UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

WYDZIAŁ HODOWLI I BIOLOGII ZWIERZĄT

Kamil Łukasz Siatka

ANALIZA MOŻLIWOŚCI PROGNOZOWANIA PŁODNOŚCI KRÓW NA PODSTAWIE WYNIKÓW PRÓBNYCH DOJÓW

Praca wykonana w Zakładzie Hodowli Bydła
przedstawiona jako dysertacja doktorska
Radzie Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt
Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
w Bydgoszczy

Promotor:
prof. dr hab. inż. Anna Sawa
Promotor pomocniczy:
dr inż. Mariusz Bogucki

BYDGOSZCZ – 2017 R.

Praca powstała przy wsparciu projektu „Realizacja II etapu Regionalnego Centrum Innowacyjności” współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Kujawsko – Pomorskiego na lata 2007 - 2013

Składam serdeczne podziękowania promotorowi mojej pracy
Pani prof. dr hab. inż. Annie Sawie
oraz promotorowi pomocniczemu
Panu dr inż. Mariuszowi Boguckiemu
za życzliwą opiekę, zaangażowanie oraz wszechstronną pomoc udzieloną mi podczas powstawania tej pracy.

Dziękuję również
Panu dr hab. inż. Dariuszowi Piwczyńskiemu, prof. nadzw. UTP
za cenne uwagi i wskazówki oraz wszelką pomoc udzieloną przy realizacji badań.

Dziękuję
Pracownikom Zakładu Hodowli Bydła
za życzliwość oraz współpracę w miłej i przyjaznej atmosferze.

Szczególne podziękowania składam
Rodzicom i Najbliższym
za cierpliwość, wyrozumiałość i wsparcie.

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP I PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA 9

1.1. Charakterystyka płodności krów mlecznych 9
1.2. Poporodowe funkcjonowanie układu hormonalnego i jajników krów o wysokiej wydajności mleka a ich płodność 14
1.3. Wykorzystanie wskaźników z oceny uzytkowości w zarzadzaniu płodnością krów mlecznych 16
1.4. Nowoczesne technologie informatyczne a zarządzanie płodnością krów 27

2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ 30

3. WYNIKI I DYSKUSJA 34

3.1. Zależności między wybranymi czynnikami a płodnością krów 34
3.2. Wpływ wybranych czynników na zależności między wydajnością dobową (lub poziomem mocznika, lub lks w mleku) a płodnością krów 48
3.3. Korelacje między wydajnością dobową, poziomem mocznika w mleku, lks i wskaźnikami płodności krów w obrebie klas wybranych czynników 55
3.4. Drzewa decyzyjne a prognozowanie płodności krów 61

4. WNIOSKI 68

5. PIŚMIENNICTWO 70

TABELE OD 2 DO 9 85

RYCINY OD 3 DO 7 95

STRESZCZENIE 101

1. WSTĘP I PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA

1.1. CHARAKTERYSTYKA PŁODNOŚCI KRÓW MLECZNYCH

Intensywna praca hodowlana prowadzona na świecie od lat 70-tych ubiegłego wieku oraz towarzysząca jej poprawa warunków środowiskowych, przyczyniły się w wielu krajach do podwojenia wydajności mlecznej krów [Sawa i Bogucki, 2009]. Strategia użytkowania i doskonalenia bydła holsztyńsko-fryzyjskiego skupiała się na uzyskaniu maksymalnej wydajności mleka. Niestety od ponad 20 lat nieodłącznie towarzyszy temu wiele zjawisk negatywnych, obejmujących pogorszenie się efektywności reprodukcji [Topolski i wsp., 2008. Sawa i Bogucki, 2009; Green i wsp., 2012; Pritchard i wsp., 2012; Grimard i wsp., 2013; Piccardi i wsp., 2013; Adamczyk i wsp., 2016b; Keskın i wsp., 2016], czy wzrost częstości występowania zaburzeń metabolicznych [Mordak, 2008]. Częstym skutkiem obserwowanych zmian było skrócenie okresu użytkowania zwierząt [Bogucki i wsp., 2007; Tekerli i Koçak, 2009], dotyczyło to szczególnie krów o wydajności przekraczającej 10 000 kg mleka w laktacji [Borkowska i wsp., 2012]. Niepłodność jest wskazywana obok *mastitis* jako jedna z najważniejszych przyczyn strat ekonomicznych [Morek-Kopeć i wsp., 2009; Januś i Borkowska, 201], wynikających między innymi z obniżenia wydajności życiowej, niedoboru jałówek niezbędnych do remontu stada czy ograniczenia możliwości selekcji genetycznej, a także jako najczęstsza przyczyna przedwczesnego brakowania [Mordak, 2008; Ahlman i wsp., 2011; Januś i Borkowska, 2012; Oler i wsp., 2012; Pokorska i wsp., 2012; Cardoso i wsp., 2013; Pryce i wsp., 2014; Rzewuska i Strabel, 2014; Adamczyk i wsp., 2016a]. Adamczyk i wsp., [2016a] podkreślają, że zwłaszcza w ostatnich latach widać wyraźny trend do wzrostu udziału krów wybrakownych z powodu zaburzeń w rozrodzie i *mastitis* (z 30% w latach 1997-2007 do 55,1% w roku 2012), przy jednoczesnym spadku eliminowania ze stad krów ze względu na wydajność mleczną. Jednostronna selekcja ukierunkowana na wysoką wydajność mleka jest przyczyną dłuższego przestoju poporodowego, czasu zwłoki, osłabienia zewnętrznych objawów rujowych (ciche ruje), zaburzeń owulacji, funkcji lutealnej jajników, pogorszenia zapładnialności, przedłużania cyklów rujowych, powiększenia rozmiarów macicy i szyjki macicznej, a także obniżenia jakości oocytów. Również w badaniach *in vitro* wykazano, że oocyty pochodzące od krów o wysokiej wartości genetycznej pod względem mleczności rozwijały się gorzej w porównaniu z pochodzącymi od krów o średnim potencjale genetycznym [Jaśkowski i wsp., 2006; Leroy i wsp., 2008; Remnant i wsp., 2015].

Utrzymywany na właściwym poziomie rozród wpływa na przebieg prac hodowlanych, wydajność krów i opłacalność produkcji mleka [Kowalski, 2010; Januś i Borkowska, 2013]. Uzyskanie dobrych wyników w rozrodzie nie należy do zadań łatwych i jest determinowane przez wiele czynników [Bogucki i wsp., 2007; Rizos i in., 2010; Stratman i wsp., 2016]. Cechy płodności charakteryzują

się niską odziedziczalnością [Banos i Coffey, 2010; Hossein-Zadeh i Ardalan, 2011; Strucken i wsp., 2012; Zink i wsp., 2012; Olechnowicz i Jaśkowski, 2013; Berry i wsp., 2014; Rzewuska i Strabel, 2014] stąd głównymi źródłami ich zmienności są czynniki środowiskowe [Strucken i in, 2012] (m.in. żywienie, jakość pomieszczeń inwentarskich i komfort przebywających w nich krów), czynniki fizjologiczne (np.: wiek w dniu pierwszego wycielenia, kolejne wycielenia, kondycja zwierząt [Morek-Kopeć i wsp., 2009; Bogucki i wsp., 2007; Thatcher i wsp., 2010; Smith i wsp., 2014]), sezon (pora roku) wycielenia [Ismael i wsp., 2016], a także inne, np.: problemy z detekcją rui [Keskın i wsp., 2016], właściwym sposobem unasieniania, przechowywaniem nasienia czy niewłaściwym środowiskiem panującym w drogach rodnych samic [Rizos i wsp., 2010; Green i wsp., 2012; Smith i wsp., 2014; Zebeli i wsp., 2015]. Przyczyny niepowodzeń w rozrodzie mogą być związane również ze strefą klimatyczną (regionem geograficznym) w jakiej utrzymywane są zwierzęta [Rizos i wsp., 2010, Ismael i wsp., 2016]. Rozważając przyczyny niskiej efektywności rozrodu należy pamiętać, że wpływ na nią mają różnego rodzaju choroby zakaźne, dystocja, stany zapalne macicy, ronienia, a nawet naturalne z punktu widzenia fizjologii krów zjawisko jaką jest ciąża bliźniacza [Mordak, 2008; Thatcher i in., 2010, Sawa i in. 2015]. Według Sawy i wsp. [2015] niepożądanym skutkiem ciąż mnogich było pogorszenie płodności, szczególnie wieloródek (np. OMW wydłużył się o 18 dni, OSR o 9 dni, OU o 10 dni, a indeks inseminacji wzrósł o 0,15).

Wyniki przedstawiane przez wielu autorów wskazują, że wiek krów (liczba wycieleń) może mieć znaczenie dla efektywności rozrodu, ze względu na obserwowane z wiekiem zmiany w funkcjonowaniu organizmu zwierząt np. metabolizmu, poziomu hormonów, częściej występującego *metritis*, torbieli jajników czy zatrzymania łożyska [Leroy i wsp., 2008; Rizos i wsp., 2010; Gherke i Zbylt, 2011; Muller i wsp, 2014; Stratman i wsp., 2016]. Wieloródki mają o 13% mniejsze szanse na zapłodnienie niż pierwiastki. Tłumaczone jest to częściowo przez częstsze występowanie zaburzeń okresu poporodowego, które mogą wpływać na efektywność rozrodu krów starszych. Innym wyjaśnieniem jest wyższa niż u pierwiastek produkcja mleka, co przekłada się na wyższe zapotrzebowanie energetyczne na produkcję mleka, a to z kolei wpływa na ogólny status energetyczny krowy [Chebel i wsp., 2004]. Miller i wsp. [2001] oraz Muller i wsp. [2014] wskazują również, że liczba wycieleń, zwłaszcza powyżej trzech istotnie wpływa na długość okresu spoczynku poporodowego oraz skuteczność zacieleń, m.in. w pierwszej inseminacji. Gehrke i Zbylut [2011] odnotowali tendencję do wzrostu odsetka zamierających zarodków w pierwszym trymestrze ciąży już od drugiej laktacji, co jak podkreślają pozostaje w zgodzie z doniesieniami innych autorów.

Temperatura komfortu termicznego dla bydła wynosi od -7 do 18°C, przy wilgotności względnej 60-80%, a dla krów w laktacji od 4 do 16° [Jaśkowski i wsp., 2005]. Krowy dobrze znoszą temperaturę nieprzekraczającą 22-26°C, choć wpływ na rzeczywistą jej wysokość ma wilgotność względna powietrza [Chebel

i wsp., 2004; Jaśkowski i wsp., 2005; Sönmez i wsp., 2005]. Przekroczenie progu tolerancji objawia się m.in. przyspieszonym oddechem i wzrostem temperatury rektalnej, a te mogą skutkować zaburzeniami metabolizmu oraz rozrodu. Ogólnie tolerancja krów na wysokie temperatury w trakcie laktacji ulega zmniejszeniu. Wynika to z faktu zwiększonej wewnętrznej produkcji ciepła na skutek przemian metabolicznych związanych ze zwiększonym pobraniem paszy oraz produkcją mleka. Wysokie temperatury otoczenia (stres cieplny) mogą negatywnie wpływać na efektywność procesu zapłodnienia oraz zdolność embrionów do przetrwania, co zostało stwierdzone przez Chebela i wsp. [2004], Rahmana i wsp. [2012], Keskına i wsp. [2016], El-Tarabany'ego i El-Tarabany'ego [2015]. Na skutek działania wysokich temperatur dochodzi do degeneracji komórek osłonki i warstwy ziarnistej jajnika, obniżenia steroidogenezy, może dochodzić również do upośledzenia produkcji progesteronu przez jajniki [Chebel i wsp., 2004]. Wysokie temperatury otoczenia przyczyniają się do obniżenia pobrania paszy [Atzori i Cannas, 2011; Rzewuska i Strabel, 2015], w wyniku czego dochodzi do wystąpienia ujemnego bilansu energetycznego oraz istotnych zmian hormonalnych z nim związanych. Stres cieplny wpływa również bezpośrednio na koncentrację w krwioobiegu FSH (wzrost) oraz estradiolu (spadek) czy androstendionu (spadek) [Leroy i wsp., 2008; Friedman i wsp., 2011; Gunay i Gunay, 2008]. Wyniki badań wskazują, iż komórki jajowe i embriony we wczesnych fazach rozwojowych są ekstremalnie wrażliwe na stres cieplny, przy czym uważa się, że już 3 dniowe i starsze mogą być wyraźnie bardziej odporne na działanie tego czynnika [Chebel i wsp., 2004, Jaśkowski i wsp., 2005; El-Tarabany i El-Tarabany, 2015]. Również towarzyszące wysokim temperaturom obniżenie cyrkulacji krwi w obrębie macicy może, poprzez podniesienie jej wewnętrznej temperatury, ujemnie wpływać na efektywność rozrodu [Leroy i wsp., 2008, Jaśkowski i wsp., 2005; El-Tarabany i El-Tarabany, 2015]. Należy pamiętać, że stres cieplny może wywierać wpływ długoterminowy. Ze względu na 3-4 miesięczny cykl wzrostu pęcherzyków jajnikowych [Dobson i wsp., 2007; Crowe i wsp., 2014] zaburzenia, mające miejsce w początkowych jego fazach, mogą ujawniać się znacznie później. Morton i wsp. [2007] wskazują, że stres cieplny występujący już na 35 dni przed inseminacją przyczynia się do obniżenia jej skuteczności o około 30%. Opinię tą podzielają Schüller i wsp., [2014], którzy najwyższy (19%) spadek wskaźnika zacieleń stwierdzili u krów doświadczających stresu cieplnego (THI $\geq$73) między 21 a 1 dniem przed inseminacją. Ponadto podkreślić należy, iż negatywny wpływ wysokich temperatur dotyczy również jałówek. W przypadku jałówek doświadczających stresu cieplnego w okresie od początku rui do unasieniania, stwierdzono zwiększoną liczbę embrionów z zaburzeniami rozwoju, w porównaniu z rówieśnicami utrzymywanym w warunkach komfortu termicznego [El-Tarabany i El-Tarabany, 2015].

Czynnikiem różnicującym płodność krów może być wielkość stada. Według Leroya i wsp. [2008], Jago i Berry'ego [2011] oraz Mullera i wsp. [2014] rosnąca liczba krów w stadzie wiąże się ze wzrostem wymagań dotyczących sposobów

zarządzania stadem, zmianami infrastruktury gospodarstw, wzrostem wymagań dotyczących zasobów ludzkich oraz ograniczaniem czasu pracy w przeliczeniu na zwierzę, co może przyczyniać się do pogorszenia efektywności rozrodu. Niepłodności w stadzie sprzyjają również takie czynniki jak szeroko rozumiana higiena obory, niekontrolowany zakup zwierząt, brak właściwej organizacji rozpoznawania rui i terminu inseminacji, nieleczenie lub opóźnianie leczenia przypadków chorobowych, a także niski poziom kompetencji i/lub zaangażowania w pracę osób obsługujących zwierzęta [Mordak, 2008; LeBlanc, 2013].

Wskaźniki rozrodu, obok wskaźników użytkowości mlecznej, są bardzo ważnymi z punktu widzenia zarządzania i opłacalności produkcji [Topolski i wsp., 2008; Bogucki i wsp., 2007; Piccardi iwsp., 2013]. Borkowska i wsp. [2012], Piccardi i wsp. [2013], Berry i wsp., [2014] jako najczęściej stosowane wskaźniki rozrodu wymieniają: wiek przy pierwszym wycieleniu, okres międzyciążowy (OMC) oraz okres międzywycieleniowy (OMW). OMC powinien trwać około 90 dni, co ze względu na spotykane w praktyce problemy organizacyjne i zdrowotne jest trudne do uzyskania [Mordak, 2008]. Dla OMW jako wartość optymalna wskazywane jest 340-400 dni [Neja i wsp., 2013; Borkowska i wsp., 2012]. Według Sawy i wsp. [2007] problem wydłużania pierwszego OMW jest dyskusyjny: wpływa korzystnie na wydajność pierwiastek (r = 0,60**), nie różnicuje jednak wydajności życiowej mleka (r = 0,01) czy długości użytkowania (r = 0,01), ponadto powoduje zmniejszenie liczby żywo urodzonych cieląt (r= -0,176**). Również Borkowska i wsp. [2012] stwierdziły, że wydłużanie OMW prowadzi do obniżenia wydajności życiowej oraz zmniejszenia liczby uzyskiwanych od krowy cieląt, a także, że w wyniku skracania OMW następował spadek wydajności mlecznej w aktualnej i następnej laktacji oraz prawdopodobieństwo skutecznej inseminacji [Borkowska i wsp., 2012]. Z kolei Neja i wsp, [2013] informują o korzystnym wpływie przedłużania OMW na dobrostan krów, pełniejsze wykorzystanie ich potencjału produkcyjnego i reprodukcyjnego oraz długowieczność. Doniesienia te znajdują potwierdzenie w wynikach przedstawionych przez Makulską i wsp. [2011] wskazujących, że wydłużenie OMC, a tym samym OMW korzystnie wpływa na użytkowość mleczną w przypadku wysokowydajnych krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej. Tendencja do wydłużania OMW obserwowana była nie tylko w przypadku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, najpopularniejszej w Polsce (około 91% pogłowia), ale dotyczyła również odmiany czerwono-białej [Neja i wsp., 2013]. Niewątpliwą zaletą wskaźnika OMW jest powszechne zastosowanie w różnorodnych systemach oceniających użytkowość rozpłodową, poza tym reprezentuje on sumę wszystkich okresów prowadzących do ostatecznego sukcesu jakim jest poród [Albarráran-Portillo i Pollott, 2013].

Wśród wskaźników płodności Berry i wsp. [2010], LeBlanc [2013] oraz Morek-Kopeć i wsp. [2009] wymieniają m.in.: wskaźnik niepowtarzalności rui (odsetek krów nie wykazujących objawów rujowych w określonym, najczęściej

56-dniowym okresie następującym po pierwszym unasienianiu) oraz okres spoczynku rozrodczego (OSR) (okres do wycielenia do pierwszej inseminacji). W dobrze zarządzanych oborach 95% krów w stadzie cechuje się OSR nie dłuższym niż 70 dni [Yusuf i wsp., 2011]. Według szacunków każdy dzień niepotrzebnego opóźnienia inseminacji powoduje stratę finansową sięgającą od 2 do 4 euro [Piccardi i wsp., 2013; Żukowski, 2013; Berry i wsp., 2014].

Wskaźnikiem bezpośrednio związanym z wymienionymi w poprzednim akapicie jest analizowana w literaturze [Mordak, 2008; Yusuf i wsp., 2011; Ferguson i Skidmore, 2013; Hagiya i wsp., 2013; Ghiasi i wsp., 2015] skuteczność pierwszej inseminacji (odsetek krów zacielonych po pierwszym zabiegu), nazywana też wskaźnikiem zapładnialności. W stadach wysokoprodukcyjnych powinien wynosić on około 50-60% [Mordak, 2008]. Jako zalety tego indykatora wymienia się jego binarny charakter w prosty sposób przekazujący informację o powodzeniu lub niepowodzeniu podjętych działań oraz możliwość wykorzystania go zarówno w odniesieniu do jałówek, jak i krów [Hagiya i wsp., 2013; Berry i wsp., 2014]. Jednocześnie wskazuje się na obserwowane w ostatnich latach obniżanie się wartości tego wskaźnika do poziomu oscylującego w granicach czterdziestu kilku procent [Bogucki i wsp., 2007; Ferguson i Skidmore, 2013; Hagiya i wsp., 2013; Ghiasi i wsp., 2015].

Innym, równie ważnym wskaźnikiem efektywności rozrodu jest okres usługi (OU), określany w literaturze jako czas zwłoki, czyli liczony w dniach okres pomiędzy pierwszą po ocieleniu a skuteczna inseminacją. Często stosowanym wskaźnikiem płodności jest indeks inseminacji (II), czyli liczba zabiegów inseminacji przypadająca na jedno zapłodnienie, uznając wartość 1,6-1,8 za optymalną [Januś i Borkowska, 2006; Borkowska i wsp., 2012]. Obecnie, w efekcie skuteczności pierwszej inseminacji wynoszącej 40 – 44% [Dewey i wsp., 2010; Ferguson i Skidmore, 2013; Ghiasi i wsp., 2015], obserwuje się wartości II wyższe od optymalnych. Ponadto odsetek krów, które są ponownie inseminowane przed postawieniem diagnozy o obecności lub braku ciąży nie przekracza 60%, a to z kolei wpływa na wydłużanie przerwy między kolejnymi zabiegami, nawet o długość dwóch cykli płciowych [Dewey i wsp., 2010]. Według Mordaka [2008] indeks insemincji oscylujący w granicach 2 jest jeszcze do przyjęcia, natomiast jego wzrost do 3 i więcej świadczy o dużych problemach organizacyjnych i/lub zdrowotnych dotyczących rozrodu. Z indeksem inseminacji związany jest wskaźnik zapładnialności, wskazujący odsetek krów zachodzący w ciążę po pierwszym zabiegu unasienia. W prawidłowo prowadzonych stadach powinien wynosić on 50-60% [Mordak, 2008]. Faktem jest natomiast, iż niska skuteczność inseminacji oraz słabo wyrażane, tzw. ciche ruje przyczyniają się obecnie do dramatycznego obniżenia efektywności rozrodu w stadach krów mlecznych [Dewey i in., 2010].

Kolejnymi ważnymi wskaźnikami efektywności rozrodu są skuteczność wykrywania rui, która powinna wynosić minimum 55% oraz wskaźnik cielności, dla którego dolna granica wynosi 50% [Yusuf i wsp., 2011; Stratman i wsp., 2016]. Natomiast dane Raleigh Dairy Records Management System wskazują, że

rzeczywista efektywność wykrywania rui wynosi 43,4% (±16,8%) co oznacza, że ponad połowa z nich może być niezauważana [Ferguson i Skidmore, 2013].

Wartości wymienionych wskaźników zależą od wielu czynników na poziomie stada, jak i pojedynczych zwierząt, niektóre z nich w prosty sposób zależą od decyzji zarządcy stada [Caraviello i wsp., 2006; LeBlanc, 2013]. Jednakże mając na uwadze złożoność problemu oraz to, że tendencja do pogorszania się efektywności rozrodu trwa już od dłuższego czasu pomimo wprowadzenia na szeroka skalę różnych działań (np. sterowanie cyklem rujowym, indukcję owulacji, ustalonego w czasie unasieniania czy doskonalenie wielu środków terapeutycznych [Jaśkowski i in., 2006]) aktualizowanie posiadanej wiedzy oraz poszukiwanie nowych rozwiązań umożliwiających dokładniejsze poznanie mechanizmów, mających wpływ na płodność krów mlecznych, wymuszają dalsze pochylanie się nad zagadnieniami. W związku z tym kolejne analizy są uzasadnione. Należy przy tym pamiętać, że uwarunkowania wymagane do prawidłowego zarządzania stadem są specyficzne dla danej populacji i czasu, dlatego powinny być szacowane okresowo [Vacek i wsp., 2007].

1.2. POPORODOWE FUNKCJONOWANIE UKŁADU HORMONALNEGO I JAJNIKÓW KRÓW O WYSOKIEJ WYDAJNOŚCI MLEKA A ICH PŁODNOŚĆ

Powodów pogorszenia płodności współczesnych krów mlecznych upatruje się często w błędach żywieniowych, popełnianych głównie w okresie przejściowym, a także w wysokiej wydajność wymuszanej ukierunkowaną, często jednostronną selekcją [Olechnowicz i Jaśkowski 2005]. Z drugiej jednak strony wydaje się, że priorytyzacja produkcji mleka w celu wykarmienia nowonarodzonego potomstwa, ponad wznowienie funkcji rozrodczych organizmu, jest również uzasadniona z biologicznego punktu widzenia [Leroy i wsp., 2008; Friggens i wsp., 2010]. Cechą charakteryzującą wysokowydajne krówy jest podwyższona zdolność korzystania z własnych rezerw energetycznych, co niekorzystnie wpływa na ich zdrowie i płodność (Olechnowicz i Jaśkowski 2005; Friggens i wsp., 2010). Okres trzech tygodni przed i trzech tygodni po wycieleniu uznawany jest za krytyczny w życiu krów. Na dwa tygodnie przed porodem dochodzi do zmniejszenia ilości pobieranej paszy [Thatcher i wsp., 2010; Bisinotto i wsp., 2012], czemu towarzyszy istotny spadek koncentracji progesteronu i wzrost zawartości estradiolu [Thatcher i wsp., 2010]. Po wycieleniu wraz ze wzrostem pobrania suchej masy [Bisinotto i wsp., 2012] oraz wzrostem wydajności mleka, zwiększa się intensywność przemiany materii oraz przepływu krwi przez wątrobę, w której dochodzi do rozpadu tych hormonów [Żukowski, 2013; Max, 2011; Green i wsp., 2012; Piccardi i wsp., 2013; Ferrareto i wsp., 2014]. Zwiększony rozpad hormonów steroidowych może istotnie wpływać na rozwój oocytów oraz embrionów, a także przebieg i nasilenie objawów rujowych i tym samym na efektywność reprodukcji krów [Bisinotto i

wsp., 2012; Ferrareto i wsp., 2014]. Obserwowane zmiany hormonalne w połączeniu ze stresem okołoporodowym, czynnikami środowiskowymi, zarządzaniem stadem oraz znacznych rozmiarów płodem mogą prowadzić do ujemnego bilansu energetycznego, którego szczyt przypada na 2-3 tydzień po wycieleniu i ulega zmniejszaniu wraz z zaawansowaniem laktacji. Zwykle powrót do neutralnego poziomu bilansu energetycznego przypada na 8-10 tydzień laktacji [Thatcher i wsp., 2010]. Ujemny bilans energii wskazywany jest jako jeden z czynników modulujących funkcjonowanie osi przysadka – podwzgórze – jajnik [Bisinotto i wsp., 2012] oraz osi somatotropowej (GH – GHR – IGF-1) w wątrobie [Thatcher i wsp., 2010], których prawidłowe działanie potrzebne jest do utrzymania właściwego funkcjonowania układu rozrodczego [Bisinotto i wsp., 2012, Thatcher i wsp., 2010]. Znaczne niedobry energetyczne mogą negatywnie wpływać na sekrecję GnRH w przysadce mózgowej, która w przypadku ssaków ma nadrzędne znaczenie dla funkcjonowania układu rozrodczego [Żukowski, 2013; Lucy i wsp., 2014], sekrecję hormonu wzrostu (GH), wpływającego na metabolizm tłuszczów i węglowodanów w początkowym okresie laktacji [Thatcher i wsp., 2010]. Efektem tego są zmiany stężeń istotnych z punktu widzenia rozrodu metabolitów takich jak glukoza i niezestryfikowane kwasy tłuszczowe (NEFA) oraz hormonów takich jak insulina czy IGF-1 [Leroy i wsp., 2008; Thatcher i wsp., 2010, Brown i wsp., 2012; Bisinotto i wsp., 2012, Dova i wsp., 2013; Drackley i Cardoso, 2014]. Obniżona koncentracja glukozy w krwioobiegu odbija się na funkcjonowaniu układu rozrodczego. Pełni ona krytyczną rolę w procesie dojrzewania oocytu, rozwoju blastocyst, a następnie płodu, jest istotna również dla samego momentu uwalnia komórki jajowej z dojrzałego pęcherzyka [Bisinotto i wsp., 2012; Lucy i wsp., 2014; Stratman i wsp., 2016]. Zmiany w koncentracji insuliny w okresie powycieleniowym wpływają na przebieg rozwoju pęcherzyków jajnikowych, gdyż IGF-1 oraz insulina odziaływujące bezpośrednio na jajniki są czynnikami zwiększającymi ich wrażliwość m.in. na działanie LH i FSH [Leroy i wsp., 2008; Thatcher i wsp., 2010; Bisinotto i wsp., 2012; Dova i wsp., 2013; Crowe i wsp., 2014; Ferrareto i wsp., 2014]. Innym istotnym dla rozrodu krów hormonem jest progesteron, niezbędny do uzyskania ciąży, owulacji zdrowych komórek jajowych, utrzymania prawidłowego funkcjonowania macicy, wyżywienia i przetrwania embrionu a następnie płodu oraz normalnego porodu. Odgrywa też istotną rolę w regulacji regresji ciałka żółtego u niecięźarnych krów, przygotowuje macicę do rozpoznania ciąży, a także wpływa na rozwój oocytów. Zbyt niska koncentracja progesteronu prowadzi do wzrostu zawartości innych hormonów, mogących powodować śmierć zarodkową. Wpływ na jego zawartość mogą mieć m.in. pobranie paszy, wydajność mleczna czy inne, jak podanie z zewnątrz różnego rodzaju substancji, warunkujące metabolizm oraz wydalanie z organizmu [Brown i wsp., 2012; Inskeep, 2014; Monteiro i wsp., 2014; Wiltbank i wsp., 2014; Zwyrzkowska i Kupczyński, 2014; Stratman i wsp., 2016].

Pierwsza fala wzrostu pęcherzyków jajnikowych u krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, w zależności od bilansu energetycznego zwierząt, ma miejsce już w

5-7 dniu po wycieleniu i jest wynikiem podwyższonej koncentracji FSH w krwioobiegu [Thatcher i wsp., 2010]. Jednakże ze względu na znaczną ilość progesteronu produkowanego w tym czasie w związku z dominująca fazą ciałka żółtego, prowadzącą do ograniczenia sekrecji hormonu lutenizującego dominujący pęcherzyk jajnikowy nie może owulować. W wyniku tego obserwuje się od dwóch do czterech fal wzrostu pęcherzykowego w trakcie cyklu rujowego (zazwyczaj trzy). Liczba fal w pewnym stopniu uzależniona jest od sposobu żywienia zwierząt i jest powtarzalna w przypadku danej krowy, choć może różnić się u osobników w stadzie [Crowe i wsp., 2014; Inskeep, 2014]. Badania wskazują również, że korzystniejszych wyników rozrodu spodziewać można się w przypadku cykli obejmujących raczej dwie niż trzy fale wzrostu pęcherzyków [Remnant i wsp. 2015]. U około 40-50% krów do owulacji dochodzi już w pierwszym cyklu po porodzie. W przypadku 30-40% zwierząt pierwszy cykl płciowy nie kończy się owulacją, ma ona miejsce w kolejnym cyklu. U pozostałych 10-30% krów do owulacji dochodzi dopiero po upływie 50 dni [Galvão i wsp., 2010; Thatcher i wsp., 2010]. Średnio pierwszą poporodową owulację obserwuje się między 27 a 30 dniem laktacji [Galvão i wsp., 2010; Brown i wsp., 2012]. Różnice te wynikają z obserwowanych zmian metabolicznych i hormonalnych. W związku z tym, w przypadku krów, u których wznowienie funkcji układu rozrodczego po porodzie następuje szybciej, spodziewać się można lepszych efektów rozrodu [Galvão i wsp., 2010; Thatcher i wsp., 2010]. Zrozumienie działania tych mechanizmów oraz zależności między nimi a czynnikami takimi jak żywienie czy wydajność mleczna, oraz wpływu czynników środowiskowych oddziaływujących na funkcjonowanie układu hormonalnego wydaje się być kluczowe dla poprawy płodności krów mlecznych.

1.3. WYKORZYSTANIE WSKAŹNIKÓW Z OCENY UŻYTKOWOŚCI W ZARZĄDZANIU PŁODNOŚCIĄ KRÓW MLECZNYCH

1.3.1. Wydajność mleka a płodność krów

Wzrost wydajności mlecznej był jednym z głównych celów pracy hodowlanej, dlatego jedną z pierwszych cech uwzględnianych w ocenie wartości użytkowej bydła mlecznego była wydajność dobowa krów.

Użytkowość mleczna krów w powiązaniu z płodnością była i jest przedmiotem wielu analiz prowadzonych w kraju i za granicą, bowiem utrzymywany na właściwym poziomie rozród wpływa na przebieg prac hodowlanych i selekcyjnych oraz decyduje o efektywności użytkowania krów. Mimo, że w ostatnich kilkudziesięciu latach opublikowano dziesiątki prac dotyczących analizy uwarunkowań dobrej mleczności i płodności a także oszacowań zależności między użytkowością mleczną a rozpłodową nie wyczerpano tego zagadnienia. Wyniki oceny wartości użytkowej krów [PFHBiPM, 2015] oraz rezultaty badań [Borkowska i wsp., 2012; Pritchard i

wsp., 2012; Januś i Borkowska, 2013, Neja i wsp., 2013; Piccardi i wsp., 2013; Żukowski, 2013; Bastin i wsp., 2014; Smith i wsp., 2014] wskazują, że płodność krów, zwłaszcza wysokowydajnych ulega pogorszeniu. Negatywny wpływ wzrastającej wydajności mlecznej obserwowany również w polskich stadach, coraz częściej jest wskazywany jako główna przyczyna brakowania krów ze stad w wyniku jałowości lub zaburzeń w czynnościach układu rozrodczego [Bogucki i wsp., 2007; Toghiani, 2012; Hagiya i wsp., 2013; Cardoso i wsp., 2013; Czerniawska-Piątkowska i Gajdka, 2014; Brzozowski i wsp., 2016]. Czynnikiem predysponującym wysokowydajne krowy do obniżenia płodności jest ich podwyższona zdolność do korzystania z własnych rezerw energetycznych, głównie tkanki tłuszczowej [Leroy i wsp., 2008; Banos i Coffey, 2010; Roy i wsp., 2011; Strucken i wsp., 2012; Bisinotto i wsp., 2012], ale w niektórych przypadkach również tkanki mięśniowej [Strucken i wsp., 2012; von Leesen i wsp., 2014] oraz zwiększonego wykorzystania aminokwasów, minerałów i witamin [Bisinotto i wsp., 2012] w krytycznym, początkowym okresie laktacji. Wynikiem nadmiernego chudnięcia krów mogą być zmiany metaboliczne prowadzące do zmian funkcjonalnych układu rozrodczego i pogorszenia płodności [Jaśkowski i wsp., 2006; Green i wsp., 2012], np. mniejszej skuteczności zacieleń czy większego prawdopodobieństwa utraty ciąży [Herlihy i wsp., 2013; Strotman i wsp., 2016]. Szacuje się, że problemy chorób metabolicznych i zakaźnych w pierwszych miesiącach laktacji dotyczą, pomimo starań ze strony hodowców, 45% - 60% krów, niezależnie od poziomu wydajności, rasy i systemu zarządzania stadem [Bisinotto i wsp., 2012]. Inną przyczyną niepowodzeń w rozrodzie krów mlecznych może być słabo wyrażana ruja. Stwierdzono, że wzrostowi wydajności towarzyszy zwiększenie liczby tzw. cichych rui. Tłumaczone jest to naturalną reakcją organizmu, mającą na celu uniknięcie ciąży w warunkach stresu wywołanego np. niedożywieniem w początkowym okresie laktacji [Dobson i wsp., 2007].

