



# Ocena wartości hodowlanej bydła rasy PHF odmiany czarno-białej i czerwono-białej

Opracowane przez:

## Centrum Genetyczne

Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka

<b>Jednostopniowa genomowa ocena wartości hodowlanej</b>	<b>2</b>
Informacje ogólne	3
Dane rodowodowe	3
Dane genomowe	3
Obserwacje fenotypowe	3
Międzynarodowe oceny wartości hodowlanej MACE	4
Dokładność oceny	4
Baza genetyczna	4
Wartości hodowlane i ich standaryzacja	5
Warunki publikacji oceny	9
Oznaczenia opublikowanej oceny wartości hodowlanej	10
<b>Ocena wartości hodowlanej dla cech produkcyjnych oraz zawartości komórek somatycznych</b>	<b>11</b>
Dane	11
Odziedziczalność	11
Model	11
Grupy genetyczne	12
<b>Ocena wartości hodowlanej dla cech pokroju</b>	<b>13</b>
Dane	13
Odziedziczalność	13
Model	14
Grupy genetyczne	14
<b>Ocena wartości hodowlanej dla cech płodności</b>	<b>15</b>
Dane	15
Odziedziczalność	16
Model	16
Grupy genetyczne	17
<b>Ocena wartości hodowlanej dla cech związanych z przebiegiem porodu i przeżywalnością cieląt</b>	<b>18</b>
Dane	18
Odziedziczalność	19
Model	19
Grupy genetyczne	20
<b>Ocena wartości hodowlanej dla długowieczności</b>	<b>21</b>
Odziedziczalność	21
Model	21
<b>Grupy genetyczne</b>	<b>22</b>
<b>Ocena wartości hodowlanej dla cech związanych ze zdolnością udojową</b>	<b>23</b>
Dane	23
Odziedziczalność	23

Model	23
Grupy genetyczne	24
<b>Ocena wartości hodowlanej dla cech związanych ze zdrowotnością racic</b>	<b>25</b>
Dane	25
Odziedziczalność	25
Model	25
Grupy genetyczne	26
<b>Indeks Produkcja i Funkcjonalność (PF)</b>	<b>27</b>
Standaryzacja indeksu PF	27
Podindeks produkcyjny	27
Podindeksy pokrojowe	27
Pośrednie optimum	29
Podindeks płodności	29
Standaryzacja podindeksów	29
<b>Indeks Ekonomiczny (IE)</b>	<b>29</b>
<b>Źródła</b>	<b>32</b>

# Jednostopniowa genomowa ocena wartości hodowlanej

## Informacje ogólne

Ocena wartości hodowlanej bydła rasy PHF odmiany czarno-białej i czerwono-białej w Polsce przeprowadzana jest z wykorzystaniem metody jednostopniowej (single-step BLUP). Wykorzystuje one metodę BLUP (najlepszej linowej nieobciążonej predykcji) model zwierzęcia łączącą następujące źródła obserwacji: obserwacje fenotypowe, informację rodowodową, informację genomową oraz dodatkowo międzynarodowe oceny wartości hodowlanej MACE. W zależności od cechy stosuje się modele jedno lub wielocechowe oraz modele laktacyjne.

## Dane rodowodowe

Dane rodowodowe stanowią źródło informacji o spokrewnieniach pomiędzy osobnikami. Wykorzystywane są wszystkie dostępne źródła informacji: krajowe księgi hodowlane, międzynarodowe informacje o osobnikach pochodzące z Interbull i EuroGenomics oraz wyniki kontroli pochodzenia zwierząt zgenotypowanych.

## Dane genomowe

Szacowanie wartości hodowlanej uwzględnia informacje genetyczne osobnika w postaci markerów, polimorfizmów pojedynczych nukleotydów — SNP (*ang. Single Nucleotide Polymorphisms*). Do analiz włączane są wyłącznie dane, które przeszły rygorystyczną kontrolę jakości, mającą na celu odrzucanie genotypów lub SNPów dla których wykazano ponad 10% brakujących wywołań markerów oraz gdzie częstotliwość rzadszego allelu wynosi nie mniej niż zadany próg.

## Obserwacje fenotypowe

Definicje obserwacji fenotypowych są dostosowane do specyfiki poszczególnych cech. Do szacowania oceny wartości hodowlanej włączane są wyłącznie obserwacje spełniające wymogi jakościowe określone osobno dla poszczególnych cech.

## Międzynarodowe oceny wartości hodowlanej MACE

Wartości hodowlane MACE szacowane są na podstawie krajowych wartości hodowlanych oszacowanych, dostarczanych przez członków organizacji Interbull, dla buhajów ocenionych na podstawie ich córek. Stanowią cenne źródło informacji w przypadku braku krajowej wartości hodowlanej tj. niewystarczającej liczby (lub braku) córek danego osobnika w Polsce. W jednostopniowej ocenie wartości hodowlanej MACE są uwzględniane jako dodatkowe źródło informacji (pseudo-fenotyp buhaja) tylko w przypadku, gdy ocena MACE ma wyższą dokładność niż ocena buhaja na podstawie jego polskich córek. Włączenie oceny MACE jako dodatkowego źródła informacji opiera się o metodologię, która pozwala na uwzględnienie informacji krajowej oraz międzynarodowej zaproponowaną przez Bonifazi i wsp. 2023, która bazuje na deregresowanych krajowych wartościach hodowlanych oraz wynikach oceny MACE.

W przypadku cech produkcyjnych oraz zawartości komórek somatycznych stosuje się dodatkowe przekształcenia zgodnie z metodologią zaproponowaną przez Edinga (2024).

