

## ERGONOMICZNA OCENA KOMFORTU CIEPLNEGO W HALI UDOJOWEJ FERMY KRÓW MLECZNYCH

Paweł Kiełbasa, Piotr Budyn

*Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

**Streszczenie.** Celem badań było określenie warunków środowiskowych hali udojowej z punktu widzenia komfortu pracy dojarzy. Zakres badań obejmował pomiar podstawowych parametrów mikroklimatu tj. temperatury powietrza, temperatury promieniowania, wilgotności. Określono również komfort termiczny pracowników obsługujących aparaty udojowe. Badania przeprowadzono w skrajnie różnych okresach roku tzn. w lecie i zimie. Odnotowano że hala udojowa spełnia wymogi ergonomiczne pod względem badanych parametrów.

**Słowa kluczowe:** ergonomia, mikroklimat, hala udojowa, stanowisko pracy, komfort cieplny

### Wstęp

Obecne rolnictwo jest wysoko zautomatyzowanym i wysokowydajnym miejscem pracy człowieka. W przypadku produkcji mleka a szczególnie podczas doju praca osób obsługujących urządzenia przypomina pracę robotników przy taśmie produkcyjnej. Stopień higieny i zaawansowania technologii pozyskiwania mleka uniemożliwia pracownikowi swobodę działania a jego zmęczenie fizyczne i psychiczne ma bezpośrednie przełożenie m.in. na wydajność doju. Dlatego bardzo istotnym czynnikiem poza geometrią stanowiska pracy dojarza jest wpływ środowiska zewnętrznego, które może minimalizować bądź też przyspieszać skutki zmęczenia. Środowisko w hali udojowej jest środowiskiem zamkniętym tworzącym specyficzny mikroklimat, którego parametry są kompromisem pomiędzy wymaganiami zootechnicznymi a ergonomicznymi w powiązaniu rachunkiem ekonomicznym. Temperatura otoczenia jest podstawowym czynnikiem wpływającym na sprawność człowieka. Najniższy poziom sprawności obserwuje się w środowisku zimnym, tj. w temperaturze 10°C, oraz w gorącym, w temperaturze 32,2°C. Natomiast w zakresie temperatur 21,11-26,61°C zmiany w poziomie sprawności wykonania zadań są nieznaczne i wynoszą ok. 0,8% w stosunku do poziomu sprawności notowanego w temperaturze neutralnej, tj. 16-21°C [Sudoł-Szopińska i in. 2006]. Warunkiem odczuwania komfortu cieplnego jest równowaga cieplna organizmu przy jednoczesnym minimalnym obciążeniu jego układu termoregulacyjnego [Tomaszewski 1996]. Komfort cieplny jest funkcją wielu zmiennych m.in. wielkości wydatku energetycznego, izolacyjności termicznej odzieży (clo) zwłaszcza odzieży tzw. barierowej [Kozłowski i in. 1995]. Ocenę komfortu termicznego najwygodniej przedstawić za pomocą wskaźników PMV (przewidywana średnia ocena) i PPD (przewidywany odsetek niezadowolonych) zaproponowanych przez Fangera [1974]

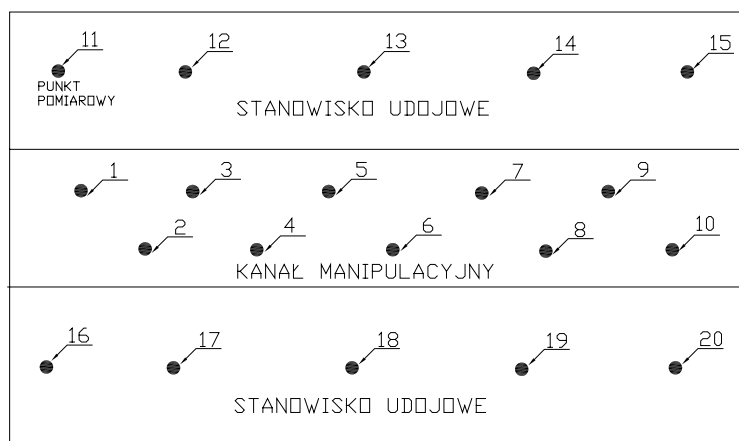
## Cel i zakres badań

Celem badań było określenie i ocena mikroklimatu pracy dojarza w hali udojowej w czasie zmiany roboczej z uwzględnieniem okresu zimowego i letniego.