Ujemny wpływ wysokiej wydajności na wskaźniki rozrodu tłumaczony jest tym, że okres unasieniania krów po porodzie przypada na czas szczytowej produkcji mleka. Występujący w tym okresie ujemny bilans energetyczny może blokować sekrecję LH, w wyniku czego hamowany jest wzrost pęcherzyków jajnikowych i dochodzi do opóźnienia owulacji. Pośrednim efektem jest również wpływ na sekrecję progesteronu, odpowiedzialnego za pojawienie się objawów rujowych i implantację zarodków [Bogucki i wsp., 2007; Leroy i wsp., 2008; Friggens i wsp., 2010; Cardoso i wsp., 2013; Zwyrzkowska i Kupczyński, 2014]. Zbyt niska koncentracja progesteronu w trakcie rozwoju pęcherzyków jajnikowych prowadzi do zmian w przebiegu procesów związanych z zapoczątkowaniem i utrzymaniem ciąży. Uważa się, że suboptymalna koncentracja tego hormonu w krwioobiegu wpływa na morfologię endometrium macicy, prowadząc do zmian w funkcji wydzielniczej tego narządu w okresie wczesnej ciąży oraz wzrostu syntezy $PGF2_{\alpha}$ w odpowiedzi na oksytocynę. Ponadto wskazuje się, że obniżonej koncentracji progesteronu towarzyszy wyższa koncentracja LH, szybsze dojrzewanie pęcherzyków jajnikowych, niższa

ilość wewnątrzpęcherzykowego IGF-1 oraz pogorszenie jakości zarodków. Dowodem istotnego wpływu koncentracji progesteronu na efektywność rozrodu mogą być wyniki badań dowodzące pozytywnych związków między jego zawartością w surowicy krwi a skutecznością pierwszej inseminacji [Bisinotto i wsp., 2013]. Jako jedna z przyczyn obniżonej koncentracji progesteronu u wysokowydajnych krów w porównaniu z krowami o niższej wydajności lub nie będących w laktacji wskazywany jest zwiększony przepływ krwi i katabolizm związków steroidowych w wątrobie [Friggens i wsp., 2010; Yusuf i wsp. 2011; Bisinotto i wsp., 2013, Wiltbank i wsp., 2014]. Inni autorzy jako przyczynę niepowodzeń wskazują niski poziom glukozy we krwi, któremu towarzyszy wysoki poziom wolnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, które w wyniku szeregu przemian biochemicznych przekształcane są w związki ketonowe (kwas β-hydroksymasłowy, octan, aceton) [Lucy i wsp., 2014]. Wysoka zawartość związków ketonowych może skutkować kwasicą metaboliczną, co z kolei nie pozostaje bez wpływu na jakość oocytów [Jaśkowski i wsp., 2006; Drackley i Cardoso, 2014]. Wysoka zawartość niezestryfikowanych kwasów tłuszczowych oraz kwasu β-hydroksymasłowego jest silnie związana z ryzykiem wystąpienia takich zaburzeń jak schorzenia macicy (kliniczne *metritis* i subkliniczne *endometritis*) [Galvão i wsp., 2010], przemieszczenie trawieńca, zatrzymanie łożyska, ketoza, choroby wątroby, jest również wymieniana jako przyczyna obniżonej wydajności mlecznej oraz obniżonej skuteczności pierwszej inseminacji, a w konsekwencji brakowania krów ze stada [Chamberlin i wsp., 2013; Drackley i Cardoso, 2014]. Na efektywność rozrodu krów mlecznych wpływają też cholesterol (jego zawartość jest dodatnio skorelowana z ekspresją zewnętrznych objawów rui), hormony tarczycy (ich podwyższony poziom pozytywnie wpływa na termin pierwszej poporodowej rui, długość OMW i wysoki współczynnik zapładnialości) oraz insulina i hormon wzrostu (wpływając na poziom IGF-1 (insulinopodobny czynnik wzrostu pierwszy) regulują m.in. syntezę białek i mają wpływ na proliferację komórek ziarnistych pęcherzyków jajnikowych, mają istotny wpływ na efektywność rozrodu krów mlecznych). Poziom IGF-1 wskazywany jest jako czynnik regulujący wpływ LH i FSH na steroidogenezę, modulujący funkcjonowanie osi podwzgórze-przysadka, a także decydujący o wzroście i dojrzewaniu oocytów oraz tworzeniu zarodków [Leroy i wsp., 2008; Grimard i wsp., 2013, Drackley i Cardoso, 2014]. Wskazywany jest również jego wpływ na środowisko jajowodów oraz macicy [Grimard i wsp., 2013]. Niestety w przypadku krów wysokowydajnych obserwuje się obniżoną koncentrację wymienionych substancji w krwioobiegu, zwłaszcza w 1-2 tygodniu po ocieleniu [Jaśkowski i wsp., 2006; Grimard i wsp., 2013]. Innym efektem niedostatecznego pokrycia zapotrzebowania energetycznego krów są zmiany prowadzące do upośledzenia sytemu odpornościowego [Thatcher i wsp., 2010; Mordak, 2009; Bisinotto i wsp., 2012]. Wykazano bowiem, że zmniejszone pobranie suchej masy oraz towarzyszące temu ujemny bilans energetyczny i podwyższona koncentracja ciał ketonowych usposabiają krowy do częstszego występowania zaburzeń układu rozrodczego (*metritis*, *endometritis*) i obniżenia

efektywności rozrodu [Thatcher i wsp., 2010; Cardoso i wsp., 2013]. Efektem tych zaburzeń mogą być z kolei zaburzenia cyklu jajnikowego, powstawanie torbieli czy przedłużanie fazy lutealnej [Mordak, 2009], a także wydłużonego powracania macicy do równowagi poporodowej, któremu towarzyszą choroby tego narządu [Bisinotto i wsp., 2012]. Niedożywianie, mające miejsce w okresie okołoporodwym, skutkuje również niedoborami witamin (zwłaszcza istotnych antyoksydantów jak β-karoten, witamina A (retinol), witamina E (α-tokferol) [Bisinotto i wsp., 2012] oraz makro- i mikroelementów (hipokalcemia, hipofosfatemia, hipomagnezemia), które nie są obojętne dla zdrowia i rozrodu krów [Leroy i wsp., 2008; Mordak, 2009]. Według doniesień Chamberleina i wsp. [2013], Bisinotto i wsp. [2012], Darckleya i Cardoso [2014] hipokalcemia w okresie okołoporodowym może dotykać nawet 40-50% krów prowadząc do chorób takich jak *mastitis*, *metritis*, zatrzymanie łożyska czy przemieszczenie trawieńca, które negatywnie wpływają na efektywność rozrodu. Chebel i wsp. [2004] wskazują, że u krów, które doświadczyły gorączki mlecznej prawdopodobieństwo zapłodnienia spadło 2,25 krotnie, w porównaniu ze zwierzętami, których problem ten nie dotyczył. Dlatego podkreśla się znaczenie odpowiedniej jakości pasz, zwłaszcza w okresie przed i po ocieleniu, która przy właściwym uzupełnieniu o składniki probiotyczne i prebiotyczne, może pozytywnie wpływać na funkcjonowanie układu immunologicznego, w efekcie czego spodziewać można się poprawy wyników rozrodu [Mordak, 2009, Żukowski, 2013; Bisinotto i wsp., 2012].

Na zależności między wydajnością krów a płodnością wskazują prace wielu autorów. Strucken i wsp. [2012] wykazali szereg istotnych ujemnych korelacji między 305-dniową oraz 60-dniową wydajnością i wskaźnikami takimi jak OMC (odpowiednio -0,36 i -0,33), OSR (-0,33 oraz -0,32), czy wskaźnik niepowtarzania rui do 56 dnia po inseminacji i OU zarówno dla jałówek (niepowtarzanie rui -0,04 i -0,08; OU -0,09 i -0,11 dla wydajności 60- i 305-dniowej) oraz krów (niepowtarzanie rui -0,06 i -0,07; OU -0,24 i -0,27 dla wydajności 60- i 305-dniowej). Także korelacje między wydajnościami a ogólnym indeksem płodności (sumującym wszystkie analizowane w tej pracy cechy) były ujemne (-0,24 i -0,26 dla wydajności 60- i 305-dniowej, $P<0,0001$). Zbliżone do uzyskanych przez wspomnianych autorów wartości współczynników korelacji między 305-dniową wydajnością a długością OMC ($r= 0,355$), OMW ($r= 0,593$) oraz długością okresu spoczynku rozrodczego ($r= 0,022$) otrzymał Toghiani [2012]. Również wyniki uzyskane przez Pritchard i wsp. [2012] pozostają w ogólnej zgodzie z innymi doniesieniami choć autorzy wskazują na pewne różnice między wartościami wskaźników korelacji, uzyskanymi dla ogółu badanej populacji (1-3 laktacji) i dla pierwiastek. W przypadku badanej populacji współczynniki korelacji między 305-dniową wydajnością krów a OMW, OSR, II (wszystkie przy $P<0,05$) i niepowtarzania rui ($P>0,05$) wynosiły kolejno 0,48, 0,49, 0,33 oraz -0,16, natomiast w przypadku pierwiastek przyjmowały wartości 0,49, 0,39, 0,44 i -0,28. Również Zink i wsp. [2012] uzyskali, niekorzystne z punktu widzenia hodowców dodatnie wartości

współczynników korelacji między wydajnością laktacyjną pierwiastek a wskaźnikami płodności takimi jak: OSR (r= 0,30), OMC (r= 0,39) i OU (r= 0,26). Z kolei LeBlanc [2013] wskazuje na ogólny trend świadczący o niekorzystnych korelacjach, o umiarkowanej sile (0,2-0,6) między wydajnością krów a ich płodnością i stosunkowo niską (<5%) w porównaniu z cechami produkcyjnymi odziedziczalność cech płodności. Generalnie wskazania te pozostają w zgodzie z ustaleniami dotyczącymi genetycznej współzależności cech produkcyjnych i reprodukcyjnych krów, oszacowanych przez Kadarmideena i wsp. [2000], Kadarmideena [2004], Boguckiego i wsp. [2007], Königa i wsp. [2008], Tiezzi i wsp. [2011], Zavadilovą i Zinka [2013], Berry'ego i wsp. [2014]. Albarráran-Portillo i Pollott [2013] wskazują ponadto, że siła współzależności między wydajnością krów a długością OMW jest niższa (r= 0,38) w przypadku krów wycielonych dwukrotnie w porównaniu ze starszymi (r= 0,58). Ponadto Hagiya i wsp. [2013] wskazują na ujemne korelacje między wydajnością dobową krów w pierwszej (r= -0,200 do -0,250) i drugiej laktacji (r= -0,129 do 0,231) a skutecznością pierwszego unasieniania. Wszystkie te wyniki wskazują na niekorzystne związki między wydajnością krów a zdolnością do wydawania na świat potomstwa, szczególnie w świetle badań wykazujących umiarkowane do silnych korelacji między cechami płodności w pierwszej i drugiej laktacji [Zavadilová i Zink, 2013]. W związku z tym dalsze doskonalenie krów w kierunku uzyskiwania jak najwyższych wydajności skutkować będzie dalszym ograniczaniem efektywności rozrodu w stadach krów mlecznych.

1.3.2. Poziom mocznika w mleku a płodność krów

Z zootechnicznego i ekonomicznego punktu widzenia rejestracja zawartości mocznika i pozostałych głównych składników np. białka czy tłuszczu w mleku z próbnych udojów jest szybką, tanią, wygodną i nieinwazyjną, a przede wszystkim użyteczną metodą dającą hodowcy informację o efektywności wykorzystania białka w paszy i jest podstawą do np. poprawnego bilansowania dawek żywieniowych [Řehák D. i wsp., 2009, Nourozi i wsp., 2010; Rzewuska i Strabel, 2013a; Bastin i wsp., 2014; Czajkowska i wsp., 2015]. Mocznik jest metabolitem, którego głównym źródłem w organizmie krów jest wątroba. Powstaje on na drodze konwersji amoniaku produkowanego przez organizmy żwacza podczas rozkładu białka pochodzącego z paszy [Hossein-Zadeh i Ardalan, 2011; Czajkowska i wsp., 2015; Satoła i Ptak, 2016]. Drugim ważnym źródłem mocznika jest rozkład białka zapasowego [Skrzypek i wsp. 2005, Roy i wsp., 2011; Henao-Velásquez i wsp., 2014]. W ograniczonej ilości powstaje on w wyniku katabolicznych przemian argininy zachodzących w wymieniu. Poprzez krew transportowany jest do nerek, natomiast jego część wprost z krwiobiegu, na zasadzie dyfuzji trafia również do mleka [Mucha i Strandberg, 2011]. W mleku mocznik stanowi 2,5-3,0% azotu ogólnego [Skrzypek i wsp. 2005; Sawa i wsp., 2010; Roy i wsp., 2011; Sawa i wsp., 2011] oraz około 50% azotu niebiałkowego [Skrzypek i wsp. 2005]. Jego koncentracja w mleku jest silnie skorelowana z

ilością mocznika znajdującego się w osoczu krwi (0,88-0,98) [Guliński i wsp., 2008; Řehák D. i wsp., 2009; Hossein-Zadeh i Ardalan, 2011; Roy i wsp., 2011]. Biorąc pod uwagę, że w przypadku przeżuwaczy metabolizm białka i energii są ze sobą ściśle związane, poziom mocznika może potencjalnie służyć do monitorowania obydwu przemian jednocześnie. Na podstawie szeregu badań [Hwang i wsp., 2000; Skrzypek i wsp. 2005; Sawa i wsp., 2010; Sawa i wsp., 2011; Czajkowska i wsp., 2015; Guliński i wsp., 2015; Satoła i Ptak, 2016], biorąc pod uwagę wyłącznie względy żywieniowe ustalono, że optymalna koncentracja mocznika w mleku w przypadku krów dużych ras mlecznych (np. polska holsztyńsko-fryzyjska) wynosi 150-300 mg/l (2,5-5,0 mmol/l). Należy jednak nadmienić, że część autorów [Hwang i wsp., 2000; Nourozi i wsp., 2010; Jankowska i wsp. 2010, Hossein-Zadeh i Ardalan, 2011; Roy i wsp., 2011] wskazuje, że poziom mocznika w granicach 170-250 mg/l czy oscylujący w okolicach 200 mg/l, a nawet niższych może być przyczyną słabych wyników rozrodu krów mlecznych. Jankowska i wsp. [2010] sugerują, że dane te dotyczą raczej zwierząt w trzeciej laktacji i starszych niż ogółu populacji.

Szacowanie bilansu energetycznego wyłącznie na podstawie poziomu mocznika w mleku może być niewłaściwe ze względu na znaczną jego zmienność (30%) [Rzewuska i Strabel, 2013a; 2013b]. Jílek i wsp. [2006] oraz Czajkowska i wsp. [2015] wskazują, że w 13,3% za zmienność koncentracji mocznika w mleku odpowiadają czynniki nieżywieniowe, a w przypadku indywidualnej oceny krów, produkcyjność i czynniki środowiskowe odpowiadają za tę zmienność w 37%. Należy zwrócić uwagę również na to, że w praktyce nie występuje sytuacja aby mocznika w mleku nie było. W 95% próbek mleka pochodzących od krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej jego zawartość waha się w przedziale 50-200 mg/l [Guliński i wsp., 2015].

Obniżony i/lub podwyższony poziom mocznika w mleku świadczy o nieodpowiednim zbilansowaniu paszy pod względem zawartości białka i energii dostępnej dla mikroorganizmów żwacza. Zbyt wysoki poziom mocznika w mleku może wynikać z nadmiaru białka i niedoboru energii w paszy, z kolei zbyt niska zawartości może świadczyć o niedoborze protein i/lub energii w zadawanej paszy [Skrzypek i wsp. 2005; Guliński i wsp., 2008; Jankowska i wsp., 2010; Roy i wsp., 2011]. Ponadto dowiedziono, że wzrost zawartości białka w paszy przyczynia się do spadku wartości energetycznej pożywienia [Roy i wsp., 2011]. Wpływ na poziom mocznika w mleku ma również rozkładalność białka i włókna w paszy, obecność w paszy związków azotowych niebiałkowych (np. mocznik paszowy). Podwyższony poziom mocznika w mleku może być okresowo spowodowany intensywnym rozkładem białka zapasowego, wynikającym ze znacznego niedoboru białka w paszy lub głodówki [Hojman i wsp., 2004; Skrzypek i wsp. 2005]. W wyniku szeregu doświadczeń dowiedziono, że poziom mocznika w mleku jest dodatnio skorelowany z takimi czynnikami jak wiek krów czy liczba wycieleń, a wpływ na jego zawartość mają także pora roku, system wypasania, system doju, termin poboru próby (rano, wieczór), odległość w czasie karmienia i pobierania próby do analizy, okres laktacji [Hojman i wsp., 2004;

Jílek i wsp., 2006; Mucha i Strandberg, 2011, Rzewuska i Strabel, 2013a; Henao-Velásquez i wsp., 2014; Czajkowska i wsp., 2015; Guliński i wsp., 2015; Satoła i Ptak, 2016].

Negatywny wpływ zbyt niskiego poziomu mocznika w mleku wynika ze zbyt niskiego pobrania białka z paszy, spowodowanego ujemnym bilansem energii i białka w początkowym okresie laktacji (do 10-12 tygodnia) i jest konsekwencją ujemnych korelacji genetycznych między wydajnością krów a zdolnością pobierania paszy, charakterystycznych dla tego okresu. W efekcie tego dochodzi do zaburzeń hormonalnych, skutkujących osłabieniem wydzielania LH i produkcji estrogenów. Ponadto dochodzi do pogorszenia jakości oocytów i zaburzeń w rozwoju zarodków [Skrzypek i wsp., 2005].

Problem niedożywienia krów w początkowym okresie laktacji w praktyce rozwiązywany jest przez wprowadzanie do dawki pasz charakteryzujących się wysoką zawartością białka [Skrzypek i wsp., 2005; Januś i Borkowska, 2006; Roy i wsp., 2011]. Biorąc pod uwagę, że zazwyczaj składnika tego jest nadmiernie dużo w stosunku do energii jaką może pobrać krowa, obserwuje się uwalnianie dużych ilości amoniaku w wyniku rozkładu białka w żwaczu [Skrzypek i wsp., 2005; Januś i Borkowska, 2006]. Szacuje się, że 75-85% podawanego w nadmiarze białka jest wydalane z organizmu, przy czym jego ilość wydalana z kałem jest w zasadzie stała i nie ma możliwości znacznego zwiększenia wydalania na tej drodze [Gulinski i wsp., 2015]. Część jest również wydalana z moczem [Hwang i wsp., 2000; Roy i wsp., 2011; Henao-Velásquez i wsp., 2014]. Towarzyszący nadmiernej ilości białka brak odpowiedniej ilości energii dostępnej dla mikroorganizmów bytujących w żwaczu prowadzi do podwyższenia poziomu mocznika w organizmie, co zarówno pośrednio, jak i bezpośrednio negatywnie wpływa na funkcje rozrodcze. Ujemne oddziaływanie dotyczy rozwoju pęcherzyków jajnikowych (ilości, wielkości), owulacji, procesu zapłodnienia komórki jajowej oraz rozwoju i implementacji zarodka [Skrzypek i wsp., 2005; Januś i Borkowska, 2006, Roy i wsp., 2011]. *In vitro* stwierdzono również, że mocznik negatywnie wpływa na przeżywalność plemników [Skrzypek i wsp., 2005] oraz upośledza rozwój oocytów [Sinclair i wsp., 2014]. Pośredni wpływ nadmiernej ilości mocznika w organizmie polega na obniżaniu pH macicy [Skrzypek i wsp., 2005; Bisinotto i wsp., 2012; Sinclair i wsp., 2014]. Efektem obniżenia pH jest zwiększona sekrecja prostaglandyn E_2 i $F_{2\alpha}$ przez komórki błony śluzowej macicy (*endometrium*). Zwłaszcza wzrostowi zawartości $PGF_{2\alpha}$ przypisuje się główną rolę łączącą wysoki poziom mocznika i zaburzenia rozrodu. Wynika to z faktu, iż wysoki jej poziom skutecznie osłabia około- i poporodową sekrecję estrogenów i progesteronu, jednocześnie zaburzając oddziaływanie tych hormonów na macicę [Skrzypek i wsp., 2005; Roy i wsp., 2011]. Jako zawartość mocznika w osoczu, powyżej której istotnie wzrasta ryzyko wystąpienia wymienionych wyżej skutków, ustalono 190-200 mg/l. [Skrzypek i wsp., 2005]. Przypuszczenia te potwierdzają wyniki badań cytowanych przez Sawę i wsp. [2011] oraz Roya i wsp. [2011] o negatywnym wpływie nadmiernej ilości białka w diecie krów na zmiany pH macicy w trakcie

fazy lutealnej. Z kolei Jankowska i wsp. [2010] w oparciu o doniesienia innych badaczy wskazują, że nadmierna koncentracja mocznika w mleku może skutkować wczesną utratą zarodka, jeszcze w okresie uniemożliwiającym stwierdzenie ciąży.

Ponadto Skrzypek i wsp. [2005] oraz Rzewuska i Strabel [2014] donoszą, iż informacje dotyczące koncentracji mocznika w mleku mogą służyć wczesnemu rozpoznaniu krów zagrożonych obniżeniem płodności i tym sam poprawie efektywności rozrodu stada. Negatywny wpływ podwyższonej zawartości mocznika na płodność krów został potwierdzony w wielu badaniach, prowadzonych głównie na populacjach amerykańskich, kanadyjskich i izraelskich krów holsztyńsko-fryzyjskich [Hojman i wsp., 2004; Rajala-Schultz i wsp., 2001), a także krowach rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej [Sawa i wsp. 2011].

W części badań nad wspomnianymi populacjami podjęto się określenia korelacji genetycznych między zawartością mocznika w mleku i wskaźnikami płodności. Rzewuska i Strabel [2014] ustalili, że siła związków między zawartością mocznika w mleku a cechami płodności w ciągu laktacji nie jest stała. Dla długości OU, OMC oraz II w początkowym okresie laktacji wskaźnik korelacji przyjmował wartości ujemne, w środkowym okresie laktacji (w okresie pierwszej inseminacji) oscylował w okolicach zera, natomiast w końcowym etapie zyskiwał nieco na sile i przyjmował wartości dodatnie. Odwrotny trend stwierdzili cytowaniu autorzy w przypadku wskaźnika niepowtarzania rui do 56 dnia po inseminacji oraz skuteczności pierwszej inseminacji. W tym przypadku początkowy etap laktacji charakteryzowały dodatnie wartości współczynników korelacji, które w środkowym okresie laktacji oscylowały w okolicach zera, by następnie przyjąć wartości ujemne. Generalnie siła tych zależności została określona jako umiarkowana (wartości 0,2 – 0,6). W odróżnieniu od wspomnianych, korelacja między poziomem mocznika w mleku a długością OSR była w ciągu całej laktacji słaba (-0,06 do 0,14) i stosunkowo stała w porównaniu z wcześniej wymienionymi. Wskazuje to na korzystny wpływ wyższego poziomu mocznika w początkowym okresie laktacji na płodność. Zmienność w czasie siły korelacji genetycznych między zawartością mocznika w mleku a wskaźnikami rozrodu została wskazana również przez Muchę i Strandberga [2011]. Z ich badań wynika, iż w początkowym okresie laktacji korelacje między zawartością mocznika i długością OSR, OMC, OU i II oscylowały w przedziale od około zera do -0,1 i nabierały na sile wraz z zaawansowaniem laktacji, utrzymując wartości ujemne. W przypadku OMW obserwowano ten sam trend, przy czym wartość współczynnika korelacji ulegała zmianie z 0,20 do -0,22. Interesująco w cytowanej pracy przedstawia się współzależność między zawartością mocznika w mleku a skutecznością pierwszej inseminacji, autorzy odnotowali trend odwrotny, niż w przypadku pozostałych wskaźników. Wraz z upływem czasu od wycielenia siła tej zależności rosła, zmieniając przy tym swój kierunek (z -0,1 do 0,2). Wyniki sprzeczne z uzyskanymi przez Rzewuską i Strabela [2014] przedstawił zespół Königa [2008], który oszacował wartość współczynnika

korelacji między długością OSR a średnią zawartością mocznika w mleku z dwóch pierwszych próbnych udojów na poziomie 0,29. Generalnie niskie wartości współczynników korelacji zarówno fenotypowych jak i genetycznych między zawartością mocznika w mleku a płodnością uzyskali również Hossein-Zadeh i Ardalan [2011]. Wskaźnikiem płodności najsilniej skorelowanym z poziomem mocznika w mleku okazała się długość OMC, a siła korelacji rosła wraz z liczbą wycieleń. Najniższą uzyskano w przypadku pierwiastek (r= 0,23), najwyższą u krów w trzeciej laktacji (r= 0,45), natomiast dla krów wycielonych dwukrotnie współczynnik korelacji wynosił 0,35. Według autorów [Hossein-Zadeh i Ardalan, 2011], w związku z zaobserwowaną zależnością można spodziewać się wydłużania OMC wraz ze wzrostem zawartości mocznika w mleku. W przypadku pozostałych ocenianych parametrów (OSR, II, OU) współczynniki korelacji były niskie (bliskie zera). Wykazane w cytowanych pracach różnice mogą być wynikiem zróżnicowania w charakterystyce laktacji porównywanych populacji (m.in. różny poziom wydajności, różna dynamika zmian poziomu mocznika w mleku), związków wydajności krów z płodnością, różnic genetycznych między różnymi populacjami czy też zróżnicowanego podłoża genetycznego zmian poziomu mocznika w początkowej i końcowej fazie laktacji [Rzewuska i Strabel, 2014, Berry i wsp., 2014]. Stwierdzenia te znajdują poparcie w wynikach międzynarodowych badań dotyczących płodności krów, przedstawionych przez Biffaniego i Canavesi [2007], wskazujących na znaczne różnice wartości współczynników korelacji odnoszących się do tych samych wskaźników w przypadku krów pochodzących z różnych krajów (np. wskaźnik niepowtarzalności rui r= 0,25 – 0,90; OSR 0,72 – 0,94; OMW r= 0,67 – 0,87).

1.3.3. Liczba komórek somatycznych w mleku krów a ich płodność

Liczba komórek somatycznych (LKS) jest powszechnie używanym miernikiem stanu zdrowotnego wymienia. Głównym czynnikiem powodującym wzrost ich zawartości powyżej poziomu fizjologicznego jest stan zapalny gruczołu mlekowego, określany łacińskim terminem *mastitis* [Skrzypek i wsp., 2007]. Średnia wartość współczynnika korelacji genetycznej między stanem zapalnym wymienia a LKS wynosi 0,6 i według różnych badań oscyluje w granicach 0,1-0,8 [Kadarmideen, 2004; Morek-Kopeć i wsp., 2009; Olechnowicz i Jaśkowski, 2013]. Szacuje się, że w krajach rozwiniętych, podkliniczna forma zapaleń gruczołu mlekowego dotyka 20-50% krów [Lavon i wsp., 2011b; Boujenane i wsp., 2015; Wolfenson i wsp., 2015], a w stadach brytyjskich *mastitis* odnotowywane jest nawet u 50-70% mlecznic [Hudson i wsp., 2012]. Mleko pochodzące z zupełnie zdrowego gruczołu zawiera nie więcej niż 100 tysięcy komórek w 1 ml, 100-200 tysięcy jest wskaźnikiem niewielkich i nieswoistych zaburzeń w funkcjonowaniu wymienia, natomiast przekroczenie poziomu 200 tysięcy komórek jest objawem zakażenia drobnoustrojami chorobotwórczymi i obecności stanu zapalnego [Juozaitiene i Juozaitis, 2005; Skrzypek i wsp., 2007]. W zależności od stopnia nasilenia objawów jako czynnik

etiologiczny wskazać można drobnoustroje o niewielkim znaczeniu (*minor pathogens*), powodujące 2-3 krotny wzrost zawartości komórek somatycznych w porównaniu z krowami zdrowymi oraz drobnoustroje bardziej patogenne (*major pathogens*), w wyniku działania których obserwuje się wzrost LKS przekraczający 500-600 tysięcy w 1 ml mleka [Skrzypek i wsp., 2007]. Ponadto stwierdzono, że trwająca zazwyczaj kilka dni postać ostra wywoływana jest przede wszystkim przez bakterie gram-ujemne, natomiast przyczyną utrzymującej się nawet kilka miesięcy bez charakterystycznych objawów zewnętrznych formy subklinicznej są w głównej mierze bakterie gram-dodatnie [Lavon i wsp., 2011b; Wolfenson i wsp., 2015]. Stany zapalne gruczołu mlekowego są przyczyną znacznych strat ekonomicznych, związanych z obniżeniem wydajności oraz pogorszeniem składu mleka i jego przydatności technologicznej, czy zwiększonej ilości mleka odrzucanego [Skrzypek i wsp., 2007; Pinedo i wsp., 2009; Lavon i wsp., 2011a; Olechnowicz i Jąskowski, 2013; Asaf i wsp., 2014]. Szacuje się, że tylko w Stanach Zjednoczonych powodują one straty sięgające 2 miliardów dolarów rocznie [Roth i wsp., 2013]. Niemniej jednak wzrost LKS może być efektem innych czynników takich jak stres cieplny (zwłaszcza w okresie wiosenno-letnim) czy system utrzymania zwierząt [Lambertz i wsp., 2014].

Ostatnio coraz więcej uwagi poświęca się stanom zapalnym wymienia w kontekście ich związków z zaburzeniami rozrodu [Skrzypek i wsp., 2007]. Wpływ zapaleń wymienia na parametry rozrodu był już badany, a uzyskane wyniki wskazują, że *mastitis* zdiagnozowane w okresie poprzedzającym inseminację negatywnie oddziałuje na efektywność rozrodu krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej [Morek-Kopeć i wsp., 2009; Lavon i wsp., 2011a, 2011b; Hudson i wsp., 2012, Roth i wsp., 2013]. W innych badaniach [Rahman i wsp., 2012; Olechnowicz i Jaśkowski, 2013; Isobe i wsp., 2014] stwierdzono, że również zapalenia występujące w okresie po inseminacji negatywnie wpływają na płodność. Chebel i wsp. [2004] oraz Hertl i wsp. [2010] donoszą, iż *mastitis* sprzyja blisko trzykrotnemu wzrostowi utraty ciąży w okresie 45 dni po skutecznej inseminacji. Według Ahmadzadeha i wsp. [2009], Pinedo i wsp. [2009] oraz Hertl i wsp. [2010] stany zapalne wymienia są czynnikiem sprzyjającym występowaniu zaburzeń cyklów rujowych. Morris i wsp. [2013] wskazują, że podwyższonej LKS w mleku towarzyszy opóźnienie wystąpienia objawów rujowych, a ponadto są one wyraźnie słabiej zaznaczone. U krów dotkniętych *mastitis* start poporodowej aktywności lutealnej następuje nawet 7 dni później niż u zdrowych [Dobson i wsp., 2007]. Lavon i wsp. [2010] wskazują na korelacje genetyczne między *mastitis* a płodnością (r = 0,21-0,41). Podobne wartości wskaźników korelacji genetycznej (0,21 – 0,40) dla *mastitis* i cech płodności (OMW, II, OSR, skuteczności pierwszej inseminacji) kilka lat wcześniej uzyskał Kadermideen [2000], natomiast uzyskane w tym samym badaniu wskaźniki korelacji fenotypowej, choć statystycznie istotne, oscylowały w okolicach zera i potwierdzone zostały przez autora w kolejnych badaniach [Kadarmideen i wsp., 2004]. Isobe i wsp. [2014] wykazali wysokie ujemne

wartości wskaźników korelacji (-0,74 do -0,75, P<0,05) między zawartością komórek somatycznych w mleku a dniem pierwszej owulacji po porodzie. Również zbiorcza analiza korelacji między cechami użytkowości mlecznej a wskaźnikami rozrodu wykonana przez zespół Berry'ego [2014] wykazała niekorzystne korelacje między LKS w mleku a płodnością krów. Natomiast Pritchard i wsp. [2012] wykazali pewne różnice w sile korelacji między LnLKS a wskaźnikami płodności, w grupie krów pierwiastek i starszych (do 3 laktacji). W przypadku OMW (0,22 vs 0,17, P<0,05) i OSR (0,32 vs 0,28, P<0,05) wartości uzyskane dla pierwiastek były niższe niż dla pozostałych, w przypadku II były niemal identyczne (0,15 vs 0,16, P>0,05), a w przypadku wskaźnika niepowtarzania rui różniły się zarówno siłą, jak i kierunkiem współzależności (-0,07 vs 0,16, P>0,05). Heringstand i Larsgard [2010] informują o korelacji genetycznej między klinicznym *mastitis* i cechami płodnością (r= 0–0,41), która została potwierdzona m.in. w badaniach na krowach rasy norweskiej czerwonej, co sugeruje, że ukierunkowana selekcja krów w kierunku wzrostu odporności przeciw klinicznym formom zaplenia wymienia sprzyjać może poprawie płodności. Morek-Kopeć i wsp. [2009] ustalili na podstawie współczynników regresji (-0,497 do -0,762, P<0,0001), że wzrost LKS w mleku o jedną jednostkę powoduje spadek liczby rui niepowtarzanych w ciągi 56 dni o 0,5–0,8%. Przyczynia się on również do wydłużenia OSR (wsp. regresji liniowej wyniósł 5,2332 przy P<0,001).

Związek między stanem zdrowotnym wymienia a płodnością krów opiera się na ścisłym związku czynnościowym, prowadzącym do zaburzeń w układzie hormonalnym i odpornościowym, w wyniku czego obserwuje się zaburzenia cyklu płciowego i owulacji oraz wczesne zamieranie zarodków [Gunay i Gunay, 2008; Skrzypek i wsp., 2007, Roth i wsp., 2013; Isobe i wsp., 2014]. Zmiany uzależnione są od czynnika etiologicznego, powodującego stan zapalny gruczołu mlekowego, czasu jego wystąpienia i różnią się przebiegiem, w zależności od postaci stanu zapalnego [Hertl i wsp., 2010; Lavon i wsp., 2010; Lavon i wsp., 2011b, Roth i wsp., 2013; Asaf i wsp., 2014; Wolfenson i wsp., 2015]. *Mastitis* jest przyczyną zmian w stężeniu lub aktywności kortyzolu, cytokin, prostaglandyny F-2α, GnRH, lutropiny, folikulotropiny, progesteronu, estradiolu-17β, prolaktyny oraz immunoglobulin, a także reaktywnych metabolitów tlenu [Skrzypek i wsp., 2007; Pinedo i wsp. 2009; Lavon i wsp., 2010; Lavon i wsp., 2011a; Furman i wsp., 2014; Wolfenson i wsp., 2015]. Badania wykazały, że w wyniku działania liposacharydowych (LPS) endotoksyn bakterii gram-ujemnych w trakcie fazy pęcherzykowej lub na początku rui (estrus) u jednej trzeciej krów dochodzi do opóźnienia w przedowulacyjnej fali LH oraz owulacji. Wskazuje się również, że LPS lub cytokiny obniżają produkcję hormonów steroidowych (m.in. estradiol) w komórkach osłonki oraz warstwy ziarnistej pęcherzyka jajnikowego [Lavon i wsp., 2011b; Furman i wsp., 2014; Wolfenson i wsp., 2015]. Innym efektem negatywnego odziaływania *mastitis* są zmiany wrażliwości macicy na działanie prostaglandyn F-2α oraz E_2 czy oksytocyny [Hertl i wsp., 2010; Rahman i wsp., 2012]. Wykazany został również

ujemny wpływ podklinicznej formy zapaleń wymienia [Pinedo i wsp., 2009; Lavon i wsp., 2010; Rahman i wsp., 2012; Lomander i wsp., 2013], zwłaszcza podczas ich zaostrzenia [Skrzypek i wsp., 2007]. Sytuację taką szczególnie często obserwuje się podczas rui, kiedy to w wyniku wzrostu stężenia estrogenów dochodzi do istotnego zmniejszenia liczby makrofagów i osłabienia aktywności granulocytów, co hamuje zdolność komórek somatycznych do fagocytozy [Skrzypek i wsp., 2007]. Ze względu na czas trwania podkliniczne formy *mastitis* mogą zakłócać długotrwałe procesy, takie jak wzrost i rozwój pęcherzykowy nawet w sposób silniejszy niż postać ostra tego schorzenia [Lavon i wsp., 2011b, Rahman i wsp., 2012; Roth i wsp., 2013]. Według Lavona i wsp., [2010] chroniczne podkliniczne stany zapalne mogą, podobnie jak przebiegające krótkotrwale ostre stany zapalne, powodować opóźnienia w owulacji u nawet 30% krów. Jak wskazują Lavon i wsp. [2011a] długotrwałe podkliniczne *mastitis*, cechujące się nieznacznym (150 tys. – 450 tys.) czy umiarkowanym wzrostem LKS (450 tys. – 1 mln), wymagają szczególnej uwagi, gdyż w obu przypadkach obniżenie skuteczności inseminacji może być na niemal identycznym poziomie.

1.4. NOWOCZESNE TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE A ZARZĄDZANIE PŁODNOŚCIĄ KRÓW

Złożoność problemu jakim jest efektywne zarządzanie rozrodem krów, a także ważna zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia znajomość mechanizmów mających wpływ na efektywność reprodukcji w stadach mlecznych wymuszają niejako stałe aktualizowanie posiadanej wiedzy oraz poszukiwanie nowych rozwiązań umożliwiających głębsze poznanie tego zagadnienia.

Racjonalne prowadzenie pracy hodowlanej w stadach bydła mlecznego jest możliwe dzięki kontroli użytkowości mlecznej, która w Polsce ma już ponad stuletnią tradycję. Prowadzi się ją na podstawie tzw. próbnych udojów, wykonywanych w określonych odstępach czasu (w Polsce co 22-37 dni w metodach A4 i AT4 oraz co 50-70 dni w metodzie A8, przy czym w metodach A4, AT4, możliwe jest raz w roku wydłużenie okresu między próbnymi udojami do 70 dni. Na ogół w przypadku metod A4 oraz AT4 w ciągu roku wykonywanych jest od 11 do 13 próbnych udojów. Wszystkie te metody zostały zaakceptowane przez Międzynarodową Organizację ICAR [PFHBiPM, 2014, Otwinowska-Mindur i wsp., 2015]. Podobne rozwiązania znajdują z powodzeniem zastosowanie w wielu krajach na świecie m.in. w Japoni [Hagiya i wsp., 2013], Irlandii [Jago i Berry, 2011], Danii [Ismael i wsp., 2016], Republice Czeskiej [Zink i wsp., 2012], Iranie [Hossein-Zadeh i Ardalan, 2011], Wielkiej Brytanii [Pritchard i wsp., 2013], Meksyku [Montaldo i wsp., 2010], Szwajcarii [Kadarmideen, 2004], Chile [Pinedo i wsp., 2009], Szwecji [Mucha i Strandberg, 2011], Norwegii [Herinstad i Larsgard, 2010] czy Izraelu [Lavon i wsp., 2011a]. Dane gromadzone przez odpowiedzialne za nadzór nad nimi instytucje stanowią podstawę wielu badań związanych z hodowlą bydła mlecznego. Część badaczy

[Kadarmideen, 2004; Topolski i wsp., 2008; Morek-Kopeć i wsp., 2009; Pinedo i wsp., 2009; Sawa i Bogucki, 2009; Herinstad i Larsgard, 2010; Jankowska i wsp., 2010; Montaldo i wsp., 2010; Hossein-Zadeh i Ardalan, 2011; Jago i Berry, 2011; Lavon i wsp., 2011a; Mucha i Strandberg, 2011; Sawa i wsp., 2011; Toghiani, 2012; Zink i wsp., 2012; Albarráran-Portillo i Pollott, 2013; Hagiya i wsp., 2013; Neja i wsp., 2013; Pritchard i wsp., 2013; Zavadilová i Zink, 2013; Rzewuska i Strabel, 2014] wykorzystuje je również do określania różnorakich związków między cechami produkcyjnymi (wydajność, zawartość mocznika w mleku, liczba komórek somatycznych) a cechami reprodukcyjnymi krów, z uwzględnieniem wpływu czynników pozagenetycznych.