## Dokładność oceny

Dokładność oceny wartości hodowlanej jest obliczana za pomocą metody aproksymacji, wykorzystującej elementy diagonalne macierzy wariancji błędu predykcji układu równań mieszanych stosowanych w szacowaniu wartości hodowlanych (Tier i Meyer, 2004).

## Baza genetyczna

Wartości hodowlane wyrażane są w odniesieniu do bazy genetycznej. Jest ona jednolita dla wszystkich ocenianych cech. Przyjęto, że bazę genetyczną stanowi średnia wartość hodowlana krów urodzonych 10 lat przed rokiem, w którym przeprowadzono ocenę. Baza genetyczna jest aktualizowana corocznie, co zapewnia jej aktualność i adekwatność do bieżących warunków hodowlanych.

## Grupy genetyczne

Grupy genetyczne przypisywane są zwierzętom, które nie posiadają jednego lub obu rodziców. Dla wszystkich grup cech w ocenie wykorzystuje się jednakową definicję grup genetycznych, ażeby niezależnie od ocenianej cechy zwierzę z nieznanym/i rodzicami miało przypisaną tę samą grupę. Budowane są one w



oparciu o następujące kryteria: płeć zwierzęcia, ścieżkę selekcyjną, okres urodzenia oraz kraj pochodzenia. Grupy genetyczne dla nieznanymi rodziców uwzględniono jako efekt losowy w modelu.

## Wartości hodowlane i ich standaryzacja

Wartości hodowlane wszystkich cech są wyrażane jako odchylenie od bazy genetycznej.

Dla cech produkcyjnych wartości hodowlane są standaryzowane według następującego wzoru:

$$WH_{odch} = \frac{(WH - \mu_{WH})}{\sigma_{WH}}$$

gdzie:

- $WH_{odch}$  - standaryzowana wartość hodowlana wyrażona jako odchylenie od bazy genetycznej
- $WH$  - oszacowana wartość hodowlana
- $\mu_{WH}$  - średnia wartość wartość hodowlana dla zwierząt stanowiących bazę genetyczną
- $\sigma_{WH}$  - odchylenie standardowe wartości hodowlanych dla zwierząt stanowiących bazę genetyczną

W przypadku pozostałych cech w celu łatwiejszej interpretacji wyników wartości hodowlane przekształcono na skalę o średniej 100 i odchyleniu standardowym 10, zgodnie z następującym wzorem:

$$WH_{std} = cecha * 10 * WH_{odch} + 100$$

gdzie:

- $WH_{std}$  - standaryzowana wartość hodowlana w skali publikowanej
- $WH_{odch}$  - wartość hodowlana wyrażona jako odchylenie od bazy genetycznej
- $cecha$  - wskaźnik, który przyjmuje wartość 1 lub -1, w zależności od charakteru danej cechy.

Wskaźnik *cecha* wprowadzono w celu zachowania jednolitej interpretacji wartości hodowlanych. Wartość -1 stosuje się w przypadku cech, dla których niższe wartości fenotypowe są bardziej pożądane, aby odwrócić skalę i zapewnić, że wyższa wartość hodowlana zawsze oznacza wyższy potencjał

genetyczny osobnika. Dotyczy to następujących cech: zawartość komórek somatycznych, długowieczność, przestój poporodowy, okres usługi, odstęp międzyciążowy, przebieg porodów, dermatitis digitalis i temperament.

Dla pozostałych cech wskaźnik przyjmuje wartość 1, co oznacza, że skala pozostaje bez zmian. Dzięki temu ujednoczeniu interpretacja wartości hodowlanych staje się bardziej intuicyjna i umożliwia bezpośrednie porównanie potencjału genetycznego różnych osobników.

**Tabela 1.** Interpretacja wartości hodowlanych dla poszczególnych cech.

Cecha	Jednostka	Sposób wyrażania	Interpretacja wartości niskiej	Interpretacja wartości wysokiej
<b>Produkcja</b>				
Wydajność mleka	kg	Odchylenie od bazy	Niska wydajność mleka	Wysoka wydajność mleka
Wydajność białka	kg	Odchylenie od bazy	Niska wydajność białka	Wysoka wydajność białka
Wydajność tłuszczu	kg	Odchylenie od bazy	Niska wydajność tłuszczu	Wysoka wydajność tłuszczu
Wydajność laktozy	kg	Odchylenie od bazy	Niska wydajność laktozy	Wysoka wydajność laktozy
Procent białka	%	Odchylenie od bazy	Niska zawartość białka	Wysoka zawartość białka
Procent tłuszczu	%	Odchylenie od bazy	Niska zawartość tłuszczu	Wysoka zawartość tłuszczu
Procent laktozy	%	Odchylenie od bazy	Niska zawartość laktozy	Wysoka zawartość laktozy
<b>Zdrowotność wymienia</b>				
Liczba komórek somatycznych	pkt.	Wartość standaryzowana	Wysoka zawartość komórek somatycznych	Niska zawartość komórek somatycznych
<b>Pokrój</b>				
Rama ciała	pkt.	Wartość standaryzowana	Mała	Duża
Siła mleczności	pkt.	Wartość standaryzowana	Niepożądana	Pożądana

