgodnie z Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (2003)

nie są pożądane i nazwane zostały przeciagiem, który negatywnie wpływa na dobrostan zwierząt. Tak wysokie wartości prędkości powietrza notowane były tylko w przekroju pomiarowym nr 1 w punkcie C przy otwartych oknach i drzwiach.

Analiza wyników badań przeprowadzona przez autorów wykazała, że przy zamkniętych oknach i drzwiach najlepiej wentylowany był korytarz znajdujący się bezpośrednio pod kanałami wywietrznymi, najgorzej część znajdująca się przy ścianie wschodniej, przylegającej do budynku ujeżdżalni. W drugim wariantcie pomiarowym (otwarte okna i drzwi) wentylacja w budynku była na podobnym poziomie, jednak najwyższe wartości przepływu powietrza notowane były w przekroju 1.

Zbyt niska sprawność wentylacji wynika z błędnie przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych, wśród których wyróżnić można:

- braku otworów nawiewnych,
- braku dostatecznej liczby wywietrzników,
- wykonaniu wywietrzników wywiewnych z sklejki,
- nieprawidłowemu umieszczeniu na dachu wywietrzników,
- nieprawidłowemu rozwiązaniu konstrukcyjnemu daszków na wywietrznikach,
- nieprawidłowemu kierunkowi otwierania okien.

Dobrze zaprojektowana i wykonana wentylacja jest gwarancją odpowiedniego mikroklimatu, który wpływa na dobrostan zwierząt. Aby poprawić sprawność wentylacji a tym samym warunki bytowania koni w stajni w Gliniku Zaborskim, zalecane jest:

- wykonanie nawiewów pod oknami dostarczających świeże powietrze,
- przeniesienie wywietrzników do górnej połaci dachowej oraz wykonie ich ocieplenia,
- podniesienie wysokości wywietrzników ponad kalenicę ujeżdżalni
- wymienienie daszków wywietrzników na płaskie lub zamontowanie deflektorów,
- zwiększenie powierzchni otworów wentylacyjnych,
- wykonanie dwóch dodatkowych kanałów wywiewnych.

LITERATURA

- Dziubek T., Łęcki W. (1982). Elementy budownictwa zoohigieny i eksploatacji budynków inwentarskich. AR Poznań.
- Fiedorowicz G. (2007). Wymagania dotyczące warunków środowiskowych w chowie koni. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4/2007. 133-138.
- Fiedorowicz G. (2008). Mikroklimat w stajni w okresie zimowym. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4/2008. 127-137.

- Jodkowska E. (2007). Wskazania przed rozpoczęciem budowy ośrodka hippicznego. Hodowca i Jeździec. Rok V Nr 1 (12) 2007. 28-30
- Kalisek J., Kniazkova I., Ondr P., Soch M. (2013). Evaluatoin microclimate in the stable national stud farm in Kladruby nad Labem. Acta Universitatis Cibiniensis Series E. Vol. XVII (2013), no.2. 77-87.
- Kołacz R., Dobrzański Z. (2006). Higiena i dobrostan zwierząt gospodarczych. AXA Wrocław
- Pałys N. (2009). Analiza sprawności systemu wentylacji grawitacyjnej i możliwości jej poprawy w stajni w miejscowości Glinik Zaborowski powiat Strzyżów. Praca magisterska. Kraków.
- Poradnik. System utrzymania koni. 2004. IBMER. Warszawa. 29-35.
- Wołski L. (1988). Mikroklimat w budynkach inwentarskich. PWN. Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 2 września 2003 r. w sprawie minimalnych warunków utrzymania poszczególnych gatunków zwierząt gospodarczych.

dr hab. inż. arch. Piotr Herbut
dr hab. inż. Grzegorz Nawalany
mgr inż. Sabina Angrecka
mgr inż. Piotr Janowski

Katedra Budownictwa Wiejskiego
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. Mickiewicza 24-28, 30-059 Kraków
e-mail: p.herbut@ur.krakow.pl

Wpłynęło: 05.11.2014

Akceptacja do druku: 11.02.2015