

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Кристина Р. Зељић Стојиљковић

**ПРОЦЕНА ГЕНЕТСКИХ ПАРАМЕТАРА ЗА
ПРОИЗВОДНЕ И ФУНКЦИОНАЛНЕ
ОСОБИНЕ У ПОПУЛАЦИЈИ КОЗА У
РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ**

Докторска дисертација

Београд, 2026

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE

Krstina R. Zeljić Stojiljković

ESTIMATION OF GENETIC PARAMETERS
FOR PRODUCTION AND FUNCTIONAL
TRAITS IN THE GOAT POPULATION OF THE
REPUBLIC OF SERBIA

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2026

МЕНТОР:

Др Драган Станојевић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. _____
Др Драган Станојевић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

2. _____
Др Владан Богдановић, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

3. _____
Др Радица Ђедовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

4. _____
Др Иван Пихлер, редовни професор
Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет

5. _____
Др Ненад Мићић, научни сарадник
Институт за сточарство, Београд – Земун

Датум одбране докторске дисертације: _____

Изјава захвалности

Посебну захвалност дугујем свом ментору, проф. др Драгану Станојевићу, на стручном усмеравању, драгоценим саветима, стрпљењу, разумевању и подршци током израде ове дисертације.

Захваљујем се др Ненаду Мићићу, научном сараднику Института за сточарство у Земуну, колеги и пријатељу, на корисним саветима и помоћи при изради дисертације.

Захвалност дугујем проф. др Владану Богдановићу на усмеравању и помоћи приликом дефинисања теме ове докторске дисертације. Захваљујем се проф. др Радици Ђедовић на вишегодишњем преношењу знања из области генетике. Захвална сам проф. др Ивану Пихлеру на подршци и помоћи приликом прикупљања података за израду дисертације.

Захваљујем се свим пријатељима, колегама и сарадницима који су својим знањем, помоћи и охрабрењем допринели да се ова дисертација успешно приведе крају.

Највећу захвалност дугујем својим родитељима и породици, оцу Раду и мајци Гордани, сестрама Софији и Светлани (и њеној породици – Момиру, Маши, Наташи и Алекси). Неизмерно хвала мом супругу Ненаду и ћерки Неди. Хвала за љубав, стрпљење, разумевање и ослонац током свих ових година.

Аутор

ПРОЦЕНА ГЕНЕТСКИХ ПАРАМЕТАРА ЗА ПРОИЗВОДНЕ И ФУНКЦИОНАЛНЕ ОСОБИНЕ У ПОПУЛАЦИЈИ КОЗА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

Крстина Р. Зељић Стојиљковић

САЖЕТАК

Циљ истраживања био је процена генетских параметара за особине млечности и дуговечности, као и да се испита варијабилност ових особина у условима различитог нивоа топлотног оптерећења, код две расе коза – санске и алпина расе, у Републици Србији.

Истраживање је спроведено на 791 грлу обе расе коза, које су оствариле 2454 лактације, у периоду од 2009. до 2023. године, на четири фарме које се налазе у северном делу Републике Србије, на подручју Аутономне покрајине Војводине.

Истраживањем су обухваћене следеће особине млечности: принос млека у лактацији (ПМ, *kg*), принос млечне масти у лактацији (ПММ, *kg*), принос протеина у лактацији (ПП, *kg*), садржај млечне масти у лактацији (СММ, %), садржај протеина у лактацији (СП, %), принос млека контролног дана (ПМКД, *kg*), садржај млечне масти контролног дана (СММКД, %), садржај протеина контролног дана (СПКД, %) и трајање лактације (ТРЛ, дан).

Козе санске и алпина расе оствариле су просечну производњу млека од 682,29 *kg*, у лактацији која је у просеку трајала 284,32 дана, са просечним ПММ од 22,59 *kg*, ПП од 19,66 *kg*, СММ износио је 3,31%, а СП 2,88%.

Утврђивање значајности фиксних утицаја на особине млечности – ПМ, ПММ, ПП, СММ и СП (као и за особине дуговечности), извршено је применом *GLM* процедуре програмског пакета *SAS*. Врло висок статистички значајан утицај ($p < 0,001$) на све испитиване особине забележен је за утицај интеракције месеца и године лактације и за утицај фарме, док су редни број лактације и дужина лактације имале утицај на ПМ, ПММ, ПП и СММ ($p < 0,001$). Високо статистички значајан утицај ($p < 0,01$) имао је и тип јарења, док раса у овом моделу није статистички значајно утицала. Утицај перманентне околине козе и адитивни генетски утицај третирали су као случајни ефекти и процењени су појединачно за сваку животињу, уз коришћење података о сродству из педигреа.

За процену генетских параметара особина млечности током целе лактације формиран је линеарни мешовити модел који је обухватио следеће фиксне утицаје: интеракција године и месеца почетка лактације, тип јарења, раса, фарма и редни број лактације. Дужина трајања лактације укључена је као регресијски утицај, док су перманентна околина козе и адитивни генетски утицај животиње третирали као случајни утицаји. Процена адитивног генетског утицаја извршена је применом *Animal* модела, при чему је за дефинисање сродничких односа коришћена матрица сродства формирана на основу података из педигреа. Педигре фајлови су се разликовали по броју животиња и броју генерација познатог порекла, у зависности од скупа података и особина које су биле предмет анализе.

Удео појединачних компоненти варијансе у укупној варијанси утврђен је *REML* методом, применом *Multitrait* модела. На основу процењених компоненти варијансе и коваријансе, утврђени су коефицијенти наследности (херитабилитет) и генетске и фенотипске корелације између анализираних особина, истим поступком.

Коефицијенти наследности за особине млечности у лактацији санских и алпина коза износили су: $0,188 \pm 0,076$ за ПМ, $0,199 \pm 0,056$ за ПММ, $0,221 \pm 0,074$ за ПП, за СММ $0,282 \pm 0,053$ и за СП $0,204 \pm 0,041$.

Генетске корелације за особине млечности на нивоу целе лактације варирале су од -0,048 између ПМ и СММ, до 0,944 између ПМ и ПП. Фенотипске корелације имале су вредности од -0,198 између ПМ и СП, до 0,894 између ПМ и ПП.

Испитиване функционалне особине, које су посматране кроз показатеље дуговечности, биле су: трајање продуктивног живота (ТРПЖ, дан), животна производња млека (ЖПМ, *kg*), и број остварених лактација (БРЛ).

Анализа особина дуговечности спроведена је на 322 козе санске и алпина расе, које су се јариле у периоду од 2011. до 2021. године, на две фарме (фарма 1 и фарма 2), и које су оствариле 322 лактације. Анализа је извршена применом линеарних мешовитих модела за једну особину, где је директан адитивни генетски утицај животиње укључен као случајни ефекат. У оквиру модела обухваћени су утицаји: интеракција године и месеца почетка лактације, раса, фарма, утицај релативне производње млека у првој лактацији и линеарно регресијски утицај узраста козе при првом јарењу.

Процена приплодних вредности извршена је коришћењем *BLUP* методологије у оквиру програмског пакета *PEST*, применом истог модела као за процену коефицијента наследности особина дуговечности.

Трајање продуктивног живота коза, у просеку, било је 1053,70 дана, са просечном производњом млека од 1986,95 kg и 3,03 лактације. Просечна старост коза на излучењу, и санске и алпина расе, била је 1580,11 дана (4,33 године).

Коефицијент наследности за особину ТРПЖ износио је $0,084 \pm 0,094$, за ЖПМ $0,167 \pm 0,138$, а за број остварених лактација $0,164 \pm 0,112$.

За све испитиване особине дуговечности утврђен је позитиван генетски тренд, при чему је најизраженији годишњи напредак забележен за ТРПЖ (+1,104 индексна поена), затим, за БРЛ (+0,591) и за ЖПМ (+0,383).

Анализа особина млечности контролног дана подразумевала је испитивање извора њихове фенотипске и генотипске варијабилности, као и процену утицаја микроклиматских услова на испитиване особине, изражених преко показатеља температурног оптерећења, односно, температурно-хумидног индекса (ТХИ). Процена компоненти варијансе и генетских параметара особина млечности контролног дана извршена је истим методама као и за особине млечности на нивоу целе лактације.

Истраживањем су обухваћене три особине: принос млека контролног дана (ПМКД, kg), садржај млечне масти контролног дана (СММКД, %) и садржај протеина контролног дана (СПКД, %).

Утицај фарме и класе ТХИ био је статистички врло високо значајан ($p < 0,001$) за све испитиване особине, раса је значајно утицала на ПМКД ($p < 0,01$) и СПКД ($p < 0,01$), док њен утицај на СММКД није био статистички значајан ($p > 0,05$). Сезона јарења је значајано утицала на све три особине, док је утицај редног броја лактације био значајан за ПМКД и СПКД, али не и за СММКД. Месец контроле је био један од најзначајнијих извора варијабилности, а фаза лактације значајно је утицала на ПМКД и СММКД, док њен утицај на СПКД није био статистички значајан ($p > 0,05$). Фиксни утицај фазе лактације имао је седам нивоа (класа), који су подељени на основу дистрибуције података истраживања.

Просечан ПМКД износио је 1,35 kg, СММКД био је 3,59%, а СПКД 2,81%. Највеће вредности ПМКД забележене су у раним фазама лактације (класа 2), након чега је уочено постепено смањење производње млека, док су највеће просечне вредности СММКД утврђене у класи 1, а највише вредности СПКД у класи 4.

Подаци о температури и релативној влажности ваздуха прикупљени су помоћу аутоматских дата-логера (модел *Datalogger AMTAST, AMT-116, Qingdao Shandong China*) постављених у објектима за држање коза на испитиваним фармама. Мерења ова два параметра су континуирано вршена на сваких 60 минута, 365 дана годишње, у периоду од 2021. до 2025. године, на четири фарме. Сет микроклиматских података садржао је 90951 сатних вредности температуре и релативне влажности ваздуха.

На основу забележених вредности температуре и влажности ваздуха, израчунат је температурно-хумидни индекс – ТХИ. Подаци о датуму узорковања млека померени су три дана уназад, у складу са познатим одложеним ефектом топлотног стреса на производњу и састав млека, а вредности ТХИ су додељене са временским померањем од два дана уназад (*lag*–3 дана у односу на датум узорковања/пријема у лабораторију за испитивање квалитета млека). Добијени сет података је припремљен за даљу статистичку анализу коришћењем линеарних модела.

Вредности ТХИ су разврстане у пет класа које су дефинисане на основу распона вредности ТХИ у испитиваном сету података, као и на основу уочених промена у дневном приносу млека при различитим нивоима топлотног оптерећења у овом истраживању, и то: ≤ 55 – без израженог топлотног оптерећења, класа 1; 56-65 – низак ниво топлотног оптерећења, класа 2; 66-70 – умерен ниво топлотног оптерећења, класа 3; 71-75 – изражен ниво топлотног оптерећења, класа 4; вредности ТХИ > 76 – веома изражен ниво топлотног оптерећења, класа 5. Класификација је омогућила укључивање ТХИ као фиксног фактора у статистички модел.

Просечна вредност ТХИ током топлог периода године (мај-септембар) износила је 70,78, а у хладном периоду године 55,93 (октобар-април).

Интеракција између расе и класе ТХИ указала је да одговор коза на промене ТХИ није био исти код алпина и санских коза. Из тог разлога, анализирале су *LSM* вредности за све комбинације расе и класе ТХИ. Образац промена ПМКД није био линеаран, нити је уочено континуирано смањење млечности са порастом ТХИ, па се не може изричито тврдити да је једна раса отпорнија на топлотни стрес у односу на другу само на основу анализираних вредности ПМКД.

Коефицијент наследности за особину ПМКД износио је $0,274 \pm 0,030$, СММКД $0,211 \pm 0,129$ и СПКД $0,283 \pm 0,049$.

Генетске корелације између особина млечности контролног дана варирале су од -0,371 између ПМКД и СММКД, до 0,509 између СММКД и СПКД. Фенотипске корелације имале су вредности од -0,115 између ПМКД и СММКД, до 0,273 између СММКД и СПКД.

Према доступним сазнањима, овим истраживањем је по први пут у Републици Србији спроведена свеобухватна процена генетских параметара особина млечности и дуговечности у популацији млечних раса коза, заснована на савременим методама квантитативно-генетске анализе. Добијени резултати пружају значајну научну основу за будуће генетско унапређење и успостављање система генетске евалуације коза.

Кључне речи: санска раса, алпина раса, особине млечности, лактација, контролни дан, дуговечност, коефицијент наследности, *Animal* модел, температурно-хумидни индекс (ТХИ), топлотни стрес

Научна област: Биотехничке науке

Ужа научна област: Опште сточарство и оплемењивање домаћих и гајених животиња

УДК број: 636.39.082.1(497.11)(043.3)

ESTIMATION OF GENETIC PARAMETERS FOR PRODUCTION AND FUNCTIONAL TRAITS IN THE GOAT POPULATION OF THE REPUBLIC OF SERBIA

Krstina R. Zeljić Stojiljković

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate genetic parameters for milk production and longevity traits and to investigate the variability of these traits under different levels of heat load in two goat breeds, Saanen and Alpine, in the Republic of Serbia.

The study was conducted on 791 goats of both breeds, which completed a total of 2,454 lactations during the period from 2009 to 2023, on four farms located in the northern part of the Republic of Serbia, within the territory of the Autonomous Province of Vojvodina.

The study included the following milk production traits: lactation milk yield (LMY, *kg*), lactation milk fat yield (LMFY, *kg*), lactation protein yield (LPY, *kg*), lactation milk fat content (LMFC, %), lactation protein content (LPC, %), test-day milk yield (TDMY, *kg*), test-day milk fat content (TDMFC, %), test-day protein content (TDPC, %), and lactation length (LL, days).

Saanen and Alpine goats had an average milk yield of 682.29 *kg* over an average lactation length of 284.32 days. The average milk fat yield was 22.59 *kg*, the average protein yield was 19.66 *kg*, while the average milk fat and protein contents were 3.31% and 2.88%, respectively.

The significance of fixed effects on milk production traits – LMY, LMFY, LPY, LMFC, and LPC – as well as on longevity traits, was evaluated using the *GLM* procedure of the *SAS* statistical software package. A highly significant effect ($p < 0.001$) on all investigated traits was observed for the interaction between the month and year of lactation and for farm effect, whereas parity and lactation length significantly affected LMY, LMFY, LPY, and LMFC ($p < 0.001$). Kidding type also had a highly significant effect ($p < 0.01$), whereas breed did not have a statistically significant effect in this model. The permanent environmental effect of the doe and the additive genetic effect were treated as random effects and estimated for each individual animal using pedigree-based relationship information.

To estimate genetic parameters for milk production traits over the entire lactation, a linear mixed model was fitted, including the following fixed effects: interaction between the year and month of lactation onset, kidding type, breed, farm, and parity. Lactation length was included as a regression effect, whereas the permanent environmental effect of the doe and the animal additive genetic effect were treated as random effects. The additive genetic effect was estimated using an *Animal* model, with the numerator relationship matrix constructed from pedigree information to account for genetic relationships among animals. The pedigree files differed in the number of animals and the number of generations with known ancestry, depending on the dataset and the traits included in each analysis.

The contribution of individual variance components to the total phenotypic variance was estimated using the *REML* method and a *Multitrait* model. Based on the estimated variance and covariance components, heritability coefficients and genetic and phenotypic correlations among the analyzed traits were estimated using the same procedure.

The estimated heritability coefficients for lactation milk production traits in Saanen and Alpine goats were 0.188 ± 0.076 for LMY, 0.199 ± 0.056 for LMFY, 0.221 ± 0.074 for LPY, 0.282 ± 0.053 for LMFC, and 0.204 ± 0.041 for LPC.

Genetic correlations among milk production traits at the whole-lactation level ranged from -0.048 between LMY and LMFC to 0.944 between LMY and LPY. Phenotypic correlations ranged from -0.198 between LMY and LPC to 0.894 between LMY and LPY.

The functional traits investigated in this study were evaluated through longevity indicators, namely productive life duration (PL, days), lifetime milk production (LMP, *kg*), and number of completed lactations (NCL).

The analysis of longevity traits was conducted on 322 Saanen and Alpine goats that kidded during the period from 2011 to 2021 on two farms (Farm 1 and Farm 2) and completed a total of 322

lactations. The analysis was performed using single-trait linear mixed models, with the direct additive genetic effect of the animal included as a random effect. The models included the effects of the interaction between the year and month of lactation onset, breed, farm, relative milk production in the first lactation, and the linear regression effect of age at first kidding.

Breeding values were estimated using the *BLUP* methodology implemented in the *PEST* software package, using the same model as that applied for the estimation of heritability coefficients for longevity traits.

The average productive life duration of the goats was 1,053.70 days, with an average lifetime milk production of 1,986.95 kg and an average of 3.03 completed lactations. The average age at culling for both Saanen and Alpine goats was 1,580.11 days (4.33 years).

The heritability coefficient was 0.084 ± 0.094 for PL, 0.167 ± 0.138 for LMP, and 0.164 ± 0.112 for NCL.

A positive genetic trend was observed for all investigated longevity traits. The greatest annual genetic progress was observed for PL (+1.104 index points), followed by NCL (+0.591) and LMP (+0.383).

The analysis of test-day milk production traits included an assessment of the sources of their phenotypic and genotypic variability, as well as an evaluation of the effects of microclimatic conditions on the investigated traits, expressed in terms of heat load, i.e. the temperature-humidity index (THI). Variance components and genetic parameters for test-day milk production traits were estimated using the same methods as those applied to milk production traits at the whole-lactation level.

Three test-day traits were investigated: test-day milk yield (TDMY, kg), test-day milk fat content (TDFC, %), and test-day protein content (TDPC, %).

Farm and THI class had highly significant effects ($p < 0.001$) on all investigated traits. Breed significantly affected TDMY ($p < 0.01$) and TDPC ($p < 0.01$), whereas its effect on TDMFC was not statistically significant ($p > 0.05$). Kidding season significantly affected all three traits, while parity had a significant effect on TDMY and TDPC, but not on TDMFC. Test month was one of the most important sources of variability. Lactation stage significantly affected TDMY and TDMFC, whereas its effect on TDPC was not statistically significant ($p > 0.05$). The fixed effect of lactation stage comprised seven levels (classes), which were defined according to the distribution of observations in the study dataset.

The average TDMY was 1.35 kg, while the average TDMFC and TDPC were 3.59% and 2.81%, respectively. The highest TDMY values were recorded during the early stages of lactation (Class 2), followed by a gradual decline in milk yield. The highest average TDMFC values were observed in Class 1, whereas the highest TDPC values were recorded in Class 4.

Air temperature and relative humidity data were collected using automatic data loggers (Datalogger AMTAST, AMT-116, Qingdao, Shandong, China) installed inside the goat housing facilities on the investigated farms. Measurements of these two parameters were continuously recorded at 60-minute intervals, 365 days per year, from 2021 to 2025 on four farms. The microclimatic dataset comprised 90,951 hourly records of air temperature and relative humidity.

Based on the recorded air temperature and relative humidity values, the temperature-humidity index (THI) was calculated. The milk sampling dates were shifted three days backward, in accordance with the known delayed effects of heat stress on milk production and composition, while THI values were assigned using a two-day backward time lag (*lag* – 3 days relative to the milk sampling date/date of receipt at the milk quality testing laboratory). The resulting dataset was prepared for further statistical analysis using linear models.

THI values were classified into five classes based on the range of THI values observed in the study dataset, as well as on the changes in daily milk yield observed at different levels of heat load in the present study: ≤ 55 – no pronounced heat load, Class 1; 56–65 – low heat load, Class 2; 66–70 – moderate heat load, Class 3; 71–75 – pronounced heat load, Class 4; and > 76 – very pronounced heat load, Class 5. This classification enabled THI to be incorporated as a fixed factor in the statistical model.

The average THI during the warm period of the year (May–September) was 70.78, whereas the average THI during the cold period (October–April) was 55.93.

The interaction between breed and THI class indicated that the responses of Alpine and Saanen goats to changes in THI were not identical. Therefore, least-squares means (LSM) were analyzed for all combinations of breed and THI class. The pattern of changes in TDMY was neither linear nor characterized by a continuous decline in milk yield with increasing THI. Consequently, it cannot be conclusively stated that one breed was more resistant to heat stress than the other solely on the basis of the analyzed TDMY values.

The heritability coefficient was 0.274 ± 0.030 for TDMY, 0.211 ± 0.129 for TDMFC, and 0.283 ± 0.049 for TDPC.

Genetic correlations among test-day milk production traits ranged from -0.371 between TDMY and TDMFC to 0.509 between TDMFC and TDPC. Phenotypic correlations ranged from -0.115 between TDMY and TDMFC to 0.273 between TDMFC and TDPC.

Based on the information currently available, this research represents the first comprehensive assessment of genetic parameters for milk production and longevity traits in dairy goat populations in the Republic of Serbia using modern quantitative genetic methods. The results provide a valuable scientific basis for future genetic improvement and the development of a genetic evaluation system for dairy goats in Republic of Serbia.

Key words: Saanen breed, Alpine breed, milk production traits, lactation, test day, longevity, heritability, Animal model, temperature-humidity index (THI), heat stress

Scientific field: Biotechnical sciences

Scientific subfield: General breeding and improvement of domestic and raised animals

UDK number: 636.39.082.1(497.11)(043.3)

САДРЖАЈ

1	УВОД	1
2	ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ	3
2.1	Бројно стање и распрострањеност коза у свету, Европи и на Балкану	3
2.2	Производни системи у млечном козарству	4
2.2.1	Објекти за смештај коза и услови држања	6
2.3	Значај производње и савремени изазови у млечном козарству	6
2.4	Расе коза за производњу млека	8
2.4.1	Санска раса коза	8
2.4.2	Алпина раса коза	9
2.4.3	Поређење производних особина санске и алпина расе коза	9
2.5	Наслеђивање особина млечности код коза	10
2.5.1	Квантитативне особине и значај у селекцији млечних коза	11
2.5.1.1	Коефицијент наследности (херитабилитет)	12
2.5.1.2	Генетске и фенотипске корелације између особина млечности	16
2.6	Улога селекције у побољшању особина млечности – савремени приступи	17
2.6.1	Стање селекције и генетске евалуације млечних коза у Републици Србији	18
2.7	Фактори који утичу на млечност и дуговечност коза	18
2.7.1	Утицај сезоне јарења	19
2.7.2	Утицај типа јарења	19
2.7.3	Утицај расе (генотипа)	20
2.7.4	Утицај фарме	21
2.7.5	Утицај редног броја лактације	21
2.7.6	Утицај дужине трајања лактације	22
2.7.7	Утицај перманентне околине козе	23
2.7.8	Адитивни генетски утицај животиње	24
2.8	Досадашња истраживања дуговечности коза	24
2.8.1	Повезаност млечности и дуговечности коза	26
2.9	Појам и физиолошки одговор коза на топлотни стрес	27
2.9.1	Температурно-хумидни индекс као показатељ топлотног стреса	27
2.9.2	Температурно-хумидни индекс код коза – осетљивост раса и утицај на млечност	30
2.9.3	Мере ублажавања негативних ефеката топлотног стреса	33
3	МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ	35
3.1	Опште карактеристике сетова података	35
3.2	Анализа особина млечности на нивоу целе лактације	36
3.2.1	Статистички модел и извори фенотипске и генотипске варијабилности особина млечности на нивоу целе лактације	36

3.2.1.1 Утицај интеракције године и месеца почетка лактације	37
3.2.1.2 Утицај типа јарења	37
3.2.1.3 Утицај расе	37
3.2.1.4 Утицај фарме.....	37
3.2.1.5 Утицај редног броја лактације.....	39
3.2.1.6 Утицај дужине трајања лактације	39
3.2.1.7 Утицај перманентне околине козе	40
3.2.1.8 Адитивни генетски утицај животиње	40
3.2.2 Процена компоненти варијансе и генетских параметара за особине млечности на нивоу целе лактације.....	40
3.3 Статистичка анализа особина дуговечности на нивоу целе лактације	41
3.3.1 Дефинисање особина дуговечности	41
3.3.2 Статистички модел и извори фенотипске и генотипске варијабилности особина дуговечности.....	41
3.3.2.1 Линеарно регресијски утицај узраста козе при јарењу	42
3.3.2.2 Утицај релативне производње млека у првој лактацији	43
3.3.3 Процена компоненти варијансе и коефицијента наследности особина дуговечности	43
3.3.4 Процена приплодне вредности и генетски тренд за особине дуговечности	44
3.4 Анализа особина млечности контролног дана	44
3.4.1 Статистички модел и извори фенотипске и генотипске варијабилности особина млечности контролног дана	44
3.4.1.1 Утицај сезоне јарења	45
3.4.1.2 Утицај месеца контроле	45
3.4.1.3 Утицај фазе лактације	45
3.4.2 Анализа утицаја температурно-хумидног индекса на особине млечности контролног дана	46
3.4.2.1 Израчунавање индекса температуре и влажности ваздуха (ТХИ).....	46
3.4.2.2 Дефинисање класа ТХИ	47
3.4.3 Процена компоненти варијансе и генетских параметара за особине млечности контролног дана.....	47
3.5 Формирање и анализа педигреа популације	47
4 РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА.....	49
4.1 Особине млечности на нивоу целе лактације.....	49
4.1.1 Фенотипске карактеристике особина млечности на нивоу целе лактације.....	49
4.1.2 Утицај испитиваних фактора на особине млечности на нивоу целе лактације	51
4.1.3 Компоненте варијансе и коефицијенти наследности за особине млечности на нивоу целе лактације.....	53
4.1.4 Генетске и фенотипске корелације између особина млечности на нивоу целе лактације	54
4.2 Особине дуговечности	56
4.2.1 Фенотипске карактеристике особина дуговечности	56
4.2.2 Компоненте варијансе и коефицијент наследности за особине дуговечности	57
4.2.3 Процена приплодне вредности и генетски тренд особина дуговечности коза	58
4.3 Особине млечности контролног дана.....	59

4.3.1	Фенотипске карактеристике особина млечности контролног дана.....	60
4.3.2	Утицај испитиваних фактора на особине млечности контролног дана	61
4.3.2.1	Показатељи особина млечности коза контролног дана према фазама лактације ...	62
4.3.3	Утицај температурно-хумидног индекса на особине млечности контролног дана	64
4.3.3.1	Карактеристике микроклиматских услова на анализираним фармама	64
4.3.3.2	Дистрибуција класа ТХИ	65
4.3.3.3	Поређење топлог и хладног периода године	67
4.3.3.4	Интеракција класе ТХИ и расе у испољавању дневног приноса млека	69
4.3.4	Компоненте варијансе и коефицијенти наследности особина млечности контролног дана	70
4.3.5	Генетске и фенотипске корелације особина млечности контролног дана.....	72
5	ЗАКЉУЧАК	74
6	ЛИТЕРАТУРА	77
7	ПРИЛОГ	90
8	БИОГРАФИЈА АУТОРА.....	94
	ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ.....	95
	ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА	96
	ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ	97

1 УВОД

У свету се гаји око 1,1 милијарди коза, што их чини трећом најзаступљенијом врстом животиња за гајење, после говеда (1,6 милијарди) и оваца (1,3 милијарди) (FAOSTAT, 2024). Тај број није мали, и у свету број коза расте (осим у Европи), па самим тим представља и значајан извор хране и средстава за живот великог броја људи, пре свега у земљама у развоју.

Козе се користе за производњу меса, млека, крзна и коже, и важан су извор прихода милионима малих произвођача и сточара, пре свега у сеоским срединама. Управо та „еколошка флексибилност“, тј. могућност да се прилагоде тешким условима гајења, где су земљишни ресурси и доступност хране ограничени, у сушним, полусушним, планинским и мешовитим пољопривредним системима, чини их посебно вредним.

Археозоолошки налази са локалитета Стублине и Бело брдо (данашња Винча) потврђују постојање коза на територији Републике Србије још у периоду касне неолитске Винчанске заједнице (крај шестог до средине петог миленијума пре нове ере) наводи се у *Đimitrijević (2006)* и *Gillis et al. (2021)*. Од тог периода до данас, козарство у Републици Србији је прошло кроз неколико фаза, што ће детаљније бити приказано у наредним деловима ове дисертације.

Козарска производња у Републици Србији је, углавном, усмерена на производњу млека, а најчешће гајене расе су алпина и санска, и у нешто мањем броју локалне, аутохтоне расе – српска бела и балканска коза.

Принос и квалитет млека код свих врста преживара представљају резултат сложене интеракције генетских и негенетских утицаја (*Selvaggi and Dario, 2015*). У циљу постизања генетског напретка у селекционим програмима, неопходно је прецизно идентификовати и интегрисати ове утицаје у статистичке моделе за процену генетских параметара и приплодне вредности животиња. Прецизна процена генетских параметара захтева адекватно моделовање свих релевантних систематских и случајних фактора, јер њихово занемаривање или изостављање из модела може довести до погрешних закључака и неадекватних селекционих одлука у вези са економски значајним особинама коза.

Код млечних раса коза, као што су алпина и санска раса, производне особине имају највећи економски значај, јер одређују количину и квалитет млека. Селекција коза са вишим генетским потенцијалом за млечност и бољим хемијским саставом млека доприноси и већој продуктивности стада и профитабилности производње. Неке од најважнијих производних особина коза су: принос млека у лактацији, дужина трајања лактације, принос млечне масти и протеина и садржај млечне масти и протеина.

Отпорност на стрес и болести, тј. особине адаптације (физиолошки одговори на топлотни стрес, отпорност на паразите и сл.), постају све важнији критеријуми у селекцији, као и дуговечност животиња, јер утичу на смањење трошкова замене грла и повећање укупне продуктивности током животног века животиње. Дуговечност коза се посматра у виду трајања продуктивног живота и животне производње млека.

Климатске промене у Републици Србији израженије су од глобалног просека, са порастом средње температуре од 1,8°C до 2,6°C током лета, што је довело до све чешћих екстремних временских појава (топлотни таласи, интензивне падавине и суше), великих материјалних губитака (у периоду од 2000. до 2020. године најмање 6,8 милијарди евра) и угрожавања људских живота. Подручја под највећим ризиком од недостатка падавина су у области источне Србије до границе са Македонијом, док су најповољнија подручја за развој сточарства подручја западне и југозападне Србије, око слива реке Дрине, Ваљевских планина, Таре, Златибора, до границе са Црном Гором. Такође, травњаци нижих надморских висина у северном делу Србије имају повољније услове за развој, самим тим и за сточарску производњу. Повећана учесталост топлотних таласа и екстремно високих температура показују да ће

учесталост, интензитет и трајање стреса код животиња бити већи у будућности (*Ministarstvo zaštite životne sredine, Republika Srbija, 2024*).

Козе се сматрају толерантнијим на топлотни стрес у поређењу са млечним кравима, ипак, забележено је значајно смањење уноса хране и производње млека, као и погоршање хемијског и технолошког квалитета млека. Постоје индикације да изложеност топлотном стресу током бременитости може имати трајне последице и на производне особине потомства. Иако козе поседују одређене физиолошке механизме адаптације на високе температуре, топлотни стрес значајно нарушава њихову продуктивност и метаболички статус.

Број научних истраживања у млечном козарству, на глобалном нивоу, расте и постају све заступљенија. Напредак је остварен у области исхране, репродукције и генетике млечних коза, али је потребно створити и више могућности за окупљање истраживача, произвођача и потрошача. Заједничким напорима могуће је унапредити квалитет и популарност коза и њихових производа, чиме би се обезбедила и одрживост и стабилност тржишта у будућем периоду.

Истовремена процена генетских параметара за производне и функционалне особине, применом јединственог статистичког приступа, у популацији млечних коза у Републици Србији до сада није извршена. Обједињено проучавање генетске основе особина млечности и дуговечности, као и процена њиховог испољавања у условима топлотног оптерећења, важни су за боље разумевање ових особина, за унапређење генетског потенцијала коза и за повећање ефикасности њихове производње. Укључивањем и анализирањем температурно-хумидног индекса, ово истраживање је усмерено и ка питању адаптивности и отпорности коза, што је од посебног значаја у условима климатских промена.

2 ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

У овом поглављу приказана су досадашња научна сазнања релевантна за млечно козарство, са посебним освртом на производне и функционалне особине коза. Приказано је стање и значај козарске производње, анализирана су истраживања која се односе на особине млечности алпине и санске расе коза, као и генетички аспекти наслеђивања особина млечности. Посебна пажња посвећена је утицају различитих фактора животне средине на млечност и дуговечност коза. Такође, разматран је утицај топлотног стреса, односно, примена температурно-хумидног индекса (ТХИ – енг. *Temperature-Humidity Index*) као једног од главних показатеља топлотног оптерећења животиња у стресним условима. Приказани резултати представљају теоријску основу за формулисање циљева, избор методологије и тумачење резултата ове докторске дисертације.

2.1 Бројно стање и распрострањеност коза у свету, Европи и на Балкану

Козарство има значајну улогу у сточарској производњи на глобалном нивоу, пре свега због добре прилагодљивости коза различитим производним и климатским условима.

Због растуће потражње потрошача, високих цена анималних производа и климатских промена, млечно козарство се развија и у земљама које немају дугу традицију производње млека од коза (Кина, Сједињене Америчке Државе, Нови Зеланд), наводе *Miller and Lu (2019)*.

Новији подаци међународних организација и националних статистика показују да је популација коза у свету у порасту, да тренутно броји око 1,1 милијарди грла, и да се око 70% популација гаји у Азији и Африци (Индија, Кина, Нигерија, Пакистан, Бангладеш), првенствено за производњу меса, а затим и млека (*FAO, 2023*). У Европској унији је забележен благи тренд смањења броја коза, па је укупан број грла између 10 и 11 милиона (*Eurostat, 2022a*). Највећи број грла гаји се у Грчкој (око 2,5 милиона), и углавном се користе за производњу млека и традиционалних фета сирева (*Eurostat, 2022b*). Најзаступљеније расе коза за производњу млека у свету, али и у Европи, су санска, алпина, тогенбуршка и англо-нубијска раса, а за производњу меса најзначајнија је боер раса, док се ангорска коза (у мањем броју) гаји за производњу мохера.

У првој половини 20. века (1929-1939) број коза у Краљевини Југославији варирао је између 1,7 и 1,9 милиона (*Savanović, 2024*). Средином 20. века (1948. године у Македонији, 1954. године у Хрватској, у међувремену и у осталим Републикама) донет је закон којим се забрањује гајење коза због њиховог, наводно, штетног утицаја на шумску вегетацију и ерозију земљишта. Број коза у Југославији 1950. године износио је 786 170 грла; 1964. године било је 108 300 грла (56 600 грла балканске козе на слободној испаши, и 51 700 грла укрштених млечних санских коза у шталском држању), док је исте године у Републици Србији било 52 000 коза (*Ziani, 1964*).

На простору Балкана структура популације коза је хетерогена. Према последњим пописима и извештајима (стање на дан 30. 9. 2025. године) највећи број грла се налази у Албанији (око 615 000), затим, у Републици Србији се гаји око 120 000 коза, у Северној Македонији око 98 000, у Црној Гори око 27 000 грла (*Eurostat, 2022a*), док се према званичним подацима пописа пољопривреде Републичког завода за статистику за 2023. годину гајило око 147 000 коза (*РЗС, 2025*).

У матичној популацији коза на територији Централне Србије, према подацима из 2024. године, налазило се 16 185 грла свих раса, од чега су 95% (15 416 грла) чиниле високопродуктивне расе, алпина и санска („Главни одгајивачки програм у козарству”, 2024), док се на територији Аутономне Покрајине Војводине, 2023. године, на селекцијским смотрама, налазило укупно 5 760 грла, од чега је 4 360 грла алпина расе, 740 грла санске расе, и 73 грла бурске расе („Главни одгајивачки програм за козарство у АП Војводини”, 2024).

Према званичним резултатима Пописа пољопривреде из 2023. године, највећи број коза (61 250 грла) налазио се у региону Јужне и Источне Србије (*РЗС, 2025*).

Гајење коза на овим просторима има и традиционалан карактер, и оно се заснива на аутохтоним расама (балканска и српска бела – домаћа коза), које су отпорније и које су боље прилагођене на неповољне услове исхране и климе, али где је и интензитет производње мањи у односу на високоселекционисане млечне расе. Од укупног броја грла свих раса, на територији Централне Србије, свега 5% (769 грла) су чиниле балканска и српска бела раса („Главни одгајивачки програм за аутохтоне расе коза”, 2024), док је за територију АП Војводине доступан податак само за бројно стање балканске козе – 587 грла („Главни одгајивачки програм за аутохтоне расе коза у АП Војводини”, 2024).

2.2 Производни системи у млечном козарству

Постојање великог броја раса коза условљава и постојање различитих производних система. Производња козјег млека у Европи, посебно у Француској, Шпанији и Грчкој, заснива се на високопродуктивним расама, али и на побољшаним условима управљања и технологије на фармама.

Екстензиван систем гајења подразумева минимална финансијска улагања у козарску производњу (исхрану, смештај, негу, здравствену заштиту), па тако и ниво производње у великој мери зависи од фактора спољашње средине (клима, метеоролошки услови и сл.). Циљ оваквог гајења је најбоље коришћење пашњачких површина, а не постизање максималне производње по грлу, и најчешће је присутан код аутохтоних раса коза. Интензивно гајење коза подразумева обезбеђивање адекватног смештаја, неге и исхране животиња током целе године, али и индивидуалан третман животиња при рођењу и залучењу, као и праћење производних резултата. Интензивно козарство је најчешће повезано са производњом млека и меса, где су трошкови гајења већи, али је и приход из такве производње увећан (*Krajinović and Pihler, 2014*).

Иако се производња млека коза не истиче по свом економском значају, у еколошком и друштвеном смислу, чини сектор који треба одржавати и унапређивати. Од свих европских модела испаше, француске фарме производе највише млека, али и највише улажу у храну (*Ruiz Morales et al., 2019*).

Castel et al. (2010) наводе две врсте система за гајење млечних коза у Шпанији: први, где су козе трајно затворене, и други у којима се козе држе на пашњаку, са различитим временом испаше (карактеристични за аутохтоне расе коза). Виши нивои добробити забележени су на фармама где су козе већи део дана проводиле на пашњацима, а ноћ у затвореном, у поређењу са животињама које су биле константно затворене, уз приступ испаша (*Silva Salas et al., 2021*).

У циљу раздвајања пољопривредних система, *Gelasakis et al. (2017)* идентификовали су факторе по којима се разликују фарме коза у Грчкој. Аутори наводе да су величина стада коза, старост јаради при одбићу, старост при првом парењу, однос мушких и женских животиња, стопа замене јарчева, однос јарчева и јаради, обрађено земљиште по јединици стоке, наводњавање земљиште које се користи, године искуства одгајивача и доступност инфраструктуре кључни за разликовање пољопривредних система. Идентификована су четири кластера: кластер 1 (велике, полуинтензивне, високопроизводне и инвестиционе фарме); кластер 2 (највећи број фарми, полуекстензивне, традиционалне фарме са ниским улагањима); кластер 3 (фарме средње величине, полуинтензивне, са ниском стопом замене); кластер 4 (полуекстензивне, традиционалне фарме са ниским улагањима, које производе тешке трупове јаради).

Dubeuf et al. (2018) предложили су нов концепт – агроекологију, који укључује еколошке, техничке и друштвене промене у циљу одрживог развоја система коза у Европи и Медитерану. Најпре је потребно извршити карактеризацију функционисања система, а затим

предложити промене које треба предузети. Генерално, еколошки интензивни системи теже већој продуктивности, али уз већу контролу утицаја на животну средину и добробит животиња. Као пример се наводи испаша која укључује прилагођавање локалним условима, али и употребу нових технологија за управљање стадима (нпр. дрoнови, *GPS* технологије и др.).

Petrovic et al. (2021) наводе да шансу за развој у неразвијеним земљама треба тражити у природним потенцијалима, што би за Републику Србију био концепт органске производње млека и меса у овчарству и козарству. У органском козарству најзаступљенија је производња млека и квалитетног козјег сира, а систем гајења најчешће представља комбинацију пашног (лето) и шталског начина гајења (зима).

Резултати *Paskaš et al. (2023)* указују на висок садржај млечне масти, протеина, суве материје и висок садржај масних киселина краћег ланца и боље нутритивне индексе у млеку коза алпина расе које су гајене на пашњаку, у односу на козе у затвореном систему. Исхрана на пашњацима укључује траве, легуминозе и зачинско биље, што утиче на виши ниво антиоксиданата у козјем млеку, витамина *A* и *E*, а побољшава и сензорни и нутритивни квалитет млека. Комбинованом испашом крава, оваца и коза најефикасније се користе ресурси пашњака (*Paskaš et al., 2024*).

На основу истраживања које су спровели *Kučević et al. (2016)*, у коме су упоређена три система производње у северном делу Републике Србије: конвенционални (60 коза, без сопствене производње хране), традиционални (50 коза, стална испаша) и органски систем (750 коза алпина расе, без испаше), утврђен је састав козјег млека. Садржај млечне масти био је највећи у традиционалном систему, у поређењу са органским где је био најмањи (4,16% и 3,08%, тим редом). Садржај протеина био је највећи у млеку из органске производње (3,76%), а најнижи у конвенционалном систему (2,79%).