Cecha	Jednostka	Sposób wyrażania	Interpretacja wartości niskiej	Interpretacja wartości wysokiej
Nogi i racice	pkt.	Wartość standaryzowana	Niepożądane	Pożądane
Wymię	pkt.	Wartość standaryzowana	Niepożądane	Pożądane
Budowa ogólna	pkt.	Wartość standaryzowana	Niepożądana	Pożądana
Wysokość w krzyżu	pkt.	Wartość standaryzowana	Niski wzrost	Wysoki wzrost
Głębokość tułowia	pkt.	Wartość standaryzowana	Płytki tułów	Głęboki tułów
Szerokość klatki piersiowej	pkt.	Wartość standaryzowana	Wąska	Szeroka
Ustawienie zadu	pkt.	Wartość standaryzowana	Uniesiony	Spadzisty
Szerokość zadu	pkt.	Wartość standaryzowana	Wąski	Szeroki
Nogi tylne - widok z boku	pkt.	Wartość standaryzowana	Pionowe	Podsiebne
Racice	pkt.	Wartość standaryzowana	Długa przekątna	Krótką przekątna
Nogi tylne - widok z tyłu	pkt.	Wartość standaryzowana	Iksowate	Równoległe
Struktura Kostna	pkt.	Wartość standaryzowana	Gruba	Płaska
Zawieszenie przednie wymienia	pkt.	Wartość standaryzowana	Luźne	Mocne
Zawieszenie tylne wymienia	pkt.	Wartość standaryzowana	Niskie	Wysokie
Więzadło środkowe wymienia	pkt.	Wartość standaryzowana	Słabe	Mocne
Położenie wymienia	pkt.	Wartość standaryzowana	Niskie	Wysokie
Szerokość wymienia	pkt.	Wartość standaryzowana	Wąskie	Szerokie

Cecha	Jednostka	Sposób wyrażania	Interpretacja wartości niskiej	Interpretacja wartości wysokiej
Ustawienie strzyków tylnych	pkt.	Wartość standaryzowana	Zewnętrzne	Wewnętrzne
Ustawienie strzyków przednich	pkt.	Wartość standaryzowana	Szerokie	Wąskie
Długość strzyków	pkt.	Wartość standaryzowana	Krótkie	Długie
Charakter mleczny	pkt.	Wartość standaryzowana	Ordynarny	Szlachetny
Kondycja	pkt.	Wartość standaryzowana	Słaba	Mocna
Lokomocja	pkt.	Wartość standaryzowana	Słaba	Dobra
<b>Płodność</b>				
Współczynnik zapłodnienia jałówek	pkt.	Wartość standaryzowana	Duża liczba inseminacji jałówek	Mała liczba inseminacji jałówek
Współczynnik zapłodnienia krów	pkt.	Wartość standaryzowana	Duża liczba inseminacji krów	Mała liczba inseminacji krów
Przystój poporodowy	pkt.	Wartość standaryzowana	Długi przystój poporodowy	Krótki przystój poporodowy
Odstęp międzyciążowy	pkt.	Wartość standaryzowana	Długi odstęp międzyciążowy	Krótki odstęp międzyciążowy
Okres usługi jałówek	pkt.	Wartość standaryzowana	Długi okres usługi jałówek	Krótki okres usługi jałówek
Okres usługi krów	pkt.	Wartość standaryzowana	Długi okres usługi krów	Krótki okres usługi krów
<b>Długowieczność</b>				
Długowieczność	pkt.	Wartość standaryzowana	Mała długość użytkowania	Wysoka długość użytkowania
<b>Zdolność udojowa</b>				
Szybkość doju	pkt.	Wartość standaryzowana	Długi dój	Krótki dój
Temperament	pkt.	Wartość standaryzowana	Zwierzę pobudliwe lub agresywne	Zwierzę powolne i łagodne

Cecha	Jednostka	Sposób wyrażania	Interpretacja wartości niskiej	Interpretacja wartości wysokiej
<b>Przebieg porodów</b>				
Przebieg porodu bezpośredni	pkt.	Wartość standaryzowana	Trudne porody potomstwa buhaja	Łatwe porody potomstwa buhaja
Przebieg porodu matczyny	pkt.	Wartość standaryzowana	Trudne porody u córek buhaja	Łatwe porody u córek buhaja
Przeżywalność cieląt bezpośrednia	pkt.	Wartość standaryzowana	Niska przeżywalność potomstwa buhaja	Wysoka przeżywalność potomstwa buhaja
Przeżywalność cieląt matczyna	pkt.	Wartość standaryzowana	Niska przeżywalność potomstwa córek buhaja	Wysoka przeżywalność potomstwa córek buhaja
<b>Zdrowotność racic</b>				
Dermatitis digitalis (DD)	pkt.	Wartość standaryzowana	Niska odporność na wystąpienie DD	Wysoka odporność na wystąpienie DD

### Warunki publikacji oceny

Ocena wartości hodowlanej buhaja może zostać opublikowana, jeśli spełnione są następujące warunki:

- Dokładność oceny wydajności mlecznej wynosi co najmniej 0,5,
- W ocenie danej cechy uwzględniono informację fenotypową (dane pochodzące od córek lub MACE) lub genotyp własny buhaja.

Warunkiem publikacji oceny wartości hodowlanej dla samic jest:

- Posiadanie ojca i matki rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej,
- Wykorzystanie w ocenie danej cechy genotypu lub fenotypu własnego,
- Posiadanie wartości hodowlanej dla wydajności mleka, co jest warunkiem koniecznym do uzyskania oceny.

Ocena wartości hodowlanej buhajów i samic jest publikowana wyłącznie dla dwóch odmian rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej: HO (czarno-biała) i RW (czerwono-biała).

## Oznaczenia opublikowanej oceny wartości hodowlanej

Każda opublikowana wartość hodowlana zawiera znacznik wskazujący źródła informacji wykorzystane w procesie jej szacowania. Podstawowym źródłem dla wszystkich osobników są dane rodowodowe, natomiast dodatkowo mogą być uwzględnione:

- Genotyp,
- Obserwacje fenotypowe (pochodzące od samego osobnika lub od jego córek),
- Międzynarodowa ocena wartości hodowlanej (MACE).

