

Dr hab. inż. Ewa Czerniawska-Piątkowska, prof. ZUT

Szczecin, 09.02.2021r.

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Wydział Biotechnologii i Hodowli Zwierząt  
Katedra Nauk o Zwierzętach Przeżuwających  
ul. Klemensa Janickiego 29  
71-270 Szczecin

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotr Kliś**  
**pt: "Prognozowanie użytkowości krów na podstawie informacji z okresu**  
**okołoporodowego, rejestrowanego przez roboty udojowe",**  
**wykonanej pod kierunkiem Prof. dr hab. inż. Anny Sawy,**  
**Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy**  
**Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Katedra Hodowli Zwierząt**

W ostatnim okresie na rynku pojawiły się specjalistyczne systemy komputerowe wspomagające działalność przedsiębiorstw rolniczych. Rolnicy mogą wybierać różnorodnego rodzaju oprogramowania, które umożliwiają kompleksowe zarządzanie stadem bydła mlecznego. Umożliwiają wykorzystanie urządzeń wysoko zaawansowanych technologicznie, w których zespoły robocze są monitorowane przez różnego rodzaju czujniki, umożliwiające precyzyjne gromadzenie dużej ilości danych. Wdrażanie technologii informatycznych jest uzasadnione ekonomicznie w gospodarstwach o wysokiej skali produkcji. Dzięki nim analizują swoją produkcję, zyski i wiele innych aspektów funkcjonowania. Innowacyjne technologie stanowią dynamiczną globalną sieć, systemów, platform i aplikacji, które są zdolne do komunikowania oraz dzielenia się inteligencją pomiędzy sobą, zewnętrznym otoczeniem i ludźmi. To właśnie rozbudowane aplikacje ułatwiają nowoczesną organizację chowu i hodowli bydła poprzez komputerowe systemy zarządzania stadem i

na bieżąco umożliwiając: monitorowanie wydajności, stanu zdrowia, żywienia i organizację rozrodu jak również automatycznego doju.

Problematykę przedstawioną mi do oceny rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Kliśa uważam za interesującą i ważną. Mnogość informacji o krowach i mleku, rejestrowanych przez System Automatycznego Dojenia (AMS) sprawia, że coraz częściej korzysta się z nich w badaniach naukowych, zwłaszcza tych stosujących komputerowe narzędzia statystyczne. Doprowadziło to do zmiany sposobu zarządzania stadem, a także usprawnienia czasochłonnego i pracochłonnego procesu doju związanego z koniecznością przestrzegania reżimu higienicznego. Doktorant w swojej pracy podkreśla również perspektywy zmian związane z trendami światowego przemysłu mleczarskiego, wymuszając one na hodowcach konieczność wdrażania nowych technologii doju. W Niemczech od 2012 r. więcej sprzedaje się robotów udojowych niż dojarni konwencjonalnych (Pelzer, 2014). Należy zwrócić uwagę na fakt, że innowacyjne rozwiązania są w pierwszym okresie ich produkcji drogie, lecz z czasem tanieją oraz w perspektywie zapewniają lepszy komfort pracy hodowców.

### **Ocena formalna pracy**

Przedstawiona rozprawa doktorska liczy 108 stron, została podzielona na 7 rozdziałów głównych oraz podrozdziały, w tym obejmuje 23 tabele, 4 ryciny w tym 3 ryciny wykorzystujące graficzne metody drzew decyzyjnych. Jej układ jest właściwy i typowy dla tego rodzaju opracowania. Tytuł dysertacji jest zgodny z ogólnym zakresem treści w niej zawartych. Na str. 3 zamieszczono opis zastosowanych skrótów, symboli i jednostek opisujących badane cechy, który uważam za wartościowy i potrzebny. Spis treści zawarty na 2,5 stronach w całości napisany jest wielkimi literami, co czyni go mało przejrzystym. Sugerowałabym aby wielkie litery nagłówek dotyczyły rozdziałów głównych. Podrozdziały pisane małą czcionką byłyby bardziej czytelne i intuicyjne dla czytelnika.