Zakres badań obejmował pomiar podstawowych parametrów mikroklimatu hali udojowej tj.: temperatury powietrza, wilgotności względnej powietrza i temperatury promienowania. Ponadto określono orientacyjny stopień komfortu termicznego pracowników.

## Metodyka badań

Pomiary wykonano na wysokości 1,2 m w 20 punktach pomiarowych (rys. 1) umożliwiających przestrzenną wizualizację mierzonych wielkości.



Źródło: opracowanie własne autora

Rys. 1. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych w hali udojowej

Fig. 1. Layout of measuring spots in milking room

Pomiar podstawowych wielkości mikroklimatu przeprowadzano miernikiem MM-01 (rys. 2) umożliwiającym jednocześnie określenie komfortu termicznego dojarzy w badanym obiekcie. Miernik ten składa się z szeregu czujników zintegrowanych z jednostką centralną wyposażoną w moduł przeliczający uzyskane wartości oraz pamięć wewnętrzną umożliwiającą archiwizację danych pomiarowych. Natomiast wyświetlacz ciekłokrystaliczny umożliwia podgląd mierzonych wielkości w czasie rzeczywistym.



*Źródło: opracowanie własne autora*

Rys. 2. Miernik mikroklimatu MM-01

Fig. 1. Microclimate meter MM-01

Miernikiem mikroklimatu określono: temperaturę powietrza, temperaturę promieniowania cieplnego, wilgotność względną powietrza, oraz wyznaczano wskaźnik klimatu umiarkowanego PMV (PN-85/N-08013) dla każdego z badanych punktów pomiarowych.

## Wyniki badań

W tabeli 1 przedstawiono wybrane wartości mikroklimatu hali udojowej zaobserwowane w sezonie zimowym i letnim.

Odnotowano że średnia wartość temperatury powietrza w okresie letnim wynosiła 22,8°C i była o 24% wyższa w stosunku do temperatury odnotowanej w sezonie zimowym, natomiast w przypadku temperatury promieniowania odnotowano w jej wartościach 13,6% różnicę względną pomiędzy analizowanymi sezonami.

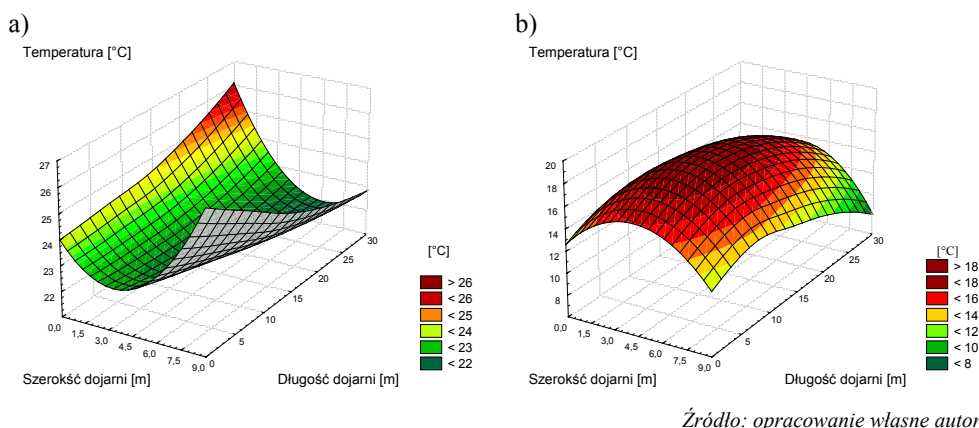
Tabela 1. Wybrane parametry mikroklimatu hali udojowej

Table 1. Selected parameters of milking room microclimate

Pora roku	Godzina pomiaru	Temperatura [°C]			Temperatura promieniowania tr [°C]		
		Śred.	Min	Max	Śred.	Min	Max
Lato	06:00	21,5	18	25	21,2	17	25
	12:00	20,4	20	26	20,4	20,1	26
	18:00	23,7	21	27	23,8	20,5	27
Zima	06:00	17,3	7,4	18,1	18,3	8,0	19,4
	12:00	11,2	11,2	16,7	16,7	14,2	22,3
	18:00	15,1	15,1	18,1	20,3	18,7	21,9

*Źródło: opracowanie własne autora*

Na rysunku 3 przedstawiono przestrzenny rozkład temperatury powietrza odnotowanej podczas porannego doju krów w sezonie letnim (rys. 3a) i zimowym (rys. 3b).