W przypadku gdy dokładność oceny międzynarodowej jest wyższa o co najmniej 5 pkt. proc., niż dokładność oceny krajowej, publikowana jest ocena międzynarodowa i oznaczana jest ona skrótem MACE lub GMACE, co wskazuje na pochodzenie danych z systemu Interbull. Szczegółowy opis skrótów oraz przypisanych do nich źródeł informacji przedstawiono w Tabeli 2.

**Tabela 2.** Wyjaśnienie oznaczeń używanych w opublikowanych ocenach wartości hodowlanej.

Źródło informacji	Informacje uwzględnione w ocenie	
	Buhaje	Samice
	<b>Ocena krajowa</b>	
GFI	Genotyp, fenotypy córek i MACE	
GF (Z)	Genotyp i fenotypy córek	Genotyp i fenotypy własne
G	Genotyp	Genotyp
GI	Genotyp i MACE	
FI	Fenotypy córek i MACE	
F	Fenotypy córek	Fenotypy własne
I	MACE	
	<b>Ocena międzynarodowa</b>	
MACE	Ocena konwencjonalna	
GMACE	Ocena genomowa	

## Ocena wartości hodowlanej dla cech produkcyjnych oraz zawartości komórek somatycznych

Ocena, ta oparta jest na podstawie analiz prób mleka oraz pomiarów prowadzonych podczas próbnych dojów w stadzie krów. W tej grupie, ocenie podlegają: wydajności mleka, białka, tłuszczu, laktozy oraz liczba komórek somatycznych. W ocenie uwzględniono także międzynarodową ocenę wartości hodowlanej MACE, która jest zintegrowana w ramach systemu oceny.

### Dane

Obserwacje włączone do analiz zostały zebrane podczas próbnych dojów prowadzonych w stadzie przez zootechników oceny. Włączone są wszystkie rekordy od 01 stycznia 1995 ocenione metodą A4 i A8 oraz AT4 z niższą wagą obserwacji w ocenie. Obserwacje ostatecznie użyte w ocenie wartości hodowlanej są filtrowane pod względem wartości odstających, zakresu cech i efektów oraz liczebności podklas efektów.

W celu zmniejszenia zmienności w stadach na dane fenotypowe zastosowano poprawkę na heterogeniczność wariancji.

### Odziedziczalność

**Tabela 3.** Odziedziczalność dla cech produkcyjnych oraz zawartości komórek somatycznych.

Nazwa cechy	Odziedziczalność
Wydajność mleka	0,37
Wydajność tłuszczu	0,42
Wydajność białka	0,32
Wydajność laktozy	0,37
Zawartość komórek somatycznych	0,37

### Model

Wartość hodowlaną szacuje się przy użyciu jednocechowego, wielolaktacyjnego modelu zwierzęcia z regresjami losowymi. W szacowaniu wykorzystuje się pomiary zgromadzone w ramach trzech pierwszych laktacji.

W modelu uwzględniono następujące efekty:

Stałe:

- dzień doju w stadzie,
- wiek wycielenia-sezon-dzień laktacji (uwzględnia się dwa sezony: październik-marzec, kwiecień wrzesień). Krzywa laktacji modelowana przy użyciu funkcji regresji stałej 5-tego stopnia wielomianu Legendre'a,
- stada-roku-dzień laktacji. Krzywa laktacji modelowana przy użyciu funkcji regresji stałej 3-go stopnia wielomianu Legendre'a,

Losowe:

- genetyczny addytywny zwierzęcia. Efekt modelowany przy użyciu funkcji regresji losowej 3-go stopnia wielomianu Legendre'a,
- środowiskowy trwały. Efekt modelowany przy użyciu funkcji regresji losowej 3-go stopnia wielomianu Legendre'a,
- błędu losowego

W ramach wieku wycielenia uwzględniono 12 podklas: w laktacji pierwszej 5 podklas, w laktacji drugiej 4 podklasy, w laktacji trzeciej 3 podklasy.

## Ocena wartości hodowlanej dla cech pokroju

### Dane

Cechy pokroju oceniane są w sposób liniowy — w skali od 1 do 9 (19 cech) oraz opisowy — w skali od 50 do 100 (5 cech). Jedna cecha — wysokość w krzyżu określana jest w centymetrach. Cecha budowa ogólna opiera się o 4 pozostałe cechy opisowe. Nazwy poszczególnych cech, skalę oraz odziedziczalności znajdują się w Tabeli 4. W ocenie uwzględniono obserwacje dla krów, których wiek ocielenia mieścił się w przedziale od 18 do 48 miesiąca, a ocena pokroju wykonana była w okresie między 15 a 180 dniem trwania laktacji. W ocenie uwzględniono także międzynarodową ocenę wartości hodowlanej MACE.

### Odziedziczalność

**Tabela 4.** Ocena cech pokroju oraz odziedziczalność poszczególnych cech

Nazwa cechy	Skala oceny	Odziedziczalność
Rama ciała	50-100 pkt	0,20
Siła mleczności	50-100 pkt	0,25
Nogi i racice	50-100 pkt	0,09
Wymię	50-100 pkt	0,13
Budowa ogólna	50-100 pkt	0,17
Wysokość w krzyżu	cm	0,40
Głębokość tułowia	1-9 pkt	0,25
Szerokość klatki piersiowej	1-9 pkt	0,21
Ustawienie zadu	1-9 pkt	0,36
Szerokość zadu	1-9 pkt	0,25
Nogi tylne - widok z boku	1-9 pkt	0,11
Racice	1-9 pkt	0,04
Nogi tylne- widok z tyłu	1-9 pkt	0,08
Struktura Kostna	1-9 pkt	0,23
Zawieszenie przednie wymienia	1-9 pkt	0,19
Zawieszenie tylne wymienia	1-9 pkt	0,21
Więzadło środkowe wymienia	1-9 pkt	0,16
Położenie wymienia	1-9 pkt	0,37
Szerokość wymienia	1-9 pkt	0,19
Ustawienie strzyków tylnych	1-9 pkt	0,27
Ustawienie strzyków przednich	1-9 pkt	0,22