We „Wstępie” Autor krótko i zwięźle przedstawił uzasadnienie dla podjętych badań. Rozdział drugi zatytułowany „Analiza literatury” obejmuje 5 podrozdziałów (str. od 10 do 21). Autor dokonał przeglądu literatury systematycznie, w oparciu o szeroką bibliografię przedstawił dotychczasowe osiągnięcia naukowe w zakresie podjętej tematyki badań. Ciekawym i najobszerniejszym podrozdziałem (6,5 strony) przygotowanym przez Autora jest: „Automatyczne systemy doju – funkcje i korzyści w mlecznym użytkowaniu krów”. Autor przywołując literaturę polską i zagraniczną podkreśla, że efektywność produkcji w gospodarstwie z AMS zależy głównie od wydajności mlecznej krów, na którą wpływa wiele czynników, m.in. czas i częstotliwość doju, liczba krów i szybkość oddawania mleka. W dalszej części pisze, że roboty udojowe są systematycznie ulepszane i wyposażane w dodatkowe funkcje. W przypadku AMS istnieje możliwość bieżącego, precyzyjnego monitorowania nie tylko wydajności i składu mleka krowy, ale też kontrolowania zmian składu mleka i produktywności mlecznej poszczególnych ćwiartek umożliwiając jednocześnie szybszą diagnostykę w walce z mastitis. Niewątpliwą zaletą AMS jest także łatwiejsze i pełniejsze kontrolowanie codziennych rytmów i zachowania krów w całym cyklu produkcyjnym oraz możliwość rejestrowania ilości spożytej paszy treściwej, czasu przeżuwania zwierząt, które jest nieodłącznym elementem prawidłowego funkcjonowania układu pokarmowego bydła. W stadach wykorzystujących AMS możliwa jest także identyfikacja chorych krów, zwłaszcza w okresie okołoporodowym. Ostatni podrozdział (str. 20-21) przeglądu literatury zatytułowany „2.5. Charakterystyka okresu okołoporodowego krów” w moim odczuciu powinien znaleźć się na początku tego rozdziału zaraz po rozdziale „2.1 Tendencje w produkcji mleka”, co ułatwiłoby czytelnikowi lepsze zrozumienie istoty badań. Pozostałe podrozdziały zostały opisane w oparciu o prawidłowo dobraną literaturę, co poprawnie wprowadza czytelnika w zakres realizowanych badań i tym samym świadczy o dobrej znajomości Autora na temat bieżącej literatury. Rozdział napisany został w oparciu o stosunkowo nowe publikacje naukowe – większość z ostatnich 10 lat. Pod względem merytorycznym literatura dobrana jest prawidłowo i odzwierciedla stan wiedzy w zakresie tematyki dysertacji.

Sugerowałabym zmianę nazwy rozdziału „Analiza literatury” na: „Przegląd literatury”. „Analiza” bardziej odnosi się do opisu konkretnej metody badawczej.

Autor zawarł hipotezę badawczą w trzech punktach i jasno sformułował problem badawczy. Podobnie cel i zakres badań zostały prawidłowo przedstawione i dotyczyły również trzech punktów:

1. Rozważania modelowe z wykorzystaniem procedur SAS (MIXED, FREQ, technika drzew decyzyjnych) do analizy wpływu wybranych czynników na użytkowość krów.
2. Oszacowanie wartości współczynników korelacji prostej między czasem przeżuwania (w okresie okołoporodowym), przewodnością elektryczną i temperaturą mleka, a ponadto ilością pobranej w MS paszy treściwej/dobę, liczbą dojów/dobę, czasem doju/wizytę (w pierwszych 8 dniach laktacji) a wydajnością i składem mleka w laktacji oraz takimi wskaźnikami płodności krów jak OSR, OU, II i OMW.
3. Celem praktycznym badań była ocena możliwości wykorzystania informacji rejestrowanych przez AMS z okresu okołoporodowego krów do sterowania /prognozowania ich użytkowości.