Значај органске производње козјег меса, као високовредне намирнице, ниског садржаја масти и широке прихватљивости међу различитим културама и религијама истакнут је у истраживању *Pavlovića et al. (2022)*. Аутори наводе да се савремена испаша разликује од некадашњег екстензивног начина држања и да доприноси очувању квалитета меса и животне средине.

Као основне технолошке проблеме у млечном говедарству у Републици Србији, *Gligović et al. (2022)* наводе непоштовање стандарда и прописа приликом изградње објеката за животиње, примену застареле технологије, као и немогућност проширења постојећих фармских капацитета који би требало да прате повећање производње. Најчешће су ови проблеми изражени код малих и средњих газдинстава. Слична ситуација је и у млечном козарству.

Екстензивни системи се суочавају са изазовима, као што су, еколошка одговорност и одрживост, начин коришћења биљних и животињских ресурса, начин на који се брине о добробити, па *Vejnović et al. (2023)* предлажу заједничку научну сарадњу одгајивача, теренских техничара, ветеринара, стручњака за сточарство и крајњих потрошача у циљу њиховог одржања.

Велики број коза у свету гаји се у екстензивним или полуинтензивним системима, док су интензивни системи, углавном, везани за производњу млека. *Meza-Herrera et al. (2024)* су представили предлог за категоризацију главних система производње млечних коза, користећи мултифакторски приступ, са фокусом на ниво нутритивних суплемената и количину падавина. Аутори су, према доступности воде, предложили два главна метасистема, у оквиру којих се налазе по три подсистема. Први метасистем карактеришу ограничени приступи води, биотским и економским ресурсима, за разлику од другог метасистема где нема ових ограничења, присутан је виши ниво организације, и фокус је на повећању производње животиња. Одрживост било ког од ових система зависи од великог броја фактора.

2.2.1 Објекти за смештај коза и услови држања

Ограничени део атмосфере у више или мање затвореном простору који је у одређеном односу са атмосфером (макроклимом), при чему утицај макроклиме на микроклиму зависи од више фактора (конструкција и начин градње објекта, систем вентилације, врста животиња, раса, број животиња и др.), представља микроклиму. Микроклимат, као део окружења у коме животиње бораве, је фактор од кога зависе неке особине домаћих животиња, и у циљу утврђивања што тачнијих података на релативно малом подручју, врше се мерења макроклиме (Mičić, 2023).

У објектима за смештај коза потребно је обезбедити следеће микроклиматске услове:

- Оптимална температура за козе износи од 10°C до 15°C, влажност ваздуха до 85%.
- Козе добро подносе температуре до 0°C, али температуре испод тачке замрзавања и велике дневне осцилације негативно утичу на производњу.
- У објектима за смештај коза у лактацији, температура не би требала да буде нижа од 6°C, нити виша од 27°C, а оптимална влажност ваздуха 65 - 70%.
- Оптимална температура ваздуха у објектима за младу јарад је од 12°C до 18°C, док температуре ниже од 5°C могу утицати на здравље и виталност јаради.
- Оптимална брзина струјања ваздуха је 0,2 - 0,4 m/s.
- Максималне дозвољене количине угљен-диоксида су 0,035%, угљен-моноксида 0,003% и сумпор-водоника 0,002%.
- У летњем периоду, за козе у лактацији, потребно је обезбедити око 120 m³ свежег ваздуха на сат по грлу, а зими око 30 m³ (Krajinović and Pihler, 2014).

Истраживање које су спровели *Ostojić and Relić (2007)* на фарми коза у Јужно Бачком округу, где су се у два објекта држале алпина и санска раса, показала су да услови смештаја и држања углавном одговарају стандардима за ове расе (затворен објекат, од цигле, бетона, дрвета и црепа, од 150 до 180 животиња по објекту, просечна температура ваздуха око 12,5°C, просечна влажност ваздуха око 80%).

2.3 Значај производње и савремени изазови у млечном козарству

Козе су, захваљујући својој способности да се прилагоде различитим условима гајења, економски исплатив и еколошки прихватљив избор за одрживо сточарство. Ипак, козарска производња се и даље суочава са бројним потешкоћама и изазовима.

Пораст потражње за производима од коза, месом и млеком, покреће и комерцијализацију, односно, доводи до нових могућности у виду запошљавања на селу и оснаживања локалног становништва. Нажалост, у скорој литератури се често испитује и допринос коза гасовима стаклене баште, нарочито због чињенице да су за њихово гајење потребна релативно ниска улагања, да број коза расте, а самим тим расте и њихов штетан утицај на животну средину (производе метан, утичу на вегетацију и земљиште), и да мали произвођачи немају приступ побољшаним системима управљања. Са друге стране, напредак у генетици, сточарству и исхрани (нпр. гајење животиња које су толерантније на топлоту, тј. прилагођеније климатским условима) могу побољшати продуктивност и одрживост система гајења у козарству.

На нивоу светске производње, већи део прихода у козарству остварује се од продаје меса (највећи приход од извоза козјег меса у 2024. години имала је Аустралија – 354 милиона

аустралијских долара) наводи се у међународним извештајима (*Meat and Livestock Australia*, 2025). Међутим, истовремено је дошло и до повећања светске производње и потрошње козјег млека. Највећи произвођачи козјег млека у 2023. години били су Индија, Судан и Пакистан (7,8 милиона тона, 1,1 милион тона, 1 милион тона, тим редом), док је у Европи највећи произвођач била Француска (500-600 000 тона). Највећи извозник козјег млека у Европи, према последњим доступним подацима, у 2023. години, била је Немачка (*TRIDGE*, 2025).

Што се тиче производње млека, у званичним статистикама Републике Србије, подаци за козе нису доступни, односно, не води се посебна евиденција у козарству, већ је обједињена са производима од оваца. Производња козјег меса у Републици Србији 2020. године била је око 3 000 тона (*Small Ruminant Value Chains in Western Balkan Countries*, 2024).

Повољнија органолептичка и нутритивна својства, у односу на млеко крава, чине млеко коза погодним за осетљиве потрошаче, укључујући децу и особе са алергијама или интолеранцију на лактозу (*Castro et al.*, 2023). Козја плућна плеура, сурутка од козјег млека и козје млеко користе се за лечење упале плућа, побољшање функција јетре, као терапија за кашаљ, а млади козји сир и за лечење карцинома у хуманој етномедицини (*Simić et al.*, 2025). Млеко коза све више привлачи пажњу и због лакше сварљивости, у односу на кравље млеко (*Park et al.*, 2007), и услед мање величине масних глобула доприноси лакшој пробави (*Zhao et al.*, 2022). Сматра се функционалном храном, богатом масним киселинама средњег ланца, олигосахаридима, есенцијалним аминокиселинама и високо биодоступним минералима, што даје значајне здравствене користи (*Verma et al.*, 2025). У млеку алпина коза, у истраживању *Antunović et al.* (2024) утврђена је врло ниска концентрација тешких метала у првој трећини лактације, и богат извор есенцијалних елемената. *Clark and Mora García* (2017) истичу да су истраживања у последњих сто година значајно допринела разумевању нутритивних, технолошких и здравствених аспеката козјег млека.

Испитивање на подручју Војводине показало је да су производи од козјег млека знатно мање прихваћени међу потрошачима (нарочито у млађој популацији испитаника), у односу на кравље млеко и млечне производе. Главни разлози за слабију потрошњу су специфичан мирис и укус козјег млека, као и недоступност производа, али су здравствене и нутритивне вредности препознате као разлог за његову конзумацију. Најпозитивнији став према козјем млеку имали су испитаници старости од 40 до 55 година, а производ који се најчешће купује је сир (*Paskas et al.*, 2020).

Такође, истраживање спроведено у Војводини показује и ограничен број произвођача и сезонску доступност козјег млека, уз постојање селективне, али стабилне потражње, при чему потрошачи највише цене квалитет, свежину и директан однос са произвођачем. Иако произвођачи показују висок ниво свести о квалитету и безбедности хране, честа пракса конзумирања сировог млека коза и недостатак строгих стандарда (нпр. за соматске ћелије) повећавају ризике и захтевају строгу хигијену и добру производну праксу. Развој козарства зависи од едукације произвођача и потрошача, јаснијих регулатива и даљих истраживања која би унапредила квалитет, безбедност и тржишни потенцијал козјег млека у Републици Србији (*Pajić et al.*, 2025).

У раду *Peacock and Sherman* (2010) представљени су неки од изазова са којима се суочава козарска производња. У многим подручјима одгајивачи коза се суочавају са бројним претњама које угрожавају опстанак њихових газдинстава, али и са изазовима у погледу способности да одговоре, или да се прилагоде променама. Појава екстремних временских услова, климатске промене, недостатак адекватних извора воде и хране, али и појава заразних болести и економски изазови, као што су нестабилност тржишта, ниске откупне цене, високи трошкови производње, додатно отежавају дугорочну одрживост козарских газдинстава.

Велики проблем у Републици Србији представљају и друштвени фактори, тј. старење сеоског становништва, миграције младих ка градским центрима, као и ограничен приступ савременим знањима и технологијама. Највећи број пољопривредних газдинстава (69%) има 1-2 члана, а $\approx 45\%$ чине произвођачи преко 65 година старости. Највише младих носилаца

газдинстава (до 40 година старости) било је у региону Војводине, а више од половине управника газдинстава ради на основу искуства стеченог праксом (P3C, 2025).

Assan (2025) наглашава значај укључивања жена у доношење одлука, као и обезбеђивање приступа информацијама, с обзиром на то да су оне у великом броју власници, тј. одгајивачи коза. Поред тога, млечне козе се уклапају у Агенду Уједињених нација 2030 за одрживи развој, углавном, зато што јачају улогу жена у пољопривреди и њихову економску независност (Castro et al., 2023).

У прегледу Navarrete-Molina et al. (2024) аутори истичу да је светска производња козјег млека у периоду од 1970. до 2022. године у сталном порасту, да има значајан социоекономски и еколошки значај, и да ће до 2050. године производња наставити да расте, али да ће одрживост и отпорност на климатске промене постати кључни изазови. На основу прегледане литературе, аутори износе закључак да козе представљају једну од најприлагодљивијих животињских врста, а с обзиром на њихов генетски потенцијал за побољшање производње млека, да ће имати важну улогу у исхрани популације у Африци, Азији и Латинској Америци, где се очекује и највећи раст броја млечних коза.

2.4 Расе коза за производњу млека

Две најраспрострањеније и најчешће гајене расе коза за производњу млека у Републици Србији су алпина и санска раса. Добра адаптабилност, висок млечни потенцијал и повољан хемијски састав млека, учинили су да ове две расе постану најважније комерцијалне расе за производњу козјег млека.

2.4.1 Санска раса коза

Санска раса коза, пореклом из Швајцарске, спада међу најпродуктивније млечне расе у свету (Pisanu et al., 2013). Гаји се у чистој раси, али и служи за укрштање, пре свега, са аутохтоним расама. Кострет је беле боје. Према одгајивачким циљевима у Републици Србији пожељно је да козе ове расе имају нешто вишу млечност у односу на алпина расу, а то је око 900 kg млека, са 3,6% млечне масти и 3,2% протеина („Главни одгајивачки програм за козарство у АП Војводини”, 2024). Осетљивија је на лоше услове гајења и на високе температуре („Главни одгајивачки програм у козарству”, 2024).



Фотографија 1. Санска раса коза у производним условима (Ауторска фотографија)

2.4.2 Алпина раса коза

Алпина раса коза потиче из швајцарско-француских Алпа. Гаји се у чистој раси, али и као мелиоратор јер брзо поправља млечност и телесне оквире. Најзаступљенија боја је смеђа, са црним трбухом и доњим деловима ногу, и тамном пругом која се пружа од главе преко леђа до репа, али и беж боја са црним ногама и леђном линијом. Према одгајивачким циљевима у Републици Србији, пожељно је да козе ове расе имају млечност око 800 kg, са 3,5% млечне масти и 3,1% протеина („Главни одгајивачки програм за козарство у АП Војводини”, 2024).



Фотографија 2. Алпина раса коза у производним условима
(Ауторска фотографија)

2.4.3 Поређење производних особина санске и алпина расе коза

Mekić et al. (2014) износе податке у вези са производњом млека санске расе коза у Републици Србији. Козе у првој лактацији су произвеле значајно мање млека (561,13 kg), у односу на козе у другој (654,25 kg) и трећој лактацији (743,20 kg). Дужина трајања лактације у испитиваном периоду варирала је од 238 дана до 251 дан. Такође, аутори наводе да се са старошћу коза повећавала и плодност (168,85% након првог јарења, 177,42% након трећег јарења).

Наредне године, *Mekić et al. (2015)* анализирали су дужину бременитости 67 санских коза (које су се први пут јариле), број јаради у леглу (плодност коза) и телесну масу јаради на рођењу на једној фарми. Утврђена је дужина бременитости од 150,95 дана, плодност коза је била 173,13%, телесна маса јаради на рођењу 3,53 kg и 2,75 kg (јединци и близанци, тим редом).

Просечну произведену количину млека у лактацији, која је трајала 289 дана, у популацији санске расе коза у Републици Србији, забележили су и *Zeljić Stojiljković et al. (2025)*, и износила је 697,59 kg. Садржај млечне масти у просеку био је 3,25%, а садржај протеина 2,85%, што је указивало на задовољавајући квалитет млека.

Maksimovic et al. (2015) утврдили су просечну млечност алпина коза, на малим пољопривредним газдинствима (просечно 15 грла), у екстензивним условима, где су животиње углавном биле на испашаи, осим у зимском периоду. Забележена је производња млека од 531,66 kg, са 3,33% млечне масти и 3,16% протеина. Дужина лактације била је 221 дан.

Просечна производња млека алпина коза у Хрватској, у лактацији од око 265 дана, износила је око 671 kg, са просечним дневним приносом млека од 2,5 kg, са 3,4% млечне масти и 3% протеина (*Mulc, 2025*), док су *Eftimova et al. (2021)* забележили нижу производњу млека

алпина коза од око 252 l, у лактацији просечног трајања од 262 дана у Републици Северној Македонији. Дневна производња млека алпина и санских коза у Словенији била је у просеку 1,98 kg, са 3,35% млечне масти и 2,84% протеина (*Brežnik et al., 2000*).

Бројна истраживања спроведена у популацији коза у Француској потврдила су већу млечност санске расе коза, у односу на козе расе алпина (*Bélichon et al., 1999; Palhiere et al., 2018; Rupp et al., 2011; Teissier et al., 2024*).

У лактацији која је трајала око 288 дана, козе санске и алпина расе произвеле су око 964,1 kg млека (минимум је био 132,5 kg, а максимум 2615 kg), наводи се у истраживању *Arnal, Robert-Granié and Larroque (2018)*. У каснијим истраживања аутора *Arnal et al. (2026)* наводи се незнатно већа производња млека у првој лактацији санских, у односу на козе алпина расе (751 kg и 746 kg), у лактацији која је трајала 250 дана. У наредним лактацијама, забележена је мања производња млека код санске расе коза (у трећој лактацији санске козе су произвеле 885 kg, а алпина козе 904 kg). Аутори су забележили брже смањење производње млека након пика лактације код коза санске расе, па су оне у нпр. шестој лактацији произвеле око 750 kg млека, а козе алпина расе око 845 kg.

У Канади, у стандардној лактацији од 305 дана, просечна млечност коза алпина расе била је око 950 kg, а коза санске расе око 1120 kg. Козе у Италији и Швајцарској су имале краће лактације од претходно поменутих (210 дана) и нижу млечност, око 524 kg млека алпина козе и 549 kg млека санске козе; алпина козе око 566 kg и санске козе око 615 kg, тим редом (*Teissier et al., 2024*).

На основу прегледане литературе, *Ferro et al. (2017)* наводе просечне вредности дужине трајања лактације, укупне производње млека, дневног приноса млека, и садржаја млечне масти и протеина код неколико важних раса коза за производњу млека. За алпина и санску расу коза те вредности су следеће: 248/250 дана, 601/615 kg, 2,66/2,55 kg/дан, 3,33/3,28%, и садржај протеина од 3,10% за алпина козе и 2,94% за санске козе.

Према студији *Xiang et al. (2025)* спроведеној у Кини, санске козе су показале већу производњу млека у поређењу са тогенбуршком расом коза и укрштеним *alpine-yunshang* козама за двоструку намену (*AJF1*). На 60-ом дану лактације санске козе и *AJF1* козе оствариле су значајно већи садржај протеина (3,16% и 2,79%), у односу на тогенбуршку расу коза (2,75%). Због изузетне млечности, владе појединих азијских земаља су одлучиле да увезу значајан број санских коза (*Liang and Paengkoum, 2019*).

Massender et al. (2022) применом једностепене геномске *BLUP* методе (енг. *single-step genomic BLUP*) извршили су анализу на 833 козе алпина и 874 козе санске расе, односно, 6409 записа лактације за алпина расу, и 3434 за козе санске расе, што је био и први корак ка примени геномске селекције у канадским популацијама млечних коза. Већу млечност показале су козе санске расе (просечно 921 kg у првој лактацији и 1015 kg у другој и каснијим лактацијама) у односу на алпина расу коза (око 793 kg у првој лактацији, и око 879 kg млека у другој и каснијим лактацијама).

2.5 Наслеђивање особина млечности код коза

Разумевање генетске основе производње млека омогућава примену савремених метода селекције чиме се повећава прецизност процене приплодне вредности животиња и убрзава генетски напредак. Генетска основа обухвата адитивне ефекте гена (који се директно преносе са родитеља на потомство), као и доминатне и ефекте епистазе, који утичу на испољавање особине, али се због рекомбинације не наслеђују на исти начин као адитивни ефекти.

Циљ одгајивања животиња није генетско побољшање појединачних животиња, већ побољшање генетског потенцијала популације животиња. Да би се постигао тај циљ, неопходно је располагати поузданим алатима за идентификацију и искоришћавање генетских разлика између јединки у погледу особина од интереса. У оквиру програма селекције,

познавање генетских својстава циљних особина представља основни предуслов за њихово ефикасно планирање и спровођење (Toghiani, 2012).

Генетски параметри представљају основне показатеље који описују удео и начин деловања наследних ефеката у варијабилности квантитативних особина животиња, тј. колико је нека особина под утицајем генетских, а колико под утицајем ефеката спољашње средине.

Најважнији генетски параметри су: коефицијент наследности (херитабилитет, h^2), поновљивост (репитабилитет, r), генетске корелације (r_g) и фенотипске корелације (r_p).

2.5.1 Квантитативне особине и значај у селекцији млечних коза

Квантитативне особине имају кључну улогу у програмима генетског унапређења, јер директно утичу на производне перформансе, репродуктивну ефикасност и економску исплативост производње. За разлику од квалитативних особина, које се наслеђују моногенски и одређују присуством или одсуством неког гена, квантитативне особине су резултат полигенског наслеђивања, односно, заједничког деловања већег броја гена са малим појединачним ефектима, што је познато као квантитативни генски локуси (енг. *QTL – Quantitative Trait Loci*). Ове особине су под значајним утицајем спољашње средине, па се фенотип јединке изражава као збир генетске вредности и ефеката окружења ($P = G + E$). Ова интеракција чини квантитативне особине сложеним и изазовним за генетску анализу и унапређење.

Поред раније поменутих производних и особина адаптације, и репродуктивне особине (плодност, интервал јарења, број јаради, старост при првом јарењу) директно утичу на брзину генетског напретка и економску ефикасност. Особине раста и конформације (телесна маса при рођењу, телесна маса на залучењу, просечни дневни прираст) су важне код товних раса јер одражавају способност искоришћавања хране и ефикасност раста, што је од значаја за производњу меса.

Функционалне особине постају неопходан део савремених програма селекције. Ове особине не утичу директно на количину произведеног млека или меса, али непосредно утичу на здравље, плодност, дуговечност и укупну продуктивност животиње. Функционалне особине су повезане са биолошком ефикасношћу и прилагођеношћу, односно, оне су индиректно економски значајне, јер смањују трошкове лечења, замене грла, и омогућавају дуже искоришћавање животиње. Примери функционалних особина код коза су: здравствене особине – указују на здравље вимена и имунитет (број соматских ћелија у млеку, отпорност на маститис, отпорност на паразите и болести); дуговечност – смањује потребу за заменом; лакоћа јарења – смањује ризике у репродукцији; темперамент и понашање (социјално понашање у стаду, понашање приликом муже); отпорност на стрес – повећава производњу у неповољним климатским условима (терморегулација, срчана и респираторна стабилност при топлотном стресу).

Квантитативне особине су средње наследне (коефицијент наследности је, углавном, од 0,15 до 0,40), што значи да се генетски напредак остварује комбинацијом селекције и оптимизацијом услова околине. У програмима селекције примењују се статистички модели процене генетске вредности, као што су *BLUP* (енг. *Best Linear Unbiased Prediction*) модели, који омогућавају прецизну процену индивидуалних генетских потенцијала. Све већи значај има и геномска селекција, којом се помоћу *SNP* (енг. *Single Nucleotide Polymorphism*) маркера идентификују и бирају грла са пожељним алелима за одређене квантитативне особине још у раном периоду живота, што убрзава процес селекције.

2.5.1.1 Коефицијент наследности (херитабилитет)

Коефицијент наследности представља меру којом се изражава удео генетских ефеката у укупној фенотипској варијабилности неке особине. Овај параметар показује колико се разлике између јединки, у погледу неке особине, могу објаснити генетским – наследним, а колико утицајима из околине.

Вредности коефицијента наследности се крећу од 0 до 1 (0 - 100%). Ниже вредности (нпр. 0 - 0,2) указују да на особину доминатно утичу ефекти из спољашње околине, док средње и више вредности (0,3 - 1) указују на већи значај наследних ефеката, као што су за особине млечности или телесне масе. Што је вредност коефицијента наследности већа, то је и селекцијски одговор бржи и ефикаснији. Коефицијент наследности за особине млечности код коза износи од 0,25 до 0,45, што указује на умерено наслеђивање и на оправдано спровођење генетске селекције у популацијама млечних раса.

Коефицијент наследности представља кључни параметар у израчунавању генетских процена, предвиђању одговора на селекцију и доношењу одлука о томе да ли је ефикасније одређене особине унапредити путем селекције, или применом мера управљања. Има значајну улогу и у формулисању практичних одлука у оквиру метода одгајивања, посебно при процени приплодне вредности животиња (енг. *EBV – Estimated Breeding Value*). Када се коефицијент наследности посматра као регресија приплодне вредности на фенотипску вредност, процена приплодне вредности јединке се може израчунати као производ коефицијента наследности и фенотипске вредности (Toghiani, 2012).

Вредности коефицијента наследности за неке од најважнијих особина у млечном козарству, према литературним подацима, приказани су у табели 1. Наведене вредности зависе од расе, популације у којој су процењени, од модела процене (нпр. да ли су у питању вредности за укупну лактацију или поједине фазе лактације, на дан контроле, поновљиви модели и сл.).

Табела 1. Коефицијент наследности за особине млечности и дуговечности код коза

Аутор	Раса	ПМ	ПМКД	СММ	СП	СММКД	СПКД	ПММ КД	ПМКД	ПММ	ПП	Дуговечност	ТРПЖ	Напомена
<i>Andonov et al., 2007</i>	НОР	-	0,18-0,29	-	-	0,20-0,24	0,26-0,29	-	-	-	-	-	-	MT - AM
<i>Arnal et al., 2019</i>	сан	$\approx 0,30$	-	0,68	0,65	0,38	0,51	0,27	0,27	0,37	-	-	-	RRM - TD
	алп	$\approx 0,30$	-	0,75	0,70	0,45	0,57	0,23	-	$\approx 0,30$	$\approx 0,30$	-	-	
<i>Bélichon et al., 1999</i>	алп	0,34	-	0,58	0,58	-	-	-	-	0,37	0,36	-	-	AM
	сан	0,32	-	0,60	0,50	-	-	-	-	0,40	0,34	-	-	
<i>Brežnik et al., 2000</i>	алп и сан	-	0,19	-	-	0,16	0,21	-	-	-	-	-	-	MT - AM
<i>Brito et al., 2011</i>	алп и сан	0,19	-	0,21	0,39	-	-	-	-	0,10	0,12	-	-	MT - AM
<i>Brito et al., 2017</i>	алп	-	0,15-0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ST - RRM
<i>Carillier et al., 2014</i>	алп	0,31	-	0,48	0,60	-	-	-	-	0,28	0,31	-	-	MT (GBLUP)
	сан	0,26	-	0,51	0,56	-	-	-	-	0,25	0,25	-	-	
<i>Castañeda-Bustos et al., 2014</i>	САД	0,37	-	0,54	0,64	-	-	-	-	0,37	0,38	-	0,17-0,22	ST - AM
<i>Ehsaninia et al., 2025</i>	мг	0,21	-	-	-	-	-	-	-	0,13	0,17	-	-	RRM - AM
<i>García-Peniche et al., 2012</i>	алп	0,36	-	0,51	0,46	-	-	-	-	0,36	0,36	-	-	univariate repeatability AM
	сан	0,36	-	0,46	0,43	-	-	-	-	0,34	0,38	-	-	

<i>Geddes et al., 2018</i>	алп*сан *тог	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08- 0,46*	0,08	<i>univariate mixed AM</i>
<i>Jaques et al., 2023</i>	НЗ	0,26	/	0,56	0,69	-	-	-	-	0,27	0,24	-	-	<i>AM - REML</i>
<i>Morris et al., 2006</i>	сан	-	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<i>MT</i>
<i>Mokhtari et al., 2025</i>	мг	0,15	-	-	-	-	-	-	-	0,06	0,09	-	-	<i>MT - AM</i>
<i>Mucha et al., 2014</i>	алп*сан *тог	0,10- 0,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<i>RRM - AM</i>
<i>Mucha et al., 2022</i>	више раса	0,27	-	0,48	0,48	-	-	-	-	0,31	0,30	-	-	мета анализа
<i>Rupp et al., 2011</i>	сан	0,34	-	0,61	0,60	-	-	-	-	0,35	0,34	-	-	<i>AM</i>
	алп	0,30	-	0,62	0,67	-	-	-	-	0,32	0,31	-	-	
<i>Scholtens et al., 2018, 2020</i>	НЗ	0,25	-	-	-	-	-	-	-	0,24	0,24	0,07	-	<i>MT repeatability AM</i>
<i>Teissier et al., 2024</i>	алп	0,10- 0,30	-	0,24- 0,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<i>SNP</i>
	сан	0,12- 0,31	-	0,22- 0,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Torres-Vázquez et al., 2009</i>	сан	0,17	-	0,32	0,38	-	-	-	-	0,19	0,17	-	-	<i>repeatability model</i>
<i>Valencia-Posadas et al., 2022</i>	нпк	0,16	-	-	-	-	-	-	-	0,16	0,10	-	-	<i>mixed linear AM</i>
<i>Wolber et al., 2021</i>	HEM	0,34	-	0,52	0,63	-	-	-	-	-	-	-	0,22	<i>AM</i>
	сан	0,27	-	0,39	0,35	-	-	-	-	0,33	0,39	-	-	<i>SM</i>

<i>Zeljić Stojiljković et al., 2025</i>	сан	0,22	-	0,40	0,29	-	-	-	-	0,26	0,26	-	-	<i>AM</i>
<i>Ziadi et al., 2023</i>	фл	-	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,58	<i>univariate- REML</i>

* ПМ - принос млека у лактацији; ПМКД - принос млека контролног дана; СММ - садржај млечне масти у лактацији; СП - садржај протеина у лактацији; СММКД - садржај млечне масти контролног дана; СПКД - садржај протеина контролног дана; ПММКД - принос млечне масти контролног дана; ППКД - принос протеина контролног дана; ПММ - принос млечне масти у лактацији; ПП - принос протеина у лактацији; ТРПЖ - трајање продуктивног живота; НОР - млечне козе у Норвешкој; сан- санска раса; алп - алпина раса; САД - млечне козе у Америци; мг - *murciano-granadina* козе; тог - тогенбуршка раса; НЗ - млечне козе Новог Зеланда; нпк - нигеријске патуљасте козе; НЕМ - немачке млечне козе; фл - флорида раса коза; *Random regression test-day models* - *RRM-TD*; *multi-trait* - *MT*; *single-trait* - *ST*; *Animal model* - *AM*; *sire model* - *SM*.

Један од најранијих радова, и често цитиран, из области процене коефицијента наследности за особине млечности код коза јесте рад аутора *Bélichon et al. (1999)*. Процењени су генетски параметри за принос млека, масти и протеина, садржај масти и протеина, за козе алпина и санске расе, коришћењем *Animal* модела, а вредности коефицијента наследности приказани су у табели 1.

Принос млека се углавном карактерише ниским и средњим коефицијентом наследности (0,10 - 0,30), али вредност за ову особину може бити и до 0,45. Средње вредности коефицијента наследности забележене су и код приноса млечне масти (до 0,37) и протеина (до 0,39) у лактацији, а високе за садржај протеина (до 0,69) и за садржај масти (до 0,75). У зависности од дефиниције особине у истраживањима, коефицијент наследности за дуговечност коза варирао је од 0,07 до 0,58.

2.5.1.2 Генетске и фенотипске корелације између особина млечности

Генетске корелације указују на то у којој мери су две особине међусобно повезане и како се заједнички мењају, тј. како „коварирају”. Корелације могу бити позитивне и негативне и узимају вредности од -1,0 до 1,0. Када је генетска корелација близу нуле, различити скупови гена контролишу сваку особину, па селекција на једну има минималан утицај на другу особину. Позитивна генетска корелација значи да селекција на једну особину доводи до повећања друге, док негативна корелација има супротан ефекат. Генетске корелације су од посебног значаја за одгајиваче, јер представљају везу између приплодних вредности различитих особина (*Toghiani, 2012*).

Генетске и фенотипске корелације особина млечности код санских коза биле су предмет истраживања *Torres-Vázquez et al. (2009)*. Аутори наводе високе и позитивне корелације између приноса млека (ПМ) и приноса млечне масти (ПММ) и ПМ и приноса протеина (ПП, 0,72 и 0,87, тим редом), ПММ и ПП (0,80) и ПММ и садржаја протеина (СП, 0,49). Негативне генетске корелације забележене су између ПМ и садржаја млечне масти (СММ, -0,24), и ПМ и ПП (-0,30). Фенотипске корелације између ПМ и ПММ, као и ПМ и ПП, биле су позитивне и високе (0,85 и 0,95, тим редом). Негативне корелације биле су између ПМ и СММ (-0,23) и ПМ и СП (-0,29).

Успех и ефикасна примена геномске селекције код малих преживара, у циљу развоја националног програма геномске евалуације, условљени су степеном генетске сличности између популација, па је неопходно да популације буду повезане и да особине које се испитују у различитим земљама или популацијама имају високе генетске корелације. Управо на овим чињеницама се заснива истраживање *Teissier et al. (2024)*. Генетске корелације за ПМ процењене су између популација гајених у Француској и Италији, са умереном вредношћу од 0,45 за козе алпина расе, и од 0,22 до 0,26 код коза санске расе. Корелације за СММ, између Француске и Италије, биле су од 0,75 код коза алпина расе (без геномских информација) до 0,78 (код коза алпина расе, са геномским информацијама). Аутори закључују да би ниске генетске корелације за ПМ могле бити последица нпр. дефиниције особине у различитим земљама, као и интеракције генотипа и околине. Високе генетске корелације за СММ и причвршћивање задњег вимена (једна од испитиваних особина) указују на то да би се могле стандардизовати како би биле мање под утицајем ефеката интеракције генотипа и околине.

Фенотипске корелације за дневни принос млека (ПМКД) алпина и санских коза и садржај млечне масти (СММКД) биле су негативне (-0,25), као и за ПМКД и дневни садржај протеина (СПКД) где су износиле -0,19. Средње корелације забележене су између СПКД и СММКД (0,40) наводе *Brežnik et al. (2000)*.

Ehsaninia et al. (2025) проценили су генетске корелације између ПМКД, СММКД и СПКД код *murciano-granadina* коза (0,62 и 0,67, тим редом). Одговарајуће фенотипске корелације биле су -0,12. Већи принос млека генетски је повезан са повећаним нивоима млечне масти и протеина, наводе аутори.

Код исте расе коза, *Mokhtari et al. (2025)* проценили су позитивне и средње до високе генетске и фенотипске корелације (ниже у односу на генетске) између ПМ у лактацији и ПММ и ПП (генетске корелације до 0,91 између ПММ и ПП).

Генетске корелације између ПМ и ПММ новозеландских коза биле су 0,81, ПМ и ПП 0,93, док су одговарајуће фенотипске корелације биле 0,90 и 0,96. Фенотипске корелације између ПММ и ПП биле су 0,92 (*Scholtens et al., 2020*).

Castañeda-Bustos et al. (2014) наводе генетске и фенотипске корелације између особина млечности и продуктивног живота (ПЖ), у старости од 72 месеца, код америчких млечних коза. Генетске корелације су биле позитивне и средње јаке између ПМ и ПЖ 0,33, ПММ и ПЖ 0,23, ПП и ПЖ 0,30, и негативне између СММ и ПЖ -0,04 и СП и ПЖ -0,002. Фенотипске корелације између ПМ и ПЖ биле су 0,25, ПММ и ПЖ 0,23, ПП и ПЖ 0,25, и негативне између СММ и ПЖ и ПП и ПЖ (-0,004 и -0,05, тим редом).

2.6 Улога селекције у побољшању особина млечности – савремени приступи

Генетско унапређење производних особина и прецизна процена приплодних вредности представљају основу сваког успешног програма селекције животиња. Традиционално, овај процес је био заснован на идентификацији животиња и евидентирању њихових морфолошких и производних карактеристика, као што су принос млека, садржај масти и протеина, телесне мере и слично (*Shrestha and Fahmy, 2007*). Овакви приступи имају ограничења у тачности, посебно у раним фазама живота животиња и када недостају подаци о сродству.

Укључивањем више података из педигреа, степена сродства и генетске варијабилности унутар популације, могуће је остварити значајан напредак у процени генетског потенцијала. Савремени приступи, који обједињују фенотипске податке са генетичким и геномским информацијама омогућавају поузданију процену генетских параметара и приплодне вредности (*Molina et al., 2018; Mucha et al., 2014*). Такви подаци не само што повећавају прецизност селекције, већ и омогућавају ранију идентификацију генетски супериорних јединки, чиме се убрзава генетски напредак у селекционисаној популацији.

За анализу лонгитудиналних података у системима генетске евалуације често се примењују модели случајне регресије (енг. *RRM – Random Regression Model*) јер омогућавају прецизније приказивање временских промена у ефектима околине и адитивним генетским вредностима животиња, уз укључивање специфичних ефеката контролних дана. Овај модел је имплементиран у Француској за процену и селекцију коза за особине приноса млека, приноса и садржаја млечне масти и протеина у првој лактацији, које су независне, тј. нема генетских корелација између њих (*Arnal et al., 2019*).

Величина референтних популација у једној земљи је углавном мала, али поузданост предвиђања геномских приплодних вредности, посебно за особине са ниским коефицијентом наследности или особине које је тешко измерити, могла би да се повећа комбиновањем скупова података из различитих земаља. Управо то су урадиле Француска, Италија, Швајцарска и Канада – „објединиле“ податке о фенотипу, генотипу и педигреу алпина и санских коза. Главни циљ је био процењивање компоненти (ко)варијансе за две особине производње млека – принос млека у лактацији и просечан садржај млечне масти у млеку, и особине типа вимена – причвршћивање задњег вимена. Ове особине су одабране јер представљају главне циљеве одгајивања у наведеним земљама (*Teissier et al., 2024*).

Одгајивачи су све више укључени у селекцију отпорнијих раса оваца и коза. Имплементације геномске селекције у одгајивачке програме за козе алпина и санске расе у Француској започета је 2018. године, а за расе оваца и раније. *Astruc et al. (2022)*, такође, наглашавају важност обједињавања истраживања и међународне сарадње.

Геномска селекција млечних коза у Великој Британији започела је 2015. године, а циљ истраживања *Geddes et al. (2018)* био је и укључивање геномских приплодних вредности за особине дуговечности у програме одгајивања млечних коза.

2.6.1 Стање селекције и генетске евалуације млечних коза у Републици Србији

Земље са развијеном козарском производњом дуже од једне деценије интегришу фенотипске, податке из педиграа и геномске податке у јединствене системе процене приплодних вредности, како је раније наведено. Селекција млечних коза у Републици Србији и даље се заснива на традиционалним основама. Начин разврставања приплодних коза у нашој земљи прописан је одговарајућим правилником, према којем се оцена и класификација грла (у класе *E*, *Ia*, *I*, *II* и *III*) заснива на пореклу животиње (искључиво на основу производних својстава родитеља), оцени телесне развијености и типа (укључујући оцену вимена) и подацима из редовне контроле млечности, при чему се коначна оцена добија сабирањем бодова по унапред утврђеним критеријумима („Главни одгајивачки програм у козарству”, 2024).

У оваквом систему приплодна вредност животиња се, у суштини, процењује из комбиновања фенотипских података и података о пореклу, без примене нпр. мешовитих статистичких модела (*BLUP*) или геномских метода процене, какви се, показано је, рутински примењују у популацијама коза у свету.

Релативно мали број грла која су обухваћена матичном евиденцијом (квалитетна приплодна грла, класификована на раније наведен начин), недовољна повезаност података о пореклу животиња између одгајивача, удружења и надлежних институција које су укључене у селекцијски рад, али и одсуство систематичне и дугорочне контроле производних особина коза, довели су до методолошког заостатка у нашој земљи. Из ових разлога, а по узору на искуства земаља која су сличан проблем малих националних референтних популација решавала обједињавањем података и применом савремених статистичких приступа (нпр. *Astruc et al.*, 2022; *Teissier et al.*, 2024) неопходно је, као први корак, спровести истраживање које ће, на расположивим подацима о пореклу и производним особинама коза алпина и санске расе у Републици Србији, применити адекватне статистичке моделе за процену компоненти варијансе, наследности и приплодних вредности особина млечности. Оваквим приступом би се обезбедила научна основа за успостављање редовне генетске евалуације коза у домаћи систем одгајивања, чиме би се смањиле постојеће разлике у односу на земље са развијеном козарском производњом и створили предуслови за убрзање генетског напретка у нашој земљи.

Систем редовне, статистички засноване генетске евалуације – који би обезбедио процену компоненти варијансе, наследности и приплодних вредности за особине млечности код коза алпина и санске расе, на нивоу целе државе или барем у оквиру појединачних одгајивачких удружења – за сада у Републици Србији не постоји. Управо та чињеница представља основни мотив овог истраживања: да се на постојећим, расположивим подацима о пореклу и производним особинама коза које се гаје у нашој земљи по први пут примене адекватни статистички модели за процену генетских параметара и приплодних вредности особина млечности и дуговечности, чиме би се поставила научна основа за увођење система редовне генетске евалуације коза у домаћу одгајивачку праксу.

2.7 Фактори који утичу на млечност и дуговечност коза

Производња млека и дуговечност коза резултат су сложених интеракција између генетског потенцијала животиње и фактора спољашње околине.

Млечност коза у великој мери зависи од генетске основе, али су варијације у приносу значајно под утицајем и услова у којима козе производе. Истраживања указују на то да животиње које показују добру прилагодљивост и стабилну млечност већ у првој лактацији имају и већу вероватноћу за дужи продуктивни живот.

Уравнотежен приступ који комбинује селекцију коза за високу млечност са праћењем особина дуговечности и отпорности кључни су за одрживо козарство. Овим се осигурава да

висока производња не иде на штету здравља животиња, већ да се кроз оптимизовано управљање и исхрану постигне максимална ефикасност током читавог животног века.

2.7.1 Утицај сезоне јарења

Укључивање интеракција је стандардна и неопходна пракса у генетским евалуацијама како би се прецизније процениле приплодне вредности и кориговали сезонски утицаји окружења. Интеракције специфичне године и месеца одређују нпр. доступност квалитетне хране или климатске услове.

У истраживању *Kljajevic et al. (2018)* све физичко-хемијске особине млека санских коза значајно су варирале са сезонским променама у току године. Најниже вредности за садржај млечне масти и протеина биле су августу (2,93% и 2,67%), док су највише вредности биле у децембру (4,09% и 2,93%).

Интеракција године и сезоне јарења имала је значајан статистички утицај на особину дневног приноса млека код коза алпина расе у Бразилу, као и старост козе на јарењу (*Brito et al., 2017*). Утицај сезоне био је значајан и за производњу млека алпина, санских и боер коза, где су у пролеће произвеле 0,7, 1,1 и 0,7 kg млека, а у лето 0,9, 1,6 и 0,7 kg млека, тим редом (*Yamani and Koluman, 2020b*).