W dobie nowoczesnych technologii informatycznych użytecznym narzędziem wydają się być komputerowe narzędzia statystyczne. Używane są one na szeroką skalę w medycynie i ekonomii. W bankowości statystyczne metody eksploracji danych, określane z języka angielskiego jako „Data Mining", wykorzystywane są do prognozowania różnego rodzaju ryzyka. Dzięki nim na podstawie posiadanych baz danych można tworzyć wiedzę poprzez wskazywanie zależności i wzorców czy określanie trendów [Lasek i wsp., 2009]. Metody te mogą i zaczynają być wykorzystywane również w naukach przyrodniczych. W hodowli krów mlecznych znalazły już pierwsze zastosowania, m.in. w pracach podejmujących tematykę zapaleń wymienia [Goyache i in., 2005; Ankinakatte i in., 2013; Goyache i in. 2015], liczby komórek somatycznych w mleku [Piwczyński i Sitkowska, 2012], bioasekuracji stad [Ortiz-Pelaez i Pfeiffer, 2008], przewidywania wydajności krów [Sharma i in., 2007], a także obejmujących w swoich rozważaniach zagadnienia dotyczące rozrodu tego gatunku zwierząt [Caraviello i in., 2006; Grzesiak i in., 2010; Shahinfar i wsp., 2014; Ghiasi i wsp., 2015; Brzozowski i wsp., 2016], podejmowania decyzji związanych z opłacalnością produkcji [Midla i St-Pierre, 2015] czy przydatności tych narzędzi do wskazywania przyczyn brakowania krów ze stad [Adamczyk i wsp., 2016b]. Wykorzystanie tych narzędzi, np. w postaci tzw. drzew decyzyjnych (klasyfikacyjnych) do analizy danych zawartych w bazach danych prowadzonego przez Polską Federację Hodowców Bydła i Producentów Mleka systemu SYMLEK wydaje się być interesującym rozwiązaniem, pozwalającym na nowo spojrzeć na zagadanie rozrodu bydła mlecznego.

Drzewa decyzyjne będące jedną z technik Data Mining (obok sieci neuronowych, technik segementacji, analizy dyskrimnacji, regresji liniowej i logistycznej, analizy asocjacji i połączeń), mogą być wykorzystywane do przewidywania zarówno zmiennych jakościowych, jak i ilościowych [Krótki kurs data mining, 2014]. Dają one możliwość analizy statystycznej cech niespełniających założeń stawianych przez analizę wariancji lub regresję wielokrotną [Lasek i wsp., 2009; Piwczyński, 2009]. Niewątpliwą zaletą drzew decyzyjnych jest ich intuicyjność i łatwość interpretacji [Piwczyński i wsp., 2012; Shahinfar i wsp., 2014, Midla i St-Pierre, 2015] uzyskanych przy ich pomocy wyników, przedstawianych w postaci nieskomplikowanych modeli graficznych, które pozwalają na analizę wpływu nie tylko pojedynczych czynników w modelu,

ale również na zachodzące między nimi interakcje [Piwczyński i wsp., 2012] w związku z czym mogą służyć do podejmowania kompleksowych decyzji obejmujących wiele alternatyw [Midla i St-Pierre, 2015]. Łatwość interpretacji rezultatów wynika z charakteru ich prezentacji opartego na regule „Jeżeli – To" [Krótki kurs data mining, 2014]. Pomimo swoich istotnych zalet metoda ta posiada też pewne niedoskonałości jak np. potrzeba określania głębokości drzewa, właściwej metody doboru atrybutów czy obsługi danych z brakującymi atrybutami [Shahinfar i wsp., 2014]. Inną niedogodnością jest np. potrzeba konstruowania kilku drzew (prób) gdy zaczyna się pracę tą techniką, co wymaga dociekliwości i cierpliwości. Drzewa decyzyjne nie są właściwą metodą w przypadku, gdy uzyskane dzięki nim wyniki mogą wiązać się z katastrofalnymi błędami (np. bankructwem czy śmiercią). Inne niedogodności mogą dotyczyć problemów związanych z prawdopodobieństwem otrzymanych wyników i ich rozważaniem. Jednakże jak wskazują Midla i St-Pierre [2015] są to problemy, które w łatwy sposób można rozwiązać. Uzyskane za pomocą tej metody wyniki z jednej strony dostarczają informacji w nowej, bardziej złożonej, usystematyzowanej niż do tej pory postaci, z drugiej zaś mogą być doskonałym narzędziem w rękach zarządców stad, umożliwiającym przewidywanie występujących w nich zdarzeń i podejmowanie decyzji służących uzyskiwaniu lepszych wyników produkcyjnych, a co za tym idzie finansowych. Zwłaszcza, że lekarze weterynarii oraz specjaliści z zakresu żywienia i rozrodu pracujący ze stadami krów dla efektywnego wykonywania swojej pracy muszą rozważać wszystkie potencjalne czynniki łącznie.

2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Hipoteza badawcza

1. Istnieją zależności między wybranymi wynikami próbnych udojów, będącymi wskaźnikami np. potencjału produkcyjnego (wydajność dobowa), zdrowia (komórki somatyczne) czy prawidłowości żywienia (mocznik) a płodnością krów.
2. Nasilenie zależności między wydajnością dobową, liczbą komórek somatycznych oraz poziomem mocznika w mleku z próbnych dojów a płodnością krów zależy od wpływu wybranych czynników.
3. Technika drzew decyzyjnych może być wykorzystana do oceny wpływu wybranych czynników na płodność krów na podstawie wyników próbnych dojów.

Cel badań

1. Analiza wpływu wydajności dobowej oraz poziomu mocznika i liczby komórek somatycznych w mleku na płodność krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, z uwzględnieniem wpływu następujących czynników: wiek krów, poziom wydajności stada, wielkość stada, sezon pierwszej inseminacji, okres laktacji.
2. Oszacowanie wartości współczynników korelacji prostej między wydajnością dobową, liczbą komórek somatycznych oraz poziomem mocznika w mleku w próbnym doju przeprowadzonym do 30 dni przed pierwszą inseminacją a wskaźnikami płodności krów, z uwzględnieniem wpływu wieku krów, poziomu wydajności stada, wielkości stada, sezonu pierwszej inseminacji i okresu laktacji.
3. Rozważania modelowe z wykorzystaniem techniki drzew decyzyjnych do analizy wpływu wybranych czynników na płodność krów.
4. Celem praktycznym badań jest ocena możliwości wykorzystania wyników z próbnych udojów, uzyskiwanych przez hodowców z okresowej kontroli użytkowości mlecznej do sterowania/prognozowania płodności krów.

Materiał i metody badań

Materiały do badań pochodziły z bazy danych systemu SYMLEK. Analizą objęto wyniki z 88 745 próbnych dojów 55 685 krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, będących pod oceną użytkowości mlecznej na Pomorzu i Kujawach, wycielonych po raz pierwszy w latach 2005–2012 i użytkowanych do końca 2014 roku.

Dla każdej krowy zebrano dane dotyczące:

- dat pierwszego, drugiego i trzeciego wycielenia,

- dat pierwszych inseminacji w pierwszym i drugim cyklu reprodukcyjnym,
- liczby inseminacji w pierwszym i drugim cyklu produkcyjnym,
- cech mleka z próbnych udojów przeprowadzonych do 30 dni przed pierwszą inseminacją, w okresie do 180 dnia pierwszej i drugiej laktacji (kg mleka, poziom mocznika (mg/l), liczba komórek somatycznych (ponieważ LKS charakteryzuje się dużą zmiennością i nie posiada rozkładu normalnego, dokonano transformacji, wykorzystując logarytm naturalny (LnLKS),
- długości okresu międzywycieleniowego (OMW) – liczba dni między kolejnymi wycieleniami,
- długości okresu usługi (OU) – liczba dni między pierwszą a skuteczną inseminacją,
- indeksu inseminacji (II) – liczba zabiegów przypadających na zacielenie.

W obliczeniach statystycznych dotyczących wpływu wybranych czynników na zależności między cechami mleka a płodnością krów, uwzględniono wyniki z próbnych udojów przeprowadzonych do 30 dni przed pierwszą inseminacją, które wykonane były w okresie do 180 dnia pierwszej i drugiej laktacji.

Analizowano płodność krów (długość OMW, OU i II) jako efekt działania i współdziałania cech mleczności krów (wydajność dobowa (kg mleka), poziom mocznika (mg/l), liczba komórek somatycznych w tys./ml mleka i wybranych czynników (wiek krów, poziom wydajności stada, liczba krów w stadzie, sezon pierwszej inseminacji, okres laktacji podczas pierwszej inseminacji), wykorzystując następujący model liniowy:

$$Y_{ijk\ldots} = \mu + a_i + b_j + c_k + d_l + f_m + g_n + h_o + i_p + (ag)_{in} + (bg)_{jn} + (cg)_{kn} + (dg)_{ln} + + (fg)_{mn} + (ah)_{io} + (bh)_{jo} + (ch)_{ko} + (dh)_{lo} + (fh)_{mo} + (ai)_{ip} + (bi)_{jp} + (ci)_{kp} + (di)_{lp} + + (fi)_{mp} + e_{ijklmop}$$

gdzie:

μ - średnia ogólna,

a_i – wpływ i-tego wieku krów (pierwsza, druga laktacja),

b_j – wpływ j-tego poziomu wydajności stada (≤7000, 7001-9000 i >9000 kg mleka),

c_k - wpływ k-tego sezonu pierwszej inseminacji (wiosna: III-V, lato: VI-VIII, jesień: IX-XI, zima: XII-II),

d_l – wpływ l-tego okresu laktacji podczas pierwszej inseminacji (≤60, 61-90, 91-120, 121-150. 151-180 dni),

f_m – wpływ i-tej klasy liczby krów w stadzie (≤20, 21-50, 51-200 i >200 krów),

g_n – wpływ n-tego poziomu mocznika w mleku (≤150, 150-300 i >300 mg/l),

h_o – wpływ o-tego poziomu LKS w 1 ml mleka (≤200000, 200001 - 400000, 400001 -1000000, >1000000),

i_p – p-tej wydajności dobowej (≤20, 20,1-30, 30,1-40 i >40 kg mleka),
$(ag)_{in}$ – interakcja wieku krów i poziomu mocznika,
$(bg)_{jn}$ – interakcja poziomu wydajności stada i poziomu mocznika w mleku,
$(cg)_{kn}$ – interakcja sezonu pierwszej inseminacji i poziomu mocznika,
$(dg)_{ln}$ – interakcja okresu laktacji podczas pierwszej inseminacji i poziomu mocznika,
$(fg)_{mn}$ – interakcja liczby krów w stadzie i poziomu mocznika,
$(ah)_{io}$ – interakcja wieku krów i LKS,
$(bh)_{jo}$ – interkacja poziomu wydajności stada i LKS,
$(ch)_{ko}$ – interakcja sezonu pierwszej inseminacji i LKS,
$(dh)_{lo}$ – interakcja okresu laktacji podczas pierwszej inseminacji i LKS,
$(fh)_{mo}$ – interakcja liczby krów w stadzie i LKS,
$(ai)_{ip}$ – interakcja wieku krów i wydajności dobowej,
$(bi)_{jp}$ – interakcja poziomu wydajności stada i wydajności dobowej,
$(ci)_{kp}$ – interakcja sezonu pierwszej inseminacji i wydajności dobowej,
$(di)_{lp}$ – interakcja okresu laktacji podczas pierwszej inseminacji i wydajności dobowej,
$(fi)_{mp}$ – interakcja liczby krów w stadzie i wydajności dobowej,
$e_{ijklmnop}$ - błąd losowy obserwacji.

Istotność różnic sprawdzono testem Scheffe'go.

Ponadto wykorzystując test χ^2 wyliczono udział krów, które zacieliły się po pierwszej inseminacji (procedura FREQ); w zależności od wydajności dobowej (poziomu mocznika i LKS mleku) w próbnym doju przeprowadzonym do 30 dni przed tą inseminacją, przy czym uwzględniono wpływ wieku krów, poziomu wydajności stada, sezonu pierwszej inseminacji i okresu laktacji podczas pierwszej inseminacji, liczby krów w stadzie.

Przy pomocy procedury CORR wyliczono współczynniki korelacji prostej między wydajnością dobową (poziomem mocznika w mleku, zlogarytmowanymi wartościami liczby komórek somatycznych w mleku LnLKS) w próbnym doju przeprowadzonyn do 30 dni przed pierwszą inseminacją, a wskaźnikami płodności krów, przy czym uwzględniono wpływ wieku krów, poziomu wydajności stada, sezonu pierwszej inseminacji i okresu laktacji podczas pierwszej inseminacji, liczby krów w stadzie. Do wyżej wymienionych obliczeń wykorzystano oprogramowanie SAS 9.4 (SAS Institute Inc., 2014).

Analizę statystyczną za pomocą drzew decyzyjnych wykonano przy użyciu oprogramowania SAS Enterprise Miner Workstation 13.1 (SAS Institute Inc., 2014)

Przystępując do analizy statystycznej przy pomocy metody losowania prostego dokonano podziału zbioru obserwacji na zbiory treningowy (60%) i walidacyjny (40%). Zbiór treningowy jest zbiorem danych, na podstawie których wykrywane są możliwe zależności między zmiennymi. Służy on do wstępnego oszacowania parametrów modelu. Zbiór walidacyjny służy do dostrojenia

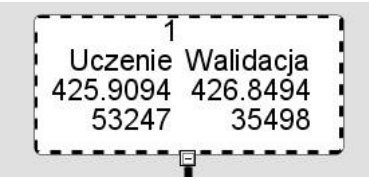
parametrów modelu oszacowanych w oparciu o zbiór treningowy. Jego zastosowanie poprawia właściwości predykcyjne modelu. Model pozwala lepiej przewidywać wartości zmiennych objaśnianych dla nowych, niewystępujących w badanych dotychczas zbiorach obserwacji.

Budując drzewo klasyfikacyjne założono, że będzie ono binarne, minimalna wielkość węzła końcowego będzie nie mniejsza niż 30, natomiast głębokość nie większa niż 5. Postępowanie takie miało na celu zapobieżenie nadmiernemu dopasowaniu drzewa do danych treningowych, co mogłoby skutkować odzwierciedleniem przypadkowych zależności występujących w zbiorze walidacyjnym. Konstruując drzewo klasyfikacyjne uwzględniono kryterium podziału w postaci współczynnika entropii.

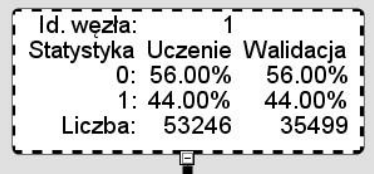
W przeprowadzonej analizie uwzględniono następujące zmienne:

- wydajność dobowa (kg) – wydDob,
- zawartość mocznika w mleku (mg/l) – pozMocz,
- zawartość komórek somatycznych w 1 ml mleka (tys./ml) – lks,
- wielkość stada (liczba krów) – wlkStad,
- okres laktacji podczas pierwszej inseminacji – okresLakt,
- poziom wydajności stada (kg mleka/laktację) – wydStada,
- wiek krów (laktacja) – wiek,
- sezon pierwszej inseminacji – sez1ins,

Do każdego powstającego węzła lub liścia w dołączono następujące informacje w przypadku OMW, OU i II: ID węzła (1), średnia wartość analizowanej cechy (425,9094) oraz liczba obserwacji w węźle lub liściu (53247). Węzeł odnoszący się do skuteczności pierwszej inseminacji przedstawia podobnie jak pierwszym przypadku ID węzła (1), liczbę obserwacji w węźle lub liściu (53246) oraz informację o odsetku nieskutecznych (56,00%) oraz skutecznych (44,00%) pierwszych inseminacji.



Rycina 1. Opis węzła dla OMW, OU i II



Rycina 2. Opis węzła dla skuteczności pierwszej inseminacji

3. WYNIKI I DYSKUSJA

3.1. ZALEŻNOŚCI MIĘDZY WYBRANYMI CZYNNIKAMI A PŁODNOŚCIĄ KRÓW

Analiza wartości wskaźników płodności wskazuje, że krowy cechowała przeciętna płodność (OMW trwał 426 dni, OU 54,8 dnia, II wynosił 2,20, a skuteczność pierwszej inseminacji 44%) (tab. 1 i 5). Wyniki te są korzystniejsze od wykazanych dla całej populacji krów objętych oceną użytkowości w 2014 roku, zarówno w kraju, jak i województwie kujawsko-pomorskim (np. średnia długość OMW to 433 dni) [PFHBiPM, 2015]. Natomiast są one wyraźnie gorsze od uzyskiwanych jeszcze 10 lat temu, kiedy średnia długość OMW w populacji aktywnej wynosiła 416 dni [Bogucki i wsp., 2007]. Zbliżone wartości OMW (427 dni) oraz II (2,6-2,8) uzyskali Borkowska i wsp. [2012]. Również Gnyp [2014] wskazuje na wydłużanie się OMW z 419 dni u krów wybrakowanych w latach 1980-2002 ze stad zlokalizowanych na terenie województwa lubelskiego, do 427 dni, gdy brakowanie przypadało w okresie 2003-2014. Z kolei Czerniawska-Piątkowska i wsp. [2014] donoszą, że OMW krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej użytkowanych na terenie Zachodniego Pomorza trwał 438 dni. Podobne wyniki, na przykładzie krów utrzymywanych w warunkach Republiki Południowej Afryki, przedstawili Muller i wsp. [2014], wskazując, że w ciągu niespełna 20 lat (1986-2004) OMW uległ wydłużeniu o 26 dni (z 386 do 412 dni). W badaniu cytowanych autorów dotyczących lat 1991-2007 indeks inseminacji wynosił 2,55, a więc był zbliżony do uzyskanego w badaniu własnym. W porównywalnym okresie czasu (1997-2006) w populacji chilijskiej II wynosił 1,84 [Pinedo i wsp., 2009]. Również Albarráran-Portillo i Pollott [2013] zwracają uwagę na obserwowaną w ostatnich dekadach tendencję do wydłużania się OMW. Wyniki międzynarodowych badań wskazują, że w latach 1990-2000 OMW ulegał wydłużeniu o średnio 1,25 dnia/rok, ponadto w poszczególnych krajach obserwowano wzrost wydajności krów [Pryce i wsp., 2014].

Wszystkie uwzględnione w badaniach czynniki główne istotnie wpływały na wartości poszczególnych wskaźników płodności krów (tab. 1).

3.1.1. Zależność między wiekiem krów (liczba laktacji) a płodnością krów

W objętej badaniami populacji, pierwiastki w porównaniu z krowami wycielonymi dwa razy, cechowały się gorszą ($P \leq 0,01$) płodnością, w przypadku OU i OMW różnica wynosiła około 5 dni, natomiast dla II 0,06 porcji nasienia (tab. 1). Wyniki badań innych autorów na temat wpływu wieku krów na ich płodność są zróżnicowane. Badania litewskie [Juozaitiene i Juozaitis, 2005] wskazują, że najgorszymi wynikami rozrodu cechowały się pierwiastki (OMW 378 dni, OSR 114 dni, II 1,67) a najlepszymi krowy w trzeciej laktacji (OMW

369 dni, OSR 93 dni, II 1,42), przy czym różnica w płodności krów w I i II cyklu reprodukcyjnym nie została potwierdzona statystycznie. Z kolei Januś i Borkowska [2013] w przypadku wysokowydajnych krów rasy montbeliard uzyskały wyniki przemawiające na korzyść krów wycielonych dwukrotnie (OU 38 dni, OMW 398 dni, II 1,81 porcji nasienia) w porównaniu z pierwiastkami (OU 90 dni, OMW 485dni, II 1,98). Kadarmideen [2004] i König i wsp. [2008] uznali wiek (liczbę wycieleń) za czynnik wpływający ($P<0,01$) na długość OSR oraz wskaźnik niepowtarzalności rui. Zavadilová i Zink [2013] również wykazali pewne różnice między pierwiastkami a krowami w drugiej laktacji: krowy młodsze cechowały się krótszymi OU (43,95-50,13 vs 47,20-53,66), dłuższymi OSR (80,29-83,43 vs 77,70-80,19) i podobnymi OMC (127,4-130,4 vs 127,4-131,4) w porównaniu ze starszymi. Borkowska i wsp. [2012] stwierdziły tendencję do pogarszania się płodności wraz z kolejnymi wycieleniami. Według nich najlepszą podnością cechowały się pierwiastki (OMW 420 dni, II 2,6 porcji nasienia). Krowy wycielone dwukrotnie cechował wyraźnie krótszy niż uzyskany w badaniach własnych OMW (432 dni) i gorszy II (2,9). Z kolei Thatcher i wsp. [2010] podali, iż odsetek stwierdzonych ciąż na inseminację był wyższy w przypadku pierwiastek niż krów starszych. Podobnie Chebel i wsp. [2004] wskazali pierwiastki jako cechujące się lepszą płodnością niż wieloródki, opierając się na wskaźniku zacieleń (27,4% vs 24,1%). Podobnie Lavon i wsp. [2011a] oraz Hertl i wsp. [2010] zwrócili uwagę na łatwiejsze uzyskanie ciąży przez pierwiastki niż wieloródki. Także König i wsp. [2008] stwierdzili niższy odsetek wysokowydajnych pierwiastek niepowtarzających ruję w ciągu 56 dni niż krów starszych. Ponadto w swojej wcześniejszej pracy [König i wsp., 2006], stwierdzili, że uzyskanie ciąży w pierwszej inseminacji w przypadku pierwiastek jest mniej prawdopodobne niż u wieloródek, motywując to trudniejszym do zbilansowania zapotrzebowaniem energetycznym. Muller i wsp. [2014] odnotowali liniowy wzrost liczby zabiegów potrzebnych do uzyskania ciąży wraz ze wzrostem liczby przebytych laktacji. Miller i wsp. [2001] wskazali liczbę wycieleń jako czynnik istotnie różnicujący skuteczność pierwszej inseminacji. Zależność tą przypisali rosnącej wraz z wiekiem wydajności. Z kolei Vacek i wsp. [2007] oraz Ahmadzadeh i wsp. [2009] wykazali, że liczba wycieleń nie ma istotnego znaczenia dla efektywności rozrodu mierzonej II, długością OMC. Częściowo potwierdzają to wyniki przedstawione przez zespól Piccardi [2013] nie wykazujące istotnych różnic w szansach uzyskania ciąży u pierwiastek i krów w drugiej laktacji. Według Remnanta i wsp. [2015] długość OU jest dodatnio skorelowana z liczbą laktacji, w wyniku czego odnotowali oni wydłużanie się przerwy między kolejnymi unasienianiami między krowami w czwartej laktacji i starszymi a pierwiastkami o około 0,5 dnia.

3.1.2. Zależność między poziomem produkcyjnym stada a płodnością krów

Poziom wydajności stada jest wypadkową wielu czynników, głównie środowiskowych i często służy jako miernik jakości warunków chowu. Stwierdzono poprawę płodności krów (P≤0,01) wraz ze wzrostem poziomu wydajności stada. OMW i OU trwały najdłużej (465 dni i 67 dni) w stadach o wydajności < 7000 kg mleka i były one o około 10 i 22 dni dłuższe niż w stadach o wydajności 7000-9000 oraz >9000 kg mleka (tab. 1). Wraz ze wzrostem poziomu wydajności stada indeks inseminacji zmniejszył się z 2,36 do 2,05. Wskazuje to, iż najefektywniej problematykę rozrodu rozwiązywano w stadach o wydajności >9000 kg mleka. Być może, w stadach tych stosowano większy reżim zootechniczno-weterynaryjny, ściślej współpracowano z inseminatorami i dzięki temu płodność krów okazała się lepsza. Wyniki te wydają się znajdować potwierdzenie w badaniach brytyjskich [Smith i wsp., 2014], wskazujących na brak różnic w średniej długości OMW między stadami o różnych poziomach wydajności, przy czym autorzy zwrócili uwagę na trend do skracania długości OMW w stadach o wyższej wydajności, gdy krowy o wysokiej dobowej wydajności unasieniano wcześniej. Kowalski [2010] jako przyczynę niepowodzeń w rozrodzie wskazuje niewłaściwe żywienie krów, zwłaszcza w końcowym okresie laktacji oraz tuż po porodzie, które w pierwszym przypadku prowadzi do nadmiernego otłuszczenia zwierząt, w drugim z kolei do niedoboru składników odżywczych. Oba te stany odbijają się negatywnie na funkcjonowaniu układu rozrodczego. Dla poparcia swego stanowiska przytacza rezultaty badań izraelskich wskazujące, że wysoka wydajność stada nie musi oznaczać słabych wyników reprodukcji, pod warunkiem stosowania intensywnych metod zarządzania. Podkreśla on również, że stada lepiej zarządzane uzyskują wyższe wydajności i cechują się efektywniejszym rozrodem niż gorzej zarządzane, choć naturalnym wydaje się, że krowy o niższych wydajnościach będą cechowały lepsze wyniki rozrodu niż wysokowydajne. Ponadto sugeruje, że problemy z rozrodem nie mają podłoża genetycznego, gdyż efektywność zacielania jałówek rasy holsztyńsko-fryzyjskiej jest podobna jak w przypadku rasy nizinnej czarno-białej. Właściwe żywienie, jako kluczowy dla prawidłowego funkcjonowania mechanizmów hormonalnych związanych z rozrodem krów (m.in. rozwojem embrionów i płodów), wskazywane jest również przez zespół Nezhdanova [2014].

3.1.3. Zależność między sezonem pierwszej inseminacji a płodnością krów

Kolejnym z uwzględnionych czynników był sezon (pora roku), w którym przeprowadzono pierwszą inseminację. Uzyskane wyniki wskazują, że najlepszy okres do unasieniania krów to jesień i zima, pory roku charakteryzujące się w naszej szerokości geograficznej niższymi temperaturami dobowymi. Świadczą o

tym najkrótsze OMW (istotnie różne od stwierdzonych u krów inseminowanych po raz pierwszy wiosną i latem) oraz najkrótsze OU (największe wartości po pierwszych inseminacjach w lecie). Liczba porcji nasienia potrzebnych do zacielenia utrzymywała się w okresie od jesieni do wiosny na poziomie 2,16-2,20, natomiast istotnie wzrastała latem (2,28). Rzewuska i Strabel [2015] wykazali z kolei, że w przypadku pierwiastek wysoka temperatura otoczenia w momencie inseminacji wpływała ujemnie na długość OU i wzrost temperatury o 10°C związany był z wydłużeniem tego okresu o 13 dni. Równocześnie najdłuższe OU oraz OMC obserwowano u krów unasienianych po raz pierwszy latem i wczesną jesienią. Autorzy zwrócili uwagę, że choć temperatura otoczenia wpływała na wartości wskaźników o charakterze ciągłym (interwałowym), nie odnotowali oni podobnych zależności w przypadku takich wskaźników jak skuteczność inseminacji czy wskaźnik niepowtarzania rui, przypisując takie a nie inne wyniki warunkom klimatycznym panującym w Polsce. Ich zdaniem średnia miesięczna temperatura wynosząca w okresie badań 24°C mogła być zwyczajnie zbyt niska by wywołać stres cieplny lub trwał on zbyt krótko. W oparciu o doniesienia hiszpańskie Thatcher i wsp. [2010] informują, że odsetek ciąż po inseminacjach w okresie wiosenno-letnim ulegał obniżeniu w porównaniu do okresu jesienno-zimowego, ponadto w cieplejszym okresie roku częściej dochodziło do zaburzeń w funkcjonowaniu układu rozrodczego (np. brak ciałka żółtego, cysty jajników). Wysoką temperaturę wskazano jako jedną z przyczyn wczesnej śmierci zarodkowej oraz zmian hormonalnych, prowadzących do wzrostu liczby ciąż bliźniaczych w okresie letnim. Ponadto w okresie letnim wykazano 6% spadek wskaźnika ciąż przypadających na inseminację dla każdych dodatkowych 1000 kg rocznej wydajności mleka, natomiast nie stwierdzono tej zależności w chłodniejszej porze roku. Tłumaczone jest to wzrostem wrażliwości krów na stres cieplny wraz ze wzrostem wydajności, odnotowano bowiem, iż wzrost wydajności dobowej krów sprzyja obniżeniu progu stresu temperaturowego [Lambertz i wsp., 2014; El-Tarabany i El-Tarabany, 2015]. Ujemny wpływ wysokich temperatur na efektywność rozrodu został potwierdzony również przez Chebela i wsp. [2004] oraz Hertl i wsp. [2010], którzy wykazali kilkuprocentowe obniżenie wskaźnika zacieleń u amerykańskich krów holsztyńskich, na które czynnik ten oddziaływał, przy czym drugi z wymienionych zespołów jako najkorzystniejsze do inseminacji wskazał okresy wiosenny i jesienny, cechujące się umiarkowanymi warunkami atmosferycznymi. Istotny wpływ sezonu inseminacji ($P<0,05$) na efektywność rozrodu podkreślają także König i wsp. [2008]. Również Miller i wsp. [2001] odnotowali wyraźne obniżenie skuteczności pierwszej inseminacji w okresie letnim. Podobne wyniki uzyskali w przypadku populacji krów izraelskich Lavon i wsp. [2011a]. Również wyniki uzyskane w RPA [Muller i wsp., 2014] i Egipcie [El-Tarabany i El-Tarabany, 2015] wskazują jako korzystniejsze dla uzyskania ciąży miesiące o niższych temperaturach. Podobnie wyniki uzyskane w Argentynie [Piccardi i wsp., 2013] wskazują, że korzystniejsze dla efektywności rozrodu jest unasienianie krów w okresach niższych temperatur. Także według

Jaśkowskiego i wsp. [2005] w okresie wysokich temperatur, korzystniejsze ze względów praktycznych, jest unasienienie zwierząt młodszych, cechujących się niższymi wydajnościami. Negatywny wpływy wysokiej temperatury i wilgotności powietrza na płodność krów potwierdzają wyniki uzyskane przez Gehrke i Zbyluta [2011], którzy najwyższe wskaźniki utraty ciąży we wczesnej fazie (do 90 dnia) jej rozwoju uzyskiwali u krów skutecznie inseminowanych w okresie wiosennym (marzec-maj). Według Jaśkowskiego i wsp., [2005] w okresach podwyższonej temperatury wystąpiły negatywne zmiany w ilości i jakości pozyskiwanych od krów dawczyń oocytów, gorsze też były wyniki embriotransferu. Również dane pochodzące z Izraela wskazują na obniżenie skuteczności pierwszej inseminacji wskutek wzrostu temperatury otoczenia krów z 38,7% w okresie zimowym do 22,0% latem oraz 28,9% jesienią [Friedman i wsp., 2011]. Z kolei wyniki tureckie [Sönmez i wsp., 2005] wskazują, że zmiany temperatury i wilgotności istotnie wpływały na intensywność objawów rujowych oraz wskaźnik zacieleń (gorsze wartości tych wskaźników w okresie letnim), natomiast nie różnicowały długości OSR. Badania brytyjskie [Remnant i wsp., 2015] wskazują z kolei na pewną sezonowość w odniesieniu do długości OU. Zaobserwowano bowiem tendencję do skrócenia OU w okresie od czerwca do października, przy czym w lipcu, sierpniu i wrześniu był on o jedną piątą dnia krótszy niż w referencyjnym styczniu. Wyniki te znajdują odzwierciedlenie w badanich Ismaela i wsp [2016] wskazujących na krótsze OSR u krów wycielonych w okresie letnio-jesiennym w porównaniu z zimowo-wiosennym. Wpływu pory roku na efektywność rozrodu nie potwierdziły wyniki przedstawione przez Jankowską i wsp. [2012], którzy analizowali je łącznie z kondycją (BCS) krów.

3.1.4. Zależność między okresem laktacji podczas pierwszej inseminacji a płodnością krów

Zgodnie z przewidywaniami wraz wydłużaniem się OSR wydłużał się OMW, poprawiły się natomiast wartości pozostałych wskaźników. Krowy unasieniane do 60 dnia laktacji, w porównaniu z rówieśnicami, u których rozpoczynano inseminację później cechowały się istotnie wyższymi wartościami II oraz dłuższymi OU (o 4-5 dni). Nie stwierdzono istotnych różnic dla długości OU w przypadku krów unasienianych w trzecim, czwartym, piątym czy szóstym miesiącu laktacji. Zaobserwowano natomiast spadek liczby zabiegów potrzebnych do uzyskania ciąży wraz z oddalaniem się w czasie zabiegu pierwszej inseminacji od poprzedzającego go wycielenia, stwierdzone różnice były najczęściej potwierdzone statystycznie. Wyjaśnić to można wzrostem skuteczności pierwszej inseminacji wraz z oddalaniem się jej terminu od wycielenia [Miller i wsp., 2001; Buckley i wsp., 2003, Řehák i wsp. 2009]. Na zależność między wartością II a okresem laktacji przypadającym na pierwszą inseminację wskazują również Rzewuska i Strabel [2014]. Podobnie Yusuf i wsp. [2011] odnotowali korzystny wpływ oddalania się terminu unasieniania od

porodu na skuteczność pierwszej inseminacji. Według przedstawionych przez nich rezultatów, w okresie do 100 dnia laktacji zależność ta miała charakter liniowy, choć różnice nie były statystycznie istotne, a każde dodatkowe 20 dni dzielące wycielenie i zabieg unasieniania powodowały wzrost prawdopodobieństwa skuteczności pierwszej inseminacji o 2,4%, przy czym dotyczyło to tylko pierwszych stu dni nowej laktacji, gdyż w przypadku późniejszych inseminacji ich skuteczność spadała. Generalnie w objętej badaniem populacji, w analogicznych okresach laktacji uzyskiwano niższą skuteczność pierwszej inseminacji (30,1-38,0%) niż w badaniach własnych (tab. 5). Ponadto autorzy ci wykazali tendencję do uzyskiwania lepszej płodności (wskaźnik zacieleń i OMC) w przypadku krów inseminowanych we wcześniejszych fazach laktacji do tych unasienianych w późniejszych okresach laktacji. Uzyskane w cytowanym badaniu indeksy inseminacji oscylowały w granicach 1,9–2,4 porcji nasienia, przy czym najwyższe wartości odnotowano w początkowych okresach laktacji (do 60 dnia), co pokrywa się z wynikami uzyskanymi w badaniach własnych. Również badania przeprowadzone w Szwecji [Lomander i wsp., 2013] wskazują, że szybsze unasienianie krów po porodzie (<60 dni) skutkuje niższą skutecznością pierwszego zabiegu oraz większą liczbą zabiegów potrzebnych do uzyskania zapłodnienia, zalecając przesunięcie zabiegów w czasie jako sprzyjające ich efektywności.

Według Yusufa i wsp., [2011] oraz Lomander i wsp., [2013] przy ustalaniu terminu inseminacji po wycieleniu warto uwzględnić takie czynniki jak położenie fermy, charakterystyka stada, system utrzymania stada (wcześniejsza inseminacja w oborach wolnostanowiskowych niż uwęziowych), pora roku, liczba wycieleń, infekcje układu rozrodczego, zaburzenia metaboliczne, zapalenia wymienia czy problemy ze wznowieniem aktywności jajników w okresie poporodowym. Jako potwierdzenie ostatniego stwierdzenia przytaczają oni wyniki innych autorów wskazujące, iż jeden dzień zwłoki związanej z opóźnieniem poporodowej aktywności lutealnej powoduje, że termin pierwszej inseminacji przypada o 0,24 dnia później niż miałoby to miejsce normalnie. Późniejszy dzień laktacji jest wskazywany jako podnoszący prawdopodobieństwo zapłodnienia, niezależnie od tego czy krowy unasieniane są na podstawie obserwacji rui czy w wyniku inseminowania „na czas", związanego ze sterowaniem cyklem rujowym [Herlihy i wsp., 2013].