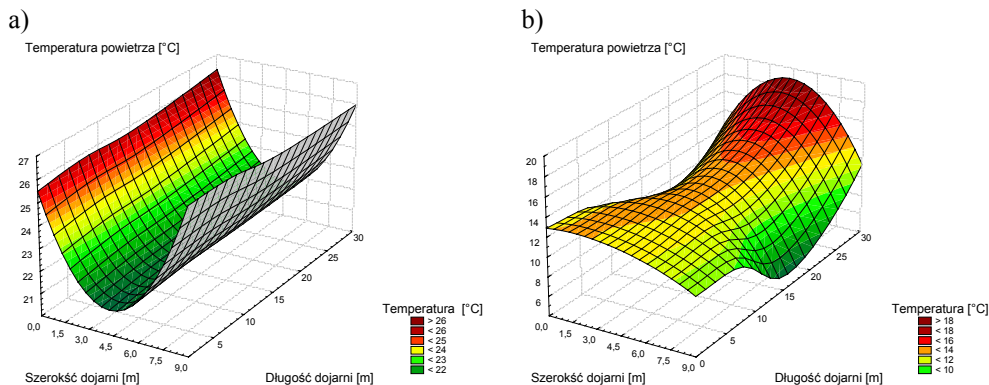
Rys. 3. Przestrzenny rozkład temperatury w hali udojowej, odnotowany rano w sezonie a – letnim, b – zimowym

Fig. 3. Spatial temperature distribution in milking room, registered in the morning in: a – summer, b – winter

Najwyższą temperaturę wynoszącą 24°C zaobserwowano w okolicy piętnastego punktu pomiarowego hali udojowej, natomiast najniższa wartość temperatury plasująca się na poziomie 21°C–22°C stwierdzono w kanale udojowym (rys. 3a). Różnica względna pomiędzy skrajnymi wartościami temperatury powietrza w hali udojowej sezonie letnim wynosiła 12,4%. Temperatura powietrza na zewnątrz badanego obiektu wynosiła 20,5°C. Odnośnie okresu zimowego to zaobserwowano że podczas porannego doju temperatura powietrza (rys. 3b) wynosiła 17,3°C przy średniej temperaturze powietrza na zewnątrz budynku wynoszącej 5°C. Najwyższe temperatury na poziomie 18°C odnotowywano w kanale dojarzy, natomiast najniższe wartości temperatur zaobserwowano przy ścianach hali udojowej.

Średnia wartość temperatury w czasie wieczornego doju krów w sezonie letnim (rys. 4a) wynosiła 22,2°C charakteryzując się 3,7% współczynnikiem zmienności. Natomiast zakres oscylacji temperatury zawierał się w granicach od 21,2°C zaobserwowanej w środkowej części hali udojowej, wzdłuż korytarza manipulacyjnego do 25,6°C stwierdzonej w pobliżu ścian bocznych budynku dojarni.

Najniższą temperaturę wynoszącą 11,5°C podczas wieczornego doju krów w sezonie zimowym (rys. 4b) zaobserwowano po prawej stronie na końcu hali udojowej, natomiast najwyższą wynoszącą 16,7°C również na końcu hali w kanale udojowym. Różnica względna pomiędzy skrajnymi wartościami odnotowanych temperatur wynosiła 42%.

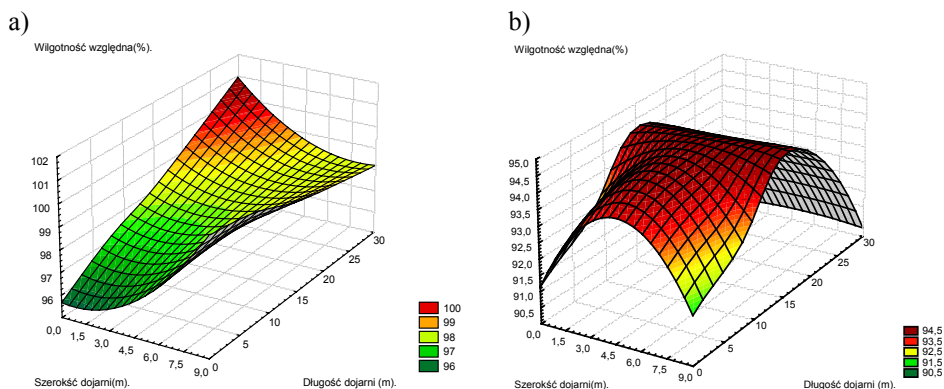


Źródło: opracowanie własne autora

Rys. 4. Przestrzenny rozkład temperatury w hali udojowej, odnotowany wieczorem w sezonie a – letnim, b – zimowym