Утицај сезоне и године био је значајан за производњу млека санских и алпина коза у истраживању које су спровели *Tu et al. (2023)*. Млеко коза које су се јариле у пролеће имало је већи принос масти, протеина и лактозе по лактацији, у односу на козе које су се јариле у јесен. Такође, утврђена је и интеракција између месеца јарења и редног броја лактације, односно паритета, као и да производња млека коза које су се више пута јариле више варира под сезонским утицајем у односу на првојаренице.

Đuričić et al. (2020) забележили су статистички значајне разлике у дистрибуцији јарења, подељене на две сезоне (зима и пролеће), тј. сезонско јарење алпина коза у Хрватској – највећи број јарења у испитиваној популацији био је у фебруару. Аутори наводе да временски услови нису утицали на стопу преживљавања јаради.

Лактације су имале мању перзистентност код санских и алпина коза које су се јариле у пролеће, у односу на козе које су се јариле у јесен. Козе које су се јариле у фебруару достигле су пик лактације, тј. средину – 120 дана лактације, у јуну (дужи фотопериод), а оне које су се јариле у децембру (краћи фотопериод) имале су мању производњу млека. У овом истраживању месец јарења био је најважнији фактор околине који је утицао на перзистентност и производњу млека (*Arnal et al., 2018*).

Година и месец јарења статистички значајно су утицали на све испитиване параметре у популацији локалних коза, у пашном систему производње, у Тунису. Најнижа почетна производња забележена је у фебруару (дневно 280,84 g), а највиша у децембру (дневно 807,80 g). Пик производње забележен је у новембру (1,23 kg) наводе *Atoui et al. (2024)*.

2.7.2 Утицај типа јарења

Већи број јаради и каснији/виши паритети (до трећег) повезани су са већом укупном производњом млека, тј. санске козе које су имале близанце или тројке оствариле су знатно већи принос, у односу на оне које су имале једно јаре, наводе *Zamuner et al. (2020)*. Са друге стране, такве козе су имале нижи садржај млечне масти (4,15%), нижи садржај протеина (2,87%) и већи број соматских ћелија у млеку ($7,5 \times 10^5$ ћелија/mL).

Статистичку значајност утицаја типа јарења у популацији санских коза забележили су и *Ralević et al. (2021)*. Козе које су имале три јарета производеле су у просеку 798,06 kg млека по лактацији, што је било значајно више у односу на козе које су имале једно или два јарета. У истраживању *Mawussi et al. (2024)* санске козе са једним јаретом произвеле су мање млека, од оних са два јарета (дневно 1,55 l према 1,90 l).

Козе алпина и санске расе које су имале једно јаре произвеле су око 1404 kg млека у првој лактацији и око 994 kg у другој лактацији, док су козе које су имале двојке произвеле просечно 1382 kg у првој, и око 934 kg млека у другој лактацији (Mezzetti et al., 2024). Разлике у производњи млека санских и алпина коза забележили су и Tu et al. (2023). Аутори наводе да је разлика у приносу млека између првојареница и вишејареница израженија код санске расе (650 kg према 800 kg) у односу на алпина расу коза (650 kg према 700 kg).

Тип јарења алпина коза утицао је на производњу млека у истраживању које је спровео Mulc (2025), где је забележено повећање дневне производње млека у леглу у ком су била три јарета (2,92 kg у односу на јединце – 2,40 kg), као и већа укупна производња млека у лактацији.

Величина легла при првом јарењу имала је значајан утицај на принос млека код немачких млечних коза у првих 120 дана лактације – ако је било више од једног јарета, принос млека се повећао за око 26 kg (Wolber et al., 2021).

Перзистентност лактације била је већа код коза које су ојариле једно јаре, али се производња млека повећавала за 0,3 kg за свако наредно јаре. Укупна производња млека показала је разлику од 80 kg између коза које су имале јединце и близанце (Atoui et al., 2024).

2.7.3 Утицај расе (генотипа)

Различите расе коза поседује различит генетски потенцијал за производњу и састав млека. Утицај расе се, углавном, посматра кроз следеће параметре:

- количину произведеног млека – млечне расе, углавном, дају више млека од раса комбинованог или товног смера производње (нпр. санска раса се сматра најпродуктивнијом млечном расом коза на свету);
- садржај млечне масти и садржај протеина – неке расе производе мање млека, али са већим нпр. садржајем масти и протеина (нпр. козе англо-нубијске расе у односу на козе санске, или козе тогенбуршке расе дају млеко са већим садржајем суве материје);
- трајање лактације – неке расе имају дужу и стабилнију лактацију;
- перзистентност лактације – способност одржавања производње млека након пика лактације.

Циљ студије коју су спровели Shuvarikov et al. (2021) био је процена производње млека, физичко-хемијског састава и технолошких својстава млека санске, алпина и нубијске расе коза у Русији. Највећу производњу млека, у лактацији од 305 дана, оствариле су козе санске расе (око 630 kg), затим, нубијске козе (око 608 kg), и на крају козе алпина расе (око 554 kg). Највећу производњу млечне масти и протеина имале су нубијске козе (око 27 kg и око 22 kg, тим редом). Са друге стране, млеко алпина коза садржало је најмањи број соматских ћелија и највећи садржај протеина (3,72%, у односу на козе санске и нубијске расе – 3,55% и 3,61%, тим редом).

Смеђе срнасте козе произвеле су 518,38 kg млека, у лактацији која је трајала 242 дана, са садржајем масти од 3,49% и 3,23% протеина, као и 13,79 kg масти и 12,80 kg протеина (Mioč et al., 2007).

Просечна производња млека млечних раса коза у Америци износила је 1043,11 kg, са 37,10 kg масти, 30,54 kg протеина, садржајем масти од 3,87% и протеина 3,18%, у лактацији чија је дужина коригована на 305 дана (Castañeda-Bustos et al., 2014). Млечност нигеријских патуљастих коза, које се све чешће гаје за производњу млека у САД-у, била је просечно 314,05 kg, са производњом протеина од 14 kg и производњом млечне масти од око 20,94 kg (Valencia-Posadas et al., 2022).

Дугогодишња селекција успешно је повећала производне особине млечних раса коза (алпина, нубијска, санска, тогенбуршка, oberhasli и lamancha) у Америци, наводи се у

истраживању *García-Peniche et al. (2012)*. Аутори су забележили највећу производњу млека (од 1063 kg до 1125 kg за посматрани период од 30 година) и протеина (31-33 kg) код санске расе коза. Најмању производњу млека имале су нубијске козе (од 791 до 851 kg), а алпина козе су оствариле највећи пораст производње млека у посматраном периоду (7,4%). *Oberhasli* козе су имале најмању производњу масти (31-33 kg) и протеина (23-27 kg). Побољшање производње често је праћено погоршањем репродуктивних особина, због тога би програми селекције требало истовремено да вреднују и производне и репродуктивне карактеристике. Најстарије козе при првом јарењу биле су санске (509-589 дана), док су тогенбуршка и *lamancha* козе углавном биле најмлађе (435-545 дана).

2.7.4 Утицај фарме

Један од ретких научних радова који је испитивао утицај фарме, као фактора у козарској производњи, у нашој земљи, јесте рад аутора *Bogdanović et al. (2008)*. Испитивањем особина млечности 118 аутохтоних балканских коза утврђена је просечна млечност од 378 kg и просечан садржај млечне масти од 3,71%, у лактацији која је просечно трајала 256 дана. Статистички високо значајни извори варијабилности били су фарма, година лактације и дужина лактације балканских коза, док су значајни извори варирања били година рођења и редни број лактације.

Фарма, фаза лактације и интеракција ова два фактора, као и случајни ефекат животиње, имали су значајан утицај на састав млека балканских коза, са високим коефицијентом детерминације модела (до $R^2 = 0,675$) наводе *Marković et al. (2019)*.

Фиксни ефекат фарме у оквиру расе значајно је утицао на особине приноса млека коза гајених у различитим крајевима Бразила (*Lôbo et al., 2017*), док је у истраживању *Vacca et al. (2018)* фарма посматрана као случајан ефекат, који је значајно утицао на особине млечности код коза.

Утицај фарме (стада у контролном дану), поред адитивног генетског и перманентног утицаја козе, посматран је као случајан фактор и у истраживању *Andonov et al. (2007)*, и препоручен је за националну генетску евалуацију норвешких млечних коза. Дневни приноси млека коза били су 1,67 kg, са 3,88% млечне масти и 2,78% протеина, у просеку.

2.7.5 Утицај редног броја лактације

Статистички значајан утицај редног броја лактације на количину и састав млека алпина коза утврђен је у истраживању које су спровели *Memisi and Stanisic (2014)*. Забележена је већа производња млека у другој, у односу на трећу лактацију, у две посматране групе коза. Прва група коза била је у стајском систему исхране, док је друга имала испуст од априла до октобра месеца. У првој групи забележена је просечна производња млека од 337,44 kg у првој и 398,19 kg млека у другој лактацији. У другој групи вредности су биле 354,10 kg и 392,62 kg, тим редом.

И *Maksimovic et al. (2015)* бележе највећу производњу млека у другој лактацији (595,16 kg), која је трајала 222 дана, док *Ralević et al. (2021)* наводе да су санске козе у петој лактацији биле најефикасније са 809,62 kg млека, а најнижу производњу млека имале су у првој лактацији (661,37 kg).

Санске козе након трећег јарења, тј. у трећој лактацији, оствариле су највећу производњу млека у истраживању *Zamuner et al. (2020)*. Са друге стране, дужина трајања треће лактације код алпина коза била је најкраћа, и трајала је 208 дана (537,28 kg млека), а најдуже трајање лактације од 240 дана било је у групи VI+ лактација (564,68 kg млека).

Алпина козе у Хрватској имале су најдуже трајање треће лактације (око 271 дан), након чега је уследило скраћење, а последично и смањење укупне количине произведеног млека (изузетак је четврта лактација где је забележена највећа дневна производња млека од 2,76 kg) наводи *Mulc (2025)*.

Старост коза, односно редни број лактације, имао је значајан утицај на производњу млека балканских коза где су *Memisi et al. (2010)* забележили просечну производњу млека у првој лактацији од 146 kg, у другој 173,8 kg, у трећој 187,1 kg и у четвртој лактацији 202,2 kg.

Просечна производња млека балканских коза у Црној Гори била је 150,43 kg, у лактацији која је трајала 211,09 дана (*Marković et al., 2019*). Производња млека се повећавала од прве ка трећој лактацији, а веома ниска производња у првој лактацији (110,3 kg) последица је раног припуста (у старости од 9-10 месеци), наводе аутори.

Žujović et al. (2006) наводе да је дужина трајања прве лактације српске беле козе у просеку трајала 210,93 дана, а да је млечност у испитиваном периоду износила 278,71 l. Просечна дневна млечност износила је 1,32 l.

Производња млека млечних раса коза на Новом Зеланду (алпина, нубијска, санска, тогенбуршка раса, и њихови мелези) у првој лактацији износила је просечно 502,9 kg, са 16,9 kg масти и 15,1 kg протеина (*Scholtens et al., 2018*). *Jaques et al. (2023)* наводе лактацију трајања од 270 дана, и производњу млека новозеландских млечних раса коза од просечно 978 kg, са 31 kg масти, 30,9 kg протеина, 3,19% масти и 3,18% протеина.

Козе које су се млађе јариле (9-10 месеци старост при првом јарењу, 16-22 месеца при другом или 22-34 месеца при трећем јарењу) имале су мању производњу млека, али већу перзистентност лактације. Након четвртог јарења принос млека се убрзано смањивао, и лактације су постале мање перзистентне (*Arnal et al., 2018*).

У истраживању које су спровели *Atoui et al. (2024)* млађе козе (старости око 3 године) имале су већу производњу млека и раније су достигле пик лактације, док су козе старије од 3 године имале дуже трајање лактације.

2.7.6 Утицај дужине трајања лактације

Просечна дужина лактације код коза траје од 210 до 280 дана, највећи принос у лактацији се остварује између 35-60 дана трајања, а највећи принос млека у лактацији се постиже након 3-4 јарења (*Salum and Etyemez, 2023*).

Санске козе у Аустралији у четвртој или након четврте лактације имале су најкраћу дужину трајања лактације, најмањи број коза које су достигле 270 дана муже и највећи број соматских ћелија у млеку. Просечна дужина лактације у овом истраживању била је 233 дана, и за то време произведено је просечно 519 kg млека (*Zamuner et al., 2020*).

Дужина лактације санских коза варирала је од 157,63 дана за козе које су имале јединце на рођењу, до 214,41 дан код коза које су биле у трећој лактацији (*Mawussi et al., 2024*). Просечно трајање лактације локалних коза у Тунису било је 146 дана, са дневном производњом млека од 0,66 kg, а у целој лактацији козе су произвеле просечно 97,97 kg млека (*Atoui et al., 2024*).

Забележена је нижа дневна производња млека коза алпина расе на почетку лактације (2,16 kg), у односу на контролу у десетој недељи лактације (2,66 kg), а затим поново нижа у 39. недељи лактације (1,67 kg) наводе *Brito et al. (2017)*.

Amiri et al. (2023) забележили су лактационе криве две линије алпина коза – оне са већом дуговечношћу имају и већи почетни принос млека и ранији, али мање изражен врхунац лактације и већу перзистентност у производњи млека у каснијој лактацији, у односу на линију коза са смањеном дуговечношћу. У овом истраживању лактације су трајале око 280 дана, а производња млека била је око 650 l.

Boshoff et al. (2024) бавили су се моделовањем дневних приноса млека код новозеландских коза током стандардних (305 дана) и продужених (≤ 670 дана) лактација. Уз одговарајуће математичке функције могуће је прецизно описати разлике између уобичајених и продужених лактација што може бити корисно за планирање и управљање селекцијом у млечном козарству. Просечна производња млека коза у стандардној лактацији износила је око

1183 kg, са око 37 kg масти и 37 kg протеина, док је производња у продуженој лактацији износила 2473 kg, 78 kg и 79 kg, тим редом.

Продужена лактација коза алпина, санске (и укрштених) раса у Француској била је предмет истраживања *De Cremoux et al. (2024)*. Продужена лактација је дефинисана као лактација дужа од 485 дана, без јарења; скраћена лактација је била краћа од 250 дана; нормална у распону од 251 до 400 дана, а пролонгирана од 401 до 485 дана. Просечно трајање продужених лактација било је од 649 дана на почетку производње, до 782,2 дана у завршним фазама продуктивног живота. Максимално забележено трајање једне лактације било је 3555 дана.

Козе са 100% продуженом лактацијом показале су највећи садржај протеина и млечне масти (3,36% и 3,45%, тим редом) у истраживању аутора *Wolber et al. (2021)*. Немачке млечне козе које су се први пут јариле са више од 620 дана старости произвеле су значајно више млека у првих 120 дана лактације него животиње које су биле млађе од 620 дана при јарењу (+24,85 kg). Резултати указују да производња млека у првих 120 дана прве лактације могу послужити као рани индикатор укупне животне производње млека и да могу бити корисни у процени приплодне вредности коза.

Mezzetti et al. (2024) спровели су истраживање на козама алпина и санске расе у Италији. Производња млека алпина коза у првој лактацији била је 1477,3 kg код коза које нису имале период засушења пре наредног јарења, а код коза које су засушене око 56 дана пре јарења, производња је била 1241,2 kg (просечна производња у првој лактацији била је 1359,2 kg). За санске козе производња у првој лактацији била је 1481 kg и 1373,2 kg млека, тим редом (просечно 1427,1 kg млека). У другој лактацији алпина и санске козе произвеле су просечно 932,6 kg и 995,7 kg млека, тим редом. Истраживање је показало да бременитост са већим бројем јаради представља значајан физиолошки стрес за млечне козе и да се алпина и санска раса разликују у метаболичком и инфламаторном одговору током перипарталног периода. Изостављање периода засушења (континуирана лактација), уз одговарајућу исхрану и управљање, може се сматрати ефикасном стратегијом за побољшање адаптације коза у перипарталном периоду, али су потребна и додатна истраживања како би се проценили дугорочни ефекти ове праксе.

Перзистентност лактације мери колико добро животиња одржава производњу млека током лактације након почетног периода (почевши од 40-ог дана лактације), у поређењу са „просечном“ животињом на истом почетном нивоу. *RRM* процењује облик криве лактације за сваку козу, па се перзистентност изводи директно из путање криве. Коефицијент наследности за перзистентност имао је ниску вредност ($\approx 0,10$ за принос млека). Козе са високом перзистенцијом млека тежиће нижем односу масти и протеина у раној лактацији, што би могло потенцијално да буде корисно, јер је висок однос масти и протеина код говеда повезан са негативним енергетским билансом, субклиничким маститисом и лошом плодношћу. Проучавање генетске везе између перзистентности лактације и дуговечности или плодности, могло би да објасни негативну корелацију (0,15 код санске, приближно 0 код алпина расе коза) између високе производње и кондиције алпина и санских коза у Француској (*Arnal et al., 2019*).

2.7.7 Утицај перманентне околине козе

Укључивање адитивног генетског ефекта животиње и ефекта перманентне (трајне) околине козе као случајних утицаја у моделима за процену генетских параметара, наглашени су у истраживањима: *Brežnik et al., 2000; Torres-Vázquez et al., 2009; Brito et al., 2011; Siqueira et al., 2017; Megan Scholtens et al., 2020; Pizarro Inostroza et al., 2020*. Модели као што је нпр. *BLUP - Animal* модел пружају прецизнију процену приплодне вредности, јер узимају у обзир и сроднике, као и све доступне информације појединца и његових сродника.

Трајни ефекти околине не утичу на генетску вредност јединке, али утичу на њене перформансе, а самим тим и на све записе о њој. Уколико је доступно више записа, заједно са

коэффициентом наследности и поновљивошћу, утиче се на тачност процене приплодне вредности животиња (*Toghiani, 2012*).

2.7.8 Адитивни генетски утицај животиње

Ефекат животиње је кључан случајан фактор у тзв. *Animal* моделу, и омогућава раздвајање генетске варијансе од варијансе окружења, користећи информације о сродству из педигреа. Сваки сет података захтева и јединствени приступ и статистички модел који ће се користити. У истраживањима, нпр. *Andonov et al. (2007)* и *Ehsaninia et al. (2025)* модел је укључио адитивне генетске и перманентне ефекте околине млечних коза.

2.8 Досадашња истраживања дуговечности коза

Селекција заснована на дуговечности је сложена јер је прави животни век животиње познат тек на крају њеног природног живота, а одлуке о гајењу и излучењу се дешавају много раније у односу на овај период. Главни разлози за искључење коза су ниска производња и низак садржај масти у млеку. Према подацима *AnAge*, максимална забележена старост коза износила је 20,8 година (*AnAge: The Animal Ageing and Longevity Database, n.d.*).

Многобројна истраживања су показала да је дуговечност важан економски параметар који треба укључити приликом селекције млечних коза: *Scholtens et al. (2018)*; *Çavuşoğlu et al. (2021)*; *Wolber et al. (2021)*. Повећањем дуговечности смањује се број животиња за замену у стаду, као и трошкови здравствене заштите, док се повећава укупна производња млека стада услед већег броја зрелих животиња које се одликују и већом производњом млека по лактацији.

Sasaki (2013) наводи да разлози за искључење млечних крава могу бити добровољни или селекцијски (првенствено због ниске продуктивности) и недобровољни или изнуђени (због здравља и плодности). Карактеристике дуговечности укључују праву дуговечност (сви разлози за излучење, укључујући и производњу млека) и функционалну дуговечност (сви разлози за излучење, осим производње млека). Побољшања дуговечности се врше у циљу смањења стопе недобровољног излучења, а не у циљу продужетка животног века стада, наводи аутор.

Код планских излучења одгајивач доноси одлуку о излучењу грла (ниска производња, грла која су сувишна), углавном када је грло мање економично у односу на животињу која ће доћи на њено место у производњи. Код непланских излучења, могућност избора најчешће не постоји, па се из производње излучују и грла са високом производњом или потенцијалом за високу производњу. Смањењем броја непланских, повећава се могућност повећања планских излучења и повећања ефеката селекције (*Stanojević, 2017*).

Функционална дуговечност се дефинише као кориговано трајање продуктивног живота у односу на ниво производње у стаду у којем је грло производило, у току анализиране године (*Stanojević, 2017*). У поређењу са другим врстама животиња, дуговечност коза није особина чија се анализа подразумева у истраживањима.

Castañeda-Bustos et al. (2014) закључују да би селекција на особину продуктивни живот у 72 месеца (укупан број дана колико је коза остала у производњи, до навршених 72 месеца старости) повећала продуктивни живот за 102,28 дана по генерацији, а да би укључивање особине функционални продуктивни живот у 72 месеца у индексе селекције повећало очекивани генетски одговор са 0,15% на 17,35%. Одговор на селекцију за продуктивни живот може бити релативно већи код млечних коза, него код млечних крава, наводе аутори.

Стварна дуговечност се може дефинисати као број дана од рођења до тренутка када животиња напусти стадо, а функционална дуговечност као стварна дуговечност коригована за принос енергетски коригованог млека у првој лактацији (*Scholtens et al., 2018*). Аутори су утврдили значајну варијабилност у популацији млечних коза, при чему је фенотипска варијација за стварну и функционалну дуговечност износила 38-39%, док је генетска

варијација била око 10-11%, што указује на могућност генетског напретка применом селекције. Такође, већа млечност у првој лактацији повезана је са продуктивним животом, јер је сваки додатни килограм енергетски коригованог млека повећао дуговечност за приближно 0,56 дана.

У истраживању *Mulc (2025)* козе алпина расе живеће су у просеку око 70 месеци (6 година), и за то време произвеле су око 1925 kg млека, 58 kg протеина и око 64 kg млечне масти. Аутор износи закључак да су козе припуштене у првој години живота произвеле већу укупну количину млека и ојариле једно јаре више у односу на козе припуштене у другој години живота. Ово указује да се са ранијим првим припустом повећава и продуктивни живот коза.

Ithurbide et al. (2022) потврдили су у свом истраживању, на две генетске линије алпина коза у Француској, да линија коза селектованих на дужу функционалну дуговечност има смањен ризик од излучивања, односно, да је упркос ниским вредностима коефицијента наследности за ову особину, селекцијом могуће утицати на функционалну дуговечност коза. Очекивани животни век за козе које су преживеле прву годину живота био је 1498 дана за линију са већом дуговечношћу, у односу на линију са смањеном дуговечношћу где је животни век био 1097 дана.

Amiri et al. (2023) увели су краткорочне нутритивне поремећаје у циљу бољег разумевања адаптивног капацитета наведене две линије алпина коза. Козе са продуженим продуктивним животом имале су већу телесну масу коју су задржале и током бременитости, и касније током лактације. Аутори ово повећање телесне масе доводе у везу са већом дуговечношћу јер козе користе своју телесну масу као резерву која им омогућава ефикаснији одговор у неочекиваним стресним условима. Козе са смањеном дуговечношћу мобилишу телесне резерве у касној гравидности у циљу очувања репродуктивне функције и боље су прилагођене очекиваним физиолошким променама које прате јарење.

Податке у периоду од пет година, за 222 санске козе у експерименталној фарми, у циљу проучавања дуговечности јаради, прикупили су *Çavuşoğlu et al. (2021)*. Редни број јарења, односно лактације, није имао статистички значајан утицај на дуговечност јаради добијених од првојареница током овог посматрања, али јесте код коза које су се јариле више пута (највећа дуговечност јаради првојареница била је 38,25 месеци, а јаради коза које су се више пута јариле 38,65 месеци).

Просечна старост коза у Великој Британији била је око 4,7 година, просечан број дана у производњи млека био је 1122, а просечни дневни принос млека током живота износио је 1,25 kg (*Geddes et al., 2018*).

Дужина продуктивног живота немачке срнасто-смеђе и немачке беле козе била је просечно 1146,7 и 976,8 дана, а просечна производња млека (у односу на укупан број дана лактације) износила је 2,38 kg и 2,52 kg, са 3,29% и 3,32% протеина и 3,56% и 3,51% млечне масти, тим редом (*Wolber et al., 2021*).

Ziadi et al. (2023) посматрали су дужину продуктивног живота млечних флорида коза као показатељ дуговечности женских животиња. Резултати анализе преживљавања показали су да је просечан продуктивни живот флорида расе коза нижи у односу на друге млечне расе, био је око 705 дана, али са високим коефицијентом варијације (око 61%) што указује на важне фенотипске варијације.

Испаша на природним травњацима смањила је појаву и тежину болести као што је храмање (ламинитис) код коза, који настаје због повећаног кретања, као и маститис, због смањене прљавштине, чиме се утицало на повећану дуговечност коза. У односу на козе које су се држале у затвореном простору (8 година), козе које су више времена проводиле на пашњацима имале су просечан животни век од око 10 година (*Silva Salas et al., 2021*).

Најједноставнија стратегија за побољшање дуговечности вероватно би била директна селекција на ову особину, али с обзиром на ниске вредности коефицијента наследности које ова особина има и на касно утврђивање у току живота, *Arnal et al. (2026)* предлажу вишеособинску (енг. *multitrait*) генетичку евалуацију која користи информације о особинама

које се мере раније у току живота, а генетски су повезане са дуговечношћу. У студији коју су спровели, забележена је промена знака корелације између функционалне дуговечности и производње млека од раних (негативна) до каснијих јарења (позитивна корелација). Ово указује на значај проучавања зрелости животиња (енг. *maturity*), и њено укључивање као особине у одгајивачке програме, у циљу откривања варијабилности које су у вези са разликама у производњи током времена. Коефицијент наследности за особину зрелости код санских коза био је 0,12, а код алпина коза 0,14. Негативна корелација са дуговечношћу указује на могући смањени животни век коза са ниском проценом приплодне вредности за зрелост. Процена геномске приплодне вредности (енг. *GEV*) за зрелост коза санске и алпина расе на самом рођењу почела је са применом у Француској од 2026. године (Arnal et al., 2026).

Савременији приступ за предвиђање старости оваца, коза, јелена и говеда предложили су Caulton et al. (2021) и он укључује увођење тзв. епигенетских сатова који се заснивају на метилацији цитозина (CpG). Clarke et al. (2021) наводе да се селекцијом животиња са „споријим биолошким старењем“ може утицати на избор дуговечнијих животиња отпорних на стресоре, као што је промена климе. Lu et al. (2023) развили су моделе који процењују старост ткива сисара са високом тачношћу ($p > 0,96$).

Hayes et al. (2021) су на основу образаца ДНК метилације предвидели старост говеда, и то, корелација између предвиђене и стварне старости износила је 0,71, тј. просечно апсолутно одступање је било 1,4 године за животиње млађе од 3 године узраста и 1,5 година за животиње узраста од 3 до 10 година.

2.8.1 Повезаност млечности и дуговечности коза

Palhiere et al. (2018) уочили су смањење животног века испитиваних алпина и санских коза у Француској у периоду посматрања од 20 година. Просечан животни век санских коза био је 967 дана (± 695), а код алпина коза 1007 дана (± 710), односно, старост приликом излучивања била је 3,8 и 3,9 година, тим редом. Аутори су закључили да је дужина продуктивног живота наследна особина код коза и да може да се користи као индиректни показатељ за унапређење функционалне дуговечности ове врсте.

Циљ студије коју су спровели Ziadi et al. (2024) био је да се процене најважнији фактори ризика који утичу на продуктивни живот, и да се процене генетски параметри коришћењем Вејбуловог модела пропорционалних ризика код две шпанске расе млечних коза (флорида и појоја), из различитих система производње. Коефицијент наследности за расу флорида био је 0,43, за појоју 0,11, што доводи до закључка да се може очекивати значајан одговор у селекцији у погледу дуговечности, посебно код расе флорида. У сличном истраживању Ziadi et al. (2023) истакли су да козе флорида расе са високом производњом млека имају мању вероватноћу излучења од оних мање продуктивних. Такође, козе које су се први пут јариле у старијем узрасту (преко 19 месеци) имале су већи ризик од излучења, у односу на козе које су се први пут јариле између 12. и 15. месеци живота.

Ralević et al. (2021) дошли су до закључка да дуговечност има позитиван утицај на производњу санских коза у Војводини, јер су козе у петој лактацији (дужина лактације од 240 дана, 649,06 kg) давале више млека од коза у првој (иста дужина лактације, 545,82 kg млека) или другој лактацији (607,04 kg млека).

Boshoff et al. (2024) наглашавају потребу за даљим истраживањима у вези са продуженим лактацијама код коза које могу утицати на потенцијално повећање дуговечности и економску исплативост, јер смањују стопу замене у стаду и побољшавају добробит животиња (нпр. мањи број потомака, смањен ризик од маститиса, метаболичких проблема у раној лактацији и сл.).

У истраживању De Cremon et al. (2024) наводи се да употребом коза са продуженом лактацијом (дуже од 485 дана у производњи, без јарења) одгајивачи француских млечних раса могу значајно да повећају дуговечност коза (укупан број дана муже повећан је са 810 дана на

1845 дана код коза са високом продуженошћу) и кумулативни принос млека (повећање са 2242 l на 5704 l), уз одржавање просечне дневне производње (преко 3 l).

2.9 Појам и физиолошки одговор коза на топлотни стрес

Топлотни стрес код коза може се дефинисати као поремећај хомеостазе температурама околине које су веће од горње критичне температуре за животиње, што има штетне последице на њихову производњу (Lu, 1989).

Козе су хомеотермне животиње, тј. имају способност да одржавају релативно константну унутрашњу телесну температуру, без обзира на промене температуре спољашње средине и процесе варења хране. Терморегулација је физиолошки процес којим се успоставља равнотежа између стварања и губитка топлоте. Термонеутрална зона представља опсег температура у којој животиње не троше додатну енергију за одржавање телесне температуре и када животиње могу да остваре максимални производни и генетски потенцијал. Изван граница доњих и горњих критичних температура активирају се механизми терморегулације, тј. прилагођавања на топлотни или хладни стрес (Lima et al., 2022).

Термална пластичност представља степен до ког се животиње могу аклиматизовати на термалне услове околине, и на њу утичу старост, величина тела, болест, степен топлотне изолације и ниво производње (Collier et al., 2019).

Неравнотежа између метаболичке производње топлоте унутар тела коза и њеног расипања у околину доводи до појаве топлотног стреса код коза. Иако су у већој мери отпорније на овај стрес, у односу на друге врсте животиња, козе трпе последице топлотног стреса када се нађу изван своје зоне удобности. Како би лакше превазишле овај стрес, козе траже хлад, учестало мокре и дефецирају, повећавају пулс и брзину дисања, смањују унос хране. Хормони надбубрежне и штитне жлезде имају значајну улогу у терморегулацији и сматрају се поузданим индикаторима метаболичке адаптације током топлотног стреса. Такође, повећање температуре околине значајно утиче на производне перформансе коза, а њихов одговор варира у зависности од расе. Предложене су три категорије за ублажавање стреса: физичке модификације окружења, управљање исхраном и генетски развој термотолерантнијих раса (Gupta and Mondal, 2021).

Зона термалне удобности за већину животиња је између 4°C и 25°C, а оптимални климатски услови за козе били би следећи: температура ваздуха од 13°C до 20°C, брзина ветра од 5 до 18 km/h и релативна влажност од 55% до 65%, са умереним нивоом сунчеве светлости (Habeeb et al., 2018).

Планирање адаптације на националном нивоу у Републици Србији започето је ангажовањем научника из различитих области, који су идентификовали ризике од климатских промена за сваку врсту пољопривредне производње (за сточарство фокус је био на ливадама и пашњацима и топлотном стресу за животиње), наводи се у Vuković Vimić et al. (2025).

За потребе сточарске производње предлаже се израда рејонизације Републике Србије са проценама ризика од директних (нпр. топлотни стрес животиња) и индиректних (недостатак воде за пиће, хране, стање ливада и пашњака) утицаја климатских промена (Ministarstvo zaštite životne sredine, Republika Srbija, 2024). Ово подразумева обезбеђивање климатски ефикасних објеката за држање животиња и селекцију врста и раса са већом отпорности на очекујуће неповољне услове.

2.9.1 Температурно-хумидни индекс као показатељ топлотног стреса

Температурно-хумидни индекс (ТХИ) помаже у процени нивоа топлотног стреса и његових ефеката на производњу и добробит животиња. Модел за израчунавање ТХИ првенствено је био развијен за говеда, али су бројне студије прилагодили његове вредности за козе, узимајући у обзир разлике у физиологији и адаптацији на топлотни стрес.

Модел и класе ТХИ који ће се користити у неком истраживању зависе од експерименталних услова (нпр. годишње доба), климатског региона (нпр. умерена клима у односу на тропске области), физиолошког капацитета (нпр. раса, ниво производње) или начина држања (у штали, на испаша) наводи *Wang et al. (2018)*.

Истраживање климатских промена у сточарству и стратегије ублажавања теме су многих научних радова последњих четрдесетак година. Један од првих систематских покушаја да се квантитативно процени утицај климатских фактора на репродукцију холштајн крава био је 1974. године (*Ingraham et al., 1974*). Аутори су испитивали утицај температуре и влажности ваздуха (употреба ТХИ као индикатора ризика за смањену плодност) на степен оплодње након осемењавања. Утврдили су да се степен оплодње нагло смањује када ТХИ пређе вредност од 72.

Утицај топлотног стреса на производњу млека крава у Републици Србији била је и тема дисертације аутора *Mićića (2023)*. Холштајн фризијска раса показала је најмању отпорност и највећу млечност, најотпорнија је била браон свис, а затим, сименталска и црвена холштајн раса говеда. Аутор наводи да су најотпорније биле првотелке током прве лактације, а најосетљивије краве у трећој лактацији, када је остварен и највиши принос млека. Просечна вредност ТХИ за топли период посматрања (мај-септембар) износила је $73,38 \pm 5,83$, а за хладни период посматрања (октобар-април) износила је $55,52 \pm 7,58$.

Gligović et al. (2022) наводе просечне вредности ТХИ у објектима за држање крава, за јун, јул и август (75,3; 77,4; 77,3, тим редом). Највиша забележена вредност ТХИ у посматраном периоду била је у јулу (79,29) и ове високе вредности су, углавном, биле на фармама средњег капацитета (од 21 до 50 животиња).

Раније истраживање у Војводини показало је присуство топлотног стреса од маја до августа (ТХИ= 72,7 у мају, највећа вредност у јулу – 77,5), а у августу је забележена најмања производња млека крава (*Cincović et al., 2017*). На сличној локацији *Majkić et al. (2025)* забележили су ТХИ= 58 - 69 у термонеутралном периоду, и ТХИ= 70 - 82 током стресног периода за холштајн-фризијске краве. *Miletić et al. (2024)* забележили су минималне и максималне вредности ТХИ током јула месеца на фарми холштајн-фризијских крава у околини Крушевца (ТХИ= 69,38 - 84,83), и негативан утицај на конзумирање хране и производњу и састав млека. Слична истраживања, до сада, нису спроведена у производњи козјег млека у Републици Србији.

Нека од најранијих истраживања у козарству наводе температуру од 35°C до 40°C као границу толеранције на топлоту код нубијских коза, а прагови толеранције на хладноћу нису достигнути чак ни када је температура окружења била снижена на 0°C током 288 сати (*Appleman and Delouche, 1958*). Ово је једна од првих доступних студија која се бавила физиологијом, биохемијом и понашањем коза услед промене температуре околине.

Неки од првих експерименталних доказа негативног утицаја високих температура на производњу млека санских коза у Јапану, на основу прегледане доступне литературе, објавили су *Sano et al. (1985)*. Аутори су забележили смањене приноса млека од 3% до 13% током умереног (30°C) и јаког (35°C) излагања топлоти. Након њих, *Brown et al. (1988)* испитали су утицај различитих температура околине на млечност нубијских и алпина коза, док је од почетка 21. века у истраживањима код коза све чешћа примена ТХИ као најзаступљенијег показатеља топлотног стреса.

Како топлотни стрес утиче на физиологију, понашање, продуктивност и општу добробит домаћих преживара, одговор животиња и последице по њихово здравље биле су предмет посматрања у раду *Silanikove (2000)*. Аутор истиче најважније „окидаче“ који доводе до топлотног стреса животиња (висока температура ваздуха, висока релативна влажност ваздуха, директна и индиректна сунчева радијација), физиолошке одговоре на наведене утицаје (убрзано дисање, појачано знојење, повећана телесна температура, промена циркулације и метаболизма), промене у понашању (смањена исхрана, повећан унос воде, тражење хлада). Наводи се да дуготрајан или интензиван топлотни стрес доводи до смањеног

приноса млека, проблема у репродукцији и повећаног ризика од обољења, са акцентом на добробит животиња, као и да осетљивост варира између врста (нпр. високопродуктивна говеда су осетљивија од оваца и коза), али да разлике постоје и унутар врста (нпр. локалне расе).

Silanikove and Koluman (2015) указују да ће климатске промене довести до пораста броја дана са вредностима ТХИ изнад прага термалног комфора (>68), што ће утицати на производњу млека крава у умереним зонама (нпр. Немачка, северна Италија, САД). Очекује се смањење доступности и квалитета хране за животиње због промена у биљној производњи. У таквим условима, козе се издвајају као врста са већом физиолошком отпорношћу на топлотни стрес, мањим захтевима за водом и храном и способношћу да одрже производњу у сушним и топлим подручјима. Аутори наглашавају потребу за селекцијом и унапређењем локалних, термотолерантнијих раса, и развој козарства као једне од кључних стратегија адаптације млечне индустрије на климатске промене.

Топлотни стрес изазива промене у метаболичким функцијама, експресији гена, инфламаторном статусу и продуктивности код млечних коза, а одговор се разликује од расе, фазе лактације и физиолошког статуса (*Salama et al., 2014*). Да климатске промене негативно утичу на продуктивност коза, кроз смањену доступност висококвалитетне хране, али и повећану учесталост болести које су у вези са променљивим временским обрасцима, у свом раду бележе и *Mugoti et al. (2025)*.

Ben Moula et al. (2024) акценат стављају на негативан утицај климатских промена на здравље, плодност и продуктивност, као и на квалитет млека и меса коза. Наводе да се ови утицаји могу ублажити бољом исхраном, бољим управљањем пашњака и коришћењем отпорнијих раса коза. Кључ успеха, наводе аутори, лежи у сарадњи одгајивача, научника и доносилаца одлука.

Студија коју су спровели *El-Sherbiny et al. (2023)* имала је за циљ испитивање утицаја топлотног стреса на репродуктивне функције јарчева балади расе, према боји длаке, током лета (ТХИ= 88,4 – 92,2), у току трајања циклуса сперматогенезе (47 дана). Истраживање је показало да боја длаке делује као фенотипски маркер термотолеранције. Јарчеви са потпуно црном или смеђом длаком подложнији су дисфункцији тестиса, док су јарчеви светлије длаке, посебно са 50% беле површине, одржавали стабилан проток крви у тестисима, хормонску равнотежу, антиоксидативну одбрану и квалитет сперме, чак и при ТХИ вишим од 88.

Parsad et al. (2025) истичу потенцијал епигенетских маркера и селекционих потписа у развоју раса коза отпорних на промену климе уз помоћ маркера и уређивања генома. Упркос изазовима, као што су, висока цена геномских технологија и повезивање геномских података са мерљивим особинама, ове технологије се континуирано усавршавају и обећавају откривање и стварање раса коза отпорнијих на климатске промене.

Peng et al. (2025) су прикупили податке о ресеквенцирању целог генома 34 млечне козе и 24 безоар козе, у циљу истраживања селекционих потписа повезаних са особинама производње млека. Анализом пет тестова открили су укупно 210 гена, од којих су неки повезани и са репродукцијом, имунолошким одговором и адаптацијом на животну средину.

Lu et al. (2025) дају преглед генетских и молекуларних механизма који леже у основи адаптације коза на топлоту, хладноћу и хипоксију на великим надморским висинама. Аутори описују какву улогу у терморегулацији и отпорности на стрес имају специфични адаптивни гени (*HSP70*, *ACTHR*, *EPAS1*, *SLC2A1*, *FGF12* и *UCP1*). Такође, истражују и регулаторне ефекте епигенетских механизма (метилација ДНК, модификација хистона и некодирајуће РНК), и закључују да у будућности фокус треба усмерити на интеграцију мулти-омичких података у циљу откривања сложених молекуларних механизма који су укључени у адаптацију коза.

Податке секвенцирања целог генома (енг. *WGS – Whole-Genome Sequencing*) 140 коза, укључујући аутохтоне расе из Азије, Африке, али и комерцијалне расе из Европе (алпина, санска и тогенбуршка раса), у циљу идентификовања потенцијалних кандидата за гене укључене у адаптацију на сурове услове околине и на особине млека, у свом извештају

представили су *Amiri Ghanatsaman et al. (2023)*. Најзначајнији ген повезан са особинама производње млека код коза био је *VPS13C* на хромозому 10, али, идентификовани су и гени *NCAM2*, *TMPRSS15*, *CSN3* и *ABCG2*; за особине имуног одговора гени *IL7*, *IL5*, *IL23A* и *LRFN5*; кандидатски гени повезани са адаптацијом на топлу климу – *HSPB6*, *HSF4*, *VPS13A* и *NBEA*.