3.1.5. Zależność między wielkością stada a płodnością krów

Kolejnym rozpatrywanym w kontekście efektywności rozrodu krów czynnikiem była wielkość stada. Średnia wielkość stada krów objętych oceną wartości użytkowej w woj. kujawsko-pomorskim i w całym kraju wynosiła w 2014 r. 35,4 krowy [PFHBiPM, 2015]. W badaniu własnym, w przypadku stad małych (<20 krów) i średniej wielkości (20-50 krów) odnotowano krótsze OMW oraz OU w porównaniu ze stadami dużymi (50-200 krów) i bardzo dużymi (>200 krów), różnica ta sięgała 7-10 dni ($P \leq 0,01$) (tab. 1). Mniejsza liczba krów w

stadzie korzystnie wpływała na liczbę porcji nasienia potrzebnych do zacielenia, istotne różnice wystąpiły między stadami małymi i średniej wielkości a dużymi i bardzo dużymi, a także między stadami liczącymi 50-200 oraz >200 krów. Prawdopodobną przyczyną obserwowanej zmienności jest utrudniona indywidualna kontrola zwierząt np. pod kątem pobrania paszy czy detekcji rui wraz ze zwiększającą się obsadą stada [Kowalski, 2010]. El-Tarabany i El-Tarabany [2015] wskazują z kolei, że utrzymywanie dużej liczby zwierząt pod jednym dachem może niekorzystnie wpływać na warunki klimatyczne panujące w budynku. Zwłaszcza w okresach wysokich temperatur i przy wątpliwej jakości systemach chłodzenia zwierząt, może być to przyczyną pogorszenia płodności. Wielkość stada została także wskazana jako czynnik różnicujący długość OMW w specyficznych warunkach hodowli bydła w Irlandii [Jago i Berry, 2011]. Stada mniejsze cechowały się w tym przypadku krótszymi ($P<0,05$) OMW (356,2 dnia) niż stada średnie i duże (384,7 i 384,7 dnia). Ponadto stwierdzono, że w stadach dużych (iloraz szans (OR)= 0,94) trudniej uzyskać ciążę ($p=0,056$) przy pierwszym unasienianiu niż w stadach średniej wielkości (OR= 1,01), ale nie trudniej niż w małych (OR= 1,00). Z kolei stada małe i średnie pod tym względem się nie różniły.

3.1.6. Zależność między wydajnością dobową a płodnością krów

Spośród uwzględnionych czynników poziom wydajności dobowej krów okazał się najbardziej różnicującym wartości wszystkich wskaźników płodności. Wraz ze wzrostem wydajności dobowej krów z ≤20 kg do >40 kg wydłużał się ($P\leq0,01$) ich OMW oraz OU (o ponad jeden cykl płciowy), wartość II wzrastała ($P\leq0,01$) o 0,6 (tab. 1), skuteczność pierwszej inseminacji zmniejszała się o ponad 4% (tab. 5). Wysoka liczba zabiegów inseminacyjnych przypadających na zapłodnienie (1,95-2,54), zwłaszcza przy najwyższej produkcji mleka, mogła być konsekwencją zbyt dużego obciążenia metabolicznego organizmu krów wysokowydajnych (tab. 1). Stwierdzono bowiem [Dymnicki i wsp. 2003], że wysoki indeks unasienień może wynikać z faktu niedostatecznego przygotowania dróg rodnych do implantacji zarodka, pomimo występowania zewnętrznych objawów rui. Řehák i wsp. [2009] odnotowali aż 10% spadek skuteczności pierwszej inseminacji porównując krowy o wydajnościach dobowych 29,5–37,2 kg z tymi produkującymi powyżej 37,2 kg FPCM (fat-protein corrected milk). Jako jedną z przyczyn takiej sytuacji wymieniono skrócenie okresu wyrażania objawów rujowych, zwłaszcza u krów najbardziej wydajnych (>39 kg mleka/dobę) do około 7 godzin, w czasie którego obserwowano około 6,5 odruchów tolerancji, trwających łącznie około 20 sekund [Thatcher i wsp., 2010]. Wzrost wydajności dobowej powyżej 39,5 kg jest wskazywany jako czynnik prowadzący do skrócenia rui także przez badaczy irlandzkich [Herlihy i wsp., 2013]. Również badacze amerykańscy [Ferguson i Skidmore. 2013] oraz francuscy [Brun-Lafleur i wsp., 2013] wskazują wysoką wydajność krów jako czynnik ujemnie wpływający na ekspresję rui. Nourozi i wsp. [2010] oceniając

wpływ wybranych czynników na długość OMC również wskazali wydajność rzędu 40 kg jako negatywnie wpływającą na płodność, co podobnie jak wielu innych autorów tłumaczą niedoborami energetycznymi w początkowej fazie laktacji i związanymi z nimi zaburzeniami funkcjonowania mechanizmów hormonalnych. Olechnowicz i Jaśkowski [2005] podają, że w badaniach epidemiologicznych na krowach o wydajności >9 000 litrów mleka, więcej niż 50% z nich może być dotknięte różnymi postaciami niepłodności. Wyniki pozostają w zgodzie z pracami zespołu Lomander [2013], który odnotował pogarszanie się płodności wraz ze wzrastającą wydajnością ECM (Energy Corrected Milk) krów.

Niekorzystny wpływ wzrastającej wydajności mlecznej na płodność krów został stwierdzony również w badaniach innych autorów. Według Borkowskiej i wsp. [2012] w przypadku wysokowydajnych (>9000 kg/laktację) krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej każde dodatkowe 2000 kg mleka w laktacji było przyczyną istotnego pogarszania się efektywności rozrodu. Negatywny wpływ na rozród miała również ekstremalnie wysoka (powyżej 3600 kg) wydajność pierwiastek w pierwszych 100 dniach laktacji. Przeprowadzone badania wykazały, że była ona przyczyną wydłużania OMW, OU i OMC. Stwierdzenia te znajdują potwierdzenie w wynikach uzyskanych przez zespól Piccardi [2013], że wydajność mleka w 305-dniowej laktacji istotnie różnicowała argentyńskie krowy pod względem odsetka ciężarnych w 100 dniu laktacji (39% w grupie o niskiej wydajności i 30% w grupie o wysokiej wydajności) i długości OU na niekorzyść wysokich wydajności (średnio 9283 kg, OU 148) w porównaniu z krowami o średniej (7552 kg, OU 129 dni) i niskiej produkcji mleka (5505 kg, OU 124 dni). Borkowska i wsp. [2012] wskazują na negatywny wpływ wczesnej inseminacji krów, co przekłada się na wyniki produkcyjne (obniżenie wydajności i wytrwałości laktacji, składu mleka), zwłaszcza jeżeli ciążę uzyskiwano w trakcie pierwszych trzech miesięcy laktacji. Szczególnej uwagi pod tym względem wymagają krowy o wydajności >10000 kg mleka, w przypadku których OSR powinien oscylować w granicach 14-17 tygodni [Januś i Borkowska, 2006; Borkowska i wsp., 2012]. Wynika to z faktu wysokich, trudnych do pokrycia potrzeb pokarmowych. Ponadto zaobserwowano, że dostarczane składniki pokarmowe w pierwszej kolejności wykorzystywane są na potrzeby bytowe oraz produkcję mleka [Drackley i Cardoso, 2014; Rzewuska i Strabel, 2015; Zebeli i wsp., 2015]. Dochodzi do zjawiska konkurencji między wydajnością mleczną i płodnością, co potwierdzają wyniki uzyskane przez innych badaczy [Strucken i wsp., 2012; Lomander i wsp., 2013; Lucy i wsp., 2014], w efekcie następowało pogarszanie wartości II oraz wydłużanie OMW wraz ze wzrostem wydajności mleka (FCM). Podkreślić należy, iż długie OMW, przekraczające 360-400 dni, niekoniecznie wskazywać muszą na problemy w reprodukcji, gdyż mogą one być wynikiem świadomego działania hodowców. Celowe jest bowiem wydłużanie laktacji do nawet 15-18 miesięcy w przypadku krów charakteryzujących się wysoką, utrudniającą zasuszenie wydajnością. Pozwala to na pełne wykorzystanie potencjału produkcyjnego tych zwierząt

[Bogucki i wsp., 2007; Dobson i wsp., 2007; Topolski i wsp., 2008; Czerniawska-Piątkowska i Gajdka, 2014], a w przypadku pierwiastek cechujących się wysoką wytrwałością laktacji umożliwia szybsze osiągniecie dojrzałości i właściwej kondycji przed kolejnym zapłodnieniem [Borkowska i wsp., 2012]. Wymiernym efektem takiej strategii są m.in. uzyskanie wyższej wydajności życiowej, lepszej wytrwałość laktacji oraz obniżenie wskaźnika brakowania, a także poprawa składu mleka i efektywności inseminacji [Topolski i wsp., 2008; Sawa i Bogucki, 2009].

Wśród innych możliwych przyczyn obniżonej płodności w stadach krów mlecznych wymieniane są m.in. choroby zakaźne, odchów jałówek, organizację i zarządzanie stadem, trudne porody, choroby nóg, jakość nasienia, sposób unasieniania, ogólnie pojętą dbałość o stado czy nieefektywne wykrywanie rui oraz coraz częściej obserwowaną w wielu stadach tendencję do zbyt szybkiej inseminacji krów po porodzie, wynikającej m.in. z obecności zewnętrznych objawów rujowych pomimo nieprzygotowanego do implantacji zarodka układu rozrodczego [Caraviello i wsp., 2006; Thatcher i wsp., 2010; Borkowska i wsp., 2012; Ferguson i Skidmore, 2013; Januś i Borkowska, 2013; Lomander i wsp., 2013; Piccardi i wsp., 2013; Shahinfar i wsp., 2014]. Nie bez znaczenia pozostaje również doświadczenie inseminatora [Buckley i wsp., 2003; Rzewuska i Strabel, 2014]. Wyniki badań wskazują, że skuteczność pierwszej inseminacji może wzrastać o 3-6 % gdy jest wykonywana przez zawodowego inseminatora w porównaniu z zabiegami wykonywanymi przez hodowców [Buckley i wsp. 2003]. Inną z przyczyn wydłużania się OMW i zwiększonego brakowania krów mogą być nieujęte w niniejszej pracy ciąże mnogie [Sawa i wsp., 2012; Thatcher i wsp., 2010]. Są one wymieniane jako jedna z przyczyn zaburzeń okresu okołoporodowego m.in. takich jak zatrzymania łożyska, *metritis*, ketozy i stłuszczenia wątroby; mają również negatywny wpływ na sam przebieg porodu i mogą przyczyniać się zaburzeń funkcjonowania układu lokomocyjnego zwierząt, a w kujawsko-pomorskiej populacji krów stanowią one około 1,5% przypadków (Sawa i wsp. 2012). Innym istotnym dla efektywności rozrodu elementem jest utrzymanie właściwej kondycji ciała krów (BCS) w okresie od porodu do inseminacji, wykazano bowiem negatywny wpływ nadmiernej utraty masy ciała na skuteczność inseminacji, długość OU czy ogólnie rozumianego wydłużenia OMW [Bastin i wsp., 2010; Thatcher i wso., 2010; Zink i wsp., 2012; Brun-Lafleur i wsp., 2013; Stefańska i wsp., 2016]. Szereg negatywnych związków genetycznych między ujemnym statusem energetycznym krów oraz zmianami w obrębie masy ciała w początkowej fazie laktacji a ich płodnością został udokumentowany m.in. również przez Banosa i Coffeya [2010] oraz Řeháka i wsp. [2012].

Ważnym czynnikiem decydującym o efektywności rozrodu jest też zdolność utrzymania ciąży. Chebel i wsp. [2004] donoszą, że późna zamieralność zarodków (między 27-45 dniem po inseminacji) może dotyczyć nawet 21% krów, a niektóre badania wskazują, że problem ten dotyka ponad 60% zwierząt. Natomiast wczesna zamieralność zarodków dotyka nawet ponad 50%

wysokowydajnych krów [Drackley i Cardoso, 2014]. Według szacunków utrata ciąży kosztuje hodowcę około 640 dolarów (USD). Według doniesień Cabrery [2014] utrata 90 dniowej ciąży w 210 dniu laktacji może kosztować od 323 do 491 USD, a każdy dzień między 90 a 120 dniem doju, w którym krowy pozostawały nieciężarne kosztował hodowców 5,2 – 6,0 USD/dzień, przy czym rozbieżności te wynikały tylko z 10% zmiany produkcyjności zwierząt (wzrost wraz ze wzrostem wydajności), przy pozostałych czynnikach niezmiennych. Natomiast średnio i bardzo trudne porody u pierwiastek, przyczyniające się pogorszenia wskaźników rozrodu wycenianie są odpowiednio na 110£ oraz 400£ [Eaglen i wsp., 2013]. Inni autorzy [Kadarmideen i wsp., 2000] wskazują, że każdy dodatkowy dzień OMW to dla hodowcy strata rzędu 6,22-7,44£, z kolei Seegers [2006] wskazuje na wartości rzędu 0,5-5€/dzień, przy czym podkreśla, że rzeczywiste koszty są trudne do wyliczenia, a podejmując decyzję zarządcy stad powinni brać pod uwagę lokalny sposób ich szacowania i adaptować go do warunków stada.

Rozważając wpływ wydajności stada na efektywność rozrodu warto wziąć pod uwagę wyniki badań Januś i Borkowskiej [2006] wskazujące, że wzrost wydajności o 500-700 kg w trakcie 305-dniowej laktacji, w zależności od wieku krów może powodować, że do uzyskania ciąży będą potrzebne co najmniej trzy dodatkowe zabiegi inseminacyjne. Natomiast według Remnanta i wsp. [2015] każde dodatkowe 1000 litrów mleka w standardowej laktacji powoduje wydłużenie OU o 0,024 dnia.

3.1.7. Zależność między zawartością mocznika w mleku a płodnością krów

Zawartość mocznika w mleku jest cechą o rosnącym znaczeniu w hodowli bydła mlecznego. Hodowcy i doradcy żywieniowi wykorzystują ją jako ważny i obiektywny wskaźnik prawidłowo zbilansowanej dawki pokarmowej pod względem białka i energii w żywieniu krów [König i wsp., 2008, Bastin i wsp., 2014]. Jednocześnie upatruje się potencjalnego wykorzystania zawartości mocznika w mleku w genetycznym doskonaleniu cech płodności oraz zdrowotności [Rzewuka i Strabel, 2013b; 2014]. Analiza wyników zamieszczonych w tabeli 1 wskazuje, że poziom mocznika w mleku z próbnego udoju poprzedzającego zabieg inseminacji, rozpatrywany jako czynnik główny, istotnie wpływał na długość OMW oraz OU (najdłuższe u krów produkujących mleko o zawartości >300 mg/l). Według Jankowskiej i wsp. [2010] w przypadku wysokowydajnych krów niezwykle ważne jest właściwe zbilansowanie dawki pokarmowej, zwłaszcza pod względem zawartości w niej białka i energii, co wpływa nie tylko na przebieg laktacji, ale ma również zasadnicze znaczenie w odniesieniu do prawidłowego funkcjonowania układu rozrodczego. Niezbilansowane żywienie jest często wskazywane jako przyczyna obniżenia produkcyjności oraz pogorszenia płodności krów, zwłaszcza jeśli niedożywieniu energetycznemu towarzyszy nadmierna ilość białka, powodująca wzrost

koncentracji mocznika w krwioobiegu, przy czym należy pamiętać, że zarówno niedobór jak i nadmiar białka i energii będzie wpływał niekorzystnie. Skrzypek i wsp. [2005] omawiając rezultaty badań innych autorów nad zależnościami między poziomem mocznika w mleku a wskaźnikami rozrodu, zwracają uwagę na sprzeczne wyniki i charakterystyczny fakt, że w przypadku krów cechujących się przed inseminacją najwyższym jego poziomem w mleku, uzyskiwano najgorsze parametry rozrodu, ponadto, że również bardzo niski poziom mocznika był wskazywany jako czynnik ograniczający efektywność rozrodu. Podsumowując wyniki badań innych autorów Skrzypek i wsp. [2005] stwierdzili, że poziomy mocznika wskazywane jako optymalne są niejednoznaczne i mieszczą się w zakresie od 120-180 do 150-210 mg/l mleka. Według Skrzypka i wsp. [2005] wpływ poziomu mocznika na wskaźniki rozrodu ma charakter nieliniowy, ponadto jako najkorzystniejszy z punktu widzenia reprodukcji wskazali poziom mocznika w przedziale 201-250 mg/l (indeks inseminacji wyniósł 1,85), z kolei przekroczenie 300 mg mocznika w jednym litrze mleka skutkowało istotnym obniżeniem skuteczności inseminacji (II wyniósł 2,52). Również König i wsp. [2008] wskazują na pogorszenie płodności krów, których mleko zawierało ponad 300 mg mocznika/l. Wykazali oni, iż niezależnie od poziomu białka w mleku, towarzyszącemu tak wysokiej zawartości mocznika, występowało obniżenie odsetka krów niepowtarzających ruję w ciągu 56 dni od inseminacji. Nourozi i wsp. [2010] za optymalny dla rozrodu wskazali poziom mocznika w przedziale 120-160 mg/l. Z kolei wyniki uzyskane w Czechach [Řehák D. i wsp., 2009] świadczą o braku istotnego wpływu poziomu mocznika w mleku na II i OU, choć uzyskane wartości średnie były zbliżone do uzyskanych w badaniach własnych (II wyniósł 2,12–2,36, a OU 51,7–60,8 dni). Wyjaśnienia tej zależności upatruje się w obserwowanym u wysokowydajnych krów ujemnym bilansie energetycznym, a nie w poziomie mocznika samym w sobie. Również w przypadku skuteczności pierwszej inseminacji poziom mocznika nie okazał się czynnikiem istotnie wpływającym na odsetek uzyskiwanych ciąż, choć zaobserwowano spadek skuteczności wraz ze wzrostem jego zawartości w mleku (tab. 5). Innym wyjaśnieniem zaobserwowanego zjawiska mogą być zdolności adaptacyjne krów do wysokiej zwartości białka w paszy, które przekładają się następnie na redukcję ujemnego wpływu wysokiej zawartości mocznika w mleku na ich płodność [Smith i wsp., 2014].

3.1.8. Zależność między liczbą komórek somatycznych w mleku a płodnością krów

Liczba komórek somatycznych w mleku, często traktowana jako wskaźnik stanu zdrowotnego wymienia [Skrzypek i wsp., 2007], jest czynnikiem istotnie powiązanym z uwzględnionymi w badaniach parametrami rozrodu, w szczególności z II (tab. 1) oraz ze skutecznością pierwszej inseminacji (tab. 5). Wzrost LKS w mleku, świadczący o występowaniu i zaawansowaniu *mastitis* był przyczyną wydłużania się OMW oraz OU (o około 4 dni) ($P \leq 0,05$). Podobne

tendencje, a więc pogarszanie płodności wraz z zaawansowaniem *mastitis* stwierdzono w przypadku II (P≤0,01). Pinedo i wsp. [2009], którzy w badaniach uwzględnili okres przed pierwszą inseminacją stwierdzili, że wzrostowi LKS powyżej 283 tys./ml towarzyszyło zwiększenie II (o 0,49), a także wydłużenie OSR oraz OMC. Ponadto podwyższonej LKS w okresie przed inseminacją towarzyszył około 15% spadek skuteczności pierwszej inseminacji, w porównaniu z krowami zdrowymi. Wyniki te pokrywają się z wcześniejszymi doniesieniami [Barker i wsp., 1998; Schrick i wsp., 1999; Miller i wsp., 2001; Rekik i wsp., 2008] cytowanymi przez wspomnianych autorów. W badaniach przeprowadzonych na czeskiej populacji krów holsztyńskich, Vacek i wsp. [2007] wykazali istotnie ujemny wpływ klinicznego *mastitis* na liczbę zabiegów unasieniania potrzebnych do uzyskania ciąży, a ponadto, że krowy z dwukrotnym w ciągu laktacji klinicznym zapaleniem wymienia cechowały się wyższymi wartościami II (2,58) w porównaniu z tymi, których problem ten nie dotyczył lub wystąpił jeden raz (II wyniósł odpowiednio 1,94 i 2,34). Również na Litwie [Juozaitiene i Juozaitis, 2005] wzrost LKS był czynnikiem pogarszającym płodność krów (OMW, II) w trakcie trzech pierwszych laktacji. Także Ahamadzadeh i wsp. [2009] wykazali istotne różnice między średnimi najmniejszych kwadratów dla indeksu inseminacji między krowami cierpiącymi z powodu klinicznego zapalenia wymion a zwierzętami zdrowymi (2,1 vs 1,6 zabiegu). Również Gunay i Gunay [2008] uznali kliniczne zapalenia wymienia jako czynnik pogarszający płodność, wydłużeniu uległy OSR i OMC, a II w grupach dotkniętych schorzeniem wzrósł do 2,1 i 3,4, wówczas gdy w kontrolnej wynosił 1,8. Podobnie Lomander i wsp. [2013] wymieniają wzrastającą LKS (z poniżej do powyżej 200 000 komórek/ml ciągu miesiąca) jako powód 60% spadku skuteczności pierwszej inseminacji oraz zwiększonej liczby inseminacji potrzebnych do uzyskania ciąży (2,27 vs 1,76). Nguyen i wsp. [2011] wskazują z kolei, iż przekroczenie liczby 200 tys. komórek somatycznych/1 ml mleka wpływało negatywnie na płodność krów w Japonii. Przekroczenie tego progu skutkowało obniżeniem skuteczności inseminacji i wydłużeniem OMC, a przekroczenie 500 tys. komórek w mililitrze wiązało się z przesunięciem w czasie pierwszej owulacji. Interesująco w tym względzie przedstawiają się wyniki uzyskane przez Hertl i wsp. [2010], bowiem kliniczne *mastitis* występujące więcej niż 15 dni przed i więcej niż 35 po zabiegu unasieniania nie zostało wskazane jako statystycznie istotne, niezależnie od czynnika etiologicznego, który był za nie odpowiedzialny. Z kolei stany zapalne wymienia występujące między 14 dniem przed a 35 dniem po inseminacji miały istotny wpływ na płodność i były wyraźniejsze w okresach najbardziej zbliżonych do momentu unasieniania, zwłaszcza gdy wynikały z obecności drobnoustrojów gram-dodatnich. Prawdopodobieństwo zapłodnienia spadało w tym okresie nawet o kilkadziesiąt procent, a największe spadki skuteczności związane były z występującymi w mleku mikroorganizmami gram-ujemnymi. Z kolei Miller i wsp. [2001] na podstawie analizy współczynnika regresji wskazali,

że *mastitis* występujące na 2-3 tygodnie przed pierwszą inseminacją tylko w niewielkim stopniu wpływa na jej skuteczność. Natomiast wzrost LKS o jedną jednostkę powoduje wydłużenie OMC o 0,5 dnia. Spadek skuteczności inseminacji o 20–80% na skutek klinicznego *mastitis* (lub podwyższonej LKS) obserwowanego w okresie unasienia krów wskazywany był również przez Hudsona i wsp. [2015], choć w swoich badaniach, z wykorzystaniem probabilistycznej analizy wrażliwości, autorzy ci wykazali, że w zdecydowanej większości możliwych do przyjęcia scenariuszy, związki między stanami zapalnymi wymienia mierzonymi klinicznymi zapaleniami gruczołu mlekowego lub LKS a efektywnością rozrodu na poziomie stada mogą być słabe, pomimo innych wskazań wcześniejszych doniesień. W związku pojawiającymi się wątpliwościami na temat zależności między stanem zdrowotnym wymienia a efektywnością rozrodu dalsza eksploracja tych zagadnień pozostaje uzasadniona.

Tabela 1. Wpływ czynników głównych na wartości wskaźników płodności krów

Czynnik		Wskaźniki płodności krów		
		OMW (dni)	OU (dni)	II (n)
Ogólna		426	54,8	2,20
Numer laktacji	1	457^{A}	$59,1^{A}$	$2,24^{A}$
	2	452^{A}	$53,6^{A}$	$2,18^{A}$
Poziom wydajności stada (kg)	<7000	465^{AB}	$67,1^{AB}$	$2,36^{AB}$
	7000-9000	455^{AC}	$56,9^{AC}$	$2,21^{AC}$
	>9000	443^{BC}	$45,1^{BC}$	$2,05^{BC}$
Sezon pierwszej inseminacji	Zima	453^{Aa}	$54,6^{A}$	$2,16^{A}$
	Wiosna	456^{Ba}	$57,6^{a}$	$2,20^{B}$
	Lato	458^{AC}	$58,9^{AB}$	$2,28^{ABC}$
	Jesień	451^{BC}	$54,4^{aB}$	$2,19^{C}$
Okres laktacji podczas pierwszej inseminacji (dni)	≤60	400^{ABCD}	$60,1^{Aab}$	$2,41^{ABCD}$
	61-90	425^{AEFG}	$55,7^{A}$	$2,23^{Aa}$
	91-120	453^{BEHI}	$56,3^{a}$	$2,20^{B}$
	121-150	482^{CFHJ}	$54,6^{b}$	$2,11^{Ca}$
	151-180	512^{DGIJ}	55,2	$2,10^{D}$
Wielkość stada (szt.)	≤20	449^{AB}	$50,0^{AB}$	$2,04^{AB}$
	21-50	451^{CD}	$52,4^{CD}$	$2,06^{CD}$
	51-200	458^{AC}	$61,0^{AC}$	$2,32^{ACa}$
	>200	459^{BD}	$62,0^{BD}$	$2,41^{BDa}$
Wydajność dobowa (kg)	≤20,0	443^{AB}	$43,5^{ABa}$	$1,95^{ABa}$
	20,1-30,0	449^{CD}	$50,6^{CDa}$	$2,09^{CDa}$
	30,1-40,0	456^{ACE}	$58,9^{ACE}$	$2,25^{ACE}$
	>40,0	469^{BDE}	$72,5^{BDE}$	$2,54^{BDE}$
Poziom mocznika w mleku (mg/l)	≤150	453^{A}	$55,4^{a}$	2,20
	150-300	453^{B}	$55,2^{A}$	2,19
	>300	457^{AB}	$58,6^{Aa}$	2,24
Zawartość komórek somatycznych w 1 ml mleka (szt.)	≤200000	452^{ab}	$54,0^{a}$	$2,15^{AB}$
	200001-400000	454	56,0	2,19
	400001-1000000	456^{a}	57,3	$2,24^{A}$
	>1000000	456^{b}	$58,1^{a}$	$2,26^{B}$

Wartości różniące się statystycznie w obrębię czynnika oznaczono tymi samymi literami jako ^{A,B} przy P≤0,01, ^{a,b} przy P≤0,05.

3.2. WPŁYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW NA ZALEŻNOŚCI MIĘDZY WYDAJNOŚCIĄ DOBOWĄ (LUB POZIOMEM MOCZNIKA, LUB LKS W MLEKU) A PŁODNOŚCIĄ KRÓW

3.2.1. Zależność między wydajnością dobową a płodnością krów z uwzględnieniem wybranych czynników (wiek krów, poziom wydajności stada, wielkość stada, sezon pierwszej inseminacji, okres laktacji)

Wyniki zamieszczone w tabeli 2 wskazują, że płodność krów zależała nie tylko od poziomu ich wydajności dobowej w próbnym doju przeprowadzonym do 30 dni przed pierwszą inseminacją (P≤0,01), ale również od interakcji wydajności dobowej ze wszystkimi uwzględnionymi w badaniach czynnikami.

Analizując wyniki dotyczące wpływu interakcji między wydajnością dobową i wiekiem krów stwierdzono, że najkrótszy OU (39,4 dnia), OMW (439 dni) i najniższy indeks inseminacji (1,88) (tab. 2) oraz najwyższą skuteczność pierwszej inseminacji (53,5%) (tab. 5) odnotowano u krów w drugiej laktacji o wydajności dobowej ≤20 kg mleka. Najgorsza płodność (P≤0,01) wystąpiła u pierwiastek o wydajności >40 kg mleka (OMW dłuższy o 31 dni, OU dłuższy o 34 dni, II mniejszy o 0,63, skuteczność pierwszej inseminacji mniejsza o 11,8%). Niezależnie od wieku krów stwierdzono pogarszanie się ich płodności wraz ze wzrostem wydajności dobowej, przy czym najbardziej płodność pogarszała się po przekroczeniu 40 kg mleka/dobę (u pierwiastek OMW i OU dłuższy o 11 dni, u krów w drugiej laktacji OMW dłuższy o 14 dni a OU o 16 dni). Różnice w długości OMW i OU krów należących do klas wydajności ≤20 kg, 20,1-30,0 kg, 30,1-40 kg były mniejsze i wynosiły około 6-9 dni, przy czym większe różnice dotyczyły krów starszych. Wzrastająca wydajność dobowa została wskazana również jako czynnik istotnie wpływający na skuteczność pierwszej inseminacji (tab. 5). Wraz ze wzrostem wydajności pierwiastek z ≤20 kg do >40 kg skuteczność pierwszej inseminacji spadła o ponad 7%, natomiast w przypadku krów w drugiej laktacji aż o ponad 16%. Podobna istotna zależność odnotowana została w odniesieniu do wartości II, niezależnie od wieku krów wraz ze wzrostem wydajności dobowej zwiększała się liczba porcji nasienia potrzebnych do zapłodnienia. Należy przy tym podkreślić, że pierwiastki i krowy w drugiej laktacji produkujące 30,1-40,0 kg i więcej mleka nie różniły się między sobą istotnie pod względem wartości indeksu insemiancji. W przypadku krów o niższych wydajnościach, indeks inseminacji był wyższy u pierwiastek (P≤0,01) (tab. 2.). Wyniki uzyskane w badaniach własnych potwierdzają rezultaty przedstawione przez Rzewuską i Strabla [2015]. W badanej przez nich populacji pierwiastek wzrostowi wydajności dobowej o 10 kg towarzyszyło 6 dniowe wydłużenie OU, pogorszenie skuteczności pierwszej inseminacji (o 3%) i zwiększenie o 0,1 II. Wyniki te zatem potwierdzają niekorzystne z hodowlanego

punktu widzenia związki między płodnością krów a ich zdolnościami produkcyjnymi.

Kolejną mającą wpływ (P≤0,01) na wszystkie rozpatrywane w pracy wskaźniki rozrodu była interakcja zachodząca między wydajnością dobową krów i poziomem wydajności stada. W przypadku stad o wydajności <7000 kg mleka wzrost wydajności dobowej krów z ≤20 kg do >40 kg powodował wydłużenie OU o około 42 dni i OMW o 37 dni, przy czym różnice między krowami o wydajności dobowej ≤20 kg i 20,1-30 kg wynosiły około 7 dni, natomiast między krowami o wydajności dobowej 30,1-40 kg i >40 kg aż 21 dni. W przypadku stad o wydajności 7000-9000 kg mleka różnice w długości OMW i OU krów o różnej wydajności dobowej były mniejsze i między skrajnymi grupami wynosiły 24 i 25 dni. W stadach o wydajności >9000 kg, wzrost wydajności dobowej krów nie powodował istotnych zmian w ich płodności mimo, iż wydłużyły się OMW i OU (o 16 dni i 20 dni). Wzrostowi wydajności dobowej krów utrzymywanych w stadach o zróżnicowanym poziomie wydajności towarzyszył wzrost wartości II, potwierdzony statystycznie w stadach o wydajności do 9000 kg mleka. Najwięcej istotnych różnic odnotowano w stadach o najniższej z analizowanych wydajności, ponadto w stadach tych różnice między najniższymi i najwyższymi wartościami II wynosiły aż 0,84 i były one dwukrotnie wyższe niż w stadach o wydajności 7000-9000 kg i >9000 kg. Zaobserwowano ponadto istotny spadek skuteczności pierwszej inseminacji wraz ze wzrastającą wydajnością dobową, który najsilniejszy był w stadach o najniższym poziomie wydajności (o 23,9%), a najmniejszy w stadach o najwyższym poziomie wydajności (o 6,1%) (tab. 5) Wyniki wskazują, że uzyskanie dobrej płodności przez wysokowydajne krowy łatwiejsze jest, gdy warunki środowiskowe obejmujące m.in. żywienie czy szeroko pojętą organizację stada dostosowane są do ich potencjału. Wykazano zmniejszającą się skuteczność pierwszej inseminacji krów wraz ze wzrostem ich wydajności dobowej, szczególnie w stadach o poziomie wydajności <7000 kg mleka (spadek o 24%), w stadach o poziomie wydajności >9000 kg mleka spadek ten wyniósł 6%. Tak więc można podsumować, że wraz ze wzrostem poziomu wydajności stada zmniejszał się niekorzystny wpływ wzrastającej wydajności dobowej krów na ich płodność.

Wpływ wydajności dobowej na płodność był zróżnicowany w zależności od sezonu pierwszej inseminacji (tab. 2 i 5). Wzrostowi wydajności dobowej krów towarzyszyło pogarszanie płodności, szczególnie, gdy pierwszą inseminację przeprowadzono latem (OMW i OU dłuższy o około 32 dni, II większy o 0,7, skuteczność pierwszej inseminacji mniejsza o13,3%). Gdy pierwszą inseminację przeprowadzono w okresie jesienno-zimowym zróżnicowanie płodności krów było mniejsze i między krowami o najniższej i najwyższej wydajności dobowej wynosiło około 22 dni dla OMW i OU, 0,54 dla II oraz około 11% dla skuteczności pierwszej inseminacji. Wydaje się, że warto zwrócić uwagę na fakt, że wpływ sezonu pierwszej inseminacji na płodność krów zwiększał się wraz ze wzrostem ich wydajności dobowej. O ile płodność krów o wydajności dobowej ≤20 kg mleka nie była zróżnicowana ze względu na sezon pierwszej inseminacji,

to w przypadku krów o wydajności dobowej >40 kg, stwierdzono gorszą płodność (o około 10 dni dłuższe okresy OMW i OU) po inseminacjach wiosną i latem niż jesienią i zimą, Ponadto niezależnie od sezonu inseminacji wraz ze wzrostem wydajności dobowej obserwowano spadek skuteczności pierwszego unasienia, przy czym w okresie zimowo-wiosennym różnica między najbardziej a najmniej wydajnymi krowami wahała się w przedziale 9,5-10,1%, a w okresach cieplejszych wynosiła 13,3-13,7% (tab. 5).

Wzrastająca wydajność dobowa negatywnie wpływała na płodność krów niezależnie od okresu laktacji, w którym przeprowadzono ich pierwszą inseminację, przy czym szczególnie silne oddziaływanie odnotowano w pierwszych 60 dniach laktacji. Przy inseminacjach do 60 dnia laktacji krowy o wydajnościach <20 kg i 20,1-30,0 kg nie różniły się istotnie pod względem długości OMW, mimo obserwowanych pewnych różnic, podobnie krowy o wydajnościach 30,1-40,0 kg i >40,0 kg. W przypadku krów inseminowanych między 61 a 90 dniem laktacji, mimo wyraźnej tendencji do wydłużania się OMW wraz ze wzrostem wydajności, krowy o najniższej wydajności dobowej nie różniły się statystycznie od tych znajdujących się w kolejnych dwóch klasach wydajności. Podobnie w przypadku klas 30,1-40,0 kg i >40,0 kg 9-dniowa różnica nie została wskazana jako istotna. Jedyne istotne różnice w tym okresie laktacji wystąpiły między krowami o wydajności do 30,0 kg i >40 kg. Identyczna do opisanej sytuacja miała miejsce przy pierwszej inseminacji w czwartym miesiącu laktacji. W przypadku krów inseminowanych po raz pierwszy po 120 dniu laktacji pomimo wyraźnych różnic w długości OMW nie odnotowano różnic potwierdzonych statystycznie. Wskazywać może to, że obserwowane w praktyce hodowlanej problemy z uzyskaniem ciąży w początkowym okresie laktacji nie wynikają bezpośrednio z wysokiej wydajności krów. Szukając praktycznych rozwiązań należałoby zwrócić uwagę na szereg innych czynników, w tym obejmujących zarządzanie stadem. Analiza uzyskanych wyników wskazuje na tendencję do wydłużania się OU i pogarszania II w miarę wzrostu wydajności dobowej w poszczególnych klasach okresu laktacji. Wykazano ponadto, że niezależnie od okresu laktacji wzrost wydajności dobowej powodował istotne, sięgające nawet 9-15% obniżenie skuteczności pierwszej inseminacji (tab. 5.) co wskazywałoby, że wydajność mleczna powinna być brana pod uwagę przy decyzjach dotyczących rozrodu krów.

Nie wykazano potwierdzonego statystycznie wpływu interakcji między wielkością stada i wydajnością dobową krów na ich płodność. Analizując wyniki zamieszczone w tabelach 2 i 5 można zaobserwować tendencję do pogorszania płodności (OMW, OU, II) wraz ze wzrostem wydajności dobowej niezależnie od wielkości stada. Skuteczność pierwszej inseminacji była uzależniona od wydajności dobowej krów, jeśli użytkowano je w stadach małych, średnich i dużych, podobna zależność nie wystąpiła w przypadku stad >200 krów. Stwierdzono, że w poszczególnych klasach wydajności dobowej, krowy ze stad małych i średnich cechowały się nieznacznie krótszymi OU i mniejszymi

wartościami II oraz w porównaniu z rówieśnicami ze stad dużych i bardzo dużych, taka tendencja wystąpiła też w odniesieniu do długości OMW.