Długość strzyków	1-9 pkt	0,31
Charakter mleczny	1-9 pkt	0,26
Kondycja	1-9 pkt	0,24
Lokomocja	1-9 pkt	0,06

## Model

Ocena wartości hodowlanej dla cech pokrojowych przebiega z wykorzystaniem modelu jendocechowego dla budowy ogólnej oraz z wykorzystaniem modelu wielocechowego dla: czterech cech ogólnych, cech z grupy nóg i wymienia oraz dla cech z grupy typ i kaliber. W modelach uwzględnia się następujące wpływy:

Stałe:

- stado-rok-sezon (dwa sezony ocieleni kwiecień - wrzesień i październik - marzec)
- faza laktacji (11 piętnastodniowych przedziałów)
- regresja liniowa na wiek krowy przy ocieleniu
- regresja kwadratowa na wiek krowy przy ocieleniu

Losowe:

- genetyczny zwierzęcia
- błędu losowego

## Ocena wartości hodowlanej dla cech płodności

Ocena wartości hodowlanej dla cech płodności obejmuje sześć cech, w tym dwie dotyczące jałówek i cztery odnoszące się do krów: wskaźnik zapłodnienia jałówek, wskaźnik zapłodnienia krów, przestój poporodowy, odstęp międzyciążowy, okres usługi dla jałówek i okres usługi dla krów.

W ocenie uwzględniono również międzynarodową ocenę wartości hodowlanej MACE, co pozwala na wzbogacenie analizy o dodatkowe źródła informacji.

### Dane

W szacowaniu wartości hodowlanej uwzględnia się wszystkie dostępne dane o wycieleniach od 2005 roku oraz inseminacje rozpoczęte po 2000 roku.

Kryteria uwzględniania obserwacji fenotypowych:

- Wiek jałówek w momencie pierwszej inseminacji: 270–900 dni,
- Wiek krów w momencie pierwszego wycielenia:
  - Pierwsza laktacja: 20–40 miesięcy,
  - Druga laktacja: 30–60 miesięcy,
  - Trzecia laktacja: 44–75 miesięcy,
  - Długość ciąży: 250–310 dni,
  - Obserwacje muszą być dostępne przynajmniej dla jednej laktacji.

Dodatkowe ograniczenia dla analizowanych cech:

- Okres usługi nie może przekraczać 365 dni,
- Długość przestoju poporodowego powinna być w przedziale 20–230 dni,
- Liczba inseminacji nie może być większa niż 15.

Spełnienie tych kryteriów zapewnia wysoką jakość danych i pozwala na precyzyjne oszacowanie wartości hodowlanej dla cech związanych z płodnością.

## Odziedziczalność

**Tabela 5.** Odziedziczalność dla cech płodności.

Nazwa cechy	Odziedziczalność
Współczynnik zapłodnienia jałówek	0,016
Współczynnik zapłodnienia krów	0,052
Przestój poporodowy dla krów	0,178
Odstęp międzyciążowy	0,120
Okres usługi dla jałówek	0,009
Okres usługi dla krów	0,048

### Model

Wartość hodowlaną dla cech płodności szacuje się przy użyciu dwóch modeli wielocechowych, uwzględniających efekt zwierzęcia. Model 1 stosowany jest dla: wskaźnika zapłodnienia jałówek, wskaźnika zapłodnienia krów. Natomiast model 2 dla: przestoju poporodowego, odstępu międzyciążowego, okresu usługi dla jałówek i okresu usługi dla krów. Obydwa modele uwzględniają dane dotyczące płodności jałówek i krów z trzech pierwszych laktacji.

W modelu 1 uwzględniono następujące efekty:

Stałe:

- wiek w momencie pierwszej inseminacji – okres,
- rok – miesiąc inseminacji,
- regresję na wiek pierwszej inseminacji,

Losowe:

- addytywnie poligeniczny efekt zwierzęcia,
- stado -rok pierwszego ocielenia,
- błędu losowego.

W modelu 2 uwzględniono następujące efekty:

Stałe:

- stado -rok pierwszego ocielenia,
- wiek w momencie pierwszej inseminacji – okres,
- rok – miesiąc inseminacji lub ocielenia,
- regresję na wiek pierwszej inseminacji,

Losowe:

- addytywnie poligeniczny efekt zwierzęcia,
- błędu losowego.

## Ocena wartości hodowlanej dla cech związanych z przebiegiem porodu i śmiertelnością cieląt

Ocenę wartości hodowlanej szacuje się dla 4 cech: przebiegu porodów (efekt bezpośredni i mateczny) oraz śmiertelności cieląt (efekt bezpośredni i mateczny). W ocenie uwzględnione są dane od 2005 roku dla samic wycielonych po raz pierwszy oraz z dalszych laktacji.

Przebieg porodu oceniany jest w sposób przedstawiony poniżej:

1. samodzielny,
2. łatwy,
3. trudny - użycie znacznie większej siły niż normalnie,
4. ciężki - zabieg chirurgiczny, uszkodzenie krowy lub cielęcia, embriotomia,
5. poronienie,
6. cesarskie cięcie.

Śmiertelność cieląt oceniana jest w sposób przedstawiony poniżej:

1. cielę żywe, normalne, bez deformacji,
2. cielę martwe przy urodzeniu lub padło w ciągu 24 godzin, bez deformacji,
3. cielę z deformacjami lub potworkowate żywe,
4. cielę z deformacjami lub potworkowate martwe.