W rozdziale „Materiał i metody” (str. 23-31) Autor zaprezentował charakterystykę badanych stad oraz zakres metodyczny badań. Materiały do badań pochodziły z systemu rejestracji danych firmy Lely (program komputerowy T4C - system zarządzania stadem) oraz SYMLEK. Analizą objęto wyniki z 18055 dojów 524 krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, które wycieliły się w roku 2016 i/lub 2017 i były użytkowane w 3 stadach (A, B i C) wyposażonych w automatyczny system doju (AMS) firmy Lely – Astronaut A4. We wszystkich stadach krowy były objęte oceną wartości użytkowej metodą AR. Przykładowe dawki żywieniowe zwierząt zostały zaprezentowane w tabelach 2 i 3 (str. 24-25). W tej części pracy brakuje mi zestawienia tabelarycznego czasu przeżuwania, parametrów doju, wydajności i składu siary z wyszczególnieniem, wybranych okresów okołoporodowych tj. ilości dni przed i po wycieleniu. Co prawda te informacje można przeczytać na kolejnych stronach dysertacji przy opisie „jakie dane zostały zebrane dla każdej krowy” ale w moim odczuciu zestawienie w tabeli, ułatwiłoby lepszą orientację w

badaniach. W dalszej części metodyki Autor rzetelnie opisuje przeprowadzone analizy. W opracowaniu statystycznym wykorzystał 4 modele liniowe, według których Autor wykonał obliczenia statystyczne. Analizy zmienności przeprowadził za pomocą programu komputerowego SAS [SAS Institute Inc., 2014] Analizę statystyczną za pomocą metody drzew decyzyjnych wykonano przy użyciu algorytmu CART (Classification and Regression Trees) (SAS Inst. Inc.) Szczegółowe informacje zostały zamieszczone w treści pracy (str. 26-31).

Rozdział „Wyniki” został podzielony na podrozdziały i jest dość obszerny w całej pracy (zawiera się od 32 do 47 strony). Część wyników przedstawiona w tabelach (23 tabele zawarte w pracy) mogłaby być zobrazowana graficznie na wykresach, co ułatwiłoby porównanie niektórych wartości między sobą. W tabeli nr 4 (str. 68) nie znalazłam odnośników - opisów do statystyki opisowej tj.  $N$ ?,  $\bar{x}$ ,  $S$ ,  $V$ ?. Brakuje też informacji jak liczony był, jak domyślam się - współczynnik zmienności ( $V$ ) ?. Doktorant przedstawiając własne wyniki wykazał, że istnieją zależności ( $P \leq 0,01$ ,  $P \leq 0,05$ ) między parametrami rejestrowanymi przez AMS w okresie okołoporodowym a wydajnością dobową i laktacyjną krów oraz ich przeżywalnością do kolejnego wycielenia. W pracy wykazano, że stado różnicowało czas przeżuwania krów oraz wartości uwzględnionych parametrów doju. Na podstawie analizy wyników otrzymanych przez Doktoranta dotyczących wpływu rejestrowanych przez AMS wskaźników zdrowia (temperatura i przewodność elektryczna siary) na badane cechy stwierdzono, że krowy, których temperatura siary była najniższa i wynosiła  $< 37,5$  °C spędzały najwięcej czasu w boksie (447 sek/wizytę) ( $P \leq 0,01$ ), ich siara spływała z wymienia najdłużej (340 sek/wizytę) ( $P \leq 0,01$ ). (tab.5). Najdłużej (484 min/dobę) przeżuwały krowy w stadzie A, najkrócej (423 min/dobę) w stadzie B ( $P \leq 0,01$ ) (tab. 8). Doktorant wykazał potwierdzony statystycznie ( $P \leq 0,01$ ) wpływ kolejnej laktacji na czas przeżuwania i większość parametrów doju. Krowy pierwsiatki przeżuwały krócej niż wieloródki (431 vs 472 min/dobę) ( $P \leq 0,01$ ). U wieloródek odnotowano krótszy czas spływu mleka z ćwiartki, co mogło świadczyć o dobrej ich aklimatyzacji do AMS.