Fig. 4. Spatial temperature distribution in milking room, registered in the evening in: a – summer, b – winter

Czynnikami wpływającym na subiektywne odczucie temperatury powietrza, jest wilgotność. Wysoka wilgotność w połączeniu z brakiem, lub słabym działaniem wentylacji, utrudnia wymianę ciepła m.in. poprzez parowanie. Zbyt niska, prowadzi do, wysuszenia błon śluzowych, powodujące stany zapalne górnych dróg oddechowych. Na rysunku 5 przedstawiono przestrzenny rozkład wilgotności względnej odnotowanej podczas porannego doju krów w sezonie letnim (rys.5a) oraz w sezonie zimowym (rys. 5b).

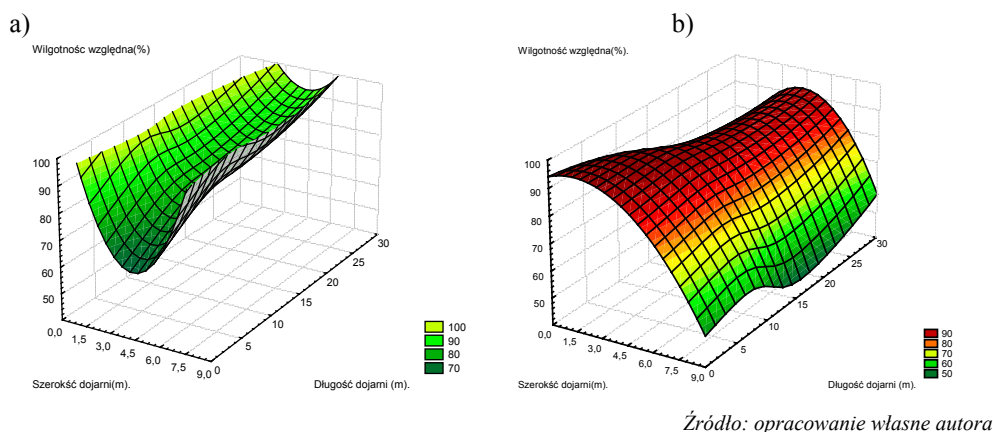


Rys. 5. Przestrzenny rozkład wilgotności względnej odnotowany rano w hali udojowej a – w sezonie letnim, b – w sezonie zimowym

Fig. 5. Spatial distribution of relative humidity, registered in the morning in milking room in: a – summer, b – winter

Średnia wartość wilgotności względnej odnotowana rano w hali udojowej w sezonie letnim (rys. 5a) wynosiła 97,1% i charakteryzowała się 8% współczynnikiem zmienności. Najwyższą wartość wilgotności względnej wynoszącą 98,5%, zaobserwowano w lewym rogu hali udojowej natomiast najniższą wartość wilgotności (96,3%) zaobserwowano na początku kanału udojowego. Wilgotność względna powietrza na zewnątrz badanego obiektu wynosiła w czasie pomiaru 87,7%. W sezonie zimowym (rys. 5b) średnia wartość wilgotności względnej w hali udojowej odnotowana podczas porannego doju krów wynosiła 93%. Najwyższe wartości wilgotności powietrza odnotowano w środkowej części badanego pomieszczenia (94,5%) natomiast najniższe wartości wilgotności powietrza plasujące się na poziomie 92% odnotowano na końcu hali udojowej. Należy zaznaczyć że na zewnątrz badanego obiektu wilgotność względna powietrza wynosiła 79,4%.

Średnia wilgotność względna powietrza odnotowana wieczorem w sezonie letnim wynosiła 89% (rys. 6a) przy wilgotności powietrza na zewnątrz budynku wynoszącej 86,9%. Zakres oscylacji wartości wilgotności względnej powietrza wynosił ok. 17%.