Yamani and Koluman (2019) показали су негативну корелацију ћелијског терморегулаторног одговора (повећана активација *HSP60* и *HSP70*) са лактацијом код алпина и санских коза у Турској. Највећа вредност ТХИ забележена је у поподневним сатима (82,65), када су козе биле изложене јаком топлотном стресу. Резултати су показали да је експресија протеина топлотног шока (енг. *HSP – Heat Shock Protein*) код алпина коза значајно већа, него код санских (вероватно због морфолошких карактеристика и карактеристика длаке). Дневни принос млека био је значајно већи код санских у односу на алпина козе (1,6 l и 0,9 l).

Ohran et al. (2025) указали су на термичку адаптацију аутохтоних оваца херцеговачког соја (путем механизма ћелијске заштите посредством *HSP*) у односу на дубски сој, приликом истраживања образаца експресије осам гена повезаних са топлотним стресом оваца у Босни и Херцеговини. Оба соја су показала повољне имунолошке и оксидативне стресне одговоре, а аутори су указали на потенцијал ових сојева који може бити искоришћен за генетско побољшање продуктивнијих, али мање отпорних раса оваца. Вредност ТХИ у летњим месецима износио је максимално 22,22, и није регистровано присуство топлотног стреса, док је током зимског периода забележено присуство хладног стреса на свим испитиваним локалитетима.

Идентификација потенцијалног утицаја климатских промена, у виду топлотног стреса, на производњу млечних коза, једна је од тема и ове дисертације.

2.9.2 Температурно-хумидни индекс код коза – осетљивост раса и утицај на млечност

Употреба ТХИ, као индикатора топлотног стреса, у козарству Републике Србије није уобичајена и широко распрострањена пракса. Једини до сада пронађени научни истраживачки рад који се делимично бави овом тематиком било је истраживање *Kljajevic et al. (2018)*. У раду су приказане сезонске физичко-хемијске варијације млека санских коза под утицајем климатских услова у периоду од четири године. ТХИ је израчунат према формули коју је предложио *Kibler (1964)*. Најниже вредности индекса забележене су у децембру месецу (36,54), а највише у јулу (70,21). Аутори су претпоставили да се топлотни стрес код коза јавља при нижим вредностима ТХИ у односу на краве, што је у овом истраживању била вредност од око 67, јер су у том периоду забележене најниже просечне вредности параметара које су пратили. На основу резултата наведеног истраживања, аутори су претпоставили да су санске козе веома подложне утицају неповољних климатских услова у летњем периоду године.

Silanikove and Koluman (2015) извршили су поређење између коза и крава, тј. направили су категорије ризика од топлотног стреса: вредности ТХИ ниже од 80 за козе, а за краве ниже од 74 немају утицај на производњу млека; ТХИ од 80 до 85 за козе, и од 74 до 79 за краве посматра се као упозорење; ТХИ од 85 до 90 за козе, и од 74 до 84 за краве класификује се као опасност и озбиљно утиче на производњу млека, док вредност ТХИ изнад 90 за козе, и изнад 84 за млечне краве означава се као екстреман и може довести до смрти животиња. На основу изнетог, доноси се закључак да су козе много боље прилагођене и отпорније на топлотни стрес од крава, а самим тим биће и мање погођене климатским променама. Аутори претпостављају да ће козе моћи да одрже бољу репродукцију и да ће се лакше одупрети болестима под условима топлотног стреса у односу на краве.

У условима полутропске медитеранске климе у Турској, уочено је значајано смањење дневног приноса млека санских коза током месеци са високим температурама. Смањење производње посебно је било изражено у групи младих и старијих коза (просечна старост око 1,5 године и око 5,5 година, тим редом), док је група коза средње старости била најотпорнија (око 3,5 године). Аутори су навели да је смањен принос млека повезан са хормонима штитне

жлезде који убрзавају метаболичке процесе повећавањем активности ензима. Такође, забележено је и статистички значајно повећање ректалне температуре, повећање пулса и респираторне фреквенције (само у групи средњих година) наводе *Akkaya et al. (2024)*.

Hranat et al. (2024) фокусирали су се на индикаторе понашања (кретање, одмор, преживање, конзумирање хране, приступ храњењу, мокрење) алпина и санских коза у Кијеву, мерене на различитим нивоима ТХИ. Студија је указала на критичну зону понашања при вредности ТХИ од 76 до 81, где је кретање смањено, преживање престало а учесталост одмора је нагло порасла. При вредности ТХИ изнад 75 козе су учестало прилазиле храни, али је нису конзумирале, што је био знак термалне нелагодности. Индикатори понашања раније и поузданије реагују на топлотни стрес, него унос хране, што је и практична порука истраживања. Анализа је показала да су санске козе константно биле осетљивије на температуру, у односу на алпина козе.

Негативне и значајне корелације између температуре околине и параметара плодности код санских коза, и позитивне и значајне корелације код укрштених локалних маради коза са санским козама утврдили су *Adjassin et al. (2022)*. Параметри плодности осетљивији су на влажност, него на температуру околине, а укрштене козе имале су значајно вишу стопу зачећа и плодности у односу на чисту санску расу (92,09% и 156,54%; 67,16% и 149,41%, тим редом). Вредности ТХИ у овој студији показале су да су козе обе расе биле изложене умереним ($74,68 \leq \text{ТХИ} \leq 77,05$) и екстремним ($78,14 \leq \text{ТХИ} \leq 81,74$) условима стреса у субхумидној тропској клими Бенина, и да ниво топлотног стреса зависи од расе.

Ivanova and Hristev (2023) забележили су високе температуре унутар објекта и ван објекта за држање бугарских белих коза (36°C и 37,6°C, тим редом), као и вредности ТХИ током летњих месеци које доводе до екстремног топлотног стреса (28,6). Класификација ТХИ и формула за израчунавање је преузета из радова *Marai et al. (2001)* и *Marai et al. (2007)*. Вредности ТХИ су класификоване као: $<22,2$ = одсуство топлотног стреса; од 22,2 до $<23,3$ = умерен топлотни стрес; од 23,3 до $<25,6$ = јак топлотни стрес и 25,6 и више = екстремно јак топлотни стрес. Према истој класификацији, забележен је екстреман топлотни стрес код коза у Бангладешу, где је вредност ТХИ износила 28,17 (*Alam et al., 2011*).

Висока влажност ваздуха имала је мали утицај на производњу млека локалних раса коза у Кини, али особине производње млека имале су значајне негативне корелације са високим температурама у јулу и августу. Када се температура повећала на скоро 30°C, дневни принос млека био је најнижи (око 1,2 kg), као и садржај масти и протеина (3,0% и 3,2%). Примећено је смањење дневног приноса млека до 16% (дневно око 0,23 kg по грлу) наводи се у раду *Zhu et al. (2020)*.

Zhou et al. (2023) проучавали су ТХИ за козе под топлотним стресом у комори за контролу утицаја из животне средине. Експеримент је урађен на осам коза старости 18 месеци (које нису биле гравидне и нису биле у лактацији), подељене у две групе, са четири различите температуре и четири нивоа влажности ваздуха, током пет дана. Утврдили су да вредности од 74,80 до 76,51 представљају праг удобности за козе, а да је ТХИ од 85,24 граница за козе да ублаже топлотни стрес саморегулацијом.

Прагови комфора за хладноћу, за просечну дневну температуру, за козе и овце били су 8°C и 11°C, и за топлоту 22°C и 20°C. Козе су имале шире зоне комфора, али климатски ефекти на принос млека били су мање изражени код манчега оваца, у односу на флорида козе. Животиње са високим приносом имале су веће губитке повезане са термичким оптерећењем, него оне са ниским приносом (*Serradilla et al., 2016*).

Hamzaoui et al. (2013) забележили су већу ректалну температуру, брзину дисања, унос и испаравање воде код *murciano-granadina* млечних коза које су биле изложене топлотном стресу (ТХИ = 77).

У дисертацији *Coloma Garcia (2019)* забележени су следећи резултати за *murciano-granadina* млечне козе: топлотни стрес током раног периода бременитости повећава ректалну температуру и брзину дисања, а смањује унос хране за 15%. Код коза изложених топлотном

стресу у периоду парења до 45. дана бременитости скраћује се трајање бременитости за 3 дана. Козе чешће леже, храњење, истраживање и нега се смањују. Такође, утврђено је да су козе осетљиве и на ниске температуре околине (од -3°C до 6°C , ТХИ= 44), јер им се смањило принос млека током треће недеље експеримента (12%), а резерве телесних масти су мобилисане у циљу производње додатне топлоте. У току бременитости треба избегавати стрес (топли или хладни), јер утиче на постнатално понашање коза, чиме би се могла смањити и продукција млека у будућности.

Yusuff et al. (2024) наводе да млечне западно афричке патуљасте козе оптимално функционишу при привременој температури од $17,5^{\circ}\text{C}$ до $33,8^{\circ}\text{C}$, релативној влажности ваздуха од 70% до 99% и вредности ТХИ између 75,6 и 85,6 (средња вредност). Највећа производња и густина млека забележена је управо при средњим вредностима ТХИ.

Експериментални период у истраживању *Abdel-Samee (1996)* био је подељен на две сезоне: пролеће (ТХИ= 59 – 72) и лето (ТХИ= 76 – 89) у Египту. Дневни прираст телесне масе и чврстих материја био је значајно смањен у лето, у поређењу са пролећем. ТХИ је варирао од 98,8 до 109,3, и локалне расе коза у Египту биле су изложене јаком топлотном стресу (*Aboul-Naga et al., 2025*). ТХИ је израчунат на основу модификоване формуле коју је предложио *Thom (1959)*, приказане у раду *Nienaber and Hahn (2007)*. Класе ТХИ биле су: нормално стање, ≤ 74 ; упозорење, 75-78; опасност, 79-83 и ванредно стање, веће или једнако 84.

Srivastava et al. (2021) су идентификовали одговарајуће ТХИ моделе и прагове ТХИ за козе расе *jamunapari* и *barbari* у полусушним регионима Индије. Утврдили су да ТХИ модел који је предложио *National Research Council (1971)* и *Mader et al. (2006)* најбоље описују стање, и да је брзина пулса најосетљивији физиолошки параметар који се први мења након почетка топлотног стреса. Умерени стрес код *jamunapari* расе коза идентификован је при вредности ТХИ од 72 до 75, док је код *barbari* расе забележен тек при вредности ТХИ од 79 до 84. Екстремни стрес је забележен при ТХИ изнад 85,94 за козе *jamunapari* расе, док су козе *barbari* расе биле отпорније.

Топлотни стрес је утицао на физиолошке, бихевиоралне и биохемијске параметре малабари расе, атапади црне расе и укрштених раса коза у Индији. Козе су биле под стресом при највишим вредностима ТХИ од 89,65 (14 h), а најнижи дневни ТХИ од 75,69 био је у јутарњим часовима (7 h). Повећање брзине дисања и ректалне температуре били су први знаци топлотног стреса, и аутори су препоручили примену мера ублажавања од јутарњих часова до поподневних у испитиваним условима (9-17 h). Разлике у температури коже малабари, укрштених и црних атапади коза ($+0,86^{\circ}\text{C}$, $+0,92^{\circ}\text{C}$ и $+0,66^{\circ}\text{C}$, тим редом) аутори су довели у везу са бојом коже ових коза (*Yamin et al., 2022*).

И *Gopikrishnan et al. (2025)* утврдили су да козе малабари расе у Индији пролазе кроз физиолошке, хематолошке и молекуларне промене као одговор на топлотни стрес при вредности ТХИ од 77,50.

За козе *kacang* расе у Индонезији вредности ТХИ указале су на благ стрес у јутарњим, и умерени стрес у подневним и поподневним часовима. Вредности су биле у опсегу за ову врсту (78,65, 85,02 и 84,91, тим редом), па су аутори закључили да се ради о потенцијалној адаптацији на тропско окружење (*Salim et al., 2026*).

Ferreira et al. (2026) упозоравају да ће климатске промене имати значајан утицај на живину и свиње (вредност ТХИ од 84), на основу пројекције топлотног стреса до 2080. године у Бразилу. Чак ће се и козе и товна говеда у Бразилу (зебу- нелоре, брахман и гир, прилагођени на тропске услове), са израженом фенотипском пластичношћу (нису промениле брзину дисања при вишим температурама), суочити са екстремним вредностима стреса (ТХИ= 89) и до 244 дана у току године.

2.9.3 Мере ублажавања негативних ефеката топлотног стреса

Danso et al. (2024) дају преглед и предлажу стратегије за ублажавање топлотног стреса код коза. Наглашавају да су, упркос урођеној отпорности коза на врућине, њихова продуктивност и репродуктивне перформансе под утицајем високих температура околине. Ефикасни начини за ублажавање топлотног стреса, наводе аутори, укључују побољшање физиолошке отпорности коза, модификовање њиховог смештаја ради оптимизације и регулације температуре, обезбеђивање хлада, прилагођавање исхране и примену техника генетског инжењерства за развој раса отпорних на топлоту.

Darcan and Güney (2008) испитивали су мере ублажавања топлотног стреса код млечних коза у условима медитеранске климе. Мерени су физиолошки параметри (ректална температура, температура тела, пулс и број удисаја), производња млека и конзумација хране и воде. Резултати су показали да примена вентилације и прскање водом у најтоплијем делу дана може повећати производњу млека за 21% и смањити ректалну температуру и број удисаја у односу на контролну групу у којој није било примене ових метода.

У истраживању *Ali et al. (2024)* примећен је повишен ниво терморегулационог одговора код коза три и шест сати након излагања топлоти, али и да након 24 сата, на основу смањења температуре појединих делова тела и брзине дисања, долази до делимичне адаптације на услове топлотног стреса. Исти аутори наводе да су козе при повишеним вредностима ТХИ повећале унос и задржавање воде, да су дуже времена проводиле у лежећем положају, и да су у овом положају дуже преживале, што је довело до веће сварљивости суве материје.

Са друге стране, у истраживању које су спровели *Yamin et al. (2022)*, код све три испитиване расе коза, забележено је значајно повећање времена стајања приликом високих вредности ТХИ, као и појава дахтања (повећање брзине дисања) као вида повећаног респираторног испаравања у циљу хлађења тела.

Atli and Senturk (2026) наглашавају потребу за стратегијама ублажавања топлоте које су специфичне за узраст коза у производним системима. У свом истраживању на санским козама, дошли су до закључка да су козе средње старости (3-4 године) са високом производњом млека угрожене у периоду од маја до августа месеца у условима медитеранске климе, да се код њих може утицати на смањење стреса коришћењем вентилатора, хладовине, или система за маглу, и да је потребно прилагодити исхрану. За разлику од њих, младе козе (старости 1-2 године) се више „ослањају“ на ћелијску одбрану од топлотног стреса.

Као одговор на изазове климатских промена *Carabaño et al. (2019)* приказују могућност селекције животиња отпорнијих на топлотни стрес. Аутори наводе да је потребно унапредити фенотипизацију, односно, пронаћи јефтиније и прецизније начине за мерење отпорности на топлоту у сталним условима фарме. Истичу да постоји значајна генетска варијабилност у реакцији на високе температуре, због чега је могућа и селекција за ову особину, али да постоји и антагонизам између високе производње и отпорности на топлоту. Увођење геномских и „omics“ података може донети напредак, али нису широко укључени у селекционе програме због сложености и трошкова извођења.

Celozzi et al. (2025) проценили су квалитет ваздуха на фармама алпина коза у Италији употребом јефтиних и једноставних уређаја за праћење квалитета ваздуха и услова животне средине у шталама (сензор познат као *Internet of Things (IoT)*). Овим је омогућено континуирано и неинвазивно праћење услова, у реалном времену, и показано је да паметна пољопривредна технологија може да помогне одгајивачима у циљу побољшања неге и комфора животиња. Процењене вредности ТХИ у летњем периоду износиле су 71, док су у зимском периоду забележили вредност ТХИ од 34,3 што је указало на могући хладни стрес за испитиване козе.

Физиолошке и бихевиоралне реакције италијанских алпина коза путем инфрацрвене термографије (ИРТ) забележили су *Zappaterra et al. (2026)*. Површинска температура се

повећала са повећањем ТХИ, посебно у пределу пака, слабина и бокова. Такође, козе су дуже лежале на грудној кости, тражиле хлад, мање конзумирале храну и биле неактивне. Вредност ТХИ у јутарњим сатима била је $69,5 \pm 5,3$, док је у вечерњим сатима износила $80,3 \pm 3,0$.

Систематски преглед је показао да фенотипска пластичност има кључну улогу у прилагођавању млечних раса коза различитим условима средине, при чему су козе санске и алпина расе успешније у умереним климатским условима, а аутохтоне расе коза отпорније на топлотни стрес и ограничене ресурсе. Климатски услови, исхрана и начин управљања значајно утичу на производњу млека, репродуктивне особине и раст, због чега је неопходно спроводити селекцију отпорних генотипова и прилагођавати избор раса специфичним агроколошким условима (*Mashamaite and Tada, 2025*).

3 МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

3.1 Опште карактеристике сетова података

Истраживање је спроведено на 791 грлу санске и алпина расе (709 коза санске расе и 82 козе алпина расе), које су биле рођене у периоду од 2008. до 2022. године, тј. први пут су се јариле у периоду од јануара 2009. до краја марта 2023. године. За наведени период козе су оствариле 2454 лактације, просечна млечност износила је 682 kg, а просечна дужина лактације била је 284 дана. Грла су производила на четири фарме које се налазе на територији Аутономне Покрајине Војводине. Почетни сет података, који је садржао информације о пореклу и производним резултатима животиња, прикупили су и уступили основне одгајивачке организације на чијој територији су козе производиле. Сет података је преузет у јануару 2024. године.

Из полазног сета података искључена су сва грла која нису имала познат датум рођења, датум јарења, познате родитеље, производне резултате, нелогичне датуме, грла која су имала трајање лактације дуже од 650 дана, а све у циљу повећања тачности процене генетских параметара.

Контрола млечности коза подразумева прикупљање података о количини произведеног млека, који заједно са подацима о пореклу, представљају основу за процену приплодне вредности грла и спровођење мера селекције у складу са одгајивачким програмом. У Републици Србији предвиђена је примена АТ4 методе контроле млечности, уз одговарајућу математичку корекцију резултата у складу са референтном А4 методом коју прописује ICAR (енг. *International Committee for Animal Recording*). Да би лактација била призната, неопходно је да траје најмање 100 дана и да су обављене најмање три контроле. Подаци из контроле млечности коза, неопходни за ово истраживање, уступљени су од акредитоване Лабораторије за испитивање квалитета млека Департмана за сточарство, Пољопривредног факултета Универзитета у Новом Саду, и садржали су записе за 2041 контролу за све испитиване фарме.

Мужа се на свим фармама обављала машински, два пута у току дана (ујутру и увече), у просечном интервалу од 12 часова.

На основу претходно описаних сетова података, спроведене су анализе следећих особина млечности:

- принос млека у лактацији (ПМ), kg
- принос млечне масти у лактацији (ПММ), kg
- принос протеина у лактацији (ПП), kg
- садржај млечне масти у лактацији (СММ), %
- садржај протеина у лактацији (СП), %
- принос млека контролног дана (ПМКД), kg
- садржај млечне масти контролног дана (СММКД), %
- садржај протеина контролног дана (СПКД), %
- трајање лактације (ТРЛ) – број дана од јарења до засушења.

Истраживањем су обухваћене функционалне особине – посматране кроз показатеље дуговечности:

- трајање продуктивног живота (ТРПЖ), дан
- животна производња млека (ЖПМ), kg
- број остварених лактација (БРЛ).

3.2 Анализа особина млечности на нивоу целе лактације

Анализа особина млечности на нивоу целе лактације (ПМ, ПММ, ПП, СММ и СП) обухватила је испитивање фенотипских и генетских извора варијабилности са циљем утврђивања фактора који значајно утичу на испољавање производних особина коза. Поред тога, извршена је процена компоненти варијансе, генетских параметара – коефицијента наследности и корелација између анализираних особина применом *Animal* модела и *REML* методе.

3.2.1 Статистички модел и извори фенотипске и генотипске варијабилности особина млечности на нивоу целе лактације

Утврђивање значајности фиксних утицаја на принос млека у лактацији, принос млечне масти и протеина и садржај млечне масти и протеина у лактацији извршено је применом *GLM* процедуре (енг. *General Linear Model*) програмског пакета *SAS 9.4* (*SAS Institute in Cary, North Carolina, 2011*). Одабир фиксних утицаја који су укључени у модел за процену компоненти варијансе урађен је поступком „корак по корак“, узимајући у обзир статистичку значајност свих укључених утицаја. Случајни утицај перманентне околине козе посматран је за све лактације, појединачно за сваку животињу. Адитивни генетски утицај третиран је као случајни ефекат и процењен је појединачно за сваку животињу, уз коришћење података о сродству из педиграа.

Негенетски утицаји на принос млека у лактацији, према изворима варирања, утврђени су применом *GLM* процедуре за израчунавање *LSM* (енг. *Least-Square Means*) вредности у оквиру програмског пакета *SAS*.

За процену генетских параметара особина млечности током целе лактације формиран је линеарни мешовити модел који је обухватио следеће фиксне утицаје: сезона јарења (посматрана као интеракција године и месеца почетка лактације), тип јарења, раса, фарма и редни број лактације. Дужина трајања лактације укључена је као регресијски утицај, док су перманентна околина козе и адитивни генетски утицај животиње третиран као случајни утицаји. Процена адитивног генетског утицаја извршена је применом *Animal* модела, при чему је за дефинисање сродничких односа коришћена матрица сродства формирана на основу података из педиграа.

Сви утицаји укључени у модел за испитивање испољености, варијабилности и генетског вредновања особина млечности показали су статистички врло високо значајан утицај ($p < 0,001$), осим утицаја расе ($p > 0,05$). Утицај расе задржан је у моделу, без обзира на изостанак статистичке значајности, јер представља систематски извор варијабилности који може бити повезан са генетском структуром популације. Укључивањем утицаја расе у модел омогућена је прецизнија процена осталих утицаја, и смањена је могућност пристрасности у процени компоненти варијансе и приплодних вредности.

У наставку ће бити објашњен начин формирања и укључивања наведених утицаја у модел испитивања.

За процену компоненти варијансе коришћен је софтвер *VCE-6* (*Groeneveld et al., 2010*). Кодирање података урађено је помоћу *PEST* програма (*Groeneveld et al., 1990*).

Процена коефицијента наследности испитиваних особина урађена је применом следећег линеарно - мешовитог модела:

$$y_{ijklmnop} = GxM_i + T_j + G_k + F_l + RB_m + b_1(x_{ijklmnop} - \bar{x}) + p_{ijklmnop} + a_{ijklmnop} + e_{ijklmnop}$$

где је:

$G \times M_i$ – фиксни утицај интеракције године и месеца почетка лактације ($i = 1, 2 \dots 85$)

T_j – фиксни утицај типа јарења ($j = 1, 2, 3, 4$)

G_k – фиксни утицај генотипа ($k = 1, 2$)

F_l – фиксни утицај фарме ($l = 1, 2, 3, 4$)

RB_m – фиксни утицај редног броја лактације ($m = 1, 2 \dots 9$)

$b_1(x_{ijklmnop} - \bar{x})$ – линеарно регресијски утицај трајања лактације

$p_{ijklmnop}$ – случајни утицај перманентне околине козе који пружа својим узастопним лактацијама

$a_{ijklmnop}$ – директан адитивни генетски утицај животиње

$e_{ijklmnop}$ – остатак.

3.2.1.1 Утицај интеракције године и месеца почетка лактације

Уважавајући климатске и организационо-производне параметре, једна календарска година првобитно је подељена на четири сезоне:

- зима: децембар, јануар и фебруар
- пролеће: март, април и мај
- лето: јун, јул и август
- јесен: септембар, октобар и новембар.

Наведени начин посматрања није испољио статистички значајан утицај на посматране особине, па је утицај сезоне јарења посматран као интеракција године и месеца почетка лактације ($p < 0,001$). На тај начин су обухваћене временске промене у условима држања, исхране и климатским факторима током периода испитивања. Комбинацијом године и месеца почетка лактације формирано је укупно 85 класа, које су коришћене као фиксни утицај у статистичком моделу.

3.2.1.2 Утицај типа јарења

Производња млека је физиолошки повезана са хормонским стимулацијама након јарења, односно, потребама за исхрану потомства. Углавном козе које приликом јарења ојаре више од једног јарета, имају и виши ниво млечности услед јаче лактогене стимулације. Због тога се овај фактор посматра као фиксни, како би се кориговале систематске разлике између грла са различитим типовима јарења.

3.2.1.3 Утицај расе

У истраживање су укључене две расе коза за производњу млека: санска раса и алпина раса. Сва грла обухваћена анализом имала су регистрациони број, односно, уписана су главну матичну књигу за АП Војводину, што говори о томе да се ради о квалитетним приплодним грлима. Опис раса дат је поглављу 2.4 ове дисертације.

3.2.1.4 Утицај фарме

Утицај фарме обухвата велики број чинилаца који утичу на производњу млека код санске и алпина расе коза. У оквиру ефекта фарме обједињени су утицаји микролокације, типа објеката у којима се козе гаје, примењене технологије производње, начина управљања и сл. Испитиван је утицај четири фарме на којима су грла произвођила. Опис фарми дат је табели 2, а визуелни приказ локација фарми на слици 1.

Табела 2. Приказ општих карактеристика фарми у истраживању

Фарма	Раса	Величина фарме	Мужа	Тип објекта
1	санска	>200 музних грла	машинска/измузиште	затворен/ чврста градња
2	алпина	>200 музних грла	машинска/измузиште	затворен/ чврста градња и дрво
3	санска и алпина	>200 музних грла	машинска/музилице	полуотворен/ чврста градња
4	алпина	≤20 грла	покретна музилица	полуотворен/ дрво

Климатске карактеристике подручја на којима се животиње гаје може утицати на микроклиматске услове у објектима за држање истих, нарочито током летњег периода када постоји повећан ризик од појаве топлотног стреса.

Фарма 1 се налазила у равничарском подручју Сремског округа, на приближно 85-90 метара надморске висине.

Фарма 2 се налази у равничарском, али благо таласастом подручју Јужног Баната, на приближно 80-100 метара надморске висине.

Фарма 3 се налази у равничарском подручју Северног Баната, на подручју Панонске низије, на приближно 75-85 метара надморске висине.

Фарма 4 се налазила у равничарском подручју западног Срема, на приближно 80-90 метара надморске висине.



Слика 1. Мапа Републике Србије са локацијама фарми коза укључених у истраживање

3.2.1.5 Утицај редног броја лактације

Редни број лактације представља важан биолошки и физиолошки показатељ развоја грла. Млечност коза се мења током живота – најчешће расте од прве до треће лактације, када животиња достиже пуну физиолошку зрелост, а затим може постепено да се смањује услед старења и смањења метаболичког капацитета животиње.

Утицај редног броја лактације, односно, редоследа јарења, након рестрикције почетног сета података у овом истраживању, подељен је у девет нивоа.

3.2.1.6 Утицај дужине трајања лактације

Дужина трајања лактације посматрана је као регресијски фактор у испитиваној популацији коза, јер представља континуирану променљиву која директно и пропорционално утиче на количину произведеног млека. Овакав приступ омогућио је приближно линеаран однос између дужине лактације и укупне млечности, без груписања животиња у категорије, чиме се задржала већа информативност података, побољшала упоредивост између грла која имају различиту дужину производног периода, и смањила пристрасност процене.

3.2.1.7 Утицај перманентне околине козе

Перманентна околина козе укључује све трајне негенетске утицаје специфичне за јединку (нпр. рани развој, адаптација козе, исхрана, здравствени статус, микролокални услови на фарми и сл.) који делују на продуктивност коза током више лактација. У моделима се укључује као случајни фактор у циљу раздвајања индивидуалне варијације од генетске компоненте.

3.2.1.8 Адитивни генетски утицај животиње

Адитивни генетски утицај представља део генетске варијабилности који се може директно пренети са родитеља на потомство. Овај утицај омогућава издвајање генетске компоненте фенотипске варијансе. У модел је укључен као случајни фактор чиме се омогућава прецизнија процена генетског потенцијала јединки и представља основу за генетско унапређење популације. За прецизнију процену овог утицаја формирана је матрица сродства за *Animal* модел.

Матрица сродства је конструисана на основу доступних података из педигреа животиња. Детаљан опис формирања и анализе педигреа, укључујући укупан број животиња, број генерација, број базних животиња, структуру сродничких веза и друге параметре педигреа, приказан је у поглављу 3.5.

3.2.2 Процена компоненти варијансе и генетских параметара за особине млечности на нивоу целе лактације

Удео појединачних компоненти варијансе у укупној варијанси утврђен је методом ограничене највеће вероватноће (*REML* метод) применом модела за више особина (енг. *Multitrait* модел). За утврђивање компоненти варијансе, на основу којих су процењени коефицијенти наследности, коришћен је софтвер *VCE 6* (*Groeneveld et al., 2010*). За потребе овог модела креиран је и педигре фајл 1 (табела 5), на основу ког су утврђене прецизне релације сродства, односно матрица сродства. Формула за израчунавање коефицијента наследности имала је следећи облик:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2}$$

где је:

h^2 – коефицијент наследности (херитабилитет) за особину у испитиваној популацији

σ_a^2 – адитивна генетска варијанса (генетски потенцијал животиње који могу пренети на потомство)

σ_p^2 – фенотипска варијанса особине у испитиваној популацији (варијабилност фенотипова у популацији).

Поред коефицијента наследности, на основу процењених компоненти варијансе и коваријансе, утврђене су и генетске и фенотипске корелације између анализираних особина. За њихову процену коришћен је *REML* поступак у оквиру *Multitrait* модела применом софтвера *VCE 6* (*Groeneveld et al., 2010*).

Процене фенотипске и генотипске корелације израчунате су на основу следећих формула:

$$r_{Pxy} = \frac{c\hat{v}_{Pxy}}{\hat{\sigma}_{Px} \hat{\sigma}_{Py}}$$

где је:

r_{Pxy} – процена коефицијената фенотипске корелације између особина x и y

$c\hat{v}_{Pxy}$ – процена фенотипске коваријансе између особина x и y

$\hat{\sigma}_{Px}$ – процена фенотипске стандардне девијације особине x

$\hat{\sigma}_{Py}$ – процена фенотипске стандардне девијације особине y ;

$$r_{Gxy} = \frac{c\hat{v}_{Gxy}}{\hat{\sigma}_{Gx} \hat{\sigma}_{Gy}}$$

где је:

r_{Gxy} – процена коефицијената генотипске корелације између x и y ,

$c\hat{v}_{Gxy}$ – процена генотипске коваријансе између особина x и y ,

$\hat{\sigma}_{Gx}$ – процена генотипске стандардне девијације особине x ,

$\hat{\sigma}_{Gy}$ – процена генотипске стандардне девијације особине y .

3.3 Статистичка анализа особина дуговечности на нивоу целе лактације

Анализа особина дуговечности подразумевала је дефинисање испитиваних особина, као и испитивање утицаја који су значајни извори фенотипске и генотипске варијабилности, применом одговарајућих статистичких модела. На основу процењених компоненти варијансе израчунат је коефицијент наследности особина трајање продуктивног живота, животна производња млека и број остварених лактација. Процењом приплодних вредности и анализом генетског тренда размотрене су могућности генетског унапређења дуговечности у испитиваној популацији коза.

3.3.1 Дефинисање особина дуговечности

У овом истраживању особина дуговечности посматрана је кроз три показатеља:

- трајање продуктивног живота (ТПЖ) – време од датума првог јарења до датума излучења, изражено у данима
- животна производња млека (ЖПМ) – количина млека коју је грло произвело у току свог продуктивног живота, изражено у килограмима
- број остварених лактација (БРЛ) – број лактација које је грло остварило у току свог продуктивног живота.

3.3.2 Статистички модел и извори фенотипске и генотипске варијабилности особина дуговечности

Подаци који су коришћени у анализи особина дуговечности обухватали су само грла која су имала познато трајање продуктивног живота (база је формирана од сета података

коришћеног за анализу особина млечности на нивоу целе лактације). Анализа је спроведена на 322 козе санске и алпина расе, које су се јариле у периоду од 2011. до 2021. године, на две фарме (фарма 1 и фарма 2) у АП Војводини, и које су оствариле 322 лактације.

С обзиром на то да у званичној евиденцији не постоји информација о датуму излучења грла из производње, као датум излучења грла узет је датум последњег познатог јарења плус дужина трајања последње познате лактације. У случају непостојања записа о јарењу или лактацији грла дуже од 3 године, грла су се сматрала излученим. Максималан број лактација које је неко грло остварило било је 9. У овом истраживању нису разматрани специфични разлози због којих су животиње излучене.

Подаци о пореклу грла искоришћени су за формирање матрице сродства за *Animal* модел, у циљу прецизнијег сагледавања сродничких односа између грла и прецизније процене адитивне генетске компоненте варијансе. Припремљен сет садржао је податке за 322 грла.

Анализа особина дуговечности извршена је применом линеарних мешовитих модела за једну особину (енг. *single-trait* модел), при чему је директан адитивни генетски утицај животиње укључен као случајни ефекат. У оквиру модела обухваћени су и фиксни и случајни извори варирања.

Испитивање значајности фиксних фактора спроведено је употребом *GLM* процедуре програмског пакета *SAS 9.4 (SAS Institute in Cary, North Carolina, 2011)*. Избор фиксних ефеката укључених у коначни модел извршен је поступком постепеног укључивања фактора („*step-by-step*” метода), при чему су у моделу задржани само статистички значајни утицаји. Као случајни ефекат у модел укључен је утицај животиње.

Припрема и кодирање података за процену компоненти варијансе, као и процена приплодних вредности животиња, извршени су коришћењем програмског пакета *PEST (Groeneveld et al., 1990)*.

Процена генетских и фенотипских компоненти варијансе спроведена је *REML* методом у оквиру софтвера *VCE v6 (Groeneveld et al., 2010)*, применом следећег линеарног модела:

$$y_{ijklmn} = GxM_i + T_j + R_k + F_l + b_1(x_{ijklmn} - \bar{x}) + a_{ijklmno} + e_{ijklmn}$$

где је:

GxM_i – фиксни утицај интеракције године и месеца почетка прве лактације ($i = 1, 2...25$)

T_j – утицај релативне производње млека у првој лактацији ($j = 1, 2...9$)

R_k – фиксни утицај расе ($k = 1, 2$)

F_l – фиксни утицај фарме ($l = 1, 2, 3, 4$)

$b_1(x_{ijklmn} - \bar{x})$ – линеарно регресијски утицај узраста козе при јарењу

$a_{ijklmno}$ – директан адитивни генетски утицај животиње

e_{ijklmn} – остатак.

3.3.2.1 Линеарно регресијски утицај узраста козе при јарењу

Поред фиксних и случајних утицаја описаних у поглављу 3.2.1 (сезона јарења, раса, фарма и адитивни генетски утицај животиње), у модел за анализу особина дуговечности укључен је и линеарно регресијски утицај узраста козе при јарењу. Узраст при јарењу, изражен у данима, укључен је у модел као континуирана променљива, у циљу испитивања утицаја на испољавање особина дуговечности. Овим је омогућена корекција особина дуговечности на разлике у узрасту коза при јарењу и прецизнија процена генетских параметара.

3.3.2.2 Утицај релативне производње млека у првој лактацији

Утицај релативне производње млека у првој лактацији унутар стада из којег грло потиче креиран је као фиксни утицај. Сва грла укључена у анализу била су под контролом продуктивности према, раније споменутој, стандардној АТ4 методологији. Овај утицај је формиран тако што је укупна количина млека у датој лактацији коригована на количину млека коју је грло остварило у првој лактацији, и посматрана је као релативни принос млека у односу на просечну производњу на фарми са које потиче дато грло. Разлике настале на приказани начин изражене су као број стандардних девијација испод или изнад просека фарме на којој је грло производило. На овај начин грла су сврстана у девет класа које су приказане у Табели 3.

Табела 3. Класе према релативној производњи млека

Класа	Одступање изражено у стандардним девијацијама у односу на просек фарме
1	$x < -1,5 SD$
2	$-1,5 SD < x < -1 SD$
3	$-1 SD < x < -0,5 SD$
4	$-0,5 SD < x < -0,2 SD$
5	$-0,2 SD < x < 0,2 SD$
6	$0,2 SD < x < 0,5 SD$
7	$0,5 SD < x < 1 SD$
8	$1 SD < x < 1,5 SD$
9	$x > 1,5 SD$

3.3.3 Процена компоненти варијансе и коефицијента наследности особина дуговечности

У циљу утврђивања удела адитивних генетских ефеката у укупној фенотипској варијабилности особина дуговечности, компоненте варијансе процењене су применом *Animal* модела. На основу процењене адитивне генетске варијансе и укупне фенотипске варијансе, израчунат је коефицијент наследности за све анализиране особине дуговечности.

Коефицијент наследности израчунат је употребом обрасца:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2}$$

где је:

h^2 – коефицијент наследности за особине дуговечности у испитиваној популацији

σ_a^2 – адитивна генетска варијанса (генетски потенцијал животиње који оне могу пренети на потомство)

σ_p^2 – фенотипска варијанса особина дуговечности у испитиваној популацији (варијабилност фенотипова у популацији).

3.3.4 Процена приплодне вредности и генетски тренд за особине дуговечности

Приплодне вредности коза за особине дуговечности процењене су на основу компоненти варијансе добијених применом претходно дефинисаног линеарног мешовитог модела.

Процена приплодних вредности извршена је коришћењем *BLUP* методологије у оквиру програмског пакета *PEST* (Groeneveld et al., 1990), применом истог модела као за процену коефицијента наследности особина дуговечности.

У циљу лакшег поређења и интерпретације резултата, приплодне вредности су стандардизоване према обрасцу:

$$PV = \frac{(\hat{a} - \bar{a}) * 12}{SDa} + 100$$

где је:

PV – стандардизована приплодна вредност

$\hat{a}$ – процењена адитивна генетска вредност животиње

$\bar{a}$ – просечна вредност адитивних генетских одступања базне популације

SDa – стандардна девијација адитивних генетских одступања базне популације.

Генетски тренд за особине дуговечности анализиран је применом линеарне регресије у процедури *PROC REG* програмског пакета *SAS 9.4* (SAS Institute in Cary, North Carolina, 2011). Анализа је извршена регресијом процењених приплодних вредности на годину рођења грла, чиме је омогућена процена правца и интензитета генетских промена током посматраног периода.

3.4 Анализа особина млечности контролног дана

Анализа особина млечности контролног дана обухватила је испитивање извора фенотипске и генотипске варијабилности анализираних особина, као и процену утицаја микроклиматских услова изражених преко температурно-хумидног индекса (ТХИ). Поред анализе утицаја фиксних и случајних фактора, извршена је процена компоненти варијансе и генетских параметара особина млечности контролног дана применом *Animal* модела и *REML* методе.

3.4.1 Статистички модел и извори фенотипске и генотипске варијабилности особина млечности контролног дана

У оквиру анализе млечности контролног дана обухваћене су особине које описују дневну производњу млека и његов основни хемијски састав. Испитиване особине млечности контролног дана биле су:

- принос млека контролног дана (ПМКД), *kg*
- садржај млечне масти контролног дана (СММКД), %
- садржај протеина контролног дана (СПКД), %.

Процена коефицијента наследности наведених особина извршена је применом *Animal* модела, који је обухватио фиксне и случајне изворе варијабилности значајне за особине млечности контролног дана. Коришћен је следећи линеарно-мешовити модел:

$$y_{ijklmno} = S_i + K_j + R_k + F_l + RB_m + G_n + L_o + p_{ijklmno} + a_{ijklmno} + e_{ijklmno}$$

где је:

S_i – фиксни утицај сезоне јарења ($i = 1, 2 \dots 12$)

K_j – фиксни утицај месеца контроле ($j = 1, 2 \dots 11$)

R_k – фиксни утицај расе ($k = 1, 2$)

F_l – фиксни утицај фарме ($l = 1, 2, 3, 4$)

RB_m – редни број лактације ($m = 1, 2 \dots 9$)

G_n – фиксни утицај о-те фазе лактације ($n = 1, 2, 4, 5, 6, 7$)

L_o – фиксни утицај о-тог нивоа класе ТХИ ($o = 1, 2, 4, 5$)

$p_{ijklmno}$ – случајни утицај перманентне околине козе који пружа својим узастопним лактацијама

$a_{ijklmno}$ – директан адитивни генетски утицај животиње

$e_{ijklmno}$ – остатак.

Утицаји расе, фарме, редног броја лактације, перманентне околине козе и адитивног генетског ефекта животиње детаљније су приказани у поглављу 3.2.1, па ће овде бити описани само утицаји који су специфични за модел особина млечности контролног дана, а то су утицаји сезоне јарења, месеца контроле и фазе лактације.