### Dane

W celu oszacowania wartości hodowlanej dla przebiegu porodu utworzono 2 kategorie: poród samodzielny lub inny.

W celu oszacowania wartości hodowlanej dla śmiertelności cieląt utworzono 2 kategorie:

cielę żywe lub cielę martwo urodzone/padłe w ciągu 24 godzin po porodzie.

Ocenę przebiegu porodu i śmiertelności cieląt przeprowadzono:

U córek ocenianego buhaja (tzw. efekt matczyny):

- matczyny przebieg porodu w 1 ocieleniu
- matczyna śmiertelność cieląt w 1 ocieleniu

U zapłodnionych przez ocenianego buhaja (tzw. efekt bezpośredni)

- bezpośredni przebieg porodu w 1 ocieleniu
- bezpośrednia śmiertelność cieląt w 1 ocieleniu

Obserwacje fenotypowe muszą spełniać następujące kryteria: samica musi posiadać min. 1 inseminację, długość ciąży trwająca pomiędzy 265-295 dni, wiek

w momencie pierwszego wycielenia musi zawierać się w przedziale od 20-40 miesięcy, matka jest znana. Dodatkowo dane filtrowane są ze względu na liczebności podklas efektów. W ocenie uwzględniono także międzynarodową ocenę wartości hodowlanej MACE, która jest zintegrowana w ramach systemu oceny.

## Odziedziczalność

**Tabela 6.** Odziedziczalność dla cech związanych z przebiegiem porodu i śmiertelnością cieląt.

Nazwa cechy	Odziedziczalność
Matczyny przebieg porodu	0,03
Bezpośredni przebieg porodu	0,05
Matczyna śmiertelność cieląt	0,08
Bezpośrednia śmiertelność cieląt	0,03

## Model

Wartość hodowlaną szacuje się przy użyciu wielocechowego modelu zwierzęcia. W szacowaniu wykorzystuje się dane dotyczące przebiegu porodów i łatwości wycieleń jałówek, a w przypadku krów dane pochodzące z dalszych laktacji 1-5+. W modelu uwzględniono następujące efekty:

Stałe:

- płeć cielęcia,
- wiek wycielenia w miesiącach dla jałówek lub wiek wycielenia w miesiącach-laktacja (dla krów),
- kod inseminacji (01 — sztuczna inseminacja, 02 — krycie naturalne, 03 — krycie haremowe, 04 — embrio transfer)
- rok-sezon pierwszego wycielenia

Losowe:

- bezpośredni genetyczny zwierzęcia
- matczyny
- trwały środowiskowy matki (dla krów)
- błędu losowego

Publikacji podlegają wartości hodowlane dla cech przebiegu porodu i śmiertelności cieląt w pierwszym wycieleniu.

## Ocena wartości hodowlanej dla długowieczności

Długowieczność jest określana jako przeżywalność między laktacją (1-2, 2-3, 3-4, 4-5) wyrażonymi w sposób binarny (0/1).

### Dane

W ocenie wykorzystano dane dotyczące długowieczności o osobnikach wycielonych po 1995 roku, posiadające minimum 50% genów rasy głównej (HO lub RW). W ocenie uwzględniono także międzynarodową ocenę wartości hodowlanej MACE.

### Odziedziczalność

Odziedziczalność dla długowieczności wynosi: 0,16

### Model

Ocena wartości hodowlanej dla długowieczności przebiega z wykorzystaniem modelu wielocechowego, w którym kolejne cechy to:

1. przeżycie od 1 do 2 laktacji,
2. przeżycie od 2 do 3 laktacji,
3. przeżycie od 3 do 4 laktacji,
4. przeżycie od 4 do 5 laktacji.

W modelu uwzględnia się następujące efekty:

Stałe:

- wiek wycielenia w miesiącach,
- stado-rok

Losowe:

- genetyczny addytywny zwierzęcia
- błędu losowego

Końcowa wartość hodowlana dla długowieczności to ważona suma wartości hodowlanych oszacowanych dla poszczególnych cech, gdzie wagi dla kolejnych cech wynoszą odpowiednio 0,3 dla laktacji 1-2; 0,25 dla laktacji 2-3; 0,2 dla laktacji 3-4; oraz 0,25 dla laktacji 4-5.

## Ocena wartości hodowlanej dla cech związanych ze zdolnością udojową

Zdolność udojową ocenia się na podstawie dwóch cech: szybkości oddawania mleka oraz temperamentu.

### Dane

Szybkość oddawania mleka oceniana jest w skali od 1 (bardzo wolne) do 5 (bardzo szybkie), natomiast temperament w skali od 1 (zwierzę powolne i łagodne) do 3 (zwierzę pobudliwe lub agresywne). Fenotypową ocenę krów pod względem cech zdolności udojowej wykonują wyszkoleni zootechnicy oceny podczas drugiego próbnego udoju w trakcie pierwszej laktacji. W ocenie uwzględniono obserwacje dla krów, których wiek wycielenia mieścił się w przedziale od 18 do 48 miesięcy, wykonane w drugim próbnym doju pierwszej laktacji. Dodatkowo, ze względu na zmiany definicji cech w ocenie brano pod uwagę oceny wprowadzone do systemu od roku 2006.