3.2.2. Zależność między poziomem mocznika w mleku a płodnością krów z uwzględnieniem wybranych czynników (wiek krów, poziom wydajności stada, sezon pierwszej inseminacji, okres laktacji, wielkość stada)

Analiza wyników zamieszczonych w tabelach 3 i 5 pozwala na bardziej szczegółową ocenę zależności (uwzględniającą wpływ wybranych czynników) między mocznikiem (traktowanym jako wskaźnik poprawności żywienia) w mleku a płodnością krów. Stwierdzono, że poziom mocznika w mleku jest czynnikiem istotnie wpływającym na wartości wskaźników płodności (tab. 1), jednak przy równoczesnym uwzględnieniu dodatkowych czynników wykazano, że nasilenie jego związków z płodnością jest zróżnicowane (tab. 3 i 5). Stwierdzono, że niezależnie od uwzględnionego czynnika wraz ze wzrostem poziomu mocznika w mleku płodność krów pogarszała się, przy czym potwierdzone statystycznie różnice wystąpiły jedynie w przypadku interakcji z poziomem produkcyjnym stada oraz z wielkością stada. Niekorzystny wpływ przekraczającego 300 mg/l poziomu mocznika na płodność krów wykazano szczególnie w stadach o najwyższym poziomie produkcji (>9000 kg mleka) (OMW i OU dłuższe o 12 i 10 dni) oraz w stadach liczących 51-200 krów (II zwiększony o 0,8). Sawa i wsp. [2011] stwierdzili brak istotnego wpływu poziomu mocznika na skuteczność pierwszej inseminacji niezależnie od wieku krów, natomiast wykazali istotne wydłużenie się OMW w przypadku wieloródek produkujących mleko o zawartości mocznika >300 mg/l (421 dni) w porównaniu z krowami, których mleko zawierało <150 mg mocznika/l (412 dni). Ponadto wykazali, że poziom mocznika istotnie wpływał na długość OMW (417–434 dni) w stadach produkujących >6000 kg mleka, szczególnie negatywny wpływ wystąpił po przekroczeniu 300 mg/l. Przedstawione w cytowanej pracy wyniki sugerują, że optymalnym dla wysokowydajnych krów poziomem mocznika jest przedział 150-300 mg/l, co pozostaje w zgodzie z innymi doniesieniami. Badania przeprowadzone przez Jankowską i wsp. [2010] wykazały, że wśród pierwiastek i krów w drugiej laktacji najlepsze wskaźniki rozrodu uzyskały te, które dawały mleko zawierające 150-300 mg mocznika przy zawartości białka w mleku >3,6%, natomiast w przypadku krów starszych (trzecia i czwarta laktacja), gdy mleko zawierało <150 oraz 150-300 mg/l mocznika. Autorzy wyjaśniali to większą zdolnością wykorzystania nadmiaru składników pokarmowych przez zwierzęta młodsze. Z kolei Nourozi i wsp. [2010] wskazali na negatywny wpływ podwyższonej (>180 mg/l) zawartości mocznika tylko w przypadku krów w pierwszej laktacji, co tłumaczyli m.in. wielkością ciała, zdolnością pobrania paszy i szeroko rozumianym stresem porodowym i czynniki te uznali za ważne przy separacji wycielonych pierwiastek od reszty stada.

Analiza wyników dotyczących współdziałania wydajności dobowej krów i poziomu wydajności stada wskazuje, że najkrótszym OMW charakteryzowały się krowy w stadach produkujących >9000 kg mleka w laktacji, których mleko zawierało ≤150 mg/l mocznika, najdłuższymi natomiast krowy ze stad o najniższej wydajności, niezależnie od poziomu mocznika w mleku. Stwierdzono ponadto, że niezależnie od poziomu mocznika w mleku wraz ze wzrostem wydajności stada istotnie skracał się OMW, co wskazywałoby na silniejsze oddziaływanie na płodność poziomu wydajności stada niż poziomu mocznika w mleku. Podobne tendencje wystąpiły w odniesieniu do wartości OU i II. W przypadku krów w stadach o najwyższej wydajności stwierdzono dłuższe OMW (o 12 dni) i OU (o 10 dni) oraz korzystniejsze wartości II, wraz ze wzrostem poziomu mocznika w mleku. Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w odniesieniu do skuteczności pierwszej inseminacji (tab 5). Ustalenia te pozostaje w zgodzie z doniesieniami Řeháka i wsp. [2009], którzy nie wykazali wpływu współdziałania mocznika w mleku i wydajności mleka (FPCM) na efektywność pierwszego unasieniania.

W przypadku współdziałania poziomu mocznika w mleku i wielkości stada na płodność krów (tab. 3 i 5) stwierdzono silniejszy wpływ drugiego z nich, co przejawiało się wydłużaniem OMW i OU wraz ze wzrostem liczby zwierząt w stadzie, przy każdym poziomie mocznika. Nie wystąpiły istotne zmiany długości OMW i OU w obrębie klas wielkości stada, których przyczyną byłaby zawartość mocznika w mleku. Zaobserwowano natomiast kilku – kilkunastodniową różnicę w długości OMW i OU krów utrzymywanych w stadach małych i średnich w porównaniu z krowami ze stad dużych i bardzo dużych. Podobne, przy czym wyraźniej zaznaczone tendencje dotyczyły indeksu inseminacji. Ponadto wykazano, że wyższy poziom mocznika w mleku w stadach liczących >200 krów korzystnie wpływał na skuteczność pierwszej inseminacji, prowadząc do około 5% wzrostu wartości tego wskaźnika (tab. 5).

Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki można stwierdzić, iż zawartość mocznika w mleku przekraczająca 300 mg/l jest czynnikiem negatywnie wpływającym na płodność krów mlecznych, choć wpływ zawartości mocznika może być maskowany przez znacznie silniejsze oddziaływanie innych czynników. Na taką możliwość wskazują badania cytowane przez Rzewuską i Strabla [2014], że pogorszenie rozrodu może wynikać z nawarstwiania się negatywnego wpływu wysokiego poziomu mocznika i stresu cieplnego.

3.2.3. Zależność między LKS w mleku a płodnością krów z uwzględnieniem wybranych czynników (wiek krów, poziom wydajności stada, wielkość stada, sezon pierwszej inseminacji, okres laktacji)

Analiza wyników zamieszczonych w tabeli 4 wskazuje, że pomimo braku statystycznie potwierdzonego wpływu większości interakcji, dla hodowców krów mlecznych korzystne może być monitorowanie stanu zdrowia wymienia na

podstawie liczby komórek somatycznych w mleku, co mogłoby się przyczynić do poprawy płodności krów. W mleku pochodzącym od zdrowych krów liczba komórek somatycznych wynosi poniżej 200 tys./ml [Malinowski i Kłosowska, 2000; Olechnowicz i Jaśkowski, 2013]. Schepers i wsp. [1997] uważają tę liczbę komórek somatycznych za wartość progową między zdrowym a chorym wymieniem. Wzrostowi LKS w mleku niezależnie od wieku krów, poziomu produkcyjnego stada, sezonu pierwszej inseminacji, okresu laktacji podczas pierwszej inseminacji czy wielkości stada towarzyszył spadek skuteczności tego zabiegu sięgający kilku procent (tab. 5).

Uwzględniając LKS w mleku wykazano nieznacznie większe zróżnicowanie wartości OMW, OU i II u krów starszych niż u pierwiastek. Stwierdzono, że u krów w drugiej laktacji, w przypadkach wskazujących na *mastitis* (>200 tys. komórek somatycznych w 1 ml mleka), OMW i OU wydłużały się (o ponad 5 dni), zmniejszała się (o 4,3%) skuteczność pierwszej inseminacji i zwiększał się indeks inseminacji (o 0,08). Uzyskane wyniki są zgodne z rezultatami badań Morek-Kopeć i wsp. [2009], które wykazały (P<0,0001) ujemne współczynniki regresji między wskaźnikiem niepowtarzania rui do 56 dnia po inseminacji a LKS w mleku przed inseminacją. Z kolei zespół Montaldo [2010] donosi, że silniejsze zarówno genetyczne, jak i fenotypowe korelacje (w obu przypadkach statystycznie nie istotne) między LKS w mleku a długością OMW występują w przypadku krów w drugiej laktacji w porównaniu z pierwiastkami.

Nasilenie *mastitis* niekorzystnie wpływało na płodność krów użytkowanych zwłaszcza w stadach o niskim (<7000 kg mleka) i średnim (7000-9000 kg mleka) poziomie wydajności. Niezależnie od poziomu wydajności stada wzrostowi LKS towarzyszyło sięgające kliku procent pogorszenie skuteczności pierwszej inseminacji (tab. 5)

Pomimo, że nie wykazano, by interakcje między sezonem pierwszej inseminacji i LKS w mleku różnicowały istotnie płodność krów, to stwierdzono, że w każdej porze roku wraz ze wzrostem LKS w mleku pogorszała się płodność krów mierzona takimi wskaźnikami jak OMW i OU, przy czym największe różnice (około 7 dni) wystąpiły latem. Niezależnie od pory roku krowy produkujące mleko o niskiej LKS łatwiej zachodziły w ciążę zwłaszcza w porównaniu z krowami, w mleku których LKS wynosiła >400 tys./ml. Wykazano też, że różnice w długości OMW, spowodowane sezonem pierwszej inseminacji, w przypadku krów ze zdrowym wymieniem (LKS ≤200 tys,/ml) wynosiły około 5 dni, natomiast w przypadku krów z klinicznym *mastitis* (LKS >1000 tys./ml) około 8 dni. Jako najmniej korzystną uznano inseminację w okresie lata, zwłaszcza krów dających mleko o LKS >400 tys./ml. W przypadku krów ze zdrowym wymieniem sezon pierwszej inseminacji wydaje się nie mieć większego znaczenia dla efektywności rozrodu, choć najniższym II cechowały się krowy inseminowane jesienią. W przypadku skuteczności pierwszej inseminacji we wszystkich okresach roku stwierdzono istotne obniżanie się tego wskaźnika na podobnym poziomie (3,1-5,2%) wraz ze wzrastającą LKS w mleku

(tab 5). Wydaje się, że najlepszym, dającym największą gwarancję sukcesu okresem do unasieniania krów o podwyższonej LKS (200 – 400 tys.) jest zima.

Choć nie stwierdzono istotnego wpływu interakcji między LKS w mleku a okresem laktacji podczas pierwszej inseminacji na długość OMW, OU czy wartość II wyniki przedstawione w tabeli 5 wskazują na istotne obniżanie się skuteczności pierwszej inseminacji, mającej miejsce do 150 dnia laktacji wraz ze wzrastającą LKS w mleku. W większości okresów spadek ten wahał się w granicach 4,6-4,9%, natomiast najwyższy 6,3% odnotowano gdy zabieg przypadł w czwartym miesiącu laktacji. Przyczyn powyższych obserwacji upatrywać można w m.in w obserwowanym u krów o podwyższonej LKS opóźnieniu występowania rui, wyraźnemu osłabieniu jej objawów [Morris i wsp., 2013] oraz towarzyszącemu stanom zapalnym wymienia wydłużeniu okresu dzielącego wystąpienie objawów rujowych i owulację [Lavon i wsp., 2010; 2011b; Isobe i wsp., 2014; Wolfenson i wsp., 2015]. Z kolei według wyników badań tureckich [Gunay i Gunay, 2008] kliniczne *mastitis* obserwowane u krów w okresie 90 dni po wycieleniu wpływało negatywnie na efektywność rozrodu krów mierzoną długością OSR, OMC oraz II, wskazując jednoznacznie negatywny wpływ tego schorzenia na płodność krów we wczesnej laktacji. Zespół Ahmadzadeha [2009] wykazał natomiast spadek skuteczności inseminacji (II=1,98 – 3,11, P<0,05) oraz wydłużanie się OMC (123 – 181 dni, P<0,05) u krów dotkniętych *mastitis*, u których schorzenie to diagnozowano w późniejszych okresach laktacji.

Stwierdzono, że wzrost LKS niekorzystnie wpływał na płodność krów, zwłaszcza w stadach o największej obsadzie. Wydłużały się ich OMW (z 452 do 462 dni) i OU (z 58 do 66 dni), wzrastał z 2,31 do 2,49 II, a skuteczność pierwszej inseminacji spadała z 41% do 36%. Płodność krów utrzymywanych w mniej licznych stadach także pogarszała się wraz z zaawansowaniem *mastitis*, jednak w znacznie mniejszym stopniu. Stwierdzono ponadto, że płodność krów była bardziej zróżnicowana ze względu na wielkość stada, niż LKS w mleku. W przypadku krów o najniższej LKS w mleku różnice długości OMW między krowami ze stad o różnej wielkości wynosiły około 5 dni, o tyle wraz ze wzrostem LKS w mleku różnice zwiększyły się do około 10 dnia na niekorzyść stad dużych i bardzo dużych. W przypadku OU najkorzystniejsze wyniki (około 50 dni) uzyskano u krów o zdrowych wymionach, pochodzących ze stad liczących nie więcej niż 20 krów, najdłuższy OU (66 dni) cechował krowy ze stad bardzo dużych, produkujących mleko najniższej jakości higienicznej. Zaobserwowano również podobną jak w przypadku OMW tendencję do wydłużania OU, nieco silniejszą wraz ze wzrostem liczby krów w stadzie niż ze wzrostem LKS w mleku (tab. 4). Podobne tendencje, ze znacznie większym nasileniem wystąpiły w odniesieniu do II i skuteczności pierwszej inseminacji, która ulegała ogólnemu pogorszeniu z czterdziestu kilki do około czterdziestu lub nieco poniżej procent (tab. 5). Zatem słuszne wydają się być stwierdzenia Lomander i wsp. [2013] o potrzebie zwrócenia uwagi na sposób zarządzania stadem, zwłaszcza z uwzględnieniem profilaktyki zdrowia krów m.in. poprzez strukturalne podejście do minimalizowania wzrostu LKS w mleku krów po wycieleniu. Tym bardziej,

iż Albaaj i wsp. [2017] oraz Lavon i wsp. [2016] wskazują podwyższoną LKS (powyżej 150-200 tys./ml) w okresie unasieniania krów jako przyczynę kilkunastoprocentowego obniżenia skuteczności zabiegu w porównaniu ze zwierzętami uznawanymi za zdrowe.

3.3. KORELACJE MIĘDZY WYDAJNOŚCIĄ DOBOWĄ, POZIOMEM MOCZNIKA W MLEKU, LKS I WSKAŹNIKAMI PŁODNOŚCI KRÓW W OBRĘBIE KLAS WYBRANYCH CZYNNIKÓW

Obliczenie wartości współczynników korelacji między wydajnością mleka (poziomem mocznika, LnLKS) a długością OMW, OU i II stanowiło kolejny etap badań. Uwzględniono przy tym wpływ następujących czynników: wiek krów, poziom produkcyjny stada, okres laktacji, wydajność dobową, sezon pierwszej inseminacji i wielkość stada (tab. 6-8).

Wszystkie uzyskane dla ogółu populacji współczynniki korelacji między analizowanymi wynikami próbnych udojów i wskaźnikami płodności krów okazały się statystycznie wysoko istotne, choć ich siłę należy uznać za słabą, gdyż tylko w jednym przypadku przekroczyła wartość 0,1, a w pozostałych przypadkach była niższa. Ponadto wykazano, że większość uzyskanych współczynników korelacji przyjmuje wartości dodatnie, tylko między wydajnością dobową a długością OMW i zawartością mocznika a OU stwierdzono korelację ujemną (tab. 6). Bogucki i wsp. [2007] oraz Krzyżewski i wsp., [2004] również wykazali negatywny wpływ wzrastającej wydajności mlecznej na parametry rozrodu, przy czym oszacowane przez nich wartości współczynników korelacji między wydajnością laktacyjną a OMW wynosiły 0,39** i 0,52**. Korespondują z tym wyniki uzyskane w Meksyku [Albarráran-Portillo i Pollott, 2013] wskazujące na istnienie słabej, ale dodatniej korelacji między wydajnością dobową a długości OMW. Wartości współczynników korelacji (tab. 6) między wydajnością dobową w próbnym udoju przeprowadzonym do 30 dni przed pierwszą inseminacją a płodnością krów potwierdzają wyniki przedstawione w tab 2, iż w miarę wzrostu wydajności dobowej systematycznie wzrasta długość OU, zwiększa się wartość II oraz spada skuteczność pierwszej inseminacji, co świadczy o pogarszaniu płodności. Kadarmideen [2004] stwierdził ujemną korelację fenotypową między wydajnością krów a wskaźnikiem niepowtarzalności rui oraz dodatnią z długością OSR. Januś i Borkowska [2006] badając korelacje fenotypowe między wydajnością laktacyjną FCM i wskaźnikami rozrodu wykazały, że współczynnik korelacji dla II był nieco niższy od uzyskanego w badaniach własnych (0,1014) i wyniósł 0,077. Natomiast korelacja z OMW była dodatnia i wyraźnie silniejsza od uzyskanej w badaniach własnych (0,097 vs. -0,0179). Ostatniego wyniku nie potwierdzają późniejsze badania tych autorek [Januś i Borkowska, 2012], dotyczące korelacji między wydajnością mleka i długością OMW, które okazały się w przypadku pierwiastek statystycznie nieistotne i bliskie zera. Również

Kadarmideen i wsp. [2000] uzyskali wyniki świadczące o dodatniej korelacji fenotypowej (P<0,01) między 305 dniową wydajnością krów a OMW (r= 0,2029) oraz II (r= 0,1299). Biorąc pod uwagę wydajność krów (6851 kg w laktacji 305 dniowej), wyniki dotyczące związków między II a wydajnością są niemal identyczne z uzyskanymi w badaniu własnym dla stad o wydajności poniżej 7000 kg. Bliskie zeru korelacje fenotypowe między 305-dniową wydajnością krów a wskaźnikami rozrodu (OMW r= 0,011, OSR r = 0,045, OMC r= 0,054) zostały uzyskane przez Toghianiego [2012]. Umiarkowane korelacje fenotypowe między wydajnością laktacyjną a długością OMC (r= 0,28) oraz II (r= 0,21) zostały wskazane przez Banosa i Coffeya [2010]

Szczegółowa analiza, uwzględniająca wiek krów, okres ich laktacji, poziom ich wydajności dobowej, poziom wydajności i wielkość stada wykazała, że kierunek i siła zależności między wydajnością dobową a płodnością jest zróżnicowana (tab. 6).

Biorąc pod uwagę wpływ wieku krów na siłę tej zależności stwierdzono, że w przypadku OU i II była ona silniejsza u krów po drugim wycieleniu (r= 0,0923** i r= 0,1372**) niż u pierwiastek (r= 0,0483** i r= 0,0847**). Wskaźniki korelacji genetycznych między wydajnością w laktacji 305-dniowej a płodnością, oszacowane przez Pritchard i wsp. [2013] wynosiły dla OMW (0,20), dla II (0,13) i OSR (0,15) i nie różniły się w grupie pierwiastek i krów starszych (do 3 laktacji). Dodatnia korelacja (P<0,01) między wydajnością mleka w 305-dniowej laktacji a długością OMW została wskazana również przez Montaldo i wsp. [2010], dla pierwiastek (r= 0,067), natomiast dla krów cielących się dwukrotnie (r= 0,153).

W stadach różniących się poziomem wydajności stwierdzono zróżnicowaną siłę zależności pomiędzy wydajnością dobową a płodnością krów. Najsilniejsza była ona w stadach o wydajności ≤7000 kg mleka (r= -0,0327** (OMW), r= 0,0941** (OU) i r= 0,1200** (II)) i zmniejszała się wraz ze spadkiem poziomu wydajności stada.

Analizując siłę zależności między wydajnością dobową a płodnością krów w obrębie poszczególnych okresów laktacji, w których przeprowadzono pierwszą inseminację, stwierdzono, że korelacje dla OU i II były statystycznie wysoko istotne niezależnie od okresu laktacji, przy czym największą siłą cechowały się w okresach 91-120 oraz 151-180 dnia laktacji (0,0629- 0,0693 i 0,1111-0,1212). Natomiast w przypadku krów inseminowanych w pozostałych okresach zależności były nieco słabsze i utrzymywały się na poziomie (0,0405-0,0542 i 0,08-0,09). Wystąpiła tendencja do wzrostu siły zależności między wydajnością dobową a OU i II w miarę oddalania się terminu pierwszej inseminacji od wycielenia. W przypadku zależności między wydajnością dobową krów a długością OMW wykazano, że była ona najsilniejsza u krów inseminowanych w okresie pierwszych dwóch (r= 0,0576**) oraz szóstego miesiąca laktacji (r= 0,481**). Słabszą zależność odnotowano w przypadku krów inseminowanych w trzecim i czwartym miesiącu laktacji, natomiast u krów unasienianych między 121 a 150 dniem laktacji istotnych korelacji nie stwierdzono. Badania japońskie

[Hagiya i wsp., 2013] wykazały negatywny wpływ wydajności krów na skuteczność pierwszej inseminacji. Zarówno w przypadku pierwiastek jak i krów w drugiej laktacji odnotowano ujemne korelacje fenotypowe, których siła wzrastała wraz z upływem laktacji (r= -0,024 do -0,215 dla pierwiastek i r= -0,010 do -0,207 dla krów w drugiej laktacji).

Zależności między wydajnością dobową i wskaźnikami płodności zostały potwierdzone statystycznie tylko w klasach do 30 kg mleka/dobę. W przypadku OU i II wartości współczynników korelacji w klasach wydajności ≤20 kg/dobę oraz 20,1-30,0 kg/dobę były dodatnie i o podobnych wartościach (r= 0,026** i r= ,047**), natomiast w przypadku OMW ujemne i zróżnicowane (r= -0,0467** i r= -0,0114**).

Analizując wpływ sezonu pierwszej inseminacji na zależności między wydajnością dobową a płodnością krów stwierdzono, że współczynniki korelacji dla OMW przyjmowały wartości ujemne, ponadto jako istotne zostały wskazane tylko dla krów inseminowanych w okresie jesienno-zimowym (r= -0,043**). W przypadku pozostałych wskaźników płodności silniejsze zależności wystąpiły w sezonie wiosenno-letnim (dla OU około 0,065**, dla II około 0,11**) niż jesienno-zimowym (dla OU około 0,048** i dla II około 0,093**).

Wielkość stada silnie różnicowała nasilenie zależności między wydajnością dobową a płodnością krów. Potwierdzone statystycznie korelacje stwierdzono w odniesieniu do wszystkich wskaźników płodności, we wszystkich klasach wielkości stada, z wyjątkiem długości OMW w stadach >200 krów. W przypadku OU oraz II korelacje były dodatnie, ponadto wystąpiła tendencja do spadku ich siły wraz ze wzrostem liczby krów w stadzie (z r= 0,0587** do r= 0,0229** i z r= 0,1045** do r= 0,0343**). Podobna tendencja dotyczyła zależności między wydajnością dobową a długością OMW, przy czym korelacja była ujemna.

Korelacje między poziomem mocznika w mleku i wskaźnikami rozrodu były dodatnie i choć bardzo niskie (wartości nie przekraczały 0,06) potwierdzone statystycznie (tab. 7). Tak więc wzrost poziomu mocznika w mleku związany był z wydłużeniem OU, zwiększeniem porcji nasienia potrzebnego do zacielenia (II) i w konsekwencji wydłużeniem OMW. Wyniki przedstawione przez Sawę i wsp. [2011] potwierdzają ujemny wpływ poziomu mocznika na OMW (r= 0,05034**), OU (r= 0,01368**) oraz II (r= 0,02089**), a wartość uzyskanych współczynników jest zbliżona do uzyskanych w badaniach własnych. Wzrost poziomu mocznika w mleku wskazywany jest w badaniach cytowanych przez Muchę i Strandberga [2011], jako przyczyna wydłużania OMC, a także obniżenia wartości wskaźnika cielności, przy jednoczesnym braku wpływu na II.

Czynnikami różnicującymi związek między poziomem mocznika w mleku a wskaźnikami płodności krów okazały się poziom wydajności stada, wiek krowy, okres laktacji i wielkość stada.

Wartości współczynników korelacji (tab. 7) wskazują na nieznacznie ściślejsze zależności między poziomem mocznika w mleku a płodnością krów po drugim wycieleniu w porównaniu do pierwiastek. Wyniki badań innych autorów [Sawa i wsp. 2011] również wskazują, że długość OMW jest istotnie

skorelowana z poziomem mocznika, przy czym odmiennie niż w badaniach własnych współzależność ta była silniejsza w przypadku pierwiastek (0,07698) niż wieloródek (0,04158), w przypadku których wartość współczynnika korelacji była zbliżona do uzyskanego w badaniach własnych (0,0377). Jankowska i wsp. [2010] uwzględniając cztery kolejne laktacje nie odnotowali istotnego wpływu poziomu mocznika na wartości wskaźników rozrodu niezależnie od wieku krów. Na bliskie zeru korelacje fenotypowe między poziomem mocznika w mleku a cechami płodności, niezależnie od liczby laktacji wskazują Hossein-Zadeh i Ardalan [2011]: dla krów w pierwszej laktacji współczynniki korelacji wynosiły 0,04 dla OU i 0,03 dla II, w drugiej laktacji 0,06 dla OU oraz 0,02 dla II oraz w trzeciej laktacji 0,07 dla OU i 0,02 dla II. W przypadku OSR i OMC wskaźniki te wahały się od 0,04 do 0,09.

Długość OMW była istotnie związana z poziomem mocznika w mleku, przy czym, im wyższy był poziom wydajności stada, w którym użytkowano krowy, tym związek ten był ściślejszy. Wartości współczynników korelacji między zawartością mocznika w mleku a długością OMW wzrastały z 0,0281** w stadach o wydajności do 7000 kg mleka do 0,0645** w stadach o wydajności >9000 kg mleka. W stadach o niskim i średnim poziomie wydajności korelacje dla długości OU i wartością II były nieistotne statystycznie. Słabe, ale istotne korelacje (r= 0,036**) wystąpiły tylko w stadach o wydajności >9000 kg mleka. Według Sawy i wsp. [2011] wartości współczynników korelacji między zawartością mocznika w mleku a długością OMW wzrastały z 0,02** w stadach o wydajności do 5000 kg mleka do 0,08** w stadach o wydajności ponad 6000 kg mleka, natomiast dla wskaźnika OSR odpowiednio z 0,04** do 0,11**.

Wyniki dotyczące wpływu okresu laktacji na relacje między poziomem mocznika w mleku a wskaźnikami płodności świadczą, że nie odnotowano istotnych zależności dla długości OMW oraz OU w przypadku krów inseminowanych po raz pierwszy ≤60 dnia laktacji oraz między 121-150 jej dniem. Dla krów inseminowanych po raz pierwszy w okresach 61-90 oraz 91-120 dnia laktacji korelacje między poziomem mocznika w mleku a omawianymi parametrami były istotne, a współczynniki przyjmowały zbliżone wartości (około 0,017**), wyraźny wzrost wartości współczynników korelacji odnotowano natomiast w przypadku krów inseminowanych w okresie 151-180 dnia laktacji (r= 0,0317** i 0,0357**). Zależności między poziomem mocznika i II były istotne we wszystkich klasach okresu laktacji i wykazywały tendencję do wzrostu siły w miarę upływania czasu dzielącego pierwsze unasienienie od poprzedzającego go wycielenia. Według Sawy i wsp. [2011] najbardziej przydatne do ewentualnego prognozowania płodności krów byłoby stężenie mocznika w czwartym miesiącu laktacji, choć i w tym przypadku wartości współczynnika korelacji nie przekraczały 0,06. Mucha i Strandberg [2011] analizując korelacje genetyczne i fenotypowe między zawartością mocznika w mleku a OMW, II, OU i skutecznością pierwszej inseminacji oraz innymi wskaźnikami wskazali, że fenotypowa korelacja między zawartością mocznika

w mleku i wskaźnikami rozrodu w odróżnieniu do korelacji genetycznej jest stała i w czasie całej laktacji oscyluje w okolicach zera.

Kolejnym czynnikiem uwzględnionym przy szacowaniu korelacji była klasa wydajności dobowej. W każdej z klas wydajności dobowej zależności między poziomem mocznika w mleku a długością OMW były potwierdzone statystycznie. Nie wykazano istotnych korelacji między poziomem mocznika w mleku a długością OU i II. Odnotowano natomiast dodatnie zależności między poziomem mocznika w mleku i długością OMW. Najniższą wartość (0,266**) współczynnik korelacji przyjął w klasie wydajności >40 kg, z kolei w niższych klasach utrzymywał się na zbliżonym poziomie, wykazując jednocześnie tendencję do nieznacznego wzrastania w klasach o wyższej wydajności. Według Buckley i wsp. [2003] wydajność dobowa, zwłaszcza >29 kg wpływała niekorzystnie na skuteczność pierwszej inseminacji.

Stwierdzono, że sezon pierwszej inseminacji różnicował wartości współczynników korelacji między poziomem mocznika w mleku a OMW. W przypadku współzależności odnoszących się do OU i II istotne wartości odnotowano tylko w okresie zimowym (odpowiednio r= 0,0248** i r= 0,0450**) w przypadku OMW wszystkie korelacje były istotne, przyjmując najniższą (r= 0,0226**) wartość wiosną, a najwyższą (r= 0,0430**) latem. Sawa i wsp. [2011] również odnotowali istotne korelacje między poziomem mocznika i długością OMW w zależności od sezonu pierwszej inseminacji. Wszystkie uzyskane wartości były dodatnie i mieściły się w granicach 0,03090-0,05397, przy czym najsilniejsze korelacje odnotowano w okresie luty-kwiecień, a najsłabsze listopad-styczeń, co tłumaczyć można niekorzystnym wpływem stresu cieplnego zarówno na poziom mocznika, jak i związane z rozrodem procesy fizjologiczne.

Analizując wpływ wielkości stada na wartości współczynników korelacji między poziomem mocznika a płodnością krów wykazano, że w przypadku OMW siła zależności zwiększała się wraz ze wzrostem do 200 liczby krów w stadzie z r= 0,0251** do r= 0,0418**, następnie zmniejszyła się do r= 0,0292** w stadach >200 krów, natomiast w przypadku OU i II istotne korelacje wystąpiły jedynie w stadach liczących >200 krów

Stwierdzono potwierdzoną statystycznie, słabą w skali Guilforda, zależność między liczbą komórek somatycznych w mleku a płodnością krów (tab. 8). Wzrost LnLKS wpływał na wydłużenie OMW (r= 0,0498**) i OU (r= 0,0159**) oraz zwiększenie liczby inseminacji potrzebnych do zacielenia krowy (r= 0,0191**). Wyniki te są zgodne z rezultatami badań Kadarmidenna i wsp. [2000], którzy wykazali dodatnie korelacje między *mastitis* a długością OMW (r= 0,0258**) oraz II (r= 0,0246**). Korelacje oszacowane przez Kadarmideena [2004] między transformowaną logarytmicznie LKS a długością OSR wynosiły r= 0,05, natomiast dla wskaźnika niepowtarzalności rui r = -0,02 i były statystycznie istotne (P<0,05).

Biorąc pod uwagę wpływ wieku krów na zależności między LnLKS a płodnością stwierdzono najsilniejszy związek z długością OMW, ponadto zależność ta była silniejsza (r= 0,0588**) w przypadku krów wycielonych po raz

drugi. Zależność między LnLKS a OU utrzymywała się na podobnym poziomie (r= 0,017**) niezależnie od wieku krów (tab. 8). Uzyskane wyniki korespondują z przedstawionymi przez zespól Montaldo [2010], który wskazuje wyższą wartość współczynnika korelacji (P>0,05) w przypadku krów wycielonych dwukrotnie (r= 0,030) niż krów, które cieliły się tylko raz (r= 0,019). Z kolei zespól Pritchard [2013] przedstawił wyniki świadczące o niemal identycznych wartościach korelacji fenotypowych między LnLKS a OMW (0,03 vs 0,04), II (0,03 vs 0,02), OSR (0,02 vs 0,03) i wskaźnikiem niepowtarzania rui (0,02 vs -0,01) w przypadku pierwiastek i populacji złożonej z krów od 1 do 3 laktacji.

Współczynniki korelacji między LnLKS a płodnością krów, niezależnie od poziomu wydajności stada, przyjmowały wartości dodatnie i w większości przypadków były statystycznie istotne (tab. 8). Najwyższą zależność ($0,0547^{xx}$) między LnLKS a długością OMW stwierdzono w przypadku stad o wydajności 7000-9000 kg mleka. Zależności między LnLKS a długością OU w stadach o wydajności 7000-9000 kg mleka były silniejsze (r= 0,0224**) niż w stadach o wydajności >9000 kg (r= 0,0182**), z kolei w stadach o najniższym poziomie wydajności nie zostały potwierdzone statystycznie. Zależności między LnLKS i II w przypadku stad o wydajności 7000-9000 kg oraz >9000 kg mleka były nieco silniejsze niż w stadach o najniższym poziomie produkcyjnym.

Analizując siłę zależności między LnLKS a wskaźnikami płodności krów, z uwzględnieniem okresu laktacji, w którym miejsce miała pierwsza inseminacja stwierdzono, że dla OMW i OU były istotne tylko do 120 dnia laktacji, a ich siła wzrasta wraz z oddaleniem się momentu pierwszej inseminacji od dnia wycielenia (tab. 8). Informacje o LKS w mleku w kolejnych okresach laktacji należy uznać za mniej przydatne do ewentualnego prognozowania płodności krów. W przypadku II istotne zależności wystąpiły do 150 dnia laktacji przy czym miały one charakter zmienny. Najwyższą wartość (r= 0,0312**) współczynnika korelacji odnotowano w klasie ≤60 dnia laktacji, w kolejnych okresach obserwowano nieznaczny, naprzemienny wzrost i spadek jego wartości. Skrzypek i wsp. [2007] analizując wpływ liczby komórek somatycznych na płodność krów nie odnotowali istotnych korelacji między LnLKS a II, niezależnie od okresu, który upłynął od wycielenia do pierwszego unasieniania. Autorzy podkreślają jednak istnienie potwierdzonej statystycznie zależności (r= 0,12-0,14) między LnLKS w mleku z próbnych udojów poprzedzających zabieg inseminacji a indeksem inseminacji.

Wydajność dobowa krów różnicowała wartości współczynników korelacji między LnLKS a wskaźnikami płodności krów (tab. 8). Stwierdzono nasilenie tych zależności wraz ze wzrostem wydajności dobowej (dla OMW z r= 0,0390** do r= 0,0524**, dla OU z r= 0,0083 do r= 0,0334**). W przypadku II skrajne wartości współczynników korelacji odnotowano w klasach wydajności 20,1-30,0 kg (r= 0,0253**) oraz 30,1-40,0 kg (r= 0,0378**), natomiast klasie o najniższej i najwyższej wydajności siła zależności była podobna (r= 0,0290**).

Analizując zależności między LnLKS a długością OU i II stwierdzono, że poza okresem zimowo-wiosennym były one istotne, przy czym nieco silniejsze

zależności (r= 0,0273** i r= 0,0308**) zostały wykazane w okresie od września do listopada. W przypadku zależności między LnLKS a OMW wykazano, że była ona najsłabsza w okresie zimowo-wiosennym (r= 0,0375** - 0,0303**), natomiast w okresie letnio-jesiennym siła zależności wzrosła około 2-krotnie (tab. 8).

Wielkość stada różnicowała wartości współczynników korelacji między LnLKS a wskaźnikami płodności krów (tab. 8). W przypadku stad ≤50 krów nie odnotowano istotnych korelacji między LnLKS i długością OU oraz II, w stadach bardziej licznych, zależność została potwierdzona statystycznie, najwyższe wartości przyjmując w stadach >200 krów. Współzależności między LnLKS i długością OMW były istotna w przypadku wszystkich klas wielkości stada, a siła tych zależności wzrastała wraz ze wzrostem liczby krów (do r= 0,0340** do r= 0,0606**).

Generalnie uzyskane wyniki korespondują ze stwierdzeniami Hudsona i wsp. [2012], o negatywnych, ale zmiennych m.in. w czasie, związkach między stanami zapalnymi gruczołu mlekowego, zarówno klinicznymi, jak i podklinicznymi (mierzonymi liczbą komórek somatycznych w mleku) a wynikami reprodukcji krów mlecznych.

3.4. DRZEWA DECYZYJNE A PROGNOZOWANIE PŁODNOŚCI KRÓW

W związku z wyżej przedstawionymi wynikami w kolejnym etapie badań do prognozowania płodności krów wykorzystano metodę drzew decyzyjnych (klasyfikacyjnych). Tworzenie modelu drzewa polega na podziale całego zbioru obserwacji na maksymalnie homogeniczne pod względem zmiennej zależnej podzbiory tzw. liście [Lasek i wsp., 2009]. W wyniku podziałów powstaje graficzny model, który strukturą przypomina budowę drzewa. Wyodrębniamy w nim pień, gałęzie oraz liście. Analiza nieskomplikowanych modeli graficznych pozwoliła na ocenę wpływu na płodność nie tylko pojedynczych czynników w modelu (będących wskaźnikami potencjału produkcyjnego (wydajność dobowa), zdrowia (LKS), prawidłowości żywienia (poziom mocznika) i dodatkowo takich czynników jak: wiek krów – liczba wcieleń, wielkość stada, wydajność stada, sezon pierwszej inseminacji, okres laktacji podczas pierwszej inseminacji), ale również na zachodzące między nimi interakcje. Wszystkie przedstawione w niniejszej pracy modele zostały zbudowane w oparciu o redukcje współczynnika entropii.

3.4.1. Drzewo klasyfikacyjne OMW

W tabeli 9 przedstawiono znaczenie poszczególnych zmiennych w tworzeniu graficznych modeli drzew klasyfikacyjnych opisujących długość OMW, OU, II oraz skuteczności pierwszej inseminacji. Uzyskane wyniki dowodzą, że największy wpływ na długość OMW miał okres laktacji, w którym

miejsce miała pierwsza inseminacja, znaczenie tej zmiennej wynosiło 1 (w skali 0-1). Pozostałymi czynnikami, tworzącymi drzewo okazały się: wydajność dobowa, wielkość stada, poziom wydajności stada oraz wiek krów, przy czym znaczenie tych zmiennych było stosunkowo niskie (0,0377-0,0943).