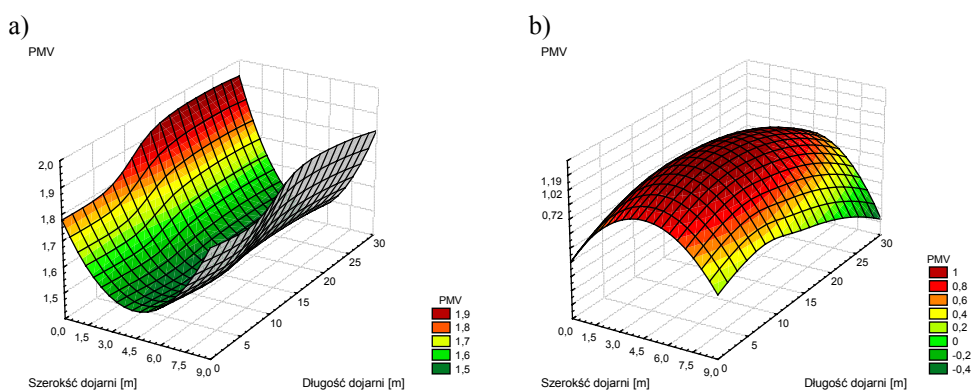
Rys. 6. Przestrzenny rozkład wilgotności względnej odnotowany wieczorem w hali udojowej a – w sezonie letnim, b – w sezonie zimowym

Fig. 6. Spatial distribution of relative humidity, registered in the evening in milking room in: a – summer, b – winter

Średnia wartość wilgotności względnej w hali udojowej odnotowana wieczorem w sezonie zimowym (rys. 6b) wyniosła 75,8% charakteryzując się 11,8% współczynnikiem zmienności. Najniższą wartość wilgotności względnej wynoszącą 72,7% zaobserwowano na stanowiskach udojowych prawej strony hali udojowej a najwyższą 95,7% na końcu kanału dojarzy stanowiąc 24% różnicę względną pomiędzy skrajnymi wartościami wilgotności powietrza odnotowanymi w pomieszczeniu. Wilgotność powietrza na zewnątrz pomieszczenia wynosiła 91%.

Wskaźnik określający mikroklimat umiarkowany PMV (przewidywana średnia oceny) podczas porannego doju krów w sezonie letnim (rys. 7a) plasował się na poziomie

1,55 (środowisko pomiędzy lekko ciepłym i ciepłym) z czego wynika że ok. 35% osób pracujących w tym środowisku będzie odczuwało dyskomfort ciepły z powodu zbyt wysokiej temperatury otoczenia. Najwyższa wartość PMV stwierdzono na stanowiskach udojowych - 1,63 natomiast najniższą wartość mierzonej wielkości wynoszącą 1,47 stwierdzono w kanale udojowym.



Źródło: opracowanie własne autora

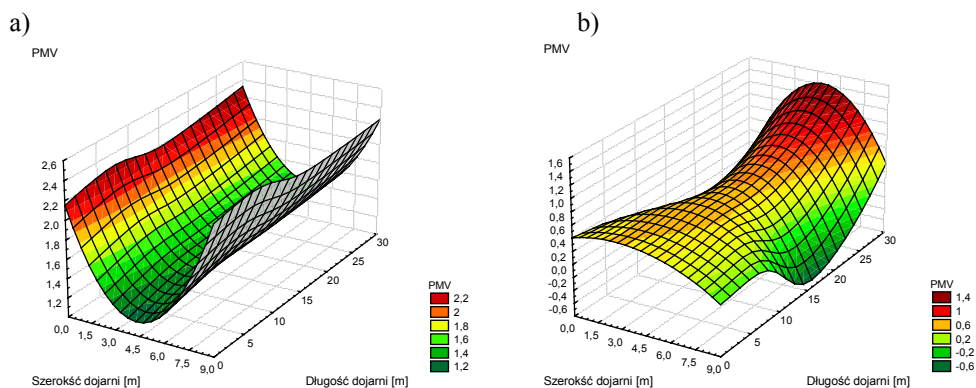
Rys. 7. Przestrzenny rozkład wskaźnika PMV odnotowany rano w hali udojowej a – w sezonie letnim, b – w sezonie zimowym

Fig. 7. Spatial distribution of the PMV index, registered in the morning in milking room in: a – summer, b – winter

W sezonie zimowym (rys. 7b) odnotowano że w przypadku porannego doju krów wskaźnik PMV w hali udojowej plasował się na poziomie 0,85 przy współczynniku zmienności wynoszącym 21,2%. Najwyższą przewidywaną średnią ocenę odnotowano na początku kanału udojowego a najniższą wartość wynoszącą 0,72 zaobserwowano z lewej strony hali udojowej na początku stanowisk udojowych.