### Odziedziczalność

**Tabela 7.** Odziedziczalność dla cech zdolności udojowej.

Nazwa cechy	Odziedziczalność
Szybkość oddawania mleka	0,12
Temperament	0,09

### Model

Ocena wartości hodowlanej dla szybkości doju oraz dla temperamentu przebiega z wykorzystaniem modelu jednocechowego, w którym uwzględnia się następujące efekty:

Stałe:

- stado-rok
- faza laktacji (11 piętnastodniowych przedziałów)
- regresja liniowa na wiek krowy przy ocieleniu

Losowe:

- genetyczny addytywny zwierzęcia
- błędu losowego

## Ocena wartości hodowlanej dla cech związanych ze zdrowotnością racic

Ocena wartości hodowlanej prowadzona jest dla najczęściej występującej cechy zdrowotności racic w Polsce jaką jest dermatitis digitalis (DD) inaczej zwaną chorobą truskawkową, truskawką, zapaleniem skóry palca. W oficjalnej ocenie publikowana od 03 kwietnia 2024 roku.

### Dane

Dane dotyczące zdrowotności racic są zbierane w ramach projektu CGen korekcja, który jest prowadzony przez PFHBiPM. Dane zbierane są podczas wizyty korektora w stadzie, które przyłączyło się do projektu CGen korekcja i wyraziło zgodę na udostępnienie rekordów pochodzących z korekcji w aplikacji. Korektor w trakcie przeprowadzanej korekcji rozpoznaje schorzenie zgodnie z Atlasem Zdrowia Racic ICAR.

Dane fenotypowe włączone do szacowania wartości hodowlanej zostają poddane edycji zgodnie z wytycznymi Złotego Standardu Spółdzielni Eurogenomics. Wytyczne te określają sposób edycji i filtrowania danych oraz listę efektów i sposób modelowania. Do głównych filtrów zaliczamy: czas pracy korektora w projekcie, procent krów poddanych korekcji w danym stadzie w danym roku, procent krów poddanych korekcji w danym stadzie w danym roku przez danego korektora i homogeniczność wizyt. Obserwacje są gromadzone od krów w laktacjach 1, 2 i 3+.

### Odziedziczalność

Odziedziczalność odporności na dermatitis digitalis w polskiej populacji wynosi 0,07.

### Model

Wartości hodowlane szacowane są w wykorzystanie wielolaktacyjnego modelu, do którego włącza się następujące efekty:

Stałe:

- wiek wycielenia-rok obserwacji,
- wizyta,
- korektor-rok obserwacji,
- faza laktacji-rok obserwacji,
- miesiąc wycielenia-rok wycielenia,



Losowe:

- genetyczny addytywny zwierzęcia,
- środowiskowy trwały.

## Indeks Produkcja i Funkcjonalność (PF)

Indeks selekcyjny Produkcja i Funkcjonalność (PF) jest sumą ważoną poszczególnych podindeksów. Wagi dla poszczególnych podindeksów przedstawiono w Tabeli 8.

W obliczeniu indeksów mogą być wykorzystane wartości hodowlane nie spełniające kryteriów publikacji.

**Tabela 8.** Elementy składowe indeksu PF wraz z ich wagami.

Nazwa podindeksu	Waga w indeksie PF
Podindeks produkcyjny	0,40
Podindeks pokrojowy	0,25
Podindeks płodności	0,15
Wartość hodowlana dla zawartości komórek somatycznych	0,10
Wartość hodowlana dla długowieczności	0,10

### Standaryzacja indeksu PF

Sumaryczny indeks PF jest standaryzowany na średnią 100 i odchylenie standardowe 10. Bazą do standaryzacji jest wartość hodowlana samic z fenotypem urodzonych w roku 2016.

### Podindeks produkcyjny

Podindeks produkcyjny obliczany jest z uwzględnieniem wartości hodowlanych dla wydajności tłuszczu i białka w następujący sposób:

$$\text{Podindeks produkcyjny} = \text{WH dla wydajności tłuszczu [kg]} + 2 * \text{WH dla wydajności białka [kg]}$$

### Podindeksy pokrojowe

Podindeksy cech pokrojowych służą syntetycznemu przedstawieniu wartości hodowlanych zwierząt dla poszczególnych cech. Wyróżnia się pięć podindeksów składających się na ogólny podindeks pokroju. Cech oraz wagi im przypisane znajdują się w Tabeli 9.

**Tabela 9.** Podindeksy cech pokrojowych wraz z wagami

<b>Podindeks ramy ciała</b>	
Ustawienie zadu*	40%
Wysokość w krzyżu*	25%
Szerokość zadu	20%
Szerokość klatki piersiowej*	15%
<b>Podindeks siły mleczności</b>	
Charakter mleczny	50%
Szerokość klatki piersiowej*	25%
Głębokość tułowia	15%
Wysokość w krzyżu*	10%
<b>Podindeks nóg i racic</b>	
Przekątna racicy	45%
Ustawienie nóg widok z tyłu	35%
Ustawienie nóg widok z boku*	20%
<b>Podindeks wymienia</b>	
Położenie wymienia	35%
Zawieszenie przednie	18%
Zawieszenie tylne	15%
Więzadło środkowe	10%
Szerokość wymienia	10%
Ustawienie strzyków - tył *	6%
Ustawienie strzyków przednich*	3%
Długość strzyków*	3%
<b>Podindeks pokroju (ogólny)</b>	
Podindeks wymienia	50%
Podindeks nóg i racic	30%
Podindeks siły mleczności	10%
Podindeks ramy ciała	10%

\*Cecha przekształcona na pośrednie optimum przed włączeniem do indeksu.

## Pośrednie optimum

Ze względu na to, że nie dla wszystkich cech w ocenie liniowej pokroju najwyższe wartości są pożądane, przed uwzględnieniem w podindeksach, wartości poszczególnych cech przelicza się na optimum pośrednie wg poniższego wzoru:

$$WH_{pośr} = -0,0675 * WH^2 + 13,506 * WH - 545,15$$

gdzie:

- $WH_{pośr}$  — wartość hodowlana przekształcona na pośrednie optimum
- $WH$  — wartość hodowlana w skali opublikowanej. Wartościom poniżej 70 i powyżej 130 przypisywane są odpowiednio wartości 70 i 130.