Ryciny 3 i 4 przedstawiają graficzny model drzewa dla długości OMW. Model ten liczy 19 liści i jest głęboki na 5 poziomów. Czynnikiem, który najsilniej decydował o podziałach był okres laktacji, w którym miejsce miała pierwsza inseminacja, jest on wskazywany jako reguła podziału, aż dwunastokrotnie. W wyniku pierwszego podziału, dla którego wartością progową był 90 dzień laktacji utworzone zostały dwie grupy krów charakteryzujące się OMW trwającym 408 dni (węzeł 2) oraz 465 dni (węzeł 3). Kolejne podziały tych węzłów oparte były w głównej mierze o termin unasienia (dzień laktacji). Na tej podstawie stwierdzono tendencję wskazującą na korzystny wpływ szybszego unasieniania krów na długość OMW. Przykładowo wskazano, że do uzyskania uważanego za optymalny (400 dni) OMW krowy powinny być inseminowane najpóźniej w 63 dniu laktacji (węzeł 4). Biorąc pod uwagę, że OSR jest jedną ze składowych branych pod uwagę podczas szacowania długości OMW, uzyskane wyniki można było przewidzieć. Potwierdzają one również informacje uzyskane w pierwszej części badań, wskazujące okres laktacji podczas pierwszego unasieniania jako czynniki najsilniej różnicujący długość OMW (tab. 1). Uzyskane wyniki korespondują w części z doniesieniami zespołu Borkowskiej [2012], który wykazał, że istotnie krótszych OMW można spodziewać się u krów w pierwszej laktacji w porównaniu ze starszymi (2–4 wycielenia), zwłaszcza gdy krowy charakteryzują się niższą wydajnością w pierwszych 100 dniach laktacji oraz w poprzedniej standardowej laktacji. Wynika to między innymi z faktu, iż niższa wydajność w początkowym okresie laktacji sprzyja uzyskiwaniu krótszych OMC, będących efektem skrócenia OSR oraz wyższej skuteczności inseminacji, wyrażonej niższym indeksem inseminacji. Interesująco wobec tych informacji prezentują się wyniki [Sawa i wsp., 2011] wskazujące, iż w przypadku krów prawidłowo żywionych (mocznik w mleku na poziomie 15,1-30 mg/dl) wydajność krów nie miała znaczenia dla długości OMW, natomiast czynnikami różnicującymi długość OMW były termin unasieniania po wycieleniu (szybszy – korzystniejszy) oraz wiek krów (korzystniejszy – wieloródki). Negatywny wpływ wysokiej wydajności dobowej w początkowym okresie laktacji wynika również z uwarunkowań genetycznych krów, wskazują na to Albarráran-Portillo i Pollott [2013], którzy oszacowali, że korelacja między długością OMW a dobową wydajnością krów była dodatnia i wynosiła r= 0,51, ponadto wykazali jej zróżnicowaną wartość w początkowej fazie laktacji (r= 0,34–0,46). Również wyniki Rzewuskiej i Strabla [2015], wskazują wzrastającą wydajność w początkowej laktacji jako przyczynę pogarszania się skuteczności pierwszej inseminacji i wzrostu zapotrzebowania na kolejne zabiegi inseminacji dla uzyskania ciąży. Wyjaśnienia tego zjawiska można upatrywać w zmianach metabolicznych i funkcjonalnych, zachodzących

w omawianym okresie, zwłaszcza ujemnego bilansu energetycznego, co omówione zostało we wcześniejszych częściach niniejszej pracy.

3.4.2. Drzewo klasyfikacyjne OU

Analizując zmienne tworzące graficzny model drzewa klasyfikacyjnego opisującego okres usługi stwierdzono, że wśród czynników, które miały wpływ na jego kształt znalazły się wielkość stada (znaczenie zmiennej = 1), następnie poziom wydajności stada (0,6680), wydajność dobowa (0,6103), okres laktacji podczas unasieniania (0,4630) oraz wiek krów (0,2687) (tab. 9).
Rezultatem przeprowadzonej analizy jest binarne drzewo złożone z 13 liści, głębokie na 5 poziomów (rycina 5). Czynnikiem, który najsilniej wpływał na długość OU okazała się wielkość stada, która czterokrotnie wskazana została jako reguła podziału. Tyle samo razy czynnikiem wpływającym na kształt drzewa były poziom wydajności stada oraz wydajność dobowa, pozostałe dwa czynniki w sumie trzykrotnie wpływały na kształt omawianego modelu. Wyniki pierwszego podziału wskazują, że krótszy (50 dniowy) OU uzyskano w stadach liczących mniej niż 82 krowy (węzeł 2) w porównaniu ze stadami większymi, gdzie średnio trwał on 60 dni (węzeł 3). Interesująco przedstawiają się dalsze podziały przedstawione w modelu, bowiem czynnikiem, który wpływał na długość OU w stadach mniejszych okazał się okres laktacji, w którym przeprowadzono pierwszą po wycieleniu inseminację. Uzyskane wyniki wskazują, że korzystniejsza dla efektywności rozrodu była inseminacja krów nie wcześniej niż w 55 dniu laktacji (OU 48 vs 55 dni, odpowiednio węzeł 5 i 4). Dalsze podziały omawianej gałęzi wskazują, że niższym wydajnościom dobowym towarzyszyły krótsze OU (węzeł 8, 9, 10, 11). Uwagę warto zwrócić również na kolejne podziały węzła 9, świadczące o gorszych wynikach rozrodu wysokowydajnych krów (≥29,15 kg mleka na dobę) pochodzących ze stad o niższych poziomach wydajności. Analizując dalej uzyskane rezultaty można stwierdzić, że w przypadku krów unasienianych nie wcześniej niż w 55 dniu laktacji (węzeł 5) przy wydajności dobowej niższej niż 27,85 kg mleka (węzeł 10) lepszych efektów można spodziewać się u wieloródek niż u pierwiastek (węzeł 21 vs 20). W przypadku stad liczących 82 lub więcej krów (węzeł 3) czynnikiem decydującym o długości OU okazał się poziom wydajności stada. Krowy w stadach o wydajności >8115,5 kg miały krótsze (56 dni, węzeł 7) OU niż krowy w stadach o wydajności niższej (68 dni, węzeł 6). Dalsze podziały omawianej gałęzi wskazują na niejednoznaczny wpływ wielkości stada na długość OU oraz jednoznacznie wskazują, że wyższa wydajność dobowa negatywnie wpływa na płodność wyrażoną liczbą dni dzielącą pierwszy i skuteczny zabieg inseminacji (odpowiednio podziały węzłów 7 oraz 24). Wyniki badań Sawy i wsp. [2011] również wskazują, że wysoka wydajność niekorzystnie wpływa na długość OU, co potwierdzają prace Rzewuskiej i Strabel [2015], wskazujące wzrost wydajności w początkowej fazie laktacji jako przyczynę wydłużania się OU. Według Remnanta i wsp. [2015] długość OU silniej

uzależniona jest od okresu laktacji podczas inseminacji (około 2 dni różnicy między krowami unasienianymi w 30 i 250 dniem doju na niekorzyść tych drugich) niż wydajności krów, która powodowała jego wydłużenie zaledwie o 0,3 dnia przy znacznych różnicach wydajności porównywanych krów (15000 kg vs 2500 kg) w standardowej laktacji.

3.4.3. Drzewo klasyfikacyjne II

Czynnikiem, który najczęściej (pięciokrotnie) wskazywany był jako reguła podziału przy tworzeniu drzewa decyzyjnego indeksu inseminacji był okres laktacji, natomiast czynnikiem o największym znaczeniu (1) była wielkość stada. Oprócz wymienionych czynników na ostateczny kształt drzewa wpływ miały wydajność dobowa, poziom wydajności stada oraz wiek krów (tab. 9). Utworzono drzewo głębokie na 5 poziomów i liczące 15 liści (rycina 6). Biorąc pod uwagę, że podobnie jak w przypadku OU czynnikiem o największym znaczeniu przy podziałach poddanej analizie populacji była wielkość stada, można zaryzykować stwierdzenie, że czynnikiem w znacznej mierze decydującym o płodności krów może być sposób zarządzania stadem. Często bowiem słabe wyniki rozrodu przypisywane są generalnie słabemu zarządzaniu [Vacek i wsp.. 2007]. W badaniach własnych korzystniejszą wartością II (2,05 vs 2,44) cechowały się krowy ze stad mniejszych (<92 krów), (węzeł 2 vs 3). W przypadku stad mniejszych kolejnymi z punktu widzenia istotności czynnikami różnicującymi były wydajność dobowa i okres laktacji, w którym dokonano pierwszej po wycieleniu inseminacji. Krowy unasienianie później (węzeł 8 vs 9; węzeł 16 vs 17) i o niższej wydajności dobowej (węzeł 18 vs 19) łatwiej zachodziły w ciążę. W przypadku stad większych, liczących co najmniej 92 krowy (węzeł 3), wzrostowi wielkości stada towarzyszyło zmniejszenie wartość II (węzeł 12 vs 13 oraz węzeł 14 vs 15), przy czym czynnikami korzystnie wpływającymi na wartość II było również unasienianie ich w późniejszych fazach laktacji (≥ 87 dzień) (węzeł 27) oraz wydajność dobowa < 36,95 kg (węzeł 44). Choć znaczenie wieku krów jako czynnika decydującego o wartości II było najmniejsze wśród uwzględnionych czynników, analiza wykazała, że krowy starsze potrzebują mniej zabiegów inseminacyjnych do uzyskania ciąży niż pierwiastki (węzeł 32 vs 33), co potwierdza wyniki zamieszczone w tabeli 1. Sawa i wsp. [2011] odnotowali, że w przypadku prawidłowo żywionych krów wartość II różnicowana była przez dwa czynniki: poziom wyajności stada (wzrost wskaźnika wraz ze wzrostem wydajności) oraz termin unasieniania (spadek wartości II wraz z postępującą laktacją). Wyniki te wydają się potwierdzać przytaczaną w niniejszej pracy priorytyzację produkcji mleka we wczesnej laktacji ponad wznowienie funkcji rozrodczych, tym bardziej, że podobne tendencje obserwowane są w stosunku do skuteczności pierwszej inseminacji. Istotnego wpływu okresu laktacji podczas pierwszej inseminacji na II zdają się nie potwierdzać wyniki prac prowadzonych w Japonii [Yusuf i wsp., 2011]. Prowadzący je zespól uzyskał wyniki wskazujące na brak istotnych różnic w

wartości II, niemniej jednak odnotowana została nieznaczna tendencja do poprawy wartości omawianego wskaźnika w miarę upływu czasu dzielącego poród i pierwszą inseminację (2,1–1,8 zabiegu). Z kolei Czerniawska-Piątkowska i Gajdka [2014] wykazały brak różnic w wartość II krów o różnej wydajności. Niezależnie czy wydajność krów w ocienianym przez nie stadzie była niższa niż 6000 kg czy przekraczała 9000 kg II = 1,23–1,47.

3.4.4. Drzewo klasyfikacyjne skuteczności pierwszej inseminacji

Ostatnim analizowanym z wykorzystaniem metody drzew decyzyjnych parametrem rozrodu była skuteczność pierwszej inseminacji. W efekcie przeprowadzonych obliczeń uzyskano liczący 6 liści, głęboki na 5 poziomów model przedstawiony na rycinie 7. Analizując zmienne tworzące graficzny model drzewa klasyfikacyjnego opisującego skuteczność pierwszej inseminacji stwierdzono, że do czynników, które miały wpływ na jego kształt należały okres laktacji (znaczenie zmiennej = 1, w skali 0-1), następnie wielkość stada (0,98), wydajność dobowa (2 razy) (0,6578) i wiek krów (0,2668). Znaczenie poszczególnych zmiennych w tworzeniu graficznego modelu drzewa klasyfikacyjnego skuteczności pierwszej inseminacji jest zgodne z wczesnej przedstawionymi wynikami dotyczącymi płodności (tab. 5). Pierwszy podział dokonał się w oparciu o zmienną dzień laktacji i powstały węzły 2 i 3. Zbyt wczesna inseminacja, przed 44 dniem laktacji (węzeł 2) skutkowała gorszą skutecznością, niż przeprowadzonej w 44 dobie po wycieleniu lub później (37,27% vs 45,68%). Wyniki te są zbieżne w przedstawionymi przez Yusufa i wsp. [2011] wskazującymi tendencję do poprawy skuteczności pierwszego unasieniania wraz upływem czasu dzielącego je od porodu. Węzeł 2 nie podlegał dalszym podziałom i stał się liściem, natomiast węzeł 3 podzielił się ze względu na zmienną wielkość stada. Wyższa skuteczność pierwszej inseminacji była u krów w stadach <93 krów (węzeł 6) (48,47% vs 40,48%). Podzbiór składający się z krów w tych stadach podzielił się ze względu na wydajność dobową na: <17,85 kg (węzeł 12, który stał się liściem) i ≥17,85 kg (węzeł 13), większą skuteczność inseminacji stwierdzono przy niższej wydajności (54,86% vs 47,38%). Czynnikiem różnicującym płodność krów o wyższej wydajności była ponownie wydajność dobowa (<27,95 kg węzeł 24 i ≥27,95 kg węzeł 25, który stał się liściem), przy czym skuteczność pierwszej inseminacji była bardziej wyrównana (48,81% vs 45,22%). Wyniki ostatniego podziału (węzły 36 i 37) wskazują, że skuteczność pierwszej inseminacji krów w drugiej laktacji była wyższy niż u pierwiastek, przy założeniu, że użytkowano je w stadach liczących poniżej 93 krowy, a ich wydajność dobowa była niższa niż 27,95 kg (węzeł 24). Wyniki te pozostają w zgodzie z przedstawionymi przez Januś i Borkowską [2013], które wskazały że najwyższej efektywności pierwszego zabiegu unasieniania spodziewać można się u krów w drugiej laktacji (51,6%) przy wydajności krów (FPCM) w laktacji w granicach 8000-10000 kg. Podobnie Řehák i wsp. [2009] wskazują, iż z punktu widzenia skuteczności unasieniania

korzystniejsze jest wykonywanie pierwszego zabiegu po upływie minimum dwóch miesięcy od wycielenia i przy wydajności krów poniżej 37,2 kg FPCM. Takie podejście do omawianej kwestii zgodnie z przedstawionymi wynikami zapewnia około 10% wzrost skuteczności zabiegu. Ferguson i Skidmore [2013] na podstawie badań przeprowadzonych w najlepszych pod względem płodności stadach amerykańskich wskazują, że na efektywność rozrodu wpływ ma wiele czynników związanych m.in. z zarządzaniem rozrodem, jednakże podkreślają, że przesunięcie w czasie pierwszej inseminacji może okazać się dla hodowców korzystne. Również Caraviello i wsp. [2006] na podstawie analizy drzew klasyfikacyjnych jako kluczowe dla skuteczności pierwszej inseminacji wskazał czynniki związane ze środowiskiem życia (typ podłoża w oborze) i zarządzaniem stadem (korekcja racic, sposób unasieniania, długość dobrowolnego spoczynku rozrodczego). Podbnie Ghiasi i wsp. [2015] wykazali, że skuteczność pierwszej inseminacji w większym stopniu zależy od czynników takich jak wiek krów (liczba wycieleń), wiek w momencie wycielenia, stado, z którego zwierzę pochodzi, rok wycielnia oraz sezon (miesiąc) pierwszej inseminacji niż wydajność krów w standardowej laktacji. Z kolei z ustaleń innych autorów [Grzesiak i wsp., 2010; Brun-Lafleur i wsp., 2013] wynika, iż istotnym dla efektywności rozrodu czynnikiem jest kondycja zwierząt, a zwłaszcza różnica BCS notowanego przy unasienianiu i średniego BCS w trakcie całego sezonu produkcyjnego [Grzesiak i wsp. [2010]. Ustalenia te wydają się pokrywać z wcześniej omówionymi w niniejszej pracy zależnościami między kondycją krów a efektywnością rozrodu.

Z uzyskanych wyników wnioskować można, że płodność krów w głównej mierze determinowana jest przez czynniki środowiskowe. Żadna z omówionych powyżej analiz metodą drzew decyzyjnych nie wskazała składników mleka (poziom mocznika, lks) jako determinujących płodność mierzoną długością OMW, OU, II i skutecznością pierwszej inseminacji. Wśród czynników mających wpływ na wyżej wymienione wskaźniki płodności krów na pierwszy plan wysuwa się wielkość stada, której znaczenie i istotność jako najwyższe wskazane zostały dwukrotnie (OU, II), natomiast raz sklasyfikowana została jako druga pod względem znaczenia (skuteczność pierwszej inseminacji) przy czym znaczenie zmiennej wynosiło 0,98 w skali 0-1. Drugim pod względem znaczenia czynnikiem decydującym o płodności krów wydaje się być termin ich unasieniania po porodzie, który ma kluczowe znaczenie dla parametrów związanych ze skutecznością inseminacji krów (skuteczność pierwszej inseminacji, okres usługi, indeks inseminacji), wskazując zbyt szybki termin inseminacji po porodzie jako niekorzystny. Z drugiej strony zbyt późne inseminowanie prowadzi do wydłużania się OMW, a także traktowane jest jako zjawisko negatywne zarówno z hodowlanego, jak i ekonomicznego punktu widzenia. Ferguson i Skidmore [2013] podają, że z ekonomicznego punktu widzenia korzystne jest uzyskanie ciąży we wczesnej fazie laktacji, co dla większości krów mlecznych oznacza pierwsze 10 tygodni laktacji, choć już od 6

tygodnia laktacji wynik ten zaczyna ulegać pogorszeniu. Decydując o terminie pierwszej inseminacji warto wziąć pod uwagę również wyniki badań Yusuf i wsp. [2011] wskazujące, że pomimo niższej skuteczności pierwszej inseminacji we wczesnych fazach laktacji takie podejście pozwala osiągnąć wyższy odsetek krów ciężarnych w 100, 150 czy 250 dniu doju, co z punktu widzenia stada jako całości może być rozwiązaniem korzystniejszym, niż opóźnianie decyzji w celu uzyskanie wyższego odsetka skutecznych pierwszych unasienień. Pozostałymi czynnikami, które wpłynęły na wartość wskaźników płodności krów mlecznych były poziom wydajności stada i wiek krów, przy czym siła ich oddziaływania w porównaniu z wcześniej omówionymi okazała się wyraźnie mniejsza. Biorąc powyższe pod uwagę można sugerować, iż głównym czynnikiem decydującym o płodności jest zarządzanie stadem, które w zależności od jego wielkości oraz innych czynników m.in. takich jak wiedza i doświadczenie hodowcy może prowadzić do poprawienia lub pogorszenia płodności. Również Lomander i wsp. [2013], którzy analizowali związki między czynnikami związanymi z zarządzaniem (sposób utrzymania, system żywienia, system doju, termin pierwszego unasieniania), statusem zdrowotnym zwierząt (stan zdrowotny nóg, liczba komórek somatycznych) i obniżającą się płodnością szwedzkich krów, podsumowali swoje badania stwierdzeniem, że decyzje hodowców w głównej mierze decydują o efektywności rozrodu w stadach, a nie analizowane czynniki same w sobie. Także LeBlanc [2013] w oparciu o przegląd prac innych autorów wskazuje, że prawidłowe zarządzanie stadem (żywienie, kontrola zdrowotności, nadzór nad rozrodem) sprzyja poprawie efektywności rozrodu, mimo wzrastającej wydajności zwierząt. Do podobnych wniosków skłaniają wyniki badań irlandzkich [Jago i Berry, 2011], dotyczące wpływu zmian wielkości stada na płodność tamtejszej populacji, wskazujące na lepsze wyniki uzyskiwane w stadach większych, które z jednej strony dają większe możliwości wykorzystania posiadanego kapitału i nakładów pracy, z drugiej jednak wymagają wyższych kompetencji technicznych oraz umiejętności zarządzania. Do wniosków stawiających zarządzanie stadem jako czynnika w większym stopniu niż wiek krów (liczba laktacji), rok czy sezon wycielenia, decydującego o efektywności rozrodu na podstawie badań na południowoafrykańskich krowach holsztyńskich przychylają się także Muller i wsp. [2014]. Podają oni, że prawdopodobną przyczyną obserwowanej zmienności, obok decyzji zarządców mogą być np. umiejętności inseminatora. Koresponduje to z ustaleniami Caraviello i wsp. [2006] wskazującymi czynniki środowiskowe, związane z umiejętnościami inseminatora i zarządzaniem stada (sposób rozmrażania nasienia, obsada krów w pomieszczeniach, BCS krów, wydajność zwierząt) przy pierwszym unasieniu jako kluczowe dla statusu cielności stwierdzanej w 150 dniu laktacji.

4. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań wysunięto następujące wnioski:

1. Krowy w objętej badaniami populacji cechowała przeciętna płodność (OMW trwał 426 dni, OU 54,8 dnia, II wynosił 2,20, a skuteczność pierwszej inseminacji 44%).
2. Istnieją zależnościć ($P \leq 0,05$ lub $P \leq 0,01$) między uwzględnionymi wynikami próbnych udojów a płodnością krów. Czynnikiem najbardziej różnicującym płodność krów okazała się wydajność dobowa, wraz z jej wzrostem z ≤20 kg do >40 kg wydłużał się OU (o 29 dni) i OMW (o 26 dni), zwiększał się II (o 0,6), zmniejszała się skuteczność pierwszej inseminacji (o 11,7%). Wzrost poziomu mocznika i LKS w mleku niekorzystnie wpływały na płodność krów (dłuższe o około 4 dni OU i OMW, większy o około 0,09 II).
3. Nasilenie związków między wydajnością dobową, poziomem mocznika i LKS w mleku a płodnością krów zmieniało się w największym stopniu w zależności od poziomu wydajności stada, który służy jako miernik jakości chowu, następnie w zależności od wielkości stada i sezonu pierwszej inseminacji. Wraz ze wzrostem poziomu wydajności stada zmniejszał się niekorzystny wpływ na płodność wzrastającej wydajności dobowej krów i LKS w ich mleku, wzrastał natomiast niekorzystny wpływ wysokiego poziomu mocznika w mleku.
4. Wzrost wydajności dobowej, poziomu mocznika w mleku oraz LnLKS wpływał na wydłużenie OU (r= 0,06**, 0,01** i 0,02**) i zwiększenie liczby inseminacji potrzebnych do zacielenia krowy (r= 0,1**, 0,02** i 0,02**).
5. Kierunek i siła zależności (wyrażonej współczynnikiem korelacji) między wydajnością dobową (poziomem mocznika/LnLKS) a płodnością okazały się zróżnicowane w obrębie klas takich czynników jak wiek krów, okres ich laktacji, sezon pierwszej inseminacji, poziom wydajności i wielkość stada. Konieczne więc i uzasadnione jest uwzględnianie tych czynników w działalności zmierzającej do poprawy płodności krów.
6. Technika drzew klasyfikacyjnych wskazała podobne do stwierdzonych z wykorzystaniem analizy wariancji i testu chi^2 zmienne (wydajnosc dobowa, okres laktacji, wielkość stada i wiek krów) odpowiedzialne za płodność krów. Analiza nieskomplikowanych modeli graficznych drzew decyzyjnych poszczególnych wskaźników płodności pozwoliła nie tylko na ocenę wpływu wymienionych czynników na płodność, ale również na zachodzące między nimi interakcje. Jednocześnie zastosowane metody wykazały znaczną złożoność uwarunkowania płodności krów.

7. Łączna analiza uzyskanych w pracy wyników wskazuje, iż płodność krów w większym stopniu zależy od czynników środowiskowych niż ich potencjału produkcyjnego. Niemniej jednak w świetle przedstawionych rezultatów, wyniki uzyskiwane z okresowej kontroli użytkowości mlecznej brane pod uwagę jako pośrednie mierniki sposobu zarządzania stadem (np. żywienia, zdrowotności) mogą być użytecznym narzędziem służącym sterowaniu/prognozowaniu płodności krów m.in. poprzez wykorzystanie ich przy podejmowaniu decyzji o terminie unasieniania zwierząt, sposobie żywienia, leczeniu i profilaktyce chorób, co wpływa na efektywność rozrodu.
8. Wniosek praktyczny:
   W celu uzyskania optymalnej płodności wysokowydajnych krów wskazane jest unikanie zbyt wczesnej ich inseminacji po porodzie (<60 dnia laktacji), przy czym biorąc pod uwagę wartości II, OU oraz skuteczności pierwszej inseminacji nieuzasadnione wydaje się być wydłużanie okresu spoczynku rozrodczego do ponad 120 dni. Lepszej płodności można się spodziewać u krów, których mleko zawiera 150-300 mg/l mocznika oraz nie więcej niż 200–400 tysięcy komórek somatycznych w mililitrze. Wartym uwagi jest również planowanie rozrodu stada w taki sposób, aby termin inseminacji zwłaszcza krów osiągających najwyższą wydajność, rozpoczynał się w okresie późnej jesieni i zimy. Dlatego w stadach krów mlecznych korzystne byłoby monitorowanie zarówno wydajności dobowej jak i jakości mleka, co mogłoby przyczynić się do poprawy płodności krów.

5. PIŚMIENNICTWO

[1] Adamczyk K., Makulska J., Jagusiak W., Węglarz, A., 2016a, Associations between strain, herd size, age at first calving, culling reason and lifetime performance characteristics in Holstein-Friesian cows, Animal, 1–8. doi: 10.1017/S1751731116001348, 13/12/2016

[2] Adamczyk K., Zaborski D., Grzesiak W., Makulska J., Jagusiak W., 2016b, Recognition of culling reasons in Polish dairy cows using data mining methods, Comput. Electron. Agr. 122, 26-37

[3] Ahlman T., Berglund B., Rydhmer L., Strandberg E., 2011, Culling reasons in organic and conventional dairy herds and genotype by environment interaction for longevity, J. Dairy Sci. 94(3), 1568-1575

[4] Ahmadzadeh A., Frago F., Shafii B., Dalton J.C., Price W.J., McGuire M.A., 2009, Effect of clinical mastitis and other diseases on reproductive performances of Holstein cows, Anim. Reprod. Sci. 112, 273-282

[5] Albaaj A., Foucras G., Raboisson D., 2017, High somatic cell counts and changes in milk fat and protein contents around insemination are negatively associated with concepition in dairy cows, Theriogenology, 88, 18-27

[6] Albarráran-Portillo B., Pollott G.E., 2013, The relationship between fertility and lactation characteristics in Holstein cows on United Kingdom commercial dairy farms, J. Dairy Sci. 96, 635-646

[7] Ankinakatte S., Norberg E., Løvendhal P., Edwards D., Højsgaard., 2013, Predicting mastitis in dairy cows using neural networks and generalized additive models: A comparison, Comput. Electron. Agr., 99, 1-6

[8] Asaf S., Leitner G., Furman O., Lavon Y., Kalo D., Wolfenson D., Roth Z., 2014, Effects of Escherichia coli- and Staphylococcus aureus-induced mastitis in lactating cows on oocyte developmental competence, Rerpoduction 147, 33-43

[9] Atzori A.S., Cannas A., 2011, Delayed response to heat stress in dairy cows, Ital. J. Anim. Sci., 10(s1), 97

[10] Banos G., Coffey M.P., 2010, Genetic association between body energy measured throughout latction and fertility in dairy cattle, Animal 4(2), 189-199

[11] Barker A.R., Schrick F.N., Lewis M.J., Dowlen H.H., Oliver S.P., 1998, Influence of clinical mastitis during early lactation on reproductive performance of Jersey cows, J. Dairy Sci. 81, 1285-1290

[12] Bastin C., Loker S., Gengler N., Sewalem A., Miglior F., 2010, Genetic relationships between body condition score and reproduction traits in Canadian Holstein and Ayrshire first-parity cows, J. Dairy Sci. 93, 2215-2228

[13] Bastin C., Vandenplas J., Gengler N., 2014, Improving dairy cow fertility using milk based indicator traits, Proceedings 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, https://asas.org/docs/default-

source/wcgalp-proceedings-oral/155_paper_10304_manuscript_1297_0.pdf?sfvrsn=2, 26/10/2016
[14] Berry D.P., Wall E., Pryce J.E., 2014, Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle, Animal 8(1), 105-121
[15] Biffani S., Canavesi F., 2007, International genetic wvaluation for fertility traits in dairy cattle, Ital. J. Anim. Sci. 6(Suppl.1), 47-49
[16] Bisinotto R.S. Greco L.F., Ribeiro E.S., Martinez N., Lima F.S., Staples C.R., Thatcher W.W., Santos J.E.P., 2012, Influences of nutrition and metabolism on fertility of dairy cows, Anim. Reprod. 9(3), 260-272
[17] Bisinotto R.S., Ribeiro E.S., Lima F.S., Martinez N., Greco L.F., Barbosa L.F.S.P., Bueno P.P., Scagion L.F.S., Thatcher W.W., Santos J.E.P., 2013, Targeted progesterone supplementation improves fertility in lactating dairy cows without a corpus lutem at the initiation of the timed artificial insemination protocol, J. Dairy Sci. 96, 2214-2225
[18] Bogucki M., Sawa A., Neja W., 2007, Zróżnicowanie wskaźników płodności krów mlecznych w związku ze wzrastająca wydajnością laktacyjną, Acta Sci. Pol. Zootech.p 6(3), 3-10
[19] Borkowska D., Piątek D., Januś E., Mucha J., 2012, Fertility of cows in a high-yielding herd, Rocz. Nauk. PTZ 8(3), 21-29
[20] Boujenane I., El Aimani J., By K., 2015, Incidence and occurrence time of clinical mastitis in Holstein cows, Turk. J. Vet. Anim. Sci. 39, 42-49
[21] Brown K.L., Cassell B.G., McGilliard M.L., Hanigan M.D., Gwazdauskas F.C., 2012, Hormones, metabolites, and reproduction in Holsteins, Jersey, and their crosses, J. Dairy Sci. 95, 698-707
[22] Brun-Lafleur L., Cutullic E., Faverdin P., Delaby L., Disenhaus C., 2013, An individual reproduction model sensitive to milk yield and body condition in Holstein dairy cows, Animal 7(8), 1332-1343
[23] Brzozowski M., Sitkowska B., Piwczyński D., 2016, Modelowanie przebiegu porodu przy użyciu drzew klasyfikacyjnych, Przeg. Hod. 4, 15-21
[24] Buckley F., Mee J., O'Sullivan K., Evans R., Berry D., Dillon P., 2003, Insemination factors affecting the cocepition rate in seasonal calving Holstein-Friesian cows, Reprod. Nutr. Dev. 43, 543-555
[25] Cabrera V.E., 2014, Economics of fertility in high-yielding dairy cows on confined TMR systems, Animal 8(s1), 211-221
[26] Caraviello D.Z., Weigel K.A., Craven M., Gianola D., Cook N.B., Nordlund K.V., Fricke P.M., Wiltbank M.C., 2006, Analysis of reproductive performance of lactating cows on large dairy farms using machine learning algorithms, J. Dairy Sci. 89, 4703-4722
[27] Cardoso F.C., LeBlanc J., Murphy M.R., Drackley J.K., 2013, Prepartum nutritional strategy affects reproductive performance in dairy cows, J. Dairy Sci. 96, 5859-5871
[28] Chamberlin W.G., Middleton J.R., Spain J.N., Johnson G.C., Ellersieck M.R., Pithua P., 2013, Subclinical hypocalcemia, plasma biochemical

parameters, lipid metabolism, postpartum disease, and fertility in postparturint dairy cows, J., Dairy Sci. 96, 7001-7013
[29] Chebel R.C., Santos J.E.P., Reynolds J.P., Cerri R.L.A., Juchem S.O., Overton M., 2004, Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows., Anim. Reprod. Sci. 84, 239-255
[30] Crowe M.A., Diskin M.G., Williams E.J., 2014, Parturition to resumption of ovarian cyclicity: comparative aspects of beef and dairy cows, Animal 8, 40-53
[31] Czajkowska A., Sitkowska B., Piwczyński D., Wójcik P., Mroczkowski S., 2015, Genetic and environmental determinants of the urea level in cow's milk, Arch. Anim. Breed. 58, 65-72
[32] Czerniawska-Piątkowska E., Cioch B., Dąbrowski D., Szewczuk M., Chociłowiowicz E., 2014, Analysis of milk performance and fertility indicies of Polish Holstein-Fresian balck-and-white cows (PHF CB), Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric. Aliment., Pisc., Zootech., 310(30), 35-42
[33] Czerniawska-Piątkowska E., Gajdka W., 2014, The impact of efficiency on breeding indicators of cows, Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech. 312(31), 49-54
[34] Dewey S.T., Mendonça L.G.D., Lopes Jr. G., Rivera F.A., Guagnini F., Chebel R.C., 2010, Resynchronization strategies to improve fertility in lactating dairy cows utilizing a presynchronization injection of GnRH or supplemental progesterone: I. Pregnancy rates and ovarian responses, J. Dairy Sci. 93(9), 4086-4095
[35] Dobson H., Smith R.F., Royal M.D., Knight C.H., Sheldon I.M., 2007, The high producing dairy cow and its reproductive performance, Reprod. Domest. Anim. 42(Suppl. 2), 17-23
[36] Dova I., Kapaj A., Ozuni E., Papa S., 2013, Metabolic profile and reproduction performance in cow during the puerperal period, Albanian j. agric. sci. 12(4), 565-570
[37] Drackley J.K., Cardoso F.C., 2014, Prepartum and postpartum nutritional management to optimize fertility in high-yielding dairy cows in confined TMR systems, Animal 8, 5-14
[38] Dymnicki E., Krzyżewski J., Oprządek J., Reklewski Z., Oprządek A., 2003, Zależność między długością okresu międzyocieleniowego a cechami użytkowości mlecznej krów rasy czarno-białej. Med. Weter. 59(9), 792-796.
[39] Eaglen S.A.E., Coffey M.P., Woolliams J.A., Wall E., 2013, Direct and maternal genetic relationships between calving ease, gestation length, milk production, fertility, type, and lifespan of Holstein-Friesian primiparous cows., J. Dairy Sci. 96, 4015-4025

[40] El-Tarabany M.S., El-Tarabany A.A., 2015, Impact of maternal heat stress at insemination on the subsequent reproductive performance of Holstein, Brown Swiss, and their crosses, Theriogenology, 84, 1523-1529
[41] Ferguson J.D., Skidmore A., 2013, Reproductive performance in a select sample of dairy herds, J. Dairy Sci. 96(2), 1269-1289
[42] Ferrareto L.F., Gencoglu H., Hackbart K.S., Nascimento A.B., Dalla Costa F., Bender R.W., Guenther J.N., Shaver R.D., Wiltbank M.C., 2014, Effect of feed restriction on reproductive and metabolic hormones in dairy cows, J. Dairy Sci. 97, 754-763.
[43] Friedman E., Voet H., Reznikov D., Dagoni I., Roth Z., 2011, Induction of successive follicular waves by gonadotropin-realising hormone and prostaglandin $F_{2\alpha}$ to improve fertility of high-producing cows during the summer and autumn, J. Dairy Sci. 94, 2393-2402
[44] Friggens N.C., Disenhaus C., Petit H.V., 2010, Nutritional sub-fertility in the dairy cow: towards improved reproductive management through a better biological understanding, Animal 4(7), 1197-1213
[45] Furman O., Leitner G., Roth Z., Lavon Y., Jacoby S., Wolfenson D., 2014, Experimental model of toxin-induced subclinical mastitis and its effect on disruption of follicular function in cows, Theriogenology 82, 1165-1172
[46] Galvão K.N., Frajblat M., Butler W.R., Brittin S.B., Guard C.L., Gilbert R.O., 2010, Short communication: Effect of early postpartum ovulation on fertility in dairy cows, Reprod. Dom. Anim. 45, e207-e211
[47] Gehrke M., Zbylut A., 2011, Factors connected with pregnancy loss in dairy cows, Bull Vet Inst Pulawy 55, 457-464
[48] Ghiasi H., Piwczyński D., Khaldari M., Kolenda M., 2015, Application of classification trees in determining the impact of phenotypic factors on conception to first service in Holstein cattle, Anim. Prod. Sci. 56(7), 1061-1069
[49] Gnyp J., 2014, Długość życia i użytkowania oraz produkcyjność krów utrzymywanych w stadach województwa lubelskiego, Zesz. Nauk. PTZ 10(4), 9-15
[50] Goyache F., Díez J., López S., Pajares G., Santos B., Fernádez I., Prieto M., 2005, Machine learning as an aid to management decisions on high somatic cell counts in dairy farms, Arch. Tierz. 48(2), 138-148
[51] Goyache F., Díez J., López S., Espí A., Bahamonde A., Pajares G., Santos B., Fernádez I., Royo L.J., Prieto M., Gómez E., Machine learning can suggest management decisions on unpereceived mastitic animal according to structural and productive profiles of dairy farms, www.researchgate.netpublication2568602_Machine_Learning_can_suggest_management_decisions_on_unperceived_mastitic_animals_according_to_structural_and_productive_proffies_of_dairy_farms, 22/09/2015
[52] Green J.C., Meyer J.P., Williams A.M., Newsom E.M., Keisler D.H., Lucy M.C., 2012, Pregnancy development from day 28 to 42 of gestation in

postpartum Holstein cows that werw either milked (lactating) or not milked (not lactating) after calving, Reproduction 143, 699-711
[53] Grimard B., Marquant-Leguienne B., Remy D., Richard C., Nuttick F., Humbolt P., Ponter A.A., 2013, Postpartum variations of plasma IGF and IGFBPs, oocyte production and quality in dairy cows: relationships with parity and subsequent fertility, Reprod. Dom. Anim. 48, 138-194
[54] Grzesiak W., Zaborski D., Sablik P., Żukiewicz A., Dybus A., Szatkowska I., 2010, Detection of cows with insemination problems using selected classification models, Comput. Electron. Agr. 74, 265-273
[55] Guliński P., Młynek K., Salamończyk E., 2008. Zmiany zawartości mocznika w mleku w zależności od wybranych czynników środowiskowych. Med. Weter. 64(4A); 465–468.
[56] Guliński P., Salamończyk E., Młynek K., 2015, Źródła i następstwa zmian poziomu mocznika w mleku – znaczenie dla oceny poprawności żywienia oraz stanu środowiska naturalnego, Wiad. Zoot. LIII(1), 26-40
[57] Gunay A., Gunay U., 2008, Effects of clinical mastitis on reproductive performance in Holstein cows, Acta Vet. Brno 77, 555-560
[58] Hagiya K., Terawaki Y., Yamazaki T., Nagamine Y., Itoh F., Yamaguchi S., Abe H., Gotoh Y., Kawahara T., Masuda Y., Suzuki M., 2013, Relationships between conception rate in Holstein heifers and cows and milk yield at various stages of lactation, Animal 7(9), 1423-1428
[59] Henao-Velásquez A.F., Múnera-Bedoya O.D., Herrera A.C., Agudelo-Trujillo J.H., Cerón-Muńoz M.F., 2014, Lactose and milk urea nitrogen: fluctuation during lactation in Holstein cows, R. Bras. Zoorec. 43(9), 479-484
[60] Herinstad B., Larsgard A.G., 2010, Correlated selection responses for female fertility after selection for high protein or low mastitis frequency in Norwegian Red cows, J. Dairy Sci. 93, 5970-5976
[61] Herlihy M.M., Crowe M.A., Berry D.P., Diskin M.G., Butler S.T., 2013, Factors associated with fertility outcomes in cows treated with protocols to synchronize estrus and ovulation in seasonal-calving, pasture-based dairy production systems, J. Dairy Sci. 96, 1485-1498
[62] Hertl J.A., Gröhn Y.T., Leach J.D.G., Bar D., Bennet G.J., Gonzalález R.N., Rauch B.J., Welcome F.L., Tauer L.W., Schukken Y.H., 2010, Effects of clinical mastitis caused by gram-positive and gram-negative bacteria and other organism on the probability of conception in New York State Holstein dairy cows, J. Dairy Sci.93, 1551-1560
[63] Hojman D., Kroll O., Adin G., Gips M., Hanochi B., Ezra E., 2004, Relationships between milk urea and production, and fertility traits in Israeli dairy herds, J. Dairy Sci. 87(4), 1001-1011
[64] Hossein-Zadeh N.G., Ardalan M., 2011, Genetic relationship between milk urea nitrogen and reproductive performance in Holstein dairy cows, Animal 5(1), 26-32