Okres laktacji najbardziej spośród uwzględnionych czynników różnicował czas przeżuwania, parametry doju (tab. 8) oraz wydajność i cechy mleka.

Autor wykazał zróżnicowanie przewagi wydajności laktacyjnej krów przeżywających do kolejnego wycielenia w stosunku do ubytych, które zależało od stada, przy czym największą różnicę stwierdził w stadzie B (ponad 4500 kg) ( $P \leq 0,01$ ). Doktorant na podstawie wyników zamieszczonych w tabeli 14 wskazuje na brak związku między czasem przeżuwania przed wycieleniem i w pierwszym tygodniu laktacji a płodnością krów. Wszystkie obliczone współczynniki korelacji były niskie ( $r < 0,1$ ), przyjmowały zarówno wartości dodatnie jak i ujemne.

Autor w badaniach własnych metodą drzew decyzyjnych wykazał, że najważniejszymi czynnikami odpowiedzialnymi za wydajność laktacyjną krów korzystających robotów były, w kolejności od najważniejszego, przeżywalność do następnego wycielenia, czas doju/wizytę i liczba dojów/dobę (22-28 dzień laktacji), szybkość spływu mleka (8-14 dzień laktacji), czas doju/wizytę (5-7 dzień laktacji) oraz zawartość białka w siarze. Metoda drzewa decyzyjnego, poprzez analizę modelu graficznego umożliwia każdemu na zidentyfikowanie czynników wpływających na określone cechy użytkowe.

Autor przedstawił uzyskane rezultaty generalnie dobrze, podejmując się prób interpretacji wyników przeprowadzonych badań i analiz na tle właściwie dobranej literatury. Przedstawione przez Doktoranta wyniki, świadczą o dobrej znajomości badanej tematyki i umiejętności prowadzenia dyskusji.

Pan Mgr Piotr Kliś podczas pracy zawodowej niewątpliwie nabył duże umiejętności w trakcie codziennej pracy ze zwierzętami wykazując się zrozumieniem specyfiki funkcjonowania gospodarstwa wielkotowarowego. Posiada bogate doświadczenie praktyczne z zakresu chowu i hodowli bydła poparte szeroką wiedzą teoretyczną. Dzieli się swoją wiedzą i kompetencjami pomagając zoptymalizować zarządzanie gospodarstwem.

Czytając pracę nasunęły mi się pytania, o których wyjaśnienie poproszę Doktoranta w trakcie obrony:



1. Od kiedy Polscy hodowcy stosują automatyczny system doju? Ile robotów udojowych zastosowano już w naszym kraju? Jak przedstawia się sytuacja w innych Państwach?
2. Omówić przebieg adaptacji krów do doju robotem?
3. Str. 25, Czy w tab. 3 w kolumnie pierwszej „dzień laktacji” oznacza przedział czasu? Czy odnosi się to do konkretnego dnia?
4. Proszę wyjaśnić jakie są zalety żywienia PMR? oraz w jaki sposób dawka pokarmowa jest zadawana, programowana w robocie udojonym?
5. W jaki sposób dobiera się ilość robotów udojowych mając na uwadze liczbę krów w danym gospodarstwie?

Rozdział „Podsumowanie i wnioski” (str. 64-65) zawiera 2 strony, w którym Autor przedstawił swoje wyniki na podstawie przeprowadzonych badań. Rezultaty przeprowadzonych doświadczeń i założonych w metodyce analiz, po ich omówieniu i dyskusji opartej o wyniki innych badań, pozwoliły Doktorantowi na przedstawienie w zwięzłej formie 7 stwierdzeń i wniosków.