3.4.1.1 Утицај сезоне јарења

У односу на модел који је коришћен за генетску анализу особина млечности на нивоу целе лактације, у моделу за анализу особина млечности контролног дана, утицај сезоне дефинисан је кроз четири годишња доба. Овакав начин класификације омогућио је обухватање сезонских промена услова средине, исхране и температурних услова, који могу утицати на дневни принос млека и садржај млечне масти и протеина. Сезоне су формиране на основу месеца у ком су се козе јариле, на следећи начин:

- зима: децембар, јануар и фебруар
- пролеће: март, април и мај
- лето: јун, јул и август
- јесен: септембар, октобар и новембар.

3.4.1.2 Утицај месеца контроле

Како би биле обухваћене варијације у особинама млечности контролног дана, а које могу настати у различитим периодима године, у модел је укључен утицај месеца контроле. Утицај је дефинисан на основу датума спровођења контроле млечности и посматран је као фиксни утицај у моделу. На овај начин омогућено је анализирање разлика у дневном приносу млека, садржају млечне масти и протеина у зависности од месеца у ком је контрола извршена.

3.4.1.3 Утицај фазе лактације

Фиксни утицај фазе лактације имао је седам нивоа, и високо статистички значајно је утицао на испитиване особине млечности контролног дана ($p < 0,01$).

Фазе унутар лактације направљене су на основу дистрибуције података истраживања, и подељење су на следеће класе:

- класа 1: ≤ 60 дана лактације

- класа 2: 61–120 дана лактације
- класа 3: 121–200 дана лактације
- класа 4: 201–300 дана лактације
- класа 5: 301–400 дана лактације
- класа 6: 401–500 дана лактације
- класа 7: > 501 дана лактације.

3.4.2 Анализа утицаја температурно-хумидног индекса на особине млечности контролног дана

У оквиру овог поглавља приказан је поступак анализе утицаја температурно-хумидног индекса (ТХИ) на особине млечности контролног дана. Анализа је подразумевала израчунавање вредности ТХИ на основу података о температури и релативној влажности ваздуха, као и формирање класа ТХИ у циљу процене утицаја различитих нивоа топлотног оптерећења на дневни принос млека, садржај масти и садржај протеина. На овај начин утврђена је повезаност микроклиматских услова у објектима са испољавањем особина млечности коза на контролном дану. Добијене класе ТХ индекса коришћене су као фиксни фактор у моделу за процену генетских параметара особина млечности контролног дана, чиме је омогућена процена утицаја различитих нивоа топлотног стреса на дневни принос млека, садржај млечне масти и садржај протеина.

3.4.2.1 Израчунавање индекса температуре и влажности ваздуха (ТХИ)

Подаци о температури ваздуха (°C) и релативној влажности (%) прикупљени су помоћу аутоматских дата-логера постављених у објектима за држање коза на испитиваним фармама. Уређаји су континуирано бележили и аутоматски регистровали микроклиматске параметре (модел *Datalogger AMTAST, AMT-116, Qingdao Shandong China*). Мерења ова два параметра су континуирано вршена на сваких 60 минута, 365 дана годишње, у периоду од 2021. до 2025. године, на четири фарме у АП Војводина. Сет микроклиматских података садржао је 90951 сатних вредности температуре и релативне влажности ваздуха.

На основу забележених вредности температуре и влажности ваздуха, израчунат је индекс температуре и влажности – ТХИ, коришћењем формуле коју је предложио *National Research Council (1971)*:

$$THI = (1,8 \times T + 32) - (0,55 - 0,0055 \times RH) \times (T - 26,8)$$

где су:

T – температура ваздуха изражена у степенима целзијуса (°C)

RH – релативна влажност ваздуха изражена у процентима (%).

Вредности ТХИ су прво израчунате за сваки појединачни запис са уређаја, а затим су обједињене на дневни ниво како би се добиле средње, минималне и максималне дневне вредности.

Просечне дневне вредности ТХ индекса, које су коришћене у анализи утицаја топлотног стреса на особине млечности и дуговечности, израчунате су на основу измерених вредности у току 24 сата.

Подаци о датуму узорковања млека померени су три дана уназад. У складу са познатим одложеном ефектом топлотног стреса на производњу и састав млека, вредности ТХИ су додељене са временским померањем од два дана уназад (*lag -3* дана у односу на датум узорковања/пријема у лабораторију за испитивање квалитета млека). На овај начин је свакој

анализи састава млека додељена одговарајућа вредност ТХИ која одражава микроклиматске услове који су потенцијално имали утицај на животињу у периоду непосредно пре самог узорковања млека. Добијени сет података је припремљен за даљу статистичку анализу коришћењем линеарних модела.

Истраживањем су обухваћене три особине: принос млека контролног дана (ПМКД, *kg*), садржај млечне масти контролног дана (СММКД, %) и садржај протеина контролног дана (СПКД, %).

3.4.2.2 Дефинисање класа ТХИ

С обзиром на то да за млечне козе не постоји јединствена и општеприхваћена подела ТХИ на класе, у овом истраживању вредности ТХИ су разврстане у класе које су формиране за потребе анализе. Класе су дефинисане на основу распона вредности ТХИ у испитиваном сету података, као и на основу уочених промена у дневном приносу млека при различитим нивоима топлотног оптерећења. Класификација је омогућила укључивање ТХИ као фиксног фактора у статистички модел. У табели 4 приказана је класификација вредности ТХИ према формираним класама и претпостављеном интензитету топлотног оптерећења.

Табела 4. Класификација вредности ТХИ према интензитету топлотног оптерећења

Класа ТХИ	Вредност ТХИ	Интензитет топлотног стреса
1	≤ 55	Без израженог топлотног оптерећења
2	56–65	Низак ниво топлотног оптерећења
3	66–70	Умерен ниво топлотног оптерећења
4	71–75	Изражен ниво топлотног оптерећења
5	> 76	Веома изражен ниво топлотног оптерећења

3.4.3 Процена компоненти варијансе и генетских параметара за особине млечности контролног дана

Процена компоненти варијансе, коефицијента наследности и генетских и фенотипских корелација између особина млечности контролног дана извршена је применом методе ограничене највеће вероватноће (*REML*), у оквиру модела за више особина (*Multitrait* модел), коришћењем софтвера *VCE 6* (*Groeneveld et al., 2010*). За анализу је коришћен педигре 2 (табела 5) на основу кога је формирана матрица сродства као у анализи особина млечности на нивоу целе лактације.

Коефицијенти наследности, као и генетске и фенотипске корелације између анализираних особина, израчунати су на исти начин као што је описано у поглављу 3.2.2, на основу процењених компоненти варијансе и коваријансе.

3.5 Формирање и анализа педигреа популације

Формирање педигре фајла представља неопходан корак у прецизној процени генетских параметара. У циљу прецизније процене адитивне генетске варијансе, коефицијената наследности и приплодне вредности испитиваних грла, формиран су педигре фајлови чији је садржај приказан у табели 5. Фајлови су формиран на основу расположивих података о пореклу грла, на основу чега је конструисана матрица сродства. Овакав приступ омогућио је примену модела животиње/ индивидуе (*Animal* модел).

Формирани педигреи разликовали су се по броју животиња и броју генерација познатог порекла, у зависности од скупа података и особина које су биле предмет анализе.

Подаци о пореклу животиња анализирани су у оквиру програмског пакета *CFC software package v.1.0. (Sargolzei, 2006)*.

Табела 5. Структура педигре фајлова за процену генетских параметара и приплодне вредности

Показатељ/Сет података	Педигре 1*	Педигре 2**	Педигре 3***
Укупан број јединки у педигреу	1321	808	666
Број јединки са производним подацима	792	216	322
Број базних животиња (<i>founders</i>)	363	251	232
Учешће базних животиња (%)	27,48	31,06	34,83
Број очева у педигреу	144	143	87
Број мајки у педигреу	682	474	347
Број јединки са познатим оцем и мајком	948	548	431
Број јединки само са познатим оцем	7	7	3
Број јединки само са познатом мајком	3	2	0
Број јединки са потомством	826	617	434
Број јединки без потомства	495	191	232
Број инбридних јединки	45	36	2
Учешће инбридних јединки (%)	3,41	4,46	0,30
Просечан коефицијент инбридинга	0,0012	0,0008	0,0008

*Педигре 1 – цела лактација; **Педигре 2 – контролни дан; ***Педигре 3 – дуговечност.

Педигре 1 коришћен је за процену генетских параметара и приплодних вредности особина млечности на нивоу целе лактације. Овај педигре обухватао је 1321 јединку, од чега је 791 животиња имала производне податке. У анализираној популацији 948 јединки имало је позната оба родитеља, док је учешће базних животиња износило 27,48%. У оквиру овог педигреа идентификовано је 45 инбридних јединки, што је представљало 3,41% укупне популације. Просечан коефицијент инбридинга износио је 0,0012, док је максимална утврђена вредност коефицијента инбридинга била 0,25.

Педигре 2 коришћен је за процену генетских параметара и приплодних вредности особина млечности контролног дана. Овај педигре обухватао је 808 јединки, од којих је 216 имало производне податке, док је за 548 животиња било познато порекло оба родитеља. Учешће базних животиња износило је 31,06%. У популацији је идентификовано 36 инбридних јединки (4,46%), са просечним коефицијентом инбридинга од 0,0008 и максималном вредношћу од 0,25.

Педигре 3 коришћен је за процену генетских параметара и приплодних вредности особина дуговечности. Укупно је обухватао 666 јединки, од којих су 322 животиње имале производне податке. Позната оба родитеља имала је 431 јединка, док је учешће базних животиња износило 34,83%, што је више у односу на Педигре 1. У овом педигреу идентификоване су свега две инбридне јединке, са максималним коефицијентом инбридинга од 0,25, што указује на веома низак степен сродства у анализираној популацији.

У сва три педигреа утврђен је релативно низак просечан ниво инбридинга, што указује на задовољавајућу генетичку структуру испитиваних популација. Истовремено, велики број животиња са познатим пореклом омогућио је формирање поуздане матрице сродства и примену *Animal* модела у процени генетских параметара и приплодних вредности.

4 РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

У овом поглављу приказани су резултати добијени анализом података прикупљених током истраживања, уз одговарајућу статистичку обраду, интерпретацију и дискусију. Посебна пажња посвећена је процени утицаја генетских и негенетских фактора на испитиване особине млечности и дуговечности коза, као и примена ТХ индекса као показатеља топлотног стреса. Добијени резултати разматрани су у складу са постављеним циљевима истраживања и упоређени су са налазима других аутора у циљу сагледавања сличности, разлика и могућих узрока посматраних појава. Резултати су приказани табеларно и графички, и дискутовани према подпоглављима.

4.1 Особине млечности на нивоу целе лактације

Анализа особина млечности на нивоу целе лактације заснивала се на процени фенотипске варијабилности и испитивању утицаја систематских фактора, као и утврђивању компоненти варијансе, коефицијената наследности и процени генетских и фенотипских корелација. На основу добијених резултата уочен је значај појединих генетских и негенетских чинилаца на испољавање особина млечности код коза.

4.1.1 Фенотипске карактеристике особина млечности на нивоу целе лактације

Анализирани су подаци из контроле продуктивности за 2454 козе санске и алпина расе, које су производиле на четири фарме. Просечна производња млека износила је 682,29 kg, у лактацији која је просечно трајала 284,32 дана. Резултати дескриптивне статистике приказани су у табели 6.

Табела 6. Дескриптивна статистика за особине млечности коза санске и алпина расе на нивоу целе лактације

Особина	n	$\bar{X}$	Min	Max	SD	CV (%)
Трајање лактације (ТРЛ), дан	2454	284,32	104,00	650,00	37,49	13,19
Принос млека у лактацији (ПМ), kg		682,29	88,00	1450,00	194,81	28,55
Принос млечне масти у лактацији (ПММ), kg		22,59	2,74	56,45	6,83	30,25
Принос протеина у лактацији (ПП), kg		19,66	1,37	39,40	5,50	27,99
Садржај млечне масти у лактацији (СММ), %		3,31	2,00	6,39	0,48	14,46
Садржај протеина у лактацији (СП), %		2,88	2,08	3,9	0,25	8,79

Просечан принос млечне масти у лактацији износио је 22,59 kg, а принос протеина 19,66 kg. Садржај млечне масти износио је 3,31%, док је просечан садржај протеина у лактацији био 2,88%.

Производњу млека алпине и санске расе коза у Републици Србији забележили су *Ostojić and Relić (2007)*. У првој лактацији, трајања 260 дана, козе су произвеле око 600 l; у другој око 750 l, и трећој око 800 l, у трајању од 280 дана. На основу хемијског састава млека аутори су закључили да је млеко технолошки погодно за прераду у киселомлечне напитке и неке врсте сирева. Израчунате просечне вредности за маст, протеине и лактозу износиле су: 3,47 g/100g, 3,06 g/100g и 4,59 g/100g. Вредности су делимично у складу са резултатима добијеним у овом истраживању.

Знатно ниже вредности, у односу на ово истраживање, за млечност балканске козе у Републици Србији, забележили су *Bogdanović et al. (2008)* и *Memisi et al. (2010)*.

Brito et al. (2011) наводе производњу млека санских и алпина коза од око 441 kg, са просечно 15 kg млечне масти и око 13 kg протеина, као и садржај млечне масти од 3,73% и садржај протеина од 3,20% у лактацији која је трајала 270 дана, што су, такође, ниже вредности него у овом истраживању.

Већу производњу млека у односу на ово истраживање, од око 280 kg, у приближно истом трајању лактације, забележили су *Arnal et al. (2018)*. *Arnal et al. (2026)* бележе већу производњу млека и за козе санске, и за козе алпина расе, у односу на ово истраживање.

Основни дескриптивни статистички показатељи испитиваних особина млечности коза санске расе на нивоу целе лактације приказани су у табели 7. За сваку анализирану особину израчунате су средња вредност, минимална и максимална вредност, стандардна девијација и коефицијент варијације, што омогућава сагледавање нивоа испољености и степена фенотипске варијабилности особина у анализираној популацији.

Табела 7. Дескриптивна статистика за особине млечности на нивоу целе лактације за козе санске расе

Особина	n	$\bar{X}$	Min	Max	SD	CV (%)
ТРЛ, дан	2268	287,43	112,00	650,00	35,70	12,42
ПМ, kg		690,54	88,00	1450,00	191,23	27,69
ПММ, kg		22,74	2,74	48,80	6,60	29,02
ПП, kg		19,73	1,37	39,40	5,31	26,91
СММ, %		3,29	2,00	6,39	0,45	13,59
СП, %		2,86	2,08	3,90	0,23	8,13

Просечна производња млека коју су произвеле санске козе износила је 690,54 kg, у лактацији која је просечно трајала 287,43 дана. Принос млечне масти у лактацији износио је 22,74 kg, а принос протеина 19,73 kg. Садржај млечне масти био је 3,29%, док је садржај протеина у лактацији просечно износио 2,86%.

Добијене вредности у складу су са резултатима до којих су дошли: *Mekić et al. (2014)*, *Zeljić Stojiljković et al. (2025)*, али и *Rupp et al. (2011)* у лактацији која је трајала 250 дана.

Забележена је нешто већа производња санских коза у Републици Хрватској, у односу на овде утврђене резултате. Санске козе у Републици Хрватској произвеле су 724,40 kg млека, са СММ 3,35%, СП 3,05%, ПММ 20,16 kg и ПП 18,64 kg (*Mioč et al., 2007*).

Teissier et al. (2019) наводе просечну производњу млека санских коза, у лактацији трајања 250 дана, од 823 kg, и коза алпина расе од 802 kg, што су више вредности у односу на ово истраживање. Такође, више вредности (921 kg) забележили су и *Massender et al. (2022)*, *Palhiere et al. (2018)* од 903 kg за 250 дана лактације и *Torres-Vázquez et al. (2009)* за 305 дана лактације, просечно 1095 kg млека. Аутори наводе просечну ПММ од 33,5 kg, ПП 28,05 kg, СММ 3,24% и СП од 2,72%. Нижу производњу млека санских коза, у односу на ово истраживање, пријавили су: *Bélichon et al. (1999)*, *Zamuner et al. (2020)* и *Ferro et al. (2017)*.

У табели 8 приказани су основни дескриптивни статистички показатељи за испитиване особине млечности код коза алпина расе.

Табела 8. Дескриптивна статистика за особине млечности на нивоу целе лактације за козе алпина расе

Особина	n	$\bar{X}$	Min	Max	SD	CV (%)
ТРЛ, дан	186	246,47	104,00	312,00	38,29	15,54
ПМ, kg		581,74	111,00	1063,00	210,16	36,13
ПММ, kg		20,76	3,63	56,45	9,03	43,51
ПП, kg		18,76	3,91	38,10	7,43	39,58
СММ, %		3,57	2,11	6,27	0,72	20,20
СП, %		3,18	2,38	3,88	0,30	9,56

Просечна производња млека коју су произвеле козе алпина расе износила је 581,74 kg, у лактацији која је просечно трајала 246,47 дана. Принос млечне масти износио је 20,76 kg, док је принос протеина био 18,76 kg. Просечан садржај млечне масти био је 3,57%, а протеина 3,18%.

У лактацији која је трајала 259 дана *Mioč et al. (2007)* забележили су производњу млека од 548,48 kg, што је нижа производња у односу на ово истраживање. СММ износио је 3,55%, СП 3,08%, ПММ 14,99 kg и ПП 13,03 kg.

Teissier et al. (2024) забележили су сличне вредности за козе алпина и санске расе у Швајцарској, док исти аутори наводе нешто ниже вредности за испитиване особине у популацији коза у Италији, а више вредности у односу на ово истраживање за популацију коза у Француској и Канади. Ниже вредности од добијених у овом истраживању забележили су *Maksimovic et al. (2015)*. Аутори наводе просечну количину млека од 531,66 kg, у лактацији која је трајала око 220 дана, са садржајем масти од 3,33% и садржајем протеина од 3,16% у популацији алпина коза на малим породичним газдинствима у Републици Србији. Такође, ниже вредности за ПМ забележили су и *Memisi and Stanisic (2014)*, у лактацији која је трајала приближно исто дана као у овом истраживању (од 366 до 378 kg, у лактацији од 249 до 257 дана). Нижу млечност алпина коза забележили су и *Eftimova et al. (2021)* у Републици Северној Македонији. Производњу млека алпина коза у Канади забележили су *Massender et al. (2022)*. Аутори наводе просечно 793,4 kg млека, принос протеина од 24,7 kg, принос млечне масти 27,9 kg, што су више вредности у односу на популацију коза у Србији, док су вредности за садржај протеина 3,1% и садржај млечне масти 3,5% приближне. Више вредности забележили су и *Ithurbide et al. (2022)*, у лактацији од 250 дана, млечност алпина коза износила је око 620 kg и *Tu et al. (2023)* где је млечност била око 700 kg. Више вредности за све испитиване особине код коза алпина расе утврдили су *Palhiere et al. (2018)*, *Amiri et al. (2023)* и *Mulc (2025)*.

У овом истраживању козе алпина расе су произвеле мању укупну количину млека у односу на козе санске расе, у лактацији која је краће трајала, али са последично већим садржајем млечне масти и протеина, што је и биолошки оправдано. Иако су добијене вредности ниже од циљних вредности предвиђених Главним одгајивачким програмом у козарству у Републици Србији, уочена фенотипска варијабилност указује на постојање потенцијала за њихово даље унапређење. Будући селекцијски рад требало би усмерити ка истовременом повећању приноса млека и очувању, односно, унапређењу његовог хемијског састава, применом савремених метода генетског вредновања и континуираним унапређењем услова исхране, репродукције, држања и управљања.

4.1.2 Утицај испитиваних фактора на особине млечности на нивоу целе лактације

Статистичка значајност испитиваних систематских фактора на особине млечности у току целе лактације приказана је у табели 9. Анализом су обухваћени утицаји сезоне јарења, типа јарења, редног броја лактације, фарме, расе и дужине трајања лактације на особине млечности, као и вредности коефицијента детерминације (R^2) за примењене моделе.

Табела 9. Статистичка значајност фактора на особине млечности на нивоу целе лактације

Особина	Утицаји						
	интеракција месец-година лактације	тип јарења	редни број лактације	фарма	раса	дужина трајања лактације	R^2
ПМ	8,75***	7,09***	14,16***	30,13***	2,38 ^{нс}	451,53***	0,503
ПММ	10,71***	2,01 ^{нс}	8,85***	58,67***	3,94*	381,01***	0,483
ПП	11,10***	4,61**	11,97***	47,98***	2,06 ^{нс}	459,27***	0,497
СММ	4,97***	2,78*	3,73***	31,33***	0,02 ^{нс}	1,66 ^{нс}	0,268
СП	8,05***	6,93***	2,26*	16,31***	1,98 ^{нс}	1,51 ^{нс}	0,390

нс= $p > 0,05$; *= $p < 0,05$; **= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$; R^2 – коефицијент детерминације.

Врло висок статистички значајан утицај ($p < 0,001$) на све испитиване особине имала је интеракција месеца и године лактације и фарма, док су редни број лактације и дужина лактације имале утицај на ПМ, ПММ, ПП и СММ ($p < 0,001$). Високо статистички значајан утицај ($p < 0,01$) имао је и тип јарења, а раса у овом моделу није статистички значајно утицала.

Утицај интеракције месеца и године лактације значајно је утицао на принос и квалитет млека санских и алпина коза и у истраживањима: *Brito et al. (2017)*, *Arnal et al. (2018)*, *Kljajevic et al. (2018)*, *Yamani and Koluman (2020b)*, *Tu et al. (2023)*, *Atoui et al. (2024)*.

Све фарме укључене у ово истраживање биле су различитог капацитета, са објектима направљеним од различитих материјала, са гајењем санске или алпина расе коза (изузетак је фарма 3), са исхраном која се разликовала и различитим системом управљања. Све наведено довело је до високог статистички значајног утицаја фарме на особине млечности, као и у истраживањима: *Bogdanović et al. (2008)*, *Lôbo et al. (2017)*, *Vacca et al. (2018)*, *Marković et al. (2019)*.

Са старошћу коза повећава се и њихова производња млека, па су редни број лактације и дужина трајања лактације, такође, показали значајан утицај на особине приноса и квалитета млека, што је у складу са резултатима бројних истраживања. Ово се објашњава постепеним физиолошким сазревањем коза, при чему долази до развоја млечне жлезде, и достизања максималне производње млека у средњим лактацијама, а затим, до постепеног смањења услед старења животиња. У овом истраживању, максимално трајање лактације било је 650 дана.

Значајан утицај редног броја лактације на принос и садржај млека утврђен је у истраживањима: *Memisi and Stanisic (2014)*, *Maksimovic et al. (2015)*, *Arnal et al. (2018)*, *Zamuner et al. (2020)*, *Ralević et al. (2021)*, *Atoui et al. (2024)*, *Mulc (2025)*.

Број јаради у току бременитости утиче на хормоналне промене и на метаболичке процесе који су у вези са каснијом производњом млека. Истраживања показују већу производњу млека код коза које имају већи број јаради: *Wolber et al. (2021)*, *Atoui et al. (2024)*, *Mawussi et al. (2024)*, *Mezzetti et al. (2024)*.

Утицај расе задржан је у моделу због биолошког и зоотехничког значаја, као и повећања тачности процене генетских параметара. Потенцијалан разлог због ког раса није показала значајан утицај може бити неједнак однос јединки ове две расе у истраживању, или недовољна варијабилност између раса у истраживању (обе расе су селекционисане на високу производњу млека).

Вредности коефицијента детерминације у овом истраживању (R^2) били су од релативно ниских 0,268 за особину СММ, до средњих од 0,503 за ПМ, што указује да су укључени фактори релативно одговарајући и да коришћени модел објашњава већи део варијација посматраних особина.

4.1.3 Компоненте варијансе и коефицијенти наследности за особине млечности на нивоу целе лактације

Процена компоненти варијансе омогућава утврђивање удела генетских и негенетских извора варијабилности у испољавању особина млечности. Резултати добијени применом *Animal* модела, укључујући апсолутне и релативне вредности компоненти варијансе, као и процењене коефицијенте наследности, приказани су у табели 10.

Табела 10. Апсолутни и релативни удео случајних утицаја у укупној фенотипској варијанси за особине млечности на нивоу целе лактације коза у *Animal* моделу

Особина	σ_a^2	σ_p^2	σ_e^2	σ_{ph}^2	$h^2 \pm SE$	p^2	e^2
ПМ	3692,80	6705,75	9227,89	19626,40	0,188 $\pm$ 0,076	0,342 $\pm$ 0,068	0,470 $\pm$ 0,020
ПММ	5,07	5,42	15,05	25,54	0,199 $\pm$ 0,056	0,212 $\pm$ 0,051	0,589 $\pm$ 0,028
ПП	3,54	4,37	8,13	16,04	0,221 $\pm$ 0,074	0,272 $\pm$ 0,059	0,507 $\pm$ 0,028
СММ	0,05	0,03	0,10	0,18	0,282 $\pm$ 0,053	0,183 $\pm$ 0,037	0,536 $\pm$ 0,030
СП	0,01	0,01	0,02	0,04	0,204 $\pm$ 0,041	0,215 $\pm$ 0,024	0,580 $\pm$ 0,045

σ_a^2 – адитивна генетска варијанса; σ_p^2 – варијанса утицаја перманентне околине козе; σ_e^2 – варијанса грешке (остатак); σ_{ph}^2 – фенотипска варијанса; h^2 – оцена коефицијента наследности; SE – грешка коефицијента наследности; p^2 – оцена утицаја перманентне околине козе; e^2 – оцена грешке (остатак).

Коефицијенти наследности за особине млечности у лактацији санских и алпина коза износе: 0,188 $\pm$ 0,076 за принос млека, 0,199 $\pm$ 0,056 за принос млечне масти, 0,221 $\pm$ 0,074 за принос протеина, за садржај млечне масти 0,282 $\pm$ 0,053 и за садржај протеина 0,204 $\pm$ 0,041.

Вредности коефицијента наследности за ПМ и ПММ у складу су са вредностима које се наводе у истраживањима: Brito et al. (2011), Valencia-Posadas et al. (2022), Ehsaninia et al. (2025). За особину ПП вредности су у складу са истраживањима Carillier et al. (2014) и Jaques et al. (2023). За особину ПМ вредности коефицијента наследности у складу су са резултатима Mokhtari et al. (2025), док су вредности за ПММ и ПП више у овом истраживању.

Вредности коефицијента наследности за санску популацију коза које су проценили Zeljić Stojiljković et al. (2025) применом *Animal* модела за особине ПМ, ПММ, ПП, СММ и СП износиле су: 0,2216; 0,2564; 0,2556; 0,3977 и 0,2864, тим редом, и више су односу на ово истраживање.

Приближно исте вредности за ПМ и ПММ за санску расу коза у првој лактацији у Мексику, моделом поновљивости, израчунали су Torres-Vázquez et al. (2009). Аутори су проценили више вредности коефицијента наследности за особине СММ и СП, и ниже за ПП, у односу на ово истраживање.

Више вредности коефицијента наследности за све испитиване особине код санских и алпина коза наводе Rupp et al. (2011), García-Peniche et al. (2012) и Arnal et al. (2019), као и Castañeda-Bustos et al. (2014), Wolber et al. (2021) и Mucha et al. (2022) за друге млечне расе коза.

Просечне вредности коефицијента наследности за производњу млека, масти, протеина, и садржај масти и протеина биле су 0,35, 0,35, 0,37, 0,52 и 0,54, тим редом (García-Peniche et al., 2012). Коефицијент наследности за особине ПМ, ПММ, ПП, СММ и СП за *lamancha* расу биле су: 0,48, 0,43, 0,54, 0,50 и 0,60; за *oberhasli* расу: 0,61, 0,60, 0,59, 0,42 и 0,46; за нубијске козе: 0,44, 0,40, 0,45, 0,56 и 0,57; за тогенбуршку расу: 0,47, 0,44, 0,49, 0,59 и 0,57. Појединачне вредности коефицијента наследности за алпина и санску расу коза приказане су у табели 1 ове дисертације.

Разлике између процењених вредности коефицијената наследности у овом и у другим истраживањима, највероватније, су последица разлика у генетској структури испитиваних

популација, интензитету селекције, условима држања, исхране и технологији производње, као и разлика у величини популације, структури педигреа и примењеним статистичким моделима за процену генетских параметара. Из тог разлога, вредности коефицијента наследности не треба посматрати као константне величине, већ као параметре који одражавају специфичности популације и услова у којима је она испитивана. Управо зато је процена генетских параметара за домаћу популацију од великог значаја, јер обезбеђује основу за стварање селекцијских програма прилагођених производним условима у Републици Србији.

Добијене вредности коефицијената наследности у овом истраживању имају значајну практичну примену у програмима оплемењивања коза. Оне указују да је примена савремених метода генетског вредновања, као што је *BLUP Animal* модел, оправдана, јер омогућава издвајање адитивног генетског потенцијала од утицаја средине и прецизнију процену приплодне вредности животиња. На тај начин могуће је поузданије одабрати приплодне јарчеве и козе, чиме се обезбеђује континуирано генетско унапређење производних особина у популацији.

4.1.4 Генетске и фенотипске корелације између особина млечности на нивоу целе лактације

Поред процене коефицијената наследности појединачних особина, значајан сегмент квантитативно-генетичке анализе представља и утврђивање међусобне повезаности између особина. Процењене су генетске и фенотипске корелације између испитиваних особина млечности, које су приказане у табели 11 и графикону 1. Генетске корелације су представљене изнад главне дијагонале, а фенотипске испод главне дијагонале.

Табела 11. Генетске (изнад дијагонале) и фенотипске корелације (испод дијагонале) између особина млечности у анализираној популацији коза

Особина	ПМ	ПММ	ПП	СММ	СП
ПМ		0,785	0,944	-0,048	0,037
ПММ	0,796		0,914	0,564	0,536
ПП	0,894	0,855		0,208	0,302
СММ	-0,117	0,408	0,020		0,885
СП	-0,198	0,072	0,115	0,412	

ПМ - принос млека у лактацији; ПММ - принос млечне масти у лактацији; ПП - принос протеина у лактацији; СММ - садржај млечне масти у лактацији; СП - садржај протеина у лактацији.

Генетске корелације између ПМ и ПММ и ПМ и ПП биле су позитивне и високе (0,785 и 0,944). Између ПМ и СММ биле су негативне (-0,048), а између ПМ и СП позитивне, али ниске (0,037), што указује на скоро па одсуство генетске повезаности између приноса млека и његовог састава.

Високе генетске корелације забележене су и између особина ПММ и ПП (0,914) и СММ и СП (0,885). Висока повезаност ових особина указује да су особине у значајној мери под утицајем истих или блиско повезаних генетских механизма. Због тога би селекција на повећање садржаја једне особине могла да доведе и до повећања садржаја друге особине. Средња јачина везе забележена је између ПММ и СММ и ПММ и СП (0,564 и 0,536, тим редом), као и између ПП и СММ (0,208) и ПП и СП (0,302).

Високе и позитивне вредности указују да су принос млека, принос млечне масти и принос протеина у великој мери условљени заједничким генетским факторима, и да се може очекивати да селекција усмерена на повећање једне од ових особина, доводи и до повољних индиректних промена осталих особина приноса.

Фенотипске корелације између ПММ и ПМ, ПП и ПМ, ПП и ПММ биле су позитивне и високе (0,796, 0,894 и 0,855, тим редом). Средња повезаност забележена је између особина

СММ и ПММ (0,408) и СП и СММ (0,412), односно, повећање садржаја једне компоненте у одређеној мери прати и повећање друге.

Корелације између СММ и ПП и СП и ПММ, као и СП и ПП биле су ниске (0,020, 0,072 и 0,115, тим редом). Уочене су негативне фенотипске корелације између СММ и ПМ, као и између СП и ПМ (-0,117 и -0,198, тим редом). Добијене вредности могу указивати на тенденцију „разблажења“, односно, да козе са већим приносом млека могу имати нешто нижи садржај масти и протеина.

Резултати показују да козе са већим приносом млека у просеку остварују и веће приносе млечне масти и протеина, што је и очекивано, јер су приноси компоненти млека директно условљени укупном производњом млека и његовим процентуалним садржајем.

Веза између укупне производње млека и његовог процентуалног састава била је слаба, па ово треба узети у обзир приликом дефинисања селекцијских циљева, како би се истовремено унапредили и принос млека и принос масти и протеина, али без неповољног утицаја на квалитет млека.

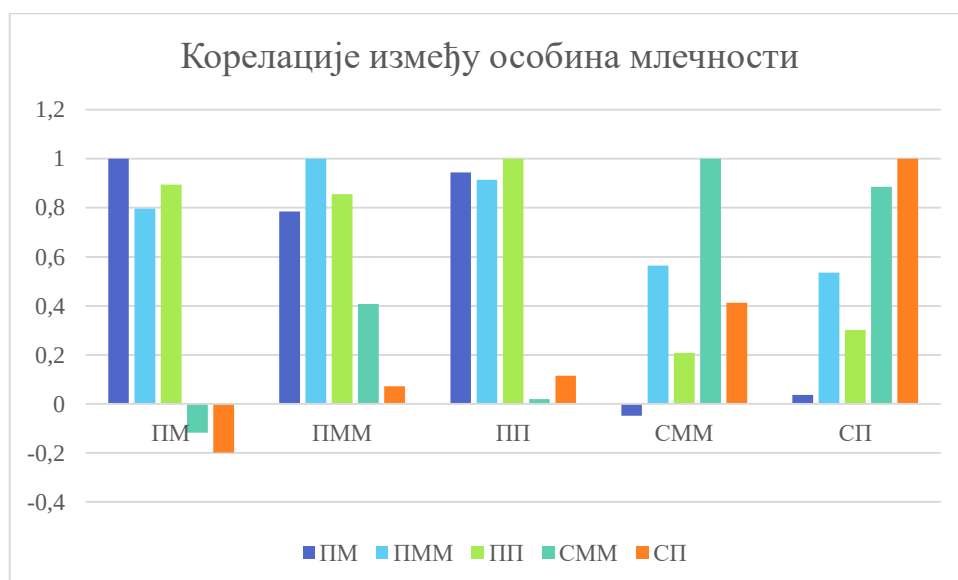
Генетске корелације између ПМ и ПММ и ПП, код нигеријских патуљастих млечних коза, биле су 0,72 и 0,91, док су фенотипске биле 0,85 и 0,93, тим редом. Генетска корелација између масти и протеина била је 0,66, а фенотипска 0,84, што су приближне вредности као у овом истраживању (*Valencia-Posadas et al.*, 2022).

Brito et al. (2011) наводе позитивне и високе генетске корелације између ПМ, ПММ и ПП у распону од 0,862 за ПМ у трајању лактације од 270 дана и ПММ и 0,959 за ПП.

Високе генетске корелације између приноса млека у првој и наредним лактацијама од 0,16 до 0,88 наводе се и у истраживању *Mucha et al.* (2014).

Jaques et al. (2023) наводе генетске корелације код новозелендских коза: ПМ и ПММ 0,62; ПМ и ПП 0,79; ПМ и СП -0,21; и фенотипске корелације за ПМ и ПММ 0,81; ПМ и ПП 0,91; ПМ и СММ 0,15; ПМ и СП -0,20.

Palhiere et al. (2018) наводе корелацију између производње млека и трајања продуктивног живота (ТРПЖ) од 0,16 за санску и 0,28 за алпина расу коза, и негативне корелације између ТРПЖ и броја соматских ћелија у млеку ових раса коза (-0,29 и -0,35). Резултати указују да, иако је ТРПЖ коригован за ПМ, већа функционална дуговечност у моделу делимично је генетски повезана са већом производњом.



Графикон 1. Визуелни приказ корелација између особина млечности

Процењене генетске и фенотипске корелације имају значајну практичну вредност приликом дефинисања селекцијских циљева у козарству. Високе позитивне генетске

корелације између приноса млека, приноса млечне масти и приноса протеина указују да ће селекција усмерена на повећање једне од ових особина истовремено довести до генетског напретка и код преосталих особина приноса, чиме се повећава ефикасност селекције. Са друге стране, слаба генетска повезаност између количине произведеног млека и процентуалног садржаја масти и протеина указује да се побољшање квалитета млека не може очекивати као директна последица селекције искључиво на принос млека. Због тога је у савременим програмима оплемењивања неопходно истовремено укључити особине приноса и особине састава млека у селекцијски индекс, како би се обезбедило унапређење укупне производње, али и очување технолошког и нутритивног квалитета млека.

Високе генетске корелације између особина приноса указују да оне у великој мери деле заједничку генетичку основу, док су особине састава млека под делимично другачијом генетичком контролом. Добијени резултати потврђују да производња млека није једноставна, да на њено испољавање истовремено утичу бројни гени, али и фактори средине, због чега је за постизање трајног генетског напретка неопходно истовремено спроводити и селекцију коза, али и побољшати услове држања, исхране и здравствене заштите животиња.

4.2 Особине дуговечности

Под анализом особина дуговечности подразумевао се приказ њихових фенотипских карактеристика, процена компоненти варијансе и коефицијената наследности, као и процена приплодних вредности грла и утврђивање генетског тренда. Уочена је варијабилност испитиваних особина, релативан значај генетских и негенетских извора варијације и могућност генетског унапређења дуговечности коза.

4.2.1 Фенотипске карактеристике особина дуговечности

Основни фенотипски показатељи испитиваних особина дуговечности приказани су у табели 12. За сваку особину израчуната је средња вредност, минимална и максимална вредност, стандардна девијација и коефицијент варијације, што омогућава сагледавање обима и варијабилности испитиваних особина у анализираној популацији коза.

Табела 12. Дескриптивна статистика за особине дуговечности коза

Особина	$\bar{X}$	Min	Max	SD	CV (%)
Трајање продуктивног живота (ТРПЖ), дан	1053,70	116,00	3248,00	801,49	76,06
Животна производња млека (ЖПМ), kg	1986,95	219,00	7632,00	1545,77	77,80
Број остварених лактација (БРЛ)	3,03	1,00	9,00	2,10	69,33
Старост грла при излучењу, дан	1580,11	515,00	3617,00	764,26	48,37

Продуктивни живот коза (време од датума првог јарења до датума излучења) у просеку износио је 1053,70 дана. Количина млека коју су грла произвела у току свог продуктивног живота, у просеку, била је 1986,95 kg, а просечан број лактација коју су грла остварила у току продуктивног живота био је 3,03. Просечна старост коза на излучењу, обе расе, била је 1580,11 дана (4,33 године).

Приближно исту дуговечност (1097 дана) имале су алпина козе у истраживању *Ithurbide et al.* (2022), и козе у Великој Британији (старост око 4,7 година, продуктивни живот 1122 дана), наводи се у истраживању *Geddes et al.* (2018).

Стварна дуговечност млечних коза на Новом Зеланду била је просечно 1891 дан (*Scholten et al.*, 2018), а *Silva Salas et al.* (2021) наводе животни век коза од 8 до 10 година.

У истраживању *Mulc* (2025) алпина козе су имале нешто мању животну производњу млека, али су биле дуговечније, у односу на резултате овог истраживања.

Краће трајање продуктивног живота код санских (967 дана) и алпина коза (1007 дана) наводе *Palhiere et al. (2018)*, код немачке беле козе *Wolber et al. (2021)*, и код флорида коза *Ziadi, Sánchez, Sánchez et al. (2023)*.

Утврђене просечне вредности у овом истраживању указују да козе током продуктивног живота, у просеку, остварују три лактације, што значи да значајан део генетског потенцијала животиња остаје неискоришћен због релативно раног излучења из производње. Продуковање продуктивног живота омогућило би већи број лактација и већу животну производњу млека по грлу, што би директно допринело повећању економске ефикасности производње, с обзиром на то да се трошкови гајења и увођења младих приплодних коза распоређују на већи број производних циклуса.

С обзиром на то да високо продуктивне козе могу успешно да остваре знатно већи број лактација, добијени резултати указују да постоји простор за продужење продуктивног живота. Поред селекције, то подразумева и унапређење репродукције, здравствене заштите и услова држања коза, како би се омогућило што потпуније искоришћавање производног потенцијала приплодних грла.

4.2.2 Компоненте варијансе и коефицијент наследности за особине дуговечности

Процена компоненти варијансе и коефицијената наследности особина дуговечности омогућава разумевање значаја генетских и фактора околине у њиховом испољавању, као и процену могућности генетског унапређења селекцијом. Резултати добијени применом *Animal* модела, укључујући апсолутне и релативне уделе компоненти варијансе и процењене коефицијенте наследности, приказани су у табели 13.