[65] Hudson C.D., Bradley A.J., Breen J.E., Green M.J., 2012, Associations between udder health and reproductive performance in United Kingdom dairy cows, J. Dairy Sci., 95, 3683-3697
[66] Hudson C.D., Bradley A.J., Breen J.E., Green M.J., 2015, Dairy herd mastitis and reproduction: Using simulation to aid interpretation of results from discrete time survival analysis, Vet. J., 201, 47-53
[67] Hwang S.-Y., Lee M.-J., Chiou P. W.-S., 2000, Monitoring nutritional status of dairy cows in Taiwan using milk protein and milk urea nitrogen, Asian-Aus. J. Anim. Sci. 13(12), 1667-1673
[68] Inskeep E.K., 2004, Preovulatory, postovulatory, and postmaternal recognition effects of concentration of progesterone on embryonic survival in the cow, J. Anim. Sci. 82(E. Suppl.), E24-E39
[69] Ismael A., Strandberg E., Berglund B., Kargo M., Fogh A., Løvendahl P., 2016, Gentype by environmental interaction for the interval from calving to first insemination with regard to calving month and geographic location in Holstein cows in Danemark and Sweden, J. Dairy Sci. 99(7), 5498-5507
[70] Isobe N., Iwamoto Ch., Kubota H., Yoshimura Y., 2014, Relationship between the somatic cel count in milk and reproductive function in prepartum dairy cows, J. Reprod. Dev. 60, 433-437
[71] Jago J.G., Berry D.P., 2011, Association between herd size, rate of expansion and production, breeding policy and reproduction in spring-calving dairy herds, Animal 5(10), 1626-1633
[72] Jankowska M., Sawa A., Gierszewski R., 2012, Wpływ wybranych czynników na kondycje krów i jej związek ze wskaźnikami płodności, Rocz. Nauk. PTZ 8(2), 9-16
[73] Jankowska M., Sawa A., Neja W., 2010, Effect of milk urea and protein levels on fertility indicies in cows, J. Cent. Eur. Agric. 11(4), 475-480
[74] Januś E., Borkowska D., 2006, Wielkość podstawowych wskaźników płodności krów o różnej wydajności mlecznej, Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska, Sectio EE, XXIV(5), 33-37
[75] Januś E., Borkowska D., 2012, Correlations between milk yield in primiparus PHF cows and selected lifetime performance and fertility indicators as well as reasons for culling, Acta Sci. Pol. Zootech. 11(2), 23-32
[76] Januś E., Borkowska D., 2013, The effect of selected non-genetic factors on key fertility indicies in high-yielding Montbéliarde cows, Acta Sci. Pol. Zootech. 12(1), 21-32
[77] Jaśkowski J.M., Olechnowicz J., Nowak W., 2006, Niektóre przyczyny obniżającej się płodności u krów mlecznych, Med. Wet. 62(4), 385-389
[78] Jaśkowski J.M., Urbaniak K., Olechnowicz J., 2005, Stres cieplny u krów – zaburzenia płodności i ich profilatyka, Życie Wet. 80(1), 18-21
[79] Jílek F., Řehák D., Volek J., Štípkowá M., Němcová E., Fiedlerová M., Rajmon R., Švestková D., 2006, Effect of herd, parity, stage of lactation

and milk yield on urea concentration in milk, Czech. J. Anim. Sci. 51(12), 510-517
[80] Juozaitiene V., Juozaitis A., 2005, The influence of somatic cell count in milk on reproductive traits and production of Black-and-White cows, Vet. Archiv. 75(5), 407-414
[81] Kadarmideen H.N., 2004, Genetic correlations among body condition score, somatic cell score, milk production, fertility and conformation traits in dairy cows, Anim. Sci. 79, 191-201
[82] Kadarmideen H.N., Thompson R., Simm G., 2000, Linear and threshold model genetic parameters for disease, fertility and milk production in dairy cattle, Anim. Sci. 71, 411-419
[83] Keskın A., Mecıtoğlu G., Bılen E., Güner B., Orman A., Okut H., Gümen A., 2016, The effect of ovulatory follicle size at the time of insemination on pregnancy rate in lactating dairy cows, Turk. J. Vet. Anim. Sci. 40, 68-74
[84] König S., Chang Y.M., v. Borstel U.U., Gianola D., Simianer H., 2008, Genetic and phenotypic relationships among milk urea nitrogen, fertility, and milk yield in Holstein cows, J. Dairy Sci. 91, 4372-4382
[85] König S., Hübner G., Sharifi A.R., Bohlsen E., Detter J., Simianer H., Holtz W., 2006, Beziehung zwischen dem somatischen Zellgehalt und dem Erstbesamungserflogen in Milchviehherden Osterfrieslands, analysiert mit logistischen Modellen, Züchtungskunde 78, 89-101
[86] Kowalski Z., 2010, Wpływ żywienia na płodność krów mlecznych. Życie Wet. 85(10), 830-834
[87] Krótki kurs data mining, 2014, www.statsoft.pl/Portals/0/Downloads/2014_krotki_kurs_data_mining.pdf , 09/12/2016
[88] Lambertz C., Sanker C., Gauly M., 2014, Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems, J. Dairy Sci, 97, 319-329
[89] Lasek M., Pęczkowski M., Wierzba D., 2009, Zastosowanie analiz data mining w przewidywaniu groźby upadłości lub konieczności prowadzenia postępowania układowego przedsiębiorstwa – budowa modeli predykcyjnych, ocena ich jakości i wybór modelu, S&PPAKM , 22, 81-95
[90] Lavon Y., Ezra E., Leitner G., Wolfenson D., 2011a, Associataion of conception rate with pattern and level of somatic cell count elevationrelative to time of insemination in dairy cows, J. Dairy Sci. 94, 4538-4545
[91] Lavon Y., Kaim M., Leitner G., Biran D., Ezra E., Wolfenson D., 2016, Two approaches to improve fertility of subclinical mastitic dairy cows, J. Dairy Sci., 99, 2268-2275
[92] Lavon Y., Leitner G., Klipper E., Moallem U., Meidan R., Wolfenson D., 2011b, Subclinical, chronic intramammary infection lowers steroid

concentration and gene expression in bovine preovulatory follicles, Domest. Anim. Endocrinol. 40, 98-109
[93] Lavon Y., Leitner G., Voet H., Wolfenson D., 2010, Naturally occurring mastitis effects on timing of ovulation, steroid and gonadotropic hormone concentrations, and follicular and luteal growth in cows, J. Dairy Sci. 93, 911-921
[94] LeBlanc S.J., 2013, Is a high level of milk production compatible with good reproductive performance in dairy cows?, Animal Frontiers 3(4), 84-91
[95] Leroy J.L.M.R., Vanholder T., Van Knegsel A.T.M., Garcia-Ispierto I., Bols P.E.J., 2008, Nutrient prioritization in dairy cows early postpartum: mismatch between metabolism and fertility?, Reprod. Dom. Anim. 43(Suppl. 2), 96-103
[96] Lomander H., Svensson C., Hallén-Sandgren C., Gustafsson H., Frössling J., 2013, Associations between decreased fertility and management factors, claw health, and somatic cell count in Swedish dairy cows, J. Dairy Sci. 96, 6315-6323
[97] Lucy M.C., Butler S.T., Garverick H.A., 2014, Endocrine and metabolic mechanisms linking postpartum glucose with early embryonic and foetal development in dairy cows, Animal 8, 82-90
[98] Makulska J., Stygar A., Smagieł Ł., Węglarz A., 2011, Reproduction and production strategies for high yielding dairy cows, AB. 13, 359-365
[99] Malinowski E., Kłossowska A., 2000, Stan zdrowia wymienia krów punktem krytycznym w produkcji mleka, Przegląd Mleczarski 9, 308-311
[100] Max A., 2011, Płodność krów po porodach bliźniaczych w stadzie o wysokiej wydajności mlecznej, Życie Wet. 86(8), 618-619
[101] Midla L.T., St-Pierre N.R., Using decision tree to make herd magagement decisions, Tri-State Dairy Nutrition Conference, kwiecień 2015,
[102] Miller R.H., Clay J.S., Norman H.D., 2001, Relationship of somatic cell score with fertility measures, J. Dairy Sci. 84, 2543-2548
[103] Mordak R., 2008, Podstawy monitorowania rozrodu w stadach bydła, Życie Wet. 83(9), 736-741
[104] Mordak R., 2009, Okres okołoporodowy a perspektywy dalszej płodności u krów, Życie Wet. 84(7), 542-544
[105] Montaldo H.H., Castillo-Juárez H., Valencia-Posades M., Cienfuegos-Rivas E.G., Ruiz-López F.J., 2010, Genetic and environmental parameters for milk production, udder health, and fertility traits in Mexican Holstein cows, J. Dairy Sci. 93, 2168-2175
[106] Monteiro P.L.J., Ribeiro E.S., Maciel R.P., Dias A.L.G., Solé Jr. E., Lima F.S., Bisinotto R.S., Thatcher W.W., Sartori R., Santos J.E.P., 2014, Effects of supplemental progesterone after artificial insemination on expression of interferon-stimulated genes and fertility in dairy cows, J. Dairy Sci. 97, 4907-4921

[107] Morek-Kopeć M., Żarnecki A., Jagusiak W., 2009, Association between somatic cell score of milk and fertility traits in Polish Holstein-Friesian cows, Anim. Sci. Pap. Rep. 27(1), 15-22
[108] Morris M.J., Kaneko K., Uppal S.K., Walker S.L., Jones D.N., Routly J.E., Smith R.F., Dobson H., 2013, Effects of high somatic cell counts in milk on reproductive hormones and oestrus behaviour in dairy cows with special reference to thode with concurrent lameness, Anim. Reprod. Sci. 141, 20-25
[109] Morton J.M., Tranter W.P., Mayer D.G., Jonsson N.N., 2007, Effects of environmental heat on conception rates in lactating dairy cows: critical period of exposure, J. Dairy Sci. 90, 2271-2278
[110] Mucha S., Strandberg E., 2011, Genetic analysis of milk urea nitrogen and relationships with yield and fertility across lactation, J. Dairy Sci. 94(11), 5665-5672
[111] Muller C.J.C., Potgieter J.P., Cloete S.W.P., Dzama K., 2014, Non-genetic factors affecting fertility traits in South African Holstein cows, S. Afr. J. Anim. Sci. 44(1), 54-63
[112] Neja W., Jankowska M., Sawa A., Bogucki M., 2013, Analysis of milk and reproductive performance of the active population of cows in Poland, JCEA 14(1), 91-101
[113] Nezhdanov A., Shbunin S., Mikhalev V., Klimov N., Chernitskiy A., 2014, Endocrine and metabolic mechanisms of embryo and fetal intrauterine growth retardation in dairy cows, Turk. J. Vet. Anim. Sci. 38, 675-680
[114] Nguyen T.C., Nakao T., Gautam G., Su L.T., Ranasinghe R.M., Yusuf M., 2011, Relationship between milk somatic cell count and postpartum ovwarian cyclicity and fertility in dairy cows, Acta. Vet. Hung. 59(3), 349-362
[115] Nourozi M., Moussavi A.H., Abazari M., Zadeh M.R., 2010, Milk urea nitrogen and fertility in dairy farms, J. Anim. Vet. Adv. 9(10), 1519-1525
[116] Olechnowicz J., Jaśkowski J. M., 2005, Kondycja, zaburzenia rozrodu i produkcja mleka u krów. Med. Weter. 61(9), 972-975.
[117] Olechnowicz J., Jaśkowski J.M., 2013, A connection between mastitis during early lactation and reproductive performance of dairy cows – a review, Ann. Anim. Sci. 13(3), 435-448
[118] Oler A., Sawa A., Urbańska P., Wojtkowiak M., 2012, Analysisi of longevity and reasons for culling high-yielding cows, Acta Sci. Pol. Zootech. 11(3), 57-64
[119] Ortiz-Pelaez Á., Pfeiffer D.U., 2008, Use of data mining techniques to investigate disease risk classification as a proxy for compromised biosecurity of cattle herds in Wales, BMC Vet. Res. 4(24), doi:10.1186/1746-6148/4/24
[120] Otwinowska-Mindur A., Ptak E., Słoniewski K., 2015, Szacowanie dobowej wydajności mleka krów na podstawie porannych lub wieczornych udojów, Rocz. Nauk. PTZ 11(2), 47-56

[121] Piccardi M., Capitaine Funes A., Balzarini M., Bó G.A., 2013, Some factors affecting the number of days open in Argentinean dairy herds, Theriogenology 79, 760-765
[122] Pinedo P.J., Melendez P., Villagomez-Cortes J.A., Risco C.A., 2009, Effect of high somatic cell counts on reproductive performance of Chilean dairy cattle, J. Dairy Sci. 92, 1575-1580
[123] Piwczyński D., Zastosowanie drzew klasyfikacyjnych w statystycznej analizie plenności maciorek (Using classification trees in statistical analysis of ewe's profiliciacy), Współczesne wyzwania hodowli i chowu zwierząt, Bydgoszcz, wrzesień 2009
[124] Piwczyński D., Sitkowska B., 2012, Statistical modelling of somatic cell counts using the classification tree technique, Arch. Tier. 55(4), 332-345
[125] Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka (PFHBiPM) – Region Oceny Bydgoszcz z/s w Minikowie, 2015, Wyniki oceny wartości użytkowej bydła mlecznego, dane za rok 2014
[126] Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka (PFHBiPM), 2014, Raporty wynikowe z oceny wartości użytkowej i ich wykorzystanie w zarządzaniu stadem bydła mlecznego, Praca zbiorowa pod red. K. Słoniewskiego, ISBN: 978-83-927007-1-5, www.pfhb.pl/dokumeny_ocena/
[127] Pokorska J., Kułaj D., Ormian M., 2012, Przyczyny brakowania krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białek użytkowanych w fermie wielkotowarowej, Rocz. Nauk. PTZ 8(2), 17-24
[128] Pritchard T., Coffey M., Mrode R., Wall E., 2013, Genetic parameters for production, health, fertility and longevity traits in dairy cows, Animal 7(1), 34-46
[129] Pryce J.E., Woolaston R., Berry D.P., Wall E., Winters M., Butler R., Shaffer M., 2014, Proceedings 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, World trends in dairy cow fertiliy, https://asas.org/docs/default-source/wcgalp-proceedings-oral/154_paper_10356 _manuscript_1630_0.pdf?sfvrsn=2, 26/10/2016
[130] Rahman M.M., Mazzilli M., Pennarossa G., Brevini T.A.L., Zecconi A., Gandolfi F., 2012, Chronic mastitis is associated with altered ovarian follicle development in dairy cattle, J. Dairy Sci. 95, 1885-1893
[131] Rajala-Schultz P.J., Saville W.J.A., Frazer G.S., Wittum T.E., 2001, Association between milk urea nitrogen and fertility in Ohio dairy cows, J. Dairy Sci. 84, 482-489
[132] Řehák D., Rajmon R., Kubešová M., Štípková M., Volek J., Jílek F., Švestková D., 2009, Reltionships between milk urea and production and fertility traits in Holstein dairy herds in the Czech Republic, Czech. J. Anim. Sci. 54(5), 193-200
[133] Řehák D., Volek J., Bartoň L., Vodková Z., Kubešová M., Rajmon R., 2012, Relationships among milk yield, body weight, and reproduction in Holstein and Czech Fleckvieh cows, Czech J. Anim. Sci. 57(6), 274-282

[134] Rekik B., Ajili N., Belhani H., Ben Gara A., Ronissi H., 2008, Effect of somatic cel count on milk and protein yields and female fertility in Tunisian Holstein dairy cows, Livest. Sci. 116, 309-317
[135] Remnant J.G., Green M.J., Huxley J.N., Hudson C.D., 2015, Variation in the interservice intervals of dairy cows in the United Kingdom, J. Dairy Sci. 98, 889-897
[136] Rizos D., Carter F., Besenfelder U., Havlicek V., Lonergan P., 2010, Contribution of the female reproductive tract to low fertility in postpartum lactating dairy cows, J. Dairy Sci. 93(3), 1022-1029
[137] Roth Z., Dvir A., Kalo D., Lavon Y., Krifucks O., Wolfenson D., Leitner G., 2013, Naturaly occurring mastitis disrupts developmental competence of bovine occytes, J. Dairy Sci. 96, 1-7
[138] Roy B., Brahma B., Ghosh S., Pankaj P.K., Mandal G., 2011, Evaluation of milk urea concentration as useful indicator for dairy management: a review, Asian J. Anim. Vet. Adv. 6(1), 1-19
[139] Rzewuska K., Strabel T., 2013a, Effects of some non-genetic factors on concentration of urea in milk in Polish Holstein-Friesian cows, J. Anim. Feed Sci. 22, 197-203
[140] Rzewuska K., Strabel T., 2013b, Genetic parameters for milk urea concentration and milk traits in Polish Holstein-Friesian cows, J. Appl. Genetics 54, 473-482
[141] Rzewuska K., Strabel T., 2014, The genetic relationship between reproduction traits and milk urea concentration, Animal Sci. Papers and Reports 32(3), 1-13
[142] Rzewuska K., Strabel T., 2015, The effect of non-genetic factors on reproduction traits of primiparous Polish Holstein-Friesian cows, Anim. Sci. Pap. Rep. 33(4), 347-356
[143] Satoła A., Ptak E., 2016, Wpływ wybranych czynników na zawartość mocznika w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, Rocz. Nauk. PTZ 12(3), 21-32
[144] Sawa A., Bogucki M., 2009, Effect of extended lactations on cow milk and reproductive performance, Arch. Tierz. 52(3), 219-229
[145] Sawa A., Bogucki M., Głowska M., 2015,Effect of single and multiple pregnancies on performance of primiparous and multiparous cows, Arch. Anim. Breed. 58, 43–48,
[146] Sawa A., Bogucki M., Jankowska M., Krężel-Czopek S., 2010, Wpływ wybranych czynników na udział prób o określonej zawartości białka i mocznika, Acta Sci. Pol., Zootechnica 9(3), 57-64
[147] Sawa A., Bogucki M., Krężel-Czopek S., 2011, Effect of some factors on relationships between milk urea levels and cow fertility, Arch Tierz. 54, 468-476
[148] Sawa A., Bogucki M., Krężel-Czopek S., 2012, Reproduction performance of cows with single, twin and triplet calves, Acta. Vet. Brno. 81, 347-352

[149] Sawa A., Neja W., Bogucki M., 2007. Długość pierwszego okresu międzywycieleniowego krów wysoko wydajnych a efektywność ich życiowej użytkowości. Med. Weter. 63(8), 967-970
[150] Schepers A.J., Lam T.J.G.M., Schukken Y.H., Wilmink J.B.M., Hanekamp W.B.A., 1997, Estimation of variance components for somatic cell counts to determine thresholds for uninfected quarters, J. Dairy Sci. 80, 1833-1840
[151] Schrick F.N., Saxton A.M., Lewis M.J., Dowlen H.H., Oliver S.P., 1999, Effects of clinical and subclinical mastitis during early lactation on reproductive performance of Jersey cows, Proc. Natl. Mastitis Council Ann. Mtg. Natl. Mastitis Counc., Madison WI, 189-190
[152] Schüller L.K., Burfeind O., Heuwieser W., 2014, Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature-humidity index thresholds, periods relative to breeding, and haet load indices, Theriogenology 81(8), 1050-1057
[153] Seegers H., 2006, Economics of the reproductive performance of dairy herds, World Buiatric Congress 2006 – Nice, France, citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.507.3857&rep=rep1&type=pdf, 26/10/2016
[154] Shahinfar S., Page D., Guenther J., Cabrera V., Fricke P., Weigel K., 2014, Prediction of insemination outcomes in Holstein dairy cattle using alternative machine learning algorithms, J. Dairy Sci. 97, 731-742
[155] Sharma A.K., Sharma R.K., Kasana H.S., 2007, Prediction of first lactation 305-day milk in Karen Fries dairy cattle using ANN modelling, Appl. Soft Comput. 7, 1112-1120
[156] Sinclair K.D., Garnsworthy P.C., Mann G.E., Sinclair L.A., 2014, Reducing dietary protein in dairy cow diets: implictaions for nitrogen utilization, milk production, welfare and fertility, Animal 8(2), 262-274
[157] Skrzypek R., Antkowiak I., Pytlewski J., 2007, Zależność między liczbą komórek somatycznych w mleku a wskaźnikami rozrodu, Med. Weter. 63(10), 1247-1250
[158] Skrzypek R., Chraplewski H., Białoń K., 2005, Zależność między koncentracją mocznika w mleku a płodnością krów, Med.Wet. 61(5), 536-539
[159] Smith R.F., Oultram J., Dobson H., 2014, Herd monitoring to optimise fertility in the dairy cow: making the most of herd records, metabolic profiling and ultrasonography (research into practice), Animal 8(s1), 185-198
[160] Sönmez M., Demirci E., Türk G., Gür S., 2005, Effect of season on some fertility parameters of dairy nad beef cows in Elaziğ province, Turk. J. Vet. Anim. Sci. 29, 821-828
[161] Stratman T.J., Moore S.G., Lamberson W.R., Keisler D.H., Poock S.E., Lucy M.C., 2016, Growth of the conceptus from day 33 to 45 of pregnancy

is minimally assiociated with concurrent hormolnal or metabolic staus in postpartum dairy cows, Anim. Reprod. Sci. 168, 10-18
[162] Stefańska B., Poźniak A., Nowak W., 2016, Relationship between the pre- and postpartum body conditio scores and peripartirient indicies and fertility in high-yielding dairy cows, J. Vet. Res. 60, 81-90
[163] Strucken E.M., Bortfeld R.H., Tetens G., Thaller G., Brockmann G.A., 2012, Genetic effects and correlations between production and fetility traits and their dependency on the lactation-stage in Holstein Friesians, BMC Genetics 13, 108
[164] Tekerli M., Koçak S., 2009, Relationships between production and fertility traits in first lactation and life time performances of Holstein cows under subtropical condition, Arch Tierz 52, 364-370
[165] Thatcher W.W., Santos J.E.P., Silvestre F.T., Kim I.H., Staples C.R., 2010, Perspective on physiological/endocrine and nutritional factors influencing fertility in post-partum dairy cows, Reprod. Dom. Anim. 45(Suppl. 3), 2-14
[166] Tiezzi F., Penasa M., Cecchinato A., Maltecca C., Bittante G., 2011, Genetic and environmental factors affecting fertility in Italian Brown Swiss cows, Ital. J. Anim. Sci. 10(s1), 1
[167] Toghiani S., 2012, Genetic relationships between production and reproductive performance in Holstein dairy cows, Arch. Tier. 55(5), 458-468
[168] Topolski P., Choroszy B., Choroszy Z., 2008, Wpływ poziomu produkcji krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarnobiałej na wytrwałość laktacji i długość okresu miedzyocieleniowego, Rocz. Nauk. Zoot. 35(2), 93-99
[169] Vacek M., Stádník L., Štípková M., 2007, Relationships between the incidence of health disorders and the reproduction traits of Holstein cows in the Czech Republic, Czech J. Anim. Sci. 52(8), 227-235
[170] von Leesen R., Tetens J., Stamer E., Junge W., Thaller G., Krattenmacher N., 2014, Effect of genetic merit for energy balance on luteal activity and subsequent reproductive performance in primiparous Holstein-Friesian cows, J. Dairy Sci. 97, 1128-1138
[171] Yusuf M., Nakao T., Yoshida C., Long S.T., Gautam G., Ranasinghe RMS B.K., Koike K., Hayashi A., 2011, Days in milk at first AI in dairy cows; Its effect on subsequent reproductive performance and some factors influencing it, J. Reprod. Dev. 57, 653-659
[172] Wiltbank M.C., Souza A.H., Carvalho P.D., Cuhna A.P., Giordano J.O., Fricke P.M., Baez G.M., Diskin M.G., 2014, Physiological and practical effects of progesterone on reproduction in dairy cattle, Animal 8(s1), 70-81
[173] Wolfenson D., Leitner G., Lavon Y., 2015, The disruptive effects of mastitis on reproduction and fertility in dairy cows, Ital. J. Anim. Sci. 14, 650-654

[174] Zavadilová L., Zink V., 2013, Genetic relationship of functional longevity with female fertility and milk production traits in Czech Holsteins, Czech J. Anim. Sci. 58, 554-565
[175] Zebeli Q., Ghareeb K., Humer E., Metzler-Zebeli B.U., Besenfelder U., 2015, Nutrition, rumen health and inflamination in the transition period and their role on overall and fertility in dairy cows, Res. Vet. Sci. 103, 126-136
[176] Zink V., Lassen J., Štípková M., 2012, Genetic parameters for female fertility and milk production in first parity Czech Holstein cows, Czech. J. Anim. Sci. 57(3), 108-114
[177] Zwyrzkowska A., Kupczyński R., 2014, Application of dietary fish oil in dairy cow reproduction, Turk. J. Vet. Anim. Sci. 38, 618-624
[178] Żukowski Kazimierz, 2013, Kierowanie płodnością krów. Wyzwanie wzrasta wraz z wydajnością mleka, Wiad. Zoot. 51(1), 132-135

TABELE OD 2 DO 9

Tab. 2. Płodność krów jako efekt współdziałania wydajności dobowej i innych, wybranych czynników

Czynnik		Wydajność dobowa (kg)												
			≤20,0			20,1-30,0			30,1-40,0			>40,0		
		$\bar{x}$	LSM											
			OMW (dni)	OU (dni)	II (n)	OMW (dni)	OU (dni)	II (n)	OMW (dni)	OU (dni)	II (n)	OMW (dni)	OU (dni)	II (n)
Wydajność dobowa (kg)		28,4	443^{AB}	43,5^{ABa}	1,95^{ABa}	449^{CD}	50,6^{CDa}	2,09^{CDa}	456^{ACE}	58,9^{ACE}	2,25^{ACE}	469^{BDE}	72,5^{BDE}	2,54^{BDE}
Numer laktacji	1	26,8	447^{ABCD}	47,7^{ABCD}	2,02^{ABCDa}	453^{EFGHI}	54,3^{EFGHI}	2,15^{EFGHI}	459^{AEJKL}	61,6^{AEJKL}	2,28^{AEJKL}	470^{BFMNO}	72,9 ^{BFMNO}	2,51^{BFMNb}
	2	31,2	439^{CGJMPQ}	39,4^{CGJMPQ}	1,88^{CGJM}	445^{HKNRS}	47,0^{HKNRS}	2,03^{GKNQR}	454^{LOPRT}	56,2^{LOPRT}	2,22^{OQSab}	468^{DIQST}	72,0^{DIQST}	2,58^{DILPRS}
Poziom wydajności stada (kg)	<7000	22,5	450^{ABGab}	50,0^{ABCDE}	2,02^{ABCDEa}	457 ^{DEFGHac}	57,3^{AFGHIJab}	2,17^{AFGHIb}	466 ^{ADIJKLMde}	69,4 ^{BFKLMNOPc}	2,40^{BFIJK1c}	487 ^{BNOPQRScf}	91,9 ^{CGQRSTUVW}	2,86 ^{CGMNOPQde}
	7000-9000	29,9	444^{EINTU}	45,8^{HKQXY}	2,01^{IMRSf}	451^{FJOVWg}	52,3$^{LRZA'B'a}$	2,13^{JNTg}	457^{KTXYfg}	58,9 $^{DMSXZC'D'}$	2,24^{DRUdg}	468 $^{CUVZA'B'h}$	70,6 $^{YA'E'F'GH'h}$	2,46 ^{EHSTVWh}
	>9000	37,3	436^{Pdh}	34,8$^{NTE'}$	1,82^{Och}	440^{GLQWXZ}	42,3 $^{IOUB'C'F'd}$	1,98^{KPUVXb}	446$^{HMRYA'}$	48,4$^{JPVD'G'}$	2,11^{LQW}	452$^{SB'e}$	54,9$^{WH'cd}$	2,30^{Kaef}
Sezon pierwszej inseminacji	Zima	28,7	444^{ABC}	44,0	1,94	448^{DEFG}	48,8	2,05	453^{Ha}	56,7	2,20	465^{Ib}	68,9	2,46
	Wiosna	29,5	445^{JKc}	44,3	1,94	449^{LMNd}	50,9	2,06	458^{DPQde}	60,1	2,24	472 ^{AEJLQRSTa}	75,1	2,55
	Lato	28,4	443^{QUVbe}	43,4	1,97	452^{RWg}	53,2	2,17	461^{BFMUXYcg}	62,2	2,34	475 $^{CGHKNVWZA'B'}$	76,9	2,66
	Jesień	27,1	441^{IOSXZ}	42,4	1,94	447$^{PTYA'}$	49,6	2,10	453^{BT}	56,5	2,23	464	68,9	2,50
Okres laktacji podczas pierwszej inseminacji (dni)	≤60	29,4	386^{A}	45,9	2,13	394^{A}	55,0	2,30	403^{BC}	63,0	2,46	418^{BDEF}	76,5	2,74
	61-90	29,1	414^{CDGH}	42,5	1,94	419^{EG}	50,2	2,14	428^{FHIJ}	60,2	2,32	437^{IKLM}	70,0	2,50
	91-120	27,5	442^{JKNO}	42,9	1,91	447^{LNP}	49,2	2,06	454^{MOPR}	57,8	2,23	470^{RSTUa}	75,4	2,60
	121-150	25,5	474^{SVWX}	44,7	1,91	476^{TVYZ}	48,2	2,00	482$^{UWYA'B'b}$	55,6	2,13	496 $^{XZA'C'D'E'F'a}$	69,8	2,40
	151-180	23,8	501$^{B'E'G'H'f}$	41,6	1,84	509$^{D'G'J'K'}$	50,6	1,97	514$^{E'H'J'L'}$	57,9	2,12	525$^{F'I'K'L'b}$	70,6	2,47
Wielkość stada (szt.)	≤20	23,0	439	37,0	1,75	443	43,2	1,90	450	52,2	2,08	466	67,7	2,43
	21-50	25,9	439	38,3	1,80	446	46,6	1,94	453	55,3	2,10	467	69,7	2,42
	51-200	29,7	447	47,0	2,05	454	56,6	2,23	461	63,8	2,37	472	76,8	2,64
	>200	34,9	449	51,8	2,19	453	56,2	2,31	461	64,2	2,46	472	75,7	2,68

Wskaźniki efektywności rozrodu różniące się statystycznie w obrębie czynnika oznaczono tymi samymi literami a,b przy P≤0,05 oraz A,B przy P≤0,01;
Dla OMW w obrębie czynnika „Okres laktacji podczas pierwszej inseminacji" wartości oznaczone tymi samymi literami różnią się przy, a,b P<0,05 oraz różnymi literami A,B,a,b przy P<0,01.