1. Krowy objęte badaniami charakteryzowały się wyższą w porównaniu z uzyskiwaną przez krajową populację aktywną wydajność mleka w laktacji oraz lepszą płodnością.
2. Istnieją zależności ( $P \leq 0,01$ , ( $P \leq 0,05$ ) między parametrami rejestrowanymi przez AMS w okresie okołoporodowym a wydajnością dobową i laktacyjną krów oraz ich przeżywalnością do kolejnego wycielenia. Czynnikiem najbardziej różnicującym wydajność dobową siary oraz mleka w laktacji okazał się czas przeżuwania (wraz z jego wydłużeniem wzrost odpowiednio o 9,3 kg i 2925 kg), natomiast w przypadku wydajności dobowej mleka - liczba dojów/dobę (wraz z jej zwiększaniem wzrost o 6,8 kg). Udział krów przeżywających do kolejnego wycielenia zwiększał się wraz ze spadkiem przewodności mleka (o 24,8%) oraz ze wzrostem liczby dojów/dobę (o 15,3%).
3. Wydłużenie czasu przeżuwania oraz czasu doju/wizytę, a także zwiększenie ilości pobranej w AMS paszy treściwej wpływały na wzrost wydajności mleka w laktacji, przy czym siła tych zależności rosła w kolejnych tygodniach laktacji ( $r = 0,10^x$  vs

0,31<sup>xx</sup>;  $r=0,12^{xx}$  vs 0,17<sup>xx</sup>;  $r=0,11^{xx}$  vs 0,20<sup>xx</sup>). Za przydatną do prognozowania wydajności mlecznej w laktacji uznano też liczbę dojów/dobę ( $r=$  od 0,25<sup>xx</sup> do 0,30<sup>xx</sup> w zależności od tygodnia laktacji).

4. Metodą drzew decyzyjnych wykazano, że najważniejszymi czynnikami odpowiedzialnymi za wydajność laktacyjną krów korzystających z robotów były, w kolejności od najważniejszego, przeżywalność do następnego wycielenia, czas doju/wizytę i liczba dojów/dobę (22-28 dzień laktacji), szybkość spływu mleka (8-14 dzień laktacji), czas doju/wizytę (5-7 dzień laktacji) oraz zawartość białka w siarze.

5. Stwierdzone w badaniach korelacje między wartościami wskaźników rejestrowanych przez AMS a II nie zostały potwierdzone statystycznie, natomiast wykazanymi metodą drzew decyzyjnych zmiennymi odpowiedzialnymi II, w kolejności od najważniejszej, były: ilość paszy treściwej pobranej bezpośrednio po okresie siary, liczba dojów w okresie siary, czas doju/wizytę (8-14 dzień laktacji) i przewodność elektryczna siary.

6. Spośród uwzględnionych w badaniach wskaźników rejestrowanych przez AMS, biorąc pod uwagę wartości współczynników korelacji, jedynie przewodność elektryczną mleka (pierwsze 2 tyg. laktacji) i szybkość jego oddawania (pierwsze 4 tyg. laktacji) można by zaproponować do uwzględniania w działalności zmierzającej do skrócenia OMW ( $r=0,13^{xx}$ ;  $r=0,11^{xx}$ ). Z kolei technika drzew decyzyjnych wykazała wydajność dobową siary, ilość pobranej w AMS paszy treściwej (ostatni tydzień przed wycieleniem i 5-7 dzień laktacji) i czas przeżuwania (8-14 i 22-28 dzień laktacji) jako zmienne odpowiedzialne za długość OMW.

7. Wniosek praktyczny: Udowodniono, że zastosowanie metody drzew decyzyjnych może ułatwić hodowcom dobór już w okresie poporodowym krów, odpowiednich poziomów czynników związanych z dojeniem w AMS, które zapewnią wysoką wydajność mleka w laktacji lub dobrą płodność krów w stadzie.

Przytoczone wartości liczbowe we wniosku nr 2 wskazane byłoby opisać w odniesieniu do prezentowanych wyników w tabelach. Ułatwiło bo to ich interpretację.



Wniosek nr 7 należałoby przeredagować, gdyż w obecnej formie jest mało zrozumiała. Należy uwypuklić czego dotyczy słowo „dobór”, czy chodzi o dobór krów w okresie poporodowym/czy chodzi o dobór czynników związanych z dojmem w AMS?