Табела 13. Апсолутни и релативни удео случајног утицаја у укупној фенотипској варијанси за особине дуговечности коза у *Animal* моделу

Особина	σ^2_a	σ^2_e	σ^2_{ph}	$h^2 \pm SE$	e^2
ТРПЖ	1155,570	12582,000	13737,500	$0,084 \pm 0,094$	$0,916 \pm 0,094$
ЖПМ	39978,800	199858,000	239837,000	$0,167 \pm 0,138$	$0,833 \pm 0,138$
БРЛ	0,039	0,200	0,239	$0,164 \pm 0,112$	$0,837 \pm 0,112$

σ^2_a – адитивна генетска варијанса; σ^2_e – варијанса грешке (остатак); σ^2_{ph} – фенотипска варијанса; h^2 – оцена коефицијента наследности; SE – грешка коефицијента наследности; e^2 – оцена грешке (остатак).

Коефицијент наследности за особину трајање продуктивног живота, у популацији санских и алпина коза, износио је $0,084 \pm 0,094$, што указује на релативно мали удео адитивних генетских фактора у укупној фенотипској варијабилности ове особине. За животну производњу млека, коефицијент наследности био је $0,167 \pm 0,138$, а за број остварених лактација $0,164 \pm 0,112$. Процењени коефицијенти били су ниски до умерени, а наведене вредности указују да су животна производња млека и број остварених лактација у већој мери генетски условљени, у односу на трајање продуктивног живота, иако утицај негенетских фактора остаје доминантан. Овакви резултати су очекивани, јер је искључење коза из производње најчешће условљено здравственим, репродуктивним и производним разлозима, али и организационим и економским одлукама одгајивача, које нису искључиво последица генетске предиспозиције животиње.

Релативни удео варијансе грешке (остатка) у укупној фенотипској варијанси био је висок за све три особине и варирао је од 0,833 за ЖПМ до 0,916 за ТРПЖ. Резултати указују да је највећи део укупне варијабилности особина дуговечности последица деловања негенетских фактора, што је и очекивано, имајући у виду да су ове особине под снажним утицајем услова држања, начина управљања, исхране, здравственог статуса животиња и других фактора спољашње средине.

Иако су процењени коефицијенти наследности за особине дуговечности ниски, њихова практична вредност у програмима оплемењивања не треба да буде занемарена. Чињеница да постоји адитивна генетска варијабилност указује да је могуће остварити генетски напредак, али ће он бити постепен и захтеваће дугорочну примену селекције. Истовремено, висок удео негенетских извора варијабилности указује да се значајно већи ефекти могу постићи унапређењем раније наведених фармских услова (држање, исхрана, здравствена заштита и сл.), чиме би се омогућило дуже задржавање високо продуктивних коза у производњи.

Коефицијент наследности за ТРПЖ, процењен употребом линерног мешовитог модела за једну особину, у истраживању *Palhiere et al. (2018)* за санску козу износио је $0,07 (\pm 0,003)$, а за алпина расу коза $0,08 (\pm 0,002)$, што је у складу са резултатима у овом истраживању.

Geddes et al. (2018) наводе умерене вредности коефицијента наследности од 0,14 за старост коза при угинућу, ниске вредности од 0,08 за просечан број дана у производњи млека и високе вредности од 0,46 за просечни дневни принос млека током живота.

Ziadi et al. (2023) утврдили су више вредности коефицијента наследности, од 0,58, за особину ТРПЖ употребом анализе преживљавања, укључујући и податке о производњи млека флорида расе коза, што указује на могуће генетско побољшање директном селекцијом на ову особину. Коефицијент наследности за дуговечност појоја коза износио је 0,11 (*Ziadi et al., 2024*).

Особине дуговечности имају значајну примену у селекцијским програмима широм света, јер су директно повезане са економском ефикасношћу козарске производње. Продужавање продуктивног живота омогућава већи број остварених лактација и већу животну производњу млека по грлу, уз истовремено смањење трошкова замене приплодних животиња. Продужавање продуктивног живота не представља само циљ селекције, већ и средство за потпуније искоришћавање генетског потенцијала високо продуктивних коза.

4.2.3 Процена приплодне вредности и генетски тренд особина дуговечности коза

У циљу сагледавања промена генетског потенцијала популације током година, извршена је анализа генетског тренда на основу просечних приплодних вредности по години рођења грла. Параметри линеарне регресије, који описују смер и интензитет генетског тренда за испитиване особине дуговечности, приказани су у табели 14.

Табела 14. Параметри линеарне регресије генетског тренда за особине дуговечности

Особина	Коефицијент регресије (<i>b</i>)	<i>R</i> ²
ТРПЖ	+1,104	0,312
ЖПМ	+0,383	0,131
БРЛ	+0,591	0,241

Коефицијент регресије (*b*) представља просечну годишњу промену стандардизоване приплодне вредности, док коефицијент детерминације (*R*²) показује удео варијабилности генетског тренда објашњен линеарним регресионим моделом.

Генетски тренд особина дуговечности процењен је применом линеарне регресије просечних стандардизованих приплодних вредности према години рођења грла. Процењени коефицијенти регресије указују на позитиван генетски тренд за све испитиване особине, што указује на постепено повећање генетског потенцијала популације током анализираног периода.

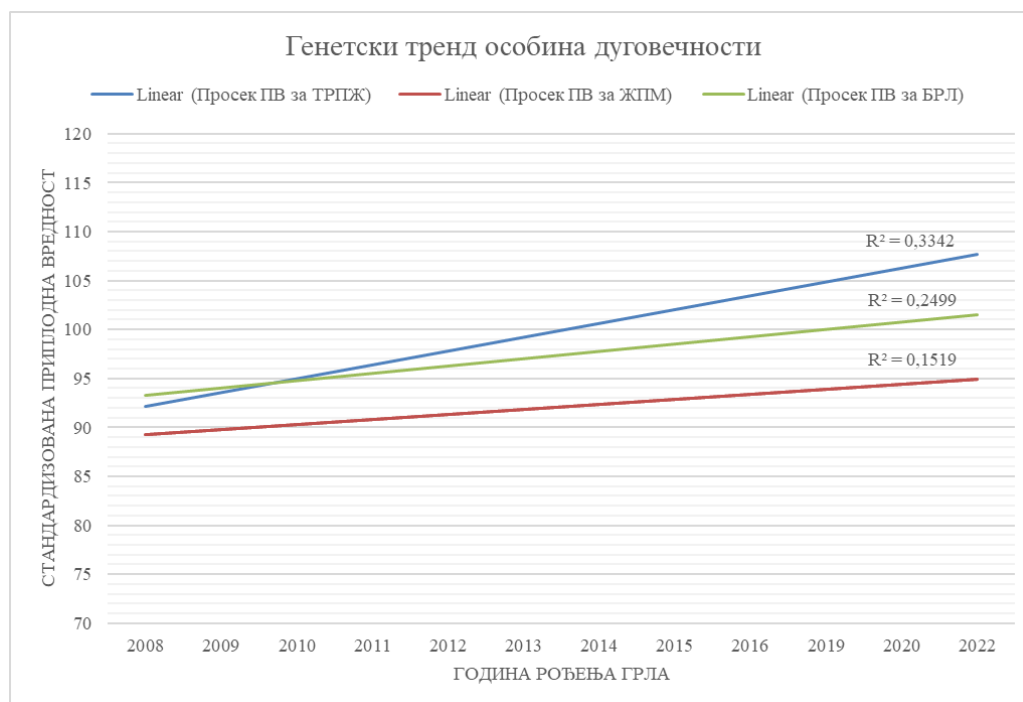
Најизраженији генетски напредак утврђен је за трајање продуктивног живота (ТРПЖ), при чему је просечна приплодна вредност расла за 1,104 индексна поена годишње.

За особине животна производња млека (ЖПМ) и број остварених лактација (БРЛ) процењени годишњи пораст износио је 0,383, односно, 0,591 индексних поена.

Вредности коефицијента детерминације (R^2) показују да је линеарни модел најбоље описивао генетски тренд за особину ТРПЖ ($R^2 = 0,312$), док су за БРЛ ($R^2 = 0,241$) и ЖПМ ($R^2 = 0,131$) утврђене нешто ниже вредности, што указује да је поред линеарног тренда, на испољавање просечних приплодних вредности утицао и већи број других фактора.

На основу добијених резултата уочава се постојање повољног генетског тренда за особине ТРПЖ, ЖПМ и БРЛ, што потврђује да је селекцијски рад у испитиваној популацији коза допринео постепеном генетском унапређењу ових економски значајних особина.

Испољавање просечних стандардизованих приплодних вредности за особине дуговечности, према години рођења животиња, приказано је на графикону 2. Графички приказ омогућава јасније уочавање смера и интензитета генетског тренда за испитиване особине, као и промене потенцијала популације током посматраног периода.



Графикон 2. Линеарни генетски тренд особина дуговечности у анализираној популацији коза

Код све три испитиване особине уочен је позитиван смер генетског тренда, што указује на постепено генетско унапређење популације током анализираног периода.

Најизраженији и најстабилнији пораст просечних приплодних вредности забележен је за особину ТРПЖ. Позитиван тренд уочен је и за особине ЖПМ и БРЛ, али мањег интензитета. Између појединих генерација уочене су осцилације у просечним приплодним вредностима, али општи правац генетског тренда био је узлазни за све испитиване особине.

Добијени резултати потврђују да је селекција спроведена у анализираној популацији коза допринела постепеном генетском унапређењу особина дуговечности. Животиње рођене у каснијим генерацијама (млађе) оствариле су повољније процењене приплодне вредности у односу на животиње из старијих генерација, што указује на континуирано повећање генетског потенцијала популације за испитиване особине.

4.3 Особине млечности контролног дана

Детаљније сагледавање промена производних особина током лактације, као и процену утицаја појединих фактора спољашње средине, пре свега утицај ТХИ на испољавање млечности коза, омогућила је анализа особина контролног дана. Анализа је подразумевала процену фенотипских карактеристика, утицај систематских фактора и ТХИ, као и процену

компоненти варијансе, коефицијента наследности и генетских и фенотипских корелација. Резултати доприносе прецизнијем сагледавању генетских и негенетских извора варијабилности особина млечности и њиховом значају за селекцију коза у условима различитог топлотног оптерећења.

4.3.1 Фенотипске карактеристике особина млечности контролног дана

Фенотипске карактеристике особина млечности контролног дана приказане су у табели 15, на основу дескриптивних статистичких показатеља који обухватају просечне вредности, распон варирања и степен варијабилности испитиваних особина.

Табела 15. Дескриптивна статистика за особине млечности контролног дана

Особина	<i>n</i>	$\bar{X}$	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>CV (%)</i>
Дневни принос млека (ПМКД), <i>kg</i>	2041	1,35	1,10	2,00	0,27	20,02
Садржај масти (СММКД), %		3,59	2,03	7,97	0,91	25,33
Садржај протеина (СПКД), %		2,81	1,01	5,20	0,64	22,75

Просечан дневни принос млека износио је 1,35 *kg*, при чему су вредности варирале од 1,1 *kg* до 2 *kg*. Просечан садржај млечне масти био је 3,59%, док је просечан садржај протеина контролног дана износио 2,81%.

Коефицијент варијације за дневни принос млека износио је 20,02%, што указује на умерену фенотипску варијабилност ове особине. Већа варијабилност утврђена је за садржај млечне масти ($CV = 25,33\%$) и садржај протеина ($CV = 22,75\%$), што указује на постојање значајних разлика између животиња у погледу квалитета произведеног млека.

У истраживању *Čobanović et al. (2019)* дневни принос млека санских коза био је у просеку 2,54 *kg*, што је више у односу на ово истраживање, док је садржај масти 3,07% био нижи, а садржај протеина био приближно исти и износио је 2,76%. Сличну дневну производњу млека за санску расу коза (2,63 *kg*) забележили су *Hranat et al. (2024)*, док су алпина козе дневно производиле око 2,77 *kg*.

Вредности добијене у овом истраживању приближне су вредностима које су утврдили у свом истраживању *Žujović et al. (2006)* за млечност српске беле козе на Старој планини. Просечан садржај протеина био је 3,55%, а масти 3,93%, што су више вредности у односу на ово истраживање.

Memisi and Stanisic (2014) наводе просечан дневни принос млека алпина коза од око 1,47 *kg*, док су козе алпина расе у Хрватској производиле око 2,03 *kg*, а санске козе око 2,76 *kg* наводи се у истраживању *Mioč et al. (2007)*. У истом истраживању забележена је и дневна производња млека немачке срнасте козе у Хрватској од око 2,04 *kg*. Просечни дневни принос млека алпина коза био је 0,97 *l* (од 0,93 до 1,01 *l*, у зависности од године у којој су козе производиле) наводи *Eftimova et al. (2021)*. Просечна дневна производња млека алпина и санске расе коза у Словенији била је 1,98 *kg* (*Brežnik et al., 2000*).

Ehsaninia et al. (2025) наводе да је просечни дневни принос млека *murciano-granadina* коза у Ирану варирао од 0,5 до 4,2 *kg*, са просеком од око 1,99 *kg*, док су просечне количине масти и протеина износиле 0,09 *kg* и 0,07 *kg*.

Дневни принос млека флорида коза био је просечно око 2,82 *kg*, наводе *Ziadi et al. (2023)*, што је више у односу на вредности добијене у овом истраживању. Више дневне приносе млечних коза забележили су и *Andonov et al. (2007)*.

Ниже дневне приносе млека забележили су *Marković et al. (2019)* за балканску козу, док је садржај масти и протеина био приближан резултатима у овом истраживању (3,35% и 3,29%, тим редом).

Добијени резултати потврђују постојање фенотипске варијабилности у испитиваним популацијама коза, што представља основни предуслов за процену утицаја систематских фактора и спровођење генетске евалуације испитиваних особина.

4.3.2 Утицај испитиваних фактора на особине млечности контролног дана

Статистичка значајност систематских утицаја укључених у моделе за анализу особина млечности коза контролног дана приказана је у табели 16. За сваки испитивани фактор дате су F -вредности и одговарајући нивои статистичке значајности, на основу којих је процењен њихов утицај на варијабилност дневног приноса млека и особине хемијског састава млека.

Табела 16. F -вредности и ниво статистичке значајности систематских утицаја укључених у моделе за особине млечности контролног дана

Особина	Класа ТХИ	Фарма	Раса	Сезона	Рбр. лактације	Месец контроле	Фаза лактације	R^2
ПМКД	11,28***	218,01***	7,65**	4,30**	35,38***	19,65***	8,91***	0,497
СММКД	18,81***	74,12***	3,11 ^{нс}	2,73*	0,86 ^{нс}	20,96***	2,34*	0,341
СПКД	6,86***	122,41***	9,22**	3,12*	3,35**	67,69***	1,65 ^{нс}	0,467

нс= $p>0,05$; *= $p<0,05$; **= $p<0,01$; ***= $p<0,001$; R^2 – коефицијент детерминације

Резултати приказани у табели 16 указују да су испитивани систематски фактори различито утицали на особине млечности контролног дана. Утицај фарме био је врло високо статистички значајан ($p<0,001$) за све испитиване особине, при чему су највеће F -вредности утврђене за дневни принос млека ($F= 218,01$) и садржај протеина ($F= 122,41$).

Класа ТХИ је, такође, показала врло високо статистички значајан утицај на све особине ($p<0,001$), што указује на значај топлотног стреса у испољавању производних особина коза.

Раса је значајно утицала на дневни принос млека ($p<0,01$) и садржај протеина ($p<0,01$), док њен утицај на садржај млечне масти није био статистички значајан ($p>0,05$).

Сезона је испољила значајан утицај на све три особине, док је утицај редног броја лактације био значајан за дневни принос млека и садржај протеина, али не и за садржај млечне масти.

Месец контроле је био један од најзначајнијих извора варијабилности, посебно за садржај протеина ($F= 67,69$). Фаза лактације значајно је утицала на дневни принос млека и садржај млечне масти, док њен утицај на садржај протеина није био статистички значајан ($p>0,05$).

Вредности коефицијента детерминације (R^2) показују да су коришћени модели објаснили 49,7% варијабилности дневног приноса млека, 34,1% варијабилности садржаја млечне масти и 46,7% варијабилности садржаја протеина.

Добијени резултати потврђују да су особине млечности контролног дана под истовременим утицајем генетских и бројних негенетских фактора, при чему фактори околине имају изражен утицај на испољавање производних особина. Посебно значајан утицај фарме, класе ТХИ и месеца контроле указује да услови гајења, микроклима и фаза производног циклуса у великој мери одређују ниво млечности и хемијски састав млека. Из тог разлога, приликом генетског вредновања неопходно је кориговати утицај ових систематских фактора, како би се обезбедила што прецизнија процена адитивног генетског потенцијала животиња и избегла пристрасност у избору приплодних грла.

4.3.2.1 Показатељи особина млечности коза контролног дана према фазама лактације

Како би се размотрила динамика промена особина млечности током лактације, контролни записи су груписани у седам фаза лактације, према броју дана у лактацији, у складу са критеријумима наведеним у поглављу 3.4.1.3. Наведена класификација омогућила је поређење дневног приноса млека, садржаја млечне масти и садржаја протеина у различитим фазама лактационог периода. Дескриптивни статистички показатељи по фазама лактације приказани су у табели 17.

Табела 17. Дескриптивна статистика особина млечности контролног дана у зависности од фазе лактације

Фаза лактације	n	Показатељ	Особине		
			ПМКД, kg	СММКД, %	СПКД, %
1	246	$\bar{X}$	1,42	3,91	2,88
		Min	1,11	2,19	1,03
		Max	2,00	7,97	5,18
		SD	0,31	1,23	0,63
2	266	$\bar{X}$	1,44	3,49	2,86
		Min	1,10	2,47	1,16
		Max	2,00	7,46	4,89
		SD	0,31	0,81	0,62
3	435	$\bar{X}$	1,36	3,52	2,77
		Min	1,10	2,25	1,11
		Max	2,00	7,05	4,60
		SD	0,30	0,77	0,56
4	362	$\bar{X}$	1,33	3,72	2,97
		Min	1,10	2,15	1,47
		Max	1,97	7,63	5,20
		SD	0,28	0,92	0,67
5	195	$\bar{X}$	1,28	3,46	2,66
		Min	1,11	2,25	1,18
		Max	1,87	7,35	4,73
		SD	0,19	0,93	0,78
6	272	$\bar{X}$	1,30	3,44	2,66
		Min	1,10	2,21	1,01
		Max	1,99	7,69	4,54
		SD	0,21	0,88	0,57
7	265	$\bar{X}$	1,28	3,58	2,84
		Min	1,10	2,03	1,17
		Max	1,99	7,23	5,11
		SD	0,19	0,78	0,63

Просечан дневни принос млека износио је од 1,28 kg до 1,44 kg, при чему су највеће вредности забележене у раним фазама лактације (класа 2), након чега је уочено постепено смањење производње млека са одмицањем лактације. Овакав тренд је у складу са лактационом

кривом код коза коју карактерише достизање врха производње у раној фази лактације и постепено смањење у каснијим фазама.

Просечан садржај млечне масти варирао је од 3,44% до 3,91%, док је просечан садржај протеина износио од 2,66% до 2,97%. Највеће просечне вредности садржаја масти утврђене су у класи 1, док су највише вредности садржаја протеина забележене у класи 4. Добијени резултати указују да фаза лактације утиче не само на количину произведеног млека, већ и на његов хемијски састав.

Вредности стандардне девијације указују на постојање значајне фенотипске варијабилности између животиња унутар свих фаза лактације.

Фреквенција јарења у овом истраживању, према месецима, приказана је у Прилогу 1. Највећи број коза (29,05%) имао је јарење у јануару, затим, у марту (11,86%) и децембру (10,53%), док је најнижи проценат јарења забележен у септембру (2,30%). Максимални дневни принос млека забележен је у јулу месецу (1,99 kg), док је највећи просечни дневни принос млека био је у новембру (1,60 kg). Наведене вредности приказане су у Прилогу 3.

Просечан садржај млечне масти на почетку, средини и на крају лактације санских коза био је 3,59%, 2,99% и 3,66%, а садржај протеина 2,82%, 2,70% и 2,84% у истраживању које су спровели *Kljajevic et al. (2018)*. Главни параметри састава млека били су значајно нижи у периоду средње лактације, са највећом варијацијом за садржај масти. Резултати су, углавном, у складу са резултатима у овом истраживању, са минималним варирањем између појединих вредности. Нижу дневну производњу млека на почетку лактације забележили су и *Brito et al. (2017)*.

Дневни принос млека алпина коза се повећавао до четврте недеље лактације (од 2,03 kg до 2,84 kg), док је највиши садржај протеина и масти забележен у првој недељи лактације (4,92% и 6,02%) у истраживању *Oliveira et al. (2021)*.

Mucha et al. (2014) наводе просечну производњу млека у првој лактацији од 3,32 kg, највиши просек у другој лактацији преко 3,70 kg, и најмање у четвртој лактацији (3,27 kg). Пик у првој лактацији је достигнут око стотог дана и износио је 3,97 kg. Касније лактације (од друге до четврте) су имале раније пикове (од 60 до 80 дана) са 5,00 kg, 4,63 kg и 4,61 kg (друга, трећа, четврта лактација).

Просечан дневни принос млека санских коза у Турској варирао је у зависности од старости коза и месеца у ком су производиле. За младе козе, дневни принос варирао је од 2,69 kg у мају, до 1,97 kg у августу. Козе средње старости имале су исту дневну производњу у мају, а у августу 2,06 kg, док су старије козе произвеле 2,40 kg у мају и 1,60 kg у августу (*Akkaya et al., 2024*).

Просечна производња млека на контролном дану санских коза у Турској износила је од 2,52 kg у средњој лактацији (од трећег до шестог месеца) до 4,19 kg у првом месецу лактације (*Takma et al., 2022*), што су више вредности у односу на ово истраживање.

Дневни принос млека санских коза био је у првој лактацији 2,36 kg, у другој 2,69 kg, и у трећој лактацији 2,96 kg, наводе *Mekić et al. (2014)*. Ниже вредности за дневни принос млека санских коза у првој лактацији од 1,63 l, наводе *Mawussi et al. (2024)*, у другој лактацији 1,80 l и у трећој 1,98 l.

Просечан дневни принос флорида коза, у прве три лактације, у Шпанији, према истраживању *Serradilla et al. (2016)* био је 2,35 kg, са 72,28 g протеина и 106,49 g масти.

Производња млека немачке смеђе-срнасте козе у првој лактацији, у првих 120 дана, била је око 281,49 kg, а немачке беле козе у истом периоду око 299,25 kg (*Wolber et al., 2021*).

Козе које су имале две или више лактација у току продуктивног живота производиле су дневно око 3,01 l (највећи збирни принос млека од 5704 l млека, у просеку 1845 дана муже). Козе са једном лактацијом у животу производиле су дневно 2,90 l, а козе са нормалним дужинама лактација дале су 2,68 l (кумулативно 2242 l млека током 810 дана муже) наводе *De Cremoux et al. (2024)*.

Изражене разлике у дневном приносу млека и хемијском саставу млека између појединих фаза лактације указују да је стадијум лактације један од кључних фактора који мора бити укључен у моделе за генетско вредновање. Практично посматрано, добијени резултати потврђују оправданост примене модела контролних дана, јер омогућавају прецизније праћење промена производних особина током лактације и поузданију процену генетског потенцијала животиња у односу на моделе засноване искључиво на укупној производњи током лактације.

Познавање начина промена особина млечности током лактације има значајну примену у организацији производње, јер омогућава оптимизацију исхране, прилагођавање менаџмента различитим фазама лактације и доношење прецизнијих селекцијских одлука, са циљем истовременог унапређења производње и квалитета млека.

4.3.3 Утицај температурно-хумидног индекса на особине млечности контролног дана

У циљу процене утицаја микроклиматских услова на производне особине коза, у овом потпоглављу анализирано је дејство ТХ индекса на особине млечности у контролном дану. Прво су приказане микроклиматске карактеристике на анализираним фармама и расподела контролних записа по класама ТХИ, након чега је извршено поређење особина млечности у топлом и хладном периоду године. Посебна пажња посвећена је испитивању интеракције између класе ТХИ и расе, са циљем утврђивања разлика у реакцији генотипова на услове топлотног стреса.

4.3.3.1 Карактеристике микроклиматских услова на анализираним фармама

Основни показатељи микроклиматских услова на фармама укљученим у истраживање приказани су у табели 18. Током периода истраживања забележене су изражене варијације температуре ваздуха и релативне влажности ваздуха, што указује на значајне промене микроклиматских услова током године. Најнижа температура ваздуха забележена је на Фарми 3 (-11,7°C), као и највиша температура, такође, измерена на истој фарми (43,9°C), што указује да је на овој фарми регистрован најшири температурни опсег током периода испитивања. Највиша просечна температура ваздуха утврђена је на Фарми 1 (19,5°C), док је најнижа просечна температура забележена на Фарми 3 (16,1°C).

Табела 18. Основни показатељи микроклиматских услова на испитиваним фармама

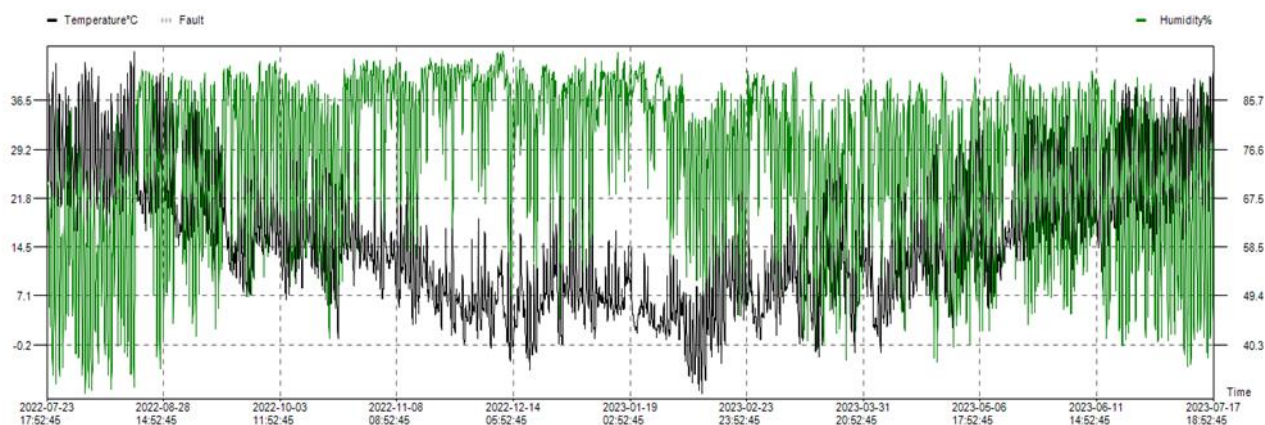
Фарма	<i>T min</i>	<i>T max</i>	Просек <i>T</i>	<i>RH min</i>	<i>RH max</i>	Просек <i>RH</i>
Фарма 1	3,6	36,7	19,5	42,1	87,9	68,9
Фарма 2	-0,2	35,7	18,1	29,1	95,7	66,7
Фарма 3	-11,7	43,9	16,1	14,1	94,8	66,4
Фарма 4	-8,4	41,6	17,4	7,9	99,9	71,8

T min - минимална температура ваздуха, °C; *T max* - максимална температура ваздуха, °C; *RH min* - минимална влажност ваздуха, %; *RH max* - максимална влажност ваздуха, %.

Релативна влажност ваздуха, такође, је показала значајну варијабилност између фарми. Минималне вредности релативне влажности биле су од 7,9% на фарми 4 до 42,1% на фарми 1, док су максималне вредности износиле од 87,9% до 99,9%. Највиша просечна релативна влажност ваздуха утврђена је на фарми 4 (71,8%), док је најнижа просечна вредност забележена на фарми 3 (66,4%). Просечне вредности релативне влажности на свим фармама биле су релативно уједначене и варирали су у распону од 66,4% до 71,8%.

Уочене разлике у температури и релативној влажности ваздуха указују на различит степен топлотног оптерећења животиња током године, што представља основу за даљу анализу ТХИ и његовог утицаја на особине млечности коза.

У циљу детаљнијег приказа микроклиматских услова, на графикону 3 приказане су промене температуре ваздуха и релативне влажности ваздуха забележене током периода мерења (пример фарме 3). Континуирано праћење ових параметара омогућило је анализирање сезонских осцилација и периода у којима су животиње биле изложене повећаном или смањеном топлотном оптерећењу.



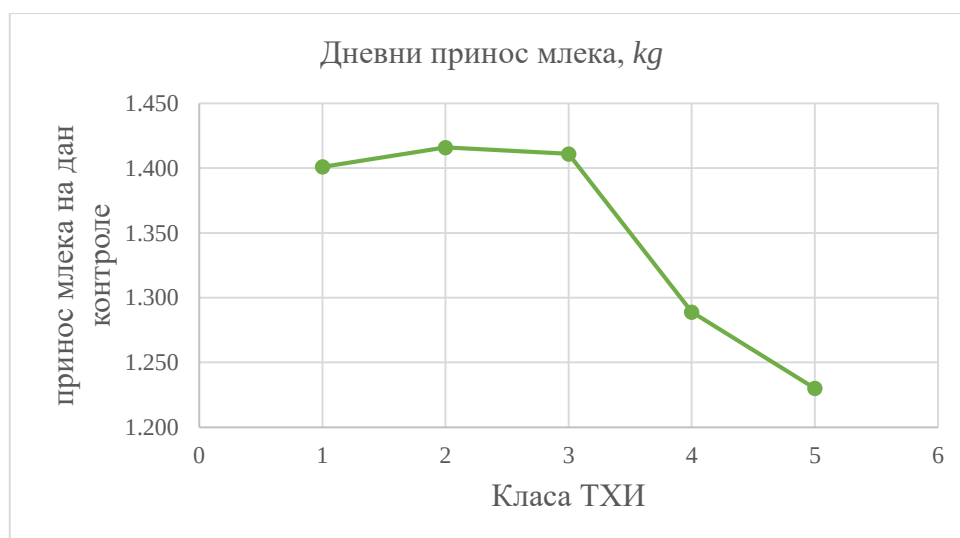
Графикон 3. Промена температуре и релативне влажности ваздуха током периода мерења на фарми 3

На графикону 3 јасно се уочавају изражене сезонске промене температуре ваздуха током анализираниог периода. Највише температуре забележене су током летњих месеци, док су најниже вредности регистроване током зимског периода. За разлику од температуре, релативна влажност ваздуха показала је мање изражене сезонске осцилације, али је током већег дела године била релативно висока. Комбинација ових параметара представљала је основу за израчунавање ТХИ који је коришћен у даљој анализи утицаја микроклиматских услова на особине млечности коза.

4.3.3.2 Дистрибуција класа ТХИ

ТХИ се често категоризује у класе које означавају различит интензитет топлотног стреса, мада прагови за дефинисање ових класа нису у потпуности стандардизовани. Предложене граничне вредности засноване су на резултатима истраживања и могу значајно да варирају у зависности од врсте, расе, климатских услова и анализираних производних или физиолошких показатеља.

С обзиром на то да не постоји универзално прихваћена класификација ТХИ вредности за козе, за интерпретацију нивоа топлотног стреса коришћени су прагови на основу дистрибуције анализираних података у овом истраживању, што је приказано на графикону 4.



Графикон 4. Просечан дневни принос млека у зависности од класе ТХИ

На графикону 4 приказане су просечне вредности дневног приноса млека по класама ТХ индекса. Највећи дневни принос млека забележен је у другој класи ТХИ (1,416 kg), док је најнижа вредност утврђена у петој класи ТХИ (1,230 kg). До вредности ТХИ од 70 није уочена значајнија промена производње млека, док је при вишим вредностима ТХИ дошло до израженог смањења дневног приноса млека. Добијени резултати указују да су козе биле осетљиве на топлотни стрес при ТХ вредностима већим од 70, при чему је најизраженији негативан ефекат утврђен у условима ТХИ већег од 76.

На основу свега претходно наведеног, направљена је класификација вредности температурно-хумидног индекса која је приказана у табели 19.

Табела 19. Дневни принос млека и релативна промена производње млека у односу на оптималну класу ТХИ

Класа ТХИ	Вредност ТХИ	Дневни принос млека, kg	Промена, %
1	≤55	1,401	−1,06%
2	56–65	1,416	0,00%
3	66–70	1,411	−0,35%
4	71–75	1,289	−8,97%
5	>76	1,230	−13,14%

Између ТХИ ≤55 и ТХИ 66-70 скоро да нема разлике (смањење производње мање од 1,1%). Када вредност ТХИ пређе 70, производња млека се смањује за скоро 9%. При ТХИ изнад 76 смањење у производњи достиже 13,14% у односу на оптималне услове (ТХИ= 56-65).

У поређењу са оптималним условима (ТХИ= 56-65), дневни принос млека био је мањи за 1,06% у класи ТХИ≤55; за 0,35% у класи ТХИ= 66-70; за 8,97% у класи ТХИ=71-75 и за 13,4% у класи ТХИ>76. Добијени резултати указују да се негативан ефекат топлотног стреса на производњу млека у испитиваној популацији коза јасно испољава при вредностима ТХИ већим од 70, док је најизраженије смањење производње забележено при ТХИ већем од 76.

Добијене вредности у овом истраживању најприближније су вредностима ТХИ које су израчунали Battini et al. (2016). Аутори наводе да ТХИ испод 55 вероватно може да се сматра границом испод које коза може да осећа хладан стрес. За топлотни стрес горња граница би била 70, а тежи стрес преко 75. Зона комфора била је од 55 до 70, у интензивним системима за производњу млека алпина и санске расе коза на две фарме у Ломбардији.

Сличне вредности бележи и *Abdel-Samee (1996)*. ТХИ вредности испод 72 вероватно нису стресне, од 72 до 78 стрес је присутан, а ТХИ изнад 78 је означен као екстремни стрес када животиње нису у стању да одрже терморегулаторне механизме. И *Srivastava et al. (2021)* бележе појаву стреса при ТХИ вредностима од 72 до 75, а *Adjassin et al. (2022)* екстреман стрес при ТХИ од 78.

Сопствену класификацију ТХ индекса, на основу података истраживања, направили су и *Hranat et al. (2024)*. Аутори су идентификовали оптималан ТХИ до 74, превентивни од 75 до 78, опасан од 79 до 83 и екстремно опасан изнад 84. Просечан ТХИ износио је 71,2 (минимум 67, максимум 81).

У табели 20. приказани су климатски параметри, распоређени у пет класа ТХИ, забележени у објектима за држање коза, у оквиру испитиваних фарми. Са порастом ТХИ просечна температура ваздуха повећавала се са 7,07°C на 30,96°C, док се просечна релативна влажност смањивала са 84,33% на 55,80%. Највећи број посматрања забележен је у првој класи ТХИ (7663), јер је највећи број лактација започео у јануару, током хладнијег дела године, када су се козе најчешће јариле (прилог 1).

Табела 20. Климатски параметри по класама ТХИ

Класа ТХИ	Број посматрања	Просек ТХИ	Просек температура	Просек влажност	Min ТХИ	Max ТХИ
1	7663	45,67	7,07	84,33	24,05	54,99
2	6424	60,23	16,02	64,64	55,01	65,00
3	3892	67,64	21,11	68,68	65,00	70,00
4	3847	72,36	24,30	68,46	70,01	75,00
5	4862	80,02	30,96	55,80	75,00	94,26

Утврђени распон вредности ТХИ, од 24,05 до 94,26, показује да су истраживањем обухваћени веома различити климатски услови, од изразито хладних до периода повећаног топлотног оптерећења. Оваква структура података омогућила је процену утицаја различитих нивоа ТХИ на производне особине коза.

4.3.3.3 Поређење топлог и хладног периода године

Скуп података анализиран је кроз два периода посматрања, у циљу јаснијег сагледавања сезонског утицаја микроклиматских услова на производне особине коза. Топли период године обухватао је период од маја до септембра, док је хладни период године дефинисан као период од октобра до априла месеца. Подела је заснована на карактеристичним сезонским променама температуре и релативне влажности ваздуха, које су условиле разлике у вредностима ТХИ, а самим тим и у степену изложености животиња топлотном стресу.

Табела 21. Дескриптивна статистика особина млечности контролног дана, током топлог периода године

Особина	$\bar{X}$	SD	Min	Max
Просек ТХИ	70,78	4,77	58,16	79,03
ПМКД, kg	1,30	0,24	1,10	2,00
СММКД, %	3,39	0,73	2,03	7,63
СПКД, %	2,66	0,55	1,01	5,11

Просечна вредност ТХИ током топлог периода године износила је 70,78, при чему су забележене вредности варирале од 58,16 до 79,03. Највиша забележена вредност ТХИ била је

на Фарми 3 и износила је 73,11 (прилог 6.) Просечан дневни принос млека у овом периоду износио је $1,30 \pm 0,24 \text{ kg}$, док су просечан садржај млечне масти и протеина износили $3,39 \pm 0,73\%$ и $2,66 \pm 0,55\%$, тим редом.

Вредност ТХИ на експерименталној фарми алпина и санских коза, у пролећном периоду у Турској, била је 70,097, што је приближно израчунатој вредности у овом истраживању, док је у летњем периоду ТХИ био 82,65, што је указивало да су козе биле изложене топлотном стресу. Такође, ове козе су синтетизовале више протеина топлотног шока у летњем периоду (*HSP60* и *HSP70*), што може да се користи као индикатор терморегулације (*Yamani and Koluman, 2020a*).

Вредности ТХИ у летњем периоду износиле су 71, а у зимском 34,3, у истраживању *Celozzi et al. (2025)*. Смањење дневног приноса млека од око 1,2 kg у топлом периоду године забележено је у истраживању *Zhu et al. (2020)*.

Основни показатељи дескриптивне статистике микроклиматских параметара и испитиваних особина млечности коза током хладног периода године приказани су у табели 22. У табели су приказане просечне вредности, стандардне девијације, као и минималне и максималне вредности ТХИ дневног приноса млека, садржаја млечне масти и садржаја протеина, где се уочава варијабилност испитиваних особина у условима нижег топлотног оптерећења.

Табела 22. Дескриптивна статистика особина млечности контролног дана, током хладног периода године

Особина	$\bar{X}$	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Просек ТХИ	55,93	4,70	45,72	65,84
ПМКД, kg	1,47	0,30	1,11	1,94
СММКД, %	4,17	1,11	2,19	7,97
СПКД, %	3,27	0,67	1,36	5,20

Просечна вредност ТХИ у хладном периоду године износила је 55,93, при чему су забележене вредности варирали од 45,72 до 65,84. Најнижа вредност ТХИ регистрована је на Фарми 4 и износила је 45,72, док је највиша вредност у оквиру хладног периода (65,84) забележена на Фарми 2 (Прилог 6). Просечан дневни принос млека током хладног периода износио је $1,47 \pm 0,30 \text{ kg}$, док су просечан садржај млечне масти и протеина износили $4,17 \pm 1,11\%$ и $3,27 \pm 0,67\%$, тим редом.

У хладном периоду забележене су ниже вредности ТХИ, уз истовремено већи просечан дневни принос млека и већи садржај млечне масти и протеина, што указује на повољније микроклиматске услове за производњу млека.

Просечна вредност ТХИ у зимском периоду у Турској била је 54,47 (*Yamani and Koluman, 2020a*), што је нижа вредност у односу на ово истраживање.

У циљу поређења микроклиматских услова током године, у табели 23 приказани су дескриптивни статистички показатељи ТХИ за топли и хладни период године, чијим поређењем је омогућено сагледавање разлика у интензитету топлотног оптерећења којем су козе биле изложене током посматраних периода.

Табела 23. Поређење дескриптивних статистичких показатеља ТХИ између топлот и хладног периода године

Просек ТХИ					
Период	<i>N</i>	$\bar{X}$	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Топли	1108	71,76	4,56	60,58	79,03
Хладни	933	61,12	7,11	45,72	71,01

Просечна вредност ТХИ током топлог периода године износила је $71,76 \pm 4,56$, што је било за 10,64 ТХИ јединице више у односу на хладни период ($61,12 \pm 7,11$). Истовремено, у топлом периоду забележене су и више максималне вредности ТХИ (79,03), док су у хладном периоду регистроване најниже вредности индекса (45,72). Добијени резултати потврђују изражене сезонске разлике у микроклиматским условима и указују на значајно веће топлотно оптерећење животиња током топлог периода године.

4.3.3.4 Интеракција класе ТХИ и расе у испољавању дневног приноса млека

Резултати анализе варијансе приказани у табели 24 показују да су раса, класа ТХИ и њихова међусобна интеракција имали статистички значајан утицај на дневни принос млека коза. Утврђен је значајан ефекат расе ($F = 5,56$; $p = 0,0185$), што указује на разлике у просечном дневном приносу млека између алпина и санских коза. Класа ТХИ је, такође, значајно утицала на дневни принос млека ($F = 9,34$; $p < 0,0001$), што значи да и микроклиматски услови утичу на производњу млека.