## Podindeks płodności

Podindeks cech płodności obliczany jest jako:

$$\text{Podindeks płodności} = 0,7 * CRj + 0,1 * CRk + 0,1 * PP + 0,1 * OMC$$

gdzie:

CRj – współczynnik zapłodnienia jałówek

CRk – współczynnik zapłodnienia krów

PP – przestój poporodowy

OMC – odstęp międzyciążowy

## Standaryzacja podindeksów

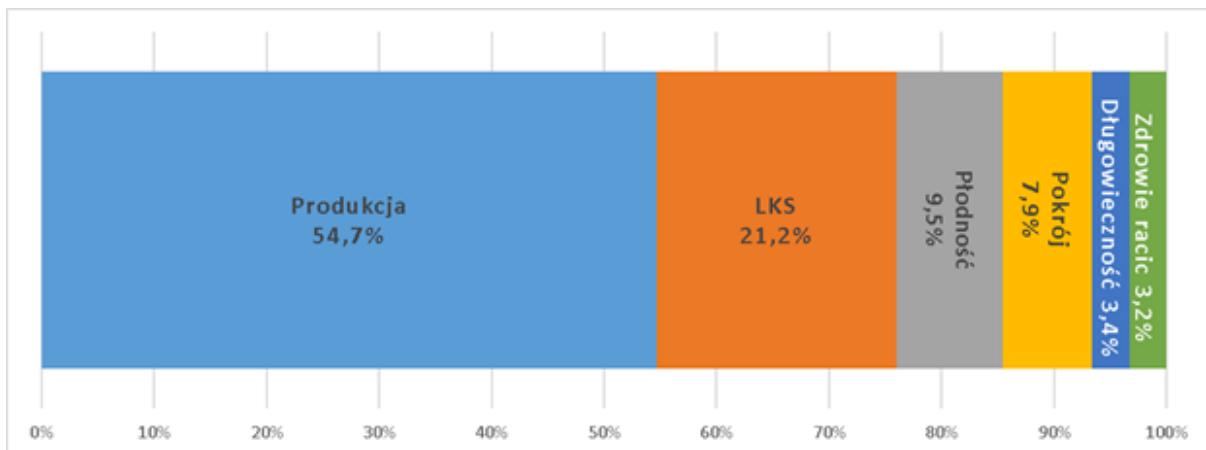
Wszystkie podindeksy są standaryzowane na średnią 100 i odchylenie standardowe 10. Bazą do standaryzacji jest wartość samic z fenotypem urodzonych w roku 2016.

## Indeks Ekonomiczny (IE)

Indeks Ekonomiczny jest indeksem selekcyjnym wyrażającym łączną wartość hodowlaną zwierzęcia w przeliczeniu na złotówki. Wartości Indeksu Ekonomicznego pozwalają na porównywanie zysków z produkcji mleka w odniesieniu do jednej laktacji. Dzięki niemu hodowcy mogą doskonalić swoje stada w kierunku maksymalizacji zysków.

W kwietniu 2025, Indeks Ekonomiczny zostanie zaktualizowany co do formuły i udziału wag w indeksie. Na wykresie przedstawiono procentowy udział cech w IE stosowanym od 2025 roku.

**Wykres 1.** Prezentacja formuły Indeksu Ekonomicznego w formie procentowej.



Porównywanie wartości IE pozwala na określenie różnicy w zyskach za laktację jakie wynikają z potencjału genetycznego danej sztuki. Z tego względu konieczne jest określenie jak zmiany wartości poszczególnych cech przekładają się na sumaryczny efekt finansowy. Od momentu stworzenia IE minęło kilka lat, a uwarunkowania cenowe, dynamicznie się w tym czasie zmieniały. W związku z powyższym zmieniły się parametry wpływające na kalkulację wag ekonomicznych. W tabeli poniżej przedstawiono wagi ekonomiczne oszacowane w oparciu o bieżącą sytuację rynkową.

**Tabela 10.** Wagi ekonomiczne w zaktualizowanej wersji Indeksu Ekonomicznego.

Nazwa cechy	Jednostka	Waga ekonomiczna [zł]
Wydajność mleka	kg	0.54
Wydajność tłuszczu	kg	9.25
Wydajność białka	kg	19.62
LKS	ocena	-841.50
Wskaźnik zapłodnienia jałówek	ocena	4.20
Wskaźnik zapłodnienia krów	ocena	9.80
Okres usługi	dni	-10.99
Długowieczność	prawdopodobieństwo przeżycia	960.39
Wymię	ocena	41.79
Nogi i racice	ocena	68.22
Wysokość w krzyżu	cm	-49.82
Dermatitis digitalis	prawdopodobieństwo bycia zdrowym	773.55

## Źródła

- Bonifazi, R., Calus, M. P., Ten Napel, J., Veerkamp, R. F., Biffani, S., Cassandro, M., ... & Vandenplas, J. (2023). Integration of beef cattle international pedigree and genomic estimated breeding values into national evaluations, with an application to the Italian Limousin population. *Genetics Selection Evolution*, 55(1), 41.
- Eding, H. (2024). Incorporation of external GEBV in the Dutch-Flemish dairy genetic evaluation. *Interbull Bulletin*, (60), 187-190.
- Tier, B., & Meyer, K. (2004). Approximating prediction error covariances among additive genetic effects within animals in multiple-trait and random regression models. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 121(2), 77-89.