Bibliografia pracy jest ściśle powiązana z tematyką opracowania. Cytowana literatura zawiera 173 pozycje ogółem, w tym 133 (77%) zagranicznych i 40 (23%) polskich. Jej format jest jednolity i niemal wszystkie pozycje piśmiennictwa są cytowane w niniejszej pracy. Autor wykazał, że posiada dużą wiedzę w tematyce podjętych badań. Jednakże, przygotowując pracę do opublikowania sugerowałabym o ponowne jej przejrzanie i poprawę nielicznych nieścisłości związanych z cytowaniem literatury oraz drobnych błędów edytorskich i stylistycznych.

Streszczenie w języku polskim oraz angielskim umieszczone zostało na końcu pracy. Autor w zwięzły sposób przedstawił istotę pracy.

Do pracy mam drobne uwagi krytyczne, które jednak nie umniejszają jej poziomu merytorycznego, którego ocenę przedstawiłam powyżej. Należałoby wprowadzić następujące poprawki redakcyjne a mianowicie:

- w pracy zdarzają się literówki „bosie”, poprawić na: „boksie”,
- w nagłówkach podrozdziałów sugerowałabym nie stosować skrótów tylko pełne ich rozwinięcie,
- str. 11 „wzrost częstotliwości oddawania mleka przez krowy w ciągu doby do 2,5-3 dojów/dobę”, dodać słowo „średnio” do 2,5-3 dojów/dobę”,
- str. 24-25 tab. 2 i tab. 3 należy ujednoczyć zapis oznaczenia jednostek, dotyczy jednostki masy (w kg),
- str. 26-27, po wypunktowaniu należy stosować przecinki,
- str. 28 należy przy opisach modeli liniowych uzupełnić jednostki-dotyczy temperatury i przewodności,
- str. 34 jest ( $P \leq 0,01$ ), powinno być ( $P \leq 0,01$ ).

Przedstawione rezultaty badań przesądzają niewątpliwie o wartościach poznawczych ocenianej rozprawy doktorskiej będącej wartościowym uzupełnieniem wyników badań prowadzonych do tej pory. Wykorzystanie narzędzi w postaci drzew decyzyjnych do

analizy informacji zawartych w bazach danych systemów T4C LELY oraz SYMLEK wydają się być interesującym rozwiązaniem, pozwalającym na kompleksową analizę użytkowości krów w stadach wyposażonych w AMS. Według opinii innych autorów zaletą drzew decyzyjnych jest intuicyjność i łatwość interpretacji uzyskanych wyników przedstawianych w postaci nieskomplikowanych modeli graficznych, pozwalających na analizę wpływu nie tylko pojedynczych czynników w modelu, ale również na zachodzące między nimi interakcji. To również podkreśla Autor przedstawionej mi do oceny rozprawy doktorskiej. Uzyskane wyniki mogą stać się doskonałym narzędziem w rękach zarządców stad wyposażonych w automatyczny system doju, umożliwiającym przewidywanie występujących w nich zdarzeń i podejmowanie decyzji służących uzyskiwaniu lepszych wyników produkcyjnych i reprodukcyjnych krów.

Przedstawiona mi do recenzji dysertacja Autorstwa mgr inż. Piotra Kliś pt.: "Prognozowanie użytkowości krów na podstawie informacji z okresu okołoporodowego, rejestrowanego przez roboty udojowe", będzie stanowiła wartościowe opracowanie naukowe, posiadające walory poznawcze, jak i aplikacyjne. Pozytywnie oceniam całość przedstawionej do oceny rozprawy: zakres podjętych badań, sposób ich realizacji, prezentację uzyskanych wyników, dyskusję oraz podsumowanie i wnioski.

Stwierdzam, że oceniana praca w pełni odpowiada wymogom stawianym rozprawom doktorskim określonym w ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595; z póź.zm.) oraz przepisom wprowadzającym ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018r. poz.1669 z póź.zm.). Dlatego też przedstawiam Radzie Naukowej Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy wniosek o dopuszczenie Pana mgr inż. Piotra Kliś do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