Табела 24. Утицај класе ТХИ, расе и интеракција на дневни принос млека коза

Утицај	DF	F	p
Раса	1	5,56	0,0185
Класа ТХИ	4	9,34	<0,0001
Раса × Класа ТХИ	4	21,37	<0,0001
Фарма	3	225,57	<0,0001
Фаза лактације	6	7,00	<0,0001
Месец контроле	10	27,70	<0,0001
Редни број лактације	6	36,08	<0,0001
Сезона јарења	3	3,60	0,0130

Посебно је значајна интеракција између расе и класе ТХИ ($F = 21,37$; $p < 0,0001$) јер указује да одговор коза на промене ТХИ није био исти код алпина и санских коза. Из тог разлога, било је неопходно анализирати кориговане средње вредности (*LSMeans*) за све комбинације расе и класе ТХИ, што је приказано у табели 25.

Поред наведених фактора, значајан утицај на дневни принос млека имали су и фарма ($p < 0,0001$), фаза лактације ($p < 0,0001$), месец контроле ($p < 0,0001$), редни број лактације ($p < 0,0001$) и сезона јарења ($p = 0,0130$). Потврђено је да на производњу млека значајно утичу и производни и амбијентални фактори.

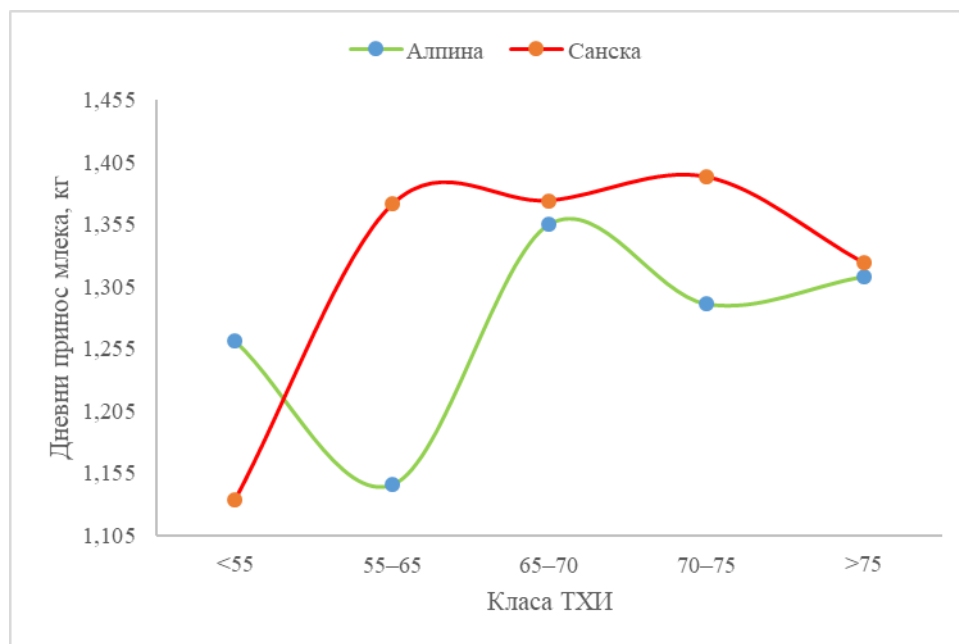
Табела 25. Кориговане средње вредности (*LSMeans*) дневног приноса млека по расама, у различитим класама ТХИ

Класа ТХИ	Вредност ТХИ	Алпина	Санска	p
1	<55	1,261	1,134	0,0004
2	56–65	1,146	1,371	<0,0001
3	66–70	1,355	1,374	0,4850
4	71–75	1,291	1,393	<0,0001
5	>76	1,313	1,324	0,6500

p - разлика између раса.

При најнижој класи ТХИ (<55), алпина козе су оствариле значајно већи дневни принос млека у односу на санску расу (1,261 према 1,134 kg, $p = 0,0004$). У класи ТХИ 56-65 ситуација је била обрнута, при чему су козе санске расе имале значајно већи дневни принос млека (1,371 према 1,146 kg, $p < 0,0001$). У класи ТХИ 66-70 није утврђена статистички значајна разлика између раса, док је у класи 71-75 санска раса остварила значајно већи дневни принос млека (1,393 према 1,291 kg). У условима највећег топлотног оптерећења (класа ТХИ >76) разлика између раса није била статистички значајна.

Графички приказ коригованих средњих вредности за дневни принос млека може се видети на графикону 5.



Графикон 5. Кориговане средње вредности (LSM) дневног приноса млека по расама, у различитим класама ТХИ

На графикону 5 су уочљиве разлике између алпина и санских коза у зависности од класе ТХИ. Међутим, образац промена дневног приноса млека није био линеаран, нити је код ових раса уочено континуирано смањење млечности са порастом ТХ индекса. На основу добијених резултата може се закључити да се расе разликују у одговору на различите нивое ТХИ, али се не може недвосмислено тврдити да је једна раса отпорнија на топлотни стрес у односу на другу само на основу анализираних вредности дневног приноса млека.

4.3.4 Компоненте варијансе и коефицијенти наследности особина млечности контролног дана

Процењене компоненте варијансе, као и њихови апсолутни и релативни удели у укупној фенотипској варијанси особина млечности контролног дана, приказани су у табели 26. На основу добијених вредности могуће је размотрити релативни значај адитивних генетских, перманентних утицаја околине и резидуалних утицаја у испољавању дневног приноса млека, садржаја млечне масти и садржаја протеина.

Табела 26. Апсолутни и релативни удео случајних утицаја у укупној фенотипској варијанси за особине млечности коза контролног дана

Особина	σ^2_a	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_{ph}	$h^2 \pm SE$	$p^2 \pm SE$	$e^2 \pm SE$
ПМКД	0,014	0,000	0,037	0,052	$0,274 \pm 0,030$	$0,007 \pm 0,016$	$0,720 \pm 0,026$
СММКД	0,212	0,047	0,745	1,004	$0,211 \pm 0,129$	$0,047 \pm 0,084$	$0,743 \pm 0,062$
СПКД	0,048	0,001	0,119	0,168	$0,283 \pm 0,049$	$0,006 \pm 0,037$	$0,711 \pm 0,029$

σ^2_a – адитивна генетска варијанса; σ^2_p – варијанса утицаја перманентне околине козе; σ^2_e – варијанса грешке (остатак); σ^2_{ph} – фенотипска варијанса; h^2 – оцена коефицијента наследности; SE – грешка коефицијента наследности; p^2 – оцена утицаја перманентне околине козе; e^2 – оцена грешке (остатак).

Коефицијент наследности дневног приноса млека износио је $0,274 \pm 0,030$, садржаја млечне масти $0,211 \pm 0,129$ и садржаја протеина $0,283 \pm 0,049$. Добијене вредности указују на средњи ниво наследности анализираних особина, што потврђује постојање довољне адитивне генетске варијабилности за успешно унапређење ових особина путем селекције.

Највиша вредност коефицијента наследности утврђена је за садржај протеина (0,283), док је најнижа процена добијена за садржај масти (0,211).

Удео варијансе услед перманентне околине козе био је веома низак, и налазио се у интервалу од 0,006 до 0,047, што указује на релативно мали удео укупне фенотипске варијабилности који је био последица трајних негенетских разлика између животиња. Највећи утицај перманентне околине утврђен је за садржај масти ($p^2 = 0,047$), док су за дневни принос млека и садржај протеина процене биле скоро занемарљиве.

Највећи удео укупне фенотипске варијабилности анализираних особина потицао је од резидуалних ефеката, чији је релативни удео износио од 0,711 до 0,743. Високе вредности указују на значајан утицај привремених фактора спољашње околине, као што су исхрана, фаза лактације, климатски услови и сл.

Процењени коефицијенти наследности указују да особине млечности контролног дана поседују довољну адитивну генетску варијабилност, и да би се могле успешно укључити у програме генетског вредновања и селекције у нашој земљи. Истовремено, висок удео резидуалне варијансе указује да је испољавање ових особина у великој мери условљено привременим факторима околине, који се мењају током лактације. Резултати потврђују оправданост примене модела контролних дана, јер омогућавају прецизније раздвајање генетских и извора варијабилности из околине, у односу на моделе засноване искључиво на производњи током целе лактације.

Сличан однос између генетске и резидуалне компоненте варијансе забележен је и у истраживању *Andonov et al. (2007)*. Вредности коефицијента наследности за особине млечности контролног дана код млечних коза у Норвешкој у складу су са резултатима добијеним у овом истраживању (у зависности од коришћеног модела), и износиле су: за дневни принос млека од 0,17 до 0,29; за садржај млечне масти од 0,20 до 0,24 и за дневни садржај протеина од 0,26 до 0,29.

Коефицијент наследности за дневне приносе млека, масти и протеина код алпина и санских коза, у моделу са једном особини, биле су ниже у односу на ово истраживање (0,20, 0,18 и 0,24, тим редом), као и у моделу са четири особине (*Brežnik et al., 2000*).

Коефицијент наследности за дневни принос млека *murciano-granadina* коза износио је 0,21, за дневни принос масти био је 0,13 и за дневни принос протеина 0,17 (*Ehsaninia et al., 2025*). Вредности су ниже у односу на анализирану санску и алпина популацију коза у овом истраживању.

Ziadi et al. (2023), такође, наводе ниже вредности коефицијента наследности за принос млека контролног дана од 0,19 код флорида коза, док у истраживању *Brito et al. (2017)* коефицијент варира од 0,15 до 0,40, у зависности од фазе лактације (уочене су ниже вредности на почетку и на крају лактације).

Вишу вредност коефицијента наследности за дневни принос млека, од 0,34, код санских коза, пријављују *Morris et al. (2006)*. *Arnal et al. (2019)* наводе више вредности коефицијента за дневни садржај млечне масти код санских (0,38) и алпина коза (0,45), и садржај протеина (0,51 и 0,57). Резултати за принос протеина на контролном дану (0,27) скоро су идентични као у овом истраживању (*Arnal et al., 2019*).

Добијени резултати указују да процењени коефицијенти наследности, засновани на особинама млечности контролног дана, могу бити поуздана основа за избор генетски супериорних приплодних животиња. С обзиром на то да модели контролних дана користе информације из сваке појединачне контроле, омогућена је прецизнија процена генетског потенцијала животиња, боље праћење промена током лактације као и раније доношење селекцијских одлука. Практична примена оваквог приступа може допринети повећању интензитета селекције, скраћењу генерацијског интервала и остваривању бржег генетског напретка у популацији млечних коза у Републици Србији.

4.3.5 Генетске и фенотипске корелације особина млечности контролног дана

Поред процене компоненти варијансе и коефицијената наследности, значајан аспект квантитативно-генетичке анализе представља и утврђивање међусобне повезаности испитиваних особина. У табели 27 приказане су процењене генетске и фенотипске корелације између особина млечности контролног дана, при чему су генетске корелације дате изнад главне дијагонале, а фенотипске испод главне дијагонале.

Табела 27. Генетске (изнад дијагонале) и фенотипске корелације (испод дијагонале) између особина млечности контролног дана у популацији коза

Особина	ПМКД	СММКД	СПКД
ПМКД		-0,371	0,173
СММКД	-0,115		0,509
СПКД	-0,008	0,273	

Генетске корелације између анализираних особина млечности контролног дана варирале су од -0,371 до 0,509. Највиша позитивна генетска корелација утврђена је између садржаја млечне масти и садржаја протеина (0,509). Практично, селекција усмерена на повећање садржаја једне компоненте могла би истовремено да утиче на повољан генетски напредак друге компоненте.

Негативна и умерена генетска корелација утврђена је између дневног приноса млека и садржаја масти (-0,371). Генетска корелација између дневног приноса млека и садржаја протеина била је ниска и позитивна (0,173). Негативна генетска корелација између ПМКД и СММКД указује да искључива селекција на повећање производње млека може довести до смањења садржаја млечне масти.

Фенотипске корелације биле су нижег интензитета у односу на генетске, и варирале су од -0,115 до 0,273. Највиша корелација утврђена је између садржаја млечне масти и садржаја протеина (0,273), док је између дневног приноса млека и садржаја протеина утврђено да скоро не постоји повезаност (-0,008).

Резултати показују да су СММКД и СПКД најјаче повезане особине, како са генетског, тако и са фенотипског аспекта, док ПМКД показује слабу повезаност са СПКД и умерену негативну генетску повезаност са СММКД.

Процењене генетске корелације указују да особине млечности контролног дана нису независне, већ су у различитој мери условљене заједничким генетским факторима. Ови резултати потврђују да је приликом дефинисања селекцијских циљева неопходно истовремено разматрати производне и квалитативне особине млечности, како би се постигло њихово уравнотежено генетско унапређење.

Негативне фенотипске корелације за испитиване особине забележене су и у популацији коза у Словенији. Генетске корелације биле су негативне за СММКД и ПМКД (-0,32) и СПКД и ПМКД (-0,51), а позитивне за СПКД и СММКД (0,57). Аутори су закључили да уколико би се побољшао дневни принос млека, садржај масти и протеина би се смањιο, а у случају повећања садржаја млечне масти, повећао би се и садржај протеина (*Brežnik et al., 2000*).

Веће генетске корелације за испитиване особине израчунали су *Ehsaninia et al. (2025)*, док су фенотипске корелације биле ниске и негативне, приближне вредностима у овом истраживању (-0,12).

Практична вредност процењених корелација огледа се у могућности формирања селекцијских индекса који истовремено обухватају више особина млечности. Овакав приступ омогућио би постизање генетског напретка, при чему се повећање производње млека не би остварило на рачун његовог квалитета. Савремени програми оплемењивања у козарству све више се заснивају на истовременом вредновању већег броја економски значајних особина, што омогућава избор животиња са најповољнијим укупним генетским потенцијалом, а не само са највећом производњом млека.

5 ЗАКЉУЧАК

На основу резултата спроведених истраживања, где су процењени генетски параметри за производне и функционалне особине, односно, за особине млечности и дуговечности санске и алпина расе коза у Републици Србији, и где је извршена анализа фактора који утичу на испољавање ових особина, као и анализа испољавања наведених особина у условима топлотног оптерећења, могу се извести следећи закључци:

- Истраживањем су биле обухваћене особине млечности: принос млека у лактацији (ПМ, *kg*), принос млечне масти (ПММ, *kg*) и принос протеина у лактацији (ПП, *kg*), садржај млечне масти (СММ, %) и садржај протеина у лактацији (СП, %), принос млека контролног дана (ПМКД, *kg*), садржај млечне масти контролног дана (СММКД, %), садржај протеина контролног дана (СПКД, %) и трајање лактације (ТРЛ, дан).
- Функционалне особине су посматране кроз показатеље дуговечности, и то: трајање продуктивног живота (ТРПЖ, дан), животна производња млека (ЖПМ, *kg*), и број остварених лактација (БРЛ).
- Просечна производња млека санске и алпина расе коза, у лактацији која је трајала 284,32 дана, износила је 682,29 *kg*, са просечним ПММ од 22,59 *kg*, ПП од 19,66 *kg*, СММ износио је 3,31%, а СП 2,88%.
- Просечна млечност коза санске расе износила је 690,54 *kg*, у лактацији која је трајала 287,43 дана. ПММ био је 22,74 *kg*, ПП 19,73 *kg*, СММ 3,29% и СП 2,86%.
- Просечна млечност коза алпина расе износила је 581,74 *kg*, у лактацији која је трајала 246,47 дана. ПММ био је 20,76 *kg*, ПП 18,76 *kg*, СММ 3,57% и СП 3,18%.
- Коефицијенти наследности за особине млечности у лактацији коза санске и алпина расе били су: $0,188 \pm 0,076$ за ПМ, $0,199 \pm 0,056$ за ПММ, $0,221 \pm 0,074$ за ПП, за СММ $0,282 \pm 0,053$ и за СП $0,204 \pm 0,041$.
- Генетске корелације између ПМ и ПММ и ПМ и ПП биле су позитивне и високе (0,785 и 0,944), као и између особина ПММ и ПП (0,914) и СММ и СП (0,885). Средња јачина везе забележена је између ПММ и СММ и ПММ и СП (0,564 и 0,536, тим редом), између ПП и СММ (0,208) и ПП и СП (0,302). Између ПМ и СММ корелације су биле негативне (-0,048), а између ПМ и СП позитивне, али ниске (0,037).
- Фенотипске корелације између ПММ и ПМ, ПП и ПМ, ПП и ПММ биле су позитивне и високе (0,796, 0,894 и 0,855, тим редом). Средња јачина везе забележена је између особина СММ и ПММ (0,408) и СП и СММ (0,412). Ниске корелације забележене су између СММ и ПП и СП и ПММ, као и СП и ПП (0,020, 0,072 и 0,115, тим редом), као и између СММ и ПМ, и СП и ПМ (-0,117 и -0,198).
- У просеку, ТРПЖ износило је 1053,70 дана (2,89 година), ЖПМ од 1986,95 *kg*, и 3,03 лактације. Просечна старост коза на излучењу, и санске и алпина расе коза, била је 1580,11 дана (4,33 године).
- Коефицијент наследности за особину ТРПЖ износио је $0,084 \pm 0,094$, за ЖПМ $0,167 \pm 0,138$ и БРЛ $0,164 \pm 0,112$.
- Најизраженији генетски напредак утврђен је за ТРПЖ (просечна приплодна вредност расла је за 1,104 индексна поена годишње), док је за ЖПМ и БРЛ процењени годишњи пораст износио 0,383, односно, 0,591 индексних поена.
- Просечан ПМКД износио је 1,35 *kg* (од 1,1 *kg* до 2 *kg*), СММКД био је 3,59%, а СПКД 2,81%. Највеће вредности ПМКД забележене су у раним фазама лактације (класа 2), након чега је уочено постепено смањење производње млека, док су највеће просечне вредности СММКД утврђене у класи 1, а највише вредности СПКД у класи 4. Максимални ПМКД забележен је у јулу месецу (1,99 *kg*), док је највећи просечни ПМКД био у новембру (1,60 *kg*).

- Најнижа и највиша температура ваздуха забележена је на фарми 3 ($-11,7^{\circ}\text{C}$ и $43,9^{\circ}\text{C}$), а највиша просечна температура ваздуха утврђена је на фарми 1 ($19,5^{\circ}\text{C}$), док је најнижа просечна температура забележена на фарми 3 ($16,1^{\circ}\text{C}$).
- Минималне вредности релативне влажности ваздуха варираше од 7,9% на фарми 4 до 42,1% на фарми 1, док су максималне вредности износиле од 87,9% до 99,9%. Највиша просечна релативна влажност ваздуха утврђена је на фарми 4 (71,8%), док је најнижа просечна вредност забележена на фарми 3 (66,4%).
- Формирано је пет класа ТХИ на основу уочених промена у дневном приносу млека при различитим нивоима топлотног оптерећења у овом истраживању, и то: ≤ 55 – без израженог топлотног оптерећења, класа 1; 56-65 – низак ниво топлотног оптерећења, класа 2; 66-70 – умерен ниво топлотног оптерећења, класа 3; 71-75 – изражен ниво топлотног оптерећења, класа 4; вредности ТХИ > 76 – веома изражен ниво топлотног оптерећења, класа 5.
- Највећи ПМКД забележен је у класи 2 ТХИ (1,416 kg), а најнижа вредност у класи 5 ТХИ (1,230 kg). Између класе 1 и класе 2 скоро да није било разлике у производњи млека (смањење производње било је мање од 1,1%), док се у класи 4 ТХИ производња млека смањила за скоро 9%. Смањење производње млека у класи 5 достигло је 13,14%, у односу на оптималне услове у класи 2.
- Просечна вредност ТХИ током топлог периода године (мај-септембар) износила је 70,78 (од 58,16 до 79,03), а највиша забележена вредност ТХИ била је на фарми 3 (73,11). Просечан ПМКД у овом периоду износио је $1,30 \pm 0,24$ kg.
- Просечна вредност ТХИ у хладном периоду године (октобар-април) износила је 55,93 (од 45,72 до 65,84), а најнижа вредност ТХИ регистрована је на фарми 4 (45,72). Просечан ПМКД у овом периоду износио је $1,47 \pm 0,30$ kg.
- Интеракција између расе и класе ТХИ указала је на постојање извесних разлика у одговору коза на промене ТХИ. При класи 1 ТХИ козе алпина расе су оствариле значајно већи ПМКД у односу на козе санске расе (1,261 према 1,134 kg), док су козе санске расе у класи 2 ТХИ имале значајно већи ПМКД (1,371 према 1,146 kg). У класи 3 ТХИ није утврђена статистички значајна разлика између раса, док су у класи 4 козе санске расе оствариле значајно већи ПМКД (1,393 према 1,291 kg). У условима највећег топлотног оптерећења (класа 5 ТХИ) разлика између раса коза није била статистички значајна.
- Коефицијент наследности за особину ПМКД износио је $0,274 \pm 0,030$, СММКД $0,211 \pm 0,129$ и СПКД $0,283 \pm 0,049$.
- Највиша позитивна генетска корелација утврђена је између СММКД и СПКД (0,509), док је између ПМКД и СПКД била ниска и позитивна (0,173). Негативна и умерена генетска корелација утврђена је између ПМКД и СММКД (-0,371).
- Највиша фенотипска корелација утврђена је између СММКД и СПКД (0,273), док је између ПМКД и СПКД утврђено да скоро не постоји повезаност (-0,008).

На основу свега наведеног, може се извести општи закључак, а то је да напредак у производњи млека, као и продужетак продуктивног живота коза санске и алпина расе, захтева истовремено сагледавање генетских основа особина млечности и дуговечности, и утицаја фактора спољашње средине.

Уврђена адитивна генетска варијабилност и повољне генетске повезаности између особина млечности потврђују да постоји реалан потенцијал за генетско унапређење популација коза, а да примена модела контролних дана пружа основу за прецизније и ефикасније генетско вредновање и доношење селекцијских одлука. Истовремено, резултати за особине дуговечности указују на њихову сложену природу, због чега унапређење ових особина захтева комбиновање селекције са побољшањем услова управљања и гајења.

Позитивни генетски трендови потврђују да је у испитиваној популацији коза присутно постепено генетско унапређење економски значајних особина млечности, али и да постоји простор за њихово даље унапређење. Посебан значај имају резултати анализе ТХИ који показују да топлотно оптерећење представља релевантан фактор ограничења производње и квалитета млека, што је у складу са новијим сазнањима о осетљивости високо производних раса коза на неповољне климатске услове.

На основу свих резултата може се закључити да програми оплемењивања млечних коза треба да буду усмерени ка интегрисаном генетском вредновању више економски значајних особина, уз укључивање показатеља дуговечности и прилагођености условима средине. На тај начин могуће је истовремено повећати производни потенцијал, очувати квалитет млека, унапредити дуговечност и повећати отпорност популације коза на климатске изазове, што представља важну основу за одрживи развој савременог козарства у Републици Србији.

6 ЛІТЕРАТУРА

1. Abdel-Samee, A. M. (1996). Heat Adaptability of Growing Bedouin Goats in Egypt. *Der Tropenlandwirt-Journal of Agriculture in the Tropics and Subtropics*, 97(2), 137–147.
2. Aboul-Naga, A. M., Alsamman, A. M., Melak, S., Nassar, A. E., Abdelsabour, T. H., Gamal, L., Adley, M., & Elshafie, M. H. (2025). Genomic analysis association of tolerance to heat stress in subtropical Egyptian goats raised in hot dry environment. *BMC Genomics*, 26(1), 568. <https://doi.org/10.1186/s12864-025-11748-x>
3. Adjassin, J. S., Assani, A. S., Bani, A. A., Sanni Worogo, H. S., Adégbeïga Alabi, C. D., Comlan Assogba, B. G., Virgile Azando, E. B., & Alkoiret, I. T. (2022). Impact of heat stress on reproductive performances in dairy goats under tropical sub-humid environment. *Heliyon*, 8(2), e08971. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08971>
4. Akkaya, F., Mecitoğlu, Z., Şentürk, S., Koşum, N., Kasap, S., Takma, Ç., Taskin, T., Yalçın, M., & Kandemir, Ç. (2024). Relationship between metabolic indices and milk yield in Saanen goats exposed to heat stress in semi-tropical climates. *Tropical Animal Health and Production*, 56(7), 241. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04097-6>
5. Akshit, F. N. U., Mao, T., Kaushik, R., Poswal, V., & Deshwal, G. K. (2024). Global comprehensive review and meta-analysis of goat milk composition by location, publication year and lactation stage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 127, 105973. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.105973>
6. Alam, M. M., Hashem, M. A., Rahman, M. M., Hossain, M. M., Haque, M. R., Sobhan, Z., & Islam, M. S. (2011). Effect of Heat Stress on Behavior, Physiological and Blood Parameters of Goat. *Progressive Agriculture*, 22(1–2), 37–45. <https://doi.org/10.3329/pa.v22i1-2.16465>
7. Ali, A. I. M., Sandi, S., Warly, L., Fariani, A., Pratama, A. N. T., & Darussalam, A. (2024). Heat tolerance of goats to increased daily maximum temperature and low salinity of drinking water in tropical humid regions. *Animal Bioscience*, 37(6), 1130–1139. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0288>
8. Amiri Ghanatsaman, Z., Ayatolahi Mehrgardi, A., Asadollahpour Nanaei, H., & Esmailizadeh, A. (2023). Comparative genomic analysis uncovers candidate genes related with milk production and adaptive traits in goat breeds. *Scientific Reports*, 13(1), 8722. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35973-0>
9. Amiri, S., Puillet, L., Huau, C., Fassier, T., Rupp, R., & Friggens, N. C. (2023). Analysis of reproduction success, growth and milk trajectories and response to nutritional challenge in two Alpine goat lines selected on divergent longevity. *Animal*, 17(11), 101004. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.101004>
10. AnAge: The Animal Ageing and Longevity Database. (bez datuma). Preuzeto 19. Maj 2026., od <https://genomics.senescence.info/species/index.html>
11. Andonov, S., Ødegård, J., Boman, I. A., Svendsen, M., Holme, I. J., Ådnøy, T., Vukovic, V., & Klemetsdal, G. (2007). Validation of Test-Day Models for Genetic Evaluation of Dairy Goats in Norway. *Journal of Dairy Science*, 90(10), 4863–4871. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-626>
12. Antunović, Z., Klir Šalavardić, Ž., Mioč, B., & Novosalec, J. (2024). Analysis of 18 elements in Alpine goat milk in the first third of lactation. *Mljekarstvo*, 74(3), 185–194. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2024.0302>
13. Appleman, R. D., & Delouche, J. C. (1958). Behavioral, Physiological and Biochemical Responses of Goats to Temperature, 0° to 40° C. *Journal of Animal Science*, 17(2), 326–335. <https://doi.org/10.2527/jas1958.172326x>
14. Arnal, M., Larroque, H., Clément, V., & Palhière, I. (2026). Genetic parameters and genome-wide association study of maturity trait: An early functional longevity proxy in French Alpine and Saanen goats. *Journal of Dairy Science*, 109(6), 6401–6415. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-27676>

15. Arnal, M., Larroque, H., Leclerc, H., Ducrocq, V., & Robert-Granié, C. (2019). Genetic parameters for first lactation dairy traits in the Alpine and Saanen goat breeds using a random regression test-day model. *Genetics Selection Evolution*, 51(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s12711-019-0485-3>
16. Arnal, M., Robert-Granié, C., & Larroque, H. (2018). Diversity of dairy goat lactation curves in France. *Journal of Dairy Science*, 101(12), 11040–11051. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14980>
17. Assan, N. (2025). Bridging the Gender Divide in Climate Action: Enhancing Resilience and Reducing Methane Emissions in Smallholder Goat Production. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, IX(III), 992–1008. <https://doi.org/10.47772/IJRISS.2025.90300079>
18. Astruc, J. M., Buisson, D., Clément, V., Lagriffoul, G., Larroque, H., Legarra, A., Palhière, I., Ugarte, E., & Moreno-Romieux, C. (2022). Benefits from recent and on-going projects on adaptation and resilience in French dairy sheep and goats. *Hadjipavlou G. (ed.), Ligda C. (ed.). Addressing the challenges of agro-pastoral farming systems to strengthen their resilience*, 41–48. <http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=00008095>
19. Atli, F., & Senturk, S. (2026). Age-dependent endocrine and cellular adaptations to Mediterranean summer heat stress in lactating Saanen goats. *Veterinary World*, 29. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2026.29-38>
20. Atoui, A., Carabaño, M. J., Laroussi, A., Abdennebi, M., Ben Salem, F., & Najari, S. (2024). Assessing Environmental Effects upon Modeling the Individual Lactation Curve of a Local Goat Population in a Pastoral System. *Animals*, 14(6), 942. <https://doi.org/10.3390/ani14060942>
21. Battini, M., Barbieri, S., Fioni, L., & Mattiello, S. (2016). Feasibility and validity of animal-based indicators for on-farm welfare assessment of thermal stress in dairy goats. *International Journal of Biometeorology*, 60(2), 289–296. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1025-7>
22. Bélichon, S., Manfredi, E., & Piacère, A. (1999). Genetic parameters of dairy traits in the Alpine and Saanen goat breeds. *Genetics Selection Evolution*, 31(5), 529. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-31-5-529>
23. Ben Moula, A., Kchikich, A., Chentouf, M., Hamdache, A., Bouraada, K., Essafi, M., & Ezziy-yani, M. (2024). Climate change impacts on sheep and goat production and reproduction. *Journal of Central European Agriculture*, 25(4), 910–918. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/25.4.4335>
24. Bogdanović, V., Đorđević, I., & Đurđević, I. (2008). Osobine mlečnosti balkanske koze u poluekstenzivnim uslovima gajenja. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 24(1–2), 59–67.
25. Boshoff, M., Lopez-Villalobos, N., Andrews, C., & Turner, S.-A. (2024). Modeling daily yields of milk, fat, protein, and lactose of New Zealand dairy goats undergoing standard and extended lactations. *Journal of Dairy Science*, 107(3), 1500–1509. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23926>
26. Brežnik, S., Malovrh, Š., Kovač, M., Birtič, D., & Kompan, D. (2000). Additive genetic and environmental variance components for milk traits in goat with test day model. *Acta Agriculturae Slovenica*, 76(1), 61–66.
27. Brito, L. F., Gomes Da Silva, F., Rojas De Oliveira, H., Souza, N., Caetano, G., Costa, E. V., Romeiro De Oliveira Menezes, G., Puerro De Melo, A. L., Teixeira Rodrigues, M., & De Almeida Torres, R. (2017). Modelling lactation curves of dairy goats by fitting random regression models using Legendre polynomials or B-splines. *Canadian Journal of Animal Science*, CJAS-2017-0019. <https://doi.org/10.1139/CJAS-2017-0019>
28. Brito, L. F., Silva, F. G., Melo, A. L. P., Caetano, G. C., Torres, R. A., Rodrigues, M. T., & Menezes, G. R. O. (2011). Genetic and environmental factors that influence production and quality of milk of Alpine and Saanen goats. *Genetics and Molecular Research*, 10(4), 3794–3802. <https://doi.org/10.4238/2011.December.14.9>
29. Brown, D. L., Morrison, S. R., & Bradford, G. E. (1988). Effects of Ambient Temperature on Milk Production of Nubian and Alpine Goats. *Journal of Dairy Science*, 71(9), 2486–2490. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79835-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79835-5)

30. Carabaño, M. J., Ramón, M., Menéndez-Buxadera, A., Molina, A., & Díaz, C. (2019). Selecting for heat tolerance. *Animal Frontiers*, 9(1), 62–68. <https://doi.org/10.1093/af/vfy033>
31. Carillier, C., Larroque, H., & Robert-Granié, C. (2014). Comparison of joint versus purebred genomic evaluation in the French multi-breed dairy goat population. *Genetics Selection Evolution*, 46(1), 67. <https://doi.org/10.1186/s12711-014-0067-3>
32. Castañeda-Bustos, V. J., Montaldo, H. H., Torres-Hernández, G., Pérez-Elizalde, S., Valencia-Posadas, M., Hernández-Mendo, O., & Shepard, L. (2014). Estimation of genetic parameters for productive life, reproduction, and milk-production traits in US dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 2462–2473. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7503>
33. Castel, J. M., Ruiz, F. A., Mena, Y., & Sánchez-Rodríguez, M. (2010). Present situation and future perspectives for goat production systems in Spain. *Small Ruminant Research*, 89(2–3), 207–210. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.045>
34. Castro, N., Suarez-Trujillo, A., Gonzalez-Cabrera, M., Hernandez-Castellano, L. E., & Argüello, A. (2023). Goat lactation research as a gateway for the development of the dairy goat industry. *Animal Frontiers*, 13(3), 108–111. <https://doi.org/10.1093/af/vfad005>
35. Caulton, A., Dodds, K. G., McRae, K. M., Couldrey, C., Horvath, S., & Clarke, S. M. (2021). Development of Epigenetic Clocks for Key Ruminant Species. *Genes*, 13(1), 96. <https://doi.org/10.3390/genes13010096>
36. Çavuşoğlu, E., RiAz, R., Omar, M. Y., DemiR, M., & Orman, A. (2021). Effect of parity and the production year on the longevity of the kids in saneen dairy goats. *Journal of Research in Veterinary Medicine*, 40(1), 68–72. <https://doi.org/10.30782/jrvrm.811826>
37. Celozzi, S., Ambrosini, R., Rapetti, L., Mattiello, S., & Finzi, A. (2025). IoT Monitoring of Indoor Air Quality in Dairy Goat Barns: The Role of Building Characteristics and Litter Management. *Animals*, 15(22), 3332. <https://doi.org/10.3390/ani15223332>
38. Cincović, M., Majkić, M., Belić, B., Plavša, N., Lakić, I., & Miodrag, R. (2017). Thermal comfort of cows and temperature-humidity index in period of 2005-2016 in Vojvodina region (Serbia). *Acta Agriculturae Serbica*, XXII (44), 133–145.
39. Clark, S., & Mora García, M. B. (2017). A 100-Year Review: Advances in goat milk research. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10026–10044. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13287>
40. Clarke, S., Caulton, A., McRae, K., Brauning, R., Couldrey, C., & Dodds, K. (2021). Beyond the genome: A perspective on the use of DNA methylation profiles as a tool for the livestock industry. *Animal Frontiers*, 11(6), 90–94. <https://doi.org/10.1093/af/vfab060>
41. Collier, R. J., Baumgard, L. H., Zimbelman, R. B., & Xiao, Y. (2019). Heat stress: Physiology of acclimation and adaptation. *Animal Frontiers*, 9(1), 12–19. <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>
42. Coloma Garcia, W. N. (2019). Effects of thermal stress on dairy goats and their offspring [PhD, Universitat Autònoma de Barcelona]. <https://hdl.handle.net/10803/669249>
43. Čobanović, K., Krstović, S., Štrbac, L., Šaran, M., Kasalica, A., & Popović, M. (2019). Relationship Between Milk Urea Level and Milk Parameters in The Saanen Dairy Goat. *Contemporary Agriculture*, 68(3–4), 88–91. <https://doi.org/10.2478/contagri-2019-0014>
44. Danso, F., Iddrisu, L., Lungu, S. E., Zhou, G., & Ju, X. (2024). Effects of Heat Stress on Goat Production and Mitigating Strategies: A Review. *Animals*, 14(12), 1793. <https://doi.org/10.3390/ani14121793>
45. Darcan, N., & Güney, O. (2008). Alleviation of climatic stress of dairy goats in Mediterranean climate. *Small Ruminant Research*, 74(1–3), 212–215. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.02.007>
46. De Cremoux, R., Legris, M., & Clément, V. (2024). Evaluation of careers and performances of goats with extended lactations. *Small Ruminant Research*, 231, 107198. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2024.107198>
47. Dimitrijevic, V. (2006). Vertebrate fauna of Vinca - Belo Brdo: Excavation campaigns 1998-2003. *Starinar*, (56), 245–269. <https://doi.org/10.2298/STA0656245D>

48. Dubeuf, J.-P., Ruiz Morales, F. D. A., & Guerrero, Y. M. (2018). Evolution of goat production systems in the Mediterranean basin: Between ecological intensification and ecologically intensive production systems. *Small Ruminant Research*, 163, 2–9. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.10.012>
49. Đuričić, D., Žaja, I. Ž., Benić, M., Sukalić, T., Kovačić, M., & Samardžija, M. (2020). Relationship between reproductive performance and meteorological variables in French Alpine goats in the northwestern part of Croatia. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 9(1), 2110. <https://doi.org/10.31893/jabb.21010>
50. Eftimova, E., Pacinovski, N., Mateva-Dubrova, N., Nikolova, N., & Palaševska, A. (2021). Production results of Alpina goats farm in the Zletovo region, North Macedonia. *Macedonian Journal of Animal Science*, 11(1–2), 5–8. <https://doi.org/10.54865/mjas21111-2005e>
51. Ehsaninia, J., Zandi, M. B., Taned, M., & Bagheripour, A. (2025). Estimates of genetic parameters and genetic trends for milk production traits in Murciano-Granadina goats. *Animal*, 19(8), 101582. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2025.101582>
52. El-Sherbiny, H. R., Hashem, N. M., & Abdelnaby, E. A. (2023). Coat color affects the resilience against heat stress impacts on testicular hemodynamics, reproductive hormones, and semen quality in Baladi goats. *BMC Veterinary Research*, 19(1), 107. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03653-w>
53. Eurostat. (2022a). Goats population—Annual data [Dataset]. Eurostat. https://doi.org/10.2908/APRO_MT_LSGOAT
54. Eurostat. (2022b). Milk collection (all milks) and dairy products obtained—Annual data [Dataset]. Eurostat. https://doi.org/10.2908/APRO_MK_POBTA
55. FAO. (2023). World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2023. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc8166en>
56. FAOSTAT. (2024). Crops and livestock products. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
57. Ferreira, N. C. R., Rosa, D. R., Ferreira, L. N., Rodrigues, D. C., Barbari, M., Chou, S. C., & Andrade, R. R. (2026). Regional impacts of heat stress on livestock in Brazil under climate change scenarios. *Environmental Impact Assessment Review*, 119, 108392. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2026.108392>
58. Ferro, M. M., Tedeschi, L. O., & Atzori, A. S. (2017). The comparison of the lactation and milk yield and composition of selected breeds of sheep and goats. *Translational Animal Science*, 1(4), 498–506. <https://doi.org/10.2527/tas2017.0056>
59. García-Peniche, T. B., Montaldo, H. H., Valencia-Posadas, M., Wiggans, G. R., Hubbard, S. M., Torres-Vázquez, J. A., & Shepard, L. (2012). Breed differences over time and heritability estimates for production and reproduction traits of dairy goats in the United States. *Journal of Dairy Science*, 95(5), 2707–2717. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4714>
60. Geddes, L., Desire, S., Mucha, S., Coffey, M., Mrode, R., & Conington, J. (2018). Genetic parameters for longevity traits in UK dairy goats. *Proceedings of the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Volume Species-Caprine*: 547. <https://cgspace.cgiar.org/items/6d10ba8c-9006-42f1-aafa-035da1b32e60>
61. Gelasakis, A. I., Rose, G., Giannakou, R., Valergakis, G. E., Theodoridis, A., Fortomaris, P., & Arsenos, G. (2017). Typology and characteristics of dairy goat production systems in Greece. *Livestock Science*, 197, 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.01.003>
62. Gillis, R. E., Bulatović, J., Penezić, K., Spasić, M., Tasić, N. N., & Makarewicz, C. A. (2021). Of herds and societies—Seasonal aspects of Vinča culture herding and land use practices revealed using sequential stable isotope analysis of animal teeth. *PLOS ONE*, 16(10), e0258230. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258230>
63. Gligović, N., Bogdanović, V., Đedović, R., Stanojević, D., & Zeljić, K. (2022). Uticaj odgajivačkih uslova na varijabilnost mikroklimatskih parametara u objektima za držanje mlečnih