Tabela 3. Płodność krów jako efekt współdziałania poziomu mocznika w mleku i innych, wybranych czynników

Czynnik			Poziom mocznika w mleku (mg/l)								
			≤150			150-300			>300		
		$\bar{x}$	LSM								
			OMW (dni)	OU (dni)	II (n)	OMW (dni)	OU (dni)	II (n)	OMW (dni)	OU (dni)	II (n)
Poziom mocznika w mleku (mg/l)		210	453^{A}	$55,4^{a}$	2,20	453^{B}	$55,2^{A}$	2,19	457^{AB}	$58,6^{Aa}$	2,24
Numer laktacji	1	210	456	58,7	2,24	455	57,2	2,21	460	61,3	2,27
	2	209	449	52,0	2,16	451	53,1	2,17	455	55,9	2,20
Poziom wydajności stada (kg)	<7000	187	465^{ABCDEa}	$67,4^{ABCDEF}$	$2,37^{ABab}$	463^{FGHb}	$65,0^{GHIJa}$	$2,34^{CD}$	468^{IJKLMN}	$69,0^{KLMNOP}$	$2,38^{EFcd}$
	7000-9000	213	455^{AIOP}	$58,2^{AKRS}$	$2,26^{GH}$	454^{BFJRS}	$56,4^{BGLTU}$	$2,20^{Iace}$	455^{KTUa}	$56,2^{CMWYa}$	$2,17^{bd}$
	>9000	247	$438^{CGLORTW}$	$40,5^{DHNRTWb}$	$1,97^{ACEGe}$	$442^{DHMPSUc}$	$44,1^{EIOSUY}$	$2,02^{BDFHI}$	450^{ENWbc}	$50,7^{FJPb}$	2,16
Sezon pierwszej inseminacji	Zima	200	450	52,2	2,13	451	53,3	2,13	457	58,3	2,23
	Wiosna	202	456	57,5	2,21	455	56,7	2,19	457	58,6	2,20
	Lato	220	456	58,0	2,27	456	57,3	2,27	461	61,6	2,31
	Jesień	219	450	53,8	2,19	450	53,2	2,17	455	56,1	2,21
Okres laktacji podczas pierwszej inseminacji (dni)	≤60	201	399	60,8	2,43	400	59,9	2,39	401	59,7	2,40
	61-90	214	423	54,3	2,21	425	55,8	2,23	427	57,1	2,24
	91-120	217	452	55,6	2,20	453	55,9	2,19	455	57,4	2,21
	121-150	216	481	53,1	2,10	481	54,0	2,09	484	56,6	2,15
	151-180	215	510	53,0	2,07	507	50,2	2,05	520	62,3	2,19
Wielkość stada (szt.)	≤20	185	447^{ABa}	$47,7^{ABCDab}$	$1,99^{ABCDEF}$	450^{C}	$50,6^{EFcd}$	$2,06^{GHIJKa}$	452	51,8	$2,07^{Lbcd}$
	21-50	190	448^{DEFG}	$49,5^{GHIJKL}$	$2,02^{MNOPRS}$	450^{HIJb}	$50,9^{MNOPRe}$	$2,04^{TUWXYZ}$	456	56,9	$2,12^{A'B'C'D'E'}$
	51-200	214	455	$58,9^{Gae}$	$2,29^{AMTae}$	457^{DH}	$60,3^{AHMc}$	$2,32^{BGNUA'}$	463^{ACEI}	$64,0^{BEIN}$	$2,37^{CHOWB'b}$
	>200	254	462^{BFJ}	$65,3^{CFJO}$	$2,50^{DILPXC'e}$	456	$58,7^{KPb}$	$2,34^{EJRYD'c}$	459^{Gab}	$61,9^{DLRd}$	$2,39^{FKSZd}$

Wskaźniki efektywności rozrodu różniące się statystycznie w obrębie czynnika oznaczono tymi samymi literami a,b przy P≤0,05 oraz A,B przy P≤0,01

Tabela 4. Płodność krów jako efekt współdziałania liczby komórek somatycznych w mleku i innych wybranych czynników

Czynnik		$\bar{x}$	Liczba komórek somatycznych w 1 ml (szt.) ≤200000			200001-400000			400001-1000000			>1000000		
		LnLKS	OMW (dni)	OU (dni)	II (n)	OMW (dni)	OU (dni)	II (n)	OMW (dni)	OU (dni)	II (n)	OMW (dni)	OU (dni)	II (n)
LnLKS		11,79	452^{ab}	54,0^{a}	2,15^{AB}	454	56,0	2,19	456^{a}	57,3	2,24^{A}	456^{b}	58,1^{a}	2,26^{B}
Numer laktacji	1	11,71	455	57,0	2,19	458	59,2	2,23	459	60,5	2,27	458	59,8	2,27
	2	11,93	449	51,0	2,11	451	52,8	2,15	452	54,2	2,20	454	56,5	2,25
Poziom wydajności stada (kg)	<7000	11,88	462	64,6	2,29	466	68,4	2,37	464	66,3	2,37	467	69,2	2,43
	7000-9000	11,76	452	53,7	2,15	453	55,3	2,18	456	58,2	2,24	458	60,4	2,28
	>9000	11,68	442	43,7	2,01	443	44,3	2,02	446	47,5	2,10	442	44,8	2,08
Sezon pierwszej inseminacji	Zima	11,68	452	54,2	2,14^{A}	452	53,7	2,12^{a}	453	54,6	2,19	454	55,9	2,21
	Wiosna	11,77	454	55,7	2,16^{B}	457	58,7	2,23	457	58,7	2,20	455	57,3	2,20
	Lato	11,92	454	55,6	2,20	456	57,2	2,22	459	60,3	2,33^{C}	462	62,7	2,38^{ABDa}
	Jesień	11,80	447	50,5	2,09^{CD}	452	54,4	2,19	453	55,8	2,23	454	56,8	2,26
Okres laktacji podczas pierwszej inseminacji (dni)	≤60	11,69	398	57,8	2,34	399	59,6	2,38	402	61,6	2,44	402	61,3	2,47
	61-90	11,74	422	53,1	2,17	424	55,8	2,22	424	55,2	2,22	427	58,7	2,29
	91-120	11,90	450	53,5	2,14	451	54,0	2,16	457	59,5	2,25	455	58,2	2,25
	121-150	12,04	479	52,0	2,06	484	55,9	2,10	482	54,2	2,12	483	56,2	2,17
	151-180	12,14	510	53,6	2,03	512	54,7	2,08	514	56,2	2,15	513	56,3	2,13
Wielkość stada (szt.)	≤20	11,73	449	49,8^{Aa}	2,02 ABCDEFG	447	47,8^{bc}	1,98 HIJKLMN	451	50,4	2,06^{Oabc}	451	52,1	2,11^{d}
	21-50	11,78	450^{a}	51,5 BCde	2,04 PQRSTUVW	451	51,9^{f}	2,05 XYZA′B′C′D′	452	52,9	2,08 E′F′G′H′I′e	452	53,5	2,08 J′K′L′M′N′f
	51-200	11,84	454	56,7	2,22$^{PO'}$	459	62,1^{d}	2,32^{AHQX}	461	64,0^{Ba}	2,39 BIRYE′J′a	459	61,3	2,37 CJSZF′K′
	>200	11,79	454	58,0	2,31 DKTA′ef	460	62,2^{e}	2,42 ELUB′G′b	459	62,1^{b}	2,42 FMVC′H′M′c	462^{a}	65,6^{ACcf}	2,49 GNOWD′I′N′O′d

Wskaźniki efektywności rozrodu różniące się statystycznie w obrębie czynnika oznaczono tymi samymi literami a,b przy P≤0,05 oraz A,B przy P≤0,01

Tabela 5. Skuteczność pierwszej inseminacji (%)

Czynnik		Ogółem	Wydajność dobowa (kg)					Poziom mocznika (mg/l)				Liczba komórek somatycznych w 1 ml mleka (w tys.) (szt.)				
			≤20,0	20,1-30,0	30,1-40,0	>40,0	Istotność	150	150-300	>300	Istotność	≤200	200-400	400-1000	>1000	Istotność
	ogółem	44,0	50,4	44,4	41,4	38,7	***	44,6	43,7	43,9		44,9	43,6	4,4	40,6	***
Numer laktacji	1	43,9	49,2	43,3	41,3	41,7	***	43,8	43,9	43,7		44,7	43,0	41,9	40,3	***
	2	44,3	53,5	46,9	41,6	37,3	***	46,0	43,4	44,1	***	45,1	44,7	43,1	40,8	***
Poziom wydajności stada (kg)	≤7000	46,2	50,8	44,7	38,6	26,9	***	46,4	46,0	46,4		46,9	45,8	45,5	43,9	***
	7000-9000	42,5	48,3	44,0	40,8	36,2	***	42,2	42,3	43,7		43,5	42,0	40,5	38,5	***
	>9000	42,7	46,3	45,4	43,4	40,2	***	43,5	43,0	41,4		43,9	42,3	39,4	37,0	***
Sezon inseminacji	Zima	44,4	49,0	45,1	42,2	39,5	***	45,1	44,2	43,6		44,9	43,9	44,4	40,4	***
	Wiosna	44,4	50,2	45,4	42,1	40,1	***	45,3	43,9	44,3		45,1	43,6	43,4	42,0	**
	Lato	42,1	49,9	42,5	39,0	36,6	***	42,1	42,1	41,8		43,2	42,4	38,7	39,0	***
	Jesień	45,1	51,9	44,6	42,2	38,2	***	45,6	44,6	45,5		46,1	44,7	43,5	40,9	***
Okres laktacji (dni)	≤60	40,0	44,7	40,8	38,3	35,9	***	39,9	40,1	39,5		41,0	39,5	36,8	36,1	***
	61-90	45,3	52,5	45,8	42,7	40,9	***	47,3	44,2	45,3	***	46,2	43,8	44,3	41,4	***
	91-120	47,2	52,2	47,5	45,2	40,1	***	48,3	47,1	46,2		48,2	48,1	46,4	41,9	***
	121-150	48,9	53,3	48,5	45,2	43,9	***	49,8	48,5	48,8		50,0	48,3	47,9	45,4	**
	151-180	49,5	52,9	49,6	45,1	37,5	***	51,1	50,4	44,6	**	50,2	49,1	48,2	48,8	
Wielkość stada (szt.)	≤20	47,6	51,8	46,5	41,6	35,8	***	47,5	47,2	49,8		47,8	49,2	48,1	43,8	**
	21-50	46,3	51,0	46,1	43,3	39,0	***	45,8	46,7	46,1		46,7	46,2	45,1	44,7	
	51-200	41,9	47,3	42,0	41,1	38,3	***	41,7	41,6	43,0		43,6	40,2	38,0	37,2	***
	>200	40,0	43,4	40,5	40,1	38,8		35,5	40,3	40,8	***	41,1	38,9	38,7	35,9	

Istotność oznaczono jako ***P<0,01, **P<0,05

Tabela 6. Współczynniki korelacji między wydajnością dobową krów i wskaźnikami rozrodu.

Parametr		n	OMW (dni)	OU (dni)	II (n)
Ogólna		88745	-0,0179**	0,0597**	0,1014**
Numer laktacji	1	55685	-0,0201**	0,0483**	0,0847**
	2	33060	-0,0046	0,0923**	0,1372**
Poziom wydajności stada (kg)	≤7000	34869	-0,0327**	0,0941**	0,1200**
	7000-9000	36708	0,0055	0,0719**	0,0776**
	>9000	17168	0,0190*	0,0539**	0,0690**
Okres laktacji	≤60	35022	0,0576**	0,0520**	0,0814**
	61-90	27047	0,0363**	0,0542**	0,0894**
	91-120	15199	0,0398**	0,0629**	0,1111**
	121-150	7638	0,0201	0,0405**	0,0886**
	151-180	3839	0,0481**	0,0693**	0,1212**
Wydajność dobowa (kg)	≤20	14725	-0,0467**	0,0262**	0,0476**
	20,1-30,0	40219	-0,0114*	0,0258**	0,0448**
	30,1-40,0	25064	-0,0036	0,0044	0,0176
	>40	8737	-0,0066	-0,0054	0,0159
Sezon inseminacji	Zima	20384	-0,0433**	0,0496**	0,0945**
	Wiosna	24811	-0,0053	0,0619**	0,1015**
	Lato	21339	-0,0028	0,0700**	0,1110**
	Jesień	22211	-0,0426**	0,0456**	0,0920**
Wielkość stada (szt.)	≤20	14976	-0,0603**	0,0587**	0,1045**
	21-50	32270	-0,0370**	0,0546**	0,0803**
	51-200	20691	-0,0138*	0,0415**	0,0542**
	>200	20808	0,0056	0,0229**	0,0343**

Istotność oznaczono jako **P<0,01, *P<0,05

Tabela 7. Współczynniki korelacji między zawartością mocznika w mleku i wskaźnikami rozrodu.

Czynnik		n	OMW (dni)	OU (dni)	II (n)
Ogólna		88745	0,0316**	0,0066*	0,0184**
Numer laktacji	1	55685	0,0280**	0,0011	0,0143**
	2	33060	0,0377**	0,0159**	0,0252**
Poziom wydajności stada (kg)	≤7000	34869	0,0281**	-0,0007	0,0035
	7000-9000	36708	0,0372**	0,0021	-0,0025
	>9000	17168	0,0645**	0,0362**	0,0359**
Okres laktacji	≤60	35022	0,0071	-0,0036	0,0121*
	61-90	27047	0,0165**	0,0189**	0,0307**
	91-120	15199	0,0160*	0,0171*	0,0341**
	121-150	7638	0,0037	0,0125	0,0339**
	151-180	3839	0,0317*	0,0357*	0,0471**
Wydajność dobowa (kg)	≤20	14725	0,0326**	0,0015	-0,0019
	20,1-30,0	40219	0,0329**	-0,0033	-0,0002
	30,1-40,0	25064	0,0392**	-0,0087	0,0002
	>40	8737	0,0266*	-0,0080	0,0039
Sezon inseminacji	Zima	20384	0,0327**	0,0248**	0,0450**
	Wiosna	24811	0,0226**	0,0060	0,0246
	Lato	21339	0,0430**	0,0092	0,0098
	Jesień	22211	0,0325**	-0,0048	-0,0014
Wielkość stada (szt.)	≤20	14976	0,0251**	-0,0040	-0,0003
	21-50	32270	0,0313**	-0,0007	-0,0081
	51-200	20691	0,0418**	-0,0019	-0,0024
	>200	20808	0,0292**	-0,0202**	-0,0229**

Istotność oznaczono jako **P<0,01, *P<0,05

Tabela 8. Współczynniki korelacji między zawartością komórek somatycznych (LnLKS) w mleku i wskaźnikami rozrodu.

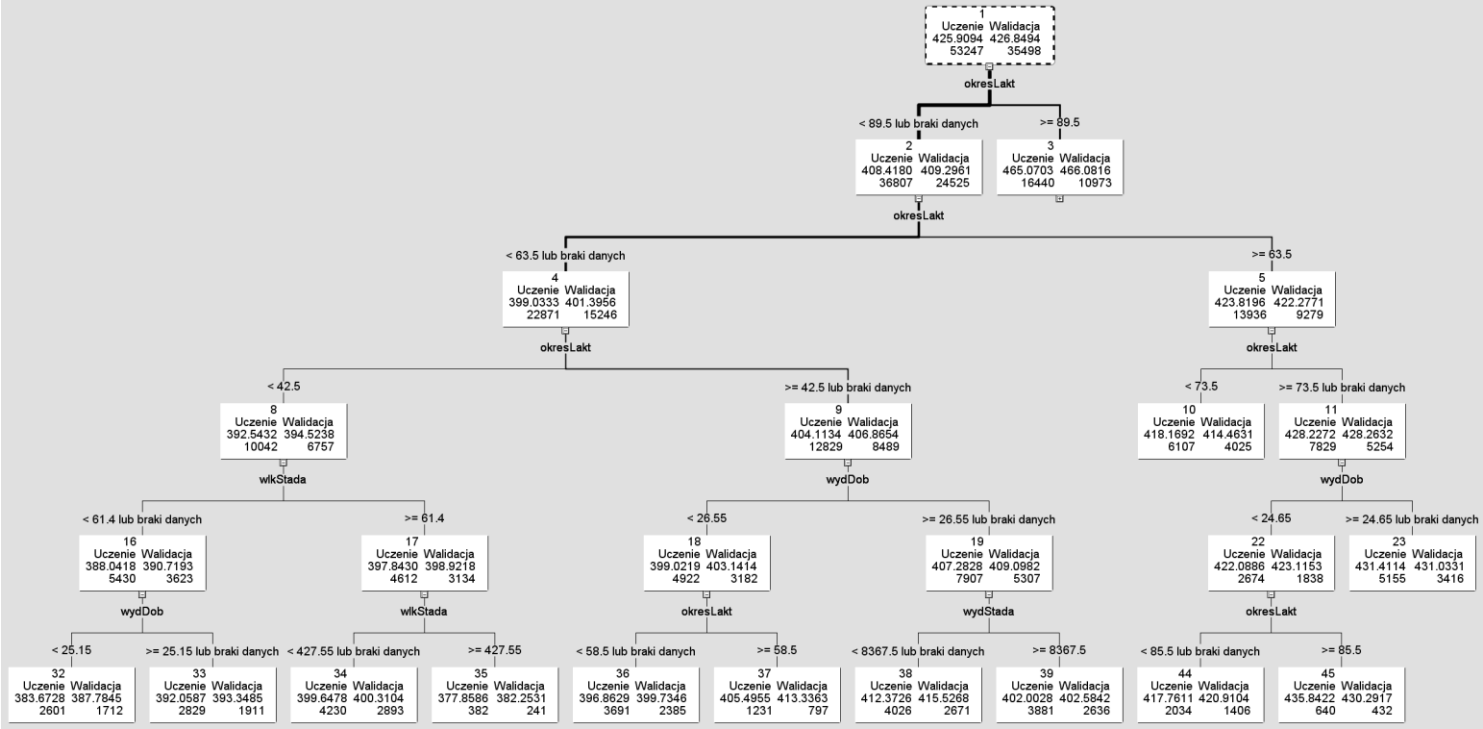
Parametr		n	OMW (dni)	OU (dni)	II (n)
Ogólna		88745	0,0498**	0,0159**	0,0191**
Numer laktacji	1	55685	0,0473**	0,0175**	0,0209**
	2	33060	0,0588**	0,0172**	0,0179**
Poziom wydajności stada (kg)	≤7000	34869	0,0462**	0,0088	0,0196**
	7000-9000	36708	0,0547**	0,0224**	0,0237**
	>9000	17168	0,0401**	0,0182*	0,0237**
Okres laktacji	≤60	35022	0,0152**	0,0210**	0,0312**
	61-90	27047	0,0222**	0,0205**	0,0221**
	91-120	15199	0,0260**	0,0216**	0,0261**
	121-150	7638	0,0206	0,0180	0,0244*
	151-180	3839	-0,0041	-0,0040	0,0207
Wydajność dobowa (kg/dobę)	≤20	14725	0,0390**	0,0083	0,0290**
	20,1-30,0	40219	0,0484**	0,0199**	0,0253**
	30,1-40,0	25064	0,0517**	0,0315**	0,0378**
	>40	8737	0,0524**	0,0334**	0,0299**
Sezon inseminacji	Zima	20384	0,0375**	0,0026	0,0055
	Wiosna	24811	0,0303**	0,0102	0,0124
	Lato	21339	0,0569**	0,0229**	0,0243**
	Jesień	22211	0,0723**	0,0273**	0,0308**
Wielkość stada (szt.)	≤20	14976	0,0340**	-0,0039	0,0003
	21-50	32270	0,0456**	0,0042	0,0014
	51-200	20691	0,0549**	0,0233**	0,0305**
	>200	20808	0,0606**	0,0342**	0,0331**

Istotność oznaczono jako **P<0,01, *P<0,05

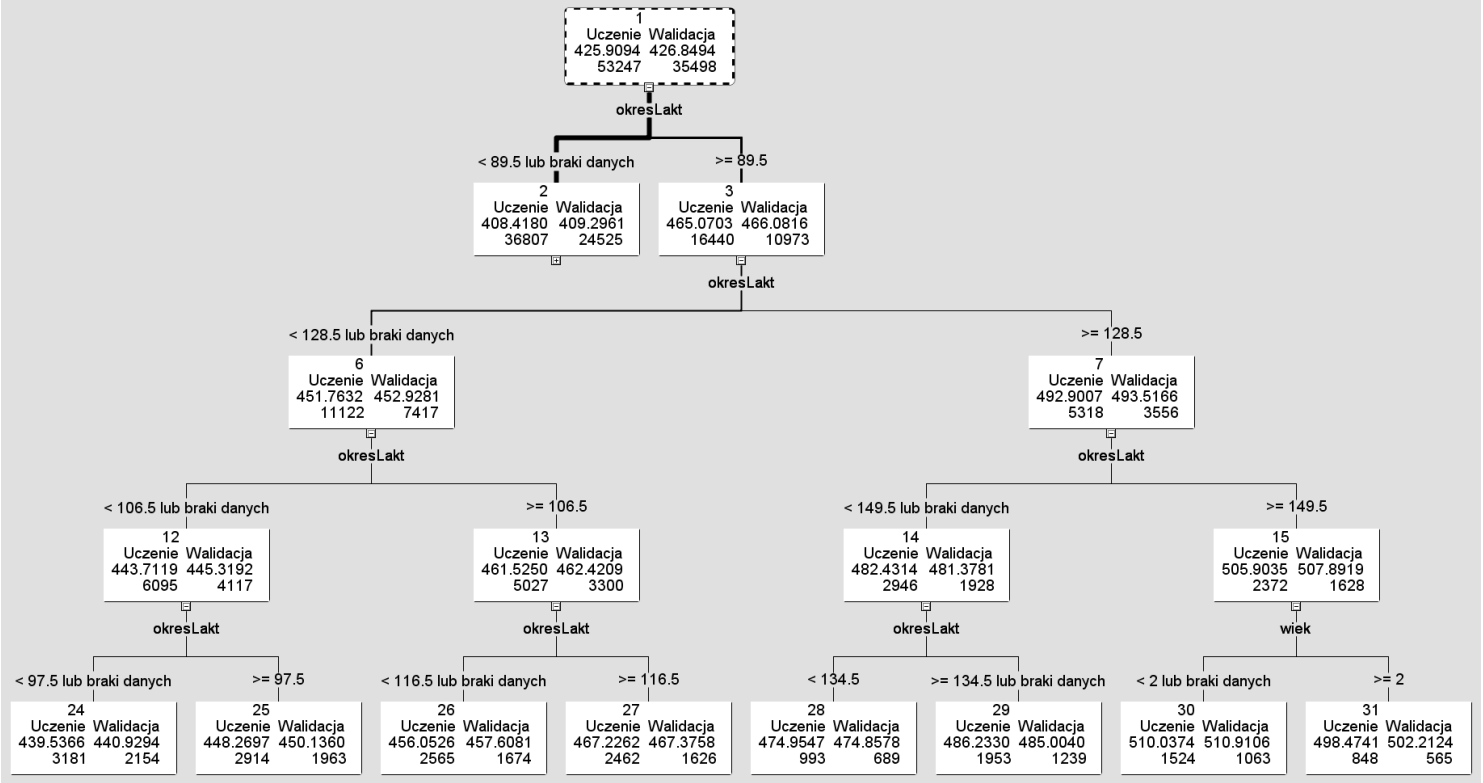
Tabela 9. Liczba reguł podziału i znaczenie zmiennych wpływających na wartości wskaźników rozrodu

Nazwa zmiennej	Okres międzywycielniowy		Okres usługi		Indeks inseminacji		Skuteczność pierwszej inseminacji	
	Liczba reguł podziału	Znaczenie zmiennej	Liczba reguł podziału	Znaczenie zmiennej	Liczba reguł podziału	Znaczenie zmiennej	Liczba reguł podziału	Znaczenie zmiennej
okresLakt	12	1	2	0.4630	5	0.6086	1	1
wydDob	3	0.0943	4	0.6103	3	0.4283	2	0.6578
wlkStada	2	0.0891	4	1	3	1	1	0.9802
wydStada	1	0.0644	4	0.6680	3	0.2814	0	0
wiek	1	0.0377	1	0.2687	1	0.1328	1	0.2668
sez1ins	0	0	0	0	0	0	0	0
lks	0	0	0	0	0	0	0	0
pozMocz	0	0	0	0	0	0	0	0

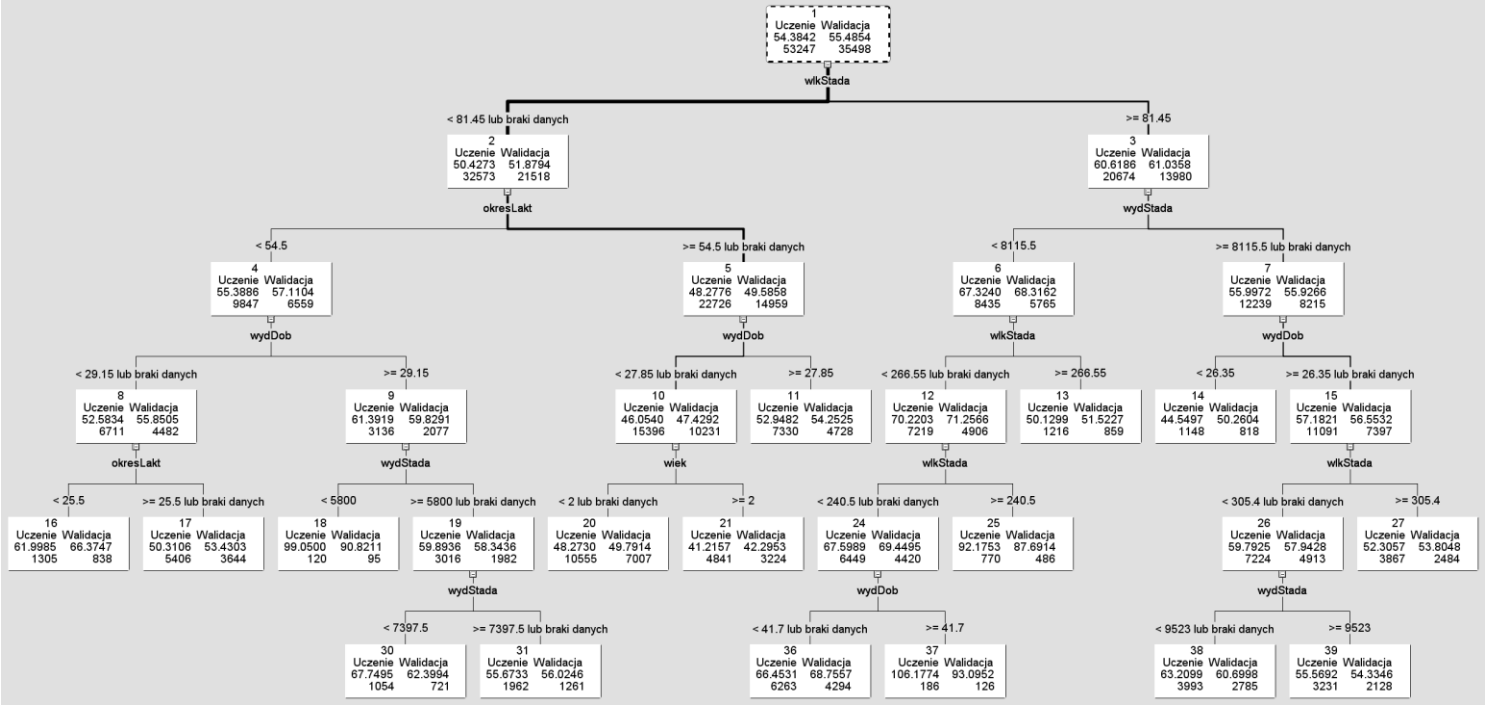
RYCINY OD 3 DO 7



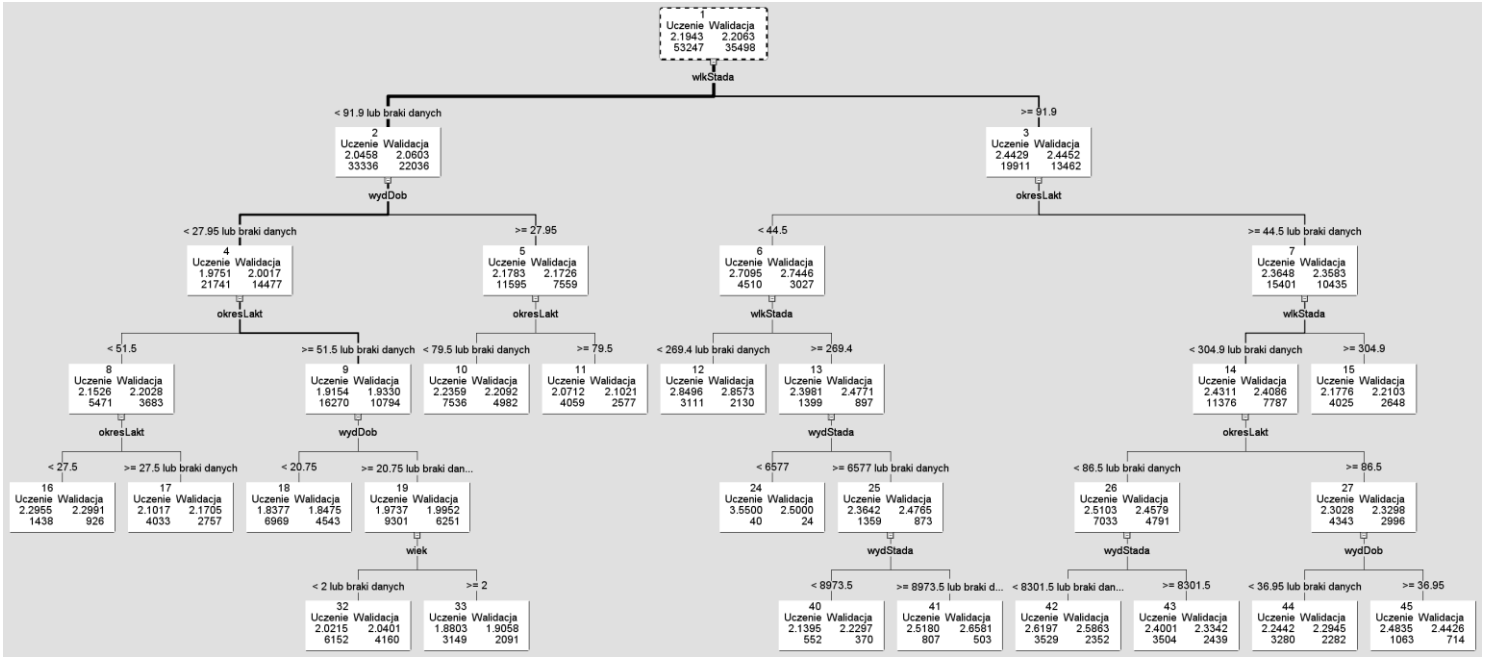
Rycina. 3. Drzewo decyzyjne długości OMW (część 1)



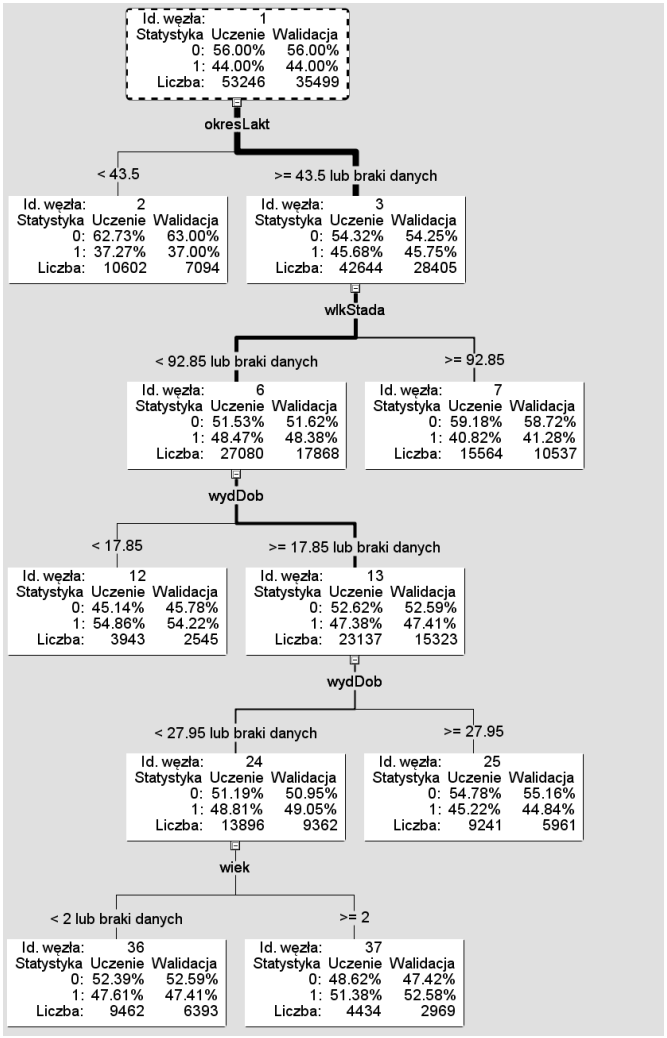
Rycina. 4. Drzewo decyzyjne długości OMW (część 2)



Rycina. 5. Drzewo decyzyjne długości okresu usługi



Ryc. 6. Drzewo decyzyjne indeksu inseminacji



Ryc. 7. Drzewo decyzyjne skuteczności pierwszej inseminacji

STRESZCZENIE

ANALIZA MOŻLIWOŚCI PROGNOZOWANIA PŁODNOŚCI KRÓW NA PODSTAWIE WYNIKÓW PRÓBNYCH DOJÓW

Celem pracy była ocena możliwości wykorzystania wyników z próbnych udojów do sterowania/prognozowania płodności krów obejmująca 1) analizę wpływu wydajności dobowej oraz takich cech mleka jak poziom mocznika i liczba komórek somatycznych na płodność krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, w zależności od następujących czynników: wiek krów, poziom wydajności stada, wielkość stada, sezon pierwszej inseminacji, okres laktacji, 2) oszacowanie wartości współczynników korelacji prostej między wydajnością dobową/liczbą komórek somatycznych/poziomem mocznika w mleku a wskaźnikami płodności krów, również z uwzględnieniem wpływu wieku krów, poziomu wydajności stada, wielkości stada, sezonu pierwszej inseminacji i okresu laktacji, 3) rozważania modelowe z wykorzystaniem techniki drzew decyzyjnych do analizy wpływu wybranych czynników na płodność krów.

Analizą objęto wyniki z 88745 próbnych dojów (przeprowadzonych do 30 dni przed pierwszą inseminacją, w okresie do 180 dnia pierwszej i drugiej laktacji) 55685 krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, będących pod oceną użytkowości mlecznej na Pomorzu i Kujawach, wycielonych po raz pierwszy w latach 2005 – 2012 i użytkowanych do końca 2014 roku, dla których niezbędne dane pozyskano z bazy systemu SYMLEK. Dane liczbowe opracowano statystycznie z wykorzystaniem procedury GLM, FREQ i CORR z pakietu SAS. Analizę statystyczną za pomocą drzew decyzyjnych wykonano przy użyciu oprogramowania SAS Enterprise Miner Workstation 13.1.

Stwierdzono, że płodność krów w badanej populacji kształtowała się na przeciętnym poziomie. Wykazano obecność zależności ($P<0,01$ lub $P<0,05$) między uwzględnionymi wynikami próbnych udojów a płodnością krów, przy czym czynnikiem najbardziej ją różnicującym okazała się wydajność dobowa, wraz z jej wzrostem wydłużał się okres usługi i okres międzywycieleniowy, zwiększał się indeks inseminacji, zmniejszała się skuteczność pierwszej inseminacji. Również wzrost poziomu mocznika oraz liczby komórek somatycznych w mleku niekorzystnie wpływały na płodność krów. Nasilenie związków między wydajnością dobową, poziomem mocznika i liczbą komórek somatycznych w mleku a płodnością krów zmieniało się w największym stopniu w zależności od poziomu wydajności stada, który służy jako miernik jakości chowu, następnie w zależności od wielkości stada i sezonu pierwszej inseminacji. Biorąc po uwagę, że kierunek i siła zależności między wydajnością dobową (poziomem mocznika/LnLKS) a płodnością krów wyrażona współczynnikiem korelacji były zróżnicowane w obrębie klas takich czynników jak wiek krów, okres ich laktacji, sezon pierwszej inseminacji, poziom wydajności i wielkość

stada, koniecznym i uzasadnionym jest uwzględnianie tych czynników w działalności służącej poprawie efektywności rozrodu.

Technika drzew klasyfikacyjnych wskazała podobne do stwierdzonych z wykorzystaniem analizy wariancji i testu χ^2 zmienne (wydajność dobowa, okres laktacji, wielkość stada i wiek krów) odpowiedzialne za płodność krów. Analiza modeli graficznych poszczególnych wskaźników płodności pozwoliła na ocenę wpływu zarówno wymienionych czynników, jak i zachodzących między nimi interakcji. Jednocześnie zastosowane metody wykazały znaczną złożoność uwarunkowania płodności krów.

Łączna analiza uzyskanych wyników wskazuje, iż płodność krów w większym stopniu zależy od czynników środowiskowych niż ich potencjału produkcyjnego. Niemniej jednak w świetle przedstawionych rezultatów, wyniki uzyskiwane z okresowej kontroli użytkowości mlecznej, brane pod uwagę jako pośrednie mierniki sposobu zarządzania stadem (np. żywienia, zdrowia) mogą być użytecznym narzędziem służącym sterowaniu/prognozowaniu płodności krów m.in. poprzez wykorzystanie ich przy podejmowaniu decyzji o terminie unasieniania, żywieniu, leczeniu i profilaktyce chorób, co ma znaczenie w efektywnym rozrodzie krów.

SUMMARY

THE ANALYSIS OF THE POSSIBILITY TO PREDICT COW'S FERTILITY BASED ON TEST-DAY RECORDS

The aim of this study was to assess possibilities to use test-day records for guiding/forecasting cow's fertility including: 1) the analysis of the impact of daily milk yield and such milk characteristics as the milk urea level and the number of somatic cells on fertility of Polish Holstein-Friesian cows depending on factors such as: cow's age, herd's milk yield level, herd size, season of first insemination, days in milk, 2) the estimation of values of simple correlation coefficients between the daily milk yield/somatic cell count/milk urea level and cow's fertility indices, also taking into account the effect of cow's age, herd size, season of first insemination and days in milk, 3) model considerations with the use of the decision tree technique for the analysis of the impact of selected factors on cow's fertility.

The analysis covered results of 88,745 test-day records (carried out up to 30 days before first insemination, in the period up to 180 days of the first and second lactation) of 55,685 Black-and-White Polish Holstein-Friesian cows, representing active population in the Pomeranian and Kuyavian regions. The animals first calved in the years 2005 – 2012, and were used by the end of 2014, for which necessary data was obtained from the SYMLEK database. GLM, FREQ, CORR procedures of the SAS package were used for statistical calculations. Statistical analysis with the use of the decision tree technique was carried out using SAS Enterprise Miner Workstation 13.1.

It was found that fertility in the assessed population was on the average level. Presence of dependences ($P<0.01$ or $P<0.05$) was indicated between the included test-day records and fertility of cows. Daily milk yield was the factor that had the greatest effect on fertility. An increase in the daily milk yield was found to increase service period, calving interval, insemination index, and to decrease effectiveness of first insemination. Likewise, an increase in the milk urea level and the somatic cell level had a negative effect on the fertility of cows. Intensification of correlations between the daily milk yield, milk urea level, somatic cell count and fertility of cows changed the most depending on the herd's milk yield level, which is an indicator of housing quality, next, depending on the herd size and the season of first insemination. Taking into account that the direction and magnitude of dependences between the daily milk yield (milk urea /LnSCC) and cow's fertility, expressed by correlation coefficient, were differentiated within classes of factors such as cow's age, days in milk, the season of first insemination, herd milk yield level and herd size. It is both necessary and reasonable to include these agents in activities improving reproductive performance.

The decision tree technique indicated similar variables responsible for cow's fertility to the ones found with the analysis of variance and χ^2 test (the daily

milk yield, days in milk, herd size, and cow's age). The analysis of graphical models of individual fertility indicators allowed to assess the effect of the factors mentioned and interactions occurring between them. The methods used simultaneously in the study indicated a significant complexity of the conditioning of cow's fertility.

The combined analysis of the results obtained in this study shows that cow's fertility depends to a greater extent on environmental factors than on the production potential of cows. Nonetheless, in the light of presented results, test-day records regarded as an intermediate measurements of the method of herd management (e.g. nutrition, health), may be a useful tool to guide/forecast cow's fertility, i.a. through using them when making a decision about the date of insemination, nutrition, treatment and prophylaxis of illness, which is important in the effective reproduction of cows.