Wieczorem średnia wartość parametru PMV (rys. 8b) odnotowana w hali udojowej sezonu letniego wyniosła 1,47 i charakteryzowała się 11,7% współczynnikiem zmienności.

Najniższą wartość wskaźnika PMV wynoszącą 1,21 została odnotowana na początku kanału dojarzy. Najwyższe wartości PMV plasujące się na poziomie 1,65 stwierdzono na stanowiskach udojowych w pobliżu ścian bocznych budynku dojarni. Podczas wieczornego doju krów (rys. 8b) średnia wartość wskaźnika PMV w hali udojowej wyniosła 0,5 i charakteryzowała wysokim, bo aż 57,5% współczynnikiem zmienności. Najniższą wartość wskaźnika PMV odnotowano po prawej stronie hali na stanowiskach udojowych, który wynosił 0,24 a najwyższą wartość wskaźnika PMV wynoszącą 1,08 zaobserwowano na końcu kanału udojowego i była czterokrotnie wyższa w stosunku do najmniejszej odnotowanej wartości.



Rys. 8. Przestrzenny rozkład wskaźnika PMV odnotowany wieczorem w hali udojowej: a – w sezonie letnim, b – w sezonie zimowym

Fig. 8. Spatial distribution of the PMV index, registered in the evening in milking room *in*: a – summer, b – winter

## Podsumowanie

Odnotowano że średnia wartość temperatury powietrza w okresie letnim wynosiła 22,8 C° i była o 47,4% wyższa w stosunku do temperatury odnotowanej w sezonie zimowym, natomiast w przypadku temperatury promieniowania odnotowano 32% różnicę względną pomiędzy analizowanymi sezonami. Stwierdzono że bardziej przyjazną porą roku pod względem komfortu cieplnego jest zima w czasie której 17% osób odczuwało dyskomfort cieplny w stosunku do sezonu letniego gdzie dyskomfort cieplny odczuwało aż 55% osób.

## Bibliografia

- Fanger P.O. 1974. Komfort cieplny. Arkady.
- Groborz A., Juliszewski T. 2005. Tętno jako wskaźnik obciążenia pracą w fermie krów mlecznych. Inżynieria Rolnicza. Nr 10 (70). s. 107-115.
- Kozłowski S., Nazar K. 1984. Wprowadzenie do fizjologii klinicznej. PZWL Warszawa ISBN 83-200-0730-5.
- Sudol-Szopińska I., Łuczak A. 2006. Wpływ temperatury środowiska zewnętrznego na sprawność działania człowieka. Bezpieczeństwo pracy. Nr 7-8. s. 16-19.
- Tomaszewski R. 1996. Mikroklimat na stanowisku pracy. Skrypt Uczelniany AGH. Nr 1464.
- PN-85/N-08013. Ergonomia. Środowiska termiczne umiarkowane. Określanie wskaźników PMV, PPD i wymagań dotyczących komfortu termicznego.



## **ERGONOMIC ASSESSMENT OF THERMAL COMFORT IN MILKING ROOM AT A MILK COW FARM**

**Abstract.** The purpose of the research was to determine environmental conditions in milking room from point of view of milkers' work comfort. The scope of the research included measuring of basic microclimate parameters including: air temperature, radiation temperature, humidity. Moreover, the research allowed to determine thermal comfort of workers operating milking equipment. The research was carried out in extremely different periods of the year - summer and winter. It has been observed that milking room satisfies ergonomic requirements as regards examined parameters.

**Key words:** ergonomics, microclimate, milking room, work station, thermal comfort

**Adres do korespondencji:**

Paweł Kielbasa; e-mail: [pkielbasa@ar.krakow.pl](mailto:pkielbasa@ar.krakow.pl)  
Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 116B  
30-149 Kraków