- krava u Republici Srbiji. *Zbornik radova / XXVII savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem*, 199–206. <https://doi.org/10.46793/SBT27.199G>
64. Gopikrishnan, P., Jose, R. A., Abraham, J., Deepak Mathew, D. K., Raji, K., Sakkariya Ibrahim, N. P., Valavan, P., Nisha, T. S., & Vijayan, V. (2025). The effect of heat stress on the physiological parameters and blood biomarkers in Malabari goats. *Cell Stress and Chaperones*, 30(4), 100082. <https://doi.org/10.1016/j.cstres.2025.100082>
 65. Groeneveld, E., Kovac, M., & Mielenz, N. (2010). VCE User's Guide and Reference Manual Version 6.0. (Verzija 6.0) [Software].
 66. Groeneveld, E., Kovac, M., & Wang, T. (1990). PEST, a general purpose BLUP package for multivariate prediction and estimation [Software]. 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production.
 67. Gupta, M., & Mondal, T. (2021). Heat stress and thermoregulatory responses of goats: A review. *Biological Rhythm Research*, 52(3), 407–433. <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1603692>
 68. Habeeb, A. A. M., Gad, A. E., EL-Tarabany, A. A., & Atta, A. A. (2018). Negative Effects of Heat Stress on Growth and Milk Production of Farm Animals. *Journal of Animal Husbandry and Dairy Science*, 2(1), 1–12.
 69. Hamzaoui, S., Salama, A. A. K., Albanell, E., Such, X., & Caja, G. (2013). Physiological responses and lactational performances of late-lactation dairy goats under heat stress conditions. *Journal of Dairy Science*, 96(10), 6355–6365. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6665>
 70. Hayes, B. J., Nguyen, L. T., Forutan, M., Engle, B. N., Lamb, H. J., Copley, J. P., Randhawa, I. A. S., & Ross, E. M. (2021). An Epigenetic Aging Clock for Cattle Using Portable Sequencing Technology. *Frontiers in Genetics*, 12, 760450. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.760450>
 71. Hranat, O., Bogdanova, N., & Tyrunskiy, V. (2024). Features of goat behaviour depending on the temperature and humidity index. *Animal Science and Food Technology*, 15(2), 56–71. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2024.56>
 72. Ingraham, R. H., Gillette, D. D., & Wagner, W. D. (1974). Relationship of Temperature and Humidity to Conception Rate of Holstein Cows in Subtropical Climate. *Journal of Dairy Science*, 57(4), 476–481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(74\)84917-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(74)84917-9)
 73. Ithurbide, M., Huau, C., Palhière, I., Fassier, T., Friggens, N. C., & Rupp, R. (2022). Selection on functional longevity in a commercial population of dairy goats translates into significant differences in longevity in a common farm environment. *Journal of Dairy Science*, 105(5), 4289–4300. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21222>
 74. Ivanova, R., & Hristev, H. (2023). Influence of the temperature-humidity index on some physiological parameters in dairy goats. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, 66(2), 316–322.
 75. Jaques, N., Turner, S.-A., Vallée, E., Heuer, C., & Lopez-Villalobos, N. (2023). Estimates of Genetic Parameters for Milk, the Occurrence of and Susceptibility to Clinical Lameness and Claw Disorders in Dairy Goats. *Animals*, 13(8), 1374. <https://doi.org/10.3390/ani13081374>
 76. Kibler, H. H. (1964). Thermal effects of various temperature-humidity combinations on Holstein cattle as measured by eight physiological responses (Research Bulletin 862; str. 1–40). University of Missouri, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station.
 77. Kljajevic, N. V., Tomasevic, I. B., Miloradovic, Z. N., Nedeljkovic, A., Miocinovic, J. B., & Jovanovic, S. T. (2018). Seasonal variations of Saanen goat milk composition and the impact of climatic conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 299–303. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2938-4>
 78. Krajinović, M., & Pihler, I. (2014). Tehnologija kozarske proizvodnje. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
 79. Kučević, D., Pihler, I., Plavšić, M., & Vuković, T. (2016). The composition of goat milk in different types of farmings. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 32(4), 403–412.
 80. Liang, J. B., & Paengkoum, P. (2019). Current status, challenges and the way forward for dairy goat production in Asia – conference summary of dairy goats in Asia. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(8), 1233–1243. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0272>

81. Lima, A. R. C., Silveira, R. M. F., Castro, M. S. M., De Vecchi, L. B., Fernandes, M. H. M. D. R., & Resende, K. T. D. (2022). Relationship between thermal environment, thermoregulatory responses and energy metabolism in goats: A comprehensive review. *Journal of Thermal Biology*, 109, 103324. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103324>
82. Lôbo, A. M. B. O., Lôbo, R. N. B., Facó, O., Souza, V., Alves, A. A. C., Costa, A. C., & Albuquerque, M. A. M. (2017). Characterization of milk production and composition of four exotic goat breeds in Brazil. *Small Ruminant Research*, 153, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.05.005>
83. Lu, A. T., Fei, Z., Haghani, A., Robeck, T. R., Zoller, J. A., Li, C. Z., Lowe, R., Yan, Q., Zhang, J., Vu, H., Ablaeva, J., Acosta-Rodriguez, V. A., Adams, D. M., Almunia, J., Aloysius, A., Ardehali, R., Arneson, A., Baker, C. S., Banks, G., Horvath, S. (2023). Universal DNA methylation age across mammalian tissues. *Nature Aging*, 3(9), 1144–1166. <https://doi.org/10.1038/s43587-023-00462-6>
84. Lu, C. D. (1989). Effects of heat stress on goat production. *Small Ruminant Research*, 2(2), 151–162. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(89\)90040-0](https://doi.org/10.1016/0921-4488(89)90040-0)
85. Lu, Y., Ma, R., Li, D., Gao, Y., Sheng, Z., Shi, J., Peng, Y., Gao, Z., Deng, W., & He, X. (2025). Genomic and Molecular Mechanisms of Goat Environmental Adaptation. *Biology*, 14(6), 654. <https://doi.org/10.3390/biology14060654>
86. Mader, T. L., Davis, M. S., & Brown-Brandl, T. (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 84(3), 712–719. <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>
87. Majkić, M., Spasojević, J., Nikolić, S., & Cincović, M. (2025). Cut-off value of body surface temperature and assessing heat stress in dairy cows. *Acta Agriculturae Serbica*, 30(60), 83–91. <https://doi.org/10.5937/AASer2560083M>
88. Maksimovic, N., Bauman, F., Petrovic, M. P., Petrovic, V. C., Ruzic-Muslic, D., Micic, N., & Milosevic-Stankovic, I. (2015). Productive characteristics and body measurements of alpine goats raised under smallholder production systems in central Serbia. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 31(2), 245–253. <https://doi.org/10.2298/BAH1502245M>
89. Marai, I. F. M., Ayyat, M. S., & Abd El-Monem, U. M. (2001). Growth Performance and Reproductive Traits at First Parity of New Zealand White Female Rabbits as Affected by Heat Stress and Its Alleviation under Egyptian Conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 33(6), 451–462. <https://doi.org/10.1023/A:1012772311177>
90. Marai, I. F. M., El-Darawany, A. A., Fadiel, A., & Abdel-Hafez, M. A. M. (2007). Physiological traits as affected by heat stress in sheep—A review. *Small Ruminant Research*, 71(1–3), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.003>
91. Marković, B., Marković, M., Radonjić, D., Mirecki, S., & Veljić, M. (2019). Factors Affecting Milk Yield and Composition of Indigenous Balkan Goat Breed Reared in Semi Extensive Conditions. *Indian Journal of Animal Research*, 1–5. <https://doi.org/10.18805/ijar.B-1174>
92. Mashamaite, P. K., & Tada, O. (2025). Phenotypic plasticity in trait performance of common dairy goat breeds under diverse environments: A systematic review. *Frontiers in Animal Science*, 6, 1640241. <https://doi.org/10.3389/fanim.2025.1640241>
93. Massender, E., Brito, L. F., Maignel, L., Oliveira, H. R., Jafarikia, M., Baes, C. F., Sullivan, B., & Schenkel, F. S. (2022). Single-step genomic evaluation of milk production traits in Canadian Alpine and Saanen dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 105(3), 2393–2407. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20558>
94. Mawussi, E. B., Assah, A. K., & Kulo, E. A. (2024). Reproduction and Milk Production Performance of Saanen Dairy Goat in Southern Togo (West Africa). *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 12(6), 1028–1033. <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2024/12.6.1028.1033>
95. Meat & Livestock Australia. (2025). Global market data and insights. MLA International Markets. <https://www.mla.com.au/overseas-markets>

96. Mekić, C., Perišić, P., Hristov, S., Novaković, Z., & Romić, D. (2014). Uticaj redosleda laktacije na plodnost, proizvodnju i hemijski sastav mleka kod sanske rase koza. *Radovi sa XXVIII savetovanja agronoma, veterinara, tehnologa i agroekonomista*, 1-4, 20, 227–233. <https://aspace.agrif.bg.ac.rs/handle/123456789/3662>
97. Mekić, C., Perišić, P., Novaković, Z., & Vujić, R. (2015). Phenotype variability of Sanska goat reproductive parameters. *Radovi sa XXIX savetovanja agronoma, veterinara, tehnologa i agroekonomista*, 21 (3-4), 119–125. <https://aspace.agrif.bg.ac.rs/bitstream/handle/123456789/3932/3929.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
98. Memisi, N., & Stanisić, N. (2014). Influence of different growing conditions on production, milk composition and body condition score for Alpina goat breed. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 30(4), 635–646. <https://doi.org/10.2298/BAH1404635M>
99. Memisi, N., Zujovic, M., Tomic, Z., & Petrovic, M. P. (2010). Influence of lactation order and live weight on milk yield and fertility traits in domestic Balkan goat. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 26(3–4), 179–185. <https://doi.org/10.2298/BAH1004179M>
100. Meza-Herrera, C. A., Navarrete-Molina, C., Macias-Cruz, U., Arellano-Rodriguez, G., De Santiago-Miramontes, A., Sariñana-Navarrete, M. A., Marin-Tinoco, R. I., & Perez-Marin, C. C. (2024). Dairy Goat Production Systems: A Comprehensive Analysis to Reframe Their Global Diversity. *Animals*, 14(24), 3717. <https://doi.org/10.3390/ani14243717>
101. Mezzetti, M., Minuti, A., Cattaneo, L., Trevisi, E., Bencetti, F., & Piccioli-Cappelli, F. (2024). Effects of dry-off or continuous lactation in Alpine and Saanen dairy goats carrying single or double kids on peripartum metabolic profile, performances, and milk composition. *Italian Journal of Animal Science*, 23(1), 227–240. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2024.2304627>
102. Mičić, D. N. (2023). Fenotipska i genetska varijabilnost osobina mlečnosti različitih rasa goveda u uslovima toplotnog stresa [PhD]. Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet.
103. Miletić, A., Radivojević, M., & Rajčić, V. (2024). Effect of heat stress on food consumption, production and chemical composition of cow's milk. *Global challenges through the prism of rural development in the sector of agriculture and tourism*, 191–202.
104. Miller, B. A., & Lu, C. D. (2019). Current status of global dairy goat production: An overview. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(8), 1219–1232. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0253>
105. Ministarstvo zaštite životne sredine, Republika Srbija. (2024, Juli 12). Програм прилагођавања на измењене климатске услове за период од 2023. до 2030. године. Министарство заштите животне средине. <https://www.ekologija.gov.rs/sites/default/files/2024-01/program-prilagodjavanja-na-izmenjene-klimatske-uslove-za-period-od-2023-do-2030-godine.pdf>
106. Mioč, B., Pavić, V., Barać, Z., Prpić, Z., & Vnučec, I. (2007). Milk yield of some goat breeds in Croatia. *Mljekarstvo*, 57 (1), 67–77.
107. Mokhtari, M., Asadi Foz, M., Roudbari, Z., Barazandeh, A., Salari, M. M., Mohebbinejad, E., & Esmailizadeh, A. (2025). Genetic and phenotypic analysis of milk yield and composition in Murciano-Granadina goats. *Journal of Dairy Research*, 92(2), 153–158. <https://doi.org/10.1017/S0022029925101027>
108. Molina, A., Muñoz, E., Díaz, C., Menéndez-Buxadera, A., Ramón, M., Sánchez, M., Carabaño, M. J., & Serradilla, J. M. (2018). Goat genomic selection: Impact of the integration of genomic information in the genetic evaluations of the Spanish Florida goats. *Small Ruminant Research*, 163, 72–75. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.12.010>
109. Morris, C. A., Wheeler, M., & Lanuzel, M. (2006). Genetic trend and parameter estimates for milk yield traits and kidding date in a Saanen goat herd in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 49(2), 175–181. <https://doi.org/10.1080/00288233.2006.9513707>
110. Mucha, S., Mrode, R., Coffey, M., & Conington, J. (2014). Estimation of genetic parameters for milk yield across lactations in mixed-breed dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 2455–2461. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7319>

111. Mugoti, A., Nyamukanza, C., Munengwa, A., Moyo, S., & Chikumba, N. (2025). Effects of climate change on goat production and mitigatory measures in semiarid savanna ecosystems. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 22(1), 2513899. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2025.2513899>
112. Mulc, D. (2025). Utjecaj dobi jarica pri prvom pripustu na mliječnost i reproduksijske odlike [PhD, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet]. Repozitorij Agronomskog fakulteta u Zagrebu. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:031623>
113. National Research Council. (1971). A Guide to Environmental Research on Animals. <https://doi.org/10.17226/20608> (Original work published 1971, The National Academies Press)
114. Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C. A., De Santiago-Miramontes, A., Valenzuela-Núñez, L. M., Marin-Tinoco, R. I., Soto-Cardenas, M. A., & Sariñana-Navarrete, M. A. (2024). Dairy Goat Production: Socioeconomic, Environmental, and Cultural Importance Across Time (1970–2022) and Possible Scenarios (2050). *Resources*, 13(12), 177. <https://doi.org/10.3390/resources13120177>
115. Nienaber, J. A., & Hahn, G. L. (2007). Livestock production system management responses to thermal challenges. *International Journal of Biometeorology*, 52(2), 149–157. <https://doi.org/10.1007/s00484-007-0103-x>
116. Ohran, H., Pojskic, N., Ramic, J., Kusza, S., Lojo-Kadric, N., & Hodzic, A. (2025). Thermal Stress Response Profiling Reveals Adaptive Advantages of Indigenous Hercegovačka and Dubska Pramenka Sheep. *Animals*, 15(18), 2678. <https://doi.org/10.3390/ani15182678>
117. Oliveira, T. S., Rodrigues, M. T., & Fernandes, A. M. (2021). Energy requirements and efficiency of Alpine goats in early lactation. *Animal*, 15(3), 100140. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100140>
118. Osborne, A. (2017). The role of epigenetics in human evolution. *Bioscience Horizons: The International Journal of Student Research*, 10. <https://doi.org/10.1093/biohorizons/hzx007>
119. Ostojić, M., & Relić, R. (2007). Uslovi smještaja koza i kvalitet mleka. *Radovi sa XXI savetovanja agronoma, veterinara i tehnologa*, 13(3–4), 135–142. 636.39/.083.31:637.12'639.
120. Pajić, M., Savić Radovanović, R., Paskaš, S., Vidaković Knežević, S., Vranešević, J., Dukić, I., Pajić, K., Csorba, C., Čobanović, K., & Radinović, M. (2025). Proizvodnja kozjeg mleka u Srbiji – mogućnosti i izazovi. 4th “Šinković” Memorial Day Professional and Scientific Conference with International Participation.
121. Palhiere, I., Oget, C., & Rupp, R. (2018). Functional longevity is heritable and controlled by a major gene in French dairy goats. *Proceedings of the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, 165.
122. Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1–2), 88–113. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013>
123. Parsad, R., Ahlawat, S., Bagiyal, M., Arora, R., Gera, R., Chhabra, P., Sharma, U., & Singh, A. (2025). Climate resilience in goats: A comprehensive review of the genetic basis for adaptation to varied climatic conditions. *Mammalian Genome*, 36(1), 151–161. <https://doi.org/10.1007/s00335-024-10101-z>
124. Paskaš, S., Miočinović, J., Lopičić-Vasić, T., Mugoša, I., Pajić, M., & Becskei, Z. (2020). Consumer attitudes towards goat milk and goat milk products in Vojvodina. *Mljekarstvo*, 70(3), 171–183. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2020.0304>
125. Paskaš, S., Miočinović, J., Pihler, I., Čobanović, K., Savić, M., & Becskei, Z. (2023). The influence of grazing and indoor systems on goat milk, brined cheese and whey quality. *Mljekarstvo*, 73(3), 143–154. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2023.0301>
126. Paskaš, S., Pajić, M., Savić, M., & Becskei, Z. (2024). Pasture farming as a sustainable method of goat milk and dairy product production. *Danubian Animal Genetic Resources*, 9(2), 73–82. <https://doi.org/10.59913/dagr.2024.17740>

127. Pavlović, I., Ivanović, S., Nešić, K., Pavlović, M., Tasić, A., Bojkovski, J., & Caro Petrović, V. (2022). Organic way of goat breeding and goat production. *Proceedings of the XIII International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2022"*, 1137–1142.
128. Peacock, C., & Sherman, D. M. (2010). Sustainable goat production—Some global perspectives. *Small Ruminant Research*, 89(2–3), 70–80. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.029>
129. Peng, W., Zhang, Y., Gao, L., Wang, S., Liu, M., Sun, E., Lu, K., Zhang, Y., Li, B., Li, G., Cao, J., Yang, M., Guo, Y., Wang, M., Zhang, Y., Wang, Z., Han, Y., Fan, S., & Huang, L. (2025). Investigation of selection signatures of dairy goats using whole-genome sequencing data. *BMC Genomics*, 26(1), 234. <https://doi.org/10.1186/s12864-025-11437-9>
130. Petrovic, M., Bogosavljevic-Boškovic, S., Rakonjac, S., Đokovic, R., Petrovic, M. Ž., Doskovic, V., & Veljkovic, B. (2021). Sistemi gajenja i proizvodnje u organskom ovčarstvu i kozarstvu. *Zbornik radova*, 205–210. <https://doi.org/10.46793/SBT26.205P>
131. Pisanu, S., Marogna, G., Pagnozzi, D., Piccinini, M., Leo, G., Tanca, A., Roggio, A. M., Roggio, T., Uzzau, S., & Addis, M. F. (2013). Characterization of size and composition of milk fat globules from Sarda and Saanen dairy goats. *Small Ruminant Research*, 109(2–3), 141–151. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.07.024>
132. Pizarro Inostroza, M. G., Landi, V., Navas González, F. J., León Jurado, J. M., Delgado Bermejo, J. V., Fernández Álvarez, J., & Martínez Martínez, M. D. A. (2020). Integrating Casein Complex SNPs Additive, Dominance and Epistatic Effects on Genetic Parameters and Breeding Values Estimation for Murciano-Granadina Goat Milk Yield and Components. *Genes*, 11(3), 309. <https://doi.org/10.3390/genes11030309>
133. Ralević, R., Papović, T., Pihler, I., Kučević, D., Ivković, M., Dragin, S., Čobanović, K., Mekić, C., & Polovinski-Horvatović, M. (2021). Influence of lactation number and parity on milk yield of Saanen goat's breed. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 73(4), 923–928. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12283>
134. Ruiz Morales, F. D. A., Castel Genís, J. M., & Guerrero, Y. M. (2019). Current status, challenges and the way forward for dairy goat production in Europe. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(8), 1256–1265. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0327>
135. Rupp, R., Clément, V., Piacere, A., Robert-Granié, C., & Manfredi, E. (2011). Genetic parameters for milk somatic cell score and relationship with production and udder type traits in dairy Alpine and Saanen primiparous goats. *Journal of Dairy Science*, 94(7), 3629–3634. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3694>
136. Salama, A. A. K., Caja, G., Hamzaoui, S., Badaoui, B., Castro-Costa, A., Façanha, D. A. E., Guilhermino, M. M., & Bozzi, R. (2014). Different levels of response to heat stress in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 121(1), 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.11.021>
137. Salim, M. A., Endrawati, E., Hariyono, D. N. H., & Sjafani, N. (2026). Thermoregulatory Responses and Physiological Adaptability of Kacang Goats Under Smallholder Farms in the Islands Region of North Maluku, Indonesia. *Journal of Animal Health and Production*, 14(1). <https://doi.org/10.17582/journal.jahp/2026/14.1.351.357>
138. Salum, Ç., & Etyemez, M. (2023). A Physiological Perspective on Lactation in Goats: A Review. *Bozok Veterinary Sciences*, 4(2), 65–72. <https://doi.org/10.58833/bozokvetsci.1393630>
139. Sano, H., Ambo, K., & Tsuda, T. (1985). Blood Glucose Kinetics in Whole Body and Mammary Gland of Lactating Goats Exposed to Heat. *Journal of Dairy Science*, 68(10), 2557–2564. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)81137-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)81137-1)
140. Sargolzaei, M., Iwaisaki, H., & Colleau, J. J. (2006). CFC: A tool for monitoring genetic diversity [Software]. https://www.researchgate.net/profile/Jj-Colleau/publication/260779062_Sargolzaei_M_H_Iwaisaki_JJ_Colleau_CFC_a_tool_for_monitoring_genetic_diversity_8th_World_Congress_on_Genetics_Applied_To_Livestock_Production_27_28/links/548b38370cf214269f1dd2a4/Sargolzaei-M-H-Iwaisaki-JJ-Colleau-CFC-a-tool-for-monitoring-genetic-diversity-8th-World-Congress-on-Genetics-Applied-To-Livestock-Production-27-28.pdf

141. SAS Institute in Cary, North Carolina. (2011). The SAS system for Windows (Release 9.4) [Software].
142. Sasaki, O. (2013). Estimation of genetic parameters for longevity traits in dairy cattle: A review with focus on the characteristics of analytical models. *Animal Science Journal*, 84(6), 449–460. <https://doi.org/10.1111/asj.12066>
143. Savanović, Ž. (2024). Goat farming in the Vrbas Banovina. *ISTRAŽIVANJA, Journal of Historical Researches*, (35), 180–198. <https://doi.org/10.19090/i.2024.35.180-198>
144. Scholtens, M., Lopez-Villalobos, N., Garrick, D., Blair, H., Lehnert, K., & Snell, R. (2020). Genetic parameters for total lactation yields of milk, fat, protein, and somatic cell score in New Zealand dairy goats. *Animal Science Journal*, 91(1), e13310. <https://doi.org/10.1111/asj.13310>
145. Scholtens, M., Lopez-Villalobos, N., Garrick, D. J., & Blair, H. T. (2018). Heritability of longevity in New Zealand dairy goats. 78, 11–15.
146. Scholtens, M., Lopez-Villalobos, N., Lehnert, K., Snell, R., Garrick, D., & Blair, H. T. (2020). Advantage of including Genomic Information to Predict Breeding Values for Lactation Yields of Milk, Fat, and Protein or Somatic Cell Score in a New Zealand Dairy Goat Herd. *Animals*, 11(1), 24. <https://doi.org/10.3390/ani11010024>
147. Selvaggi, M., & Dario, C. (2015). Genetic analysis of milk production traits in Jonica goats. *Small Ruminant Research*, 126, 9–12. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.03.017>
148. Serradilla, J. M., Ramón, M., Abo-Shady, H. M., Molina, A., Pérez-Guzmán, M. D., Díaz, C., & Carabaño, M. J. (2016). Temperature and humidity effects on performance of high and low yielding dairy sheep and goats. *Napoléon e M. (Ed.), Ben Salem H. (Ed.), Bou Ton n et J.P. (Ed.), López-Fran Cos A. (Ed.), Gabiñ a D. (Ed.)*, (115), 417–420.
149. Shrestha, J. N. B., & Fahmy, M. H. (2007). Breeding goats for meat production. *Small Ruminant Research*, 67(2–3), 113–125. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.05.040>
150. Shuvarikov, A. S., Pastukh, O. N., Zhukova, E. V., & Zheltova, O. A. (2021). The quality of milk of goats of Saanen, Alpine and Nubian breeds. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 640(3), 032031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/3/032031>
151. Silanikove, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67(1–2), 1–18. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7)
152. Silanikove, N., & Koluman, N. (2015). Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: Predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. *Small Ruminant Research*, 123(1), 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.005>
153. Silva Salas, M. Á., Mondragón-Ancelmo, J., Jiménez Badillo, M. D. R., Rodríguez Licea, G., & Napolitano, F. (2021). Assessing dairy goat welfare in intensive or semi-intensive farming conditions in Mexico. *Journal of Dairy Science*, 104(5), 6175–6184. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19557>
154. Simić, Mi., Marković, M., Zlatković, B., Matejić, J., Stanković, S., Djokić, M., & Joković, N. (2025). Traditional knowledge about animal-derived remedies in human and veterinary ethnomedicine on Rujan Mt, Serbia. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 24(12), 1152–1163. <https://doi.org/10.56042/ijtk.v24i12.13665>
155. Siqueira, O., Mota, R., Oliveira, H., Duarte, D., Glória, L., Rodrigues, M. T., & Silva, F. (2017). Genetic evaluation of lactation persistency and total milk yield in dairy goats. *Livestock Research for Rural Development*, 29(142). <http://www.lrrd.org/lrrd29/7/rrmo29142.html>
156. Small ruminant value chains in Western Balkan countries. (2024). FAO. <https://doi.org/10.4060/cc9178en>
157. Srivastava, A., Yadav, P., Mahajan, A., Anand, M., Yadav, S., Madan, A. K., & Yadav, B. (2021). Appropriate THI model and its threshold for goats in semi-arid regions of India. *Journal of Thermal Biology*, 96, 102845. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102845>

158. Stanojević, Ž. D. (2017). Procena genetskih parametara osobina dugovečnosti goveda crno bele rase [PhD, Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet]. <https://nardus.mpgn.gov.rs/handle/123456789/8448>
159. Takma, Ç., Gevrekçi, Y., Taşkin, T., Koşum, N., Kandemir, Ç., Ataç, F., & Atil, H. (2022). Estimation of partial lactation milk yields in Saanen goats raised in semi-intensive conditions. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(2), 275–281. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1014511>
160. Teissier, M., Brito, L. F., Schenkel, F. S., Bruni, G., Fresi, P., Bapst, B., Robert-Granie, C., & Larroque, H. (2024). Genetic parameters for milk production and type traits in North American and European Alpine and Saanen dairy goat populations. *JDS Communications*, 5(1), 28–32. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0389>
161. Teissier, M., Larroque, H., & Robert-Granie, C. (2019). Accuracy of genomic evaluation with weighted single-step genomic best linear unbiased prediction for milk production traits, udder type traits, and somatic cell scores in French dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 102(4), 3142–3154. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15650>
162. Thom, E. C. (1959). The Discomfort Index. *Weatherwise*, 12(2), 57–61. <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>
163. Toghiani, S. (2012). Quantitative Genetic Application in the Selection Process for Livestock Production. U K. Javed (Ur.), *Livestock Production*. InTech. <https://doi.org/10.5772/51027>
164. Torres-Vázquez, J. A., Valencia-Posadas, M., Castillo-Juárez, H., & Montaldo, H. H. (2009). Genetic and phenotypic parameters of milk yield, milk composition and age at first kidding in Saanen goats from Mexico. *Livestock Science*, 126(1–3), 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.06.008>
165. TRIDGE. (2025). Goat milk. <https://www.tridge.com/intelligences/goat-milk>
166. Tu, P. A., Shiau, J. W., Chen, S. T., Wu, M. C., Hsu, J. T., Yang, M. K., & Huang, J. F. (2023). A time-series analysis of Alpine and Saanen goat milk productivity trends in Taiwan. *ICAR Technical Series*, 27, 247–256.
167. Vacca, G. M., Stocco, G., Dettori, M. L., Pira, E., Bittante, G., & Pazzola, M. (2018). Milk yield, quality, and coagulation properties of 6 breeds of goats: Environmental and individual variability. *Journal of Dairy Science*, 101(8), 7236–7247. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14111>
168. Valencia-Posadas, M., Lechuga-Arana, A. A., Ávila-Ramos, F., Shepard, L., & Montaldo, H. H. (2022). Genetic parameters for somatic cell score, milk yield and type traits in Nigerian Dwarf goats. *Animal Bioscience*, 35(3), 377–384. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0143>
169. Vejnović, B., Đurić, S., Janjić, J., Nedić, D., Mirilović, M., Baltić Ž., M., & Stanimirović, Z. (2023). Ekonomski i ekološki aspekti održivog uzgoja autohtonih rasa ovaca i koza. *Zaštita agrobiodiverziteta i očuvanje autohtonih rasa domaćih životinja*, 111–119. <https://vet-erinar.vet.bg.ac.rs/handle/123456789/3111>
170. Verma, A. K., Singh, T. P., Rajkumar, V., Chatli, Manish. K., Kushwah, T., Nanda, P. K., Curros, B., Lorenzo, J. M., & Das, A. K. (2025). Goat Milk: A Versatile Dairy Alternative with Unique Health Benefits and Functional Properties. *Food Reviews International*, 1–36. <https://doi.org/10.1080/87559129.2025.2479122>
171. Vuković Vimić, A., Vujadinović Mandić, M., Ranković Vasić, Z., Đurović, D., Dolijanović, Ž., Čosić, M., Životić, L., Lipovac, A., Simić, A., Stanojević, D., Božanić, D., & Repac, A. (2025). From science to policy: Climate change risks assessment and adaptation planning in agriculture in Serbia. *Milanković's theory of climate changes-hundred years afterwards*, 221–227. <https://aspace.agrif.bg.ac.rs/handle/123456789/7635>
172. Wang, X., Bjerg, B. S., Choi, C. Y., Zong, C., & Zhang, G. (2018). A review and quantitative assessment of cattle-related thermal indices. *Journal of Thermal Biology*, 77, 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.08.005>
173. Wolber, M.-R., Hamann, H., & Herold, P. (2021). Genetic analysis of lifetime productivity traits in goats. *Archives Animal Breeding*, 64(2), 293–304. <https://doi.org/10.5194/aab-64-293-2021>

174. Xiang, X., Chang, H., Khan, S., Khan, I. M., Zhu, F., Yang, L., Duan, G., Li, J., Nassar, N., Dai, F., & Mao, H. (2025). Comparative analysis of milk production, composition, and plasma metabolomics across various dairy goat breeds in Yunnan Province, China. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1552786. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1552786>
175. Yamani, H., & Koluman, N. (2019). Concentration Heat Shock Protein and Dairy Performances in Heat-Stressed Goats. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3534256>
176. Yamani, H., & Koluman, N. (2020a). Concentration level of Hsp60 and Hsp70 in the dairy goat under variation seasons. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 5(3), 48–50.
177. Yamani, H., & Koluman, N. (2020b). Impact Change Climate on the Milk Production in the Dairy Goats. *International Journal of Zoology and Animal Biology*, 3(3). <https://doi.org/10.23880/IJAB-16000228>
178. Yamin, D., Beena, V., Ramnath, V., Zarina, A., Harikumar, S., Venkatachalapathy, R. T., & Gleeja, V. L. (2022). Impact of thermal stress on physiological, behavioural and biochemical parameters in native and crossbred goats. *Small Ruminant Research*, 216, 106794. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106794>
179. Yusuff, A. T., Badmos, A. A., Alli, O. I., Chimezie, V. O., Adeyemi, S. A., & Fayeye, T. R. (2024). Temperature Humidity Index: Influence on Milk Yield and Milk Composition of Multiparous West African Dwarf Does. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2023.30997>
180. Zamuner, F., DiGiacomo, K., Cameron, A. W. N., & Leury, B. J. (2020). Effects of month of kidding, parity number, and litter size on milk yield of commercial dairy goats in Australia. *Journal of Dairy Science*, 103(1), 954–964. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17051>
181. Zappaterra, M., Masebo, N. T., Bocchi, V., Padalino, B., Felici, M., Bolcato, M., Gecchele, R., & Nanni Costa, L. (2026). Infra-red thermography and behavioural observations for non-invasive monitoring of heat stress in Italian Alpine dairy goats. *Italian Journal of Animal Science*, 25(1), 371–388. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2026.2639196>
182. Zeljić Stojiljković, K., Mičić, N., Bogdanović, V., Đedović, R., Pihler, I., Stojiljković, N., & Stanojević, D. (2025). Genetic Evaluation of Milk Production Traits in the Serbian Saanen Goat Population. *Animals*, 15(20), 3008. <https://doi.org/10.3390/ani15203008>
183. Zhao, L., Wang, J., & Mao, X. (2022). Composition and interfacial properties play key roles in different lipid digestion between goat and cow milk fat globules in vitro. *Food Chemistry*, 374, 131538. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131538>
184. Zhou, G., He, X., Yang, K., Li, L., Guo, H., Wang, G., Li, J., Chen, Y., & Yang, Y. (2023). Effects of temperature and relative humidity on behavior and physiological indices in goats. *Small Ruminant Research*, 229, 107126. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.107126>
185. Zhu, X., Wen, J., & Wang, J. (2020). Effect of environmental temperature and humidity on milk production and milk composition of Guanzhong dairy goats. *Veterinary and Animal Science*, 9, 100121. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2020.100121>
186. Ziadi, C., Sánchez, J. P., Sánchez, M., & Molina, A. (2024). Risk factors and genetic parameters of longevity in Spanish dairy goat breeds using a Weibull proportional hazards model. *Italian Journal of Animal Science*, 23(1), 33–41. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2023.2288624>
187. Ziadi, C., Sánchez, J. P., Sánchez, M., Morales, R., & Molina, A. (2023). Survival analysis of productive life in Florida dairy goats using a Cox proportional hazards model. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 140(4), 431–439. <https://doi.org/10.1111/jbg.12769>
188. Ziadi, C., Sánchez, M., Muñoz-Mejías, E., & Molina, A. (2023). Designing Selection Indices for the Florida Dairy Goat Breeding Program. *Dairy*, 4(4), 606–618. <https://doi.org/10.3390/dairy4040042>
189. Ziani, P. (1964). Problemi uzgoja koza u Jugoslaviji. *Šumarski list*, 88. <https://www.sumari.hr/sumlist/196407.pdf>

-
190. Žujović, M., Tomić, Z., Petrović, M. P., Ružić Muslić, D., & Stojanović, Lj. (2006). Kvalitet mleka srpske bele kože u prvoj laktaciji. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 22 (5-6), 63–69.
191. Главни одгајивачки програм за аутохтоне расе коза. (2024). Институт за сточарство Београд-Земун. <https://istocar.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2024/11/GOP-KOZARSTVO-Autohtone-rase-2025-2029.pdf>
192. Главни одгајивачки програм за аутохтоне расе коза у АП Војводини. (2024). Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за сточарство. <https://drive.google.com/file/d/1xIJ-qFbRb4CtYGETWmxalSLPJ99MxTta/view>
193. Главни одгајивачки програм за козарство у АП Војводини. (2024). Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за сточарство. <https://drive.google.com/file/d/11tU061U2b9XjUKnuiItrRfsiSgxm4Vr9/view>
194. Главни одгајивачки програм у козарству. (2024). Институт за сточарство Београд-Земун. <https://istocar.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2024/11/GOP-KOZARSTVO-Plemenite-rase-2025-2029.pdf>
195. РЗС, Р. С. (2025, Јануар 4). Републички завод за статистику. <https://data.stat.gov.rs/Home/Result/130202010205?languageCode=sr-Cyrl&displayMode=table>

7 ПРИЛОГ

Прилог 1. Фреквенција јарења, према месецима

Месец јарења	Фреквенција	Проценат (%)	Кумулативна фреквенција	Кумулативни проценат (%)
1	593	29,05	593	29,05
2	181	8,87	774	37,92
3	242	11,86	1016	49,78
4	190	9,31	1206	59,09
5	148	7,25	1354	66,34
6	52	2,55	1406	68,89
7	157	7,69	1563	76,58
8	65	3,18	1628	79,76
9	47	2,30	1675	82,07
10	94	4,61	1769	86,67
11	57	2,79	1826	89,47
12	215	10,53	2041	100,00

Прилог 2. Фреквенција јарења према месецима, за појединачне фарме

Фарма	Месец јарења												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Укупно
Фарма 1	6	7	60	60	105	23	135	22	14	24	18	41	515
Фарма2	576	14	31	7	6	13	10	13	2	20	20	6	718
Фарма 3	11	94	121	75	33	6	12	26	18	50	10	158	614
Фарма 4	0	66	30	48	4	10	0	4	13	0	9	10	194
Укупно	593	181	242	190	148	52	157	65	47	94	57	215	2041

Прилог 3. Просечан дневни принос млека на дан контроле, по месецима

Месец контроле	<i>N</i>	$\bar{X}$	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
1	6	1,11	0,00	1,11	1,11
2	59	1,57	0,26	1,11	1,88
3	82	1,51	0,32	1,10	1,90
4	153	1,37	0,31	1,11	1,93
5	258	1,29	0,28	1,11	1,96
6	301	1,31	0,26	1,12	1,99
7	295	1,25	0,18	1,10	1,99
8	254	1,29	0,20	1,10	1,75
9	425	1,33	0,24	1,10	1,99
10	103	1,38	0,30	1,10	1,82
11	105	1,60	0,18	1,12	1,86

Прилог 4. Класе ТХИ за топли период године

Класа ТХИ	Фреквенција	Проценат (%)	Кумулативна фреквенција	Кумулативни проценат (%)
2	166	10,83	166	10,83
3	428	27,92	594	38,75
4	600	39,14	1194	77,89
5	339	22,11	1533	100,00

Прилог 5. Класе ТХИ за хладни период године

Класа ТХИ	Фреквенција	Проценат (%)	Кумулативна фреквенција	Кумулативни проценат (%)
1	224	44,09	224	44,09
2	283	55,71	507	99,80
3	1	0,20	508	100,00

Прилог 6. Дескриптивни статистички показатељи ТХИ по фармама током топлог и хладног периода године

Фарма	Период	<i>N</i>	Просечан ТХИ	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
1	Топли	354	69,31	4,53	61,92	75,07
1	Хладни	161	59,51	8,44	49,52	66,64
2	Топли	415	69,76	5,07	58,16	78,40
2	Хладни	303	57,71	3,43	46,43	65,84
3	Топли	505	73,11	3,04	66,04	77,10
3	Хладни	109	55,76	4,60	51,75	63,29
4	Топли	165	69,41	6,23	60,02	79,03
4	Хладни	29	52,70	6,65	45,72	61,16

Прилог 7. Просечне вредности ТХИ према месецу контроле

Месец контроле	<i>N</i>	$\bar{X}$	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
1	6	46,43	0	46,43	46,43
2	59	58,17	1,20	57,31	60,57
3	82	55,44	2,31	53,32	59,52
4	153	56,54	4,51	48,05	65,83
5	258	67,64	2,00	63,21	71,15
6	301	73,74	2,43	68,51	76,81
7	295	74,09	2,76	67,79	79,02
8	254	70,86	6,46	60,58	77,28
9	425	67,33	3,69	58,15	71,01
10	103	59,40	4,65	51,75	63,29
11	105	51,26	2,93	45,71	55,36

Прилог 8. Упоредни приказ производње млека у топлом (јул-септембар) и хладном периоду године

Период	<i>N</i>	Особина	$\bar{X}$	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Топли	1275	ПМКД	1,30	0,23	1,10	1,99
		СММКД	3,37	0,72	2,03	7,63
		ППКД	2,67	0,54	1,01	5,11
Хладни	766	ПМКД	1,41	0,30	1,10	1,96
		СММКД	3,94	1,05	2,19	7,97
		ППКД	3,04	0,71	1,03	5,20

Прилог 9. Просечне вредности ТХИ у топлом и хладном периоду године

Период	<i>N</i>	$\bar{X}$	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Топли	1275	71,11	4,94	58,15	79,02
Хладни	766	59,87	6,83	45,71	71,15

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Крстина Зељић Стојиљковић рођена је 27. септембра 1994. године у Љубовији. Након завршене Средње пољопривредне школе у Шапцу, 2013. године уписује основне академске студије на Пољопривредном факултету, Универзитета у Београду, смер Зоотехника. Основне академске студије завршава 2017. године, са просечном оценом 9,17, чиме стиче звање дипломирани инжењер пољопривреде. Мастер студије на истом смеру завршава 2018. године, са просечном оценом 9,71 и стиче звање мастер инжењер пољопривреде. Докторске академске студије, у оквиру студијског програма Пољопривредне науке, модул Зоотехника, уписује 2018/2019. године.

Након избора у звање истраживач приправник, у јуну 2019. године, Крстина је ангажована на Пољопривредном факултету, на Катедри за опште сточарство и оплемењивање домаћих и гајених животиња, на пословима везаним за научно-истраживачку делатност. У периоду од 2022. до краја 2023. године, као истраживач сарадник, била је запослена у Лабораторији за молекуларну биологију биљака, Института за молекуларну генетику и генетичко инжењерство, Универзитета у Београду. Тренутно је запослена у Институту за сточарство у Београду, у оквиру Одељења за истраживање и развој у области овчарства и козарства.

Крстинин досадашњи истраживачки рад усмерен је на квантитативну генетику, оплемењивање и селекцију малих преживара, са нагласком на репродуктивне и производне особине. Њен рад обухвата и активности везане за очување анималних генетичких ресурса и одрживу сточарску производњу. Учествовала је у реализацији више националних и међународних истраживачких пројеката, а као аутор или коаутор објавила је научне радове и саопштења представљена на научним конференцијама.

Изјава 1.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Кристина Зељић Стојиљковић

Број индекса: ZO180020

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

ПРОЦЕНА ГЕНЕТСКИХ ПАРАМЕТАРА ЗА ПРОИЗВОДНЕ И ФУНКЦИОНАЛНЕ ОСОБИНЕ У ПОПУЛАЦИЈИ КОЗА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Кристина Зељић Стојиљковић

Број индекса: ZO180020

Студијски програм: Пољопривредне науке, модул Зоотехника

Наслов рада: **ПРОЦЕНА ГЕНЕТСКИХ ПАРАМЕТАРА ЗА ПРОИЗВОДНЕ И ФУНКЦИОНАЛНЕ ОСОБИНЕ У ПОПУЛАЦИЈИ КОЗА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ**

Ментор: **проф. др Драган Станојевић, ванредни професор**

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

ПРОЦЕНА ГЕНЕТСКИХ ПАРАМЕТАРА ЗА ПРОИЗВОДНЕ И ФУНКЦИОНАЛНЕ ОСОБИНЕ У ПОПУЛАЦИЈИ КОЗА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)

☒ 2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.

Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, _____

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.